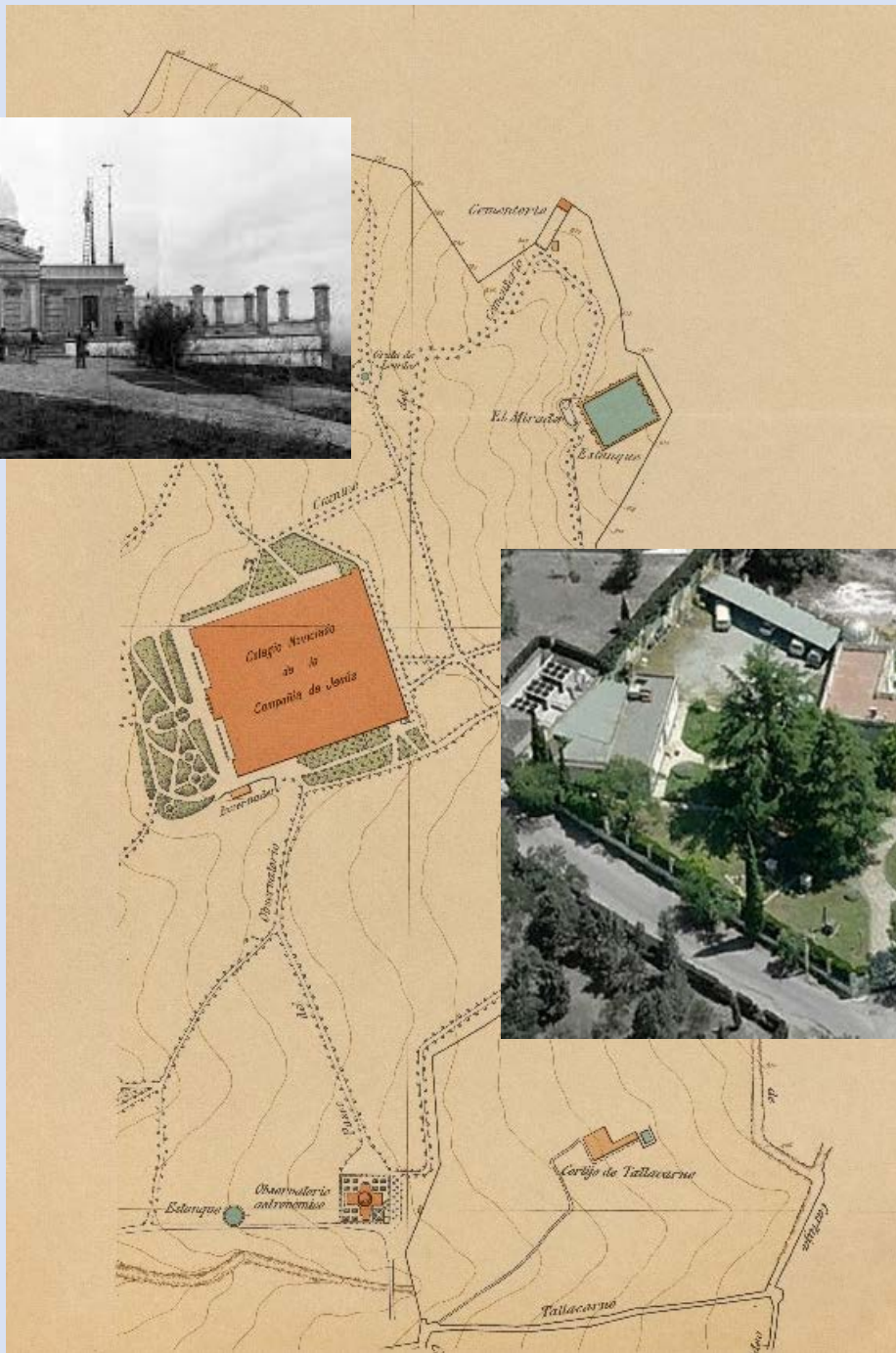


HISTORIA DEL OBSERVATORIO DE CARTUJA, 1902-2002. NUEVAS INVESTIGACIONES

SEGUNDA EDICIÓN, 2023. SISMICIDAD 5

EDICIÓN PREPARADA POR MANUEL ESPINAR
MORENO



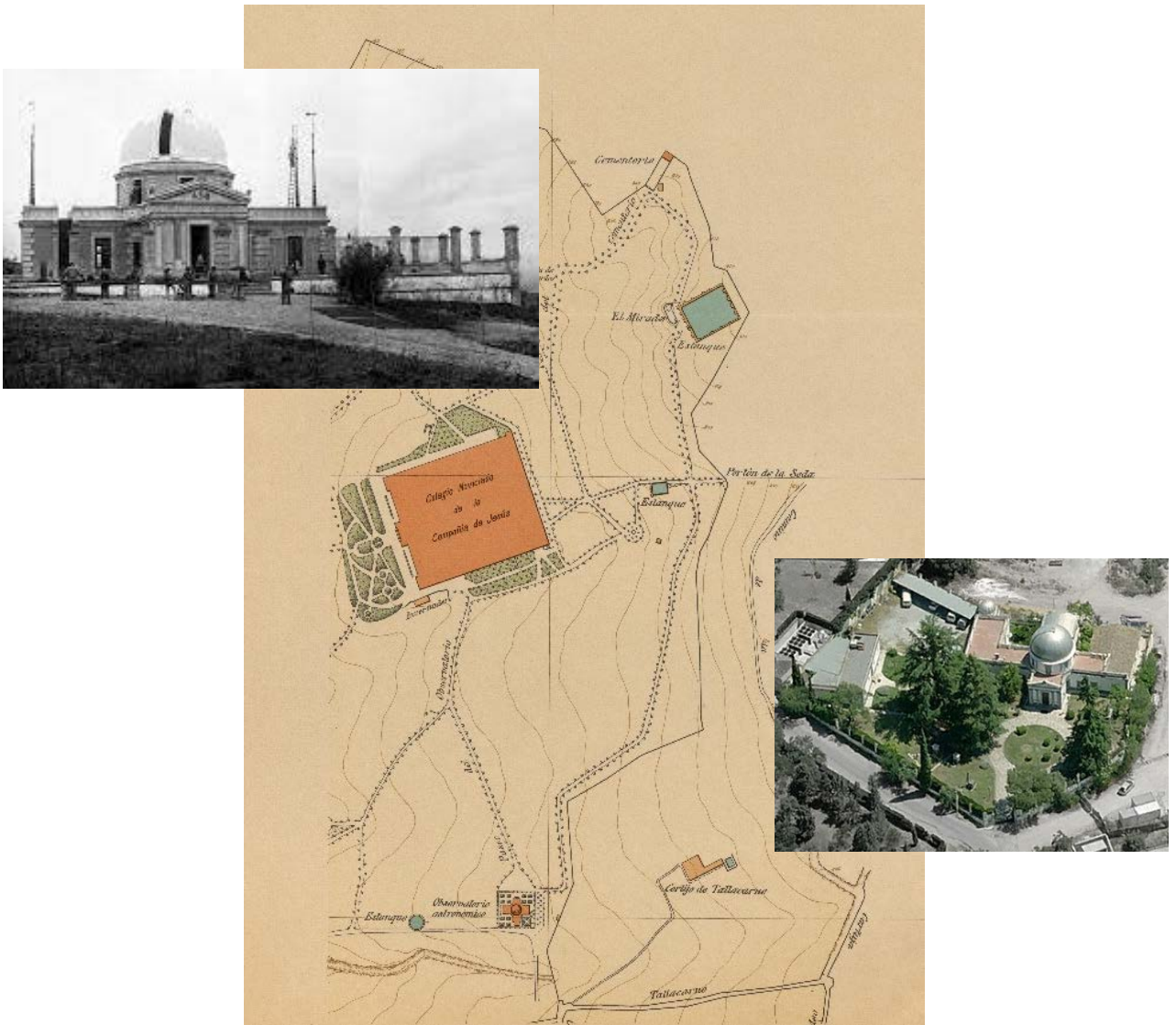
LIBROSEPCCM

GRANADA, 2023

**HISTORIA DEL OBSERVATORIO DE CARTUJA,
1902-2002. NUEVAS INVESTIGACIONES**

SEGUNDA EDICIÓN, 2023. SISMICIDAD 5

EDICIÓN PREPARADA POR MANUEL ESPINAR MORENO



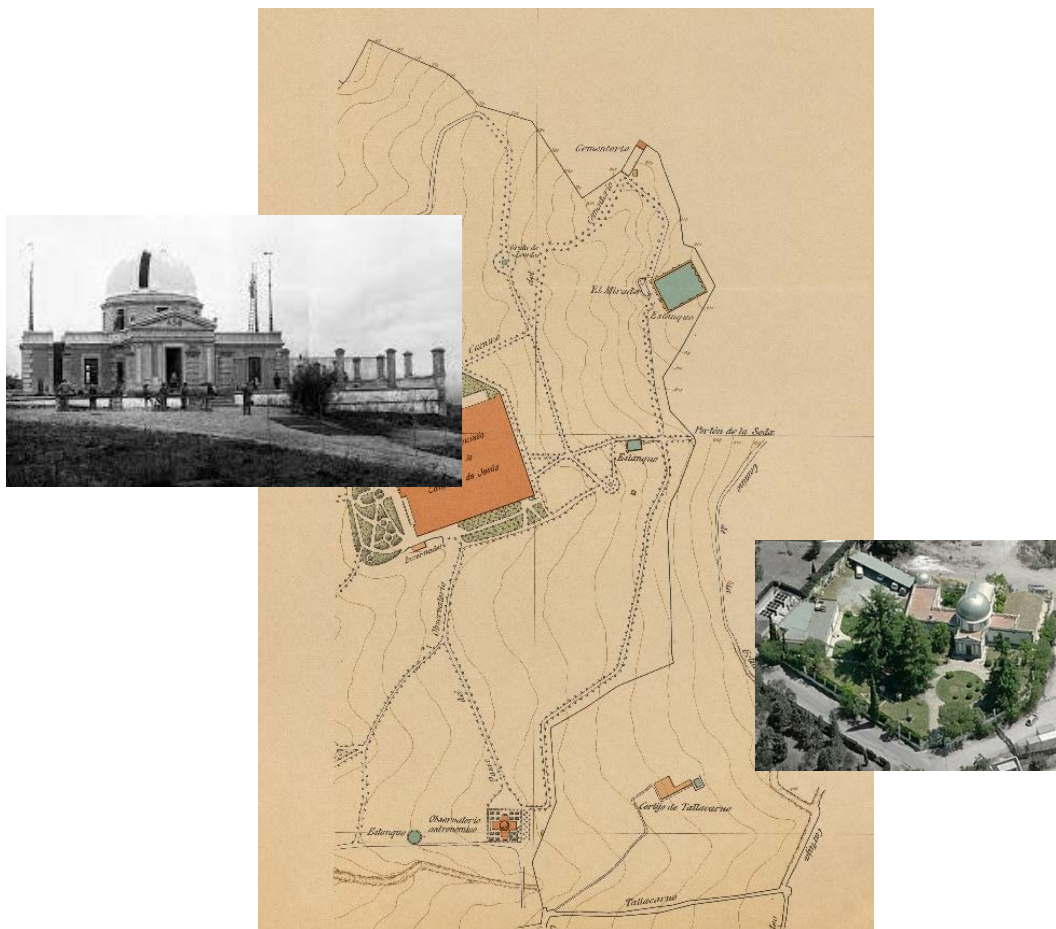
LIBROS EPCCM

GRANADA, 2023

HISTORIA DEL OBSERVATORIO DE CARTUJA, 1902-2002. NUEVAS INVESTIGACIONES

SEGUNDA EDICIÓN, 2023. SISMICIDAD 5

EDICIÓN PREPARADA POR MANUEL ESPINAR MORENO



LIBROSEPCCM

Granada, 2023

Editor: Manuel Espinar Moreno

©HUM-165: Patrimonio, Cultura y Ciencias Medievales

Primera edición: 2023

Historia del Observatorio de Cartuja, 1902-2002. Nuevas investigaciones. Segunda edición, 2023. Sismicidad 5. Edición preparada por Manuel Espinar Moreno

© Manuel Espinar Moreno

Diseño de cubierta: Manuel Espinar Moreno.

Motivo de cubierta: Vista del Observatorio en distintas épocas y mapa de Granada sacadas de internet.

Maquetación: Manuel Espinar Moreno

Anexo a la Revista: EPCCM. ISSN: 1575- 3840, ISSN: e-2341-3549 Digibug <http://hdl.handle.net/10481/>

Edición del Grupo de Investigación HUM-165: Patrimonio, Cultura y Ciencias Medievales. Colaboración del Centro: “Manuel Espinar Moreno”, Centro Documental del Marquesado del Cenete. Departamento Historia Medieval y CCTTHH (Universidad de Granada) e IAGPDS (Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos, Universidad de Granada)

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede realizarse con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos. www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.



© 2018 DOAJ.

The DOAJ site and its metadata are licensed under CC BY-SA

Presentación

Los estudios sobre sismicidad van cada día en aumento dado el interés que suscitan para el conocimiento de las distintas tremolaciones o movimientos que sufre la tierra en que vivimos. En el caso del Observatorio de Cartuja de Granada se desarrollaron muchos estudios que fueron pioneros en este tipo de investigaciones. En nuestro caso tras ingresar como investigador en este Instituto universitario hemos dedicado parte de nuestro tiempo a investigar terremotos históricos. Hace ya algunos años pudimos consultar material inédito de las tareas e informes llevados a cabo sobre todo por dos figuras importantes en su tiempo: los Padres de la Compañía de Jesús D. Manuel María Sánchez-Navarro Neumann y D. Antonio Due Rojo. En 2002 se celebró el centenario del Observatorio, dedicamos una obra titulada: *Historia del Observatorio de Cartuja, 1902-2002. Nuevas Investigaciones*, Granada, 2002. ISBN.: 84-688-1738-4. Editado como CD por Manuel ESPINAR MORENO, José Antonio ESQUIVEL GUERRERO y José Antonio PEÑA RUANO (Editores). Algunos de los trabajos que desarrollamos entonces fueron los siguientes: ESPINAR MORENO, M. y MORCILLO PUGA, J. D.: "Nacimiento y evolución del edificio del Observatorio de Cartuja desde 1902 a 2002", Birth and evolution of the building of the Cartuja observatory since 1902 at 2002, *Primer Centenario del Observatorio de Cartuja. Cien años de Sismología en Granada*, 8, 9, 10 y 11 de Octubre de 2002. Parque de las Ciencias, Granada, 2002, .pp. 1-15. Clave: CL. ISBN: 84- 699- 9702-5. MORCILLO PUGA, J. D. Y ESPINAR MORENO, M.: "Los planos más importantes en el desarrollo del edificio del Observatorio de Cartuja", More important planes on the development of the building of the Cartuja observatory (1902-2002), *Primer Centenario del Observatorio de Cartuja. Cien años de Sismología en Granada*, 8, 9, 10 y 11 de Octubre de 2002. Parque de las Ciencias, Granada, 2002, 20 págs. Clave: CL. ISBN: 84- 699- 9702- 5. ESPINAR MORENO, M., ESQUIVEL GUERRERO, J. A. y PEÑA RUANO, J. A. (2003) "Introducción de los editores", *Historia del Observatorio de Cartuja, 1902-2002. Nuevas investigaciones*. Granada. Editores M. Espinar, J. A. Esquivel y J. A. Peña. Clave: CL. I.S.B.N.: 84-688-1738-4. Pp. 1-6. ESPINAR MORENO, M. (2003): "Fundación del Observatorio de Cartuja. Primeros años de funcionamiento (1902-1906)", *Historia del Observatorio de Cartuja, 1902-2002. Nuevas investigaciones*. Granada, 2003. Editores M. Espinar, J. A. Esquivel y J. A. Peña. Pp. 8-22. Clave: CL. I.S.B.N.: 84-688-1738-4. ESPINAR MORENO, M. (2003): "El Observatorio entre 1906 y 1940. La etapa del R. P. Manuel María Sánchez-Navarro Neumann, S. J.", *Historia del Observatorio de Cartuja, 1902-2002. Nuevas investigaciones*. Granada, 2003. Editores M. Espinar, J. A. Esquivel y J. A. Peña. Pp. 23-46. Clave: CL. I.S.B.N.: 84-688-1738-4. ESPINAR MORENO, M. (2003): "Notas sobre la vida y obras del R. P. Manuel María Sánchez-Navarro Neumann, S. J.", *Historia del Observatorio de Cartuja, 1902-2002. Nuevas investigaciones*. Granada, 2003. Editores M. Espinar, J.

A. Esquivel y J. A. Peña. 26 págs. Clave: CL. I.S.B.N.: 84-688-1738-4. ESPINAR MORENO, M. y MORCILLO PUGA, J. D. (2003): "Actividad del P. Due al frente del Observatorio de Cartuja (1940-1965)", *Historia del Observatorio de Cartuja, 1902-2002. Nuevas investigaciones*. Granada, 2003. Editores M. Espinar, J. A. Esquivel y J. A. Peña. Pp. 42. Clave: CL. I.S.B.N.: 84-688-1738-4. ESPINAR MORENO, M. y MORCILLO PUGA, J. D. (2003): "Vida y obra del R. P. Antonio Due Rojo, S. J.", *Historia del Observatorio de Cartuja, 1902-2002. Nuevas investigaciones*. Granada, 2003. Editores M. Espinar, J. A. Esquivel y J. A. Peña. 32 págs. Clave: CL. I.S.B.N.: 84-688-1738-4. ESPINAR MORENO, M. y MORCILLO PUGA, J. D. (2003): "Nacimiento y evolución del edificio del Observatorio de Cartuja desde 1902 hasta 2002", *Historia del Observatorio de Cartuja, 1902-2002. Nuevas investigaciones*. Granada, 2003. Editores M. Espinar, J. A. Esquivel y J. A. Peña. 7 PÁGS. Clave: CL. I.S.B.N.: 84-688-1738-4. ESPINAR MORENO, M. y MORCILLO PUGA, J. D. (2003): "Los planos más importantes en el desarrollo del edificio del Observatorio de Cartuja (1901-2002)", *Historia del Observatorio de Cartuja, 1902-2002. Nuevas investigaciones*. Granada, 2003. Editores M. Espinar, J. A. Esquivel y J. A. Peña. 18 págs. Clave: CL. I.S.B.N.: 84-688-1738-4. ESPINAR MORENO, M. y MORCILLO PUGA, J. D. (2003): "Imágenes históricas. Textos de J. A. Esquivel y Manuel Espinar. Imágenes de J. A. Esquivel y Juan de D. Morcillo", *Historia del Observatorio de Cartuja, 1902-2002. Nuevas investigaciones*. Granada, 2003. Editores M. Espinar, J. A. Esquivel y J. A. Peña. 5 págs. Clave: CL. I.S.B.N.: 84-688-1738-4.

Hoy reunidos de nuevo todos estos materiales que formaron parte del CD damos como resultado un pequeño libro que quiero que quede consignado en Digibug para que lo puedan consultar cuantos estudiosos y amantes de la ciencia quieran. Es un hecho que está prácticamente agotada aquella edición de 2003. De nuevo la ponemos al alcance de todos. Espero que este tipo de trabajos tengan algún día continuidad pues la Sismicidad y la Sismicidad Histórica nos ayudará mucho a entender cómo se han ido produciendo los distintos terremotos que han afectado a Granada, Andalucía, España y el mundo. Es un capítulo que hay que ir escribiendo a medida que avancen nuestros conocimientos. CVreo que todos los que colaboraron no tengan inconveniente en que se vuelvan a publicar las desinteresadas páginas que entonces entregaron para que el Observatorio y nuestro Instituto gocen de buena salud y prósperos trabajos.

Manuel Espinar Moreno, Enero 2023.

INDICE

Presentación, por Jesús Valenzuela Ruiz	pág. 1
Centenario del Observatorio de Cartuja (1902-2002), por Manuel Espinar, José Antonio Esquivel y José Antonio Peña	pág.2
Fundación del Observatorio de Cartuja. Primeros años de Funcionamiento (1902-1906), por Manuel Espinar Moreno	pág. 8
El Observatorio entre 1906 y 1940. La etapa del R. P. Manuel María Sánchez Navarro Neumann, S. J., por Manuel Espinar	pág. 23
Notas sobre la vida y obras del R. P. Manuel María Sanchez-Navarro Neumann, S. J. (1867-1941), por Manuel Espinar	pág. 69
Actividad del P. Due al frente del Observatorio (1940-1965), por Juan de Dios Morcillo Puga y Manuel Espinar Moreno	pág. 97
Vida y obra del R. P. Antonio Due Rojo, S. J. , por Manuel Espinar Moreno y Juan de Dios Morcillo Puga	pág. 139
Las observaciones climatológicas en el Observatorio de Cartuja (Granada, 1902-2000), por José Antonio Esquivel Guerrero	pág.171
Noticias sobre los proyectos universitarios en Cartuja durante la Segunda República, por Rafael Marín López	pág.195
Los sismógrafos del Observatorio de Cartuja, por Josep Batlló	pág. 206
El Observatorio Astronómico de Cartuja, por Teodoro Vives Soteras	pág.267
Observatorio Universitario de Cartuja. Prefacio. Introducción, por Manuel Merlo Vallejo, S. J.	pág.272
Inicio de la etapa universitaria del Observatorio de Cartuja, por Luis Esteban Carrasco y Carlos López Casado	pág.279

Base de datos macrosísmicos, por Mercedes Feriche Fernandez-Castanys	pág.287.
Mirada a la Granada de 1902. Sociedad, espectáculos, costumbres, desigualdades de la Granada de hace un siglo, por Juan Bustos	pág.296
Catálogo de los fondos fotográficos del Instituto Andaluz de Geofísica, por Inmaculada Jiménez Cortés	pág.308
Etapas del desarrollo instrumental en la época universitaria del Observatorio de Cartuja, por Gerardo Alguacil de la Blanca	pág.313
Del Observatorio de Cartuja al Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos, por José Morales Soto, Francisco Vidal Sánchez y Gerardo Alguacil de la Blanca	pág.331
¿Existe una relación entre sismicidad, fallas, grietas y roturas de muros en la Alhambra?, por J. M. Azañón, A. Azor, W. Martín Rosales, J. L. Justo Alpañés, F. Torcal y M. Espinar	pág.345
Nacimiento y evolución del edificio del Observatorio de Cartuja desde 1902 hasta 2002, por Manuel Espinar Moreno y Juan de Dios Morcillo Puga	pág. 350
Los planos más importantes en el desarrollo del edificio del Observatorio de Cartuja (1901-2002), por Juan de Dios Morcillo Puga y Manuel Espinar Moreno	pág. 357
Inversión del tensor momento del terremoto de Adra de 1910, por Daniel Stich, Josep Batlló, José Morales, R. Macia y Savka Dineva	pág.375
Aproximación a la caracterización de las series sísmicas utilizando métodos no paramétricos, por Enrique Carmona, José A. Esquivel, Graciela Estévez y Jesús M. Ibañez	pág.379

Upper crust velocities beneath Nekor fault and Al-Hoceimas

Región. Tomografía sísmica local en el Rif Oriental

(Marruecos), por Inmaculada Serrano, José Morales, Federico

Torcal y Dapeng Zhao

pág.386

Actividad tectónica reciente en el borde sur de la depresión del

Guadalquivir entre Cabra y Quesada (provincias de Jaén y Córdoba),

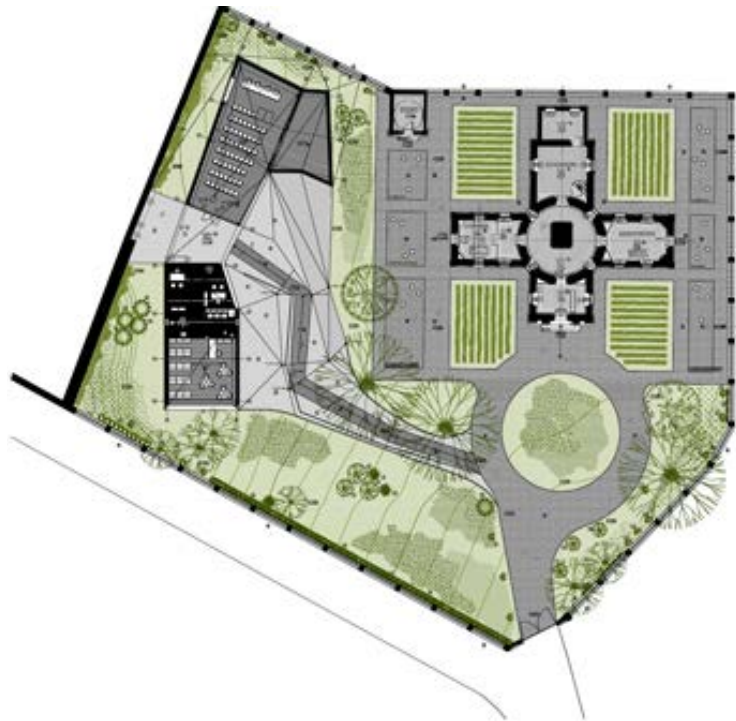
Por Mario Sánchez Gómez y Federico Torcal Medina

pág.390

Sismógrafos del Observatorio, por Josep Batlló

pág.402





PRESENTACIÓN.

En 1901 cuando la Compañía de Jesús decidió construir el Observatorio de Cartuja (Granada) solicitó colaboración y ayuda a las Instituciones granadinas. Entre ellas se encontraba el Excmo Ayuntamiento de la ciudad. Poco después el 2 de Junio de 1902 se inauguraba el Centro gracias a las aportaciones y esfuerzos de la familia Osborne, pues uno de sus miembros pertenecía a la Compañía de Jesús y residía en Granada. La colaboración del Ayuntamiento granadino supuso que éste fuera calificado como Insigne por el Observatorio, y así se reseña en el Libro de Visitas del Observatorio desde fechas muy tempranas, al igual que sucede con la Excma Diputación Provincial y algunos miembros destacados de la sociedad granadina.

Aquella colaboración continuó llevándose a cabo, aunque en ocasiones fuera esporádica, pues a cambio de algunas ayudas económicas durante la Dirección del R. P. Antonio Due Rojo, S. J., el Observatorio proporcionaba información meteorológica al Ayuntamiento y a los agricultores granadinos, muy preocupados por las inclemencias del tiempo. Hoy, como antiguo benefactor del Centro de Investigación, este Ayuntamiento quiere prestar su colaboración en una publicación informática en formato CD-ROM, que recoge la Historia y las vicisitudes del Observatorio de Cartuja a lo largo de una centuria. Además, en ella se recogen algunos trabajos recientes de los investigadores donde se ponen de manifiesto algunas de las líneas de trabajo que se desarrollan en la actualidad.

Con este CD -ROM la Historia, los instrumentos más significativos, los trabajos en Astronomía, Climatología y Sismología, las líneas de investigación llevadas a buen termino se hacen más asequibles para el ciudadano tanto granadino como foráneo. Como Concejal de Turismo, Cultura y Deporte deseo que esta publicación sea una nueva contribución al Observatorio y a los actos del Centenario de la Fundación del Observatorio de Cartuja, Centro al que deseo que continúe con su fructífera labor investigadora y de difusión del conocimiento como hasta ahora.

Jesús Valenzuela Ruiz. Concejal de Turismo, Cultura y Deporte del Excmo Ayuntamiento de Granada. Granada, diciembre 2002.

CENTENARIO DEL OBSERVATORIO DE CARTUJA (1902-2002).

Manuel ESPINAR. José Antonio ESQUIVEL y José Antonio PEÑA.

Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos. Universidad de Granada.

Presentación.

Entre las actividades que se organizaron para la celebración del Centenario del Observatorio de Cartuja (actual Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos) se pensó en editar un libro monográfico que recopilara la historia del centro y las actividades científicas que en él se desarrollaron a lo largo de este tiempo. La obra llevaba por título: *Centenario del Observatorio de Cartuja. Granada (1902-2002). Historia y Trabajos científicos*. La edición de esta obra por motivos esencialmente económicos no ha sido posible. Sin embargo, el Excmo Ayuntamiento de Granada a través de la Concejalía de Turismo, Cultura y Deporte ha hecho realidad la publicación de este CD que lleva por título: *Historia del Observatorio de Cartuja, 1902-2002. Nuevas investigaciones*.

Queremos dar las gracias al excelentísimo Ayuntamiento de Granada, al Concejal D. Jesús Valenzuela Ruiz y a su equipo por su desinteresada ayuda, que hace posible esta publicación.

Los distintos capítulos o trabajos tratan de profundizar en una serie de detalles que describimos muy someramente a continuación.

El primer trabajo se titula: **Fundación del Observatorio de Cartuja. Primeros años de funcionamiento (1902-1906)**. Se analiza como se fundó, las vicisitudes por las que atravesó, personas que trabajaron en él y los inicios de una serie de trabajos científicos que pronto dieron su fruto no solo a nivel local o regional sino nacional e internacional. Encontramos las figuras más relevantes en la puesta en funcionamiento del centro y cómo se consolidaron las líneas de investigación que más tarde dieron tan sabrosos frutos. El Prof. Espinar Moreno ha tratado de reconstruir esta etapa valiéndose de los documentos y datos conservados.

El segundo capítulo, obra también del Dr. Espinar Moreno, trata sobre **El Observatorio entre 1906 y 1940. La etapa del R. P. Manuel María Sánchez-Navarro Neumann, S. J.**, corresponde a la etapa más fructífera en los trabajos relacionados con la Sismología bajo la dirección del R. P. Manuel María Sánchez-Navarro Neumann, S. J., aunque no se olvidaron la Astronomía y la Climatología. La participación científica de este eminente sismólogo llevó al Observatorio a convertirse en uno de los centros mundiales con más prestigio dentro de los que realizaban este tipo de estudios. En él analizamos la correspondencia y los aportes científicos conseguidos, entre ellos destacamos la construcción de sismógrafos que fueron imitados por otros países.

El tercer capítulo se titula **Notas sobre la vida y obras del R. P. Manuel María Sánchez-Navarro Neuman, S. J. (1867-1941)**, el Prof. Espinar Moreno estudia su amplia labor investigadora. Se profundiza en su biografía, que hasta el momento apenas se había esbozado por su continuador en la Dirección del Observatorio, el R. P. Antonio Due Rojo, S. J., así podemos ofrecer una relación de obras de este eminente sismólogo, sus tareas diarias en el Observatorio, su labor docente e investigadora, su participación en Congresos, Mesas redondas, Conferencias y libros, Premios, felicitaciones por el monarca, participación en la Exposición Universal de Sevilla de 1929, etc. Se destaca el período en que el Observatorio fue incautado y expropiado a la Compañía de Jesús por parte de la República desde 1932 a 1938. Fue una etapa difícil para los investigadores y en especial para el P. Sánchez-Navarro que tuvo que exilarse a Italia, Holanda, Portugal, etc.

Tras un paréntesis en que el Observatorio pasó al Instituto Geográfico Nacional en el que se nombró Director a D. Félix Gómez Gillamón, fue devuelto a los jesuitas con nuevas instalaciones. De nuevo el P. Sánchez-Navarro se hizo cargo y continuó trabajando con sus colaboradores hasta prácticamente poco antes de morir en el Puerto de Santa María (Cádiz) a principios de 1941.

El cuarto trabajo estudia la **Actividad del P. Antonio Due al frente del Observatorio (1940-1965)**. Realizado por los Drs. Morcillo Puga y Espinar Moreno. Es una etapa larga en la que se volvieron a retomar los estudios de Astronomía y Climatología sin olvidar la Sismología. Apenas se conoce nada de este período que hemos logrado reconstruir con los fondos documentales y bibliográficos que se conservan en el Observatorio y en la Biblioteca de la Facultad de Teología de Cartuja. La correspondencia del P. Due nos ilustra sobre sus relaciones nacionales y en el extranjero en las que logró poner a la investigación granadina a la altura de la ciencia española, europea y americana. Su famoso viaje a Estados Unidos nos permite saber como se investigaba en Granada y los resultados obtenidos que no tienen que desmerecer nada respecto a los del exterior pese a pasar por dificultades económicas constantes.

El quinto capítulo está realizado por los Profs. Espinar Moreno y Morcillo Puga, versa sobre la **Vida y obra del R. P. Antonio Due Rojo, S. J. (1898- 1975)**, sobre esta figura apenas sabíamos nada hasta hoy si exceptuamos su labor al frente del Observatorio. Este trabajo nos ha permitido esbozar una biografía lo más completa posible gracias a las noticias que se conservan inéditas en sus propios trabajos, la correspondencia mantenida durante muchos años y las instancias oficiales que tuvo que entregar en el I.G.N. como investigador principal y Director del Observatorio que pasó a depender de la Institución "Alfonso el Sabio" del C.S.I.C. de Madrid. De nuevo además de su biografía se ofrece una relación bibliográfica de sus trabajos relacionados con el Observatorio, no hemos incluido las que se refieren a Filosofía ni Teología pues en total nos dicen los que lo conocieron que editó unos 600 trabajos. Nuestra relación bibliográfica no los recoge todos pero si los de Sismología, Climatología y Astronomía.

El sexto capítulo, elaborado por el Prof. Esquivel Guerrero, trata de **“Las observaciones climatológicas en el Observatorio de Cartuja (Granada, 1902-2000)”**, profundizando en la recopilación y análisis de como se registraron los datos, los cambios sufridos por la instrumentación, confección y puesta en práctica de nuevo instrumental, evolución de los Boletines

mensuales y anuales, estudio de la Climatología granadina a lo largo del tiempo, etc. Es un campo no muy trabajado y conocido para los profanos e incluso para los especialistas. Hay que destacar que los estudios del Observatorio relacionados con este campo lograron en la Exposición Hispano-Americana de Sevilla de 1929-1930 el Gran Premio y las felicitaciones del monarca Alfonso XIII que se interesó muy especialmente por los trabajos desarrollados en el Observatorio de Granada. En este trabajo se ofrece un estudio no solo histórico sino que se analiza en profundidad la Climatología granadina y se ofrecen materiales novedosos para los estudiosos de este tipo de investigaciones, quizás algo olvidado en la actualidad.

El séptimo capítulo se titula **“Noticias sobre los proyectos universitarios en Cartuja durante la Segunda República”** del Prof. Rafael Marín López, en él se analiza el destino que el Gobierno trataba de dar a las instalaciones de Cartuja entre las que se encontraba el Observatorio y el Colegio Máximo. Se conservan algunos planos y mapas de un proyecto desarrollado por el Rectorado de la Universidad de Granada para convertir el *Campus* de Cartuja en un espacio universitario. El proyecto fue desarrollado por el famoso arquitecto Leopoldo Torres Balbás y el profesor Antonio Marín Ocete. Conocer los pormenores del trabajo nos permite profundizar en las distintas instalaciones de la Compañía de Jesús en Granada y las ideas de la época de como debía de expandirse la Universidad. Años más tarde en parte se han cumplido aquellas expectativas y el *Campus* universitario es un reflejo de aquellas viejas ideas y proyecto que se han conservado en un archivo particular y en la documentación recuperada al respecto.

El octavo de los capítulos ha sido realizado por el Dr. Josep Batlló, tiene por título: **“Los sismógrafos del Observatorio de Cartuja”**, trata de ver la evolución de los distintos sismógrafos utilizados para el registro de los terremotos en los diferentes Observatorios españoles. Casi todos ellos fueron construidos en Cartuja o se inspiraron en sus modelos. Algunos de estos aparatos se han conservado en el Observatorio del Ebro y otros forman parte de una pequeña colección de sismógrafos que se conservan en el I.G.N. (algunos se expondrán en la Exposición que se pretende realizar con motivo del Centenario). Se estudia en este trabajo la evolución de estos aparatos, los trabajos para su construcción, funcionamiento e innovaciones que supusieron en el momento de ponerlos en funcionamiento. Se acompaña un archivo con los principales instrumentos sísmicos de los que han quedado ejemplares o memoria fotográfica.

De 1965 a 1971 dirigió el Observatorio el P. Teodoro Vives Soteras, S. J., nos proporciona noticias sobre **“El Observatorio Astronómico de Cartuja”**, es una etapa en la que destacó el Centro en los trabajos de Astronomía pues los nuevos instrumentos instalados le convirtieron en un centro pionero en aquellos momentos. Actualmente no conocemos muchos de trabajos que se desarrollaron por lo que se ha contado con la colaboración de especialistas que fueron testigos directos de aquellos quehaceres. Es otra de las lagunas que se han rellenado con este trabajo. A partir de este momento el Observatorio pasó a la Universidad de Granada y sería el inicio de un Instituto de Investigación como el que existe actualmente.

Otro capítulo está dedicado a exponer las impresiones personales y los recuerdos de uno de los investigadores del Observatorio tras casi cuarenta años de trabajo, lo realiza el investigador u observador meteorológico Hermano Manuel Merlo Vallejo, S. J. bajo el título **“Observatorio Universitario de Cartuja. Prefacio”**. Es un capítulo que nos permite conocer la

intrahistoria del centro pues las labores diarias, las ideas y proyectos muchas veces pasan desapercibidas y se esfuman en el tiempo sin dejar rastro en los documentos escritos. Tenemos la oportunidad de contar con estos testimonios directos de uno de los mejores conocedores del antiguo Observatorio y del moderno Centro de investigación que ha desarrollado su trabajo en Sismología y Climatología a lo largo de una dilatada carrera investigadora y laboral sin precedentes.

El paso del Observatorio a la Universidad es analizado en profundidad por uno de sus Directores, el catedrático D. Luis Esteban Carrasco, y un colaborador suyo en aquellos años, Dr. D. Carlos López Casado, bajo el título **“Inicio de la etapa universitaria del Observatorio de Cartuja”**. Estudian el mundo de la Sismología de entonces, pues ya en aquellos momentos el Centro se dedicó específicamente a este campo de investigación dejando la Astronomía y la Climatología para otros especialistas y Centros de investigación específicos. Como excelentes especialistas y conocedores del Observatorio nos transmiten sus impresiones y labor desarrollada desde el campo de la docencia y de la investigación en la década de los años 70 y principios de los 80.

Otro capítulo ha sido desarrollado por D^a. Mercedes Feriche Fernández-Castanys denominado: **“Base de datos macrosísmicos”** con la idea de ofrecer al público un estado de la cuestión sobre los estudios sismológicos y un resumen de los principales terremotos ocurridos a lo largo del tiempo. Se ofrecen además otros aspectos didácticos, esquemas, cuadros, base de datos, fotos, etc., que permiten tener una visión global de los estudios macrosísmicos realizados a lo largo del tiempo desde que el Instituto inició su labor hasta hoy.

El siguiente capítulo se ha centrado en ofrecer una visión histórica de Granada a principios del siglo XX, obra magistral del periodista Juan Bustos, titulado: **“Mirada a la Granada de 1902. Sociedad, espectáculos, costumbres, desigualdades de la Granada de hace un siglo”**, que nos sirve para entender como aquella fundación de los jesuitas respondía a las ideas de la época desde el punto de vista científico. Sin olvidar que este análisis trata de aclarar como se insertaba el Observatorio en la vida de la ciudad, sus labores desarrolladas para darlas a conocer al público, visitas, conferencias, etc. Una institución sin proyección exterior queda como algo apartado y de unos pocos.

La investigadora Inmaculada Jiménez Cortés ha confeccionado un **“Catálogo de los fondos fotográficos del Instituto Andaluz de Geofísica”**, gracias a su labor realizada se han clasificado, limpiado y etiquetado un gran número de antiguas placas fotográficas, la mayoría de ellas de Astronomía, que van a permitir poder estudiar en profundidad otra de las materias cultivadas por aquellos estudiosos jesuitas.

Por último, el Prof. Gerardo Alguacil de la Blanca presenta **“Etapas del desarrollo instrumental en la época universitaria del Observatorio de Cartuja”**, y el actual Director del centro, Dr. D. José Morales Soto, junto a los anteriores Directores, Dr. D. Francisco Vidal Sánchez y Dr. D. Gerardo Alguacil, **“Del Observatorio de Cartuja al Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos”**. En ambos trabajos se dan a conocer las líneas de investigación desarrolladas, el instrumental con que se cuenta, los trabajos realizados con la

Red Sísmica Andaluza, proyectos de investigación, labor docente e investigadora, etc. En realidad es una visión que se centra en el período de tiempo que va desde finales de los setenta hasta la actualidad.

Con todos estos trabajos se ofrece una visión bastante completa del viejo Observatorio de Cartuja y el nuevo Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos y se cumple con la finalidad principal de una publicación que quiere que el público granadino en general y los especialistas en particular tengan un mejor conocimiento de esta institución.

No queremos dejar de reseñar algunos trabajos presentados con motivo del Centenario que podemos calificar de Trabajos de investigación recientes en los que se detallan las líneas de trabajo actuales. Entre ellos insertamos algunos de los realizados y lamentamos que no se hayan podido rescatar otros que se encuentran en vías de publicación o en fase muy avanzada. Entre ellos contamos con los siguientes:

“¿Existe una relación entre sismicidad, fallas, grietas y roturas de muros en la Alhambra?” De los Profs. J. M. Azañón, A. Azor, W. Martín-Rosales, J. L. Justo Alpañés, F. Torcal y M. Espinar, trabajo multidisciplinar que combina la labor de arquitectos, geólogos, historiadores, etc. y que ofrece materiales para investigar uno de los conjuntos monumentales más importantes del Mundo.

En otros como **“Nacimiento y evolución del edificio del Observatorio de Cartuja desde 1902 a 2002”** y **“Planos más importantes en el desarrollo del edificio del Observatorio de Cartuja (1901-2002)”** los profs. M. Espinar y J. D. Morcillo han profundizado en aspectos poco conocidos sobre el edificio y los planos más relevantes que se conservan sobre el mismo.

El investigador alemán Daniel Stich y los profs. Josep Batlló, J. Morales, R. Macia y Savka Dineva han estudiado la **“Inversión del tensor momento del terremoto de Adra de 1910”**, se analiza aquel terremoto y se compara con los ocurridos en la misma zona en 1997 y 2000 para obtener conclusiones con las modernas investigaciones.

Los Profs. Esquivel Guerrero, E. Carmona, Graciela Estévez y Jesús Ibáñez han estudiado en su trabajo **“Aproximación a la caracterización de las series sísmicas utilizando métodos no paramétricos”** una serie de terremotos y ofrecen conclusiones muy válidas para los modernos investigadores de Geofísica..

Inmaculada Serrano, José Morales, Federico Torcal y Dapeng Zhao presentan su trabajo **“Las velocidades de la corteza superior bajo la falta de Nekor y la región de Alhucemas. Tomografía sísmica local en el Rif Oriental (Marruecos)”** en el que profundizan sobre los terremotos ocurridos en la zona del Mar de Alborán y los ocurridos en la zona del Rif Oriental y región de Alhucemas. Se aplica un método tomográfico para calcular perturbaciones de velocidad sísmica. Dichas anomalías de velocidad se contrastan con los resultados obtenidos a partir de estudios magnéticos, gravimétricos y de geología de campo desarrollados en aquella región africana.

El trabajo de Mario Sánchez-Gómez y Federico Torcal versa sobre “**Actividad tectónica reciente en el borde sur de la depresión del Guadalquivir entre Cabra y Quesada (provincias de Jaén y Córdoba)**” que llena uno de los vacíos sobre la zona en cuanto a estudios sísmicos. En él se demuestra que es una zona de actividad sísmica moderada, su relieve recuerda la importancia de las numerosas fallas, correlación entre los datos geofísicos, geomorfológicos y estructurales, etc., que permitirán seguir investigando la zona.

Granada, febrero de 2003

Fundación del Observatorio de Cartuja. Primeros años de funcionamiento (1902-1906).

Manuel Espinar Moreno.

Investigador del Instituto Andaluz de Geofísica y. Prevención de. Desastres Sísmicos.- Universidad de Granada).

Introducción.

La fundación del Observatorio de Cartuja se debe a la confluencia de una serie de circunstancias diversas, unas personales, otras de índole científica y otras económicas. El Padre Ricardo Garrido, S. J., Director del Centro, nos recuerda años más tarde que tenía que evocar las figuras que le habían precedido en las tareas científicas del Observatorio. Alude en una de las primeras publicaciones del centro¹ como el nacimiento se debía a la feliz iniciativa del R. P. Juan de la Cruz Granero. Este luchó porque se hiciera realidad aquel proyecto por su amor a la Ciencia, en especial a la Astronomía. Estaba convencido de que había que establecer en Granada un Observatorio que dependiera del Colegio Noviciado del Sagrado Corazón de la Compañía de Jesús para que los jóvenes religiosos pudieran adquirir una amplia formación científica y enseñarla después cuando ejercieran el profesorado.

El terremoto de 1884 había dejado en las provincias de Granada y Málaga unas secuelas difíciles de olvidar. Por ello cuando el P. Granero y sus colaboradores piensan establecer el Observatorio analizan el terreno y deciden colocarlo en la Cartuja. Otros observatorios se fundaron años más tarde en Málaga, Almería, Murcia y Alicante. Todos pretendían estudiar la sismicidad de esta región que era muy activa desde el punto de vista sísmico.

Nos recuerda años más tarde un artículo editado en el Boletín del Observatorio aquellos días en los que se pretendía construir el observatorio. La idea era fomentar los estudios astronómicos, sísmicos y meteorológicos muy poco favorecidos en aquellos tiempos en España. Nos dice: "*La insegura marcha de la política española de aquellos días, los estragos que la revolución venía haciendo en la fe del pueblo y los acentuados síntomas de persecución religiosa que se observaban, hicieron creer a muchos que el proyecto de los PP. Jesuitas era descabellado y de muy pocas halagüeñas esperanzas*".

El P. Granero dejó testimonio de aquellos pesimismo en unos párrafos en una carta dirigida al Director de la Rev. Razón y Fe. Dice así: "*Por aquí parece a algunos calaverada inoportuna la idea de erigir un observatorio importante, y confiar su dirección, en los tiempos que corren, a religiosos de la Compañía de Jesús*". Añade: "*Otros, por el contrario, juzgan la época presente como la más indicada para que se dediquen a estudios astronómicos, seísmicos y meteorológicos los hijos de San Ignacio. Que, si éstos no sienten muy segura bajo sus pies la tierra que pisan, y sobre sus cabezas ven que se arremolinan los vientos y amenazan ya lentas tempestades, nada tiene de extraño que alcen sus miradas al cielo, para ver si con poderosos telescopios alcanzan a descubrir por esos mundos de Dios otro planeta que para ellos tenga condiciones de habitabilidad más aceptable que el nuestro*"².

Estas ideas del P. de la Cruz Granero se vieron reforzadas por el R. Padre Provincial Jaime Vigo

(¹) GARRIDO, Ricardo, S. J.: "Beneméritos del Observatorio de Cartuja" en *La Estación Sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada) a cargo de PP. de la Compañía de Jesús. Memorias y trabajos de vulgarización científica*. Imprenta Gráfica Granadina, 1921, pp. 88-91.

(²) SÁNCHEZ-NAVARRO NEUMAN, Manuel M?.: "En nuestro Observatorio. Reformas importantes", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, 1925, Mayo, 2 págs.

que vio en este proyecto una gran institución dedicada al servicio de la sociedad y de la ciencia. Por ello mandó al P. Granero, al P. Ramón Martínez y al Hermano Luis Hurtado que se trasladaran a observar un eclipse de sol que tendría lugar en 1900 para que estudiaran el evento. Llegaron a la localidad albaceteña de Tobarra y estudiaron el eclipse³. En otras publicaciones se alude a que se trasladaron hasta la localidad murciana de Totana. El equipo empleado estaba compuesto de varios aparatos del gabinete de Física, entre ellos un antejo Secretan de 160 mm. de abertura y 2'3 m. de distancia focal, cámaras fotográficas, etc⁴. Tras todo ello al volver a Granada ambos estudiosos prepararon una Conferencia Científica a la que acudió un ilustrado y selecto público. Esta tuvo lugar el día 10 de junio, se utilizaron proyecciones y se presentó un abundante material sobre el evento. De estas efemérides podemos decir que nace la fundación del Observatorio, se pensó añadir al Colegio unas dependencias donde los estudiantes de la Compañía pudieran mejorar sus conocimientos. Los granadinos apoyaron la iniciativa y dieron un gran impulso pero sus esfuerzos no fueron suficientes para lograr la idea que defendían los PP. de la Compañía de Jesús. Los estudiantes cursaban ciencias y letras. Entre ellos se encontraba uno que iba a tener un papel fundamental en aquellos momentos, más tarde jesuita P. Antonio Osborne. Este ofreció destinar a aquel fin parte de la legítima familiar. La idea del joven religioso fue que se construyera un centro como el que había en Georgetown dirigido por el P. J. G. Hagen o el de Stonyhurst bajo la dirección de W. S. Sidgreaves.

El P. Sánchez Navarro Neumann con motivo de los 25 años del Observatorio dictó una conferencia titulada "La estación sismológica de Cartuja (Granada), a cargo de un P. de la Compañía de Jesús, y su labor científica (1903-1928)", aquí vuelve a plantear un poco de historia sobre aquella fundación de la que sacamos las siguientes palabras: "*A consecuencia de una brillante conferencia pública, tenida a raíz del eclipse de sol de 1900, en la que el R. P. Juan de la Cruz Granero, S. J., de santa memoria, demostró lo mucho que supo aprovecharse de los mezquinos medios con que contara, uno de los entonces hermanos estudiantes, P. desde hace bastantes años, pensó haría una obra que redundaría en la mayor gloria de Dios, si empleaba parte de su cuantiosa dote en la fundación de un observatorio. La idea mereció la aprobación de los Superiores, y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada), con su hermosa ecuatorial de 33 cm. de abertura y 535 de distancia focal, y su muy completa instalación meteorológica, no tuvieron otro origen*".

En otro de sus escritos nos comenta Navarro Neumann que el P. Juan de la Cruz Granero era el fundador del Colegio Noviciado del Sagrado Corazón, cuando decidió fundar el Observatorio ya pensaba dedicar una parte a la sismología, así pues:

*".. le agregó también una Sección Sísmica a título de ensayo, ya que lo reducido del local no permitía otra cosa. Con este objeto montó sobre el pilar de la ecuatorial un par de péndulos horizontales Siattesi de unos 208 kilogramos de masa cada uno y un Vicentini con pantógrafo de 308, con su correspondiente componente vertical de 45, sismógrafos construidos todos en Florencia"*⁵

(³) El P. Due Rojo nos dice que salieron del Colegio de la Compañía de Jesús en Granada el día 24 de Mayo de 1900, se dirigieron a Tobarra porque allí se podía observar en su totalidad el día 28. Aunque la distancia entre Granada y Tobarra en línea recta es de 230 km., tuvieron que recorrer 600 km., por la intrincado de la línea ferroviaria al tener que rodear por Bobadilla, Córdoba y Alcázar de San Juan, tuvieron que viajar durante dos días llegando a su destino el 26. El P. Juan de la Cruz Granero era Rector del Colegio, el P. Ramón Martínez era profesor de Física y les acompañó su ayudante el Hermano Luis Hurtado. Según el P. Sánchez Navarro Neumann el eclipse tuvo lugar el 31 de mayo de 1900.

(⁴) Esta información la recoge el P. Antonio DUE ROJO: "El cincuentenario del Observatorio de Cartuja", *Urania*, 234, Año XXXVIII, 1953, pp. 67-80 y en "El Observatorio de Cartuja", *Cincuentenario Cartuja*, 1944, pp. 78-80.

(⁵) SÁNCHEZ-NAVARRO NEUMANN, Manuel M^a, S. J.: "Estación Sismológica de Cartuja (Granada). Breve noticia y resumen de los trabajos realizados en 1914", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, Diciembre 1914, pp. 1-4.

La fundación del Observatorio.

Había que financiar la obra y hacerla realidad. La Providencia deparó que la Condesa viuda de Osborne y su hijo Antonio, también jesuita, aportaran los medios para comenzar las obras. Antes de empezar a edificar se encargó al P. Granero que realizara un viaje por Inglaterra, Francia e Italia para que adquiriera materiales, se informara de los principales estudiosos y contratara aparatos dedicados a la Astronomía, Meteorología y Sismología. Con todo ello tras escuchar distintas opiniones encargó algunos aparatos que poco a poco van llegando a Granada. Entre los aparatos adquiridos encontramos un Mailhat con un objetivo de 330 milímetros. Sabemos que el astrónomo francés M. Bigourdan, figura distinguida en la época, ayudó al P. Granero en su empresa y se ofreció a probar en su ecuatorial de la Torre del Este del Observatorio de París aquel objetivo. También sabemos por el P. Sánchez Navarro Neumann que el P. Granero cuando fundó el Observatorio fue aconsejado por el célebre sismólogo R. P. D. Guido Alfani, S. P., de Florencia y se trajo cuatro potentes sismógrafos: dos péndulos Stiattesi, un microsismógrafo Vicentini, provisto del pantógrafo del malogrado Dr. G. Pacher, con notables modificaciones, y una componente vertical Vicentini, construidos todos en los acreditados talleres del Observatorio de Quarto di Castello en Florencia, bajo la inmediata dirección del inventor de los primeros el R. P. D. Rafael Stiattesi.

El P. Sánchez Navarro nos recuerda estos hechos en 1928 cuando dice aludiendo a la fundación del Observatorio: *"El R. P. Granero, S. J., en su visita previa a varios observatorios, incluyó el Ximeniano, de Florencia, en el que acababa de montar el R. P. Don Guido Alfani, S. P., una potente estación sismológica, y por lo que allí vio, y más aún, por los consejos de este sabio escolapio, y por considerar ser Granada, su patria, en unión de sus alrededores, uno de los sitios donde con mayor frecuencia y violencia se suelen sentir los terremotos, de toda España, se decidió a incluir una sección sismológica, con el título más general de Geofísica, en el observatorio que iba a instalar. Con este fin el presbítero secular Don Rafael Stiattessi, de Florencia, constructor de los instrumentos del Ximeniano, recibió el encargo de una colección de sismógrafos, del mismo modelo, con destino al nuevo observatorio de Granada"*.

En algunos escritos se alude a que ya en 1899 se pensaba en construir el Observatorio pero no se pudo comenzar las obras hasta más tarde en 1901, concretamente la primera piedra se colocó el día 2 de junio de 1901 a las 6'30 P. M. de acuerdo a los datos que se conservan. Nos dice el P. Sánchez-Navarro que fue el arquitecto y profesor D. Enrique Fort el que cedió gratuitamente los planos del edificio y la disposición de la familia Osborne lo hizo realidad. Era un elegante y esbelto pabellón de orden dórico y en el se instalaron los primeros servicios del nuevo centro científico.

El 19 de marzo de 1902 se hizo realidad la creación del Observatorio y con este motivo se nombró como Patrono al Patriarca San José. En el Libro o Álbum de firmas, forrado en terciopelo encarnado, encontramos el 19 de abril la firma del Nuncio Apostólico de Su Santidad, A. Reinaldini (Arzobispo de Heraclio)⁶ En un breve período de tiempo se construyó el edificio y fue inaugurado con todos los aparatos el 6 de junio de aquel año. Este primer edificio trazado por el P. Granero como Director del mismo sufrió modificaciones a lo largo del tiempo para acomodarse a las vicisitudes del personal y a las circunstancias materiales a lo largo de su andadura. La estación se encuentra situada a una corta distancia y al N.-NE. de Granada. Las coordenadas geográficas fueron calculadas por el P. Granero y son las siguientes 37° 11' 37'' N. y 3° 35' 44'' W. Gr y una altitud de 768 m⁷. Las coordenadas

⁽⁶⁾ B. SORIA MARCO: *La Cartuja de Granada y el Observatorio Astronómico-Geofísico. Obra de arte y científica con 51 ilustraciones*. Madrid, 1942, pág. 107.

⁽⁷⁾ El P. Due nos dice en la Memoria de 1941 que la situación geográfica exacta es Latitud 37° 11' 24'' N. Longitud 14 m. 23'5 s. W. de Greenwich, Altitud 774,37 m.

fueron calculadas teniendo como referencia la torre NW de la Catedral de Granada y el centro de la sala donde estaban los simógrafos estaba a una distancia de 1.975 metros. El edificio se encuentra dentro del recinto de la Facultad Teológica y Seminario Mayor de la misma Compañía, donde hacen sus estudios eclesiásticos así los estudiantes jesuitas, como los seminaristas de las diócesis de Granada, Jaén, Guadix y Almería.

La revista *El Mundo Científico* de Agosto de 1903 se hacía eco de la fundación del nuevo Observatorio con las siguientes palabras:

"La ciudad de Granada cuenta desde principios de año, con un nuevo é importante centro científico: el observatorio astronómico, meteorológico y geodinámico, del que los PP. jesuitas que lo dirigen han dado fè de vida con la esmerada publicación del boletín mensual de las observaciones allí efectuadas durante los meses de Enero y Febrero de este año.

No podía elegirse mejor campo de observación para fundar en él el nuevo establecimiento.

Si el cielo de Granada es espléndido como pocos, la tierra trepida aún allí con el eco de terribles sacudidas, y en el seno de su atmósfera se elabora la riqueza ó la miseria de una dilatada comarca, de uno de los oasis más preciados de los desiertos ibéricos".

Tras su vuelta a Granada el granadino P. Granero defendió que el nuevo Observatorio tendría que comprender tres secciones: astronómica, geodinámica y meteorológica, y la geodinámica se reduciría a lo sísmico pues los cables de alta tensión y los tranvías de la capital hacían ineficaz la instalación de otros aparatos para estudiar fenómenos relacionados con el magnetismo terrestre y las corrientes telúricas. Aunque se hicieron estudios sobre corrientes telúricas no se obtuvieron resultados satisfactorios por lo que los aparatos adquiridos se devolvieron y se deshicieron las obras hechas para su instalación. El Observatorio comenzaba su andadura de acuerdo a las ideas del P. Granero. El primer Boletín del Observatorio corresponde a finales de 1903, tiene como título *Observatorio Astronómico, Geodinámico y Meteorológico de Cartuja*. Encontramos reseñas de trabajos científicos y las primeras observaciones meteorológicas, desde entonces no se han interrumpido hasta ahora, y el estudio de las actividades solares, que sí fueron interrumpidas más tarde para de nuevo volver a ellas en la segunda etapa del Observatorio.

Para la sección astronómica se destinó la ecuatorial Mailhat con un buen micrómetro de posición⁸, diafragma iris, cámaras fotográficas ordinarias, ampliadora y dos buscadores, el mayor e ellos de 109 mm. de abertura, objetivo fotográfico, regulador Foucault, dos espectrocopios Grubb, oculares, etc. La colocación del micrómetro era delicada, difícil de ajustar la posición y distancia focal, se le añadió al antejo un tubo lateral sobre los que se colocaban los oculares o se adaptaban los espectrocopios utilizando un espejo inclinado 45° que desvía hacia el tubo los rayos luminosos recibidos del objetivo. Con este aparato se formarían los estudiantes de la Compañía de Jesús y se conseguirían resultados para la investigación científica que conseguirían que la sección astronómica pudiera intervenir en los trabajos de astronomía estelar, desdoblamiento de estrellas, espectros, etc.

Las observaciones meridianas contaban también con un círculo meridiano construido por M. Mailhat, con objetivo de 58 mm de abertura y 62 cm de distancia focal, ocular micrométrico, prismas zenital y nadiral con lente correctora, círculo dividido provisto de dos microscopios micrométricos que permitían apreciar el segundo de arco, una mira con objetivo de 50 metros de distancia focal y dos niveles muy sensibles.

⁽⁸⁾ El P. Due Rojo nos dice que era una gran ecuatorial ($\varnothing = 330$ mm; $F = 5'35$ m.), adquirido desde la fundación, se añadió poco después otro Grubb ($\varnothing = 152$ mm.; $F = 2'30$ m), un espectrógrafo Littrow autocolimador con todos sus accesorios y un macromicrómetro Hilger. Con ello se lograron algunos trabajos sobre espectrografía solar.

En la parte sismológica tenemos que decir que los primeros sismógrafos del Observatorio fueron un par de péndulos horizontales Stiattesi, un gran Vicentini con pantógrafo, una componente vertical y un sismoscopio. Quedaron instalados y suspendidos del sólido pilar que sirve para sostener la ecuatorial y rodeados por una gran vitrina. El pilar ocupa hoy el centro de la rotonda del Observatorio y sobre él está instalado un viejo telescopio al que le faltan las lentes y otras piezas todo resguardado por la cúpula. Este material para la fecha de 1902 podía considerarse de primer orden, sabemos que comenzó a funcionar con regularidad a partir del 1 de enero de 1903, con los datos obtenidos se iniciaron las publicaciones sismológicas de Cartuja bajo el epígrafe "Sección Sísmica" que se incluyeron en el Boletín Mensual Astronómico, Geodinámico y Meteorológico del Observatorio, continuaron bajo la dirección del P. Ramón Martínez hasta fines de julio de 1906. Desde 1902 a 1906 fue el encargado de la Sección Sísmica el P. Martínez.

En agosto de 1903 en la información de *El Mundo científico* se decía que de las tres secciones del Observatorio de Cartuja no estaban todas en funcionamiento. Destaca la importancia del instrumental dotado pues es de *"lo más perfecto que la moderna mecánica fabrica, desde el hermoso antejo ecuatorial cobijado en la cúpula que corona el edificio, hasta los aparatos meteorológicos, así registradores como de observación directa, que han sido traídos de los talleres de Richard y de Pellin, y los péndulos sismográficos adosados al pilar del ecuatorial, entre el suelo y el piso en que se efectúan las observaciones astronómicas"*.

En aquellos momentos sólo se habían inaugurado las secciones meteorológica y sísmica, contaban con registradores de vientos, temperaturas, presión atmosférica, lluvia, humedad e insolación, etc., para lo sísmico con un microsismógrafo Vicentini de 2 segundos de período y 155 veces de amplificación, dos sismógrafos horizontales y un subultorio de 116 veces de amplificación. El Vicentini pesaba 380 kilogramos y la banda de papel que traza las curvas es de 3 metros, y adelanta 15 milímetros por minuto. El subultorio pesaba 48 kilogramos y daba 69 oscilaciones por minuto. Los horizontales pesaban cada uno 340 kilogramos, el primero aumenta 21'30 y el otro 25'24, la banda de papel tiene 3 metros y daba una vuelta completa en 6 h y 5 m.

Tuvieron que ser protegidos con una vidriera cerrada para defenderlos de las corrientes de aire. Esta precaución se había tenido que tomar por la gran movilidad de los péndulos pues oscilaban y trazaban curvas de varios milímetros de amplitud. También esta causa obligó a fijar los cronógrafos en el muro, antes estaban sujetos a los sostenes de las agujas registradoras. Al marcar ligeras inflexiones en las curvas porque los electroimanes chocaban las armaduras de hierro a que iban unidas y se producían alteraciones notables.

El P. Ramón Martínez ideó una serie de cambios como la instalación de un péndulo detrás del pilar que sostiene los sismógrafos, el segundero del péndulo termina en una punta de platino que toca cada minuto una lámina de platino suspendida sobre la esfera del reloj. De esta forma no se opone resistencia al movimiento de la aguja y se permite el contacto y paso de la corriente que mueve los cronógrafos. También cuando ocurren terremotos locales se facilita el estudio de las curvas registradas por el Vicentini. Como los registros estaban muy enmarañados se le preparó con un motor que comunicaba mayor velocidad al ocurrir terremotos locales y durante un corto período de tiempo. Todas las modificaciones introducidas fueron publicadas en el Boletín del Observatorio de Cartuja.

El P. Sánchez Navarro recuerda años después los problemas de estos sismógrafos y su instalación, nos dice: *"El local que se construyó para el Observatorio de Cartuja, suficiente para el fin al que se le destinaba, no lo era para soportar esos aditamentos a su instrumental, y más sismógrafos de la balumba de los péndulos horizontales Stiattesi, cuyas armazones miden 3'40 metros entre el punto de suspensión y el de apoyo y exigen un espacio libre, en sentido horizontal, de 2'70 metros. Hubo que montar a los dichos sismógrafos, en unión de los restantes, en el mismo pilar de la ecuatorial,*

con los gravísimos inconvenientes que era de suponer, y otros que se vieron después, por cierto nada despreciables, y debidos a los descentrados que ocurrían a cada paso, y que exigían muy molestas operaciones para remediarlos, de no abandonar los dichos instrumentos a su suerte, perdida su sensibilidad, por otra parte bastante notable, gracias al fenómeno de las resonancias".

Tras estos primeros años a primeros de agosto de 1906 se hizo cargo de la Sección Sísmica el P. Manuel Sánchez-Navarro Neumann que continúa las publicaciones con el mismo carácter y cuidado que sus antecesores, hasta que en julio de 1908 cambiaron de forma y aparecieron con otra presentación. También quedó separada la Sección Sísmica del Observatorio y se le denominó Estación Sismológica de Cartuja (Granada), independiente del Observatorio y situada en un local distante unos 420 metros.

Así pues a partir de 1908 comienza a funcionar la Estación Sismológica propiamente dicha. El P. Due nos dice sobre este acontecimiento lo siguiente: *"que de hecho y de nombre se desarrolló en adelante con independencia y personal diferente y propio; los boletines sísmicos, en la forma sustancialmente a la que hoy tienen, se han publicado ininterrumpidamente desde principios de 1908, en que comenzó a funcionar normalmente el primer sismógrafo de una serie de ellos que han dado a la Estación su carácter propio y la continuidad que avaloran sus registros"*⁹.

La sección meteorológica contaba con mejores instalaciones pues se vio provista de barómetros inscriptores y normales, termógrafos, pluviómetros, anemo-cinemógrafo y un gran conjunto de aparatos necesarios para lograr un completo y perfecto estudio de los variados elementos meteorológicos y fenómenos atmosféricos que pudieran ocurrir en el clima de Granada.

La estadística solar comenzó a ser una realidad en enero de 1905 como nos pone de manifiesto el P. Garrido: *"ha sido siempre después, durante los años sucesivos, uno de los trabajos a que más preferentemente se ha consagrado la atención del Observatorio Astronómico de Cartuja. A la observación diaria y visual de la fotosfera, se unía la obtención de dibujos de los grupos más interesantes de manchas del Sol. Estos dibujos se publicaban después en nuestros Boletines mensuales juntamente con las coordenadas heliográficas de los centros de perturbación fotosférica registrados durante el mes"*¹⁰. En Febrero de 1905 se estudiaron entre otras cosas un grupo de manchas solares y sus dibujos se publicaron en los Boletines. Estas publicaciones se enviaron a otros Observatorios y centros de investigación con los que se inició una serie de intercambios de publicaciones y correspondencia.

El P. Granero determinó las coordenadas geográficas del Observatorio, hizo algunas observaciones de nebulosas y estrellas dobles y organizó el trabajo con sus escasos colaboradores para atender la organización de las tres secciones: astronómica, meteorológica y sismológica.

Todo ello se consiguió y puso en marcha gracias al esfuerzo y tesón del P. Granero. Pero sus esfuerzos con el Observatorio fueron poco a poco aminorando pues fue nombrado Rector del Colegio Noviciado y tuvo que dedicarse a otras tareas. Sin embargo, continuó trabajando en la obra que había emprendido con grandes esfuerzos, desvelos y cuidados que hicieron que quienes lo conocieron nos digan que fue este esfuerzo *"sin duda alguna uno de los actos de virtud más hermosos, en su vida*

⁽⁹⁾ DUE ROJO, Antonio, S. J. : *"El Observatorio de Cartuja"*, *Cincuentenario Cartuja*, 1944, pp. 78-80 y *"En el Cincuentenario de la Estación Sismológica de Cartuja"*, *Revista de Geofísica*, 1958, pág. 1.

⁽¹⁰⁾ GARRIDO, Ricardo, S. J.: *"Estadística solar. Enero-diciembre 1920"*, en *La Estación Sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada). Memorias y trabajos de vulgarización científica*. Imprenta Gráfica Granadina, Granada, 1921, pp. 74-82, confr. pág. 74.

religiosa, siempre ejemplar y edificante, la prontitud y rendimiento de juicio con que, en aras de la obediencia, sacrificó su grande afición a los trabajos científicos y su amor al Observatorio". Poco después en 1904, cuando llevaba dos años como Director, fue trasladado a las tierras meridionales de América para desempeñar el cargo de Visitador primero y de Superior General después de las Misiones que allí tiene la Compañía de Jesús en la provincia de Toledo que abarca las tierras de las repúblicas sudamericanas de Perú, Ecuador y Bolivia.

El gran cariño que sentía por el Observatorio fundado en Granada se manifiesta en la anécdota que nos refiere el P. Ricardo Garrido, nos cuenta que cuando el P. Granero tenía preparado el equipaje para abandonar el Colegio Noviciado camino de la estación de ferrocarril, se encaminó momentos antes al Observatorio y dejó escrito en el Álbum de Visitas su nombre y un dístico gracioso en latín donde parafrasea al poeta. Este dice así:

*A las estrellas..... valete.
Non ego vos posthac specula sublimis in alta
Aetheria fulgere procul de sede videbo.*

Siempre se acordó de esta obra y de sus colaboradores pero continuó su camino en otras tierras y tareas hasta su muerte¹¹. Por todo ello siempre se le recordará como el fundador del Observatorio de Cartuja en Granada, centro que destacaría por sus funciones y trabajos poco tiempo después en el mundo de la Sismología, Meteorología y Astronomía.

Directores que siguieron el P. Granero y labor realizada.

Le sucedió en el cargo el P. José Mier y Terán, mejicano, que decidió dedicar más trabajo al estudio de la actividad solar. Se comienzan a publicar estadísticas en los Boletines Mensuales del Observatorio de Cartuja. Durante el tiempo de su dirección, concretamente en 1905, tuvo lugar un fenómeno importante, el eclipse total de Sol que se iba a producir por lo que se prepararon para su estudio. El eclipse dio ocasión para preparar una expedición científica de mayor envergadura que la de 1900. Se trasladaron hasta Carrión de los Condes en la provincia de Palencia donde recogieron abundantes materiales. El P. Due nos cuenta como la expedición se organizó desde Cartuja y contó con la colaboración de los PP. Julio Fenyi y Teodoro Angern, Director y Subdirector del Observatorio de Kalocsa (Hungría). Con ellos se realizaron varias publicaciones y de estos trabajos podemos decir que comenzó a darse a conocer el Observatorio como uno de los centros de investigación científica avanzada. En los años cuarenta había un gran panel y marco conteniendo 43 fotografías del eclipse de 30 de agosto de 1905. El eclipse duró 3 minutos y se lograron sacar 90 fotografías.

Tras la marcha del P. Granero quedó al cargo de los trabajos uno de sus colaboradores más directos y también fundador del Observatorio, el P. Ramón Martínez. Era compañero del P. Granero y le acompañó a la observación del eclipse de Sol en Tobarra. Este es calificado de hombre virtuoso, trabajador y gran profesional. Continuó durante años las iniciativas y trabajos científicos comenzados por el P. Granero. El P. Ramón Martínez era profesor de Física y Química y trabajó durante más de treinta años en el Observatorio especialmente en las secciones sísmica y meteorológica donde se ve su

⁽¹¹⁾ Nos dice el P. Sánchez Navarro Neumann que también había fundado el Colegio de la Compañía de Jesús en Granada, su muerte se produjo en 1915. En su artículo "Trerómetro Granero" se expresa que el nombre del aparato estaba dedicado al fundador del Observatorio de Cartuja "y también del Colegio Noviciado del que aquel depende, R. P. Juan de la Cruz Granero, S. J., recientemente fallecido, y cuya santa memoria queremos honrar, dedicándole esta nuestra primera producción (después de su feliz tránsito), en el terreno de las ciencias que tanto amó, y a cuyo desenvolvimiento cooperó con la instalación del Centro Científico antes mencionado, observaciones astronómicas, lecciones y sabios consejos, artículos y conferencias científicas", pp. 119-120.

incansable actividad y amor al trabajo.

Nos dice el P. Garrido que antes de la fundación del Observatorio el P. Martínez había realizado un registro minucioso y diario de los fenómenos meteorológicos que acontecían en Granada. Estas observaciones eran enviadas al Observatorio Central Meteorológico de Madrid y merecieron por parte de sus dirigentes el elogio y la aprobación además de ser muy útil a los científicos de aquellos momentos. Durante el tiempo que dirigió el Observatorio el P. Granero y sobre todo cuando fue nombrado Rector del Colegio Noviciado, al verse imposibilitado de atender a las tareas que reclamaba contó con el P. Martínez del que tenía un alto concepto "*no sólo por su acrisolada virtud sino también por su exquisita habilidad en el manejo y arreglo de los aparatos*". En aquellas circunstancias le confió casi totalmente la Dirección del Observatorio. En este tiempo el P. Martínez dirigió la instalación de los sismógrafos y aparatos meteorológicos, y al mismo tiempo preparó para la imprenta los trabajos del Centro que se vieron plasmados en los Boletines que se editaron hasta el año 1906.

En el Boletín Mensual del Observatorio de Granada. Año I, 1903, nos encontramos las observaciones meteorológicas y sísmicas hechas durante el mes de Enero y sucesivos, publicados en la Tipografía de José López Guevara de Granada. Se dice que desde finales de 1902 se estaban estudiando los aparatos de la sección sísmica para utilizarlos "*con seguridad completa desde el principio del corriente*". Las dificultades fueron numerosas y a partir del 3 de enero se empiezan a recoger noticias sísmológicas. Sin embargo, pese a que los aparatos estaban funcionando su falta de aislamiento hacía que influyeran otros movimientos que se podían confundir con las ondas sísmicas. Al arreglar estos problemas y a pesar de la exquisita sensibilidad no se recogía apenas nada ni se movían ante los cañones de pólvora disparados en la fábrica del Fargue ni con los barrenos de dinamita cercanos a los aparatos. A partir del 3 de enero se empiezan a recoger noticias sobre movimientos en el micro-seismógrafo Vicentini y en el Zöllner. En el mes de Febrero en la Sección Geodinámica se describen el Vicentini y otros aparatos con las innovaciones llevadas a cabo por el P. Martínez para obtener datos más fiables. Así se registro el terremoto del 29 de abril que destruyó muchas poblaciones del distrito turco de Van en Armenia donde murieron mas de dos mil personas en la ciudad de Melazgerd y pueblos de sus alrededores. A partir del Boletín de Febrero se suplica en la portada que se realicen intercambio de publicaciones. Los boletines de 1904 y 1905 cambian de forma.

En el Boletín de 1906 encontramos un informe del P. Sánchez Navarro en el mes de Agosto sobre el sismograma del terremoto de Valparaíso que causó grandes pérdidas y destrozos en Santiago y otras ciudades hasta Talca. En el mes de Septiembre realiza otro análisis del terremoto de 30 de agosto en Bodö en el Ártico en un distrito de Noruega.

En el verano de 1906 sus superiores pensaron que el P. Martínez debía de descansar de tanto trabajo pues era un hombre que no podía estar ocioso como demuestra su vida laboriosa. Le destinaron al Colegio de San Luis Gonzaga que tenía la Compañía en el Puerto de Santa María (Cádiz). Al llegar allí se encontró con viejos amigos y continuó sus trabajos en la enseñanza.

En aquellos momentos se destinó al Observatorio al Hermano escolar Rafael Barraquer que había acabado sus estudios de Filosofía. Además de otras ocupaciones accesorias tuvo por encargo de sus Superiores la dirección de la Sección Meteorológica, trabajo bastante en este campo y preparó la redacción de algunos Boletines y cuadros comparativos de los fenómenos meteorológicos. Su papel aunque no tan importante como el de los PP. Granero y Martínez es digno de recuerdo. Sin embargo, su vida llena de esperanza para la Ciencia por su copioso trabajo se vio súbitamente interrumpida pues inesperadamente le llegó la muerte. Nos recuerda el P. Garrido que era hombre de trato exquisito y amable que le granjeó el amor y el cariño de religiosos y seglares que le conocieron y trataron.

Por último entre los beneméritos se cita al Hermano Coadjutor Salvador Parra, trabajador incansable, hombre humilde y complaciente. Tomó parte activa en las tareas del Observatorio en especial en la sección meteorológica. Fue ayudante del P. Ricardo Garrido durante varios años. Sus Superiores le encargaron desde 1906 la Estadística foto-heliográfica, obtención de las fotografías solares, y gracias a su trabajo tiene el Observatorio un importante archivo foto-heliográfico¹². Se le encargó después tareas en la sección sísmica y demostró poseer unas cualidades y aptitudes excepcionales para la mecánica pues gracias a su labor estaban en funcionamiento los aparatos registradores y arregló muchos de ellos.

Su labor se vio interrumpida años más tarde cuando fue enviado primero a Madrid y luego al Colegio de San Luis del Puerto de Santa María donde le sorprendió la muerte cuando fue nombrado ayudante del P. Prefecto del Colegio y ayudaba al profesor de Física en las tareas y clases.

Tras la dirección del P. Mier y Terán fue designado el P. Ricardo Garrido. Continuó los estudios heliográficos y publicaciones astronómicas especialmente entre 1908 y 1913. El Observatorio tuvo que limitar su actividad por la escasez de medios materiales para lograr resultados de primer orden y en especial por los problemas económicos que subsistieron durante su mandato y el de sus sucesores. En primer lugar el P. Juan Murillo y luego el P. Cándido Guerrero. La etapa de 1906 y 1907 fue crítica para el Observatorio de Cartuja.

Los trabajos más importantes en la Sección Astronómica se centraron casi exclusivamente en la estadística solar de manchas y fáculas a partir de 1905 y se publicaban en el Boletín y otras revistas del extranjero. Este tipo de trabajos perduran y se acentúan desde 1908 a 1913 aunque continuaron siempre aunque con pequeños intervalos hasta 1941. En esta etapa de los años iniciales se lograron buenos resultados en espectrografía, observaciones de eclipses, cometas, planetas, etc.

Estas fueron las personas que hicieron realidad durante unos años el incipiente proyecto del P. Granero, lo mantuvieron y mejoraron hasta la llegada del P. Manuel María Sánchez-Navarro Neumann, uno de los fundadores de la moderna sismología que tanto prestigio dio al Observatorio de Cartuja llevándolo a ser un hito en la Sismología mundial de la primera mitad del siglo XX.

Con la llegada del P. Sánchez Navarro el Observatorio va a recibir un gran impulso en sus actividades y labores científicas, secundado por los HH. Coadjutores Alfonso Pérez y Salvador Parra, comienza la reorganización y creación de la Estación Sismológica. Los nuevos trabajos llevan a que Cartuja destaque pronto en los estudios de Sismología, una rama de la Meteorología que por aquellos días estaba en un continuo desarrollo. El propio Sánchez Navarro publicó varios trabajos sobre observaciones astronómicas pero el verdadero investigador de la Meteorología fue el H. Luis Hurtado. La labor de Sánchez Navarro hizo que los materiales conseguidos en sus sismógrafos fueran abundantes y sirvieron para lograr avances importantes, así las gráficas de los bifiliares utilizadas por los investigadores en un terremoto de foco próximo a Melilla, llevaron a D. Vicente Inglada y Ors a identificar, por primera vez en España, las ondas reflejadas en la capa de discontinuidad de Mahorovicic¹³.

(¹²) Sabemos que el foto-heliógrafo fue donado por Sánchez-Navarro y José Mier y Terán. La ecuatorial Grubb fue comparada por doña María de la Soledad Lobatón, bienhechora del Observatorio.

(¹³) A partir de 1908 se comenzaron a construir bajo la dirección del P. Sánchez Navarro una serie de péndulos y nuevos modelos de sismógrafos cada vez más perfeccionados. El cálculo y la experiencia hicieron corregir los defectos que se iban observando y se consiguieron resultados muy satisfactorios. Entre ellos destacan los Cartuja bifilar, Cartuja vertical, péndulo invertido Berchmans (luego convertido en Cartuja Máximo), Belarmino y Canisio horizontales. Gracias a estos aparatos contruidos en Cartuja alcanzó esta estación un puesto importante en la Sismología mundial en pocos años.

El P. Sánchez-Navarro nos dice que desde 1902 se habían ido publicando todos los años algunos trabajos como Boletines mensuales, trimestrales, resúmenes anuales, artículos de vulgarización, memorias y algún pequeño libro, se había comunicado datos instrumentales por correo y telégrafo, algunas conferencias científicas hasta que por fin se han ideado e instalado nuevos instrumentos contruidos en los talleres del Observatorio a cargo de los HH. Coadjutores de la Compañía de Jesús. Las labores se desarrollaron en medio de dificultades entre las que destaca la falta de personal, medios económicos y escasez de rentas.

El 18 de junio de 1913 el P. Navarro Neumann recordaba algo muy importante sobre la Estación Sismológica de Cartuja cuando trataba de trazar la historia de las vicisitudes por las que había ido pasando hasta constituirse en un centro importante para la investigación de aquellos momentos "*con gran modestia en verdad, pero con gran independencia, por no contar con subvención alguna que le imponga deberes que cumplir, lo que no obsta para que haya prestado gustosa cooperación a los servicios del Estado siempre que haya recibido la menor indicación de autoridades gubernativas y judiciales*"¹⁴.

Nos dice que en el antiguo Boletín del Observatorio se habían ido publicando numerosas reproducciones de sismogramas y una descripción de los instrumentos utilizados en el Centro. Los aparatos dieron origen a un artículo del P. J. Granero en la Revista Razón y Fe en Madrid. Los sismogramas también fueron editados por el P. Granero. Los títulos de ambas publicaciones son: "Observatorio de Granada. Sección Geodinámica", *Razón y Fe*, Agosto 1902, pp. 511-520, lámina 1, figura 9, y "Sección Geodinámica", *Boletín mensual del Observatorio de Granada*, Febrero 1903, pág. 2, lám. 1, figura 1.

Hasta que Sánchez-Navarro Neumann no escribe sobre la Estación de Cartuja no sabíamos las razones por las que se dedicó a la Sismología. Nos cuenta como a mediados de 1905 recibió la orden de sus Superiores de dedicarse al estudio de la Sismología. Para orientarse en aquel campo escribió a varios sismólogos importantes entre los que se encontraban el R. P. Alfani, S. P.; al ilustre profesor de la Universidad de Estrasburgo, Dr. D. Emilio Rudolph, y al de Tokyo, Dr. Omori. Le contestaron recomendándole que adquiriera una serie de libros y una vez en su poder comenzó a estudiar para prepararse en aquel complicado pero atractivo campo de la Ciencia. Este año visitó el Observatorio de Marina de San Fernando (Cádiz) donde conoció a Azcárate y por este tiempo conoció además a los Sr. Mier y Miura y a Comás Solá, Director del Observatorio Fabra (Barcelona), con los tres trabó una gran amistad que perduró durante años.

El primer trabajo sobre Sismología trataba sobre el terremoto sentido en San Francisco de California el 18 de abril de 1906, todo gracias a que los sismógrafos de Cartuja obtuvieron gráficos notables. Todos ellos preparados y analizados por el P. Ramón Martínez daban material para un trabajo, estos los cedió al P. Sánchez-Navarro. Entre ellos estaba el obtenido por la componente E. W. Stiattesi, estudiado en profundidad por Sánchez-Navarro siguiendo minuciosamente los trabajos del célebre profesor Fusakushi Omori, los de A. Sieberg, los de J. Milne y otros. Apareció el trabajo a primeros de julio de 1906 en la revista Razón y Fe.

Gracias a esta información sabemos que el Observatorio comenzó a formar una Biblioteca entre la que se encontraban varios artículos y libros enviados por el profesor Omori y las famosas *Publications...* japonesas, en los números 5 y 13 expone la clásica división en fases para el estudio de los terremotos. El prof. A. Sieberg había enviado su utilísimo libro *Handbuch der Erdbebenkunde*, el

(¹⁴) SÁNCHEZ-NAVARRO NEUMANN, Manuel María, S. J.: "1903-1912. Diez años de actividad de la estación sismológica de Cartuja", *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, Imprenta de Eduardo Arias, Madrid.

prof. J. Milne su *Earthquakes* y su *Seismology*, otras publicaciones insustituibles para los sismólogos eran el *Bolletino della Società Sismologica Italiana*, las *Beiträge zur Geophysik* y otros numerosos folletos, memorias y artículos que iban llegando hasta Granada.

Respecto a los terremotos y los conocimientos que se tenían en aquellos años sobre los ocurridos en España ofrecemos un dato muy revelador, la publicación de 1908 sobre los terremotos de 1904 realizada por la Oficina Central de la Asociación Sismológica, sita en Estrasburgo desde su fundación, en el Catálogo General de los macrosismos sentidos en todo el mundo figuraba España con tres terremotos, en el estudio de 1905 y 1906 figura con cinco y cuatro respectivamente. Ante todo aquello el P. Sánchez Navarro dice: "*En vista de todo esto, y para evitar en lo que permitiesen nuestros escasísimos medios el que hiciésemos un papel tan desairado ante los sismólogos extranjeros, nos decidimos á recoger cuantos datos pudiésemos sobre los terremotos sentidos en España, y á publicarlos primero en el Boletín Mensual de la Estación Sismológica de Cartuja (Granada), y después en conjunto, en castellano y en francés, esto último por no merecer, por nuestra incuria, el idioma que hablamos los honores de lengua científica*".

Los primeros aparatos adquiridos para el Observatorio nos dice Sánchez-Navarro Neumann que eran buenos para la época pero su instalación fue defectuosa, faltaba espacio para los investigadores y los aparatos por lo que pronto se tuvieron que introducir cambios y mejorar la Sección de Sismología para la que fue encargado. El P. Due nos recuerda que la deficiencia de los sismógrafos Stattesi era frecuente entonces en muchas estaciones sismológicas pero la principal dificultad era de orden económico para poder procurarse otros mejores. Por tanto, el Observatorio contaba con dos Stiattessi horizontales y un vertical Vicentini, a ellos se añadió un Wiechert. Todos eran de masa reducida y pronto se vio la necesidad de adquirir o fabricar otros mejores. El P. Sánchez-Navarro preocupado por estas cuestiones comenzó a estudiarlas en profundidad como nos dejó en su interesante trabajo titulado "Estudio comparativo de los instrumentos más usados en Sismología"¹⁵, aquí vemos su profunda penetración técnica y práctica de la cuestión y su acertado análisis de la situación. Sobre los sismógrafos de aquel tiempo nos ha dejado el P. Due un párrafo que recogemos por la importancia que tiene, dice así:

*"Los constructores de sismógrafos de principios del presente siglo solían tender a un defecto fácilmente explicable y excusable en quienes hasta entonces se dedicaban a fabricar más frecuentemente registradores meteorológicos, apropiados para magnitudes físicas relativamente grandes, a diferencia de las sísmicas, expresadas casi siempre en milésimas de milímetro de amplitud; de aquí la construcción de unos y otros aparatos según las mismas y antiguas normas, dando a las palancas, ejes y transmisiones sismográficas una masividad y solidez innecesarias y enteramente fuera de lugar; el excesivo peso de las piezas metálicas restaba así sensibilidad en el registro de las primeras fases, precisamente las de mayor interés, y ofrecían apenas una gráfica, vistosa sí, pero menos útil de la llamada porción principal u ondas lentas superficiales"*¹⁶.

La trayectoria del Observatorio sufrió distintas modificaciones en su dirección y secciones, unas veces formó un solo observatorio como sucedió en los comienzos, otras veces dos secciones con su correspondiente director y a veces tres secciones distintas. Los Directores que hasta el momento conocemos en las Secciones de Meteorología, Astronomía y Sismología son:

(¹⁵) En la Revista de la Real Academia de Ciencias Española, 1908.

(¹⁶) DUE ROJO, Antonio, S. J.: "Notas y comunicaciones. En el Cincuentenario de la Estación sismológica de Cartuja (1908-1957)", *Revista de Geofísica*, 65, año XVII, enero-marzo de 1958, pp. 83-88, cf. p. 84.

- 1.- P. Juan de la Cruz Granero (1901-1904). Fundador del Observatorio¹⁷.
- 2.- P. José Mier y Terán (1904-1908).
- 3.- P. Ricardo Garrido (1908-1913).
- 4.- P. P. Juan Murillo.
- 5.- P. Cándido Guerrero.
- 6.- P. Ramón Martínez, director de Sismología (1902-1906).
- 7.- P. Manuel María Sánchez-Navarro Neumann (a partir de 1906 en Sismología y a partir de 1913 a 1932 en las demás Secciones)¹⁸.
- 8.- Félix Gómez Guillamón (1932-1938).
- 9.- P. Manuel María Sánchez Navarro Neumann (1938-1940).
- 10.- P. Antonio Due Rojo (1940-1967. Desde 1925 era Subdirector¹⁹)
- 11.- P. Teodoro Vives Soteras (1965-1968)
- 12.- P. Matías García Gómez (1969-1970)

Entre otras noticias sobre el Observatorio en estos años destacamos la participación y colaboración de algunas personalidades que hicieron posible la fundación y funcionamiento de este centro. En el Libro de firmas del Observatorio encontramos una relación de Bienhechores del Observatorio que copiamos por la importancia que puede tener para el conocimiento de su historia. Estos son:

<p>(Página 3): R. P. Antonio Osborne (Insigne Fundador). D^a Soledad Lobatón, viuda de Lobatón (Insigne). Familia del P. José Mier y Terán (Insigne). Excmo Ayuntamiento de Granada (Insigne). Excma Diputación Provincial de Granada (Insigne). Excmo Sr. D. Fermín Garrido. R. P. Provincial Antonio Revuelto. R. P. Superior de la Residencia de Málaga, R. Garrido.</p>	<p>(Página 4): S. D. Antonio Knörr Familia del H. José Ridruejo. D. Pedro Breuel (Alemán). W. A. S. Davenhill. Vice-Consul Inglés en Granada (Insigne). Familia de D. José M^a Irurita (Insigne). D. José Arteaga. D^a Mercedes García Verde. Familia Rojas Valero.</p>
<p>(Página 5): D^a Josefa Gordo de Guerrero. D. Marcelo Blanca. R. P. Superior de la Residencia de Jérez,</p>	<p>(Página 6): R. P. Juan Leal, S. J. D^a Carmen Godoy Fonseca. La Rda. M. Superiora General de HHas.</p>

⁽¹⁷⁾ En una relación de Directores, Jefes de Secciones, Ayudantes y personal científico nos encontramos datos a veces contradictorios con los que nos proporcionan los escritos del P. Sánchez Navarro y P. Due Rojo. En esta relación escrita a máquina, sin autor conocido, nos dice lo siguiente:

1901 Director: P. Juan de la Cruz Granero y ayudantes: HH. Luis Camarero y Luis Hurtado. En 1902 el Director es el P. Granero, ayudante Luis Camarero, Jefe de Meteorología el P. Ramón Martínez y ayudante el H. Luis Hurtado. Sigue todo igual hasta 1905 en que encontramos de Director al P. Granero, Jefe de Astronomía al P. Mier y Terán y ayudante al H. Luis López, Jefe de Meteorología al P. Ramón Martínez y ayudante al H. Luis Hurtado, y Jefe de Sismología al P. Ramón Martínez y ayudante H. Luis Camarero.

⁽¹⁸⁾ En la relación escrita a máquina nos dice que en 1907 estaba de Director el P. Sánchez Navarro Neuman, Jefe de Astronomía el P. Mier y Terán, ayudante H. Luis López, Jefe de Meteorología el P. Ramón Martínez, ayudante el H. Luis Hurtado y Jefe de Sismología el P. Manuel Sánchez Navarro Neumann y ayudante el P. Emilio Ortega.

⁽¹⁹⁾ Realmente en 1965 fue nombrado Teodoro Vives pero el P. Due continuó firmando en sus escritos como Director hasta 1967.

Antonio de Viu. R. P. Provincial Francisco Cuenca. Sr. D. José Manuel Morales Belmonte. Sr. Don Abelardo Fajardo Aguilar. Sr. D. Antonio Aranda Casanova. Familia del P. Maldonado. S. D. Antonio Schormarrandi, cura de S. Antolín (Murcia). Sra. Dña Rosa Emertina Lastra. Sr. D. Enrique Mendoza Calvo Flores.	Trinitarias. Sr. D. José Criado Tejada. R. P. Francisco Maldonado, S. J. Sr. D. Fernando: Fernando Núñez Estremera. Señoras Rosa y María Bertrán (Argentinas).
Además firman: Paulino Cobo, Vicario General. Emelano Ylieno. Juan Manuel Palomo Peñalbo. Luis Can Cañan.	

También en una foto antigua de estos años encontramos los siguientes personajes:

1.- R. P. Granero, Profesor.	13.- P. Aldecoa.	25.- P. Bergamín.
2.- P. Labarta.	14.- P. Rabanal.	26.- P. Olmo y Gil.
3.- P. Delgado.	15.- P. Cadenas.	27.- P. Romeo.
4.- P. Cenzano.	16.- P. Moga.	28.- P. Torre Nicol.
5.- P. Sausa.	17.- P. Vélez.	29.- P. Caballero.
6.- P. Fita.	18.- P. Castelló	30.- P. Torrente.
7.- P. Proaño.	19.- P. Merlin.	31.- P. Mendía.
8.- P. Arcos.	20.- P. Embil.	32.- P. Oca.
9.- P. Niutta.	21.- P. Sánchez Prieto.	33.- P. Torres.
10.- P. Hidalgo.	22.- P. Cermeño.	34.- P. Tarín.
11.- P. Sanz.	23.- P. Garzón.	35.- P. Ortega.
12.- P. González.	24.- P. Alonso.	36.- P. Pagasartundra.

En el Álbum *Observatorio Astronómico* se conservan algunas fotos que nos dan nuevos datos sobre el centro. En una de ellas se dice que S. José es el Patrono principal del Observatorio y en otra que S. Ignacio, fundador de la Compañía de Jesús, velaba por el centro. En otra fotografía vemos el Observatorio en construcción, en otra la Fachada principal, otras dos fotos del ángulo NE., otra de la fachada, otra del ángulo SW., otra de una Vista desde la capilla de la Virgen de las Angustias, otra del ángulo SE., varias fotos del interior y de los aparatos que estaban en funcionamiento en aquellos años. En una foto curiosa nos encontramos la Consagración del Observatorio al Patriarca San José (21 Abril 1907), en otra un Cuadro alegórico (19 Marzo 1907), varias Fotografías del Sol de 14 y 15 de febrero de 1907 y agosto de 1908, etc.

La labor científica del centro se puede resumir y sintetizar en dos palabras: observación e investigación. La primera se traduce en una vigilancia constante para observar las diversas clases de fenómenos. El registro de todos ellos se hace automáticamente y con los resultados obtenidos se procede al estudio comparativo de los mismos, causas y circunstancias que los provocan. La investigación de todos los fenómenos lleva a realizar un estudio en ocasiones exclusivamente teórico pero necesario para el progreso científico. Otros estudios tienen sobre todo significado práctico como

ocurre con la Meteorología en cuanto a los trabajos del clima, navegación marítima y aérea o para fines estadísticos y trabajos relacionados con la Agricultura. En cuanto a los estudios sismográficos la aplicación de transmisión de ondas sísmicas por el interior de la corteza terrestre, prospección minera y descubrimiento de filones metalíferos, relaciones de las vibraciones del suelo, condiciones de estabilidad de los edificios para resistir los terremotos, etc. Como hemos dicho la llegada del R. P. Sánchez Navarro a la sección sísmica, a la que se dedicó más de 30 años, se deben una gran cantidad de aparatos e instrumentos registradores de gran precisión y sensibilidad, la mayoría de ellos ideados y contruidos por él y sus colaboradores. Gracias a sus trabajos y a sus instrumentos en el campo de la Sismología se ha dado a conocer en todo el mundo el nombre de Granada unido al de su Observatorio. La feliz idea del P. Granero tuvo continuidad y a lo largo de los años se fue mejorando hasta convertirse en una institución cultural y científica de renombre no sólo en Granada, en España y en el extranjero.

El Observatorio está a unos 450 m. del Colegio Máximo de Cartuja, los unía un camino entre parrales y olivos. En el trayecto en los años cuarenta nos dice B. Soria Marco que había de trecho en trecho unos postes de hierro con unos aros que representaban al sistema planetario. Al llegar al edificio y franquear la cancela encontramos unos jardines adornados con setos de boj. En la fachada principal en el friso encontramos la inscripción latina: COELI ENARRANT GLORIAM DEI: "*Los Cielos cantan la gloria de Dios*". Sobre el edificio se puede ver el plano publicado en 1903 y otras referencias que hemos podido recuperar de las fotos antiguas, archivo y biblioteca del centro.

Bibliografía para el capítulo.

El Mundo Científico, Año V, Segunda época, Barcelona, Agosto 1903. pp. 356-358 y 501-502. Reproduce una foto sobre el Observatorio desde el exterior, otra del antejo ecuatorial instalado en la cúpula, un plano del Observatorio en aquellos momentos y otra foto de los sismógrafos instalados en el pilar de la ecuatorial.

DUE ROJO, Antonio, S. J.: "Notas y comunicaciones. En el Cincuentenario de la Estación Sismológica de Cartuja (1908-1957)", *Revista de Geofísica*, 65, año XVII, Enero-Marzo 1958, pp. 83-88.

- "El Cincuentenario del Observatorio de Cartuja", *Urania*, 234, año XXXVIII, Abril-Septiembre 1953, pp. 67-80.

- "El Observatorio de Cartuja", *Cincuentenario Cartuja*, 1944, Granada, pp. 78-80.

- "Labor científica del R. P. Manuel M^º. Sánchez Navarro, S. J.", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, Granada, 1941.

- "El Observatorio de Cartuja", *Carnet Guía de Granada*, 6 págs.

- "En el Cincuentenario de la Estación Sismológica de Cartuja (1908-1957). Texto mecanografiado, 10 págs..

- Varias Memorias para el Patronato "Alfonso el Sabio", especialmente años 1949 y 1950. Texto mecanografiado.

GARRIDO, Ricardo, S. J.: "Beneméritos del Observatorio de Cartuja" en *La Estación Sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada) a cargo de PP. de la Compañía de Jesús. Memorias y trabajos de vulgarización científica*. Imprenta Gráfica Granadina, 1921, pp. 88-91.

- "Estadística solar. Enero-diciembre 1920", en *La estación Sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada). Memorias y trabajos de vulgarización científica*. Imprenta Gráfica Granadina, Granada, 1921, pp. 74-82.

- *Eclipse total de sol del 30 de Agosto de 1905: observaciones hechas en Carrión de los Condes (Palencia)*, por la Sección Astronómica del Observatorio de Cartuja (Granada), dirigido por los Padres de la Compañía de Jesús. Granada, 1905.

GUERRERO, Cándido, S. J.: "El Observatorio de Cartuja en el XXV aniversario de su fundación", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, Junio 1927.

HURTADO, Luis, S. J. : "Observaciones meteorológicas de los años 1902-1942", *Boletín del Observatorio de Cartuja*.

MIER Y TERÁN, José M^a.: "El eclipse total de Sol del 30 de Agosto de 1905". Publicación del Observatorio. Granada, 1905.

- "Bulletin de l'activité solaire Janvier-Août 1906", *Ciel et Terre*, an. 11, 1906, pp. 184, 256, 320, 365 y 444.

RUIZ CASTIZO, J. y GALÁN, G.: - *El eclipse total de sol de 1905: descripción del fenómeno y exposición sumaria de sus causas y circunstancias de mayor interés*. Prólogo del Excmo Sr. Director del Observatorio Astronómico de Madrid, Madrid, 1905.

SÁNCHEZ-NAVARRO NEUMANN, Manuel María, S. J.: "La station séismologique de la Compagnie de Jesús a Cartuja (Espagne)", *Extrait de la Revue des Questions scientifiques*, 20 septembre 1932, pp. 247-253.

- "La Station Sismologique de Cartuja (Granada)", *Publié dans la "Rapport sur l'organisation du Service Sismologique en Espagne. Union Géodésique et Géophysique Internationale. Section de Sismologie. Seconde Assemblée Générale de Madrid*, Octubre, 1924, 11 págs.

- "1903-1912. Diez años de actividad de la Estación Sismológica de Cartuja", *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias. Congreso de Madrid*, Madrid, 1913.

- "La estación sismológica de Cartuja (Granada), a cargo de un P. de la Compañía de Jesús, y su labor científica (1903-1928)", Conferencia pronunciada con motivo del XXV aniversario del Observatorio. Granada, texto mecanografiado.

- "En nuestro Observatorio. Reformas importantes", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, Mayo, 1925, 2 págs.

SORIA MARCO, B.: *La Cartuja de Granada y el Observatorio Astronómico-Geofísico. Obra de arte y científica con 51 ilustraciones*. Madrid, 1942, pág. 107.

El Observatorio entre 1906 y 1940. La etapa del R. P. Manuel María Sánchez Navarro Neumann, S. J.

Manuel Espinar Moreno.
Investigador del I.A.G.P.D.S. (Universidad de Granada).

El Observatorio entre 1906 y 1919.

Nos dice el P. Due que el Observatorio va a recibir un gran impulso, en especial los estudios sismológicos, con la llegada del P. Sánchez-Navarro Neumann, quien a partir de 1908 y secundado por los HH. Coadjutores Alfonso Pérez y Salvador Parra, emprenda la reorganización de lo que fue la Estación Sismológica de Cartuja, por ello se le considera el auténtico fundador de la sección de Sismología. Los problemas prácticos de aquella ciencia fueron resueltos por ellos a pesar de los inconvenientes económicos por lo que atravesaba el Observatorio.

Los inconvenientes que presentaban los sismógrafos Stiattessi por la balumba de los péndulos horizontales y el espacio que exigían les hacían perder sensibilidad. Aunque con aquellos defectos los péndulos horizontales Stiattessi, con sus períodos de 15 a 22 segundos y masas de 208 kgs., dieron gráficas bastante notables y vistosas. Entre aquellas gráficas destacaba la del terremoto de California del 18 de abril de 1906, estudiada por el P. Sánchez-Navarro Neumann y publicada en la Rev. Razón y Fe, además de las gráficas de los terremotos de las Aleutinas y Valparaíso del 16-17 de agosto de aquel año, que fueron reproducidas por la importancia que tenían en el magnífico Álbum del profesor Emilio Rudolph y del Dr. Segismundo Szirtes, publicado por la antigua Asociación Internacional de Sismología, láminas 16 (1) a 16 (5). Las observaciones meteorológicas, astronómicas y algo de las sismológicas fueron publicadas en el Boletín del Observatorio de Cartuja a cargo de los jesuitas.

Varias razones y entre ellas la carencia de espacio dentro del Observatorio llevaron a plantear al Rector del Colegio Máximo, P. José María Valera, S. J. la construcción de un péndulo horizontal y su instalación en un lugar del Colegio. A finales de 1906 se emprendió la construcción de nuevos instrumentos entre ellos la de un péndulo horizontal, tipo Omori, con masa de 106 kgs, que se instaló en un local ubicado en el Colegio Máximo, exento de los graves inconvenientes del pilar de la ecuatorial del Observatorio. El Omori quedó suspendido de un pie de hierro forjado en ángulo por consejo de un sismólogo afamado, aunque no se tuvo el éxito esperado. Después de muchas pruebas y tanteos, con numerosos fracasos, se consiguió un instrumento, de grosera apariencia pero que funcionaba a pesar de que su amortiguador era una lata, que contuvo sinapismos y otros detalles del mismo jaez. Por fin cumplió su cometido, como uno de los buenos, y aún mejor que otros de excelente aspecto¹. Se adaptó al Omori un aparato multiplicador inscriptor tipo Grablovitz con estilite de aluminio Marvin y unas palancas multiplicadoras que modificaban las de los hermanos Bosch, de Estrasburgo. Todo quedó montado a finales de 1907. Trabajó durante varios años hasta que hizo falta para otras cosas aquel local y se utilizó el sismógrafo para construir otros. En aquellos años de funcionamiento del Omori se contó con sismógrafos más potentes y aquel quedó abandonado. Hay que decir y destacar que aquel sismógrafo, con 14 segundos de período, 33 veces de aumento, y un coeficiente de amortiguamiento alrededor de 4, proporcionó muchas gráficas notables que se vieron

(¹) SÁNCHEZ-NAVARRO NEUMANN, Manuel M.: S. J.: "Estudio comparativo de los Instrumentos más usados en Sismología", *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*, Marzo, Abril, Mayo, Junio y Julio de 1908, Madrid, 1908, pp. 1-80. Pág. 19 dice que al Omori de 106 kg., construido en Cartuja, bastó adaptarle un trozo de hojalata de 15x10 cms., dentro de una caja doble de sinapismos, llena del citado líquido, para obtener fácilmente amortiguamientos regulables de casi 1:1 hasta 6,9:1 y más, lo que se hizo siguiendo los consejos del Dr. E. Rudolph y del Dr. Mainka. Con este se obtenían aumentos de 70 y más veces, aunque la paja procedía por saltos. Se procedió a equilibrar las agujas. Una de aluminio, sistema Marvin, que no lo estaba bien, daba pésimos resultados.

publicadas. Asistió el P. Sánchez-Navarro Neumann a la Asamblea Sismológica de La Haya en Septiembre de 1907, aprovechó para estar una quincena en Estrasburgo conversando con el prof. Rudolph, Mainka y A. Sieberg, le enseñaron algunos sismógrafos y aprendió mucho. En La Haya se presentaron varios aparatos y conoció varias eminencias sismológicas entre ellas algunos españoles.

A principios de 1908 antes de emprender la modificación del Omori presentó en la Real Academia de Ciencias una Memoria que se publicó en Julio. El 6 de Junio había acabado de montar un péndulo bifilar de 305 kg. que denominó Cartuja, utilizó partes del Vicentini y otros materiales de desecho. Comenzó la publicación de un Boletín sísmico en el acreditado Bulletin de la Société Belge d'Astronomie, mas tarde Ciel et Terre), gracias al profesor E. Lagrange, de Bruselas. También en Julio da al Boletín de la Estación Sismológica de Cartuja (Granada) una nueva forma en sus publicación, presentación y trabajos. Con motivo del desastre de Mesina (28 diciembre de 1908) se dieron conferencias sobre terremotos por parte del P. Juan Murillo, S. J., discípulo del P. Sánchez-Navarro, se prolongaron hasta el 14 de febrero de 1909, el público fue selecto, se realizaron numerosas proyecciones foto-eléctricas, diapositivas, etc., se estudio el de Mesina, el del 23 de enero de 1909 en Luristan (Persia) con mas de 50.000 víctimas y otros entre ellos algunos españoles, se vieron los efectos sobre el terreno y las construcciones.

El éxito de aquel sismógrafo y el deseo de montar otros más potentes llevaron a adquirir uno en el extranjero². La compra se hizo a una de las firmas más afamadas en la especialidad de sismología, sin embargo daba muy pocas gráficas, no ya buenas, pero ni aún pasables, por lo que se intentó construir un nuevo instrumento. La primera dificultad era económica pues no se contaba con el millar de duros que, por entonces, hubiera costado poner en Granada un Wiechert de 1000 a 1200 kgs. fabricado en los acreditados talleres de G. Bartels, de Gotinga, entonces lo mejor y más avanzado³. Como no se tenía dinero se determinó construirlo en el Observatorio y en el Colegio de la Compañía. Recuerda el P. Sánchez-Navarro aquellos momentos de esta forma:

"Aquí resultó la penuria provechosa, y más útil que la abundancia; esta hubiera ahorrado no pocos cálculos y tanteos, pero en eso mismo está la clave de una formación, mucho más sólida, que la que se obtiene hallándose todo hecho, mientras que, gracias a aquella, se ha podido, DEO JUVANTE, lograr la satisfacción de trabajar en España con instrumentos españoles, y en buena parte originales.

Hecha virtud de la necesidad, se procedió a un estudio detenido de todos los sismógrafos de algún mérito, luego publicado en la Revista de la R. A. de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, y de los boletines con los datos obtenidos con los mismos, y, más en particular, de las copias de sismogramas, tal vez el medio más exacto para avalorarlos, llenando no pocas cuartillas de cálculos, y, después de la tal preparación teórica, se procedió a un sin número de ensayos, en particular de palancas multiplicadoras-inscriptoras, ya que se pretendía obtener resultados aceptables, con masas muy pequeñas (los discos de fundición que integraban los Stiattessi, y un Vicentini vertical, con pantógrafo), sin más gastos que el trabajo inteligente y abnegado de varios de nuestros HH.

⁽²⁾ Era un Wiechert, de 200 kg. de masa, construido en la casa Gotinga Spindler y Hoyer, un péndulo cronógrafo y un cilindro receptor de Estrasburgo de J. y A. Bosch.

⁽³⁾ Dice el P. Sánchez-Navarro que recibió carta el 6 de Febrero de 1906 del mecánico Georg Bartels. Había en aquel momento péndulos instalados en Göttingen, Munich, Estrasburgo, Potsdam, Leipzig, Jena, Apia (Samoa), Viena, Budapesth, Upsala, Pribram y se pensaba instalar uno en Toledo. En su trabajo titulado "La Sismología como auxiliar de la Geofísica", *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*. Congreso de Granada, 1912, pág. 11 nos dice que mientras que el péndulo Wiechert, de 17.000 kgs costaba 5.000 marcos, y 2.500 marcos el de G. Bartels, que también era un Wiechert, de 1000 kgs., los Cartuja, construidos con materiales de desecho sólo alcanzaron la cifra de 1.000 pesetas escasas y en aquel gasto se incluyen los bifilares, de 425 y 305 kgs, el Omori, de 106 y el Cartuja vertical de 280 kgs., incluyendo las masas.

*Coadyutores, y en particular del H. Alfonso Pérez, S. J.*⁴.

El fruto de estos trabajos fue el obtener los dos Cartuja bifilares, ya realidad en Junio y Julio de 1909, que todavía funcionaban en 1928 con pequeñas modificaciones y que prestaban servicios muy apreciables sobre todo en los terremotos fuertes. También se logró en aquellos momentos de actividad constructora el llamado Cartuja vertical de 280 kgs. de masa. Contaba con un viejo caldero de desecho, relleno de hierro viejo y de gravilla. La porción multiplicadora-inscriptora la construyó, con verdadera maestría, el P. Pedro María Descotes, S. J., que fue luego Director del Observatorio del Colegio de San Calixto de La Paz, muy renombrados entre los sismólogos por su importante estación sismológica. Más tarde fue nombrado el P. Descotes jefe del servicio de sismología, de meteorología y del horario de la república de Bolivia, también había sido honrado por el gobierno francés por sus trabajos investigadores y académicos.

Para abaratar costes se suprimieron las armazones metálicas para la suspensión de los péndulos y se reemplazaron por los fuertes muros de una habitación baja, bastante apartada, y se introdujeron el uso de despertadores corrientes para hacer avanzar las bandas receptoras. El Cartuja vertical era notable por su aumento extraordinario de 580 veces, sólo superado entonces por el coloso de 17.500 kgs. del del Instituto de Gotinga. En 1909 comenzó a estudiar terremotos poco o escasamente sentidos para que la Sismología española estuviera a la altura de la de otras naciones. Así publico 76 terremotos sentidos en 1909, 63 en 1910, 180 en 1911 y 36 en 1912. Además estudió los de Canarias y posesiones de Marruecos. En 1909 se construyó un péndulo horizontal con masa de 2'5 kg. para demostración y que llegó a producir gráficas aceptables, se montó un cilindro con motor de relojería adaptado para mover la banda con gran velocidad. También se estudio y solicitó información a otras muchas estaciones sismológicas sobre el terremoto de 23 de abril de 1909.

Con aquel instrumental, que bien merece el título de casero, comenzó la Estación Sismológica de Cartuja (Granada). La publicación de su Boletín mensual, separado del Observatorio Astronómico y Meteorológico, comenzó en 1908 y siguió así hasta 1916, volviendo a unirse, o incluso a no publicarse, por falta de medios económicos, dada la extremada dificultad e imposibilidad de comunicaciones por la Guerra Mundial. Sin embargo si continuaron funcionando sin interrupción los sismógrafos. Durante aquel espacio de tiempo se registraron y publicaron datos sobre 1595 terremotos, con una media anual de 193, máximo de 285 en 1911, y mínimo de 152 en 1912. De ellos sólo se sintieron en Granada 27 eventos, 542 eran en su mayor parte españoles, con epicentros a menos de 1000 kms., 211 entre 1000 y 5000 kms., y 745 a más de 5000 kms. Entre ellos figuran varios como el de las Islas Chabrol a 18.000 kms., y el de las Islas Tonga a 19.500 kms.

En ocasiones el Observatorio contó con la ayuda y colaboración de miembros de la Compañía de Jesús como ocurrió en 1915 con el terremoto del 13 de enero de 1915, el P. Provincial, José María Valera, S. J., envió fotografías y así nos dicen "a quien tanto debe la Estación Sismológica de Cartuja (Granada)".

Entre las publicaciones de aquellos años destaca el Boletín en castellano, siguiendo la pauta internacional y los signos convencionales para que pudiera ser utilizado, era enviado a 150 estaciones sismológicas con regularidad. El material con signos convencionales era aprovechado en estudios comparativos, cálculos de epicentros, velocidades de transmisión, etc. Se publicó además otro Boletín en francés, acompañado de algún texto, en el Bulletin de la Societé Belge d'Astronomie, de Bruselas, y se dieron a la prensa otros muchos trabajos, en particular referentes a la sismicidad del suelo español por lo que se titularon muchos de ellos: *Enumeración de los terremotos sentidos en España durante el*

⁽⁴⁾ Datos tomados de los apuntes para una conferencia del P. Sánchez-Navarro Neumann titulada: "La estación sismológica de Cartuja (Granada), a cargo de un P. de la Compañía de Jesús, y su labor científica (1903-1928)".

año de..., que se publicaron en los boletines de la R. S. Española de Historia Natural y que abarcaba la época de 1909 a 1917. También otro trabajo sobre la sismicidad de la porción oriental de la Península fue publicado en las Memorias de la R. A. de Ciencias y Artes de Barcelona. Siguió otro de toda España publicado por la R. S. E. de Historia Natural. Con aquellos y otros materiales se publicó un número titulado *La Estación Sismológica y el Observatorio de Cartuja (Granada)*, que tuvo que suprimirse por falta de medios y nuevos materiales para sostenerla. Entre todas las publicaciones destaca una publicada en Madrid en 1916 que se titula: *Terremotos, Sismógrafos y Edificios*, primera obra en castellano, original de su autor y no traducción. Se colaboró en Ciel et Terre, La Gaceta del Sur (Granada), La Defensa (Málaga), Sal Terrae, etc. La mayoría de los trabajos eran del P. Sánchez-Navarro Neumann, que además dedicó parte de su tiempo a deberes sagrados y a la enseñanza.

En 1911 se presentó un trabajo en el Congreso de Granada y varios en la Asamblea Sismológica de Manchester, en esta se buscaron relaciones con otros investigadores. Se construyó un nuevo modelo de tremómetro portátil y se redactó una obra titulada *Apuntes de Sismología Técnica* que se continuaba en 1912 junto con la edición del Boletín mensual en castellano y en francés. Se montó otro péndulo vertical Cartuja de 87 kgs. de masa para estudiar terremotos cercanos y una componente vertical. En 1913 otro tremómetro y varias piezas destinadas a un péndulo de unas 2 toneladas de masa.

La publicación realizada en 1921 por el Observatorio de Cartuja sobre los terremotos de la Península Ibérica era la más completa en aquellos momentos, el famoso *Bosquejo Sísmico de la Península Ibérica* tenía como obra anterior de referencia el *Catalogue of destructive earthquakes* del profesor J. Milne, apedillado por todo ello como el padre de la Sismología moderna, había estudiado 61 períodos sísmicos para los años comprendidos entre el 7 y el 1899 de la era cristiana. En la publicación del P. Sánchez-Navarro figuraban 91 series para los mismos años y en total 153 entre los años 500 a. d. Xto y 1917 actual.

Además entre las pruebas de actividad del Centro de Cartuja había que destacar la asistencia de su Director a la Asamblea Internacional de Sismología de la Haya, celebrada en 1907, visitando antes durante varios días la célebre estación sismológica de Estrasburgo, estuvo también en la Manchester donde pudo ver el funcionamiento y aparatos que tenían ambas. Asistió a los Congresos de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias de Granada (1911), Madrid (1913), Valladolid (1915), Sevilla (1917), Bilbao (1919), y el de Ingeniería en Madrid (1919), presentó en todos ellos comunicaciones, aparatos nuevos y gráficas, y continuo dando numerosas conferencias científicas tanto en Madrid como en Granada.

La construcción de instrumentos, unos nuevos y otros con modificaciones en ocasiones importantes, el cálculo de nuevas fórmulas para determinar distancias epicentrales, velocidad de transmisión de ondas sísmicas, distribución de materiales que integran el interior de la Tierra, trabajo producido por el terremoto, frecuencia de réplicas, etc., motivaron artículos científicos y otros de vulgarización en castellano y en francés que fueron publicados en revistas especializadas. De ellas podemos destacar varios boletines de las sociedades sismológicas de Italia y América, de Academias científicas de gran valía, además de otras españolas, así como en revistas como *Ibérica* de Barcelona, revista de la Sociedad Astronómica de España y América, *Razón y Fe* de Madrid, *Cosmos* de París, *Broteria* y otras muchas como puede verse en su Curriculum que estudiamos en siguiente capítulo de este libro.

A finales de 1919 nos dice el P. Sánchez-Navarro que acaba el período que puede llamarse historia antigua del Observatorio, caracterizado por la escasez, por no calificarlo de penuria, no se contaba con rentas y sólo se contó con pequeñas sumas que destinaba el Colegio Máximo del que dependía. En todos aquellos años se produjeron cambios incesantes de auxiliares y personal, ello hizo que en

ocasiones incluso largas no se tuviera ni mecánico siquiera mediano, para tener en buen estado el instrumental, o añadir algún sismógrafo a los existentes o mejorar los más potentes.

Entre los cooperadores de esta primera etapa encontramos los HH. Esteban Tortosa (1907-1908) y Luis López (1908-1912) que construyeron piezas de hierro de casi todos los sismógrafos, el mecánico H. Alfonso Pérez, HH. Antonio Parra (1907-1908), Miguel Jiménez (1908), Carlos Linares (1909) y Antonio Sola (1911-1913) y Salvador Parra.

En esta etapa la biblioteca del Observatorio se fue dotando de una abundante bibliografía. Si consultamos los Boletines mensuales en 1910 nos encontramos una relación de las publicaciones recibidas desde Alemania, Austria, Canadá, China, Filipinas, Hungría, otros organismos españoles, Italia, Francia, Japón, Rusia, Egipto, Estados Unidos, Haití, Inglaterra, Malta, Perú, Portugal, Rumania, Chile, Hawai, Java, Australia, Méjico, Serbia, Uruguay, Siria, San Salvador y Noruega.

En esta primera etapa encontramos un organigrama del Observatorio que pasamos a exponer para ver el funcionamiento exacto del mismo y de cada una de sus secciones:

Año 1907. Director: P. Sánchez Navarro Neumann. Jefe de Astronomía, P. Mier y Terán, ayudante el H. Luis López. Jefe de Meteorología, P. Ramón Martínez, ayudante H. Luis Hurtado. Jefe de Sismología, P. Sánchez Navarro Neumann, ayudante, P. Emilio Sola. En 1909 cambia el Jefe de Astronomía, P. Ricardo Garrido, ayudante H. Salvador Parra. En 1910 encontramos de Jefe de Meteorología al P. Juan Murillo y de ayudante al H. Luis Hurtado. En 1912 tenemos de Jefe de Meteorología al P. Rafael Valdivia y de ayudante al H. Luis Hurtado. En 1915 el Jefe de Astronomía es Sánchez Navarro con su ayudante H. Salvador Parra y el Jefe de Meteorología es el P. Agustín del Moral. En 1916 tenemos de Jefe de Meteorología al P. Yañez Genicio y en 1918 en esta sección encontramos al P. Federico Savoie. En 1919 encontramos en Meteorología al P. Rafael Barraquer y en 1920 en Astronomía al P. Ricardo Garrido.

La etapa de 1920 a 1932.

A finales de 1920 comenzó a conseguirse algo de lo ya previsto, en aquellos momentos se va a producir un hecho importante, el 13 de Octubre, una Real Orden declara de Utilidad Pública a la Estación Sismológica de Cartuja (Granada), la dotación de una subvención por parte del Instituto Geográfico, unida a una limosna de 1000 pts del R. P. Provincial, a lo que se unía la gran habilidad y laboriosidad de uno de los HH. Coadjutores, con todo ello se permitió iniciar la era de las construcciones más recientes, comenzando con el sismógrafo Berchmans.

Este es un péndulo invertido, tipo Weichert, muy modificado. Su masa la constituye un recipiente cúbico de palastro, relleno de hierro de desecho, piedras y gravilla, con peso de 3.000 kgs., y se apoyaba sobre unos muelles planos de acero, gracias a una montura cardánica, de gran robustez. Inscibía los movimientos del suelo, con amplificaciones variables entre 120 y 1200, que en 1928 sabemos que eran 760, con períodos de 3 a 6 segundos, amortiguamiento alrededor de 4, y su avance, de 15 mm. por minuto, que acababa de elevarse a 25. Además del cronógrafo de rigor llevaba su estabilizador para equilibrar el péndulo, verdadera balanza loca, cuya caída se evita gracias a los muelles astasiadores, relacionados con las palancas multiplicadoras-inscriptoras. A pesar de su masa, ya un tanto pesada, con su período de 5 segundos, apreciaba un gramo que se le añadiese. Por su considerable aumento, finura de su trazado y rapidez de registro, constituía el mejor sismógrafo del Observatorio para estudiar los terremotos cercanos, en su inmensa mayoría españoles o marroquíes.

Se pensó en construir un coloso de unas 15 a 20 toneladas, pero el proyecto requería sumas considerables y un gran local expresamente destinado para él. El coste total mínimo era de unas 6.000

pts de las que no había rastros ni esperanza de obtenerlas. Por todo ello fue preciso renunciar al plan ya que era muy aventurado y costoso. Se resignaron con construir algo transportable, lo que en Sismología tratándose de instrumentos potentes, equivale a decidirse por uno de los registros óptico o magneto-fotográfico, este último de construcción más complicada y difícil, aunque más potente, y sin algunos de los inconvenientes del primero, aunque no dejaba de tener las propias.

De todas estas dudas, proyectos y trabajos nació el sismógrafo Javier, que se llamó así por ser bendecido con el portentoso brazo del santo Apóstol de las Indias y el Japón. Era un péndulo horizontal, tipo Galitzin, con numerosas modificaciones para exaltar todo lo posible su sensibilidad, en la hipótesis, que al principio parecía evidente, de que unos imanes, con acero de muelles de coche, y un sismógrafo, así mismo casero, y con sólo el espejito traído del extranjero, jamás podría compararse con los salidos de renombrados talleres de Masing o de Cambridge, con sus imanes de acero al tungsteno Hartmann y Braun, igualmente acreditados. La sensibilidad de este sismógrafo es extraordinaria, si bien su funcionamiento resultó irregular, por falta de local alejado de perturbaciones extrañas.

El mecanismo multiplicador del Javier consistía en 4 carretes planos, con 200 vueltas, cada uno, de alambre de cobre, los que se mueven entre los polos conjugados de dos imanes permanentes, mientras que el otro par, actuando sobre una lámina de cobre rojo, así mismo unida con la masa, sirve de amortiguador. La corriente producida por los carretes va por unos conductores al galvanómetro, y por medio de un espejito envía el rayo de luz que recibe de una linterna especial, a una lente cilíndrica, colocada en el receptor, y que transforma la línea que recibe, en un punto, de brillo deslumbrador. Ese puntito es el que va a impresionar el papel sensible, arrollado sobre un cilindro, y al que un despertador ordinario hace girar, y otro avanzar, para evitar la suspensión de los trazos. Por razones de economía el avance era solo de 60 cms. por hora.

El péndulo Javier se pudo construir gracias a un subsidio anual del Estado, sin ello hubiera sido imposible sufragar los gastos, y otros exigidos para montar un taller con su torno y motor de 1/2 caballo. Con aquel auxilio estatal se comenzó a trabajar y se continuó la publicación del Boletín Sismológico mensual. La publicación era cada vez más importante por haberse duplicado el número de gráficas de terremotos. También se hizo la construcción, bastante difícil, de una componente vertical, de un tipo del que solo trabajaban una decena en todo el Mundo en el campo de la Sismología.

Aquel sismógrafo nuevo recibió el nombre de Belarmino, en honor del Cardenal Roberto Belarmino, S. J., beatificado durante el año en que se construía, y el M. R. P. General Wlodimiro Ledókowski, S. J., lo bendijo en su corta estancia en Granada, utilizando la fórmula concedida por la Santa Sede que figura en el Ritual Romano, usó para el acto una estola, que también había servido a uno de sus más ilustres predecesores, San Francisco de Borja, S. J. En la componente vertical de este sismógrafo el estiramiento del muelle es de unos 30 cm., mientras que el período propio es de 12 segundos, equivalentes a 36 m., se había centuplicado con creces su sensibilidad gracias a los artificios empleados para conseguir su astasiado. Su importancia fue tal que varios sismólogos notables solicitaron al P. Sánchez-Navarro el envío de dibujos de sus piezas para imitarlo e instalarlo en sus estaciones sismológicas⁵.

Además en los talleres de Cartuja se construyeron en aquellos años varios instrumentos destinados al estudio de los movimientos cercanos y en especial un barógrafo de mercurio denominado Loyola,

(⁵) El P. Due nos recuerda en el Cincuentenario del Observatorio de Cartuja como la construcción de sismógrafos de registro magneto-fotográficos como el Belarmino fue sin duda el mayor éxito de los conseguidos. Le siguieron los dos horizontales Canisio, construidas por el H. Juan Francisco Martínez Dornacu.

de unas 7 veces de aumento. Algunas de sus gráficas resultaban interesantes como la del 12 de abril de 1927, día aciago y de tristes recuerdos por haber barrido unas olas anormales un campamento. Las rachas de viento alcanzaron en Granada 31'5 m/s se ven de forma evidente y nos permite comprobar como a pesar de la distancia entre los puntos donde ocurrió el evento y Cartuja debió de alcanzar una gran violencia.

La estación sismológica no tenía un local apropiado y se venía luchando por conseguirlo. A pesar de las dificultades económicas nos dice el P. Sánchez-Navarro que se había logrado edificar uno que esperaba que cumpliera su cometido. Esta obra había sido realizada por el maestro D. Anselmo González, aunque había sido planeada por dos HH. estudiantes que eran ingenieros. El edificio tenía forma de T, constaba de un salón, en la fachada, donde iban los sismógrafos de registro mecánico, cronógrafos y estación receptora de T. S. H., fuera de los locales destinados al ahumado y ennegrecido de las bandas y su fijado, y el laboratorio fotográfico. Perpendicular al solar y excavado en la roca había otro destinado a los sismógrafos de registro magneto-fotográfico, con sus correspondientes accesorios como lámparas, galvanómetros y receptores. La fachada es de un estilo árabe granadino para darle sabor local y parecido con el Colegio Máximo, del que dista pocos metros. Llevaba una imagen de la Virgen de las Angustias, en azulejos de colores, por ser Patrona de Granada y de la Sismología, y una invocación en honor suyo por la bendición de los sismógrafos de la estación de Cartuja.

Desde 1921 a 1928 se denomina la segunda etapa del Observatorio de Cartuja. En aquellos años se continuó la labor científica y las tareas culturales, se asistió a Congresos, Exposiciones, Conferencias, etc. Los miembros del Observatorio y de la estación además de asistir tomaron parte activa en las discusiones científicas, fiestas y exposiciones como la Exposición de Astronomía y Ciencias afines de Barcelona (1921), los Congresos Internacionales de Geodesia y Geofísica (1924), y Geología (1926) que dieron un gran prestigio al centro en niveles internacionales, Congreso de Cádiz (1927), el de la Asociación Española de Madrid, Granada, Valencia, Orihuela, y numerosas conferencias con proyecciones.

Respecto a la edición de trabajos se continuaba escribiendo en las revistas y sociedades científicas ya reseñadas en el primer período y se ampliaron a la Academia Pontificia de Ciencias Naturales de Roma, la Revue des Questions Scientifiques de Bruselas, Matériaux pour l'étude des Calamités de Ginebra, etc. También se había realizado y así continuaba una importante actividad epistolar con especialistas, intercambio de publicaciones con lo que se estaba formando una importante biblioteca, enseñar los instrumentos y ofrecer explicaciones a los numerosos visitantes del Observatorio, explicación a personalidades relevantes, algunas de elevada categoría, recibir grupos de oficiales, cadetes y estudiantes, con frecuencia universitarios acompañados de sus catedráticos, etc., toda una continua labor con la que se trataba de no desmerecer la ayuda del Estado pues el Centro no podía subsistir. Todo aquello trataba de añadir *"su granito de arena al grandioso edificio de la Ciencia Cristiana y española, al procurar la Mayor Gloria de Dios, por cuyo Amor y Obediencia se han emprendido, y continuado, por 25 años esta labor, en si oscura y de ningún lucimiento"*.

En el Congreso celebrado en Cádiz el 3 de mayo de 1927 nos dice el P. Sánchez-Navarro que además de realizar trabajos en la Estación de Cartuja durante más de 20 años por encargo de sus superiores, se había dedicado a estudios geofísicos y a las labores docentes de Geología. Con los materiales que tenía recogidos había elaborado aquella conferencia que bien pudiera denominarse iniciación a la Geofísica aplicada.

Entre las cartas que se guardan en las carpetas de la Biblioteca del Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos de Granada tenemos una de 21 de marzo de 1925. Por ella el Director General del Instituto Geográfico le comunica de forma particular al director del Observatorio

de Cartuja Padre Manuel M. Sánchez Navarro que la renuncia a la subvención económica se la paraliza durante unos días. La carta queda de la siguiente forma:

Rdo. P. Manuel M. Sánchez Navarro.

Mi respetable y querido amigo:

He recibido su carta del 16 de los corrientes con la instancia en que hace renuncia a la subvención de ese Centro. Siento extraordinariamente esa actitud de Uds., que saben cuánto se les aprecia y considera en esta casa; pero respeto su parecer y las razones que a ello les mueven.

Sin embargo, en mi deseo de evitar que dejen de figurar Uds. entre nuestros colaboradores, suspendo unos días la tramitación de la instancia, en vista de que por R.D. de 3 de los corrientes, artículo 24 (Gaceta del 4), no se exige ya acta del Delegado del Tribunal gubernativo de Hacienda y solamente se requiere en las adquisiciones de material certificación del Jefe de la Dependencia, en este caso usted, de haberse hecho el servicio.

Nosotros no tenemos más remedio que cumplir las órdenes de la superioridad y jamás añadimos una dificultad, antes bien damos cuantas facilidades nos es permitido. Por eso la disposición citada complace a nosotros más que a quienes sufrían los rigores de la anterior, y espero que le hará desistir de la renuncia enviada.

Quedo como siempre su afmo. amigo y s. s.

q.b.s.m.

Luis Cubillo (rúbrica).

El 4 de abril de 1928 el Director General D. Juan López Lircen comunica al Habilitado del Observatorio de La Cartuja D. Martín Lasarte Eraso que con aquella fecha había dispuesto la expedición de un libramiento de 7.250 pesetas. Este estaba dividido en libramientos trimestrales en el concepto de en firme a nombre de D. Martín y contra la Delegación de Hacienda de Granada de 1.812 pesetas y 50 céntimos para el pago de la subvención del Observatorio de aquel año. El documento tiene como encabezamiento Presidencia del Consejo de Ministros. Dirección General del Instituto Geográfico y Catastral. Sección Contabilidad.

Las cuestiones económicas fueron motivo de algunos problemas pues el 11 de marzo de 1929 Mariano Estévez desde la Dirección del Observatorio del Ebro en Tortosa escribe a la Dirección General del Instituto Geográfico y Catastral, Sección Contabilidad. Se dirige a R. P. Luis Rodés y le comunica que había recibido una carta suya y le manda los impresos que le solicitan, alude a un libramiento de dinero. En la segunda parte de la carta dice textualmente: "*El libramiento expedido al R. P. Sánchez Navarro lo fue "EN FIRME" y no "a justificar"*". Así se le hizo saber remitiéndole copia literal de orden remitida por este Centro a la Ordenación de pagos pero se omitió el hacer constar el detalle de "en firme" en el oficio en que se lee arriba -con carácter de orden interior de este Negociado- y eso dio origen a su alarma que ha quedado desvanecida por completo".

El 13 de marzo Luis Rodés escribe al P. Manuel Sánchez Navarro, S. J. enviándole copia del Jefe del Negociado de Contabilidad del Instituto Geográfico y Catastral por la que se ve que se ha hecho el libramiento en firme. Además le dice que ya habría recibido esta noticia por otros conductos. Un detalle curioso que aparece escrito a mano tras la firma dice así "*Espero habrá mejorado su delicada salud; así lo pido al Señor"*.

Las cartas son las siguientes:

Carta al Padre Rodés.

Observatorio del Ebro. Tortosa. Dirección.

Dirección General del Instituto Geográfico y Catastral. Contabilidad. Jefe.

R. P. Luis Rodés.

Muy Sr. mío y de mi más respetuosa consideración:

Acabo de recibir su grata y al acusarle recibo de ella lo hago del pliego certificado de los impresos a que alude la suya. Se procederá, pues, a librar inmediatamente⁶.

El libramiento expedido al R. P. Sánchez Navarro lo fue "EN FIRME" y no "a justificar". Así se le hizo saber remitiéndole copia literal de orden remitida por este Centro a la ordenación de pagos pero se omitió el hacer constar el detalle de "en firme" en el oficio en que se lee arriba -con carácter de orden interior de este Negociado- y eso dio origen a su alarma que ha quedado desvanecida por completo.

*Con este motivo me es grato repetirme respetuosamente de V. att ? S.S. q.b.s.m.,
Mariano Estévez. (rubricado).
Hoy 11-3-929.*

Observatorio del Ebro. Tortosa, 13 de Marzo de 1929. Dirección.

R. P. Manuel Sánchez Navarro, S. J. Cartuja -Granada.

P. C.

Muy amado en Cto. Padre Sánchez Navarro: me complazco en enviarle copia de la carta que acabo de recibir del Jefe del Negociado de Contabilidad del Instituto Geográfico y Catastral; por la que verá que le hizo el libramiento "EN FIRME". Supongo ya se le habrá comunicado por otro conducto.

*Con esta ocasión me reitero de V. affmo. h. en Cto., que se encomienda a sus ss. SS. y OO.
Luis Rodés, S. J. (rúbrica).*

Espero habrá mejorado su delicada salud; así lo pido al Señor.

La participación del Observatorio de Cartuja en la Exposición Iberoamericana de Sevilla en 1929 fue un gran éxito sobre todo por las secciones de Sismología y Meteorología. El H. Luis Hurtado nos dice años más tarde que la presentación de los datos se hizo en un gran cuadro a colores. Entre las personalidades ilustres a quienes más interesó el Cuadro Climatológico de España estaba el rey D. Alfonso XIII que honró con su presencia la inauguración de la Exposición y el Pabellón de Granada, se detuvo bastante tiempo y realizó atinadas preguntas y observaciones. Se presentaron en esta Exposición cuadros estadísticos sobre meteoros del clima de Granada. Todo era fruto de 25 años de trabajo que se habían ido publicando en los respectivos Boletines del Observatorio de Cartuja⁷. El papel del Observatorio alcanzó pues un gran éxito en Sevilla que superó las esperanzas de los investigadores pues: "El Jurado otorgó al trabajo: primero, Medalla de Oro; luego, con nueva prueba de aprecio, sustituyó la Medalla por el "Gran Premio", la recompensa más elevada que otorgaba. El Diploma se conserva en nuestro Observatorio de Cartuja..".

Entre los papeles y notas manuscritas del P. Sánchez-Navarro Neumann nos encontramos un resumen de la labor científica de la Estación Sismológica de Cartuja (Granada) a cargo de los PP. de la Compañía de Jesús durante el año 1931. Nos dice que habían funcionado, con regularidad, salvo con alguna pequeña interrupción temporaria de algún sismógrafo, los de registro mecánico Berchmans (invertido con masa de 300 kg., componentes N-S y E-W), los dos Cartuja bifilares, de 340 kg. N-S y E-W y el vertical Cartuja, de 280, componente N-S, además del grupo de registro magneto-fotográfico, integrado por la componente vertical Belarmino y los dos bifilares Canisio, todos salidos de nuestros talleres, a cargo de los HH. Coadjutores de la misma Compañía de Jesús.

El material español, en la más genuina acepción de la palabra, es decir de fabricación casera, había permitido registrar 443 terremotos, de los cuales solo 66 tenían sus epicentros a menos de 1000 kms. y 4 se habían sentido en la misma estación sismológica, o en la vecina ciudad de Granada. Entre

⁶) En la carta dice: inmediatamente.

⁷) HURTADO, Luis, S. J.: *El clima de España*. Granada, 1941, pág. 4.

aquellos terremotos descollaban 12 antipodales, sentidos en la isla N. de Nueva Zelanda, y 42 de las Islas Salomón, distantes unos 16.500 kms.

Con los datos de los 103 mejor registrados se habían remitido 78 telegramas cifrados a la Dirección General del Instituto Geográfico y a la Associated Press (Madrid), a las estaciones sismológicas de Alicante, Almería, Málaga y Central de Toledo, a los observatorios de Marina de San Fernando y del Ebro en Tortosa y a la Oficina Internacional de Estrasburgo.

Se publicaron 260 ejemplares del Boletín Mensual y se remitieron a centros con los que se mantenía intercambio científico, además de copias de sismogramas, planos de instrumentos, en despiezo, envío de datos especiales, etc. El Subdirector, R. P. Antonio Due Rojo, había publicado en la Rev. Ibérica datos macrosísmicos y microsísmicos sobre los terremotos de la Península Ibérica de los tres primeros trimestres del año. El Director R. P. Manuel M? Sánchez-Navarro había contribuido con resúmenes de los terremotos más importantes sentidos en 1930 y primer trimestre de 1931, además de notas sobre olas anormales, y una turbonada, registrada por meteorógrafos y sismógrafos, publicada con algunas modificaciones en el Zeitchri für Geophysik, además de otros trabajos científicos que suman 10 en total.

También se había construido un barógrafo de gran sensibilidad, el variógrafo Breboe, con registro sobre papel ennegrecido, al humo del petróleo, y con receptores con avances de 16-50-600 mm/hora, y aumento de 8 veces, habiéndose sacado ampliaciones de 3 a 7'5 veces, de trozos de las gráficas más notables, y se estaba preparando su descripción.

Las visitas al Observatorio habían sido bastante numerosas, descollaban entre ellas las de varios grupos de profesores y escolares, tanto nacionales como extranjeros, y en especial la de algunos especialistas como el Ingeniero-Geógrafo y distinguido sismólogo, Don Alfonso Rey Pastor, que llegó en Comisión Oficial, y las de representantes de varias entidades importantes.

El 17 de noviembre de 1931 el Habilitado de la Estación Sismológica de Cartuja D. Martín Lasarte comunica al Excmo. Sr. Director General del Instituto Geográfico y Catastral de Madrid que de acuerdo con lo dispuesto por oficio de 28 de febrero de aquel año había hecho efectivo en la Tesorería de Hacienda la cantidad de 1.812'50 pesetas (líquido 1.788'94 pesetas) correspondientes al 4? libramiento trimestral de la subvención a la Estación Sismológica de Cartuja que figuraba en el capítulo 13 artículo 1º, concepto 5º cuya ordenación se dio el 12 de noviembre número 14. La carta tiene como encabezamiento JHS. Estación Sismológica de Cartuja. Apartado 32. Granada (Declarada de Utilidad Pública). Real Orden del 13 de Octubre 1920.

A partir de 1921 el Director del Observatorio es el P. Manuel Grund, Jefe de Astronomía, P. Ricardo Garrido, ayudante H. Salvador Parra, Jefe de Meteorología, P. Rafael Barraquer y ayudante H. Luis Hurtado, Jefe de Sismología, P. Sánchez Navarro Neumann y ayudante H. Antonio Sola. Todo sigue igual hasta 1930 donde aparece como Jefe de Astronomía y Meteorología el P. Juan Murillo y ayudantes los HH. Salvador Parra y Luis Hurtado. Jefe de Sismología, P. Sánchez Navarro y ayudante H. Juan Francisco Martínez Dornacu.

La etapa de expropiación del Observatorio (1932-1938).

A principios de 1932, cuando se había acabado de instalar la tercera componente magneto-fotográfica, y se esperaba recoger un fruto abundante de los estudios y trabajos realizados durante muchos años, se produjo la incautación del Observatorio por parte del Gobierno. Ello es fruto de la

extinción de la Compañía de Jesús en España, decretada por la República⁸.

Años más tarde nos enteramos de una serie de noticias desconocidas hasta ahora que se conservan en una carta de D. José Galbis al P. Due. Le dice el 14 de julio de 1948 que entretenido en revisar papeles y fotografías que había obtenido durante mas de 20 años, se encontró una del Observatorio de Cartuja y se la envía por si les es útil o susceptible de ampliación. Le da las gracias por las publicaciones enviadas. Le dice que ha dejado de trabajar en asuntos climatológicos y que el resumen que había entregado al Ministerio del Aire abarcaban desde 1860 a 1930 y desde el punto de vista internacional desde 1901 a 1930. Le apostilla que este trabajo no se publicará por su gran extensión, pues tiene más de 1000 folios mas cuadros, mapas, etc. aunque el servicio lo informó favorablemente pero dejará huella en los archivos y es interesante para los que estudian los asuntos climatológicos. Le recalca que le han informado que es un digno alumno del padre Manuel María Sánchez Navarro Neuman, profesor también de Galbis y que tanto lo alentó. El P. Sánchez Navarro pidió al gobierno de la República que fuera él el que se encargara de recibir en nombre del Estado el Observatorio de Cartuja. En este momento es cuando hice la fotografía que le envío. Le acompaña su dirección en Plaza de Santa Bárbara, núm. 6 de Madrid.

El Gobierno poco después encargó la dirección del Observatorio y de la estación Sismológica al Instituto Geográfico y Catastral. Desde allí se envió como Director al ingeniero geógrafo Don Félix Gómez Guillamón que continuó la labor hasta el 11 de Agosto de 1938.

En esta etapa el Observatorio contó con un Boletín Macrosísmico editado por el Instituto Geográfico y el Observatorio Geofísico de Cartuja. Entre las innovaciones se contaba para el registro de los terremotos con la colaboración de los Corresponsales Sísmicos. Estas personas con sus distintas informaciones suministraban datos interesantes y en muchas ocasiones únicos. Pese a esta colaboración se les recomienda en el Boletín continuamente que deben de ofrecer datos lo más exactos posible. Así se pone al final de las llamadas Notas Sísmicas elaboradas en Cartuja: "*Nuestros Corresponsales Sísmicos deben tener la precaución de llevar el reloj con la hora oficial lo más exacta posible, lo que hoy no es difícil con las señales horarias dadas por diversas estaciones de radio. En el mismo momento de sentir un sismo deben tomar nota de la hora y minuto exacto, por lo menos*".

Los corresponsales que conocemos por los años de 1935 a 1938 en la Provincia de Granada son los siguientes:

Localidad	Número	Corresponsal	Profesión
Albondón	10101	D. Antonio Mesa del Castillo	Médico
Albuñuelas	11102	D. Joaquín González Rejón	Médico
Alcudía	10503	D. José del Castillo Sánchez	Médico
Aldeire	10504	D. Joaquín Vilchez López	Maestro
Alfacar	10402	D. Antonio López López	Cabo Guardia Civil

⁽⁸⁾ Nos dice el P. Sánchez Navarro Neuman que el 23 de enero de 1932 salió una ley que precisaba cumplir la ejecución de un artículo de la nueva constitución aprobada, se fijaba en diez días la puesta en vigor de la expropiación y salida de los bienes de la Compañía de Jesús de España. El artículo en cuestión era el 26 y por el se proscribía a las ordenes religiosas que tenían voto especial de obediencia a la Santa Sede. El artículo fue votado por 179 diputados contra 58, es decir por menos de un tercio del número total de 470 diputados de la Cámara. Cfr. SÁNCHEZ NAVARRO NEUMANN, M. M?. S. J.: "La station sismologique de la Compagnie de Jesus a Cartuja (Espagne)", *Extrait de la Revue de Questions Scientifiques*, 20 Septembre 1932, pág. 247.

Alfaguara	10400	D. Pablo de Ardales	Capellán
Algarinejo	10801	D. Francisco Ruiz Guerrero	Médico
Alhama	10202	D. Manuel Aguado Remón	Maestro
Almuñécar	11001	D. Enrique Mateos Almoguera	Abogado
	11001a	D. Manuel Corral Melero	Maestro
Alquife	10506	D. Manuel Simón Cobo	Médico
Armilla	10403	D. Vicente Machado	Secretario Ayuntamiento
Atarfe	11203	D. Emilio Fernández Soler	Cabo Guardia Civil
Bérchules	11301	D. Rosendo Sánchez Payán	Médico
Cádiar	11302	D. Fernando López Ruiz	Médico
Caniles	11303	D. Juan Fernández Tafalla	Médico
	11303a	D. Antonio Izquierdo Martínez	Perito Agrícola
Castillejar	10601	D. Andrés Romero Muñoz	Médico
Colomera	10703	D. Juan de Dios Martínez	Maestro
Cúllar Baza	10305	D. Jerónimo Bueno Quesada	Maestro
Cúllar Vega	11207	D. Pablo del Castillo Segovia	Médico
Chimeneas	10205	D. Eduardo Crespo Hoces	Médico
Dólar	10513	D. Antonio Ibáñez López	Electricista
Exfiliana	10514	D. Pedro Pérez de Andrade	Guarda Forestal
Galera	10603	D. Victoriano Sánchez	Agricultor
Gabia Grande	11212	D. Miguel Gámez Rodríguez	Cabo Guardia Civil
Gorafe	10519	D. José Caballero Díaz	Cabo Guardia Civil
Granada	10413	P. Rafael de Antequera.	R. P. Franciscano.
	10413a	D. Santiago González Sola	Comerciante
Guadix	10520	Srta. Pura García Merino	Observadora de la Est. Meteorológica
Güejar Sierra	10414	D. Antonio Guerrero Rendón	Médico
Güejar Faragüit	11003	D. Eugenio Alcántara	Médico
Huélago	10521	D. Cirilo Martínez	Secretario del Ayuntamiento
Huéscar	10604	D. Manuel Vargas Jiménez	Maestro

Illora	10901	D. Juan Jiménez Ruiz	Electricista
Iznalloz	10709 10709a	D. Manuel Vílchez Montalvo D. José Romo Pérez-Hita	Cura Párroco Carpintero
Jete	11007	D. José Bustos Díaz	Labrador
Lanjarón	11116	D. Manuel Jiménez Zambrano	Médico
Lanteira	10526	D. Marcelino Miranda	Médico
Mala	11214	D. Francisco Carrión Campos	
Moclín	10710	D. Juan Hoces García de la Fuente	Guarda
Montefrío	10902	D. José Guzmán Sánchez	Médico
Motril	11011 11011a 11011b	D. Manuel Pérez Reina D. Tomás Galiana Montes Sr. Jefe del Puerto	Vista de Aduanas Industrial Ingeniero
Otura	11215 11215a	D. Antonio Pérez Vílchez. D. Miguel Anguita Ruiz	Telefonista
Padul	10425	D. José Serrano Pérez	Médico
Piñar de Alhama	10200	D. Manuel García Rama	Sargento de la Guardia Civil
Pinos del Rey	11100	D. Francisco Martín Delgado	Cabo de la Guardia Civil
Pinos Puente	11216 11216a	D. Fernando del Charco. D. Raimundo Villanueva Freyre	Médico Maestro

Se incluye una nota en la que dice que se ruega a los lectores del Boletín que indiquen los nombres y señas de cuantos señores sean aptos para Corresponsales Sísmicos en las poblaciones que no contaban con ellos. Además se hizo el enlace del Observatorio a la red Geodésica de Primer Orden y se calculo de nuevo su posición Geográfica que quedó así: Lat. 37°, 11', 24" N., Long. 3°, 35', 42" W. Gr. Para la altitud se habían realizado los correspondientes trabajos por la Brigada de Nivelación de alta precisión dirigida por el Ingeniero Geógrafo, D. José María Gil Lasarte.

Al ser restablecida la Compañía de Jesús en España se le hizo entrega del Observatorio al R. P. Provincial de Andalucía. Entre los boletines editados en estos años tenemos los datos de Octubre, Noviembre y Diciembre firmados por D. Félix Gómez Guillamón con una nota que dice:

"Las dificultades impuestas por la guerra ha sido la causa de que quedemos sin papel para el registro de los sismógrafos magneto-fotográficos desde el día 6 de Diciembre de 1936. Esperamos subsanar pronto esta anormalidad".

Continúan los resúmenes sísmicos de 1937 en los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo y Junio. En este último mes destaca un terremoto de 11 de Junio que se sintió en Gabia la Grande, Alhendín, Padul y Granada. Otros mas pequeños se registraron en los meses de Marzo y Abril de

1938. En el mes de Mayo se incluye una nota que dice:

"Para dar cumplimiento al Decreto de 3 de Mayo de 1938, B. O. número 563 por el cual se restablece en España la Compañía de Jesús y se le devuelven sus bienes, se celebró el acto de restitución del Observatorio Geofísico de Cartuja el día 11 de Agosto de 1938 al R. P. Fernández Cuenca, Provincial de Andalucía, quien en nombre de la Compañía de Jesús acompañado de los RR. PP. Sánchez-Navarro Neumann y Berrocal Dörr y H. Hurtado se hicieron cargo del Observatorio, así como de las nuevas construcciones destinadas a Pabellón Sismológico, despacho y viviendas.

En el acto, que fue sencillo y solemne a la vez, el R. P. Fernández Cuenca hizo constar el acertado trabajo y celo demostrado por el Instituto Geográfico durante su actuación, que se traduce en la perfecta conservación del Observatorio y de la Estación Sismológica, así como todo el instrumental accesorio.

Nosotros agradecemos las amables palabras del R. P. Fernández Cuenca, declarando que sentimos personalmente una gran satisfacción al cumplir la orden de devolución del Observatorio para que en él puedan seguir desarrollando la admirable labor científica en colaboración con el Instituto Geográfico, que durante nuestra permanencia en la dirección del mismo hemos trabajado con el máximo interés y que hemos velado día tras día por la conservación y el mejoramiento de las dependencias y material científico que se nos confió, en cumplimiento de nuestro deber.

Hoy tenemos la gran satisfacción de que se nos reconozca este esfuerzo y con ello nos sentimos generosamente pagados.

El Director del Observatorio. Félix Gómez Guillamón, Comandante de Ingenieros e Ingeniero Geógrafo".

El día 11 de Julio de 1938 se sintió un terremoto en Alhendín, Atarfe, Gabia la Grande, Armilla, Santafé e incluso en Orgiva, el epicentro se sitúa en Sierra Elvira. En el mes de Octubre los días 7, 8 y 9 se sintieron en Armilla cuatro terremotos.

Tanto el P. Sánchez-Navarro como el P. Due elogian la labor realizada por D. Félix Gómez Guillamón durante aquellos años, en palabras del P. Due *"Es justo consignar aquí, no solamente su benemérita labor científica, sino también el esmero en la conservación del material, y mejoras y ampliaciones de locales llevadas a cabo durante ese período"*.

Los datos climatológicos recogidos durante muchos años por el H. Luis Hurtado fueron utilizados y publicados más tarde por D. Félix Gómez Guillamón en su obra *El clima de Granada*. El H. Hurtado comenta en 1941 que había estado trabajando durante más de 30 años en el Observatorio de Cartuja y añade: *"y aún sigo ahora, después de aquellos aciagos tiempos en que la República se incautó de él y me obligó a un paro forzoso. En todos estos años he procurado, y sigo procurándolo, dedicar la mayor actividad a estos estudios climatológicos, con el solo deseo de servir a nuestra Patria, y en ella con especialidad a Granada, ya que en Granada está instalado nuestro Observatorio. Quiera el Sagrado Corazón de Jesús y nuestra amadísima Patrona, la Virgen de las Angustias, a quienes se lo dedicamos, sean de alguna utilidad para todos"*⁹.

La etapa de 1938 a 1941.

Cuando el Observatorio fue devuelto a la Compañía de Jesús por un decreto del Jefe del Estado del 3 de Mayo de 1938, 3er año triunfal, que anulaba el presidencial de expoliación del 23 de Enero, puesto en ejecución el 2 de Febrero de 1932, nos dice el P. Sánchez-Navarro que volvió a reanudar en

⁹) HURTADO, Luis, S. J.: *El clima de España*. Granada, 1941, pág. 5.

él su antigua labor científica después de seis años y medio de ausencia, junto a él estaban otros jesuitas y antiguo personal. Dice que había vuelto del destierro y su deseo era el de siempre: trabajar por la Mayor Gloria de Dios. Durante aquellos años de destierro y circunstancias anómalas el Observatorio pasó por penuria de personal. Por el momento (dice) que participaba de las circunstancias de la guerra, influyó en sus publicaciones que volverían a comenzar cuando triunfara la Nueva Cruzada y les permitiera volver a la vida normal.

Gracias a estas notas sabemos que poco antes de la expoliación acababa de construir un barógrafo extra-sensible y planeaba otros nuevos instrumentos, a la vez ensayaba con éxito el aumentar de 15 a 25 milímetros los minutos en las bandas del péndulo invertido Berchmans. En aquellos momentos de 1932 fue privado de toda clase de material y de los sismogramas de más de 5.500 terremotos registrados por los aparatos del Observatorio además de ser desposeído de la Biblioteca que se había ido formando lentamente. Precisamente cuando estaba realizando el estudio sistemático del archivo, auxiliado por un Padre joven, de excelentes dotes y con la formación científica mas apropiada para el caso. Durante su destierro apenas pudo trabajar algo pues había sido un hombre trashumante en Nápoles, Ruysbroeck (Brabante) y Entre-os-Rios (Douro). Agradece a sus antiguas relaciones que continúen enviando publicaciones al centro y él espera poder hacerlo cuando todo aquello acabe y las circunstancias lo permitan. Sabemos que tiene en esos momentos 72 años, algunas enfermedades, achaques propios de los muchos años, y las circunstancias no permitían por el momento reemplazarle por un investigador más idóneo *"ya que casi solo cuenta en su abono el trabajar con instrumental construido bajo su dirección y por HH. Coadjutores de la Compañía de Jesús, esto es españolísimo, un gran puñado de artículos y la experiencia que debiera haber adquirido durante los 25 años que ha dirigido una estación sismológica"*.

Vuelve a insistir y a recordar que los sismógrafos, sus accesorios y receptores eran de fabricación doméstica, y por tanto jesuita, y en el caso granadino netamente española. Todos los que había en el Observatorio se construyeron entre 1906-1908 y 1931 bajo su dirección por diversos HH. Coadjutores de la Compañía de Jesús, y eran, o modelos nuevos o notables modificaciones de otros existentes, y habían obtenido un Gran Premio en la Exposición Ibero-Americana de Sevilla (1929-1930) por los instrumentos sismológicos y de otras secciones.

Durante la incautación el Observatorio había estado bajo la inmediata posesión del Instituto Geográfico y Catastral, denominándose primero Estación Sismológica y Meteorológica de Cartuja (Granada) y más tarde Observatorio Geofísico, así seguía llamándose en 1938. Tenía este centro tres ecuatoriales, una bastante potente, y otros instrumentos astronómicos que hicieron que todo en conjunto recibiera el premio en la citada Exposición en especial por los aparatos astronómicos. Hay que lamentar que no se habían podido montar las secciones magnética y de electricidad atmosférica y telúrica, que unidas a las ya existentes hubieran caracterizado a un observatorio geofísico. La razón fue por la proximidad de los tranvías de la ciudad que perturbaban las observaciones y las inutilizaban por completo.

Una gran innovación de aquellos años fue la construcción de un pabellón donde cobijar todos los sismógrafos. Estas construcciones sirvieron de casa al Ingeniero Geógrafo Director. Ello llevó a trasladarlos desde el antes Colegio Máximo, que había sido adjudicado a la Universidad de Granada y a los militares, y no había sitio en el Observatorio por lo que se metieron en el nuevo pabellón pues su edificación se hizo pensando en aquella necesidad. El traslado se hizo durante unos 400 metros y se unieron a algunos poco sensibles que estaban en el Observatorio. En el nuevo local, gracias a su acertada construcción con muros dobles y gruesa capa aisladora sobre el cielo raso, se consiguió atenuar los perniciosos efectos de los cambios de temperatura del clima granadino, que pasan aún a la sombra de los 20° centígrados y algunas veces de los 25° en un mismo día. Sin embargo era estrecho porque hacia muy incómodo realizar ajustes en los sismógrafos, cosa que ocurría con harta frecuencia.

La colocación de los sismógrafos, en particular de los de registro magneto-fotográfico con sus lámparas, galvanómetros y receptores, y de los bifilares Cartuja, aunque a primera vista parecía ingeniosa, resultaba hasta artística, pero muy poco práctica. La mala colocación dificultaba los finos ajustes exigidos por instrumentos tan potentes como delicados, máxime si se quería obtener el máximo rendimiento de que eran capaces.

Aprovechando el traslado al remontar en el nuevo pabellón los sismógrafos de registro mecánico, se proveyó al Cartuja vertical de una nueva masa, reemplazando por 370 kg. de plomo la suya, consistente en un caldero deshecho, relleno de hierro viejo y gravilla y que pesaba 280 kg, a la vez que se le aumentaba la longitud pendular, con notable pérdida de sensibilidad para los temblorcillos cercanos, por no presentarse tan fácilmente el fenómeno de la resonancia, procurado adrede por carecer de amortiguamiento.

Cuando remontaron el péndulo invertido Berchmans se le cambió por otro más homogéneo el contenido del recipiente cúbico de palastro, que le sirve de masa, reemplazando el hierro de deshecho y las piedras por roblones de hierro, con lo que el peso de la masa pasó de los 3.000 a los 4.260 kgs.

El P. Sánchez-Navarro se lamenta de que la cantidad nada despreciable empleada en ambas mejoras no se hubiera gastado en adquirir en la Fabrica Nacional de Armas de Toledo unos muelles como los que tanto contribuyen a que el Wiechert de aquella ciudad sea el mejor del mundo. Dice que cuando montó el Berchmans sólo contaba con una exigua cantidad y le fue preciso utilizar trozos de hoja de sierra puestos dobles, por no ser suficientemente fuertes para soportar tanto peso, y siempre tuvo intención de cambiarlos pero siempre con la promesa que lo haría después de la construcción de otros aparatos e instrumentos para los que le prometían más dinero y nunca llegaba. También lamenta que a este sismógrafo tan potente no le hubieran colocado entonces el nuevo motor de marcha rápida que tenían en vías de adaptación, bien se lo merecería un sismógrafo como aquel para el estudio de los sismos cercanos. Algunos cambios como la innovación de aplicarle unas piezas de un Wiechert de 200 kgs. de masa, que resultaba muy inferior a los bifilares, le hacía trabajar mal durante no poco tiempo, y se necesitaba un largo y penoso arreglo para que recobrarla la sensibilidad con la que lo dejaron. Algo semejante ocurría con los otros sismógrafos de registro mecánico. Con todo aquello y la falta de amortiguamiento, extensiva a la componente vertical Belarmino, unida a un notable decrecimiento de aumento, por haber dejado demasiado espacio entre los polos conjugados de los imanes inductores, habían perdido la ocasión de registrar no pocos sismogramas y estropeado muchos más, causando una triste desilusión al examinar las bandas, en particular las más recientes. Todo aquello se podía haber evitado máxime cuando quedaron en el Observatorio la persona que cuidaba los sismógrafos y el mecánico que había construido no pocos de ellos. Ante todo dice que han debido influir bastante las anómalas circunstancias por la que atravesó la Compañía de Jesús y algunos de sus miembros, el que el personal que quedó fuera destinado a otros trabajos entre ellos la de construir piezas para montar otros sismógrafos fuera de Granada, múltiples ocupaciones y largas ausencias del Director del Observatorio el Comandante de Ingenieros e Ingeniero Geógrafo, D. Félix Gómez Guillamón, debidas a empleos de incomparable trascendencia.

Antes del 18 de Julio de 1936 habían comenzado a publicarse resúmenes sismológicos, en vez de los más completos, unas veces bajo la forma impresa y otras hectografiada, como publicaban las estaciones más acreditadas, y así lo seguía utilizando la de Toledo, a pesar de las terribles peripecias por que tuvo que pasar durante su largo y doloroso cautiverio. Por todo aquello faltaban datos, no había muchas copias de los telegramas cifrados y el último Boletín provisional solo abarca hasta el fin del año 1937. Por todo ello se ocuparía de los terremotos cuyas gráficas podían suministrar datos importantes y se dejarían para mas adelante otros.

Con todo esto el nuevo Director P. Sánchez Navarro pide a Dios que bendiga su nueva labor, que sea al menos como la antigua y sirva para el crédito científico. Entre las notas manuscritas del Director del Observatorio de La Cartuja encontramos un escrito dirigido al Excmo Sr. Ministro de Hacienda en que se dice:

"Excmo. Sr. El que suscribe, Director del Observatorio Geofísico de Cartuja (Granada), a V. E. respetuosamente expone: Que disfrutando la Estación Sismológica del mismo nombre antes de su incautación, con los demás bienes de la Compañía de Jesús el 2 de Febrero de 1932 de franquicia telegráfica para enviar telegramas cifrados a las otras estaciones sismológicas u observatorios españoles y a la oficina Central internacional de Estrasburgo, espera de V. E. el que se digne disponer le sea concedida la misma franquicia, que espera se haga extensiva a la de correos para las publicaciones científicas del dicho Observatorio, en la forma que ha venido disfrutando, cuando estaba a cargo directo del Instituto Geográfico y Catastral. Favor que suplica a V. E., cuya vida guarde Dios muchos años. Granada"¹⁰.

A estas notas manuscritas siguen otras anotaciones del P. Sánchez Navarro que dicen:

"que con fecha de la aprobación de los presupuestos por las Cortes correspondientes al año 1932 había sido concedida a la E. Si. de Cartuja (Sección Geofísica del antedicho Obs.) declarada de Utilidad Pública por R. O. de 13 de Octubre de 1920 y que forma parte del antedicho Observ., una subvención 1270 de la cual había disfrutado hasta el momento de su incautación el 2 de Febrero de 1932 y deseando conforme al decreto un año que vuelvan las cosas al estado que tenían antes de dicha incautación". En otra ficha de papel encontramos los siguientes datos muy interesantes que nos permiten saber que había nacido en 1867:

"D. Manuel M? Sánchez Navarro Neumann natural de Málaga provincia de idem de 72 años de edad estado soltero y profesión sacerdote que habita en Gran Vía num. 28 y residente en Granada. Cédula de 13? clase n. 4.605. Granada 2 de Diciembre de 1938".

El 30 de Enero de 1939 o III año triunfal el Director del Observatorio Geofísico de Cartuja Manuel M? S.-Navarro Neumann, S. J. dirige un escrito al Vicepresidente del Gobierno Español que pasamos a transcribir:

"Excmo. Sr. Vicepresidente del Gobierno Español. El que suscribe, Director del Observatorio Geofísico de Cartuja (Granada), en nombre de sus Superiores de la Compañía de Jesús a V. E. respetuosamente expone:

Que disfrutando en el momento mismo de la incautación la Estación Sismológica de Cartuja, que es hoy una de las partes integrantes del antedicho Observatorio, de una subvención anual de 7. 250 pts. en firme, sin más descuento que el 1'2% y para que las cosas vuelvan al estado que tenían antes del 2 de Febrero de 1932, conforme al Decreto del Excmo. Sr. Jefe del Estado de 19 de Mayo del presente año.

SUPLICA a V. E. se digne dar las disposiciones convenientes a fin de que le sea concedida de nuevo la referida subvención, bien que resulte insuficiente para cubrir los gastos de todo el Observatorio, y nos exija algunos sacrificios pecuniarios, a mas de la aportación de personal que prestaremos gustosos por el resurgimiento de la Nueva España. Es gracia que espera alcanzar de la rectitud de V. E. cuya vida guarde Dios muchos años".

Este día Sánchez Navarro Neumann escribe además una carta a don Fernando Martín Sánchez Julia en la que le comunica que nunca hizo mención de la fecha de la R. O. por la que se le daba la

(¹⁰) No pone fecha pero debe de corresponder a 1939.

subvención y reflexionando sobre aquello pensaba que jamás existió. Un amigo suyo le había puesto en contacto con el Ministerio y hablaron con D. César Silio que logró que entre los presupuestos del Instituto Geográfico se introdujese una partida de 10.000 pesetas con el 1'2% de descuento para la Estación Sismológica de Cartuja. El Instituto ya conocía los trabajos y publicaciones de la Estación de Cartuja entre ellos el envío de telegramas, copias de sismogramas, etc., que habían realizado con los señores Galbis, Rico, García de Lomas, Navarro, Rey Pastor y otros hasta el extremo que el Observatorio de Cartuja logró ser reconocido de Utilidad Pública por el Excmo General D. José de Elda por R.O. de 13 de octubre de 1920. Este General ya había muerto. El presupuesto del Ministerio con el del Instituto Geográfico se presentó a las Cortes y fue aprobado. Se envió una comunicación del Director General en la que le anuncia a Sánchez Navarro Neumann que tiene concedida la subvención. Al poco tiempo D. Martín Lasarte Eraso fue habilitado por el Observatorio para cobrar en Granada el 2º y 3º trimestre de la subvención del año 1922. En el primer presupuesto de la Dictadura se rebajó un 25% todos los gastos extraordinarios del Instituto Geográfico y la subvención que correspondía a la Estación de Cartuja se quedó en 7.250 pesetas en firme y repartida en cuatro trimestres.

Le comunica en esta carta que no habían podido obtener información en la Gaceta pero que le envía los certificados de la Delegación de Hacienda para que sirvan de comprobantes de haber cobrados aquellas subvenciones. También le comunica que el Observatorio había recibido distintos nombres y en aquellos momentos se le conocía como Observatorio Geofísico de Cartuja aunque por sus tres ecuatoriales y magníficos aparatos se le debería llamar también Astronómico. Además la aviación española requería la información del Servicio Meteorológico y el que hay en el Observatorio era de gran valor pues mandaban seis partes cada día a los distintos centros militares. Por todo aquello la subvención debería de ser para el Observatorio y sus distintos servicios. Le pide que si puede aumentar la subvención lo haga pues le recuerda que desde que tomó posesión quedaron libres del antiguo personal que estaba en aquellos momentos en Málaga en la Estación Sismológica y el Estado se ahorra más de 30.000 pesetas al año ya que la Compañía de Jesús suministraba todo el personal del Observatorio y los gastos de conservación y mejora del edificio y demás aparatos.

El 11 de Marzo de 1939 Antonio Due escribe a Navarro Neumann y le comunica que había consultado con el R. P. Superior la nueva redacción de la instancia y la había aprobado plenamente pero que una vez redactada la enviase para que desde allí el P. Superior la remitiera a su destino el lunes sin más tardanza. Le remite unas notas sobre la aprobación de las Cortes y la inclusión en los presupuestos de 1922 de una subvención de 7.250 pesetas con el descuento del 1'2%. Se había disfrutado de aquella hasta la incautación del 2 de Febrero de 1932 hasta el 19 de Mayo de 1938 por el decreto del Jefe del Estado donde se ordena que vuelvan las cosas al estado que estaban antes de la incautación.

El 18 de Agosto D. Félix Campos Guereta escribe al padre Due comunicándole que había recibido su carta del 12 del corriente, le agradece la disposición que tiene como director del Observatorio. Le dice que lamenta el estado de salud del padre Manuel María Sánchez Navarro y desea que se restablezca pues sus trabajos y entrega son dignos de admiración y de respeto.

El 6 de Septiembre de 1939 el Padre Ignacio Romaña, abogado, escribe al Padre Antonio Due desde Madrid, calle Génova, 21, diciéndole que le había escrito el Provincial sobre la subvención del Observatorio de Cartuja. Le informa de varios asuntos entre ellos las variadas gestiones desde que se hizo la entrega del centro a la Compañía de Jesús y poder obtener subvención bien ordinaria o bien extraordinaria. Todo ello lo había tratado con Vicepresidencia y el Sr. Serrano, con el Instituto Geográfico y con otras instituciones y le habían dicho que sí pero había problemas para aplicar la solución correcta. Algo parecido ocurrió con el Observatorio del Ebro donde estaba de Director un hermano de Ignacio Romaña. Allí en el Ebro se habían movido y algunas instituciones como las Diputaciones de

Tarragona y Barcelona habían ayudado bastante. Los del Observatorio del Ebro tenían la ventaja de que había sido asolado y devastado el local y los aparatos por lo que podían solicitar una subvención extraordinaria. Le comunica que estaba trabajando para la subvención del año próximo y para ello le dice que desde Granada escriban al Instituto Geográfico para que los apoye y les aumente la subvención pero que duda que el aumento sea posible. Otra cosa es dirigirse al Instituto de España que era el que podía dar algo pues contaba con abundante dinero, allí estaban Palacios y Sainz Rodríguez. Otro caso era dirigirse a la Dirección General de Regiones devastadas y solicitar ayuda pues él había hablado con el Director General y había sacado una buena impresión de la entrevista. Sin embargo, había un problema pues el Observatorio de Cartuja no había sufrido con la guerra ni había sido devastado que es lo necesario para lograr el dinero. Había que hacer una instancia y presentar una prueba pericial de los daños y lo que costaba poner en marcha el Observatorio afectado. Si se demuestra es fácil lograr el dinero. Le había hablado al Director y le pidió 15.000 pesetas pero había que justificarlas y contar con un informe del Instituto. Cuando había examinado todo lo antecedente se encontró con un documento en que se hacía constar que el Instituto entregaba el Observatorio de Cartuja en buen estado. Ello obligaba a pedir ayuda a los amigos y entidades más próximas tanto regionales como locales y preparar todo para los presupuestos del año siguiente. Otra cosa que se podía hacer era pedir al Instituto Geográfico una ayuda puesto que en sus presupuestos anteriores se incluía al Observatorio de Cartuja y la mayoría de los capítulos habían sido prorrogados.

El 26 de este mes vuelve a escribirle Ignacio Romaña a Antonio Due diciéndole que el tema de la subvención era difícil de obtener en aquellos momentos pero sí en los del año siguiente. Le dice que la instancia entregada en Burgos posiblemente se hubiera extraviado había que hacer otra dirigida al Ministro de Instrucción o al Subsecretario de Presidencia acompañada de cuantos documentos y pruebas pudiera conseguir. La instancia debía tener póliza de 1'50 pesetas. Debía remitir el mismo documento al Ministro y al Director del Instituto Geográfico para que apoyen la petición. Cuando esté todo acabado que le remita los documentos a su dirección para que su secretario los entregue y otra copia para el Ministro de Educación la entregaría personalmente Ignacio Romaña una vez que volviera de un viaje a Murcia, Alicante y Valencia.

Encontramos varias hojas manuscritas con apuntes sobre las labores que realiza el Observatorio para solicitar la subvención de la administración central. Las notas están redactadas por el Padre Due Rojo que desempeñaba en estos momentos el cargo de Director del Observatorio. Dice que tiene las secciones de Meteorología, Astronomía y Sismología y que desde 1902 estaba dirigido por la Compañía de Jesús. La sección de Meteorología estaba dotada de todos los aparatos requeridos para el servicio algunos de los cuales habían sido construidos y perfeccionados para sus aplicaciones científicas en los talleres del Observatorio. Se venía publicando el Boletín Mensual y se intercambiaba con los principales Observatorios del mundo. Se conservan materiales de observación de 38 años que había servido para publicar estudios y artículos diversos en revistas españolas y extranjeras. Los gráficos demostrativos se han presentado en algunas exposiciones provinciales donde se les dieron algunos premios. Las suministran a la industria, agricultura, sanidad y a los militares. Así desde 1926 se envían mensualmente al Servicio Agronómico de la Provincia, tarjetas postales con franquicia a la sección Hidrográfica del Guadalquivir y trimestralmente al Servicio Nacional de Estadística y a la Jefatura del Aire en Zaragoza. Durante los últimos tiempos de la guerra se enviaba diariamente el Boletín Meteorológico y Previsión del tiempo al Estado Mayor del Ejército del Sur. En la actualidad se transmitían partes diarios cifrados completos a las tres de la madrugada a la Jefatura del Aire en Zaragoza y se les envía un telegrama urgente. También se envían cuatro partes a las horas reglamentadas 7,30, 10,30, 13, 3 y 18 al Aeródromo de Armilla (Granada) y desde allí se retransmite a Sevilla. Además se envía diariamente a la prensa local. Todos estos servicios se vienen prestando sin recibir a cambio retribución ni subvención alguna. Solicita ayuda para material y publicaciones así como el sueldo de dos empleados y franquicia para la correspondencia oficial del Observatorio. Además muchas personas y entidades solicitan observaciones referentes a temperaturas, lluvias,

vientos, etc., necesarias para su trabajo y siempre se les ha facilitado.

En la sección astronómica describe los aparatos y dice que se han publicado trabajos excelentes sobre la actividad solar pero las estadísticas tuvieron que ser interrumpidas por falta de medios materiales.

La estación Sismológica que fue declarada de Utilidad Pública el 13 de octubre de 1920 es la que mayor actividad ha desarrollado pues se han publicado 250 trabajos y artículos de revista, han asistido a congresos internacionales y se han desarrollado trabajos científicos y numerosas conferencias. Las observaciones sísmicas y la superioridad de estas se pone de manifiesto en el boletín que se publica sin interrupción y se tiene una gran calidad en los sismógrafos ideados y contruidos por el Padre Manuel M^a Sánchez Navarro que ha dirigido el centro durante más de 30 años y que ha cesado a causa de su quebrantada salud.

Desde 1906 hasta el presente con el intervalo de 1932 a 1939 se ha mantenido el servicio de registro sismológico con aparatos de construcción española que había merecido elogios en el extranjero y que habían elevado el prestigio de la Sismología española haciendo figurar a España en lugar preferente entre muchos servicios sismológicos extranjeros. Se había estudiado la sismicidad del suelo español y se construyó el sismógrafo de 3000 Kgs de modelo Wiechert modificado con el que se obtuvieron gráficos notables de terremotos españoles. No tiene subvención y además se interrumpe el trabajo al no poder tener material magneto-fotográfico al no obtener licencia de importación. El gasto calculado de la estación Sismológica es de 8.000 pts calculados sobre el año 1931 y prescindiendo de los gastos de correo. Teniendo en cuenta todos estos trabajos y servicios se concedió por el Estado al Observatorio para el año 1922 una subvención de 10.000 pts que quedaron reducidas a 7.250 pts en firme y se les suprimió del todo en 1931 por la República. Ahora se hacen todos los servicios sin recibir ayuda ni retribución por lo que se habían suprimido o restringido muchos de ellos. Juzgando que todos los servicios y gastos ascenderán anualmente a 25.000 pts suplica al Director General del Instituto Geográfico que le conceda la cantidad solicitada y se especifique esta con destino al Observatorio de Cartuja.

El 11 de Octubre de 1939 el jesuita Ignacio Romaña escribe al Padre Due Rojo y le comunica que este día había presentado la instancia para que se incluya la subvención en el año próximo aunque le dice que no sabe si le concederán el aumento pedido aunque cuentan con el apoyo del Instituto Geográfico.

El 6 de Noviembre el Ingeniero Jefe de la Sección I del Instituto Geográfico y Catastral de Madrid de la Presidencia del Gobierno escribe a la estación sismológica y climatológica de Malaga contestando un escrito que estaba asentado con el núm. 65 de fecha de 27 de Octubre respecto a la subvención del Observatorio de Cartuja de Granada. Le dice que todas las afirmaciones de la instancia responden a la realidad y son dignas de tener en cuenta. La Estación Sismológica es lástima que se encuentre como dice el solicitante sin funcionar apenas a pesar de los excelentes aparatos que tiene. La sección de Meteorología es de un gran valor por el instrumental como por los datos y archivo de 38 años, datos que el Ingeniero Jefe conoce perfectamente porque le valieron para escribir un libro sobre la climatología de Granada que se publicó en 1933. La cooperación a la protección de vuelos de Aviación debe ser tenida en cuenta por el Ministerio del Aire del cual depende el Servicio Meteorológico. La estación de Cartuja se considera como Sismológica y Climatológica igual que las otras del Instituto. En cuanto a la sección Astronómica es la que menos importancia tiene y por tanto corresponde informar sobre ella al Jefe del Observatorio Astronómico de Madrid.

La sigue diciendo que desde Febrero de 1932 a Agosto de 1938 se hizo cargo del Observatorio de la Cartuja el Instituto Geográfico y no dejaron de funcionar ninguna de sus estaciones y los gastos

ocasionados durante este período estaban en el Instituto como los haberes de personal y muchos funcionarios fueron trasladados desde la Estación Sismológica de Almería y en aquellos momentos estaban en Málaga. Todo ello puede servir para ver los gastos de una estación con sismógrafos de registro fotográfico y así lo remití con el presupuesto el 30 de septiembre pues el aparato Victoria estaba en Málaga y es el único funcionando en su clase en España.

En resumen le comunica que se debe de acceder a lo solicitado, de acuerdo a la cuantía que determine el Director General, y lo que permitan las disponibilidades económicas del presupuesto del Instituto Geográfico, quedando el Observatorio de Cartuja sometido a la natural inspección y publicación de sus boletines dentro de las normas establecidas por el Instituto, fijando las zonas macrosísmicas y concediendo franquicia telegráfica como tienen las demás estaciones.

El 19 de Noviembre de 1939 escribe el padre Romaña a Due comunicándole que recibió su carta de 15 del corriente y le agradece el envío del informe presentado a la Dirección General, además le dice que estuvo con el Director del Instituto y apoyaba las subvenciones pedidas.

El 4 de Diciembre el Director General, D. Félix Campos Guereta Martínez, escribe al padre Antonio Due comunicándole que el Subsecretario de la Presidencia le remitió la instancia solicitando una subvención de 25.000 pts para el Observatorio. Se le destinan según la Dirección General la cantidad de 20.000 pts. si las condiciones económicas lo permiten. Antes de todo ello en el anteproyecto de presupuestos de 1940 se incluyeron 10.000 pts y así fue comunicado a Hacienda.

El 14 de Febrero de 1940 el padre Ignacio Romaña escribe a Due diciéndolo que no le contestó su carta de 2 de Enero por los viajes realizados pero que le comunica que la subvención no se ha aumentado sino que se mantiene la de 7250 pts del Instituto Geográfico. Le dice que el Instituto propuso subvención mayor para la Cartuja y el Ebro "*pero el Ministerio de Hacienda que ha resultado un podador inigualable, ha dejado a La Cartuja con la anterior consignación y ha suprimido totalmente la del Ebro, habiendo oído que se le iba a dar algo por regiones devastadas*". El 20 de febrero escribe otra el padre Romaña donde le comunica que contesta una de 17 del corriente y le dice que el Director del Instituto había escrito a Due Rojo y estaba muy interesado por el Observatorio de Granada. La señala el nombre, D. Fernando Martín Sánchez, y la dirección para que le escriba. Le explica que le parecen bien las gestiones que piensa hacer y lo que había hablado con su hermano. Respecto al cobro de la subvención se realizaría en Hacienda. En cuanto a lo que le pregunta que se informará y le dirá todo respecto a si se paga por trimestres vencidos o adelantados, concesión en firme o a justificar, etc. El 20 de marzo otra carta del padre Romaña en la que le informa de como van las gestiones y la adquisición del papel fotográfico que le interesaba pues pensaba tramitar este papel por medio del Sr. Martín Sánchez.

En unas notas manuscritas encontramos los trabajos del Observatorio de Cartuja. En la sección meteorológica las observaciones y registros diarios, publicación de boletines mensuales y publicaciones eventuales de artículos en el boletín y en revistas científicas. Servicio de información diaria a la prensa y Radio Granada, parte dos veces al día al Aeródromo de Armilla (sección Militar) y a la Jefatura del Aire por conferencia telegráfica a las 3 de la madrugada, nota mensual a la prensa y radio sobre los acontecimientos meteorológicos más importantes del mes y un resumen mensual. En la sección astronómica observaciones eventuales de actividad solar y astrofísica mas nota mensual a la prensa y radio.

Se realizan en las distintas secciones una cooperación con el Instituto Geográfico de acuerdo al plan establecido. Con todo ello pide la subvención. Se dice que la subvención es en firme y se acompañará a la solicitud el plan de trabajo a desarrollar sin acompañar ninguna justificación.

El 25 de Marzo de 1940 se redacta una instancia del padre Due al Director General del Instituto Geográfico, Estadístico y Catastral de Madrid en la que se dice que Due Rojo es miembro de la Compañía de Jesús, natural de Málaga, de 42 años de edad, estado soltero y profesión religioso, cédula personal de 6ª clase, núm. 66.905, expedida en Granada el 3 de noviembre de 1939. Expone que desempeña el cargo de Director del Observatorio de Cartuja en sus tres secciones de Meteorología, Astronomía y Sismología y que trabaja en colaboración con el Instituto Geográfico por lo que le suplica le sea concedida la subvención de 7.250 pts para atender los gastos de material y personal subalterno del Observatorio.

El 13 de Abril de 1940 D. Fernando Martín-Sánchez Juliá escribe al padre Due diciéndole que el padre Romaña la paso la instancia de la subvención concedida y que había realizado los trámites para que se pagara. Le dice que había tachado la palabra concedida y puso librada pues en efecto estaba concedida y así figuraba en el Capítulo III, artículo 4º, grupo único, concepto III del presupuesto del Instituto Geográfico. Las nuevas instancias deben de contener estos datos.

El 23 de Abril de 1940 se le manda por parte del Director General D. Félix Campos Guereta una carta en la que le comunica que ha ordenado que la subvención sea tramitada en la Sección de Contabilidad y se ordene que la delegación de Hacienda de Granada libre trimestralmente la cantidad correspondiente.

El P. Sánchez-Navarro Neumann dejó una gran impronta en el mundo de la Sismología. El P. Due recordando su figura dice que *"en frase de un ilustre profesor, siempre aportaba algo nuevo y útil, alguna orientación provechosa para el trabajo de los especialistas, fruto de un estudio constante unido a una larga experiencia"*.

En 1940, un año antes de la muerte del P. Sánchez-Navarro, ocupó el puesto de Director, por larga enfermedad, el P. Antonio Due Rojo. Poco después el Observatorio fue incorporado al Consejo Superior de Investigaciones Científicas con lo que inicia una nueva etapa que daría esplendor a la ciencia sismológica y sobre todo a este centro granadino.

El 13 de Enero de 1941 D. Félix Campos-Guereta Martínez envía al padre Due un ejemplar del Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid.

En una nota manuscrita el padre Due recoge unos apuntes para elevarlos a Madrid, nos dice que es natural de Málaga y tiene 43 años, licenciado en Ciencias Físicas, cédula personal 64.391, clase 13ª, expedida en Granada el 26 de septiembre de 1940, le adjunta el plan de trabajos científicos del Observatorio de Cartuja. En Meteorología las observaciones diarias, partes como ha señalado antes, información de prensa y radio, respuestas a consultas meteorológicas del Ayuntamiento de Granada, delegación de regiones devastadas y otras entidades privadas, conferencias de Meteorología a los guías de montaña, datos al Servicio Meteorológico Nacional, etc. Se detallan los trabajos de las otras secciones pero no aporta cosas nuevas del plan de trabajo que ya expuso en otras ocasiones. Todos estos datos quedaron recogidos en la instancia que se elevó el 23 de Junio de 1941.

A partir de 1940 cambia el organigrama del Observatorio pues encontramos un Director y dos ayudantes en Meteorología y Sismología. Así en 1940 de Director está el P. Due Rojo que ostenta el cargo hasta 1965 que aparece el P. Teodoro Vives Soteras, en 1969 el P. Matías García Gómez. Los ayudantes en Meteorología son en 1940 el H. Luis Hurtado, en 1948 el H. Bonifacio Torralbo, en 1951 el H. Gabriel Serrano, en 1957 el H. Pedro Martínez Martos, en 1965 el H. Antonio Castillo Fernández y en 1969 el H. Manuel Merlo Vallejo. En la sección de Sismología encontramos en 1940 al H. Juan F. Martínez Dornacu, en 1950 al H. Carlos Fernández Dorador, en 1951 D. José Burgos, en

1966 al H. Manuel Merlo Vallejo y en 1969 D. Gregorio Cruz Hernández¹¹.

En la etapa de la Universidad desde 1971 encontramos como Directores desde 1971 a 1973 a D. Fidel J. López Aparicio, en 1973 a D. Rafael Infante Macías, 1974 a D. Juan A. Vera Torres, 1978 a D. Manuel Rodríguez Gallego y 1979 a D. Bernardo García Olmedo. Como Secretario General desde 1971 a 1974 encontramos a D. José María Quintana González. Jefe de Astronomía desde 1971 a 1979 esta D. Gerardo Pardo Sánchez. En Meteorología desde 1971 a 1973 encontramos a D. Rafael Infante Macías, desde 1974 a 1979 a D. Rafael Fernández Rubio y ayudantes D. Manuel Merlo Vallejo desde 1973 a 1979 y D. Leonardo Navarro Alonso desde 1973 a 1977. En Sismología desde 1971 a 1979 está D. Luis Esteban Carrasco y de ayudantes a D. Carlos López Casado desde 1971 a 1978, desde 1978 y 1979 encontramos a D. Fernando de Miguel Martínez y a D. Francisco Vidal Sánchez.

(¹¹) El personal de Astronomía desde 1971 a 1975 era: D. José M^o Quintana González, D. Angel Rolland Quintanilla, D^o Pilar López de Coca Castañer, D^o Mercedes Prieto Muñoz, D. Miguel Giménez Yanguas, D. Antonio Megías López, D. Eduardo Caballero Alcáraz, D. Eduardo Battaner López, D. Rafael Garrido Haba, D. Eduardo Pérez Rodríguez, D. Nicolás Pérez de la Blanca Capilla y D. Juan M. Hernández Alvarez de Cienfuegos. El personal dedicado a Meteorología en Sierra Nevada era: D. Antonio de Zayas y Fernández de Córdoba, D. José Luis López y D^o Dolores Fiñaga Blanco.

El Observatorio entre 1906 y 1940. La etapa del R. P. Manuel María Sánchez Navarro Neumann, S. J.

Manuel Espinar Moreno.
Investigador del I.A.G.P.D.S. (Universidad de Granada).

El Observatorio entre 1906 y 1919.

Nos dice el P. Due que el Observatorio va a recibir un gran impulso, en especial los estudios sismológicos, con la llegada del P. Sánchez-Navarro Neumann, quien a partir de 1908 y secundado por los HH. Coadjutores Alfonso Pérez y Salvador Parra, emprenda la reorganización de lo que fue la Estación Sismológica de Cartuja, por ello se le considera el auténtico fundador de la sección de Sismología. Los problemas prácticos de aquella ciencia fueron resueltos por ellos a pesar de los inconvenientes económicos por lo que atravesaba el Observatorio.

Los inconvenientes que presentaban los sismógrafos Stiattessi por la balumba de los péndulos horizontales y el espacio que exigían les hacían perder sensibilidad. Aunque con aquellos defectos los péndulos horizontales Stiattessi, con sus períodos de 15 a 22 segundos y masas de 208 kgs., dieron gráficas bastante notables y vistosas. Entre aquellas gráficas destacaba la del terremoto de California del 18 de abril de 1906, estudiada por el P. Sánchez-Navarro Neumann y publicada en la Rev. Razón y Fe, además de las gráficas de los terremotos de las Aleutinas y Valparaíso del 16-17 de agosto de aquel año, que fueron reproducidas por la importancia que tenían en el magnífico Álbum del profesor Emilio Rudolph y del Dr. Segismundo Szirtes, publicado por la antigua Asociación Internacional de Sismología, láminas 16 (1) a 16 (5). Las observaciones meteorológicas, astronómicas y algo de las sismológicas fueron publicadas en el Boletín del Observatorio de Cartuja a cargo de los jesuitas.

Varias razones y entre ellas la carencia de espacio dentro del Observatorio llevaron a plantear al Rector del Colegio Máximo, P. José María Valera, S. J. la construcción de un péndulo horizontal y su instalación en un lugar del Colegio. A finales de 1906 se emprendió la construcción de nuevos instrumentos entre ellos la de un péndulo horizontal, tipo Omori, con masa de 106 kgs, que se instaló en un local ubicado en el Colegio Máximo, exento de los graves inconvenientes del pilar de la ecuatorial del Observatorio. El Omori quedó suspendido de un pie de hierro forjado en ángulo por consejo de un sismólogo afamado, aunque no se tuvo el éxito esperado. Después de muchas pruebas y tanteos, con numerosos fracasos, se consiguió un instrumento, de grosera apariencia pero que funcionaba a pesar de que su amortiguador era una lata, que contuvo sinapismos y otros detalles del mismo jaez. Por fin cumplió su cometido, como uno de los buenos, y aún mejor que otros de excelente aspecto¹. Se adaptó al Omori un aparato multiplicador inscriptor tipo Grablovitz con estilite de aluminio Marvin y unas palancas multiplicadoras que modificaban las de los hermanos Bosch, de Estrasburgo. Todo quedó montado a finales de 1907. Trabajó durante varios años hasta que hizo falta para otras cosas aquel local y se utilizó el sismógrafo para construir otros. En aquellos años de funcionamiento del Omori se contó con sismógrafos más potentes y aquel quedó abandonado. Hay que decir y destacar que aquel sismógrafo, con 14 segundos de período, 33 veces de aumento, y un coeficiente de amortiguamiento alrededor de 4, proporcionó muchas gráficas notables que se vieron

(¹) SÁNCHEZ-NAVARRO NEUMANN, Manuel M.: S. J.: "Estudio comparativo de los Instrumentos más usados en Sismología", *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*, Marzo, Abril, Mayo, Junio y Julio de 1908, Madrid, 1908, pp. 1-80. Pág. 19 dice que al Omori de 106 kg., construido en Cartuja, bastó adaptarle un trozo de hojalata de 15x10 cms., dentro de una caja doble de sinapismos, llena del citado líquido, para obtener fácilmente amortiguamientos regulables de casi 1:1 hasta 6,9:1 y más, lo que se hizo siguiendo los consejos del Dr. E. Rudolph y del Dr. Mainka. Con este se obtenían aumentos de 70 y más veces, aunque la paja procedía por saltos. Se procedió a equilibrar las agujas. Una de aluminio, sistema Marvin, que no lo estaba bien, daba pésimos resultados.

publicadas. Asistió el P. Sánchez-Navarro Neumann a la Asamblea Sismológica de La Haya en Septiembre de 1907, aprovechó para estar una quincena en Estrasburgo conversando con el prof. Rudolph, Mainka y A. Sieberg, le enseñaron algunos sismógrafos y aprendió mucho. En La Haya se presentaron varios aparatos y conoció varias eminencias sismológicas entre ellas algunos españoles.

A principios de 1908 antes de emprender la modificación del Omori presentó en la Real Academia de Ciencias una Memoria que se publicó en Julio. El 6 de Junio había acabado de montar un péndulo bifilar de 305 kg. que denominó Cartuja, utilizó partes del Vicentini y otros materiales de desecho. Comenzó la publicación de un Boletín sísmico en el acreditado Bulletin de la Société Belge d'Astronomie, mas tarde Ciel et Terre), gracias al profesor E. Lagrange, de Bruselas. También en Julio da al Boletín de la Estación Sismológica de Cartuja (Granada) una nueva forma en sus publicación, presentación y trabajos. Con motivo del desastre de Mesina (28 diciembre de 1908) se dieron conferencias sobre terremotos por parte del P. Juan Murillo, S. J., discípulo del P. Sánchez-Navarro, se prolongaron hasta el 14 de febrero de 1909, el público fue selecto, se realizaron numerosas proyecciones foto-eléctricas, diapositivas, etc., se estudio el de Mesina, el del 23 de enero de 1909 en Luristan (Persia) con mas de 50.000 víctimas y otros entre ellos algunos españoles, se vieron los efectos sobre el terreno y las construcciones.

El éxito de aquel sismógrafo y el deseo de montar otros más potentes llevaron a adquirir uno en el extranjero². La compra se hizo a una de las firmas más afamadas en la especialidad de sismología, sin embargo daba muy pocas gráficas, no ya buenas, pero ni aún pasables, por lo que se intentó construir un nuevo instrumento. La primera dificultad era económica pues no se contaba con el millar de duros que, por entonces, hubiera costado poner en Granada un Wiechert de 1000 a 1200 kgs. fabricado en los acreditados talleres de G. Bartels, de Gotinga, entonces lo mejor y más avanzado³. Como no se tenía dinero se determinó construirlo en el Observatorio y en el Colegio de la Compañía. Recuerda el P. Sánchez-Navarro aquellos momentos de esta forma:

"Aquí resultó la penuria provechosa, y más útil que la abundancia; esta hubiera ahorrado no pocos cálculos y tanteos, pero en eso mismo está la clave de una formación, mucho más sólida, que la que se obtiene hallándose todo hecho, mientras que, gracias a aquella, se ha podido, DEO JUVANTE, lograr la satisfacción de trabajar en España con instrumentos españoles, y en buena parte originales.

Hecha virtud de la necesidad, se procedió a un estudio detenido de todos los sismógrafos de algún mérito, luego publicado en la Revista de la R. A. de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, y de los boletines con los datos obtenidos con los mismos, y, más en particular, de las copias de sismogramas, tal vez el medio más exacto para avalorarlos, llenando no pocas cuartillas de cálculos, y, después de la tal preparación teórica, se procedió a un sin número de ensayos, en particular de palancas multiplicadoras-inscriptoras, ya que se pretendía obtener resultados aceptables, con masas muy pequeñas (los discos de fundición que integraban los Stiattessi, y un Vicentini vertical, con pantógrafo), sin más gastos que el trabajo inteligente y abnegado de varios de nuestros HH.

⁽²⁾ Era un Wiechert, de 200 kg. de masa, construido en la casa Gotinga Spindler y Hoyer, un péndulo cronógrafo y un cilindro receptor de Estrasburgo de J. y A. Bosch.

⁽³⁾ Dice el P. Sánchez-Navarro que recibió carta el 6 de Febrero de 1906 del mecánico Georg Bartels. Había en aquel momento péndulos instalados en Göttingen, Munich, Estrasburgo, Potsdam, Leipzig, Jena, Apia (Samoa), Viena, Budapesth, Upsala, Pribram y se pensaba instalar uno en Toledo. En su trabajo titulado "La Sismología como auxiliar de la Geofísica", *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*. Congreso de Granada, 1912, pág. 11 nos dice que mientras que el péndulo Wiechert, de 17.000 kgs costaba 5.000 marcos, y 2.500 marcos el de G. Bartels, que también era un Wiechert, de 1000 kgs., los Cartuja, construidos con materiales de desecho sólo alcanzaron la cifra de 1.000 pesetas escasas y en aquel gasto se incluyen los bifilares, de 425 y 305 kgs, el Omori, de 106 y el Cartuja vertical de 280 kgs., incluyendo las masas.

*Coadyutores, y en particular del H. Alfonso Pérez, S. J.*⁴.

El fruto de estos trabajos fue el obtener los dos Cartuja bifilares, ya realidad en Junio y Julio de 1909, que todavía funcionaban en 1928 con pequeñas modificaciones y que prestaban servicios muy apreciables sobre todo en los terremotos fuertes. También se logró en aquellos momentos de actividad constructora el llamado Cartuja vertical de 280 kgs. de masa. Contaba con un viejo caldero de desecho, relleno de hierro viejo y de gravilla. La porción multiplicadora-inscriptora la construyó, con verdadera maestría, el P. Pedro María Descotes, S. J., que fue luego Director del Observatorio del Colegio de San Calixto de La Paz, muy renombrados entre los sismólogos por su importante estación sismológica. Más tarde fue nombrado el P. Descotes jefe del servicio de sismología, de meteorología y del horario de la república de Bolivia, también había sido honrado por el gobierno francés por sus trabajos investigadores y académicos.

Para abaratar costes se suprimieron las armazones metálicas para la suspensión de los péndulos y se reemplazaron por los fuertes muros de una habitación baja, bastante apartada, y se introdujeron el uso de despertadores corrientes para hacer avanzar las bandas receptoras. El Cartuja vertical era notable por su aumento extraordinario de 580 veces, sólo superado entonces por el coloso de 17.500 kgs. del del Instituto de Gotinga. En 1909 comenzó a estudiar terremotos poco o escasamente sentidos para que la Sismología española estuviera a la altura de la de otras naciones. Así publicó 76 terremotos sentidos en 1909, 63 en 1910, 180 en 1911 y 36 en 1912. Además estudió los de Canarias y posesiones de Marruecos. En 1909 se construyó un péndulo horizontal con masa de 2'5 kg. para demostración y que llegó a producir gráficas aceptables, se montó un cilindro con motor de relojería adaptado para mover la banda con gran velocidad. También se estudio y solicitó información a otras muchas estaciones sismológicas sobre el terremoto de 23 de abril de 1909.

Con aquel instrumental, que bien merece el título de casero, comenzó la Estación Sismológica de Cartuja (Granada). La publicación de su Boletín mensual, separado del Observatorio Astronómico y Meteorológico, comenzó en 1908 y siguió así hasta 1916, volviendo a unirse, o incluso a no publicarse, por falta de medios económicos, dada la extremada dificultad e imposibilidad de comunicaciones por la Guerra Mundial. Sin embargo si continuaron funcionando sin interrupción los sismógrafos. Durante aquel espacio de tiempo se registraron y publicaron datos sobre 1595 terremotos, con una media anual de 193, máximo de 285 en 1911, y mínimo de 152 en 1912. De ellos sólo se sintieron en Granada 27 eventos, 542 eran en su mayor parte españoles, con epicentros a menos de 1000 kms., 211 entre 1000 y 5000 kms., y 745 a más de 5000 kms. Entre ellos figuran varios como el de las Islas Chabrol a 18.000 kms., y el de las Islas Tonga a 19.500 kms.

En ocasiones el Observatorio contó con la ayuda y colaboración de miembros de la Compañía de Jesús como ocurrió en 1915 con el terremoto del 13 de enero de 1915, el P. Provincial, José María Valera, S. J., envió fotografías y así nos dicen "a quien tanto debe la Estación Sismológica de Cartuja (Granada)".

Entre las publicaciones de aquellos años destaca el Boletín en castellano, siguiendo la pauta internacional y los signos convencionales para que pudiera ser utilizado, era enviado a 150 estaciones sismológicas con regularidad. El material con signos convencionales era aprovechado en estudios comparativos, cálculos de epicentros, velocidades de transmisión, etc. Se publicó además otro Boletín en francés, acompañado de algún texto, en el Bulletin de la Société Belge d'Astronomie, de Bruselas, y se dieron a la prensa otros muchos trabajos, en particular referentes a la sismicidad del suelo español por lo que se titularon muchos de ellos: *Enumeración de los terremotos sentidos en España durante el*

⁽⁴⁾ Datos tomados de los apuntes para una conferencia del P. Sánchez-Navarro Neumann titulada: "La estación sismológica de Cartuja (Granada), a cargo de un P. de la Compañía de Jesús, y su labor científica (1903-1928)".

año de..., que se publicaron en los boletines de la R. S. Española de Historia Natural y que abarcaba la época de 1909 a 1917. También otro trabajo sobre la sismicidad de la porción oriental de la Península fue publicado en las Memorias de la R. A. de Ciencias y Artes de Barcelona. Siguió otro de toda España publicado por la R. S. E. de Historia Natural. Con aquellos y otros materiales se publicó un número titulado *La Estación Sismológica y el Observatorio de Cartuja (Granada)*, que tuvo que suprimirse por falta de medios y nuevos materiales para sostenerla. Entre todas las publicaciones destaca una publicada en Madrid en 1916 que se titula: *Terremotos, Sismógrafos y Edificios*, primera obra en castellano, original de su autor y no traducción. Se colaboró en Ciel et Terre, La Gaceta del Sur (Granada), La Defensa (Málaga), Sal Terrae, etc. La mayoría de los trabajos eran del P. Sánchez-Navarro Neumann, que además dedicó parte de su tiempo a deberes sagrados y a la enseñanza.

En 1911 se presentó un trabajo en el Congreso de Granada y varios en la Asamblea Sismológica de Manchester, en esta se buscaron relaciones con otros investigadores. Se construyó un nuevo modelo de tremómetro portátil y se redactó una obra titulada *Apuntes de Sismología Técnica* que se continuaba en 1912 junto con la edición del Boletín mensual en castellano y en francés. Se montó otro péndulo vertical Cartuja de 87 kgs. de masa para estudiar terremotos cercanos y una componente vertical. En 1913 otro tremómetro y varias piezas destinadas a un péndulo de unas 2 toneladas de masa.

La publicación realizada en 1921 por el Observatorio de Cartuja sobre los terremotos de la Península Ibérica era la más completa en aquellos momentos, el famoso *Bosquejo Sísmico de la Península Ibérica* tenía como obra anterior de referencia el *Catalogue of destructive earthquakes* del profesor J. Milne, apedillado por todo ello como el padre de la Sismología moderna, había estudiado 61 períodos sísmicos para los años comprendidos entre el 7 y el 1899 de la era cristiana. En la publicación del P. Sánchez-Navarro figuraban 91 series para los mismos años y en total 153 entre los años 500 a. d. Xto y 1917 actual.

Además entre las pruebas de actividad del Centro de Cartuja había que destacar la asistencia de su Director a la Asamblea Internacional de Sismología de la Haya, celebrada en 1907, visitando antes durante varios días la célebre estación sismológica de Estrasburgo, estuvo también en la Manchester donde pudo ver el funcionamiento y aparatos que tenían ambas. Asistió a los Congresos de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias de Granada (1911), Madrid (1913), Valladolid (1915), Sevilla (1917), Bilbao (1919), y el de Ingeniería en Madrid (1919), presentó en todos ellos comunicaciones, aparatos nuevos y gráficas, y continuo dando numerosas conferencias científicas tanto en Madrid como en Granada.

La construcción de instrumentos, unos nuevos y otros con modificaciones en ocasiones importantes, el cálculo de nuevas fórmulas para determinar distancias epicentrales, velocidad de transmisión de ondas sísmicas, distribución de materiales que integran el interior de la Tierra, trabajo producido por el terremoto, frecuencia de réplicas, etc., motivaron artículos científicos y otros de vulgarización en castellano y en francés que fueron publicados en revistas especializadas. De ellas podemos destacar varios boletines de las sociedades sismológicas de Italia y América, de Academias científicas de gran valía, además de otras españolas, así como en revistas como *Ibérica* de Barcelona, revista de la Sociedad Astronómica de España y América, *Razón y Fe* de Madrid, *Cosmos* de París, *Broteria* y otras muchas como puede verse en su Curriculum que estudiamos en siguiente capítulo de este libro.

A finales de 1919 nos dice el P. Sánchez-Navarro que acaba el período que puede llamarse historia antigua del Observatorio, caracterizado por la escasez, por no calificarlo de penuria, no se contaba con rentas y sólo se contó con pequeñas sumas que destinaba el Colegio Máximo del que dependía. En todos aquellos años se produjeron cambios incesantes de auxiliares y personal, ello hizo que en

ocasiones incluso largas no se tuviera ni mecánico siquiera mediano, para tener en buen estado el instrumental, o añadir algún sismógrafo a los existentes o mejorar los más potentes.

Entre los cooperadores de esta primera etapa encontramos los HH. Esteban Tortosa (1907-1908) y Luis López (1908-1912) que construyeron piezas de hierro de casi todos los sismógrafos, el mecánico H. Alfonso Pérez, HH. Antonio Parra (1907-1908), Miguel Jiménez (1908), Carlos Linares (1909) y Antonio Sola (1911-1913) y Salvador Parra.

En esta etapa la biblioteca del Observatorio se fue dotando de una abundante bibliografía. Si consultamos los Boletines mensuales en 1910 nos encontramos una relación de las publicaciones recibidas desde Alemania, Austria, Canadá, China, Filipinas, Hungría, otros organismos españoles, Italia, Francia, Japón, Rusia, Egipto, Estados Unidos, Haití, Inglaterra, Malta, Perú, Portugal, Rumania, Chile, Hawai, Java, Australia, Méjico, Serbia, Uruguay, Siria, San Salvador y Noruega.

En esta primera etapa encontramos un organigrama del Observatorio que pasamos a exponer para ver el funcionamiento exacto del mismo y de cada una de sus secciones:

Año 1907. Director: P. Sánchez Navarro Neumann. Jefe de Astronomía, P. Mier y Terán, ayudante el H. Luis López. Jefe de Meteorología, P. Ramón Martínez, ayudante H. Luis Hurtado. Jefe de Sismología, P. Sánchez Navarro Neumann, ayudante, P. Emilio Sola. En 1909 cambia el Jefe de Astronomía, P. Ricardo Garrido, ayudante H. Salvador Parra. En 1910 encontramos de Jefe de Meteorología al P. Juan Murillo y de ayudante al H. Luis Hurtado. En 1912 tenemos de Jefe de Meteorología al P. Rafael Valdivia y de ayudante al H. Luis Hurtado. En 1915 el Jefe de Astronomía es Sánchez Navarro con su ayudante H. Salvador Parra y el Jefe de Meteorología es el P. Agustín del Moral. En 1916 tenemos de Jefe de Meteorología al P. Yañez Genicio y en 1918 en esta sección encontramos al P. Federico Savoie. En 1919 encontramos en Meteorología al P. Rafael Barraquer y en 1920 en Astronomía al P. Ricardo Garrido.

La etapa de 1920 a 1932.

A finales de 1920 comenzó a conseguirse algo de lo ya previsto, en aquellos momentos se va a producir un hecho importante, el 13 de Octubre, una Real Orden declara de Utilidad Pública a la Estación Sismológica de Cartuja (Granada), la dotación de una subvención por parte del Instituto Geográfico, unida a una limosna de 1000 pts del R. P. Provincial, a lo que se unía la gran habilidad y laboriosidad de uno de los HH. Coadjutores, con todo ello se permitió iniciar la era de las construcciones más recientes, comenzando con el sismógrafo Berchmans.

Este es un péndulo invertido, tipo Weichert, muy modificado. Su masa la constituye un recipiente cúbico de palastro, relleno de hierro de desecho, piedras y gravilla, con peso de 3.000 kgs., y se apoyaba sobre unos muelles planos de acero, gracias a una montura cardánica, de gran robustez. Inscibía los movimientos del suelo, con amplificaciones variables entre 120 y 1200, que en 1928 sabemos que eran 760, con períodos de 3 a 6 segundos, amortiguamiento alrededor de 4, y su avance, de 15 mm. por minuto, que acababa de elevarse a 25. Además del cronógrafo de rigor llevaba su estabilizador para equilibrar el péndulo, verdadera balanza loca, cuya caída se evita gracias a los muelles astasiadores, relacionados con las palancas multiplicadoras-inscriptoras. A pesar de su masa, ya un tanto pesada, con su período de 5 segundos, apreciaba un gramo que se le añadiese. Por su considerable aumento, finura de su trazado y rapidez de registro, constituía el mejor sismógrafo del Observatorio para estudiar los terremotos cercanos, en su inmensa mayoría españoles o marroquíes.

Se pensó en construir un coloso de unas 15 a 20 toneladas, pero el proyecto requería sumas considerables y un gran local expresamente destinado para él. El coste total mínimo era de unas 6.000

pts de las que no había rastros ni esperanza de obtenerlas. Por todo ello fue preciso renunciar al plan ya que era muy aventurado y costoso. Se resignaron con construir algo transportable, lo que en Sismología tratándose de instrumentos potentes, equivale a decidirse por uno de los registros óptico o magneto-fotográfico, este último de construcción más complicada y difícil, aunque más potente, y sin algunos de los inconvenientes del primero, aunque no dejaba de tener las propias.

De todas estas dudas, proyectos y trabajos nació el sismógrafo Javier, que se llamó así por ser bendecido con el portentoso brazo del santo Apóstol de las Indias y el Japón. Era un péndulo horizontal, tipo Galitzin, con numerosas modificaciones para exaltar todo lo posible su sensibilidad, en la hipótesis, que al principio parecía evidente, de que unos imanes, con acero de muelles de coche, y un sismógrafo, así mismo casero, y con sólo el espejito traído del extranjero, jamás podría compararse con los salidos de renombrados talleres de Masing o de Cambridge, con sus imanes de acero al tungsteno Hartmann y Braun, igualmente acreditados. La sensibilidad de este sismógrafo es extraordinaria, si bien su funcionamiento resultó irregular, por falta de local alejado de perturbaciones extrañas.

El mecanismo multiplicador del Javier consistía en 4 carretes planos, con 200 vueltas, cada uno, de alambre de cobre, los que se mueven entre los polos conjugados de dos imanes permanentes, mientras que el otro par, actuando sobre una lámina de cobre rojo, así mismo unida con la masa, sirve de amortiguador. La corriente producida por los carretes va por unos conductores al galvanómetro, y por medio de un espejito envía el rayo de luz que recibe de una linterna especial, a una lente cilíndrica, colocada en el receptor, y que transforma la línea que recibe, en un punto, de brillo deslumbrador. Ese puntito es el que va a impresionar el papel sensible, arrollado sobre un cilindro, y al que un despertador ordinario hace girar, y otro avanzar, para evitar la suspensión de los trazos. Por razones de economía el avance era solo de 60 cms. por hora.

El péndulo Javier se pudo construir gracias a un subsidio anual del Estado, sin ello hubiera sido imposible sufragar los gastos, y otros exigidos para montar un taller con su torno y motor de 1/2 caballo. Con aquel auxilio estatal se comenzó a trabajar y se continuó la publicación del Boletín Sismológico mensual. La publicación era cada vez más importante por haberse duplicado el número de gráficas de terremotos. También se hizo la construcción, bastante difícil, de una componente vertical, de un tipo del que solo trabajaban una decena en todo el Mundo en el campo de la Sismología.

Aquel sismógrafo nuevo recibió el nombre de Belarmino, en honor del Cardenal Roberto Belarmino, S. J., beatificado durante el año en que se construía, y el M. R. P. General Wlodimiro Ledókowski, S. J., lo bendijo en su corta estancia en Granada, utilizando la fórmula concedida por la Santa Sede que figura en el Ritual Romano, usó para el acto una estola, que también había servido a uno de sus más ilustres predecesores, San Francisco de Borja, S. J. En la componente vertical de este sismógrafo el estiramiento del muelle es de unos 30 cm., mientras que el período propio es de 12 segundos, equivalentes a 36 m., se había centuplicado con creces su sensibilidad gracias a los artificios empleados para conseguir su astasiado. Su importancia fue tal que varios sismólogos notables solicitaron al P. Sánchez-Navarro el envío de dibujos de sus piezas para imitarlo e instalarlo en sus estaciones sismológicas⁵.

Además en los talleres de Cartuja se construyeron en aquellos años varios instrumentos destinados al estudio de los movimientos cercanos y en especial un barógrafo de mercurio denominado Loyola,

(⁵) El P. Due nos recuerda en el Cincuentenario del Observatorio de Cartuja como la construcción de sismógrafos de registro magneto-fotográficos como el Belarmino fue sin duda el mayor éxito de los conseguidos. Le siguieron los dos horizontales Canisio, construidas por el H. Juan Francisco Martínez Dornacu.

de unas 7 veces de aumento. Algunas de sus gráficas resultaban interesantes como la del 12 de abril de 1927, día aciago y de tristes recuerdos por haber barrido unas olas anormales un campamento. Las rachas de viento alcanzaron en Granada 31'5 m/s se ven de forma evidente y nos permite comprobar como a pesar de la distancia entre los puntos donde ocurrió el evento y Cartuja debió de alcanzar una gran violencia.

La estación sismológica no tenía un local apropiado y se venía luchando por conseguirlo. A pesar de las dificultades económicas nos dice el P. Sánchez-Navarro que se había logrado edificar uno que esperaba que cumpliera su cometido. Esta obra había sido realizada por el maestro D. Anselmo González, aunque había sido planeada por dos HH. estudiantes que eran ingenieros. El edificio tenía forma de T, constaba de un salón, en la fachada, donde iban los sismógrafos de registro mecánico, cronógrafos y estación receptora de T. S. H., fuera de los locales destinados al ahumado y ennegrecido de las bandas y su fijado, y el laboratorio fotográfico. Perpendicular al solar y excavado en la roca había otro destinado a los sismógrafos de registro magneto-fotográfico, con sus correspondientes accesorios como lámparas, galvanómetros y receptores. La fachada es de un estilo árabe granadino para darle sabor local y parecido con el Colegio Máximo, del que dista pocos metros. Llevaba una imagen de la Virgen de las Angustias, en azulejos de colores, por ser Patrona de Granada y de la Sismología, y una invocación en honor suyo por la bendición de los sismógrafos de la estación de Cartuja.

Desde 1921 a 1928 se denomina la segunda etapa del Observatorio de Cartuja. En aquellos años se continuó la labor científica y las tareas culturales, se asistió a Congresos, Exposiciones, Conferencias, etc. Los miembros del Observatorio y de la estación además de asistir tomaron parte activa en las discusiones científicas, fiestas y exposiciones como la Exposición de Astronomía y Ciencias afines de Barcelona (1921), los Congresos Internacionales de Geodesia y Geofísica (1924), y Geología (1926) que dieron un gran prestigio al centro en niveles internacionales, Congreso de Cádiz (1927), el de la Asociación Española de Madrid, Granada, Valencia, Orihuela, y numerosas conferencias con proyecciones.

Respecto a la edición de trabajos se continuaba escribiendo en las revistas y sociedades científicas ya reseñadas en el primer período y se ampliaron a la Academia Pontificia de Ciencias Naturales de Roma, la Revue des Questions Scientifiques de Bruselas, Matériaux pour l'étude des Calamités de Ginebra, etc. También se había realizado y así continuaba una importante actividad epistolar con especialistas, intercambio de publicaciones con lo que se estaba formando una importante biblioteca, enseñar los instrumentos y ofrecer explicaciones a los numerosos visitantes del Observatorio, explicación a personalidades relevantes, algunas de elevada categoría, recibir grupos de oficiales, cadetes y estudiantes, con frecuencia universitarios acompañados de sus catedráticos, etc., toda una continua labor con la que se trataba de no desmerecer la ayuda del Estado pues el Centro no podía subsistir. Todo aquello trataba de añadir *"su granito de arena al grandioso edificio de la Ciencia Cristiana y española, al procurar la Mayor Gloria de Dios, por cuyo Amor y Obediencia se han emprendido, y continuado, por 25 años esta labor, en si oscura y de ningún lucimiento"*.

En el Congreso celebrado en Cádiz el 3 de mayo de 1927 nos dice el P. Sánchez-Navarro que además de realizar trabajos en la Estación de Cartuja durante más de 20 años por encargo de sus superiores, se había dedicado a estudios geofísicos y a las labores docentes de Geología. Con los materiales que tenía recogidos había elaborado aquella conferencia que bien pudiera denominarse iniciación a la Geofísica aplicada.

Entre las cartas que se guardan en las carpetas de la Biblioteca del Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos de Granada tenemos una de 21 de marzo de 1925. Por ella el Director General del Instituto Geográfico le comunica de forma particular al director del Observatorio

de Cartuja Padre Manuel M. Sánchez Navarro que la renuncia a la subvención económica se la paraliza durante unos días. La carta queda de la siguiente forma:

Rdo. P. Manuel M. Sánchez Navarro.

Mi respetable y querido amigo:

He recibido su carta del 16 de los corrientes con la instancia en que hace renuncia a la subvención de ese Centro. Siento extraordinariamente esa actitud de Uds., que saben cuánto se les aprecia y considera en esta casa; pero respeto su parecer y las razones que a ello les mueven.

Sin embargo, en mi deseo de evitar que dejen de figurar Uds. entre nuestros colaboradores, suspendo unos días la tramitación de la instancia, en vista de que por R.D. de 3 de los corrientes, artículo 24 (Gaceta del 4), no se exige ya acta del Delegado del Tribunal gubernativo de Hacienda y solamente se requiere en las adquisiciones de material certificación del Jefe de la Dependencia, en este caso usted, de haberse hecho el servicio.

Nosotros no tenemos más remedio que cumplir las órdenes de la superioridad y jamás añadimos una dificultad, antes bien damos cuantas facilidades nos es permitido. Por eso la disposición citada complace a nosotros más que a quienes sufrían los rigores de la anterior, y espero que le hará desistir de la renuncia enviada.

Quedo como siempre su afmo. amigo y s. s.

q.b.s.m.

Luis Cubillo (rúbrica).

El 4 de abril de 1928 el Director General D. Juan López Lircen comunica al Habilitado del Observatorio de La Cartuja D. Martín Lasarte Eraso que con aquella fecha había dispuesto la expedición de un libramiento de 7.250 pesetas. Este estaba dividido en libramientos trimestrales en el concepto de en firme a nombre de D. Martín y contra la Delegación de Hacienda de Granada de 1.812 pesetas y 50 céntimos para el pago de la subvención del Observatorio de aquel año. El documento tiene como encabezamiento Presidencia del Consejo de Ministros. Dirección General del Instituto Geográfico y Catastral. Sección Contabilidad.

Las cuestiones económicas fueron motivo de algunos problemas pues el 11 de marzo de 1929 Mariano Estévez desde la Dirección del Observatorio del Ebro en Tortosa escribe a la Dirección General del Instituto Geográfico y Catastral, Sección Contabilidad. Se dirige a R. P. Luis Rodés y le comunica que había recibido una carta suya y le manda los impresos que le solicitan, alude a un libramiento de dinero. En la segunda parte de la carta dice textualmente: "*El libramiento expedido al R. P. Sánchez Navarro lo fue "EN FIRME" y no "a justificar"*". Así se le hizo saber remitiéndole copia literal de orden remitida por este Centro a la Ordenación de pagos pero se omitió el hacer constar el detalle de "en firme" en el oficio en que se lee arriba -con carácter de orden interior de este Negociado- y eso dio origen a su alarma que ha quedado desvanecida por completo".

El 13 de marzo Luis Rodés escribe al P. Manuel Sánchez Navarro, S. J. enviándole copia del Jefe del Negociado de Contabilidad del Instituto Geográfico y Catastral por la que se ve que se ha hecho el libramiento en firme. Además le dice que ya habría recibido esta noticia por otros conductos. Un detalle curioso que aparece escrito a mano tras la firma dice así "*Espero habrá mejorado su delicada salud; así lo pido al Señor"*.

Las cartas son las siguientes:

Carta al Padre Rodés.

Observatorio del Ebro. Tortosa. Dirección.

Dirección General del Instituto Geográfico y Catastral. Contabilidad. Jefe.

R. P. Luis Rodés.

Muy Sr. mío y de mi más respetuosa consideración:

Acabo de recibir su grata y al acusarle recibo de ella lo hago del pliego certificado de los impresos a que alude la suya. Se procederá, pues, a librar inmediatamente⁶.

El libramiento expedido al R. P. Sánchez Navarro lo fue "EN FIRME" y no "a justificar". Así se le hizo saber remitiéndole copia literal de orden remitida por este Centro a la ordenación de pagos pero se omitió el hacer constar el detalle de "en firme" en el oficio en que se lee arriba -con carácter de orden interior de este Negociado- y eso dio origen a su alarma que ha quedado desvanecida por completo.

*Con este motivo me es grato repetirme respetuosamente de V. att ? S.S. q.b.s.m.,
Mariano Estévez. (rubricado).
Hoy 11-3-929.*

Observatorio del Ebro. Tortosa, 13 de Marzo de 1929. Dirección.

R. P. Manuel Sánchez Navarro, S. J. Cartuja -Granada.

P. C.

Muy amado en Cto. Padre Sánchez Navarro: me complazco en enviarle copia de la carta que acabo de recibir del Jefe del Negociado de Contabilidad del Instituto Geográfico y Catastral; por la que verá que le hizo el libramiento "EN FIRME". Supongo ya se le habrá comunicado por otro conducto.

*Con esta ocasión me reitero de V. affmo. h. en Cto., que se encomienda a sus ss. SS. y OO.
Luis Rodés, S. J. (rúbrica).*

Espero habrá mejorado su delicada salud; así lo pido al Señor.

La participación del Observatorio de Cartuja en la Exposición Iberoamericana de Sevilla en 1929 fue un gran éxito sobre todo por las secciones de Sismología y Meteorología. El H. Luis Hurtado nos dice años más tarde que la presentación de los datos se hizo en un gran cuadro a colores. Entre las personalidades ilustres a quienes más interesó el Cuadro Climatológico de España estaba el rey D. Alfonso XIII que honró con su presencia la inauguración de la Exposición y el Pabellón de Granada, se detuvo bastante tiempo y realizó atinadas preguntas y observaciones. Se presentaron en esta Exposición cuadros estadísticos sobre meteoros del clima de Granada. Todo era fruto de 25 años de trabajo que se habían ido publicando en los respectivos Boletines del Observatorio de Cartuja⁷. El papel del Observatorio alcanzó pues un gran éxito en Sevilla que superó las esperanzas de los investigadores pues: "El Jurado otorgó al trabajo: primero, Medalla de Oro; luego, con nueva prueba de aprecio, sustituyó la Medalla por el "Gran Premio", la recompensa más elevada que otorgaba. El Diploma se conserva en nuestro Observatorio de Cartuja..".

Entre los papeles y notas manuscritas del P. Sánchez-Navarro Neumann nos encontramos un resumen de la labor científica de la Estación Sismológica de Cartuja (Granada) a cargo de los PP. de la Compañía de Jesús durante el año 1931. Nos dice que habían funcionado, con regularidad, salvo con alguna pequeña interrupción temporaria de algún sismógrafo, los de registro mecánico Berchmans (invertido con masa de 300 kg., componentes N-S y E-W), los dos Cartuja bifilares, de 340 kg. N-S y E-W y el vertical Cartuja, de 280, componente N-S, además del grupo de registro magneto-fotográfico, integrado por la componente vertical Belarmino y los dos bifilares Canisio, todos salidos de nuestros talleres, a cargo de los HH. Coadjutores de la misma Compañía de Jesús.

El material español, en la más genuina acepción de la palabra, es decir de fabricación casera, había permitido registrar 443 terremotos, de los cuales solo 66 tenían sus epicentros a menos de 1000 kms. y 4 se habían sentido en la misma estación sismológica, o en la vecina ciudad de Granada. Entre

⁽⁶⁾ En la carta dice: inmediatamente.

⁽⁷⁾ HURTADO, Luis, S. J.: *El clima de España*. Granada, 1941, pág. 4.

aquellos terremotos descollaban 12 antipodales, sentidos en la isla N. de Nueva Zelanda, y 42 de las Islas Salomón, distantes unos 16.500 kms.

Con los datos de los 103 mejor registrados se habían remitido 78 telegramas cifrados a la Dirección General del Instituto Geográfico y a la Associated Press (Madrid), a las estaciones sismológicas de Alicante, Almería, Málaga y Central de Toledo, a los observatorios de Marina de San Fernando y del Ebro en Tortosa y a la Oficina Internacional de Estrasburgo.

Se publicaron 260 ejemplares del Boletín Mensual y se remitieron a centros con los que se mantenía intercambio científico, además de copias de sismogramas, planos de instrumentos, en despiezo, envío de datos especiales, etc. El Subdirector, R. P. Antonio Due Rojo, había publicado en la Rev. Ibérica datos macrosísmicos y microsísmicos sobre los terremotos de la Península Ibérica de los tres primeros trimestres del año. El Director R. P. Manuel M? Sánchez-Navarro había contribuido con resúmenes de los terremotos más importantes sentidos en 1930 y primer trimestre de 1931, además de notas sobre olas anormales, y una turbonada, registrada por meteorógrafos y sismógrafos, publicada con algunas modificaciones en el Zeitchri für Geophysik, además de otros trabajos científicos que suman 10 en total.

También se había construido un barógrafo de gran sensibilidad, el variógrafo Breboe, con registro sobre papel ennegrecido, al humo del petróleo, y con receptores con avances de 16-50-600 mm/hora, y aumento de 8 veces, habiéndose sacado ampliaciones de 3 a 7'5 veces, de trozos de las gráficas más notables, y se estaba preparando su descripción.

Las visitas al Observatorio habían sido bastante numerosas, descollaban entre ellas las de varios grupos de profesores y escolares, tanto nacionales como extranjeros, y en especial la de algunos especialistas como el Ingeniero-Geógrafo y distinguido sismólogo, Don Alfonso Rey Pastor, que llegó en Comisión Oficial, y las de representantes de varias entidades importantes.

El 17 de noviembre de 1931 el Habilitado de la Estación Sismológica de Cartuja D. Martín Lasarte comunica al Excmo. Sr. Director General del Instituto Geográfico y Catastral de Madrid que de acuerdo con lo dispuesto por oficio de 28 de febrero de aquel año había hecho efectivo en la Tesorería de Hacienda la cantidad de 1.812'50 pesetas (líquido 1.788'94 pesetas) correspondientes al 4? libramiento trimestral de la subvención a la Estación Sismológica de Cartuja que figuraba en el capítulo 13 artículo 1º, concepto 5º cuya ordenación se dio el 12 de noviembre número 14. La carta tiene como encabezamiento JHS. Estación Sismológica de Cartuja. Apartado 32. Granada (Declarada de Utilidad Pública). Real Orden del 13 de Octubre 1920.

A partir de 1921 el Director del Observatorio es el P. Manuel Grund, Jefe de Astronomía, P. Ricardo Garrido, ayudante H. Salvador Parra, Jefe de Meteorología, P. Rafael Barraquer y ayudante H. Luis Hurtado, Jefe de Sismología, P. Sánchez Navarro Neumann y ayudante H. Antonio Sola. Todo sigue igual hasta 1930 donde aparece como Jefe de Astronomía y Meteorología el P. Juan Murillo y ayudantes los HH. Salvador Parra y Luis Hurtado. Jefe de Sismología, P. Sánchez Navarro y ayudante H. Juan Francisco Martínez Dornacu.

La etapa de expropiación del Observatorio (1932-1938).

A principios de 1932, cuando se había acabado de instalar la tercera componente magneto-fotográfica, y se esperaba recoger un fruto abundante de los estudios y trabajos realizados durante muchos años, se produjo la incautación del Observatorio por parte del Gobierno. Ello es fruto de la

extinción de la Compañía de Jesús en España, decretada por la República⁸.

Años más tarde nos enteramos de una serie de noticias desconocidas hasta ahora que se conservan en una carta de D. José Galbis al P. Due. Le dice el 14 de julio de 1948 que entretenido en revisar papeles y fotografías que había obtenido durante mas de 20 años, se encontró una del Observatorio de Cartuja y se la envía por si les es útil o susceptible de ampliación. Le da las gracias por las publicaciones enviadas. Le dice que ha dejado de trabajar en asuntos climatológicos y que el resumen que había entregado al Ministerio del Aire abarcaban desde 1860 a 1930 y desde el punto de vista internacional desde 1901 a 1930. Le apostilla que este trabajo no se publicará por su gran extensión, pues tiene más de 1000 folios mas cuadros, mapas, etc. aunque el servicio lo informó favorablemente pero dejará huella en los archivos y es interesante para los que estudian los asuntos climatológicos. Le recalca que le han informado que es un digno alumno del padre Manuel María Sánchez Navarro Neuman, profesor también de Galbis y que tanto lo alentó. El P. Sánchez Navarro pidió al gobierno de la República que fuera él el que se encargara de recibir en nombre del Estado el Observatorio de Cartuja. En este momento es cuando hice la fotografía que le envió. Le acompaña su dirección en Plaza de Santa Bárbara, núm. 6 de Madrid.

El Gobierno poco después encargó la dirección del Observatorio y de la estación Sismológica al Instituto Geográfico y Catastral. Desde allí se envió como Director al ingeniero geógrafo Don Félix Gómez Guillamón que continuó la labor hasta el 11 de Agosto de 1938.

En esta etapa el Observatorio contó con un Boletín Macrosísmico editado por el Instituto Geográfico y el Observatorio Geofísico de Cartuja. Entre las innovaciones se contaba para el registro de los terremotos con la colaboración de los Corresponsales Sísmicos. Estas personas con sus distintas informaciones suministraban datos interesantes y en muchas ocasiones únicos. Pese a esta colaboración se les recomienda en el Boletín continuamente que deben de ofrecer datos lo más exactos posible. Así se pone al final de las llamadas Notas Sísmicas elaboradas en Cartuja: "*Nuestros Corresponsales Sísmicos deben tener la precaución de llevar el reloj con la hora oficial lo más exacta posible, lo que hoy no es difícil con las señales horarias dadas por diversas estaciones de radio. En el mismo momento de sentir un sismo deben tomar nota de la hora y minuto exacto, por lo menos*".

Los corresponsales que conocemos por los años de 1935 a 1938 en la Provincia de Granada son los siguientes:

Localidad	Número	Corresponsal	Profesión
Albondón	10101	D. Antonio Mesa del Castillo	Médico
Albuñuelas	11102	D. Joaquín González Rejón	Médico
Alcudía	10503	D. José del Castillo Sánchez	Médico
Aldeire	10504	D. Joaquín Vilchez López	Maestro
Alfacar	10402	D. Antonio López López	Cabo Guardia Civil

⁽⁸⁾ Nos dice el P. Sánchez Navarro Neuman que el 23 de enero de 1932 salió una ley que precisaba cumplir la ejecución de un artículo de la nueva constitución aprobada, se fijaba en diez días la puesta en vigor de la expropiación y salida de los bienes de la Compañía de Jesús de España. El artículo en cuestión era el 26 y por el se proscribía a las ordenes religiosas que tenían voto especial de obediencia a la Santa Sede. El artículo fue votado por 179 diputados contra 58, es decir por menos de un tercio del número total de 470 diputados de la Cámara. Cfr. SÁNCHEZ NAVARRO NEUMANN, M. M?. S. J.: "La station sismologique de la Compagnie de Jesus a Cartuja (Espagne)", *Extrait de la Revue de Questions Scientifiques*, 20 Septembre 1932, pág. 247.

Alfaguara	10400	D. Pablo de Ardales	Capellán
Algarinejo	10801	D. Francisco Ruiz Guerrero	Médico
Alhama	10202	D. Manuel Aguado Remón	Maestro
Almuñécar	11001	D. Enrique Mateos Almoguera	Abogado
	11001a	D. Manuel Corral Melero	Maestro
Alquife	10506	D. Manuel Simón Cobo	Médico
Armilla	10403	D. Vicente Machado	Secretario Ayuntamiento
Atarfe	11203	D. Emilio Fernández Soler	Cabo Guardia Civil
Bérchules	11301	D. Rosendo Sánchez Payán	Médico
Cádiar	11302	D. Fernando López Ruiz	Médico
Caniles	11303	D. Juan Fernández Tafalla	Médico
	11303a	D. Antonio Izquierdo Martínez	Perito Agrícola
Castillejar	10601	D. Andrés Romero Muñoz	Médico
Colomera	10703	D. Juan de Dios Martínez	Maestro
Cúllar Baza	10305	D. Jerónimo Bueno Quesada	Maestro
Cúllar Vega	11207	D. Pablo del Castillo Segovia	Médico
Chimeneas	10205	D. Eduardo Crespo Hoces	Médico
Dólar	10513	D. Antonio Ibáñez López	Electricista
Exfiliana	10514	D. Pedro Pérez de Andrade	Guarda Forestal
Galera	10603	D. Victoriano Sánchez	Agricultor
Gabia Grande	11212	D. Miguel Gámez Rodríguez	Cabo Guardia Civil
Gorafe	10519	D. José Caballero Díaz	Cabo Guardia Civil
Granada	10413	P. Rafael de Antequera.	R. P. Franciscano.
	10413a	D. Santiago González Sola	Comerciante
Guadix	10520	Srta. Pura García Merino	Observadora de la Est. Meteorológica
Güejar Sierra	10414	D. Antonio Guerrero Rendón	Médico
Güejar Faragüit	11003	D. Eugenio Alcántara	Médico
Huélago	10521	D. Cirilo Martínez	Secretario del Ayuntamiento
Huéscar	10604	D. Manuel Vargas Jiménez	Maestro

Illora	10901	D. Juan Jiménez Ruiz	Electricista
Iznalloz	10709 10709a	D. Manuel Vílchez Montalvo D. José Romo Pérez-Hita	Cura Párroco Carpintero
Jete	11007	D. José Bustos Díaz	Labrador
Lanjarón	11116	D. Manuel Jiménez Zambrano	Médico
Lanteira	10526	D. Marcelino Miranda	Médico
Mala	11214	D. Francisco Carrión Campos	
Moclín	10710	D. Juan Hoces García de la Fuente	Guarda
Montefrío	10902	D. José Guzmán Sánchez	Médico
Motril	11011 11011a 11011b	D. Manuel Pérez Reina D. Tomás Galiana Montes Sr. Jefe del Puerto	Vista de Aduanas Industrial Ingeniero
Otura	11215 11215a	D. Antonio Pérez Vílchez. D. Miguel Anguita Ruiz	Telefonista
Padul	10425	D. José Serrano Pérez	Médico
Piñar de Alhama	10200	D. Manuel García Rama	Sargento de la Guardia Civil
Pinos del Rey	11100	D. Francisco Martín Delgado	Cabo de la Guardia Civil
Pinos Puente	11216 11216a	D. Fernando del Charco. D. Raimundo Villanueva Freyre	Médico Maestro

Se incluye una nota en la que dice que se ruega a los lectores del Boletín que indiquen los nombres y señas de cuantos señores sean aptos para Corresponsales Sísmicos en las poblaciones que no contaban con ellos. Además se hizo el enlace del Observatorio a la red Geodésica de Primer Orden y se calculo de nuevo su posición Geográfica que quedó así: Lat. 37°, 11', 24" N., Long. 3°, 35', 42" W. Gr. Para la altitud se habían realizado los correspondientes trabajos por la Brigada de Nivelación de alta precisión dirigida por el Ingeniero Geógrafo, D. José María Gil Lasarte.

Al ser restablecida la Compañía de Jesús en España se le hizo entrega del Observatorio al R. P. Provincial de Andalucía. Entre los boletines editados en estos años tenemos los datos de Octubre, Noviembre y Diciembre firmados por D. Félix Gómez Guillamón con una nota que dice:

"Las dificultades impuestas por la guerra ha sido la causa de que quedemos sin papel para el registro de los sismógrafos magneto-fotográficos desde el día 6 de Diciembre de 1936. Esperamos subsanar pronto esta anormalidad".

Continúan los resúmenes sísmicos de 1937 en los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo y Junio. En este último mes destaca un terremoto de 11 de Junio que se sintió en Gabia la Grande, Alhendín, Padul y Granada. Otros mas pequeños se registraron en los meses de Marzo y Abril de

1938. En el mes de Mayo se incluye una nota que dice:

"Para dar cumplimiento al Decreto de 3 de Mayo de 1938, B. O. número 563 por el cual se restablece en España la Compañía de Jesús y se le devuelven sus bienes, se celebró el acto de restitución del Observatorio Geofísico de Cartuja el día 11 de Agosto de 1938 al R. P. Fernández Cuenca, Provincial de Andalucía, quien en nombre de la Compañía de Jesús acompañado de los RR. PP. Sánchez-Navarro Neumann y Berrocal Dörr y H. Hurtado se hicieron cargo del Observatorio, así como de las nuevas construcciones destinadas a Pabellón Sismológico, despacho y viviendas.

En el acto, que fue sencillo y solemne a la vez, el R. P. Fernández Cuenca hizo constar el acertado trabajo y celo demostrado por el Instituto Geográfico durante su actuación, que se traduce en la perfecta conservación del Observatorio y de la Estación Sismológica, así como todo el instrumental accesorio.

Nosotros agradecemos las amables palabras del R. P. Fernández Cuenca, declarando que sentimos personalmente una gran satisfacción al cumplir la orden de devolución del Observatorio para que en él puedan seguir desarrollando la admirable labor científica en colaboración con el Instituto Geográfico, que durante nuestra permanencia en la dirección del mismo hemos trabajado con el máximo interés y que hemos velado día tras día por la conservación y el mejoramiento de las dependencias y material científico que se nos confió, en cumplimiento de nuestro deber.

Hoy tenemos la gran satisfacción de que se nos reconozca este esfuerzo y con ello nos sentimos generosamente pagados.

El Director del Observatorio. Félix Gómez Guillamón, Comandante de Ingenieros e Ingeniero Geógrafo".

El día 11 de Julio de 1938 se sintió un terremoto en Alhendín, Atarfe, Gabia la Grande, Armilla, Santafé e incluso en Orgiva, el epicentro se sitúa en Sierra Elvira. En el mes de Octubre los días 7, 8 y 9 se sintieron en Armilla cuatro terremotos.

Tanto el P. Sánchez-Navarro como el P. Due elogian la labor realizada por D. Félix Gómez Guillamón durante aquellos años, en palabras del P. Due *"Es justo consignar aquí, no solamente su benemérita labor científica, sino también el esmero en la conservación del material, y mejoras y ampliaciones de locales llevadas a cabo durante ese período"*.

Los datos climatológicos recogidos durante muchos años por el H. Luis Hurtado fueron utilizados y publicados más tarde por D. Félix Gómez Guillamón en su obra *El clima de Granada*. El H. Hurtado comenta en 1941 que había estado trabajando durante más de 30 años en el Observatorio de Cartuja y añade: *"y aún sigo ahora, después de aquellos aciagos tiempos en que la República se incautó de él y me obligó a un paro forzoso. En todos estos años he procurado, y sigo procurándolo, dedicar la mayor actividad a estos estudios climatológicos, con el solo deseo de servir a nuestra Patria, y en ella con especialidad a Granada, ya que en Granada está instalado nuestro Observatorio. Quiera el Sagrado Corazón de Jesús y nuestra amadísima Patrona, la Virgen de las Angustias, a quienes se lo dedicamos, sean de alguna utilidad para todos"*⁹.

La etapa de 1938 a 1941.

Cuando el Observatorio fue devuelto a la Compañía de Jesús por un decreto del Jefe del Estado del 3 de Mayo de 1938, 3er año triunfal, que anulaba el presidencial de expoliación del 23 de Enero, puesto en ejecución el 2 de Febrero de 1932, nos dice el P. Sánchez-Navarro que volvió a reanudar en

⁹) HURTADO, Luis, S. J.: *El clima de España*. Granada, 1941, pág. 5.

él su antigua labor científica después de seis años y medio de ausencia, junto a él estaban otros jesuitas y antiguo personal. Dice que había vuelto del destierro y su deseo era el de siempre: trabajar por la Mayor Gloria de Dios. Durante aquellos años de destierro y circunstancias anómalas el Observatorio pasó por penuria de personal. Por el momento (dice) que participaba de las circunstancias de la guerra, influyó en sus publicaciones que volverían a comenzar cuando triunfara la Nueva Cruzada y les permitiera volver a la vida normal.

Gracias a estas notas sabemos que poco antes de la expoliación acababa de construir un barógrafo extra-sensible y planeaba otros nuevos instrumentos, a la vez ensayaba con éxito el aumentar de 15 a 25 milímetros los minutos en las bandas del péndulo invertido Berchmans. En aquellos momentos de 1932 fue privado de toda clase de material y de los sismogramas de más de 5.500 terremotos registrados por los aparatos del Observatorio además de ser desposeído de la Biblioteca que se había ido formando lentamente. Precisamente cuando estaba realizando el estudio sistemático del archivo, auxiliado por un Padre joven, de excelentes dotes y con la formación científica mas apropiada para el caso. Durante su destierro apenas pudo trabajar algo pues había sido un hombre trashumante en Nápoles, Ruysbroeck (Brabante) y Entre-os-Rios (Douro). Agradece a sus antiguas relaciones que continúen enviando publicaciones al centro y él espera poder hacerlo cuando todo aquello acabe y las circunstancias lo permitan. Sabemos que tiene en esos momentos 72 años, algunas enfermedades, achaques propios de los muchos años, y las circunstancias no permitían por el momento reemplazarle por un investigador más idóneo *"ya que casi solo cuenta en su abono el trabajar con instrumental construido bajo su dirección y por HH. Coadyutores de la Compañía de Jesús, esto es españolísimo, un gran puñado de artículos y la experiencia que debiera haber adquirido durante los 25 años que ha dirigido una estación sismológica"*.

Vuelve a insistir y a recordar que los sismógrafos, sus accesorios y receptores eran de fabricación doméstica, y por tanto jesuita, y en el caso granadino netamente española. Todos los que había en el Observatorio se construyeron entre 1906-1908 y 1931 bajo su dirección por diversos HH. Coadyutores de la Compañía de Jesús, y eran, o modelos nuevos o notables modificaciones de otros existentes, y habían obtenido un Gran Premio en la Exposición Ibero-Americana de Sevilla (1929-1930) por los instrumentos sismológicos y de otras secciones.

Durante la incautación el Observatorio había estado bajo la inmediata posesión del Instituto Geográfico y Catastral, denominándose primero Estación Sismológica y Meteorológica de Cartuja (Granada) y más tarde Observatorio Geofísico, así seguía llamándose en 1938. Tenía este centro tres ecuatoriales, una bastante potente, y otros instrumentos astronómicos que hicieron que todo en conjunto recibiera el premio en la citada Exposición en especial por los aparatos astronómicos. Hay que lamentar que no se habían podido montar las secciones magnética y de electricidad atmosférica y telúrica, que unidas a las ya existentes hubieran caracterizado a un observatorio geofísico. La razón fue por la proximidad de los tranvías de la ciudad que perturbaban las observaciones y las inutilizaban por completo.

Una gran innovación de aquellos años fue la construcción de un pabellón donde cobijar todos los sismógrafos. Estas construcciones sirvieron de casa al Ingeniero Geógrafo Director. Ello llevó a trasladarlos desde el antes Colegio Máximo, que había sido adjudicado a la Universidad de Granada y a los militares, y no había sitio en el Observatorio por lo que se metieron en el nuevo pabellón pues su edificación se hizo pensando en aquella necesidad. El traslado se hizo durante unos 400 metros y se unieron a algunos poco sensibles que estaban en el Observatorio. En el nuevo local, gracias a su acertada construcción con muros dobles y gruesa capa aisladora sobre el cielo raso, se consiguió atenuar los perniciosos efectos de los cambios de temperatura del clima granadino, que pasan aún a la sombra de los 20° centígrados y algunas veces de los 25° en un mismo día. Sin embargo era estrecho porque hacia muy incómodo realizar ajustes en los sismógrafos, cosa que ocurría con harta frecuencia.

La colocación de los sismógrafos, en particular de los de registro magneto-fotográfico con sus lámparas, galvanómetros y receptores, y de los bifilares Cartuja, aunque a primera vista parecía ingeniosa, resultaba hasta artística, pero muy poco práctica. La mala colocación dificultaba los finos ajustes exigidos por instrumentos tan potentes como delicados, máxime si se quería obtener el máximo rendimiento de que eran capaces.

Aprovechando el traslado al remontar en el nuevo pabellón los sismógrafos de registro mecánico, se proveyó al Cartuja vertical de una nueva masa, reemplazando por 370 kg. de plomo la suya, consistente en un caldero deshecho, relleno de hierro viejo y gravilla y que pesaba 280 kg, a la vez que se le aumentaba la longitud pendular, con notable pérdida de sensibilidad para los temblorcillos cercanos, por no presentarse tan fácilmente el fenómeno de la resonancia, procurado adrede por carecer de amortiguamiento.

Cuando remontaron el péndulo invertido Berchmans se le cambió por otro más homogéneo el contenido del recipiente cúbico de palastro, que le sirve de masa, reemplazando el hierro de deshecho y las piedras por roblones de hierro, con lo que el peso de la masa pasó de los 3.000 a los 4.260 kgs.

El P. Sánchez-Navarro se lamenta de que la cantidad nada despreciable empleada en ambas mejoras no se hubiera gastado en adquirir en la Fabrica Nacional de Armas de Toledo unos muelles como los que tanto contribuyen a que el Wiechert de aquella ciudad sea el mejor del mundo. Dice que cuando montó el Berchmans sólo contaba con una exigua cantidad y le fue preciso utilizar trozos de hoja de sierra puestos dobles, por no ser suficientemente fuertes para soportar tanto peso, y siempre tuvo intención de cambiarlos pero siempre con la promesa que lo haría después de la construcción de otros aparatos e instrumentos para los que le prometían más dinero y nunca llegaba. También lamenta que a este sismógrafo tan potente no le hubieran colocado entonces el nuevo motor de marcha rápida que tenían en vías de adaptación, bien se lo merecería un sismógrafo como aquel para el estudio de los sismos cercanos. Algunos cambios como la innovación de aplicarle unas piezas de un Wiechert de 200 kgs. de masa, que resultaba muy inferior a los bifilares, le hacía trabajar mal durante no poco tiempo, y se necesitaba un largo y penoso arreglo para que recobrarla la sensibilidad con la que lo dejaron. Algo semejante ocurría con los otros sismógrafos de registro mecánico. Con todo aquello y la falta de amortiguamiento, extensiva a la componente vertical Belarmino, unida a un notable decrecimiento de aumento, por haber dejado demasiado espacio entre los polos conjugados de los imanes inductores, habían perdido la ocasión de registrar no pocos sismogramas y estropeado muchos más, causando una triste desilusión al examinar las bandas, en particular las más recientes. Todo aquello se podía haber evitado máxime cuando quedaron en el Observatorio la persona que cuidaba los sismógrafos y el mecánico que había construido no pocos de ellos. Ante todo dice que han debido influir bastante las anómalas circunstancias por la que atravesó la Compañía de Jesús y algunos de sus miembros, el que el personal que quedó fuera destinado a otros trabajos entre ellos la de construir piezas para montar otros sismógrafos fuera de Granada, múltiples ocupaciones y largas ausencias del Director del Observatorio el Comandante de Ingenieros e Ingeniero Geógrafo, D. Félix Gómez Guillamón, debidas a empleos de incomparable trascendencia.

Antes del 18 de Julio de 1936 habían comenzado a publicarse resúmenes sismológicos, en vez de los más completos, unas veces bajo la forma impresa y otras hectografiada, como publicaban las estaciones más acreditadas, y así lo seguía utilizando la de Toledo, a pesar de las terribles peripecias por que tuvo que pasar durante su largo y doloroso cautiverio. Por todo aquello faltaban datos, no había muchas copias de los telegramas cifrados y el último Boletín provisional solo abarca hasta el fin del año 1937. Por todo ello se ocuparía de los terremotos cuyas gráficas podían suministrar datos importantes y se dejarían para mas adelante otros.

Con todo esto el nuevo Director P. Sánchez Navarro pide a Dios que bendiga su nueva labor, que sea al menos como la antigua y sirva para el crédito científico. Entre las notas manuscritas del Director del Observatorio de La Cartuja encontramos un escrito dirigido al Excmo Sr. Ministro de Hacienda en que se dice:

"Excmo. Sr. El que suscribe, Director del Observatorio Geofísico de Cartuja (Granada), a V. E. respetuosamente expone: Que disfrutando la Estación Sismológica del mismo nombre antes de su incautación, con los demás bienes de la Compañía de Jesús el 2 de Febrero de 1932 de franquicia telegráfica para enviar telegramas cifrados a las otras estaciones sismológicas u observatorios españoles y a la oficina Central internacional de Estrasburgo, espera de V. E. el que se digne disponer le sea concedida la misma franquicia, que espera se haga extensiva a la de correos para las publicaciones científicas del dicho Observatorio, en la forma que ha venido disfrutando, cuando estaba a cargo directo del Instituto Geográfico y Catastral. Favor que suplica a V. E., cuya vida guarde Dios muchos años. Granada"¹⁰.

A estas notas manuscritas siguen otras anotaciones del P. Sánchez Navarro que dicen:

"que con fecha de la aprobación de los presupuestos por las Cortes correspondientes al año 1932 había sido concedida a la E. Si. de Cartuja (Sección Geofísica del antedicho Obs.) declarada de Utilidad Pública por R. O. de 13 de Octubre de 1920 y que forma parte del antedicho Observ., una subvención 1270 de la cual había disfrutado hasta el momento de su incautación el 2 de Febrero de 1932 y deseando conforme al decreto un año que vuelvan las cosas al estado que tenían antes de dicha incautación". En otra ficha de papel encontramos los siguientes datos muy interesantes que nos permiten saber que había nacido en 1867:

"D. Manuel M? Sánchez Navarro Neumann natural de Málaga provincia de idem de 72 años de edad estado soltero y profesión sacerdote que habita en Gran Vía num. 28 y residente en Granada. Cédula de 13? clase n. 4.605. Granada 2 de Diciembre de 1938".

El 30 de Enero de 1939 o III año triunfal el Director del Observatorio Geofísico de Cartuja Manuel M? S.-Navarro Neumann, S. J. dirige un escrito al Vicepresidente del Gobierno Español que pasamos a transcribir:

"Excmo. Sr. Vicepresidente del Gobierno Español. El que suscribe, Director del Observatorio Geofísico de Cartuja (Granada), en nombre de sus Superiores de la Compañía de Jesús a V. E. respetuosamente expone:

Que disfrutando en el momento mismo de la incautación la Estación Sismológica de Cartuja, que es hoy una de las partes integrantes del antedicho Observatorio, de una subvención anual de 7. 250 pts. en firme, sin más descuento que el 1'2% y para que las cosas vuelvan al estado que tenían antes del 2 de Febrero de 1932, conforme al Decreto del Excmo. Sr. Jefe del Estado de 19 de Mayo del presente año.

SUPLICA a V. E. se digne dar las disposiciones convenientes a fin de que le sea concedida de nuevo la referida subvención, bien que resulte insuficiente para cubrir los gastos de todo el Observatorio, y nos exija algunos sacrificios pecuniarios, a mas de la aportación de personal que prestaremos gustosos por el resurgimiento de la Nueva España. Es gracia que espera alcanzar de la rectitud de V. E. cuya vida guarde Dios muchos años".

Este día Sánchez Navarro Neumann escribe además una carta a don Fernando Martín Sánchez Julia en la que le comunica que nunca hizo mención de la fecha de la R. O. por la que se le daba la

(¹⁰) No pone fecha pero debe de corresponder a 1939.

subvención y reflexionando sobre aquello pensaba que jamás existió. Un amigo suyo le había puesto en contacto con el Ministerio y hablaron con D. César Silio que logró que entre los presupuestos del Instituto Geográfico se introdujese una partida de 10.000 pesetas con el 1'2% de descuento para la Estación Sismológica de Cartuja. El Instituto ya conocía los trabajos y publicaciones de la Estación de Cartuja entre ellos el envío de telegramas, copias de sismogramas, etc., que habían realizado con los señores Galbis, Rico, García de Lomas, Navarro, Rey Pastor y otros hasta el extremo que el Observatorio de Cartuja logró ser reconocido de Utilidad Pública por el Excmo General D. José de Elda por R.O. de 13 de octubre de 1920. Este General ya había muerto. El presupuesto del Ministerio con el del Instituto Geográfico se presentó a las Cortes y fue aprobado. Se envió una comunicación del Director General en la que le anuncia a Sánchez Navarro Neumann que tiene concedida la subvención. Al poco tiempo D. Martín Lasarte Eraso fue habilitado por el Observatorio para cobrar en Granada el 2º y 3º trimestre de la subvención del año 1922. En el primer presupuesto de la Dictadura se rebajó un 25% todos los gastos extraordinarios del Instituto Geográfico y la subvención que correspondía a la Estación de Cartuja se quedó en 7.250 pesetas en firme y repartida en cuatro trimestres.

Le comunica en esta carta que no habían podido obtener información en la Gaceta pero que le envía los certificados de la Delegación de Hacienda para que sirvan de comprobantes de haber cobrados aquellas subvenciones. También le comunica que el Observatorio había recibido distintos nombres y en aquellos momentos se le conocía como Observatorio Geofísico de Cartuja aunque por sus tres ecuatoriales y magníficos aparatos se le debería llamar también Astronómico. Además la aviación española requería la información del Servicio Meteorológico y el que hay en el Observatorio era de gran valor pues mandaban seis partes cada día a los distintos centros militares. Por todo aquello la subvención debería de ser para el Observatorio y sus distintos servicios. Le pide que si puede aumentar la subvención lo haga pues le recuerda que desde que tomó posesión quedaron libres del antiguo personal que estaba en aquellos momentos en Málaga en la Estación Sismológica y el Estado se ahorra más de 30.000 pesetas al año ya que la Compañía de Jesús suministraba todo el personal del Observatorio y los gastos de conservación y mejora del edificio y demás aparatos.

El 11 de Marzo de 1939 Antonio Due escribe a Navarro Neumann y le comunica que había consultado con el R. P. Superior la nueva redacción de la instancia y la había aprobado plenamente pero que una vez redactada la enviase para que desde allí el P. Superior la remitiera a su destino el lunes sin más tardanza. Le remite unas notas sobre la aprobación de las Cortes y la inclusión en los presupuestos de 1922 de una subvención de 7.250 pesetas con el descuento del 1'2%. Se había disfrutado de aquella hasta la incautación del 2 de Febrero de 1932 hasta el 19 de Mayo de 1938 por el decreto del Jefe del Estado donde se ordena que vuelvan las cosas al estado que estaban antes de la incautación.

El 18 de Agosto D. Félix Campos Guereta escribe al padre Due comunicándole que había recibido su carta del 12 del corriente, le agradece la disposición que tiene como director del Observatorio. Le dice que lamenta el estado de salud del padre Manuel María Sánchez Navarro y desea que se restablezca pues sus trabajos y entrega son dignos de admiración y de respeto.

El 6 de Septiembre de 1939 el Padre Ignacio Romaña, abogado, escribe al Padre Antonio Due desde Madrid, calle Génova, 21, diciéndole que le había escrito el Provincial sobre la subvención del Observatorio de Cartuja. Le informa de varios asuntos entre ellos las variadas gestiones desde que se hizo la entrega del centro a la Compañía de Jesús y poder obtener subvención bien ordinaria o bien extraordinaria. Todo ello lo había tratado con Vicepresidencia y el Sr. Serrano, con el Instituto Geográfico y con otras instituciones y le habían dicho que sí pero había problemas para aplicar la solución correcta. Algo parecido ocurrió con el Observatorio del Ebro donde estaba de Director un hermano de Ignacio Romaña. Allí en el Ebro se habían movido y algunas instituciones como las Diputaciones de

Tarragona y Barcelona habían ayudado bastante. Los del Observatorio del Ebro tenían la ventaja de que había sido asolado y devastado el local y los aparatos por lo que podían solicitar una subvención extraordinaria. Le comunica que estaba trabajando para la subvención del año próximo y para ello le dice que desde Granada escriban al Instituto Geográfico para que los apoye y les aumente la subvención pero que duda que el aumento sea posible. Otra cosa es dirigirse al Instituto de España que era el que podía dar algo pues contaba con abundante dinero, allí estaban Palacios y Sainz Rodríguez. Otro caso era dirigirse a la Dirección General de Regiones devastadas y solicitar ayuda pues él había hablado con el Director General y había sacado una buena impresión de la entrevista. Sin embargo, había un problema pues el Observatorio de Cartuja no había sufrido con la guerra ni había sido devastado que es lo necesario para lograr el dinero. Había que hacer una instancia y presentar una prueba pericial de los daños y lo que costaba poner en marcha el Observatorio afectado. Si se demuestra es fácil lograr el dinero. Le había hablado al Director y le pidió 15.000 pesetas pero había que justificarlas y contar con un informe del Instituto. Cuando había examinado todo lo antecedente se encontró con un documento en que se hacía constar que el Instituto entregaba el Observatorio de Cartuja en buen estado. Ello obligaba a pedir ayuda a los amigos y entidades más próximas tanto regionales como locales y preparar todo para los presupuestos del año siguiente. Otra cosa que se podía hacer era pedir al Instituto Geográfico una ayuda puesto que en sus presupuestos anteriores se incluía al Observatorio de Cartuja y la mayoría de los capítulos habían sido prorrogados.

El 26 de este mes vuelve a escribirle Ignacio Romaña a Antonio Due diciéndole que el tema de la subvención era difícil de obtener en aquellos momentos pero sí en los del año siguiente. Le dice que la instancia entregada en Burgos posiblemente se hubiera extraviado había que hacer otra dirigida al Ministro de Instrucción o al Subsecretario de Presidencia acompañada de cuantos documentos y pruebas pudiera conseguir. La instancia debía tener póliza de 1'50 pesetas. Debía remitir el mismo documento al Ministro y al Director del Instituto Geográfico para que apoyen la petición. Cuando esté todo acabado que le remita los documentos a su dirección para que su secretario los entregue y otra copia para el Ministro de Educación la entregaría personalmente Ignacio Romaña una vez que volviera de un viaje a Murcia, Alicante y Valencia.

Encontramos varias hojas manuscritas con apuntes sobre las labores que realiza el Observatorio para solicitar la subvención de la administración central. Las notas están redactadas por el Padre Due Rojo que desempeñaba en estos momentos el cargo de Director del Observatorio. Dice que tiene las secciones de Meteorología, Astronomía y Sismología y que desde 1902 estaba dirigido por la Compañía de Jesús. La sección de Meteorología estaba dotada de todos los aparatos requeridos para el servicio algunos de los cuales habían sido construidos y perfeccionados para sus aplicaciones científicas en los talleres del Observatorio. Se venía publicando el Boletín Mensual y se intercambiaba con los principales Observatorios del mundo. Se conservan materiales de observación de 38 años que había servido para publicar estudios y artículos diversos en revistas españolas y extranjeras. Los gráficos demostrativos se han presentado en algunas exposiciones provinciales donde se les dieron algunos premios. Las suministran a la industria, agricultura, sanidad y a los militares. Así desde 1926 se envían mensualmente al Servicio Agronómico de la Provincia, tarjetas postales con franquicia a la sección Hidrográfica del Guadalquivir y trimestralmente al Servicio Nacional de Estadística y a la Jefatura del Aire en Zaragoza. Durante los últimos tiempos de la guerra se enviaba diariamente el Boletín Meteorológico y Previsión del tiempo al Estado Mayor del Ejército del Sur. En la actualidad se transmitían partes diarios cifrados completos a las tres de la madrugada a la Jefatura del Aire en Zaragoza y se les envía un telegrama urgente. También se envían cuatro partes a las horas reglamentadas 7,30, 10,30, 13, 3 y 18 al Aeródromo de Armilla (Granada) y desde allí se retransmite a Sevilla. Además se envía diariamente a la prensa local. Todos estos servicios se vienen prestando sin recibir a cambio retribución ni subvención alguna. Solicita ayuda para material y publicaciones así como el sueldo de dos empleados y franquicia para la correspondencia oficial del Observatorio. Además muchas personas y entidades solicitan observaciones referentes a temperaturas, lluvias,

vientos, etc., necesarias para su trabajo y siempre se les ha facilitado.

En la sección astronómica describe los aparatos y dice que se han publicado trabajos excelentes sobre la actividad solar pero las estadísticas tuvieron que ser interrumpidas por falta de medios materiales.

La estación Sismológica que fue declarada de Utilidad Pública el 13 de octubre de 1920 es la que mayor actividad ha desarrollado pues se han publicado 250 trabajos y artículos de revista, han asistido a congresos internacionales y se han desarrollado trabajos científicos y numerosas conferencias. Las observaciones sísmicas y la superioridad de estas se pone de manifiesto en el boletín que se publica sin interrupción y se tiene una gran calidad en los sismógrafos ideados y construidos por el Padre Manuel M^a Sánchez Navarro que ha dirigido el centro durante más de 30 años y que ha cesado a causa de su quebrantada salud.

Desde 1906 hasta el presente con el intervalo de 1932 a 1939 se ha mantenido el servicio de registro sismológico con aparatos de construcción española que había merecido elogios en el extranjero y que habían elevado el prestigio de la Sismología española haciendo figurar a España en lugar preferente entre muchos servicios sismológicos extranjeros. Se había estudiado la sismicidad del suelo español y se construyó el sismógrafo de 3000 Kgs de modelo Wiechert modificado con el que se obtuvieron gráficos notables de terremotos españoles. No tiene subvención y además se interrumpe el trabajo al no poder tener material magneto-fotográfico al no obtener licencia de importación. El gasto calculado de la estación Sismológica es de 8.000 pts calculados sobre el año 1931 y prescindiendo de los gastos de correo. Teniendo en cuenta todos estos trabajos y servicios se concedió por el Estado al Observatorio para el año 1922 una subvención de 10.000 pts que quedaron reducidas a 7.250 pts en firme y se les suprimió del todo en 1931 por la República. Ahora se hacen todos los servicios sin recibir ayuda ni retribución por lo que se habían suprimido o restringido muchos de ellos. Juzgando que todos los servicios y gastos ascenderán anualmente a 25.000 pts suplica al Director General del Instituto Geográfico que le conceda la cantidad solicitada y se especifique esta con destino al Observatorio de Cartuja.

El 11 de Octubre de 1939 el jesuita Ignacio Romaña escribe al Padre Due Rojo y le comunica que este día había presentado la instancia para que se incluya la subvención en el año próximo aunque le dice que no sabe si le concederán el aumento pedido aunque cuentan con el apoyo del Instituto Geográfico.

El 6 de Noviembre el Ingeniero Jefe de la Sección I del Instituto Geográfico y Catastral de Madrid de la Presidencia del Gobierno escribe a la estación sismológica y climatológica de Malaga contestando un escrito que estaba asentado con el núm. 65 de fecha de 27 de Octubre respecto a la subvención del Observatorio de Cartuja de Granada. Le dice que todas las afirmaciones de la instancia responden a la realidad y son dignas de tener en cuenta. La Estación Sismológica es lástima que se encuentre como dice el solicitante sin funcionar apenas a pesar de los excelentes aparatos que tiene. La sección de Meteorología es de un gran valor por el instrumental como por los datos y archivo de 38 años, datos que el Ingeniero Jefe conoce perfectamente porque le valieron para escribir un libro sobre la climatología de Granada que se publicó en 1933. La cooperación a la protección de vuelos de Aviación debe ser tenida en cuenta por el Ministerio del Aire del cual depende el Servicio Meteorológico. La estación de Cartuja se considera como Sismológica y Climatológica igual que las otras del Instituto. En cuanto a la sección Astronómica es la que menos importancia tiene y por tanto corresponde informar sobre ella al Jefe del Observatorio Astronómico de Madrid.

La sigue diciendo que desde Febrero de 1932 a Agosto de 1938 se hizo cargo del Observatorio de la Cartuja el Instituto Geográfico y no dejaron de funcionar ninguna de sus estaciones y los gastos

ocasionados durante este período estaban en el Instituto como los haberes de personal y muchos funcionarios fueron trasladados desde la Estación Sismológica de Almería y en aquellos momentos estaban en Málaga. Todo ello puede servir para ver los gastos de una estación con sismógrafos de registro fotográfico y así lo remití con el presupuesto el 30 de septiembre pues el aparato Victoria estaba en Málaga y es el único funcionando en su clase en España.

En resumen le comunica que se debe de acceder a lo solicitado, de acuerdo a la cuantía que determine el Director General, y lo que permitan las disponibilidades económicas del presupuesto del Instituto Geográfico, quedando el Observatorio de Cartuja sometido a la natural inspección y publicación de sus boletines dentro de las normas establecidas por el Instituto, fijando las zonas macrosísmicas y concediendo franquicia telegráfica como tienen las demás estaciones.

El 19 de Noviembre de 1939 escribe el padre Romaña a Due comunicándole que recibió su carta de 15 del corriente y le agradece el envío del informe presentado a la Dirección General, además le dice que estuvo con el Director del Instituto y apoyaba las subvenciones pedidas.

El 4 de Diciembre el Director General, D. Félix Campos Guereta Martínez, escribe al padre Antonio Due comunicándole que el Subsecretario de la Presidencia le remitió la instancia solicitando una subvención de 25.000 pts para el Observatorio. Se le destinan según la Dirección General la cantidad de 20.000 pts. si las condiciones económicas lo permiten. Antes de todo ello en el anteproyecto de presupuestos de 1940 se incluyeron 10.000 pts y así fue comunicado a Hacienda.

El 14 de Febrero de 1940 el padre Ignacio Romaña escribe a Due diciéndolo que no le contestó su carta de 2 de Enero por los viajes realizados pero que le comunica que la subvención no se ha aumentado sino que se mantiene la de 7250 pts del Instituto Geográfico. Le dice que el Instituto propuso subvención mayor para la Cartuja y el Ebro "*pero el Ministerio de Hacienda que ha resultado un podador inigualable, ha dejado a La Cartuja con la anterior consignación y ha suprimido totalmente la del Ebro, habiendo oído que se le iba a dar algo por regiones devastadas*". El 20 de febrero escribe otra el padre Romaña donde le comunica que contesta una de 17 del corriente y le dice que el Director del Instituto había escrito a Due Rojo y estaba muy interesado por el Observatorio de Granada. La señala el nombre, D. Fernando Martín Sánchez, y la dirección para que le escriba. Le explica que le parecen bien las gestiones que piensa hacer y lo que había hablado con su hermano. Respecto al cobro de la subvención se realizaría en Hacienda. En cuanto a lo que le pregunta que se informará y le dirá todo respecto a si se paga por trimestres vencidos o adelantados, concesión en firme o a justificar, etc. El 20 de marzo otra carta del padre Romaña en la que le informa de como van las gestiones y la adquisición del papel fotográfico que le interesaba pues pensaba tramitar este papel por medio del Sr. Martín Sánchez.

En unas notas manuscritas encontramos los trabajos del Observatorio de Cartuja. En la sección meteorológica las observaciones y registros diarios, publicación de boletines mensuales y publicaciones eventuales de artículos en el boletín y en revistas científicas. Servicio de información diaria a la prensa y Radio Granada, parte dos veces al día al Aeródromo de Armilla (sección Militar) y a la Jefatura del Aire por conferencia telegráfica a las 3 de la madrugada, nota mensual a la prensa y radio sobre los acontecimientos meteorológicos más importantes del mes y un resumen mensual. En la sección astronómica observaciones eventuales de actividad solar y astrofísica mas nota mensual a la prensa y radio.

Se realizan en las distintas secciones una cooperación con el Instituto Geográfico de acuerdo al plan establecido. Con todo ello pide la subvención. Se dice que la subvención es en firme y se acompañará a la solicitud el plan de trabajo a desarrollar sin acompañar ninguna justificación.

El 25 de Marzo de 1940 se redacta una instancia del padre Due al Director General del Instituto Geográfico, Estadístico y Catastral de Madrid en la que se dice que Due Rojo es miembro de la Compañía de Jesús, natural de Málaga, de 42 años de edad, estado soltero y profesión religioso, cédula personal de 6ª clase, núm. 66.905, expedida en Granada el 3 de noviembre de 1939. Expone que desempeña el cargo de Director del Observatorio de Cartuja en sus tres secciones de Meteorología, Astronomía y Sismología y que trabaja en colaboración con el Instituto Geográfico por lo que le suplica le sea concedida la subvención de 7.250 pts para atender los gastos de material y personal subalterno del Observatorio.

El 13 de Abril de 1940 D. Fernando Martín-Sánchez Juliá escribe al padre Due diciéndole que el padre Romaña la paso la instancia de la subvención concedida y que había realizado los trámites para que se pagara. Le dice que había tachado la palabra concedida y puso librada pues en efecto estaba concedida y así figuraba en el Capítulo III, artículo 4º, grupo único, concepto III del presupuesto del Instituto Geográfico. Las nuevas instancias deben de contener estos datos.

El 23 de Abril de 1940 se le manda por parte del Director General D. Félix Campos Guereta una carta en la que le comunica que ha ordenado que la subvención sea tramitada en la Sección de Contabilidad y se ordene que la delegación de Hacienda de Granada libre trimestralmente la cantidad correspondiente.

El P. Sánchez-Navarro Neumann dejó una gran impronta en el mundo de la Sismología. El P. Due recordando su figura dice que *"en frase de un ilustre profesor, siempre aportaba algo nuevo y útil, alguna orientación provechosa para el trabajo de los especialistas, fruto de un estudio constante unido a una larga experiencia"*.

En 1940, un año antes de la muerte del P. Sánchez-Navarro, ocupó el puesto de Director, por larga enfermedad, el P. Antonio Due Rojo. Poco después el Observatorio fue incorporado al Consejo Superior de Investigaciones Científicas con lo que inicia una nueva etapa que daría esplendor a la ciencia sismológica y sobre todo a este centro granadino.

El 13 de Enero de 1941 D. Félix Campos-Guereta Martínez envía al padre Due un ejemplar del Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid.

En una nota manuscrita el padre Due recoge unos apuntes para elevarlos a Madrid, nos dice que es natural de Málaga y tiene 43 años, licenciado en Ciencias Físicas, cédula personal 64.391, clase 13ª, expedida en Granada el 26 de septiembre de 1940, le adjunta el plan de trabajos científicos del Observatorio de Cartuja. En Meteorología las observaciones diarias, partes como ha señalado antes, información de prensa y radio, respuestas a consultas meteorológicas del Ayuntamiento de Granada, delegación de regiones devastadas y otras entidades privadas, conferencias de Meteorología a los guías de montaña, datos al Servicio Meteorológico Nacional, etc. Se detallan los trabajos de las otras secciones pero no aporta cosas nuevas del plan de trabajo que ya expuso en otras ocasiones. Todos estos datos quedaron recogidos en la instancia que se elevó el 23 de Junio de 1941.

A partir de 1940 cambia el organigrama del Observatorio pues encontramos un Director y dos ayudantes en Meteorología y Sismología. Así en 1940 de Director está el P. Due Rojo que ostenta el cargo hasta 1965 que aparece el P. Teodoro Vives Soteras, en 1969 el P. Matías García Gómez. Los ayudantes en Meteorología son en 1940 el H. Luis Hurtado, en 1948 el H. Bonifacio Torralbo, en 1951 el H. Gabriel Serrano, en 1957 el H. Pedro Martínez Martos, en 1965 el H. Antonio Castillo Fernández y en 1969 el H. Manuel Merlo Vallejo. En la sección de Sismología encontramos en 1940 al H. Juan F. Martínez Dornacu, en 1950 al H. Carlos Fernández Dorador, en 1951 D. José Burgos, en

1966 al H. Manuel Merlo Vallejo y en 1969 D. Gregorio Cruz Hernández¹¹.

En la etapa de la Universidad desde 1971 encontramos como Directores desde 1971 a 1973 a D. Fidel J. López Aparicio, en 1973 a D. Rafael Infante Macías, 1974 a D. Juan A. Vera Torres, 1978 a D. Manuel Rodríguez Gallego y 1979 a D. Bernardo García Olmedo. Como Secretario General desde 1971 a 1974 encontramos a D. José María Quintana González. Jefe de Astronomía desde 1971 a 1979 esta D. Gerardo Pardo Sánchez. En Meteorología desde 1971 a 1973 encontramos a D. Rafael Infante Macías, desde 1974 a 1979 a D. Rafael Fernández Rubio y ayudantes D. Manuel Merlo Vallejo desde 1973 a 1979 y D. Leonardo Navarro Alonso desde 1973 a 1977. En Sismología desde 1971 a 1979 está D. Luis Esteban Carrasco y de ayudantes a D. Carlos López Casado desde 1971 a 1978, desde 1978 y 1979 encontramos a D. Fernando de Miguel Martínez y a D. Francisco Vidal Sánchez.

(¹¹) El personal de Astronomía desde 1971 a 1975 era: D. José M? Quintana González, D. Angel Rolland Quintanilla, D? Pilar López de Coca Castañer, D? Mercedes Prieto Muñoz, D. Miguel Giménez Yanguas, D. Antonio Megías López, D. Eduardo Caballero Alcáraz, D. Eduardo Battaner López, D. Rafael Garrido Haba, D. Eduardo Pérez Rodríguez, D, Nicolás Pérez de la Blanca Capilla y D. Juan M. Hernández Alvarez de Cienfuegos. El personal dedicado a Meteorología en Sierra Nevada era: D. Antonio de Zayas y Fernández de Córdoba, D. José Luis López y D? Dolores Fiñaga Blanco.

Notas sobre la vida y obras del R. P. Manuel M^o Sánchez-Navarro Neumann, S. J. (1867-1941).

Manuel Espinar Moreno.
I.A.G.P.D.S. Universidad de Granada.

Introducción.

El 23 de Enero¹ de 1867 nace en la ciudad de Málaga una de las figuras más prestigiosas de la Sismología española y mundial, más tarde conocido como el R. P. Manuel María Sánchez-Navarro Neumann, S. J. Tras sus años de infancia completó sus estudios de Bachillerato y se decidió por la Medicina. Para ello se matriculó en la Facultad de Medicina de Cádiz donde curso las respectivas materias de esta carrera con gran brillantez para ejercer como médico. Pronto decidió doctorarse en Medicina y comenzó sus trabajos y estudios que compatibiliza con otras tareas que le aportaron un gran éxito en su profesión. Su Tesis se publicó pronto en Madrid cuando contaba 26 años.

Nos dice el P. Due que desde joven se aficionó al estudios de las Ciencias Naturales y a los de Historia. Sus trabajos de investigación le proporcionaron grandes satisfacciones y pronto publicó dos obras muy interesantes en 1889 y 1893. La primera de ellas se titula *Apuntes sobre el origen y antigüedad del hombre*, que elaboró y dio a la imprenta en Cádiz, y la segunda, *Estudio sobre las secreciones esquizofíticas*, que fue presentada como Tesis o Memoria de Doctorado en Medicina y Cirugía en la Facultad de Medicina de Madrid y pronto fue editada. Este bagaje cultural le acompañó durante toda su vida pues además de las Ciencias Naturales y la Historia pronto sus inquietudes personales y científicas le llevan al mundo de la Geofísica y de la Meteorología. En estas últimas comienza a destacar muy pronto y le aportaron un gran prestigio en el mundo de la ciencia.

Ingreso en la Compañía de Jesús y labor como sismólogo en el Observatorio de Cartuja.

Sin embargo, cuando todo un mundo se abría a este médico investigador los designios divinos le hicieron cambiar su trayectoria humana, la llamada divina le llevan a tomar la decisión de hacerse sacerdote. Uno de sus principales colaboradores y biógrafo, Antonio Due, nos cuenta como ingresó en la Compañía de Jesús en 1900 y transcurridos varios años fue ordenado sacerdote². Tras su ordenación sus superiores lo envían a Granada para que se dedicara a los estudios de Sismología en el recién creado Observatorio de Cartuja, dependiente del Colegio Noviciado de los jesuitas de Granada. El mismo nos refiere años más tarde como por obediencia se dedicó a esta nueva materia desde mediados de 1905. Los últimos votos los realizó el 15 de Agosto de 1910. Desde 1900 a 1901 reside en Granada en el Colegio Noviciado, en 1902-1903 se traslada al Colegio de Madrid, en 1903-1905 lo encontramos en Murcia en el Colegio de San Jerónimo y desde 1905 vuelve a Granada, se ordena y es destinado al Observatorio de Cartuja.

A partir de ese momento comienza con gran ardor y entusiasmo una labor que perdura durante toda su existencia. Al recibir el encargo de sus superiores empezó a relacionarse con otros estudiosos del extranjero y de otros observatorios españoles. El trabajo constante, su amor al estudio y su clara intuición en todo lo que hacía le llevaron a conseguir una sólida formación en el mundo de la Sismología. Desde muy pronto se inmiscuye en los problemas de esta ciencia y buscó siempre planteamientos teóricos y soluciones prácticas que hicieran posible una aplicación real de esta en la

(¹) En otros documentos dice que Junio.

(²) En el Expediente del P. Sánchez Navarro no dice que ingresó en la Compañía de Jesús el 8 de Febrero de 1900 en la Provincia de Toledo-Andalucía.

sociedad. Esta iniciativa y su larga trayectoria investigadora hizo que pronto comenzara a dar sus frutos. Su inventiva y esfuerzo le hicieron superar innumerables problemas de índole científica y sobre todo económicos, casi siempre salió airoso de aquellos trances gracias a su constancia, esfuerzo y tesón, fue superando poco a poco aquellos obstáculos en especial el de la escasez de medios materiales con el que se encontraba en el Observatorio cada día. La puesta al día de los aparatos dedicados a la Sismología y la construcción de otros nuevos lo consiguió gracias a su tarea diaria y a la ayuda de sus ayudantes mecánicos que le seguían en todas las iniciativas que se le ocurrían.

Desde 1905 a 1908 vive una etapa difícil pues además de la penuria de instrumentos sismológicos tiene que dedicarse a una larga tarea de estudio para conseguir una adecuada preparación. El resultado de este enorme esfuerzo fue la reorganización de la Estación Sismológica y la publicación de varios trabajos en revistas nacionales y extranjeras que hicieron que su nombre y el del Observatorio fueran conocidos en el mundo de la Sismología. Desde 1902 publicaba en *Razón y Fe*, el *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, la *Revista de la Real Sociedad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, el *Boletín del Observatorio de Cartuja*, en la *Revista Broteria*, en *Ciel et Terre*, *Cosmos*, *Bolletino della Societá Sismologica Italiana* y en la *Union Géodésique et Géophysique International* entre otras.

Sus constantes estudios sobre los instrumentos que iba conociendo a través de las publicaciones y viajes le llevaron a desarrollar una adecuación de los sismógrafos de Cartuja. Sin embargo, pronto se dio cuenta que había que dotar a esta estación de nuevos materiales por lo que a partir de 1908 comienza su ingente labor de diseño, montaje, estudio y comprobación de los nuevos sismógrafos. En todo momento fue ayudado y secundado por los HH. Coadjutores que le siguen con laboriosidad y dócil obediencia. Sus indicaciones eran órdenes y gracias a ello el Observatorio de Cartuja se fue dotando de sismógrafos sensibles y potentes que llevaron a Cartuja en un breve tiempo a obtener registros de un gran número de terremotos con lo que se superó a otras estaciones europeas y españolas mejor dotadas en instrumental, personal y en dinero.

A partir de 1907 lo encontramos como Director del Observatorio de Cartuja. El Jefe de Astronomía es el P. Mier y Terán, su ayudante el H. Luis López, Jefe de Meteorología el P. Ramón Martínez y su ayudante el H. Luis Hurtado y Jefe de Sismología el P. Manuel M^o Sánchez Navarro Neumann y su ayudante P. Emilio Ortega. Continúa de Director hasta 1920 y sus ayudantes fueron en Sismología el P. Emilio Ortega hasta 1911, desde 1912 a 1921 el H. Antonio Sola. En 1921 aparece como Director del Observatorio el P. Manuel Grund, como Jefe de Sismología encontramos desde 1921 a 1931 al P. Sánchez Navarro y en 1928 como ayudante al H. Juan Francisco Martínez Dornacu.

Como decía el propio Sánchez-Navarro su mayor satisfacción fue ver como el *Boletín del Observatorio de Cartuja* era citado y consultado por multitud de estudiosos y que sus instrumentos permitían obtener material suficiente y exacto. Su espíritu español le llevaba a exponer como sus instrumentos se podían llamar españoles puesto que habían sido construidos aquí y presentaban en ocasiones más ventajas que los modelos extranjeros aunque a veces servían de punto de partida a los que adaptaba o inventaba, casi todos ellos se convertían en modelos originales.

En la etapa de 1910 a 1916 se intercambian las publicaciones de Cartuja con las de otros observatorios e instituciones de Alemania, Austria, China, Estados Unidos, Filipinas, Italia, España, Canadá, Hungría, Inglaterra, Japón, Malta, Perú, Portugal, Rusia, Egipto, Francia, Haití, Rumania, Hawai, Chile, Méjico, Serbia, Uruguay, Siria, San Salvador, Noruega, Costa Rica, Dinamarca, Turquía Asiática, Grecia, Bolivia, Brasil, Bélgica, Australia, etc.

Sabemos por sus propios escritos que contaba con un gran número de informadores y favorecedores que le enviaban datos a Cartuja, entre ellos cita muy a menudo al H. Esteban Tortosa de

Málaga, antiguo ayudante del P. Sánchez- Navarro. Cuando ocurrió el terremoto de 16 de Junio de 1910 se produjeron averías en los sismógrafos que fueron reparadas por el H. Luis López, S. J., arregló los bifilares Cartuja pero no el Wiechert. Otro de sus colaboradores, el H. Alfonso Pérez, construyó un sismógrafo pequeño. Se lamenta el P. Sánchez-Navarro de no poder dedicar todo su tiempo al estudio de los terremotos pues se lo requirieron "*los deberes de la enseñanza y otras múltiples e ineludibles ocupaciones*".

Con sus nuevos sismógrafos logró aumentar el número de terremotos recogidos en las bandas, así contabiliza 177 en 1908, 159 en 1909 y 285 en 1910, nos dice que parecía cierta la existencia de un aumento real atribuible al más esmerado cuidado de los sismógrafos y a los buenos servicios del personal. Hace especial énfasis en la necesidad de recoger y estudiar estos fenómenos de la Naturaleza, nos dice: "*De desear sería que la prensa seria tomase con empeño y encargase a todos sus corresponsales como preferentes todos los datos que se refieran a terremotos, sobre todo españoles, con los que realizarían una labor verdaderamente científica y que había de redundar en honor de la patria*". Continuamente solicita intercambio de publicaciones y añade que este debe de hacerse con el de otras ciencias como las Matemáticas, Física, Química, Geología, Geografía, Historia, Arte de Construir, etc., por la gran relación que tienen en este campo con la Sismología.

Una cuestión que le preocupó siempre fue el de saber la hora exacta en que ocurría el terremoto. Por estos años trabajó con el P. Ricardo Garrido y su ayudante Salvador Parra, que le proporcionan la hora exacta por teléfono. En Cartuja se estaban construyendo una serie de piezas muy delicadas para un péndulo tipo Cartuja con destino al colegio de los jesuitas de Cienfuegos y se enviaron copias y fotografías para el del Colegio de Campolide en Lisboa según las anotaciones del propio Navarro Neumann. Las noticias que siguen están sacadas de sus publicaciones.

En 1910 participó en la Exposición Universal de Bruselas enviando 6 fotografías y recibió un Diploma de Honor por esta colaboración. La fama del Observatorio se iba ampliando y fue visitado por los alumnos de la Escuela Superior de Guerra y por los de la Artillería de Marina, que vinieron acompañados de su Coronel, Director y profesorado. El subdirector del Observatorio de Marina de San Fernando hizo en 1910 tres visitas para ver el funcionamiento de los sismógrafos y también estuvo en Cartuja el P. B. Berloty, S. J., Director del Observatorio de Ksara (Siria)³.

En 1911 se hicieron algunas mejoras y entre ellas se colocó un hilo entre el Observatorio de Cartuja y la Estación Sísmica, que estaba situada a unos 420 metros en uno de los patios del Colegio Noviciado, se grababan en las bandas las señales horarias y se evitaba tener que llamar constantemente por teléfono. Se arreglo un cronógrafo por parte del H. Luis Hurtado, se donaron al Observatorio varios albunes y 100 pesetas para iniciar un nuevo sismógrafo de 1000 kilogramos. Uno de sus colaboradores, el H. Antonio Sola, construyó un mecanismo multiplicador destinado a completar el Cartuja vertical. En 1911 se registraron un total de 257 terremotos. Las visitas fueron muy numerosas. El P. Juan Murillo, S. J., profesor de Física fue nombrado Director del Observatorio Meteorológico de Cartuja. Los modelos de sismógrafos Cartuja siguen siendo imitados y copiados en América, así conocemos uno en Puerto Príncipe (Haití) y el de La Paz en Bolivia.

En 1912 estaba todavía roto el Wiechert de 200 kilogramos. Fue trasladado el H. Luis López a Madrid por motivos de salud y se repartieron sus cargos y trabajos los HH. Salvador Parra y Antonio Sola. Desde Estrasburgo se pide que se cambie el modelo de Boletín de la estación granadina pero las dificultades económicas lo impiden por el momento. Se registraron 152 terremotos en 1912. Los problemas de espacio llevaron a trasladar algunos sismógrafos a las dependencias del Colegio Noviciado. El P. Sánchez trataba de formar algunos discípulos en Sismología y así nos cuenta:

⁽³⁾ Debe de haberse equivocado pues Ksara está en Libia.

".. la Estación Sismológica de Cartuja (Granada) dentro de lo limitadísimo de su esfera, ha tratado también de difundir la Ciencia, por otros medios además de los referidos, ya por medio de Conferencias públicas, dadas por el entonces discípulo nuestro en Geología P. Juan Murillo, S. J., en 1909 y 1911, ya también proporcionando datos para la construcción de instrumentos e instrucciones para la interpretación de sismogramas, como hicimos en 1910 durante varios días con el P. B. Berloty, S. J., Director del Observatorio de Ksara (Siria) y en 1911 con el P. Ricardo Cirera, S. J., y el H. Hornos, Director y Mecánico respectivamente del Observatorio del Ebro (Tortosa) y con el Subdirector del Observatorio de Marina de San Fernando Sr. Francisco Graiño y hemos practicado también en 1914".

En aquellos momentos difíciles de 1914 recuerda a sus antiguos colaboradores, ya fallecidos algunos de ellos, así en sus escritos dedica un recuerdo a los días en que trabajaron junto en Granada, entre ellos destaca a algunos de sus predecesores como fue el P. Ramón Martínez (1903-1906), los antiguos ayudantes HH. Esteban Tortosa (1906-1908), Miguel Jiménez (1908), Luis López (1908-1912) y Antonio Sola (1912-1913), además de sus colaboradores actuales el H. Salvador Parra y al antiguo mecánico del Colegio H. Alfonso Pérez y al P. Descotes.

La desastrosa guerra tiene consecuencias más o menos remotas pues no llegaban publicaciones a Granada desde Bruselas, París, China, Apia, Austria, Rusia, etc., y no se podía publicar en las revistas internacionales. La estación se encuentra en un local de difícil acceso y no pueden entrar al recinto nada más que muy pocas personas, por ello se han llevado al Observatorio dos modelos de demostración, albunes con copias de sismogramas y las publicaciones. Nos dice que durante 1914 visitaron la estación 1803 personas además de los padres jesuitas y a todos los había atendido personalmente. Entre ellos estuvieron los alumnos de la Escuela Superior de Guerra, Profesores y alumnos de la Escuela Normal y de las Escuelas del Ave María, la Visitación, Dominicas, etc. Entre las personalidades estuvo el arzobispo, el obispo de Guadix, varios astrónomos entre ellos D. José Galbis, Jefe del Servicio Meteorológico Español y del Observatorio Central de Madrid "*venido especialmente para conferenciar con nosotros sobre la instalación que proyecta de unos sismógrafos en el importante Centro a su cargo*". Otros sismólogos de la Compañía de Jesús estuvieron en Granada y otros pedían se les enviaran diapositivas de los instrumentos para conferencias.

Su tiempo lo pasa dedicado a las observaciones sismológicas, a sus tareas en el confesionario y en los trabajos de la residencia, por ello no podía estar dedicado por entero a la Sismología, este hecho lo lamenta y nos transmite sus pensamientos y explicaciones sobre sus tareas de esta forma:

"reduciéndola al tercio o quizás menos de lo que debiera haber sido, fue el mal estado de nuestra salud, siempre enfermiza y que nos impide desarrollar iniciativas y trabajar con la continuidad y tesón que tanto edifica en nuestro Ayudante y que constituye una de las características que deben adornar a un buen religioso de la Compañía de Jesús".

En varios de sus trabajos nos expone lo que pensaba sobre el quehacer científico y en especial sobre los que tienen la Ciencia como *modus vivendi*. Anima a todos los que tengan ganas de trabajar sin trabas ni complejos pues la laboriosidad diaria suple en ocasiones a lo realizado por los superdotados. En el siguiente párrafo tenemos un resumen de lo que defendía en estos casos:

".. el investigar y el tantear tan poco está vedado a las medianías de buena voluntad amantes del trabajo que en casi todos los países resulta condición sine qua non para obtener el título de doctor. Abundando en estas ideas y con tanta mayor razón cuanto que si nos dedicamos a estos estudios es por disposición de nuestros Superiores, lo que nos asegura, en medio de nuestros achaques y deficiencias, hemos emprendido algunas investigaciones parte publicadas o en prensa y parte

inéditas y aun apenas esbozadas".

Su salud delicada, los muchos trabajos al margen del Observatorio y, sobre todo, la falta de sismólogos le llevaron a organizar unos cursos de Sismología en 1914, así nos cuenta: "*Este año hemos comenzado a dar una clase dos veces por semana a tres de nuestros HH. estudiantes, con carácter principalmente, práctico y más especialmente dirigido para ponerlos rápidamente en estado de hacerse cargo de una Estación Sismológica y aun añadir a la marcha rutinaria alguna investigación personal, sirviéndoles de texto nuestra obra inédita de Sismología práctica*". Estos estudiantes el 18 de diciembre ante el Provincial y la comunidad jesuita dieron estos HH. una conferencia. A pesar de todo aquel esfuerzo en 1915 estaba prácticamente solo como personal científico en el Observatorio.

El 13 de Mayo de 1915 escribe a D. Salvador Raurich comentándole que había recibido de sus superiores autorización para poder formar parte de la Sociedad Astronómica de Barcelona y le pide que presente la candidatura de la Estación Sismológica de Cartuja como socio protector. El 21 de Mayo le vuelve a escribir para que en su nombre de las gracias al Presidente Torné y Fontseré por haber apadrinado la solicitud de la Estación Sismológica de Cartuja.

Constantemente nos recuerda que el valor práctico de los instrumentos radica en que estén bien contruidos y que por lo menos lo hayan sido por sus inventores y añade que se les cuide bien.

En noviembre de 1919 asistió al Congreso Nacional de Ingeniería de Madrid, allí se expusieron algunos instrumentos del Observatorio de Cartuja y resultados de las investigaciones desarrolladas en los años de funcionamiento. Este hecho hizo que el rey conociera de primera manos el trabajo. El P. Sánchez-Navarro nos relata:

"Tampoco podemos olvidar las halagüeñas frases que S. M., a quien nos acababa de presentar el eximio inventor y buen amigo Excmo. Sr. D. Leonardo Torres Quevedo, se dignó pronunciar en la Exposición celebrada durante el Congreso Nacional de Ingeniería (Noviembre 1919), al mostrarle el álbum de sismogramas obtenidos con nuestros péndulos españoles, y el macrotremómetro "P. J. Granero, S. J.", que también expusimos".

Hacia poco que había vuelto al Observatorio el P. Ricardo Garrido, tras un intervalo de Septiembre de 1912 a Agosto de 1919, y hacerse cargo de la Dirección del Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja además de sus clases de Física, Química y Astronomía.

Toda aquella labor comienza a ser reconocida pues el 13 de Octubre de 1920 fue declarada de Utilidad Pública la Estación Sismológica de Cartuja (Granada) por R. O. publicada en la Gaceta de Madrid del 16. El rey Alfonso XIII y el Gobierno daban este importante espaldarazo a la Estación Sismológica y su Director era nombrado poco después Vocal de la Comisión Nacional de Geodesia y Geofísica. Muchas asociaciones científicas lo incluyeron entre sus miembros y con el paso del tiempo le honraron con distinciones, nombramientos y premios.

Esta etapa fue calificada por Sánchez Navarro Neumann como de expansión científica española, nos expone como la ciencia de nuestro país era imitada en el exterior sobre todo en Sismología. Cuando asistió a la Segunda Asamblea General de la Asociación Internacional de Sismología en Manchester visitó Londres y París donde estuvo en los Museos de Historia Natural y tomó apuntes sobre todo de la sección de Paleontología. En muchos de los congresos defendió que aparecieran las fallas reflejadas en los mapas geológicos por la importancia que tenían en los sismos.

Sobre las líneas de investigación de la moderna Sismología debían de trazarse tratando de sacar

unas enseñanzas prácticas de esta ciencia. En uno de sus párrafos encontramos las principales ideas sobre todo esto, nos lo expone así:

"Sacar fruto práctico de los conocimientos anteriores que sean susceptibles de ello, de las más horrendas catástrofes, para evitar que se repitan, construyendo edificios capaces de resistir la acción destructora de los más violentos sismos, aprovechando datos recogidos, digámoslo así, entre escombros y ruinas, tal vez tumbas prematuras que nos muestran lo que debemos evitar, o de las construcciones que se conservan incólumes, o con averías menos importantes y que nos sirven de modelos dignos de imitación; utilizar el sismógrafo y sus derivados para estudiar la resistencia a los estremecimientos de los materiales de construcción, el estado de las vías de comunicación y del material móvil afecto a las mismas, y aun de las naves que surcan el proceloso piélago, a veces menos agitado que la tierra, llamada firme, he aquí las principales aplicaciones de la Sismología, o sea el fin de la Sismología aplicada".

" Y cuanto no queda por hacer con respecto a los pasados! Revisar archivos parroquiales, municipales, provinciales, bibliotecas, etc., etcétera; estudiar en los monumentos y aun edificios particulares, y más en el mismo suelo, los efectos de sismos antiguos es labor que está por comenzar, o poco menos".

Por estos años se lamenta de falta de espacio y de problemas con los sismógrafos pues los nuevos construidos a partir de 1907-1908 tuvieron que llevarse a un local más apropiado, construido exprofeso en uno de los patios interiores del Colegio Noviciado del Sagrado Corazón, situado a unos centenares de metros del Observatorio Astronómico donde habían estado desde 1902.

Tomó parte activa en numerosos Congresos nacionales e internacionales entre los que destacan el de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional de la Haya (1907), Manchester (1911) y Madrid (1924), el de Geología de Madrid (1926), los de la Asociación para el Progreso de las Ciencias en diversas ciudades españolas y portuguesas desde 1911 a 1927, Primer Congreso de Ingeniería de Madrid (1919) y otros. Además de sus ponencias y comunicaciones presentó trabajos, gráficas e instrumentos en las respectivas exposiciones de los congresos, entre ellos destaca el organizado por la Sociedad Astronómica de España y América que se celebró en Barcelona en 1921 y el de la Exposición Iberoamericana de Sevilla de 1929-1930 donde obtuvo el Gran Premio para el Observatorio de Cartuja y en varios instrumentos de su Estación Sismológica. Estos aparatos fueron muy celebrados por muchas personalidades de la vida científica y política de aquellos momentos pero en especial por el rey de España Alfonso XIII. Su prestigio era tal que era continuamente invitado por diferentes entidades docentes y culturales que aprovechaban su asistencia a congresos para organizar actividades especiales, así sus conferencias son muy numerosas, las acompañaba de proyecciones y materiales gráficos para hacer llegar la ciencia al pueblo. Entre ellas destacan las dictadas en Madrid, Barcelona, Cádiz, Granada, Sevilla, Valencia y otras ciudades y pueblos. En su destierro dictó conferencias en Nápoles y en Roma sobre todo en la Universidad Gregoriana.

A pesar de todo ello siempre que podía ocultaba su nombre en el anonimato pues no se dedicó ninguno de sus aparatos sino que los denominó con el nombre de otros padres de la Compañía de Jesús canonizados o no: Berchmans, Belarmino, Canisio, Granero, etc. Su modestia era tan grande que cuando nos habla de las estaciones sismológicas elogia siempre a sus directores y al llegar al de Cartuja dice *"restando esta de Cartuja (Granada), por cierto no tan afortunada en su dirección"*.

Su incesante labor y sabios consejos se ponen de manifiesto por muchos de sus colegas, así el Comandante del Estado Mayor y Jefe de la Estación Sismológica de Toledo, D. Vicente Inglada y Ors, escribió una obra interesante en 1919, lo cita en varias ocasiones entre los impulsores de la moderna Sismología, entre otras personalidades nos habla de aquel impulso de la nueva ciencia

gracias a los trabajos del P. Sánchez-Navarro Neumann, el Prof. Gerland, Tomás de Azcarate, el P. Cirera, José Comás Sola y Eduardo Fontseré entre otros⁴. En una reseña sobre algunos de sus trabajos publicada en la prestigiosa revista belga *Ciel et Terre* de 1920 se dice de él que es "*un espíritu bastante ingenioso y trabajador infatigable, es el principal creador en España de la Ciencia Sismológica, que brilla hoy gracias a su esfuerzo y tesón*".

Sabemos que tuvo un papel destacado en la refundación de la Asociación Sismológica Jesuita de América. Esta asociación contaba con un Boletín que era considerado como una de las mejores publicaciones mundiales en Sismología. La Asociación se trató de formar en 1909 por el P. Odenbach que contaba con algunos aparatos sismológicos desde 1900 pues lograron poner el primer sismógrafo gracias al H. Rueppel en el colegio de San Ignacio, más tarde Universidad John Carrol de Cleveland (Ohio). Como muchos colegios de jesuitas y Universidades se iban dotando de sismógrafos el P. Odenbach pensó en crear una red sismológica basada en los centros de enseñanza de los jesuitas y escribió a los directores de colegios con la idea de reunirse el 2 de febrero de 1909 para hacerla realidad. Con todo ello se creó el llamado Jesuit Seismological Service que funcionó durante un corto período de tiempo hasta que desapareció por discrepancias y falta de medios económicos.

La idea de reflotar o rehacer la Asociación surge de nuevo tras la Primera Guerra Mundial, así a partir de 1921 se comienza a gestar una nueva cooperación en el campo científico. En 1925 el P. Macelwane propuso a los Superiores de la Compañía de Jesús en Estados Unidos un plan de reorganización y funcionamiento del Servicio Sismológico.

En aquellos momentos sabemos que contribuyó especialmente en el relanzamiento de la Asociación una carta enviada por el P. Sánchez-Navarro al P. Macelwane y su contenido fue dado a conocer a todos los Superiores de la Compañía. Las ideas y prestigio del entonces Director del Observatorio de Cartuja hizo que se reunieran en Chicago los Colegios y Universidades el 24 de Agosto de 1925. La nueva asociación fue bautizada como Jesuit Seismological Association, su primer Presidente fue el P. Sullivan de la Universidad de Orleans y el Secretario el P. Macelwane de la de Saint Louis. El centro estaba en Saint Louis Missouri y se creó el Departamento de Geofísica. A partir de 1944 se convierte en Centro e Instituto de Tecnología Geofísica.

Aunque las ideas del P. Sánchez-Navarro fueron primordiales para el nacimiento de esta asociación pronto se tomó la determinación que los centros y observatorios situados fuera de Estados Unidos y Canadá no podían formar parte de ella, pues tras ver los pros y contras, se decidió que fuera una sociedad netamente americana⁵.

En los resúmenes y memorias elaboradas por el P. Sánchez Navarro nos encontramos que en 1923 se registraron 142 terremotos, en 1924 un total de 343, en 1925 fueron 353 y en 1926 un total de 419, la cifra más alta hasta aquellos momentos. Funcionaban a pleno rendimiento los sismógrafos Berchmans, Javier y Belarmino, aunque este último no estaba acabado. Los problemas de espacio llevaron a construir un edificio adecuado que cree que se comenzará en 1927, estaría parte excavado en la roca para dar más fiabilidad a los registros. En 1927 llegaron cambios en el personal y la solución a los problemas de los sismógrafos se agrandaron por el encendido de los hornos del Colegio Noviciado. El P. Provincial dio una limosna y con otros pequeños fondos se empezó a construir el nuevo pabellón. Nos da las coordenadas del nuevo edificio y una altura de 772 metros sobre el nivel del mar, tiene forma de T con fachada al norte. Se emplearon para desmontar la roca 70 barrenos. La

⁽⁴⁾ INGLADA Y ORS, Vicente: *El interior de la Tierra según resulta de las recientes investigaciones sismométricas*. Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico. Madrid, 1919.

⁽⁵⁾ DUE ROJO, Antonio, S. J.: "El vigésimo quinto aniversario de la 'Jesuit Seismological Association'", *Urania*, 1950, pp. 266-269.

sala tiene una superficie de 6 x 4'30 x 3'50, tejado a dos aguas, cielo raso y capa de corcho aislante para evitar los cambios bruscos de temperatura. Contaban con un salón de 12 metros cuadrados y una sala para laboratorio fotográfico. El proyecto lo habían hecho dos HH. uno ingeniero agrónomo y el otro estudiante de Ingeniería de Caminos.

El año 1927 trae a Cartuja importantes visitas entre las que descuellan las del Ministro de Gracia y Justicia, Excmo. Sr. D. Galo Ponte, acompañado del Director General de Penales, el Gobernador Civil, el Presidente de la Diputación y los Presidentes de las dos Audiencias, que reciben una explicación del Director del Observatorio. Continuaron otras como la del ex-Ministro de Instrucción Pública, Excmo. Sr. D. Natalio Rivas, el profesor y escritor D. Fidel Fernández Martínez, el Rector de la Universidad, Dr. D. Fermín Garrido, las del P. Luis Rodés, S. J. y la del P. Ignacio Puig, S. J., la del Prof. G. Alberti y Andrea, Director del Observatorio de Arcetri (Florencia) y de un grupo de profesores de Lisboa.

En 1928 se registraron 364 terremotos. Entre las visitas a destacar se encuentra la del Prof. Dr. P. Zeeman, de Amsterdam, Premio Nóbel del que dice Navarro Neumann que "*permaneció más de una hora en nuestra estación sismológica*". En 1929 funcionaban perfectamente los sismógrafos y se registraron en total 400 terremotos, se incrementó la tirada del Boletín por su demanda, se envía relación de terremotos a D. José Galbis para preparar el trabajo sobre el Congreso de Estocolmo de 1930, recibieron la visita del Sr. García de Lomas, Jefe de la Estación Sismológica de Málaga. Se preparó y asistió a la Exposición Ibero-Americana de Sevilla. El pabellón era bellissimo como obra de D. Leopoldo Torres Balbás y les cedieron un local por parte del Presidente de la Excmá Diputación Provincial de Granada, D. Francisco Martínez Lumbreras. Se presentaron el Belarmino, barógrafo Loyola, macroterómetro Granero y otros materiales además de sismogramas, publicaciones, curvas, etc. Entre los ilustres visitantes descuellan los reyes y sus hijos. El P. Sánchez Navarro nos dice:

"SS. MM. los Reyes (q. D. g.) D. Alfonso XIII y D. Victoria Eugenia, en unión de sus augustos hijos los Infantes D. Jaime, D. Beatriz y D. María Cristina, los Infantes D. Carlos y D. Alfonso de Borbón, D. María Luisa y D. Alfonso de Orleans, Príncipe D. Carlos de Borbón, Ministro de Fomento Excmo Sr. Conde de Guadalhorce y brillante séquito, honraron con su visita, nuestra modesta instalación el 2 de Noviembre, interesándose S. M. el Rey (q. D. g.), más especialmente, por el sismograma del terremoto antipodal del 16 de Junio, y por la gráfica de la depresión del 1 al 2 de Febrero, registrada por el Loyola, con 9 veces de aumento, a pesar de la sencillez de su construcción".

También visitaron la exposición el Cardenal-Arzbispo de Granada, Dr. D. Vicente Casanova y Marzol, el Gobernador Civil, D. Manuel G. de Longoria, el Alcalde, D. Mariano Fernández Sánchez-Puertas y el Presidente de la Diputación D. Francisco Martínez Lumbreras.

Las visitas al Observatorio que destacan son las de S. A. R. el Infante D. José Eugenio de Baviera, el ex-Ministro D. Natalio Rivas, el Gobernador Militar, y otros muchos ilustres directores de estaciones.

Durante el año 1930 ocurrieron algunos acontecimientos notables. El primero de ellos fue el nombramiento como Vocal de la Comisión Nacional de Geodesia y Geofísica del P. Manuel Sánchez Navarro por orden del monarca Alfonso XIII de acuerdo a la R. O. de 26 de Enero publicada en la Gaceta de Madrid del 5 de Febrero, pág. 981. La segunda es la colaboración firme del P. Antonio Due Rojo desde principios de septiembre como subdirector del Observatorio. La tercera es que el último día del año se recibió un hermoso diploma que acredita haber concedido el Jurado Superior de recompensas de la Exposición Ibero-Americana de Sevilla (1929-1930) Gran Premio a la Estación

Sismológica de Cartuja (Granada) por sus instrumentos de Sismología. Se registraron 377 terremotos este año. Se estaban estudiando mediante ampliaciones fotográficas los mas cercanos lo que suponía una gran importancia desde el punto de vista científico.

Tras muchos años de trabajo a finales de 1931 finalizaba la llamada tercera componente con el Canisio, va a llegar uno de los peores momentos de su vida cuando la República en 1932 expulsó a la Compañía de Jesús de España e incautó el Observatorio. Nos relata el P. Due:

*"Humanamente considerado, esto equivalía a segar en flor las ilusiones de un hombre de ciencia, consagrado a ella toda su vida con el mayor entusiasmo y ardor; más su espíritu fuerte, confortado con la energía sobrenatural de su sólida virtud, venció y sobrellevó esta dura prueba dando a todos un alto ejemplo de magnanimidad, cuyo mérito pocos podrán apreciar tan exactamente como el que esto escribe, discípulo y auxiliar del Padre Sánchez Navarro durante 15 años en que participó en sus empresas e investigaciones con mayor intimidad que otro alguno"*⁶.

A partir del 2 de Febrero de 1932 el Observatorio pasó a manos del Gobierno. Se nombró Director del mismo a D. Félix Gómez Guillamón, Ingeniero Geógrafo, y se dotó al centro con personal del Instituto Geográfico. El resumen de la labor científica de la Estación Sismológica de Cartuja (Granada) durante el año de 1931 está firmado por D. Félix Gómez Guillamón. Se registraron 444 terremotos y cita los trabajos del P. Due y del P. Sánchez Navarro. Las visitas fueron numerosas y entre ellas descuella la de algunos profesores y alumnos. Entre los especialistas destaca la del distinguido sismólogo D. Alfonso Rey Pastor que vino hasta Granada en Comisión Oficial.

En el curso 1931-1932 lo encontramos en Nápoles, en 1934-1936 en Ruysbroeck (Belgica) en un Colegio , en 1936-1937 está en Entre-os- Rios (Portugal) para volver a Granada en 1937-1938 a la Residencia de los Jesuitas. En 1939-1940 es destinado por problemas de salud al Puerto de Santa María donde murió. En una nota se dice que era científico y asceta, entre sus méritos estaba el tener la colección de fotos más completa del mundo en la especialidad de Meteorología, Astronomía y Sismología y el redactor de la nota nos dice: *"Era un asceta rigurosísimo, sin que ello restara nada a su humor fino y oportuno, como buen gaditano-malagueño"*.

A pesar de todo dio un magnífico ejemplo y sobrellevó esta dura prueba durante el destierro y a su vuelta en 1938, así repetía en sus escritos y conferencias la frase latina: Dominus dedit, Dominus abstulit. El 11 de Agosto de 1938 se hizo entrega del Observatorio al Provincial P. José Fernández Cuenca que estuvo acompañando por el P. Sánchez Navarro y otros jesuitas.

A partir de ese momento y venciendo dificultades de toda índole entre las que destacan las económicas se entraba en otra etapa difícil por la Guerra. A pesar de todo se fueron normalizando los servicios. A partir de 1940 el estado de salud del P. Sánchez Navarro se vio empeorado y tuvo que ser sustituido por el P. Due Rojo. Se le restableció la subvención que el Estado sufragaba para hacer frente a algunos gastos materiales.

A finales de 1939 tuvo que dejar la Dirección del Observatorio y se preparó su traslado al Puerto de Santa María donde había un clima más benigno que en Granada. Sobre su enfermedad sabemos pocas cosas pero si nos dicen sus biógrafos que acabó el jueves, 30 de Enero, a las 8'10 de la tarde. Su salud estuvo siempre minada por habituales achaques. Sabemos que a pesar de la fiebre y mal estado celebró el día de Navidad tres misas y entre ellas la de media noche. No pudo levantarse más. Fue poco a poco perdiendo su energía y vitalidad, la fiebre lo debilitaba por días y fueron frecuentes

⁽⁶⁾ DUE ROJO, Antonio, S. J.: "Un gran sismólogo español", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, Abril-Junio, 1939, pp. 1-2.

los insomnios, agudísimos dolores desde la cadera a los pies que no le permitían reposar y por fin quedó el cuerpo sin movimiento alguno de cintura para abajo. Con todo ello la gangrena no tardó en manifestarse. A pesar de ello siempre conservó las facultades mentales hasta su muerte y decía a los que le rodeaban: *"Las relaciones entre el muerto (así llamaba a la parte inferior de su cuerpo) y el vivo son muy tirantes, y vencerá el muerto, pero podrá durar la lucha hasta veintidós años: ¿ Y sin poder trabajar ni leer, porque ya no veo!"*.

Sus últimos días fueron mortificantes pues se encontraba que no podía trabajar y además era inútil en la Religión según su opinión, a pesar de eso emborrataba innumerables cuartillas con temas científicos, históricos y apologeticos de gran actualidad con ánimo de publicarlos en revistas y periódicos. Se preocupaba por no poder celebrar misa ni aún poder ir a rezar. Además todo se complicó cuando la parálisis le impidió poder hacer nada y ver como tenía que resignarse a que todo se le hiciera. Su recato y modestia le llevaron a sufrir enormemente y le proporcionaron humillaciones que no es dado imaginar. Todos los días se confesaba, comulgaba y rezaba las tres partes del Rosario con gran recogimiento y fervor. Daba las gracias a los que le rodeaban, su amor y vocación crecían y en los últimos días de su enfermedad escuchó a otros padres que podía salir la Compañía de Jesús de nuevo al destierro, ante esto se enfervorizaba y pedía al Señor y a la Virgen Santísima mil veces la muerte. Con ello se purificaba su alma, recibió los Santos Sacramentos y murió sin agonía como la lámpara que se agota. Le falló el corazón y durmió el sueño de los justos.

Tras su larga y penosa enfermedad murió en el Puerto de Santa María (Cádiz) el 30 de Enero de 1941 cuando contaba con la edad de 74 años. Su fallecimiento puso de manifiesto como en el mundo científico era muy estimado y querido por lo que numerosos investigadores transmitieron el pésame a los superiores de la Compañía de Jesús *"en las que se pone de manifiesto el aprecio que universalmente se hacía de su labor cultural y la admiración hacia el que supo reunir a un alto nivel científico de la labor constante de toda su vida, las virtudes de religioso y sacerdote ejemplar"*, pues no hay que olvidar que estuvo casi treinta años al frente del Observatorio y de Director de la Estación Sismológica granadina. Nos han dejado por escrito los que lo conocieron que no tuvo una salud firme sino que estuvo siempre aquejado de molestas dolencias pero que a pesar de ello estaba diariamente en su trabajo y al frente de cuantas situaciones se presentaban.

Su trabajo visto por su discípulo P. A. Due Rojo.

A poco de su muerte, el P. Due publico "Labor científica del R. P. Manuel M^o Sánchez-Navarro, S. J." en el Boletín del Observatorio de Cartuja, publicación interna, Compañía de Jesús, Granada, 1942, en donde nos pone de manifiesto sus largas horas dedicado no solo a la investigación sino a la preparación de instrumentos nuevos y tareas diarias. Nos dice su biógrafo:

*"En el mismo Boletín sísmico, que representaba el fruto de su labor cotidiana en la interpretación de los sismogramas, hallamos las huellas de un trabajo minucioso, paciente y perseverante, traducido en un análisis más esmerado que el que solían hacer otros centros similares, y un aprovechamiento atento y pudiéramos decir extremado, de los elementos facilitados por las demás estaciones en sus telegramas y datos preliminares; laboriosidad y exactitud de la que fue testigo el que esto escribe, durante los años en que, a partir de 1925, desempeñó el cargo de subdirector del Observatorio"*⁷.

Entre las opiniones que tiene su discípulo de su ingente labor de investigación destaca:

"Otra nota característica en muchos de sus escritos es el acendrado patriotismo, manifestado por

⁽⁷⁾ DUE ROJO, Antonio, S. J.: "Labor científica del R. P. Manuel M^o Sánchez-Navarro, S. J.", *Boletín del Observatorio de Cartuja (Granada)*. Publicación interna, Compañía de Jesús, Granada, 1942, pág. 1.

*el cariño y entusiasmo con que trata de asuntos relacionados con los intereses de España, con sus glorias históricas y científicas, y el empeño con que a veces supo poner de relieve y en su justo lugar cuanto podía realzar el prestigio y autoridad españoles en el campo de los valores intelectuales y morales*⁸.

Además de su labor como diseñador de sismógrafos y aparatos, preparación de numerosas conferencias sobre el mundo de la Sismología, tareas propias del orden sacerdotal, muchas horas de estudio y reflexión, viajes, etc., hay que destacar su ingente labor investigadora que se vio plasmada en gran número de revistas nacionales y extranjeras que sobrepasan el número de 300 artículos en varias lenguas: francés, italiano, inglés, alemán, portugués y castellano relacionados con los campos de la Geofísica y Astronomía se puede destacar que publicó el primer manual de Sismología en castellano: *Terremotos, sismógrafos y edificios* en 1916. Cuando se hace un repaso de su bibliografía llama la atención su dilatado y amplio conocimiento de los campos del saber pues se dedicó a varias ciencias del conocimiento humano. Tenía una memoria privilegiada, mucha afición al estudio y a las lecturas, le apasionan los problemas difíciles y siempre busca una explicación racional y didáctica de los mismos para exponerlos de la manera más sencilla a los demás. En todos sus trabajos nos encontramos su originalidad, sus propios pensamientos, sus investigaciones, un nuevo modo de exponer las cuestiones, etc.

El archivo de las bandas de los bifilares Cartuja llegó a tener 35.000 gráficas, su péndulo invertido Berchmans suministraba excelentes aportaciones sobre todo para los terremotos españoles y a partir de 1924 comienzan a funcionar los de registro magneto-fotográfico con el Belarmino, el mayor éxito instrumental de todos los fabricados, y el Canisio. En su diario anotaba fielmente los cálculos, las tentativas y los resultados de cada uno de los aparatos para mejorarlos y tenerlos a pleno rendimiento. Por todo ello muchos sismólogos decían que era uno de los hombres que no se contentaban con repetir lo que veía fuera de España sino que pensaba por su cuenta y por ello desarrolló esta tarea tan original y provechosa. Sus normas y orientaciones fueron aceptadas y seguidas en otros centros sismológicos del mundo, se imitaron sus modelos de sismógrafos y se solicitaban con gran interés. Sus aparatos recibieron menciones honoríficas y premios y por ello la Estación de Cartuja fue declarada de Utilidad Pública el 13 de Octubre de 1920 por R. O., recibió varios premios en Barcelona y sobre todo el Gran Premio de la Exposición Iberoamericana de Sevilla en 1929-1930.

La mayor parte de sus estudios se encaminaron a conocer el suelo español y por ello los terremotos españoles ocuparon la mayor parte de su investigación. Publicó varios trabajos sobre terremotos históricos con lo que se le puede denominar, creo, como uno de los padres de la llamada Sismicidad Histórica.

Además de todo lo dicho hay que añadir que el Archivo y la Biblioteca se fueron enriqueciendo con el paso de los años. Se conservaban miles de negativos de la actividad solar y otras de Astronomía que correspondían al paso de las cometas Halley, Brooks y Delevan además de muchas fotografías de nubes. La biblioteca contaba con un fondo muy importante por el gran número de revistas científicas y las separatas de los trabajos de los PP. que trabajaban en el Observatorio sobre todo en Astronomía y Geofísica. El intercambio con otros centros iniciado por el P. Sánchez Navarro continuó con sus sucesores. Nos dice el P. Due que en el fichero doble de autores y materias se contabilizaban unas 70.000 fichas. Esta es la herencia que nos dejaba uno de los mejores sismólogos españoles que desarrolló su actividad ligado a Granada.

En conjunto sus principales publicaciones se hicieron en las siguientes congresos y revistas: Congresos de la Asociación para el Progreso de las Ciencias, revistas *Razón y Fe*, *Ibérica* (*Revista*

⁽⁸⁾ Ibidem.

semanal ilustrada), *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, *Memorias de la Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, *Revista de la Real Sociedad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, *Sal Terrae (Revista mensual de cultura eclesiástica)*, *Producción (Revista de Agricultura, Industria e Ingeniería)*, *Boletín del Observatorio de Cartuja*, *Atti della Pontificia Accademia delle Scienze*, *Broteria (Revista contemporánea de cultura)* y *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*.

Algunas opiniones y pésames sobre el P. Sánchez Navarro.

Tras su muerte se recibieron en la Compañía de Jesús numerosos telegramas de pésame por la muerte de este admirado científico. El primero de ellos no en orden de llegada sino por la categoría de quien lo envía es el siguiente: "*En nombre del Sr. Ministro de Justicia y en el mío propio, testimonio a V. R. el más sentido pésame por la muerte del virtuoso y sabio P. Manuel M? Sánchez Navarro, verdadera gloria de España. Respetuosamente saludale: Puigdollers*".

Otro lo envió el Director General de Asuntos Eclesiásticos al R. P. Provincial de la Compañía de Jesús. Otro es enviado al P. Due por el Director del Observatorio Astronómico de Madrid.

D. Félix Gómez Guillamón que lo había conocido ante la noticia de su fallecimiento escribe lo siguiente: "*Profundamente conmovido noticia fallecimiento sabio sismólogo Padre Sánchez Navarro, expreso mi nombre y todo personal esta Estación, nuestro sincero dolor tan sensible pérdida. Saludos*".

El Director de la Estación Sismológica de Málaga escribe al P. Due dándole el pésame por aquella pérdida. Otro es enviado por el Director del Observatorio de San Fernando (Cádiz) al R. P. Rector del Colegio Noviciado de Cartuja: "*Exprésole profundo sentimiento fallecimiento Padre Sánchez Navarro, pérdida irreparable ciencia española. Respetuosamente. Director Observatorio San Fernando*".

En otras obras nos ofrecen opiniones sobre este eminente sismólogo, así D. José Galbis Rodríguez, Inspector General del Cuerpo de Ingenieros Geógrafos, lo calificó en varias ocasiones como: "*.. el más competente e infatigable sismólogo español*". El Contralmirante D. Wenceslao Benítez, Director del Observatorio de San Fernando expresa: "*su pérdida para la Compañía, es irreparable*". Su hermano de religión y también, miembro de la Compañía de Jesús, Director del Observatorio del Ebro, R. P. Romaña, dijo: "*.. sus grandes méritos e infatigables trabajos, elevaron a grandes alturas el Observatorio*". Eduardo Fontseré, Director del Observatorio Fabra, en Barcelona, expuso: "*.. con su infatigable trabajo dio renombre universal a ese Centro y contribuyó eficazmente al progreso científico*". Por último D. José M? Lorente, del Observatorio Meteorológico de Madrid nos dice: "*.. fue uno de esos hombres que no se contentan con repetir lo que ven fuera de España, sino que realizan obra original*".

Su labor y ejemplo fue para muchos un acicate de trabajo, así le dedicaron algunos libros y dedicatorias de las que pasamos a exponer las siguientes:

"Al sabio P. Sánchez Navarro y Neumann, S. I., homenaje respetuoso de su admirador, Salvador G? Francos, Astrónomo de la Armada, autor de: Terremotos y aparatos para registrarlos".

"Al sabio sismólogo, inspirador de este modesto trabajo, con todo afecto y admiración, le dedica este ejemplar su discípulo: Alfonso Rey Pastor, Director de la Estación Sismológica de Toledo, autor de: Traités sismiques de la Péninsule Iberique".

"Ao eminente sismologo espanhol e sabio ilustre, D. Manuel María Sánchez Navarro Neumann, con o maior apreço pola sua obra notavel, muito afectuosemen, e affmo. Dr. Raul de Miranda, Catedratico de Física del Globo en la Universidad de Coimbra, autor de: Tremores de terra".

" A mi buen amigo y sabio sismologo R. P. Manuel S. Navarro, en testimonio de consideración y afecto: D. Vicente Inglada y Ors, Teniente Coronel de Estado Mayor e Ingeniero Geógrafo, autor de: Observaciones gravimétricas".

Bibliografía sobre el P. Sánchez Navarro.

DUE ROJO, Antonio, S. J.: "Un gran sismólogo español", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, Abril-Junio, 1939, pp. 1-2.

- "El R. P. Manuel Sánchez Navarro", *Cincuentenario Cartuja, 1894*. Granada, 1994, pp. 81-83.

- "Labor científica del R. P. Manuel M? Sánchez Navarro, S. J.", *Boletín del Observatorio de Cartuja (Granada)*, Enero-Septiembre, 1940, pp. 1-8.

- "El R. P. Manuel Sánchez Navarro, S. J.", *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, Tomo XXXIX (1941), pp. 117-120.

- "Um grande sismólogo espanhol", *Broteria*, Vol. XXXII, fasc. 3, Março, 1941, pp. 284-287.

Anónimo: "Padre Manuel M? Sánchez Navarro + 30-1-1941", Establecimientos Cerón y Librería Cervantes, S. L. Cádiz-Madrid, pp. 20-24. (Ad usum privatum).

Muchas de las noticias biográficas las hemos sacado de los trabajos del P. Sánchez Navarro Neumann, S. J., como complemento ofrecemos una relación de trabajos lo más completa que hemos podido, aunque somos conscientes de que faltan algunos. Su obra clasificada por años queda de la siguiente manera:

PUBLICACIONES DEL R. P. Manuel María SANCHEZ-NAVARRO NEUMANN, S. J.

Año 1889

Apuntes sobre el origen y antigüedad del hombre. Cádiz, 1889.

1893

Estudio sobre las secreciones esquizofíticas. Memoria presentada para optar al grado de doctor en Medicina y Cirugía. Madrid, 1893.

1902.

- "Observatorio de Granada. Sección geodinámica", *Razón y Fe*, Tomo III (1902), pp. 512-520.

1906.

- "El desastre de California registrado en el Observatorio de Cartuja (Granada)", *Razón y Fe*, Tomo XV, julio 1906, pp. 355-360.

- "Notas sobre el terremoto de Valparaíso", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, 1906, Agosto, p. 1.

- "Notas sobre el terremoto de Bodö (Noruega)", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, Septiembre, pp. 1-2.

1907

- "El gran terremoto mejicano del 15 de Abril de 1907", *Razón y Fe*, junio 1907, fig. 1, pp. 1-3.

- "Os terremotos observados sem ó auxilio de instrumentos". *Broteria*, vol. VI, 1907, p. 217-250.

- "Association Internationale de Seismologie. Première Assemblée Générale", *Cosmos*, A. LVI, 26 Octubre 1907, pp. 465-467.

- "La segunda Conferencia de la Comisión permanente y Primera Asamblea general de la Asociación Internacional de Sismología", *Razón y Fe*, núm. 77, Noviembre, 1907, pp. 1-11.

- "El último congreso internacional de Química", *Razón y Fe*, Tomo XVII, (1907), p. 504-512.

- "Crónica científica", *Razón y Fe*, Tomo XVIII, 1907, pp. 507-513.

- "Recensión de "Compendio de Historia Crítica de la Medicina, por J. Rodríguez Fernández", *Razón y Fe*, Tomo XVII, 1907, p. 382-384.

- "Note sur la Station Sismologique de Cartuja (Granada), Espagne", *Comptes rendus des Scéances ... de l'Association Internationale de Sismologie ... á La Haye*, 1907, pág. 153-154.

- "Quelques causes d'erreur dans la détermination de l'heure dans les séismogrammes", *Comptes rendus des Scéances ... de l'Association Internationale de Sismologie*, 1907, pp. 1-3.

1908

- "Die neue Erdbebenwarte in Cartuja", *Die Erdbebenwarte*, Laibach, 1907-1908, pp. 75-78.

- "Estudio comparativo de los instrumentos más usados en Sismología", *Revista de la Real Sociedad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*. Marzo, abril, mayo, junio y julio de 1908, Madrid, 1908, pp. 1-80.

- "Les sismographes construits á Cartuja (Grenade)", *Cosmos*, A. LVII, 8 Juillet 1908, pp. 87-90, fig. 5.

- "Les pendules Stiattessi á l'Observatoire de Cartuja (Granada)", *Bolletino della Società Sismologica Italiana*, vol. XII, Modena, 1908, pp. 409-416 (pp. 1-10).

- "Datos sobre macrosismos españoles". *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, Tomo VIII, 1908, pp. 884-888.

- "Las borateras de Chilcaya", *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, Tomo VIII, 1908, pp. 440-442 (1-2).

- "Datos sobre los macrosismos españoles", *Boletín de la Real Sociedad española de Historia Natural*, Octubre 1908, pp. 385-388.

- "La theorie de M. Oddone et les observations de Cartuja en 1907", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge*

d'Astronomie), A. Febrier 1908, p. 84-85.

- "Le pendule bifiliare de Cartuja", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, A. 1908, pp. 299-301.
- "La nouvelle Station Sismologique de Cartuja (Grenade)", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, A. 1908, pp. 369-372.
- "Primera Asamblea General de la Asociación Internacional de Sismología", *Razón y Fe*, Tomo XX, (1908), pp. 93-103.
- "Notas y noticias científicas", *Razón y Fe*, XXI, 1908, pp. 488-495.
- "Recensión de "Memorias del Observatorio del Ebro" por el P. Mariano Balcells, S.J.", *Razón y Fe*, Tomo XXII, 1908, pp. 517-519.

1909.

- "Le nouveau Pendule vertical de la Station Sismologique de Cartuja (Grenade)", *Ciel et Terre. (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, números 9 y 10, 1909, pp. 397-405, fig. 3. (pp. 1-11).
- "Aperçu des Instruments le plus usités en Sismologie", *Ciel et Terre. (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, números 7 y 8, 1909, pp. 295-326, figuras 8. (pp. 1-34).
- "La composante verticale Vicentini de la station sismologique de Cartuja (Grenade)", *Beiträge zur Geophysik*, X, 2, 1909, pp. 78-85.
- "Note sur le temblement de terre de Constantine", *Annuaire de la Société Météorologique de France*, Mai 1909, pp. 114-117, fig. 1.
- "O recente terremoto de Messina", *Broteria*, vol. VII, 1909, pp. 100-110, fig. 4. (pp. 1-10).
- "Nota sobre el terremoto de Mesina del 28 de Diciembre de 1908", *Boletín de la Real Sociedad española de Historia Natural*, Diciembre de 1908, Marzo 1909, pp. 130-136.
- "Le nouveau pendule horizontal de Cartuja (Grenade)", *Bolletino della Società Sismologica Italiana*, Tomo XIII, Modena, 1909, pp. 207-218, fig. 1. (pp. 1-14)
- "El nuevo péndulo vertical de la Estación Sismológica de Cartuja (Granada)", *Boletín de la Real Sociedad española de Historia Natural*, Tomo IX, Octubre 1909, pp. 386-394.
- "Le séisme hispano-portugais du 23 Avril enregistré à Cartuja (Grenade) par un petit jouet scientifique", A. LVIII, *Cosmos*, 22 Mai 1909, pp. 568-569, fig. 4.
- "La nueva estación sismológica de Cartuja (Granada)", *Razón y Fe*, Tomo XXIII, 1909, p. 230-235 (1-5).

1910.

- "Le tremblement de terre iberique du 23 d'avril de 1909", *Ciel et Terre*, núm. 2, 1910, pp. 81-92, fig. 2. (pp. 1-28).
- "Datos macrosísmicos sobre el terremoto ibérico del 23 de Abril de 1909", *Boletín de la Real Sociedad española de Historia Natural*, Enero 1910, pp. 81-88.
- "Aperçu général des Phénomènes sismiques enregistrés à Cartuja en 1909", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, num. 2, 1910, pp. 84-86.
- "Les Tremblements de Terre ressentis en Espagne pendant l'année 1909", *Ciel et Terre*, núm. 7, 1910, pp. 277-288. (pp. 1-14).
- "Enumeración de terremotos sentidos en España en 1909" *Boletín de la Real Sociedad española de Historia Natural*, X, Junio 1910, pp. 293-301.
- "Noticias Científicas: Sismología", *Razón y Fe*, Tomo XXVIII, Octubre 1910, pp. 212-221 (pp. 1-9).
- "Les récents tremblements de terre du sud-est de l'Espagne á la station sismologique de Cartuja (Grenade)", *Cosmos*, num. 1328, 9 Juillet 1910, pp. 32-34, fig. 2.
- "Estación Sismológica de Cartuja (Granada). El terremoto del 16 de Junio de 1910", *Boletín mensual del Observatorio de Cartuja*, Junio, 2 págs.
- "Estación Sismológica de Cartuja (Granada). Resumen del año 1910", *Boletín mensual del Observatorio de Cartuja*, Diciembre, 4 págs.
- "Boletín Sísmico de Febrero-Marzo-Abril de 1910", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, 1910.
- "Bulletin Sismique. Février- Mars-Avril 1910", *Ciel et Terre. Bulletin de la Société Belge d'Astronomie*, num. 3, 4 et 5, Bruxelles 1910, pp. 1-8.

- "Bulletin Sismique. Mai-Juin-Juillet 1910", *Ciel et Terre. Bulletin de la Société Belge d'Astronomie*, num. 6, 7 et 8, Bruxelles 1910, pp. 1-10.
- "Bulletin Sismique. Août-Septembre-Octobre 1910", *Ciel et Terre. Bulletin de la Société Belge d'Astronomie*, Bruxelles 1910, pp. 1-5.

1911.

- "Enumeración de los terremotos sentidos en España en 1910", *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XI, Noviembre 1911, pp. 459-470.
- "La Segunda Asamblea General de la Asociación Internacional de Sismología", *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, Noviembre 1911, pp. 471-474.
- "La Segunda Asamblea General de la Asociación Internacional de Sismología", *Razón y Fe*, Tomo XXXI, Octubre 1911, pp. 196-204 (1-9).
- "Datos macrosísmicos", *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, Diciembre 1911, pp. 531-538.
- "Nota sobre algunos temblores de tierra sentidos en Tenerife en 1909 y 1910", *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, Diciembre 1911, pp. 538-543.
- "Les Tremblements de Terre enrégistrés á Cartuja (Grenade) pendant l'année 1910", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, num. 3, 1911, pp. 108-119, fig. 2.
- "Les Tremblements de Terre ressentis en Espagne pendant l'année 1910", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, num. 10, 1911, pp. 330-340. (pp. 1-14)
- "La récente éruption du volcan Taal", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, num. 11, 1911, pp. 1-5. (pp. 380-385).
- "Les Tremblements de Terre enrégistrés á Cartuja (Grenade) pendant l'année 1910", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, num. 3, 1911, pp. 136-143.
- "Nota sobre el terremoto del 3-4 de Enero de 1911", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, num. 1, pp. 12-14, fig. 1.
- "Los recientes terremotos granadinos", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, num. 4, pp. 53-56, fig. 3.
- "La segunda Asamblea general de la Asociación Internacional de Sismología", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, num. 6, pp. 87-89.
- "Los recientes terremotos murcianos", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, num. 8, pp. 119-122, fig. 4. 6, pp. 87-89.
- "Treromètre Cartuja (Grenade)", *Cosmos*, A. LX, 19 Mars 1911, pp. 289-291, fig. 4.
- "Quelques causes d'erreur dans la détermination de l'heure dans les sismogrammes", *Comptes rendus....*, Manchester, 1911, pp. 233-236.
- "El terremoto destructor de Santafé del 31 de Abril de 1911", *Boletín Mensual de la Estación Sismológica de Cartuja (Granada)*, numeros 5 y 6, 1911, pp.
- "Notas y noticias científicas", *Razón y Fe*, XXX, 1911, pp. 226-236.
- "Los recientes terremotos granadinos", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, I, 1911, pp. 53-55.
- "La Segunda Asamblea General de la Asociación Internacional de Sismología", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, I, 1911, pp. 87-89.
- "Bulletin Sismique. Janvier 1911", *Ciel et Terre. Bulletin de la Société Belge d'Astronomie*, Bruxelles 1911, pp. 1-10.
- "Bulletin Sismique. Février- Mars-Avril 1911", *Ciel et Terre. Bulletin de la Société Belge d'Astronomie*, Bruxelles 1911, pp. 1-8.
- "Bulletin Sismique. Mai-Juin-Juillet 1911", *Ciel et Terre. Bulletin de la Société Belge d'Astronomie*, Bruxelles 1911, pp. 1-11.
- "Bulletin Sismique. Septembre-Octobre-Novembre 1911", *Ciel et Terre. Bulletin de la Société Belge d'Astronomie*, Bruxelles 1911, pp. 1-9.
- "Bulletin Sismique. Decembre 1911", *Ciel et Terre. Bulletin de la Société Belge d'Astronomie*, Bruxelles 1911, 1 pág.
- "Estación Sismológica de Cartuja (Granada). Resumen del año 1911", *Boletín del Observatorio de Cartuja*,

Granada, 1911, pp. 1-4.

- "Macrosismos españoles", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, Abril 1911, 1 pág.

1912

- "La Sismología como auxiliar de la Geofísica", *Congreso de Granada, Congreso de la Asociación para el Progreso de las Ciencias*, Granada, 1912, Tomo III, pp. 5-24.

- "St. Louis University", *Bulletin of....., Razón y Fe*, Octubre 1912, pp. 258-259.

- "Algunas indicaciones sobre la construcción de un sismógrafo para los terremotos locales y cercanos, y el estudio de los sismogramas", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, A. II, 1912, numeros 13 y 15, pp. 54-58 y 103-108, fig. 12.

- "El terremoto granadino del 14 de Septiembre de 1912", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, numero 19, pp. 171-173, fig. 1.

- "Sismographe Cartuja á composante verticale", *Cosmos*, A. LXI, 5 Diciembre 1912, pp. 635-636, fig. 1.

- "Noticias científicas", *Razón y Fe*, Tomo XXXIII, 1912, pp. 500-511 (pp. 1-11).

- "Notas astronómicas. Estrellas nuevas", *Razón y Fe*, Tomo LII, Madrid, Octubre 1912, p. 204-210.

- "Enumeración de los terremotos sentidos en España durante el año de 1911", *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XII, Noviembre, 1912, pp. 508-524.

- "Recensión del "Bulletin of St. Louis University" April 1912. The Geophysical Observatory", *Razón y Fe*, Tomo XXXIV, 1912, p. 258.

- "El cometa Brooks", *Sal Terrae (Revista mensual de cultura eclesiástica)*, I, 1912, pp. 81-83.

- "Un sismógrafo para los terremotos locales y cercanos, y el estudio de los sismogramas", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, II, 1912, pp. 54 y 103 (pp. 1-8).

- "El terremoto granadino del 12 de Septiembre de 1912", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, II, p. 171.

- "Le nouveau pendule vertical de la Station Sismologique de Cartuja", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, 1912, pp. 1-2.

- "Bulletin Sismique. Janvier-Février-Mars 1912", *Ciel et Terre. Bulletin de la Société Belge d'Astronomie*, Bruxelles 1912, pp. 1-7.

- "Bulletin Sismique. Avril-Mai-Juin-Juillet 1912", *Ciel et Terre. Bulletin de la Société Belge d'Astronomie*, Bruxelles 1912, pp. 1-10.

- "Bulletin Sismique. Août-Septembre-Octobre 1912", *Ciel et Terre. Bulletin de la Société Belge d'Astronomie*, Bruxelles 1912, pp. 1-7.

- "Estación Sismológica de Cartuja (Granada). Resumen del año 1912", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, Granada, 1912, pp. 1-4.

1913

- "Les Tremblements de Terre enregistrés á Cartuja (Grenade) pendant l'année 1912", *Ciel et Terre*, num. 25, 1913, pp. 85-94.

- "La estación Sismológica de Pulkovo", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, numero 25, 1913, pp. 67-69, fig. 3.

- "La Estación Sismológica de Cartuja (Granada)", *Sal Terrae (Revista mensual de cultura eclesiástica)*, Tomo II Mayo 1913, pp. 466-469.

- "Enumeración de los terremotos sentidos en España durante el año 1912", *Boletín de la Real Sociedad española de Historia Natural*, Abril 1913, pp. 238-248.

- "Nota sobre los efectos causados en los edificios por algunos movimientos artificiales", *Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, Madrid, 1913, T. IX, p. 169-183, 13 págs.

- "L'Astronomie et la Physique du Globe au IVe Congrès de l'Association espagnole pour l'avancement des Sciences (1913)", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, num. 7, 1913, pp. 1-8.

- "Sur quelques application du Sélénium en Astrophysique", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, num. 12, 1913, pp. 369-373 (pp. 1-4).

- "Enumeración de los terremotos sentidos en España durante el año de 1912", *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XIII, Abril, 1913, pp. 238-249.

- "La Astronomía y la Física del Goblo en el IV Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias", *Sal Terrae (Revista mensual de cultura eclesiástica)*, II, 1913, pp. 655-661.
- "Notas y noticias científicas, *Razón y Fe*, Tomo XXXVI, 1913, pp. 362-367.
- "Association Espagnole pour le progrès des Sciences. IX Congrès", *Cosmos. Revue des Sciences et de leurs application*, A. LXII, 1913, pp.
- "Bulletin Sismique. Novembre-Décembre-Janvier-Février 1912-1913", *Ciel et Terre. Bulletin de la Société Belge d'Astronomie*, Bruxelles 1912, pp. 1-11.
- "Bulletin Sismique. Mars-Avril-Mai 1913", *Ciel et Terre. Bulletin de la Société Belge d'Astronomie*, Bruxelles 1913, pp. 1-7.
- "Bulletin Sismique. Juin-Juillet-Août-Septembre 1913", *Ciel et Terre. Bulletin de la Société Belge d'Astronomie*, Bruxelles 1913, pp. 1-9.
- "Bulletin Sismique. Octobre-Novembre-Décembre 1913", *Ciel et Terre. Bulletin de la Société Belge d'Astronomie*, Bruxelles 1913, pp. 1-8.
- "Estación Sismológica de Cartuja (Granada). Resumen del año 1913", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, Diciembre, Granada, 1913, pp. 1-4.
- "Datos Sísmicos 1912", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, Enero, Granada, 1913, 1 pág.
- "Escala de Sieberg", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, Febrero, Marzo, Abril y Mayo, Granada, 1913, pp. 1-5.

1914

- "Os últimos descobrimentos em Sismologia", *Broteria*, vol. XII, Braga, 1914, pp. 36-53 (pp. 1-17).
- "Enumeración de los terremotos sentidos en España durante el año de 1913", *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XIV, 1914, pp. 519-526.
- "Apuntes de Sismología aplicada", *Razón y Fe*, Tomo XXXVIII, 1914, pp. 69 y 347 (pp. 1-25).
- "Boletín sismológico" *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. I., vol. I, 17-I-1914, pp. 1-3.
- "El calor y la luz de las estrellas", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. I., vol. I, 21-II-1914.
- "Rosa Ursina", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. I., vol. II, 8-VIII-1914, pp. 1-2.
- "El cometa Delavan", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. I, vol. II, 10-X-1914, p. (0'5).
- "El planeta Saturno", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. I, vol. II, 19-XII-1914, pp. 1-3.
- "Determinación del epicentro de un terremoto", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, IV, 1914, p. 35.
- "El cometa Delaván (1913 f)", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, IV, 1914, p. 125-127.
- "Cálculo de algunos elementos sísmicos", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, IV, 1914, pp. 137-144.
- "Les Tremblements de Terre enrégistrés á Cartuja (Grenade) pendant l'année 1913", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, A 1914, pp. 51-59.
- "Estación Sismológica de Cartuja (Granada). Breve noticia y resumen de los trabajos realizados en 1914", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, Diciembre, Granada, 1914, pp. 1-4.

1915

- "El terremoto italiano del 13 Enero de 1915", *Boletín de la Real Sociedad española de Historia Natural*, Abril 1915, XV, pp. 191-195.
- "Nota sobre el terremoto italiano del 13 de enero de 1915", *La Gaceta del Sur*, Granada.
- "Essai de quelques formules aux tremblements de terre de Messina et d'Avezzano", *Bolletino della Società Sismologica Italiana*, vol. XIX, fasc. 1-2, Modena, 1915, pp. 1-8.
- "Essais Géophysiques. Travail produit par un tremblement de terre", *Bolletino della Società Sismologica Italiana*, vol. XIX, fasc. 5-6, Modena, 1915, pp. 1-15.
- "Essai de quelques formules applicables aux macrosismes", *O Instituto*, vol. LXII, núm. 10, Coimbra, 1915, pp. 1-7.
- "Algunos datos sobre la sismicidad de España durante los años 1909-1914", *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XV, 1915, pp. 450-458.
- "El V Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias", *Razón y Fe*, XLIII, 1915, p. 501-

506.

- "Motores y edificios", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. II., vol. III, 22-V-1915, pp.1-5.
- "La catástrofe de Avezzano (13-1-1915)", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, V, 1915, pp. 9-13.
- "1903-1912.- Diez años de actividad de la Estación Sismológica de Cartuja", *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, Congreso de Madrid*, Madrid 1915, Tomo III, pp. 245-260 (pp. 1-15).
- "Trabajo desarrollado por un terremoto", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, V, 1915, pp. 85-90.
- "Estación Sismológica de Cartuja (Granada). A cargo de los PP. de la Compañía de Jesús. Resumen de los trabajos realizados en 1915", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, Diciembre, Granada, 1915, pp. 1-3.
- "Datos macrosísmicos", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, Diciembre, Granada, 1915, pp. 1-2.

1916

- "Tronometro "Cartuja" (modelo pequeño)", *Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, Madrid, T. IX, 1916, pp. 183-196 (pp. 1-14)
- "Enumeración de los terremotos sentidos en España durante el año de 1914", *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XVI, 1916, pp. 333-340.
- "Enumeración de los terremotos sentidos en España durante el año de 1915", *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XVI, 1916, pp. 342-349.
- *Terremotos, sismógrafos y edificios*. Madrid, 1916, 256 págs.
- "Las causas de los terremotos y el trabajo que producen", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. III, vol. V., 11-III-
- "El Príncipe B. Galitzin", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. III., vol. VI., 26-VIII-1916, pp. 1-2.
- "Varios datos sismológicos relacionados con la constitución interna de la Tierra", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, VI, 1916, pp. 17-23.
- "Macrotronometro "Granero", *Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, Bilbao, 1916, T. X, pp. 167-173.

1917

- "Ensayo sobre algunas fórmulas aplicables a los macrosismos", *Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, Valladolid, T. IV, 1917, p. 93-105.
- "Algunos datos sobre los temblores de tierra sentidos en España durante el sexenio 1909 a 1914, recogidos por la estación sismológica de Cartuja", *Congreso de la Asociación para el Progreso de las Ciencias*, Valladolid, T. 1917, IV, pp. 55-76 (pp. 1-21).
- "El observatorio astronómico de Cartuja", *Congreso de la Asociación para el Progreso de las Ciencias*, Valladolid, 1917, T. IV, pp. 83-92.
- "Ensayo sobre la sismicidad del suelo español", *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XVII, 1917, pp. 83-106.
- "El P. J. de la Cruz Granero, S. J. y el Observatorio de Cartuja", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. IV., vol. VII, 31-III-1917, pp. 1-7.
- "Las series de Fourier en Meteorología", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, VII, 1917, pp. 65-68.

1918

- "Efectos de los terremotos sobre las cañerías", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. V., vol. IX, 5-IX-1918, p. 1.
- "Los temblores granadinos de 26 y 28 de abril de 1918 y sus réplicas", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. V., vol. IX, 15-VI-1918, pp.1-2.
- "Macrotrómetro "P. Granero, S. J.", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. V., vol. X, 13-VIII-1918, pp. 1-2.
- "Voladura de unos polvorines (Sismología aplicada)", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, VIII, 1918, pp. 32-35.

1919

- "Trerometro "Granero"", *Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, Sevilla, T. X., 1919, p. 119-123.
- "Sismología pura y sismología aplicada (nuevas prientaciones)". Discurso inaugural de la Tercera Sección. *Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, Bilbao, T. I, 1919, pp. 37-62.
- "Ensayo crítico de los sismógrafos más en uso. Generalidades y péndulos verticales de registro mecánico", *Congreso de la Asociación para el Progreso de las Ciencias*, Sevilla, T. IV, 1919, pp. 33-67.
- "Contribución al estudio de las ondas sísmicas", *Congreso de la Asociación para el Progreso de las Ciencias*, Sevilla, T. IV, 1919, pp. 121-127.
- "Enumeración de los terremotos sentidos en España durante el año de 1916", *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XIX, Madrid, 1919, pp. 216-223.
- "La estrella más cercana", *Razón y Fe*, Tomo LIV, Madrid, Julio y Agosto 1919, pp. 365-375 (pp. 1-10).
- "Enumeración de los terremotos sentidos en España durante el año de 1917", *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XIX, 1919, pp. 222.
- "Les tremblements de terre", *Ciel et Terre (Bulletin de la Societé Belge d'Astronomie)*, 1914-1919, pp. 51, 112, 142, 172 y 255. (pp. 33)
- "El VII Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias", *Razón y Fe*, Tomo LV, 1919, pp. 229-235.
- "La sismicidad del suelo español durante el decenio 1909-1918", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. VI., vol. XII, 19-VII-1919, pp. 1-2.
- "Los terremotos alicantinos de septiembre de 1919", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, 8-II-1919, p. 1.
- "Estudio de algunos gráficos de explosiones", *Memorias de la Academia de Artes y Ciencias de Barcelona*, XV, n. 6, 1919, pp. 1-14.
- "Algo de Sismología Aplicada (movimientos artificiales)", *Producción (Revista de Agricultura, Industria e Ingeniería)*, I, n. 15, 1919, pp.
- "Los terremotos sentidos en las provincias de Alicante y Murcia en Septiembre de 1919", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, IX, 1919, pp. 85-87.
- "Datos referentes a la sismicidad de la porción oriental de la Península Ibérica", *Memorias de la Academia de Artes y Ciencias de Barcelona*, Tomo XIII, número 8, pp.1-8

1920

- "El Congreso Nacional de Ingeniería", *Razón y Fe*, Tomo LVI, Madrid, Enero y Febrero 1920, pp. 212-218 (pp. 1-7).
- "Ensayo crítico sobre los sismógrafos más en uso: Péndulos horizontales e invertidos de registro mecánico", *Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, Bilbao, T. IV, 1920, p. 51-87.
- "Les tremblements de terre", *Ciel et Terre (Bulletin de la Societé Belge d'Astronomie)*, 1920, pp. 55-61 y 120-132.
- "Les principaux macrosismes des années 1915-1918 enregistrés à Grenade", *Ciel et Terre (Bulletin de la Societé Belge d'Astronomie)*, 1920, p. 14-25.
- "Una fórmula para la temperatura media de una localidad en función de su latitud y de su altura sobre el nivel del mar", *Memorias de la Academia de Artes y Ciencias de Barcelona*, XVI, n. 5, 1920, pp. 1-5.
- "El macrotrerometro P. J. Granero, S. J.", *Producción (Revista de Agricultura, Industria e Ingeniería)*, II, n. 28, 1920, pp. 1-2.
- "Recensión de "Bibliografía general de Temblores y Terremotos", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. VII, vol. XIV, 28-VIII-1920, p. (0'5).

1921

- "Formule empirique pour le calcul de la temperature moyenne d'une localité, en fonction de sa latitude et de sa altitude", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, 1921, p. 137-139 (2)
- "Un appareil pratique de sismologie appliquée", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, 1921, p. 14-21 (pp. 1-7)
- "Exposition International d'Astronomie de Barcelona", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, 1921, p. 209-213 (pp. 1-4).
- "La Exposición de Astronomía y ciencias afines de Barcelona", *Razón y Fe*, Tomo LXI, 1921, pp. 483-491.
- "El sismógrafo "Berchmans" de la estación sismológica de Cartuja", *Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, Oporto, 1921, pp. 1-8.
- "La estación sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja", *Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, Granada. Granada, 1921.
- "El sismógrafo "Berchmans" de la estación sismológica de Cartuja", *Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, S.I., 1921, pp. 1-8.
- "Datos referentes a la sismicidad de la porción oriental de la Península Ibérica", *Memorias de la Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, XIII, n. 8, 1921, pp. 1-10.
- "Recensión de "Nuevas fórmulas para abreviar el cálculo de la profundidad aproximada del foco sísmico por el método de Kövesligethi y su aplicación a algunos temblores de tierra" por Vicente Inglada Ors", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. VIII, vol. XVI, 8-X-1921, p. (0'5).
- "Radiotelelepter Hurtado", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. VIII, vol. XVI, 19-XI-1921, p. 1.
- "Una estación sismológica española", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, XI, 1921, pp. 92-103.
- Bosquejo sísmico de la Península Ibérica", *La estación sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada)*, Granada, 1921, pp. 1-7.
- "Lista de los sismos destructores sentidos en la Península Ibérica entresacados textualmente del 'A Catalogue of destructive Earthquakes A. D. 7 to A. D. 1899, by John Milne, D. Sc. F. R. S.'", en *La estación sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada)*, Granada, 1921, pp. 8-10.
- "Lista de los terremotos más notables sentidos en la Península Ibérica desde los tiempos más remotos hasta 1917, inclusive, con ensayo de agrupación en regiones y períodos sísmicos", en *La estación sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada)*, Granada, 1921, pp. 11-65.
- "Datos macrosísmicos", en *La estación sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada)*, Granada, 1921, pp. 66-68.
- "Somera descripción de Sierra Nevada sacada de un folleto de principios del siglo pasado", en *La estación sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada)*, Granada, 1921, pp. 69-73.
- "Sobre una regla empírica para averiguar la temperatura media de una localidad, en función de su latitud y de su altura sobre el nivel del mar, aplicable a nuestra España y a la costa N. de Marruecos", en *La estación sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja, (Granada)*, Granada, 1921, pp. 83-87.

1922

- "Le sismographe inverti "Berchmans" de la station sismologique de Cartuja", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, 1922, p. 277-281 (pp. 1-5)
- "Nueva aplicación de la sismología", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. IX., vol. XVIII, 25-XI-1922, pp. 1-2.
- "Las estaciones sismológicas alemanas y austríacas", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. IX, vol. XVIII, 24-II-1922, p. (0'5).
- "Nuevo sismógrafo", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. IX, vol. XVII, 25-II-1922.
- "Terremotos registrados por el observatorio de Roca di Papa", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. IX, vol. XVIII, 11-III-1922, p. 1.
- "La sociedad "Erdá" y su "Revista de Geofísica Aplicada", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. IX., vol. XVIII, 16-XII-1922.
- "The Berchmans Seismograph "Bulletin of the Seismological Society of America", Abril 1922, pp. 24-28.

1923

- "Calcule du travail produit par un tremblement de terre", *Atti della Pontificia Accademia delle Scienze*, LXXVI, 1923, pp. 99-109.
- "Noticias científicas (Sismología aplicada)", *Razón y Fe*, Tomo LXXV, Madrid, Enero 1923, pp. 84-87.
- "Aprovechamiento de los gases volcánicos como fuerza motriz", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. X., vol. XX, 14-XII-1923, p. 1.
- "El barógrafo de mercurio de la estación sismológica de Cartuja", *Memorias de la Academia de Artes y Ciencias de Barcelona*, XVII, n. 22, 1923, pp. 1-4.
- "El barógrafo "Loyola", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. X, vol. XIX, 17-II-1923.
- "Recensión del "Annuaire général des universités, grandes écoles, académies, archives, bibliothèques, etc.", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. X, vol. XIX, 17-II-1923. p. 1.
- "Sinmeteoroscopo Hurtado, S. J.", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. X, vol. XIX, 17-III-1923, p. 1.
- "Recensión de "Untersuchungen über die Bodemunruhe mit perioden von 4^s-10^s in Europa" von B. Gutenberg", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. X, 5-VII-1923, p. 1.
- "A propósito de la catástrofe aeronáutica de Bruselas", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. X, vol. XX, 8-XI-1923, p. (0'5).
- "Recientes terremotos del Japón", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. X, vol. XX, 10-II-1923, pp. 1-3.
- "Recensión de "Geologische physicalische und angevandte Erdbebenkunde" von Dr. August Sieberg", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. X, vol. XX, 2-VIII-1923, p. 1.
- "Gráfica del terremoto del día 10 de julio de 1923", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, XIII, 1923, p. 85.
- "Celajes y puestas de Sol", *Revista de la Sociedad Astronómica de España y América*, XIII, 1923, p. 82.

1924

- "Le tremblement de terre de Japon (1-IX-1923)", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, 1924, p. 46-50 (pp. 1-4).
- "Phénomène géologique à Monachil", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, 1924, p. 208-212 (pp. 1-5).
- "Congresos científicos en España. Unión Geodésica y Geofísica Internacional. Segunda Conferencia", *Razón y Fe*, Tomo LXX, 1924, pp. 474-488.
- "Datos macrosísmicos para el estudio de un terremoto destructor", *Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, Salamanca. T. IV, 1924, pp. 59-63.
- "Los fenómenos geológicos de Monachil (Granada)", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XI., vol. XXI, 24-VII-1924, pp. 1-8.
- "El sismógrafo "Javier" de la Estación Sismológica de Cartuja", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. X, vol. XXI, 21-VI-1924, pp. 1-5.
- "Bendición de sismógrafos", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XI, vol. XXI, 14-VI-1924, p. (0'5).
- "II Asamblea de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XI, vol. XXII, 15-II-1924, pp. 1-8.
- "La station sismologique de Cartuja (Granada)", *Union Géophysique Internationale. Section de Sismologie. Seconde Assemblée Générale de Madrid. Octobre, 1924. Publié dans le Rapport sus l'organisation du Service Sismologique en Espagne*, Madrid, 1924, pp. 1-14.
- "La Astronomía y la Geofísica en la exposición de material docente del primer congreso nacional de educación católica", *Revista de la Real Sociedad Astronómica de España y América*, A. XIV, 1924, pp. 46-48 (pp. 1-2).
- "Phénomènes sismo-géologiques á Monachil", 1924. Conferencia ilustrada con proyecciones.
- "Le tremblements de terre du Japon (1-IX-1923)", *Materiaux pour l'Etude des Calamités*, A. I, 1924, pp. 54-60.
- "Mouvements du sol d'origine extra-seismique en général", *II Congreso de la U. G. G. I.*, Conferencia en Madrid, 1924, pp. 17-20.
- "De l'influence des mouvements du sol d'origine extraseismique sur les determinations de la latitude d'un lieu et plus particulièrement sur la "Polodie"", *II Congreso de la U. G. G. I.*, Conferencia en Madrid, 1924, pp. 121-122.

1925

- "Notes seismologiques", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, 1925, pp. 93-100 y 127-133. (pp. 1-13).
- "Los terremotos de Orihuela", *Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, Valencia, 1925, pp. 1-10.
- "La componente vertical "Belarmino" de la estación sismológica de Cartuja", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XII, vol. XXIII, 4-IV-1925, pp. 1-5.
- "Recensión de "Zeitschrift für Geophysik", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XII, vol. XXIII, 3-I-1925, p. 1.
- "Recensión de "Terremotos y aparatos para registrarlos" por Salvador García Franco", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XII, vol. XXIII, 18-IV-1925, p. (0'5).

1926

- "El XIV Congreso Internacional de Geología", *Razón y Fe*, Tomo LXXV, Madrid, Junio 1926, pp. 527-541 (pp. 1-14).
- "XIV Congreso Geológico Internacional. Madrid, 1926. Geofísica", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XVII, vol. XXVI, 31-VII-1926, pp. 1-5.
- "Los terremotos y sus efectos", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XIII, vol. XXVI, 9-16-X-1926, pp. 1-10.
- "Un pseudo sismograma interesante", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XIII, vol. XXVI, 13-XI-1926, pp. 1-4.
- "Sur quelques contributions de la Géophysique á la Géologie", *Congrés I de Géologie á Madrid*, 1926, pp. 1-3.
- "La seismicité de l'Espagne", *Materiaux pour l'Etude des Calamités*, A. III, 1926, pp. 255-265.
- "Estación Sismológica de Cartuja (Granada) a cargo de un P. de la Compañía de Jesús y su labor científica durante el año de 1926", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, Diciembre, Granada, 1926, pp. 1-3.

1927

- "Notes seismologiques", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, 1927, p. 128-136.
- "Algunos problemas de vital interés para nuestra España, relacionados con la Geofísica", *Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, Cádiz. T. II, 1927, pp. 83-103.
- "Algunos problemas de vital interés para España", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XIV, vol. XXVIII, 12-XI y 17-XII-1927, pp. 1-18.
- "El XI Congreso de la Asociación Española y Portuguesa para el progreso de las Ciencias", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XIV, vol. XXVII, 25-VI-1927, pp. 1-4.
- "Recensión de las "Observaciones gravimétricas" por B. Inglada Ors", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XIV, vol. XXVII, 1-I-1927, p. (0'5).
- "El Profesor Alfredo Quervain", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XIV, vol. XXII, 12-III-1927, p. 1.
- "La expedición del Dr. Quervain a Groenlandia", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XIV, vol. XXVII, 16-IV-1927, p. 1.
- "Recensión de "Grundlagen der Erdenkunde" von B. Gutenberg", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XIV, vol. XXVII, 11-VI-1927.
- "La XIVe Session du Congrès Géologique International (Espagne, 1926)", *Extrait de la Revue de Questions scientifiques*, avril 1927, pp. 1-12 (de Armand Renier).
- "Les études de Géophysique au XIVe Congrès Géologique International", *Extrait de la Revue de Questions scientifiques*, avril 1927, pp. 12-21.
- "Les séismographes de la station séismologique de Cartuja (Granada), extrait du *Bulletin de l'Union Géodésique et Géophysique International. Section de Séismologie*, Fasc. 4, 1927, pp. 119-131 (pp. 1-12).
- "Quelques remarques sur les accélérations maximales des différentes phases dans quelques sismogrammes", *Bulletin de l'Union Géodésique et Géophysique International. Section de Séismologie*, Fasc. 5, 1927, pp. 92-98 (pp. 1-6).
- "Les études de géophysique au XVI Congrès Géologique International", *Revue des questions scientifiques*, 1927, Avril, pp. 1-7.
- "Estación Sismológica de Cartuja (Granada) a cargo de un P. de la Compañía de Jesús y su labor científica

durante el año de 1927", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, Diciembre, Granada, 1927, pp. 1-2.

- "Terremotos en las Islas Palaos", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, Abril, Granada, 1927, 1 pág.

1928

- "La estación sismológica de Cartuja y su labor científica (1903-1928)", *Razón y Fe*, Tomo LXXXII, Madrid, Enero 1928, pp. 59 y 242, (pp. 1-16).

- "Intervención del Beato Cardenal Roberto Belarmino, S. J. en el primer proceso de Galileo Galilei", *Razón y Fe*, Tomo LXXXIV, 1928, p. 377 y Tomo LXXXV, pp. 193 y 410 (pp. 38).

- "Actual cooperación de la Compañía de Jesús a los estudios sismológicos", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XV, vol. XXIX, 28-I y 4 y 11-II-1928, pp. 1-11.

- "Emilio Wiechert (1861-1928)", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XV, vol. XXX, 20-X-1928, pp. 1-2.

- "Julio Grablowitz (1840-1928)", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XV, vol. XXX, 20-X-1928, pp. 1-2.

- "Recensión de "Seismes et sismographes" par H. Bouasse", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XV, vol. XXX, 1-IX-1928, p. (0'5).

- "Recensión de "Étude sur la pluie en China (1873-1925)" par E. Gherzi, S. J.", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XV, vol. XXX, 24-XI-1928, p. 1.

- "Un quart de siècle d'activité seismologique á Grenade (1903-1928)", *Ciel et Terre (Bulletin de la Societé Belge d'Astronomie)*, A., 1928, pp. 53-59.

- "Estación Sismológica de Cartuja (Granada), a cargo de un P. de la Compañía de Jesús y su labor científica, durante el año de 1928", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, Diciembre, Granada, 1928, pp. 1-3.

1929

- "Les preuves de la théorie wegenerienne du déplacement des continents sont elles évidentes?", *Ciel et Terre (Bulletin de la Societé Belge d'Astronomie)*, A., 1929, pp. 195-203.

- "Notas séismológicas", *Ciel et Terre (Bulletin de la Societé Belge d'Astronomie)*, A., 1929, pp. 251-258.

- "Valor de las pruebas principales de la Teoría de Wegener", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XVI, vol. XXXI, 20-IV-1929, pp. 1-2.

- "Estado actual de la determinación de epicentros", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XVI, vol. XXXI, 29-VI-1929, pp. 1-5.

- "¿Se pueden utilizar los péndulos Galitzin para el registro de terremotos cercanos?", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XVI, vol. XXXII, 28-IX-1929, pp. 1-5.

- "La Exposición Ibero-Americana de Sevilla", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XVI, vol. XXXI, 11-XII-1929, pp. 1-14.

- "Recensión de "Discurso del Sr. Inglada Ors en su recepción en la Academia de Ciencias Exactas", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XVI, vol. XXXI, 3-III-1929.

- "Recensión de "Libro en honor del Dr. D. Juan Creus y Manso", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XVI, vol. XXXI, 25-5-1929, p. (0'5).

- "Recensión de "Handbuch der Geophysik" von B. Gutenberg", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XVI, vol. XXXII, 5-X-1929, p. (0'5).

- "Estación Sismológica de Cartuja (Granada), a cargo de un P. de la Compañía de Jesús, y su labor científica durante el año de 1929", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, Diciembre, Granada, 1929, pp. 1-3.

1930

- "O estado actual da Sismologia", *Broteria (Revista contemporanea de cultura)*, XI, 1930, pp. 29-34.
- "El terremoto italiano de 23 julio 1930", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XVII, vol. XXXIV, 16-V-1930, pp. 1-2.
- "La Exposición Ibero-Americana de Sevilla, 1929-1930", *Razón y Fe*, Tomo XC, 1930, p. 524-539.
- "El P. Juan Jorge Hagen, S.J. (1847-1930)", *Razón y Fe*, Tomo XCIII, 1930, pp. 270-272.
- "P. Francisco A. Tondorf, S. J.", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XVII, vol. XXXIII, 25-I-1930, p. (0'5).
- "Recensión de "50 ans de travail scientifique de l'observatoire de Zi-Ka-Wei", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XXVII, vol. XXXIII, 15-II-1930.
- "Recensión de "Anais do Observatorio Astr. da Universidade de Coimbra", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XXII, vol. XXXIV, 7-VII-1930.
- "L'astronomie et la physique du globe á l'Exposition ibero-américaine á Sevilla, 1929-1930", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, A. 1930, pp. 11-17.
- "Estación Sismológica de Cartuja (Granada), a cargo de un P. de la Compañía de Jesús, y su labor científica durante el año de 1930", *Boletín del Observatorio de Cartuja*, Diciembre, Granada, 1930, 1 pág.

1931

- "Revue séismologique de l'année 1929", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, A. 1931, pp. 124-132.
- "El sismógrafo de registro fotográfico del P. Alfani, Sch. P.", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XVIII, vol. XXXV, 7-III-1931.
- "Notas sismológicas del años 1930", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XVIII, vol. XXXV, 16-V-1931, pp. 1-9.
- "Registro de una turbonada por meteorógrafos y sismógrafos", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XVIII, vol. XXXVI, 26-IX-1931.
- "La previsión de las olas anormales en las costas de nuestras posesiones y Protectorado de Marruecos", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XVIII, vol. XXXVI, 31-X-1931, pp. 1-2.
- "San Roberto Belarmino y el primer proceso de Galileo Galilei", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XVIII, vol. XXXVI, pp. 1-12 y 19-XII-1931, pp. 1-14.
- "Algunos problemas sismológicos", *Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, Barcelona. T. III, 1931, pp. 171-177.
- "Notas y noticias científicas", *Razón y Fe*, XCVI, 1931, pp. 350-360.
- "El P. Estanislao Chevalier, S.J.", *Razón y Fe*, Tomo XCIV, 1931, pp. 264-266.
- "Recensión de "Una rectificación de la longitud de La Paz, y otras longitudes del Continente Sudamericano" por M. Descotes, S. J.", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XVIII, vol. XXXV, 7-III-1931, p. (0.5).
- "Un petit grain blanc enregistré par des sismographes", *Zeitschrift für Geophysik*, A. VII, 1931, pp. 26-32.
- "Resumen de la labor científica de la estación sismológica de Cartuja (Granada) cargo de los PP. de la Compañía de Jesús durante el año de 1931". Mecanografiado, inédito, 1 pág.

1932

- "Arquitectura antisísmica", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XIX, vol. XXXVII, 30-I y 6-II-1932, pp. 1-10.
- "La motonave "Augustur", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XIX, vol. XXXVII, 30-IV-1932.
- "Un nuevo variógrafo", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XIX, vol. XXXVII, 14-V-1932, pp. 1-4.
- "El Instituto Vulcanológico Friedlander", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XIX, vol. XXXVII, 21-B-1932.
- "Una visita al observatorio Vesubiano", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XIX, vol. XXXVII, 25-VI-1932, pp. 1-10.
- "El Instituto de Física Terrestre de la Universidad de Nápoles", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XIX, vol. XXXVIII, 2-VII-1932, pp. 1-2.
- "Una gran fiesta marítima", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XIX, vol. XXXVIII, 5-IX-1932.
- "La Station Séismologique de la Compagne de Jesus a Cartuja (Espagne)", extrait de la *Revue des Questions*

Scientifiques, septembre 1932, pp. 247-253 (pp. 1-7).

- "Le vairographe Brebeif", *Atti della Pontificia Accademia delle Scienze*, LXXXV, 1932, pp. 220-225.
- "Notas sismológicas del año 1930", *Bolletino della Società Sismologica italiana*, Tomo XXX, 1931-1932, pp. 1-12.
- "El Instituto vulcanológico Friedlander", *Bolletino della Società Sismologica italiana*, Tomo XXX, 1931-1932, pp. 1-4.
- "La station Séismologique de Cartuja", *Ruvue des questions scientifiques*, 1932, Septiembre, pp. 247-254.
- "Le R. P. Richard Cirera, S. J. ", *Ruvue des questions scientifiques*, 1932, Noviembre, pp. 231-237.

1933

- "A exposiçao fascista", *Broteria (Revista contemporanea de cultura)*, XXXVIII, 1933, pp. 81-88.
- "El Excmo. Sr. General D. José Elola y Gutiérrez", *Atti della Pontificia Accademia delle Scienze*, LXXXVI, 1933, pp. 451-453.
- "Notas sismológicas y vulcanológicas (primer semestre de 1932)", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XX, vol. XXXIX, 21-I-1933, pp. 1-7.
- "Notas sismológicas y vulcanológicas (segundo semestre de 1932)", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XX, vol. XL, 1-VII-1933, pp. 1-8.
- "Trabajos de desecación en Italia. Las Lagunas Pontinas (Littoria)", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XX, vol. XL, 8-VII-1933, pp. 1-3.
- "El Profesor Juan Luis Palazzo", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XX, vol. XL, 22-VII-1933, pp. 1-2.
- "Una exposición única en su clase en Roma", *Razón y Fe*, Tomo CII, 1933, pp. 492-503.
- "Ciclones y otros fenómenos meteorológicos más importantes del año 1932", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XX, vol. XXXIX, 1-IV- 1933, pp. 1-3.
- "Les macroseismes à Grenade", *Atti della Pontificia Accademia delle Scienze*, LXXXVI, 1933, pp. 225-236.
- "L'enregistrements des plésioséismes", *Bolletino della Società Sismologica Italiana*, Tomo XXXI, 1933, pp. 7-21.

1934

- "La sección de Vulcanología en la Asamblea de Lisboa de la Asociación Geodésica y Geofísica Internacional", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XXI, vol. XLI, 27-I-1934, p. 1.
- "Ciclones y otros fenómenos meteorológicos más importantes del año 1933", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XXI y XXII, vol. XXII y XXIII, pp. 1-14.
- "La cooperación belga al Año Polar, 1932-1933", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XXI, vol. XLII, 20-X-1934.
- "La Sismología. Ojeada retrospectiva. Recientes progresos", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XXI, vol. XLIII, 3-X, 17-XI, 1 y 8-XII de 1934, pp. 1-15.
- "El Vesubio. El Observatorio Vesubiano", *Razón y Fe*, Tomo CIV, 1934, pp. 225-242.
- "Recensión de "Tempête sur le monde" por L. de Poncins", *Razón y Fe*, Tomo CVI, 1934, pp. 559-563.
- "Distinción al P. Guido Alfani", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XXI, vol. XLI, 20-I-1934, p. (0'5).

1935

- "El Museo Real de Arte e Historia de Bruselas", *Razón y Fe*, Tomo CIX, 1935, pp. 246-260.
- "La Exposición Universal de Bruselas", *Razón y Fe*, Tomo CIX, 1935, pp. 108-116.
- "La Exposición Universal de Bruselas", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XXII, vol. XLVI, 20-VII-1935, pp. 1-8.
- "El Museo Real de Historia Natural de Bruselas. Sección de Vertebrados", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XXII, vol. XLIV, 12-IX-1935, pp. 1-6.
- "Notas sísmicas de 1934", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XXII, vol. XLIV, 2-XI-1935, pp. 1-5.
- "El P. Buenaventura Berloty, S. J.", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XXII, vol. XLIII, 15-II-1935, pp. 1-2.
- "El R. P. Buenaventura Berloty, S. J.", *Revue des questions scientifiques*, Tomo XVII, 1935, pp. 275-277.
- "Rodolfo de Koveslighthy Rado", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XXII, vol. XLIV, 31-VII-1935, p. 1.

- "La repartition des épacentres sismiques calamiteux en Italie", *Ciel et Terre (Bulletin de la Société Belge d'Astronomie)*, A. 1935, pp. 32-34.
- "Notas sísmicas de 1933", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XXII, vol. XLIII, 9-III-1935, pp. 1-6.
- "Notas vulcanológicas de 1933", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XXII, vol. XLIII, 18-V-1935, pp. 1-5.

1936

- "El Museo del Ejército de Bruselas", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XXIII, vol. XLV, 20-VI-1936, pp. 1-2.
- "Recensión de "The Brunner focal depth time-distance chart" by G. J. Brunner, S. J. and J. B. Macelwane, S. J.", *Ibérica. Revista semanal ilustrada*, A. XXIII, vol. XLV, 2-V-1936, p. 1.
- "Apuntes de Sismología para una conferencia", Manuscrito, inédito, 7 págs.
- "Sur les causes des tremblements de terre", *Bolletino della Società Sismologica Italiana*, Tomo XXIV, 1936, pp. 87-101.

1937

- "Os jesuitas e a sismologia", *Broteria (Revista contemporanea de cultura)*, XXIV, 1937, pp. 145-153.
- "Jesuitas astrónomos", *Broteria (Revista contemporanea de cultura)*, XXIV, 1937, p. 433-457.

1938

- "La cruzada española en el mar", *Razón y Fe*, CXV, 1938, pp. 267-279.
- "Sur le tremblement de terre du Dogger Bank (7-VI-31)", *Bolletino della Società Sismologica Italiana*, Tomo XXXVI, 1938, pp. 14-17.
- "A nuestros favorecedores", Mecanografiado, inédito, 2 págs. (existen dos copias con pequeñas variantes y correcciones).

Además publicó muchos trabajos en los Boletines del Observatorio de Cartuja desde 1908 a 1931 que se calculan en total unos 65. Se titulan:

- Datos macrosísmicos y resúmenes anuales.

Obras inéditas.

- "Algunos puntos de Apologética, relacionados con las Ciencias Físico-Naturales", ejemplar mecanografiado, 36 págs.
- "La Séismicite de l'Espagne par le P. Emm. S-Navarro Neumann, S. J., Directeur de la station Séismologique de Cartuja (Granada)", publicado en parte en *Materiaux pour l'étude des calamités* (Ginebra). Mecanografiado, inédito, 7 págs.
- "La estación sismológica de Cartuja (Granada), a cargo de un P. de la Compañía de Jesús, y su labor científica (1903-1928)", Conferencia pronunciada con motivo del XXV aniversario del Observatorio. Granada, texto mecanografiado, 8 págs.
- "A nuestros favorecedores". Texto mecanografiado, 2 págs. (Hay dos versiones con pequeñas variantes).
- "Los terremotos y sus efectos", Conferencia pronunciada en el Instituto Católico de Artes e Industrias, Madrid, 1926.
- "Sobre Sismología", Conferencia pronunciada en el Observatorio de Marina de San Fernando (Cádiz), San Fernando, 1927.
- "El papel de la Sismología en el mundo actual", Conferencia pronunciada en el Centro Escolar y Mercantil de Valencia, Valencia, 1927.
- Tres conferencias sobre temas sismológicos, una en Orihuela y dos en Sevilla en 1929.



ACTIVIDAD DEL P. DUE AL FRENTE DEL OBSERVATORIO (1940-1965).

Juan de Dios Morcillo Puga - Manuel Espinar Moreno
I.A.G.P.D.S. Universidad de Granada

El Observatorio en los años cuarenta.

El 9 de diciembre de 1940 el P. Due eleva una petición al Excmo. Sr. Presidente del C.S.I.C., en Madrid, el que le dice que escribe en nombre del Rector de la Facultad Teológica y Seminario Mayor de la Compañía de Jesús de Cartuja (Granada). Le expone que es Director del Observatorio de Cartuja en las tres secciones: Astronómica, Meteorológica y Sísmica. Además, le hace notar que carece de medios económicos suficientes para sostener y ampliar los trabajos científicos del Centro. Y, por último, le suplica que se le conceda una ayuda económica para poder desarrollar su labor y una mayor colaboración con los centros nacionales y extranjeros a los que es invitado frecuentemente.

A este escrito le acompaña un presupuesto de gastos del Observatorio de Cartuja que resumimos de la siguiente manera:

1.- **Personal.** Son necesarios un *meteorólogo* y un *mecánico*. Hasta el momento estos cargos los desempeñan dos Hermanos Coadjutores de la Compañía de Jesús que no pueden dedicarse por completo a estos trabajos y, para ello, sería necesario abonar a la Compañía una cantidad para que dichos Hermanos se dediquen por entero a estos trabajos. Se necesitan además *dos auxiliares subalternos* que ayuden en los trabajos científicos leyendo los gráficos, tomando medidas y otras tareas similares, amén de los trabajos de oficina propios del Centro como intercambios con otros centros, informaciones macrosísmicas, etc. Por último, sería conveniente la existencia de *un criado* para trabajos inferiores. Los cuatro primeros percibirían una cantidad de 3.500 pesetas y, el último, 2.000 pesetas anuales.

2.- **Material.** Por haberse construido en los Talleres del Observatorio casi todos los instrumentos, principalmente los de Sismología, a veces con materiales muy deficientes, se necesitan mejores rendimientos, reformas y mejoras; completar y perfeccionar otros; motores de relojería, baterías e instalaciones eléctricas, cronógrafos, sistemas ópticos, etc. Incluyendo las tres secciones se calculan unas 6.000 pts., anuales, para esta clase de gastos y otras 1.000 para reparaciones menores y ordinarias pues la mano de obra está comprendida en el sueldo del mecánico. Al año unas 7.000 pts. en este concepto.

El material fotográfico total supone unas 3.000 pts. Los gastos de mantenimiento del edificio, la luz, el teléfono, correo, papel, etc., unas 2.000 pts. La impresión del Boletín 4.000 pts., otros impresos y gastos varios 1.000 pts. Los gastos de Personal se

elevarían a unas 17.000 pts. Todo ello, supondría un total de 34.000 pts., a las que hay que sumar otras 6.000 pts., para otros apartados del Observatorio, haciendo un total de 40.000 pts., anuales, para todo el Centro. Además le adjunta un informe sobre el Observatorio de Cartuja en el que resalta varios apartados que pasamos a enumerar y describir a continuación:

1.- **Dirección y personal.** El Observatorio es propiedad de la Compañía de Jesús y fue fundado en 1902. En estos momentos está dirigido por D. Antonio Due Rojo, licenciado en Ciencias Físicas y dedicado a este tipo de estudios desde 1925, ha visitado frecuentemente los observatorios instalados en distintos países de Europa. Tiene como ayudantes a dos Hermanos Coadjutores de la Compañía que prestan sus servicios en el Centro.

2.- La **Estación Sismológica.** Es la principal del centro y en ella prestó sus servicios como Director el P. Manuel Sánchez-Navarro Neumann durante 30 años. La importancia científica del Director y el Centro fue enorme pues colaboró asiduamente con el Instituto Geográfico y otros centros análogos del extranjero. A este se debe la construcción de sismógrafos que pueden denominarse españoles "por las mejoras con que aventajan a los modelos primitivos, y que han sido todos construidos en los talleres de la Estación Sismológica; su superioridad sobre los de otras estaciones extranjeras la muestra el resultado obtenido en sus sismogramas, como consta de la comparación de los boletines". En aquellos momentos prestaban un servicio nacional que consistía en el estudio de las gráficas, que en 1940 habían analizado 350 terremotos registrados, además de la publicación de un Boletín provisional y otro definitivo, junto con los datos meteorológicos y artículos de investigación científica en revistas nacionales y extranjeras.

3.- **Sección meteorológica.** Los datos recogidos por los aparatos y observación directa pertenecen a una estación de primera clase y se envían a entidades públicas oficiales y privadas, se atiende a consultas solicitadas eventualmente. Los trabajos sobre este apartado y los de sismología suponen más de 300 desde la fundación del Observatorio además de haber publicado el primer *Manual de Sismología* en España.

4.- **Sección Astronómica.** La actividad de esta sección ha sido algo menor por la falta de medios materiales aunque la calidad de algunos aparatos permite colaborar con otros observatorios extranjeros y ser, por el momento, uno de los mejores de España. Se cuenta con una instalación espectrográfica de potentes instrumentos.

5.- **Intercambio de publicaciones.** Las publicaciones generadas en el Observatorio tienen un total de 400 intercambios culturales en España y el extranjero. Visitas de varios millares de personas que se interesan por las actividades científicas y es uno de los lugares más visitados por los forasteros cuando vienen a Granada.

6.- **Estado económico.** Durante muchos años no recibió ayuda alguna y por ello sus actividades se han visto muy mermadas. Una subvención de 7.250 pesetas le permitió durante seis años antes de la República subsistir y continuar. A partir de 1940 sigue

colaborando y atendiendo a una parte de los gastos del Centro gracias a la subvención. Por ello se solicita que a partir de 1941 se vea incrementada. El Ayuntamiento de Granada colabora con una aportación anual que unida a la anterior suman 10.000 pesetas anuales. Según las estimaciones del Director del Instituto Geográfico Nacional serían necesarias otras 10.000 para atender a los gastos de materiales y personal subalterno pues la Compañía de Jesús pone los gastos de Dirección y otros trabajos.

El 16 de enero de 1941 desde el Consejo Superior de Investigaciones Científicas se le escribe al P. Due adjuntándole un oficio con el acuerdo de la sesión del Consejo. Le comunican que esperan la visita del P. Romaña para poder concretar la subvención que puede asignarse al Observatorio de Cartuja.

Entre la documentación encontramos el Plan de Reformas del Observatorio. El primer punto es el estado económico (1941-1946) donde destaca:

I. Estado económico (1941-1946)

A.- Ingresos anuales en firme, a cambio de los trabajos científicos y colaboración en los servicios oficiales.

Instituto Geográfico	7.250 pesetas.
Diputación de Granada	3.000 "
Ayuntamiento de Granada	2.000 "
Confederación del Guadalquivir (Sevilla)	720 "
Artículos y conferencias	1.000 "
	Total: 13.970 "

B.- Ingresos anuales que hay que justificar, por estar concedidos para gastos de personal, material y publicación del Boletín:

C.S.I.C. 16.000 pesetas¹.

La justificación se hace en esta forma:

Nómina de Salarios (Hurtado, Mart. Burgos)	7.200 pts.	10.800 ² .
Publicación del Boletín	4.800 "	8.200.
Papel fotográfico	3.000 "	3.500.
Otros gastos menores	1.000 "	1.500.
	-----	-----
Total:	16.000	24.000.

Nota: en realidad los gastos son inferiores a este total, pues sólo se paga el sueldo

¹ Debajo en letra manuscrita pone 27.000 pesetas.

² Escrito a mano junto la cantidad anterior.

del ayudante seglar, y el H. Martínez interviene sólo en cosas muy breves y poquísimas veces.

Total general de Ingresos	29.970 pesetas
Total general de Gastos reales	14.970 pesetas
Superávit medio anual	15.000 pesetas

(Esta cantidad se queda en la Procura de la Casa).

II. Estado económico a partir de 1946.

Se ha concedido (el P. Romaña, en cuyas manos está oficialmente el asunto, lo da por hecho), un aumento³ de la subvención ordinaria de 14.000 ptas. sobre las 16.000 consignadas hasta ahora; y además, con carácter extraordinario, por unos cinco años, un subsidio especial de otras 20.000, destinado a proveer el Observatorio de medios e instrumentos que le faciliten y permitan ampliar sus trabajos científicos. Con arreglo a esta concesión, habrá que justificar estas 314.000 ptas., no sólo oficialmente, por medios de facturas y otros trámites semejantes, sino también con mejoras reales y adquisiciones encaminadas a un plan más amplio de investigación principalmente en el registro y observación que le sirve de base. Con la nueva concesión se pueden realizar planes concretos y ser aprobados por el Consejo.

El Observatorio dependía hasta 1945 del Instituto Nacional de Geofísica del que recibía subvención. Ahora se trata de formar un nuevo Instituto compuesto por los Observatorios del Ebro, Cartuja, Santiago y Villafranca, bajo la dirección del P. Romaña, hasta tanto es un Instituto independiente.

III. Material.

A.- **Edificio.** Por haberse realizado recientemente obras ante la urgencia de remediar daños inminentes, se encuentran casi todos los pabellones regularmente defendidos de la intemperie y el estado general del edificio es bueno exceptuando:

1.- La *terrazza* sobre la sala meridiana donde está la escalera por cuyo hueco entra el agua y también están averiadas las compuertas del antejo meridiano. La terraza Oeste sobre la sala de Meteorología necesita arreglos para evitar las goteras.

2.- Es urgente pintar las *cúpulas*, *verjas* y otras *partes metálicas* del exterior y departamentos interiores. Tienen que realizarse obras de albañilería. Hay que elegir los colores para que no sean discordantes con el tono del edificio.

3.- *Traslado de la escalera* a la sección Sur para que salga a la salita cubierta

³ Existe una nota manuscrita que dice: *ya concedido oficialmente.*

junto a la cúpula con lo que resolverá varios problemas. En el plano se indica donde se colocará aunque requiere un pequeño cambio de tabiques, perforación del suelo de la terraza donde ha de salir y obra para sostener el suelo y techo.

4.- Bajo el punto de vista estético y para un aspecto científico es necesario reunir en un solo local apartado de lo estrictamente profesional los cuadros, aparatos poco técnicos, etc., planchas de zinc, parral, pilares exteriores,.. que hay que ver sobre un plano para distribuir el espacio de cara a los nuevos trabajos científicos que se piensan acometer.

5.- El *jardín* exige poco cuidado para mantenerlo pero no debe descuidarse.

B.- Aparatos. Estado y mejoras de los mismos.

1.- *Astronomía.* La Ecuatorial Mailhat fue desnivelada y descuidada entre 1931 y 1939 y se necesita un técnico que determine sus defectos y los corrija, sus oculares tienen defectos graves, el aparato de relojería que la mueve es antiguo y deficiente, en general es un instrumento potente del que se puede sacar mucha utilidad.

La Grubb, si se monta fija y se corrige su nivel en latitud pues está acomodada para utilizarla en Cádiz será muy práctica, manejable y prestará buenos servicios en las observaciones solares sobre las que el Observatorio realiza trabajos con abundante fruto.

El foteheliógrafo, inservible ahora, puede reanudar las fotografías solares y otras. El antejo meridiano necesita el arreglo de las compuertas y el servicio horario perfeccionado.

2.- *Meteorología.* Se pueden completar algunos aparatos que faltan y se obtendrán abundantes noticias que complementan las de las otras estaciones de la Universidad y Armilla. Las observaciones son buenas, las llevadas directamente por el H^o Hurtado como las registradas mecánicamente. Algunos aparatos registradores podían mejorarse.

3.- *Sismología.* Hay que mejorar motores de relojería de los registradores pues resta exactitud a los sismogramas. Se están arreglando las instalaciones eléctricas y la continuidad del registro a veces por la falta de fluido. En los péndulos caben reformas. Así el Berchmans como se puso de manifiesto en la Asamblea de Sismología de Alicante aprobadas por el Inspector Jefe de esta Sección del Instituto Geográfico, miembro de C.S.I.C. y Jefe de la Sección de Geofísica.

4.- Accesorios.

Completar y asegurar el buen funcionamiento de baterías para los aparatos. Instalación de radio con las modernas mejoras que permita un sistema horario digno de un Observatorio astronómico, podría funcionar el cronógrafo Ducretet que se conserva

bien para observar ocultaciones y que son solicitadas por la cooperación internacional.

IV. Trabajos científicos.

1.- Observación. Las que se hacen se publican en los Boletines y se comunican oficialmente para ser utilizados dentro y fuera de España, en especial los sismogramas desde el alto nivel del centro con el P. Sánchez Navarro.

Con el personal actual es imposible realizar mas trabajo, si se incorporan nuevos aprenderían los que el Hº Hurtado hace y los jóvenes podían estar un temporada en el Observatorio del Ebro para salir sólidamente formados. El Hº Hurtado es mayor y no puede dedicarse a otras tareas. El Director no tiene salud ni fuerzas y se dedica a los trabajos sísmicos sobre todo además de los trabajos científicos, asuntos oficiales, correspondencia y gestión en arreglos y cosas menudas. Además tiene a su cargo la sección astronómica del que tiene un ayudante que le proporciona los elementos de cálculo, además de las clases en el Colegio Máximo. Por todo ello es necesaria la incorporación de un Padre para secundarle y sustituirlo a su debido tiempo, debe ser joven con aptitudes y vocación científica. En el Ebro hay ya tres Padres con carrera de Ciencias. El elegido puede comenzar a trabajar y a publicar con un poco de dirección y ayuda.

2.- Investigación. A este fin se encamina la actividad del Observatorio: es su razón de ser. A pesar de la meritoria y científica labor del P. Sánchez Navarro se resintió de la falta de tiempo para la investigación por la falta de medios y otros aprovecharon los materiales recogidos.

En los cinco años últimos se habían realizado en Congresos unos 50 trabajos que han sido muy valorados por los elementos oficiales y científicos. Esta labor requiere estudio y tiempo.

La Biblioteca es indispensable y hay que completarla en libros y revistas, realizar fichero doble de materias y autores y en aquellos momentos tenía un total de más de 60.000 fichas y hay que adquirir nuevos muebles.

V. Pabellón espectrográfico.

Como se cuenta con estos aparatos se pueden utilizar para importantes trabajos científicos. Según la opinión del P. Romaña se necesita completar algunos aparatos y unas reformas en el edificio para su instalación, que marcamos en el plano, pues había que alargar 3 metros el pabellón Éste junto al fotoheliógrafo y modificar uno de los tabiques. Si se concede debe de tenerse en cuenta el elemento de personal.

VI. Orden de las reformas.

Las obras del edificio se atenderán a las necesidades y se llevarán a cabo en unos 5

años. El orden puede ser de la siguiente manera. En 1946 pintura general y traslado de escalera con lo que permite una nueva disposición de departamentos. Sala 1ª donde está el radio grande se pueden reunir los cuadros y aparatos de vulgarización aprovechando los lienzos de pared. El radio grande, tras su reforma, puede ir a la salita mirador junto a la radio Philips ocupando el testero de la escalera. Sería un cuarto pequeño junto al depósito de gráficas y quedaría lugar para instalación de baterías. En 1947 completar la reforma de la sala meridiana, servicio horario, ecuatoriales y Berchmans, cúpula nueva para la Grubb. En 1948 pabellón espectrográfico y fotoheliógrafo, etc.

En otro informe del 4 de Noviembre, pero sin año específico, el P. Due expone que envía la Memoria al Consejo Superior de Investigaciones Científicas y al Instituto Geográfico y Catastral, en ella se da una idea aunque incompleta del trabajo ordinario del Observatorio y las actividades científicas del Director. Suele publicar al año unas 10 ó 12 comunicaciones en revistas del Consejo y otros trabajos de investigación más serios cuando el tiempo se lo permite.

El Observatorio exige atenciones y servicios que en su mayoría están atendidas por el ayudante seglar Burgos, mientras que el Hº Torralbo atiende su salud y entre ellos se distribuyen las tareas por lo que en ocasiones el propio Director tiene que atender a muchas cosas. Estos ayudantes ayudan a preparar, ordenar y resumir datos gráficos que pasan al Director para que los analice, estudie y publique. Ayudan a la catalogación del material bibliográfico que se recibe de centros científicos de todo el mundo, clasificando las fichas bibliográficas que ascienden a unas 65.000 (labor en aquellos momentos interrumpida por la falta de personal y las abundantes tareas). Entre los trabajos que se realizan están:

- consultas y correspondencia epistolar nutrida.
- conferencias científicas en la Universidad de Granada y en otras pero muchas se rechazan pues no se pueden atender a las clases y trabajos del Observatorio.
- participación en Congresos y Asambleas científicas, dar a conocer trabajos del Observatorio, establecer relaciones útiles con personas y centros, viajes en representación del Consejo, etc.

El problema del personal. Se cuenta con el seglar Burgos "muchacho fiel y listo, bien impuesto en la técnica del trabajo ordinario, que hace a satisfacción durante mis ausencias del verano". Este se casa por lo que hay que establecerlo y ponerle un sueldo conveniente. Se necesita otro Hermano de la Compañía para que atienda lo que Burgos ya no puede, visitas numerosas los domingos, jueves y días festivos. Si el Hº Torralbo no se puede incorporar por su salud hay que pensar en designar otro que ocupe su lugar. En cuanto al Director, debe dedicarse al trabajo científico que esperan los organismos oficiales que favorecen al Observatorio con sus ayudas económicas; además de sus clases de Teología. Este aspecto se solucionaría con una suplencia; además, se necesita otro Padre de la Compañía y un estudiante, que se forme para el futuro. En el primer caso conviene que sea licenciado en alguna rama de Ciencias, pues de otra manera se necesitarían muchos años para lograr las metas previstas. El P. Due propone al P. Antonio Gimeno, que es licenciado en Química, y, que en aquellos momentos se encontraba en

Sevilla. Éste quedaría a cargo del Observatorio mientras que él iba a Estados Unidos. De no ser así quedaba sólo Burgos. Otro Hermano, que estudia 2º de Teología tenía también la licenciatura en Química, cursada en Sevilla. Se llamaba José Gallego, del que dice el P. Due que puede aprender mucho e incluso acabar Teología en el extranjero, si se le concede una beca del C.S.I.C., pues en Aragón había dos PP. que estudiaban Cosmología y otro P. que estudiaba en Toledo.

Acompaña el Estado económico del Observatorio. Este queda de la siguiente forma:

A.- Subvención anual del Instituto Geográfico	7.250 pts.	8.000
Ayuntamiento y Diputación de Granada	5.000 "	6.000
Confederación del Guadalquivir (Sevilla)	720 "	720
Total:	12.970 "	14.720

Todas ellas en firme, sin obligación de dar cuenta alguna.

B.- Subvención del C.S.I.C. 20.000 ptas, que hay que justificar.

Nómina de Salarios	7.200 pts.	10.800 ⁴ .
Boletín (impresión)	8.000 "	8.000.
Papel fotográfico	3.800 "	3.800.
Gastos menores	1.000 "	
	-----	-----
Total:	20.000	26.000.

C.- Ingresos eventuales: Colaboración en revistas del Consejo, que asciende de 1.000 a 1.500 ptas al año, subsidios extraordinarios del Consejo para ampliaciones o aparatos: "estoy negociando y espero cobrar este año 17.500 para pagar obras ya hechas (y pagadas por mi) este año, por lo que quedarán de superávit". Además, dice que había otros subsidios que estaban en negociación y podrían duplicar probablemente las 20.000 del presupuesto ordinario.

Los gastos que no quedan indicados arriba, no son muy elevados. Por tanto, queda un superávit anual, del que no se había obtenido provecho por quedarse en la procura de la casa. Esto, nos comenta, llevaba buen camino de arreglo para el futuro pues estaba negociando con los superiores que el superávit se empleara en el Observatorio. Se acompaña un plano de la cúpula y fachada del edificio para las obras a realizar.

Encontramos otro folio que dice: Observatorio de Cartuja. En él nos cuenta el P. Due que la Sección Meteorológica se reanudó tras ser devuelto el Observatorio a la Compañía, que el Hermano Hurtado continuó con sus observaciones diarias como había hecho desde la fundación, en 1902, con toda fidelidad. Recalca que se mandan notas

⁴ Escrito a mano junto la cantidad anterior.

diarias a la Radio y Prensa, que se elabora un resumen mensual de acontecimientos importantes, que se envían dos veces al día los registros al Aeródromo de Armilla y a la Jefatura del Aire por conferencia telefónica a las 3 de la madrugada. Durante la gloriosa campaña nacional se enviaban a la Aviación con previsión del tiempo a las 18 horas y a la Comandancia del Estado Mayor del Ejército del Sur, en Sevilla. Que se envía mensualmente a la Sección Agronómica de la Provincia de Granada y a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Ministerio del Aire -sección de Climatología-; y, trimestralmente, a la Dirección de Estadística de Granada. También nos relata que se estaban estudiando para publicarlos en el Boletín los fenómenos meteorológicos de fines de diciembre y principios de enero, utilizando las gráficas obtenidas con el variógrafo "Brebeuf", construido por el H^o Martínez, bajo la dirección del P. Sánchez-Navarro Neumann.

En la sección Astronómica, se publica mensualmente un artículo en la Prensa y se pasa nota a la Radio sobre acontecimientos astronómicos y actividad solar. Nos informa que a finales de Febrero se presentó una situación favorable de casi todos los planetas agrupados en una misma región del cielo, lo que dio ocasión a que jefes militares y catedráticos de Universidad pudieran observar tal evento con la Ecuatorial. Se organizaron tres excursiones para estudiar aquellos fenómenos celestes. En esta sección no se puede hacer más por falta de personal; el P. Due, además de coordinar y dirigir las tres secciones, se dedicaba a sus clases de hebreo y a las de Teodicea por enfermedad del P. Bejarano. La sección sismológica, en la que durante 30 años desarrolló su labor el P. Sánchez-Navarro, requiere una sólida labor de investigación y reclama mucho trabajo diario.

La sección Sismológica registra al año entre 300 y 400 terremotos, la mayor parte de ellos lejanos y débiles, gracias a la sensibilidad y potencia de los sismógrafos, en especial los magneto-fotográficos, fruto del ingenio y constancia del que fue su Director. El mismo día en que se registra un terremoto se transmite el resultado de un primer estudio, previa aplicación de fórmulas, tablas, correcciones horarias, etc. en telegrama cifrado al Instituto Geográfico y Observatorios geofísicos españoles. Se reciben telegramas semejantes, pero son más los datos enviados que los recibidos. Durante el mes se redacta un Boletín provisional del que se envían copias a los centros españoles y extranjeros de Francia y América desde donde se transmiten a las 350 Estaciones Sismológicas del mundo. Finalmente se publica un Boletín mensual en cuya elaboración se aprovechan los elementos suministrados por las otras estaciones y se añade información macrosísmica, investigaciones y trabajos sobre diversos problemas geofísicos de la Sismología. Gracias al Boletín se obtienen, por intercambio, muchas publicaciones con valiosas aportaciones para la biblioteca del Observatorio. Mensualmente se remite tanto a la Prensa como a la Radio una nota sismológica con lo más importante de la actividad; esta nota, a veces, se ha publicado en Madrid por intermedio de la Agencia CIFRA.

Los Datos generales sobre el Observatorio de Cartuja son:

SITUACIÓN GEOGRÁFICA: Latitud 37° 11' 24'' N. Longitud 14 m. 23,5 s. W de Greenwich. Altitud 774,37 m. Propiedad de la Compañía de Jesús y dependiente del Colegio Máximo y Facultad Teológica de Cartuja y Seminario Mayor diocesano de Granada, Jaén, Almería y Guadix.

Director: P. Antonio Due Rojo, S.I., licenciado en Ciencias Físicas y Profesor de Filosofía en el Seminario Mayor.

Auxiliar en la sección de Astronomía: P. Javier Criado, S.I., Profesor de Ciencias en el Seminario Mayor.

Ayudantes: en las secciones de Astronomía y Meteorología: Hº. Luis Hurtado García, S.I.; y en la sección de Sismología: Hº Juan Francisco Martínez Dornacu, S.I.

Instrumentos de la Sección Astronómica.

- Ecuatorial Mailhat; distancia focal 5,35 metros, abertura 35 cms. Dispositivo fotográfico, espectroscópico, etc.

- Ecuatorial Grubb, distancia focal 2,40 mts, abertura 15,2 cms.

- Fotoheliógrafo con montura ecuatorial, bajo cúpula independiente.

- Telescopio Foucault, 0,60 mts., distancia focal y 9,0 cms abertura.

-Espectrógrafo Littrow con celóstato Steward, tubos Plücker para espectros comparación, dispositivo fotográfico y accesorios.

- Anteojo meridiano Mailhat, objetivo de 5,8 cms. ocular nadiral y cenital, mira y lente acimutal de 72 mts de distancia focal.

- Péndulo sideral cronógrafo Richard.

- Cronógrafo Richard para contactos de observación.

-Cronómetro Rosquel.

-Teodolito, sextantes, horizonte artificial, octante, etc.

- Altacimut Salmoiraghi portátil para observaciones de campo.

- Aparato de Radio de 7 lámparas Ducretet y otro de 5 Philips, para señales horarias.

- Cronómetro eléctrico cronógrafo y de marina Reid.

- Macromicrómetro Hilger.

Instrumentos de la sección meteorológica.

- Barómetro normal con catetómetro Ducretet.
- Barómetro Fortin.
- Aneroide.
- Barógrafo Richard
- Variógrafo "Brebeuf" para variaciones rápidas de presión.
- Colección de aparatos registradores en el campo meteorológico para temperatura, humedad, lluvia, etc.
- Anemómetro y anemocinómetro Richard.
- Panarémógrafo eléctrico "Hurtado".
- Faroanemómetro y sinmeteorómetro "Hurtado".
- Hormanemógrafo "Hurtado" para el registro de ráfagas de viento.
- Pirheliómetro Ångström.
- Electrómetro Geltel Elster.
- Galvanómetro y accesorios.
- Horquilla Besson.
- Nefoscopio Schlein.
- Cuadrante de nubes.

Instrumentos de Estación Sismológica.

- Péndulo Bifilar "Cartuja" de 240 kgs. N-S.; ídem E-W; ídem vertical de 380 kgs.
- Péndulo "Berchmans" de dos componentes, con 4260 kgs de masa; todos los registros mecánicos.

- Componente vertical "Belarmino"; horizontales "Canisio" N-S y E-W; todos de registro magneto-fotográfico.

- Cronógrafos Leroy eléctrico, Bosch y Mailhat mecánicos.

Todos los aparatos que van entrecomillados fueron construidos en el Observatorio de Cartuja, según el padre Due.

Entre las publicaciones destaca: **Boletín del Observatorio de Cartuja**, publicación mensual desde 1903. Libro del P. Manuel María Sánchez-Navarro Neumann: *Terremotos, Sismógrafos y Edificios. Manual de Sismología* (1916). Además de unos 300 trabajos científicos de R. P. Manuel M^a Sánchez-Navarro hasta 1940 y 25 trabajos del actual Director hasta 1941.

El 6 de agosto de 1941, D. Víctor Navarro, del cuerpo de Ingenieros Geógrafos, escribe al padre Due y le dice que recibió su carta de 28 de julio, en la que solicita noticias del libramiento de la subvención. Consultado el libro de registro, se había dado orden de salida de fecha de 27 de junio y, añade, que la orden estaba dada para que la Delegación de Hacienda de Granada librase el dinero con fecha de 7 de julio, con mandamiento de pago núm. 203. Con esta información debe de hacer la reclamación correspondiente a dicha Delegación.

El 3 de septiembre del mismo año, D. Félix Campos, remite un ejemplar del segundo tomo del *Catálogo Sísmico*, de D. José Galbis Rodríguez, Inspector General del Cuerpo de Ingenieros Geógrafos y editado por los talleres de la Dirección General. Al día siguiente se envía la misma carta sobre el mismo asunto.

El 2 de octubre D. Manuel de Cifuentes escribe al padre Due dándole las gracias por el libro *Dios y la Ciencia*. El día 3, D. Félix Campos, reitera en otra carta las gracias por el envío del libro.

El 7 de octubre, D. Félix Campos, escribe de nuevo al padre Due comunicándole que en el periódico YA de 30 de septiembre aparecía una información que le acompaña. Le dice que supone que es ajeno a ella y que no refleja lo ocurrido en la Asamblea Sismológica de Alicante organizada por el Instituto Geográfico por si estimaba oportuno hacer alguna rectificación. La comunicación del periódico dice así:

"Asamblea de los Directores de los Observatorios de toda España. Se discutieron las últimas investigaciones sobre sismología. Alicante, 29.- Los directores de los Observatorios sismológicos de España se han reunido esta tarde y por primera vez, en asamblea en la estación sismológica de esta capital. Presidió el director del Observatorio de Granada Revdo. Padre Antonio Due, de la Compañía de Jesús. En la primera reunión se han expuesto brillantes trabajos relacionados con las últimas investigaciones en sismología y se han discutido interesantí-

simos temas científicos. También han sido examinados los aparatos que, bajo la dirección del ingeniero director de la estación de Alicante, han sido construidos recientemente. Mañana, en una segunda asamblea, quedará clausurado este breve cursillo de los directores de Observatorios de España. Cifra.

Es copia (Del periódico "Ya" de fecha 30 de Septiembre 1941)".

El 8 de Octubre escribe el padre Due al Director del diario YA donde la expone que ha tenido conocimiento de la publicación de una nota de fecha de 30 de septiembre sobre la Asamblea de Directores de Observatorios Geofísicos celebrada en Alicante "*en que se afirma haberse celebrado dicha Asamblea bajo mi dirección*". La iniciativa y dirección fue obra del Instituto Geográfico, Estadístico y Catastral y se dignaron invitarlo como a otros directores de la Red Sismológica Española y a los de carácter privado. Le pide que rectifique y se diga que la dirección de la citada Asamblea estuvo a cargo del Excmo. Sr. D. Manuel Cifuentes, Inspector General jefe de la Sección 1ª del Instituto Geográfico. Asimismo, le pide también que sea informado de cuando iba a salir la nota y le envíe un ejemplar del número del periódico.

El 13 de octubre escribe D. Félix Campos al padre Due diciendo que recibió la carta de 8 de octubre donde le acompaña copia del escrito enviado al periódico Ya y que reflejan las suposiciones que tenían en el Instituto por lo que le agradecen el interés que ha puesto en que se haga la oportuna rectificación y se subsanen los errores de la información anterior.

El 22 de noviembre de 1941 D. José Mª Albareda y Herrera escribe al P. Due desde el Ministerio de Educación Nacional agradeciéndole el envío de su libro *Dios y la Ciencia* y le dice que se le ha concedido una subvención de 5.000 ptas.

El 31 de diciembre de 1941 D. Félix Campos escribe enviando al padre Due, Director del Observatorio Geofísico de Cartuja, un ejemplar del *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid* para 1942.

Las noticias de 1942, que conocemos, son las siguientes. El 10 de febrero de 1942 el padre Due envía una instancia para cobrar la subvención del año 1941. El 2 de junio envía otra al Jefe de Contabilidad de la sección 1ª del Instituto Geográfico para que le envíe las instrucciones e indicaciones necesarias para cobrar la subvención. El 11 de junio recibe contestación de D. Víctor Navarro donde le dice que desde el 13 de marzo se extendió el libramiento y mandamiento de pago nº 168 por valor de 1.812'50 pts correspondiente al primer trimestre y el 30 de mayo el segundo con igual cantidad y nº 342. Le dice que se dirija a la Delegación de Hacienda con estos datos y pregunte las razones por las que no se hacen efectivas estas cantidades.

El 25 de Mayo de 1942 don Rafael de Balbín Lucas, Vicesecretario escribe al P. Due diciéndole que no reciben en el Consejo con regularidad los ejemplares del Boletín del Observatorio. Le ruega en nombre del Ministro de Educación Nacional que le envíen de 25 a 30 ejemplares de cada número no para la venta sino para intercambio con el

extranjero y otros servicios culturales gratuitos. El 30 de Mayo contesta enviando carta y ejemplares del Boletín desde 1939 y explica que enviaba 50 ejemplares al Instituto Nacional de Geofísica por lo que creía que éste remitía algunos al Consejo y al Ministerio. Además le comunica que el número de ejemplares se ha restringido notablemente por el problema del papel pues solo el año pasado le dieron 5 kilos mensuales y en la actualidad subieron a 20 que en realidad con los descuentos quedan en 12 por lo que sólo se pueden imprimir 200 ejemplares completos y otros 200 en tirada aparte con el Boletín Sísmico. Por todo ello los intercambios se habían visto mermados y sólo le puede enviar 24 ejemplares de cada tirada, es decir 12 del Boletín completo y otros 12 de tirada aparte.

El 29 de septiembre don Rafael de Balbín escribe diciendo que se iba a celebrar el III Pleno del Consejo, que en el mismo se elaborarían algunas normas para la confección de las Memorias de los Institutos, y que en su momento le enviaría dichas normas. Éstas fueron enviadas el 31 de octubre y constan de cuatro puntos: se expondrán las actividades realizadas, planes y proyectos futuros, relación de acuerdo a la importancia, memoria con los miembros directivos, etc. y todo se remitirá a la Secretaría General del Consejo antes del 30 de octubre. El 3 de diciembre envía don Rafael Balbín dos ejemplares del suplemento SI dedicado al Consejo.

El 17 de noviembre de 1942 el P. Due escribe al Sr. Albareda enviándole una reseña a la vez que le comunica que ya entregó los datos de la Memoria que le habían solicitado.

El 17 de febrero de 1943 se envía instancia del padre Due para la subvención del año 1942 por valor de 7.250 pts., y se adjuntan los trabajos realizados en este año. Otra carta de 23 de febrero de 1943 de D. Félix Campos vuelve a poner de manifiesto que en Madrid habían dado órdenes de que la Delegación de Hacienda de Granada librara trimestralmente las correspondientes cantidades que corresponden por la subvención al Observatorio de Cartuja.

El 27 de marzo de 1943 don Rafael Balbín comunica al P. Due que en la sesión del Consejo Ejecutivo celebrada el 13 del mismo mes se había aprobado que en las revistas dependientes de aquel se pudieran insertar anuncios siempre que se sujetaran a las condiciones siguientes: congruencia con la materia tratada, decorosa presentación del reclamo y contenido, conformidad previa del Jefe de Publicaciones, entrega al Agente de Publicidad del 25% del importe, esto se puede hacer en los Institutos en los anuncios conseguidos directamente, los precios se atenderán a la tarifa adjunta, etc.

En el año 1943 se cita como personal subalterno a Luis Hurtado García, Juan Francisco Martínez Dornacu, Luis Fernández Rodríguez para observaciones solares y perheliométricas, mecanografía e interpretación de sismogramas y a Manuel Pertíñez Muñoz, cambio de bandas en todos los registros mecánicos, revelado de los fotográficos y mecanografía. En 1944-45 entre el personal se cita a D. Manuel Pertíñez Muñoz, auxiliar en diversos servicios, mecanógrafo, encargado de las observaciones solares y cambio de

bandas.

Otra instancia semejante se envía el 24 de enero de 1944 a la que acompañan los trabajos de 1943.

El 17 de febrero de 1944 don Rafael Balbín envía dos ejemplares del Boletín Bibliográfico editado por el C.S.I.C. al Observatorio. El 10 de marzo envía de este mismo Boletín otros 5 ejemplares para que se le de divulgación. El 17 de marzo solicita que envíen las publicaciones de libros y revistas que estén en prensa para incluirlos en el Boletín del Consejo. El 22 de marzo escribe el P. Due diciendo que tienen varios artículos y libros en prensa.

El 14 de abril vuelve a enviar don Rafael Balbín otros 5 ejemplares del Boletín Bibliográfico del Consejo núm. 3. El 24 de abril el propio don Rafael Balbín escribe diciendo que se había decidido por la Superioridad la expedición de carteras de identidad para los miembros directivos de todos los Institutos del Consejo, y, que, por tanto, necesitaba que le remitieran relación duplicada de los miembros y cargos así como una fotografía de los interesados. Se refiere al Director, Vicedirector, Secretario y Vicesecretario. El 26 de abril el P. Due envía la documentación solicitada. Sólo compete al P. Due la normativa. El 3 de mayo escriben diciendo que habían recibido la documentación y que enviarían el carné de identidad desde el Consejo.

El 23 de mayo reciben el Boletín Bibliográfico núm. 4. El 14 de junio recibe el carné de identidad firmado por el Secretario general por lo que solo queda la firma del P. Due para que tuviera la validez expresada. El 23 de octubre recibe varios ejemplares del Boletín Bibliográfico recientemente aparecido. El 12 de diciembre de nuevo le envían otros ejemplares del Boletín Bibliográfico.

El 10 de junio de 1944 vuelve a escribir al Sr. Albareda dándole las gracias por comunicarle el nombramiento del P. Sarasola como Director del Observatorio de Belén pues no sabía nada de él desde 1935. En escrito de 3 de junio se da el nombramiento del P. Simón Sarasola y Areizaga que le envía para que lo conozca. El 1 de julio le agradece Albareda unas publicaciones enviadas.

El 23 de diciembre de 1944 D. Félix Campos remite para la biblioteca del Observatorio de Cartuja un ejemplar de la obra *Proyecto General de establecimiento de la Sección Geoeléctrica* publicada por el Instituto Geográfico.

El 29 de enero de 1945 el Sr. Albareda escribe al P. Due comunicándole que algunos Institutos han organizado actos sin dar conocimiento al Consejo por lo que le ruega que en adelante envíe a la Secretaría dos ejemplares de las invitaciones, programas y cualquier clase de impresos que se realicen. El 30 de octubre de nuevo le escribe comunicando que el Presidente de la Pontificia Academia de Ciencias se había dirigido al académico D. José García Siñeriz para que realizara un informe de la labor realizada en España desde 1939 a 1945. Le pide un informe completo de lo realizado por el

Observatorio y nombre de otros profesores extranjeros que hayan realizado aquella labor. Le envía escrito de la Pontificia Academia Scientiarum de 6 de Agosto. En el escrito se dice que es deseo del Santo Padre conocer las informaciones científicas internacionales de las que obtener una poderosa ayuda en la reanudación pacífica de las relaciones entre los pueblos, nuevas adquisiciones para el saber humano, etc. por lo que se solicitan trabajos desde 1939. Los informes sobre uno o varios países donde se recopilen los trabajos de las principales revistas y se dan normas para enviar y confeccionar el informe: desde 1 de enero de 1939 hasta la fecha del informe, resumen sintético de la rama de la ciencia estudiada, resultados obtenidos y bibliografía con el mayor número de trabajos convenientemente clasificados.

El 29 de enero de 1945 se envía instancia para la subvención de 1944 y se adjuntan los trabajos realizados hasta aquel momento. El 27 de febrero el padre Due, de 47 años, envía una instancia al Instituto Nacional de Geofísica donde le expone que en la Universidad de Madrid se encontraba el título de licenciado en Ciencias Físicas, solicitando que envíen el título a la Universidad de Granada para recogerlo.

El 3 de abril de 1945 don Rafael Balbín envía el último número del Boletín Bibliográfico al P. Due. El 18 de mayo le envía otra vez 5 ejemplares del núm. 12 del Boletín Bibliográfico. El 12 de junio don Rafael Balbín escribe comunicando que hay dificultad para adquirir cartulinas por lo que en adelante éstas sólo se utilizarán en los artículos largos, y, que, en adelante, la Vicesecretaría centralizará los grabados publicados en libros y revistas y gestionará la ejecución de mapas de las publicaciones del Consejo.

El 8 de mayo D. Félix Campos envía un ejemplar de las *Memorias de este Instituto Geográfico y Catastral*, Tomo XVI, primera y segunda parte.

El 29 de mayo de 1945 D. Aureliano Hernández escribe al padre Due y le dice que, por encargo del Ingeniero Jefe de la sección 1ª, le comunica que con fecha de 4 de febrero se recibió la instancia de la subvención y que se informó favorablemente. A partir del 21 de febrero se dispuso por la Sección de Contabilidad el libramiento para que la Delegación de Hacienda de Granada pagara la 7.250 pts., que figuraban como subvención al Observatorio de Cartuja. De igual manera le dice que pase por la Delegación de Hacienda para cobrar dicha cantidad y que se había dispuesto que la subvención se cobrara de una sola vez y no por trimestres, como se había hecho hasta aquel momento.

El 10 de octubre D. Félix Campos, en una carta, agradece al padre Due el envío de dos publicaciones.

El 5 de diciembre de 1945 se escribe al P. Due comunicándole que el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en su sesión del Consejo Ejecutivo de 24 de noviembre, acordó que el Instituto Nacional de Geofísica se pudiera dedicar a los problemas de la economía patria y, por ello, los Institutos dependientes del patronato Juan de la Cierva, entre ellos el de Cartuja, Ebro, Santiago y Villafranca de los Barros, pasen al Patronato Alfonso X el Sabio continuando con la labor que hasta entonces tenían.

El 22 de enero de 1946 se le comunica la creación en París de un servicio de erudición, *Le courrier des erudits*, con un Boletín Oficial para eruditos e investigadores y le envían la dirección: Bulletin Officielle. Ministère de l'Éducation National, 110 rue de Grenelle. El 13 de junio se comunica a D. José Alonso Burgos que con fecha de 6 del actual se le nombra ayudante del Observatorio de Cartuja con el sueldo de 2.400 ptas anuales que recibirá desde el pasado mes de abril por lo que debe de comunicar su toma de posesión. El 12 de junio D. Manuel Pertíñez Muñoz comunica que al ser incorporado a filas el ayudante Alonso Burgos se daba por terminado el nombramiento de Ayudante del Observatorio con efectos de 31 de marzo. El 4 de octubre se constituye la Delegación del Consejo en Granada y se nombra al P. Due como vocal de la misma. La Delegación de Granada queda de la siguiente forma: Presidente: D. Antonio Marín Ocete, Vicepresidente: D. Carlos Rodríguez López-Neira, Secretario: D. Enrique Gutiérrez Ríos, Vocales: D. Antonio Gallego y Burín, D. Luis Seco de Lucena y Paredes, R. P. Antonio Due Rojo y D. Emilio Muñoz Fernández.

También el 4 de febrero de 1946 se envía la instancia solicitando la subvención del Observatorio y se acompañan los trabajos realizados. El 21 de octubre D. Félix Campos remite dos ejemplares de la obra *Fenómenos de Laroya* editados por el Instituto Geográfico. El 20 de diciembre le envía D. Félix el *Anuario del Observatorio Astronómico* del año 1947.

El 21 de octubre de 1946 don Rafael Balbín escribe comunicando la celebración del VII Pleno del Consejo y le pide que envíe los libros que tiene en prensa o estén pendientes de publicación para preparar con tiempo las encuadernaciones correspondientes. Contesta el P. Due diciendo que no tenían ningún libro pendiente y los artículos ya habían sido entregados a las revistas pertinentes. El 11 de noviembre se comunica que en adelante los libros tendrán una tirada de 2.000 ejemplares y, cuando sea menor, se comunicará al Consejo para que lo vea la Junta de Publicaciones. El 18 de Noviembre le solicitan la Memoria del Instituto. El 22 de ese mismo mes se le comunica que para remediar el extravío de revistas y libros se había organizado un centro de reclamación oficial, en adelante las reclamaciones que reciban se enviarán a la Jefatura de Publicaciones. Con la misma fecha se le comunica que la tirada de 2.000 ejemplares se refiere sólo a libros pues las revistas deben de tener una edición de 1.200 ejemplares como máximo. El 28 del mismo mes de noviembre se le comunica que han recibido la memoria del Observatorio durante 1946.

El 7 de enero de 1947 envía la instancia de la subvención para el Observatorio así como de los trabajos realizados en 1946.

El 11 de febrero de 1947 se le solicita que envíe los libros para publicar para incluirlos en el catálogo. El 17 del mismo se envía lista de publicaciones del Observatorio que incluye el Boletín del año 1944 y los trabajos geofísicos Serie B, núm. 1. El 29 de marzo don Rafael Balbín escribe diciendo que dada la escasez de papel y cartulina habían acordado enviar sólo 25 separatas a cada autor y sólo tendrán cartulina los que excedan

de 40 págs.

El 20 de febrero de 1947 se comunica que en acuerdo de 23 de enero, a propuesta del Patronato "Alfonso X el Sabio", se otorga un crédito de 20.000 ptas. para los gastos del Observatorio durante el ejercicio económico de 1947. El 22 de octubre la Sesión del Consejo celebrada el día 20 acordó que constará en Acta el sentimiento del propio Consejo por el fallecimiento del H^o Luis Hurtado, Ayudante del Observatorio.

El 28 de abril de este año D. Guillermo Sans, Jefe de la sección 1^a del Instituto Geográfico y Catastral, escribe al padre Due diciéndole que la Embajada del Perú en España ha solicitado al Ministerio de Asuntos Exteriores que se le faciliten los datos y análisis de los sismogramas referentes al terremoto ocurrido a las 17 h. 42,8 m. de T.G.C. del 10 de Noviembre de 1946 en el Perú para enviarlos al Instituto Geológico de aquel país. El Ministerio de Asuntos Exteriores se ha dirigido a esta Dirección para que los observatorios españoles le faciliten los citados datos. Le pide que si de los sismogramas de Cartuja se pueden obtener noticias las envíe.

El 20 de octubre se le comunica que se celebrara la VIII Reunión Plenaria del Consejo por lo que se le piden las Memorias parciales que debe enviar antes del 1 de diciembre. El 1 de Noviembre le solicitan que comunique los libros que proyecta enviar pendientes de impresión. El 3 de noviembre le comunica que en adelante todos los intercambios deben de comunicarse al Jefe de la sección en la calle Serrano, 121. El 21 de Noviembre contesta el P. Due a don Rafael Balbín comunicando que los libros son los siguientes: 1 volumen de 35 × 24 del Boletín del Observatorio de Cartuja y 1 volumen de 24 × 17 de publicaciones del Observatorio. Además, le comunica que no se llama Observatorio Geofísico como escribe el Consejo pues excluiría la Sección Astronómica. El mismo día le comunica que habían recibido la Memoria de los trabajos realizados en el Observatorio. El 11 de diciembre el P. Due escribe a don Rafael Balbín diciéndole que para la encuadernación en orden a la ofrenda del Jefe del Estado le ruega que le comunique la fecha para enviar las publicaciones con tiempo suficiente pues había intentado hablar por teléfono varias veces con él con un resultado negativo. El 16 de diciembre le contestan que puede enviar publicaciones hasta el 10 de enero pues a partir de ella no se podrían encuadernar debidamente. El 19 de diciembre se le comunica que la Superioridad había ordenado que los sellos del Consejo queden reducidos a los seis modelos que se envían por lo que cada Instituto debe de elegir uno de ellos para que sea diseñado por el dibujante para autentificar los documentos oficiales dimanados de los Centros. Le pide que comunique el sello a la Vicesecretaría.

El 4 de enero de 1948 envía la instancia pidiendo la subvención y acompaña relación de trabajos de 1947. El 21 de junio D. Félix Campos agradece el envío de los ejemplares del *Boletín Mensual del Observatorio de Cartuja* al Instituto Geográfico.

El 31 de enero de 1948 el Consejo Ejecutivo concede al Observatorio máquinas de sumar, calcular y escribir y se le dan instrucciones de cómo debe de presentar las facturas. El 14 de febrero se nombra al R. P. Antonio Gimeno Riutort, S. J. como

Vicedirector del Observatorio, tomando posesión del cargo el 18 del mismo mes. El escrito está firmado por el P. Due y por el Presidente de la Delegación D. Antonio Marín Ocete.

El 3 de abril de 1948 le comunican que cuando se publique algo fuera del Consejo soliciten tres presupuestos de imprentas diferentes y lo den a conocer al Consejo. El 21 de Junio le escribe don Rafael Balbín al Secretario del Observatorio de Cartuja enviándole recibo y factura por el dibujo y confección del sello de caucho del Observatorio para que lo autoricen con la firma y lo devuelva para su trámite. El 24 de junio se envía el sello y lo que cuesta, este por el dibujo, etc., 235 ptas y la confección 27,15 ptas. El 1 de septiembre don Rafael Balbín vuelve a escribir diciendo que se aprobaron las tarifas para el pago de traducciones de obras científicas y técnicas que queda así: de lenguas románicas a tres céntimos la palabra, del inglés a cuatro céntimos y de los idiomas clásicos y alemán a seis céntimos. El 27 de octubre de nuevo comunica que la carestía y escasez del papel para libros y revistas lleva a suspender muchas publicaciones y en adelante será la Oficina de Publicaciones quien estudiará cada caso concreto. El 1 de noviembre le solicitan que envíe los libros y publicaciones pues se iba a celebrar la IX Reunión Plenaria. El 16 de noviembre el P. Due contesta solicitando la dirección de la Oficina de Publicaciones. El 26 de noviembre se le piden las Memorias parciales que deben enviar antes del 26 de diciembre en donde se especificará el personal directivo y sus modificaciones, estructura del Instituto y sus modificaciones, actividades generales: labor investigadora general, publicaciones, libros, revistas, bibliotecas, ficheros y material de investigación, asambleas nacionales, reuniones, conferencias y seminarios, otras actividades y noticias, congresos en el extranjero, pensionados, intercambios de publicaciones y de material científico, visitas de profesores extranjeros, actividades especiales de cada sección.

El 18 de diciembre contesta el P. Due enviando la Memoria de la labor científica realizada durante 1948 y le dice que las publicaciones son el Boletín de 1947 y otras publicaciones las tiene preparadas a la espera de algunas que tiene que enviarle el P. Romaña. Le pide el favor de que le comunique cuando se celebrará el Pleno del Consejo pues debe de preparar el viaje. El 22 de diciembre le escribe don Rafael Balbín diciendo que había recibido la Memoria y que le comunicará con antelación suficiente cuando será el Pleno. El 28 de diciembre le vuelve a escribir al P. Due diciendo que se había acordado que en 1949 los Institutos recibieran el 50% de la recaudación líquida de los libros y revistas para que siguieran editando y le envía relación de publicaciones de la Junta para Ampliación de estudios.

El 18 de octubre de 1948 el padre Antonio Gimeno Riutort, vicedirector del Observatorio de Cartuja, escribe al Jefe de Contabilidad de la sección 1ª del Instituto Geográfico en la que le comunica que por orden del padre Due, que había marchado a Norte América, dejando un poder para cobrar la subvención no lo pudo hacer por no encontrarse el dinero en Granada. Consultado el asunto con el padre Due le dice que le escriba comunicando lo ocurrido.

El 3 de noviembre D. Guillermo Sans escribe al padre Antonio Gimeno Riutort, S.J., diciéndole que en ese mes se libra la subvención igual que a las del Tibidabo (Barcelona) y la Universidad de Valencia.

El 16 de noviembre escribe el padre Due a D. José Galbis contándole que ha estado en Estados Unidos durante siete meses enviado por la Junta de Relaciones Culturales del Ministerio de Asuntos Exteriores. Le dice que le seguirá enviando las publicaciones y que había saludado a D. Vicente Inglada con el que cambió impresiones sobre los trabajos científicos del Instituto Geográfico. Además le enviará los trabajos de sus ayudantes en los que tenía grandes esperanzas, especialmente en el padre Antonio Jimeno Riutort, que era ya Vicedirector, y José M. Gallego Vázquez, S. J., pues ambos tienen buena preparación y han acabado la carrera de Ciencias.

El 20 de diciembre D. Félix Campos envía al padre Due el *Anuario del Observatorio Astronómico* del Instituto Geográfico para el año 1949.

El 21 de enero de 1949 el padre Due envía la instancia para la subvención de 8.000 pts. Destinada al año y adjunta los trabajos realizados en 1948.

El 30 de enero de 1949 desde el Observatorio se solicitan algunos libros a la antigua Junta de Ampliación de Estudios que enumeramos: Dantín Cereceda, J.: *Evolución y concepto actual de la Geografía*. Obermaier, Hugo: *Los glaciares cuaternarios de Sierra Nevada*. Cabrera, B.: *La génesis de los elementos químicos*. Fernández Alcaraz, V.: *Eclipse total de sol de 21 de Agosto de 1914*. Guzmán, J.: *Resistencias eléctricas graduadas y Resistencias eléctricas regulares y fijas hechas con grafito*. Nolke, Federico: *Hipótesis geotectónicas*.

El 12 de febrero de 1949 se concede una subvención de 28.000 ptas para el ejercicio económico de este año. El 4 de abril el P. Due escribe a D. José M. Albareda solicitando ampliación del crédito para poder hacer frente a otros gastos entre los que destacan las publicaciones de números atrasados. El 11 de este mismo mes recibe contestación diciendo que es imposible ampliar el crédito a no ser que se dedique a la adquisición de material científico. Le gustaría concederlo pero las cifras son inflexibles.

El 25 de abril el vicecónsul de los EEUU Robert L. Yost escribe al padre Due dándole las gracias por un envío del día 24 en que le manda por telegrama los datos del terremoto registrado en el Observatorio de Cartuja y que este los mande a Washington al departamento de Estado.

El 5 de marzo don Rafael Balbín le envía escrito diciendo que se ha facilitado el suministro de papel y que le envíen relación de obras para publicar, a ser posible todo se deberá enviar antes del 15 de marzo. El 14 de junio le envían 3 ejemplares del Boletín Bibliográfico del Consejo. El 1 de Diciembre de este año envían relación de publicaciones desde el Observatorio diciendo que son el Boletín Mensual del año 1946 y publicaciones del Año III, 1949. Le contesta a la petición del 19 de noviembre. El 28 de

diciembre envía el P. Due la *Memoria* de los trabajos de este año y una serie de publicaciones para que se encuadernen.

El Observatorio en los años 50.

El 2 de enero de 1950 se envía la instancia de la subvención de 1950 adjuntando los trabajos de 1949. El 10 de enero de 1950 le solicitan el envío de la *Memoria* del año 1949, que se incorporara a la de 1948, que ya estaba en prensa. El 14 de enero contesta diciendo que habían remitido la Memoria a D. Rafael Balbín en diciembre pasado pero que le envía otra copia. Le dice que el nombre del Observatorio a veces aparece como Observatorio Geofísico de la Cartuja cuando en realidad es Observatorio de Cartuja. En otro escrito de 14 de enero le solicitan que envíe una *Memoria* con el resultado de los 10 años del Consejo y que redacte lo correspondiente al Observatorio siguiendo las normas que se adjuntan. El 20 de este mes recibe acuse de recibo de la *Memoria* y que tratará de arreglar el nombre del Observatorio para que no aparezca cambiado en los documentos. El 31 de enero se envía escrito donde se ordena que en adelante aparezca con el nombre de Observatorio de Cartuja. El 26 de octubre se le comunica que la Academia de Ciencias de París remite lista de revistas entre las que se encuentran los Boletines del Observatorio de Cartuja, debe de enviar 5 ejemplares para intercambios. El 31 de octubre el P. Due escribe a Albareda preguntándole desde qué fecha enviaba los Boletines, a dónde y la sección de intercambio, etc.; el 28 de noviembre le escribe Albareda pidiéndole 12 ejemplares de la serie completa.

Volviendo al 10 de enero de 1950 recibe escrito de haber recibido la Memoria. El 2 de marzo se le comunica que se está preparando el X Pleno del Consejo y se están encuadernando las publicaciones para entregarlas en la clausura al Jefe del Estado. Le pide que le envíe las publicaciones para encuadernarlas. Al día siguiente le comunica que los presupuestos pedidos para la edición de libros tienen que contemplar lo siguiente: tamaño del libro, dimensiones del papel, cuerpo, caja, precio del pliego de 16 páginas para 1.000 ejemplares y sucesivos, encuadernación rústica, cubierta a dos colores, número de pliegos de la obra, importe total aproximado, pruebas de composición, con caja completa, de la página.

El 22 de marzo escribe el P. Due a don Rafael Balbín enviándole algunas publicaciones para que las añadan a las ya remitidas antes y le dice que meta otros tres artículos de revistas del Consejo que todavía no le han llegado por las dificultades que ya conoce. El 18 de diciembre le comunican cuándo se reunirá la XI Reunión Plenaria y envíe relación detallada de las publicaciones realizadas durante aquel año. El P. Due contesta el 24 de diciembre a lo solicitado y le pregunta la fecha de la reunión. Entre las publicaciones del Observatorio le envía el *Boletín Mensual* de 1947, 1948 y 1949 y otras publicaciones de astronomía y geofísica.

El 20 de diciembre de 1950 D. Félix Campos remite el *Anuario Astronómico* del Instituto Geográfico para el año 1951.

El 8 de enero de 1951 se entrega la instancia para la subvención de las 8.000 pts para aquel año y se adjuntan trabajos del 1950.

El 9 de enero de 1951 don Rafael Balbín solicita le envíen las publicaciones para prepararlas y encuadernarlas con el fin de entregarlas al Jefe del Estado. El 11 de enero contesta el P. Due enviando tres volúmenes de publicaciones para su posterior encuadernación. El 18 de enero recibe contestación diciendo que se han recibido las publicaciones. El 29 de enero don Rafael Balbín dice que se ha fijado el XI Pleno para el 3 de febrero por lo que solicita que le comuniquen qué persona se encargará de la entrega de las publicaciones del Observatorio.

El 1 de mayo el padre Due escribe al jefe de contabilidad del Instituto comunicándole que en Hacienda de Granada no habían ingresado cantidad alguna de la subvención del Observatorio, le pide que le informe si existe algún problema para subsanarlo. El 12 de junio vuelve a reiterar el mismo asunto pues no había recibido contestación de su carta de primero de mayo. El 28 de junio D. Daniel Fernández Delgado escribe al padre Due comunicándole que recibió su carta del 12 pues la de primero de mayo fue entregada al Ingeniero Jefe de la sección primera y que se hicieron las oportunas gestiones en el Ministerio de Hacienda sobre la subvención del Observatorio. El problema fue que se había perdido la orden y cuando todo se iba a hacer de nuevo le comunican que se había encontrado y se estaba tramitando aunque el excesivo trabajo por los nuevos sueldos de los funcionarios civiles había retrasado el pago. Con motivo de la nueva carta preguntó en Hacienda y le comunican que ya había salido el libramiento para el semestre con lo que en breve lo podía cobrar en Granada.

El 31 de octubre el P. Due envía originales a D. Rafael Balbín para publicación entre ellas el Boletín de 1948 y las publicaciones de 1951. El 27 se le comunica que se está preparando la XII Reunión Plenaria y que envíe los libros y revistas publicados.

El 6 de noviembre de 1951 se le escribe para ver si quiere participar en la campaña internacional de longitudes en los que están los Observatorios Astronómicos de Madrid y San Fernando. El 16 de este mes se le envía carta en la que se le dice lo que tiene que preparar para asistir a la reunión de la Pontificia Academia de Ciencias. El 24 de diciembre el Sr. Albareda le escribe diciendo que le agradece la impresión sobre las aportaciones presentadas por España en la Pontificia Academia y le agradece el esfuerzo realizado por el P. Due.

En Diciembre de 1951 el P. Due hace constar que recibe 2.000 pts de un trimestre como subvención al Observatorio, según el libramiento núm. 876 de la Delegación de Hacienda de Granada, y que había enviado una Memoria al Instituto Geográfico con los trabajos científicos realizados hasta la fecha y que consistían en la colaboración heliofísica con el Observatorio Astronómico de Madrid; meteorológicos y climatológicos con el Servicio Meteorológico Nacional, y sismológicos con el Servicio Sismológico Nacional del Instituto. El escrito tiene un sello que pone: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Observatorio de Cartuja.

El 9 de enero de 1952 don Rafael Balbín escribe pidiendo que envíen relación de resmas de papel que necesitará el Observatorio para sus publicaciones al objeto de preparar el material. El 11 acusa recibo de haber recibido las publicaciones del Observatorio. El 16 escribe el P. Due diciendo que se ha quedado perplejo con la noticia sobre el papel y que, por el momento, no sabe qué cantidad necesitará; lo preguntará en las imprentas y además para 1952 y 1953 había solicitado que se aumentaran las tiradas de los Boletines desde 1949 por la demanda que tienen y también solicita que le informen de qué cantidad, calidad y precio es el papel que pueden adquirir hasta completar el cupo que tienen asignado.

En la contestación de 24 de enero se le dice que cuando reciban el papel que se estaba fabricando le pueden aclarar las dudas y datos que solicita.

El 6 de febrero de 1952 se solicita la subvención y se adjuntan trabajos de 1951.

El 9 de febrero de 1952 D. Guillermo Sans Huelín desde el Instituto Geográfico escribe al padre Due diciéndole que había leído en el núm. 4 de la *Revista de Geofísica* un artículo suyo sobre "El problema de los micro sismos", cuestión que había tenido entrada en la Comisión tras la Semana de Estudios de Micro sismos de Roma. El trabajo es interesante y completo por lo que le pide que de las separatas de la Revista, según le comunicó el vicedirector de la publicación Lozano Calvo, le envíe 10 ejemplares para repartirlos a los vocales de la Comisión que integraban la Sección de Sismología y Física del interior de la Tierra. El 11 de febrero el padre Due escribe a D. Guillermo Sans diciéndole que con mucho gusto le enviaría los ejemplares pero que es más fácil que los recoja en el Instituto pues allí se editaba la revista. El 10 de marzo D. Guillermo Sans escribe remitiéndole la publicación del *Bulletin Geodesique* que le envían desde París según el acuerdo de la última Asamblea General de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (Bruselas 1951). El 22 de marzo vuelve a escribir D. Guillermo dándole las gracias por las separatas sobre micro sismos que ha retirado de la imprenta.

El 5 de abril de 1952 D. Antonio Fernández Sola como Presidente del Consejo del Servicio Geográfico escribe un saludo al padre Due dándole las gracias por las publicaciones enviadas desde el Observatorio de La Cartuja.

El 29 de abril D. Juan Bonelli escribe al padre Due con motivo del terremoto ocurrido en Huesca el 5 de abril sobre las 0 h 6 m. y para su estudio le pide que envíe las bandas o copia de las mismas, que se hubieran registrado en Granada; le solicita además información sobre las constantes del aparato, corrección del tiempo, sentido del movimiento de la pluma con relación al movimiento real del suelo y coordenadas geográficas del Observatorio. El 6 de mayo contesta el padre Due a Juan Bonelli, Ingeniero Jefe del Servicio Sismológico del Instituto Geográfico. Le dice que había revisado las gráficas y que el terremoto se hubiera registrado en las gráficas fotográficas de gran aumento pero que una violenta tempestad micro sísmica durante aquellos días hace imposible distinguirlo entre aquella maraña. Sabiendo que había un sismograma se

puede decir que alguna onda dudosa corresponda al sismo pues en el Boletín provisional se alude y califica de incierto e inidentificable. Siente no poderlo complacer en lo que le solicita.

El 8 de mayo se le comunica que envíe relación de publicaciones que tienen intención de editar para preparar las ediciones de 1952 y 1953. Se enviarán libros e imprenta donde se editarán, coste de las obras, originales que excedan de lo económico y cantidad de fondos que se destinan a ediciones en los Institutos.

El 14 de mayo contesta el P. Due diciendo que no tienen ningún libro que editar aunque si el Boletín que se encuentra en la Imprenta de N^a S^a de las Angustias en la C/ Málaga, núm. 2 de Granada. Los Boletines definitivos de 1950 y 1951 tienen un coste de 12.000 pesetas y el Boletín meteorológico excede por el momento el coste presupuestario asignado al Observatorio. La subvención de publicaciones es de 50.000 ptas y se destinan al Boletín unas 20.000 ptas por lo que se recobrarán los de 1952 y 1953.

El 14 de mayo de 1952 el Dr. D. Gonzalo Gallas escribe al P. Due invitándole a la reunión de Física y Química que se celebraría el día 16 del mes en curso. El 25 de mayo escribe el P. Due a Gonzalo Gallas diciendo que había preparado un trabajo sobre "Estados físicos en las capas internas de la Tierra", también le dice que si la ponen después del 6 de junio debía de ser después de las 6 de la tarde pues estaba en plenos exámenes. Le contesta el día 26 diciendo que la habían puesto el 28 a las 6 de la tarde y le espera para oír siempre su sabia disertación.

El 15 de julio de 1952 escribe el padre Due a D. Juan Bonelli que se encuentra en Toledo. Le dice que ha recibido del Patronato Alfonso el Sabio respuesta favorable a una petición sobre una bolsa de viaje para asistir a la semana de estudio de Sismología en Stuttgart a fines de septiembre. Aunque solo le informan favorablemente al Consejo Ejecutivo Superior del II CC., le parece oportuno dar a conocer lo que presentará en él mismo pues espera que Bonelli asista. Resume trabajos anteriores que ofrezcan resultados. Le envía el resumen que había enviado a Hiller y le pide su opinión acerca del texto y si este debe de presentarse en alemán. Le adjunta el título y resumen:

"Sismicidad del Sudeste de España.

Al Sur de la Falla del Guadalquivir está concentrada en España casi toda la actividad sísmica, y desde luego la máxima frecuencia de terremotos; así lo demuestran estudios históricos que comprenden muchos siglos: de los últimos 12 años se aducen datos especialmente completos. Se indican en este trabajo la distribución regional de los focos sísmicos, su mutua relación cronológica (emigración de epicentros) y la disposición que afectan en el tiempo los preliminares y réplicas de las sacudidas violentas".

El 26 de julio D. Juan Bonelli envía en paquete certificado con 4 bandas que corresponden tres a los días 21-22 y una al 20 de junio. Con esta fecha escribe una carta donde le dice que se alegra mucho de que asista a la reunión de Stuttgart pues se temía ser

el único español que lo hiciera y así pueden hablar sobre muchas cuestiones. Le dice que pensaba presentar dos comunicaciones pero una de ellas le estaba dando mucho trabajo, la otra es sobre la sismicidad de la Península y se la había encargado a Rey Pastor que la tenía muy adelantada. El trabajo suyo era sobre anomalías en la propagación de ondas en los terremotos cuyo epicentro se encuentra en cierta zona de la falla del Guadalquivir.

El 5 de agosto D. Juan Bonelli escribe al padre Due, que está en Burgos. Le dice que había recibido una tarjeta suya del 28 de julio donde le informa del adelanto del Observatorio de Cartuja en el registro del sismo del 10 de marzo del 1951. La explicación del padre Due no es satisfactoria para Bonelli pues el asunto le está costando quebraderos de cabeza. Le dice que tiene todas las copias de los observatorios ibéricos y algunos italianos y franceses. Leídos todos había tomado la hora de llegada de la primera P en los Observatorios de Granada y Málaga y resultaban incompatibles con las horas de principio de todos los demás observatorios. Le dice además que si hubiera sido sólo en ese sismo podía tener la explicación del adelanto del reloj, pero en las réplicas ocurre lo mismo y Cartuja y Málaga registran el principio antes de lo que teóricamente lo debían registrar ¿Qué explicación tiene esta anomalía? No lo sabe y lo está tratando de averiguar. Le dice que la estancia en Oña sea de su agrado y provechosa.

El 13 de septiembre escribe el padre Due a Juan Bonelli y le comunica que había realizado gestiones en Madrid, Sevilla y Granada para arreglar su viaje en cuanto a billete y documentación. La combinación es Valencia y Barcelona y Cerbere, a donde llegará el 18 viernes por la tarde, luego Lyon y Estrasburgo a Stuttgart para llegar el sábado 19. Se hospedarán en la residencia de los jesuitas (Hohenzollernstrasse, 11) donde le tiene a su disposición. Procurará asistir a la reunión previa del domingo por la tarde según le comunican en la segunda circular.

Otras noticias del año son que el 2 de agosto de 1952 es designado el P. Due como representante del Consejo para que asista a la Reunión sobre la estructura sísmica del Continente Europeo que se celebrará en Stuttgart (Alemania) del 22 al 27 de septiembre, se le asignan 150 marcos para la estancia y 3.100 ptas para el viaje. El 13 de noviembre el Presidente del C.S.I.C., D. José Ibáñez Martín, escribe al P. Due aconsejándole que se atenga a los gastos consignados pues la situación hace casi imposible salirse de los presupuestos, si necesita algo debe de pedirlo por escrito para su estudio.

El 7 de octubre de 1952 se especifican en un folio los fines y medios del Observatorio. Nos dice que los fines son realizar observaciones astronómicas, principalmente solares, prestar ayuda al Servicio Meteorológico Nacional y dedicar un estudio preferente a las investigaciones sismológicas.

Las secciones que lo componen son:

- *Astronómica*, dotada de potentes instrumentos, se hacen observaciones diarias de actividad solar, y los resultados se remiten a la Central Heliofísica de Zürich, para

1951 el coeficiente K fue de 0,69 para este Observatorio.

- *Meteorológica*, numerosos aparatos registradores, varios fabricados en el Observatorio y perfeccionados, se han publicado 150 trabajos de Meteorología.

- *Sismología*, declarada de utilidad pública por R. O. de 13 de Octubre de 1920, con tres componentes de registro magneto-fotográfico, dos bifilares de 340 kgs y un horizontal E-W cuya masa es de 4.500 kgs. Todos construidos en el Observatorio, se han publicado 250 trabajos sobre materias sismológicas.

Además las publicaciones del *Boletín Mensual del Observatorio de Cartuja*, en dos ediciones diferentes, una para observaciones meteorológicas y otra para astronómicas y sísmicas. Y dos series de trabajos científicos del Observatorio: astronómica y Geofísica en los que se publican unos 12 o 15 trabajos anuales.

El 5 de noviembre D. Rafael Balbín comunica que las revistas deben de aparecer en fascículos para facilitar la venta y el importe de los mismos. El 18 de diciembre escribe al P. Due para que calcule el cupo de papel y para ver las publicaciones del Observatorio en 1953. El 25 de noviembre de 1952 le invitan a que envíe un trabajo para el Homenaje al Prof. Dr. D. Eduardo Hernández Pacheco.

El 17 de diciembre escribe Juan Bonelli al padre Due preguntándole por una carta circular del profesor J. P. Rothé referente a la creación de un servicio de determinación rápida de epicentros. En caso de que no la hubiera recibido le enviaba una copia y traducción pues puede ser valiosa para el servicio del Observatorio y para iniciar una eficaz colaboración. El 20 de diciembre D. Félix Campos Guereta y Martínez envía el *Anuario del Observatorio Astronómico* del Instituto al Observatorio para el año 1953. El 22 de diciembre contesta Due a Juan Bonelli diciendo que si había recibido la carta y estaba dispuesto a colaborar de acuerdo a lo que se le comunicaba. El problema era el de los telegramas cifrados y las franquicias o los gastos del correo aéreo que suponía un gasto considerable y nada despreciable si el número de terremotos europeos era elevado y pasaba de ciertos límites. Le solicita que le conteste a estas cuestiones.

El 2 de enero de 1953 el padre Due escribe al Director General del Instituto Geográfico y Catastral enviándole la Memoria de los trabajos realizados en el Observatorio durante el año 1952 para la subvención de 8.000 pts.

El 10 de febrero de 1953 el Decano de la Facultad de Ciencias Dr. D. Gonzalo Gallas Nova invita al P. Due a la reunión que tendrán en la Sección de Física y Química.

El 16 de Febrero de 1953 le solicitan las publicaciones realizadas y le comunica la celebración de la XIII Reunión Plenaria del Consejo. El 13 de noviembre le remite el nuevo reglamento aprobado para las publicaciones del Consejo.

El 19 de febrero de 1953 vuelve a escribir D. José Ibáñez diciendo que los

presupuestos eran bianuales y se atenderán a los mismos pues la situación era rigurosa y todo debía de ser aprobado por la Comisión Permanente.

El 7 de marzo escribe Juan Bonelli al padre Due pidiéndole perdón por tardar tanto en contestarle a la pregunta de las franquicias para los telegramas que se enviarán a Estrasburgo. Le dice que la misma pregunta se la había hecho el Dr. Fontseré. Para ello emprendió gestiones que como siempre, en plan sarcástico comenta, son "*lentas como todas las burocráticas-estatales, que ha terminado con un éxito rotundo... multiplicado por -1. A la administración le importa mucho más allegar fondos que sentirse Mecenas*".

El 22 de marzo E. Fontseré escribe al padre Due en contestación a una postal de este de día 10. Le dice que 1952 había sido pobre en terremotos en la región catalana pero que se registraron varios y otros peninsulares. Le comunica los terremotos catalanes, como quería Due, uno de 5 de abril se sintió aunque el epicentro estuvo fuera de España. Los datos de toda la actividad sísmica fueron enviados a J. Bonelli porque tenía interés en el estudio. Los locales o regionales fueron débiles y los datos son los siguientes: 28 de febrero en Capdella (Pallars), 4 de octubre en Lloret de Mar, 7 de noviembre en Lloret de Mar y Tossa, 29 de noviembre en el Observatorio de Fabra y sentido en Villafranca del Penedés y el 15 de diciembre dos sentidos en Capelladas. Las intensidades según la escala de Mercalli que era la que usaban los colaboradores del Observatorio Fabra.

El 6 de marzo de 1952 se le solicita que envíe al Consejo Superior de Investigaciones Científicas una relación de entidades del exterior con las que se tienen intercambios científicos. Entre la documentación se conserva una relación de entidades científicas con las que el Observatorio mantiene relación científica que creemos de suma importancia por la proyección internacional que alcanzó en los años 50 del siglo XX. El 30 de octubre el C.S.I.C. remite una nota diciendo que han enviado a aquellas instituciones propaganda de las publicaciones y reseñas de las revistas especializadas.

Además el P. Due da relación de revistas que son interesantes para realizar reseñas bibliográficas en 3 de noviembre de 1952. El C.S.I.C. escribe el 26 de enero de 1953 se hace cargo del tema. El 26 de enero le comunican que han sido designados Presidente y Secretario del comité Nacional de la Unión Radio Científica Internacional y representantes en España D. José Baltá Elías y José M^a Torroja Menéndez, y que, por tanto, debe de ponerse en contacto con ellos para los trabajos y estudios que se desarrollen en estas materias. El 20 de septiembre de 1953 le solicitan datos personales y una fotografía para incluirla en el Consejo Superior pues es considerado como uno de los grandes científicos nacionales y extranjeros. En diciembre de este año se aporta relación de revistas recibidas en el Consejo para ver si necesitan alguna en el Observatorio de Cartuja.

El 10 de abril escribe el padre Due al Ingeniero Jefe del Observatorio Sismológico de Alicante exponiéndole que le ha llamado la atención el hecho que a partir de octubre de 1952 hay una gran ausencia de sacudidas sísmicas cercanas "que de ordinario son tan frecuentes en esa región". El mes de octubre fue abundante en

terremotos mundiales por lo que la confección del Boletín era algo trabajoso y creía que los cercanos se publicarían a máquina para el intercambio dentro de España. Como solía publicar el padre Due en el *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* una reseña sísmica desde 1941 y la fuente de información eran los boletines españoles le pregunta en qué fecha aparecerían los de Alicante pues ya había comenzado a preparar la reseña de 1952.

El 4 de mayo D. Juan Martín escribe desde Alicante al padre Due comunicándole que por orden del Ingeniero D. Alfonso Rey Pastor, que había tenido que ausentarse a Logroño por trabajos del Instituto Geográfico, le enviaba la documentación solicitada. Le dice que desde Septiembre-Octubre pasados había disminuido mucho la actividad en la zona del Bajo Segura y provincias inmediatas, era una época de calma. Habían realizado una revisión cuidadosa de las bandas y le envía los datos. El 8 de mayo escribe Due dándole las gracias por todo lo enviado y le dice "lo que parecía excepción no hace más que confirmar lo excepcional de la sismicidad de esa región de España".

El 23 de octubre de 1953 Julio Rey Pastor escribe al P. Due para ver si está dispuesto a colaborar en las tareas del Instituto de Cálculo del C.S.I.C. con la correspondiente remuneración y envíe curriculum completo de publicaciones. Otra similar se dirige al P. Antonio Gimeno Riutor. Contesta el 26 diciendo que sus numerosas tareas le impiden aceptar otros compromisos como el que le proponen. El 2 de noviembre contesta el P. Gimeno en parecidos términos.

El 18 de noviembre de 1953 el ingeniero jefe de la estación de Almería, D. José Rodríguez Navarro de Fuentes, escribe al padre Due comunicándole y dándole las gracias por las publicaciones que le había enviado, le dice que había cambiado su residencia a Madrid como Inspector General del Cuerpo pero que seguía siendo el Jefe de la estación de Almería. Le ruega que le envíe a Madrid las publicaciones que regaló a Liria. También le dice que en la correspondencia que mantuvieron se echaba en falta otras palabras semejantes a terremoto que estuviera de acuerdo con Sismología, sismógrafo, sismólogo, etc. El padre Due abogaba por seísmo y él por sismo. Consultado el problema con Menéndez Pidal, Presidente de la Academia de la Lengua, le había contestado que en la próxima edición del Diccionario aparecerían "seísmo" y "sismo". En Madrid además se entrevistaba con el padre Romaña y estuvieron juntos en el Congreso del Progreso de las Ciencias que se había celebrado en Oviedo.

El 21 de noviembre Due escribe a D. José Rodríguez diciéndole que le enviará sus publicaciones. Además le escribirá a Liria, a quien felicita todos los años por Santo Domingo, para que envíe a los Observatorios Geofísicos del Instituto Geográfico los folletos que tanto le gustaron y que llegaron como propaganda. Si le interesa un trabajo llamado "Cartografía: fundamento y guía" no tiene nada más que decírselo. Le dice que dentro de unos meses se trasladaría a Madrid a la Facultad de Filosofía de la S.J. de Chamartín para explicar cuestiones científicas relacionadas con la Filosofía y trataría de hablar con él y saludar al Director General.

El 9 de diciembre D. José Rodríguez escribe al padre Due agradeciéndole las publicaciones enviadas, le solicita los folletos y un nuevo ejemplar del trabajo "Cartografía: fundamento y guía" para la biblioteca del Instituto. El 18 de este mes le vuelve a escribir dándole las gracias por los tres ejemplares de este trabajo y les felicita las Pascuas al padre Due y a sus colaboradores del Observatorio.

El 22 de diciembre el Secretario de la Comisión Nacional de Astronomía D. Rafael Carraur le comunica al padre Due que, por acuerdo del Pleno de la Comisión Nacional, le felicitan por las observaciones del paso de Mercurio y le agradecen el envío de los datos con lo que ha contribuido al éxito de la colaboración astronómica que iniciaron con aquel motivo.

El 9 de enero de 1954 envía instancia solicitando la subvención de 8.000 pts al Director General del Instituto Geográfico y Catastral adjuntándole la *Memoria* de los trabajos realizados durante 1953.

El 15 de enero de 1954 se le pide al P. Due informe de las publicaciones que tiene en curso para este año. El 18 de enero contesta a estas cuestiones diciendo que no hay libros aunque si las revistas o Boletines meteorológicos y astronómico-sísmico con una tirada de 200 y 300 ejemplares, respectivamente; que cuestan unas 20.000 y 12.000 pts y cuentan con una subvención de 50.000 pts., aunque hay que tener en cuenta que se están editando los años anteriores. El 22 de enero se le solicitan las publicaciones realizadas durante el año anterior. El 27 de enero remite el *Boletín meteorológico* completo de 1951, el *Boletín astronómico-sísmico* de 1952 y relación bibliográfica o *Suplemento del Boletín* con los trabajos publicados desde 1939 hasta la fecha, es decir hasta 1953-1954.

El 9 de febrero Juan Bonelli, Secretario de la Sección de Sismología y Física del Interior de la Tierra de la Comisión Nacional de Geodesia y Geofísica, escribe al padre Due solicitándole una serie de datos para realizar la Memoria Nacional con las actividades desarrolladas por España en el terreno de la Sismología durante el período de 1951 a 1953. Le ruega que le envíe un informe con los siguientes puntos:

- 1.- Relación de los aparatos que componen el equipo instrumental del Observatorio, con sus características, constantes, etc.
- 2.- Investigaciones macrosísmicas realizadas y estudio de sismos sentidos.
- 3.- Trabajos de investigación concernientes a la Sismología teórica o aplicada. Estudios de Geografía sismológica.
- 4.- Bibliografía, la más completa posible, de los artículos y memorias publicadas de 1951 a 1953.
- 5.- Información, si la hay, de los estudios y trabajos que se hayan realizado en el terreno de la Física del Interior de la Tierra: Geotermia, elasticidad, plasticidad, constitución de la Tierra, radioactividad, tectonofísica, interpretaciones gravimétricas en cuanto aportan una contribución al estudio del interior de la Tierra.

Recibida la carta se comenzó el Informe del Observatorio de Cartuja para la Memoria Nacional de Sismología y Física del Interior de la Tierra. Se envía de acuerdo a los puntos especificados:

1.- Aparatos. Sismógrafos.

Belarmino, 2 Canisio, Cartuja Máximo, 2 Cartuja Bifilar, Cartuja Vertical (especifica en cada uno de ellos la Componente, Masa, Período y registro magneto fotográfico) y una nota que dice que todos ellos habían sido construidos en los talleres de la estación Sismológica. En una nota aparte se dice que el Sismógrafo de componente vertical Belarmino había sido construido en Cartuja y no tenía tipo igual en los de su clase, pero que fundamentalmente era un Galizin con algunas características secundarias diferentes, le indica la equivalencia en micrones.

2.- Estudios macro sísmicos. Ver el Suplemento bibliográfico números 102, 107, 116 y 121.

3.- Geografía sismológica. Suplemento, números 118 y 125.

4.- Bibliografía de 1951 a 1953. Suplemento, de los últimos (en prensa) saldrán con fecha de 1953 los siguientes: 133 en Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero; 133, 134 y 135 en el Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (el 133 en el Tomo Homenaje al Sr. Hernández Pacheco).

5.- Física del Interior de la Tierra: Suplemento números 123 y 124 (apartado 5), 133 (apartado 4). Geotermia: 130 (apartado 2).

Nota: Lista de los trabajos reseñados en el Suplemento que tienen alguna relación con la Sismología y Física del Interior de la Tierra: 102, 107, 111, 113, 114, 116, 118, 121, 123, 125, 127, 128, 130, 132, 133, 134, 135 y 140.

El 10 de abril de 1954 se devuelven algunas facturas al P. Due y este escribe a Contabilidad dando relación detallada de los gastos. Se le contesta el 28 diciendo que algún dinero había sido gastado por el P. Romaña con lo que adaptarían las cuentas evitando nuevas equivocaciones en el futuro.

El 10 de mayo el padre Due escribe a Juan Bonelli diciéndole que al hacer impresos para los telegramas del Servicio Sismológico se le planteó la duda que le agradecería le resolviera. La norma era enviar telegramas ordinarios a los observatorios geofísicos españoles, y uno especial al Instituto Geográfico, no cifrado, sino extenso y solo en los terremotos violentos y españoles más importantes. Le pregunta si continúan igual que hasta aquellos momentos o el Instituto Geográfico solo necesitaría el cifrado como los demás. Le informa de los datos enviados a Estrasburgo, en cuanto a los datos enviados a Washington se hace mediante tarjeta postal a través del Consulado General (Sevilla).

El 16 de mayo el padre Due escribe a D. Wenceslao Benítez de San Fernando (Cádiz) pidiéndole un consejo práctico. El problema era que en el Observatorio había un cronómetro de Marina REID + SOHN (Makers to the Admiralty.- Newcastle on Tone) que había funcionado perfectamente durante más de 50 años pero de repente había dejado

de hacerlo. Le dice que en Granada no había relojero de confianza para una cosa de tanta precisión y un oficial de San Fernando le comentó que tenían un taller de relojería de Marina destinado a proveer a la Armada. Le pregunta si es posible que le hicieran el arreglo y le diga cómo se lo envía. En caso negativo que le indique un taller de confianza donde puedan arreglarlo.

El 19 de mayo recibió contestación de D. Wenceslao Benítez y le comunica que se lo envíe bien trincado en su caja y con el volante inmovilizado con unas cuñas de papel y bien embalado si es que no lo pueden llevar a mano, que es el transporte más seguro para aquellos aparatos. Le dice que con todo gusto le arreglarán el Cronómetro.

El 20 de mayo Juan Bonelli vuelve a escribir diciéndole que si no es molestia envíe al Instituto Geográfico un telegrama cifrado pero si supone gastos y molestias no hay inconveniente en enviar una nota por correo como se hace con el Consulado general americano. Lo que interesa son los datos no la forma en como se envíen.

Al día siguiente, 21 de mayo de 1954, el padre Due escribe a D. Wenceslao Benítez del Observatorio de San Fernando agradeciéndole su ofrecimiento de arreglar el Cronómetro, le dice que comienza a organizar el complicado transporte del aparato siguiendo las instrucciones que le había enviado. Aprovechando el envío le manda también un Roskell que le faltaba una pequeña pieza y le comunica que solo quedaba en Granada para todo el servicio un pendulette Leroy. El 31 el envío de estos aparatos se hace realidad pues el padre Due envía una carta a D. Wenceslao dándole noticia del envío con el Cosario Valladares y el talón de resguardo del envío. La recogida se hará mediante el mismo señor a porte debido.

El 3 de junio D. Wenceslao escribe al P. Due diciéndole que ha recibido los cronómetros. Le dice que el Robt-Riskell no admite reparación pues tenía rotos el eje del volante, la rueda de escape y la báscula pues fue reparado por manos poco expertas. El Reid se conserva bien y tras una limpieza y puesta a punto funcionará.

El 24 de julio D. Juan Bonelli escribe al padre Due comunicándole que el profesor Kiyoo Wadati del Observatorio de Tokio solicita gráficas y datos del sismo de 25 de noviembre de 1953 y entre los Observatorios que quiere consultar esta el de Granada. Le dice Bonelli que los datos los envíe a Japón o a Madrid para remitirlos todos juntos.

El 3 de septiembre se envían los cronómetros desde San Fernando a Granada y la reparación ha sido un éxito en el Reid como ya le informaron por carta. En ausencia del Director de San Fernando firma la carta el Subdirector D. Francisco Fernández de la Puente. El 26 de septiembre escribe el padre Due a D. Wenceslao Benítez dándole las gracias por el trabajo realizado e interesándose por su salud.

El 31 de agosto D. Juan Bonelli, Ingeniero Jefe del Servicio de Sismología, remite al padre Due diez bandas de registro magneto gráfico que este le había enviado. El

18 de octubre Juan Bonelli le solicita una serie de Boletines que faltan en Madrid, al dorso de la carta se especifican estas publicaciones: 1936 y 1937 faltan todos, 1939 segundo y cuarto trimestre, 1940 a 1942 faltan todos, 1943 segundo y cuarto trimestre, 1944 todos, 1945 el segundo y cuarto trimestre y desde 1946 a 1949 todos.

El 22 de octubre el padre Due abona una factura por separatas de la *Revista de Geofísica* y le dice que en adelante envíe la factura al Observatorio para agilizar los trámites.

El 3 de enero de 1955 el propio P. Due solicita al Director General del Instituto Geográfico y Catastral de Madrid que se libere la cantidad de 8.000 pts de la subvención concedida y le adjunta la *Memoria* de los trabajos realizados en 1954. El 7 de enero recibe carta de haber pagado las separatas y se le adjunta factura de otras. El Director General le invita a una serie de Conferencias del Padre Romana Pujó, S.J., Director del Observatorio Astronómico del Ebro, de D. José Rodríguez Navarro, de D. Rafael Carrasco Garrorena, Director del Observatorio Astronómico de Madrid, de D. Luis Cadarso González, de D. Juan Bonelli Rubio y de D. Luis de Miguel González Miranda, del Observatorio Geofísico de Toledo.

El 7 de enero de 1955 D. José M. Albareda solicita fotografías del Observatorio y los negativos con el fin de hacer copias que pueden hacer falta en el futuro. El 30 de noviembre D. José Ibáñez escribe diciendo que las Memorias de los años 1952-1954 no se ajustaban a las normas acordadas para su publicación, le adjunta cuestionario para que las modifique y envíe a la mayor brevedad posible.

El 1 de febrero de 1955 se le envían las tarifas generales para las traducciones. El 8 de este mes se le piden dos ejemplares de las publicaciones para encuadernarlas y presentarlas a la XIII Reunión Plenaria. El 16 se le remite escrito de haber recibido las publicaciones.

El 25 de abril recibe 6 bandas de D. Juan Bonelli que corresponden al Cartuja y al Canisio. El 20 de mayo se le comunica el acuerdo para que mediante impresos enviados solicite lo que cuestan las publicaciones y se enviarán las publicaciones al Consejo antes de salir para una revisión de la obra. Se le envía carta en donde se dice que las publicaciones del Consejo se han remitido a librerías especializadas de Barcelona, Valencia, Sevilla, Zaragoza y Santiago de Compostela. En adelante se enviarán 30 ejemplares al menos para hacer frente a las peticiones de las obras. El 6 de junio le devuelven otra serie de bandas. El 12 de junio le felicitan por su fiesta. El 28 de julio el Padre Due escribe al Jefe de Contabilidad del Instituto Geográfico y Catastral comunicándole que no se había recibido subvención alguna en Hacienda de Granada, que se interesara por ello pues pudo haber algún extravío como en otras ocasiones. El 3 de Agosto desde el Observatorio de Almería, Domingo Liria, le escribe dándole las gracias por unos trabajos enviados por el padre Due.

El 6 de septiembre el padre Due escribe a D. Félix Ortiz, Ingeniero Jefe de

Publicaciones del Instituto Geográfico, solicitando que le envíen justificantes y facturas de las publicaciones de la *Revista Geofísica* "El pronóstico del tiempo a largo plazo", del núm. 53 y del que está en prensa "Notas sísmicas de 1954". El 16 de septiembre recibe esta información desde Madrid. El 20 de este mes contesta el padre Due.

El 22 de septiembre recibe carta de D. Carlos Valentí Dorda en que le comunica que se ha interesado por la subvención tras la vuelta de vacaciones, tras realizar la oportunas gestiones en el Ministerio de Hacienda se le informa que se le abonarán los tres trimestres a finales de Septiembre, pues ya se habían expedido los correspondientes documentos para cobrar 6.000 pts en la Delegación de Hacienda de Granada.

El 15 de diciembre se pide un ejemplar del *Boletín del Observatorio* para el Consejo para realizar la correspondiente reseña de la obra. El 19 de diciembre el P. Due envía relación de precios de los Boletines con suscripción anual y números sueltos.

El 13 de enero de 1956 se le remite escrito de haber recibido las publicaciones y el precio de las mismas. Sobre esta cuestión conocemos como el 27 de abril se le dice que debe figurar el precio en la cubierta del libro y el 15 de noviembre se le acusa recibo de haber enviado dos ejemplares para la XIV Reunión Plenaria.

El 20 de enero de 1956 Juan Bonelli escribe al Padre Due comunicándole que el Director del Servicio Meteorológico Nacional Portugués, H. Amorim Ferreira, le solicita las bandas del sismo de 6 de enero de aquel año. Además solicita que se le envíen los datos de los terremotos ocurridos en la Península con lo que iniciaban una colaboración y enviar a cambio los datos portugueses a los Observatorios españoles.

El 3 de febrero el padre Due solicita la subvención de 8.000 pesetas al Instituto Geográfico y envía *Memoria* de los trabajos realizados en 1955. El 30 de junio recibe el Padre Due una carta del Director del Instituto Geográfico por el que le solicita colaboración pedida por el embajador de España en Lima pues estaban preparando para agosto el X aniversario de la Sociedad Peruana de Astronomía, se realizarían unas Jornadas y Exposición por lo que pide ayuda a España para este evento en fotografías, libros, mapas, folletos, etc., "*para destacar de una manera especial el trabajo de nuestro país en esta materia*".

El 20 de agosto el Padre Due solicita que se le envíe una nota con lo que cuesta la tirada de su trabajo "Notas sísmicas de 1955" a la *Revista de Geofísica*, le envía una nota que aparecerá en la cubierta del trabajo. El 27 de agosto recibe una carta diciendo que todo se había cursado sin problemas. El 28 de septiembre escribe don José Rodríguez-Navarro de Fuentes al Padre Due dándole las gracias por el envío de varias publicaciones y le comunica que se las envíe también a don Juan Martín Romero, Jefe del Observatorio Sismológico de Alicante.

El 13 de noviembre escribe el Padre Due al Jefe de Contabilidad del Instituto Geográfico preguntando por el libramiento del dinero de la Subvención pues en

Hacienda, en Granada, no sabían nada.

El 11 de enero de 1957 recibe contestación sobre la subvención comunicándole que en diciembre se hizo un libramiento de 8.000 pesetas y en adelante se pagaría por trimestres de 2.000 pesetas. El Jefe de Contabilidad es Alfredo Cabañés. El 14 de enero el Padre Due comunica al Sr. Cabañés que habían cobrado el libramiento a finales de Diciembre y le adjunta la petición de la subvención junto con la *Memoria* de los trabajos realizados en 1956.

El 29 de enero Juan Bonelli remite tres bandas correspondientes al 27 y 28 de noviembre de 1955. El 11 de febrero escribe el padre Due a D. Juan Bonelli contestando a otra del día 3 y adjuntando datos que le solicitaba, entre ellos una reseña de los trabajos realizados durante el año. El 16 de abril de 1957 Juan María Bonelli solicita al Padre Due relación de publicaciones para elaborar un Informe Nacional de Sismología para la Asamblea de Toronto además de pedirle lo publicado sobre Física del interior de la Tierra. Acompaña una nota a esta carta con las publicaciones y los aparatos del Observatorio de Cartuja. El 20 de mayo don Luis Chacón recuerda al Padre Due que le envíe la relación de publicaciones que le encargó Juan Bonelli pues se encuentra en Francia en aquellos momentos.

El 11 de junio de 1957 el Ingeniero Jefe del Servicio don Luis Esteban Carrasco escribe comunicando que se habían recibido los Boletines sísmicos de marzo y abril pero que faltaba el de febrero. El 16 de julio don Luis Chacón envía el *Manual de Instrucciones de Sismología*.

El 18 de noviembre de 1957 Eduard Fontseré escribe al padre Due dándole datos sobre terremotos de 1955 registrados en el Observatorio Fabra. El 25 de noviembre Juan Bonelli escribe al Padre Due enviándole una carta del Prof. A. R. Ritsema del M.G.I. de Djakarta (Indonesia) y del director Prof. R. Goenarso. Le envía relación de sismos y le solicita datos sobre las ondas para realizar un estudio sobre el mecanismo en el foco. El 13 de diciembre de nuevo escribe J. Bonelli al Padre Due informándole que el secretario de la Comisión Sismológica Europea, Dr. Keilis-Borok iba a celebrar una reunión en Utrecht del 8 al 12 de abril sobre el tema "Interpretación dinámica de los sismos". Si desea participar puede escribir al Sr. Peterschmitt en Strasbourg o al Sr. Keilis-Borok en Moscú.

El 13 de diciembre de 1957 se le comunica que en adelante cada obra tiene que tener el visto bueno del Consejo así como las facturas originadas en la confección de los mismos sobre todo en grabados y gastos tipográficos.

El 14 de enero de 1958 se le comunica que se celebrará la XIV Reunión Plenaria y que se designe la persona que presentará las publicaciones del Observatorio. El 18 de este mes contesta diciendo que espera ir personalmente a entregarlas. El 29 de este mes se le comunica que puede hacer las modificaciones propuestas en el Boletín para atenuar los gastos del mismo.

El 27 de enero de 1958 D. Miguel de la Colina escribe al Padre Due comunicándole que las publicaciones enviadas a D. Manuel García Martínez por ser interesantes quedaban para el Instituto Geográfico pues este señor había fallecido en septiembre de 1956. Encontramos una reseña de los trabajos realizados en el Observatorio durante el año de 1957 en las distintas secciones y en publicaciones. El 18 de febrero solicita la subvención y acompaña *Memoria* de trabajos realizados en 1957. El 3 de febrero de 1958 Juan Bonelli escribe al Padre Due comunicándole que se había realizado un trabajo sobre la dirección de las ondas de J. H. Hodgson y J. Irma Cock en el Observatorio del Dominio en Ottawa que cambiaba bastante el tema; le ruega que mire la dirección de las ondas y le escriba al respecto; en otra carta de 5 de marzo le dice que le envíe las bandas de los terremotos de 5 de enero y 5 de febrero de 1958.

El 17 de febrero se le comunica el Depósito Legal del *Boletín Mensual del Observatorio de Cartuja* que es M.- 722.- 1958. Se le adjunta escrito que debe de entregar a la Imprenta donde se especifica todo lo relacionado con el Depósito Legal de las obras impresas por el Consejo. El 25 de marzo el Director de la Hemeroteca Nacional reclama los números de los Boletines del Observatorio y en caso de no enviarse se le aplicará una multa como se especifica en las disposiciones legales vigentes. D. Rafael Balbín comunica al P. Due el escrito y le dice que de las ordenes oportunas para enviar las publicaciones a la Hemeroteca.

El 17 de marzo el Padre Due eleva una petición solicitando una vivienda para el obrero José Alonso Burgos pues ha servido al Observatorio durante 20 años, la vivienda para él, su esposa y sus cuatro hijos donde poner un modesto taller de electricidad en el barrio de Nuestra Señora de las Angustias, que se estaba edificando. El 19 de abril el Ingeniero Jefe del Observatorio de Alicante don Juan Martín Romero le agradece al Padre Due el envío de las bandas sobre algunos terremotos que le han sido de gran utilidad. El 27 de mayo E. Fontseré escribe mandando datos sobre terremotos registrados en el Observatorio Fabra relativos al año 1956. El 23 de agosto Juan Bonelli remite bandas enviadas de los días 7, 8 y 9 de agosto de 1958.

El 5 de septiembre de 1958 don Domingo Liria Valls solicita algunas publicaciones y Boletines Sismológicos para completar la colección para el Observatorio Geofísico de Almería. El 23 de septiembre escribe el P. Due comentando todo lo relacionado con la publicación de los Boletines y envía las direcciones donde le pueden localizar pues estará fuera de Granada desde el 1 de octubre al 20 de noviembre.

El 9 de enero de 1959 William Stauder de la Universidad de California recuerda la reunión que van a tener el 10 de julio de 1959.

El 22 de enero de 1959 don Luis Esteban Carrasco solicita los datos sísmicos registrados por el Observatorio del 1 al 10 de enero. El 26 de enero el Padre Due solicita subvención para el Observatorio y acompaña *Memoria* de lo realizado en 1958. Otra carta de 4 de marzo es enviada al Director del Observatorio Fabra para que le envíen los datos

sobre terremotos para confeccionar la reseña sobre terremotos españoles del año 1957. El 20 de marzo responde E. Fontseré con los datos solicitados de los que reseña los sismos de 28 y 29 de junio y 15 de julio de 1959.

El 20 de marzo de 1959 comunica el Sr. Albareda que el P. Due ha sido nombrado, a propuesta del Pleno del Patronato "Alfonso X el Sabio", Consejero Adjunto del Patronato. El 18 de diciembre contesta el P. Due dándole las gracias y se dirige al R. P. José M^a Albareda pues había escogido una nueva dignidad "que el señor le ha concedido", le desea un fecundo apostolado y la bendición en futuras empresas.

El 28 de abril de 1959 Juan Bonelli escribe al Padre Due enviándole un cuestionario mandado por el Servicio Sismológico Portugués para estudiar conjuntamente los sismos del Atlántico situados entre la Península y las Azores. El 28 de agosto otra carta de Bonelli le informa que se celebrará en Alicante la Asamblea anual de la Comisión Sismológica Europea durante los días 26 al 31 de octubre. Le solicita información para el Informe que presentará en esta ocasión.

Nos encontramos una justificación de 10 de octubre de 1957 por la que recibe 2.000 pesetas de subvención correspondientes a un trimestre de trabajos realizados en concepto de colaboración científica con el Instituto Geográfico y Catastral. El 29 de octubre de 1957 justifica otras 2.000 pesetas del libramiento de 21 de diciembre de 1954. El 22 de mayo de 1958 justificación de otra subvención del trimestre de este año. El 26 de junio de 1958 otra justificación del segundo trimestre del año en curso.

El 22 de octubre de 1959 se le comunican las actividades de la Agrupación Nacional de Prensa no diaria dentro de Sindicato Nacional de Papel, Prensa y Artes Gráficas. Le dicen que espere a que solvente el Consejo la cuestión antes de enviar las publicaciones y la cuota de 50 ptas. El 25 de noviembre se le dice que envíe 3 ejemplares de las publicaciones y el resto de los papeles y trámites se resolverán en Madrid.

Encontramos un avance del Programa de la Asociación Internacional de Sismología y Física del interior de la Tierra, XII Asamblea General que se celebrará en Helsinki (Finlandia) del 25 de julio sábado al 6 de agosto de 1960.

El Observatorio en la década de los años sesenta.

El 20 de enero de 1960 solicita la subvención anual para el Observatorio y acompaña *Memoria* de lo realizado en 1959. El 19 de febrero Juan Bonelli le acompaña el Programa sobre la reunión de Helsinki. Le escribe desde Estrasburgo la Comisión y él lo comunica a su vez a los estudiosos de España. Acompaña una nota en la que Bonelli comunica al Padre Due que el profesor Keilis-Borok le adjunta que en Helsinki tratarían sobre los planos de falla, mecanismo de foco, etc. y le adelanta un pequeño programa. El 10 de febrero el Ingeniero Jefe del Observatorio Central Geofísico "Alfonso Rey Pastor" de Toledo, don Luis de Miguel González-Miranda, saluda al Padre Due y le comunica que esta a su disposición tras su nombramiento en este Observatorio.

El 27 de enero de 1960 se le comunica que se están revisando las publicaciones y costos por lo que debe de enviar los datos sobre los Boletines y una vez estudiados se le remitirán los resultados. El 3 de febrero contesta el P. Due diciendo que no hay gasto alguno de colaboración. El gasto total es de 9.424 para el *Boletín Meteorológico* y para el *Astronómico-Sísmico* de 5.500 a 6.000 ptas según lo remitido ya en 1958. El gasto medio es de 50 ptas el tomo. El 23 de febrero se le solicitan una serie de datos para elaborar la *Memoria* de actividades del C.S.I.C., se le envía un Cuestionario para confeccionar la Memoria. El 29 de febrero se le acusa recibo de haber recibido la información solicitada.

El 5 de marzo de 1960 don Luis Esteban Carrasco solicita al Padre Due le envíe la banda correspondiente al sismo de Agadir para realizar un estudio. El 17 de marzo E. Fontseré escribe enviando los datos sobre terremotos de 1958. El 11 de abril desde Toledo solicitan al Padre Due que envíe los datos del Observatorio de Cartuja para poder estudiar los sismos argelinos. El 22 de abril otra carta desde Toledo da las gracias por el paquete de bandas enviadas, le solicita datos de otros terremotos con especificación de las tres componentes. El 11 de mayo envían desde Toledo el paquete de bandas y le da las gracias por todo.

El 16 de marzo de 1960 le envía José María Torroja Menéndez las pruebas de imprenta de su libro *La Presión Atmosférica en Granada*. Le ruega que tras las correcciones las envíe rápidamente.

El 24 de noviembre de 1960 D. Félix G. Guillamón le envía un resumen del trabajo que presentará en el Congreso de Sevilla titulado: "*Normas para el cálculo de construcciones antisísmicas en la Península Ibérica*". Este lo realizará junto a D. Fermín Casado Cepeda.

El 21 de enero de 1961 solicita la subvención anual al Instituto Geográfico y acompaña *Memoria* de los trabajos realizados en 1960. El 21 de octubre de 1961 E. Fontseré envía datos sobre terremotos registrados en el Observatorio Fabra en 1960. El 9 de diciembre de 1961 el Director General del Instituto Geográfico y Catastral don Vicente Puyal Gil le da las gracias por el libro *El mundo de los mares* del Padre Due.

El 3 de febrero de 1962 el Padre Due escribe al Jefe de Contabilidad interesándose por el libramiento de los tres trimestres últimos del año anterior. El 12 de febrero recibe contestación sobre las subvenciones de don Alejandro Llamas. El 15 de febrero el Padre Due escribe dándole las gracias por las gestiones realizadas.

El 15 de febrero de 1962 solicita la subvención al Instituto y envía *Memoria* de los trabajos realizados en 1961. Entre ellos figuran dos libros *Deus a luz da ciencia*, Edições Asa, Oporto, 174 págs. y *El mundo de los Mares*, Editorial Razón y Fe, Madrid, 190 págs.

El 16 de febrero de 1962 J.M. Munuera escribe al padre Due comunicándole que

habían establecido un Laboratorio Central Sismológico y un nuevo sistema para localizar diariamente los sismos peninsulares registrados en las distintas estaciones. Le agradece la colaboración del Observatorio de Cartuja y le ruega que continúe enviando los datos de los sismos por telegrama, tanto peninsulares como extranjeros, de cierta importancia. Le dice que está deseando de saludarle personalmente.

El 13 de marzo de 1962 Luis Lozano Calvo comunica al P. Due que han sido nombrados representantes del Consejo Superior para una representación que llegaría a Madrid de la Comisión Sismológica de la UNESCO, entre los Observatorios que se iban a visitar estaba el de Málaga y el de Cartuja de Granada. Contesta el P. Due diciendo que los recibirá en Granada porque su estado de salud es pésimo y no puede trasladarse hasta Madrid.

Encontramos una nota del padre Due en la que dice que una Comisión de la UNESCO había visitado los principales observatorios sismológicos españoles entre ellos el de Toledo, Málaga y Cartuja de Granada. La comisión estaba compuesta por J. M. Rohté de Estrasburgo, J. M. Bonelli del Instituto Geográfico de Madrid, Marcus Bath de Uppsala en Suecia y J. Linehan, S.I. del Weston College de USA, además les acompañaba el Ingeniero Jefe del Servicio Sismológico español J.M. Munuera, el director de la estación sismológica de Málaga y tres sismólogos norteamericanos cuyo nombre nos facilita. Tras visitar el Observatorio en sus distintas secciones: Astronomía, Meteorología y Sismología y examinar los distintos aparatos, gráficas, etc., tomaron nota para informar a la UNESCO de las características instrumentales.

Otro de los capítulos lo encontramos en la correspondencia con otros sismólogos sobre todo extranjeros que solicitan noticias sobre los terremotos ocurridos en sus países y demandan información al Observatorio de Cartuja. También Congresos, Publicaciones, reuniones, conferencias, etc.

Así el 10 de febrero de 1962 el Dr. Brankp Maksic de la Universidad de Zagreb (Yugoslavia) pide información sobre varios terremotos ocurridos el 7, 11 y 21 de enero de aquel año y que le envíen los sismogramas para estudiarlos y devolverlos lo más rápido posible.

El 11 de abril Harold Jeffreys del St. John's College de Cambridge pide información sobre los terremotos de 1950 en especial el del 5 de septiembre, 15 de mayo de 1951 y los de enero de 1962.

El 16 de abril de 1962 Thomas F. Malone solicita también información sobre la sismicidad en 1960 para utilizar los datos en la American Geophysical Union y otros lugares de investigación.

El Prof. J. P. Rothé, secretario de la Sección de Sismología del Comité Nacional francés de Geodesia y Geofísica solicita el sismograma de 1 de mayo de 1962 sobre un terremoto ocurrido a las 10 horas. El 22 de septiembre le pide información sobre el

terremoto de 1 de mayo de 1962 ocurrido a las 10 h. para comprobar algunas cosas. El 25 de octubre vuelve a solicitar desde Strasbourg nueva información sobre el mismo terremoto. Al año siguiente le vuelven a pedir la información y contesta diciendo que no habían recibido las cartas de 1962 sino que llegaron todas juntas. Le envía la información y le dan las gracias porque se estaba editando un trabajo gracias a los datos aportados por el P. Due y sus colaboradores. El Prof. J. J. Levallois pide que manden la bibliografía del Observatorio para incluirla en las publicaciones francesas que edita la Asociación Internacional de Geodesia. Se le solicita información sobre esta cuestión al año siguiente.

En este orden de cosas el Prof. S. B. Ücer del Seismological Institute of Technical University of Istanbul Taskisla solicita una explicación sobre ciertos aspectos del terremoto ocurrido el 23 de mayo de 1961 a las 2 h. 45 m. y 8 s.

El 16 de abril de 1962 pide Joseph Marks desde New York que se envíe relación bibliográfica para incluirla en las ediciones de la Universidad para que los estudiantes conozcan los trabajos desarrollados sobre sismicidad.

El Prof. W.G. Milne desde el Department of Mines and Technical Surveys de Canadá solicita información sobre el terremoto ocurrido el 16 de mayo de 1909 a las 4 h y 18 m.

El 25 de julio de 1962 Leonard M. Murphy pide el sismograma del 29 de febrero de 1960 para que se envíe a Washington. El 30 de julio Jill M. Christine solicita información para estudiar algunos terremotos de Nueva Zelanda.

EL 16 de mayo de 1962 se le concede una subvención de 60.000 pesetas para ese año del C.S.I.C. para los trabajos de investigación que vienen realizando. El 1 de julio de 1962 el P. Due dice que ha sido director del centro desde el año 1925 y en la actualidad sigue el cargo actuando de secretario Juan Francisco Martínez Dornacu. Nombrados por la Compañía pero sin nombramiento propiamente dicho. La subvención de 1963 es de la misma cantidad aunque se envía relación de gastos por importe de 66.000 pts. El P. Due solicita más dinero pues no puede hacer frente a los gastos con aquella subvención.

El 25 de abril J.M. Munuera escribe al Padre Due con los datos recibidos de un telegrama sobre un sismo para ver si existía alguna equivocación pues no concordaba con los enviados por otros observatorios. El padre Due apunta en la carta que los datos eran correctos aunque si en algo difería era por causas ajenas a los aparatos de Cartuja. El 20 de septiembre Munuera vuelve a escribir pidiendo algunos Boletines que faltaban de 1960, 1961 y 1962. Le pide los envíe o una copia de los mismos.

El 1 de febrero de 1963 se solicita la subvención anual para este año y se acompaña *Memoria* y reseña de los trabajos realizados durante 1962. Entre ellos figura el trabajo "El Cosmos en la actualidad científica y otros 17 trabajos en revistas científicas de actualidad.

El 5 de marzo de 1963 J. M. Munuera escribe pidiendo datos pues debe presentar

un Informe sobre el trienio de 1960-1963 a la Asociación Internacional de Sismología y de Física del Interior de la Tierra en Berkeley por lo que pide le envíen lo realizado y publicaciones y un promedio de los sismos de 1962 para publicarlo en el Informe. Aparece una nota de los trabajos científicos publicados en 1962 en los campos de Geofísica general, Meteorología y Sismología.

El 3 de abril de 1963 P.L. Willmore desde Edimburgo pide información sobre los terremotos de 6 de julio y 26 de diciembre de 1962 y el del 14 de febrero de 1963.

El 8 de abril de 1963 D. Gonzalo Payo escribe al Padre Due para que le aclare algunas anotaciones pues está realizando un trabajo sobre sismos locales y los datos los ha sacado de los Boletines de las Estaciones españolas. El 16 de marzo de 1964 D. J. L. Flores-Calderón envía a Granada la información provisional del sismo de 15 de marzo de 1964 acaecido a las 22,30 con los datos de Alicante, Málaga y Toledo por lo que ruega que envíe la información posible para conseguir una localización más aproximada. El 9 de abril escribe Gonzalo Payo diciéndole que ha sido designado desde primero de mes Director del Observatorio "Alfonso Rey Pastor" de Toledo por lo que está a su entera disposición.

El 30 de octubre de 1963 se envía circular sobre becas de la Comisaría de Protección Escolar para Licenciados y Doctores cuya petición acaba el 5 de noviembre según el Boletín Oficial. Se le pide que envíe la propuesta de los candidatos por orden de prelación en las convocatorias citadas. El 12 de noviembre contesta el P. Due diciendo que el P. Romaña había solicitado aumento de la subvención del Observatorio de Cartuja por los efectos de las abundantes lluvias y los daños sufridos, en total puede justificar 30.000 ptas en publicaciones y otros gastos como ha ido dando a conocer en los adjuntos oficios remitidos. El 15 de noviembre Albareda escribe diciendo que está enterado por el P. Romaña de las pérdidas y daños ocasionados en el Observatorio. El 3 de diciembre le recuerdan que deben de justificar los gastos para el cierre del ejercicio económico de aquel año.

El 19 de febrero de 1964 se le pide mande un resumen sobre el Centro, nombre, dirección, estructura, personal, labor realizada, etc. El 5 de marzo de 1964 J.A. Maravall escribe al P. Due diciéndole que la UNESCO había convocado una Conferencia Intergubernamental sobre Sismología e Ingeniería Antisísmica en París para los días 21 al 30 de abril. Le escribe de parte de Álvarez-Ossorio preguntándole si puede aceptar ser el representante de España en la citada reunión.

El 21 de abril se le remite carta de D. Segismundo Sanz Aranguéz y otra del Prof. Auger para ver los aparatos y los trabajos que pueden realizarse para la GTST de COPERS. El 8 de septiembre es nombrado Consejero de Número del C.S.I.C. en el Patronato "Alfonso X el Sabio" de acuerdo a la decisión adoptada el 27 de julio. El 30 de octubre D. Gonzalo Bilbao solicita para el Consejo los Boletines de 1963. El 24 de junio J. A. Maravall dice al P. Due que ha dado su nombre como experto en Sismología y Astronomía para la UNESCO y le solicita que le ayude a confeccionar una lista de buenos traductores para enviarla a París. El 20 de junio se le envía la convocatoria de becas para realizar trabajos en el

extranjero.

El 17 de septiembre de 1964 D. Vicente Puyal Gil invita al Padre Due para que asista a la reunión de la Comisión de Normas Sismo-resistentes que se celebrará el día 23 en Madrid. El 19 de octubre J.M. Munuera le escribe comunicándole que se reunieron el 23 de septiembre pues el Padre Due es Vocal representante del Ministerio de Educación Nacional y lamenta que no pudiera asistir a ella. El 6 de noviembre J. M. Munuera vuelve a escribir diciendo que en la obra de Galbis tomo II aparecen obras de españoles y obras de extranjeros pero que la lista acaba en 1936 por lo que el Servicio de Sismología trata de ponerla al día. Le solicita el envío de sus publicaciones y las del Padre Manuel Sánchez-Navarro y toda la información que pueda acompañar sobre autores españoles y extranjeros para rellenar el espacio de tiempo desde 1936 a 1964. El 26 de noviembre otra carta en contestación de la del día 23 y dándole las gracias por la información del sismo del 9 de septiembre sentido en Granada. Le solicita nombre de pueblos y otros datos para estudiarlo en profundidad. El 14 de diciembre Munuera vuelve a escribir y pide información del sismo de 21 de octubre.

Existe una abundante correspondencia entre el P. Due y D. Amadeo Tortajada sobre libros, revistas, intercambios, etc.





VIDA Y OBRA DEL R. P. ANTONIO DUE ROJO, S. J

Manuel Espinar Moreno - Juan de Dios Morcillo Puga
I.A.G.P.D.S. - Universidad de Granada

Por las noticias que se conservan en el Archivo de la Compañía de Jesús y en los fondos del Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos en Granada, sabemos que el P. Due nació en Málaga el 12 de Febrero de 1898 y que murió en Cartuja (Granada) el 7 de Enero de 1975. Tras sus estudios medios y de Bachillerato, ingresó en la Compañía de Jesús el 1 de octubre de 1915. Fue ordenado sacerdote el 29 de Julio de 1928. Renovó sus votos en Profesión religiosa solemne el 2 de Febrero de 1933. Sobre su vida se conservan dos notas necrológicas publicadas en los periódicos granadinos “Ideal” y “Patria” y una reseña en “ABC”.

Fue Director del Observatorio de Cartuja, Rector y Profesor de la Facultad de Teología¹. Antes de ordenarse sacerdote se dotó de una amplia formación, terminó sus estudios de Filosofía, enseñó Ciencias Naturales y Astronomía en Cartuja (Granada) en el curso 1923-1924. Tras concluir su formación teológica fue designado subdirector del Observatorio Astronómico y Sismológico de Cartuja (Granada), propiedad de la Compañía de Jesús, en el año 1930, aunque, en realidad, como él mismo nos comenta, ejercía el cargo desde 1925. Sabemos que se doctoró en Filosofía y Teología. Algunas notas proceden de su propio curriculum; en 1954 nos da las noticias que siguen sobre él y alguno de su colaboradores:

El 4 de mayo de 1954 envía el P. Due algunos datos sobre su curriculum al Consejo Superior de Investigaciones Científicas en Madrid, en donde dice que ha nacido en Málaga el 12 de febrero de 1898, que está en posesión del Título de Bachiller, expedido por el Instituto General y Técnico de Málaga, en donde estudia desde 1909 a 1915. Los estudios de Letras y Filosofía los realiza en el Colegio de la Compañía de Jesús en Granada en dos etapas: la primera, desde 1917 a 1919 y, la segunda desde 1919 a 1923. Estudia Teología en la Facultad del mismo Colegio entre 1925 y 1929. Realiza la licenciatura en Ciencias Físicas en la Universidad de Madrid desde 1932 a 1935. De la misma manera nos informa cómo fue profesor de Ciencias y Letras en los siguientes períodos: 1919-1920, 1923-1925 y 1930-1931; profesor de Teología y Sagrada Escritura desde 1936 a 1940; profesor de Lengua Hebrea en la Facultad de Teología de la Compañía de Jesús en Granada en el curso 1921-1922 y desde 1937 a 1940, y profesor de Filosofía en 1940. Subdirector del Observatorio de Cartuja, en 1925 y en el período 1931-1932. Fue nombrado Rector del Colegio Máximo y Facultad de Teología de la Compañía de Jesús en Entre-os-Rios (Portugal) y en Granada desde 1935 a 1940, y, desde este mismo año es nombrado Director del Observatorio de Cartuja (Granada).

Como director del Observatorio, desarrolló, sobre todo, trabajos en Astronomía (actividad solar), Meteorología y Sismología. El Observatorio estuvo agregado al Consejo

¹ En los papeles y documentos sueltos del Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos se conservan gran cantidad de noticias sobre su vida y obra que hemos recuperado para realizar este trabajo.

Superior de Investigaciones Científicas como uno de los Institutos del patronato "Alfonso el Sabio".

Cuando se refiere a uno de sus colaboradores nos dice que el P. Gimeno Riutort nació en Sevilla el 19 de diciembre de 1907, estudió el Bachillerato y la Licenciatura en Ciencias Químicas en Sevilla, y los estudios de Letras y Filosofía así como los de Teología en la Compañía de Jesús.

El P. Due trabajó a las órdenes del P. Manuel María Sánchez-Navarro Neumann, uno de los pioneros más destacados de los estudios sismológicos. Disuelta la Compañía de Jesús en España por la Segunda República y despojada la Compañía del Observatorio de Cartuja² salió de Granada y aprovechó estos años de dispersión para ampliar estudios en las Universidades de Sevilla y Madrid desde 1932 a 1935. Las indicaciones de sus superiores y las circunstancias especiales le impusieron un nuevo paréntesis en su dedicación total a la Geofísica y a la Astronomía.

En el curso 1935-1936 fue nombrado Rector del Teologado de la provincia de Andalucía de la Compañía de Jesús. En aquellos momentos se estaba tratando de reorganizar a los padres y estudiantes. El Teologado se había establecido en Entre-os-Rios (Portugal) para que los estudiantes jesuitas españoles, que no podían seguir estudiando en España por la citada disolución, continuaran sus estudios y trabajos. En aquella casa se pusieron las bases, bajo el Rectorado del P. Due, para que, concluida la guerra civil española, fuera Granada la sede de la nueva Facultad de Teología. El Teologado se volvió a instalar en Granada en 1939 y en ese mismo año, con fecha de 3 de diciembre, se erigía la Facultad. Poco después, a finales de enero de 1940, se nombraba un nuevo Rector en la Facultad y el P. Due de esta forma se pudo dedicar casi plenamente a lo que el consideraba la actividad fundamental de su vida: el trabajo y la dirección del Observatorio de Cartuja.

Vuelta la normalidad a nuestro país el P. Due fue designado de nuevo subdirector del Observatorio de Cartuja ya recuperado y devuelto por el Gobierno³ a la Compañía, aquí de nuevo trabajó con el P. Sánchez-Navarro. Poco después, a la muerte del P. Sánchez-Navarro, su maestro y amigo, es nombrado Director del Observatorio, tanto en la Sección de Astronomía como en la de Geofísica. Al frente de este cargo perseveró veintiséis años, desde 1940 hasta 1966. Una penosa enfermedad (miastenia), que ya no le abandonó hasta su muerte, le obligaron a cesar en sus numerosos trabajos científicos. Hasta el último día conservó los rasgos fundamentales de su personalidad humana y religiosa. Los que lo trataron destacan su delicadeza, afabilidad, sencillez, deseo de evitar molestias a los demás, profunda y sencilla piedad, etc., algo que nos recuerda a su maestro el P. Sánchez-Navarro Neumann.

Los que lo conocieron nos dicen que además de su preparación científica poseía una seria y sólida formación filosófica y teológica, especialmente destacaba en Teología Fundamental, en Hebreo y en cuestiones científicas relacionadas con la Filosofía.

² Por Decreto de Presidencia de Gobierno de 23 de Enero de 1932, y, puesto en ejecución el 2 de Febrero del mismo año.

³ Por decreto de la Jefatura del Estado de 3 de Mayo de 1938, III Año Triunfal.

En una nota del expediente encontramos: *"Ha fallecido en la paz del Señor en Granada (Cartuja) el P. Antonio Due Rojo, el día 7 de enero de 1975. Tenía 76 años de edad y 59 de Compañía.*

Además de la oración especial que hagan por él, todos los PP. ofrecerán una misa, y los que no son sacerdotes una misa, comunión y rosario, por el alma de dicho Padre difunto: P. Socio. El último aviso enviado fue el del P. Francisco Enciso".

El periódico Ideal de Granada publicó dos esquelas tras su fallecimiento el 8 de enero de 1975 que dicen:

"R. P. Antonio Due Rojo, S. J. ex director del Observatorio de Cartuja, ex Rector y Catedrático emérito de la facultad de Teología. Falleció en Granada el día de ayer, a los 76 años de edad. El Rector y personal del Observatorio Universitario de Cartuja. Ruegan una oración por su eterno descanso y comunican que el funeral tendrá lugar hoy, a las cuatro de la tarde, en la capilla de la Residencia de Profesores de la Compañía de Jesús, Polígono Universitario de Cartuja. Granada, 8 de enero de 1975". La otra esquela es igual y fue puesta por la Facultad de Teología. Apareció otra en el Diario Patria.

Al día siguiente, jueves 9 de enero de 1975, el Ideal de Granada dedica una extensa nota donde se hace una reseña biográfica, pág. 12 del periódico. El título de la reseña es: *El padre Due, S. J. fue el primer rector de la Facultad de Teología de Cartuja. Como director del Observatorio desarrolló una intensa labor científica durante más de un cuarto de siglo.* La redacción nos dice que fue enterrado el día 8 cuando tenía 76 años, y, añade: *"Durante los cinco últimos años una penosa enfermedad lo ha tenido separado de toda actividad exterior. Hasta entonces había desplegado una intensa labor, conocida de todos los granadinos, desde su puesto de director del Observatorio de Cartuja".* El periódico YA de Madrid dedicó una pequeña nota el 9 de enero que titula: *Fallece el padre Due, ex director del observatorio de La Cartuja.* De esta nota destacamos lo que sigue:

"El padre Due era una conocida personalidad científica en el orden de la sismología, y ha sido director durante veintiséis años del Observatorio Sismológico y Astronómico de Cartuja, hasta que en 1965, por imperativos de edad, cesó. Fue el primer rector de la facultad de Teología de Granada, de donde actualmente era profesor. Pertenecía al Consejo Superior de Investigaciones Científicas y a numerosas sociedades internacionales de su especialidad. Su muerte ha sido muy sentida en Granada".

El periódico granadino Patria dedicó otra reseña semejante a la de Ideal el 9 de enero pero sacó una nota necrológica el día 8 de enero que pasamos a extractar por lo que dice: *Necrológica, ayer falleció el padre Due, S.J., durante veintiséis años fue director del Observatorio de Cartuja.*

En otra nota encontramos algunos datos sobre el P. Due, en la que expresa era un gran científico y profesor. Tuvo a su cargo durante muchos años el Observatorio de Cartuja (Granada), una vez recuperado al final de la guerra civil de 1936-1939. Escribió numerosas obras de divulgación científica, con valor también apologetico. Tenía la carrera civil de Ciencias, licenciado en Física. Hombre de una delicadeza suma, y también sumamente paciente bien demostrada durante los muchos años que le duró la enfermedad progresiva de

miastenia⁴. Se vio privado totalmente de su vigor muscular y supuso un brusco corte en su actividad.

No fue obstáculo su permanente falta de salud para que, en los citados 26 años, realizara una amplia labor científica, principalmente en el terreno de la Geofísica y Astronomía. Así lo acredita la nota de sus publicaciones, más de un centenar en diversas publicaciones científicas, principalmente en el "Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural", "Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España", "Revista de Geofísica", "Euclides", "Urania", "Las Ciencias", "Razón y Fe", "Fomento Social", "Pensamiento", "Ibérica", etc. Entre su obra encontramos 6 libros de divulgación científica. Su intensa preocupación religiosa en conexión con el mundo científico, le impulsó a publicar su libro trabajado tal vez con el mayor cariño: *Dios y la Ciencia*, 1941.

Estuvo muy conectado con el mundo científico extranjero y español, en éste, fue miembro del Consejo Superior de Investigaciones Científicas del Ministerio Español de Educación y Ciencia. Intervino, por supuesto en otras Asociaciones científicas del extranjero, a cuyos congresos asistía con intervención personal. Todo ello aparte de su labor diaria en el Observatorio, sus clases en la Facultad de Teología de Granada y en la Facultad de Filosofía de Chamartín-Alcalá, actividades editoriales, etc.

Publicó unos 600 trabajos y entre ellos varios libros. Se conservan encuadernados, en la Biblioteca de la Facultad de Teología de Granada, dieciocho volúmenes de tamaño medio, que contienen en total unos seiscientos trabajos, del género de comunicaciones para congresos científicos y entidades similares. Además se conservan también un grupo de monografías, bajo los siguientes títulos:

- *Dios y la Ciencia*.
- *El poder de Dios y la Ciencia*.
- *El hombre de Dios y la Ciencia*.
- *La acción de Dios y la Ciencia*.

Son los números 3, 5, 11 y 12 de una colección de monografías publicadas con fines apologeticos por el Centro de Cultura Religiosa Superior. En la Biblioteca de Cuestiones Actuales se conocen los siguientes volúmenes:

⁴ Es una enfermedad autoinmunitaria que afecta los receptores de la unión neuromuscular y suele acompañarse de tumores tímicos. Se caracteriza por un agotamiento progresivo y rápido de la fuerza muscular durante esfuerzos repetidos y constantes (empeora con el ejercicio y mejora con el reposo) aunque a veces se observe una debilidad constante.

Esta fatiga muscular afecta a los músculos del esqueleto, faciales, oculomotores, laríngeos, faríngeos y respiratorios, siendo esta última lesión la que puede ocasionar muy graves complicaciones. La evolución clínica es variable; hay remisiones y exacerbaciones espontáneas.

El diagnóstico suele desprenderse de la historia clínica y la exploración física. Las pruebas complementarias ayudan a confirmarlo.

El tratamiento no se atiene a ningún protocolo concreto. La modalidad será de acuerdo con los síntomas, los hábitos de vida y la respuesta terapéutica. Cuando hay un empeoramiento rápido de la función respiratoria y la deglución obliga a medidas de mantenimiento intensivas, y al tratamiento y corrección de las causas desencadenantes (infecciones y alteraciones de la función tiroidea).

Las crisis miasténicas con insuficiencia respiratoria se observa en los pacientes con debilidad de la musculatura bulbar y respiratoria, aunque la función respiratoria hay que vigilarla en los pacientes con riesgo.

- *Edades y tiempos en el Universo.*
- *La frontera de nuestro mundo.*
- *La Tierra agitada.*
- *El mundo de los mares.*
- *Infancia y juventud de la Cultura Humana.*
- *Vida y muerte del Cosmos.*

Los volúmenes de las monografías son de tamaño medio y tienen unas dimensiones de 165 x 112 mm y un contenido medio entre 175 y 210 págs. La orientación que dio a sus escritos nos muestran un importante rasgo de su personalidad: su capacidad para imprimir a todas las actividades de su vida un profundo sentido religioso, apostólico y sacerdotal.

En el diario Patria se dice: "*..a sus elevadas dotes de sacerdote ejemplar unimos su gran personalidad científica, no será necesario destacar la gran pérdida que para nuestra ciudad y para el mundo entero supone la desaparición del padre Due*". Más adelante continúa: "*En el campo de la sismología era una auténtica autoridad que demostró en su prolongada dirección del Observatorio de Cartuja en donde quemó sus muchas horas de estuudio desde que llegó a Granada en el año 1939 hasta que cesó por imperativos de la edad, en 1965*". El periódico da el pésame a sus familiares y añade que siempre colaboró cuando fue requerido para asesorarles en las parcelas del saber en las que era un consumado especialista, da el pésame a la Compañía de Jesús por haber perdido a uno de sus más preclaros componentes y finaliza diciendo: "*Descanse en la paz de Dios el querido padre Due*".

El 2 de octubre de 1986 se redactó otra nota dirigida al R. P. Francisco de Borja Medina, S. J. (Roma), que dice:

"Querido P. Borja: le envié adjunta copia de un corto informe que he tenido que realizar acerca del P. Due. La ficha que a su debido tiempo envié a V. relativa a nuestro P. Due, era pobrecita y tal vez sirva para enriquecer las notas que le adjunto.

Mañana D. m. es su onomástica. Ya procuraremos encomendarle al Señor. Afmo en Cto. Francisco Delgado". Otra similar se destina al P. Francisco Mondejar, S. J.

Otras noticias sobre su vida.

En 1942 publica la Crónica de la Segunda Reunión de Estudios Geográficos, celebrada en Granada, en la Revista Razón y Fe. Pronunció una conferencia sobre *El clima en Granada*, que había presentado en dicha Reunión, que había entregado para la revista Estudios Geográficos del Instituto Juan Sebastián Elcano. Impartió una nueva conferencia sobre la labor científica del P. José A. Pérez del Pulgar. Dictó un curso de conferencias dogmático-científicas en el Centro de Cultura Religiosa Superior de Granada, sobre *El Hombre ante Dios y la Ciencia*, y otras dos conferencias sobre el Observatorio de Cartuja a 140 maestros con ocasión de las oposiciones al Cuerpo del Magisterio Nacional Primario, celebradas en Granada en ese mismo año. También sabemos que impartió otra conferencia en la II Asamblea sismológica de Alicante, otra en la Sección granadina de la Real Sociedad Española de Historia Natural y, por último, otra sobre *La Astronomía y la religión*

en el Colegio residencia de la Compañía de Jesús en Jerez de la Frontera.

Durante 1943 volvió a impartir el curso sobre *El Hombre y la Ciencia* en el Centro de Cultura Religiosa Superior durante Enero y Febrero, que hicieron un total de 12 conferencias. El 25 de enero imparte otra sobre *El problema del registro galvanométrico* en la Real Sociedad de Física y Química. El 7 de marzo dio una conferencia en el Seminario de Córdoba sobre *Santo Tomás y la ciencia astronómica*. En la Facultad de Teología imparte otra sobre *La Santa Sede y la reforma novísima del Calendario* el 28 de Marzo. En la Sección de Granada de la Real Sociedad Española de Historia Natural el 1 de junio expresa una comunicación sobre *La sismicidad de España en 1941*.

Durante el mismo año imparte otras conferencias, una el 12 de marzo en el Colegio de Médicos de Cádiz, con ocasión del homenaje al P. Sánchez-Navarro Neumann, S.J., médico antes de entrar en la Compañía de Jesús, y luego Director del Observatorio durante 30 años. Otras dos en la Hermandad de San Cosme y San Damián, de Jerez de la Frontera, a médicos y farmacéuticos, sobre *Moral profesional*, el 1 y 2 de Mayo. En el Colegio San Luis Gonzaga, del Puerto de Santa María, otra sobre *La Astronomía moderna*. Otra sobre Astronomía en el Centro de Cultura Religiosa Superior de Granada con ocasión del centenario de Newton. En el Ideal Cinema de Atarfe da tres conferencias de vulgarización científica sobre Astronomía y Geofísica del 4 al 6 de Mayo. A través de Radio Jerez dicta 6 conferencias sobre las relaciones del hombre con Dios.

En 1944 asiste al XVIII Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias celebrado en Córdoba en Octubre⁵. Disertó sobre *Las teorías sismogénicas en España durante los últimos siglos*, en ella analiza las teorías que se desarrollan a partir del terremoto de Lisboa de 1 de Noviembre de 1755, cuyos efectos se dejaron sentir en Portugal, España y el norte de África. Entre las conferencias de este año nos encontramos 7 impartidas en el Centro de Cultura Religiosa Superior en el curso 1943-1944 sobre *El gobierno de Dios en el mundo*, en las que se trató sobre las relaciones de los fenómenos naturales con la Providencia. En este mismo centro la sesión final trató sobre *La Astronomía y la Religión*, que estuvo ilustrada con proyecciones. En la Facultad de Teología realizó una conferencia sobre *Los métodos de la investigación Científica*. En la sección granadina de la Real Sociedad Española de Historia Natural sobre *Los movimientos sísmicos en España durante el año 1942*. En la sección de la Real Sociedad Española de Física y Química sobre *Influjo real y ficticio de la Luna en la dinámica atmosférica*. En la Agrupación Álvarez Quintero, de Granada, una conferencia sobre *El influjo del Sol en la Tierra*. Por último, en la Universidad de Sevilla dio otra conferencia sobre *Progresos de la Astronomía y Geofísica*.

En 1945 volvió a dictar en el Centro de Cultura Religiosa Superior otro curso sobre *Los fenómenos luminosos naturales y las apariciones sobrenaturales*, en dos conferencias. En el Observatorio de Cartuja da una conferencia sobre Meteorología a los alumnos de la Cátedra de Higiene de la Universidad de Granada. En Sevilla da una conferencia sobre *La responsabilidad humana y la ciencia heterodoxa*.

⁵ Reseña publicada en la *Revista de Geofísica*, Año III, núm. 12, Octubre-Diciembre, 1944, pp. 677-685.

En estos momentos, en uno de sus informes y tras enumerar todos los trabajos que realiza el Observatorio, nos dice que tiene que hacer frente a las consultas frecuentes, conferencias científicas y la participación en Congresos y Asambleas científicas y que había tenido que negarse a dar muchas conferencias porque tenía que dejar sus clases.

En 1946 dictó un ciclo de conferencias en el Centro de Cultura Religiosa Superior de Granada del 3 de febrero al 10 de marzo sobre *la Palabra de Dios y la Ciencia*, que hacen un total de nueve conferencias. Otro ciclo de conferencias en el Colegio de Miraflores del Palo (Málaga), sobre *Los problemas de la Astronomía moderna*. Este año sabemos que su salud estaba mermada pero tiene que llevar casi solo los trabajos del Observatorio y sus clases en el Colegio Máximo. Se plantea en la Compañía que tuviera un ayudante para que incluso le sustituyera en el Observatorio.

En 1947 asistió al Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, celebrado en San Sebastián en el mes de abril, donde presentó dos trabajos. En la Universidad de Granada impartió una conferencia el 1 de Mayo sobre *El estudio de los microsismos y sus aplicaciones prácticas*, en la sección de la Real Sociedad Española de Física y Química. En la de Historia Natural aportó dos comunicaciones en las sesiones del 14 de junio y 23 de octubre.

El 18 de Diciembre de 1948 el propio P. Due nos informa que había asistido en Madrid a la Reunión de la Real Sociedad Española de Física y Química. También pronunció una conferencia en la Universidad de Granada en la Sección Provincial de la Real Sociedad Española de Historia Natural, que trataba sobre *El estado actual de la Astronomía y la Geofísica en los Estados Unidos*. Además dictó otras 5 conferencias sobre temas científicos de vulgarización en la Facultad de Teología y en el Seminario Mayor de Granada.

Entre sus actividades destaca el viaje realizado en este año a los Estados Unidos, para asistir a los Congresos de Geofísica de Washington y Cleveland. A finales del año se termina de instalar el geotermógrafo para tres profundidades: 25, 50 y 100 cms.

Lo más interesante de esta anualidad fue el viaje científico a los Estados Unidos desde Abril a Noviembre. El viaje se realizó a propuesta del Patronato "Alfonso el Sabio" del C.S.I.C. con la concesión de una ayuda por parte de la Junta de Relaciones Culturales del Ministerio de Asuntos Exteriores. El fin del viaje era recoger información práctica sobre métodos y medios de investigación en Astronomía y Geofísica, recorriendo observatorios, instituciones científicas, fábricas de aparatos, etc., estrechando relaciones e intercambios. Nos dice el P. Due que antes de emprender el viaje hizo gestiones y en todos los lugares fue bien acogido, fue admitido como miembro de la American Geophysical Union de la Sociedad Sismológica Americana y como "Visiting research fellow" del Instituto Tecnológico de California. Visita los observatorios de Monte Wilson y Monte Palomar, tomó interesantes notas en los observatorios y en bibliotecas, y se consiguieron muchos intercambios y donaciones de libros.

La mayor parte del tiempo, seis meses, estuvo en la Universidad de Georgetown,

en Washington. Aprovechó los días en las bibliotecas, oficinas, talleres, etc., pues estuvo en el Observatorio Naval, Aeropuerto del Weather Bureau, Observatorio Astrofísico de la Smithsonian Institution, Oficinas de la United States Coast and Geodesic Survey, las del Geological Survey y la Carnegie Institution, Biblioteca del Congreso, sobre todo en el Pabellón Jefferson, donde se encuentran las publicaciones de los diez últimos años. En la U.S.C.G.S. recibió el encargo de negociar con España la emisión de telegramas cifrados para determinar los epicentros sísmicos en la Oficina Central de Washington.

A finales de Abril asistió al XXIX Congreso de la American Geophysical Union, donde conoció a eminentes hombres de ciencia, lo que le facilitó el resto del viaje. Estuvo en Boston casi un mes, obtuvo importantes datos en Harvard y en su Observatorio, en el Instituto de Tecnología de Massachussetts, Observatorio Geofísico de Weston. También visitó Cambridge. En Cleveland asistió a la Reunión Anual de la Seismological Society of America. En Saint Louis, Missouri, estuvo en el Instituto de Tecnología Geofísica, en los talleres de construcción de sismógrafos Sprengnether y en la estación de Florissant. Visitó Los Ángeles.

Otro mes estuvo en el Laboratorio Sismológico de Pasadena, California, con su Director, Dr. Beno Gutenberg, cuyo trabajo lo ha llevado a ser el observatorio más completo del mundo. Visitó la fábrica VEMCO donde se construye el modelo de sismógrafo Benioff, le acompañó en la visita el propio Dr. Benioff. Desde allí fue a los Observatorios de Monte Wilson y Monte Palomar, muy interesante para los fines prácticos del viaje, pero las gigantescas instalaciones no tenían aplicación posible en España.

Estuvo 15 días en San Francisco donde visitó el Pabellón Astrofísico de la Universidad de California y la Biblioteca de la Universidad de San Francisco. Unos días en Chicago donde estuvo en la John Crerar Library en su sección de Ciencias. De allí se trasladó a Nueva York, a la Universidad de Fordham, donde estuvo con el Dr. Víctor Hess, descubridor de los rayos cósmicos. Por último, otras dos semanas en Baltimore, en la sección de Ciencias de la Biblioteca Enoch Pratt y una visita a la fábrica de aparatos de Meteorología The Instrument Corporation.

Durante 1949 se construyó un gran péndulo bifilar, modelo Cartuja, de 4.500 kgs. de masa, aprovechando parte del material del antiguo Berchmans invertido. En la Universidad, sección provincial de la Real Sociedad Española de Historia Natural, presentó un trabajo el 24 de abril sobre los movimientos sísmicos de 1947, varias notas y comunicaciones y en especial participó en la Semana Pedagógica celebrada en la Escuela Normal de Maestros de Granada con el tema: *Astronomía y Geofísica modernas*, el 16 de mayo.

En 1950 asistió a la Reunión bianual de la Real Sociedad Española de Física y Química en Zaragoza, dio una conferencia en el Facultad de Teología y, además, fue invitado por la Alta Comisaría de España en Marruecos para dar una conferencia en Tetuán sobre *La Física cósmica en la primera mitad del siglo XX*, ésta se dio en el Salón de Actos de la Biblioteca, sito en la actual Avenida de Mohamed V, que actualmente se encuentra en restauración.

En 1952 se celebró el Cincuentenario del Observatorio y se prepararon varios trabajos. Dictó varias conferencias en la Facultad de Teología, participó en el Congreso de la Sociedad Sismológica Americana, celebrado en Ottawa (Canadá), en el Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, celebrado en Málaga. Invitado por el C.S.I.C., actuó como delegado de España a la Semana de Estudios sobre el problema de los microsismos, celebrada en Roma, en la Ciudad del Vaticano, del 19 al 26 de Noviembre. En la Universidad de Granada da una conferencia sobre *Los estados físicos en el interior de la Tierra*". También, y en representación del C.S.I.C., participó en el I Congreso Internacional de la Comisión Sismológica Europea, bajo los auspicios de la Asociación Internacional de Sismología y Física del Interior de la Tierra y de la UNESCO, en Stuttgart⁶, del 22 al 27 de Septiembre.

En 1953 dictó dos conferencias en la Universidad de Granada y un curso sobre Cuestiones Científicas en la Facultad de Filosofía de la Compañía de Jesús. Además estuvo en el Congreso de la Asociación para el Progreso de las Ciencias celebrado en Oviedo.

En 1954 impartió varios cursos de cuestiones científicas relacionadas con la Filosofía en la Facultad Filosófica de la Compañía de Jesús en Madrid. Durante 1952 a 1954 visitaron el Observatorio los Prof. M. Joucey, Spring, Mobile, Alabama, de U.S.A., Dr. Dean S. Carder, de la U. S. Coast and Geology Survey, de Washington, D.C., de U.S.A., Prof. Gervais Doumeige, de la Faculté Coll. Engien, de Bélgica, y F. Baldet, Astron Titulaire de l'Observatoire Paris-Meudon.

En 1955 entre los trabajos especiales sabemos que impartió Tres cursos de cuestiones científicas en la Facultad de Filosofía de la Compañía de Jesús en Alcalá de Henares. Las que vuelve a repetir en 1956.

En 1958 asiste al Congreso de la Asociación para el Progreso de las Ciencias celebrado en Madrid en noviembre. Participó en las *Conversaciones de Pensamiento* de Alcalá de Henares en enero y en la misma Facultad de Filosofía explicó tres cursos sobre cuestiones científicas, de Octubre a Noviembre.

Durante 1959 en las conferencias y cursillos destacan *Evolución cósmica* en la Facultad de Teología en Granada el 15 de Febrero, otras dos conferencias en Ceuta, una en el Instituto de Segunda Enseñanza sobre *Visión actual del Universo*, la otra en el Centro Cultural Militar sobre *Satélites artificiales* el 15 de abril. Otra en la Sociedad Algecireña de Fomento, sobre *Perspectivas astronómicas*, Algeciras, 17 de abril.

⁶ En los locales de la Technische Hochschule. Se presentaron y discutieron las comunicaciones de los representantes de 14 países europeos. De España se presentaron: *La sismicidad de la Península Ibérica*, por J. Bonelli (Madrid) y *La sismicidad del Sudeste de España*, por A. Due (Granada). La mayor parte de los trabajos se refirieron al estudio de la sismicidad en Europa. El acuerdo básico de la Asamblea fue *recomendar a cada uno de los países la confección de catálogos y mapas sísmicos donde figuren los epicentros (especificando la precisión con que se han determinado sus coordenadas geográficas), profundidad focal, intensidad máxima, radio macrosísmico y correspondencia entre los datos macrosísmicos y las magnitudes.*

El criterio con el que se debían disponer los datos sísmicos, especialmente en los mapas, fue muy discutido; de tal manera que hubo la propuesta de hacer dos distintos, o al menos indicar en uno mismo dos clases de intensidad de los terremotos: la que se manifiesta por los daños producidos -cuyo interés se centra en la construcción [arquitectos, ingenieros]-, y la magnitud y frecuencia -de gran interés a los sismólogos-.

En 1960 participa en el Congreso Internacional de la Asociación Luso-Española para el Progreso de las Ciencias celebrado en Sevilla del 23 al 26 de Noviembre. Dictó el Discurso inaugural del curso 1960-1961 de la Facultad Teológica de Granada con el tema *La evolución integral y el dogma de la Providencia*. En el Seminario Mayor de San Torcuato, de la Diócesis de Guadix, da una conferencia sobre *Los problemas físicos y filosóficos de la astronáutica*.

En 1961 dicta una conferencia en la Universidad de Granada sobre *Actitud del hombre ante la vida y muerte del Cosmos*. Asistió al Pleno de la División de Ciencias del C.S.I.C, en noviembre.

En 1962 participó en el Congreso de Ingeniería Sísmica, celebrado en Madrid del 5 al 7 de diciembre. Fue nombrado por el Excmo Sr. Ministro de Educación Nacional representante en la Comisión Interministerial para los temas sísmicos, participó en dos reuniones del Instituto Geográfico celebradas el 5 de noviembre y el 3 de diciembre. Recibió una visita de los representantes de la UNESCO y expuso ante ellos las condiciones de sismicidad de la región granadina.

El 20 de noviembre de 1964 justifica una subvención de 80.000 pts ante el Presidente de la División de Ciencias Matemáticas, Médicas y de la Naturaleza del C.S.I.C.. No contamos con otras informaciones de interés hasta que en 1965 fue sustituido por motivos de salud y de edad por el subdirector P. Teodoro Vives Soteras, S. J.

Relaciones del Observatorio de Cartuja con otras entidades.

Desde los años en que dirigió el Observatorio el P. Manuel M^a Sánchez-Navarro Neuman hasta que se jubiló el P. Due Rojo hemos sacado la relación de las entidades científicas extranjeras con las que se mantiene intercambio y relación epistolar, amén de visitas de investigación. Con todas ellas mantuvo el P. Due una importante correspondencia, cuyo contenido nos hubiera aportado interesantes datos sobre su vida y obra. En sus escritos se enumeran las siguientes:

- 1.- Apia Observatory. Apia. Western Samoa. Oceanía.
- 2.- Service Météorologique Grec. Odos Tsopsig, 28. Athenes. Grecia.
- 3.- Institut Seismologique a Tasmaidan. Beograd. Yugoslavia.
- 4.- Observatoire National de Besancon (Dubs). Francia.
- 5.- Observatoire d'Arger. Bouzareah. Algerie. Marruecos Francés.
- 6.- University of Queensland Seismological Station. St. Lucía. Prsbane. Australia.
- 7.- Museo Argentino de Ciencias Naturales e Instituto Nacional de Investigación de Ciencias Naturales. Avda Angel Gallardo, 470. Buenos Aires. Argentina.
- 8.- Harvard College Observatory. Harvard University, Cambridge, U.S.A. (Mass.).
- 9.- Osservatorio Astronomico. Capodimonte. Napoli. Italia.
- 10.- Specola Vaticana. Castel Gandolfo. Roma. Italia.
- 11.- Magnetic Observatory. Christchurch. Nueva Zelanda.
- 12.- Observatorio Astronomico da Universidade. Coimbra. Portugal.
- 13.- Instituto Geofísico da Universidade. Coimbra. Portugal.

- 14.- Observatorio Astronómico de Córdoba. Argentina.
- 15.- Royal Magnetical Meteorological Observatory. Djakarta. Indonesia.
- 16.- Meteorological Service. 44, Upper O'Connell Street. Dublín. Irlanda.
- 17.- Osservatorio Ximeniano. Firenze. Italia.
- 18.- Fraunhofer Institut. (17 b) Freiburg i. Br. Schauinsland. Alemania.
- 19.- Deutsche Hydrographische Institut. (24 a). Hamburg, 11. Seewartenstrasse, 9. Alemania.
- 20.- Royal Greenwich Observatory. Herstmonceux Castle. Hailsham, Sussex. Inglaterra.
- 21.- Observatoire de Kandilli. Cengelkoy-Istanbul. Turquía.
- 22.- Kew Observatory. Richmond, Surrey. Inglaterra.
- 23.- Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional. La Plata. Argentina.
- 24.- Museu e Laboratorio Mineralogico e Geologico da Universidade. R. da Escola Politécnica. Lisboa. Portugal.
- 25.- Servicio Meteorologico Nacional. Largo de Santa Isabel. Lisboa. Portugal.
- 26.- Instituto Geofísico do Infante D. Luis. R. da Escola Politécnica. Lisboa. Portugal.
- 27.- Meteorological Office. Air Ministry. London. Inglaterra.
- 28.- Royal Astronomical Society. Burlington Arcade. London. Inglaterra.
- 29.- University of California at Los Angeles. California, U.S.A. 405, Hilgard Ave. L. A. 24.
- 30.- Observatoire Cantonal de Neuchatel. Suiza.
- 31.- Dominion Observatory. Ottawa. Canadá.
- 32.- Observatoire de Paris. Francia.
- 33.- Bureau International de l'Heure. 61, Av. de l'Observatoire. Paris (XIV). Francia.
- 34.- California Institute of Technology. Pasadena. California, U.S.A.
- 35.- Observatorio Astronomico di Monte Mario. Roma. Italia.
- 36.- Observatorio de Física Cósmica. San Miguel. F.C.P. Argentina.
- 37.- Institute of Technology. 3621 Olive Street. St. Louis 8. Missouri, U.S.A.
- 38.- Rikets Allmanna Kartverk. Stockholm 8. Suecia.
- 39.- Observatorium. Stockholm. Suecia.
- 40.- Institut de Physique du Globe. 38, Boulevard d'Anvers. Strasbourg. Francia.
- 41.- Observatoire de Tananarive. Madagascar.
- 42.- Tokio Astronomical Observatory. University of Tokio. Mitaka. Tokio. Japón.
- 43.- Japan Academy. Ueno Park. Tokio. Japón.
- 44.- Observatoire de Toulouse. Francia.
- 45.- Istituto Talassografico. Viale Romolo Gessi, 2. Trieste.
- 46.- Osservatorio Geofísico. Trieste (116).
- 47.- The Dunsink Observatory. Co. Dublin. Irlanda.
- 48.- Astronomical Observatory. University of Turku. Finlandia.
- 49.- Flower Observatory. Upper Darby, Penn. U.S.A. Philadelphia 4.
- 50.- Observatoire Météorologique de l'Université. Uppsala. Suecia.
- 51.- Observatorio Meteorologico da Serra do Pilar. Vila Nova de Gaia. Portugal.
- 52.- Instituto Geofísico da Universidade do Porto. Portugal.
- 53.- Geological Survey. Department of the Interior. Washington, D.C., U.S.A.
- 54.- Naval Observatory. Washington D.C., U.S.A.
- 55.- United States Coast and Geodetic Survey. Department of Commerce. Washington D.C., U.S.A.
- 56.- Westher Bureau. Department of Commerce. Washington D.C., U.S.A.
- 57.- Eidgenossische Sternwarte. Zürich. Suiza.

- 58.- Schweizerischer Erdbebendienst. Zürich. Suiza. Gloriamstrasse, 35.
- 59.- Ole Römer Observatory. Aarus. Dinamarca.
- 60.- American Association of Variable Stars Observers. Harvard College. Cambridge, Mass., U.S.A.
- 61.- Observatoire de Geneve. Suiza.
- 62.- Servicio da Marinha. Goa. India Portuguesa.
- 63.- Lick Observatory. Mount Hamilton. California, U.S.A.
- 64.- Poznam University Observatory. Poznam. Polonia.
- 65.- Perking Observatory. Ohio Wesleyan University. Delaware. Ohio, U.S.A.
- 66.- University of Pittsburg. Penn., U.S.A.
- 67.- Observatorio Nacional de Tucubaya. Méjico.
- 68.- Wiener Sternwarte. Wien. Austria.
- 69.- Yale University Astronomical Observatory. New Haven, 11- Conn., U.S.A.
- 70.- Instituto de Geofisica de la Universidad de México. Puente de Alvarado, 71. México, 3, D.F.
- 71.- Observatorio Meteorologico Nacional de San Salvador. El Salvador. San Salvador.
- 72.- Service Méteorologique d´Ankara. Turquía.
- 73.- California University. Berkeley 4. California, U.S.A.
- 74.- Academie Royal des Pays Bas. De Bilt. Holanda.
- 75.- Institut Méteorologique des Pays Bas. de Bilt. Holanda.
- 76.- Service Séismologique et Gravimetrique de l´Observatoire Royal. Uccle. Bruxelles. Bélgica.
- 77.- Dominion Observatory. Wellington. Nueva Zelanda.
- 78.- Central Meteorological Observatory. Tokio. Japón.
- 79.- Revista de Ciencias. Apartado 2974. Lima. Perú.
- 80.- Meteorologisches Amt für Nordwestdeutschland. Postfach 50. Bad Kissingen. Alemania.
- 81.- Colegio de Ingenieros de Venezuela. Caracas. Venezuela.
- 82.- Observatoire National de Geneve. Suiza.
- 83.- Deutscher Wetterdienst. Bernard Notht Strasse, 76. Hamburgo. Alemania.
- 84.- Crakow Observatory. SW. Tomaszka, 30. Krakow. Polonia.
- 85.- Osservatorio Astronomico de Brera-Merate. Via Brera, 28. Milano. Italia.
- 86.- Det Norske Institutt for Kosmik Fisik. Bergen. Noruega.
- 87.- Royal Academy of Sciences. University of Uppsala. Suecia.
- 88.- Seismological Society of America, Eastern Section. U.S.C.G.S., Department of Commerce. Washington D.C., U.S.A.
- 89.- Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. Hohe Warte, 38. Wien XIX, 117. Austria.
- 90.- Air Ministry. Headstone Drive. Harrow Middlesex. Inglaterra.
- 91.- Observatoire de Ksara. Par Zahlé. República del Líbano.
- 92.- Servicio Meteorologico da Marinha. Lisboa. Portugal.
- 93.- Munt Wilson and Palomar Observatories. 813, Santa Barbara Str. Pasadena 4. California, U.S.A.
- 94.- Institut Séismologique. Observatoire National. Athenes. Grecia.
- 95.- Geofisiske Institut. Universiteten i Bergen. Noruega.
- 96.- Det Magnetiske Byra. Universitatem i Bergen. Noruega.
- 97.- Observatoire astronomique de l´Université. Al Ujzafowkie, 4. Warzaswa. Polonia.

- 98.- Instituto Geofísico de los Andes Colombianos. Colegio de San Bartolomé., Apartado 270. Bogotá. Colombia.
- 99.- Geodetic Institut. Copenhagen. Dinamarca.
- 100.- Solar Physics Observatory. Cambridge University. Inglaterra.
- 101.- Observatorio Meteorológico Cajigal. Caracas. Venezuela.
- 102.- Leander McCormick Observatory. University of Virginia. Charlottesville, Virginia, U.S.A.
- 103.- Institut d'Astrophysique. Cointe Sclessin. Bélgica.
- 104.- Seismological Station. Rathfarnham Castle. Dublín. Irlanda.
- 105.- Georgetown University Seismological Station. Washington 7, D.C., U.S.A.
- 106.- Seisminen Sema Fysiikan Laites. Siltavuorenpenger, 20. Helsinki. Finlandia.
- 107.- Landessterwarte. Heidelberg Königsstuhl. Alemania.
- 108.- Astronomisches Recheninstitut. Seminarienhause. Augustinerstr, 15, Apart. 191. Heidelberg (17 a). Alemania.
- 109.- Solar Physics Observatory. Kodaikanal. South. India.
- 110.- Observatorio de San Calixto. La Paz. Bolivia.
- 111.- Observatorio Astronomico da Tapada. Lisboa. Portugal.
- 112.- Astronomical Observatory. University of Michigan. Michigan, U.S.A.
- 113.- Osservatorio di Fisica Terrestre. Seminario di Milano. Italia.
- 114.- Sociedad Astronomica de México. Jardín Castilla. Colonia Alamos. México, D.F.
- 115.- Istituto Geofísico e Geodetico della Università de Messina. Messina. Italia.
- 116.- Institut Gebhard-Severine. 5 Fauburg de l'Hopital. Neuchatel. Suiza.
- 117.- Lamont Geological Observatory. Columbia University. Torrey Cliff. Palissades. N. Y., U.S.A.
- 118.- Seismological Laboratory. 220 North San Rafael Avenue. Pasadena 2, California, U.S.A.
- 119.- Institut für Geophysik in Prag. Checoslovaquia.
- 120.- Observatoire National. Bedecska, 6 IV p. Praha. Checoslovaquia.
- 121.- Facultad de Filos., Ciencias y Letras "Mancel de Nóbregue". Rua do Principe, 526. Recife Pernambuco. Brasil.
- 122.- Observatoire de Boucarest. Rumania.
- 123.- Riverwiew College Observatory. Riverwiew N. S. W. Australia.
- 124.- Municipalidad de Santafé. Argentina.
- 125.- Oficina Meteorologica de Chile. Casilla 717. Santiago. Chile.
- 126.- Asociación Astronomica argentina de Amigos de la Astronomia. Patricias Argentinas, 550. Parque Centenario. Buenos Aires. Argentina.
- 127.- Institut de Physique du Globe et Méteorologie Cherifien. Rue de Foucault, 2. Casablanca. Marruecos Francés.
- 128.- Royal Swed. Academy of Sciences. Stockholm 50. Suecia.
- 129.- Commitee on experimental Geology and Geophysics. Geological Museum. Cambridge, 38. Mass. U.S.A.
- 130.- Soumalien Tiedeakademia. Snellmanink, 9-11. Helsinki. Finlandia.
- 131.- Turun Yliopiston Tähtotorni. Turku, Suomi. Ylipisto. Finlandia.
- 132.- Institut fur Meteorologie und Geophysik der Universitat. Innsbruck. Austria.
- 133.- Europa Publications Ltd. 53, Bloomsbury Str. London W.C. 1. Inglaterra.
- 134.- Science Museum. South Kensington. London S. W. 7. Inglaterra.
- 135.- Endeavour (Revista de Ciencias). Imperial Chemical Industries. Novel Hose.

- Buckingham Gate. London S. W. Inglaterra.
- 136.- Junta Nacional de Meteorología. Casilla 64. Montevideo. Uruguay.
- 137.- David Dunlap Observatory. Richmond Hill. Ontario. Canadá.
- 138.- Istituto Nazionale di Geofisica. Città Univesitaria. Roma. Italia.
- 139.- Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut. Stockholm, 12. Suecia.
- 140.- Royal Astronomical Society of Canada. 3, Willcocksstreet.
- 141.- Meteorologiska Institutionem vid Kongl Universitat. Uppsala. Suecia.
- 142.- Hispanic Exchange Project and Cift Division. Library Congress. Washington 25, D.C., U.S.A.
- 143.- Universitätssternwarte. Türkenschanzstrasse, 17. Wien XVIII. Austria.
- 144.- Würtemberg. Erdbebendienst. Richard Wagner Strasse, 15. Stuttgart, O. Alemania.
- 145.- Instituto de Geología. Universidad Nacional de México. México, D.F.
- 146.- Universidad de Santo Domingo. Ciudad Trujillo. República Dominicana.
- 147.- International Astronomical Union. Eidgenosischer Sternwarte. Zürich. Suiza.
- 148.- Astronomical Society of Japan. Tokio Astronomical Observatory. Tokio. Japón.
- 149.- Institut Méteorologique Central. Rue Dragan Tzankoff, 4. Sofia. Bulgaria.
- 150.- Centre National de la Recherche Scientifique. 18, Rue Pierre Curie. Paris V. Francia.
- 151.- Norke Videnscapen Akademy i Oslo. Noruega.
- 152.- Institut d'Astronomie, Geodesie et Physique du Globe. Université de Liege. Belgica.
- 153.- University of Pennsylvania. Philadelphia. Penn., U.S.A.
- 154.- Meteorologiske Institutionen. Uppsala. Suecia.
- 155.- American Geophysical Union. 1530 P Str. NW. Washington 5, D.C., U.S.A.

Actividad científica del R.P. Antonio Due Rojo S. J.

1.- Libros:

Dios y la Ciencia, conferencias dogmático-científicas pronunciadas en el Centro de Cultura Religiosa Superior de Granada. Escelicer. Cádiz. 1941. 232 págs.

El poder de Dios y la ciencia. Escelicer, S.L. Cádiz. 1942. 224 págs.

Dios y la Ciencia. Conferencias dogmático-científicas. Escelicer, S.L. Cádiz. 1942-2ª ed.

El hombre ante Dios y la Ciencia. Escelicer, S.L. Cádiz. 1944.

La Acción de Dios y la Ciencia. Escelicer, S.L. Cádiz. 1945.

El Mundo de los Mares. Editorial Razón y Fe. Madrid. 1962. 190 págs.

Deus a luz da ciencia. Edições Asa. Oporto. 1962. 174 págs.

2.-Artículos:

1931

“Datos sísmicos trimestrales de España”. *Ibérica*. Suplemento 1931. 1931.

1939

“Las oscilaciones barométricas de corto período”. *Boletín mensual del Observatorio de Cartuja*. Enero-Marzo 1939. 1939.

“Un gran sismólogo español”. *Boletín mensual del Observatorio de Cartuja*. Abril-Junio 1939. 1939.

“El hormanemógrafo HURTADO”. *Boletín mensual del Observatorio de Cartuja*. Julio-Septiembre 1939. 1939.

1940

"La labor científica del P. M. M. Sánchez Navarro, S.I.". *Boletín mensual del Observatorio de Cartuja*. Enero-Septiembre 1940.

1942

“Una forma poco frecuente de halo solar”. *Revista de Geofísica*. Año I, Nº 3. 1942. 276-277 / Vol. I.

“Observaciones climatológicas y terremotos registrados en un radio de 100 Kms de Granada”. *Anuario Estadístico de Granada*. 1942.

“El observatorio de Cartuja”. *Guía de Granada*. 1942.

"Contribución al estudio del clima de Granada". *Estudios Geográficos*. Septiembre 1942. 1942. 143-152.

"El tercer centenario de la muerte de Galileo". *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. 1942. 284-287 / T. 122.

"Crónica de la Segunda Reunión de Estudios Geográficos en Granada". *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. Diciembre 1942. 1942. 520-522.

"La sismología, ciencia práctica moderna". *Euclides, revista matemática*. Nº 19. 1942. 294-296 / T. II.

"El clima de Granada". *Estudios Geográficos*. 1942.

1943

"Una solución práctica al problema del registro galvanométrico". *Anales de Física y Química*. 1943. 5-9 / T. XXXIX.

"El tercer centenario del nacimiento de Isaac Newton". *Razón y Fe. Revista*

hispanoamericana de cultura. Enero 1943. 1943. 66-73.

"Los jesuitas españoles y las ciencias astronómicas y geofísicas". *Euclides, revista matemática*. Nº 23. 1943. 74-77 / T.III.

1944

"Un curioso documento meteorológico del siglo XIX". *Revista de Geofísica*. Nº 8. 1944. 422-427 / Vol. II.

"Tempestades microsísmicas registradas en Granada del 10-17 de febrero de 1944". *Revista de Geofísica*. Nº 10. 1944. 300-303 / Vol. III.

"Ondas barométricas anormales de período corto". *Revista de Geofísica*. Nº 11. 1944. 455-465 / Vol. III.

"Movimientos sísmicos en España durante el año 1942". *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. 1944. 425-431 / T. XLII.

"Los terremotos: su predicción". *Letras*. Nº 80. 1944. 30-33 / Vol. VIII.

"El clima de la provincia de Granada". *Anuario Estadístico de Granada*. 1944.

"El cielo desde Granada o una noche en el Observatorio de Cartuja". *E.S.O.* Número extraordinario. 1944.

"Influjo real y ficticio de la luna en la dinámica atmosférica". *Arbor*. Nº 3. 1944. 439-447 / T.I.

"En el cuarto centenario de la muerte de Nicolás Copérnico". *Euclides, revista matemática*. Nº 35. 1944. 51-54 / T.IV.

1945

"Los elementos en la muerte y resurrección de Jesucristo". *E.S.O.* Número extraordinario. 1945.

"Movimientos sísmicos en España durante el año 1943". *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. 1945. 631-638 / T. XLII.

"Las teorías sismogénicas en España en los últimos siglos". *Las Ciencias: Asociación Española Progreso de las Ciencias*. Año X, Nº 2. 1945. 283-294 / Vol. X.

"Métodos de investigación científica". *Euclides, revista matemática*. Nº 53-54. 1945. 386-389 / Vol. V.

"La agitación microsísmica de período medio en Granada". *Revista de Geofísica*. 1945.

87-98 / Vol. IV.

"La teoría de emigración de epicentros". *Revista de Geofísica*. 1945. 473-479 / Vol. IV.

"Actividad del Observatorio de Cartuja en 1944". *Revista de Geofísica*. 1945. 136-138 / Vol. IV.

"La IV Reunión de la Real Sociedad Española de Física y Química en San Sebastián". *Revista de Geofísica*. 1945. 550-554 / Vol. IV.

"El registro instrumental de los cambios de régimen atmosférico". *Anales de Física y Química*. Nº 399. 1945. 901-909 / Vol. XLI.

"Movimientos sísmicos en España durante el año 1943". *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. 1945. 631-638 / T. XLII.

"Las teorías sismogénicas en España en los últimos siglos". *Las Ciencias: Asociación Española Progreso de las Ciencias*. Año X, Nº 2. 1945. 283-294 / Vol. X.

"Métodos de investigación científica". *Euclides, revista matemática*. Nº 53-54. 1945. 386-389 / Vol. V.

"La agitación microsísmica de período medio en Granada". *Revista de Geofísica*. 1945. 87-98 / Vol. IV.

"La teoría de emigración de epicentros". *Revista de Geofísica*. 1945. 473-479 / Vol. IV.

"Actividad del Observatorio de Cartuja en 1944". *Revista de Geofísica*. 1945. 136-138 / Vol. IV.

"La IV Reunión de la Real Sociedad Española de Física y Química en San Sebastián". *Revista de Geofísica*. 1945. 550-554 / Vol. IV.

"El registro instrumental de los cambios de régimen atmosférico". *Anales de Física y Química*. Nº 399. 1945. 901-909 / Vol. XLI.

1946

"Olas y tempestades de la Corteza terrestre". *Boletín de la Universidad de Granada*. 1946 / Nº 81. 1946. 6 págs.

"Anomalías climatológicas del año 1945". *Revista de Geofísica*. 1946

"La agitación microsísmica del suelo durante el otoño e invierno de 1945-46". *Revista de Geofísica*. 1946

"En el cuarto centenario de Tycho-Brahe". *Euclides, revista de matemáticas*. Enero de

1946

"Las leyes atmosféricas y el pronóstico científico y vulgar del tiempo". *Arbor*. 1946. Tomo IV, págs. 283-295

"Movimientos sísmicos en España durante el año 1945". *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. 1946. Tomo XLIII, págs. 539-547.

1948

"La prospección magnética por avión en EE.UU.". *Revista de Geofísica*. Nº 26. 1948.

"La XX Reunión anual de la Sociedad Sismológica Americana en Cleveland". *Revista de Geofísica*. Nº 27. 1948.

"La inauguración del telescopio de Hale en Monte Palomar". *Euclides, revista matemática*. 1948. Vol. VIII.

"El Weather Bureau de los Estados Unidos". *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. 1948. 601-608 / T. 137.

"La componente vertical descendente del viento en Granada". *Anales de Física y Química*. Serie A, Física / Nº 5-6. 1948. 377-379.

"El Congreso XXIX de la Unión Geofísica Americana. Abril de 1948". *Urania. Revista de Astronomía y Ciencias afines*. Nº 218. 1948.

"Análisis de algunas anomalías meteorológicas registradas en España". *Las Ciencias: Asociación Española Progreso de las Ciencias*. Año XIII. 1948.

1949

"Actualidades geofísicas en los Estados Unidos". *Revista de Geofísica*. 1949

"Resultados de las investigaciones sobre la alta atmósfera". *Revista de Geofísica*. 1949

"The blister hypothesis". *Revista de Geofísica*, Reseña bibliográfica. 1949.

"El nuevo sismógrafo de la Estación sismológica de Cartuja". *Revista de Geofísica*. 1949.

"Movimientos sísmicos en España durante el año 1946". *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. 1949.

"Los nuevos aparatos registradores del Observatorio de Cartuja". *Anales de Física y Química*. 1949.

"La Astronomía y Geofísica en los Estados Unidos". *Boletín de la Real Sociedad*

Española de Historia Natural, Revista Las Ciencias. 1949.

"Actualidades Astronómicas". *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura.* 1949

"Microturbonadas". *Urania. Revista de Astronomía y ciencias afines.* 1949.

"Alusiones bíblicas a la astronomía y geofísica". *Euclides. Revista matemática.* 1949.

"La Estación sismológica del Observatorio de Cartuja". *Euclides. Revista matemática.* 1949.

"Las libraciones lunares". *Euclides. Revista matemática.* 1949. (Traducido del inglés)

"Nota sobre heliofísica y sus orígenes". *Euclides. Revista matemática.* 1949.

y GIMENO RIUTORT, Antonio S.J. "Movimientos sísmicos en España durante el año 1947". *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural.* 1949.

1950

"La humedad atmosférica en el Observatorio de Cartuja". *Revista de Geofísica. Serie B, Año V, N° 30.* 1950. 11 págs.

"Novedades sobre astronomía y geofísica en los EE.UU." *Boletín de la Universidad de Granada. Cuadernos de Geología, II,* págs. 61-65.

"Notas astronómicas". *Razón y Fe. Revista Hispanoamericana de cultura,* vol. 628, págs. 533-539.

"Ondas barométricas anormales en el cambio rápido de régimen atmosférico". *Revista de Geofísica, Vol. IX.* Págs. 73-78.

"Labor astronómica de aficionados". *Urania. Revista de Astronomía y Ciencias afines,* N° 220. Págs. 207-209.

"La aurora boreal de 20 de febrero de 1950". *Euclides. Revista matemática,* Vol. X, págs. 122-123.

"Estado actual de la astronomía y geofísica en los EE.UU." *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural.* Vol. 46, págs. 359-368.

"Recensión bibliográfica". *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural.* Vol. 47, págs. 708-709.

"Un ciclón en miniatura". *Euclides. Revista matemática.* Vol. X, págs. 259-260.

"El megasismo tibetano de 15 de agosto de 1950". *Euclides. Revista matemática.* Vol. X,

págs. 343-344.

"El fundador de la Helifísica (P. Cristobal Scheiner, S.I.)". *Urania. Revista de Astronomía y Ciencias afines*, nº 223-224. Págs. 1-19.

y GIMENO RIUTORT, Antonio S.J. "Rutas sísmicas superficiales". *Urania. Revista de Astrofísica y Ciencias afines*. Nº 221-222. Págs. 89-94.

y GIMENO RIUTORT, Antonio S.J. "Movimientos sísmicos en España durante el año 1947". *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. Vol. 47, págs. 485-493.

1951

"La temperatura del subsuelo en el Observatorio de Cartuja". *Urania. Revista de Astronomía y Ciencias afines*. Año XXXVI, Nº 225. 1951. 49-58.

"La oscilación térmica en Granada". *Urania. Revista de Astronomía y Ciencias afines*. 1951, Nº 228. 206-215.

"Ondas barométricas anormales en un cambio rápido de régimen atmosférico". *Revista de Geofísica*. Nº 33. 1951. 73-78 / vol. IX.

"Notas astronómicas". *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. Nº 628. 1951. 533-539.

"La aurora boreal de 20 de Febrero de 1950". *Euclides, revista matemática*. 1951. 122-123 / Vol. X.

"Estado actual de la astronomía y geofísica en los Estados Unidos". *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. 1951. 359-368 / vol. XLVI.

"El megasismo tibetano de 15 de Agosto de 1950". *Euclides, revista matemática*. 1951. 343-344 / vol. X.

"Un ciclón en miniatura". *Euclides, revista matemática*. 1951. 259-260 / vol. X.

"El régimen del viento en Granada (II)". *Revista de Geofísica*. Año V, Nº 42. 1951. 6 págs.

y GIMENO RUITORT, Antonio S.J. "El régimen de heladas en el Observatorio de Cartuja (Granada)". *Revista de Geofísica*. Serie B, Año V, Nº 30. 1951. 14 págs.

"Las fuentes de energía del porvenir". *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. Vol. 143, nº 637, págs. 172-182.

"Boletín de sismología". *Razón y Fe. Revista Hispanoamericana de cultura*, nº 640, págs.

512-517.

"Movimientos sísmicos en España durante el año 1948". *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. Vol. 48, págs. 83-90.

"Nota sobre la alteración universal de los climas". *Euclides, revista matemática*. Vol. 11, nº 121, págs. 124-

"La humedad atmosférica en el Observatorio de Cartuja". *Revista de Geofísica*. Año X, nº 38, págs. 131-138.

"Seismology in Spain". *Earthquake Notes*. Vol. 22, nº 3. Págs. 15-16.

"La Cosmogonía moderna y la Encíclica Humani Generis". *Discurso de apertura del curso en la Facultad de Teología de la Compañía de Jesús en Granada*. 24 págs.

1952

"La precipitación atmosférica en el Observatorio de Cartuja (1902-1951)". *Urania. Revista de Astronomía y Ciencias afines*. Año XXXVII, Nº 229. 1952. 31-42.

"El período sísmico de la provincia de Jaén (Marzo a Agosto de 1951)". 1952. 5 págs.

1953

"Años de sequía". *Revista de Geofísica*. Nº 47. 1953. 229-233 / Vol. XII.

"Años de sequía". *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E. Serie B, Año VII, Nº 62*. 1953. 5 págs.

"Nuevos recursos de la geología moderna". *Boletín Real Sociedad Española de Historia Natural*. 1953. 249-257 / Vol. extra.

"Movimientos sísmicos en España durante el año 1951". *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. 1953. 59-71 / Vol. LI.

"Movimientos sísmicos en España durante el año 1952". *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. 1953. 73-84 / Vol. LI.

"Origen de los rayos cósmicos". *Urania. Revista de Astronomía y Ciencias afines*. Nº 235. 1953. 225-229 / Vol. 38.

1954

"Notas paleontológicas". *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E. Serie B, Año XIX, Nº 156*. 1954. 249-274 / nº 75.

“Nota sobre la técnica del Carbono 14”. *Euclides, revista matemática*. Nº 165-166. 1954. 393-395 / Vol. XIV.

“Efemérides climatológicas de lluvia y temperaturas extremas en Granada”. *Urania. Revista de Astronomía y Ciencias afines*. Serie B, Año IX, Nº 73. 1954. 214-219 / Vol. 39.

“Actualidades climatológicas”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. Nº 676. 1954. 473-482 / Vol. 149.

“El "Jet Stream" o río aéreo estratosférico”. *Revista de Geofísica*. Serie B, Año VIII, Nº 64. 1954. 117-122 / Vol. XIII.

“Sobre algunas recientes anomalías climatológicas”. *Urania. Revista de Astronomía y Ciencias afines*. Serie B, Año VIII, Nº 65. 1954. 129-133 / Vol. 39.

“Notas oceanográfico-geológicas”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* Serie B, Año VIII, Nº 66. 1954. 27-40 / Vol. 34.

“Notas Paleontológicas (II)”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* Serie B, Año VIII, Nº 69. 1954. 29-42 / Vol. 36.

“Crónica de Astronomía”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. Nº 673. 1954. 169-176 / Vol. 149.

“A propósito de los "cerebros" electrónicos”. *Euclides, revista matemática*. Nº 156. 1954. 72-73 / Vol. XIV.

“Las bombas A, B, C, H, L, N, Q”. *Euclides, revista matemática*. Junio-Julio 1954. 1954. 265-266 / Vol. XIV.

“Notas sísmicas de 1953”. *Revista de Geofísica*. Nº 50. 1954. 185-188 / Vol. XIII.

“Notas sobre habitabilidad planetaria”. *Urania. Revista de Astronomía y Ciencias afines*. Nº 238. 1954. 160-168 / vol. 39.

“Actividades del Observatorio de Cartuja en 1953”. *Urania. Revista de Astronomía y Ciencias afines*. Nº 234. 1954. 167-168 / Vol. 38.

1955

“Geología del suelo vegetal”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* Serie B, Año IX, Nº 80. 1955. 41-52 / Vol. 40.

“Movimientos sísmicos en España durante el año 1954”. *Revista de Geofísica*. Nº 55. 1955. 243-256 / vol. XIV.

“El régimen térmico estival en Granada”. *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*. Serie

B, N° 347. 1955. 1-9.

“Vulcanología práctica”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. N° 685. 1955. 189-194 / Vol. 151.

“Notas hidrogeológicas”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E. Serie B, Año VIII, N° 70*. 1955. 5-22 / Vol. 37.

“Átomos pacíficos”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. N° 687. 1955. 395-401 / Vol. 151.

“El problema de la contaminación del aire”. *Euclides, revista matemática*. N° 168. 1955. 58-60 / Vol. 15.

“El problema del uranio”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E. Serie B, Año IX, N° 72*. 1955. 3-16 / Vol. 39.

“Actualidad geofísica de las regiones polares”. *Urania. Revista de Astronomía y Ciencias afines*. Serie B, Año IX, N° 76. 1955. 7-16 / Vol. 40.

“La Unión Geofísica Americana”. *Revista de Geofísica*. Serie B, Año IX, N° 79. 1955. 411-415 / Vol. XIV.

“Crisis filosófica en las ciencias físico naturales”. *Pensamiento*. N° 42. 1955. 189-198 / Vol. XI.

“Actualidades de Astronomía”. *Pensamiento*. N° 42. 1955. 443-451 / Vol. 152.

“Contribución al estudio de los microsismos en España”. *Scripta Varia Pont. Acad. Sc.* N° 14. 1955. 333-336.

“El pronóstico del tiempo a largo plazo”. *Revista de Geofísica*. N° 53. 1955. 51-59 / Vol. XIV.

“Fenómeno luminoso de origen sísmico”. *Urania. Revista de Astronomía y Ciencias afines*. N° 69. 1955. 3-4.

“Resultados radioastronómicos”. *American Scientiphic*. 1955. 47-48 / Vol. 6-7.

“Datos sobre astronomía meteórica”. *Urania. Revista de Astronomía y Ciencias afines*. N° 241. 1955. 164-174 / Vol. XL.

“El río aéreo estratosférico”. *American Scientiphic*. 1955. 106-108 / Vol. 9.

“Vida y muerte de las estrellas”. *Euclides, revista matemática*. N° 176. 1955. 327-330 / Vol. XV.

“Meteorología astronómica”. *American Scientiphic*. 1955. 62-63 / Vol. 8.

1956

“Noticiero astronómico-geofísico”. *Urania. Revista de Astronomía y Ciencias afines*. Serie A, Año X, Nº 36. 1956. 10 págs.

“Algunos problemas prácticos en los satélites artificiales”. *Revista de Geofísica*. Serie B, Año XI, Nº 91. 1956. 449-457.

“La Geofísica aristotélica”. *Pensamiento*. 1956. Nº 47. 1956. 313-318 / Vol. XII.

“Geología submarina”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* Serie B, Año X, Nº 83. 1956. 47-66.

“Notas Glaciológicas”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* Serie B, Año X, Nº 87. 1956. 11-29 / Vol. 43.

“Notas metalográficas (I)”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* Serie B, Año X, Nº 88. 1956. 119-139 / Vol. 44.

“Algunos problemas prácticos en los satélites artificiales”. *Revista de Geofísica*. Nº 60. 1956. 449-457 / Vol. XV.

“Cronometría Radiactiva”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* Serie B, Año X, Nº 86. 1956. 3-24 / Vol. 42.

“Períodos secos y húmedos en Granada”. *Congreso A.P.P.C.* 1956. 1-10.

“Noticiero astronómico-geofísico”. *Urania. Revista de Astronomía y Ciencias afines*. Año X, Nº 244. 1956. 257-266 / Vol. XLI.

“El período sísmico de Granada (Abril-Mayo 1956)”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* Serie B, Año X, Nº 84. 1956. 159-170 / Vol. 42.

“El automatismo en Meteorología”. *Revista de Geofísica*. Serie B, Año X, Nº 81. 1956. 65-78 / Vol. XV.

“Peligros del átomo pacífico”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. N ° 699. 1956. 569-580 / Vol. 153.

“Movimientos sísmicos en España durante el año 1953”. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. 1956. 151-158 / Vol. LIV.

“Movimientos sísmicos en España durante el año 1954”. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. 1956. 159-166 / Vol. LIV.

“Notas sísmicas de 1955”. *Revista de Geofísica*. Nº 58. 1956. 189-194 / Vol. XV.

“La Ratio studiorum y las ciencias exactas y físico-naturales”. *A.V.* N° 39. 1956. 62-65.

“La contaminación de las aguas corrientes”. *Ibérica*. N° 316. 1956. 327-ss / Vol. 22.

“La carrera del uranio”. *Ibérica*. N° 319. 1956. 447-ss / Vol. 22.

“El problema del mineral pobre de uranio”. *Ibérica*. N° 320. 1956. 9-ss / Vol. 23.

1957

“Nota estadística sobre el régimen de tormentas en Granada”. *Urania. Revista de Astronomía y Ciencias afines*. Serie B, Año XII, N° 245. 1957. 90-94 / Vol. 42.

“Las especies eucarísticas y las teorías físicas modernas”. *Estudios del IV Congreso Eucarístico Nacional*. 1957. 459-466.

“Geología Submarina II”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* Serie B, Año XI, N° 95. 1957. 212-237.

“Notas metalográficas (II)”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* Serie B, Año X, N° 89. 1957. 65-86 / Vol. 45.

“Notas vulcanológicas”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* Serie B, Año XII, N° 99. 1957. 227-250 / Vol. 48.

“Nota sobre algunas anomalías térmicas en Granada”. *Revista de Geofísica*. Serie B, Año XII, N° 100. 1957. 193-199 / Vol. XVI.

“Escatología natural”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. N° 720. 1957. 47-58 / Vol. 157.

“El año Geofísico Internacional”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. Abril 1957, N° 711. 1957. 373-380 / Vol. 155.

“Notas paleontológicas (III)”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* Serie B, Año XI, N° 92. 1957. 103-128 / Vol. 47.

“Influencia del arbolado en la lluvia”. *Ibérica*. N° 340. 1957. 352-ss / Vol. 24.

“Átomos en el espacio”. *Euclides, revista matemática*. N° 199-200. 1957. 222-226 / Vol. XVII.

“Nota sobre astronomía cometaria”. *Euclides, revista matemática*. N° 197-198. 1957. 165-168 / Vol. XVII.

“Estado actual de la nucleónica”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. N°

716-717. 1957. 183-194 / Vol. 156.

“Notas sísmicas de 1956”. *Revista de Geofísica*. Nº 61. 1957. 77-83 / Vol. XVI.

“Responsabilidad cósmica”. *Euclides, revista matemática*. Nº 191-192. 1957. 1-3 / Vol. XVII.

“Las especies eucarísticas y las teorías físicas modernas”. *Pensamiento*. Nº 51. 1957. 347-352 / Vol. 13.

“Geología submarina (II)”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* 1957. 212-237 / Vol. 16.

1958

“Descubrimientos paleontológicos”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E. Serie B, Año XII, Nº 113.* 1958. 157-182 / 52.

“La presión atmosférica en Granada”. *Las Ciencias: Asociación Española para el Progreso de las Ciencias. Serie B, Año XIV, Nº 112.* 1958. 4 págs. / 3 / XXV.

“En el cincuentenario de la estación sismológica de Cartuja (1908-1957)”. *Revista de Geofísica. Serie B, Año XII, Nº 65.* 1958. 83-88 / Vol. XVII.

“Los océanos, campo de investigación en el Año Geofísico Internacional (AGI)”. *Euclides, revista matemática.* marzo-abril 1958, Nº 206-207. 1958. 61-65 / Vol. XVIII.

“Cosmologías novísimas”. 1958. 9 págs.

“Notas sobre prospección minera”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E. Serie B, Año XII, Nº 102.* 1958. 93-124 / Vol. 49.

“El factor geológico en la evolución cultural”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E. Serie B, Año XII, Nº 109.* 1958. 165-188 / nº 51.

“El problema de los tornados”. *Urania. Revista de Astronomía y Ciencias afines. Serie B, Año XII, Nº 246.* 1958. 225-236 / Vol. 42.

“Halos y Coronas en el cielo de Granada”. *Las Ciencias: Asociación Española Progreso de las Ciencias. Año XXIII, Nº 2.* 1958. 189-194.

“Descubrimientos Paleontológicos”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E. Serie B, Año XII, Nº 113.* 1958. 157-182 / Vol. 52.

“Cosmologías y cosmogonías modernas”. *Pensamiento.* Nº 56. 1958. 475-486 / Vol. XIV.

“El factor geológico en la evolución cultural”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E. Serie B, Año XII, Nº 109.* 1958. 163-187 / Vol. 51.

- “Geología Antártica”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* fasc. 1º. 1958. 95-130 / Vol. 50.
- “Soluciones científicas de problemas sociales”. *Fomento Social*. Año XIII, Nº 49. 1958. 39-52.
- “Uso racional de las riquezas naturales”. *Fomento Social*. Año XIII, Nº 51. 1958. 267-278.
- “Movimientos sísmicos en España durante el año 1955”. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. 1958. 241-248 / Vol. LVI.
- “Mundos nuevos”. *Espíritu. Cuadernos del Instituto Filosófico de Balmesiana*. Nº 26. 1958. 56-64 / Vol. VII.
- “Actualidades físico-químicas”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. Nº 726-727. 1958. 83-94 / Vol. 158.
- “Notas sísmicas de 1957”. *Revista de Geofísica*. Nº 66. 1958. 213-220 / Vol. XVII.
- “El fuego prehistórico y la edad del Hombre”. *Ibérica*. Nº 375. 1958. 237-238.
- “Hallazgos de campamentos prehistóricos”. *Ibérica*. Nº 376. 1958. 330-331.
- “Reconstrucción de la agricultura neolítica”. *Ibérica*. Nº 377. 1958. 367-368.
- “Relación entre volcanes y terremotos”. *Ibérica*. Nº 377. 1958. 392-394.
- “El abominable hombre de las nieves”. *Ibérica*. Nº 378. 1958. 409-410.
- “El observatorio del volcán Paracutín”. *Ibérica*. Nº 379. 1958. 467-468.
- “Teorías vulcanogénicas”. *Ibérica*. Nº 387. 1958. 316-ss..
- “Prospección geoquímica de yacimientos metalíferos”. *Ibérica*. Nº 388. 1958. 327-328.
- “Movimientos sísmicos en España durante el año 1956”. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. 1958. 487-494 / Vol. LVI.
- “El humanismo científico, la teología y el espíritu ignaciano”. *Congreso Nacional Ignaciano*. 1958. 177-182.

1959

- “El régimen del viento en Granada”. *Revista de Geofísica. Serie B*, Año XIII, Nº 116. 1959. 51-55 / Nº 69.

“Geología Antártica (II)”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E. Serie B, Año XIII, N° 114.* 1959. 165-180 / Vol. 53.

“La última frontera geológica”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E. Serie B, Año XIII, N° 118.* 1959. 177-198 / n° 55.

“Geología Ártica”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E. Serie B, Año XIII, N° 121.* 1959. 109-130 / n° 56.

“Exploración de la exosfera”. *Revista de Geofísica. Serie B, Año XIII, N° 122.* 1959. 431-438 / n° 72.

“¿Qué pasa en la Luna?”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura.* 1959. 11 págs.

“La sismología moderna, auxiliar de la geología”. *Estudios Geológicos.* 1959. 139-146 / Vol. XV.

“El XXIV Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias”. *Revista de Geofísica. Serie B, Año XIII, N° 114.* 1959. 7 págs. / Vol. XVII.

“Bodas de oro de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura.* N° 734. 1959. 271-276 / Vol. 159.

“La previsión del futuro”. *Espíritu. Cuadernos del Instituto Filosófico de Balmesiana.* N° 30. 1959. 81-88 / Vol. VIII.

“Prospección microsísmica”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* 1959. 139-158.

“El régimen del viento en Granada (III)”. *Revista de Geofísica.* N° 69. 1959. 51-55 / Vol. XVIII.

“Notas sísmicas de 1958”. *Revista de Geofísica.* N° 70. 1959. 207-216.

“La última frontera geológica”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* 1959. 177-198 / Vol. 55.

1960

“Explosiones atómicas y terremotos”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura.* 1960. 6 págs.

“El pronóstico en Geología”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E. Serie B, Año XIV, N° 123.* 1960. 277-298 / 57.

“Periodicidad climatológica en Granada”. *Revista de Geofísica. Serie B, Año XIV, N° 124.* 1960. 55-60 / n° 73.

“Meteorología antártica”. *Revista de Geofísica*. Serie B, Año XV, N° 132. 1960. 285-294 / n° 75.

“El problema del "Ambiente" en la datación radiactiva”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* Serie B, Año XIV, N° 125. 1960. 211-230 / n° 58.

“Efemérides de temperaturas extremas en Granada”. *Urania. Revista de Astronomía y Ciencias afines*. Serie B, Año XIV, N° 129. 1960. 3 págs / n° 251.

1961

“Geología nórdica”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* Serie B, Año XV, N° 135. 1961. 261-270 / n° 62.

“Notas sobre datación geológica”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* Serie B, Año XV, N° 137. 1961. 233-252 / n° 63.

“Estado actual de la modificación artificial atmosférica”. *Revista de Geofísica*. Serie B, Año XV, N° 136. 1961. 135-146 / n° 78.

“Frutos del Año Geofísico Internacional”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. 1961. 469-482 / n° 163.

“La Astronomía en la era electrónica”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. 1961. 65-74 / n° 163.

“Más allá de las nebulosas”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. 1961. 445-456 / n° 164.

“Valoración lógica de la estadística”. *Pensamiento*. 1961. 517-522 / vol. 17.

1962

“Anomalías atmosféricas”. *Revista de Geofísica*. Serie B, Año XVI, N° 150. 1962. 267-278 / n° 83.

“Valoración de los satélites meteorológicos”. *Revista de Geofísica*. Serie B, Año XVIII, N° 155. 1962. 369-377 / n° 84.

“Notas Paleontológicas (IV)”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* Serie B, Año XIV, N° 145. 1962. 293-314 / n° 66.

“¿Un salto en el vacío?”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. 1962. 275-282 / n° 165.

1963

“Criterología cósmica”. *Pensamiento*. 1963. 447-454 / vol. 19.

“Astronomía de mañana”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. 1963. 104-113 / nº 168.

“Ambiente de la exosfera”. *Revista de Geofísica*. Serie A, Año XIX, Nº 80. 1963. 241-246 / nº 87.

“Investigación galáctica moderna”. *Las Ciencias: Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*. Año XXVIII, Nº 3. 1963. 169-184.

1964

“La meteorología en 1970”. *Revista de Geofísica*. Serie B, Año XX, Nº 165. 1964. 173-177 / nos. 91-92.

“Peligros de la controversia científica”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. 1964. 464-468 / nº 790.

“Noticiero astronómico”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. 1964. 505-512 / nº 169.

“Geología meteórica”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* Serie B, Año XIX, Nº 158. 1964. 199-218 / nº 74.

1965

“Nuestro sistema solar ante la ciencia de hoy”. *Espíritu. Cuadernos del Instituto Filosófico de Balmesiana*. 1965. 23-29 / nº 14.

“La verdad sobre los platillos volantes”. *Espíritu. Cuadernos del Instituto Filosófico de Balmesiana*. 1965. 157-162 / nº 14.

“Problemas y controversias paleontológicas”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E.* Serie B, Año XIX, Nº 160. 1965. 167-186 / nº 79.

“Métodos recientes de investigación heliofísica”. *Revista de Geofísica*. Serie A, Año XXII, Nº 167. 1965. 55-61 / nº 93.

1966

“El manto terrestre”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. 1966. 527-532.

“Crisis en la investigación marciana”. *Las Ciencias: Asociación Española Progreso de las Ciencias*. Año XXXI, Nº 2. 1966. 85-93.

“¿Dominio humano sobre los elementos?”. *Espíritu. Cuadernos del Instituto Filosófico de Balmesiana*. 1966. 73-78 / nº 15.

“Astronomía bíblica”. *Espíritu. Cuadernos del Instituto Filosófico de Balmesiana*. 1966. 175-182 / nº 15.

“Geología lunar”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E. Serie B, Año XX, Nº 186*. 1966. 55-70 / nº 83.

“El manto terrestre”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. 1966. 527-532 / nº 173.

1967

“Geología del núcleo planetario”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E. Serie B, Año XXI, Nº 171*. 1967. 195-208 / nº 99-100.

“La moral de la Astronáutica”. *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. 1967. 191-196 / nº 175.

Sin fecha

“Las leyes atmosféricas y el pronóstico científico y vulgar del tiempo”. 283-295.

“Evolución y evolucionismo”. *Pensamiento*. Nº 86. 7 págs. / Vol. 22.

“Nota estadística sobre la temperatura en Granada”. *Revista de Geofísica. Serie B, Año VI, Nº 49*. 8 págs.

“El pronóstico en Geología”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E. Serie B, Año XIV, Nº 123*. 16 págs.

“Actualidades geológicas”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E. Serie B, Año VII, Nº 57*. 5 págs.

“Actualidades geológicas (II)”. *Notas y Comunicaciones. I.G.M.E. Serie B, Año VII, Nº 58*. 7 págs.

“Estados físicos en las capas internas de la Tierra”. 4 págs.

“Medicina Meteorológica”. 3 págs.

“Notas bioclimatológicas”. *Revista de Geofísica. Serie B, Nº 46*. 299-305 / Vol. 11.

“Periodicidad sísmica en la provincia de Granada”. *Revista de Geofísica. Nº 4*. 362-368 / Vol. I.

“La agitación microsísmica del suelo en Granada”. *Revista de Geofísica*. Nº 7. 278-289 / Vol. II.

* “El R. P. M.M. Sánchez-Navarro, S.I.”. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. 117-120 / Tomo XXXIX.

“La asamblea sismológica de Alicante (Septiembre 1941)”. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. 76-77 / T. XL.

“Movimientos sísmicos en España durante el año 1941”. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. 473-479 / T. XLI.

* “Um grande sismologo espahñol”. *Broteria*. 284-287 / Vol. XXXII.

"Las oscilaciones barométricas de corto período". *Las Ciencias: Asociación Española Progreso de las Ciencias*. 28-34 / Vol. VI.

"Contribución de la Estación sismológica de Cartuja al estudio de los sismos españoles". *Las Ciencias: Asociación Española Progreso de las Ciencias*. 5 págs.

"Crónica del XVI Congreso de la A.E.P.C. (Zaragoza, 1940)". *Razón y Fe. Revista hispanoamericana de cultura*. 157-162 / T. 122.

Las observaciones climatológicas en el Observatorio de Cartuja (Granada). 1902-2000

José A. Esquivel Guerrero

Instituto Andaluz de Geofísica. Universidad de Granada

El Observatorio de Cartuja, creado por la Compañía de Jesús, aunque edificado en 1901 comenzó su actividad científica en 1902 completando la realizada anteriormente por otras instituciones, fundamentalmente la Universidad de Granada, integrándose en la red del Servicio Nacional Meteorológico, así denominado en los primeros años y posteriormente renombrado Servicio Meteorológico Nacional.

Las primeras observaciones climatológicas en Granada. El Observatorio Universitario

En Granada, las observaciones meteorológicas tuvieron su comienzo, de forma sistemática, en el año 1865 por parte de miembros de la Universidad de Granada. Este período comenzó en mayo de 1865 para detenerse en mayo de 1880 por causas desconocidas; la toma de datos se reanuda en agosto de 1890 y finaliza en 1903, aún cuando en esta época ya funciona el Observatorio; así, la estación meteorológica de la Universidad está integrada en el Servicio Meteorológico Nacional y es la que proporciona los datos a dicho Servicio, al menos hasta 1903, y su localización geográfica era longitud=3°12' E de Greenwich, Latitud=37°11' N, y Altura=689 m.; sin embargo, parece ser que la observaciones no sistemáticas comenzaron antes de 1864 aunque no existe documentación fehaciente al respecto.

Se tienen noticias que en la primera etapa del Observatorio Universitario su director era el catedrático de Física D. Manuel Fernández de Figares, que tenía como ayudante a D. José Ortiz Teruel, y que los datos tomados en Granada aparecieron publicados en 1866, en el volumen “Resumen de las Observaciones Meteorológicas efectuadas en Madrid y en otras veinte Estaciones Meteorológicas de la Península” editado por la Imprenta Nacional. Así, en 1865 se comienzan a tomar datos pluviométricos de forma sistemática por la Universidad de Granada, desde mayo de 1865 hasta mayo de 1880. La serie se reanuda en agosto de 1890 y se continúa hasta el año 1901, en que comienza a hacerlo el personal del Observatorio. La unión de ambos catálogos se lleva cabo por parte del Servicio Meteorológico Nacional en la Sección de Climatología de su Centro del Guadalquivir, en 1976, según carta enviada por su Director al H. D. Merlo Vallejo, Ayudante de Meteorología del Observatorio de Cartuja en la que expone que se ha completado la serie pluviométrica de Granada con los datos de la Universidad desde 1865 hasta 1901, y del Observatorio de Cartuja desde 1902 hasta 1967, completando los datos hasta 1972 (fecha de la carta) con los datos del Zaidín (sic). Sin embargo existen algunas incongruencias; en primer lugar hay una laguna en los datos desde 1886 hasta 1897; además, en el título expresa que los datos los proporciona la Universidad en el periodo 1865-1901 y Cartuja en el periodo 1902-1975, pero en los encabezados de las hojas correspondientes a este último período aparece el epigrafe “Universidad y Cartuja. Además, en la carta se habla de la detección de anomalías en los datos de pluviometría de enero de 1881 (se comprueba la verosimilitud de la información por comparación con otros datos) y de septiembre de 1876 (parece falso el dato de 576.6 litros de lluvia por comparación con otras zonas e incluso por periódicos de la época buscando lluvias catastróficas en Granada).

En el año 1893 se hizo cargo del Observatorio Universitario el entonces ayudante y posteriormente catedrático de Ciencias de la Universidad de Granada D. José Jiménez Sánchez, realizando dos observaciones diarias (a las 7 y a las 16 horas cada día); estos datos aparecen en un

pequeño trabajo firmado por Gómez Guillamón¹, y los dos ejemplares consultados pertenecen a los fondos de la Compañía de Jesús, pero carecen de datos editoriales por lo que es de suponer que quizá se quedó en trabajo sin transcendencia al exterior. No existen más referencias del Observatorio Universitario hasta 1901, fecha en la que se encarga de tomar las observaciones D. Juan A. Aparicio, estando integrado dicho Observatorio como Estación Meteorológica del Servicio Meteorológico Español, y apareciendo el Observatorio como suministrador de datos al menos desde 1901 hasta 1903.

No se ha encontrado constancia directa del material y las observaciones que se realizaban en esta Estación Meteorológica, pero en el resumen de los años 1901-1903 del Servicio Nacional Meteorológico¹ aparece la dotación común a todas las estaciones de dicho Servicio. De aquí puede deducirse con cierta seguridad la instrumentación del Observatorio Universitario de Granada, aunque se mantiene la indefinición el modelo de instrumento y su constructor pues en las estaciones de toda España no había instrumentación uniforme y los modelos variaban de una a otra. Con bastante seguridad, los instrumentos de Granada tenían las siguientes características:

- Un barómetro de mercurio de cubeta fija, de escala métrico-decimal móvil construido en París por alguno de los constructores parisinos Winckelmann, Berthélemy o Tonnelot.
- Dos termómetros centígrados combinados en forma de psicrómetro para determinar la temperatura y el estado higrométrico del aire, ya se construidos por Fastré, Casella o Berthélemy.
- Dos termómetros centígrados de máximas, construidos por Casella. Uno de ellos es de máximas, tipo *Walderfin*, mientras que el otro es de mínimas, de tipo *Rutherford*.
- Dos termómetros iguales que los anteriores pero enfocados a registrar la temperatura irradiada. Uno de ellos con el depósito ennegrecido y lustroso para medir la máxima temperatura bajo la irradiación solar, y el otro de mínimas para el estudio de la irradiación nocturna.
- Un pluviómetro para registrar las precipitaciones, 1 vaso evaporatorio para medir la evaporación, 1 veleta para determinar la dirección del viento y un anemómetro tipo *Robinson* para registrar la velocidad horizontal del viento.

Las observaciones se realizaban con gran minuciosidad, aunque algunas de ellas no instrumentales (p.e. los aspectos generales del cielo como nubosidad, etc.) “... son objeto de apreciaciones prudentiales, que piden esmero y atención muy sostenida, si han de conformarse, en los límites de lo razonable y hacedero, con la realidad de las cosas. (sic)”¹. Los resúmenes se realizaban anualmente para cada estación del Servicio Nacional de Meteorología, y contenían los datos mensuales de las observaciones registradas. La información está dividida en años y, dentro de cada año, se subdivide por meses y se agrupa por instrumentos, haciendo al final de cada año un resumen comparativo de todas las estaciones del Servicio Nacional Meteorológico situadas en España:

- **Barómetro.** Se publican los datos de *alturas máxima y mínima* en mm. y los *días del mes* en que tuvieron lugar, además resultados matemáticos obtenidos a partir de ellos: oscilación extrema, altura media (a las 9 horas y a las 15 horas), oscilación media, altura media mensual y anual (a las 9 horas y a las 15 horas) y diferencia mensual.

- **Anemómetro.** Aparecen los datos de *dirección dominante del viento* mensual y el *espacio total recorrido por el viento* al mes, la *velocidad media* por día, la *velocidad máxima* obtenida en un día y qué *día* ocurrió.

¹ Gómez Guillamón, F., (1933): El clima de Granada. Estudio científico de las observaciones meteorológicas de 30 años. El autor es bastante polifacético pues se declara “ingeniero militar y geógrafo, piloto y observador aerostatero (sic)”.

- **Pluviómetro.** La información que se publica comprende la *lluvia total* mensual, el *número de días de lluvia*, la *lluvia máxima* en un solo día y el *día* en el que tuvo lugar.

- **Termómetro.** Los datos termométricos son los más numerosos, tanto en datos originados como en calculados a partir de los anteriores. La *temperatura máxima* comprende las temperaturas al sol y a la sombra y los días en que se registraron cada una de ellas; la *temperatura mínima* se compone de las temperaturas del aire y por irradiación además de los días en que tuvieron lugar cada una de ellas; las *oscilaciones extremas* tanto a cielo descubierto como del aire; el cálculo de *temperatura máxima media* al sol y a la sombra; el resultado de la *oscilación media*, tanto a cielo descubierto como la correspondiente al aire; y los cálculos de las *temperaturas medias* mensual, anual y diferencia entre ambas por meses.

- **Psicrómetro.** Con este aparato también se obtenía información directa que, posteriormente, originaba varios resultados. Se calculaba la *temperatura media* en seco, húmedo y la diferencia entre ellas, cada medida registrada a las 9 horas y las 15 horas; la *humedad relativa media* medida a las 9 horas y las 15 horas.

- **Estado general de la atmósfera.** En este epígrafe se incluyen aquellas observaciones de tipo cualitativo que no precisan de instrumentación alguna y que, en general, se llevan cabo mediante contajes. Estas observaciones son el *número de días* al mes que son despejados, nubosos y cubiertos; el *número de días de viento* clasificado en las categorías calma, viento bonancible, viento fuerte y viento duro; y el número de días de *otros agentes atmosféricos*: lluvia inapreciable, niebla, rocío, escarcha, nieve, granizo y tormenta.

Por otra parte, existen referencias de que en Sierra Nevada, en 1878, se tomaron algunos datos meteorológicos de forma esporádica, es decir, son datos muy aislados obtenidos por la comisión que preside el General de Ingenieros D. Carlos Ibáñez Coello, creada para llevar a cabo los trabajos geodésicos de enlace de la triangulación española con la de Argelia, tomando como base el lado Mulhacén-Tética de Vacares; se anotaron datos sueltos que constan en las memorias y publicaciones pero no tienen mayor trascendencia.

La climatología en el Observatorio de Cartuja en 1902. El comienzo

Con la puesta en marcha del Observatorio de Cartuja por parte de la Compañía de Jesús, éste toma el protagonismo en las observaciones (se desconoce si se extingue o no la estación meteorológica del Servicio Nacional de Meteorología) y comienza a tomar datos de forma sistemática. Ya desde sus comienzos, en 1902, la Sección de Meteorología tiene entidad por sí misma, siendo el Jefe de Meteorología el P. Ramón Martínez y su ayudante el H. Luis Hurtado, mientras que el resto de las observaciones se llevan a cabo por el director del Observatorio (P. Juan de la Cruz Granero) y su ayudante (H. Luis Camarero), lo que no ocurrió en 1901 al existir solamente la Dirección del Observatorio y dos ayudantes².

Desde que está construido el Observatorio (1902) se toman datos meteorológicos que constituyen la base para la comprobación de los instrumentos de medida instalados y, aunque no aparecen en resúmenes publicados, si existen los manuscritos de los datos originales para algunas de las medidas tomadas, y solamente los resúmenes para otras. En 1902 se dispone de los siguientes instrumentos de medida:

- **Presión.** Tres barómetros de distinto modelo y procedencia. Un barómetro *Normal* con catetómetro (instrumento que sirve para medir la distancia vertical entre dos puntos) para facilitar

² A partir de 1905 ya se organiza el Observatorio en sus secciones definitivas: Meteorología, Astronomía y Sismología.

la lectura correcta, construido por E Ducretet; un barómetro *Fortin*; y un barógrafo *Richard* trazador de la curva de presiones.

- **Temperatura.** Dos termómetros que miden la temperatura en la escala centesimal, con precisión de una décima y contruidos por R. Mailhat, uno de ellos instalado a la interperie y el otro en el interior del edificio; dos termómetros *Negretti* de máximas sol y sombra; termómetros *Rutherford* que miden la temperatura mínima a la sombra y la temperatura por irradiación a 10 cm. del suelo; tres termómetros acodados que miden las temperaturas del subsuelo a 10, 20 y 40 cm. de profundidad, respectivamente; y un termógrafo *Richard* para determinar las horas en las que ocurren las temperaturas máxima y mínima.

- **Lluvia** (a veces aparece como “precipitación acuosa”). Para medir las precipitaciones diarias se utiliza es pluviómetro *Hellman* situado a 1’50 metros del suelo, y un pluviógrafo *Richard* que permite determinar la hora de comienzo y la duración de la lluvia.

- **Humedad.** Las observaciones directas se realizan en un sicrómetro *August*, y con el auxilio de tablas sicrométricas adaptadas a la situación de la zona de la Cartuja se calculaba la **tensión del vapor**; este instrumento también se utiliza como corrector de un higrógrafo *Richard* que mide la humedad máxima y mínima. El psicrómetro anterior fue sustituido, posteriormente, por un psicrómetro *Richard*.

- **Evaporación.** El primer instrumento instalado es un evaporógrafo *Richard*, sustituido posteriormente por una cubeta con agua casi artesanal y, finalmente, se utilizó un evaporímetro *Pitch*. Estas circunstancias hacen que los datos obtenidos no sean homogéneos.

- **Dirección del viento.** El instrumento utilizado era un anemómetro registrador *Richard*, de escasa fiabilidad debido a estar sincronizado con la veleta mediante un piñón transmisor de gran tamaño, lo que hacía casi imposible registrar un cambio de dirección excepto para ráfagas fuertes. A veces se ha utilizado una *Rueda de Besson* para medir la dirección y velocidad medias.

- **Velocidad y recorrido máximo del viento en 24 horas.** Se utiliza un anemómetro registrador *Richard* y, a veces, era sustituido en las mediciones por un anemómetro *Robinson*.

- **Nubosidad.** El estudio de las nubes se lleva a cabo mediante observación directa, realizando una tipología del cielo en días despejados, días nubosos y días cubiertos. Aunque no se tienen datos de cómo se determinaba exactamente a qué clase correspondía cada día, es de suponer que la clasificación a una clase se llevaba a cabo en base al mayor porcentaje del día que correspondía a una u otra.

Aunque la toma de datos era diaria y se llevaba a cabo con gran minuciosidad, los resultados se publicaban en forma de resúmenes al estilo de los que realizaba el Servicio Meteorológico Nacional. En 1902 existen resúmenes de la siguiente información:

- La información de la **presión media** (mm.) se lleva a cabo a diario, realizándose resúmenes por meses. Posteriormente se continúan las observaciones y se realizan resúmenes de la presión media mensual por años.

- Los datos de **temperatura** se usan para confeccionar resúmenes por meses de máximas, mínimas y oscilación diaria. Al disponer de más años de observaciones se realizan, además, resúmenes de estas temperaturas por años. La temperatura media diaria se lleva a cabo según la convención adoptada en la Conferencia Meteorológica Internacional de Insbruck

$$T_m = \frac{T_7 + T_{14} + 2T_{21}}{4}$$

qué pondera en base a las horas en las que se observaba la temperatura (7 horas, 14 horas y 21 horas)

- A partir de los datos de **precipitación** diaria, en mm., se realizan resúmenes de la precipitación media mensual que, en los años siguientes, se realiza sistemáticamente y permite confeccionar resúmenes de la precipitación media por años y de la cantidad de lluvia acumulada anualmente.

- Se lleva a cabo la toma de datos de la **velocidad media diaria** del viento (Km/h) y de la **distancia recorrida** por el viento en 24 horas (Km.). Como curiosidad se tiene que el mayor recorrido fue el 27 de enero de 1902 (875 Km.) y el menor ocurrió el 25 de marzo de 1904 (432 Km.). Los datos relativos al viento tienen un lapsus de un año, entre 1906 y 1907, al parecer debido a la realización de reformas en el Observatorio.

Los resultados de 1902 no aparecen publicados, pero existen las tablas manuscritas de los datos registrados y, con frecuencia, se realizan resúmenes sencillos de ellos también manuscritos; además, aunque a lo largo de 1902 se instalaron instrumentos de medición de otros parámetros (los que aparecen en el listado anterior), posiblemente estuvieran en fase de ajuste, de aprendizaje del personal encargado, etc. lo que quizá propició que no se publicaran (hay que tener en cuenta que durante dicho año continuaron las obras de construcción del Observatorio. Aunque Gómez Guillamón² refiere la existencia de resúmenes mensuales en 1902, dice haber encontrado solamente el resumen anual de dicho año, aunque estos resúmenes no se han encontrado en los fondos bibliotecarios del Observatorio, ni en la biblioteca y archivos de la Compañía de Jesús en Granada. Solamente se ha podido disponer de los datos manuales como los que aparecen en la Figura 1. Si parece ocurrir que en boletines de años posteriores aparecen resúmenes de otras épocas³.

	1902				1903			
	Presión en mm. m.	Temp. a la sombra	Total de lluvia	Días de tormenta	Presión en mm. m.	Temp. a la sombra	Total de lluvia	Días de tormenta
Enero	701.1	7.3	0.5		699.4	6.0	20.0	
Febrero	695.5	4.4	501.6		704.9	8.2	5.5	
Marzo	697.9	14.6	44.1		700.6	10.7	12.0	
Abril	695.1	14.4	95.9		695.2	12.5	52.4	
Mayo	697.7	14.8	55.3		696.3	12.7	40.5	
Junio	696.8	20.4	5.6		699.2	17.1	16.8	
Julio	699.7	24.5	4.0		698.6	25.2	---	
Agosto	697.3	24.1	10.5		699.1	25.1	---	
Septiembre	697.2	20.5	1.4		698.7	18.9	3.7	
Octubre	696.2	14.5	118.9		698.6	15.3	39.1	
Noviembre	689.4	10.3	75.9		699.7	9.4	24.5	
Diciembre	697.9	8.3	30.7		694.0	3.9	90.2	

Figura 1. Modelo de hoja de toma de datos. El modelo se utilizó hasta 1913.

Los datos climatológicos en 1903 y años posteriores hasta 1907

En 1903 y años posteriores, los miembros del Observatorio de Cartuja continúan con los trabajos iniciados, pero además se instalan nuevos instrumentos, se comienzan algunas mediciones

³ Existe un compendio de las observaciones meteorológicas desde 1902 en Hurtado, L. (1942); Observaciones meteorológicas de los años 1902-1942, *Boletín Mensual del Observatorio de Cartuja*.

que anteriormente no se realizaban, se regularizan los resultados de las observaciones de acuerdo a normas nacionales y/o internacionales y se estudian fenómenos atmosféricos o astronómicos ocurridos en esta época. Además de continuar con la toma de los datos ya comenzada en 1902 se inicia el registro de:

- toma de datos de los **días de niebla** (“niebla ordinaria o humedad”, sic) que ocurren en cada mes. Al principio aparece registrado solamente el número de días de niebla al mes como resumen del fenómeno y, posteriormente, a partir de 1909, los boletines incluyen qué días tienen niebla cada mes y el número de días de niebla en el resumen general anual. Hay que reseñar que, poco a poco, comienzan a introducirse los signos convencionales utilizados para los meteoros y las nubes.

- toma de datos del **número de horas** de insolación mensual. En los primeros boletines aparecen estas observaciones, pero en el Boletín de estos datos no aparecen⁴ y estas observaciones no tienen continuidad en los boletines posteriores del Observatorio de Cartuja.

- registro de datos de la **evaporación total** mensual (mm.), aunque los datos no tienen homogeneidad en el tiempo debido a los cambios de instrumentos de medida. Posteriormente no se registran los datos de forma sistemática hasta que se usa un nuevo barógrafo, en 1908, que además sirve de test para analizar los datos anteriores.

- contabilización de los primeros datos del **número de días de rocío** al mes.

- completitud de los datos de tipo de nubes, ya registrados anteriormente, incluyendo la **dirección** prioritaria en que se mueven las nubes. Para ello se contabiliza, diariamente, la dirección predominante y se calcula la dirección dominante a lo largo del mes. Curiosamente, este último resumen no aparece recogido.

- toma de los datos de **higrometría**, anotando las cantidades diarias obtenidas en los distintos periodos diarios en los que se toman los datos. En los borradores de resúmenes mensuales se muestran los datos extremos de máximo, mínimo y la hora en que ocurrió cada uno de ellos.

- registro de datos de la **temperatura del subsuelo** a 10 cm. 20 cm. y 40 cm. de profundidad. La profundidad de los termómetros sufre alguna variación mínima y, curiosamente, en algunos boletines publicados posteriormente, p.e. en el Boletín Anual de 1908, aparecen en blanco sin que se conozcan documentos que permitan determinar las causas de esta hecho; quizá tenga alguna relación el cambio en las profundidades de los termómetros.

De forma paralela a la toma de datos se realizan algunos trabajos de investigación que intentan encontrar relaciones entre los distintos fenómenos meteorológicos. Así, se tienen los datos y resultados provisionales de la realización de un estudio enfocado a conocer la dirección predominante del viento en un período de 20 años (1903-1923), midiendo el número de días al año en que el viento tiene una dirección determinada. Los datos abarcan el periodo 1903-1930, aunque tienen varios lapsus, que son distintos en cada mes y, que como norma general, son los periodos 1918-1919 y 1924-1925.

El primer Boletín que se publica en el Observatorio corresponde al año 1903 con el subtítulo de “Observaciones Meteorológicas y Sísmicas⁵”, que incluye un resumen de dos páginas de las principales observaciones del año 1902, y contiene los datos, por meses, de *presión* (máxima, mínima indicando el día en que se produjeron, oscilación máxima mensual y media

⁴ Boletín Anual del Observatorio Meteorológico de Cartuja . Año de 1908 (Granada), 1909.

⁵ Este Boletín se imprimió en la imprenta “Tipografía de López Guevara” de Granada, y esta imprenta siguió imprimiendo casi todos los boletines. A partir de los años 50 se imprimieron en la imprenta N^a Sra. De las Angustias.

mensual), *temperaturas a la sombra y al sol* (máxima, mínima indicando el día en que se produjeron, oscilación máxima mensual y media mensual), *estado higrométrico* (máxima, mínima indicando el día en que se produjeron, oscilación máxima mensual y media mensual), *tensión del vapor* (máxima, mínima indicando el día en que se produjeron, oscilación máxima mensual y media mensual), *lluvia* (cantidad mensual en mm., días de lluvia, máxima precipitación en un día y la fecha en que tuvo lugar), *dirección del viento* (dirección predominante mensual, indicando el número de días y eligiendo la dirección de la rosa de los vientos de ocho direcciones), *velocidad del viento* por meses (realmente se miden las distancias media, total y máxima alcanzadas en Km., y la fecha en que ocurrió la máxima), *nebulosidad* por meses (número de días despejados, de días nublados y de días cubiertos) y la *evaporación media* mensual en mm. Como datos curiosos en este año son destacables: la temperatura máxima a la sombra del año fue de 39.9° el 19 de agosto y la mínima fue de -6.6° el 1° de febrero, mientras que la temperatura máxima al sol fue de 61.6° el 6 de agosto y la mínima de 5.8° tuvo lugar el 30 de noviembre; el máximo de humedad fue de 100% y se alcanzó el 21 de marzo, mientras que el mínimo de 11% tuvo lugar el 10 de agosto; el viento en este año sopló predominantemente hacia el Oeste en 259 ocasiones y hacia el Noroeste en 124 ocasiones⁶; la cantidad total de lluvia caída a lo largo del año fue de 544.9 litros, originados durante 91 días y con un máximo de 42 litros el 1° de octubre; y el año tuvo 143 días despejados, 104 días cubiertos y 119 días cubiertos.

La información de 1903 comienza con la descripción de los instrumentos meteorológicos utilizados en la toma de datos (termómetros de sol y sombra, barómetros, estado higrométrico, nubes, lluvia, evaporación e insolación), incluyendo dibujos a plumilla de los mismos. Los datos aparecen en boletines mensuales de cada una de las secciones existentes hasta el momento: la sección meteorológica y la sección sísmica. Para cada una de ellas y para cada mes se incluyen una o dos páginas de información variada, que en el caso de la meteorología son unas notas diarias acerca de las oscilaciones barométricas y un diario meteorológico que describe la climatología de cada día del mes; además, a partir de abril, este diario incluye una especie de informe meteorológico general de España y Europa informando de las borrascas. Este esquema se reproduce en 1904, aunque obviando los dibujos de los aparatos, y comienza con la primera publicación de la situación geográfica del Observatorio (longitud=0°0'21.6" E de Madrid, latitud=37°10'43" N y altura=775.5 m.), y ya en el subtítulo aparece la palabra "sísmica" en lugar de "seísmica". Los "informes meteorológicos" son cada vez más amplios e incluyen el estado del mar en las costas españolas y portuguesas y los lugares destacados en los que llueve el día de que se trate. Mensualmente se realiza un resumen de tipo climatológico⁷.

Aunque no aparece en los boletines, si existe la referencia² que en 1903 se comenzó la toma de datos acerca la determinación de la cantidad de ozono en la atmósfera, aclarando que el método seguido es el de *Schonbein* utilizando papel de engrudo impregnado en yoduro de potasio.

En el año 1904 y siguientes se incorporaron varios tipos de observaciones a las ya existentes hasta completar el grueso de los registros que se realizaban en el Observatorio de Cartuja. Esta época, que abarca hasta 1907-1908 constituye un momento de afianzamiento y permite que el Observatorio esté en primera línea de trabajos científicos en Congresos, Jornadas, etc., además de organizar expediciones científicas a los distintos lugares donde tenían lugar acontecimientos de gran interés y escasa periodicidad; así, en 1905 el Observatorio de Cartuja llevó a cabo una expedición científica a Carrión de los Condes (Palencia) para estudiar el eclipse de Sol y fenómenos colaterales ocurridos en esa fecha⁸. Estos primeros boletines de 1903 y 1904 incluían tanto observaciones meteorológicas como un diario, mes a mes, de los movimientos sísmicos que

⁶ Estas cantidades no se corresponden a días pues en un solo día pueden producirse más de una dirección predominante.

⁷ Aunque no corresponde a este capítulo, de forma paralela se van ampliando los informes mensuales de datos sísmicos, describiendo la actividad diaria.

⁸ Observaciones cronométricas y fotográficas; estudios espectrográficos, etc. (sic) realizados por la expedición científica del Observatorio de Cartuja a Carrión de los Condes (Palencia). Fue publicado en una síntesis de 106 páginas.

habían tenido lugar en Granada, aunque con una información bastante descriptiva⁹. Este diario es del mismo tipo que el que describía los datos barométricos. A partir de 1905 se incluyen en los boletines las observaciones astronómicas correspondientes a datos de fotoheliografía y, con respecto a las otras dos secciones, se modifican para incluir un diario meteorológico del tiempo que ha acaecido cada día de cada mes y, respecto a los datos sísmicos, se publican tablas mensuales con los datos de los sismos ocurridos en los distintos días que explicitan el tiempo origen, el tiempo en que ocurrió la mayor oscilación, idem respecto a la menor, la amplitud máxima, la duración total y unas observaciones acerca de la lejanía del sismo, el tipo de ondas, etc. esta estructura se mantiene en los años 1906 y 1907.

El Boletín de 1905 se retrae a una gran austeridad y reduce bastante su volumen pues el diario meteorológico se limita a describir, en formato prácticamente telegráfico y exclusivamente descriptivo, el clima diario¹⁰, y se reduce bastante (queda en media página) el resumen descriptivo mensual, ocurriendo el mismo proceso con las observaciones sísmicas. El Boletín de 1906 sigue en la misma tónica aún cuando comienza a incluir algún dato de tipo astronómico: las estadísticas foto-heliográficas mensuales y otras páginas de resumen de los trabajos efectuados en la sección astronómica; sin embargo, ambos incluyen dos gráficos de la curva pluviométrica de los años 1902, 1903, 1904, 1905 y 1906, siendo 1906 el último año en que aparecen estos gráficos en el Boletín Anual. Finalmente, el Boletín de 1907 lleva al extremo las características de austeridad y concisión de los dos anteriores, desapareciendo la mínima información astronómica que contenían los anteriores. Además, se incorporaron los registros de algunas categorías específicas relacionadas con el clima que anteriormente no se tomaban. Así, en 1904 se llevan a cabo las actividades de toma de los datos previamente establecidos y, además:

- a partir de esta fecha se comienzan a tomar datos de la **humedad media mensual**, en porcentaje, lo que también se denomina como “tensión” (sic).

- se comienzan a tomar datos para un estudio que, durante 25 años, intenta conocer la relación entre los **halos solares** y la **predicción de lluvia** (1904-1929). De este trabajo no se vuelve a tener más noticias y parece ser que, previsiblemente, no llegó a conseguir buenos resultados. Este tipo de estudios no es de extrañar en la época, cuando se intentaban cuantificar aspectos como “ El trigo sólo empieza a vegetar cuando la temperatura sube a 5°, y llega a la completa maduración cuando la suma de las temperaturas diarias superiores a 5° es igual a 1300°. (sic)” mezclados con posteriores datos acerca de la existencia de distintos vegetales en función de la altura, la temperatura mínima a la que pueden existir, etc². Estas ideas, aunque “ ... es notoria la acción del calor sobre las plantas ... es realmente aún desconocida su manera de obrar y más bien parece que tiene carácter prohibitivo. (sic)”² se abandonan debido a que el número de variables (especie, temperatura en la que empiezan las funciones vitales, temperatura a la que no es posible la supervivencia, temperatura óptima de “ ... plena actividad (sic) ... ”², etc.) es demasiado grande como para poder establecer una teoría consistente y, por tanto, “ ... tiene carácter prohibitivo .. (sic)”².

Hasta 1907 se continuó la toma de datos en los parámetros previamente establecidos y se llevaron a cabo diversas actividades científicas de publicación de estudios, información acerca de los aparatos utilizados, expediciones científicas de los miembros del Observatorio de Cartuja a distintos lugares para analizar fenómenos inusuales como eclipses, etc. Todos estos trabajos aparecen publicados en la revista Ciel et Terre, que era el Boletín de la Sociedad Belga de Astronomía, y casi siempre estaban referidos a la actividad solar observada en el Observatorio de

⁹ Así, el día 16 de febrero de 1904 se informa que “A las 10^h 49^m registró el Vicentini algunos pequeños movimientos de 40° de duración”, en referencia al detector Vicentini utilizado.

¹⁰ Así, el 10 de enero de 1905 tiene “Cielo cubierto y completa calma. Temperatura suave y bastante niebla, con indicios de próxima lluvia. Sopla viento S al finalizar el día. (sic)”.

Cartuja o a algún fenómeno astronómico singular (p.e. el eclipse total de Luna en febrero de 1906 o el paso de Mercurio en noviembre de 1907).

La publicación sistemática de los datos y la I Guerra Mundial (1908-1924)

En el libro de Gómez Guillamón se cita que “ Por reformas en la instalación, no se publican en el Boletín los datos relativos al viento desde el 1 de junio de 1906 hasta el año 1907 (sic)”. Este Boletín aparece con el título “Boletín Anual del Observatorio Meteorológico de Cartuja (Granada). Año de 1908” y, en su primera página, indica que esta dirigido por los Padres de la Compañía de Jesús, si especificar ningún nombre, e indicando que la posición del Observatorio era “Latitud N. 37° 11’ – Longitud W de Greenwich 14^m 23^s.5 – Altitud en metros 767.6”, que presentan pequeñas discrepancias con datos anteriores.

La estructura del Boletín se corresponde, prácticamente, con la de un catálogo de datos. En primer lugar aparecen dos páginas de advertencias, firmadas por “El Director”, en las que explicita los diez “asuntos mensuales de que se ocupa este Boletín Anual (sic)”, y que son: *Presión atmosférica, Temperatura, Viento, Nubes, Estado higrométrico, Lluvia, Evaporación, Insolación, Ozono y Meteoros diversos*. Posteriormente aclara qué observaciones incluyen la hora en el registro de datos (presión, temperatura, estado higrométrico y dirección y velocidad del viento), cuáles (tipo, dirección y cantidad de nubes) se llevan a cabo solamente en horas determinadas (7^h, 14^h y 21^h), y las observaciones diarias de las que se publican únicamente los datos de las 24 horas (lluvia, evaporación, insolación, ozono, y meteoros). Y finaliza con una serie de notas aclaratorias acerca de la instrumentación utilizada, que muestra la exhaustividad en la toma de datos y los constantes contrastes y comparaciones entre aparatos. Así:

- **Presión.** Se utilizan cuatro *barómetros*: uno normal, dos escritores (modelo Richard) y uno modelo Fortin, aunque sólo se publican los de uno de ellos y los demás se utilizan para corregir los errores de los anteriores. Aclaran que a 0° la presión normal del Observatorio es de 694 ^m/m.

- **Temperatura.** Se registra cada hora, así como las máxima y mínima diarias en un *termómetro* escritor de Richard y cuyos valores se comparan con un termómetro de precisión situado en el mismo lugar. La máxima al Sol se registra en un modelo de máxima Negretti y la mínima se toma de un modelo de mínima de Rutherford.

- **Viento.** La dirección se registra en un *anemómetro-anemómetro* de 16 direcciones modelo Richard, la velocidad máxima diaria en un *anemo-cinemógrafo* de Richard, la distancia recorrida en 24 horas la suministra un *anemómetro* de Robinson, y la velocidad media y la resultante se toma de una *rueda de Besson*.

- **Nubes.** Para determinar la *cantidad* de nubes no se utilizan aparatos sino un “ ... cálculo prudencial ... (sic)” siguiendo la clasificación de Howard modificada por Hildebrandsson y Abercromby, y para la dirección se utiliza un *Nefoscopio* de Fineman. El tipo de nubes abarca 12 categorías (Figura 2) pero, a partir de 1909, sufre modificaciones y se aumenta a 16 categorías.

- **Estado higrométrico.** Se utiliza un *higrógrafo* de Richard.

- **Lluvia.** Se registra la cantidad de lluvia caída en 24 horas mediante un *pluviómetro* de flotador de Richard, usando un procedimiento recomendado por “el Observatorio de Madrid¹¹ en 1903 (sic)”.

¹¹ No se aclara si es un Observatorio del Servicio Meteorológico Nacional o perteneciente a la Compañía de Jesús.

• **Evaporación.** Se toman los datos mediante un *evaporímetro* de Richard, sistema Houdaille, comparándose sus indicaciones con otro de precisión.

• **Insolación.** Se registra la impresión que realiza un *heliógrafo* en una banda de papel ferroprusiato.

• **Ozono.** La cantidad de ozono se toma mediante un *ozonométro* y con la ayuda de una escala *ozonométrica*.

• **Meteoros.** Se registran las observaciones que realizan diariamente los miembros del Observatorio, y que se describen en el Boletín mediante un conjunto de 28 símbolos usuales (Figura 2) que, a partir de 1909, presenta pequeñas modificaciones y pasa a 32 símbolos.

SIGNOS CONVENCIONALES

METEOROS

●	Lluvia.	∩	Arco iris.
✱	Nieve.	⏏	Aurora boreal.
▲	Granizo.	∞	Niebla seca ó neblina.
△	Granizo menudo y duro.	⊕	Corona solar.
+	Borrasca de nieve.	⊖	Halo solar.
∨	Agujas de hielo.	☾	Corona lunar.
≡	Niebla.	☾	Halo lunar.
┌	Escarcha.	○	Cielo despejado.
⊂	Rocío.	◐	Cubiertos en una $\frac{1}{4}$ parte.
∇	Helada.	◑	Cubiertos en $\frac{1}{2}$.
∞	Nevisca.	◒	Cubierto en $\frac{3}{4}$ partes.
⌊	Viento fuerte.	◓	Cubierto del todo.
⚡	Tormenta (con relámpagos y truenos).	◔	Cubierto con llovizna.
⚡	Relámpagos (sin trueno).	▲	Llovizna.

NUBES

Ci	Cirrus.	AlK	Alto-Cumulus.
K	Cumulus.	AlSt	Alto-Stratus.
Ni	Nimbus.	KNi	Cumulo-Nimbus.
St	Stratus.	FrK	Fracto Cumulus.
CiK	Cirro-Cumulus.	FrSt	Fracto-Stratus.
CiSt	Cirro-Stratus.	StK	Strato-Cumulus.

Figura 2. Símbolos gráficos utilizados en el Boletín de 1908 para denotar los meteoros, y codificación de los tipos de nubes. Posteriormente se añadieron cuatro símbolos más que detallan algunos aspectos muy especiales.

El Observatorio de Cartuja realizaba, al menos a partir de 1908 (no se tienen noticias de años anteriores), boletines mensuales en un díptico tamaño A5 que dedicaba dos páginas a la exposición de datos en distinta forma; así, el Boletín de un mes podía detallar un resumen del dicho mes, resaltando los datos máximos y mínimos, las anomalías, hechos destacados, etc., mientras que en el correspondiente a otro mes se publicaban los datos completos de algunos instrumentos (los que cabían en dos páginas A5); sin embargo, estos boletines mensuales en forma de díptico distinto del volumen completo dejaron de realizarse al año siguiente para integrarse en el Boletín Anual. Las otras dos páginas estaban dedicadas a información de divulgación científica, a detalles de los instrumentos meteorológicos utilizando, a explicitar las escalas adoptadas, etc.; así, en el Boletín de mayo de 1908 se explica el *nefoscopio* de que se dispone en el Observatorio, su descripción, funcionamiento, instalación física, etc., acompañado de un dibujo del mismo (Figura 3), además de establecer la “escala adoptada para conocer la fuerza del viento por razón del número de metros recorrido en 1 segundo (sic)”, que clasificaba el viento en *calma* (0-3.6 km/h), *muy flojo* (3.6-7.2 km/h), *débil* (7.2-14.4 km/h), *moderado* (14.4-21.6 km/h), *bastante fuerte* (21.6-28.8 km/h), *fuerte* (28.8-36 km/h), *muy fuerte* (36-43.2 km/h), *violento* (43.2-57.6 km/h) y *huracanado* (más de 57.6 km/h).

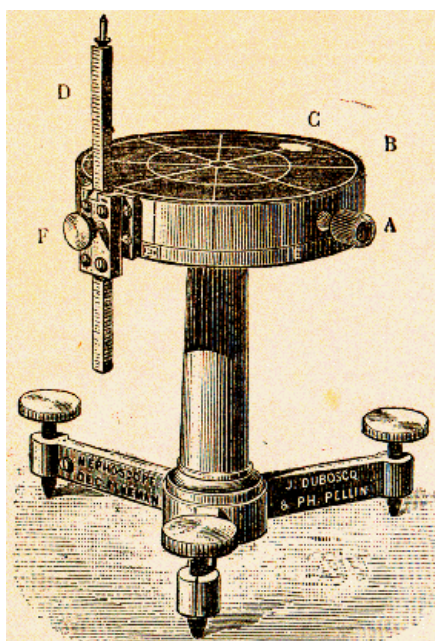


Figura 3. Nefoscopio de Fineman del que dispone el Observatorio de Cartuja, publicado en el Boletín de mayo de 1909, según modelo adoptado por el Congreso Meteorológico de París. Está construido por Duboscq y Pellin.

Hay que destacar una circunstancia curiosa: aparece un cambio en la profundidad del termómetros más profundo, con una modificación de 40 a 50 cm., hecho que parece no haber ocurrido realmente o que fue momentáneo pues en el Boletín de 1909 se vuelve a utilizar la profundidad de 40 cm.; además, en los boletines mensuales de 1908 (aunque solamente se han encontrado los Boletines de enero y mayo) se registran dichas temperaturas, pero en el Boletín correspondiente anual las casillas de estas observaciones están sin rellenar, aspecto éste muy a destacar dada la minuciosidad con la que se hacían los trabajos en el Observatorio.

El Boletín de 1909 mantiene la estructura del anterior aunque muestra algunas novedades. Quizá la más importante en cuanto a datos brutos publicados es la incorporación de un nuevo conjunto de datos que corresponden a una nueva observación: la *tensión del vapor acuoso*

atmosférico, que se refleja mensualmente y en el resumen anual. Aparecen dos nuevas columnas de datos tanto en los resúmenes mensuales como en el resumen anual correspondientes a los valores de dirección media del viento registrados mediante la rueda de Benson y el concepto de resultante, que mide el esfuerzo que habría que realizar para equilibrar a la fuerza del viento, suponiendo que sopla en la dirección y velocidad medias. Finalmente, la introducción de una página al principio del Boletín pidiendo el intercambio de éste “Se suplica el cambio (sic)” en español, francés, inglés y alemán indica que ya existe un cierto reconocimiento a nivel internacional del trabajo que se realiza y, por este motivo, se ha iniciado o se intenta comenzar una política de intercambios¹².

Sin embargo, la principal novedad del Boletín de 1909 es la realización de un resumen anual de los datos mensuales que lleva a cabo los resúmenes:

- para *presión, temperatura a la sombra, temperatura al sol, temperatura de irradiación, humedad relativa, tensión del vapor y termómetros de tierra* (de nuevo a 10 cm., 20 cm. y 40 cm.) se publican la media mensual y anual, las máximas y mínimas mensuales y anuales y el día en que tuvieron lugar.

- para el *ozono* se publican la media, la máxima y la mínima, tanto mensuales como anuales.

- respecto al *viento* se publican las velocidades media y máxima mensuales y anuales en m/s, las velocidades media, máxima y mínima en 24 horas en km/h junto a los días en que ocurrieron y el número de días de calma, tanto mensual como anualmente. Y respecto a la dirección y frecuencia, los datos publicados son el número de días en los que, tanto mensual como anualmente, el viento ha soplado en cada una de las 16 direcciones de la rosa de los vientos.

- relativo a la *lluvia*, debido a que no tiene lugar en gran cantidad de días del año, solamente se publican las cantidades mensuales en el Boletín anual, incluyendo la cantidad total en mm., la duración, la cantidad media por hora, la mayor cantidad en un día, el día del mes en que ocurrió el fenómeno, la duración en el día en que se dio la mayor cantidad en un día y la nebulosidad (la búsqueda de este concepto en los archivos no ha producido ningún resultado).

- respecto a la *insolación* y a la *evaporación* se publican los valores medios, máximos y mínimos, tanto mensuales como anuales.

- los datos de los *meteoros atmosféricos* se publican en una tabla de recuentos del número de días al mes y al año en que han ocurrido los distintos fenómenos, utilizando los símbolos que aparecen en la Figura 2 con algunas mínimas modificaciones.

La estructura de los boletines se mantiene sin variaciones hasta el Boletín de 1913, en el que se realiza una nueva localización del Observatorio¹³ y introducen descripciones de los instrumentos utilizados, ya sea para toma directa de datos o como corrección de periódica de los aparatos de lectura directa. Además, se señala que se introducen en el Boletín “... según reclaman los nuevos adelantos ... (sic)” varios de los acuerdos alcanzados en la última Conferencia Meteorológica Internacional de Innsbruck, celebrada en septiembre de 1905 y en la que participaron los Directores de Servicios Meteorológicos de gran cantidad de países para establecer unas normas que normalicen las observaciones y los boletines de los distintos Observatorios Meteorológicos. No se ha encontrado ninguna documentación de los acuerdos adoptados y el Director del Observatorio de Cartuja se lamenta de no poder publicarlos debido a la escasez de personal y la carencia de medios adecuados.

¹² A partir de 1909 dejan de publicarse los boletines en el formato de un volumen por año, y se comienza la publicación de tres o cuatro años en cada volumen.

¹³ Latitud N. 37° 11' – Longitud W de Greenwich 3' 36" – Altitud en metros 767.6.

No se conoce si la inclusión de nuevas observaciones se debe a los acuerdos de³ Innsbruck o a un perfeccionamiento de los trabajos anteriores, pero en el Boletín de 1913 se toman los datos de trece “asuntos”, fenómenos meteorológicos en lenguaje más actual, lo que significa que se anuncia la publicación de los datos de dos fenómenos que no se consideraban hasta el momento: la *radiación solar* y la *dispersión eléctrica en la atmósfera*, aunque ya se estaban haciendo pruebas y registrando datos desde 1910; sin embargo, estos datos no aparecen publicados en este Boletín ni tampoco en los siguientes, aunque se desconoce la causa que provoca esta ausencia.

Del intervalo 1916-1918 no existen publicaciones de datos, aunque existen los borradores casi completos de los boletines de ese intervalo y mantienen la misma estructura que los anteriores¹⁴, incluyendo la ausencia de datos acerca de la radiación solar y la dispersión eléctrica en la atmósfera, quizá debido al comienzo de la I Guerra Mundial. Este motivo fue el que impidió, según indica Gómez Guillamón², la publicación de los boletines desde 1919 hasta 1922, ambos inclusive, argumentando dificultades económicas; además, aclara que los originales de los datos de estos años permanecen en los archivos salvo el período comprendido entre el 1º de octubre de 1918 y el 31 de diciembre del mismo año.

Los Boletines de los años 19019, 1920, 1921 y 1922 se publican con el formato de los anteriores, pero manuscritos, en papel borrador y usando encuadernación cartón, quizá debido a la escasez de recursos económicos de la época. Además, en los archivos del Observatorio no existen datos de la época 1923-1924 (el primer Boletín que se publica después de la guerra es el de 1925), que debió ser complicada y de una cierta confusión, lo que influyó de alguna forma en los trabajos del Observatorio. así, Gómez Guillamón², a pesar de indicar que no se publican en imprenta los boletines desde 1919 hasta 1922, ambos inclusive, en el siguiente párrafo dice que en 1920 se reorganiza el Observatorio y “... pasa a tener una gran actividad y el Boletín se publica con todos los datos horarios. (sic)”, lo que contradice su anterior afirmación. Este mismo autor hace referencia a que, en 1921, se llevan a cabo algunas determinaciones no sistemáticas (“sueltas” es el adjetivo del autor) del coeficiente de dispersión de electricidad en la atmósfera con una observación diaria a las 9 horas, registros que finalizan el 1º de agosto de 1922; esta afirmación proporciona nuevos argumentos acerca de que al menos este fenómeno estaba aún en estudio en 1922 y, por tanto, no se registró anteriormente de forma sistemática aún cuando se anunciaba la toma de datos sistemática en el Boletín de 1913 y, al no aparecer publicados, en dicho Boletín aparece la nota “Por razones independientes de nuestra voluntad no se publican en este Boletín de 1913 las observaciones de Radiación solar y Dispersión eléctrica prometidas en el prólogo. (sic)”. En los boletines posteriores no aparece dicha nota y no se vuelve a hacer ninguna mención de este tema.

En este período se publican varios trabajos en diferentes revistas y se realizan algunos resúmenes de los datos existentes desde 1902, pues la cantidad de datos ya tenía una cierta relevancia estadística. Los datos de las observaciones solares solían aparecer publicadas sistemáticamente en la revista belga *Ciel et Terre*, mediante trabajos firmados por el P. Ricardo Garrido pero, en este período, no se tiene constancia de publicaciones acerca de estudios climatológicos excepto dos pequeños opúsculos publicados por el P. Cándido Guerrero en 1924¹⁵ y otras publicaciones similares de años posteriores. La explicación más plausible de esta ausencia de publicaciones de meteorología (existiendo bastantes publicaciones de sismología y astronomía), a la vista de las publicaciones que se explicitan en diez páginas (parece que arrancadas de algún Boletín Anual) dedicadas a la labor científica publicada del P. Manuel Sánchez Navarro-Neumann y otros jesuitas, es que los fenómenos que se publicaban dependían de la especialidad de las personas; así, la persona más interesada por la meteorología publicaba trabajos de meteorología,

¹⁴ Como curiosidad, estos datos están en una carpeta cuya etiqueta original es “1907” sobreescrita con una etiqueta a mano que indica “Borrador del Boletín 1916-1918”.

¹⁵ Relativos a la aportación del Observatorio de Cartuja a la Exposición de material de Enseñanza en uno de los congresos católicos de Enseñanza, y al sinmeteorósopo “Hurtado”. Aunque no existen referencias, parece ser que corresponden a opúsculos de muy escasas páginas publicados en boletines mensuales de 1924.

etc. Además, el que los trabajos correspondan a opúsculos insertos en los Boletines mensuales indica que en esa época no se llevaban a cabo trabajos sistemáticos de análisis meteorológicos.

La posguerra y la revitalización del Observatorio. Desde 1925 hasta la actualidad

El año 1925 marca un resurgimiento de las observaciones meteorológicas en el Observatorio, que toman gran auge respecto a la toma de datos, a la adquisición de nuevos instrumentos y la construcción de aparatos propios por parte del P. Luis Hurtado, a la realización de conferencias de divulgación científica, a las reformas y ampliaciones llevadas a cabo en el edificio y a la realización de trabajos de síntesis de tipo teórico y práctico.

El Boletín de 1925 engloba los datos tal y como aparecían en los boletines anteriores y los comentarios de dos o tres páginas que se insertaban en los trípticos en que se editaban los boletines mensuales. Así se detallan las observaciones de tipo pedagógico realizadas con los alumnos del Colegio Máximo con motivo del eclipse de Sol del 24 de enero y, en febrero, el elipse de Luna ocurrido el 8 de dicho mes, aunque esta vez el número de alumnos se redujo a aquellos alumnos “asociados (sic)” al personal del Observatorio.

El díptico de marzo muestra una actividad importante de “vulgarización científica (sic)”: el 29 de marzo de 1925 se llevaron a cabo varias conferencias sobre la electricidad atmosférica en el salón de actos del Colegio Máximo a las que, según se refiere en dicho Boletín acudió gran cantidad de público a pesar de coincidir el día y la hora con la llegada de los restos mortales de Angel Ganivet a Granada¹⁶, y “todas las autoridades y elementos oficiales estaban convocados para asistir a la recepción solemne que se había organizado en la estación de la Compañía de Ferrocarriles del Sur de España (sic)”. El acto comenzó a las 15’30 horas con la disertación del H. José Herreros acerca del campo eléctrico de la atmósfera, los electrómetros usados para medir el potencial y el dispositivo Elster y Geitel que se utiliza en el Observatorio para medir la dispersión eléctrica, para continuar exponiendo los problemas que origina el distinto potencial de las capas de aire para la navegación aérea y finalizar hablando de la formación de las nubes y de la clasificación más correcta (“conveniente”) en base a su potencial y al influjo que ejercen en el campo eléctrico de la atmósfera. La siguiente conferencia estuvo a cargo del H. Antonio Sempere que comenzó su disertación explicando el mecanismo más probable de formación de tormentas y la influencia de la carga eléctrica en la formación de las gotas gruesas de lluvia, para continuar con la clasificación de los relámpagos y finalizar con la exposición de los efectos mecánicos, magnéticos y fisiológicos que producen los rayos. La última conferencia estuvo a cargo del H. J. Antonio Aldama que comenzó refutando algunos de los “medios” aconsejados para evitar los rayos y exponiendo los medios recomendados en le época por la ciencia y su efectividad, para continuar hablando del pararrayos, fundamentalmente el de los sistemas Gay-Lusac y Franklin, finalizando la disertación con el procedimiento utilizado en el Observatorio en el que la cúpula, unida a tierra por dos arcos metálicos, actúa de pararrayos.

En el díptico de abril se explican los dos nuevos instrumentos, aunque solamente es expone uno de ellos, construidos por el H. Hurtado, conocido ya en el mundo científico por la construcción del “Radioteleleptor” y del “Sinmetereóscopo”. El instrumento que diseña y construye para el Observatorio es una veleta eléctrica que permite obtener la dirección del viento con mayor sensibilidad y precisión que los usados hasta entonces, y que se denomina *electro-anemógiro*, y que tiene la ventaja añadida que el registrador puede estar muy lejos de la veleta.

¹⁶ Probablemente no se aplazó el acto incluso con la coincidencia de fechas debido a que “accidentalmente se hallaban en Granada los RR. PP. Provinciales de León, Toledo y Andalucía, junto a los que se sentaron los RR. PP. Rector, Prefecto de Estudios y Director Espiritual del Colegio Máximo, y varias personalidades eclesíásticas, académicas y militares. (sic)”.

Durante los años 1926-1930 se continuaron publicando los boletines anuales, dedicados⁵ fundamentalmente a la exposición de los datos obtenidos y dejando de lado, en casi todos ellos, los dípticos divulgativos (lo único que aparece al margen de los datos son los boletines meteorológicos mensuales del tiempo que ya ha ocurrido).

Una fecha importante para el Observatorio en general y para la meteorología en particular es el año 1932. A principios de dicho año, el Gobierno lleva a cabo la ejecución del artículo nº 26 de la nueva Constitución Española por el que se proscriben a las órdenes religiosas que tenían voto especial de obediencia a la Santa Sede, incautándose los bienes de la Compañía de Jesús y, entre ellos, el Observatorio de Cartuja (ver Espinar, “El Observatorio entre 1906 y 1940”, en este mismo volumen). El Gobierno nombra director del Observatorio al ingeniero geógrafo D. Félix Gómez Guillamón, que valora el trabajo de toma de datos y su recopilación llevado a cabo por el Observatorio de Cartuja y decide integrarlos en la red climatológica nacional incorporando el Observatorio al Servicio Meteorológico Nacional, dirigido entonces por el geógrafo y teniente coronel de ingenieros D. Enrique Meseguer, con la idea de que puedan servir, además de como recopilación estadística, para “la predicción científica del tiempo ... (sic)¹⁷”.

La nueva dirección recoge los datos de 1931 y los publica en un Boletín cuyo encabezado indica la pertenencia al Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística, aclarando que se mantiene la adecuación de los datos a los convenios internacionales y se realizan modificaciones en algunas observaciones siguiendo las indicaciones del Servicio Meteorológico Nacional para la normalización de los datos en España (fundamentalmente se realiza el cambio de las horas de observación directa, que pasa de 7, 14 y 21 horas a 1, 7, 13 y 18 horas, la presión se expresa en milibares y se vuelve a registrar la insolación diaria, dejada de observar en diciembre de 1931, al principio mediante bandas de papel fotográfico y luego retornando al papel de ferropusiató por motivos económicos). Además, a partir de entonces se incluyen los datos en los boletines que publica el Instituto Geográfico y, aunque no se aclara si se mantiene la publicación del Boletín del Observatorio, la ausencia de datos referidos a esta época parece indicar que dejaron de publicarse los datos de Cartuja para estar incluidos en las publicaciones de la red nacional.

No se tienen noticias de las vicisitudes de las observaciones meteorológicas en el período 1932-1938, año este en que de nuevo se hicieron cargo los jesuitas del Observatorio. Durante los primeros años de este periodo se continuó con la toma de datos y, aunque se ignoran las circunstancias específicas que ocurrieron durante la guerra civil española, las observaciones no quedaron interrumpidas “...ni un solo día. (sic)²”

El 11 de agosto de 1938 los jesuitas vuelven a hacerse cargo del Observatorio de Cartuja y dos de sus antiguos directores, los jesuitas Sánchez-Navarro y Due, elogian la labor realizada por D. Félix Gómez Guillamón no solamente en su aspecto científico sino también en la conservación del material y las mejoras y ampliaciones llevadas a cabo durante ese período, lo que es un dato más que reafirma la continuidad del trabajo científico en el Observatorio aunque el nuevo director, el P. Sánchez-Navarro, expresa en su toma de posesión que existieron penurias de personal (ver Espinar, “El Observatorio entre 1906 y 1940”, en este mismo volumen).

En 1940 se reanuda la publicación de boletines, a partir del correspondiente al año 1939, con el título de “Observaciones meteorológicas y sísmicas”, conteniendo los boletines mensuales de las observaciones pero sin realizarse ningún resumen anual de los datos meteorológicos ni sísmicos. El formato de publicación mantiene las mismas características de los anteriormente publicados, es decir, dípticos, tablas de datos de las observaciones diarias de presión atmosférica (de nuevo en milímetros), temperaturas, higrómetros dirección y velocidad del viento, nubes y meteoros, el Estado general del cielo” que es un diario meteorológico del tiempo que ha acaecido a lo largo del mes, y se explicitan un conjunto de variables cualitativas de tipo observacional de las

¹⁷ “Advertencia” del Boletín de Enero, Febrero y Marzo de 1931.

que se anota su frecuencia mensual en forma de días con las características siguientes: del todo cubiertos, de tres partes cubiertos, de dos partes cubiertos, de una parte cubiertos, despejados, de rocío, de escarcha, de helada, de nieve, de granizo, de nevisca, de niebla húmeda, de neblina, de viento fuerte, de arco iris, de tormenta, de relámpagos solos, de corona solar, de halo solar, de corona lunar y de halo lunar. En los dípticos se publican aspectos diversos como: una pequeña disertación de las oscilaciones barométricas de corto periodo y las discrepancias entre barógrafo Richard y el variógrafo Brébeuf; el instrumento de construcción propia “hormanemógrafo Hurtado”, destinado a medir las “variaciones rápidas o ímpetus (sic)” del viento tal y como indica su nombre extraído del griego “ὄρμη, ímpetu, ἄνεμος, viento y γράφω, escribir (sic)” o un mapa mundial de curvas isodiastemáticas¹⁸.

Esta estructura se mantiene durante varios años (hasta 1947) pero, a partir de julio de 1939 y hasta 1943 se intercala trimestralmente una página con el título “INSTITUTO NACIONAL DE GEOFÍSICA” y el subtítulo “CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS” sin más aclaraciones; este hecho parece suponer la inclusión del Observatorio en la estructura de estas instituciones, aunque la autonomía es bastante amplia y quizá solamente sea una inclusión de tipo formal; sin embargo, en 1944 se elimina la referencia “Instituto Nacional de Geofísica” y se sustituye por “Patronato ‘Alfonso el Sabio’”. Además, a partir de 1941 el Boletín es de “Observaciones astronómicas, meteorológicas y sísmicas” puesto que se incluyen en el mismo volumen dos observaciones de tipo astronómico: una estadística de las manchas solares y una tabla de la radiación solar obtenida con el pirheliómetro Amstrong, ambas trimestrales. Este hecho origina que desaparezcan los dípticos y solamente se mantengan las tablas de datos y el diario meteorológico mensual y, aunque el ejemplar más antiguo encontrado corresponde a Julio, Agosto y Septiembre de 1942 (de años posteriores se tienen más ejemplares), parece ser que en este año se comienzan a encuadernar los datos trimestrales que, posteriormente, constituirán el volumen completo del año.

En 1948 los boletines meteorológicos vuelven a independizarse del resto de las observaciones y constituyen un volumen independiente, manteniendo la estructura que tenían anteriormente (tablas de datos y diario meteorológico) además del el título y subtítulo. Y esta estructura se mantiene constante, con la excepción que a veces el “diario meteorológico” se denomina “estado general del cielo”.

En el año 1962 el Observatorio está integrado en la red del Servicio Meteorológico Nacional, Sección Climatología, y envía sus datos al Ministerio del Aire para facilitar la navegación aérea. Este Servicio exige enviar los datos en un determinado formato y en los archivos del Observatorio existen varios escritos del Ministerio del Aire, de Madrid, en el que se envían las instrucciones para confeccionar las hojas de los distintos fenómenos observados, la hoja resumen anual 421 que engloba a las anteriores y algunas correcciones a los impresos llevadas a cabo en 1963.

A lo largo de este período el Observatorio realiza trabajos para instituciones externas, generalmente de registro de datos que, posteriormente, serán utilizados por el “cliente”. Así, en 1965 se lleva a cabo un trabajo de toma de datos que incluye precipitaciones, viento dominante durante el periodo de lluvia y kilómetros recorridos por el viento, con datos desde 1959 hasta 1965 ambos inclusive. El trabajo se realiza “a petición de D. Julio García Sanjuan, Meteorólogo y profesor de la Universidad (sic)”. El objeto del trabajo es¹⁹ “realizar un estudio estadístico de las precipitaciones, atendiendo a su intensidad y duración, y del viento que ha soplado durante los chubascos (sic)”. En el informe se establecen los procedimientos de trabajo, las normas concretas de rellenar los estadillos y los plazos de entrega y remuneración. Como curiosidad aparece que “la

¹⁸ Al tratarse de una edición conjunta de datos meteorológicos y sísmicos se compartía la publicación de dípticos de una y otra materia; así, los del año 1940 trataban todos de aspectos sismológicos.

¹⁹ Documento perteneciente a los archivos del Observatorio que parece ser una copia del contrato que se le envía al solicitante del trabajo.

remuneración por este trabajo será de 800 pts. por cada año estudiado y pudiera llegar a las 1200 pts. (sic)⁷; además, se aclara que se “trata de un trabajo particular, no oficial ni del Servicio (sic)”.

Por otra parte, el personal del Observatorio también encarga algunos trabajos específicos para perfeccionar la metodología de toma de datos, aumentar la precisión de los mismos, adecuar los estándares a las características de la zona, etc. En esta línea, en 1966 realizó el encargo a la Universidad de Deusto de la creación de un conjunto de tablas de masas de aire definidas como “el camino recorrido por el rayo luminoso de un astro dentro de la atmósfera terrestre (sic)”. Para ello se precisa realizar un programa de ordenador en FORTRAN que tarda 10 horas en ejecutarse para valores comprendidos entre -99.999 y +99.999, con una precisión de milésimas y que proporciona 14 tablas en un rollo de papel. Todo el trabajo lo realiza la Universidad de Deusto: programación, ejecución e impresión de resultados, y se desconoce el ordenador utilizado pero el Director de la Universidad asegura que cuesta 5.000.000 de pesetas²⁰. Como dato curioso, en Deusto cobran los trabajos a 1000 pts. la hora (en ese momento están realizando un trabajo para Altos Hornos), al director del Observatorio le “bastará con que abones entre 1000 y 2000 pts. por todo (programación, ensayos, listado, retoque, tabla de símbolos y ejecución – 5 días de trabajo (sic)”, y se deja a su “buen corazón e inteligencia (sic)” entender que la Universidad de Deusto “sale perdiendo” con este trabajo. Es de destacar la minuciosidad con la que se realizan todos los trabajos; así, la Universidad de Deusto envía al Observatorio las tablas (“rollos de tablas”) y el programa fuente en lenguaje FORTRAN para que sea analizado en el Observatorio a ver si se pudiera encontrar la causa de que los resultados tengan precisión solamente hasta las centésimas en vez de hasta las milésimas, tal y como se había diseñado. Para subsanar este error se propone al Observatorio realizar nuevas tablas de diez en diez grados y, una tabla adicional de hora en hora con ocho cifras exactas para tener más información para la última cifra decimal.

En 1965 se llevó a cabo la renovación gran parte de los instrumentos, y todos ellos siguen siendo utilizados en la actualidad. Los nuevos aparatos son:

- **presión.** Se utilizan un barómetro Richard y un microbarógrafo Belfort.
- **temperatura.** Se usan termómetros normalizados Corrons y un termohigrógrafo Lambretch.
- **precipitación.** Se registra mediante un pluviógrafo Lambretch y un pluviómetro Yoldi.
- **humedad relativa.** Se utiliza un termohigrógrafo Lambretch y un psicómetro junto a las tablas adaptadas a la Cartuja.
- **insolación.** Se registra mediante un heliógrafo Salmoiraghi, aunque este instrumento está en funcionamiento desde 1930.

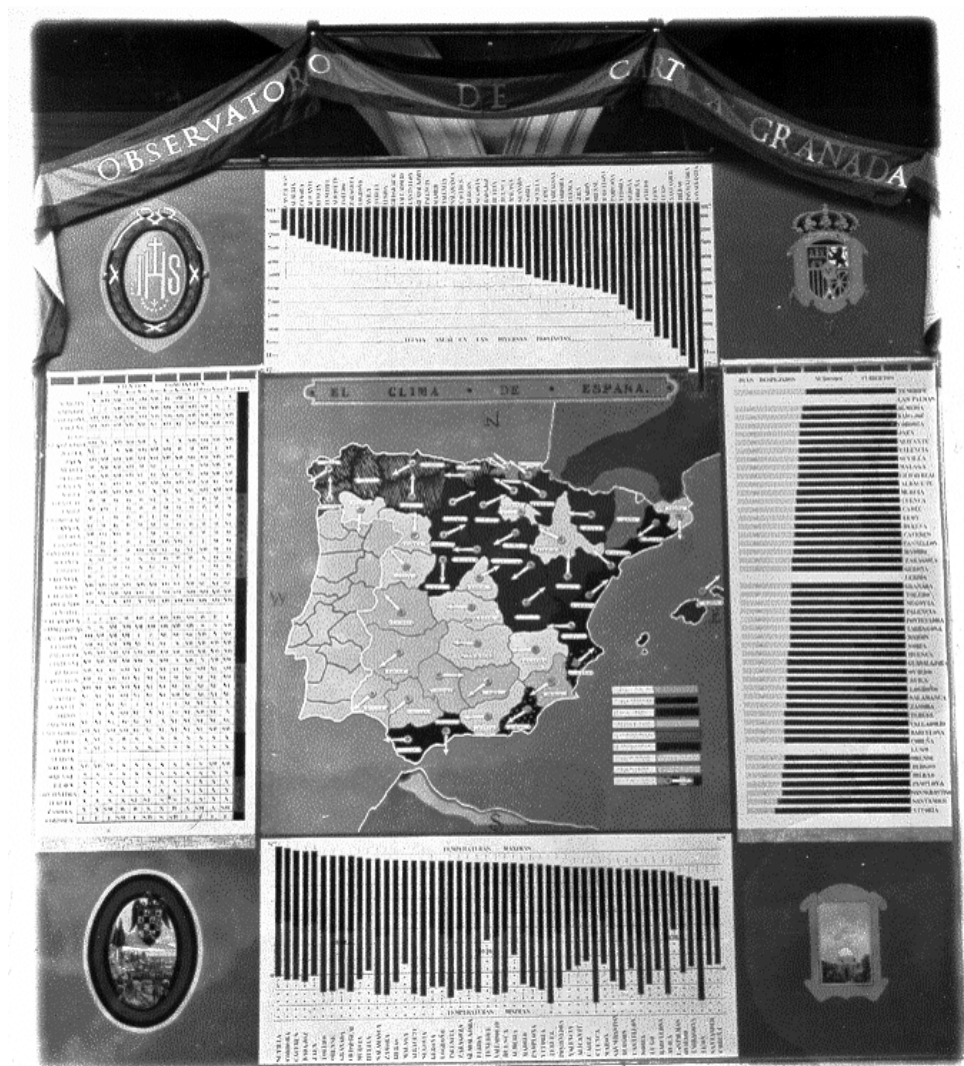
Este sistema de observaciones y de publicación de boletines se mantiene a lo largo de los años hasta que, en el año 1971, el Observatorio pasa a manos de la Universidad de Granada debido a los problemas económicos que planteaba su mantenimiento a la Compañía de Jesús, manteniéndose una sola persona, el H. Manuel Merlo Vallejo, como técnico de Meteorología. Esta persona, que ya era técnico en meteorología desde 1969 y posteriormente también de sismología, es el único jesuita que continúa trabajando en el Observatorio mediante el convenio firmado con la Universidad de Granada, y realiza en la actualidad la toma diaria de los datos climatológicos que son enviados a la sede en Málaga del Servicio Meteorológico Nacional.

²⁰ Sin embargo, una nota manuscrita al margen del escrito indica que “por ser universidad se ha dejado en 100.000 pts. (sic)”.

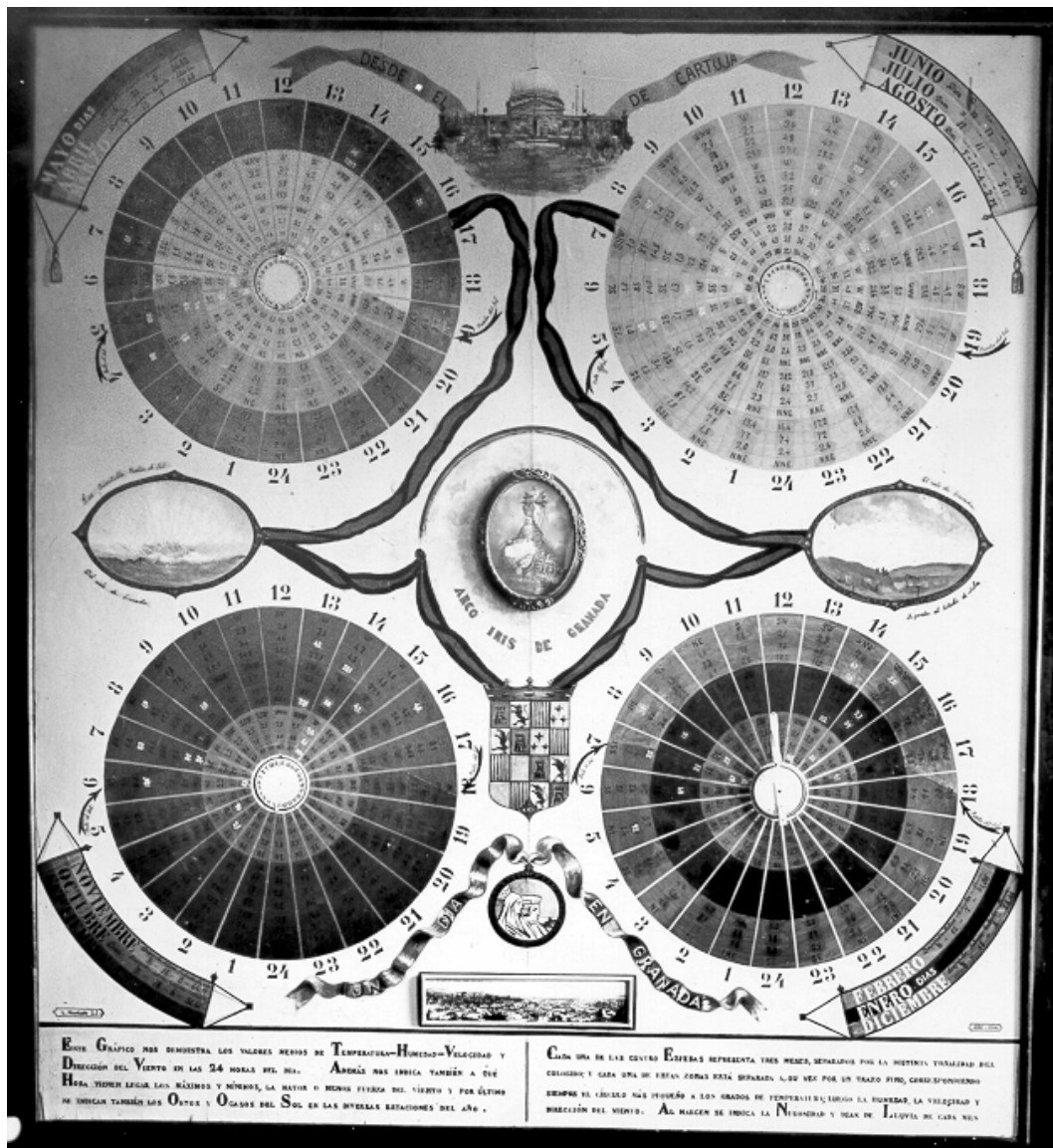
Los resultados de las observaciones meteorológicas en Granada a lo largo del siglo XX

La cantidad ingente de datos registrados por los miembros que pertenecieron al Observatorio de Cartuja desde 1903 hasta finales de siglo permite disponer de una gran cantidad de información y poder realizar diversos resúmenes estadísticos de las distintas observaciones en un intento de caracterizar el clima de Granada. En este sentido, los trabajos del H. Merlo Vallejo son de gran importancia, con la agravante que fueron llevados a cabo de forma manual. Este capítulo muestra algunos de estos gráficos realizados a partir de los resúmenes de datos existentes en los archivos.

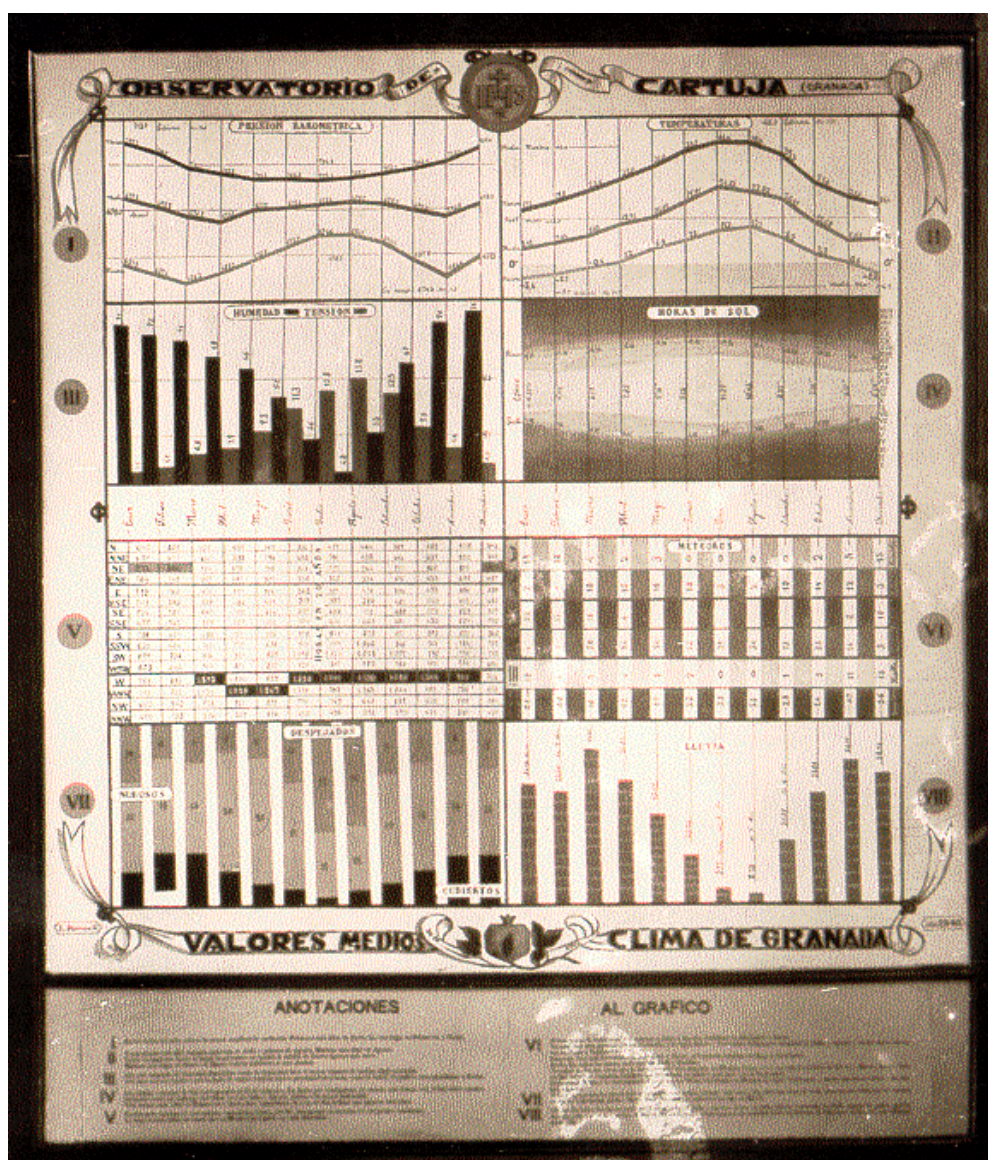
• *Composición "El clima de España"*. Este gráfico recibió el Gran Premio en la Exposición Universal de Sevilla 1929-1930 y recibió las felicitaciones del rey Alfonso XIII. Mostraba de forma gráfica los vientos dominantes en España, las temperaturas máximas y mínimas, histograma de la lluvia anual en las distintas provincias, histogramas de los días despejados, nubosos y cubiertos por provincias y vientos dominantes en cada provincia. Solamente se conservan fotografías de la composición.



• *Composición “Un día en Granada”*. Fue realizada en 1940 y muestra los valores medios de temperatura. Humedad, velocidad del viento y duración del viento en 24 horas, indicando la hora en que ocurren de los máximos y mínimos de temperatura, la hora en que se ha producido la mayor y menor fuerza del viento, y las horas en que ocurren los ortos y los ocasos del Sol, en las diversas estaciones del año (hay un gráfico para cada estación). De esta composición solamente se conserva una fotografía.



• *Composición “Valores medios del clima de Granada”*. Realizado en el Observatorio de Cartuja en 1940, estaba expuesto en la sala de meteorología y solamente se conservan varias fotografías de tamaño muy pequeño del mismo. Incluye (de izquierda a derecha y de arriba abajo) las curvas de presión y temperatura, el histograma de de humedad y tensión del vapor de agua, gráficas de las horas de sol, número de días de dirección predominante del viento, número de días de ocurrencia de distintos meteoros, número de días despejados, cubiertos y nubosos, e histograma de lluvia.

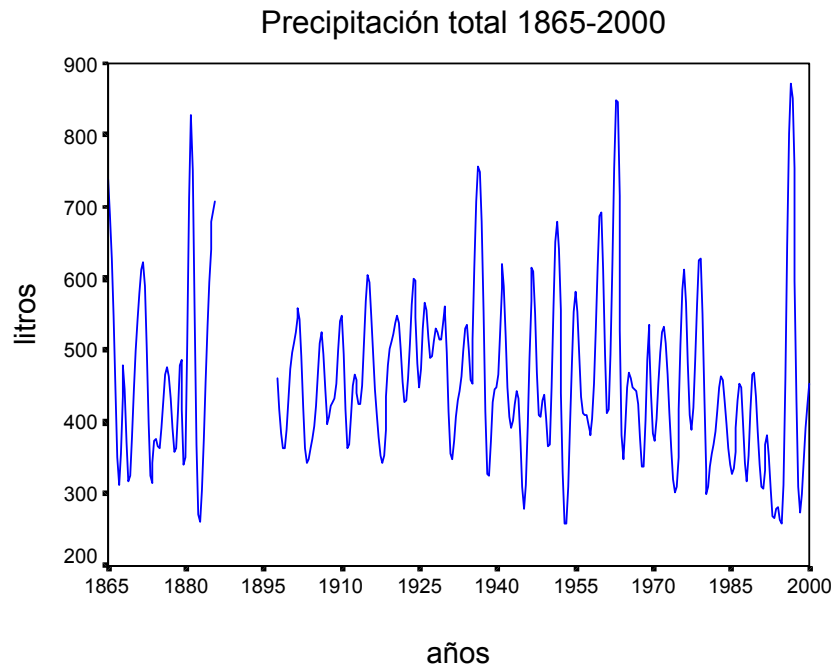


• Precipitación total anual 1865-2000. El gráfico se ha realizado utilizando dos grupos de datos: a) datos proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología²¹ (Centro del Guadalquivir, Sección de Climatología) al Observatorio de Cartuja en 1976, utilizando los datos de la Universidad de Granada desde 1865 hasta 1903, los datos del Observatorio desde 1903 hasta 1975, y la laguna de datos del Observatorio del periodo 1967 hasta 1972 se completa con los datos de la estación de El Zaidín del Servicio Meteorológico Nacional, y b) desde 1976 hasta el año 2000 se han utilizado los datos del Observatorio.

Hay que señalar que existen dos lagunas en los datos originales: la primera abarca 12 años y corresponde al periodo 1866-1897, ambos inclusive, del que el Servicio Meteorológico Nacional no dice nada en absoluto, y la segunda tiene lugar en el año 1876 al faltar los datos del mes de septiembre (el valor que aparece se ha obtenido asignando a septiembre la media de los valores de dicho mes para los datos de la Universidad 1865-1903 y calculando el total de 1877 para todos los

²¹ Escrito del Servicio Meteorológico Nacional al Observatorio de Cartuja con fecha 19-06-1976.

meses). Además, existen dos datos dudosos en la serie de la Universidad²²: 1) en enero de 1881¹ se registra la cantidad de 370 litros, bastante mayor lo habitual, pero se acepta como cierta “dadas las abundantes lluvias en todo Andalucía (Sevilla 312 litros, San Fernando 290 litros, Ciudad real, 225 litros, etc.). (sic)”, y 2) en septiembre de 1876 se obtiene la cantidad de 576.6 litros, bastante exagerada y, aunque “hubo lluvias muy abundantes en el SE (Alicante, 375 litros y Murcia, 213 litros), en la vertiente atlántica disminuyó mucho. Incluso hemos revisado un periódico de la época, de Sevilla, y no dá noticias de lluvias catastróficas en Granada) (sic)”. Este dato se ha modificado en la forma anteriormente citada.

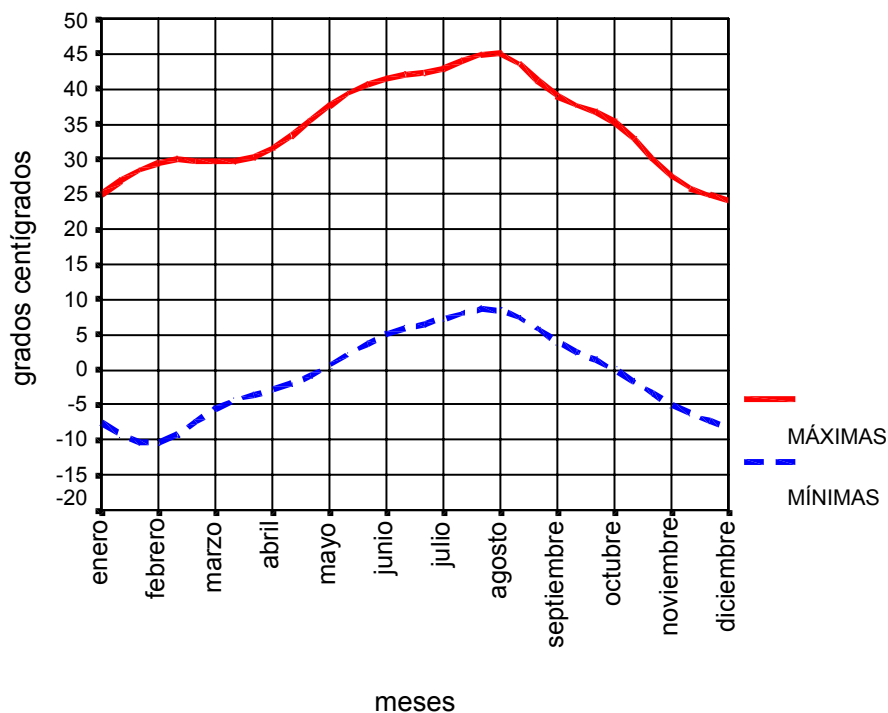


El año más seco fue 1953, que tuvo unas lluvias de solamente 259.6 litros, y el año más lluvioso corresponde a 1963 en el que la precipitación total alcanzó 845.8 litros; si los datos procedieran de una distribución normal de media=461.8 litros y desviación típica=119.9 litros, el 96% de las cantidades anuales de lluvia están comprendidas entre 222 litros y 701.6 litros, lo que indica que el dato de precipitación máxima es muy inusual.

Los máximos aparecen en la tabla siguiente correspondiendo al periodo 1865-1975 (el resto no está tabulado por meses):

	Año de máxima lluvia
Enero	1881 (370 litros)
Febrero	1947 (174.4 litros)
Marzo	1960 (197.5 litros)
Abril	1930 (164 litros)
Mayo	1959 (149.5 litros)
Junio	1899 (74 litros)
Julio	1926 (52.7 litros)
Agosto	1952 (52.7 litros)
Septiembre	1921 (139 litros)
Octubre	1926 (155.4 litros)
Noviembre	1920 (138.9 litros)
Diciembre	1963 (183.9 litros)

• Los datos de temperaturas están resumidos por años en el periodo 1902-1981, y corresponden en su totalidad a las observaciones llevadas a cabo en el Observatorio. Las curvas expresan las temperaturas máximas y las mínimas anuales:



Aunque muestran cierto paralelismo, en los meses más fríos aumenta la diferencia entre máxima y mínima, correspondiendo la máxima variación al mes de febrero. Los datos completos²² aparecen en la tabla siguiente, que muestra la mínima del periodo 1902-1981 en febrero con un valor de -10.4° y, además, este mes muestra una máxima invernal muy alta; la máxima veraniega corresponde a agosto con un valor de 45° .

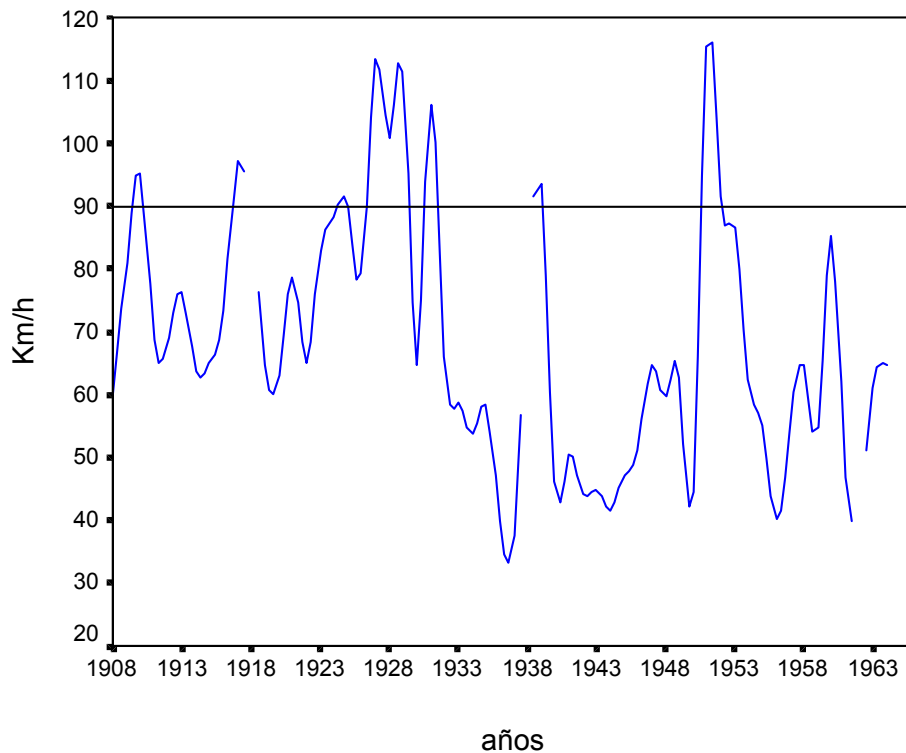
	Temperatura máxima	Temperatura mínima
Enero	25°	-7.6°
Febrero	30°	-10.4°
Marzo	30°	-5.6°
Abril	32°	-2.9°
Mayo	38°	0.6°
Junio	42°	5°
Julio	43°	7.2°
Agosto	45°	8.5°
Septiembre	39°	4°
Octubre	35°	0°
Noviembre	28°	-5.0°
Diciembre	24°	-8.2°

²² Hay que recordar que corresponden a datos tomados en la ciudad de Granada y a la sombra, por lo que pueden existir valores distintos en otros lugares de la provincia.

Estos datos contrastan bastante con los datos las medias mensuales de las temperaturas máximas y de las temperaturas mínimas, lo que indica que los valores extremos anteriores no son muy frecuentes a lo largo del siglo y son más suaves:

	Año de temperatura media máxima	Año de temperatura media mínima
Enero	1936 (10.4°)	1945 (3.5°)
Febrero	1937 (14.2°)	1956 (3.4°)
Marzo	1902 (14.6°)	1908 (6.2°)
Abril	1905 (17.1°)	1930 (9.1°)
Mayo	1904 (21.0°)	1946 (12.9°)
Junio	1938 (24.9°)	1909 (16.9°)
Julio	1935 (27.6°)	1912 (21.5°)
Agosto	1980 (30.0°)	1977 (21.8°)
Septiembre	1936 (25.5°)	1913 (17.6°)
Octubre	1904 (18.7°)	1919 (11.5°)
Noviembre	1937 (14.6°)	1905 (6.6°)
Diciembre	1978 (11.9°)	1917 (4.7°)

- La velocidad del viento fue una de las primeras observaciones que se llevaron a cabo en el Observatorio y los registros muestran valores importantes en la velocidad máxima a lo largo de 1908-1964, periodo que está sumariado en los archivos del Observatorio.



El gráfico anterior muestra la velocidad del viento en el periodo citado 1908-1964, y la línea marca el límite de 90 Km/h usualmente considerado como catastrófico y productor de daños.

Este valor se superó en los años 1910 (95 Km/h), 1917 (97.2 Km/h), 1925 (90 Km/h), 1927 (113.4 Km/h), 1928 (100.8 Km/h), 1929 (11,2 Km/h), 1931 (106.2 Km/h), 1939 (93.6 Km/h), 1951 (115.2 Km/h) y 1952 (91.4 Km/h). Es necesario destacar la época 1927-1931 en la que el viento mantuvo velocidades muy elevadas.

Estos gráficos junto a otros más que sintetizan los datos obtenidos en el Observatorio de Cartuja a lo largo del siglo XX, además de las observaciones diarias que se están registrando en la actualidad aparecen en las páginas INTERNET del Observatorio <http://www.ugr.es/~iag/>. En estas páginas se muestra, además, gran cantidad de información relativa a la sismología, principal actividad del Observatorio en la actualidad.

NOTICIAS SOBRE LOS PROYECTOS UNIVERSITARIOS EN CARTUJA DURANTE LA SEGUNDA REPUBLICA

Rafael Marín López
Universidad de Granada

NOTA INTRODUCTORIA

En 1931 la Universidad de Granada comenzaba ya a reflejar el dinamismo y la personalidad que se venía fraguando desde años anteriores¹. La llegada de la República no supuso ningún cambio radical en la marcha de la misma y por encima de ideologías contradictorias, veremos como predomina un estilo universitario que hace, con concepciones diferentes, a la Universidad el objeto común y básico de los intereses de los profesores y autoridades académicas.

Se puede decir que académicamente la República comienza el 23 de Mayo de 1931, con la elección como Rector de José Pareja Yébenes, Catedrático de Patología Médica y político que más tarde llegaría a Ministro de Instrucción Pública y al que acompaña como vicerrector el Catedrático de Paleografía, Antonio Marín Ocete que ya desde su acceso a la Cátedra en 1925 venía desempeñando funciones y actividades universitarias que le convertían en un buen gestor y conocedor de las interioridades de la universidad granadina.

Diferentes personas de probada categoría en sus respectivas especialidades destacaban en la Universidad granadina. Así en Derecho la figura de Fernando de los Ríos Catedrático de Derecho Político y destacada figura del PSOE, recién trasladado a Madrid, había dejado en esta Granada de los silencios su huella². De distinto signo, Rafael Acosta Inglot, Catedrático de Derecho Romano, o Fernández Oliveros de Filosofía, o Emilio Langle de Derecho Mercantil.

En Medicina destacan nombres como Víctor Escribano o Miguel Guirao en Anatomía; Alejandro Otero y Martín Bárrales en Obstetricia y Ginecología; García Duarte en Oftalmología y José Pareja y Fernando Escobar en Patología Médica.

En Filosofía y Letras las personalidades de Gallego Burín en Arte, Marín Ocete en Paleografía, García Gómez y poco despues Salvador Vila, en Árabe y Mariano Bassol en Latín dinamizaban, ya desde años atrás, la Facultad y los ambientes culturales granadinos, prolongando mas allá de la guerra civil su influencia y llenando con su gestión los años 40, tan deprimentes en otros aspectos. especialmente Gallego y Marín Ocete,

En Ciencias destacan Gonzalo Gallas, de Química Orgánica, Pascual Nacher de Historia Natural o Jesús Yoldi de Química General, entre otros.

En Farmacia, siempre en una cierta competencia con Ciencias, son nombres destacados de esta época, Díez Tortosa de Botánica, García Vélez de Farmacia y especialmente José Dorrnsoro de Química Inorgánica y Carlos Rodríguez López Neyra de Mineralogía y Zoología.

Bajo este abanico humano y científico se acogían un pequeño número de alumnos que convertía las enseñanzas no solo en elitistas, sino en algunos casos en familiares.

¹ Para una visión de conjunto: GAY ARMENTEROS Y VIÑES MILLET, C.: *Historia de Granada*. Vol. IV. Granada, 1982 y especialmente VIÑES MILLET, C.: "La universidad de Granada en la época contemporánea", *Historia de la Universidad de Granada*, Granada, 1997, pp. 171-298

² JARA ANDREU, A.: "Sociedad y política. La etapa granadina de Fernando de los Ríos", *Fernando de los Ríos y su tiempo*, Granada, 2000, pp. 43-69

La Universidad tenía en estos momentos los alumnos que observamos en el cuadro adjunto³

<i>FACULTAD/ALUMNOS</i>	<i>OFICIALES</i>	<i>LIBRES</i>
MEDICINA	790	139
DERECHO	737	754
CIENCIAS	332	44
FARMACIA	308	55
FILOSOFIA Y LETRAS	203	292
TOTALES	2.370	1.284

Ante este número de alumnos cabría preguntarse ¿Y los medios materiales? Tan poco alumnado cabría fácilmente en cualquier sitio y no sería difícil solucionar sus clases o sus prácticas. Pero, como veremos, la situación material era lamentable.

EDIFICIOS Y LOCALES UNIVERSITARIOS

Estos alumnos y profesores se movían en espacios físicos muy reducidos, y a veces en mal estado de conservación.

La mayoría de las Facultades se situaban en torno al área urbana formada por la Plaza de la Universidad-San Jerónimo-San Juan de Dios y en su mayoría se situaban en los edificios ocupados a la Compañía de Jesús en el S. XVIII.

Así la Facultad de Derecho se encontraba, donde hoy, en la Plaza de la Universidad, pero compartía locales con Ciencias, Filosofía y Letras, los Servicios Generales, la Biblioteca y el Archivo. Hasta pocos años antes de esta época, también estuvo la Facultad de Farmacia y en la torre del edificio estuvo también el Observatorio Astronómico.

La Facultad de Farmacia había abandonado estos locales de la Plaza de la Universidad, donde ocupaba dos habitaciones del ángulo SO del primer patio, en 1921 para instalarse en el Palacio de Caicedo (hoy Conservatorio) tras las arduas gestiones de su Decano Dorronsoro y la colaboración de Natalio Rivas. Este palacio había acogido hasta 1912 al Instituto General y Técnico, hoy "Padre Suárez", que tras varios años en locales provisionales se instaló en 1918 en su sede actual de la Gran Vía⁴.

La Facultad de Medicina estaba situada junto al Hospital de San Juan de Dios, (dependiente de la Diputación) que utilizaba para las prácticas y allí permaneció hasta después de la guerra civil, cuando se inauguró el actual edificio, que había iniciado su construcción en 1933 bajo el Rectorado de Pareja Yébenes.

Así junto con Derecho, el viejo edificio jesuítico, hoy Facultad de Derecho, era utilizado por Ciencias, Filosofía y Letras y los servicios centrales de la Universidad.

La Facultad de Ciencias, ocupaba locales en el segundo patio del edificio. Sus perspectivas mejoraron con el traslado de la Diputación en 1933 a su emplazamiento del Palacio de Bibataubín, abandonando así el anejo edificio de la calle Duquesa que compartía con el Gobierno civil. Sin embargo, este continuó allí durante la guerra hasta que en los años cuarenta las gestiones combinadas de Gallego Burín y Marín Ocete permitieron su traslado a la Gran Vía, construyéndose en su lugar un edificio de nueva planta para Facultad de Ciencias

³ Elaboración propia sobre los datos de VIÑES MILLET, C.: *Ob. cit.* nota 1, pp. 216, nota 25.

⁴ MARÍN LÓPEZ, Rafael, "El Instituto "Padre Suárez" de Granada. Algunos datos para su Historia", *Actas del IX Congreso de Profesores Investigadores*, El Ejido (Almería), 1990

en donde permaneció hasta su traslado en los años 70 a su actual emplazamiento en el Campus de Fuentenueva.

La Facultad de Filosofía y Letras también permaneció en estos locales hasta que en 1950, siendo Rector Marín Ocete, se traslado al remozado Palacio de los Condes de Luque en la calle Puentezuelas, de donde se trasladaría en los años 70 a su actual emplazamiento en el Campus de Cartuja.

Este panorama introductorio, lamentablemente breve y conciso, nos da una idea exacta de la situación de locales universitarios en el momento en que la República va a ofrecer a la Universidad, una oportunidad única, la espléndida finca denominada "Cercado Alto de Cartuja" propiedad de la Compañía de Jesús y que le había sido incautada. De nuevo la Universidad de Granada parece relacionarse con esta orden religiosa a cuyas propiedades pretende volver y en las que más tarde se instalará en los años setenta volviendo así a ocupar terrenos que fueron y dejaron de ser de la Compañía de Jesús. Curiosa paradoja.

EL PROYECTO DE CIUDAD UNIVERSITARIA. LOS PRIMEROS PASOS

La disolución de la Compañía de Jesús y la incautación de sus bienes despertó en un amplio grupo de universitarios, tanto de izquierda como de centro, la ilusión de recibir sus propiedades para uso universitario. Recordemos aquí que la Constitución de la Republica en su artículo 26, párrafo 4º establecía la disolución de las ordenes religiosas que tuviesen, al margen de los votos canónicos, voto de especial obediencia a otra autoridad que no fuese la del Estado, cosa que ocurría con la Compañía de Jesús, en cuyo caso sus bienes expropiados se dedicarían a actividades científicas y docentes⁵

El inicio del proceso correspondió al rector Alejandro Otero, Catedrático de Obstetricia desde 1914, en principio desvinculado de gestión universitaria. Era un hombre de una original personalidad y muy dinámico. Activista político junto a su amigo Fernando de los Ríos participó en mítines y manifestaciones con un lenguaje incendiario que contrastaba, a los que le conocían, con su trato personal. Era, universitariamente hablando, un hombre ocupado de sus actividades clínicas y de sus negocios hospitalarios, no era hombre de gabinete, su dinamismo se lo impedía, y no había desempeñado, hasta este momento, cargo académico alguno⁶.

Tras la dimisión de Pareja Yébenes, obligada por su condición de Diputado, Otero se presenta a Rector, movido, tal vez, por el apoyo de su amigo y colega, político del PSOE, Femando de los Ríos, en ese momento Ministro de Instrucción Pública. Así es elegido en el Claustro de 21 de Noviembre de 1932, tomando posesión el 9 de Diciembre de ese año. Como Rector va a mantener de Vicerrector al que ya lo era con Pareja Yébenes, Marín Ocete, que si bien es ideológicamente diferente, es un hombre de centro (fue candidato del partido centrista en 1931) su espíritu profundamente universitario le llevará durante muchos años a servir a la Universidad en diferentes puestos. Pero al mismo tiempo Marín Ocete era, por su experiencia anterior, un gran conocedor de las interioridades de la Universidad, un hombre de gabinete, un gestor que continuara los inacabables trámites iniciados por Otero en este tema. El Claustro aprobará esta propuesta de Vicerrector⁷.

⁵ *Constitución de la II Republica Española*, Título III, Derechos y Deberes de los Españoles, Capitulo primero. Garantías individuales y políticas, artículo 26, párrafo 4º: *Quedan disueltas aquellas ordenes religiosas que estatutariamente impongan ademas de los tres votos canonicos, otro especial de obediencia a autoridad distinta de la legitima del Estado. Sus bienes serán nacionalizados y afectados a fines benéficos y docentes.*

⁶ FERNÁNDEZ CARVAJAL, JOSÉ, *Alejandro Otero, el médico y el político*, Barcelona 1981

⁷ Archivo de la Universidad de Granada. Libro de Actas Claustro, acta de 21-XI-1932

El primer objetivo de Otero es aprovechar sus buenas relaciones políticas en Madrid para la asignación de la finca jesuítica de Cartuja a la Universidad. Ya la Junta de Gobierno, en Enero de 1933⁸, estudia la propuesta de Otero de crear una Ciudad Universitaria que reuniera todas las Facultades, Residencias y Servicios Universitarios que una universidad moderna demandaba. Otero propone se solicite la adscripción de la finca denominada "Cercado Alto de Cartuja" a la Universidad para ese fin. La Junta le autoriza a ello y a firmar cuantos documentos y compromisos sean necesarios. No hay en este momento ninguna oposición a dicha cesión, ni al proyecto que todos comprendían positivo para la Universidad. Para toda esta cuestión se crea una junta para coordinar los trabajos, dicha junta estaba presidida por el Rector y junto al vicerrector, la integraban representantes de las diferentes facultades que en este momento eran los siguientes:

Facultad de Ciencias, Gonzalo Gallas Novas
Facultad de Derecho, José M^a Segura Soriano
Facultad de Farmacia, José García Vélez
Facultad de Filosofía y Letras, Antonio Gallego Burín
Facultad de Medicina, José Gay Prieto
Escuela Normal de Magisterio, Agustín Escribano Escribano

Así las cosas, recordemos que a la Compañía de Jesús se le había incautado esta finca junto con unos locales en la calle Gran Vía 26, para escuela Elemental de Trabajo⁹. El "Cercado alto de Cartuja" formaba una rica propiedad junto con otra denominada "Cercado bajo de Cartuja", situadas al N. de la ciudad, pertenecieron a las propiedades del Monasterio de La Cartuja hasta la desamortización del S. XIX. Cultivos de huerta, arboledas y sobre todo agua propia constituían su riqueza, así como un edificio amplio y grande, como colegio de la Compañía, realizado en el S. XIX en estilo neomudéjar. Esta finca fue adscrita en un primer momento al Ministerio de Instrucción Pública, pero este proyecto y las gestiones de Fernando de los Ríos lograron su adscripción a la Universidad de Granada¹⁰ para Facultades, residencias y campos deportivos. Comienza así un largo camino que finalizará en la nada, pues la sublevación de Franco y la guerra civil acabaran con todo, devolviéndose la finca a los jesuitas¹¹.

La Universidad deberá tomar posesión de la finca, en estado de semiabandono desde 1931¹², y hacerse cargo de ella según las normas del decreto de cesión o sea, respetando los derechos del Observatorio Astronómico, dependiente del Instituto Geográfico, sobre el que nos detendremos más adelante y los derechos de agua del cercano cuartel de infantería. Tras ello, la Universidad se encuentra con una gran finca que hay que cuidar y mantener. Así el 29 de Mayo de 1933 se debate la necesidad de su labranza y cuidado, en tanto se realizan otros proyectos¹³. Por lo pronto se acuerda atender los gastos más urgentes por administración propia, en espera de que la formalización de la cesión permitiera realizar el correspondiente contrato de arrendamiento. Sin embargo la finca empieza pronto a ser utilizada, así en Junio, se concede permiso al Catedrático de Farmacia, Serrano, para disponer de una parcela en la

⁸ Archivo Universidad de Granada. Libro de Actas de la Junta de Gobierno, acta 97

⁹ Orden de la Presidencia de la República de 23-II-1933 (Gaceta 25-III)

¹⁰ Orden de la Presidencia de la República de 27-III-1934 (Gaceta 29-III)

¹¹ Acta Notarial de 26-VIII-1938 de entrega a la Compañía de Jesús de los bienes incautados reflejando un saldo favorable a la Universidad de 71.921 Ptas.

¹² Acta Notarial de entrega a la Universidad de la Finca "Cercado Alto de Cartuja" ante el Notario D. Nicolás M^a López Fernández-Cabezas, archivo del autor

¹³ Archivo Universidad de Granada, Libro de Actas de la Junta de Gobierno, acta 101

finca para el cultivo de plantas medicinales y se le concede para ello una ayuda de 719 pesetas¹⁴.

Pero este primer proyecto iba tomando cuerpo. En Julio de 1933, el Rector. Otero, informa a la Junta de Gobierno de los estudios de los Arquitectos Torres Balbás y Prieto Moreno¹⁵ sobre la finca y de que por ellos se deduce la amplia capacidad de la misma para albergar las Facultades de Letras y Derecho y en un segundo momento la de Ciencias, última que trasmite a los citados arquitectos sus necesidades de nuevos locales¹⁶, así como un Colegio Mayor y sus correspondientes campos deportivos¹⁷. Por todo ello se autoriza el proyecto de adaptación del edificio del Colegio de Cartuja para dichas Facultades presentado por el Rector y que suponía un total de 935.807 pesetas. Surge aquí el problema básico, el de su financiación. El Rector presenta un plan que comprendía:

1º. - Utilizar, previo permiso, el capital que constituía el patrimonio universitario y que en ese momento era de 340.099'75 pesetas para destinarlo íntegramente a las obras.

2º. - Solicitar un préstamo a la Caja de Previsión, a 20 años, por un importe de 473.309'59 pesetas sobre la garantía del capital del Colegio de San Bartolomé y Santiago que era de 2.846.975 pesetas.

3º. - Solicitar al Ministerio de Instrucción Pública, para estas obras, la cantidad de 200.000 pesetas con lo que se completaba así el total necesario.

Este planteamiento financiero inició las discrepancias tanto en la Junta de Gobierno como en el Claustro y en especial las referentes a la hipoteca de los bienes del Colegio de Santiago que era, no lo olvidemos, de titularidad compartida con la Iglesia. El debate fue largo, intervinieron por una parte el propio Rector y por otra, el profesor Acosta Inglott que se opone el plan y en especial a la hipoteca de los bienes del Colegio, y se le une en su negativa el profesor Segura Soriano¹⁸. El Vicerrector Marín Ocete solicita que sea el Estado el que avale dicho crédito y no los bienes del Colegio. El profesor Gallego Burín considera legal la operación y que debe solicitarse el permiso para ella. Los profesores Acosta y Campos Pulido, repiten argumentos y se oponen tenazmente al proyecto. El Vicerrector, Marín Ocete, interviene de nuevo para señalar que el Estado se queda con los viejos edificios en los que se podría instalar un Instituto de segunda enseñanza, concretamente la Sección "Ganivet" del Instituto "Padre Suárez"¹⁹, lo que obliga aun más al Estado.

Sometido a votación el proyecto rectoral, venció claramente por 16 votos a favor y 4 en contra. El Rector tras la votación asume la propuesta de Marín Ocete y se compromete a realizar las gestiones para que el aval del crédito lo dé el Estado y no el Colegio de Santiago sobre la base de que el estado se quedaría con los edificios que dejara la Universidad y que también gestionará la cesión de uno de ellos para la sección "Ganivet" del Instituto "Padre Suárez".

Así comienza el camino este proyecto. El Rector inicia gestiones en Madrid y ya en el curso siguiente informa a la Junta de Gobierno²⁰. El informe es pesimista. El Ministerio

¹⁴ *Ibíd.*, acta 102

¹⁵ Cuestiones arquitectónicas y urbanísticas de interés en FERNANDEZ, ANA: "El Polígono Universitario de Cartuja", *Universidad y Ciudad. La Universidad en la Historia y la Cultura de Granada*, Granada, 1997, pp. 269-306

¹⁶ Libro de Actas de la Junta de la Facultad de Ciencias, p. 343, acta de 27 de enero de 1933

¹⁷ *Ibíd.* acta 103

¹⁸ *Ibíd.* Acta 103.

¹⁹ V. mi trabajo citado en nota 4

²⁰ Archivo Universidad de Granada, Libro de Actas de la Junta de Gobierno, acta 104

tiene graves dificultades económicas. El proyecto ha sido retocado, suprimiendo el Colegio Mayor e instalando en Cartuja la Facultad de Ciencias. Informa asimismo que queda en suspenso la petición de un crédito avalado por los bienes del Colegio de Santiago. Estos hechos significaban un duro golpe al proyecto de Otero, movido, tal vez, más por la ilusión política que por un conocimiento real de la situación. Al mismo tiempo sus enlaces en Madrid con Fernando de los Ríos cesan al dejar éste el Ministerio de Instrucción Pública. Todo ello, entre otras cuestiones en las que no entramos, le lleva a presentar la dimisión de Rector el 22 de Noviembre de 1933²¹ haciéndose cargo del Rectorado el Vicerrector Marín Ocete

El 13 de diciembre de 1933 es elegido, por el claustro, rector él hasta ahora vicerrector Antonio Marín Ocete que sigue realizando gestiones en pro del proyecto²².

Se acuerda el contrato de arrendamiento para el laboreo de la finca sin esperar a la nueva ley. El contrato minucioso y detallado acompaña inventario de edificaciones y plantaciones²³ y suponía por encima de otras consideraciones mantener vivo un patrimonio universitario que se degradaba al no poder atenderlo debidamente.

LA CUESTIÓN DEL OBSERVATORIO ASTRÓNOMICO

Tanto el decreto de cesión al ministerio de Instrucción Pública de la finca de Cartuja²⁴ como la posterior a la Universidad de Granada²⁵ para su uso dejan claro que el Observatorio Astronómico mantiene su adscripción al Instituto Geográfico Catastral y estadístico de España al que se le habrá de respetar el suministro de agua que tenía de las fuentes propias de la finca.

Sin embargo desde el primer momento de la cesión de la finca a la Universidad será la facultad de Ciencias la que mostrara, como veremos con el apoyo del rector Marín Ocete, interés por hacerse cargo del Observatorio tanto para docencia como para investigación.

La primera petición formal, al margen de gestiones particulares, la realizará el Catedrático de Física Teórica, Domingo Quilez que en la Junta de la Facultad de Ciencias de 5 de mayo de 1933 presenta una petición y solicita que a ella se una la Facultad para que se adscriba a la Facultad de Ciencias todos los servicios e instalaciones del Observatorio y Estación Sismológica para su uso docente e investigador en una futura especialidad de Geofísica. La junta apoya unánimemente esta petición y pide que se complemente oficialmente por el Decano y se trasmita a la superioridad²⁶.

Días después, el 26 de mayo, el decano, Gonzalo Gallas, presenta a la Junta de la Facultad de Ciencias un amplio informe²⁷. En el mismo tras hacer referencia a la cesión de la finca de Cartuja a la Universidad y a las funciones docentes que en la dicha cesión van implícitas para todos los organismos en ella existentes a las que nos hemos referido se detiene en cuestiones referentes al observatorio.

Sobre esta base expone que sería anticonstitucional adscribir el observatorio al Instituto Geográfico pues sus fines no son docentes sino técnicos aunque provisionalmente

²¹ *Ibid.* acta 105

²² Archivo Universidad Granada, Libro de Actas de Claustro, acta de 13-XII-1933

²³ Archivo Universidad de Granada leg. 1894

²⁴ Decreto de la Presidencia del Gobierno de la Republica de 23 de febrero de 1933, Gaceta de Madrid de 25 de febrero, p. 1.530

²⁵ Decreto de la Presidencia del Gobierno de la Republica de 27 de marzo de 1934, Gaceta de Madrid de 29 de marzo de 1934, p.

²⁶ Libro de Actas de la Junta de la Facultad de Ciencias, p. 359, acta de 5 de mayo de 1933

²⁷ Libro de Actas la Junta de la Facultad de Ciencias, pp. 363-366, acta de 26 de mayo de 1933

lo pueda controlar para no abandonar las observaciones pero nunca de una manera definitiva.

Señala a continuación que como el Servicio Meteorológico Nacional había pasado por decreto de 5 de enero de 1933 a depender de la Dirección General de Aeronáutica así como el correspondiente cuerpo de Meteorólogos con lo que para las observaciones no habrá personal en Cartuja y deberían ser llevadas las mismas por personal del Instituto Geográfico que no está preparado para ello. Tampoco, continúa, dispone el Observatorio de personal para las cuestiones y observaciones Astronómicas pues el personal que hay en España está adscrito al observatorio de la Marina en San Fernando o al Astronómico de Madrid.

En relación con la Sección Sismológica, la más importante del Observatorio, situada dentro del edificio residencia de la Compañía de Jesús objeto de la cesión a la Universidad, necesitaría ser sacado de dicho edificio y reinstalado en uno de nueva construcción junto al observatorio con los consiguientes gastos. Debería por tanto esta sección permanecer donde está y la Facultad de Ciencias que va a ocupar parte de dicho edificio se haría cargo de su gestión y funcionamiento.

No existe, dice, pues razón legal para que el Observatorio continúe adscrito al Instituto Geográfico una vez que abandone las manos privadas en las que está sino que debe ser adscrito a la Facultad de Ciencias con lo que la Universidad de Granada tendría uno de los centros sismológicos más importantes de Europa lo que unido al Observatorio de altura que se construye en Sierra Nevada la convertiría en una universidad privilegiada para los estudios científicos.

Este informe es presentado al Rector, Marín Ocete, que desde el primer momento lo apoyara y lo presentara en Madrid insistiendo ante los diferentes ministros e incluso ante la presidencia del Gobierno, de quien dependía la cesión, para que el observatorio pasara a la Universidad. En este sentido en mayo de 1935 nos consta que el citado rector insiste al subsecretario de Instrucción Pública recordándole cartas anteriores y peticiones hechas a la Presidencia del Gobierno e insistiéndole en la cuestión para que acelerara la publicación del decreto de cesión²⁸.

Como ocurrió con todo este proyecto los conflictos políticos fueron retrasando la solución y el alzamiento militar y la guerra civil dieron al traste con algo más que estas ilusiones universitarias.

LA EVOLUCIÓN DEL PROYECTO GENERAL HASTA LA GUERRA CIVIL

El cambio de equipo rectoral no significó el cambio de planes. Es evidente que se altera la forma, que se ambiciona algo más, pero la idea de la ciudad Universitaria permanece.

¿Y el proyecto en qué consiste?. Sabemos que se trataba de readaptar el amplio colegio jesuítico²⁹. Se ampliaría el mismo con dos naves o crujías perpendiculares al edificio en su lado norte. En la planta baja se situaría a la derecha e izquierda de su acceso principal pero con entradas independientes, las Facultades de Filosofía y Letras y Derecho. En el centro de esa planta baja, iría, con acceso por la entrada principal, el Rectorado y los servicios generales.

En la llamada planta principal o primera planta y en la segunda, también con acceso independiente, por las fachadas laterales y con unas amplias escaleras de acceso, se situarían las facultades de Ciencias y Farmacia.

²⁸ 27 de mayo de 1935, copia de Carta de Antonio Marín Ocete al Subsecretario de Instrucción Pública, Archivo del autor, leg. 1, p.4

²⁹ Sobre el proyecto véase el trabajo citado en nota 14

Incluía el proyecto la sustitución de la madera de las vigas por otras de hormigón y la de los suelos por solerías. Los espacios interiores sufrían readaptaciones con importantes obras de tabiquería. Se incluía también la construcción de 4 viviendas para empleados (2 Jefes y 2 Subalternos). No se tocaba la Capilla, ni la Biblioteca³⁰.

Las primeras ideas, todavía en proyecto de Otero, fueron hechas por Torres Balbas a propuesta de Marín Ocete y Gallego Burín. El cambio de ministro y la modificación del proyecto, unido a su delicada salud llevaron a Torres Balbás a retirarse del mismo sugiriendo se encargara totalmente del mismo Francisco Prieto Moreno³¹ que ya venía colaborando no solo con él, sino con la Universidad, en otras obras como las del Albergue Universitario de Sierra Nevada. Tras este gran plan, solo la Facultad de Medicina quedaría fuera de este recinto.

Lo primero que hace el nuevo Rector es consultar a las Facultades sus proyectos para los nuevos locales. Todas van exponiendo sus necesidades y su deseo de trasladarse a Cartuja³². Estamos a comienzos de 1935. Se insiste en la cuestión financiera para que no se endeude en exceso a la Universidad y se aprovechen todas las posibilidades legales, en especial la reciente ley del paro con la que la República intentaba frenar este enorme problema y dinamizar las obras públicas, cosa, que ya sabemos, no dio resultado.

En Abril de ese año el Rector se entrevista en Madrid con el Ministro Prieto Bances al que presenta 4 fórmulas económicas³³:

- A- Consignación de una vez del costo de la obra en los presupuestos generales del estado.
- B- Consignaciones anuales sucesivas en los presupuestos anuales del Estado.
- C- Cesión por el Estado a la Universidad de los actuales edificios y con su valor de venta solicitar un crédito y realizar la obra.
- D- Aval del Estado para una operación de crédito.

Estas ideas no tienen contestación, no obstante lo cual la Universidad sigue trabajando para ofrecer nuevas alternativas.

Así en Septiembre de 1935 la Junta de Gobierno aprueba el Plan Cartuja para ser enviado a Madrid y luchar por los recursos necesarios³⁴.

El plan aprobado es fundamentalmente un estudio económico minucioso y detallado y no va acompañada de proyecto arquitectónico, sino sólo descripción de la obra.

Dos diferencias destacan del primer proyecto, supone, como hemos apuntado, el traslado de toda la Universidad a Cartuja con excepción de la Facultad de Medicina; por otra parte la Universidad presenta una fórmula económica nueva, por la que al ceder los viejos edificios al Estado, este se ahorra los alquileres de otros locales públicos con los que pueden subvencionarse las obras de Cartuja. Veámoslo³⁵.

El proyecto asigna el viejo edificio de la Plaza de la Universidad a la Delegación de Hacienda y Catastro de Rústica. Sitúa éste en las actuales galerías superiores, el resto del edificio para Hacienda y sobre el Jardín Botánico la vivienda del Delegado. Era evidente así

³⁰ Informe de A. Marín Ocete para la Junta de Construcciones civiles, Archivo del autor, leg. 66

³¹ 23 de junio de 1935, carta de Torres Balbas a Marín Ocete renunciando a continuar con el proyecto de Cartuja y recomendando a Prieto Moreno para el mismo, Archivo del autor. leg. 1, p. 37

³² Archivo Universidad de Granada, Libro de Actas Junta de Gobierno, acta 119

³³ Papel mecanografiado y firmado por A. Marín Ocete sobre sus gestiones en Madrid sobre Cartuja, archivo del autor, leg. 66

³⁴ Archivo Universidad de Granada, Libro Actas Junta de Gobierno, acta 123

³⁵ 24, enero, 1936. Proyecto de Instalación en el edificio del antiguo Colegio de Cartuja de las Facultades de Ciencias, Filosofía y Letras, Derecho y Farmacia, y Servicios Generales de la Universidad, Archivo del autor, leg. 66

la mejora de este servicio que en este momento se hallaba en un local alquilado de la Gran Vía³⁶.

En el segundo patio del viejo edificio, ocupado en ese momento por la Facultad de Filosofía y Letras, se proyectaba la instalación de la Jefatura de Obras Públicas y la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Quedaban así estos dos servicios públicos instalados dignamente y próximos al poder político provincial, el Gobierno Civil, en la calle Duquesa.

En el edificio de la Facultad de Farmacia, que había sido Instituto, el Palacio de Caicedo, en la calle de San Jerónimo, se proyectaba la instalación de lo que en ese momento era la Sección "Ganivet" del hoy Instituto "Padre Suárez"³⁷ y en la primera planta, con acceso independiente por la calle Arriola, la Sección Administrativa de primera enseñanza³⁸.

Este plan necesitaba unos recursos que si hoy nos parecen ridículos, en este momento suponían una apreciable cantidad. Así se distribuían los mismos:

-Adaptación de Cartuja: 1.035.306,32

-Adaptación del viejo edificio de la Universidad para Delegación de Hacienda, Obras Públicas y Confederación Hidrográfica del Guadalquivir: 158.091,48

-Adaptación del edificio de la Facultad de Farmacia para sección "Ganivet" y Sección administrativa de 1ª Enseñanza: 20.955,88

Total presupuesto obras: 1.214.353,50

Para lograr los fondos necesarios la Universidad solicitaría un préstamo equivalente a la capitalización de los alquileres que venían abonando las oficinas citadas que eran de 51.974 pesetas al año y que el Estado abonaría a la Universidad. Dicho préstamo se vería aumentado con un 20% al acogerse a la Ley del Paro, que preveía estas bonificaciones para motivar a los empresarios a la realización de obras que emplearan abundante mano de obra. La Universidad insiste en su informe que al actuar como empresario, destina de este presupuesto mas de 600.000 pesetas a mano de obra ya que no hay gasto de adquisición de solares³⁹.

Así empieza una nueva lucha por el proyecto por parte de las autoridades académicas. La situación política del país no permitía abandonar las gestiones y ello obliga al Rector a una actividad enorme con el apoyo del Claustro. Mientras otros conflictos político-estudiantiles se desarrollan y enturbian la vida universitaria, pero que, aunque escapan al objeto de este trabajo, no conviene ignorarlos.

Para ir ganando tiempo el Rector sigue solicitando actuaciones en Cartuja y así solicita al Ministerio de Obras Públicas la construcción de una rampa de acceso a la finca mientras que Francisco Prieto Moreno es nombrado en Agosto de 1935 arquitecto de las obras.

El proyecto enviado a la Junta Nacional contra el paro⁴⁰ lleva al Rector a entrevistarse en Madrid con representantes del Instituto Nacional de Previsión y con la Empresa Catalana de Construcciones que no fructifican en nada concreto⁴¹.

³⁶ *Ibíd.* p. 2

³⁷ Entre ambos centros existía una fuerte tensión que el Rector intentaba solucionar con la creación de un Instituto-Escuela que gestionaba ante Madrid y al que pensaba adscribir la todavía escasa plantilla de la citada "Sección Ganivet". Vid. mi trabajo: "El Instituto-Escuela y su proyecto granadino", *Actas VI Congreso Profesores-Investigadores*, Montilla, 1987, pp. 339-348

³⁸ V. mi trabajo citado nota 4

³⁹ Proyecto de Instalación en el edificio del antiguo Colegio de Cartuja de las Facultades de Ciencias, Filosofía y Letras, Derecho y Farmacia, y Servicios Generales de la Universidad, Archivo del autor, leg. 66

⁴⁰ Junta creada en la Ley de Previsión contra el paro de 25-VI-1935

Paralelamente el Rector se pone en contacto con los diputados y representantes de los diferentes grupos políticos para que apoyen el plan Cartuja. Las respuestas son desiguales, la izquierda y el centro apoyaran el plan, la derecha católica, se negará a apoyarlo. Así Lamonedá y Fernando de Ríos (PSOE) apoyaran entusiásticamente un proyecto que ya antes promovieron⁴²; otros como el diputado por Granada, Rafael Montes y el de Jaén Genaro Navarro lo apoyan con menos entusiasmo⁴³, y otros, en fin, se oponen radicalmente por razones religiosas y de conciencia como es el caso de Moreno Dávila⁴⁴.

La Junta de Gobierno se reúne el 15 de Noviembre⁴⁵ y acepta el ofrecimiento de la Junta del Paro de 50 anualidades de alquileres de 51.975 Ptas. mas una prima de 242.870 para las obras de la Ciudad Universitaria de Cartuja y acuerda que cada Facultad vaya, de acuerdo con el arquitecto, realizando los presupuestos complementarios para otro crédito posterior incluido en el concepto de "obras pendientes de finalización".

Aún así quedan detalles por analizar y la Junta de Gobierno en su reunión de 12 de diciembre de 1935⁴⁶ acuerda nombrar una comisión formada por los Catedráticos García Valdecasas, Acosta Inglott y Nacher para realizar un informe sobre las condiciones citadas. Informe que se presenta a la Junta de Gobierno en el mismo mes de diciembre⁴⁷ y en él la Comisión considera aceptable el convenio ofrecido por la junta del paro, pero señala algunos reparos en el tema de los plazos de la obra. Según el convenio las obras deberían terminarse dentro del año 1936, plazo imposible, dado que los traslados encadenados que habría que hacer obligaba a terminar primero las nuevas construcciones para poder abandonar los viejos edificios, por ello el informe de la Universidad solicita una ampliación del plazo mas allá de 1937.

Pero las gestiones en Madrid se eternizan; los cambios de ministros obligan a repetir las negociaciones. También las tensiones en política local, ya conocidas, se complican y complican las propias gestiones sobre el tema. Los incidentes estudiantiles -cuyo análisis aquí no corresponde- se repiten y por todo ello, la gestión del Rector y de su equipo es sometida a un voto de censura en los comienzos de 1936, que aunque no triunfa⁴⁸, lleva a la dimisión del Rector y del Vicerrector en abril de 1936. Estamos ya en la cuesta final de la tragedia de la guerra en toda España.

El Rector accidental, García Valdecasas realizó varias gestiones y aclaraciones a Madrid sobre el proyecto, pero ya no es éste el que esta en crisis, es el propio país. El nuevo Rector interino Salvador Vila⁴⁹ aunque realizó diversas gestiones no aceleró el proyecto, imposible hacerlo en medio de este vendaval, sin embargo es curioso señalar como el Rector Vila comunica a la Junta Local del Paro el comienzo de las obras el 18 de Julio de 1936⁵⁰.

Nota final

⁴¹ Papel mecanografiado y firmado por A. Marín Ocete sobre sus gestiones en Madrid sobre Cartuja, archivo del autor, leg. 66

⁴² Carta de Ramón Lamonedá de 31-X-1935 a A. Marín Ocete prometiendo su apoyo y el de su partido (PSOE) al proyecto, archivo del autor, leg. 1, p. 39

⁴³ Cartas de ambos diputados de 6-XI-1935, prometiendo su apoyo, archivo del autor, leg. 1, pp. 43 y 44

⁴⁴ Carta de Moreno Dávila de 5-XI-1935, indicando su oposición al proyecto, archivo del autor, leg. 1, p. 36

⁴⁵ Archivo Universidad de Granada, Libro de Actas Junta de Gobierno, acta 125

⁴⁶ *Ibíd.* acta 127

⁴⁷ *Ibíd.* acta 128

⁴⁸ Archivo Universidad de Granada, Libro Actas de claustro, acta de 7-IV-1936

⁴⁹ Nombrado telegráficamente el 20 de abril de 1936, Archivo del autor, leg.1, p. 56

⁵⁰ La última Junta de Gobierno presidida por Vila es de 1 de Julio de 1936, tras ella Vila marchara a Salamanca

Lo primero que nos llama la atención de esta etapa de vida universitaria granadina es la pobreza y escasez de medios materiales para la enseñanza y la investigación, compensada, sin duda, por la ilusión y la categoría de las personas que ocupan algunas de sus Cátedras.

En segundo lugar, llama la atención la enorme complejidad burocrática que exigía un proyecto de esta envergadura, acentuada, sin duda, por la cada vez mayor complejidad política de la República desde el 31 al 36 y la interferencia de factores exógenos al mismo proyecto.

En tercer lugar, tal vez lo mas destacado, que por encima de la lucha política, la Universidad como tal asumió desde el principio el proyecto, al tomar conciencia de la enorme trascendencia del mismo y las discrepancias señaladas se refieren solo a las formas de financiación con las que lógicamente, muchos no estaban de acuerdo porque suponían un excesivo endeudamiento para la Universidad.

Por último, es curioso señalar aquí, la permanente relación con la Compañía de Jesús. La Universidad a la que, la citada orden, entrega en el S. XVIII sus edificios y su Biblioteca y en el S. XX, primero en esta etapa que estudiamos, intento fallido, tratara de quedarse con la finca de Cartuja, para finalmente en los años 70 adquirirla y finalmente establecer allí un "Campus", hoy en plena actividad, que ya se pretendió hacer como hemos visto en este trabajo.

Los sismógrafos del Observatorio de Cartuja

Josep Batlló Ortiz
Departament de Matemàtica Aplicada I. UPC

Dedicaremos este capítulo al análisis y estudio de los sismógrafos construidos en el observatorio de Cartuja. Sismógrafos plenamente españoles como le gustaba remarcar insistentemente al principal diseñador de los mismos, Manuel María Sánchez-Navarro Neumann, director que fue de este observatorio desde 1906 a 1932. Y afirmación, además, plenamente acertada porque, bajo su dirección, este observatorio desarrolló una línea de estudio y construcción que dio frutos plenamente originales. Esto le permitió ser considerado en su tiempo como uno de los principales observatorios europeos y, en una época en que la sismología era una ciencia principalmente observacional, con un desarrollo teórico-matemático que, en muchos temas, no había pasado más allá del empirismo, como uno de los centros importantes en la investigación sismológica mundial.

Desafortunadamente, la difusión de la obra realizada en aquella época no fue muy importante, por lo menos, en Europa; aún que, por otra parte, su influencia en Sudamérica si fue remarcable, como veremos. Así, será bueno que en ocasión de este centenario dediquemos unas páginas al análisis detenido de lo que fue la instrumentación sismológica del observatorio de Cartuja y a un juicio de sus cualidades y defectos. Pero antes de pasar a la descripción de los aparatos introduzcamos, aunque solo sea someramente, unas ideas sobre los diferentes tipos de sismógrafos existentes en aquella época y sus pautas de construcción que nos permitirán una mejor comprensión de sus características.

1. Catalogación y descripción de los sismógrafos utilizados en el Observatorio de Cartuja según su diseño y construcción.

En un trabajo anterior y reciente (Batlló and Bormann, 2000) realizamos un esfuerzo para la catalogación y, al mismo tiempo, establecimiento de criterios de clasificación de los sismógrafos que se habían utilizado en los observatorios españoles hasta, aproximadamente, el año geofísico internacional de 1957-58.

Resumiremos en este apartado las conclusiones obtenidas de forma que nos permita llevar a cabo un análisis de los instrumentos utilizados en el Observatorio de Cartuja, hasta los años ochenta, a través de los criterios de diseño y construcción que se utilizaron para su realización.

2. Partes de un sismógrafo

Muy sucintamente, y siguiendo un esquema muy clásico, en un sismógrafo podemos distinguir tres partes principales: sensor, amplificador e inscriptor. El sensor, también llamado sismómetro o geófono, es el elemento que detecta el movimiento del suelo y lo convierte en una señal que podamos registrar de forma conveniente¹. La parte amplificadora es, como su nombre indica, la que amplifica la señal registrada por el sensor debido a que ésta es, por lo general, de magnitud demasiado pequeña para su observación directa. Finalmente, la parte inscriptora, que nos permite obtener algún tipo de gráfica del registro obtenido por el sensor, es decir, el sismograma. En esta última parte se incluye también algún sistema, generalmente llamado cronógrafo, que nos permita la introducción de una referencia temporal en la gráfica y, por consiguiente, podamos conocer a que hora se ha registrado las diversas fase y ondas que componen un registro. Debemos apuntar que, en muchos casos, es preferible tratar conjuntamente la parte amplificadora y la inscriptora, porque físicamente forman un único elemento.

Respecto al sensor diremos que en los sismógrafos clásicos, que abarcan el período comprendido desde finales del siglo XIX hasta el advenimiento de los sismógrafos de banda ancha, no hace muchos años, se basaba, de forma casi exclusiva, en el principio pendular o, físicamente, en un sistema lineal de un grado de libertad con una fuerza recuperadora. Dicho de otro modo, en el movimiento de diversos tipos de péndulos, ya que estos son el ejemplo más clásico de este tipo de sistemas. Recordemos que un péndulo sometido a una fuerza externa (que en nuestro caso vendría dado por la acción de la aceleración del suelo sobre el mismo), y debido a que no se halla firmemente sujeto al marco en donde actúa la fuerza, sino que su unión permite una cierta holgura, traza un movimiento diferencial respecto al movimiento del marco. Este movimiento diferencial, debidamente ampliado y tratado será nuestro sismograma que, dependiendo de las condiciones particulares del sistema, reflejará más o menos fielmente el movimiento del suelo. En ciertos casos es posible recuperar exactamente la forma del movimiento del suelo a partir del movimiento diferencial efectuado por el péndulo.²

3. Catalogación de los sismógrafos

Como ya hemos dicho, la separación de las partes amplificadoras e inscriptoras de los sismógrafos resulta harto difícil en bastantes casos. Por lo tanto, no seguiremos exactamente el esquema anterior, aunque nos referiremos a él siempre que se haga necesario en las descripciones concretas de los instrumentos, y hemos centrado nuestro esquema de clasificación en los sensores (o transductores) y en el tipo de registro. Consideramos que este esquema permite una mejor comprensión del modo de construcción y características principales de los aparatos y, también, una clasificación

¹ En ciencias físicas llamamos, de forma general, transductor al sistema o instrumento que nos permite convertir una magnitud (que en nuestro caso será el movimiento del suelo) en otra que, por lo general, nos resultará más fácilmente medible.

² Para un tratamiento matemático del problema véase, p. e., Thomson (1981)

más sencilla. Respecto a los sensores hemos introducido dos clasificaciones diferentes: una, según el tipo de oscilador (péndulo) empleado y, otra, según se trate de sismógrafos mecánicos o magneto-ópticos. Respecto al tipo de registro, hemos diferenciado si este se realiza sobre papel ahumado, fotográfico, o en tinta sobre papel convencional, que eran los comunes en la época. Discutiremos estos criterios en los siguientes apartados.

Los resultados obtenidos con la aplicación de los anteriores criterios se presentan, de forma sintética, en la tabla 1. En ella se enumeran todos los sismógrafos que funcionaron en la estación de Cartuja, que describiremos en los apartados siguientes, y sus características principales. La información se estructura en columnas. En la primera columna (instrumento) se consigna el nombre convencional del sismógrafo de que se trata. La segunda columna indica la (o las) componente del movimiento del suelo registrada. La palabra horizontal se corresponde con instrumentos que registraban ambas componentes horizontales con la misma plumilla. La tercera columna (Periodo) se refiere a los años en que el instrumento estuvo en activo. Se encuentra en blanco en unos pocos casos en los que no se sabe con certeza si llegó a funcionar o en que periodos lo hizo. La cuarta columna (Tipo) se subdivide en tres, la primera de ellas da información sobre el tipo de sensor utilizado para el sismógrafo (electromagnético –E- o mecánico –M-), la segunda a su principio constructivo, o estructura mecánica, identificado por un número, como se explica en los apartados siguientes y la tercera al tipo de registro utilizado (A- papel ahumado, F- papel fotográfico, T- tinta sobre papel). Finalmente, la quinta columna (Masa) consigna la masa del instrumento.

Veamos a continuación, con más detalle, las tres categorías de clasificación de los instrumentos establecidas.

Por el tipo de transductor

El tipo de transductor empleado en la construcción de los sismógrafos es, quizás, el criterio más simple de clasificación que podemos adoptar. Clásicamente, solo distinguimos dos tipos diferentes, los transductores mecánicos, que convierten el movimiento del suelo en otro movimiento registrable mediante procedimientos totalmente mecánicos, y se utilizan en los llamados sismógrafos mecánicos, y los transductores electromagnéticos, que convierten el movimiento del suelo en una corriente eléctrica que registramos por medio de galvanómetros y procedimientos ópticos (hay otras posibilidades de registro; pero en España solo se utilizó esta). Los sismógrafos construidos según este último procedimiento recibían el nombre de magneto-ópticos, por combinarse en su funcionamiento ambas ramas de la física.

El entretenimiento mucho más costoso y delicado de los sensores electromagnéticos hizo que en España se utilizaran muy pocos. Antes de la guerra civil solo las estaciones de Toledo y Granada se permitieron el uso de estos aparatos (y en Toledo no funcionaron nunca con regularidad). Después de la guerra civil siguió su lenta expansión y a partir de los últimos años cincuenta, con la entrada en servicio de los sismógrafos Hiller-Stuttgart y otros, el registro electromagnético se generaliza y pasa a ser mayoritario en España. Estos instrumentos se encuentran marcados con una (E) en la columna tipo de la tabla 1.

Los restantes sensores utilizados en las estaciones españolas pertenecen al tipo mecánico, siendo los mecanismos de amplificación también de tipo totalmente mecánico para la gran mayoría, utilizando registros de tinta o en papel ahumado, aunque algunos utilizaban procedimientos ópticos y papel fotográfico como veremos en el siguiente apartado. Se encuentran marcados con una (M) en la columna “tipo” de la tabla 1.

Por su estructura mecánica

Ya hemos apuntado, y no vamos a extendernos aquí en ello, que los transductores de los antiguos sismógrafos se basaban indefectiblemente en el principio pendular. Es decir, la capacidad de detección del movimiento del suelo se basa en la medida de los movimientos diferenciales entre una masa, que actúa de péndulo de un oscilador armónico forzado, y su soporte. Las características físicas de un instrumento de este tipo quedan unívocamente determinadas, en el caso de los instrumentos mecánicos, por tres parámetros que son el periodo propio del instrumento, su amortiguamiento y su amplificación estática. En el caso de los instrumentos con sensores electromagnéticos necesitaremos el periodo propio y amortiguamiento del sensor y del galvanómetro de registro, la amplificación máxima, y la constante de acoplamiento entre sensor y galvanómetro.³

Criterios técnicos como el tipo de movimiento a registrar (horizontal o vertical), las frecuencias de interés, etc., y otros externos como las disponibilidades económicas y de personal de los observatorios, o ideas en boga en cada momento, fijan la elección del tipo de instrumento a utilizar y del tipo de oscilador armónico inherentemente a él ligado.

Siguiendo de cerca los criterios establecidos en la antigua tradición (por ejemplo: los trabajos del director de Cartuja, Sánchez-Navarro (1919a; 1920), o de A. Sieberg, 1923) y en los criterios de catalogación de sismógrafos establecidos por la antigua Asociación Internacional de Sismología (Rothé, 1940) y frustrados por la guerra mundial, hemos distinguido, según sus criterios constructivos, hasta nueve tipos diferentes de aparatos que han prestado servicio en España (hay más tipos; pero no se han encontrado ejemplos de ellos en España, por lo que los hemos ignorado). El resultado de este estudio, que a continuación describimos, puede resumirse gráficamente en la figura 1. Cada una de las nueve viñetas que la componen se refiere a un dibujo esquemático de los tipos siguientes:

1. *Péndulos cónicos*. También llamados bifilares u horizontales. Es el tipo de péndulo más utilizado en España. Se trata de un péndulo que oscila en un plano cuasihorizontal sostenido por dos puntos (llamados también suspensiones), que determinan su eje de oscilación, cuasivertical. La fuerza recuperadora se obtiene inclinando ligeramente el eje de rotación o colocando el centro de masas en un plano ligeramente inferior al punto de soporte inferior. Los péndulos bifilares de Cartuja, de los que hablaremos largo y tendido durante el capítulo, eran de este tipo.

³ La demostración de estos resultados la encontraremos en cualquier libro de introducción a la sismología (p. e., Udías y Mezcua, 1986; o Bullen and Bolt, 1985).

2. *Péndulos rígidos*. Se basan en el mismo principio que los péndulos cónicos; pero su estructura es totalmente rígida. Tuvieron una cierta popularidad en los principios de la sismometría en España; pero los puntos de suspensión de este tipo de aparatos sufren mucho desgaste haciendo que pierdan pronto sus características y prestaciones de diseño, y con ellas su popularidad. En España encontramos este diseño en los péndulos horizontales Ewing de San Fernando, en los Stiattesi de Cartuja, ambos con registro en papel ahumado, y en los Rebeur-Ehlerst de Toledo, con registro óptico. En los años treinta encontramos (con una nueva solución para los puntos de suspensión que evita su desgaste prematuro) los sismógrafos Canisio de Cartuja y los Alfani horizontales de San Fernando. Ya al final del periodo considerado en el presente trabajo, se produce una generalización del uso de aparatos de este tipo, ya que los Hiller-Stuttgart y los Sprengnether de periodo medio son aparatos de este tipo.
3. *Péndulo Zöllner*. La fuerza recuperadora se consigue como en los péndulos anteriores; pero la suspensión de la masa presenta una estructura diferente como puede apreciarse en el dibujo. No era un tipo muy frecuente de sismógrafo; pero se hizo popular y digno de una plaza fija en los libros de la época por ser el sistema empleado por los Galitzin horizontales. En España encontramos este principio constructivo solamente en los mismos Galitzin de Toledo y en el Javier de Cartuja.
4. *Péndulo vertical*. Es, evidentemente, el principio constructivo más simple para un sismógrafo que registre el movimiento horizontal del suelo (aunque tiene limitaciones insalvables en cuanto a su periodo propio, que viene determinado exclusivamente por la longitud de la plomada). Por este motivo fue un tipo de sismógrafo muy popular. El microsismógrafo Vicentini (presente en siete estaciones sísmicas españolas) fue el instrumento más generalizado de esta familia de sismógrafos. También los péndulos verticales Cartuja eran, como veremos, de este tipo.
5. *Péndulo de torsión*. Se utiliza para el registro de las componentes horizontales y la fuerza recuperadora se obtiene de la torsión del hilo que sostiene la masa. El modelo paradigmático de este instrumento es el sismógrafo Wood-Anderson. Existe una referencia a la construcción de un sismógrafo de este tipo en el observatorio de Cartuja (Due, 1953); pero no se ha podido confirmar ni su presencia ni la existencia de algún registro del mismo.
6. *Péndulo invertido*. También existe un instrumento paradigmático para este tipo de construcción que es el sismógrafo Wiechert astático (Wiechert, 1904) y que en España lo encontramos todavía en uso en Toledo. Cartuja ofreció una versión muy personal de este instrumento en su Berchmans y el Instituto Geográfico y Catastral ofreció una versión nacional muy sobresaliente en el Wiechert-Toledo. Sirve este aparato para el registro de los desplazamientos horizontales del suelo y su fuerza recuperadora reside en los muelles que impiden que su masa, situada por encima del punto de suspensión, vuelque.
7. *Péndulo de barra flexible*. Sirve para el registro de los movimientos verticales (u horizontales, aunque en España nunca se utilizó en los sismógrafos de Observatorios) y su fuerza recuperadora reside en la flexión de la barra que sostiene la masa. Solo se utilizó en los péndulos Vicentini verticales muy extendidos, por

otra parte, en España ya que funcionaron en siete observatorios. En Cartuja se utilizó esta solución para alguno de sus tromómetros.

8. *Péndulo cenital translacional*. Sirve para el registro de la componente vertical del movimiento del suelo. Su fuerza recuperadora reside en su muelle y está diseñado para moverse únicamente en un eje estrictamente vertical. El único sismógrafo adquirido en España de este tipo y en épocas tempranas es el Wiechert vertical de Toledo. A modo de anécdota, y adelantándonos a la narración, comentaremos que es el único tipo de sismógrafo del que no tenemos noticia que el Observatorio de Cartuja construyese o reformase.
9. *Péndulo cenital rotacional*. Es un modelo muy parecido al anterior pero la masa no se mueve verticalmente sino que gira alrededor de un punto de apoyo. Sus ventajas respecto al tipo anterior residen en que se hace mucho más fácil controlar el plano de oscilación de la masa y variar su período propio. Encontramos ejemplos en España en los Wiechert verticales de Alicante y Málaga, en el Mainka vertical de Almería, en el Belarmino de Cartuja y el Galitzin vertical de Toledo y, finalmente, en el sismógrafo vertical Ewing y fotosismógrafo Alfani vertical de San Fernando. Ya en la última hornada de sismógrafos llegados a España durante el período de nuestro interés, encontramos que tanto los Hiller-Stuttgart como los Sprengnether verticales utilizaban este principio.

Por el tipo de registro

Si clasificamos los sismógrafos españoles por el tipo de soporte en que se inscribía el sismograma, nos encontramos con tres únicos tipos de registro. El registro sobre banda de papel ahumado, preferido y utilizado en la gran mayoría de instrumentos mecánicos instalados, tanto por su alta resolución como por su relativa comodidad de uso, aunque era un poco sucio (indicado con una A en la tabla 1). El registro con tinta sobre banda de papel blanco, utilizado por muy pocos aparatos en España (solo el microsismométrógrafo Agamennone del observatorio Fabra y el pequeño péndulo vertical de 86 kg de Cartuja), aparte de los instrumentos de sismología aplicada, y que indicaremos con una T en la tabla 1. Y, finalmente, el registro sobre banda de papel fotográfico, utilizado por todos los sismógrafos electromagnéticos y por algunos de los mecánicos (ninguno de ellos en el Observatorio de Cartuja), indicado por una F en la misma tabla.

4. La dedicación a la sismología del Observatorio de Cartuja

En los capítulos previos de este libro ya se ha narrado los orígenes del Observatorio y las causas que motivaron su creación. El caso es que su originario nombre, “Observatorio Astronómico, Geodinámico y Meteorológico de Granada” expone a las claras que uno de sus objetivos fundacionales era el estudio de los movimientos de la corteza terrestre o geodinámica.

El motivo concreto de esta dedicación no parece residir, ciertamente, en que sí los jesuitas

“no sienten muy segura bajo sus pies la tierra que pisan, y sobre sus cabezas ven que se arremolinan los vientos y amenazan violentas tempestades, nada tiene de extraño que alcen sus miradas al cielo, para ver si con poderosos telescopios alcanzan a descubrir por esos mundos de Dios otro planeta que para ellos tenga condiciones de habitabilidad más aceptables que el nuestro”

como afirmaba su primer director, J. Granero (1902a), contestando a los detractores de la fundación de un Observatorio por parte de la Compañía de Jesús, un tanto belicosamente y con evidente sorna. Más en serio, nos decía en el mismo artículo que

“a los estudios geodinámicos da aquí especial interés la vecindad de las colinas, que en años pasados parecieron ser centros de los terremotos que tanto afligieron a estas comarcas; y para la instalación de los aparatos seismográficos, ofrece notable ventaja la condición del terreno, que nos facilita el establecerlos sobre viva roca.”

Este interés, que parece importante en palabras del primer director, resulta matizado por la posterior afirmación de Sánchez-Navarro (1915) de que Granero, aconsejado por el célebre sismólogo Guido Alfani “montó en él, y más que con otro carácter a título de ensayo, cuatro potentes sismógrafos”. Y todavía cae en un plano más bajo cuando otro de sus directores, A. Due, escribe una nota para la Revista de Geofísica (Due, 1958) en el cincuentenario de la estación sismológica de Cartuja considerando este periodo el que va desde 1908 a 1957, es decir, desde que la estación fue separada orgánicamente del resto del observatorio y afirma que, aunque el observatorio se fundó en 1902 “puede decirse con verdad que hasta seis años más tarde no existió la Estación sismológica de Cartuja”.

Respecto a la primera afirmación, cabe decir que la instalación de “sismógrafos potentes”, como dice su autor, denota, en todo caso, un “ensayo” de importancia y con largas miras. Asimismo, debemos recordar que en aquel tiempo la sismología instrumental se hallaba todavía en un estadio de definición todavía precario y, en este sentido, todos los observatorios se hallaban en la misma fase “experimental”. Finalmente, y como veremos más adelante, desde el momento de su fundación fue, casi sin interrupción, la estación con la instrumentación más completa de España y la segunda en toda la península en disponer de registro continuo, solo precedida por el observatorio de la Marina en San Fernando (Cádiz) en 1898. Respecto a la afirmación de Due, sin dejar de ser cierta, como veremos, no deja de parecernos simplemente desafortunada. Por lo tanto, y desde nuestra óptica, no deja de sorprendernos un tanto, a pesar de todos los defectos que pudiera presentar una instalación pionera como era esta en España, la tendencia al demérito de esta primera instalación de registro sísmico del observatorio de Granada por parte de sus directores posteriores.

El resultado cierto es que la sección geodinámica del Observatorio de Granada, luego estación sismológica de Cartuja, resultó, a la postre, la que realizaría la que consideramos principal contribución científica de aquella institución, que trasciende el

ámbito peninsular, y la que, asimismo, se ha perpetuado hasta nuestros días bajo el nombre actual de “Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de desastres sísmicos”.

Así, el Observatorio de Cartuja ha sido, en una rápida valoración histórica, un observatorio principalmente sismológico y, dentro de este campo, una de sus más importantes contribuciones reside en sus aportaciones a la instrumentación sísmica, tanto española como mundial.

Dedicaremos lo que queda de este capítulo a un análisis detallado de la instrumentación sismológica que se utilizó en el Observatorio de Cartuja, desde su creación hasta su integración en la Universidad de Granada.

5. Antecedentes del registro sísmico en Andalucía. Contexto histórico científico.

La creación de la sección geodinámica del Observatorio de Cartuja no responde a un hecho más o menos casual y debemos enmarcarla en el contexto de su época. Varias fueron las causas que condujeron a esta decisión. Retrocedamos primeramente al día 25 de diciembre de 1884. En esa aciaga fecha un terremoto de gran intensidad asoló el sudeste español, principalmente las provincias de Málaga y Granada (para un estudio reciente del mismo véase, p. e. López Arroyo *et al.*, 1980). Nunca más desde ese momento ha ocurrido en la península Ibérica un terremoto tan catastrófico y de tales proporciones. Posteriormente, solo se ha visto superado en magnitud (que no en efectos) por el terremoto profundo de 1954, también con epicentro en la provincia de Granada.⁴ Además, aquel terremoto generó un grandísimo interés científico en toda la Europa de su tiempo, y diversos países organizaron, de inmediato, comisiones especiales para su estudio que nos dejaron sus respectivos informes (Fernández de Castro *et al.*, 1885; Tarramelli i Mercalli, 1885; Fouque, 1886).

Independientemente, se genera en esta época, último cuarto del siglo XIX, un renovado interés mundial por el estudio de los terremotos, coincidente, por una parte, con la generalización de experimentos exitosos para su registro, lo que permite por primera vez el estudio más o menos directo del registro del movimiento del suelo durante los mismos. Por otra, coincide con el pleno desarrollo de la geología como ciencia moderna, con la realización de estudios tectónicos que aportan nueva luz sobre la dinámica de la tierra sólida, o geodinámica.

Centrándonos en la ciencia española del momento cabe decir que se hallaba, en este tema, grandemente influenciada por los estudios desarrollados en Italia al respecto (véase Ferrari, 1990 y 1994). En concreto, podemos citar el impacto que la obra de Rossi “la meteorología endógena” causó en aquel entonces (de Rossi, 1876; 1882). Todavía hoy encontramos muchas copias de esta obra en bibliotecas españolas y es citada infinidad de veces en los escritos de la época.

Por otra parte, no hemos encontrado hasta el momento, y en la época inmediatamente anterior al terremoto de 1884, ningún rastro correspondiente a la existencia de algún instrumento de registro sísmico instalado en la España peninsular,

⁴ Existe un magnífico estudio de este terremoto realizado por Chung and Kanamori (1976).

aunque la misma no es totalmente descartable. Solo unos meses antes de la ocurrencia del destructor terremoto de Andalucía, Daniel de Cortázar, ingeniero de Minas y miembro de la Comisión del Mapa Geológico, en su discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias de Madrid (de Cortázar, 1884), clamaba por el despliegue en España de una red de observatorios geodinámicos, a semejanza de los existentes en Italia⁵ y, por la misma época, el observatorio de Manila, regido por la compañía de Jesús, entonces en la colonia español de las Islas Filipinas, ya disponía de registro sísmico instrumental (este empezó, por lo menos, en una fecha tan temprana como 1867), había obtenido un resonante éxito con su estudio de los terremotos acontecidos en Manila durante el verano de 1880 (Batlló, 2002), y también había propuesto la creación de una red de estaciones sísmicas en Filipinas. Por lo tanto, no resulta desencaminado pensar que la situación estaba ya madura en España para la existencia de estaciones sísmicas, o geodinámicas como, siguiendo las corrientes italianas, se llamaban en la época.

Volviendo a la argumentación anterior, queda claro, como no podía ser de otra manera, el revulsivo que supuso el terremoto de Andalucía de 1884 para los estudios sismológicos. En lo que concierne al registro instrumental, detectamos la presencia de instrumentos construidos con medios “de fortuna” inmediatamente después de la ocurrencia del mismo. Con toda seguridad, hallamos uno en el puerto de Málaga, instalado por el ingeniero director de las obras del mismo, Mario Jona y cuya descripción podemos encontrar en López Arroyo *et al.* (1980). También Rodríguez de la Torre (1999) ha detectado la posible presencia de otros instrumentos de este tipo en Granada y Armilla. Con estos rudimentarios instrumentos se registraron algunas de las réplicas del terremoto principal y, por primera vez en España, algunas que no fueron percibidas por la población; es decir, los primeros terremotos registrados únicamente de forma instrumental en la península.

Pasada la profunda impresión causada por el terremoto, parece que los ánimos se enfriaron bastante y no apreciamos un gran desarrollo de la instrumentación sísmica en España. Seguramente esto se debe, si no totalmente, por lo menos en parte, a la “calma sísmica” que sucedió al terremoto de Andalucía, ya que no encontramos ningún terremoto realmente digno de mención en la península hasta el siglo XX. Sin embargo, se dieron algunos pasos y ya en 1887 el Observatorio de la Marina en San Fernando adquirió algunos aparatos sencillos en Inglaterra (González, 1995; Rodríguez de la Torre, 1999) y, poco después, el observatorio Astronómico de Madrid, entonces a cargo de las observaciones meteorológicas en España, instaló algunos sismoscopios en el mismo observatorio y en el Instituto de Málaga (Marcolain, 1888; Merino, 1905).

Todos estos instrumentos eran del tipo sismoscopio⁶ salvo el sismógrafo Ewing del Observatorio de San Fernando, y no tenemos, por otra parte, constancia de ningún registro de este último. Ya en 1898 el mismo Observatorio de San Fernando instaló en sus dependencias un sismógrafo, del tipo llamado Milne, de registro continuo, integrado en la red mundial desplegada por la British Association for the Advancement of Science

⁵ También podemos ver en este discurso hasta donde había calado en el autor, que luego formaría parte de la comisión española encargada del estudio del terremoto de Andalucía, las ideas propugnadas por de Rossi en su “Meteorología Endógena”. Asimismo, en la respuesta a este discurso, dada precisamente por Fernández de Castro, que sería presidente de la misma comisión, podemos apreciar como este último estaba al corriente de los contenidos de los últimos tratados de geología del momento.

⁶ Es decir, instrumentos que dejaban constancia de la ocurrencia de un terremoto; pero que de ninguna manera nos proporcionaban ningún registro del movimiento del suelo durante el mismo.

bajo la dirección del mismo John Milne (Prían, 1992). Fue el primer aparato de registro continuo instalado en la península del que tenemos constancia y el boletín de “observaciones sísmicas” publicado por el mismo observatorio a partir del mismo año es el primer boletín de este tipo en España.

Como último antecedente del observatorio de Cartuja mencionaremos que la propia Compañía de Jesús y, en concreto, los jesuitas españoles no eran unos recién llegados al campo de la geofísica y de los observatorios geofísicos en particular. Las experiencias anteriores no se habían realizado en la España peninsular sino en sus colonias, como ha estudiado Roca (1992). En 1865 los jesuitas de la misión de Filipinas fundaban el Observatorio meteorológico de Manila que, como ya hemos comentado, acumulaba una larga experiencia en el campo sismológico (Saderra Masó, 1895; 1915). También, por la misma época, la Compañía de Jesús fundaba un observatorio meteorológico en el colegio de Belén, en la Habana (Gutiérrez-Lanza, 1904) que, si bien no se dedicó a la sismología hasta entrado el siglo XX (Gutiérrez-Lanza, 1914), acumulaba una gran experiencia en el tratamiento de temas geofísicos.

Continuando con la situación de la sismología en la península, desde el inicio del registro sísmico en San Fernando no tenemos noticia de ningún nuevo observatorio sísmico en España hasta 1902, en que se funda el observatorio de Cartuja, objeto de nuestro interés, con su sección geodinámica. Ya en el momento de su fundación, los instrumentos instalados aquí ofrecían unas prestaciones claramente superiores a las capacidades de los instrumentos existentes en San Fernando, con lo cual se ponía a la cabeza del registro sísmico instrumental en la península. Posteriormente, en 1904, se funda en España un nuevo observatorio que dispone de una sección sísmica. Se trata del Observatorio del Ebro (Cirera, 1906), también bajo la dirección de la compañía de Jesús y con una instrumentación original que ofrece, en aquel momento, unas prestaciones ligeramente superiores a las de Cartuja. No dudamos, por otra parte, que en la instalación de sus aparatos sísmicos jugó un papel importante la experiencia ya acumulada por el propio Observatorio de Cartuja en sus primeros años de funcionamiento.

Cabe citar aquí que este es también el momento en que se instala el primer sismógrafo en el territorio continental de Portugal. Se trata de otro de los instrumentos de la red de Milne instalado en la universidad de Coimbra (1904).

En 1906 un nuevo observatorio se añade a la lista de los ya existentes en España, se trata de la sección sísmica del observatorio Fabra, de Barcelona. En este caso, la instrumentación es comparable, a duras penas, con la de Cartuja. Y a partir de 1909 nos encontramos con la instalación de las estaciones de la red sísmica del estado, empezando por Toledo (cuya historia y evolución podemos seguir en la obra de Payo y Gómez Menor, 1998); pero dejaremos aquí esta relación puesto que no es nuestro objetivo presente el relatar la historia y evolución del registro sísmico en España y además, como veremos, en ese momento ya había comenzado un proceso de evolución de la instrumentación sísmica del Observatorio de Cartuja. El lector interesado podrá encontrar más datos sobre la historia y evolución de las estaciones sísmicas en España en, p. e., López Arroyo *et al.* (1990), Batlló and Bormann (2000) o Mezcua and Batlló (2003).

6. Los primeros sismógrafos

Una vez decidida la instalación de una sección geodinámica, quedaba todavía la elección de unos aparatos adecuados a los objetivos planteados. Ya hemos dicho anteriormente que los albores del siglo XX fueron una época de definición de la instrumentación sismológica. En ese momento, y aunque los objetivos se estaban clarificando ya rápidamente, todavía se presentaban algunas dudas sobre qué parámetros había que medir (desplazamientos, rotaciones, etc.) y de qué forma. Esto generaba la existencia de una variada panoplia de aparatos de registro sísmico basados en muy diferentes principios.

De una forma muy esquemática, a modo de resumen del estado de la evolución de la instrumentación sísmica de la época, podemos definir tres corrientes principales en su diseño y construcción: la *italiana*, con una tradición acumulada ya próxima a los cien años (véase, p. e., Ferrari, 1992a y Ferrari, 1994); muy interesada en el registro de los terremotos locales y regionales, con una gran tradición experimental en el registro del movimiento del suelo; pero con unas bases teóricas físico-matemáticas más bien pobres o, por lo menos, no desarrolladas con el mismo acierto que la instrumentación misma. La *británico-japonesa*, iniciada en el último cuarto del siglo XIX al incorporarse John Milne, James A. Ewing y otros sismólogos ingleses a la Universidad de Tokio. Sus principales representantes se hallaban también muy interesados en el estudio de los terremotos locales (aunque luego Milne, ya vuelto a Gran Bretaña, evolucionaría hacia el estudio de la sismicidad global), y sus trabajos cuentan con grandes dosis de experimentación instrumental; pero utilizando unas bases matemáticas mucho más consistentes. Finalmente, podemos definir una tradición alemana, desarrollada también en el último cuarto del siglo XIX; mucho más dirigida en principio al estudio de los movimientos y fuerzas de la corteza terrestre relacionados con la geodesia (campo gravitatorio, inclinaciones, etc.) y que les llevó, quizás de manera un poco casual y en pocos años, al estudio de los telesismos. En esta corriente no encontramos tanta variedad de instrumentos; pero, en general, desde los primeros momentos nos hallamos ante aparatos de una eficiencia alta para los estándares de la época y cuyos registros sirven a la realización de estudios con un contenido físico-matemático considerable. Dewey and Byerly (1969) nos describen los principales instrumentos que caracterizaron a cada corriente y su evolución.

Volviendo al observatorio de Cartuja, y entre toda esta maraña de instrumentos y posibilidades que hemos bosquejado, nos habla el propio director, Granero (1902b), de “l’embarras du choix” que suponía la elección de los más apropiados. Puesto que, en un primer momento, no encontramos en el Observatorio de Cartuja a nadie con una experiencia previa importante sobre el tema, es lógico que se pidiera información y consejo a especialistas sobre el tema. En concreto, Granero pidió consejo a tres científicos, y a la vez sacerdotes, de reconocido prestigio. Estos fueron el jesuita Josep Algué, director del observatorio de Manila, el escolapio Guido Alfani, del observatorio Ximeniano de Florencia y el sacerdote Raffaello Stiattesi, director del Observatorio Geodinámico de Quarto Castello, también cercano a Florencia.

Del consejo de estos sismólogos se decidió la adquisición e instalación de tres (o cuatro, según se mire) instrumentos. Una pareja de péndulos horizontales Stiattesi, aptos

principalmente para el registro de las componentes horizontales de los telesismos, un microsismógrafo Vicentini para las componentes horizontales de los terremotos cercanos y una componente vertical del mismo Vicentini para el registro de los movimientos verticales del suelo. Naturalmente, y puesto que los tres consejeros pueden inscribirse dentro de la tradición sismológica “italiana”, no es de extrañar que la elección recayera también sobre sismógrafos de construcción italiana.⁷

Visto en perspectiva, no fue una elección muy acertada. El esquema elegido fue el correcto, estrictamente dentro de la ortodoxia del momento y sin dejarse llevar por posibles innovaciones no suficientemente validadas. Por una parte, se dispuso un grupo de aparatos que cubrían las oscilaciones de periodo largo y más aptos para el registro de telesismos (los péndulos Stiattesi) y, por otro, un segundo grupo adaptado al registro de frecuencias más altas y, por tanto, más adaptado para el registro de terremotos locales y regionales (microsismógrafos Vicentini para las componentes horizontales y vertical). La validez de este criterio en esa época está fuera de duda y fue el mismo que seguirían el Observatorio del Ebro (Batlló i Ugalde, 2000) en 1904, las estaciones de la red sísmica nacional a partir de 1909 (Mier, 1910) y otros tantos observatorios mundiales; pero los modelos concretos de aparatos elegidos no fueron tan acertados.

Péndulos Stiattesi

Los péndulos Stiattesi instalados en Cartuja se hallan detalladamente descritos en Granero (1902b) y Sánchez-Navarro (1907a). Este tipo de péndulos, según la clasificación expuesta más arriba, era de los llamados rígidos. Constaba el equipo de dos componentes idénticas, instaladas de forma que registrasen los movimientos del suelo en dirección N-S y E-W respectivamente y su registro se inscribía sobre una única banda de papel de 3 m de largo. La masa oscilante de cada uno sumaba 208 kg y era de los llamados por su autor, de modelo mediano.⁸ Eran instrumentos de grandes dimensiones y sus puntos de suspensión (inferior y superior) distaban 3.40 m. El centro de la masa se encontraba a una distancia de 1.75 m de la línea que unía los puntos de suspensión. Las imágenes [Stiattesi 1](#) y [Stiattesi 2](#) del CD-Rom nos muestran su aspecto y no permite hacernos una idea de sus dimensiones. Su período propio variaba entre 16 y 30 s, no disponían de amortiguamiento y su amplificación estática era de 20 a 30 veces. Unas palancas metálicas amplificaban el movimiento de las masas y lo inscribían en la banda de registro con una velocidad de avance de 8.5 mm/min. Esta era de papel ahumado, como la gran mayoría de las utilizadas en el observatorio de Cartuja. Además, entre las dos palancas existía una tercera que, mediante los impulsos que recibía de un electroimán activado por un reloj, marcaba cada minuto, en la banda, las marcas de tiempo que permitían luego la lectura de los registros. El principal problema de estos péndulos residía en que se trataba de un instrumento que requería un cuidado continuo en lo referente al control de centrado y periodo de oscilación de la masa. Era, por lo tanto, un instrumento bastante inestable en sus constantes.

⁷ Tradición que también seguirían, en un primer momento, los observatorios del Ebro y Fabra. No fue así con Toledo que, con su vocación de estación central, fue dotada con aparatos que podemos inscribir en las tres corrientes.

⁸ En el momento de su instalación existían péndulos iguales en varios puntos de Italia y en Río de Janeiro. También el mismo Stiattesi había construido péndulos del mismo tipo y de hasta 500 kg de masa. De ahí el calificativo de “medianos”.

Microsismógrafos Vicentini para la componente horizontal y vertical

El microsismógrafo Vicentini, de periodo propio de oscilación mucho más corto, y destinado con preferencia al registro de las componentes horizontales de los terremotos cercanos, se halla muy sucintamente descrito en Granero (1902b) y con más detalle en la referencia original de Pacher (1897). No se trata, en este caso, del clásico microsismógrafo Vicentini que funcionó en casi todos los observatorios sismológicos españoles, sino del modelo modificado por Pacher y que en muchas referencias se conoce como microsismógrafo Vicentini-Pacher. Asimismo, no fue construido en los talleres de la Universidad de Padua, sino en Quarto Castello, bajo la dirección de Stiattesi. Su estructura encaja totalmente en lo que hemos llamado péndulos verticales. Concretamente, estaba compuesto por una masa de 308 kg (mucho mayor que la del modelo más usual) y con un período propio de 2.2 s y amplificación de 155 veces. Su velocidad de registro era de 15 mm/min. No disponía de amortiguamiento y su principal problema residía en que su registro no descomponía el movimiento del suelo en dos componentes horizontales perpendiculares sino que, mediante un pantógrafo, directamente aumentaba el movimiento del péndulo vertical en el plano horizontal, que dibujaba en una única traza, obteniéndose registros tan curiosos como el que representamos en la figura 2. Cabe decir que un instrumento con estas características de registro ya era considerado en 1902 como fuera de lugar por bastantes especialistas (aunque estos se contaban principalmente en las corrientes alemana e inglesa); pero suponemos que el consejo de Alfani, que disponía de uno igual en Florencia, debió ser decisivo.

La dotación de sismógrafos del observatorio se completaba con el microsismógrafo Vicentini para el registro de la componente vertical (ótramente llamado péndulo susultorio en la terminología de la época). También Granero (1902b) lo describe muy sucintamente; pero podemos encontrar referencias más detalladas en Pacher (1897) o Ferrari (1992b). Era un péndulo de barra flexible. Su masa era de 48 kg, período propio de 0.85 y amplificación de 116 veces. El registro de este instrumento se inscribía en la misma hoja que el del Vicentini Pacher, y entre las dos trazas existía una tercera correspondiente al cronógrafo, como en los péndulos Stiattesi. Las imágenes [Vicentini1](#) y [Vicentini2](#) muestran diferentes aspectos de los 2 péndulos Vicentini.

El primer encargado o director de la sección sísmica fue el jesuita Ramón Ramírez y, aparte de los instrumentos mencionados, teníamos conocimiento por una única referencia (Torallas, 1924) que en esa época la estación también disponía de un sismoscopio, muy ingenioso según nos consta, y diseñado por el mismo Ramírez.

Indagando un poco más en el tema, encontramos que en el boletín del Observatorio de Granada del mes de Febrero de 1903, que incluye una breve referencia a los instrumentos de la sección geodinámica del mismo, nos pone de manifiesto un detalle que hasta ahora ignorábamos, y es que el microsismógrafo Vicentini poseía un sistema de doble velocidad. Anteriormente pensábamos que el sismoscopio localizado en Granada se utilizaba solo para que accionase un timbre o algún otro dispositivo, de manera que alertase al personal que en esos momentos estaba en el observatorio que se estaba registrando un temblor. Este tipo de avisadores era corriente en los antiguos observatorios. Pero, la existencia de la doble velocidad de registro cambia el sentido de este aparato. Los mecanismos de doble velocidad eran comunes en construcciones italianas de principios del siglo XX (Agamennone, 1902). Para accionarlos, por lo

general, se disponía de un sismoscopio que cerraba un circuito eléctrico que, a su vez, liberaba algún mecanismo que permitía acelerar la velocidad de giro del tambor. Este era, pues, el sentido del sismoscopio existente en Cartuja. No tenemos, por otra parte, ninguna información específica sobre su funcionamiento durante el registro de algún terremoto concreto.

No conocemos, por otra parte, ningún detalle sobre su construcción. Solo sabemos que estaba fijo al muro (ignoramos a cual) y que, al cerrarse el circuito eléctrico, retiraba, por una parte, un estorbo que impedía la rotación rápida del tambor y, por otra, detenía un reloj arreglado al tiempo medio local y ponía en marcha otro detenido a las 0 h.

Volviendo a los sismógrafos propiamente dichos, todos los aparatos se construyeron en los talleres del Observatorio de Quarto di Castello, bajo la supervisión de R. Stiattesi (Sánchez-Navarro, 1915). Suponemos que la elección de un único constructor para todos los instrumentos fue por un motivo de comodidad o economía. Todos los aparatos se instalaron alrededor de la columna del telescopio durante el año de 1902, se les protegió con una vitrina de las corrientes de aire, y ya a finales de este año estaban registrando normalmente, aunque el registro oficial con la publicación incluida de sus boletines, bajo el epígrafe de sección sísmica, no se inició hasta 1903. Justamente, la instalación de los instrumentos alrededor de la columna del telescopio puede considerarse como una de las principales críticas a la nueva instalación. Esta se trataba de un macizo pilar de mampostería de 2 x 2 m de sección y más de 4 m útiles de altura (desde el nivel del piso del edificio, del cual estaba separado, como puede apreciarse en la imagen [Stiattesi1](#), hasta el techo de la planta baja), pero dada la utilización que de este último instrumento se hacía, los sismógrafos se encontraban permanentemente sujetos a las vibraciones que los movimientos del telescopio provocaban en la columna, y también a las que el movimiento de la cúpula astronómica que lo protegía, de peso considerable, transmitía al edificio. Además, los movimientos del telescopio provocaban oscilaciones en la verticalidad de la columna que lo sostenía que, si bien imperceptibles al ojo humano, descentraban continuamente la verticalidad de los soportes de los péndulos Stiattesi, obligando a los continuos trabajos de mantenimiento de los mismos⁹ ya mencionados.

7. Manuel María Sánchez-Navarro Neumann nuevo director. La estación sismológica de Cartuja.

En el mes de Agosto de 1906 se producen cambios en la organización del observatorio y Manuel María Sánchez-Navarro Neumann se hace cargo de la sección sísmica. A partir de este momento, la sismología adquiriría una importancia capital dentro del observatorio. El mismo Sánchez-Navarro (1915) nos cuenta que a mediados de Julio de 1905 recibió orden de sus superiores jesuitas de estudiar sismología. Dejamos el estudio de su formación, que ya ha sido tratado antes y nos centraremos en su labor referente a la instrumentación. Sánchez-Navarro puso manos a la obra

⁹ Quizás es a la existencia de estos problemas el sentido que debemos dar a las palabras de Sánchez-Navarro cuando se refiere a una instalación “a título de ensayo”.

inmediatamente y, por una parte, estudió a fondo la instrumentación existente en la época. Fruto de este trabajo de asimilación y estudio crítico fue la publicación, en varios artículos separados, de su “Estudio comparativo de los instrumentos más usados en sismología” (Sánchez-Navarro, 1907b; 1908a).

El conjunto de todos estos artículos componen una extensa memoria, de más de ochenta páginas, de carácter más bien divulgativo, y que podemos considerar como el resultado de un estudio principalmente autodidacta. En ellos, el autor expone, en una primera parte, las bases principales en que se funda la sismometría. En una segunda se detiene en análisis detallados de los instrumentos más comunes en el momento, analizando sus pros y contras y, detalle de mucho interés para nuestros estudios históricos, se detiene especialmente en los existentes en aquel momento en España. Termina el estudio con una tercera parte dedicada a un “ensayo de juicio crítico” de los instrumentos, en donde, citando a los aparatos por su nombre, expone, sin muchos miramientos para el prestigio de sus autores, su opinión debidamente justificada y, efectivamente, los clasifica según sus prestaciones.

Una versión corregida de este trabajo, con buenas ilustraciones, algunas correspondientes a los instrumentos y sismogramas obtenidos en Cartuja, pero sin el interesantísimo “juicio crítico” final, vería la luz, poco después y en francés, en la revista de la sociedad astronómica belga *Ciel et Terre* (Sánchez-Navarro, 1909a). Por otra parte, y como veremos, no será esta la única vez en que Sánchez-Navarro toma su tiempo para realizar un análisis crítico comparativo de los sismógrafos existentes.

Asimismo, es muy interesante notar como Sánchez-Navarro, con su estudio autodidacta de los instrumentos sísmicos se dio cuenta enseguida de la necesidad de un amortiguamiento de las masas pendulares para la obtención de registros fidedignos del movimiento del suelo. En este reconocimiento vemos como se avanza a muchos otros sismólogos de su tiempo. G. Agamennone o E. Mier, por ejemplo, si bien no negando la evidencia, continuaron durante muchos años utilizando sismógrafos no amortiguados. También afirma en este trabajo que la base para el diseño de sismógrafos se encuentra en el principio pendular (lo que nosotros identificamos, en la actualidad, con la utilización de instrumentos basados en el oscilador armónico simple) y que, fuera de él, si bien existen algunas realizaciones, sus resultados no justifican el esfuerzo llevado a cabo.

Por otra parte, y volviendo al instrumental existente en el observatorio de Cartuja en ese momento, también se dio cuenta inmediatamente de los problemas particulares que presentaban los instrumentos del Observatorio. Nos dice, efectivamente, que su instalación en la columna que sostiene el telescopio, hace que se vean afectados por el movimiento de este y de su cúpula¹⁰. Además, lo exiguo del lugar impedía la instalación de nuevos instrumentos en el mismo. En concreto, de los péndulos Stiattesi, a los que dedicó un estudio particular (Sánchez-Navarro, 1907a), nos dice que su amplificación ya no resultaba muy grande¹¹ para la época, y que, principalmente debido a los movimientos de la columna que los sostenía, sufría

¹⁰ E incluso de la escalera que lo acompaña, que permite un fácil acceso al ocular y que está instalada sobre carriles.

¹¹ La evolución de la instrumentación sísmica en los primeros años del siglo XX fue extremadamente rápida y así, un sismógrafo, los péndulos Stiattesi, que en 1902 tenía una amplificación considerada como normal, en 1906 podía considerarse ya como dotado de una amplificación reducida.

continuos desajustes y se hacía labor casi imposible el centrado de sus masas. Del Vicentini-Pacher afirma que sus registros son “de poco ó ningún valor científico, por hacerlo inútil su pantógrafo”¹² y, de todos los instrumentos en general, que la carencia de amortiguadores resta muchísimo valor a sus indicaciones.

8. Los primeros diseños propios

Ya el mismo año de 1906, a poco de hacerse cargo de la sección sísmica, Sánchez-Navarro propone al rector del Colegio-Noviciado, el jesuita José María Valera, la construcción de un péndulo horizontal “a título de ensayo” y su instalación en un sitio menos frecuentado del citado colegio, distante un poco más de 400 m del emplazamiento del observatorio. La idea que se perseguía con este proyecto era el estudio de la posibilidad de construir sismógrafos más sensibles que los péndulos Stiattesi y de dimensiones menos incómodas. Decantarse por la construcción en el mismo observatorio en vez de la adquisición de algún modelo existente viene justificado por la falta de recursos para esto último y, permítasenos comentar que, si bien es cierto que la situación económica del observatorio fue siempre “delicada”, no lo es menos que Sánchez-Navarro ya anidaba el convencimiento de que era posible construir buenos aparatos, aún mejores que los comerciales, a costes reducidos. En un artículo publicado en “Cosmos” (1908b) afirmaba:

“Entre las ciencias, hay pocas que realicen progresos tan rápidos como la sismología, y sin embargo, en ciertos temas, apenas se esta iniciando, puesto que casi en todas partes los instrumentos de observación presentan defectos. Vamos, aquí, a mostrar que es bien fácil construir con muy poco coste y obtener, con reducidos medios, un instrumento del cual se podrá publicar regularmente sus registros, a menudo comparables a aquellos de los observatorios sismológicos mejor dotados”.

Péndulo Omori modificado

Por las pistas que encontramos en la bibliografía debemos suponer que los trabajos comenzaron inmediatamente, en algún momento del final del verano de 1906. El mismo autor nos informa (Sánchez-Navarro, 1915) que

“después de un concienzudo estudio de libros, memorias y boletines y de copias de sismogramas, nos decidimos a construir un péndulo japonés del tipo de los tromómetros Omori”

Por lo tanto, abandonaba la línea de instrumentos italianos, aunque no tanto como pudiera parecer, puesto que, por esa época, Alfani, director del Osservatorio Ximeniano, ya había construido copias de estos instrumentos que tenía en funcionamiento en Florencia. Volviendo a nuestro instrumento, este primer diseño estuvo en condiciones de funcionar, aunque solo a título experimental, a finales de 1906. Para su construcción se utilizó, principalmente, elementos muy simples (tiras de

¹² Aunque de “cuando en cuando” daba vistosos gráficos, como también nos dice.

metal, alambres, etc.) fácilmente adquiribles en comercios no especializados y también materiales de desecho, como pedazos de tuberías de plomo, chatarra, etc. La principal fuente para la descripción de este aparato nos la proporciona Sánchez-Navarro (1915). Por su descripción entendemos que en un primer intento se procuró copiar el modelo japonés en sus más mínimos detalles (para una descripción detallada del aparato original véase Omori, 1903 o Dewey and Byerly, 1969); pero faltos todavía de experiencia¹³ los resultados estuvieron muy lejos de lo esperado. Empezó entonces un periodo de “tanteos y ensayos hartos pesados” (“pero que nos aprovecharon incomparablemente más que lo hubiera hecho el éxito más brillante”- Sánchez-Navarro; 1908b).

Los principales defectos del primer modelo construido consistían, por una parte, en el soporte de la masa que, en un primer momento, se hallaba suspendida de un pie de hierro forjado en ángulo (suponemos que debía tratarse de un problema de estabilidad o consistencia del soporte). Por otra parte, el sistema de palancas amplificadoras, copiadas del original, daba resultados muy mediocres debido a que “estaban bastante mal construidas por falta de personal idóneo”.

Se ensayaron diferentes soluciones para el sistema de palancas y finalmente, dados los buenos resultados obtenidos, se optó por un sistema de palancas multiplicadoras inscriptoras copia de las utilizadas en los péndulos Bosch-Omori, construidos por el taller de los hermanos Bosch en Estrasburgo (Bosch, 1910). Asimismo, se eliminó el soporte de hierro y se fijó el péndulo directamente a un muro “de excepcionales condiciones”, por tratarse de un afloramiento, convenientemente igualado, de caliza tortoniana. La orientación del muro obligó a que la dirección de registro del sismógrafo fuera N20°W (o, aproximadamente, NNW-SSE). Del original se conservó la suspensión inferior formada por un espigón cuya punta afilada se introducía en un cono invertido vaciado en la parte opuesta. El sismógrafo resultante, que recibió el nombre de *péndulo Omori modificado*, se hallaba ya instalado en las dependencias del Colegio-Noviciado, siendo el primer instrumento que allí funcionó. A finales de 1907, tras una visita a Estrasburgo, y por consejo de E. Rudolph se le añadió un amortiguador con aceite de vaselina.¹⁴ Para construirlo se recurrió, una vez más, a materiales de fortuna y se utilizó una lámina de hojalata, de dimensiones 15 x 10 cm, sujeta a la masa del sismógrafo y que se introducía dentro de una caja doble de sinapismos¹⁵, llena del citado líquido.

Como registrador se utilizó un cilindro cuyo eje se hallaba sujeto a la aguja minutería de un reloj despertador (práctica que se generalizaría en la gran mayoría de los registradores cartujanos) y proporcionaba una velocidad de registro de 33 cm a la hora (equivalente a 5.5 mm/min.). Por sus dimensiones, intuimos su anterior cometido como bote de conserva o similar.¹⁶ El registro se realizaba sobre papel ahumado. El cronógrafo era parecido a los utilizados en los péndulos Stiattesi y Vicentini. Unos electroimanes proporcionaban impulso cada minuto a un segundo estilete inscriptor que inscribía una gráfica temporal al lado del registro sísmico.

¹³ “Habíamos leído más que practicado, y nuestros excelentes colaboradores, Hermanos coadjutores de nuestra Compañía, tenían mucha más buena voluntad que habilidad para aquellos trabajos un poco delicados” (Sánchez-Navarro, 1908b)

¹⁴ Existe la posibilidad que esta visita a Estrasburgo estuviera en la base de la pronta adopción del amortiguamiento de las masas oscilantes por Sánchez-Navarro.

¹⁵ Hojas de papel impregnadas de una cataplasma de mostaza, utilizadas como tópico en la medicina de la época. Sabemos también (Sánchez-Navarro, 1908b) que la caja utilizada era de la marca Rigolot.

¹⁶ Intuición que hemos visto después confirmada en los escritos de Sánchez-Navarro.

Así, a finales de 1907 el péndulo Omori modificado de Cartuja alcanzó su aspecto definitivo y que nos ha llegado por las fotografías existentes (véase la imagen [Omori1](#)). Su período propio era de unos 14 s, su amplificación estática de 33 y el amortiguamiento de $\varepsilon:1 = 5.5$ en la notación de la época (equivalente a un amortiguamiento 0.48 del crítico).

A decir verdad, debido a los materiales utilizados y la ausencia de acabados como el torneado o pulido de piezas, el aspecto externo del aparato construido resultaba un tanto grosero; pero sus prestaciones eran equivalentes a las de los péndulos Stiattesi, con la superioridad de su amortiguamiento, carente en los anteriores, y con un entretenimiento substancialmente más reducido. Por lo tanto, se había conseguido el objetivo marcado. Ya desde Agosto de 1907 encontramos sus registros consignados en los boletines de la estación de Cartuja y desde 1908 actuaba como sismógrafo principal (aquel al que se refieren todas las lecturas de tiempos de llegada sí no se dice lo contrario) de la estación. Al poco tiempo sus prestaciones fueron superadas por nuevos sismógrafos que se incorporaron a la dotación del observatorio; pero se mantuvo todavía en funcionamiento hasta el año 1913.

Cartuja bifilar

El éxito obtenido con este instrumento animó inmediatamente a sus autores a la realización de nuevos proyectos y, así, el 6 de junio de 1908 terminaba el montaje de un nuevo péndulo bifilar de 305 kg de masa al que se le puso el nombre *de péndulo bifilar Cartuja*. Fue la primera vez que se utilizaba el nombre del Observatorio para nombrar a un sismógrafo. Según Sánchez-Navarro (1915) se trataba de “un instrumento completamente nuevo y notable por su extremada sencillez, fácil montura y manejo y gran sensibilidad”, de aquí que se utilizase un nuevo nombre para identificarlo.

Para su construcción se utilizaron los discos que formaban la masa del primer sismógrafo Vicentini con pantógrafo que, como ya hemos dicho, se consideraba inútil. La masa oscilante se elevó así a 305 kg. Encontraremos buenas descripciones del mismo en Sánchez-Navarro (1908b, 1908c). Según el propio autor, el instrumento en cuestión se inspiraba en los péndulos de Ewing, Bosch y Mainka, aunque la idea principal se la dio el conocimiento y posterior estudio de los péndulos bifilares que construía Karl Mainka, del observatorio de Estrasburgo. Y, efectivamente, sabemos que los llamados sismógrafos “Mainka”, que en ese momento se encontraban en su primera fase de desarrollo, tuvieron luego una gran difusión debido a sus buenas características. En el Observatorio Fabra de Barcelona todavía se conservan en estado de uso dos de estos aparatos de época ligeramente posterior (1913) y, también, en años posteriores, modelos más evolucionados dotaron los observatorios secundarios de la red sísmica del Instituto Geográfico y Estadístico.

Volviendo a nuestro instrumento, en su construcción, y siguiendo lo que sería una constante en los diseños de Cartuja, se primó la simplificación respecto al modelo original. Por una parte, se prescindió del pie que sostiene los originales dado que se disponía de un buen muro para sostenerlo. En vez del sistema amplificador y de plumillas de los Mainka se optó nuevamente por el sistema multiplicador utilizado en el Omori reformado, copia de los Bosch-Omori, con palancas de aluminio y latón y una

punta inscriptora de vidrio de tipo "italiano"¹⁷. La principal diferencia respecto a los sismógrafos Mainka, y que hace a los bifilares Cartuja realmente diferentes a otros aparatos, reside en la suspensión inferior o resorte de la masa, que la permite oscilar alrededor del eje definido por este punto y la suspensión superior. En este punto se hizo la unión entre la masa y el soporte que salía del muro mediante una lámina flexible; pero si en los sismógrafos Mainka esta lámina se encuentra sometida a tracción, en los bifilares Cartuja esta se encontraba sometida a presión. Siguiendo la técnica de utilizar materiales de fortuna, la lámina que actuaba de resorte consistía en un trozo de viejo cuchillo de cocina, convenientemente adelgazado en su centro y agujereado en sus extremos para fijarlo mediante tornillos a la masa oscilante y al soporte en el muro, de 2 x 2 cm de superficie libre y 2 mm de espesor máximo por un poco más de 0.5 mm en el punto de flexión, determinado por la presencia de un agujero circular de 5 mm de abertura. Una vez terminadas todas estas operaciones, fue preciso templar nuevamente la pieza obtenida para que ofreciese unas buenas condiciones de elasticidad. Este resorte se hallaba montado sobre un tornillo cuadrado, dispuesto de manera que pudiese avanzar o retroceder lentamente y quedar fijo, sin girar nunca. A su vez, este tornillo se fijaba sobre una pieza de hierro, provista de tornillos de centrado. Esta pieza, de la que reproducimos un apunte de la mano del propio Sánchez-Navarro (figura 3) es la que marcaba la diferencia principal entre el bifilar Cartuja y otros sismógrafos similares, que carecían de ella y le confería su facilidad de cambio de período (variable a voluntad entre 7 y 30 s con la sola ayuda de una llave inglesa). También, y dentro del aprovechamiento de materiales típico de los sismógrafos construidos en la época, cabe mencionar que la suspensión superior consistía en un pedazo de muelle de un antiguo somier.

Disponía el sismógrafo de un amortiguador de aceite de vaselina parecido al utilizado en el Omori modificado (no conocemos, en este caso, el origen de la caja) con la diferencia que en vez de una única lámina embebida en el aceite, había dos láminas, de 15 x 11 cm, paralelas y frente por frente, y con una separación entre ellas de 1.5 cm. Es natural esta duplicación debido al aumento significativo de la masa del instrumento respecto al Omori modificado. Puesto que el aparato se encontraba en el mismo muro que el anterior, también registraba la componente N20°W-S20°E del movimiento del suelo.

El cilindro registrador, imitación de los construidos por G. Grablovitz, del observatorio geodinámico de Ischia, en Italia, y muy parecido al del Omori modificado, fue construido en hierro blanco, tenía 60 cm de longitud de circunferencia y 15 cm de largo, dando una velocidad de registro de 10 mm/min., con una separación entre líneas de 3 mm. Por lo tanto, las bandas de registro tenían unas dimensiones de 60 x 15 cm. Estas dimensiones se convertirían en estándar para la mayoría de los tambores de registro construidos en Cartuja para sismógrafos de registro mecánico. Como motor de giro se utilizaba, nuevamente, un despertador convenientemente adaptado. El sistema de referencia temporal (el cronógrafo) se construyó de manera muy diferente a los utilizados hasta el momento en el observatorio. Un reloj cerraba cada minuto un circuito eléctrico y, unos electroimanes puestos en contacto con el soporte de los ejes de las palancas inscriptoras, proporcionaban una ligera sacudida a todo el mecanismo inscriptor, que se traducía por una pequeña marca perpendicular sobre la misma traza de la aguja inscriptora. Este sistema se adaptaría a todos los sismógrafos mecánicos

¹⁷ Las puntas de las plumillas de los Bosch-Omori originales son metálicas, como puede apreciarse en un ejemplar de este aparato que recientemente hemos restaurado para el Instituto Geográfico Nacional.

construidos desde ese momento en Cartuja y presentaba la ventaja, respecto al sistema anterior, mediante una plumilla inscriptora adicional, que no se producía ningún desfase o paralaje en las marcas de tiempo inscritas en el sismograma.

El aparato resultante podía variar, como ya hemos comentado, su periodo propio desde 7 a 30 s y aún más; la amplificación estática era variable desde 50 a 125 veces y su amortiguamiento de nulo a crítico. Estos cambios eran fácilmente realizables y se obtenían mediante el simple giro de tornillos. Asimismo, se puso especial atención a la eliminación de rozamientos en el sistema amplificador-inscriptor, consiguiéndose fricciones muy bajas (0.6 mm para un período de 12 s y una amplificación estática de 70¹⁸). Este aparato prestó sus servicios al observatorio hasta el año 1916.

Como conclusión, podemos afirmar que nos encontramos ante un aparato muy versátil y de unas prestaciones realmente elevadas para su época. Disponemos de varias imágenes relacionadas con este instrumento, en las [bifilar1](#) y [bifilar2](#) podemos apreciar su instalación en el colegio. En [bifilar 3](#) vemos un detalle de su mecanismo inscriptor y en [bifilar 4](#) podemos apreciar las características de la suspensión inferior.

Microsismógrafo Vicentini

Más o menos por la misma época en que se construía el primer bifilar Cartuja se construyó también un nuevo microsismógrafo Vicentini para las componentes horizontales. Ya hemos dicho que el primer Vicentini del observatorio daba registros apenas utilizables y su masa fue utilizada para la construcción del nuevo bifilar Cartuja. Dado que los dos modelos anteriormente descritos estaban principalmente orientados al registro de los telesismos, es natural que se pensara en tener un nuevo aparato que proporcionase mejores prestaciones para el registro de terremotos locales (frecuencias altas). Para ello, se decidió realizar una copia, lo más exacta posible del modelo más común de los diseñados por Vicentini, en el que una sola masa inscribía separadamente las dos componentes horizontales y, por lo tanto, muy parecido a los que en esa época se encontraban en el Observatorio del Ebro y el Observatorio Fabra. Tenemos muy poca información sobre este aparato (la única información aprovechable proviene de Sánchez-Navarro, 1908b). Sabemos que su masa era de 125 kg, su periodo propio de 2.6 s, su amplificación estática de 80-120 y no disponía de amortiguamiento, como el modelo original. Su velocidad de registro era de 15 mm/min. También conocemos algo del historial de su masa (transcribimos de Sánchez-Navarro, 1908b): “se trataba de una vieja caldera de un calentador, inútil después de años de buen servicio y que, después de ejercer como maceta durante algún tiempo, debidamente aderezada y rellena de grava, rinde los mismos servicios que una masa de plomo enfundada en una caja cilíndrica de latón torneado y perfectamente pulida” (léase que las cajas de los instrumentos Vicentini originales). Se instaló al lado del bifilar Cartuja; pero fue pronto sustituido por nuevos modelos (en concreto, por el péndulo vertical Cartuja) y solo funcionó durante los años 1908 y 1909. En la imagen [Vicentini4](#) podemos apreciar el aspecto externo de este modelo.

¹⁸ Tradicionalmente, la fuerza de fricción (rozamiento de Coulomb) de un sismógrafo r se medía en milímetros, siendo la resultante real dicha fuerza R la dada por la expresión $R = (4p^2 M/V^2 T^2) \cdot r$, en donde M es la masa oscilante, V la magnificación y T su período propio (para una discusión detallada véase, p. e., Mohorovicic–1924- o Kisslinger–1967)

El año 1908 fue un año de cambios. A principios del mismo comenzó la publicación mensual de un resumen del boletín de la estación sísmica de Cartuja en la revista *Ciel et Terre*, de la Sociedad Astronómica Belga, dando así una nueva difusión internacional al trabajo de la estación. También a partir del mes de Julio empezó la publicación del boletín sísmico de la estación de una forma independiente del boletín del observatorio astronómico, en un nuevo formato (en la práctica una hoja volante) que duraría muchos años.

Respecto a la instrumentación todavía hay más cambios. Se trasladaron los péndulos Stiattesi a los locales del Colegio-Noviciado. No teníamos constancia escrita de este hecho; pero una fotografía del bifilar Cartuja en la que puede observarse a su izquierda la parte inferior de uno de los péndulos Stiattesi lo atestigua (véase la imagen [bifilar2](#)). Sin embargo, parece que en su nuevo emplazamiento ya nunca llegaron a funcionar regularmente y, al poco tiempo, fueron retirados, desguazados, y sus partes aprovechadas para nuevos instrumentos. También se trasladó, en la misma época, el microsismógrafo Vicentini para la componente vertical, con lo cual el observatorio astronómico quedó libre de sismógrafos. Aprovechando el traslado de este último instrumento se introdujeron en el varios cambios, que no afectaron a sus características principales (Sánchez-Navarro, 1910a). Su funcionamiento fue muy irregular y se prolongó entre mediados de octubre de 1907 y el 20 de mayo de 1908.

También en la primavera de ese año se adquirió un péndulo astático Wiechert, de 200 kg de masa, construido por el taller de Spindler und Hoyer, de Göttingen (puede encontrarse una descripción del mismo en Berlage, 1932). Este fue el último aparato adquirido y no construido en Cartuja. Creemos, aunque nunca hemos encontrado una confirmación escrita, que se adquirió para utilizarlo como instrumento de comparación o referencia con los otros instrumentos que se estaban construyendo en el observatorio. Su compra demuestra, además, que, si bien es sabido que la situación económica del observatorio no era holgada, no era tan paupérrima, como algunos escritos parecen traslucir, de forma que no permitiese, al menos por una vez, adquirir instrumentos. En la imagen [Wiechert1](#) podemos apreciar como era este instrumento.

Nuevamente, no fue una compra afortunada. Si bien los péndulos invertidos Wiechert gozaban ya de una alta reputación el resultado de su funcionamiento en Cartuja no fue muy halagüeño. Por una parte, el comportamiento del péndulo de 200 kg, en general, no era tan satisfactorio como el clásico de 1000 kg¹⁹ del que nos han llegado algunos ejemplos hasta hoy.²⁰ Por otra, su entretenimiento era mucho más delicado que el de los péndulos construidos en Cartuja y, finalmente, nos informa Sánchez-Navarro (1920) que el ejemplar llegado a Cartuja era el que se utilizó de “modelo” de la serie. Es decir, el prototipo, con todos los problemas que eso comporta. Como culminación de los despropósitos, el terremoto de Adra, del 16 de junio de 1910, averió seriamente el instrumento y, puesto que en ese momento ya disponía el observatorio de numerosos instrumentos con buenas prestaciones, no se reparó convenientemente²¹. Aunque Sánchez-Navarro da por terminados los servicios de este instrumento en este punto, es cierto que se intentó utilizarlo nuevamente sirviéndose de una sola de sus componentes y en los boletines de la estación encontramos anotaciones referentes a sus registros hasta

¹⁹ Sánchez-Navarro (1920) nos expone las razones.

²⁰ En el Observatorio de Toledo existe todavía uno de estos últimos en condiciones de funcionamiento.

²¹ En términos militares diríamos de este instrumento, averiado por un terremoto, que causó baja por heridas recibidas en combate.

el año 1912 inclusive. Asimismo, y aunque sin funcionar, se conservó durante bastantes años. En la imagen [bifilar6](#), que podemos datar alrededor de 1920, puede verse todavía, detrás de los bifilares Cartuja, la estructura de la base del instrumento. Cuando comenzó a utilizarse en 1908 registraba las componentes N-S y E-W del movimiento del suelo. Su período propio era de 6.8 s y su amplificación de 125 veces. Disponía el instrumento de amortiguadores por aire.

Péndulo vertical Cartuja

Entre Junio y Julio de 1909 se construyeron dos nuevos sismógrafos. Uno de ellos era el péndulo vertical Cartuja, cuya descripción detallada encontraremos en Sánchez-Navarro (1909b; 1909c) y algunos detalles complementarios en Sánchez-Navarro (1919; 1927). Este sismógrafo vino a sustituir al microsismógrafo Vicentini para las componentes horizontales. No tenemos indicación de porqué se decidió su construcción; pero no es difícil atribuirlo al deseo de disponer de un sismógrafo con mayores prestaciones; sobre todo una mayor amplificación.

Se trataba, como hemos dicho, de un péndulo vertical de 280 kg de masa. Esta estaba constituida por un recipiente cilíndrico de plancha de hierro, de 45 cm de diámetro por igual altura, lleno de chatarra de hierro y grava. La suspensión de esta masa estaba formada por dos láminas de buena elasticidad que permitían el movimiento de ésta en una única dirección e impedían su rotación (y esta es una de las características que diferenciaban claramente a este instrumento de otros péndulos verticales). Las imágenes [vertical1](#) y [vertical2](#) muestran como era. La otra característica realmente diferenciadora era su mecanismo amplificador-inscriptor, que es la parte más original del instrumento. Se caracterizaba éste por disponer de dos palancas dispuestas horizontalmente. Una primera amplificadora y una segunda amplificadora-inscriptora. Las dos se encontraban perfectamente equilibradas y, en su movimiento, una empujaba a la otra. Para que las palancas retrocedieran sin perder el contacto, disponía el eje de la última de un muelle espiral (procedente de un regulador de un reloj despertador ordinario) que proveía la fuerza recuperadora. En la figura 3 reproducimos un apunte esquemático de este sistema debido al mismo Sánchez-Navarro (1919), y en la imagen [vertical3](#) una fotografía del mismo. Debe apuntarse que la presencia de este muelle influía algo en el comportamiento del péndulo, resultando en un ligero aumento del periodo propio del sistema. En resumen, la doble palanca amplificadora y la presencia del muelle eran los elementos característicos que identificaban este mecanismo. El aparato resultante ocupó físicamente el mismo lugar ocupado anteriormente por el microsismógrafo Vicentini y registró, entre 1909 y 1924 la componente N20°W del movimiento del suelo, su periodo propio era de unos 2 s²² y su amplificación estática de 520 veces (aunque normalmente funcionaba con un valor algo menor). No disponía de amortiguamiento y su velocidad de registro era de 15 mm/min.²³ Para las marcas de tiempo se utilizaba el mismo sistema que en los bifilares, unos electroimanes transmitían una sacudida de la placa que servía de base al sistema de palancas amplificadoras-inscriptoras.

²² En un ejercicio de precisión, que no dudamos es cierto, afirma Sánchez-Navarro (1919) que su periodo es “de 2.01 a 2.02 segundos”.

²³ Por las imágenes conservadas, parece que el registrador era el mismo que se utilizaba en el microsismógrafo Vicentini.

El valor de la amplificación era muy notable para su tiempo. Sánchez-Navarro lo comparaba con ventaja, debido a la sencillez de su construcción, con el coloso péndulo vertical de 17500 kg de masa construido por Wiechert en 1904 e instalado en Göttingen. El éxito obtenido se debía al empleo de la doble palanca horizontal y a un esmerado cuidado en la eliminación de las posibles fricciones. Esto último se consiguió, por una parte, empleando elementos muy ligeros, como pedazos de caña y paja recia para los brazos y, por la otra, equilibrándolos perfectamente. El equilibrio se conseguía contrapesando los brazos cortos de las palancas con cera, depositada en gotas. El resultado es que se consiguió reducir la fricción total del aparato a 0.3 mm. Estos mecanismos extremadamente ligeros también distinguirían, a partir de entonces, todos los instrumentos mecánicos construidos en el observatorio. En la construcción de este mecanismo tuvo parte destacada el jesuita Pierre Marie Descotes,²⁴ que poseía una gran habilidad mecánica y que encontraremos más tarde en el Observatorio de San Calixto en Bolivia (véase §16).

Péndulo bifilar Cartuja de 425 kg.

Conjuntamente con el péndulo vertical Cartuja se construyó un nuevo péndulo bifilar. Reconocidas las buenas prestaciones del primero se decidió sería bueno registrar las dos componentes perpendiculares del movimiento del suelo con idénticos aparatos. Para ello se abandonaron definitivamente los péndulos Stiattesi, que fueron desmontados y sus masas utilizadas para construir este nuevo bifilar. El resultado fue un péndulo casi idéntico al bifilar de 305 kg; pero con una masa de 425 kg. Las diferencias estructurales entre los dos eran mínimas (véase una fotografía del mismo en la imagen [bifilar5](#)). Puesto que prácticamente se trataba de una copia, no se tomó preocupación especial en documentarlo, siendo una excepción a la dinámica seguida hasta entonces, y hay pocas referencias directas al mismo (véase, p. e. Sánchez-Navarro, 1915; 1927). Prestó servicio desde mediados de 1909 hasta 1917. Este instrumento no se hallaba colgado del mismo muro que los demás, sino de una pared ordinaria (y suponemos que en otra habitación). Registraba la componente E20°N y disponía de amortiguamiento por vaselina.

Los dos péndulos bifilares Cartuja, de 305 y 405 kg y el péndulo vertical Cartuja, de 280 kg formaron el equipo básico o de referencia de la estación desde 1909 hasta 1917, año en que se producirían nuevos cambios. A la par, se constituían en los principales y más conspicuos representantes de la experiencia acumulada en el Observatorio de Cartuja en cuanto a la construcción de sismógrafos durante esa primera época y, también, como veremos, los que serían más exportados.

No fueron los únicos instrumentos construidos en este periodo; a su alrededor se hicieron multitud de pruebas. Únicamente por su mención en los boletines sísmicos de la estación sabemos que, por lo menos, en los años 1910-11 funcionó un tercer péndulo bifilar de solo 46 kg de masa. Asimismo, desde 1911 y hasta 1923 estuvo funcionando un segundo péndulo vertical, que registraba en dirección perpendicular al primero (E20°N) de 87 kg de masa y cuya principal particularidad residía en que su registro era en tinta sobre papel blanco (Sánchez-Navarro, 1912). Disponemos de una fotografía del mismo que reproducimos en [vertical4](#).

²⁴ Y que también participó en la puesta a punto del Cartuja bifilar de 425 kg.

Aparte de los aparatos “de observatorio” se construyeron también instrumentos didácticos, de demostración y para sismología aplicada. De los primeros hemos encontrado por lo menos dos. En 1909 se construyó un péndulo bifilar de 2.5 kg de masa solamente y amplificación estática 10 que dio, casualmente, un buen registro del terremoto portugués del 23 de Abril de 1909, cerca de Benavente (Sánchez-Navarro, 1909d) uno de los mayores terremotos superficiales de la península Ibérica durante el siglo XX, que también fue detenidamente estudiado por Sánchez-Navarro (1910b). Disponía asimismo, a pesar de su tamaño minúsculo, de amortiguamiento (véanse las imágenes [horizontal1](#) y [horizontal2](#)).

También se construyó un sismógrafo de demostración para el registro de la componente vertical (Sánchez-Navarro, 1912b). No conocemos exactamente cuando; pero es probable que sea más o menos de la misma época que el bifilar de demostración. Encontramos una imagen del mismo en Sánchez-Navarro, 1915). Su construcción nos sorprende por dos motivos. Por una parte, después del abandono de la componente vertical Vicentini el Observatorio no disponía de ningún sismógrafo para el registro del movimiento vertical del suelo y esta situación se prolongó por unos quince años, y nos resulta extraño que dispusiera, en cambio, de una componente de demostración. Por otra parte, la solución adoptada, con un péndulo de tipo rotacional (véase la imagen [vertical5](#)), sería la misma adoptada para el péndulo vertical Belarmino. Es natural que estos instrumentos se utilizasen para ilustrar conferencias y mostrarlos en exposiciones. Por ejemplo, tenemos constancia que la componente vertical fue mostrada por Sánchez-Navarro en la conferencia que pronunció en ocasión de la Exposición Internacional de Astronomía y Ciencias Afines, organizada en Barcelona por la Sociedad Astronómica de España y América para celebrar su décimo aniversario (Sánchez-Navarro 1921a). Como la anterior, su masa era de 2.5 kg, su amplificación de 10 y disponía también de amortiguamiento.

En la inspección de las fotografías de estos pequeños instrumentos, con unos acabados cada vez más convincentes, nos percatamos de cuanto se había progresado desde los primeros diseños, de aspecto un tanto grosero, y como el trabajo de diseño y construcción continuo de sismógrafos contribuía a crear un grupo de hábiles mecánicos.

Asimismo, también se construían pequeños modelos experimentales. En concreto, tenemos noticia de la construcción de una componente vertical mecánica de registro fotográfico y de solo 220 g de masa, utilizada para experimentos relativos a la fricción de las agujas destinadas a los otros instrumentos y a experiencias concernientes a los tambores de registro construidos en el propio observatorio (Sánchez-Navarro, 1910). También en esta época encontramos las primeras citas referentes al estudio de los movimientos del suelo por causas artificiales y las primeras realizaciones a este respecto. Pero dejaremos este punto para más adelante (véase §14).

Para terminar esta sección comentaremos que no todos los proyectos existentes se llevaron a cabo y, por ejemplo, tenemos referencia (Sánchez-Navarro, 1915) a la construcción de piezas destinadas a un futuro péndulo de unas dos toneladas de masa que no llegó a realizarse.

9. Los instrumentos del periodo de madurez. Proyección internacional.

A partir de 1913 nos encontramos con una época de pocos diseños. Suponemos que esto se debe, en parte, a los mismos motivos que provocaron, por la misma época, la supresión de la publicación del boletín de la estación. También la guerra mundial de 1914-18 tuvo su influencia. Sánchez-Navarro (1925) nos cuenta que al declararse ésta tenía contratado el observatorio un muelle de élinvar, destinado a una componente vertical, de registro óptico, y con masa de 3 kg; pero este muelle nunca llegó y el proyecto quedo en suspenso. Por otra parte, y como veremos, fue una época en la que se dedicaron bastantes esfuerzos al diseño de aparatos de sismología aplicada.

Con toda seguridad, fue este un nuevo tiempo de estudio puesto que, como resultado de sendas comunicaciones a los congresos de la sociedad española para el progreso de las ciencias de Sevilla y Bilbao, publica Sánchez-Navarro (1919a;1920) un nuevo “ensayo crítico sobre los sismógrafos más en uso” en donde revisa, amplía y discute en profundidad, las características de los principales sismógrafos de su tiempo incluyendo, esta vez, los modelos realizados en Cartuja.

El año 1917 (suponemos que a principios del mismo) se decidió trasladar nuevamente los péndulos bifilares Cartuja del Colegio-Noviciado al observatorio astronómico. Suponemos que el motivo era la necesidad de utilizar la antigua habitación, con su pared de roca viva, para otros menesteres. A partir de ese momento y durante un largo periodo los instrumentos de la estación sismológica se encontraron distribuidos entre los dos lugares. Se aprovechó este momento para introducir importantes reformas y, aunque Sánchez-Navarro solo se refiera a un traslado de instrumentos, podemos afirmar que se trata de una total remodelación de los aparatos. Se rehicieron las monturas y se igualaron las masa de los aparatos. También se rehizo el sistema inscriptor. Eso sí, no se perdió su suspensión inferior en presión y su versatilidad para el cambio de periodos y amortiguamiento. Se instalaron nuevamente alrededor de la columna del telescopio y se les doto de una vitrina protectora de vidrio (véase la imagen [bifilar6](#)). Sin embargo, el pilar del telescopio seguía presentando los mismos defectos que ya mencionamos al describir la primera instalación del observatorio en 1902. Sánchez-Navarro nos informa que las inclinaciones de este pilar, debidas a los cambios de temperatura, “son tan considerables que nos hemos visto precisados a reducir sus periodos a 9 segundos y sus aumentos a 60 veces”.²⁵ Encontramos descripciones de estos aparatos en su nueva configuración en Sánchez-Navarro (1921a) y Berlage (1932).

Volviendo a su sistema inscriptor, aparte de verse dotados de palancas ligeras como el péndulo vertical, se hicieron varias pruebas para mejorarlo aún más. Entre otras, se dotó de un resorte helicoidal a las plumillas, como en el péndulo vertical; pero finalmente se adoptó un nuevo sistema del que presentamos un apunte en la figura 5. Entre las dos palancas del mecanismo de inscripción se colocaba una aguja muy fina (más adelante se utilizaron alfileres de las usadas en entomología para guardar los insectos), con sus dos extremidades afiladas en forma de cono de 60°, y apoyadas en cavidades de forma groseramente parabólica, hechas en unas cupulitas de acero. Para mantener el mecanismo en posición, sin que pierdan contacto entre sí cualquiera de las partes, la presión provocada por una simple brizna de caucho colocada en tensión entre las dos palancas era suficiente.

²⁵ Sánchez-Navarro (1920)

Más tarde, al inicio de 1924, también se trasladó el péndulo vertical Cartuja al observatorio astronómico. Aunque no disponemos de ninguna referencia concreta, suponemos que también se hallaría suspendido de alguna de las caras de la columna del telescopio, juntamente con los péndulos bifilares. En este nuevo emplazamiento registraba la componente N-S.

Péndulo invertido Berchmans

Volviendo atrás, por real orden de 13 de Octubre de 1920, fue declarada la estación sísmica de Utilidad Pública. Esto significaba el acceso a una financiación por parte del estado y la posibilidad de acometer nuevos proyectos de más envergadura. Veámoslo.

A finales de 1920 comenzó la construcción de un nuevo sismógrafo, diferente a todo lo anteriormente realizado en Cartuja y cuya construcción tomó diez meses, hasta finales de Agosto de 1921. Se trataba de un péndulo invertido de gran masa. Con él se pretendía dotar a la estación de Cartuja de un sismógrafo capaz de registrar, en las mejores condiciones, los terremotos de la península Ibérica. Parece que, aparte de la ayuda que desde ese momento prestaría el estado al observatorio, un donativo particular permitió reunir el dinero necesario para acometer su construcción.

Aunque Sánchez-Navarro reconoce que la construcción de un péndulo invertido era mucho más difícil y laboriosa, se eligió esta solución por varias razones. Son las principales la notable economía que resulta de prescindir del pilar y de la suspensión, por bastar una sola masa para el registro de las dos componentes horizontales, por no importar su tamaño y porque debía montarse en un lugar provisional. Un péndulo bifilar de la misma masa y características de registro hubiera resultado de dimensiones muchísimo más engorrosas.

Como todos los anteriores instrumentos de Cartuja, el diseño de Sánchez-Navarro representaba una visión y adaptación muy personal y meditada a las necesidades del observatorio de un sistema que era, en aquel momento, de difusión universal. Asimismo, y a pesar de su experiencia negativa con el sismógrafo Wiechert, basado en el mismo principio, vemos como Sánchez-Navarro no duda en utilizar nuevamente el sistema cuando lo cree conveniente. En una tradición, que seguirían las nuevas realizaciones del observatorio desde ese momento, se le dio el nombre de un Santo perteneciente a la orden jesuita, en concreto el de San Juan Berchmans, del cual se celebraba en el año de 1921 el CCC aniversario de su muerte.

La masa del nuevo instrumento estaba constituida por un recipiente cúbico de palastro, de 1 m de lado y relleno de piedras, hierro viejo y gravilla. En un primer momento se elevó ésta a 3060 kg convirtiéndose, por entonces, en el tercer sismógrafo mundial por tamaño, y no viéndose superado más que por los dos sismógrafos Wiechert de 17500 kg instalados en los observatorios de Götingen y Tacubaya (Méjico).

De los sismógrafos Wiechert que los inspiraron se copió su suspensión en cardán; pero, a diferencia de los anteriores, los muelles o resortes que la componían se hallaban muy separados (sus centros distaban 120 cm). Asimismo, estos resortes, al igual que en los bifilares, operaban bajo presión, al contrario que en los Wiechert. Esto

hacía que fueran muy masivos (80 x 2 mm de sección). La separación de los resortes tenía por finalidad evitar cualquier nutación de la masa.

La montura del cardán, que sostenía la masa, se apoyaba directamente sobre el suelo, en un pilar bajo, prácticamente al mismo nivel del suelo. Tres tubos de fundición, dispuestos frente a la masa y sólidamente fijados al suelo, sostenían un balustre en donde se hallaba el sistema astasiador, el multiplicador-inscriptor y el receptor. El astasiador, también muy distinto a los originales de Wiechert, estaba compuesto por cuatro muelles planos (dos para cada componente), de 15 mm de anchura y 1 mm de espesor. Su porción libre podía variar, a voluntad, entre 10 y 20 mm, con lo que variaba el período pendular entre 4 y 6 s. Cambiando los muelles por otros de distintas características (cosa, por lo demás, muy fácil), podían obtenerse otros períodos. El amortiguamiento se realizaba con glicerina en lugar de la vaselina utilizada hasta entonces. El motivo es que la viscosidad de la primera es más alta, consiguiéndose a igual superficie un mayor amortiguamiento, necesario por el tamaño de la masa empleada. Para evitar su hidratación se recubría con una fina capa de vaselina. Recordemos también que los péndulos invertidos Wiechert estaban dotados de amortiguadores de aire, sistema que no se utilizó en Cartuja. Para centrar la masa fácilmente, evitando su decantamiento hacia uno u otro lado, en la parte superior de la misma existían dos tornillos de hierro, por los cuales podía correrse, del centro a los bordes, cuatro pesas de plomo de 14 kg. Finalmente, las palancas del sistema multiplicador-inscriptor se hallaban sujetas entre ellas de la misma forma que las de los péndulos bifilares. La amplificación del sistema era fácilmente variable de 120 a 1200 veces.

La velocidad de registro era de 15 mm/min. y se adoptaron unos tambores diferentes a los utilizados hasta entonces. En vez de un motor de despertador se utilizó un antiguo motor de relojería de un sismógrafo Bosch-Omori²⁶ convenientemente modificado y las bandas (una para cada componente, movidas por un único motor) medían 90 x 22 cm. El cronógrafo era del tipo habitual en Cartuja, y unos electroimanes sacudían los soportes de plumillas. Para activarlos, en un primer momento se instaló un timbre común, que podemos apreciar en la imagen [Berchmans1](#). Finalmente, una vitrina de 185 cm de frente por 215 de lado y 200 de altura protegía al instrumento.

Este sismógrafo fue construido casi exclusivamente por Antonio Sola, hermano coadjutor de la Compañía de Jesús. Además, nos informa Sánchez-Navarro que, entre otros trabajos, Sola taladró a mano sobre piezas de hierro el medio millar de agujeros que fue necesario. Por otra parte, la mera comparación de las fotografías de este instrumento con sus predecesores de una década anterior muestra bien a las buenas la práctica y refinamiento que se había adquirido en la construcción de aparatos.

Fue este el sismógrafo de Cartuja que recibió la mayor difusión en la literatura especializada (Sánchez-Navarro, 1921a; 1922a; 1922b; 1927 y también Berlage, 1932) y el propio observatorio editó un opúsculo descriptivo (Sánchez-Navarro, 1921c). Asimismo, fue uno de los más fotografiados, véase sino las imágenes [Berchmans1](#), [Berchmans2](#), [Berchmans3](#), [Berchmans4](#) y [Berchmans5](#). Sin embargo, su diseño no fue repetido o copiado por ningún otro observatorio. Se debe esto, principalmente, a que se trataba de un instrumento muy especial, fuera de los utilizados normalmente en la

²⁶ Suponemos que el origen del mismo es uno de los antiguos sismógrafos Bosch-Omori que dotaban los observatorios del Instituto Geográfico Nacional.

mayoría de observatorios (recordemos su masa, tercera en el mundo) y, por lo tanto, no era de fácil aplicación a un observatorio cualquiera de no mucha entidad.

Grupo macrosísmico Alhambra

Aún hallamos más aparatos en esa época. Los terremotos cercanos de cierta importancia saturaban fácilmente las bandas de registro. Por otra parte, la velocidad de registro de 1 cm/min. no permitía el análisis de las vibraciones de alta frecuencia que estos sismos provocan. Para solventar, por lo menos en parte, estas carencias y copiando de cerca sistemas muy utilizados en Italia, se diseñó el llamado grupo macrosísmico Alhambra. Encontramos la única descripción de este grupo en Sánchez-Navarro (1921a). Estaba compuesto por un sismoscopio construido mediante dos láminas de acero colocadas verticalmente, y paralelas, de distinta anchura y espesor, lo mismo que las pesitas que llevaban enfiladas: la una rematada en un alambre de platino acodado, y la otra en una laminita del mismo precioso metal, provista de varias aberturas circulares de distinto diámetro, según la sensibilidad que se le quería dar al aparato, y en una de las cuales se hacía penetrar, pero sin que tocara a sus bordes, el susodicho alambre. Al producirse un estremecimiento suficientemente intenso las láminas oscilaban, y su desincronismo provocaba contactos entre el alambre y el borde de la abertura circular, con lo que se cerraba un circuito eléctrico. Éste, a la vez, ponía en marcha un reloj parado a las doce, y el receptor de un sismógrafo, que en resumen no era más que un péndulo vertical con suspensión muy corta y con solo 0.52 s de período, provisto de una palanca multiplicadora-inscriptora cuyo aumento ordinario era de unas 50 veces. Al dar la vuelta completa el cilindro motor del receptor, volvía a pararse, con lo que no se estropeaba la gráfica, la que se obtenía con una velocidad de algo más de 5 milímetros por segundo.

Disponemos de una única imagen, [bifilar6](#), en donde puede apreciarse como estaba constituido el instrumento. Se entiende que el nombre de “grupo” tiene su origen en que no se basaba en un único aparato sino en varios. El sismoscopio propiamente dicho era una copia del antiguo sismoscopio de Agamennone (1897), con la particularidad respecto al original que registraba solo una dirección del movimiento, después existía el reloj, y finalmente el registrador. Sánchez-Navarro no nos dice explícitamente que tipo de péndulo efectuaba el registro; pero por lo que puede apreciarse en la fotografía, creemos que se trataba del tromómetro Cartuja “pequeño modelo”, que describiremos al referirnos a los instrumentos para sismología aplicada (§14). También, su disposición en la fotografía nos indica que el registro de este instrumento se efectuaba en una dirección que bisectaba la de los bifilares; por tanto, SE-NW o SW-NE (nos inclinamos por la segunda). No sabemos en que periodo funcionó, aunque suponemos que no debía ser muy largo y podemos centrarlo alrededor de 1920.

Una bendición para sismógrafos

Continuando con la descripción de los trabajos en instrumentación sísmica realizados en el observatorio de Cartuja encontramos, en esta época, uno que no deja de resultarnos curioso y tiene su origen en que, aunque un estudio de los instrumentos del Observatorio de Cartuja como el presente no nos deje mucho lugar a ciertas disquisiciones, no debemos olvidar la condición de sacerdote y miembro de la Compañía de Jesús del autor de los mismos. Desde este punto de vista, uno de los

objetivos que perseguían en su trabajo era la exaltación de la divinidad.²⁷ Por eso no es de extrañar que Sánchez-Navarro, fiel a este principio, tomase especial interés y empeño en solicitar y conseguir de la Santa Sede romana una bendición especial para los sismógrafos en la que se impetrase el auxilio divino a fin de interpretar correctamente las gráficas de los aparatos. Como resultado de estas gestiones, y con fecha 13 de Febrero de 1924, el Papa Pio XI concedió la misma y, como es tradición en estos casos, puso a unos santos intercesores que fueron San Emigdio, tradicional protector contra los terremotos, y la Virgen María. Esta bendición, de validez universal, y en su versión latina, reza como sigue (Sánchez-Navarro, 1924b):

Omnipotens sempiternus Deus, qui respicis terram et facis eam tremere, hoc seismographon tua benedictione perfunde: et praesta ut signa terrae tremantis in ipso congruenter adnotentur, et utilitatem plebis tuae atque ad majorem tui nominis gloriam promovendam recte intelligantur. Per Christum Dominum nostrum. Amen.

Y se añaden a continuación las dos deprecaciones siguientes

Virgo Maria Dolorosissima, est nobis propitia et intercede pro nobis.

Sancte Emigdi, ora pro nobis, et in nomine Jesu Christi Nazareni defende nos, et hoc seismographon ab impetu terrae motus. (*Et aspergat seismographon aqua benedicta.*)

Como es fácil entender, el paréntesis final indica que al final de las oraciones se realiza la aspersion del sismógrafo con agua bendita.²⁸

10. Los instrumentos magneto-ópticos

En un paso más, en 1924 Sánchez-Navarro se decidió por abordar el problema de la construcción de sismógrafos magneto-ópticos. Como ya hemos dicho, reciben este nombre porque el registro del movimiento del suelo se hace por procedimientos magnéticos y su inscripción por procedimientos ópticos. Sabemos por A. Due (1958) que una subvención del Instituto Geográfico y Catastral contribuyó a hacer posible el proyecto. Este tipo de sismógrafos puede fácilmente proporcionar amplificaciones mucho mayores que los sismógrafos mecánicos y son mucho más estables,

²⁷ Hecho que en la orden jesuita se significaba notoriamente en el A. M. D. G. que cierra sus escritos.

²⁸ El mismo Sánchez-Navarro (1924c) nos proporciona una versión castellana de la bendición y deprecaciones que le siguen:

Omnipotente sempiterno Dios que miráis la tierra y la hacéis estremecer, difundid vuestra bendición a este sismógrafo, y conceded que las señales de la tierra estremecida se inscriban en él de modo conveniente, y rectamente se interpreten para la utilidad de vuestro pueblo y para promover la mayor gloria de vuestro nombre.

María, Virgen dolorosísima, sednos propicia e interceded por nosotros.

San Emigdio, ruega por nosotros y en nombre de Jesucristo Nazareno defiéndenos a nosotros y a este sismógrafo del ímpetu de los terremotos.

especialmente para períodos largos. Esto los convierte en instrumentos especialmente adecuados para el registro de los telesismos y, sobre todo, de sus ondas superficiales. Estas excelentes propiedades eran conocidas ya desde la introducción de este tipo de aparatos por Boris Galitzin²⁹ a principios del siglo XX; pero su uso no estaba muy generalizado debido a lo costoso de su mantenimiento, tanto en cuidados como económicamente. Sin embargo, es natural que el Observatorio de Cartuja, con la experiencia y conocimiento ya acumulado en ese momento, y después de haber experimentado exhaustivamente (y casi agotado) las posibilidades de los péndulos mecánicos, girase su atención hacia este campo que permitía una nueva ampliación de sus estudios sobre instrumentos sísmicos.

Sismógrafo Javier

El primero de estos aparatos fue el llamado sismógrafo Javier (véase la imagen [Javier1](#)). Puesto que era el primer aparato de este tipo que se montaba en Cartuja nos hallamos delante de un prototipo. Encontraremos descripciones del mismo en Sánchez-Navarro (1924a y 1927) y Berlage (1932). Para su realización se copió muy de cerca los péndulos Galitzin (véase, p. e. Sagristá, 1920a; o Galitzin, 1911; 1921). Como es normal en la línea del observatorio se busco su simplificación. El aparato utilizaba la misma suspensión, siguiendo el sistema de Zöllner, que en el original. Como diferencias principales respecto a este encontramos una masa (de 7.5 kg) distribuida en forma de halterio. Los imanes se construyeron con acero del utilizado para “muelles de coche” de la empresa “Basconia”. Un primer par de imanes actuaba sobre el amortiguador, una lámina de cobre rojo (era la primera vez que se utilizaba un amortiguamiento de tipo electromagnético en Cartuja) y un segundo par, más externo y muy por delante del centro de masas, actuaba sobre el bobinado del sismómetro, invirtiendo así el orden de colocación de los elementos presente en el sismógrafo Galitzin original. El galvanómetro era del clásico tipo Deprez-d’Arsonval y también fue construido en el mismo observatorio (imagen [Javier2](#)). También era la primera vez que se construían galvanómetros en los talleres de Cartuja y, una vez más, muestra el progreso y refinamiento alcanzado en la construcción de materiales de precisión.

También este aparato es obra de A. Sola. Comentaremos que para obtener la cinta de suspensión del galvanómetro, y visto que los hilos de platino iridiado adquiridos en Alemania no daban el resultado apetecido, utilizó un trozo de la finísima lámina de plata dorada que recubre la seda del llamado “hillo de oro”, que se utiliza para ciertos ornamentos religiosos. Para enderezar la hélice que forma el hilo en su estado original y obtener la longitud deseada (unos 20 cm), colgó este con una pequeña pesa de plomo y lo dispuso formando parte de un circuito eléctrico. El paso de corriente enrojecía el hilo, que bajo la tensión de la pesa se alargaba. El resultado fue un hilo de plata de 0.3 x 0.04 mm de sección (Due, 1943). El espejo del galvanómetro era simplemente un cubreobjetos plateado. El tambor registrador también era mucho más elaborado que los anteriores y disponía de dos mecanismos de relojería (que seguían, sin embargo, siendo despertadores), uno para la rotación del tambor y otro para la traslación.

Para asegurar el éxito de la empresa se imploró el auxilio divino, y nos dice Sánchez-Navarro que se hizo

²⁹ Véase, por ejemplo, Galitzin (1910; 1911)

“del modo más eficaz, aprovechando la estancia en el Colegio-Noviciado de Cartuja del portentoso brazo del Apóstol de las Indias, San Francisco Javier, que en sus correrías apostólicas pasó los últimos años de su vida en un país de los más agitados por terremotos, Japón; nuestro sismógrafo, pues, ha recibido la bendición con tan insigne reliquia”³⁰.

También este es el motivo por el que recibió el nombre de sismógrafo Javier. Fue necesario habilitar una habitación totalmente oscura en donde se instaló el galvanómetro y el tambor de registro. Por lo que conocemos a través de la bibliografía existente, parece que la copia cartujana de los sismógrafos Galitzin funcionaba muy correctamente, siendo su principal defecto que este sismógrafo era demasiado sensible, saturándose muy frecuentemente su registro. Funcionó entre 1924 y 1928, en que fue sustituido por un nuevo modelo, como veremos. Su periodo propio era de 15 s y el de su galvanómetro 19 s. La velocidad de registro era de 10 mm/min.

Componente vertical Belarmino

Realizado el primer prototipo de sismógrafo magneto-óptico y estudiado su comportamiento, inmediatamente se comenzó el desarrollo de un nuevo diseño. En este caso se optó por la construcción de un sismógrafo para el registro de la componente vertical del movimiento del suelo. Desde la eliminación de la componente vertical Vicentini en 1908 no había tenido el observatorio ningún aparato para su registro (salvo la componente de demostración ya mencionada en §8). Sabemos que se terminó el sismómetro (no así el galvanómetro y cilindro receptor) justo a tiempo para mostrarlo durante la visita que realizaron al Observatorio de Cartuja el 12 de Octubre de 1924 un grupo de participantes en la Asamblea General de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica celebrada en Madrid en días anteriores. Recibió el nombre de sismógrafo Belarmino en honor del cardenal jesuita Roberto Belarmino (1542-1621), beatificado mientras se construía el instrumento³¹. Una vez más, fue construida por A. Sola a excepción del forjado y templado de los cinco imanes en herradura (cuatro para el sismómetro y un quinto para el galvanómetro) que se realizó en los talleres de Manuel López de Guevara, también en Granada. Aún la construcción del muelle en espiral y su templado (introduciéndolo súbitamente en agua fría después de largo calentamiento en plomo fundido) se hizo en el propio observatorio. Encontraremos descripciones de este instrumento en Sánchez-Navarro (1925 y 1927) y Berlage (1932). Las imágenes Belarmino1 y Belarmino2 reproducen dos buenas fotografías del mismo.

Nos explica el mismo Sánchez-Navarro (1925) que para su diseño se copió la componente vertical Galitzin (véase Sagristá, 1920b; o también Galitzin, 1921) aunque en este caso, añadimos nosotros, las diferencias son más notables que en el sismómetro Javier. Resulta el sismómetro cartujano mucho más ligero que el original. Sus dimensiones eran de 85 cm de largo, por 50 cm de ancho, por 74 cm de altura y su masa oscilante de 3050 g de plomo forrado de latón³². El muelle que sostenía la parte oscilante se encontraba situado en posición totalmente vertical. El sismómetro disponía de 4 bobinas de 200 vueltas cada una, al igual que en el modelo Galitzin original. Por el

³⁰ Sánchez-Navarro (1924a)

³¹ Recientemente, Roberto Belarmino fue proclamado santo por la iglesia católica.

³² Recordemos aquí el comentario respecto a las masas forradas de latón que transcribimos al describir la versión cartujana del microsismógrafo Vicentini (§8). Nuevamente nos indica el nivel de profesionalidad del trabajo del taller de Cartuja.

contrario, y al igual que en el sismógrafo Javier, el primer par de imanes actuaban sobre el amortiguamiento (una lámina de cobre rojo) del instrumento, mientras que el par más lejano al eje de giro actuaba sobre las bobinas registradoras.

En un primer momento se instaló sobre un robusto pilar de hormigón de dos metros de altura (para su buena cimentación el primer metro se hallaba bajo el suelo de la sala que lo cobijaba) y protegido por una vitrina. Funcionó, con diversos traslados como veremos, desde 1924 hasta 1966. El período del sensor era, al principio, de unos 6 s (aunque se varió varias veces), el del galvanómetro 18 s y la amplificación máxima de unas 700 veces.

Finalmente diremos que se construyó un segundo sismómetro Belarmino. Estuvo expuesto en la instalación que el observatorio de Cartuja tenía en la exposición Ibero-Americana de Sevilla (Sánchez-Navarro, 1929)³³, como puede verse en la imagen [Belarmino5](#); pero no tenemos noticia de que se utilizase posteriormente.

Sismógrafo Canisio

El último sismógrafo construido en el observatorio de Cartuja bajo la dirección de Sánchez-Navarro fue una nueva componente horizontal magneto-óptica. Recibió el nombre de sismógrafo Canisio, en honor de San Pedro Canisio (1527-1597). Dado el interés habitual puesto por Sánchez-Navarro en documentar el trabajo realizado, resulta extraño que no dispongamos de ninguna referencia bibliográfica con la descripción de este aparato. Suponemos que esto es debido en parte a que su terminación coincidió casi en el tiempo con la disolución de la orden jesuita en España, decretada a principios de 1932, por el gobierno de la república. Solamente disponemos de una buena fotografía del mismo (que reproducimos en la imagen [Canisio](#) del CD-Rom) y algunos comentarios aislados y aparecidos en algunas referencias. Sin embargo, podemos aproximar sus características de diseño. Se trataba de un sismómetro electromagnético muy compacto, de medidas mucho más reducidas que la componente vertical Belarmino y, evidentemente, que las horizontales Galitzin. Para la realización de este modelo Sánchez-Navarro volvió al péndulo horizontal de armazón rígida (como eran los primeros Stiattesi). Las suspensiones no se realizaban mediante puntas afiladas sobre conos invertidos sino mediante resortes o lengüetas de muy reducidas dimensiones.³⁴ Su masa oscilante era de solo 1.5 kg y correspondía prácticamente al peso del armazón rígido y la lámina de cobre que actuaba de amortiguador y, a la vez, de masa oscilante. Por lo tanto, y en un ejercicio de simplificación, correspondía solamente a la masa de los elementos activos sin ningún añadido. Las bobinas que inducían la corriente del registro se hallaban, como en todos los sismógrafos magneto-ópticos cartujanos, en la posición más alejada del eje de giro.

Tanto la solución del armazón rígido como la reducción de la masa oscilante serían utilizadas unos veinte años después en sismógrafos como los Sprengnether de periodo intermedio (como los que funcionaron en Toledo) o los Hiller-Stuttgart que dotaron masivamente la red nacional en los años cincuenta.

Se construyeron dos de estos instrumentos, para el registro de las respectivas componentes del movimiento del suelo. La componente E-W entró en servicio en 1928

³³ De hecho, parece que se construyó de manera exprefesa para esta exposición.

³⁴ Por la fotografía que disponemos nos atrevemos a afirmar que se trataba de hilos de acero.

y la N-S en 1931. Su período propio era de 18 s (más tarde 12 s), el del galvanómetro de 12 s y su amplificación máxima de unas 500 veces.

Ya hemos apuntado en varias ocasiones el grado de profesionalidad alcanzado en la construcción de sismógrafos. En los diseños de los años veinte, las características y aun los acabados de los aparatos no tienen nada que envidiar a los construidos por cualquier taller de fama mundial del momento, tanto para los instrumentos mecánicos como para los electromagnéticos, en cualquiera de sus partes, sensores, mecanismos amplificadores, galvanómetros, tambores, etc. Evidentemente, una parte de ese mérito no correspondía únicamente a Sánchez-Navarro, sino también a los mecánicos a cargo del taller. Todos ellos eran hermanos coadjutores jesuitas. Ya hemos mencionado varias veces a Antonio Sola. Trabajó en el observatorio desde 1911 y fue el principal ejecutor de la mayoría de construcciones realizadas en el observatorio hasta la guerra civil. Pero no fue el único y, afortunadamente, conocemos los nombres de algunos más y los años en que trabajaron en el taller. Estos son: Alfonso Pérez (1906-1913) Antonio Parra (1907-08), Miguel Jiménez (1908) y Carlos Linares (1909).

Inciendo aún más en el nivel alcanzado por la instrumentación de Cartuja, debemos apuntar que, por los años treinta, el director del Observatorio de Toledo, Alfonso Rey Pastor, no tenía ningún inconveniente en reconocer que en ese momento Cartuja “constituye una Estación de primer orden, la mejor de España” (Rey Pastor, 1932). Esta calidad era también reconocida mundialmente como lo muestra, p. e., la invitación del “Bureau Central Séismologique International” para publicar en su serie de “Travaux Scientifiques” un resumen general de cuanto se había hecho en el Observatorio de Cartuja respecto a la instrumentación sísmica (véase Sánchez-Navarro, 1927) o, también, la inclusión de los diseños de Cartuja en el capítulo dedicado a la sismometría publicado en el “Handbuch der Geophysik” coordinado por Beno Gutenberg (véase Berlage, 1932). Fueron, en resumen, unos años de plena madurez.

También por la misma época (allá por el año 1927 o 28) se empezó la construcción de un nuevo edificio para albergar los instrumentos de la estación sísmica (Sánchez-Navarro, 1928). Este, que debía permitir el abandono de los locales que provisionalmente se venían ocupando en el Colegio-Noviciado desde 1908, se hallaba al lado del observatorio astronómico, por la parte norte, y disponía de dos salas auxiliares, una para los sismógrafos mecánicos y otra, semiexcavada en la roca, para los nuevos sismógrafos fotográficos, además de otras dependencias auxiliares. Este edificio todavía existe, aunque muy transformado, y se utiliza como oficinas del IAGPDS. No tenemos, por otra parte, noticia exacta de sí los instrumentos, o por lo menos algunos de ellos, llegaron a moverse a este lugar antes de 1932.

La disolución en España de la Compañía de Jesús truncó bruscamente este periodo que consideramos de madurez justo en su inicio y nunca sabremos que nos hubiera deparado en el futuro, sí un estancamiento o una nueva evolución.

11. El Instituto Geográfico Catastral

Ya se ha explicado en otro lugar que tras la disolución en España de la Compañía de Jesús el observatorio pasó a depender del Instituto Geográfico y Catastral. Este incluyó el Observatorio de Cartuja en su red y, como tal, publicó sus datos en los boletines de la época. La dirección del mismo recayó en el ingeniero geógrafo Félix Gómez Guillamón, director entonces del observatorio sísmico de Almería, que compaginó la dirección de Cartuja con la inspección de la primera estación y también de Málaga. Si bien este cambio detuvo la construcción de nuevos sismógrafos, no cesó por ello la actividad directa en torno a los mismos. Durante su dirección, que se prolongó hasta 1938, en que el observatorio fue devuelto a la orden jesuita, llevó a cabo mejoras y ampliaciones de los edificios y procedió a la reinstalación de los sismógrafos, que fueron llevados desde su antigua instalación en el Colegio-Noviciado a los nuevos locales construidos en los terrenos del observatorio astronómico. Posteriormente, Gómez Guillamón realizaría también, ya en su nuevo destino en el observatorio de Málaga, adaptaciones y diseños de nuevos sismógrafos, sin duda inspirados en el trabajo de Cartuja.³⁵

El cambio de ubicación de los distintos instrumentos se realizó de forma escalonada, para que no quedase interrumpido el registro. Concretamente, conocemos el momento del cambio del péndulo vertical Cartuja, que al iniciarse 1934 pasó de registrar la componente N-S a hacerlo sobre la E-W, y se aprovechó este cambio para aumentar su masa de 280 kg hasta 370 kg. También, y por la misma época, el sismógrafo Berchmans fue reinstalado y su masa aumentada hasta 4260 kg. En todas estas labores Gómez Guillamón dispuso de la incalculable colaboración de A. Sola, que permaneció durante este tiempo como mecánico del observatorio.

12. La postguerra. Antonio Due director.

En 1938 la compañía de Jesús toma nuevamente la dirección del observatorio y Sánchez-Navarro retoma sudirección hasta 1940, año de su muerte. No tenemos noticia que en este tiempo se introdujera modificación alguna en los instrumentos del observatorio. Ya en la postguerra, el observatorio de Cartuja continuó con su actividad y con un nuevo director, Antonio Due, que había sido subdirector del mismo desde 1925. El registro continuó con los dos bifilares, el Cartuja vertical, el Berchmans y el grupo magneto-óptico formado por la componente vertical Belarmino y los dos horizontales Canisio.

³⁵ Realizó su principal contribución a la sismometría española con el diseño y construcción del sismógrafo Victoria (Gómez Guillamón, 1942). Resulta sintomático que este sismógrafo se construyera inmediatamente después de la llegada de Gómez Guillamón a Málaga y no es descartable (aunque tampoco hemos podido confirmarlo de ningún modo) que su estancia en Cartuja le influyese definitivamente a este respecto. Respecto al sismógrafo en sí, resulta difícil que la idea original de su proyecto correspondiese a un proyecto anterior de Cartuja no llevado a cabo, puesto que el modelo realizado corresponde a una copia del sismógrafo de tipo Benioff, presentado en público por primera vez en 1932 (Benioff, 1932) y, por tanto, ya fuera de la época de Sánchez-Navarro como director en Cartuja. Pero si sabemos que fue construido por A. Sola, que se incorporó como mecánico al Observatorio de Málaga. Por lo tanto, las técnicas utilizadas en su construcción son directamente herederas del Observatorio de Cartuja.

Durante los años inmediatamente posteriores a la guerra civil no encontramos muchos cambios. Cabe destacar que se procedió a aumentar la velocidad de registro del Berchmans, que paso de 15 a 30 mm/min. (Due, 1940).

También algo más tarde se inició una serie de experimentos destinados a conseguir una mayor sensibilidad a altas frecuencias de los sismógrafos magneto-ópticos (Due, 1943). Para ello se hicieron pruebas con los galvanómetros de los instrumentos, variando principalmente el período de los mismos y utilizando distintos bobinados (por los tanto, variando su sensibilidad). Como resultado de estos experimentos se dejó el sistema con periodos propios del orden de 12 s para los sismógrafos y de 2 s para los galvanómetros. El mecánico del observatorio era entonces el jesuita Juan Francisco Martínez Dornacu.

Sismógrafo Cartuja Máximo

A principios de 1949 se inició la reforma más importante de esta época. Se desarmó el Berchmans y a partir de su caja de palastro y una parte importante de sus antiguos elementos se construyó un nuevo sismógrafo del tipo bifilar (Due, 1949a); pero no se siguió el esquema de los bifilares Cartuja, sino que era mucho más parecido a los Mainka, puesto que el resorte que actuaba en su suspensión inferior operaba bajo tensión. La parte mecánica la realizó Carlos Ruiz Raya, hermano coadjutor. Con esta reforma se buscó disponer de un sismógrafo de un periodo largo y gran aumento. Debía permitir un mejor estudio de las ondas internas de los telesismos y, por otra parte, se buscaba también librar al registro de los microsismos que frecuentemente empañaban los de otros instrumentos de la estación. Se aumentó todavía más la masa oscilante, elevándola hasta 4500 kg. Registraba una única componente E-W, su período propio podía llegar fácilmente a los 15 s aunque normalmente funcionaba alrededor de los 10 s, la amplificación estática era de 800 y disponía de un amortiguador de glicerina. Funcionó entre 1949 y 1960. En las imágenes Máximo1 y Máximo2 podemos ver dibujos de este instrumento.

A nuestro entender, no fue una reforma afortunada. El instrumento resultante, el único conservado hasta hoy de todos los construidos en el Observatorio de Cartuja y cuya estructura podemos contemplar todavía en el jardín del observatorio, cumplía los objetivos previstos; pero creemos que estos objetivos no justificaban la pérdida de un instrumento de las características del Berchmans. Es muy posible que un cambio de velocidad del registro de los instrumentos magneto-ópticos hubiese bastado al mismo fin. Por otra parte, y debido a que los péndulos invertidos necesitan un entretenimiento mayor que, sin ir más lejos, los péndulos bifilares, es muy posible que en esa época el registro del Berchmans dejase ya mucho que desear y se optara por algo nuevo y más simple que por una costosa reparación.³⁶

Macrosismógrafo Cartuja

También tenemos noticia de la construcción, en 1949, de otro sismógrafo. Se trataba del macrosismógrafo Cartuja (Due, 1949b). Con su diseño se perseguía la misma idea que con el Grupo macrosísmico Alhambra años antes, que era disponer de un registro especial para terremotos locales. Por lo tanto, era aconsejable disponer de amplificación

³⁶ Un coste no tanto monetario sino en horas de trabajo de precisión, que luego debería continuarse si se deseaba un registro en buenas condiciones.

no muy grande y gran velocidad de registro. Para ello se construyó un pequeño péndulo bifilar (del que no conocemos el sistema de suspensión inferior de la masa,³⁷ aunque sospechamos que, como en el Cartuja Máximo, se realizaría mediante un resorte sometido a tensión). Su masa era de solo 15 kg, su amplificación estática de 20 veces y disponía de amortiguamiento por glicerina. Su tambor de registro era de 25 cm de circunferencia y su velocidad de 60 mm/min. Este tambor no funcionaba permanentemente sino que solo actuaba accionado por un sismoscopio. Este no era más que un contacto eléctrico instalado en el mecanismo de amplificación del péndulo vertical Cartuja, que cerraba un circuito eléctrico que, a su vez, ponía en marcha el tambor registrador. Este daba una única vuelta (y, por tanto, solo registraba durante cuatro minutos) y se detenía nuevamente. Una vez realizado el registro debía armarse de nuevo el sistema para que estuviera en condiciones de funcionar otra vez. No tenemos noticia de que este aparato funcionase regularmente, o que estuviese en servicio durante mucho tiempo, aunque tampoco cabe descartarlo. Solo disponemos de una fotografía, y no de muy buena calidad, de este aparato y la reproducimos en la imagen Macrosis.

Este es el último sismógrafo construido en Cartuja del que tenemos noticia fehaciente y cierra la etapa iniciada algo más de 40 años antes, en 1906. Disponemos, sin embargo, de algunas informaciones adicionales. Una pequeña nota publicada en la revista *Urania* (Actividad, 1953) nos informa que durante el año 1952 se experimentó con un sismógrafo de torsión para registro óptico con amortiguamiento magnético, y cuya masa total móvil era inferior a los tres gramos.³⁸ Aunque la nota deje traspasar la sensación de que este instrumento estaba funcionando, no tenemos ninguna constancia de sus registros ni de cualquier otra característica del mismo. También sabemos que años antes, en 1946, A. Due visitó el Observatorio del Ebro y realizó allí pruebas para la construcción de un sismógrafo magneto-óptico. No tenemos, sin embargo, noticia de que se consiguiera ningún resultado con ellas.³⁹

El Observatorio Geofísico de Villafranca de los Barros

En 1945 la compañía de Jesús tomó la decisión de instalar un observatorio geofísico en Villafranca de los Barros. No disponemos de mucha información sobre el porqué de esta estación, la única fuente de que disponemos es la revista *Urania*. En su núm. 220 (*Urania*, 1949) nos informa de la creación de la misma. Parece que la presencia de Emilio Ortega, jesuita y antiguo subdirector de la sección astronómica del Observatorio de Cartuja, en el colegio de San José que la compañía de Jesús regenta todavía en Villafranca de los Barros, propulsó la decisión, tomada ya en enero de 1945, de instalar en él un observatorio geofísico. Debía disponer de secciones astronómica, sísmológica y de magnetismo y electricidad terrestre.

Respecto a la sección sísmica, en el año 1945 se construyeron dos sismógrafos (un péndulo vertical y otro bifilar) para la misma en el observatorio del Ebro y se pensó en instalarlos en el sótano de la Iglesia del colegio; pero por diversas dificultades la instalación no se llevó a cabo. Nuevamente nos informa *Urania* que en el año 1949

³⁷ Aunque sabemos que tanto el inferior como el superior estaban construidas con filamento de acero fino.

³⁸ Por lo tanto, una copia de los clásicos sismógrafos Wood-Anderson (Anderson and Wood, 1925), muy en boga en ese momento.

³⁹ La información aparece en la introducción del Boletín del Observatorio del Ebro correspondiente a dicho año y nos la ha confirmado personalmente J. O. Cardús, jesuita, que posteriormente fue director del mismo, y ya se encontraba en esa época en dicho observatorio.

quedaba todavía pendiente la decisión sobre su emplazamiento. El traslado de Ortega a Bolivia frustró el desarrollo ulterior de este observatorio y suponemos que la sección sísmica nunca llegó a instalarse. También suponemos que la decisión del encargo de los sismógrafos al observatorio del Ebro, en lugar de Cartuja, se debe a la mejor posición y posibilidades del primero en aquel momento. Además, parece que uno de los propulsores del Observatorio de Villafranca fue Antonio Romaña, director del Observatorio del Ebro, y es natural que se estableciera una dependencia respecto a este en muchos aspectos.

No obstante, la dirección del nuevo observatorio por parte de Ortega, antiguo miembro de Cartuja, nos obliga a pensar en este observatorio prontamente abortado como un fruto colateral del Observatorio de Cartuja.

13. La última etapa. Nueva intervención del IGC

En 1965 Due deja la dirección del observatorio siendo substituido por Teodoro Vives. Ya en ese la antigüedad de los instrumentos, su estado de conservación y su originalidad, que obligaba a construir “ex profeso” cualquier recambio, aconsejó su retirada. Para la continuación del interrumpido registro sísmico en Cartuja intervino el Instituto Geográfico Nacional, que, en 1966, instaló en el Observatorio las tres componentes de los sismógrafos Hiller-Stuttgart, construidos por Askania (Berlín) que se encontraban anteriormente en el Observatorio sismológico de Málaga y que, debido a la inclusión de este último en la WWSSN (World Wide Standard Seismic Network), y de la instalación de la instrumentación correspondiente a dicha red, habían quedado sin servicio. Se trataba de sismógrafos magneto-ópticos diseñados especialmente para el registro de la sismicidad regional. Su periodo propio y el de sus galvanómetros era de 1.5 s, su amortiguamiento crítico y su amplificación máxima del orden de 8000 veces. Su velocidad de registro era de 60 mm/min. A pesar de que en España llegaron a funcionar hasta 6 grupos diferentes de estos aparatos, son instrumentos muy mal documentados y solo disponemos de algún manual de utilización. Se mantuvieron en servicio en el observatorio hasta 1985.

Mientras tanto, en 1970, la compañía de Jesús transfirió el funcionamiento del observatorio a la Universidad de Granada. A partir de este momento empieza una nueva etapa de su historia en la que no entraremos, puesto que el objetivo de este capítulo es el análisis de la antigua instrumentación sísmica del Observatorio de Cartuja. Sin embargo, aun no pondremos fin al mismo, puesto que aún quedan algunos aspectos por analizar a los que pasamos acto seguido.

14. Los instrumentos de sismología aplicada

Ya comentamos en apartados anteriores el interés de Sánchez-Navarro por la sismología aplicada, y principalmente a la ingeniería. Por los escritos del autor, entendía éste como ingeniería aplicada tanto el estudio de las vibraciones de los edificios,

puentes y otras construcciones, como el estudio de las vibraciones de motores, naves, vagones, etc. Desde el punto de vista de la instrumentación, este interés se materializó en la construcción de diferentes aparatos muy dirigidos al estudio de vibraciones artificiales. El interés de Sánchez-Navarro por el tema fue muy temprano y puede apreciarse en su libro *Terremotos, sismógrafos y edificios* (1916), y en otras publicaciones (p. e., Sánchez-Navarro, 1915b).

Ya en el terreno de la instrumentación, que es el objetivo de nuestro estudio, en 1909, Sánchez-Navarro, al presentarnos su péndulo bifilar de demostración (Sánchez-Navarro, 1909d), aprovecha la oportunidad para comentar que se había construido un “cilindro receptor con motor de relojería, especialmente adaptado para mover la banda con gran velocidad (de 2 a 5 mm/s), indispensable para el importante estudio de los movimientos artificiales”, y incluye una fotografía del pequeño péndulo con el registrador descrito, lo que deja pensar que llegó a utilizarse este instrumento con esta finalidad.

Y ya poco después, en 1911 encontramos un primer modelo de instrumento construido expresamente con este fin y de 21.5 kg de masa (Sánchez-Navarro, 1911). Se trata del llamado tromómetro Cartuja. Por lo que apreciamos en las fotografías, no se trataba de un instrumento muy manejable (véase la imagen [Tromo1](#)). Estaba compuesto por un péndulo vertical de 21.5 kg de masa y sostenido por una estructura metálica en forma de U invertida. Este podía oscilar en una única dirección. Bajo la masa, la misma estructura sostenía el mecanismo multiplicador-inscriptor y, debajo de este, se encontraba un amortiguador de vaselina. La amplificación era variable entre 30 y 300. El registrador era el mismo que hemos descrito en el párrafo anterior. Como ya hemos dicho, por su peso (unos 25 kg en total) y dimensiones, no se trataba de un instrumento fácilmente transportable. Fue construido por A. Sola.

Continuando en esta línea, en 1913 se presentó en el Congreso de la Asociación española para el progreso de las ciencias de Madrid el llamado tromómetro de Cartuja “pequeño modelo”, para diferenciarlo del anterior (Sánchez Navarro, 1916). Se trataba nuevamente de un péndulo vertical; pero de dimensiones mucho más reducidas, fácilmente transportable y mucho más portátil. La masa oscilante del instrumento, péndulo vertical, de unos 5 kg, se hallaba en la parte inferior, inmediatamente por encima del trípode que le servía de base. Encima de la masa se hallaba el mecanismo inscriptor que no era único. Existía uno de una sola palanca y poco aumento y otro de dos palancas y gran aumento, intercambiables fácilmente. Con este sistema podían obtenerse amplificaciones variables entre 16 y 350 veces. La inscripción podía ser en tinta o papel ahumado. El buen contacto de las palancas inscriptoras se aseguraba con resortes en espiral, como en el péndulo vertical Cartuja; pero dada la pequeñez de la masa del instrumento, su presencia influía notablemente en el periodo propio del instrumento que variaba desde 0.535 s hasta 2.0 s. Disponía también de un amortiguamiento. Por lo tanto, con un instrumento cuya masa total no excedía de 6.5 kg (más 1.2 kg del receptor, que en las fotografías continuaba siendo del mismo tipo que el diseñado en 1909), y mucho más compacto, se había conseguido las mismas prestaciones que con el anterior tromómetro Cartuja. El autor material del instrumento fue, una vez más, A. Sola. Reproducimos una fotografía del mismo en la imagen [Tromo2](#). Ya hemos dicho anteriormente que este instrumento (o una copia del mismo) formó luego parte del grupo macrosísmico Alhambra.

En el Congreso de la Asociación española para el progreso de las ciencias de Sevilla, de 1917, presentó Sánchez-Navarro un nuevo instrumento para la sismología aplicada que recibió el nombre de Trerómetro Granero (Sánchez-Navarro, 1919b). Se trataba de un instrumento sumamente sencillo. La disposición de la masa y el sistema amplificador-inscriptor era muy parecido al tromómetro Cartuja “pequeño modelo; pero, en vez de utilizar el principio del péndulo vertical, se utilizó el del péndulo invertido (véase la imagen [Granero1](#)). En este caso, el efecto de todos los resortes actuantes (sobre la masa, de 7.5 kg, y las palancas) contribuía a reducir el periodo del instrumento que quedaba reducido a 0.15 s y, mediante la variación de la tensión del resorte en espiral de la primera palanca se podía variar el mismo. Su amplificación también podía llegar hasta 300 y disponía de registro en tinta (véase la imagen [Granero3](#)) y en papel ahumado. Se hicieron también pruebas para utilizarlo con registro óptico (inscrito en papel fotográfico, como es natural) con lo cual se alcanzaban amplificaciones del orden de 3000 a 60000 veces. Una de las posibles aplicaciones que Sánchez-Navarro sugiere para este aparato es su utilización para la localización de piezas de artillería en acción. No debe extrañarnos esta sugerencia porque durante la primera guerra mundial estos métodos llegaron a utilizarse efectivamente (véase Mier, 1917).

El último aparato construido en Cartuja para su utilización en sismología aplicada y del que tenemos noticia fue presentado en el congreso de la Asociación española para el progreso de las ciencias de Bilbao, en 1919 y también a finales de Noviembre de 1920, en ocasión del congreso nacional de ingeniería, en Madrid, en el que fue premiado con la medalla de plata (Sánchez-Navarro, 1921b). El nuevo instrumento se presentó bajo el nombre de macrotrerómetro Granero. Nos informa el mismo Sánchez-Navarro (1919b) que este instrumento era, en cierto modo, complemento del anterior y estaba (como su nombre indica) pensado especialmente para movimientos fuertes (o estremecimientos violentos en palabras de su autor).

Realmente, se trataba de un instrumento versátil en extremo y su diseño presentaba un ejercicio de simplificación extrema. Su elemento más voluminoso era el tambor receptor⁴⁰, limitándose su parte oscilante a una lámina de acero (realmente, se trataba de un trozo de cuerda de fonógrafo) fija por un extremo a la base del instrumento y su extremo libre rematado por un borne de latón al que se fijaban las distintas palancas y plumas inscriptoras (véase la imagen [Granero2](#)). Una pesa de latón (que podía intercambiarse por otra mayor) de 445 gr podía correrse y fijarse a lo largo de la lámina variando así el período. Por lo tanto, se trataba de una mezcla de péndulo invertido y lámina o barra flexible. El instrumento dentro de su caja (de madera y con medidas 26 cm de alto, por 25 cm de largo, por 21 cm de ancho) pesaba 4.5 kg y no era necesario extraerlo de la misma para utilizarlo. Podía registrar tanto el movimiento horizontal como el vertical con solo cambiar su posición. Su período propio era variable entre 0.025 y 0.65 s. No conocemos su amplificación, aunque en este caso no era muy grande y parece que no disponía de amortiguamiento. Con una elección conveniente de sus condiciones de trabajo podía funcionar también como clinómetro.

El prototipo de este instrumento, como todos los anteriores, fue construido por A. Sola y sabemos que tuvo una cierta difusión fuera del observatorio pues, como nos informa el mismo Sánchez-Navarro (1921a), copias del mismo (suponemos que para su

⁴⁰ Con velocidades de registro de 3.2, 4.5 y 15 mm/s y una banda de papel de 10 cm de anchura por hasta 10 m de largo.

venta) fueron luego construidas en los Talleres de Automática de Madrid⁴¹ y también por la casa constructora de aparatos científicos Dalmau Montero, de Barcelona. Entre otras aplicaciones, se hicieron pruebas con él para analizar el vaivén de los vagones de ferrocarril. En Sánchez-Navarro (1918) podemos ver algunos fragmentos de los registros obtenidos en diferentes vagones en la línea Granada-Madrid.

Para concluir este apartado, debemos recordar que, dada la relación que existía entre ambos, suponemos que el origen del interés y primeros instrumentos de Sánchez-Navarro para la sismología aplicada no puede estar muy lejos de los trabajos y diseños que por la misma época realizaba G. Alfani, del Osservatorio Ximeniano, en Florencia.⁴²

15. La difusión de la instrumentación de Cartuja en España

La instrumentación sismológica de Cartuja, como tal, no tuvo prácticamente difusión en España. Muy probablemente, esto se debe, por una parte, a su originalidad y, por otra, a que el Observatorio de Cartuja nunca pensó en actuar como fabricante de sismógrafos. Estos se construían para satisfacer las necesidades del registro del propio observatorio, y no con un interés específico en su comercialización. Sin embargo, es cierto que se construyeron algunos instrumentos para otros observatorios y, además, podemos seguir la influencia de sus diseños en diversos aparatos.

Concretamente, no existió ningún otro observatorio en España que utilizase aparatos construidos en Cartuja. Por lo tanto, solo encontramos la influencia de sus diseños. Veámoslo.

Primeramente nos referiremos a los sismógrafos del tipo Mainka que construyó el Observatorio del Ebro. Reciben el nombre Mainka porque su suspensión inferior se realiza mediante una lámina operando bajo tensión; pero, cuando observamos el diseño de todo el elemento de suspensión, notaremos enseguida cuanto debe su diseño a la misma pieza de los bifilares Cartuja, con sus diferentes tornillos que permiten un rápido centrado y cambio de período. Asimismo, su sujección a un muro, sin pie de soporte, recuerda totalmente a los bifilares Cartujanos. En cambio, no notamos traza de la influencia de Cartuja en su mecanismo inscriptor, a no ser por la ligereza de sus elementos, realizados en paja.

Otro instrumento que debe algo al observatorio de Cartuja es la reforma del sismógrafo Wiechert horizontal de Toledo, realizada por Vicente Inglada en 1920 (Rey Pastor, 1929). Se le dotó de un nuevo sistema amplificador-inscriptor, especialmente

⁴¹ Los Talleres de Automática eran dirigidos por el afamado ingeniero Leonardo Torres Quevedo y en su momento representaron un intento del estado para disponer de un taller-laboratorio que elaborase instrumentos científicos para las necesidades nacionales. Para más información sobre el tema véase, p. e. Moreno y Romero (1997).

También en este laboratorio se realizaron copias del modelo anterior, el “Trerómetro Granero”.

⁴² La difusión de alguno de sus trabajos fue notoria. Sin ir más lejos, a principios de 1911, los periódicos españoles se hacían eco de las experiencias que Alfani había realizado con su “trepidómetro” en la torre inclinada de Pisa. P. e., el periódico “La Vanguardia” de Barcelona le dedicaba una extensa nota ilustrada con fotografías en su “hoja científica” del día 19 de Enero de 1911.

ligero, que permitió dotarlo de una amplificación muy superior a la que tenía hasta el momento y que todavía podemos contemplar, puesto que este aparato todavía existe. La fuente de inspiración de este sistema, aunque para nada sea una copia de los originales, fueron los sistemas amplificadores de Cartuja.

También los péndulos bifilares y verticales construidos por Francisco Graiño en el Observatorio de San Fernando tienen una fuente de inspiración en los homónimos de Cartuja. Su sujeción directamente a un muro y el sistema de centrado de la suspensión inferior así lo translucen.

Finalmente, en los años previos a la guerra civil vemos aparecer el nombre de Sánchez-Navarro en algunos proyectos y reformas. En los años treinta se instaló una estación sísmica en el parque del Retiro de Madrid, en los locales hoy ocupados por el Centro Meteorológico Regional (Sánchez-Navarro, 1934). En ella había instalado un sismógrafo “Omori-Navarro (componente NE-SW) de 2000 kg. Sin duda se está refiriendo a un péndulo del tipo Bifilar Cartuja; pero no disponemos de ninguna información adicional sobre el mismo. También en el Observatorio de Almería se instaló, en 1936, un nuevo péndulo vertical de 800 kg de masa y que registraba la componente E-W. En los primeros años también ostentaba el nombre de Navarro, significando su inspiración en el péndulo vertical de Cartuja (pensemos, además, que en aquellos años la inspección del Observatorio de Almería era ostentada por F. Gómez Guillamón, lo cual aclara mucho el origen del instrumento).

16. La importancia de Cartuja para la sismología sudamericana

La influencia del Observatorio de Cartuja es, en contraposición a lo ocurrido en España, muy importante. De hecho, es determinante para los inicios de la sismología instrumental en varios países y la sismología sudamericana debe algunos de sus mejores sismógrafos al Observatorio de Cartuja.

El Observatorio de San Calixto

En 1911 Esteban Tortosa, hermano coadjutor y que trabajó en el observatorio de Cartuja entre 1907 y 1908, aunque por la información que disponemos no trabajó en la construcción de sismógrafos, instaló en el colegio de San Calixto, que regentaban los jesuitas, en La Paz, Bolivia, un péndulo horizontal Cartuja de 450 kg, idéntico por lo demás al de 305 kg existente en aquella época en aquel centro (15 s de período, dotado de amortiguamiento y una amplificación estática de 80 veces). En 1913, y siguiendo una recomendación formulada en el congreso de la asociación internacional de sismología de Manchester (1911), se decidió convertir este centro en una estación de primer orden. Se nombró como director del mismo al francés Pierre Descotes⁴³ (1877-1964), a quien ya hemos encontrado anteriormente al hablar de la construcción de diversos sismógrafos en Cartuja. Para dotarla decidió instalar un nuevo péndulo vertical de modelo muy parecido al Cartuja. Se componía de un recipiente de palastro, de forma cúbica y lleno de hierros de deshecho con una masa total de 1500 kg. Su montura era cardánica, con muelles de suspensión muy separados entre sí para evitar los movimientos de nutación

⁴³ En algunos escritos se le cita con la grafía Descottes.

de la masa y un sistema amplificador inscriptor formado por tres palancas (en vez de las dos de Cartuja). Registraba las dos componentes horizontales del movimiento del suelo (N-S y E-W) con un periodo propio de 2.4 s y una amplificación de 1000 veces (realmente notable en su tiempo). Posteriormente se añadió a estos equipos un nuevo sismógrafo bifilar del modelo Cartuja (componente N-S). Comenzó a prestar sus servicios en 1914 y tenía una masa 2000 kg, 14 s de período, una amplificación de casi 200 veces y estaba dotado de amortiguamiento. En abril de 1924 el bifilar de 450 kg fue reemplazado por uno de 3500 kg, con una amplificación de 300.

La estación se encontraba instalada en la cripta de la iglesia del colegio de San Calixto, lugar muy adecuado; pero que prestaba a los instrumentos un decorado que no deja de chocarnos, como puede verse en las imágenes [LaPaz1](#), [LaPaz2](#) y [LaPaz3](#) del CD-Rom. Por su situación y características, la importancia de este observatorio, tan ligado instrumentalmente al de Cartuja, fue fundamental para el progreso de la sismología a nivel mundial, recibiendo el elogio de Gutenberg and Richter (1954) que lo consideraron la más importante estación mundial a nivel individual.⁴⁴

La estación sismológica de Sucre

No sería La Paz, con toda su importancia, la única estación sísmica de Bolivia relacionada con Cartuja. En 1926 la compañía de Jesús instaló un nuevo observatorio sismológico en el colegio del Sagrado Corazón de Sucre (Bolivia). Nuevamente se utilizaron modelos de origen Cartujano. En un primer momento fue un péndulo bifilar de 3000 kg, período 12 s y amplificación 300 dotado, como es lógico, de amortiguamiento. Registraba la componente N-S. A partir de junio del mismo año encontramos también un péndulo vertical 1340 kg de masa, 3 s de período y amplificación 670 veces. Registraba la componente NE-SW. Desgraciadamente, no disponemos de más información al respecto, habiendo obtenido la que proporcionamos de los boletines sísmicos de la misma estación.

La estación sísmica del Colegio de San Bartolomé, Bogotá.

En 1916 Carlos Ortiz Restrepo y Enrique Pérez Arbeláez, jesuitas colombianos, fueron comisionados para hacer un breve curso de sismología en el observatorio de Cartuja. Como consecuencia, se encargó a los talleres de Automática de Torres Quevedo la construcción de un modelo de péndulo bifilar Cartuja. Por distintos motivos, este péndulo no llegó a Colombia sino años después y todavía tardó algunos años en instalarse. Entró en servicio en verano de 1921, instalado en la parte baja del Colegio de San Bartolomé, de Bogotá. Su masa era de 200 kg. Un poco más tarde Simón Sarasola, jesuita basco, instaló en el mismo colegio una estación meteorológica y mejoró la estación sísmica. En Junio de 1930 se instaló un segundo bifilar Cartuja, construido en Granada y de 1000 kg de peso. No tenemos más datos de estos instrumentos, y los que disponemos muestran contradicciones algunas veces (véase Ramírez, 1977; y Rafael, 1988). Queda claro, eso sí, que Cartuja contribuyó decisivamente al nacimiento de la sismología instrumental en Colombia.

El Colegio de Montserrat, Cienfuegos

⁴⁴ El lector encontrará informaciones adicionales en Descotes (1913) y Drake (1995).

Tenemos unos datos para la confusión. Sánchez-Navarro (1915) afirma que se construyeron en Cartuja las piezas principales (mecanismos y suspensiones) de un sismógrafo que funcionaba (ya en 1912) en el colegio de Montserrat, que regentaban los jesuitas, en Cienfuegos, Cuba. Por otra parte, una fotografía, conservada en el mismo observatorio de Cartuja y que reproducimos en el CD-Rom (imagen [bifilar5](#)), perteneciente a la suspensión inferior de un péndulo bilifar, lleva la inscripción “Cienfuegos” anotada en su reverso. Sin embargo, nunca hemos tenido noticia de la existencia de una estación sismológica en dicho colegio. En cambio, existía en dicho lugar un observatorio meteorológico que publicaba regularmente sus boletines, a los que hemos tenido acceso, y no hemos encontrado ninguna referencia a la misma. Nos queda, por tanto, la duda de su existencia. Si parece claro, por otra parte, que este sismógrafo fue construido.

17. La influencia de Cartuja en Italia. Un viaje de regreso.

Recordemos como, al describir los primeros sismógrafos que se instalaron en el Observatorio de Cartuja, apuntamos su origen y adscripción a la escuela italiana de instrumentación sísmica. El trabajo sobre instrumentación desarrollado en Cartuja, abierto a todo lo bueno que se producía en cualquier parte del mundo e innovador, hizo que los modelos desarrollados en el observatorio se diferenciases enseguida de aquellos que les habían servido de primer modelo y, aún más, que los antiguos maestros copiaran de sus alumnos, en lo que definiríamos como un viaje tecnológico de ida y vuelta. Y es de este modo como, alrededor de los años veinte, encontramos algunos modelos de Cartuja en observatorios italianos.

Hemos detectado dos observatorios con instrumentos que llevan el nombre Cartuja o Navarro. Cronológicamente, el primero es el observatorio de “Valle di Pompei”,⁴⁵ cerca de Nápoles. En sus boletines encontramos, entre 1918 y 1924, la presencia de un “pendolo Navarro Neumann”. Su masa era de 850 kg, su período propio de 1.9 s y su amplificación estática de 320 veces. Por sus características se trata, sin duda, de una copia del péndulo Cartuja vertical. Su velocidad de registro era de 10.8 mm/min y parece que registraba dos componentes perpendiculares del movimiento del suelo.

También en el Osservatorio Ximeniano de Florencia hemos detectado la presencia de un péndulo Cartuja. Suponemos que se trataba también de un péndulo vertical. En este caso su masa era de 100 kg, su periodo de 6 s y su amplificación de 200 veces. La velocidad de registro era de 70 mm/min. Este último es un caso paradigmático, puesto que el director del observatorio Guido Alfani fue, como hemos dicho, uno de los consultores para la realización de la primera instalación de instrumentos sísmicos en Cartuja. Tampoco es de extrañar, puesto que la relación científica entre Alfani y Sánchez-Navarro fue constante. También hay que apuntar aquí que el director del observatorio de Valle di Pompei, G. B. Alfano, era discípulo de Alfani y podemos hipotetizar una influencia de Alfani en la introducción de sismógrafos de modelo cartujano en este observatorio.

⁴⁵ También llamado “Osservatorio Pio X”, en honor de dicho pontífice.

Finalmente, y como una segunda hipótesis no confirmada de influencia mutua, no deja de ser sintomático que el observatorio Ximenario y Cartuja desarrollaron casi en paralelo la construcción de versiones propias de los sismógrafos magneto-ópticos Galitzin.

18. Los sismogramas de Cartuja. Reflexión final

Ya para terminar este capítulo dedicado a la instrumentación sísmica del observatorio de Cartuja nos referiremos a sus registros, los sismogramas. En este tema, desgraciadamente, debemos decir que los sismogramas registrados por todos los sismógrafos descritos fueron irremisiblemente destruidos en los años sesenta; habiéndose perdido con ellos informaciones esenciales sobre alguno de los principales terremotos ibéricos de este siglo. Sin embargo, y recuperando un trabajo que realizamos hace algún tiempo y que aquí reproduciremos en parte (Batlló, 1999), diremos que existe la posibilidad de recuperar un número mínimo; pero no despreciable, de estos registros. Por una parte, un feliz hallazgo en el Observatorio del Ebro permitió recuperar contactos fotográficos de una treintena de gráficos correspondientes a diferentes terremotos registrados por diferentes sismógrafos de Cartuja⁴⁶ y, por otra, una revisión metódica de publicaciones científicas del siglo XX, en las que regularmente se publicaban resultados de los trabajos y observaciones sismológicas de la estación de Cartuja (la gran mayoría escritas por el ya mencionado Manuel M. Sánchez-Navarro Neumann), permitió hallar un buen número de reproducciones de gran calidad de diferentes gráficos de terremotos registrados por sus sismógrafos. Las fuentes consultadas se especifican en la tabla 2. En negrilla las fuentes principales y que han sido objeto de una consulta y vaciado exhaustivo y, a continuación, otras fuentes que nos han permitido completar la colección presentada. En total, disponemos nuevamente de poco más de un centenar de registros correspondientes a unos sesenta terremotos diferentes (regionales y telesismos) obtenidos en la práctica totalidad de los muy diversos aparatos que funcionaron en Cartuja, en un periodo que abarca desde 1903 hasta 1942. No descartamos que en un futuro pueda completarse este catálogo de gráficos de los sismógrafos de Cartuja con otros hallazgos, puesto que hay pistas de la existencia de más copias (véase, p. e., Sánchez-Navarro, 1934).⁴⁷

Presentamos el resultado de la investigación realizada en forma de tabla (tabla 3). Esta, se estructura en 15 columnas. La primera columna (*Reg.*) es un número de registro de referencia. Se asigna de forma que a cada terremoto le corresponda un número distinto. Así, registros con el mismo número de referencia corresponden a distintos sismogramas del mismo terremoto o a diferentes copias del mismo sismograma. Otros eventos registrados como ráfagas de viento, variaciones de presión o vibraciones de origen cultural no llevan número de registro. Algunos números van

⁴⁶ Era normal en aquellos años que los observatorios intercambiaran copias de sus sismogramas realizadas mediante contactos fotográficos.

⁴⁷ Precisamente, en el momento de escribir estas líneas, y dentro de los trabajos de preparación del centenario del observatorio, se está procediendo a recuperar un conjunto de negativos fotográficos existentes en el mismo observatorio de Cartuja y, entre ellos, se han encontrado algunas imágenes de sismogramas. No se ha procedido todavía a su identificación, y la premura de tiempo nos impiden incluirlos en el presente estudio; pero ya podemos avanzar que la lista aquí presentada podrá ampliarse con algunos sismogramas más.

acompañados de una letra que significa que todos los eventos con la misma letra se encuentran en el mismo gráfico. Las columnas 2-4 corresponden al año, mes, día y hora de registro del evento consignado. Las columnas 6-11 contienen la información de las características del aparato que realizó el registro: Nombre del instrumento, velocidad del registro en milímetros (*Vel. R.*), masa, amplificación estática o magnificación (*Mag.*), periodo propio del instrumento (*Per.*) y su amortiguamiento (*Amrt.*, $\epsilon:1$) cuando existe. Los espacios en blanco significan que no se ha encontrado el dato correspondiente que acompañe al gráfico. La duodécima columna (*Referencia*) indica la fuente de obtención del gráfico según la clave adjunta en la tabla 2. Se indica, cuando procede, volumen o año, mes y página en donde se encuentra. Las columnas decimotercera y decimocuarta consignan la latitud y longitud epicentral del evento y la decimoquinta columna refiere al lugar o tipo de evento y la fuente utilizada para consignar los datos epicentrales.

La colección así recuperada y que aquí presentamos nos permite adquirir, de primera mano, una idea de cómo era el registro sísmico en la estación de Cartuja y sus peculiaridades. Un primer apunte a destacar es que la velocidad de registro de los aparatos, aún para su tiempo, tendía, por motivos de economía de papel, a ser corta; detalle que, evidentemente, penaliza el contenido en altas frecuencias de los registros. También notamos la presencia de sismogramas estrella, cuyo gráfico es reproducido una y otra vez en diferentes revistas. Es el caso, por ejemplo, del registro del día 15 de noviembre de 1921 en el sismógrafo Berchmans, componente N-S, correspondiente a un terremoto siberiano.

También, la recuperación de estos gráficos debe permitirnos comprobar la validez de las constantes instrumentales publicadas en los boletines de la época y de las amplitudes del registro anotadas en los mismos, refrendando así la bondad de la utilización de estos registros en diferentes estudios. Finalmente, debe darnos la posibilidad, hasta ahora inexistente, de estudiar instrumentalmente algunos terremotos peninsulares, especialmente de la zona Bética y del mar de Alborán. En la figura 6 señalamos la localización de los eventos acaecidos en la península Ibérica o sus proximidades y ahora recuperados. Vemos que, efectivamente, los terremotos fuente de los gráficos recuperados se agrupan alrededor de Cartuja, en las Béticas, otro grupo en el Mar de Alborán y un tercer grupo en la zona de Murcia, quedando como escepciones dos terremotos pirenaicos (uno de ellos el correspondiente a la Canal de Berdún, de 1923) y el terremoto de Benavente, en Portugal (1909).

Concluimos así este capítulo dedicado a la instrumentación sísmica del observatorio de Cartuja, principalmente a sus diseños propios, que constituye una de sus principales aportaciones científicas a nivel internacional. Las realizaciones alcanzadas fueron, para su tiempo, de primer orden. Quizás no recibieron toda la difusión que debían en aquel momento; pero este hecho no les resta un ápice de su valor ni originalidad. Desgraciadamente, muy poco nos queda de todo ello, tanto de los instrumentos como de sus registros. No es óbice, sin embargo, para que no podamos valorar todo el trabajo realizado y, más importante, extraer todavía lecciones válidas para nuestras investigaciones actuales.

Bibliografía

- Actividad (1953). Actividad de los observatorios españoles durante el año 1952, *Urania*, **38**, 167-168
- Agamennone, G. (1897). Sismoscopio elettrico a doppio effetto, *Bolletino della Società Sismologica Italiana*, **3**, 37-45.
- Agamennone, G. (1902). Contre alcune obiezioni alla registrazione sismica a due velocità, *Bolletino della Società Sismologica Italiana*, **8**, 143-154.
- Anderson, J. A. and Wood, H. O. (1925). Description and theory of the torsion seismometer, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **15**, 1-72.
- Batló, J. (1999). Un ensayo de reconstrucción de un archivo de sismogramas antiguos de la estación sismológica de Cartuja. En: Martín, J. y Pazos, A.: *100 años de observaciones sismológicas en San Fernando 1898-1998. Conferencias y trabajos presentados*, Boletín del Real Instituto y Observatorio de la Armada (ROA) núm. 5/99, 133-142.
- Batló, J. and Bormann, P. (2000). A catalogue of old Spanish seismographs. *Seismological Research Letters* **71**, 570-582.
- Batló, J. i Ugalde, A. (2000). Els sismògrafs de l'Observatori de l'Ebre, en: Batlló, J.; de la Fuente, P. i Puig, R. (Ed.): *Actes de les V Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica*. IEC. Barcelona. pp. 161-165.
- Batló, J. (2002). Sismologia colonial: la introducció de la sismologia instrumental a les illes Filipines (1865-1901), en: Batlló, J.; Bernat, P. i Puig, R. (Ed.): *Actes de les VI Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, IEC, Barcelona, 215-224.
- Benioff, H. (1932). The variable reluctance transducer, *Bull. Seis. Soc. Am.*, **22**, 155-169.
- Berlage, H. P. (1932). Seismometer. En: Gutenberg, B. (Ed.): *Handbuch der Geophysik, Band IV*. Verlag von Gebrüder Borntraeger. Berlin, 299-528.
- Bosch, J. and Bosch, A. (1910). Seismische Apparate-Instrumente, Katalog Nr. 22, Elsass-Lothringische Druckerei, Strassburg, 35 pp.
- Bullen, K. E. and Bolt, B. A. (1985). An introduction to the theory of seismology. Cambridge University Press, Cambridge, xviii + 500 pp.
- Chung, W. and Kanamori, H. (1976). Source process and tectonic implications of the Spanish deep-focus earthquake of 29 March 1954, *Phys. Earth Plan. Int.*, **13**, 85-96.

- Cirera, R. (1906). Noticia del Observatorio y de algunas observaciones del eclipse de 30 de Agosto de 1905, *Memorias del Observatorio del Ebro*, núm. 1, Observatorio del Ebro, Tortosa, 60 pp + 12 láminas.
- de Cortázar, D. (1884). Discursos leídos ante la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en la recepción pública del Sr. D. Daniel de Cortázar. *Imprenta de la Viuda é hijo de D. E. Agudo*, 114 pp.
- de Rossi, M. A. (1879). La Meteorología Endogena, Vol I, *Fratelli Dumolard*, Milano, Italia.
- de Rossi, M. A. (1882). La Meteorología Endogena, Vol II, *Fratelli Dumolard*, Milano, Italia.
- Descotes, P. (1913). Le Nouvel Observatoire Sismologique de la Compagnie de Jésus á La Paz, Bolivie, *Imprenta Velarde*, La Paz, 16 pp.
- Dewey, J. and Byerly, P. (1969). The early history of seismometry (to 1900), *Bull. Seism. Soc. Am.*, **59**, 183-227.
- Drake, L. A. (1995). Letter to the editor, *Seismological Research Letters*, **66**, 7-8.
- Due, A. (1940). Contribución de la estación sismológica del Observatorio de Cartuja al Estudio de los seísmos españoles, *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, XVI Congreso (de Zaragoza)*, 140-145.
- Due, A. (1943). Una solución práctica al problema del registro galvanométrico, *Anales de Física y Química*, **39**, 5-9.
- Due, A. (1949a). El nuevo sismógrafo de la estación sismológica de Cartuja, *Rev. de Geofísica*, **8**, 470-474.
- Due, A. (1949b). Dos nuevos aparatos registradores del Observatorio de Cartuja, *Las Ciencias*, **14**, 205-213.
- Due, A. (1958). En el cincuentenario de la estación sismológica de Cartuja, *Rev. de Geofísica*, **17**, 83-88.
- Fernández de Castro, M.; Lasala, J. P.; Cortazar, D. y Gonzalo y Tarín, J. (1885). Terremoto de Andalucía: Informe de la Comisión nombrada para su estudio dando cuenta del estado de los trabajos en 7 de Marzo de 1885. *Imp. de M. Tello*, Madrid, 107 pp.
- Ferrari, G. (Ed.) (1990) Gli strumenti Sismici Storici. *SGA Storia-Geofisica-Ambiente*. Bologna, Italia, 198 pp.
- Ferrari, G. (Ed.) (1992a) Two hundred years of seismic instruments in Italy 1731-1940. *SGA Storia-Geofisica-Ambiente*. Bologna, Italia, 156 pp.

- Ferrari, G. (1992b). Vicentini microseismograph for the vertical component 1897. En Ferrari, G. (Ed.): *Two Hundred years of seismic instruments in Italy 1731-1940*. SGA Storia-Geofisica-Ambiente, Bologna, 132-133.
- Fouque, F. (1886). Mission d'Andalousie: Etudes relatives au tremblement de terre du 25 décembre 1884, et à la constitution géologique du sol ébranlé par les secousses, *Acad. Sci. Mem.*, **XXX**, 1-772.
- Galitzin, B. (1910). Über einen neuen Seismographen für die Vertikalkomponente der Bodenbewegung, *C. R. Comm. Sism. Perm.* **4**, Livr. 2.
- Galitzin, B. (1911). Über ein neues aperiodisches Horizontalpendel mit galvanometrischer Fernregistrierung, *C. R. Comm. Sism. Perm.* **4**, Livr. 1.
- Galitzin, B. (1921). Conferencias sobre sismometría, *Instituto Geográfico y Estadístico*, Madrid, 560 pp.
- Gómez Guillamón, F. (1942). Nuevo sismógrafo "Victoria", proyectado y construido en la estación sismológica de Málaga del Instituto Geográfico y Catastral, *Las Ciencias*, **7**, 23-37.
- González, F. J. (1995). Instrumentos Científicos del Observatorio de San Fernando (siglos XVIII, XIX y XX), *Instituto de Historia y Cultura Naval, Ministerio de Defensa*, Madrid, XXIV+286 pp.
- Granero, J. (1902a). El observatorio Astronómico, Geodinámico y Meteorológico de Granada, *Razón y Fe*, **3**, 222-225.
- Granero, J. (1902b). Observatorio de Granada. Sección Geodinámica, *Razón y Fe*, **3**, 512-520.
- Gutenberg, B. And Richter, C. F. (1954). *Seismicity of the Earth and Associated Phenomena*, 2nd edition, *Princeton University Press*, Princeton, 310 pp.
- Gutiérrez-Lanza, P. M. (1904). Apuntes históricos acerca del Observatorio del Colegio de Belén. Habana. *Imprenta Avisador Comercial*, Habana.
- Gutiérrez-Lanza, P. M. (1914). Conferencias de Seismología, pronunciadas en la Academia de Ciencias de la Habana, Habana.
- Kisslinger, K. (1967). *Lecture Notes on Seismological Instrumentation*. International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Tokio, 103 p.
- López Arroyo, A.; Martín, A. J.; Mezcuca, J.; Muñoz, D. y Udías, A. (1980). El Terremoto de Andalucía del 25 de Diciembre de 1884. *Instituto Geográfico Nacional*, Madrid, 139 pp.
- López arroyo, A., Cruz, J., Roca, A. and Olivera, C. (1990). Early seismo graphic instruments in Spain. En Ferrari, G. (Ed.): *Gli strumenti Sismici Storici*. SGA Storia-Geofisica-Ambiente. Bologna, Italia, 161-164.

- Marcolaín, P. (1889). Una estación sismológica, *Crónica Científica*, **12**, 129-131.
- Merino, M. (1905). Los terremotos experimentados en la Liguria y alta Italia, Suiza, y occidente y mediodía de Francia, *Revista de los Progresos de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, **22**, 196-204.
- Mezcua, J. and Batlló, J. (2003). Developments of the Seismological Sciences and their Instrumentation in Spain. En: Jennings P., Kanamori, H. and Lee W. (Ed.), *Handbook of Earthquake and Engineering Seismology*. Vol. 2. Academic Press, [in press].
- Mier, E. (1910). Memoria acerca de la organización del Servicio sismológico en España. *Imprenta del "Memorial de Ingenieros del Ejército"*, Madrid, 60p.
- Mier, E. (1917). La sismología en la guerra, *Ibérica*, **VII**, 107-110.
- Mohorovicic, A. (1924). A critical review of the seismic instruments used today and the organization of seismic service, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **14**, 38-59.
- Moreno, R. y Romero, A. (1997). Recuperación del instrumental científico-histórico del CSIC. Antecedentes del Instituto "Torres Quevedo". 1. El laboratorio de automática, *Arbor*, **CLVI**, 131-166.
- Omori, F. (1903). A Horizontal Pendulum Tromometer, *Publ. Earthquake Inv. Comm.*, Tokyo, **12**, 1.
- Pacher, G. (1897). I Microsismografi dell'Istituto di Fisica della R. Università di Padova, *Bolletino della Società Sismologica Italiana*, **3**, 65-131.
- Payo, G. y Gómez-Menor, R. (1998). Historia del Observatorio Geofísico de Toledo. *Instituto Geográfico Nacional*. Madrid. xviii+221 p.
- Prían, J., Quijano, J. y Catalán, M. (1992). La sismología en le Real Observatorio de la Armada. Desde los inicios de la sismología instrumental en España hasta la Red Sísmica del Estrecho (1897-1992), *Rev. de Geofísica*, **48**, 115-127.
- Rafael Goberna, J. (1988). The historical seismograms of Colombia. En: Lee, W. H. K.; Meyers, H. and Shimazaki, K.: *Historical Seismograms and Earthquakes of the World*. Academic Press, New York, 467-473.
- Ramírez, E. (1977). Historia del Instituto Geofísico al conmemorar sus 35 años, *Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javerana*, Bogotá, 32 pp.
- Rey Pastor, A. (1929). Estudio crítico de los aparatos de la Estación Sismológica de Toledo, *Asociación española para el progreso de las ciencias, Congreso de Barcelona*, Tomo III, Sección 2ª.- Ciencias Astronómicas, 145-169.

- Rey Pastor, A. (1932). El Servicio Sismológico Español, *A Terra*, **1**, 36-40.
- Roca Rosell, A. (1992). *La física en la Catalunya finisecular. El joven Fontserè y su época*, Madrid, Universidad Autónoma de Madrid (tesis doctoral).
- Rodríguez de la Torre, F. (1999). Documentos del Observatorio de San Fernando y el Ministerio de Marina sobre la instalación del primer sismógrafo en España. En: Martín, J. y Pazos, A.: *100 años de observaciones sismológicas en San Fernando 1898-1998. Conferencias y trabajos presentados*, Boletín del Real Instituto y Observatorio de la Armada (ROA) núm. 5/99, 125-132.
- Rothé, E. (1940). Modèle de questionnaire envoyé aux stations pour préparer la “liste des stations du monde entier” dont la publication a été décidée par la conférence d’Édimbourg. En Neumann, F et Rothé, E. (Eds.): *Comptes Rendus des Séances de la septième conférence, Association de Séismologie, UGGI, Toulouse*, 285-314.
- Saderra Masó, M. (1895). *La seismología en Filipinas*, Manila, Observatorio de Manila, 125 p + figuras.
- Saderra Masó, M. (1915). *Historia del Observatorio de Manila*, Manila, E. C. McCullough & Co., Inc., 210 p + figuras.
- Sagrístá, J. (1920a). El Príncipe Boris Galitzin y su obra científica en Sismología, *Revista de la Soc. Astronómica de España y América*, **X**, 1-6.
- Sagrístá, J. (1920b). El Sismógrafo Galitzin, para el registro de la componente vertical, *Revista de la Soc. Astronómica de España y América*, **X**, 94-96.
- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1907a). Les pendules Stiattesi à l’Observatoire de Cartuja (Granada), *Bolletino della Società Sismologica Italiana*, **12**, 409-416.
- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1907b). Estudio comparativo de los instrumentos más usados en Sismología, *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*, **6**, 653-674, 761-772, 859-867 y 911-926.
- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1908a). Estudio comparativo de los instrumentos más usados en Sismología, *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*, **7**, 121-144.
- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1908b). Les sismographes construits a Cartuja (Grenade), *Cosmos*, **LIX**, 87-90.
- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1908c). Le nouveau pendule horizontal de Cartuja, *Bolletino della Società Sismologica Italiana*, **13**, 207-218.
- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1909a). Aperçu des instruments les plus usités en seismologie, *Ciel et Terre*, **XIV**, 295-326.

- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1909b). El nuevo péndulo vertical de la Estación Sismológica de Cartuja, *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, **XIV (revisar)**, 387-394.
- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1909c). Le nouveau Pendule vertical de la Station Sismologique de Cartuja (Grenade), *Ciel et Terre*, **XIV**, 397-405.
- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1909d). Le séisme Hispano-Portugais du 23 Avril enregistré a Cartuja (Grenade) par un petit jouet scientifique, *Cosmos*, **LX**, 568-569.
- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1910a). La composante verticale Vicentini de la station sismologique de Cartuja (Grenade), *Beiträge zur Geophysik, Kleine Mitteilungen*, **10**, 79-85.
- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1910b). Le Tremblement de Terre Ibérique du 23 d Avril 1909, *Ciel et Terre*, **XV**, 41-66.
- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1911). Tromomètre Cartuja, *Cosmos*, **LXIV**, 289-291.
- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1912a). Algunas indicaciones sobre la construcción de un Sismógrafo para los terremotos locales y cercanos, y el estudio de los sismogramas, *Revista de la Soc. Astronómica de España y América*, **II**, 54-58.
- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1912b). Sismographe Cartuja à composante verticale, *Cosmos*, **LXVI**, 635-636.
- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1915a). 1903-1912. Diez años de actividad de la estación sismológica de Cartuja, *Asociación española para el progreso de las ciencias, Congreso de Madrid*, Tomo III, Sección 2ª.- Astronomía y Física del Globo, 245-264.
- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1915b). Motores y edificios, *Ibérica*, **III**, 329-330.
- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1916a). Tromómetro Cartuja (pequeño modelo), *Asociación española para el progreso de las ciencias, Congreso de Madrid*, Tomo IX, Sección 8ª.- Ciencias de aplicación, 183-196.
- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1916b). Terremotos, Sismógrafos y Edificios, *Imprenta de Gabriel López del Horno*, Madrid, 252 pp.
- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1918). Macrotrerómetro "P. Granero, S.I.", *Ibérica*, **10**, 46-48.
- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1919a). Ensayo crítico sobre los sismógrafos más en uso. Generalidades y péndulos verticales de registro mecánico),

Asociación española para el progreso de las ciencias, Congreso de Sevilla, Tomo IV, Sección 2ª.- Astronomía y Física del Globo, 33-69.

Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1919b). Trerómetro Granero, *Asociación española para el progreso de las ciencias, Congreso de Sevilla, Tomo X, Sección 8ª.- Ciencias aplicadas, 119-122.*

Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1919c). Macrotrerómetro Granero, *Asociación española para el progreso de las ciencias, Congreso de Bilbao, Tomo X, Sección 8ª.- Aplicaciones, 167-173.*

Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1920). Ensayo crítico sobre los sismógrafos más en uso (péndulos horizontales e invertidos de registro mecánico), *Asociación española para el progreso de las ciencias, Congreso de Bilbao, Tomo IV, Sección 2ª.- Astronomía y Física del Globo, 51-89.*

Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1921a). Una estación sismológica española, *Revista de la Soc. Astronómica de España y América, XI, 92-102.*

Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1921b). Un appareil pratique de sismologie appliquée, *Ciel et Terre, XXVI, 14-20.*

Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1921c). El Sismógrafo “Berchmans”, *Imp. Y Lib. de Eulogio de las Heras, Sevilla, 8 pp.*

Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1922a). The Berchmans Seismograph, *Bull. Seis. Soc. Am., 12, 24-27.*

Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1922b). Le sismographe inverti “Berchmans” de la Station sismologique de Cartuja (Grenade), *Ciel et Terre, XXXVIII, 277-281.*

Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1924a). El sismógrafo “Javier” de la estación sismológica de Cartuja, *Ibérica, XXI, 391-395.*

Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1924b). Bendición especial para sismógrafos, *Razón y Fe, 69, 268-270.*

Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1924c). Bendición de los sismógrafos, *Ibérica, XXI, 376.*

Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1925). La componente vertical “Belarmino” de la estación sismológica de Cartuja (Granada), *Ibérica, XXIII, 217-222.*

Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1927). Les Séismographes de la Station Séismologique de Cartuja (Granada), *Publ. du Bureau Central Séismologique International, Série A, Travaux Scientifiques, Fasc. 4, 119-131.*

- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1928). Actual cooperación de la Compañía de Jesús a los estudios sismológicos, *Ibérica*, **XXIX**, 58-62, 72-75 y 90-93.
- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1929). La Exposición Ibero-Americana de Sevilla, *Ibérica*, **XXXII**, 362-368.
- Sánchez-Navarro Neumann, M. M. (1934). La sismología. Ojeada retrospectiva. Recientes progresos, *Ibérica*, **XLII**, 237-240, 255-256, 270-272, 300-304 y 317-319.
- Sieberg, August (1923). *Erdbebenkunde*, Verlag von Gustav Fischer, Jena, XIII+572 p.
- Tarramelli, T. and Mercalli, G. (1885). I terremoti Andaluci cominciati il 25 dicembre 1884, *R. Acc. Lincei*, **CCLXXXIII**.
- Thomson, W. T. (1981). *Theory of vibration with applications*, Second Edition, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, xvi+494 p.
- Torallas, E. (1924). Rapport sur l'Organisation du Service Sismologique en Espagne, *Instituto Geográfico y Catastral*, Madrid, 67 p. + láminas.
- Udías, A. y Mezcuca, J. (1986). Fundamentos de geofísica. *Editorial Alhambra*, Madrid, 420 pp.
- Wiechert, E. (1904). Ein astatishes Pendel hoher Empfindlichkeit zur mechanischen Registrierung von Erdbeben, *Beiträge zur Geophysik*, **6**, 437-450.

Figura 1: Diferentes tipos de sismógrafos utilizados en España según sus principios de construcción. (1) Péndulo cónico. (2) Péndulo rígido. (3) Péndulo Zöllner. (4) Péndulo vertical. (5) Péndulo de torsión. (6) Péndulo invertido. (7) Péndulo de barra flexible. (8) Péndulo cenital translacional. (9) Péndulo vertical rotacional. Véase explicación en el texto (de Batlló and Bormann, 2000).

Figura 2. Ampliación del sismograma correspondiente al registro del microsismógrafo Vicentini del día 3 de Enero de 1903 desde la 22 h, 15 m, 32 s a las 22 h, 21 m, 46 s. Es el registro más antiguo del Observatorio de Cartuja del que nos ha llegado copia y en él podemos apreciar la curiosa fisonomía del registro que se obtenía con el pantógrafo que amplificaba los movimientos horizontales de la masa (del Boletín Mensual del Observatorio de Granada, Vol I, núm. 2).

Figura 3. Apunte de la suspensión inferior de un sismógrafo bifilar Cartuja realizado por Sánchez-Navarro, y en donde puede apreciarse que mediante unos simples tornillos puede variarse la posición del resorte o muelle que sustenta la masa (de Sánchez-Navarro, 1919).

Figura 4. Esquema del mecanismo multiplicador-inscriptor del péndulo vertical Cartuja. Obsérvese el muelle helicoidal que obliga a que las palancas amplificadora e inscriptora permanezcan en contacto (de Sánchez-Navarro, 1919).

Figura 5. Esquema del contacto entre las palancas del mecanismo multiplicador-inscriptor del péndulo invertido Berchmans, que también fue adoptado en los bifilares Cartuja. Véase explicación en el texto (de Sánchez-Navarro, 1919).

Figura 6. Localización de los epicentros de terremotos acaecidos en la Península Ibérica y su entorno y cuyos gráficos obtenidos en la estación de Cartuja han sido recuperados. El número que acompaña cada epicentro corresponde a las dos últimas cifras del año en que se produjo y las coordenadas epicentrales de cada terremoto pueden consultarse en la tabla 3 (de Batlló, 1999).

Instrumento	Comp.	Periodo	Tipo	Masa
Stiattesi	N-S	1903-08	M 2 A	208
Stiattesi	E-W	1903-08	M 2 A	208
Vicentini Pacher	Horizontal	1903-08	M 4 A	308
Vicentini vertical	Z	1903-07	M 7 A	48
Vicentini vertical	Z	1907-08	M 7 A	48
Omori Modificado	NNW-SSE	1907-13	M 1 A	106
Vicentini Cartuja		1908-09	M 4 A	125
Cartuja Bifilar	NNW-SSE	1908-16	M 1 A	305
Wiechert	N-S	1908-12	M 6 A	200
Cartuja Bifilar	ENE-WSW	1909-16	M 1 A	425
Cartuja Bifilar	NNW-SSE	1910-11	M 1 A	46
Cartuja Bifilar	N-S	1919-60	M 1 A	340
Cartuja Bifilar	E-W	1919-60	M 1 A	340
Alhambra	NE-SW	1920 ?	M 4 A	5
Pendolo vertical Cartuja	NNW-SSE	1909-24	M 4 A	280
Pendolo vertical Cartuja	ENE-WSW	1911-23	M 4 T	87
Pendolo vertical Cartuja	N-S	1924-33	M 4 A	280
Pendolo vertical Cartuja	E-W	1934-60	M 4 A	370
Berchmans	N-S; E-W	1920-33	M 6 A	3060
Berchmans	N-S; E-W	1934-48	M 6 A	4260
Javier	ENE-WSW	1924	E 3 F	7.5
Javier	E-W	1924-28	E 3 F	7.5
Belarmino	Z	1924-66	E 9 F	3.5
Canisio	E-W	1929-66	E 2 F	1.5
Canisio	N-S	1931-66	E 2 F	1.5
Cartuja Máximo	E-W	1949-60	M 1 A	4500
Macrosismógrafo Cartuja		1949 ?	M 1 A	15
Hiller-Stuttgart vertical	Z	1966-85	E 9 F	~0.5
Hiller-Stuttgart horizontal	N-S	1966-85	E 2 F	~0.5
Hiller-Stuttgart horizontal	E-W	1966-85	E 2 F	~0.5

Tabla 1: Instrumentos utilizados para el registro de la sismicidad en el Observatorio de Cartuja. En la primera columna (instrumento) se consigna el nombre convencional de sismógrafo de que se trata. La segunda columna indica la (o las) componente del movimiento del suelo registrada. La palabra horizontal se corresponde con instrumentos que registraban ambas componentes horizontales con la misma plumilla. La tercera columna (Periodo) se refiere a los años en que el instrumento estuvo en activo. Se encuentra en blanco en unos pocos casos en los que no se sabe con certeza si llegó a funcionar o en que periodos lo hizo. La cuarta columna (Tipo) se subdivide en tres, la primera da información sobre el tipo de sensor utilizado para el sismógrafo (electromagnético –E- o mecánico –M-), la segunda a su principio constructivo, o

estructura mecánica, identificado por un número, como se explica en los apartados siguientes y la tercera al tipo de registro utilizado (A- papel ahumado, F- papel fotográfico, T- tinta sobre papel). Finalmente, la quinta columna (Masa) consigna la masa del instrumento.

ORIGEN DE LOS GRÁFICOS

Ebro	- <i>Contactos fotográficos existentes en el Observatorio del Ebro.</i> 32 reproducciones.
BMOG	- <i>Boletín mensual del Observatorio de Granada (vol. I a IV).</i> 15 reproducciones
CeT	- <i>Ciel et Terre.</i> 9 reproducciones
Ibérica	- <i>Revista Ibérica.</i> 11 reproducciones
SAdEyA	- <i>Revista de la Sociedad Astronómica de España y América.</i> 9 reproducciones
SEIC	- <i>Report of the California Earthquake Comission.</i> Carnegie Institution. Washington 1908.
COS	- <i>Le Cosmos, Revue des sciences et de leurs applications.</i>
URANIA	- <i>Revista Urania.</i>
PBCSI	- <i>Publications du Bureau Central Séismologique International.</i> Travaux Scientifiques. Série A. Fascicule no. 4.
TSyE	- <i>Terremotos, Sismógrafos y Edificios.</i> M. S. Navarro Neumann. Madrid 1916.
RyF	- <i>Razón y Fe.</i>
IGN	- <i>Memorias del Instituto Geográfico y Catastral.</i>
ING	- <i>Gli Strumenti Sismici Storici.</i> ING. 1990
ISA	- <i>Seismogramme des nordpazifischen und südamerikanischen Erdbebens am 16. August 1906.</i> E. Rudoph und E. Tams. Internationalen Seismologischen Assoziation. Strasburg 1907

Tabla 2: Fuentes utilizadas en donde se han localizado gráficos de sismogramas registrados en la estación de Cartuja. Las fuentes en negrilla son las principales y se han analizado y vaciado sistemáticamente mientras que las otras fuentes se han utilizado de forma ocasional, a través de referencias encontradas en las fuentes principales y para complementarlas.

Reg	Año	Mes	Día	Hora	Instrumento	VI. R.	Masa	Mag.	Per.	Amrt.	Referencia	Lat.	Lon.	Lugar
1	1903	1	3	22:15	Vicentini						BMOG, I , Feb, 3			
2	1903	2	1	10:02	Stiattesi E						BMOG, II, Ene	42N	102E	(BAAS)
3	1903	4	28	23:00	Stiattesi N						BMOG, II, Ene	39N	43E	Melazghird (BAAS)
4	1903	4	29	12:28	Stiattesi N						BMOG, II, Ene			
4	1903	4	29	12:28	Stiattesi E						BMOG, II, Ene			
4	1903	4	29	12:28	Vicentini	15					BMOG, II, Ene			
5	1903	9	23	1:28	Vicentini	15					BMOG, II, Ene	52S	160E	(BAAS)
6	1903	10	12	19:47	Vicentini	15					BMOG, II, Ene			
7	1904	4	4	10:00	Vicentini						BMOG, III, Ene	41.75N	23.25E	(BAAS)
7	1904	4	4	10:00	Stiattesi E						BMOG, III, Ene	41.75N	23.25E	(BAAS)
7	1904	4	4	10:00	Stiattesi N						BMOG, III, Ene	41.75N	23.25E	(BAAS)
	1904	4	24		Vicentini						BMOG, III, Ene	---	---	Temporal
8	1904	7	13	14:59	Vicentini						BMOG, III, Ene	42.7N	0.03E	Pau (IGN)
9	1905	7	9	9:53	Stiattesi N						BMOG, IV, Jul	50N	98E	(BAAS)
9	1905	7	9	9:53	Stiattesi E						BMOG, IV, Jul	50N	98E	(BAAS)
10	1906	4	18	13:24	Stiattesi E	6.5	208	25	17.6		SEIC	37.8N	121.6W	S. Francisco (BAAS)
11 ^a	1906	8	17	0:22	Stiattesi E	6.5	208				ISA	50N	180E	Aleutianas (BAAS)
11 ^a	1906	8	17	0:22	Stiattesi N	6.5	208				ISA	50N	180E	Aleutianas (BAAS)
12 ^a	1906	8	17	0:56	Stiattesi E	6.5	208				ISA	33.0S	71.6W	Valparaíso (BAAS)
12 ^a	1906	8	17	0:56	Stiattesi N	6.5	208				ISA	33.0S	71.6W	Valparaíso (BAAS)
13	1907	4	15	6:20	Stiattesi E			23.5	22		RyF, XVIII, 235	16.0N	99.4W	Méjico (BAAS)
14	1907	9	2		Omori	5.5	106	29	12.4	r=0.8	Ebro	50N	170E	Aleutianas (BAAS)
15	1907	10	21	4:33	Omori						CeT, 1908, 82	39N	68E	Karatogh (BAAS)
16b	1908	3	26		Omori						COS, LIX, 88-89			Chilapa
17b	1908	3	27		Omori						COS, LIX, 88-89			Chilapa
18	1908	5	2	11:37	Wiechert						Ebro			

Reg	Año	Mes	Día	Hora	Instrumento	VI. R.	Masa	Mag.	Per.	Amrt.	Referencia	Lat.	Lon.	Lugar
19	1908	5	19	10:20	Bifilar						Ebro	37.2N	4.1W	(IGN)
20e	1908	6	6	5:42	Bifilar		305	100	6.7	2.5	Ebro	38.0N	1.2W	(IGN)
21e	1908	6	6	8:39	Bifilar		305	100	6.7	2.5	Ebro	36.9N	4.0W	Arenas del Rey (IGN)
21	1908	6	6	8:39	Bifilar		305	100	6.7	2.5	COS, LIX, 90	36.9N	4.0W	Arenas del Rey (IGN)
22	1908	6	9	19:35	Bifilar		305	100	6.7	2.5	Ebro			
23	1908	12	28	4:23	Bifilar NNW		305	80	11	3.5	Ebro	38.2N	15.6E	Messina (ING)
23	1908	12	28	4:23	Wiechert N	11.5	200	126	4	5	Ebro	38.2N	15.6E	Messina (ING)
23?	1908	12	28		Wiechert 200						CeT, 1909, 311	38.2N	15.6E	Messina ??
24	1909	1	23	2:57	Omori NNW?		106	30	14	4	Ebro	33N	50E	Persia (BAAS)
24	1909	1	23	2:57	Bifilar		305				Ebro	33N	50E	Persia (BAAS)
25	1909	4	23	17:40	Omori NNW		106	30	14	4	Ebro	38.95N	8.82W	Benavente (IGN)
25d	1909	4	23	17:40	Wiechert N	11.5	200	77	5	5	Ebro	38.95N	8.82W	Benavente (IGN)
25d	1909	4	23	17:40	Wiechert E	11.5	200	80	6.3	4	Ebro	38.95N	8.82W	Benavente (IGN)
25	1909	4	23	17:40	Omori		106	33	14	2	CeT, 1910, 42	38.95N	8.82W	Benavente (IGN)
25	1909	4	23	17:40	Omori mod.		106	33	14	4	TsyE	38.95N	8.82W	Benavente (IGN)
25	1909	4	23	17:40	Omori		106	33	14	4	COS, LX, 569	38.95N	8.82W	Benavente (IGN)
26	1909	6	11	21:07	Bifilar ENE		425	60	17	3	CeT, 1909, 321	43.5N	5.3E	St. Cannat (BAAS)
27	1909	8	2	14:42	Vertical						CeT, 1909, 404	38.9N	8.8W	Lisboa (IGN)
28	1909	9	29	8:16	Vertical		280	500	2.2		Ebro	37.08N	3.6W	IV F.M. 30-40km (IGN)
29g	1910	6	16	10:52	Bifilar NNW		305	60	7	3	Ebro	36.7N	3.6W	II F.M. (IGN)
30g	1910	6	16	16:27	Bifilar NNW		305	60	7	3	Ebro	36.7N	3.6W	IV F.M. (IGN)
30	1910	6	16	16:27							Ibérica, II, 288	36.7N	3.6W	(IGN)
31	1910	6	24	13:28	Vertical				2		Ebro	36N	4E	Argelia (BAAS)
31	1910	6	24	13:28	Bifilar		305	60	7	3	Ebro	36N	4E	Argelia (BAAS)
31	1910	6	24	13:28	Bifilar NNW		305				CeT, 1911, 110	36N	4E	Argelia (BAAS)

Reg	Año	Mes	Día	Hora	Instrumento	VI. R.	Masa	Mag.	Per.	Amrt.	Referencia	Lat.	Lon.	Lugar
32	1910	10	27	0:59	Bifilar NNW		305	93	8	5	Ebro	35.5N	4.5W	(IGN)
32	1910	10	27	0:59	Bifilar ENE		425	113	10	4	Ebro	35.5N	4.5W	(IGN)
32	1910	10	27	0:59	Vertical						Ebro	35.5N	4.5W	(IGN)
32	1910	10	27	0:59	Bifilar ENE				10	4	TsyE	35.5N	4.5W	Tetuán (fragmento)
32	1910	10	27	0:59	Bifilar ENE		425				PBCSI, A, IV, 123	35.5N	4.5W	Tetuán (IGN)
33	1911	1	3	23:35	Bifilar ENE	~10	425	85	10	3.6	SadEyA, I, 13			Turquestan
33	1911	1	3	23:35	Bifilar ENE		425	85	10	3.6	CeT, 1911, 80			Turkestan
34	1911	3	21	14:15	Bifilar NNW		305	95	8	3	SadEyA, II, 122	38.02N	1.22W	Lorquí (Murcia) (IGN)
34	1911	3	21	14:15	Bifilar ENE		425	104	10	4	SadEyA, II, 122	38.02N	1.22W	Lorquí (Murcia) (IGN)
35	1911	5	31	15:13	Bifilar ENE			95	10	3	SadEyA, I, 54	37.2N	3.7W	Santafé (IGN)
36	1911	6	15	14:39	Bifilar ENE			118	10	3	TsyE			Japón
37	1914	10	3	17:31	Vertical	15-16	280	580	2		Ebro	16N	64W	(ISS)
37	1914	10	3	22:12	Vertical	15-16					Ebro	37.5N	32.5E	Anatolia (ISS)
38	1915	1	13	6:56	Bifilar E20N		425	60	13	4	SadEyA, V, 9	42.0N	13.5E	Avezzano (ISS)
39	1915	4	23	15:40	Bifilar E20N	9-10					Ebro	3.0S	68.0W	(ISS)
39	1915	4	23	15:40	Bifilar N20W						Ebro	3.0S	68.0W	(ISS)
39	1915	4	23	15:40	Vertical 280	15-16					Ebro	3.0S	68.0W	(ISS)
40	1918	4	28		Bifilar E		340	50	9	4	Ibérica, IX, 380	37.22N	3.68W	Santafé (enjambre) (IGN)
41	1919	6	29								ING	43.8N	11.2E	Italia (ING)
42	1919	9	10	10:40	Bifilar E		340	60	10	4	SadEyA, IX, 86	38.08N	0.83W	Torremondo (IGN)
43	1921	10	20	6:15	Berchmans E			605	5.2	>10	Ebro	18.0S	66.0W	Iquique (ISS)
43	1921	10	20	6:15	Berchmans N						Ebro	18.0S	66.0W	Iquique (ISS)
44	1921	11	15	20:46	Berchmans N		3060	560	5.4	2.8	Ebro	36.5N	70.5E	Siberia (ISS)
44	1921	11	15	20:46	Berchmans N		3060	640	5.1	2.8	SadEyA, XI, 99	36.5N	70.5E	Siberia (ISS)
44	1921	11	15	20:46	Berchmans N						Ibérica, XVII, 114	36.5N	70.5E	(ISS)
45	1922	1	9	5:17	Berchmans N						Ebro	24.0N	46.0W	(ISS)
45	1922	1	9	5:17	Berchmans E						Ebro	24.0N	46.0W	(ISS)

Reg	Año	Mes	Día	Hora	Instrumento	VI. R.	Masa	Mag.	Per.	Amrt.	Referencia	Lat.	Lon.	Lugar
	1922	1	17		Berchmans						Ebro	---	---	Tormenta
46	1922	1	17	4:01	Berchmans N		3060	491	6.1	2.8	Ebro	2.0S	72.0W	Venezuela (ISS)
47c	1923	7	9	15:31	Berchmans N						SadEyA, XIII, 86	35.57N	3.53W	Melilla (IGN)
47	1923	7	9	15:31	Berchmans N						Ibérica, XXVIII, 123	35.57N	3.53W	Melilla (fragmento) (IGN)
47	1923	7	9	15:31	Bifilar N	9-10	340				Ibérica, XXVIII, 123	35.57N	3.53W	Almería (fragmento) (IGN)
48c	1923	7	10	5:32	Berchmans N						SadEyA, XIII, 86	42.55N	0.95W	Berdún (IGN)
49	1924	5	1	20:07	Javier	9.5	7.5				Ibérica, XXI, 392	14.0N	89.0W	(ISS)
50	1924	5	4	17:11	Javier	0.5	7.5				Ibérica, XXI, 392	22.0S	179.0E	(ISS)
51	1925	3	1	2:28	Belarmino		690		12	$\mu_2=10$	Ibérica, XXIII, 219	48.2N	70.8W	Canada-USA (ISS)
52	1925	6	28	1:32	Belarmino						PBCSI, A, IV, 130	46.4N	111.2W	Montana (USA) (ISS)
53	1926	6	12	23:29	Belarmino						Ebro	36.8N	2.4W	Almería (IGN)
53	1926	6	12	23:29	Belarmino						Ibérica, XXXII, 184	36.8N	2.4W	Almería (IGN)
53	1926	6	12	23:29	Belarmino						PBCSI, A, IV, 129	36.8N	2.4W	Almería (IGN)
	1926	7	30	~6:30	Vertical						Ibérica, XXVI, 298	---	---	Pseudosismograma
54	1927	9	8	8:53	Belarmino						CeT, 1928, 54	35.33N	3.67W	Alhucemas (IGN)
55	1930	7	3	23:00	Belarmino	10					Ibérica, XXXVI, 185	---	---	Turbonada
F	1930	7	3	23:02	Canisio E	10					Ibérica, XXXVI, 185	---	---	Rafagas de viento
56f	1930	7	4	1:00	Canisio E	10					Ibérica, XXXVI, 185			
57	1930	9	3	10:00	Berchmans E						Ibérica, XXXV, 310	38.07N	1.23W	Murcia (IGN)
58	1931	2	13	1:48	Belarmino						Ibérica, XXXVI, 172	39.5S	176.9E	N. Zelanda (réplica) (ISS)
59	1940	8	25	0:22	Berchmans N						IGN, XVII, 34	38.12N	1.33W	Segura Medio (IGN)
	1941	3	7		Belarmino	10					R. Geof, n22, 209			Agitación microsísmica
60	1942	8	1		Belarmino	10					Ebro			Nueva Zelanda (ISS)
					Tromómetro						CeT, 1921, 19	---	---	
					Macroterómetro							---	---	

Tabla 3: Catálogo de gráficos de terremotos de la estación de Cartuja recuperados. Véase la explicación de las columnas en el texto del artículo.

EL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE CARTUJA

Teodoro Vives
Observatorio de Calar Alto

El Observatorio de Cartuja fue fundado por los Padres Jesuitas de la Facultad de Teología de Cartuja en 1902, y pronto adquirió merecido renombre por su labor científica en astrofísica solar y en sismología. Erigido en una colina en las afueras de la ciudad de Granada, a 774 metros de altura, pronto se mostró como un lugar excelente para las observaciones astronómicas con un 60% de noches despejadas que permitían observaciones astronómicas regulares. Se instaló entonces un gran telescopio refractor Maihlat, de fabricación francesa, con una lente de 32 centímetros de diámetro y un tubo de 5 metros de longitud. Protegido por una cúpula metálica, el telescopio giraba en una montura ecuatorial con dos coordenadas esféricas sobre la bóveda celeste, movido por un aparato mecánico de relojería, de manera que podía apuntar a cualquier punto del Firmamento. Las observaciones telescópicas eran visuales.

A mediados del siglo XX, se procedió a una restauración de las instalaciones, tanto en los instrumentos científicos como en el edificio. El telescopio se equipó con un fotómetro fotoeléctrico, el primero que funcionó en España y que fue construido en el Observatorio. El uso de fotomultiplicadores de electrones en astronomía se había empezado a extender ya en el extranjero en esa época, debido a la precisión que tal uso permitía en toda clase de investigaciones fotométricas. El fotomultiplicador utilizaba esencialmente el efecto fotoeléctrico de una superficie metálica, el fotocátodo, transformando la luz incidente en un flujo de electrones.

Pero lo verdaderamente notable de la emisión fotoeléctrica es que se trata de un proceso de interacción entre partículas elementales. En este proceso cada fotón de luz incidente en el fotocátodo es capaz en teoría de producir por sí solo la emisión de un electrón. Es decir, es posible realizar el detector de energía luminosa más sensible que se puede concebir. Sin embargo, esta posibilidad teórica no se puede conseguir más que con cierta aproximación, debido a la naturaleza misma de los fenómenos físicos que tienen lugar en el interior de una célula fotoeléctrica o fotomultiplicadora y que limitan en principio la sensibilidad del detector.

Las investigaciones fotoeléctricas de estrellas en el Observatorio de Cartuja comenzaron en 1959, con la construcción e instalación de un fotómetro contador de impulsos. Este primer fotómetro fue cedido e instalado por personal de Cartuja en el Observatorio de Izaña en las Islas Canarias. En Cartuja, las observaciones fotométricas continuaron con el nuevo fotómetro, que utilizaba el método de corriente continua. Estos instrumentos permitieron por primera vez en España adquirir experiencia en la astrofísica instrumental moderna. Se empezó entonces un programa sistemático de observaciones de estrellas variables.

Ya a partir de 1960 se hizo sentir el notable aumento de la contaminación atmosférica en Cartuja, sobre todo lumínica, causada por el extraordinario desarrollo de la ciudad de Granada en la segunda mitad del siglo, que obstaculizaba las observaciones astronómicas nocturnas. Durante el verano de 1966 se emprendió entonces la búsqueda de un lugar adecuado para instalar una estación astronómica del Observatorio de Cartuja en las montañas de Sierra Nevada. El profesor de astronomía Jean Rösch de la Universidad de la Sorbona, París, y director del Observatorio de Pic-du-Midi de alta montaña (Pirineos franceses), fue invitado para ayudar en la elección del sitio. Se eligió la colina denominada "Mojón del Trigo" a 2.700 metros de altura, cercana al Parador de Turismo de Sierra Nevada y de fácil acceso por su proximidad a la carretera.

Desde el comienzo se hizo evidente la necesidad de una colaboración internacional con otros observatorios astronómicos del extranjero, para desarrollar una labor investigadora significativa. Con este objeto, se firmó con el Observatorio de Greenwich (Inglaterra) un convenio de cooperación con el Observatorio de Cartuja en 1966. El Observatorio de la Universidad de Georgetown, Washington, U.S.A., donó un telescopio reflector Sokkisha de 30 centímetros de diámetro, que se instaló en el nuevo observatorio de Sierra Nevada, equipado con un fotómetro fotoeléctrico de doble haz. Posteriormente, los laboratorios electrónicos del Observatorio de Greenwich proporcionaron otro fotómetro fotoeléctrico.

Las facilidades instrumentales y logísticas para el trabajo astronómico que se fueron creando en el Observatorio de Cartuja durante tres décadas, alrededor de la mitad del siglo XX, marcó un renacer de la astrofísica moderna en España. Pero el desarrollo posterior de la astronomía en España, con la instalación de grandes observatorios internacionales, como el Observatorio de Calar Alto del Centro Astronómico Hispano Alemán en Almería o los Observatorios de Tenerife y de La Palmas de Gran Canaria, convirtieron las comparativamente modestas instalaciones del Observatorio de Cartuja en insuficientes. Frente a las modernas instalaciones científicas y grandes telescopios de estos observatorios, instalados en excelentes lugares de observación, la parte astronómica del Observatorio de Cartuja ha dejado de tener sentido. Se han creado, además, importantes institutos de astrofísica, como el de Canarias y el de Andalucía en el mismo Granada. Este último, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, ha instalado dos telescopios de un metro y 80 centímetros en un nuevo Observatorio de Sierra Nevada, que han sustituido con gran ventaja las antiguas instalaciones del Observatorio de Cartuja. En la actualidad, la investigación astronómica en Cartuja ha desaparecido.

Al rememorar la labor astronómica del Observatorio de Cartuja hace medio siglo, es necesario mencionar la formación de un grupo de selectos astrónomos, que actualmente trabajan en universidades, institutos y otros observatorios. Recordemos aquí tan sólo al catedrático de astrofísica de la Universidad de Granada, Profesor Eduardo Battaner, a los investigadores del Instituto de Astrofísica de Andalucía (Granada), Doctores José Manuel García-Pelayo y Angel Rolland, así como al Coordinador de los Institutos del CSIC en Andalucía, Profesor José M^a Quintana. El entusiasmo y dedicación con que estos astrofísicos trabajaron en Cartuja, gracias a las instalaciones existentes, contribuyó sin duda a despertar y afianzar su vocación científica.



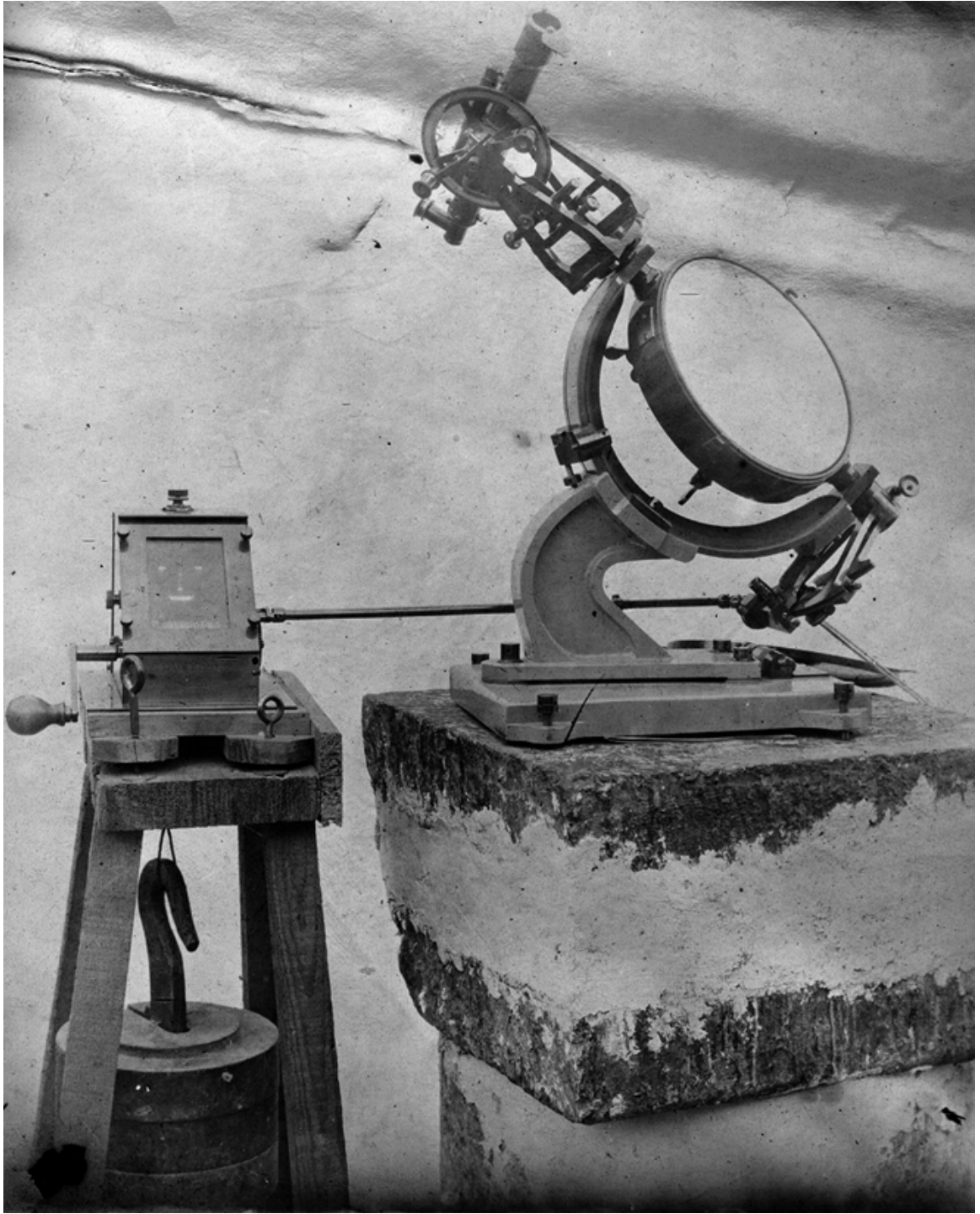
Telescopio de observación solar y sala de astronomía.



Fotografía de un cometa, posiblemente se trate del observado en España en 1905.



Instrumento astronómico.



Instrumento de observación solar.

OBSERVATORIO UNIVERSITARIO DE CARTUJA. PREFACIO INTRODUCCIÓN

Manuel MERLO VALLEJO, S. I., Granada.

Observador meteorológico.

HISTORIA

Lo titulo de esta forma, porque de cada uno de los apartados quisiera decir algo, tal y como lo han insinuado algunos compañeros del propio Observatorio.

PREFACIO: Preámbulo, exordio, digresión o rodeo antes de entrar en materia.

El Observatorio de Cartuja, hoy Observatorio Universitario de Cartuja, ha tenido casi desde sus comienzos muchos altibajos; unos por el propio personal destinado en él, porque en aquel tiempo era muy fácil cambiar las personas que trabajaban allí, tanto a Directores, aunque estos menos, como a los colaboradores. Era suficiente el cambio de una persona del equipo, para que se notara un altibajo, tanto para mejor como para peor.

Otro de los motivos que suscitaban los altibajos fueron entre otros los económicos. Sin embargo, había tal entusiasmo en el trabajo que se realizaba en el Observatorio, no sólo de los que allí estaban, sino de toda la Comunidad del entonces Noviciado Jesuítico. No se hablaba más que del Observatorio y de lo que se hacía en él, cuando se charlaba con cualquier jesuita residente en Granada. La fama se había extendido por toda España y de ahí el que no cesaran de llegar visitas cada día de los más remotos rincones; prueba de ello son los dos tomos de firmas que se conservan.

INTRODUCCIÓN.- En los comienzos del Observatorio y hasta el año 1.930 había siempre un Director, un Jefe de cada sección y uno ó dos ayudantes. El trabajo era desde la mañana, 7h - 45m. para los de Meteorología, ya que el parte cifrado había que darlo a telégrafos unos minutos antes de las ocho; para los demás a las 8h 30m, téngase en cuenta que en ese tiempo no había cambio de hora, siempre era hora solar. Los de Astronomía tenían un régimen especial ya que cuando el tiempo lo permitía trabajaban de noche y de día tenían que dormir. Por la tarde preparaban trabajos para la noche y si el tiempo estaba despejado se hacían observaciones de manchas solares.

Para una más amplia información, pueden consultarse las publicaciones, en Razón y Fé sobre el Observatorio de Cartuja en las páginas 223 a 490.

METEOROLOGÍA.

COSAS DE METEOROLOGÍA QUE PUEDEN SER UTILES PARA ALGUNAS PERRSONAS

1.-Descripción de los Aparatos que se usaron y que se usan en la actualidad. (Sólo que en la actualidad son más modernos que los de entonces)

Desde el año 1.902 que se funda el Observatorio de Cartuja a 1.965, se usaron los siguientes aparatos para las observaciones meteorológicas. Para la toma de la presión atmosférica se usaban dos barómetros muy antiguos, de los que tenían una bolsa de badana, un punterito con punta muy afilada para que con la sombra de una lamparita al enrasar el mercurio, poder leer la presión. Estaban contruidos por E. Ducretet uno y Fortín el otro. También se tomaba de un barógrafo Richard. La altura de las cubetas del mercurio era según constaba en la libreta de instrucciones del observador de 772.25.

Aquí había un pequeño error ya que la altura del Observatorio, según la S.N.A.P., la señal de precisión que se encuentra en la puerta principal de Observatorio es (Instituto Geográfico y Catastral, en 1,932 marcó la altura del Observatorio en 774.37 m. y la de las cubetas en 774.59 m. como ahora está y no como aparece en ese tiempo.

Para la temperatura se usaban dos termómetros centésimales, construidos por Mailhat, colocados uno en la garita al aire libre y el otro en el interior del Edificio; termómetros Negretti para la Máxima, dos de Rutheuford para la mínima a la sombra y por irradiación, es decir a 10 cm. del suelo; Para la temperatura del subsuelo tres termómetros a tres profundidades, uno a 25 cm. otro a 50 y otro a 100 Esta temperatura la pedían mucho por la tarde los agricultores en invierno por si se preveían heladas por la noche De un termógrafo Richard se tomaban las horas de la máxima y de la mínima del día.

La humedad relativa máxima y mínima se tomaba de un higrógrafo Richard y la observación directa de la humedad de un Psicrómetro August que sirve además para corregir la primera.

Para la tensión del vapor se empleaban, como en la actualidad, además del Psicrómetro, las tablas Psicrométricas adaptadas a Cartuja.

Para recoger las precipitaciones acuosas, se contaba con un pluviómetro Hellman y un pluviógrafo Richard.

Para la evaporación se usaron sucesivamente un evaporógrafo Richard, un evaporímetro Piché y una cubeta.

HISTORIA.

En la historia del Observatorio de Cartuja se podría uno extender y llenar páginas y páginas, pues en 36 últimos años vividos y trabajando en él, hay muchas cosas para contar. Unas muy agradables, de las que creo no me olvidaré nunca, otras simplemente agradables, otras para llorar y olvidarlas si fuese posible; sin embargo a mí, creo que unas y otras me han enseñado muchas cosas entre otras he aprendido a valorar lo que es la investigación, no solamente la que se hace en el Observatorio, sino todo lo que es investigación.

Ahora pasamos a contar algunas cosas de ésta historia que aunque no sean para enseñar nada, sí sirven para conocer quizá algo de esa parte de la historia que nos ocupa.

En 1.965 vino del Observatorio Vaticano de Castelgandolfo el astrónomo D. Teodoro Vives Soteras (entonces Padre Teodoro Vives,) que se encargó de la Dirección del Observatorio de Cartuja dada la delicada salud del Director P. Antonio Dúe Rojo. Algunos meses después se incorporaron como ayudantes del nuevo Director, los hermanos jesuitas Antonio Castillo Fernández, que se encargó de la Sección de Meteorología y Manuel Merlo Vallejo, al que se le encargó en principio la Sección de Sismología ,que pronto abandonaría para encargarse de las obras del pequeño Observatorio de Sierra Nevada.

Dado lo avanzado del tiempo en que comenzaron las obras, con las primeras nieves hubo que suspenderlas y dejarlas para mejor tiempo. Mientras tanto, se aprovecharon los obreros para acometer varias reformas en el Observatorio de Cartuja. Estas fueron las siguientes: en primer lugar se tendió una nueva instalación eléctrica

desde la Facultad de Teología hasta el Observatorio con una sección de 6mm² para una tensión de 220-380 voltios.,la que había antes era de 125 vl. pero con la sección de los cables y la longitud, al Observatorio no llegaban ni a 50 los vol., no se podían encender más de tres lámparas de 40 watos., que alumbraban algo más que una vela; con ésta energía ya se pudo electrificar todo el edificio con buena luz, así como la cúpula y el telescopio, la sala de sismología y la iluminación exterior.

En segundo lugar, se hizo un despacho para el Director, una habitación con todos sus servicios para Astrónomos invitados, tres habitaciones más para becarios, una pequeña cocina para hacerse algo caliente para el trabajo nocturno, se amplió el horizonte del Observatorio quitando las antiguas verjas que lo ocultaban, fueron sustituidas por murallas verdes. Se lijó el suelo de la cúpula y se barnizó con barniz de poliéster; se cubrió interiormente con láminas de porespán, para aislarla del calor del verano y del frío del invierno y las paredes se pintaron de gotelé.

Se reformó la estación sismológica; se le puso suelo, techo y paredes nuevas, forradas de táblex, también se hizo el pilar para las tres componentes de los nuevos equipos que se trajeron de Málaga y por último se le dio un repaso a la terraza que tenía algunas goteras

La primera faena, digamos en serio que se acometió fue el desmontaje del sistema del giro de la cúpula que era a mano para instalar en su lugar un motor de 380v con mando desde el pié del telescopio. Luego se instalaron dos motores paso a paso, uno para girar el telescopio y otro para el avance horario, también con su mando. A estos motores se les tuvo que instalar un condensador, ya que aunque son trifásicos no son de 380v, con el objeto de que puedan girar en los dos sentidos.

La segunda operación, esta se le encargó al laboratorio de Óptica del C.S.I.C., consistió en la limpieza y pulido de todas la lentes ,y por último, el pintado de todo el conjunto, luego las luces de la cúpula y el pintado general, especialmente el suelo que se lijó y se pintó con poliester. Finalmente se pintaron las paredes con gotelé.

Terminadas la faenas de la cúpula se pasó al piso bajo a donde se había proyectado un nuevo despacho para el Director y otro con aseos y ducha para el Astrónomo invitado, tres habitaciones para becarios también con ducha. Una habitación que sería luego taller de electrónica y unos ser vicios comunes. Al par se iba metiendo la instalación eléctrica

La cuestión del agua.

En esta página voy a contar lo del agua del Observa tono de Cartuja. Cuando el nuevo Director Teodoro Vives vino al Observatorio llegaba a éste un chorrito de agua conducida desde la mina que hay donde ahora casi termina la Facultad de Económicas por la parte más alta, por una tubería de uralita de unos cinco centímetros de diámetro, casi blanca y muy porosa a la que por esos poros se le metían las raíces de los árboles, por cuya causa con frecuencia se cortaba el agua y para que se notara menos, había una alberquita con muchas zarzas a donde la poca que llegaba llenaba la alberquita. Con esta agua sólo había para los dos servicios y para el poquito jardín de la puerta. De cuando en cuando se cortaba el agua y había que hacer investigación para ver a donde estaba el corte, que no era fácil, pero a fuerza de hacer catas en la tubería se lograba dar con el tapón de raíces y sacar una madeja de bastantes metros; con los mismos trozos que se habían quitado y un poco de cemento se arreglaba la tubería y hasta la próxima.

Cuando se quitó la verja de delante y del lateral izquierdo y se comenzó a utilizar los terrenos de los alrededores que hasta entonces nunca se habían utilizado y

prepararlos para jardín, lo primero que se pensó fue en el agua para los futuros jardines. El Director consiguió la autorización necesaria para la compra de la nueva tubería y para pagar los obreros que tenían que hacer la zanja y colocarla. Cuando estuvo terminada yo personalmente hice la toma en el interior de la mina a unos cinco metros mina adentro.

A continuación se agrandó el depósito que es el que ahora hay y se tendió una red de tubería por todo lo que sería jardín, con sus bocas para la toma de agua para regar. También se metió al interior de edificio para los servicios y duchas que ya he comentado en otro sitio.

Con esta nueva toma de agua, ya se pudo sembrar césped, rocalla, setos, tuyas y demás árboles pues ya, aunque no demasiada, tenía la suficiente fuerza para poder regarlo todo.

Personas y hechos.

Hay cosas y hechos que cuando se escribe la historia de ellos, en la inmensa mayoría de esa historia, no aparecen las personas que han sido, posiblemente los artífices de que aquellas cosas y hechos se hayan podido llevar a cabo en todo su esplendor, apareciendo con el tiempo sólo los que tienen "nombre y apellido" y si es rimbombante, más y sin embargo los que con su trabajo y saber, no aparecen por que no tenían, ni nombre ni apellido.

Yo quiero que en éstas letras para la historia del Observatorio aparezcan, tanto los que tuvieron nombre como los que no lo tuvieron.

Hubo en el Observatorio desde sus comienzos hasta casi nuestros días, grandes personajes que no enumeraré porque ya van en otro sitio enumerados; pero sí quiero decir algo de algunos de ellos. Comenzaré por el Fundador y primer Director, P. Juan de la Cruz Granero, un hombre de grandes ideas y proyectos tanto en el Observatorio como en el antiguo noviciado del que era al par Rector; pero gracias a los sin nombre, sus dos grandes ayudantes o colaboradores los Hermanos Luis Hurtado y Luis Camarero que fueron los que montaron las "vías" y echaron a andar el nuevo "tren" del Observatorio de Cartuja. Con ellos y por ellos, ese tren Observatorio pudo comenzar con éxito su andadura.

Lo mismo digo de los siguientes Directores que fueron llegando, ya que los artífices eran los mismos, hombres de gran inteligencia y le daba lo mismo que su trabajo fuera en astronomía que en sismología ó meteorología.

El que fue segundo Director, P. Sánchez Navarro Neuman.

Este hombre, P. Sánchez Navarro, como vulgarmente se le conocía, era un hombre con renombre más que con nombre y apellido. El fue el que diseñó los sismógrafos y sus nombres como todos conocemos, pero él no era mecánico ni herrero y aquí vienen los sin nombre ni apellido incluso ni siquiera aparecen en la lista de los ayudantes, me refiero por ejemplo al H. Carlos Ruiz Raya, un sabio en cuestiones de hierros, electricidad y motores; gracias a él, al H. Salvador Parra y al H. Martínez Dornacu, pudo el P. Sánchez-Navarro llevar a cabo sus inventos, fueron su mano derecha y mientras él vivió los tuvo a su lado.

Otros Hermanos poco conocidos en el exterior fueron grandes hombres en las tareas del Observatorio, tareas que entonces ilusionaban a cualquiera. Uno de ellos fue el Hermano Bonifacio Torralbo, pintor, discípulo de Morcillo y fue el que hizo los nombres y números de los libros de Meteorología. El H. Martínez Martos que estuvo

diez años en el Observatorio y luego pasó a la Secretaría del Rectorado de la nueva Facultad de Teología.

Del H. Manuel Merlo Vallejo, sin nombre, 37 años en el Observatorio, los años más difíciles pero quizás los más interesantes; años de muchos cambios de todo tipo y sentido en las tareas del Observatorio y reformas en el interior del edificio, y en el exterior, nueva traída del agua, verjas, jardines, becarios por primera vez en el Observatorio; observaciones nocturnas con telescopio en toda regla como en grandes observatorios; pequeño observatorio de la sierra, estación meteorológica junto al Albergue Universitario, encargado del montaje y mantenimiento del Fotómetro alemán para la luminiscencia nocturna (Air glow) y auroras boreales, del Max Planck Institut für aeronomía, de Lindau Harz. Primero cerca del Albergue Universitario y después en el mismo Pico Veleta.

Este encargo o convenio con el Max Planck duró 15 años y al poco de hacerse cargo de él, se queda solo en el Observatorio casi tres años. En ese tiempo atiende la Meteorología, Sismología y un día sí y otro no hay que subir a la sierra para cambiar las bandas y hacer un calibrado al fotómetro, justo en el momento de ponerse el sol

Mientras tanto se funda el Instituto de Astrofísica y es invitado a formar parte del nuevo Instituto, sus superiores se lo conceden y ahora además de lo mencionado tiene que atender alas cosas que van sugiriendo en el nuevo Instituto. En todos estos asuntos han pasado 34 años.



Esquema para determinar las diferencias horarias entre las capitales de provincia españolas y alturas sobre el nivel del mar.



Interior del Observatorio.



Interior del Observatorio.

INICIO DE LA ETAPA UNIVERSITARIA DEL OBSERVATORIO DE CARTUJA

Luis Esteban Carrasco y Carlos López Casado

En 1971, el Observatorio de Cartuja pasó a su situación actual de dependencia de la Universidad de Granada, por convenio entre el Rectorado de esta Universidad y la Facultad de Teología. El rectorado encomienda su control científico a la Facultad de Ciencias, a través de su Decano y este propone como Director al Profesor Luis Esteban Carrasco, catedrático de Geometría y Topología de la Facultad de Ciencias, que como Ingeniero Geógrafo había estado destinado en el Observatorio Geofísico Central de Toledo perteneciente al Instituto Geográfico Nacional.

El Dr. Luis Esteban Carrasco aceptó el nombramiento pero, como en el Observatorio había tres secciones bien diferenciadas, propuso quedarse al frente de la sección de Sismología y solicitó que los doctores Pardo Sánchez e Infantes Macías se hagan cargo, respectivamente, de las Secciones de Astrofísica y Meteorología.

El estado en que se encontraba el Observatorio, en su Sección de Sismología, a la cual nos vamos a referir exclusivamente en lo sucesivo, no era muy boyante, al carecer casi de personal, haber desaparecido completamente las labores de investigación y no ser totalmente apropiado su mantenimiento instrumental. En estas circunstancias y en un pequeño despacho, el hermano Merlo S. J., que representaba a la Compañía de Jesús y esporádicamente el Ingeniero Técnico en Topografía, Gregorio Cruz Hernández, en representación del Instituto Geográfico Nacional, mantenían (control de tiempo, cambio y revelado diario de bandas sísmicas y almacenamiento de las mismas) y transmitían la información sismológica diariamente a las redes Sismológica Nacional e Internacional (telegramas de los tiempos de llegada de las principales fases de los terremotos registrados en Cartuja). Adicionalmente y de forma periódica, como estación de la red mundial, los sismómetros eran mantenidos instrumentalmente y suplidos de bandas fotográficas por el Geological Survey de los Estados Unidos de América, responsable de la red mundial de sismógrafos, a través del Instituto Geográfico Nacional. El presupuesto de gastos era mínimo y provenía, en lo que respecta al mantenimiento del edificio y gastos de funcionamiento, del Rectorado de la Universidad de Granada y en lo que respecta al funcionamiento científico, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Inmediatamente, y sin no pocos problemas, se empezó, con los pocos medios que se disponía, a mejorar la infraestructura del Observatorio. Así, se inició la contratación de personal investigador y de servicios a medida que se fue introduciendo este apartado en los presupuestos de la Universidad de Granada. En el curso 1973/74 entra a formar parte del Observatorio de Cartuja el licenciado en Ciencias Físicas Carlos López Casado que tenía la especialidad de Física de la Tierra en la Universidad Complutense de Madrid y que empieza a supervisar y colaborar en el mantenimiento y funcionamiento de la instrumentación sísmica en estrecha colaboración con el ingeniero Cruz Hernández, así como en la organización y mejora del material bibliográfico de la interrumpida biblioteca. Esta labor no resultó nada fácil pues la sección de Astrofísica se había apoderado de todo el observatorio, manejando a su libre albedrío despachos y fondos económicos. Así, las

primeras luchas y disgustos se produjeron al reclamarse la parte correspondiente a la sección de Sismología, hecho que sentó muy mal a la variopinta clientela, universitaria y no universitaria, que frecuentaba el Observatorio en sus ratos libres. Solucionados en parte los anteriores problemas, se consigue la adjudicación, por parte del rectorado a la sección de sismología, del administrativo Jaime Vilchez, que se incorpora también a las labores de mantenimiento. Debido a las necesidades inexcusables de control de la sección de sismología durante todo el año, dado su carácter de servicio a la sociedad, a petición del profesor López Casado y tras arduas negociaciones del Dr. Esteban Carrasco con el rectorado, se consigue en el curso 1974/1975 que se incorpore al incipiente grupo de investigación el Licenciado en Ciencias Físicas, especialidad de Física de la Tierra, Fernando de Miguel Martínez.

Posteriormente se inicia una mejora sustancial de las instalaciones de la sección y de la instrumentación de apoyo de los sismógrafos. Así, se aísla totalmente térmicamente el pabellón sismológico, se renueva y refuerza la instalación eléctrica, se refuerzan y cambian las entradas al pabellón para evitar los numerosos robos que sufría y se controla eléctricamente su funcionamiento en una sala independiente de la donde se encontraban los sismógrafos y de donde se realizaba el revelado. También se renueva totalmente el sistema de revelado y se sistematiza, se compra un nuevo reloj de precisión al Observatorio Real de la Armada de San Fernando y un osciloscopio de alta precisión para controlar la precisión de la hora y llevar reseña de su deriva. Además se mejora la recepción de las señales horarias internacionales, gracias a la compra de una radio Zenith de toda banda que permitía la recepción de numerosas señales horarias universales. También y gracias al padre Echevarría S. J., se calibran durante varias noches los tres sismógrafos de periodo corto de la sección (pertenecientes al Instituto Geográfico Nacional).

El padre Antonio Echeverría S. J. había fundado el observatorio de Sucre en Bolivia, luego había seguido trabajando en Argentina y cuando lo conoció el profesor López Casado se encontraba en el observatorio del Ebro. Durante las noches que estuvo calibrando los sismómetros pidió varias veces, con la amabilidad y bondad que le caracterizaba, que le llevaran a ver a una hermana que tenía en Málaga y que era monja. Así que en cuanto pudieron los profesores López Casado y De Miguel le acercaron al convento de Málaga, donde se encontraba su hermana y donde, tras presentarlos el padre Echevarría como colegas, les invitaron a un exquisito almuerzo. Tanto la comida como la sobremesa con la hermana de Antonio y las otras monjas fue encantadora, pero lo más divertido vino cuando se despidieron y una de las monjas dirigiéndose tímidamente a ellos, nos preguntó, si además de Jesuitas, eran del atlético de Bilbao como el padre Echevarría. Evidentemente respondieron con una gran carcajada sin decir más y por supuesto sin sacarla de su error.

En relación a los fondos bibliográficos, necesarios para impulsar la investigación, a causa de las mejoras económicas obtenidas, tras una adecuada distribución de los fondos y el traslado de la sección de astrofísica al Instituto de Astrofísica de Andalucía, se compran varios libros básicos de sismología y se recuperan las suscripciones de algunas revistas científicas típicas de investigación en Geofísica y Sismología. Cabe destacar, en este último caso, la recuperación de la suscripción y obtención de la colección completa del Bulletin of the Seismological Society of America y la recuperación y clasificación de los boletines

nacionales e internacionales de terremotos que se encontraban dispersos o extraviados en la biblioteca. Peor suerte tuvimos con las bandas de humo obtenidas en las primeras décadas del Observatorio. Según comentario realizado por el padre Teodoro Vives S.J., que en anterior etapa había sido director del Observatorio, al padre Agustín Udías Vallina S.J., estos registros se perdieron después de una gran tormenta que inundó el Observatorio y que al mojar las bandas, por un lado las borró en parte y por el otro las pegó entre sí, haciendo imposible su recuperación, por lo que tuvieron que ser destruidas para que no ocuparan tanto espacio. Por ello lo único que nosotros recuperamos fueron las placas fotográficas en cristal, que de algunos de los terremotos se hicieron. Tampoco se tuvo éxito en la recuperación de los sismógrafos que se construían en el Observatorio, pues en su casi totalidad habían desaparecido. Solo quedaba, en mal estado, el sismógrafo Berchmans invertido, de registro mecánico de 3000 kilos de masa, 5,5 segundos de periodo en sus dos componentes horizontales y una amplificación algo superior a 500. También se recuperó una radio galena con la que se tomaban las señales horarias internacionales.

Estos primeros años están llenos de numerosas tareas de mantenimiento que teníamos que realizar en el Observatorio. Así, diariamente se realizaba el cambio, revelado y lectura de bandas, la recepción y control horario del tiempo de los registros, el envío telegráfico de los tiempos de llegada de las fases principales y también las localizaciones de los terremotos locales, la confección de un boletín de sismos de la región y labores tan apartadas del conocimiento y profesionalidad de su personal, como el riego y corte de césped del jardín del Observatorio, sin olvidar la esclava obligación de quitar, cambiar y revelar las bandas en los días festivos, que en algunas ocasiones se convertía además en una labor desesperante al no entrar la hora que se debía introducir en los registros y que obligaba a pasar varias horas en el pabellón sin otra cosa que hacer y sin estar con la familia y amigos, en un día de fiesta, al profesor que le había tocado. Una de estas visitas festivas se realizó un día de radiante sol pero que había sido precedido por una enorme nevada sobre la ciudad. El profesor López Casado, con su propio coche, se dirigió al observatorio por la cuesta final que sube hacia él; pues bien, a medida que subía, el grosor de la nieve aumentaba de tal forma que, al llegar a la primera curva a la derecha (enfrente de lo que hoy es la Facultad de Filosofía y Letras) el coche ya no pudo continuar y tuvo que parar. Lo primero que intentó fue dar la vuelta al coche para poder volver a casa y, aunque lo intentó muchas veces, no pudo conseguirlo. Menos mal que al poco rato apareció Gregorio Cruz Hernández con sus hijas, que también iba a echar un vistazo al Observatorio preocupado por la gran nevada. Con su ayuda se consiguió girar el coche. Después, andando intentaron llegar al observatorio pero tampoco les dejó llegar la altura de la nieve, con lo que con las niñas de Gregorio que, eran muy pequeñas y la nieve que les rodeaba y que a ellas les llamaba mucho la atención, se dedicaron a jugar durante un buen rato. Aun hoy día, ya todos mayores, se siguen acordando de aquel maravilloso día en el que no se pudieron cambiar las bandas pero que disfrutaron tanto con la nieve en la cuesta que va al Observatorio.

Algunas de estas labores profesionales que se realizaban, como chicos para todo, en el observatorio, terminaron en accidente doméstico. Así, Fernando de Miguel casi se corta una mano con una sierra eléctrica cuando reparaba la puerta principal del pabellón de sismología después de un robo, o cuando Carlos López Casado se quedó casi sin un dedo al

cortarse con el cuchillo con el que se abrían las bandas fotográficas y que se realizaba en plena oscuridad y guiándose solo por el tacto.

A pesar de todo lo anterior, la labor científica se reanuda también en esta época comenzando por la iniciación, por el profesor López Casado, de una tesis doctoral sobre determinación de las características de la corteza, a partir de la dispersión de ondas superficiales y de otra, por parte del profesor De Miguel Martínez, sobre sismicidad temporal de la Península Ibérica y áreas tectónicas adyacentes, dirigidas por el Dr. Luis Esteban Carrasco y en colaboración con el Dr. Gonzalo Payo Subiza, Director del Observatorio Geofísico Central de Toledo, que fue desde el comienzo maestro y asesor científico y del Profesor López Casado y que luego hizo lo mismo con Fernando de Miguel, cuando él primero se lo presentó en una de sus numerosas visitas a Toledo a finales de 1974. Esta colaboración se completó a lo largo del tiempo con varias estancias del profesor López Casado en dicho Observatorio y numerosos viajes de ambos profesores a la institución que dirigía el Dr. Gonzalo Payo. Como primeros resultados del proceso de realización de estas tesis se presentan en 1976 en Barcelona dos comunicaciones a la IIª Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica, tituladas “Técnicas rápidas de computación de la función de dispersión” por López Casado y “La ocurrencia temporal de terremotos en la Península Ibérica y áreas adyacentes” por De Miguel Martínez, que representan las primeras aportaciones que realiza la Facultad de Ciencias de Granada a estas asambleas. También se inicio un programa de evaluación de la magnitud local de los terremotos, utilizando un sismómetro Wood-Anderson para lo que se solicitó al Instituto Geográfico Nacional el préstamo del Wood- Anderson que tenían en el Observatorio de Almería. Para su puesta en funcionamiento se solicitaron los servicios del mecánico del Observatorio Geofísico Central de Toledo, Gregorio Alonso, el cual en una visita al Observatorio de Cartuja y tras recibir de Estados Unidos las piezas dañadas, dejó en funcionamiento el sismógrafo. Por razones que aún se desconocen, el sismógrafo tuvo que devolverse urgentemente al Instituto Geográfico Nacional sin haberlo utilizado Al unísono de estos trabajos y como complemento de las tesis en curso, se empieza a planificar la mejora de la instrumentación sismológica de la sección y se piensa en la instalación de registros de periodo largo para el estudio de la corteza y de una red de microsismicidad para el estudio de la sismicidad de la región granadina y como red de alerta ante futuros terremotos. Para ello se solicitan varios proyectos de investigación.

Al mismo tiempo los profesores López Casado y De Miguel Martínez empiezan a colaborar con la Universidades de Madrid, Barcelona y Karlsruhe (Alemania), el Instituto Geográfico Nacional, el Instituto y Observatorio de Marina de San Fernando, el Institute of Geophysics de Zurich, el Institut de Physique du Globe de Paris y la Comisión Española del Proyecto Geodinámico, participando con ellos en labores de campo, en los perfiles sísmico profundos del Sur de la Península Ibérica e Islas Canarias, dentro del “Grupo de trabajo de perfiles sísmicos profundos en España”, adscrito al Proyecto Geodinámico Internacional y del que se obtuvo la publicación “Deep Seismic Sounding in Southern Spain” en la revista Pageoph.

Prosiguiendo en el aumento del personal de la sección de sismología del Observatorio, el rectorado contrata, tras numerosas peticiones realizadas por el Dr Esteban Carrasco a sugerencias del Dr. López Casado, al licenciado en Ciencias Físicas,

especialidad de Física de la Tierra, Vidal Sánchez que se une al equipo investigador ya existente. Por aquellas fechas alguno de los primeros Licenciados en Ciencias Físicas de la Universidad de Granada empiezan a colaborar con el Observatorio, entre los que cabe destacar a Alguacil de la Blanca, que en un futuro próximo sería contratado también por la Universidad. También se comienzan las colaboraciones con el Departamento de Geodesia y Astronomía de la Universidad Complutense de Madrid, a través de la instalación de un gravímetro, que se coloca como estación fija durante una larga temporada. La independencia y pujanza de la sección de sismología se ve plasmada y reconocida en el nombramiento del profesor López Casado como secretario de la sección. Como hecho importante de estas fechas y logro del Director de la sección Don Luis Esteban Carrasco, en colaboración con el rector de la Universidad, cabe mencionar la retirada de la torreta meteorología del tejado del pabellón sismológico donde se encontraban los sismógrafos, que perturbaba enormemente los registros en días de tormenta y vientos y que había sido ubicada allí poco antes de nuestra incorporación por la sección de Astrofísica.,

Los trabajos de investigación se continúan en los años siguientes a partir de las tesis en desarrollo antes citadas, así el profesor De Miguel Martínez presenta en 1978 la comunicación “Time interval between successive earthquakes in the alboran sea” en La XVI General Assembly of the European Seismological Comisión y el profesor López Casado, gracias a las gestiones del Director del Observatorio Geofísico Central, Gonzalo Payo Subiza y del Director de la sección de Sismología del Observatorio de Cartuja, Luis Esteban Carrasco, previa reunión con el padre Luis Fernández, S. J., director de la sección de Sismología del Geological Survey de la republica de Sudáfrica y pionero en los estudios espectrales del conocimiento de la estructura de la Corteza, consigue un contrato de investigación en el Geological Survey de la Republica de Sudáfrica para continuar con sus trabajos de Tesis Doctoral.

En mayo de 1979, el profesor López Casado consigue por parte del rectorado una licencia de trabajo por un año y se incorpora entonces al Geological Survey de Sudáfrica. En Septiembre del mismo año el profesor De Miguel Martínez lee su tesis doctoral “Sismicidad temporal de la Península Ibérica y áreas tectónicas adyacentes”, dirigida por el doctor Esteban Carrasco, obteniendo la calificación de Sobresaliente *Cum laude*. A parte de todo esto, este año Granada se caracteriza por un enjambre sísmico, que por su larga duración e intensidad atemoriza a toda la población y que fundamentalmente conciencia a las autoridades académicas en la necesidad de potenciar la sección de sismología del Observatorio de Cartuja. Así, bajo la dirección del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad de Granada, profesor Vera Thorbeck y la supervisión del Jefe de la sección, profesor Luis Esteban Carrasco, el personal del Observatorio de Cartuja, concibe la idea de crear una futura nueva línea de investigación instrumental para el diseño y construcción de todo el instrumental necesario para la instalación en la región granadina de una red sísmica de microsismicidad. Como anécdota de la anterior crisis sísmica, se puede contar lo sucedido en una reunión con el Alcalde de Granada de aquella época. El Alcalde había recibido un telegrama de un geofísico conocido, pero que no ocupaba puesto alguno en ninguna institución oficial española., donde le indicaba que según sus estudios se produciría inmediatamente un terremoto destructivo en Granada. Asustado, el Alcalde, convocó a una reunión en el Gobierno Civil, a la que no pudo asistir el Gobernador por estar ausente, a los técnicos en la materia de la ciudad. Entre otros asistió el Director del Observatorio de

Cartuja Dr. Luis Esteban Carrasco y al cual corresponde la autoría de este relato. Sorprendentemente y tras mostrar el telegrama con la predicción del terremoto, el Alcalde muy serio manifestó solemnemente que él no se iba hacer cargo de una sola muerte y que por tanto si era necesario evacuaba totalmente la ciudad. Menos mal que el buen hacer de los allí presentes sirvió para convencer al Alcalde de que no tomara dicha medida, todo ello gracias a que se le indicó que la evacuación podía ser aún peor que el terremoto.

El proyecto constaba de 5 estaciones dependientes del Observatorio y una instalada en la Alfagüara por el instituto Geográfico Nacional. Dicha red se pensaba que comenzara a funcionar a primeros del año 1982. La configuración sería aproximadamente circular, ubicándose las estaciones en el Pico del Herrero, Sierra Tejeda, Sierra de Loja, Sierra de los Morrones, Sierra de la Alfagüara y el Observatorio de Cartuja. Cada estación de campo constaría de un sensor sísmico, de una componente vertical, cuya señal amplificada y filtrada electrónicamente se enviaría por vía telemétrica al Observatorio de Cartuja, donde quedaría reflejada en un registro visual. Los objetivos de la red se fijaban, tanto desde el punto científico como el social. En relación a los primeros tendríamos la determinación de los parámetros espaciales, temporales y energéticos de los terremotos de la zona, así como sus mecanismos focales y su relación con las fallas de la región. También se trataría de determinar la estructura de la corteza. En relación al segundo objetivo, debido a la naturaleza potencialmente destructiva de los terremotos granadinos, se calcularía en un tiempo mínimo las coordenadas epicentrales, magnitud e intensidad de los terremotos sentidos por la población, comunicándoselo a los organismos y autoridades correspondientes, evaluar daños para informar al consorcio de compensación de seguros y juzgados, informar y asesorar a ingenieros y arquitectos sobre las características sísmicas de sectores, comportamientos del suelo, etc., para el diseño adecuado de las construcciones en la zona, creación de un amplio archivo de datos sísmicos del área, requisito previo para poder abordar en el futuro problemas de predicción sísmica, y finalmente valoración del riesgo sísmico de la región y estudios de microzonificación sísmica.

En 1980, tras cumplírsele al profesor López Casado su licencia de un año, y tener en curso un contrato con el Geological Survey de la republica de Sudáfrica de tres años, decide rescindir su contrato con la Universidad de Granada y cumplir el contrato con el Geological Survey y así terminar su tesis doctoral, que ya estaba enfocada en el procesamiento de acelerogramas provenientes de terremotos producidos en las minas de oro de Sudáfrica. Esta decisión se la comunica por carta al director de la sección Luis Esteban Carrasco para que se lo comunique al rectorado y disponga de su plaza para una nueva contratación de alguno de los licenciados jóvenes que colaboraban con el Observatorio. Así, en el curso 1980/81, entra a formar parte del Observatorio el Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad de Granada Gerardo Alguacil de la Blanca que como ya dijimos llevaba varios años colaborando en labores de instrumentación.

En la memoria de actividades del curso 1981/82 del Observatorio se indica que la estación del Pico Herrero funciona normalmente desde Julio de 1981 y se reciben sus registros, vía telemétrica, en el observatorio sin ningún problema. Las estaciones de las sierras de Morrones, Gorda y Tejeda están también instaladas y se está ajustando su sistema telemétrico. Así mismo se ha instalado en el observatorio una estación de similares características a las ya mencionadas, viniéndose efectuando comparaciones entre los

registros de estas y los tradicionales instalados anteriormente. Las localizaciones de los terremotos de esta red se están realizando con un método analítico desarrollado por el profesor Luis Esteban Carrasco “Solución analítica del método para la determinación de velocidades de ondas sísmicas” (Revista de Geofísica, vol. XXXIII, nº 3 y 4, 1974). Con esto se puede decir que la primera etapa del proyecto de red sísmica local Granadina queda completada y se inicia la segunda parte centrada en el diseño y construcción de un sistema de procesamiento y análisis automático de adquisición y almacenamiento de datos provenientes de los terremotos registrados. Finalmente se está diseñando y construyendo un prototipo de estación sismológica portátil de registro digital para su posterior utilización en estudios de microsismicidad y localización de réplicas de terremotos relevantes, o como equipo auxiliar de la red. Por otro lado, el proyecto “La Sismicidad del mar de Alborán”, financiado por la C.A.I.C.T., dirigido por Luis Esteban Carrasco para el periodo 1980-82, se viene desarrollando en los plazos acordados. En relación a las publicaciones científicas de los investigadores del Observatorio, se indica que en la IV Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica celebrada en Zaragoza en septiembre de 1981, se han presentado 9 comunicaciones, en las reuniones de 1982 de la Sociedad Geofísica Europea y de la Comisión Sismológica Europea se van a presentar otras dos comunicaciones y están pendientes de publicación dos artículos en la Revista de Geofísica y en la Revista de Estudios Geofísicos.

En febrero de 1982 se presenta en la Facultad de Ciencias de Granada, la tesis doctoral titulada “Análisis de acelerogramas en registros de alta frecuencia” por parte del profesor López Casado, a punto de terminar su contrato con el Geological Survey de la Republica de Sudáfrica, que había dirigido el Dr. Luis Esteban Carrasco, y que fue calificada con Sobresaliente Cumlaude. Con esta tesis se puede considerar finalizada la etapa inicial universitaria del Observatorio, en la que se fijó, por parte de su Director, la obtención de dos nuevos doctores para la sección de Sismología.

Como punto final a este resumen de la etapa inicial universitaria del Observatorio de Cartuja, reseñamos la concesión por la CAICYT de un nuevo proyecto de investigación titulado “Sismicidad y neotectónica de la depresión de Granada y de las Alpujarras” en colaboración con el Observatorio Geofísico de Toledo y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de Barcelona, para el periodo 1985-1988 y cuyo Investigador principal fue el Dr. Luis Esteban Carrasco. Este proyecto sirvió de base a la tesis doctoral titulada “Sismotectónica de la región Béticas – Mar de Alborán” que en 1986 presentó el profesor Vidal Sánchez, dirigida por el Dr. De Miguel Martínez.

BASES DE DATOS MACROSÍSMICOS

Mercedes Feriche Fernández-Castanys

Instituto Andaluz de Geofísica

Universidad de Granada

INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de la Sismicidad Histórica, desde el comienzo de sus orígenes, ha sido la recopilación de toda la documentación existente acerca de los efectos producidos, tanto por terremotos destructores como por los eventos que llevan asociados (tsunamis, deslizamientos, etc). La recopilación de todos estos datos, también llamados DATOS MACROSÍSMICOS, es de gran interés en el campo de la sismología a la hora de evaluar la INTENSIDAD de los terremotos. La INTENSIDAD es un parámetro que nos indica la severidad de las sacudidas en un lugar afectado por el terremoto y estima a través de los efectos producidos en dicho lugar.

La MACROSISMICIDAD es la parte de la sismología que recoge los datos que describen los efectos de los terremotos (“datos macrosísmicos”) para poder evaluar, mediante la Escala Macrosísmica, la Intensidad del terremoto, es decir, para medir el tamaño de un sismo de forma cualitativa asignando un determinado grado de Intensidad de la Escala Macrosísmica (MSK* hasta 1994 y EMS** en la actualidad) en función de los efectos que el terremoto en cuestión haya provocado en:

- Las personas (si los despierta, si los asusta, si huyen de sus casas, si pierden el equilibrio...).
- Los objetos que nos rodean (si oscilan, vibran, vuelcan, si se rompen....)
- Las construcciones (si sufren daños leves, moderados, graves o muy graves).
- El terreno (deslizamientos, desprendimientos o avalanchas; licuefacción; grietas, etc).
- Otros daños asociados: Incendios (provocados por cortocircuitos, hornillas que no se apagaron, escapes de gas, etc), corte de comunicaciones (caída de antenas...), de luz (caídas de postes y daños en transformadores, centrales, subcentrales...), de agua (roturas en las canalizaciones de abastecimiento y de saneamiento), etc.

Toda esta información se puede representar gráficamente, bien en **mapas de intensidades** (puntos de un determinado grado de intensidad) o bien en **mapas de isosistas** (isolíneas que demarcan áreas afectadas por el mismo grado de intensidad) a partir de los cuales se puede

* La escala de intensidades MSK toma el nombre de sus autores: Medvedev, Sponhauer y Karnic.

** EMS: European Macroseismic Scale (Escala Macrosísmica Europea).

determinar el “epicentro macrosísmico” del evento en cuestión (cuando no disponemos de datos instrumentales).

La existencia de bases de datos fáciles de configurar, diseñar y manejar, tales como ACCESS (Microsoft Office) ó PARADOX, hacen posible el uso de las mismas para almacenamiento de todo tipo de datos: textos, imágenes, gráficos, tablas, etc., lo cual se ha querido aprovechar para almacenar, clasificar y gestionar los DATOS MACROSÍSMICOS mencionados con anterioridad, así como toda la información de interés existente relacionada con cada uno de los eventos.

El relevo de la actividad científica desarrollada por la Compañía de Jesús en el Observatorio de Cartuja desde 1902 es tomado por la Universidad de Granada en 1971, y ésto marca una línea bastante clara entre los DATOS MACROSÍSMICOS existentes hasta el momento y los recopilados desde entonces (diferencia de criterios, de metodología, etc) lo que, ligado al desarrollo de las comunicaciones y de la tecnología, ha obligado a una división del CATÁLOGO MACROSÍSMICO en dos intervalos de tiempo:

- 1) Catálogo de sismos históricos (desde el año 800 hasta el año 1970)
- 2) Catálogo macrosísmico (desde el año 1971 hasta la actualidad).

1. CATÁLOGO DE SISMOS HISTÓRICOS

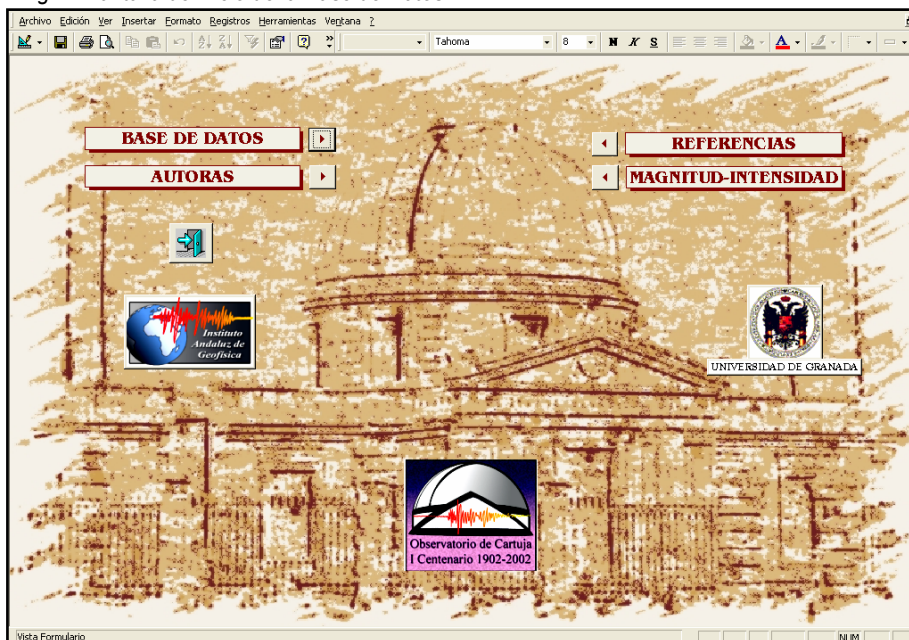
El desarrollo de la instrumentación sismológica que tuvo lugar a comienzos del siglo XX, marca una “línea divisoria” a partir de la cual pasamos, de tener epicentros macrosísmicos y datos exclusivamente de intensidades, a tener epicentros y magnitudes instrumentales. El OBSERVATORIO DE CARTUJA, desde su creación en junio de 1902, ha venido desempeñando esta actividad, mediante la estación sismológica de Cartuja (CRT), cuyos datos se recogían y publicaban periódicamente en su “BOLETÍN SISMOLÓGICO” .

El objetivo inicial de esta base de datos fué el almacenamiento en formato digital del catálogo sísmico del Observatorio de Cartuja, el cual se fué completando, en primer lugar, con el cálculo de las magnitudes a partir de la distancia a CRT (función de atenuación), de la amplitud máxima del desplazamiento del terreno y del período dominante de la señal. Posteriormente se añadieron los datos de terremotos sentidos recogidos por Fernando de Miguel y Gonzalo Payo en su catálogo del sur de España 1948-1961(ver referencias); se completaron los mapas de isosistas con el catálogo de Mezcua de 1982 (ver referencias) y la información macrosísmica con la tesis doctorales de Vidal (1986) y Bretón (1997), y las publicaciones de Espinar et al (1994) y Martínez Solares (2001). Después de todo este trabajo, la estructura resultante para la base de datos fué la siguiente:

- Una **página de inicio** en la que se recogen los siguientes apartados (fig. 1):

- Entrada a la base de datos.
- Entrada a la información sobre las autoras de la misma.
- Entrada al listado de “Referencias”.
- Entrada a “Magnitud-Intensidad”, donde se expone la metodología empleada en la estimación de las magnitudes mencionada en el apartado anterior.

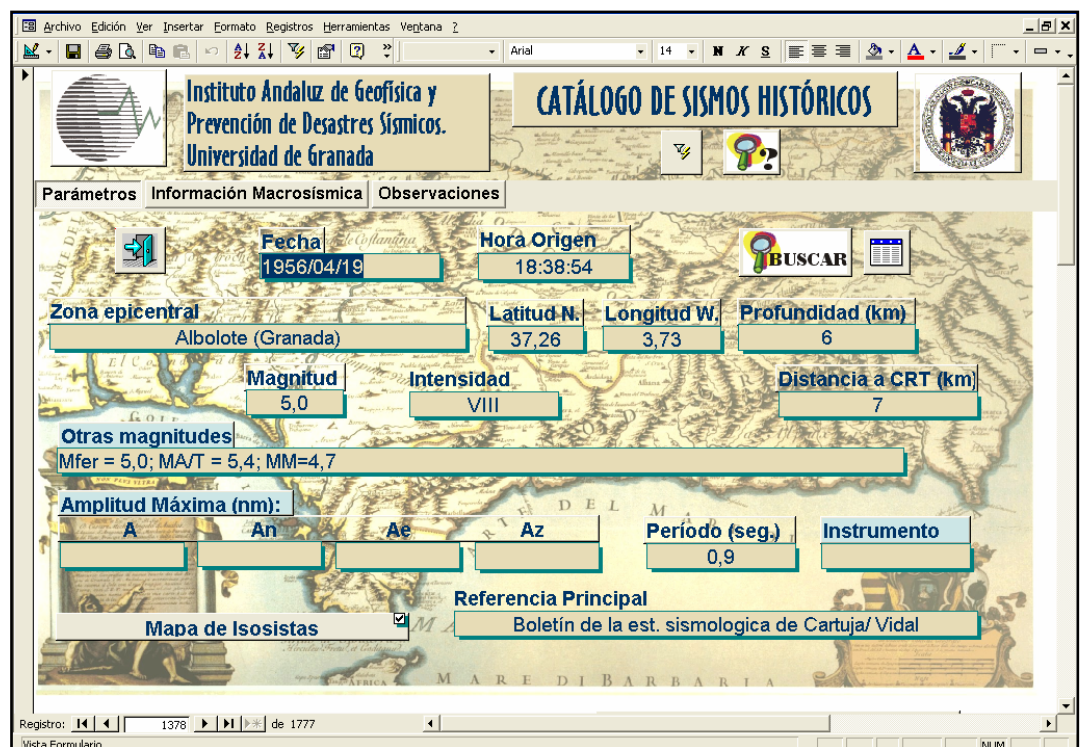
Fig. 1: Pantalla de inicio de la Base de Datos



Una vez dentro de la Base de Datos nos situamos en la página principal de la misma, desde donde podemos acceder a los siguientes apartados:

- .- **PARÁMETROS DEL TERREMOTO**
- .- **INFORMACIÓN MACROSÍSMICA**
- .- **OBSERVACIONES**

Figura 2 – Pantalla principal de la Base de Datos



PARÁMETROS del terremoto: es la pantalla principal de la base de datos (fig.2), en la que se recogen:

- . Entrada a la página de **INFORMACIÓN MACROSÍSMICA**.
- . Entrada a la página de **OBSERVACIONES**.
- . Fecha y hora origen.
- . Zona epicentral y coordenadas del epicentro.
- . Magnitud recogida en el Boletín sismológico de Cartuja
- . Intensidad máxima,
- . Distancia a CRT,
- . Otras magnitudes (Mfer= Fernando de Miguel, 1983; MM= Mezcuca, 1982; MT= Observatorio de Toledo; MA/T= estimada a partir de la distancia a CRT, amplitud máxima y período dominante; MBCIS; Mcat; MCGS
- . Amplitud máxima del desplazamiento del terreno en micrones (vertical, norte-sur, este-oeste).
- . Período dominante de la señal (en segundos).
- . Tipo de instrumento
- . Referencia principal.
- . Entrada al **Mapa de Isosistas** (en caso de que existiera) (fig. 3).

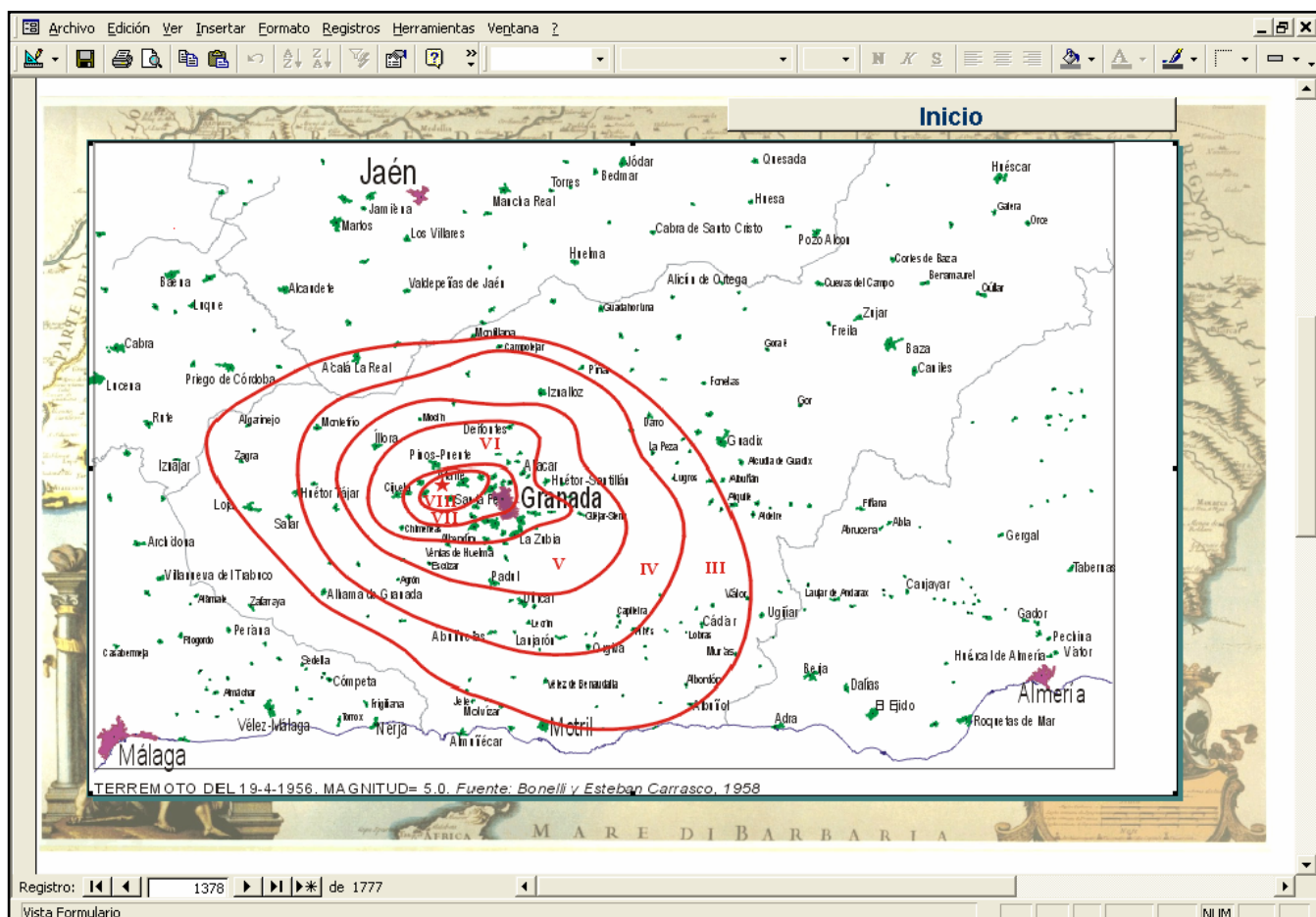
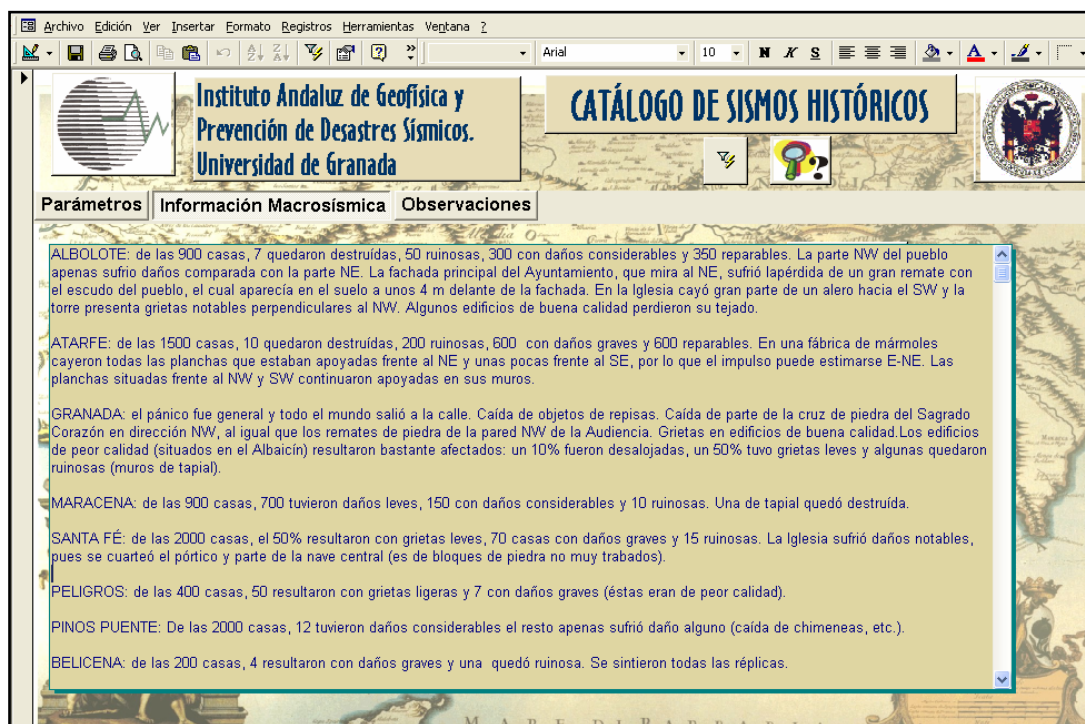


Figura 3 – Pantalla del Mapa de Isosistas

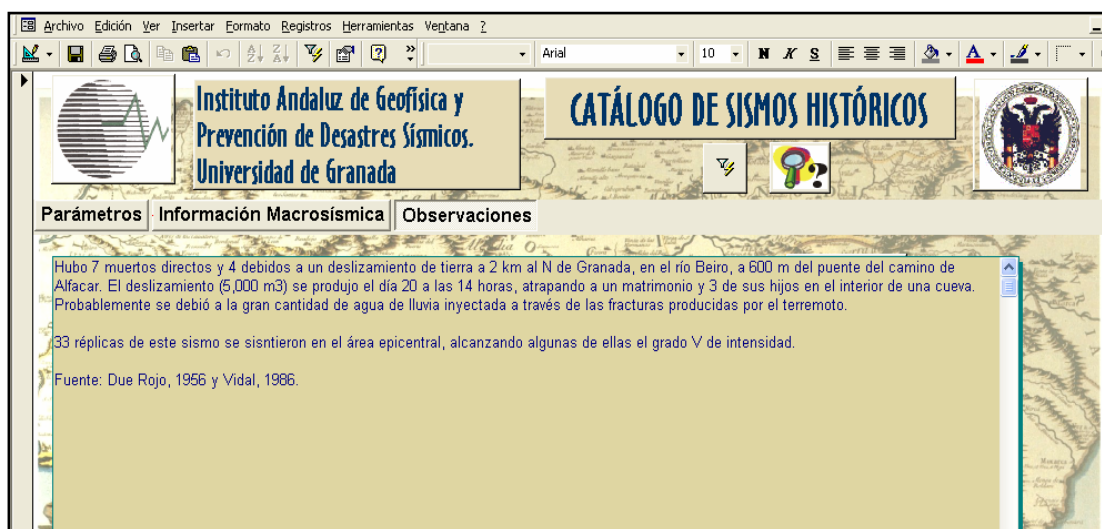
- **Información macrosísmica** (fig.4): donde se recoge toda la información existente sobre los efectos del terremoto, bien en la escala de Sieberg (hasta 1915), en la Forel-Mercalli (de 1915 hasta 1965) y, en algunos casos dispersos la MSK.

Figura 4 – Pantalla de Información Macrosísmica



- **Observaciones** (fig.5): donde se recogen otros datos de interés, como número de víctimas/heridos, repercusiones sociales; nº de réplicas (si las hubo) descripción de los daños en las construcciones (número o porcentaje de edificaciones dañadas....), etc.

Figura 5 – Pantalla de Observaciones



Además, desde cualquiera de las pantallas podemos filtrar eventos por cualquiera de los campos (fecha, zona epicentral, magnitud, intensidad, etc.), lo que facilita enormemente el trabajo con este tipo de datos, así como su visualización en modo tabla o la búsqueda de eventos concretos (fig.6).

Fig. 6: Listados y búsquedas

Fecha	Hora Orige	Zona epicentral	Latitud	Longitud	Profund	Magnitu
1954/01/26	19:30:02	Sabinar (Almería)	36,7	2,6		2,8
1954/02/18	00:44:52	Región del Guadalquivir	37	6,4	25	4,4
1954/02/24	22:47:51	Mar de Alborán	36,4	4,4	25	3,5
1954/02/25	09:26:15	Mar de Alborán	35,8	2,0		3,9
1954/03/09	20:23:31	Mar de Alborán	36,4	3,3	20	3,5
1954/03/18	07:58:23	Sierra Lucena	37,5	-3,6	12	
1954/03/29	06:18:20					
1954/04/16	09:56:33					
1954/04/20	09:49:35					
1954/05/19	0:22:30:1					
1954/06/05	0:15:01:6					
1954/06/07	16:12:09					
1954/06/15	22:35:44					
1954/06/23	19:37:57					
1954/07/01	14:08:01					

Buscar y reemplazar [?] [X]

Buscar | Reemplazar

Buscar:

Buscar en:

Coincidir:

2.- CATÁLOGO MACROSÍSMICO

Es un catálogo mucho más completo que el anterior, pues recoge mucha información de tipo instrumental que antaño, debido a la inexistencia de la tecnología que hoy se usa en el campo de la sismología, era imposible conseguir (p.e. datos de aceleración, profundidad del foco, mecanismos focales, etc).

Fig. 7: Parámetros del terremoto

The screenshot shows the 'macro sísmica' software interface. At the top, it displays the logo of the 'Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos, Universidad de Granada' and the title 'BASE DE DATOS MACROSÍSMICOS'. Below this, there are three tabs: 'Parámetros', 'Información Macrosísmica', and 'Observaciones'. The 'Parámetros' tab is active, showing the following data:

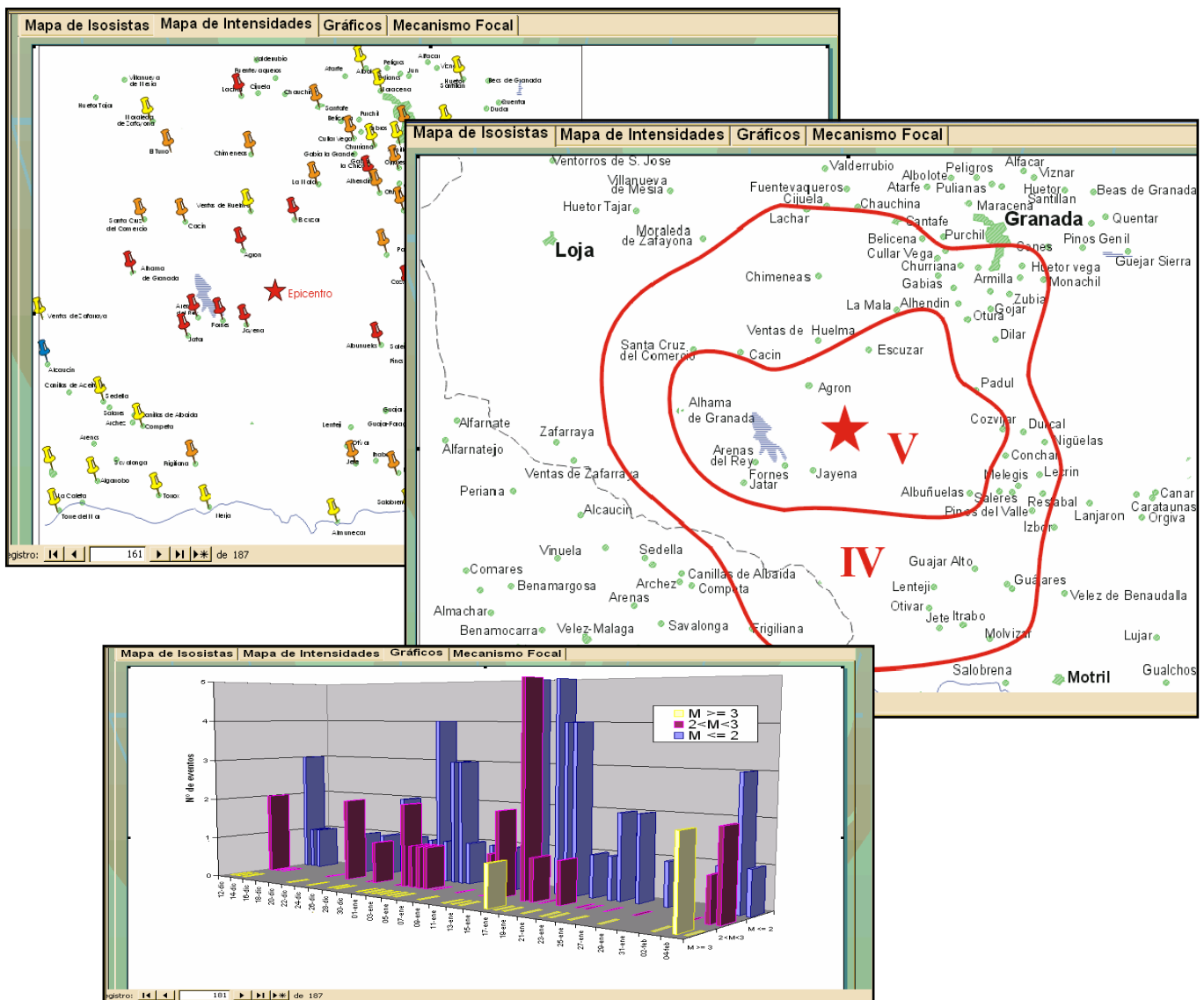
- Fecha:** 1989-12-20
- Hora Origen (UTC):** 04:15:5.42
- Zona epicentral:** Isla Cristina (Huelva)
- Latitud N.:** 37.303
- Longitud W.:** 7.349
- Profundidad:** 38.0 Km
- Magnitud:** 5.2
- Intensidad:** VI-VII (MSK)
- Aceleración máxima:** 60 cm/s² (SCTY)

At the bottom of the interface, there is a 'MAPAS Y GRÁFICOS' button and a status bar showing 'Registro: 56 de 212' and 'Vista Formulario'.

Es por esto por lo que su concepción es totalmente distinta a la base de datos anterior, aunque conserve la ficha concerniente a los parámetros de cada terremoto, de la que desaparecen el tipo de instrumento, la amplitud y la referencia principal, ya que los datos provienen casi en su totalidad de la misma Institución: el IAGPDS. No obstante se han incluido en dicha ficha los siguientes campos (fig.7):

- Aceleración máxima (en cm/s^2).
- MAPAS Y GRÁFICOS (fig.8): que nos permite visualizar:
 - Mapa de isosistas
 - Mapa de intensidades.
 - Gráficos que muestran la evolución de las series sísmicas (en caso de haberlas).
 - Mecanismo focal: recoge la representación gráfica del estado de esfuerzos que ha provocado el terremoto así como la dirección y el buzamiento del plano de falla.

Fig. 8: Mapas y gráficos



Respecto al apartado de **Información Macrosísmica (fig.10)**, se sigue la misma pauta de la Base de Sismos Históricos, pero se completa con la inclusión de los resultados de las encuestas macrosísmicas (fig.9) que el IAGPDS tiene en su página web (www.ugr.es/~iag/) y que es de gran ayuda a la hora de la evaluación de los distintos grados de intensidad asociados al terremoto. Las escalas empleadas para esta tarea son la MSK (hasta el año 1993 aproximadamente) y la Escala Macrosísmica Europea (EMS), que es la que se utiliza en la actualidad.

Fig. 9: Encuesta macrosísmica

Encuesta macrosísmica para terremotos débiles y moderados sentidos en Andalucía, España

fecha del terremoto: []
 Hora aproximada: []
 localidad donde se encontraba el observador: []
 para contactar con el observador (opcional): []

Sentido en el interior de las casas por: [no lo sé]
 Sentido en el exterior por: [no lo sé]
 ¿Despertó a los que dormían?: [no lo sé]
 ¿Salieron a la calle?: [no lo sé]
 ¿Perdieron el equilibrio?: [no lo sé]
 Movimiento de objetos colgados, (lámparas, cuadros, vajillas y cristalerías): [no lo sé]
 Movimiento o caída de objetos apoyados, (portarretratos, cerámica): [no lo sé o lo he oído]
 Muebles: [no lo sé o lo he oído]
 Puertas y ventanas: [no lo sé o lo he oído]
 Líquidos: [no lo sé o lo he oído]
 Reacciones de los animales: [no lo sé o lo he oído]
 tipo edificio en que se encontraba: [no lo sé]
 planta en la que se encontraba: [no lo sé]
 otras observaciones: []

Fig. 10: Información macrosísmica y observaciones

Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos. Universidad de Granada

BASE DE DATOS MACROSÍSMICOS

Parámetros | Información Macrosísmica | Observaciones

Se trata de una serie sísmica de 166 eventos que comienza el 11-4-98 y finaliza el 30-4-98 y de los que 133 son de magnitud igual o mayor de 2,5 (y menor de 3,9).

Eventos sentidos:

Hora	Magnitud	Intensidad Máx.
Día 12:		
Ho= 04:52:56.92	Magnitud= 3,7	Intensidad Máx.= III (EMS)
Ho= 07:42:39.04	Magnitud= 3,4	Intensidad Máx.= II (EMS)
Ho= 08:09:16.24	Magnitud= 3,0	Intensidad Máx.= II (EMS)
Ho= 13:10:36.14	Magnitud= 3,6	Intensidad Máx.= II-III (EMS)
Ho= 13:50:34.89	Magnitud= 3,6	Intensidad Máx.= II (EMS)
Día 13:		
Ho= 03:13:30.28	Magnitud= 3,3	Intensidad Máx.= II (EMS)
Ho= 05:55:41.25	Magnitud= 3,8	Intensidad Máx.= III (EMS)
Ho= 13:50:52.81	Magnitud= 3,8	Intensidad Máx.= III (EMS)
Ho= 15:59:02.72	Magnitud= 3,7	Intensidad Máx.= II (EMS)

Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos. Universidad de Granada

BASE DE DATOS MACROSÍSMICOS

Parámetros | Información Macrosísmica | Observaciones

Grado V (MSK): Dª Mencia (CO)
 Grado IV (MSK): Córdoba, Montilla, La Rambla, Moriles, Fernán Núñez, Cabra (CO)
 Grado III (MSK):
 - Provincia de Córdoba: Carcabuey, El Carpio, Benamejí
 - Provincia de Sevilla: Ecija, Osuna, Sevilla
 - Provincia de Granada: Loja, Monteaffío, Granada
 - Provincia de Málaga: Antequera, Nerja, Málaga, Velez Málaga, Fuengirola, Marbella
 - Provincia de Huelva: Huelva
 - Provincia de Jaen: Jaen, Martos, Porcuna, Alcaudete, Andújar
 - Provincia de Badajoz: Castilblanco
 Grado II (MSK): Adra y Balanegra (Almería), Ciudad Real, Toledo, Madrid.

El campo **Observaciones** (fig.9), se ha empleado, generalmente, para completar cualquier otro tipo de información que no estuviera recogida en los campos anteriores, como es el caso de las réplicas (en caso de que las haya del terremoto principal), de las series sísmicas, información adicional de otras entidades, etc..

El objetivo final de estas bases de datos es su integración en la base de datos del Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos (IAGPDS), así como su asociación con otra Base de Datos sobre Daños en construcciones provocados por terremotos destructores que también se ha desarrollado en esta institución.

3. REFERENCIAS

- Informes macrosísmicos de Navarro Neumann a la revista de "Historia Natural" (hasta 1920).
- Boletín sismológico del Observatorio de Cartuja (1906-1965)
- Catálogo General de Isosistas de la Península Ibérica. Instituto Geográfico Nacional, 1982. Publicación nº 202.
- "Cálculo de Magnitudes de terremotos ocurridos en la Península Ibérica y áreas tectónicas adyacentes entre 1948 y 1961". De Miguel, F. Y Payo, G.. Instituto Geográfico Nacional. Madrid, 1983. Publicación Técnica Nº 15.
- "Sismotectónica de las cordilleras Béticas y del Mar de Alborán". Vidal, F. Tesis Doctoral de la Universidad de Granada .
- Terremotos en Granada (siglos XV-XVI). Edificación y sismicidad. Manuel Espinar, Juan José Quesada y Juan de Dios Morcillo. Arráez Editores, S.L. Almería, 1994.
- "Los terremotos en la edad media y sus efectos en el patrimonio histórico (siglos IX-XVI. "Precisiones sobre sismicidad histórica". Tesis doctoral de la Universidad de Granada. Bretón, M. 1997
- Base de datos del Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos de la Universidad de Granada.
- European Macroseismic Scale 1988. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie. Volume 15. Editor G.Grünthal. Luxembourg 1998.

MIRADAS A LA GRANADA DE 1902. Sociedad, espectáculos, costumbres, desigualdades de la Granada de hace un siglo

Juan Bustos Rodríguez^{(1),(2)}

¹ Cronista Oficial de la Ciudad

² Periodista

Está confirmado que la Astronomía es la ciencia más antigua que existe. Hace ya mucho tiempo que se sabe, que los astrónomos figuraron a la cabeza de las primeras civilizaciones mesopotámicas y que en la lejana Babilonia, a ojo desnudo desde los miradores de altas torres, se las ingenieron para reglamentar el curso del año y de las cosechas. Sus eclipses quedaron registrados en barro – lo mismo que las dinastías de sus reyes –, en ladrillos de caracteres cuneiformes encontrados por nuestros arqueólogos de tiempos recientes. Parece ser que toda la astronomía egipcia quedó escrita en esos monumentales y enigmáticos libros en piedra que son las pirámides. Con los griegos, la Astronomía siguió siendo ciencia destacada. Ellos atribuyeron a los astros una segura naturaleza divina. Según Platón, los astros poseían un alma que los movía, tal como el alma humana gobierna el cuerpo. Esto es lo que creía Platón en los tiempos socráticos. En plena Edad Media, los astrónomos seguían teñidos de astrólogos – el rey Alfonso X el Sabio llamaba a los suyos, poética y cariñosamente, mis “estrelleros” – y relacionaban a Júpiter con los humores del hígado, y la interferencia de Venus era precisa para conseguir el beso de la mujer amada. También los astrónomos ayudaron durante más de mil años a la navegación. La estrella Polar empujó a los navíos que navegaban sin perder de vista la costa y los lanzó valientemente al mar abierto. Se comprende el desconcierto y el temor de los navegantes españoles de Colón, cuando surcando las aguas del Atlántico hacia el hemisferio austral, anotaban inquietos en sus diarios de viaje: “Hemos perdido la Estrella Polar”. Precisamente, al poner el pie en el Nuevo Mundo, encontraron, entre otros, un fabuloso imperio en el Yucatán, el de los mayas, cuyos astrólogos se guardaban el secreto del verdadero calendario de trescientos sesenta y cinco días – que les permitía predecir con exactitud las lluvias y las sequías –, engañando al pueblo con un falso calendario que les llenaba de incertidumbre, y así se aseguraban un papel prepotente en tan vastos territorios. Como vemos, aquellos fueron siglos en los que los hombres estaban colgados del cielo con hilos de luz, como marionetas. Tiempos en los que un astro detenía su rumbo para decidir la suerte de una batalla. Y un cometa ponía su rúbrica luminosa en la papeleta de defunción de un emperador.

Mucho después de esta increíble, fabulosa y poética aventura de la ciencia, cuando genios como Copérnico, Galileo, Laplace, Kepler, Newton y sus seguidores habían puesto las cosas en su sitio, despojando a los astrónomos de su carácter mágico de astrólogos, inauguraba sus actividades nuestro Observatorio Astronómico-Geofísico-Meteorológico de Cartuja. Corría el año 1902. Veamos como era aquel año en el mundo, en España y, naturalmente, en Granada.

MIRADA INTERNACIONAL

En el corazón de África había terminado la guerra de los “borres”, que había tenido a raya el inmenso poderío militar y económico de Inglaterra durante algún tiempo. Después de un largo reinado de 64 años, había muerto (1901) la reina Victoria de Inglaterra. En 1902 reinaba su hijo, Eduardo VI, más atraído hasta entonces por las bailarinas y las fiestas del “Folies Bergere” de París que por los enojosos problemas

de la gobernación de su inmenso imperio. En América, los Estados Unidos habían dado una primera muestra de sus verdaderas fuerzas y de sus verdaderas intenciones, haciéndose con Cuba después de habérsela arrebatado a España en el aciago 1898. Pero Europa todavía seguía siendo protagonista de la marcha del mundo y Europa, afortunadamente, vivía años de paz. Eran los tiempos en que un buen cocinero y la bodega selecta de un embajador bastaban para soslayar conflictos internacionales y suavizar asperezas. Francia, Inglaterra y Rusia, de un lado, Alemania y Austro-Hungría, de otro, se enseñaban los dientes, pero aún eran sonrisas más que amenazas. En el otro extremo del planeta, Japón, se fortalecía militarmente, aprendiendo diligentemente las novedades de la ciencia militar, como demostraría tres años después en su guerra contra Rusia. También en Asia, el antaño inmenso y poderoso imperio chino era apenas un residuo de su relevante pasado y estaba descaradamente dominado por las grandes potencias europeas. Pero china y Japón estaban tan lejos que, en 1902, apenas desempeñaban papel significativo en el programa internacional.

NUEVO REY DE ESPAÑA

En España hay un nuevo rey: Alfonso XIII, jovencísimo, de dieciséis años, apuesto, simpático. Y ya se sabe: un rey nuevo es siempre una esperanza. Falta le hace la esperanza al pobre y padecido pueblo español de 1902, aún acongojado por el desastre de la pérdida de las últimas colonias, Cuba, Puerto Rico, Filipinas, tan solo cuatro años antes. En la solemne ceremonia de su jura, el nuevo monarca dice: “Si dios me ayuda, si el pueblo español mantiene el apoyo que dio a mi augusta madre durante su Regencia, tengo la seguridad de poder demostrar que, antes de ser el primero en jerarquía, lo será en el sacrificio por la patria y en la constante atención a todo lo que pueda contribuir a la paz, a la grandeza y a la felicidad de la nación española”. ¿Y quién no se deja entusiasmar por un mensaje tan bien intencionado como éste? Luego, la realidad será otra y al cabo de veintinueve años, este mismo pueblo español por el que Alfonso XIII asegura que va a desvivirse, le pondrá de patitas en la frontera para siempre y proclamará la República. Pero en 1902, todo eso está muy distante y, de momento, el nuevo rey es acogido con general aprecio y simpatía. La gente se inquieta al saber que al regreso del cortejo real, después de la Jura de Su Majestad, un individuo ha arrojado un paquete al coche ocupado por el monarca. Se arma un revuelo considerable, los soldados que guardan el orden en las calles y la policía de la escolta, se apelotonan en torno al carruaje. Se teme un atentado. Pero no se trata de eso. El paquete no contiene más que la fotografía de un muchacho, acompañada de una carta dirigida al Rey, pidiéndole la mano de su hermana, la infanta Mercedes, de la que estaba enamorado. Así empieza el reinado de Alfonso XIII, en 1902.

Es el mismo año en que, en Espinay (Francia), muere el que había sido rey consorte Francisco de Asís, el marido de la Reina Isabel II, destronada en la Revolución de 1868. este matrimonio – abuelos del rey Alfonso XIII – había dado mucho que hablar, él por su manifiesta homosexualidad, ella por su apasionado carácter, enamoradizo y pasional. De él se cuenta una anécdota que lo describe a la perfección. En ocasión de la guerra de España con Marruecos, en 1860, cuando el general O'Donnell, que va al frente de las tropas, acude al Palacio real a despedirse de los reyes, Isabel, jacarandosa y garbosa, le dice: “¡Ay, qué pena no ser hombre para ir con mis soldados!”. El rey consorte Francisco de Asís, que está presente, añade: “Lo mismo digo, O'Donnell, lo mismo digo”.

En otro orden de cosas, 1902 se significa también por otras noticias curiosas. Por ejemplo, en Bilbao se celebra el primer partido de fútbol en el que se paga entrada: precio único de la localidad 30 céntimos. Un nuevo invento, el automóvil, que llama

poderosamente la atención, continúa sus progresos y en Madrid se exhibe el “bólide” propiedad de un francés, M. Jenatzy, que “alcanzó 58 kilómetros a la hora, ante al asombro del numeroso público que contemplaba la prueba”. En el toreo, el gran espectáculo de los españoles del momento, 1902 señala el declive del gran torero Antonio Reverte. Muere el insigne actor Antonio Vico y la escena española se viste de luto. Benavente, el ilustre don Jacinto, es el autor favorito de la época. Con él, los andaluces hermanos Serafín y Joaquín Álvarez Quintero, son prácticamente dueños de la escena. En 1902 se registra una novedad en los teatros: las luces de la sala se apagan durante la representación y sólo se mantienen encendidas las luces de la batería. Así, la concentración de los espectadores se concentra en la escena. Ha sido una feliz iniciativa de la eminente actriz María Guerrero. Es el mismo año, en que los gobernadores civiles imparten un decreto, por el cual, las señoras tendrán que despojarse de sus sombreros en los patios de butacas, para no impedir la visión del escenario de los espectadores que están sentados detrás. Hasta ahí ha llegado la voluminosidad de los sombreros de las damas de la época.

EXPECTATIVAS GRANADINAS

En 1902 – según el censo de 1900 – la capital granadina tenía 75.522 habitantes de derecho y 75.807 de hecho, y la provincia 494.449 y 492.460, respectivamente. No era de las ciudades demasiado populosas, como empezaban a serlo ya Oviedo, Bilbao o Zaragoza, pero tampoco de las extremadamente pequeñas, como Jaén, Badajoz o Burgos.

El ayuntamiento no podía hacer milagros con un presupuesto de 2.440.142,14 pesetas anuales, de las que la nómina de los empleados suponía 91.388 pesetas. Como detalle, digamos que los gastos de representación asignados al alcalde, eran de 5.000 pesetas al año. A aquel Ayuntamiento - como a todos - ya le llovían las protestas ciudadanas, sobretodo por el mal estado de las calles. “Si el Ayuntamiento cuidara las calles – denunciaba el periódico “La Publicidad” – las calles estarían adoquinadas y limpias, y se podría circular por ellas sin ser atropellados por carruajes a demasiada velocidad o por mozos de cuerda caminando cargados por las aceras, sorteando los grupos de gente parada y los vecinos sentados a las puertas”. La verdad es que ya entonces – tal como desgraciadamente sigue sucediendo ahora -, hacían caso omiso de la ordenanzas municipales. Se dictaba aquel año, precisamente, una que exhortaba a las mujeres a no sacudir las alfombras sobre la calle cuando pasara alguien, y en la revista “El Triunfo” aparecía un chiste donde un transeúnte iracundo increpaba a la del balcón con estas palabras: “¡Ya podría usted mirar donde sacude y no hacerlo cuando paso por debajo!”. Y la mujer respondía: “Pues ya podría usted no pasar cuando ve que voy a sacudir la alfombra!”

En aquella Granada había poco más de 600 calles, comprendiendo las callejuelas y los callejones; y casi un centenar de plazas y placetas, de estas últimas la mayoría repartidas por el barrio del Albaicín. No existían entonces las “Páginas Amarillas” de las “Guías Telefónicas”, pero sí, en cambio, los inestimables “Anuarios” que publicaba Luis Seco de Lucena, fundador y director del periódico “El Defensor de Granada”, con la relación de comerciantes y profesionales de la población. Por ellos sabemos que, en el año 1902, había en Granada capital ocho notarios en ejercicio, ventidós procuradores, otros tantos farmacéuticos, sesenta y nueve médicos colegiados, cuarenta y un catedráticos titulares de Universidad, tres dentistas, cuatro libreros, ... En aquella reducida sociedad, qué duda cabe que se conocían todos en mayor o menor grado. Pero se conocían también igual los trabajadores de los distintos oficios: abaniqueros, alpargateros, bastoneros, guanteros, botineros, camiseros, cocheros, sombrereros, tintoreros. Hoy son oficios desaparecidos, pero entonces reunían en su conjunto un censo laboral anónimo nada desdeñable, si bien mucho

menor que los albañiles, los camareros, los campesinos y los dependientes de comercio, que formaban, sobre todos, los núcleos más considerables de trabajadores.

COMIENZOS DE CAMBIO

Las condiciones de vida de la inmensa mayoría de la población, la clase trabajadora, eran ciertamente penosas. Familias acumuladas en viviendas de escasos metros, sin apenas ventilación, ni higiene, ni nada que se le pareciera; mal alimentadas, en paro casi permanente o con jornales de miseria. Aunque algo empezaba a cambiar en aquella desesperanza general. Ya había sociedades obreras de diversos oficios, hasta entonces absolutamente desprotegidos. Funcionaban sociedades de sombrereros, de planchadoras, de albañiles, de carpinteros, de pintores decoradores. Ya se agrupaban los trabajadores en sociedades de las que recibir, en situaciones de necesidad – casi continuas – no sólo apoyo en la defensa de sus intereses laborales, sino también pequeñas ayudas para medicinas o alimentos. Aún así, es inevitable entristecerse al recordar la inhumana situación social de la mayoría de los granadinos en aquel tiempo, en situaciones de miseria muchísimos de ellos, con sueldos de cincuenta céntimos diarios y jornales de una peseta para contados operarios.

Una reducidísima elite, apenas 1.000 elegidos, quizá menos, venía a constituir – a juicio de ellos mismos, naturalmente -, lo único importante, lo único que contaba en la vida de la ciudad. El resto de la población, sesenta y tantos mil, la inmensa mayoría de gorra y alpargata, de jornal mísero y vivienda lóbrega, no importaba ni poco ni mucho. Para las clases altas, las dirigentes, la vida no podía ser más placentera. Estaban, recién llegados, unos inventos llamados a mejorar sus ociosas existencias. De los primeros en llegar, y de los más trascendentes, el de la electricidad. Precisamente el año que nos ocupa, se constituyen dos compañías eléctricas granadinas: “Electra de Órgiva” y “Eléctrica de la Vega granadina”. Hasta entonces, el alumbrado de las casas acomodadas había sido por gas. También el de la calles era por gas desde 1866. Lo tenía a su cargo la empresa “Eugenio Lebón y Cía”, que repartía el suministro para un total de 2.000 farolas distribuidas por la ciudad. La misma compañía también suministraba un incipiente alumbrado eléctrico urbano y, en 1902, ya tenía instalados medio centenar de focos callejeros, casi todos por el centro. A la compañía Lebón le había surgido una seria competidora en 1892, una empresa fundada con capital granadino, la “Compañía General de Electricidad”, que pronto construyó diversas centrales hidráulicas aprovechando las corrientes de los ríos Genil, Maitena, Monachil y Cubillas.

Claro que, como a menudo ha sucedido y sucede entre nosotros, las nuevas ideas son acogidas con suspicacia y se les vaticina poca duración. Y eso le ocurrió a la electricidad. A pesar de sus obvias ventajas, más sencilla, más barata, más rápida, menos peligrosa, mejor luz, etc., el color mortecino de aquella primera luz eléctrica no acababa de convencer a mucha gente, que siguió alumbrándose con gas cierto tiempo. Aquella electricidad recién llegada, era neblinosa y sorprendente. Y en las calles, los padres se detenían con sus hijos de corta edad y señalándoles los delgados cables eléctricos les decían: “Mira, hijo, aunque no lo parezca, por ahí viene la luz”.

OTRA NOVEDAD

En 1902, con el teléfono venía a suceder lo mismo y buen número de granadinos – de clase acomodada, naturalmente, los únicos particulares que podían permitírselo – casi ni lo tomaban en serio. Una novedad curiosa, quizá, y poco más. Pero desde 1890, o sea, catorce años después de que Graham Bell hubiera conseguido la transmisión a distancia de la voz humana, ya había en Granada dos

compañías telefónicas: la “Peninsular” , con oficinas en el número 46 del Zacatín, que atendía las comunicaciones con el resto de España; y la “Sociedad Telefónica de Granada”, encargada de las necesidades del servicio urbano, que tenía su sede en el piso tercero del edificio que entonces ocupaba en sus bajos el popular café del Callejón, entre las calles Mesones e Hileras.

Los primeros en usar el teléfono habían sido, como en todas partes, los organismos públicos y las redacciones de los periódicos. Luego llegaron a usarlo también los particulares, pero más despacio. En 1902, en Granada, había instalados unos 200 teléfonos. El número 1 era el del Arzobispo; el gobernador tenía el número 6 en su despacho; y el rector el número 143, en la Universidad.

Las instrucciones que las compañías daban a los usuarios del nuevo invento, eran de lo más pormenorizadas. Y así se les advertía: “El abonado, después de aplicarse el teléfono al oído, deberá empezar diciendo siempre: ¿Quién llama?” ... Como sucedió con otros artilugios técnicos, el teléfono despertó en sus comienzos no poco recelos. Sobre todo en las señoras, porque las pobres pensaron que el teléfono podría acabar con el placer de las visitas. Y es que, entonces, las familias de posición social se visitaban. En un curioso manual de urbanidad de la época, se hacían recomendaciones inefables como éstas: “Las visitas no deben hacerse por las mañanas, ni a las horas de almorzar o cenar; no se deben llevar animales domésticos o niños revoltosos, sin pedir disculpas previas; es elegante llevar algún pequeño obsequio, por ejemplo, alguna golosina para merendar”. Y aún se añadían más detalles de etiqueta: “El que hace la visita es el que inicia la maniobra que la da por finalizada. Por lo general conviene realizarla en dos etapas. Primero se insinúa que conviene retirarse. Los anfitriones hacen un mohín de desagrado. Pasado otro ratito, se aceptará ya la decisión de levantarse” por cierto que este manual de urbanidad lo había escrito el más célebre cronista de sociedad de la época – se firmaba “Montecristo” en las página de la revista “Blanco y Negro” -, que era gran amigo de la marquesa de Esquilache, a la que solía acompañar cuando esta señora venía a descansar a su hermosa finca de Motril. No está de más precisar que Motril, en 1902, atravesaba una situación social tan injusta y dolorosa como la de la capital. Precisamente un año antes, en 1901, dos mil trabajadores desesperados incendiaron la fábrica azucarera motrileña “Santa María”, de la familia Larios, en protesta por los precios miserables a que se pagaba la caña a los campesinos.

TERTULIAS DE CAFÉ

Aquella era una Granada absolutamente “ensombrerada”, si se permite la expresión. Nadie salía sin sombrero a la calle. Los trabajadores usaban gorra. Los hombres de la clase media urbana usaban sombreros de alas cortas y flexibles, de los modelos llamados genéricamente “hongos” o “bombines”. Los caballeros de alta posición usaban sombrero de copa. Había muy buenas fábricas de sombreros entonces en Granada, con operarios particularmente hábiles en el tratado de la piel de conejo, que era de la que habitualmente se hacían los sombreros masculinos. Durante mucho tiempo, permanecieron activas fábricas de sombreros muy acreditadas, que había por la calle del Señor, la Cuesta del Pescado o la calle Solares.

Los sombreros femeninos eran otro cantar. Naturalmente, las mujeres del pueblo no los usaban. Pero tampoco salían descubiertas, sino con un pañuelo que les cubría la cabeza y se anudaba bajo la barbilla. Las señoras sí llevaban sombrero. ¡Y qué sombreros!. Realmente enormes, con preferencia de terciopelo o paja italiana y, sobre sus copas, un revoltijo de plumas, tules, broches y otros adornos de fantasía que componían unos remates monumentales. Ya hemos dicho que, por entonces, los gobernadores civiles habían dictado órdenes prohibiendo que las señoras permanecieran en los teatros con ellos puestos. Por lo visto, abundaban las quejas de los espectadores bajitos que se sentaban detrás.

Mientras los trabajadores granadinos de la época se reunían en miserables tabernas, los hombres de la clase media y alta se veían a diario en los cafés. Quizá el más acreditado era el café del Siglo, en la calle Mesones, que había abierto sus puertas a mediados del siglo XIX. Otros cafés siempre concurridos, eran el “Alameda”, del Campillo, que acabaría en puntual referencia de la Granada de García Lorca, Falla y Gallego Burín; el café “El Diván Ruso”, que estaba en Reyes Católicos cerca ya de la Plaza Nueva; el café “Colón”, en Puerta Real, esquina Mesones; el café “Suizo”, que llegaría hasta tiempos recientes con el nombre de “Café Granada”; el café “Royal”, en la plaza del Carmen; o el café de los “Mixtos”, en lo que entonces era la plaza de San Antón. Todos ellos eran cafés de animadas e inacabables tertulias, porque los hombres de entonces no conocían la prisa, que agobia a los hombres de hoy. Cafés con mesas de tapas de mármol, sobre las que camareros o clientes rebotaban los duros de plata y, merced al sonido, sabían si eran legítimos o falsos. Por cierto que, en aquellos cafés del ya lejano 1902, eran frecuentes los parroquianos que esperaban a tomarse su café con leche a que llegara la piara de cabras que suministraba la leche, y el cabrero las ordeñaba delante de ellos. Cafés para una generación sin prisas, a los que se referiría el gran Ramón Gómez de la Serna diciendo: “En el café se siente la lámpara viva del tiempo, y el sabio reloj de arena está en cada mesa”.

LOCALES DE DIVERSIÓN

Igual que aficionados a matar el tiempo en los cafés, los granadinos de 1902 eran muy aficionados al teatro. Había dos teatros permanentes: el primer “Isabel la Católica”, en la plaza de los Campos; y el “Cervantes”, en la plaza de la Mariana. El “Alhambra”, en el Salón; y el “Colón”, en el Humilladero, eran dos teatros de madera y lona que solían instalarse durante los veranos. De los estables, el más popular era el “Cervantes”; el más selecto, el preferido por la burguesía y la gente adinerada, era el “Isabel la Católica”, que Melchor Almagro, en su delicioso libro de memorias “Viaje al siglo XX”, recordaba “con sus terciopelos algo apolillados y sus molduras enriquecidas de oro viejo, que le daban un aspecto fastuoso”.

El cine había llegado ya a Granada en 1902. Desde fecha tan temprana como 1897 – y tan temprana, puesto que los hermanos Lumiere habían presentado su invento en París el año antes – ya había un local de proyecciones cinematográficas en nuestra ciudad. Era una barraca que se instalaba en el Paseo del Salón, durante las Fiestas del Corpus. Tenía el pomposo título de “Cinematógrafo Lumiere”. Allí se exhibían las primeras películas a los asombrados granadinos.

Aparte los teatros y las tertulias de café, la vida nocturna de la ciudad no tenía demasiados atractivos. Había, desde luego, salones de juego en casinos como el “Principal” – más o menos en el solar actual del teatro “Isabel la Católica” – o el “Liceo”, sociedad cultural de entonces con sus locales en los bajos del teatro “Cervantes”, que se levantaba donde ahora se encuentra el edificio de éste nombre en la plaza del Campillo. También se daban bailes y reuniones sociales en la Sociedad del Tiro de Pichón, que tenía un elegante chalé propio en los Llanos de Armilla. Y fiestas en las tabernas flamencas que abundaban por la Manigua y sus contornos, o más lejanas, como la de “La Parrilla”, por el Barranco del Abogado; y la de “Los altramuces”, en el campo del Príncipe. Local también muy popular en las noches granadinas de hace un siglo era el restaurante “La Escribanía”, en la actual calle Abenamar. Era un local bellamente decorado con evocaciones alhambrenas, que contaba con lo que entonces se llamaban “cuartos reservados”, a los que se entraba por una puertecilla discreta, que mantenía el anónimo de encopetados visitantes.

Eran tiempos en que la importancia de lo sexual empezaba a considerarse científicamente. O al menos así lo intentaban enmascarar libros como éste que anunciaba “El Defensor” aquel año: “La curiosa Venus. Éste es el libro sensual que el

hombre y la mujer casada deben saber de memoria. Se vende por cuatro pesetas – muy caro por entonces – en la librería de Casso, Reyes Católicos, 4”.

El consumo de alcohol era ya una de las plagas sociales más alarmantes. Los periódicos se hacían eco de los perniciosos efectos de las borracheras. En uno de ellos, “La Opinión”, se anunciaba profusamente “el producto milagroso que consigue alejar del vino a sus adictos: el polvo Coza”. Su publicidad era inefable y merece la pena reproducirla: “El polvo Coza produce el efecto maravilloso de disgustar al borracho del alcohol (cerveza, vino, ajeno, etc.) y obra tan silenciosamente y con tanta seguridad que la mujer, hermana o hija del bebedor, pueden administrárselo sin saberlo él y sin que necesite decirle lo que determinó su cura”. Aquellos polvos, de poderes casi mágicos – que bien podían repartirse entre los familiares de la juventud de la “movida” de hoy -, se vendían en Granada en la farmacia de la plaza de San Gil.

La sífilis era el otro azote masculino de la época. Y quizá no fuera casualidad, que en un benemérito proyecto de la real Sociedad Económica de amigos del País, de Granada, relativo a la posible creación de cinco nuevas casas de socorro en la ciudad, se propusiera su emplazamiento en las cercanías de las zonas de prostitución más frecuentadas de entonces.

LA MUJER Y SUS PROBLEMAS

En 1902 las mujeres ganaban terreno poco a poco. Hasta entonces, generalmente, sólo se ocupaban como criadas; en algunas ocasiones, como maestras. Uno de los primeros puestos de trabajo femeninos en el recién llegado siglo XX, era el del cuerpo de telégrafos. Otra posibilidad de ocupación laboral femenina, muy extendida sobre todo entre muchachas de la clase media baja era el de señorita de compañía. En un delicioso anuncio del diario “El Universal”, se lee: “Señorita que sabe leer y escribir, y es honesta y diligente, se ofrece para acompañar niños, señora o “cosa análoga”. Desde luego, las señoras protestaban de lo mal que estaba el servicio doméstico y el servicio domé tico, a su vez, se despachaba a gusto de los malos modos de sus señores y de la poca paga. Las únicas sirvientas satisfechas eran las nodrizas, la llamadas amas de cría, encargadas de amamantar a los hijos de las señoras, cuando éstas no podían dar el pecho por motivos de salud o por no estropearse. Las mejores amas de cría eran contratadas en la plaza de las Pasiegas. Uno de los presuntos orígenes del nombre de esta plaza parece provenir de que era el punto de reunión de las campesinas del valle del Pas, en la provincia de Santander, que tenían fama por la cantidad y calidad de la leche de sus pechos, por lo que eran muy estimadas en toda España. Las nodrizas eran unas privilegiadas. Ganaban venticinco duros al mes y además eran vestidas por sus señoras. En cuanto a comida, la que quisieran. ¡Faltaría más! ¿Qué señora iba a privar de lo que le apeteciera a la mujer que se encargaba de criar a sus hijos?

Aquellas de 1902 se cuidaban, más o menos, igual que las de hoy. Estaban ya de moda los talles esbeltos. Benavente definía con gracia aquellos vestidos femeninos diciendo: “Son trajes más ceñidos que una faena de “Machaquito”, que parecen las mujeres un paraguas enrollado”. Talles esbeltos, sí, pero senos exuberantes también. En las páginas de los periódicos proliferaban los anuncios de productos que anunciaban los pechos femeninos. Leemos en “El Defensor” los prodigios de las “Píldoras Circasianas”, que los hacían “esbeltos y tersos”; y, sobre todo, el más famoso, con el perfil de una señora y la siguiente advertencia: “Pilules Orientales, para el desarrollo, endurecimiento y reconstitución del pecho”. Sin duda el busto femenino más desarrollado y célebre de la Granada de 1902, era el de la célebre artista “La Tortajada” – “de pecho de pupitre”, decía Melchor Fernández Almagro -, a la que los hombres, durante las breves estancias de ella en la ciudad, veían pasar con admiración, al atardecer, camino de la Virgen de las Angustias, en su carretela tirada por dos caballotes enormes, “que parecían escapados de una pintura de Velásquez”.

El depilado del cuerpo femenino estaba ya en auge entre las damas granadinas de alta posición. Ello se deduce de un anuncio de lo más expresivo, en la revista “La madre de familia”. Merece la pena reproducirlo: “El éxtasis de la noche de bodas no debe trocarse por una prosaica desilusión. Las señoras elegantes jamás tienen vellos en otra parte de su cuerpo que no sea donde contribuyen a sus encantos femeninos. El extirpador de vellos “Streen” dejará su cutis tan suave como el de un bebé. Precio: 6 pesetas. Ofrece esta maravillosa ayuda a las señoras la farmacia Nacle, en Gran Vía”. La verdad es que repasar los anuncios de la prensa de aquella época es un verdadero deleite. Así podemos encontrarnos con anuncios tan inefables como éste: “Perlas de Oro, que curan con gran rapidez la impotencia”. Se estaba escribiendo la prehistoria del “Viagra” hace nada menos que cien años.

AMBIENTE CIUDADANO

En 1902, casarse en Granada costaba 23 pesetas, en concepto de derechos de expediente matrimonial, incluida la toma de dichos, y se pagaban en la Curia. Como los pobres no tenían ni 23 pesetas, se les casaba sin pagar nada, siempre que acreditasen la falta de medios. Se decía que se casaban “de oficio”.

Los bautizos costaban cinco pesetas en las parroquias de primera: el Sagrario, la Magdalena, San Justo y Pastor, y San Matías: costaban cuatro pesetas en las restantes, excepto en el Salvador y el Sacromonte, de tercera categoría, que costaban tres pesetas. Morirse ya era más complicado. No el hecho de la defunción, sino el del entierro. Una simple fosa en el suelo costaba 100 pesetas con 10 más en concepto de depósito.

La ciudad estaba entonces tan sucia como ahora y por las mismas razones que ahora: negligencia e incivismo de gran cantidad de infinidad de vecinos, y escasez de recursos económicos en el Ayuntamiento para retirar tanta basura. El entonces llamado pomposamente “Servicio de Limpieza Pública y Riegos” municipal – el “INAGRA” de hace un siglo – sólo disponía de ocho carros de mulas, seis cubas de riego, cuarenta carretillas y las correspondientes palas y regaderas. El capítulo de atención a siniestros era más grave porque los bomberos - que tenían su Parque en la calle Escudo del Carmen, al lado del Ayuntamiento -, únicamente disponían de cinco bombas, cinco bombines, unas pocas camillas y una escalera. En 1902, además, el cuerpo de bomberos estaba de los más desacreditado, desde su ineficaz intervención, en septiembre de 1890, en la extinción de un peligroso incendio ocurrido en la Alambra. Allí se habían presentado en lastimosas condiciones: con gran retraso, sin una sola bomba que funcionara debidamente, con mangas rotas e inútiles y hasta sin hachas. Sólo de milagro – que no por la acción de los bomberos – se evitó un verdadero desastre en el monumento.

Pero no eran sólo los bomberos los únicos profesionales desacreditados por entonces. También lo estaban los médicos. Los granadinos no habían olvidado la trágica epidemia de cólera de 1885, que causó varios miles de víctimas entre la población, una de ellas el arzobispo Bienvenido Monzón, que había sido arzobispo de Granada bastantes años y ahora lo era de Sevilla, y que veraneando en La Zubia aquel 1885 había muerto a causa del cólera. Durante aquella terrible epidemia, nuevo azote de la ciudad apenas un año después de la gran tragedia del terremoto de 1884, se habían dado numerosos casos de médicos que se habían negado a asistir a los enfermos pobres. Una verdadera mancha de descrédito para el buen nombre de la profesión médica granadina.

A PIE O EN BURRO

Faltaban dos años para que, en 1904, empezaran a circular los primeros tranvías eléctricos. Y uno para que, en 1903, apareciera en las calles granadinas el primer automóvil, que sería un Renault de 18 caballos propiedad del duque de San Pedro, que lo había adquirido en París. Así que, sin tranvías ni automóviles, la gente iba a pie a todas partes, y sólo en ocasiones se utilizaban coches de caballos, cuya parada estaba frente a la Acera del Casino, con tarifa de una peseta el trayecto por el interior urbano.

Para subir al Albaicín o al Sacromonte, las personas de edad alquilaban, también por una peseta, las dóciles burras de una mujer a la que toda Granada conocía por el apodo de “Pepica, la de las burras”, que se ponía a diario con sus animales por los alrededores de la iglesia de Santa Ana. Los usuarios de las burras hacían el trayecto acompañados por algún chiquillo que, luego, a cambio de unos céntimos, devolvían los rucios a su dueña. ¡Y había que ver cómo bajaban los chiquillos por las cuestas, emulando a los caballeros que aún se desplazaban por la ciudad jinetes de sus caballos propios.

Así era, a grandes rasgos, aquella Granada de 1902, año en el que nacía el Observatorio Astronómico-Geofísico de Cartuja, la mayoría de cuyos aparatos fue construida por PP. Y Hermanos de la Compañía de Jesús en Granada. Era una Granada en la que – como ocurre en la de hoy – todo iba muy mal para la gran mayoría y todo bien para unos pocos, muy contados privilegiados. Hoy, los cien años de vida del Observatorio dedicados a la investigación científica, representan un argumento de continuidad que nadie puede rebatir. Afianzado en su tradición y fiel a su destino, el Observatorio granadino asegura las virtudes que en éste su primer siglo ha sabido poner, con fidelidad, constancia y modestia al servicio de la Ciencia.

Pies de foto:

- El Embovedado, visto desde la carrera de la Virgen, a comienzos del siglo XX.
- Capas y sombreros, indispensables en los atuendos masculinos de 1902 en la calle Reyes Católicos.
- La estatua de mariana Pineda, en la plaza de su nombre, antes de ser “aplastada” por los edificios actuales. A la derecha, el palacete de “La Tortajada”.



Fotografía del río Darro a finales del siglo XIX, con el puente del Carbón al fondo (del archivo de Miguel Jiménez Yanguas)



Obras para la construcción de la Gran Vía. Se observa al fondo la iglesia de San Andrés y, en segundo plano, la iglesia de de San Cristóbal y las casas del carril de la Lona (del archivo de Miguel Jiménez Yanguas).



Obras en la calle Zacatín (del archivo de Miguel Jiménez Yanguas).

CATALOGO DE LOS FONDOS FOTOGRAFICOS DEL INSTITUTO ANDALUZ DE GEOFISICA.-

**Inmaculada Jiménez Cortés.
I.A.G.P.D.S.**

La conmemoración del centenario del Observatorio de Cartuja, hoy Instituto Andaluz de Geofísica, nos ha permitido - gracias a la publicación de este libro - que se conozcan los trabajos que se realizan en esta institución a un nivel más popular, puesto que las publicaciones científicas que se realizan periódicamente sólo interesan y afectan a un reducido grupo de personas.

El trabajo que presentamos en este capítulo surgió como una intención de buena voluntad, sin presupuesto alguno, y no pensaba en principio publicarse en ninguna revista especializada. La publicación de este libro ha hecho que sea accesible a más gente de la que hasta ahora tenía conocimiento de su existencia, en la mayoría de los casos por el simple hecho de trabajar diariamente en este Instituto.

Nos proponemos aquí no sólo poner de manifiesto el volumen de fondos fotográficos que posee esta institución, que supone cerca de 3000 placas fotográficas, algunos fotolitos, copias en papel de éstos y unos pocos negativos, sino también detallar el trabajo que estamos haciendo y que pretendemos llevar a cabo mediante su catalogación.

La creación de un buen catálogo hace posible la recuperación de los elementos catalogados identificándolos, ordenándolos y sistematizándolos, facilitando de este modo su manejo y conservación para disfrute colectivo o particular.

En este punto nos encontramos en una disyuntiva: lo que se debería hacer y lo que realmente podemos y estamos haciendo.

El conocimiento del Patrimonio Histórico, cualquiera que sea su naturaleza (pictórica, escultórica, arquitectónica...) requiere para su preservación su catalogación. Y para su catalogación la necesidad de conocer su existencia. Hay un patrimonio evidente que no hace falta presentar, aunque sí catalogar y conservar, como cualquier otro. ¿Quién no conoce la Cibeles, aunque sólo sea porque la vemos repetidamente en los informes deportivos siempre que el Real Madrid gana una copa? ¿O la "Moreneta", para no ponernos a mal con nadie?. Y hay un patrimonio desconocido que con más razón necesita catalogarse pues hay que darlo a conocer. No podemos darnos cuenta de los que tenemos, y mucho menos preservarlo para el futuro, si ni siquiera sabemos que existe. Y ésta es la doble importancia de este trabajo: su difusión y su conservación.

El Patrimonio Histórico cada día se toma más en serio en nuestro país y hay incluso un marco legal para protegerlo: Ley 16/1985 de P.H. También salen cada día buenos estudios sobre el particular, foros de intercambios de ideas, seminarios, jornadas, incluso disciplinas universitarias y masters. No pasa lo mismo con las colecciones fotográficas, cuya política de prevención o programas que desarrollen su conservación, prevención o restauración son nulos. Se empieza ahora a ver una fotografía como una expresión artística, con valor intrínseco propio y, gracias a ello, a considerarla parte de nuestro patrimonio artístico. Esto crea la necesidad de proteger y mantener este legado, pero como todo lo que empieza, nos movemos aún en el campo de la experimentación no consolidada. Es por eso que nos resultó difícil encontrar material informativo sobre este asunto y sobre placas fotográficas en particular. No obstante, partiendo de conocimientos generales sobre fotografía, documentación y catalogación pudimos diseñar un programa de actuación que incluiría:

La identificación del material, no solo física y formalmente sino también estructuralmente, que nos permitiera conocer el comportamiento físico y químico de los distintos componentes que participan en la emulsión de la placa, para así poder elegir el mejor sistema de almacenamiento, de control medioambiental y de uso, con el fin de evitar su deterioro.

La identificación de cada elemento del fondo fotográfico nos ayudaría a construir un inventario con la mayor cantidad de datos posibles acerca de éstos.

El proceso de inventariado incluiría el paso de ir almacenando correctamente cada elemento al mismo tiempo que es analizado. La protección individualizada de cada placa se haría con sobres de plástico realizados en poliéster o polipropileno que protegen los registros de huellas dactilares y de manipulaciones de tipo mecánico, absorben menos agua que los de papel y tienen una vida útil más larga. Se colocarían

posteriormente en vertical en cajas de cartón de PH neutro, libres de ácido y lignino. Éstas se colocarán en estanterías preparadas para acogerlas, con este único fin, para evitar el transporte constante de las cajas de un sitio a otro según las necesidades de espacio.

El análisis de cada placa lo llevaremos a cabo con una ficha diseñada por nosotros. No existe un tipo de ficha estándar que nos ahorre este trabajo y que unifique criterios, pero el resultado de una ficha de catálogo útil debe ser la que recoja la mayor información posible acerca del elemento catalogado. Aunque en casi todos los casos algunos apartados quedarán en blanco, se ha pretendido obtener una ficha susceptible de contener todas las características de interés del elemento correspondiente, de modo que en el futuro pueda completarse la información que falta sin necesidad de variar la ficha y con ello todo el catálogo.

Ni que decir tiene que el espacio estructural donde se guarde la colección debe constar de sistema de alarma, de extinción de incendios y dispositivo de aviso de inundación.

Una vez realizado este trabajo, que constituye la parte más práctica, concluiremos con una buena política de uso del material, de exposición, de reproducción o de copia.

Detallamos ahora la realidad de las cosas con sus ventajas e inconvenientes.

Las condiciones medioambientales naturales del Instituto han permitido que las placas en su mayoría estén en un buen estado de conservación. El microclima creado en los lugares de almacenamiento del material durante muchos años, con una temperatura constante y no muy alta y con una humedad tampoco muy apreciable, ha evitado la presencia de hongos y bacterias producidas por el calor excesivo o su extremo, el frío y por un exceso también de humedad. Tan solo contamos con dos o tres excepciones que procedimos a aislar para evitar que contaminaran a las demás placas. La incidencia de la luz directa en las placas habría supuesto un foco de calor extra, pero en nuestro caso tampoco ha supuesto un perjuicio para éstas puesto que han permanecido guardadas en sus cajas originales sin ser usadas por mucho público hasta la fecha. A pesar de que el edificio que alberga al Instituto es una construcción de principios de siglo XX, se ha ido modernizando en sus instalaciones, incluyendo sistemas de refrigeración y de calefacción. También han mejorado su tecnología con un buen número de material informático: ordenadores, impresoras... Todos ellos suponen nuevos focos de calor o frío que, sin embargo, tampoco afectaron a las placas de modo importante.

Lo único que observamos en la gran mayoría de los casos fue suciedad en el cristal que soporta el negativo, tratable con una mezcla de alcohol y agua que no daña la emulsión, pues el alcohol se evapora rápidamente. En algunas placas observamos desprendimientos en los bordes, aunque no lo suficientemente importantes como para plantearse una transferencia de la emulsión a otro soporte. Tan solo algunas, precisamente las pocas que han permanecido fuera de las cajas, necesitarían este tratamiento. Estas placas están en muy malas condiciones, con mucho polvo y gran parte de ellas rotas. También sería recomendable volver a montar y enmarcar aquellas que poseen cristal doble y marco de cartulina, pues en algunos casos se ha perdido parte del marco.

Por otra parte la impronta dejada por el papel de separación entre placas colocado originalmente, hace aún más aconsejable la separación individualizada en sobres de polipropileno, los mejores. Esta impronta, no obstante, no repercute excesivamente en la copia de las placas y no todas tienen este problema.

Nos hemos limitado a quitar la suciedad más visible, e inventariarlas, dejándolas en sus cajas originales, dándoles cajas a las que carecían de ellas y estaban sueltas, intentando no alterar en la medida de nuestras posibilidades ni la humedad ni la temperatura. - Es recomendable una temperatura de entre 15-25° C y una humedad de entre 20-50% -.

Para reflejar el primer contacto e identificación de cada placa utilizamos una ficha de campo muy simple con el objeto de hacer el trabajo más rápido. Esta ficha (a la que llamaremos ficha 1) incluía sólo los datos que podíamos recoger analizando las placas, para posteriormente hacer una más completa que incluiría no sólo estos datos sino también aquellos otros relevantes para su estudio y documentación (ficha 2).

Esto nos ha permitido asignar un número a cada placa, así como a la caja donde se guardará, plasmados ambos en su correspondiente ficha, también numerada, para su rápida localización posterior.

Hemos intentado que la ficha final sea lo mas completa posible, pero en cualquier caso siempre es susceptible de mejorar o de ampliar. Seguro que quien llegue detrás de nosotros para mejorar este trabajo encuentra elementos importantes que añadir y que no estaban aquí.

Hemos dejado un espacio en blanco en cada ficha para escanear cada placa y poder observar de un vistazo el elemento del que hablamos, en qué condiciones está y cómo sería su reproducción sin necesidad

de manipularlo. Este escaneado será de baja resolución, sin retoques, para no distorsionar el estado real de la placa.

Las placas que hasta ahora hemos catalogado, mas de 600, revisten como daños a destacar, aparte de los ya mencionados anteriormente, algunos rayados en la emulsión, unos más importantes que otros, y pérdida paulatina de la impresión. En ciertos casos la pérdida es total e imposible de recuperar.

A nivel técnico la reproducción de las placas daría como resultado a veces una sobreexposición de luz y en otros casos todo lo contrario, efectos que con un programa de retoque se podrían corregir al menos en parte. Como ya dijimos, la calidad fotográfica no es nuestra mayor preocupación pero si fuera necesario publicarlas llegaríamos a esta solución. No es un fondo artístico, de autor, sino histórico. Su contenido para un estudioso interesado consta, sobre todo, de estadísticas fotoheliográficas desde 1906 hasta 1912 - según llevamos constatadas hasta ahora - y que suponen un volumen de cerca de 2000 placas. En el apartado astronómico tenemos como estrella al cometa Halley, junto a otros menos conocidos para la mayoría de nosotros como el Brooks y el Delavan, la Vía Láctea en 1905, la superficie lunar.... Y en cuanto a registros de datos, las bandas de los aparatos registradores meteorológicos y sísmicos, incluyendo terremotos como el de Arezzo (1915), Ibérico (1909), Persia (1909), Alicante (1919).... No hay que olvidar las anecdóticas y las muchas panorámicas del Observatorio en sus primeros años de vida, del Colegio de la Compañía, hoy Facultad de Biblioteconomía y Odontología, del Monasterio de Cartuja y de las reproducciones de libros.

Mención aparte merece la serie de instrumentos del Observatorio, la mayoría conservados en la actualidad y que reproducimos aquí a modo de ejemplo (figuras 1 a 7). Entre ellos podemos citar el espectrógrafo, el micrómetro, los bifilares de Cartuja (el "Cartuja" y el "Cartuja vertical"), el sismógrafo vertical Belarmino, el horizontal Canisio, los telescopios ecuatoriales Mailhat y Grubb, el péndulo invertido Berchmans....

La intención final de todo este trabajo es informatizarlo, teniendo como resultado último toda la información, cada registro y su correspondiente escaneado, recogida en un único CD, más manejable y útil para el uso.

En Arqueología esta actuación se conoce con el nombre de prospección de urgencia, una primera avanzadilla. Y eso es lo que hemos hecho, un primer acercamiento a este fondo fotográfico que merece ser conocido. Si lo hemos conseguido ha merecido la pena. Esperamos poder llegar a completar algún día nuestro trabajo haciendo esas cosas que deberíamos hacer y que no hemos podido hacer aún.

**PLACAS.
CAJAS ORIGINALES. Nº**

Anotaciones de caja:

Nº:

Dimensión:

Soporte:

-Positivo

-Negativo.

Emulsión:

Estado conservación:

Tema:

Técnica para reproducción. (Luz, foco):

Ficha 2

(Este formato se repetirá hacer un total de 24 placas.)

BIBLIOGRAFIA.-

- ***Due Rojo, Antonio S. J.*** *El cincuentenario del Observatorio de Cartuja.* *Urania*, 234, año XXXVIII, Abril-Septiembre 1953, pp. 67-80.
- ***Hendriks, Klaus.*** *Preservación y restauración de materiales fotográficos.* UNESCO, Paris, 1984.
- ***Riego, Bernardo et alli.*** *Manual para uso de archivos fotográficos.* MEC, Madrid, 1977.
Guía para visitar el Observatorio Universitario de Cartuja. Texto anónimo mecanografiado, 9 páginas y 11 figuras.

Etapas del desarrollo instrumental en la época universitaria del Observatorio de Cartuja

Gerardo Alguacil

Instituto Andaluz de Geofísica. Universidad de Granada. 18071-Granada. alguacil@ugr.es

Abstract

The University of Granada assumed the management of Cartuja Observatory on 1971. By the end of this decade, only a small group of geophysicists worked there and a single photographic seismograph operated at the observatory. Since then, the sustained effort on instrumental design and development have led to the deployment of a number of permanent short-period (SP) seismic stations for local seismicity studies and broad-band (BB) stations; portable stations and networks and portable seismic arrays have been built and used for a number of field surveys on the Southern Spain, Canary Islands, Italy and the Antarctica. A brief history of these developments is presented in this paper.

Introducción

A finales de los 70, hay tres geofísicos investigadores trabajando en el Observatorio de Cartuja: Carlos López, Fernando de Miguel y Francisco Vidal. Los astrofísicos que anteriormente han estado presentes se han incorporado ya al Instituto de Astrofísica de Andalucía, del CSIC, o a departamentos de la Universidad. En el año 1980, Carlos López se marcha a Sudáfrica y se integra al Observatorio el autor.

Los sismógrafos que operan en la estación a finales de los setenta y desde 1966, como se ha indicado en otras contribuciones de este volumen, son tres componentes de corto periodo, de marca Askania, modelo Hiller-Stuttgart (Fig. 1), con periodo libre del péndulo alrededor de $T_0 = 1.5$ s y galvanómetros (Fig. 1) de similar periodo, en montaje Galitzin y con registro fotográfico. Estos sismómetros tienen un periodo libre mecánico más corto, que se alarga por *astatización* con imanes auxiliares. Los registradores fotográficos originales de la casa (con galvanómetros internos y mecanismo regulador de velocidad de giro con péndulo) se habían substituido por un registrador de tres canales de motor síncrono, fabricado en el Observatorio de Toledo, y los galvanómetros se habían montado externamente, lo que obligaba a operar en cuarto oscuro. Se utiliza una velocidad de desarrollo de 60 mm/min (Fig. 2). Una de las tareas que primero se llevan a cabo es la clasificación y organización del archivo de bandas. Desgraciadamente, cuando la Universidad de Granada se hace cargo del Observatorio en 1971, las bandas originales anteriores ya se habían perdido.

Se sigue un proceso de rutina típico de observatorio: identificación y temporización de las fases de sismos próximos y telesismos. No se cuenta en una primera etapa con escala de magnitud para la zona, ni se conoce la curva de amplificación de los instrumentos, entre otras razones porque han sufrido múltiples reparaciones y ajustes. Por esas fechas, es el Observatorio Central de Toledo el que asigna rutinariamente las magnitudes, ya que cuenta con una estación estándar WWSSN. Las fases observadas se notifican entre los diversos observatorios españoles (Ebro, Toledo, San Fernando, Málaga, Alicante, Almería...) mediante telegramas



Figura 1.- Izquierda: sismómetro modelo Hiller-Stuttgart vertical sin su tapa. Este sensor funcionó en el Observatorio de Cartuja hasta 1986. Se aprecia el muelle y la masa. En primer término, el eje y el espejo para medida del periodo del péndulo, con ayuda de un anteojo. Derecha: galvanómetro utilizado con este sismómetro. Es el original del registrador de Askania, montado sobre una base exterior.

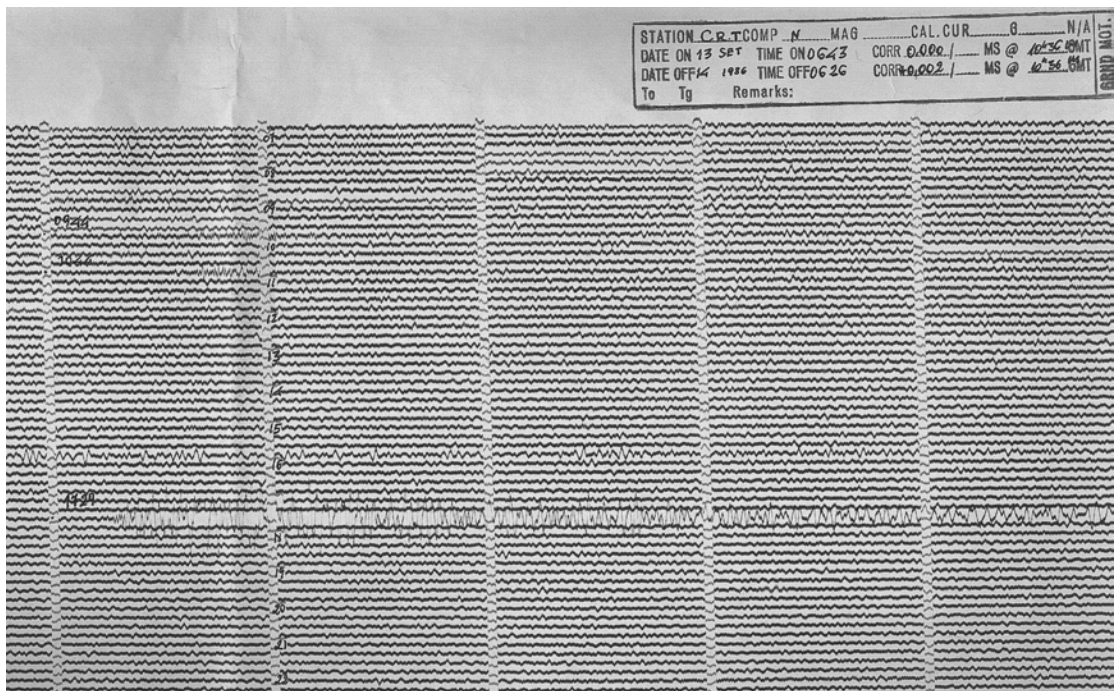


Figura 2.- Ejemplo de banda fotográfica correspondiente a los sismógrafos Hiller. Las marcas de tiempo están espaciadas 60mm.

codificados (Willmore, 1979) según las normas internacionales. Como parte de un convenio de colaboración, el Instituto Geográfico Catastral¹, suministra el papel y los consumibles fotográficos. Muchas de las bandas se envían a la sede central del mismo

¹ Hoy Instituto Geográfico Nacional.

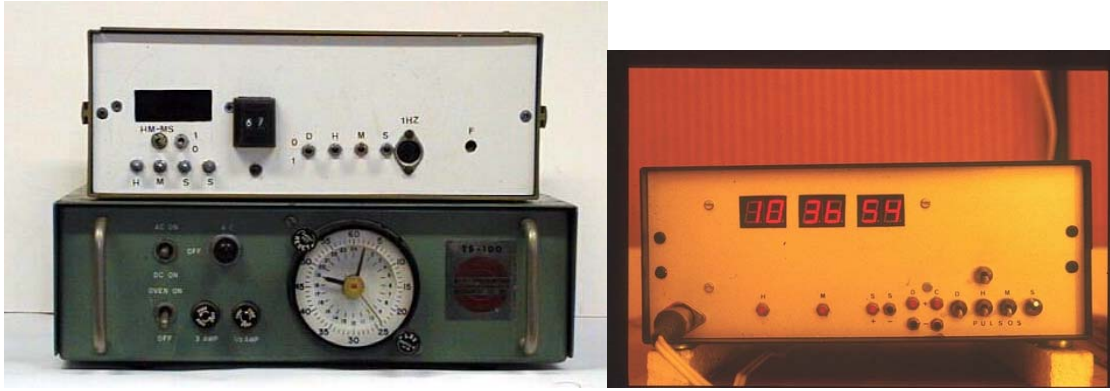


Figura 3.- Izquierda: (abajo) reloj Sprengneter, con oscilador a cuarzo y motor síncrono y (arriba) reloj digital fabricado en el Observatorio de Marina. Derecha: el reloj maestro, construido en el Observatorio en 1980 con lógica CMOS. Utiliza un oscilador de cuarzo termostatzado y tiene salida optoacoplada para el control de los relés de accionamiento de las marcas de tiempo del registro fotográfico.

en Madrid. A finales de esta década de los 70, este Instituto realiza una calibración absoluta de los equipos Hiller en todos sus observatorios y los colaboradores (los equipos de Cartuja son propiedad de dicho Instituto y están cedidos), entre ellos los de la estación CRT. Se obtienen curvas con amplificaciones máximas en torno a ocho mil veces.

La temporización de los registros se realiza con un reloj Sprengnether de motor síncrono con oscilador de cuarzo y contactos mecánicos. Se mejora el año 78 con un reloj digital construido en el Observatorio de Marina de San Fernando (hoy Real Instituto y Observatorio de la Armada), con tecnología lógica TTL. Aunque funciona por algún tiempo, sufre de frecuentes saltos, que se atribuyen a los transitorios provocados por los relés electromecánicos de marcas de tiempo y a las deficientes condiciones de las líneas eléctricas del pabellón de sismología. En el año 1980, se decide construir uno nuevo (Fig. 3) con tecnología CMOS, más inmune al ruido y con menor consumo. Se toman precauciones adicionales, como opto-acoplar la salida de control de los relés de marcas de tiempo del registrador fotográfico. La sincronización de los relojes se realiza con la ayuda de un osciloscopio y con las señales de una emisora horaria de onda corta, la RWM de Moscú, en 15 MHz, aunque la recepción es difícil o imposible en muchas ocasiones, dependiendo de las condiciones de propagación atmosférica.

Sismógrafos electrónicos

La década de los setenta es de baja actividad en la zona, pero el 20 de marzo del año 1979 comienza una serie sísmica (Vidal et al., 1979) de numerosos terremotos sentidos y que causan la consecuente alarma en la población (Vidal y De Miguel, 1979). Con esta circunstancia se ponen especialmente de manifiesto las carencias en instrumentación del Observatorio. Una de las primeras evidencias es la necesidad de un registro visual inmediato, que no requiera el proceso de revelado, fijado y secado de las bandas fotográficas.

En otro orden de cosas, por estas fechas se produce un acontecimiento que resulta trascendente para el futuro del Observatorio. En los últimos años, el director del



Figura 4.- Electrónica de la estación de campo telemétrica, versión 1980. Comprende cuatro módulos: de izquierda a derecha, transmisor de radio, alimentación simétrica, VCO y preamplificador. El conjunto se aloja en una caja con aislamiento térmico y ésta en una caseta metálica (ver fig. 5).

mismo había sido, de oficio, el decano de la Facultad de Ciencias. Cuando accede al cargo el profesor D. Bernardo García Olmedo, vista la falta de medios, decide plantear al rectorado la situación y éste acuerda asumir directamente la responsabilidad. Se hace cargo de la dirección el Vicerrector de Investigación, profesor D. Rafael Vara Thorbeck, delegando las competencias científicas y algunas administrativas en Fernando de Miguel, como “profesor responsable”. Por primera vez, el Observatorio cuenta con un presupuesto de un millón de pesetas. Por otra parte el rector, profesor D. Antonio Gallego Morell, decide realizar reformas de acondicionamiento en el Observatorio, para rehabilitar zonas deterioradas y abrirlas al uso. Esto permite ampliar la zona de trabajo a varias dependencias que habían permanecido cerradas hasta entonces.

El nuevo presupuesto permite la adquisición de un sismómetro Kinematics, modelo Ranger SS-1, de periodo 1 s, y el desarrollo de un prototipo de preamplificador sísmico con el amplificador operacional de instrumentación LM725. Tras un tiempo de prueba en el Observatorio, se diseña un circuito VCO y un demodulador de FM y se adapta un *kit* de transmisor y receptor para la banda de 170 MHz. Con esto se configura un prototipo de estación sísmica telemétrica (Fig. 4). Se instala en Pico Herrero (Fig. 5), en la Sierra de Albuñuelas, en 1981. En la estación receptora, se adapta la mecánica y se añade la electrónica a un antiguo registrador fotográfico, para registro con plumilla controlada por servomotor.

Siguen cuatro estaciones más, que se construyen durante el año siguiente. Simultáneamente, el mecánico del Observatorio de Toledo, D. Gregorio Alonso, construye la parte mecánica de cuatro registradores de plumilla, proyectados conjuntamente por Francisco Vidal y el autor. Como particularidad, se diseña para la plumilla un sistema de inscripción rectilínea, en lugar de circular. Se añaden en Cartuja los circuitos de control y a finales de 1982 funcionan (Fig. 6) las estaciones PHE, SMO, LOJ y TEJ, todas situadas en alturas sobre los bordes de la Depresión de Granada. Colabora en el montaje y la instalación Vicente Sabido. Es la primera red sísmica radiotelemétrica de microsismicidad que opera en la Península Ibérica.



Figura 5.- Caseta de la estación APHE, originalmente designada como HER, en la Sierra de Albuñuelas. En el interior se aloja la batería, el sensor Ranger SS-1 y la electrónica.



Figura 6.- Registradores en su segunda versión (la primera fue una adaptación de los fotográficos). La electrónica (parte superior) está organizada en tarjetas cableadas entre sí y los conmutadores de los filtros y de ganancia son mecánicos.

Primeros medios de cálculo

Desde el año 1980 se había adquirido un microcomputador CBM 3032, con unidad doble de disquete e impresora. Funciona con un intérprete BASIC en ROM. Esta máquina hace posible iniciar una rutina básica de proceso de datos, que programa sobre todo José María Guirao bajo las directrices de Fernando de Miguel y Francisco Vidal. Se ponen a punto programas de localización, catálogo, boletín y mecanismos focales. Anteriormente a esto, los medios de cálculo del Observatorio consistían en una calculadora programable HP-97, en la que incluso se llegó a realizar un programa de localización hipocentral geométrico para un modelo de medio homogéneo semi-infinito.

En 1984 se adquiere un miniordenador PDP 11/23, que supone un salto cualitativo, ya que hace posible trabajar con programas FORTRAN estándar, por ejemplo para localización hipocentral o mecanismos focales. Se adaptan los programas de proceso y se escriben otros nuevos.

La versión 84 de la estación sísmica

Contemporáneamente se diseña una nueva versión de la estación fija de campo (CRT84) y de la estación receptora y se instala el nuevo prototipo en la nueva APN. Paulatinamente, se substituyen con los nuevos equipos las otras estaciones y en 1988 ya operan todas con la nueva versión. También la estación CRT, situada en el Observatorio, pasa a ser de nuevo diseño, con un sensor Ranger SS-1, y en 1986 se abandona el registro fotográfico, ya que el Instituto Geográfico había suprimido el suministro de material consumible. Básicamente, el diseño de la estación de campo es más compacto: una sola placa (Fig. 7) incluye preamplificador, VCO, unidad de calibración automática diaria y fuente de alimentación. Solo el transmisor de radio y el regulador de carga de la batería con panel solar son independientes.

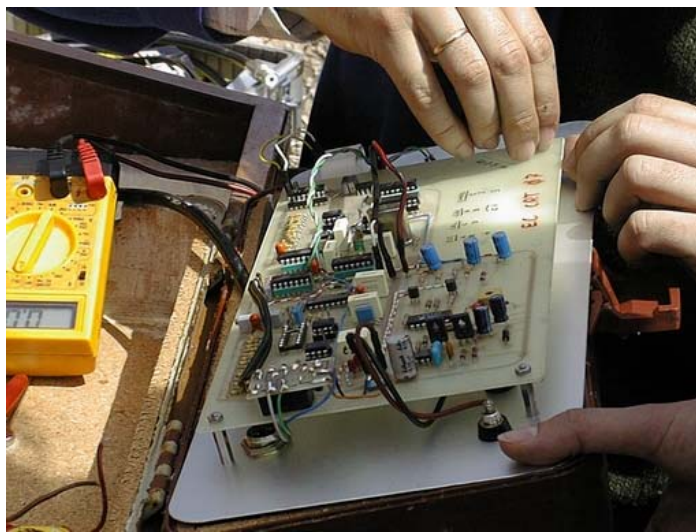


Figura 7.- Interior de la estación de campo modelo 84. Se ve la monoplaca, que incluye preamplificador, VCO, unidad de calibración automática diaria y fuente de alimentación.

En la estación central, los registradores (Fig. 8) son ahora modulares, con las distintas unidades (demodulador, filtros, amplificador de servomotor) enchufadas en un panel de fondo que hace de *bus* analógico. Cada registrador puede montar varias unidades de filtros, configurables como paso-altas, paso-bajas, paso-banda o rechazo de banda. Se han eliminado los conmutadores mecánicos para la amplificación y la frecuencia de los filtros, que causaban frecuentes problemas, y ahora el control es digital. Las plumillas de tinta presentan numerosos fallos y se decide sustituir el registro por papel termosensible. Se desarrollan plumillas térmicas y un sistema de control de temperatura de la plumilla en función de la velocidad de la traza. El giro de los tambores y el arrastre de la plumilla se realiza con motores de pasos controlados por el oscilador patrón, en sustitución de los motores síncronos anteriores. Esto permite mayor flexibilidad y diferentes velocidades de desarrollo.

Los radioenlaces de la primera generación, de diseño simple, se substituyen progresivamente por nuevas unidades de características homologables, dentro de las necesidades de potencia y consumo bajos. Estos fueron diseñados y construidos por el colaborador W. Miguel Martín.

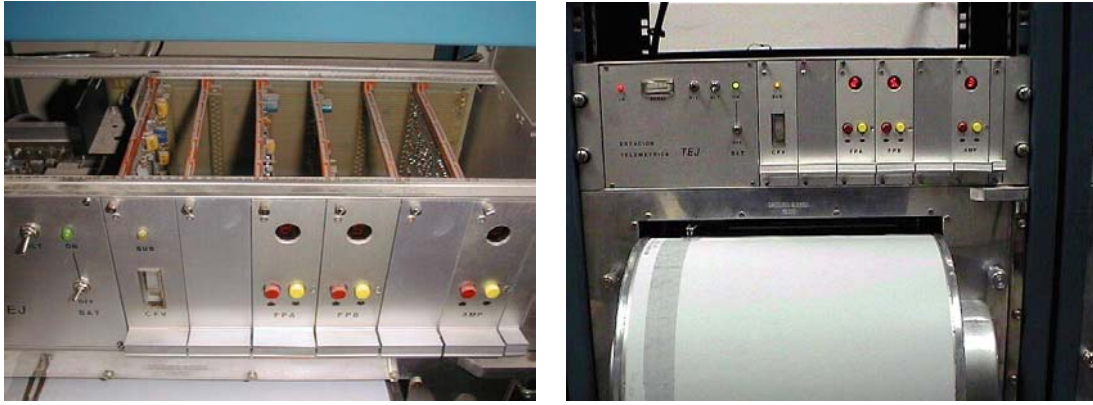


Figura 8.- Izquierda: la electrónica de la estación registradora, versión 84, es modular. Las diferentes unidades se enchufan en el panel de fondo. Pueden verse, desde la izquierda, el panel de conmutadores con el receptor de radio, el demodulador de la subportadora (FVC), dos unidades de filtros y el amplificador de servomotor de plumilla. Derecha: vista del registrador.

En todo este nuevo proyecto, como en otros posteriores, es fundamental la aportación de Antonio Martos, técnico incorporado al Observatorio en 1984, que realiza las tarjetas de circuito impreso, monta las unidades y hace la integración del equipo.

También en 1984 se incorpora José Manuel López, que ayuda en el montaje de los equipos. Más tarde su labor se centra en el proceso de los datos.

Calibración

En la fase de diseño se estudia la respuesta del sistema que se desea, por lo que las funciones de transferencia nominales de cada elemento y, por tanto, del conjunto son bien conocidas. Por otra parte, los pulsos de calibración u otras señales de excitación permiten contrastar la respuesta de forma empírica, sin suponer un modelo determinado, excepto por el transductor que excita la fuerza. Generalmente se emplea la bobina auxiliar de calibración, pero esto plantea algunos inconvenientes, ya que aparecen señales espurias inducidas a la salida. Así se diseñaron esquemas de calibración que evitan esta bobina. Complementariamente a este tipo de técnicas puestas a punto, se planteó la conveniencia de un contraste totalmente empírico de la amplificación dinámica. Con este fin se realiza en 1996 un proyecto que consiste en la construcción de una pequeña mesa vibrante vertical (Fig. 9) para excitar los sismómetros con un movimiento conocido. La mesa dispone de dos plataformas: en una se coloca el sensor bajo prueba y en la otra un sismómetro que actúa como *reactor*. Es decir, al mover la masa de éste con una señal en su bobina, toda la mesa se mueve por reacción. El movimiento de ésta se mide con un fasómetro ultrasónico diseñado al efecto. Se limita el movimiento a un grado de libertad vertical con un sistema diseñado al efecto, por medio de flejes horizontales, que constituyen la única sujeción del conjunto móvil e impiden su desplazamiento horizontal.

Red portátil y primer sistema de adquisición de datos

Los registros analógicos no resultan adecuados para análisis de detalle y así, con ocasión de un proyecto sobre sismicidad de las Alpujarras financiado por la CAICYT, se construye una red telemétrica portátil con registro digital de eventos. El sistema de telemetría (Fig. 10) es idéntico al de las estaciones fijas, pero la estación central de

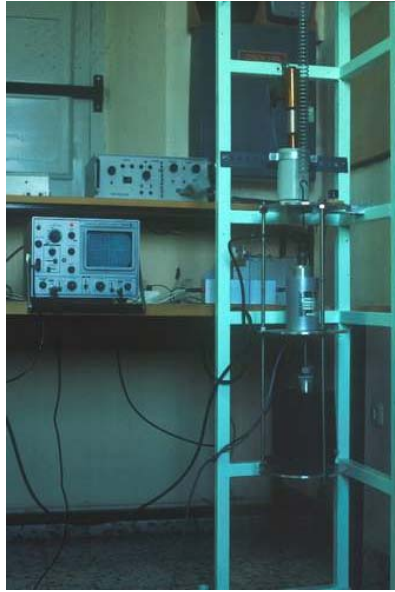


Figura 9.- Mesa vibratoria vertical. Sobre la plataforma inferior se sitúa el sismómetro a calibrar; en la central, uno auxiliar, que mueve la mesa por reacción; en la superior está montado el transductor de posición ultrasónico.

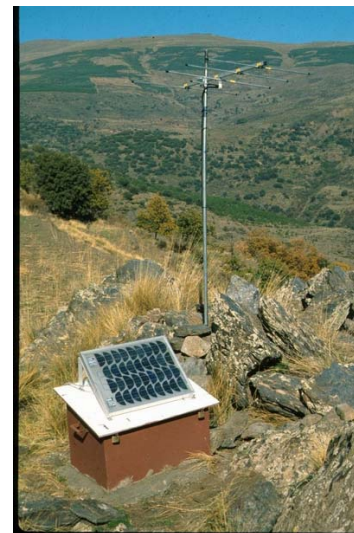


Figura 10.- Izquierda, electrónica de la estación de campo de la red portátil. Se muestra el transmisor de radio y la placa principal, que incluye el resto de la electrónica. Derecha, una vista de una de las instalaciones de esta red portátil, con la caseta en cuyo interior se aloja el sensor y la electrónica, el panel solar (el techo de la caseta es blanco para aprovechar la luz difusa, ya que el panel es bifacial) y la antena de transmisión.

registro (Fig. 11) incluye un sistema de adquisición de datos, controlado por microprocesador, con un conversor analógico-digital de 12 bits.

El registro de los eventos (declarados en tiempo real por los algoritmos de disparo) se hace en cinta *streamer* de 20 Mbytes de capacidad. Dispone de pantalla LCD y de una pequeña impresora que emite informes. Es responsable de este desarrollo Gonzalo Olivares (Olivares, 1988). Los radioenlaces que se montan, con síntesis de frecuencia, son debidos de nuevo a W. Miguel Martín.

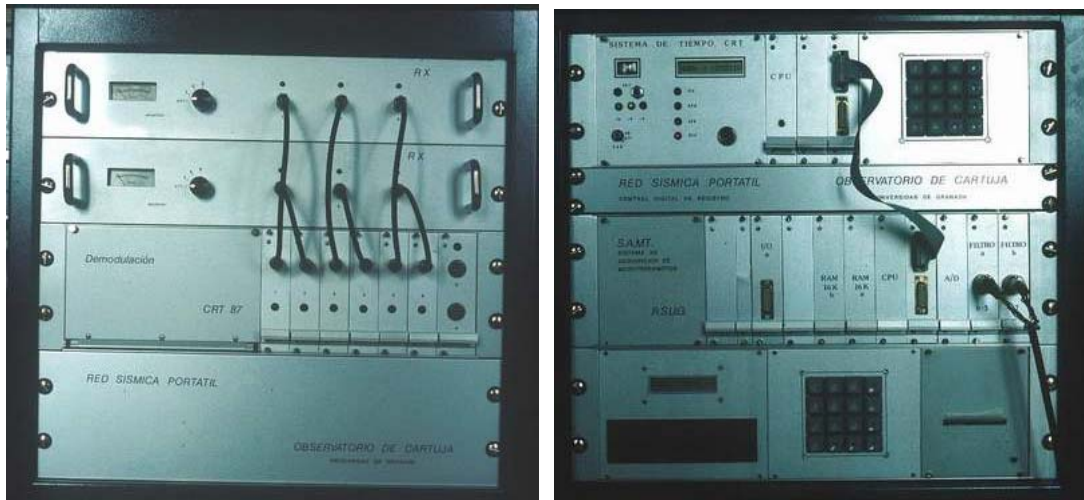


Figura 11.- La unidad central de la red portátil. Izquierda: receptores y demoduladores. derecha: sistema de adquisición de datos y registro digital en cinta, con impresora para informes. La unidad superior es el reloj con receptor horario.

El sistema monta un reloj maestro controlado por microprocesador, asimismo diseñado en el Observatorio, que se sincroniza con la emisora Radio France Inter, cuyo receptor se ha diseñado y construido asimismo. Realizó este trabajo Francisco Gómez Mula.

Tras esta primera campaña, la red portátil se despliega en otras en la Depresión de Granada y en la Axarquía de Málaga, si bien con modificaciones en el sistema de registro.

Sistema de adquisición de datos basado en PC

Por esta época ya se ha generalizado el uso de ordenadores personales *compatibles IBM*, lo que ha establecido un estándar de hecho. Durante 1987, José María Guirao desarrolla un programa de adquisición de datos para PC, con una tarjeta de conversión AD de bajo coste con ocho canales y resolución de 14 bits. Es un sistema de tiempo real que funciona en DOS en un simple PC-XT. Se añade una tarjeta de reloj de tiempo real, ya que el interno del ordenador no tiene suficiente resolución. Aunque el MS-DOS no es un sistema operativo de tiempo real, el programa está diseñado de modo que la adquisición de datos está controlada por una interrupción cíclica de alta prioridad, con lo que se consigue el mismo efecto.

En 1988 se dispone de los primeros registros digitales de la red permanente. Se construyen tarjetas de filtros anti-contaminación (*antialiasing*) de siete polos con respuesta de Butterworth para adaptar las señales analógicas a este sistema. Se traslada la central de registro (Fig. 12) ya con el nuevo sistema modular a su ubicación actual en el ala sur.

En 1991 se construyen cinco nuevas estaciones (Fig.13) con el mismo diseño y



Figura 12.- La central de registro. A la izquierda del grupo de registradores helicoidales, el mueble que aloja el reloj maestro, el oscilador patrón, la interfaz con el GPS y los filtros anti-alias. En la parte baja de cada mueble, la fuente de alimentación ininterrumpida y el sistema de control de los motores de pasos. Los PC son dos sistema de adquisición de datos, uno de respaldo del otro.



Figura 13.- Una estación de campo de la red local de Almería. Estas estaciones disponen de una infraestructura de obra y de cercado, gracias a la colaboración de la Diputación Provincial de Almería. El registro se centraliza en el campus universitario de La Cañada.

con radio-enlaces comerciales en la banda de UHF y se instalan en la provincia de Almería. La estación central se sitúa en el entonces Colegio Universitario de Almería, dependiente de la Universidad de Granada. Se le dota de un sistema de adquisición de datos, basado en PC, idéntico al de Granada.

Otro diseño de interés son cuatro estaciones sísmicas digitales portátiles (Fig. 14) con sistema de adquisición controlado por PC y con tiempo GPS. Contribuyen a este desarrollo los becarios José Luis Correa y Agustín Gutiérrez, que escriben el nuevo programa de adquisición. También adaptan el de la estación central, con una nueva interfaz gráfica.

El sincronismo con el tiempo universal (TU)

El *problema del tiempo* es uno de los que más dificultades ha provocado en todas las campañas sísmicas y en estaciones fijas en España hasta bien entrada la década de los 90.

En efecto, la ausencia de emisoras de tiempo permanentes en España² hace que se utilicen emisoras europeas más distantes, como se ha dicho. Por las dificultades y la variabilidad de la recepción en onda corta, se opta por emisoras en onda larga, como la HBG suiza, la DCF alemana, pero también llegan muy débiles sus señales. Durante un tiempo se trabaja en un receptor de Radio France Inter, una emisora de radiodifusión en AM que añade señales horarias modulando la fase de su portadora. Francisco Gómez Mula consigue poner a punto un prototipo que funciona, pero al poco tiempo la emisora cambia su frecuencia y su sistema de modulación y se abandona el proyecto.

Cuando comienza a operar el sistema de registro digital, se considera obsoleto el reloj maestro, que sólo puede proporcionar marcas cada minuto. Se adquieren receptores Telecode para la MSF, emisora situada en Rugby, Reino Unido, que transmite en 60 KHz, y se usan con éxito durante un tiempo, tanto en la estación central de Cartuja como en la de Almería. Más tarde, la recepción empeora y se adquieren dos receptores para el sistema Omega, una serie de estaciones terrestres de ayuda a la navegación, que transmiten entre 10 y 12 KHz; aunque no transmiten señales horarias codificadas, suprimen su portadora en ciclos sincronizados con el Tiempo Universal y permiten mantener el reloj en sincronismo, si se conoce la hora aproximada. Estos receptores incluyen un reloj asociado, que proporciona las marcas de tiempo a los registradores.

Todos estos sistemas de onda larga o muy larga, debido a su banda muy estrecha, proporcionan precisiones a lo sumo de la centésima de segundo. En 1995 se adoptan los receptores GPS, que suministran código horario y pulsos de sincronismo varios órdenes de magnitud más precisos. Debido a que la antena receptora está en la terraza, se producen frecuentes interferencias en los pulsos por segundo que controlan el reloj y es necesario conectarlos mediante una interfaz RS-485, construida al efecto. Este mismo tipo de conexión se utiliza más adelante en estaciones de banda ancha situadas en cuevas, donde el receptor GPS está necesariamente alejado decenas o centenares de metros. Se construye una interfaz para sincronizar el reloj patrón y el del sistema de adquisición de datos con el GPS.

² El Observatorio naval de S. Fernando, que da la hora oficial española, en esa época transmite en onda corta señales horarias durante una media hora diaria, pero ni en Cartuja ni en otros observatorios de la Península se recibe esta señal, por las condiciones de propagación en esta banda.



Figura 14.- Estación digital portátil autónoma. Está controlada por un PC portátil, en cuyo disco graba los registros. Se muestra la caja que aloja el sistema de adquisición de datos y el receptor GPS (muy voluminoso en estas primeras unidades) y la alimentación. También se transportan en ella los sensores de 1Hz y sus cables.

La red de banda ancha

Los sismómetros de banda ancha que se adquieren a partir de 1994, con una financiación de infraestructura de la CICYT, requieren sistemas de adquisición de más resolución que los hasta entonces existentes, para aprovechar su amplio margen dinámico. Se adquiere una unidad de sistema de adquisición Quanterra, que se instala en los túneles de las instalaciones del Ministerio de Defensa en Sierra Elvira, pero se aborda el diseño y construcción de sistemas propios para las demás estaciones. El resultado es una unidad (Fig. 15) de registro continuo con resolución nominal de 24 bits (18-20 efectivos), interrogada via modem, bien sea con línea telefónica física, bien con teléfono celular en aquellos emplazamientos en que no existe tendido telefónico. Esta generación de estaciones funciona también, con algunas modificaciones, en varias campañas antárticas en las islas de Decepción y de Livingston. Antonio Peregrín desarrolla los programas de adquisición de datos e interrogación remota, a los que posteriormente hace algunas modificaciones Miguel Abril.

Las antenas sísmicas o *arrays*

Otra importante vía de desarrollo instrumental se pone en marcha con ocasión de un proyecto europeo sobre volcanes-laboratorio, que incluye el Teide. El Prof. Edoardo del Pezzo, de la Universidad de Salerno por entonces, con quien existe ya una larga colaboración, propone el uso de *arrays* (antenas sísmicas) en este proyecto. Se colabora con el grupo de volcanología del Museo Nacional de Ciencias Naturales (Prof. Ramón Ortiz) en el diseño de un sistema de *arrays* portátiles (Fig. 16 y 17). Cada módulo comprende un sistema de adquisición de datos de ocho canales y 16 bits, controlado por un PC portátil de bajo consumo, con tiempo GPS. Usan pequeños geófonos de 4.5 Hz, con la respuesta extendida electrónicamente hasta 1 s (Fig. 14). Varios de estos módulos se despliegan en el área de estudio para conformar el dispositivo completo.



Figura 15.- Estación digital autónoma de registro continuo. Contiene un PC industrial con su disco, el módulo de adquisición de datos, un receptor GPS para el tiempo y un modem para su interrogación telefónica. En el ejemplo que se muestra, el modem es un terminal de telefonía celular GSM para datos.



Figura 16.- Izquierda: sistema de adquisición de datos del array. La grabación y el control se realiza en un PC portátil. Derecha: los sensores son geófonos de 4.5 Hz, con un preamplificador-equalizador asociado para extender su respuesta a baja frecuencia.



Figura 17.- Arrays desplegados en Isla Decepción (Antártida). Izquierda: La unidad de adquisición de datos está protegida por una tienda de campaña y en ella convergen los cables de los sensores, que habitualmente no superan los 300m de longitud. Derecha: Unidad central de un array en operación. En este caso está montado en el interior de una nevera, para aislamiento térmico.

Desde este experimento inicial en el Teide, los *arrays* han realizado numerosas campañas en la Antártida (isla Decepción), el Vesubio, el Etna y Stromboli (cfr., p.e., Almendros, 2002).

Un ordenador de campo para adquisición de datos

Durante la estancia en el Observatorio del profesor Jens Havskov, de la Universidad de Bergen, en sabático durante el curso 2000-2001, además de adoptar el paquete SEISAN (Havskov & Ottemöller, 1999) de proceso de datos y migrar toda la antigua base de datos sísmica, se inicia con su impulso el desarrollo de un sistema de PC de campo, SeisPC, con bajo consumo y apto para adquisición de datos. Es un sistema monotarjeta (Fig. 18), en el que se conecta la CPU industrial de BUS PC-104. Parte de la filosofía del diseño se basa en que los sistemas de adquisición de datos, especialmente los destinados a estaciones BB, rara vez se usan a la intemperie, sino en el interior de cuevas, túneles, etc. Por tanto no necesitan cajas y conectores estancos de calidad militar, que encarecen considerablemente el diseño. Así, todos los conectores necesarios están montados en la propia tarjeta, eliminando el engorroso cableado. Desde luego, siempre es posible montar el conjunto en una caja con el nivel de protección que se desee. Contribuye eficazmente al diseño práctico Javier Moreno.

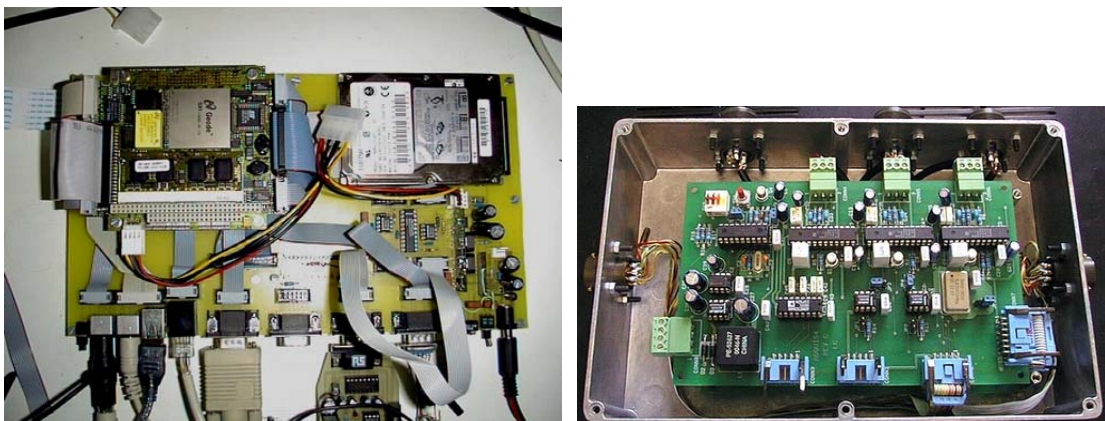


Figura 18.- Izquierda: Placa de *SeisPC*, un PC de adquisición de datos diseñado para bajo consumo y fácil construcción.. Derecha: Tarjeta *Seisad18* de conversión AD y tres canales. Puede trabajar con un generador de reloj sincronizado con GPS (no mostrado), de modo que el muestreo sea síncrono entre varios módulos, una característica necesaria para los arrays. Estos diseños se ponen a disposición de otros grupos como *dominio público*, con la documentación necesaria.

También se reforma la tarjeta (Fig. 18) de conversión analógica-digital de tres canales y 24 bits nominales (18-20 efectivos, dependiendo de la frecuencia de muestreo), para incorporar un protocolo de comunicación bien definido y poder usarla con el programa de adquisición de datos de dominio público SEISLOG (Utheim et al., 2001, Universidad de Bergen). Ambos desarrollos se plantean como un diseño de bajo coste y también de dominio público, para lo cual se documentan en detalle, de modo que sea posible su reproducción por terceros (Alguacil et al., 2002).

Las nuevas dotaciones de fondos de desarrollo europeos hacen posible en 2001-2002 plantear el despliegue de nuevas estaciones de banda ancha y mejorar las existentes. Se usan sensores Sreckeissen STS-2, con conversores AD de Earth Data, de

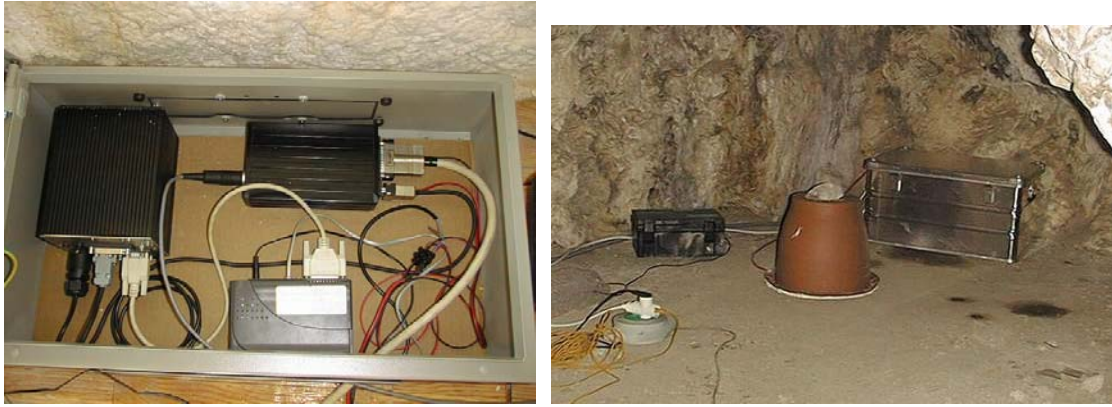


Figura 19.- Izquierda: la electrónica de la estación de banda ancha Santiago de la Espada. Puede verse a la izquierda el PC SeisComp que controla todo, en la parte superior el digitalizador de 24bits y tres canales y debajo un modem telefónico para interrogación. Derecha: Conjunto de la estación BB de la Cueva de Nerja. El sensor, en el centro, protegido con una cubierta estanca. La caja a la derecha contiene la electrónica y a la izquierda se ve un acelerógrafo digital.

resolución efectiva 24 bits, y el sistema SEISLOG funcionando en un PC SeisComp o SeisPC. La interrogación se realiza automáticamente mediante el sistema SEISNET (Ottmøller & Havskov, 1999) a través de línea telefónica o teléfono celular GSM.

Ejemplos de estas nuevas estaciones de última generación pueden verse en la figura 19.

Otros desarrollos

La experiencia adquirida en el campo de la instrumentación sísmica ha impulsado la colaboración en diseños encargados por centros externos. Son ejemplos significativos de éstos las antenas sísmicas de los *Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS)* (Abril et al., 1999; Amorusso et al., 1997), permanente, y la del Vesubio (Abril et al., 2002), portátil, ambos desarrollos originales.

El *array* del Gran Sasso (Fig. 20) está montado en las instalaciones subterráneas del LNGS, y cada estación triaxial está controlada por un PC. Cada grupo de cuatro se comunica con un PC nodal por línea serie y los nodales lo hacen por *ethernet* con el



Figura 20.- Antena sísmica del LNGS. Izquierda: una estación. Se pueden ver el PC industrial (caja esquina superior dcha.), la tarjeta de conversión AD y los módulos de comunicaciones RS-485 y de PLL para generar la frecuencia local a partir de la piloto. Derecha: módulo de reloj central, que se sincroniza con un patrón atómico externo y genera la frecuencia piloto para las estaciones.

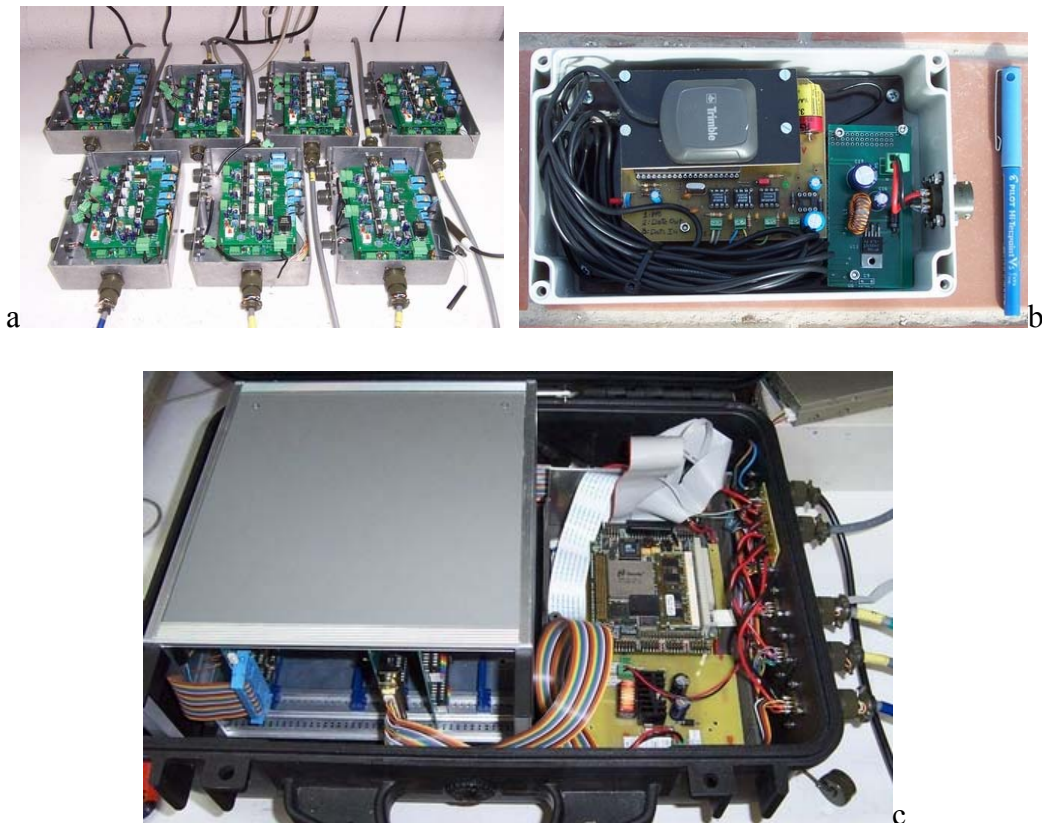


Figura 21.- Antena sísmica portátil del Vesubio. a) Conjunto de siete estaciones para un módulo. b) Unidad de reloj sincronizado con GPS. c) Estación central del módulo, con PC industrial PC-104.

ordenador central. Todas las estaciones funcionan sincronizadas con una frecuencia de reloj común, generada a partir de una piloto más baja que se transmite por cable, y muestrean simultáneamente.

El *array* del Vesubio (Fig. 21) está optimizado para bajo consumo. Está compuesto de módulos que controlan un grupo de hasta dieciséis estaciones triaxiales, con convertidores AD individuales. El muestreo es asimismo síncrono, por medio de osciladores enganchados en fase entre sí con ayuda de pulsos de sincronismo del GPS.

Muchos otros diseños y construcciones relacionados con la instrumentación se han realizado en la época universitaria del Observatorio. Unos son complementarios de la instrumentación descrita, para resolver multitud de pequeños problemas o necesidades, otros han sido incluso instrumentos de laboratorio que en su momento era más viable construir que adquirir.

Se han descrito sucintamente aquellos instrumentos que han requerido el diseño de alguna parte o elemento. La actual dotación del Observatorio, asociado como sede al Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos desde la creación de éste en 1989, incluye además una red de acelerógrafos y una serie de instrumentos de exploración geofísica, como georrádar, equipo de sísmica de reflexión y refracción superficial, etc.

Agradecimientos

El autor ha descrito resultados del trabajo de un grupo y de algunos colaboradores esporádicos. Además de las personas citadas en el texto, han contribuido a las realizaciones instrumentales quienes las han promovido con sus ideas, han procurado los medios de uno u otro tipo para hacerlos posible, han trabajado en su construcción e instalación y han explotado los datos resultantes en numerosas publicaciones científicas.

Referencias:

- Abril, M., Alguacil, G., De Luca, G., Scarpa, R. (1999): El dispositivo (*array*) sísmico subterráneo de alta resolución del Gran Sasso. *I Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica*. Universidad de Almería-Instituto Geográfico Nacional. [CD]. Almería.
- Abril, M. , Martini, M. , Alguacil, G., De Cesare, W. (2002): Diseño de una antena sísmica portátil de alta resolución para el volcán Vesubio (Italia). *Simposium Cien años de sismología en Granada*. [CD]. Granada.
- Alguacil, G. (1996): *Los instrumentos de una red sísmica local telemétrica para microterremotos. La Red Sísmica de la Universidad de Granada*. Tesis doctoral. Universidad de Granada. 238 pp.
- Alguacil, G., J. Havskov, M. Abril, M. Martini, J. Moreno, A. Martos (2002): Equipos de dominio público para adquisición de datos sísmicos. *III Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica*. Universidad de Valencia-Instituto Geográfico Nacional. (en prensa).
- Almendros, F.J. (2002): *Análisis de señales sismo-volcánicas mediante técnicas de array*. Tesis doctoral. Universidad de Granada. [CD].
- Amoruso, A.; Crescentini, L.; De Luca, G.; Scarpa, R.; Abril, M.; Cirella, A.(1997): Underground earth strain and seismic radiation measurements with a laser interferometer and a dense small-aperture seismic array. *Annali di Geofísica*, XL, N.5, pp
- Guirao, J.M.; Alguacil, G.; Gomez, F.; Vidal, F. & de Miguel, F. (1990): An automatic process for phase picking, location and magnitude estimation of local events. *Cahier du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie. Vol 1. pp 55-64*
- Havskov, J. & Ottemöller, 1999: Electronic Seismologist – SeisAn Earthquake Analysis Software. *Seismological Research Letters*, 70, 5.
- Olivares, G. (1988): *Automatización de una central de registro de microterremotos para redes sísmicas locales*. Tesis doctoral. Universidad de Granada. 291pp.

- Ottmøller, L and J. Havskov (1999). SEISNET: A general purpose virtual seismic network. *Seismological Research Letters*, 70, 522-528
- Utheim, T, J. Havskov and Y. Natvik (2001). Seislog data acquisition system. *Seismological Research Letters*, 72, 77-79.
- Vidal, F.; De Miguel, F.; Alguacil, G. y Guirao, J.M. (1981): Características de la secuencia sísmica granadina del año 1979. *IV Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica*. Instituto Geográfico Nacional, Vol. I, 423-438.
- Vidal, F. y De Miguel, F. (1983): *Datos macrosísmicos de los terremotos sentidos en la Depresión de Granada durante el año 1979*. Publicaciones del Observatorio de Cartuja, report 3, 77 pp.
- Willmore, P.L. editor, 1979: *Manual of seismic observatory practice*. Report SE-20, World Data Center A for Solid Earth Geophysics, US Dep. of Commerce, NOAA.

DEL OBSERVATORIO DE CARTUJA AL INSTITUTO ANDALUZ DE GEOFISICA Y PREVENCION DE DESASTRES SIMICOS.

J. Morales, F. Vidal, y G. Alguacil.

Instituto Andaluz de Geofísica. Universidad de Granada. 18071-Granada. morales@iag.ugr.es, fvidal@iag.ugr.es, alguacil@iag.ugr.es.

Introducción.

El actual Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos de la Universidad de Granada se cimienta sobre las bases científica y de infraestructura con las que contaba el Observatorio de Cartuja a finales de la década de los 70's y comienzos de los 80's.

Los comienzos del Instituto y de la primera infraestructura de investigación, lo que hoy conocemos como Red Sísmica de Andalucía, no fueron fáciles. La escasez de fondos y la poca sensibilidad de las autoridades en temas como el desarrollo de equipos y de infraestructuras básicas para la investigación hizo que las dificultades fuesen aún mayores.

La serie sísmica que sacude a Granada en el año 1979 es la que impulsa a los investigadores (Fernando de Miguel, Francisco Vidal y Gerardo Alguacil) a buscar financiación por conseguir una infraestructura científica estable, esencialmente una red de microsismicidad y los laboratorios de instrumentación y de proceso de datos necesarios para el diseño, la experimentación y el análisis, que llevara a la tradicional investigación sísmica que se realizaba en el Observatorio de Cartuja a niveles de prestigio internacional. Para llevar a cabo ese salto tanto cualitativo como cuantitativo se necesitaba acometer los estudios sísmicos en diferentes campos y desde diferentes disciplinas y urgía desarrollar e instalar una red sísmica moderna y operativa tanto desde el punto de vista de la logística de su distribución espacial y calidad de los datos como en la rapidez en la obtención de los parámetros focales (localización hipocentral y magnitud fundamentalmente). El desarrollo de dicha red, desde las estaciones experimentales hasta la instalación definitiva de estaciones telemétricas, así como de las recientes estaciones sísmicas de banda ancha, está detallado en un trabajo de G. Alguacil, recogido en esta publicación. Veremos mas adelante como esa misma necesidad es la que nos impulsa en la actualidad en la remodelación y ampliación de la red sísmica de Andalucía que gestiona el Instituto Andaluz de Geofísica para disponer de unas de las mejores redes no solo europeas sino mundiales y seguir estando en primera fila de la investigación en nuestro campos de trabajo.

Durante la serie sísmica granadina del año 1979, así como durante toda la década de los 70, el Observatorio sólo contaba con un sismómetro Hiller-Stuttgar que el Instituto Geográfico Nacional instaló en el año 1966. Este sismómetro triaxial, de registro en papel fotográfico, sin duda útil en los años 60 y comienzos de los 70, representaba una clara incomodidad para el análisis de series sísmicas, como p.e. la del año 1979, sobre todo cuando se requería una evaluación rápida y fiable de la actividad sísmica que tenía atemorizada a la población. Además, la baja resolución del equipo y su alto nivel de ruido de fondo debido a su ubicación dentro de una ciudad evidenciaban claramente estas carencias así como la necesidad de abordar un cambio profundo en la

infraestructura sísmica existente con el fin de poder abordar los estudios sísmicos con una base instrumental más moderna.

La Universidad de Granada, sensibilizada por la serie sísmica de 1979 y por la insistencia de los investigadores del Observatorio, dotó, a propuesta del entonces Vicerrector de Investigación Vara Thorbeck, de una subvención de un millón de pesetas para comenzar el diseño y la “autoconstrucción” de una infraestructura sísmica que dotara al Observatorio y a la propia Universidad de una red de microsismicidad moderna.

En aquellos momentos, la creación de una red sísmica de alta ganancia para registrar microterremotos tenía varios inconvenientes, unos puramente económicos (debido a la reducida dotación presupuestaria) y otros de carácter técnico, que había que solucionar además con un minúsculo grupo de investigadores. Entre los imponderables técnicos estaban los propios del diseño y construcción de las estaciones sísmicas remotas y los de la transmisión en tiempo real de los datos, que debía de hacerse vía radio (la más económica) y obviamente utilizando lugares que tuvieran visión directa con el Observatorio, y los correspondientes a la Estación Central de Registro junto con la obtención de una señal horaria que diese uniformidad a los datos, todo ello condicionado por las carencias ya mencionadas.

La puesta en marcha de toda esta infraestructura incentivó a los investigadores a avanzar también en otras tareas como la digitalización y la adquisición automática de las señales sísmicas y la detección automática de los eventos sísmicos, todo ello con microcomputadores, lo que era una auténtica innovación para la época. A estas tareas se fueron incorporando gradualmente investigadores y técnicos de la Universidad, formando un grupo pequeño cohesionado y altamente motivado.

Paralelamente se avanzó en el desarrollo de algoritmos de localización, evaluación de la magnitud, cálculos de mecanismos focales, etc. y en la evaluación automática de los terremotos detectados. Así mismo, se profundizaron y ampliaron los temas de investigación sismológica del Observatorio: sismicidad histórica, espacial, temporal y energética, y se incorporaron otros como desarrollo instrumental, proceso de datos sísmicos, sismotectónica, peligrosidad sísmica, etc. Frutos científicos de esta primera etapa de investigación fueron una serie de tesis doctorales de alta calidad, alguna de ellas recibió el premio a la mejor tesis doctoral de la Facultad de Ciencias en el bienio 1986-1987.

Creación del Instituto Andaluz de Geofísica.

El Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos se crea formalmente en 1989, con base en el antiguo Observatorio de Cartuja. Su finalidad es la investigación, docencia y divulgación en temas geofísicos y especialmente en los campos de la sismología, la ingeniería sísmica y la prevención sísmica.

En 1984 se firmó el Convenio Marco entre la Universidad de Granada y la Consejería de Gobernación de la Junta de Andalucía con el fin de desarrollar e impulsar la Red Sísmica de Andalucía (RSA) y los estudios sísmicos en nuestra región. El 15 de Mayo de 1989 se aprobó por el Claustro de la Universidad de Granada la creación del Instituto de carácter mixto, con el apoyo de la Consejería de Gobernación de la Junta de

Andalucía, con la que se han mantenido relaciones plasmadas en siete convenios específicos, centrados en materias de vigilancia, prevención sísmica y protección civil. El 11 de Octubre de 1989 fue aprobado definitivamente el Instituto por el Consejo Social de la Universidad de Granada.

En el Instituto se integran inicialmente profesores de la Universidad de Granada, incluido un grupo del entonces Colegio Universitario de Almería, hoy Universidad de Almería, que siguen vinculados al Instituto como investigadores. Actualmente forman parte del mismo profesores de diversos departamentos de las Universidades de Granada, Almería y Pablo Olavide, becarios Pre y Postdoctorales, personal de Administración y Servicios adscritos al mismo y personal técnico e investigador con contratos a cargo de Proyectos de Investigación y de Ramón y Cajal. Actualmente hay 8 grupos de investigación involucrados en los trabajos y proyectos del Instituto.

Actividades relevantes en los 80 y en los 90.

Resumir dos decenios de actividad científica, docente y divulgadora requeriría un gran espacio que sobrepasa nuestra intención de dar una visión concisa de los campos trabajados y de los hechos más relevantes realizados en los mismos, pudiendo ampliarse esta información a través de toda una serie de publicaciones nacionales e internacionales, de informes específicos, de las hemerotecas, etc.

Desde la primera etapa de puesta en marcha la Red Sísmica de Andalucía (RSA) la actividad en el campo de la instrumentación ha sido intensa y fructífera. Posteriormente se darán algunos datos del estado actual de estas instalaciones y en el trabajo de G. Alguacil se recogen, en forma resumida, las etapas por las que ha ido pasando este desarrollo instrumental y la instalación de dichas estaciones sísmicas. Tan solo indicar que en la etapa previa al inicio de la colaboración con la Consejería de Gobernación de la Junta de Andalucía, las dificultades y la falta de recursos eran un serio obstáculo que se superó solo gracias a un afán desmedido por obtener abundantes datos de calidad de sismos locales y también gracias a un trabajo agotador de los miembros del Observatorio y de los colaboradores a los que se les contagiaba el entusiasmo de los primeros. Las grandes dificultades para el diseño, construcción e instalación de los primeros equipos sísmicos, de transmisión telemétrica y de registro de las señales, no impidieron que se fuesen realizando estas, aunque en realidad los primeros equipos eran realmente prototipos que pronto eran remodelados y luego sustituidos por nuevas versiones más robustas y compactas.

Con la colaboración iniciada con la Junta de Andalucía, gracias al interés y empeño de los máximos responsables del Servicio de Protección Civil de la misma, G. Del Castillo y V. Medrano, se impulsan trabajos en varios campos. Por un lado los correspondientes a la vigilancia y seguimiento de la actividad sísmica, lo que implica el desarrollo de la Red Sísmica de Andalucía, el proceso de los datos, la información inmediata, la estimación de intensidades y la comunicación de las características de las zonas sísmicamente activas. Por otro lado los ligados a la peligrosidad sísmica, con los correspondientes trabajos en la sismicidad histórica y características espacio-temporales de los terremotos del Sur de España, la atenuación sísmica y los efectos de amplificación de las sacudidas sísmicas. Otro campo que se inició fue el de la estimación del riesgo sísmico de la región, con los correspondientes estudios de

vulnerabilidad sísmica y de estimación de escenarios de daños sísmicos, tanto ante terremotos típicos como en casos y zonas concretas. A esto hay que añadir la colaboración en los planes de emergencia y en la divulgación de los temas anteriores, especialmente en las medidas preventivas y de protección sísmicas. Todas estas actividades eran programadas a través de convenios específicos y sus resultados iban siendo paulatinamente entregados al Servicio de Protección Civil de la Junta de Andalucía y en Memorias anuales se resumían las actividades realizadas.

En cuanto a la vigilancia e información sísmicas destacar que se ha venido dando información de cada evento registrado por la RSA, lo que necesitó de sucesivas versiones de programas de lectura de fases, localización, cálculo de magnitudes, determinación de mecanismos focales, estimación teórica de las áreas de intensidad, parámetros espectrales de la fuente sísmica, etc. Esta información se viene dando en comunicados vía fax y recientemente vía internet (correo electrónico y página web). Además, en casos de series sísmicas, se iniciaba un seguimiento de las mismas, un análisis de su evolución y de la importancia de la zona activa. En este sentido, destacar p.e. las series sísmicas de Loja (Granada) de los años 1984 y 1985, la de Agrón (Granada) de 1988, de Antequera (Málaga) de 1989, etc. que no produjeron daños, en las que, gracias a estos análisis de su evolución se reconocieron las características de la actividad y se tranquilizó a la población, o p.e. la de los terremotos de 1983 de Cabo Gata (Almería), de 1984 de Alhama de Granada (Granada), que no produjeron daños pero sí gran alarma social (magnitud $m=5.0$), o los que sí causaron algunos daños como los de Isla Cristina (Huelva) de 1989, los de Berja (Almería) de 1993 y Adra (Almería) de 1994, de Mula (Murcia) de 1999 y de Gergal (Almería) 2002, cuyos daños fueron además analizados in situ.

Los trabajos de sismicidad histórica condujeron a la recogida y análisis de documentación de los terremotos destructores ocurridos en Andalucía desde el siglo XV, confeccionando un catálogo y realizando un estudio de los efectos destructores de los mismos, y se trazaron mapas de isosistas en los que había suficiente información documental. Se determinó la gran importancia de terremotos como p.e. los de 1431, 1522 y 1531, se revisaron en profundidad terremotos destructores andaluces como p.e. los de 1518, 1504, 1522, 1531, 1680, 1806 y 1884. Asimismo se recogió documentación de terremotos hasta el siglo IX.

En el estudio de la sismicidad instrumental destacar la revisión de las magnitudes de todos los terremotos de las Béticas, del golfo de Cádiz y del mar de Alborán, la relocalización de los de magnitud igual o mayor que 5.0 desde 1960 y de los de magnitud igual o mayor que 3.0 desde 1983. Se determinó que los terremotos de las Béticas tenían profundidades superficiales e intermedias (hasta 130 km) y tan solo unos pocos se localizaban a gran profundidad (630 km). Se determinó la distribución espacial de esta actividad sísmica y su complejidad. Se calcularon los mecanismos focales de los terremotos importantes desde 1950 y de terremotos pequeños desde 1983. Todo ello supuso un avance importante en el conocimiento de las características de esta región sísmicamente activa. Además se ha analizado la ocurrencia temporal de terremotos en Béticas-Alborán utilizando técnicas multivariantes, viéndose la dependencia espaciotemporal entre los eventos sísmicos para diferentes rangos de magnitud umbral. Estas técnicas y otras técnicas (análisis fractal, dinámica de caos, entropía, etc.) se han aplicado recientemente a terremotos y microterremotos evaluados con la RSA.

Se han determinado parámetros espectrales y leyes de escala de fuentes sísmicas de la región Béticas-Alborán. Se ha estimado la peligrosidad sísmica del sur de España con diferentes técnicas y para diferentes períodos de retorno. Se han estimado espectros de respuesta mediante técnicas de simulación, obteniendo valores máximos esperables del movimiento del suelo de terremotos probables en diferentes áreas fuente.

Dada la influencia de las características del terreno en el comportamiento dinámico del suelo, se han venido realizando determinaciones de la estructura geológica superficial (hasta 3 ó 4 km de profundidad) con técnicas de dispersión de ondas superficiales. En ámbitos locales, se ha determinado la estructura geológica muy somera (unas decenas de metros de profundidad) con perfiles de refracción sísmica, con ello se han podido modelar los efectos de sitio. Además con estudios de unidades geomorfológicas y análisis de microtremor se ha realizado la microzonación sísmica de algunas ciudades y poblaciones andaluzas como p.e. Granada, Almería, Adra, Berja, Dalías, Balerna, Balanegra, Vera, Motril, etc.. En esta línea de investigación se ha trabajado con investigadores de varias universidades japonesas (Tokio Institut of Technology, Universidad de Kanagawa, Universidad Metropolitana de Tokio, etc.), realizando estancias de trabajo de investigadores españoles en Japón y a la inversa. Asimismo se ha participado, en estos temas, en proyectos internacionales en diferentes países.

En el análisis de vulnerabilidad de edificios y daños sísmicos, se realizaron estudios de tipologías constructivas, y posteriormente se analizaron los factores que tenían influencia en la vulnerabilidad (estado de degradación, asimetrías, cimentación, etc.), y se sistematizaron dichos análisis creándose una metodología. Asimismo se comprobó el comportamiento dinámico de edificios mediante análisis de ruido ambiental y de técnicas de simulación. Se realizó una revisión de terremotos destructores para confeccionar matrices de daños en función de las tipologías y de los grados de vulnerabilidad así como los que predecían modelos teóricos y semiempíricos, con lo que se pudieron determinar los daños esperables para cada grado de intensidad y de vulnerabilidad. Estos modelos se compararon con los observados en los terremotos que han producido en el Sur y en el Levante español.

Como fruto de esta intensa actividad, se realizaron tesis doctorales en estos campos, se publicaron una gran cantidad de artículos en revistas internacionales de prestigio y también se presentaron cientos de comunicaciones en reuniones internacionales y nacionales, todo ello ha supuesto situar a los investigadores del Instituto a un nivel internacional y, consecuentemente, el reconocimiento internacional de la actividad del centro.

En la docencia hay que destacar los programas de doctorado, primero de Sísmología y posteriormente de Sísmología e Ingeniería Sísmica. Además se realizaron gran cantidad de Seminarios y Cursos especializados, con una nutrida participación de profesores de alto nivel internacional, pudiendo citarse, a modo de ejemplo, el Curso Europeo de Peligrosidad Sísmica o los de Prevención Sísmica. La docencia dada por miembros del Instituto ha sido también impartida en otros países (Japón, Italia, Argentina, El Salvador, México, etc.).

Las participaciones del centro en situaciones de emergencia sísmica han sido numerosas, muchas de ellas evaluando el grado bajo de dicha actividad y en otras, como

p.e. en la serie de 1993-1994 realizando estudios de escenarios de daños, y colaborando en el desarrollo e implantación de nuevos planes de emergencia en las poblaciones del Poniente Almeriense.

Los trabajos de divulgación sobre el riesgo sísmico de Andalucía y medidas preventivas y de protección sísmicas se iniciaron con las visitas al Observatorio y se ampliaron con la realización de campañas con el fin de educar a la población; la primera de estas fue con motivo del centenario del terremoto de 1884, se realizaron exposiciones y ciclos de conferencias en los pueblos importantes de las provincias de Granada y Málaga que fueron afectados por el terremoto. A esta siguieron otras campañas de divulgación, como por ejemplo las de 1985 en Granada, Motril, Málaga, Ronda, Almería y Berja, y otras muchas en las que existían exposiciones itinerantes, ciclo de conferencias y distribución de material con medidas preventivas y de protección sísmicas elaboradas por el Instituto. En los medios de comunicación también se divulgaban estas medidas tras la ocurrencia de terremotos sentidos, cuando la población estaba más sensibilizada. Asimismo, se han realizado campañas en colegios e institutos con material divulgativo adaptado a esos niveles.

Infraestructura científico-técnica del Instituto.

Servicio de Prospección Geofísica.

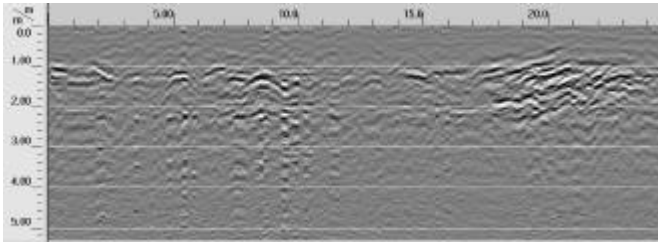
Representa la parte más novedosa del Instituto en cuanto se trata de una apuesta tanto a nivel científico como de servicio. La infraestructura científica ha venido de la mano de fondos FEDER y de proyectos de investigación. Esta faceta del Instituto intenta abrir su campo de actuación a otras líneas de investigación del subsuelo y su aplicación a otras disciplinas como la ingeniería civil, la arqueología, la paleosismología etc.. Esta área de actuación está pensada también como oferta de servicio geofísico de exploración no destructiva de subsuelo a otras empresas u organismos que soliciten trabajos más técnicos sobre investigaciones de exploración.

Constituida en 1994, empezó realizando labores de Geofísica aplicada a la Arqueología (métodos eléctricos y magnéticos). Posteriormente amplió su campo de acción, al reconocimiento del subsuelo en general, mediante el empleo de métodos electromagnéticos y sísmicos de alta resolución. Para su actividad dispone de: equipo de radar de subsuelo, equipo de prospección sísmica, equipo de prospección magnética y material auxiliar.

El radar de subsuelo

El georradar o radar de subsuelo, emplea una técnica de prospección basada en la emisión de pulsos electromagnéticos y en la recogida de las reflexiones, que se producen por los cambios del valor de la constante dieléctrica del terreno asociada a los distintos materiales.

Se consiguen profundidades de penetración de hasta 40 m (según los materiales atravesados) obteniéndose imágenes del subsuelo de alta resolución, lo que la hace especialmente apta para la delimitación de estructuras naturales o artificiales poco profundas (arqueología; tuberías y otras infraestructuras soterradas), detección de fluidos (agua o contaminantes), etc.



La ilustración corresponde a un radargrama tratado, sin migración.

Material disponible:

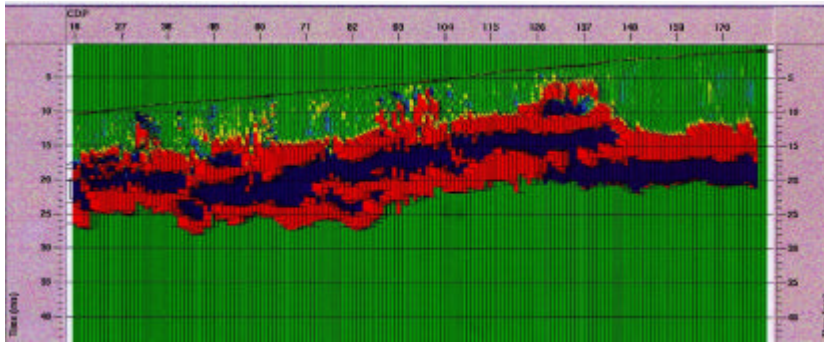
- Rádar de subsuelo SIR 2000, de GSSI (foto)
- Antenas de:
 - 900 MHz
 - 400 MHz (foto de la derecha)
 - 200 MHz
 - 100 MHz
 - Multifrecuencia de 15, 20, 35, 40 y 80 MHz
- Programas y accesorios



La prospección sísmica

Los métodos sísmicos se basan en la detección del frente de ondas elásticas producidas por una fuente artificial (martillo, explosivo, vibrador etc.), propagadas a través del subsuelo que se investiga y detectadas en superficie mediante sensores (geófonos).

Estas técnicas se aplican a investigaciones de alta resolución que permiten obtener estructura y morfología del subsuelo, estado de compactación y fracturación de los materiales, medición de parámetros para la ingeniería y la geotécnica, etc.



En la figura un ejemplo de perfil de refracción CMP, en el yacimiento arqueológico de Los Millares, (Almería).

Material disponible:

- Sismógrafo STRATA-VIZOR NZ24 de *Geometrics*
- Conmutador de geófonos Rollalong 96/24
- Geófonos
 - 48 verticales de 40 Hz
 - 24 verticales de 100 Hz
 - 24 horizontales de 10 Hz
- 2 líneas de 24 tomas espaciadas 5 m
- Programas y accesorios



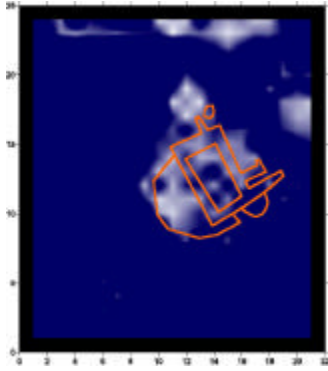
En la imagen el Sismógrafo STRATA-VIZOR NZ24

La Prospección magnética

Los métodos magnéticos se basan en la detección de variaciones del campo magnético local debidas a la presencia de estructuras subsuperficiales. Las anomalías que se miden son debidas a la imanación inducida o remanente de los materiales.

Esta técnica es especialmente útil para obtener información sobre estructuras arqueológicas que hayan estado sometidas a altas temperaturas y localización de cuerpos metálicos en general.

Actualmente se dispone de un magnetómetro de protones *Geometrics* que puede actuar como gradiómetro. Consta de dos sensores con un disparador que los activa secuencialmente y controlado por una única consola.



En la imagen se muestra un mapa de anomalías correspondiente al yacimiento Nazari de Garbín, Baza, Granada.

La Red Sísmica de Andalucía.

El análisis de la microsismicidad (terremotos de magnitud que 3.0 y sin efectos sobre la población) ha llevado a la progresiva instalación de estaciones sísmicas en la región por parte del Instituto Andaluz de Geofísica. Esta red sísmica, actualmente denominada Red Sísmica de Andalucía¹, nace, a principios de los años 80, como Red Sísmica de la Universidad de Granada y como ampliación y modernización de la primitiva estación de Cartuja establecida en 1903. El objetivo primordial de esta estructura de registro sísmico es la detección y análisis de la actividad sísmica de la región y el uso posterior de sus datos en investigaciones científicas y técnicas, algunas con una aplicación directa a la prevención sísmica o la protección civil, aspectos, todos ellos, de gran trascendencia social en una región sísmicamente activa que tiene la mayor peligrosidad sísmica de España.

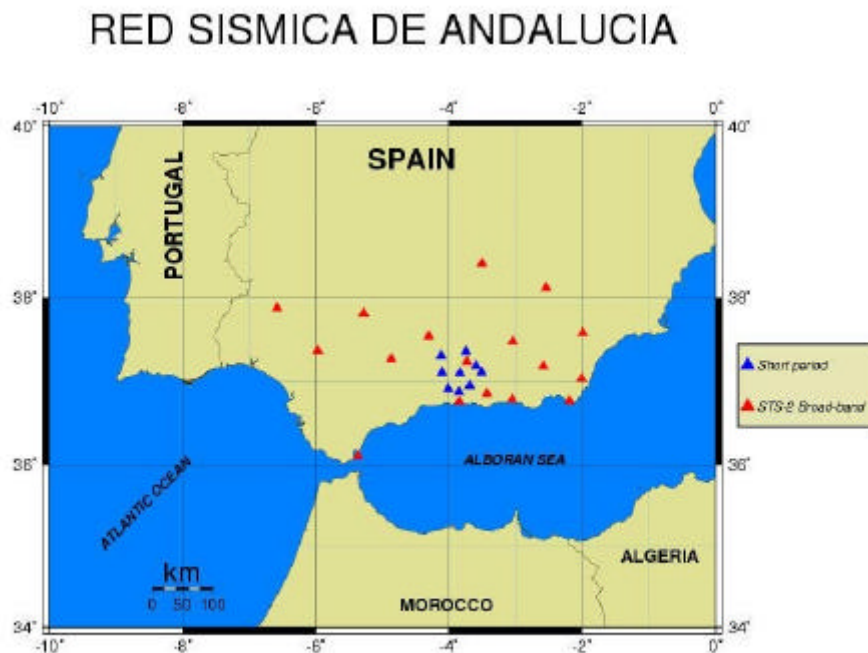
La Red Sísmica de Andalucía es el pilar fundamental de la investigación que se desarrolla en el Instituto, y este centro sigue la tradición de los fundadores del Observatorio en sus líneas básicas de innovación instrumental, estudios sísmicos y servicio a la sociedad andaluza. Esta Red Sísmica está compuesta de:

Red de microsismicidad y vigilancia sísmica.

En la actualidad la red de microsismicidad consta de 13 estaciones sísmicas fijas, de componente vertical, de período corto y de transmisión por telemetría analógica, desplegadas en diferentes puntos de Andalucía. Las estaciones, de desarrollo y construcción propios, constan de equipos de campo, que transmiten la señal vía radio a nodos situados en Granada y Almería, y de ahí a la estación central de registro, que se encuentra ubicada en el edificio del Observatorio de Cartuja. Estos instrumentos suministran información en tiempo real 24 horas al día de la actividad sísmica regional, nacional y global. Las señales analógicas se digitalizan a 100 m.p.s., los eventos se detectan con una aplicación informática que declara evento, almacena los datos en el disco duro y transfiere los datos a otras aplicaciones de lectura de fases y localización automática de sismos.

¹ El desarrollo de los instrumentos de esta red está detallado en un trabajo de G. Alguacil, recogido en esta publicación

Durante el año 2003, parte de la red de microsismicidad pasará a tener telemetría digital vía radio, con un aumento en el rango dinámico de la señal, y parte de la red se transformará en una parte de la red de banda ancha, la cual describiremos a continuación. En el mapa se puede observar la distribución actual de la red de microsismicidad, cuyas estaciones se han ubicado fundamentalmente en las provincias de Granada, Almería y Málaga.



Distribución de las estaciones de periodo corto y de banda-ancha de la RSA.

Red Sísmica de Banda-Ancha.

Se trata de una red moderna que el Instituto comenzó a desplegar a finales de los años 90. Estas estaciones incorporan sensores triaxiales de banda-ancha (100s-100 Hz), modelo Streckeissen STS-2, y se han instalado en el sur de España, fundamentalmente en territorio andaluz. Este tipo de sismómetros, junto con el sistema de adquisición sincronizado en tiempo y la utilización de conversores A/D de 24 bits, permite la obtención de datos con alta resolución, lo que se traduce en una mejora sustancial en la calidad de los datos y en superar el problema de saturación de los registros de terremotos locales de magnitudes media y alta. El sistema de adquisición (básicamente un Pc) utilizado para la instalación de esta red está basado en un diseño elaborado en el propio Observatorio. A día de hoy la Red consta de 7 estaciones desplegadas por toda Andalucía y durante el año 2003 se espera ampliarla red a un total de 15 estaciones. En la figura adjunta se puede apreciar cual es la configuración final de la red.

Red de acelerógrafos.

Consta de 10 equipos autónomos, 4 de ellos de 16 bits, modelo IDS-3602A de Terra-Technology, y 6 de 18 bits, modelo ETNA de Kinematics. Esta red va a verse incrementada con la integración de 17 acelerógrafos ETNA de la Universidad de Almería.

Estos instrumentos registran en campo cercano, y sin saturarse, aceleraciones de movimientos intensos que saturan las estaciones de microsismicidad. Sus registros se utilizan en estudios de fuentes sísmicas, atenuación y análisis de efectos de sitio.

Antenas sísmicas.

El Instituto Andaluz de Geofísica dispone de una red de antenas sísmicas que puede gestionar hasta 72 sismómetros que se despliegan en un reducido espacio de terreno. Esta instrumentación de diseño y construcción propia permite realizar estudios finos de propagación de ondas sísmicas tanto en ambientes tectónicos como volcánicos.

Durante los años 2001 y 2002 se realizaron cambios significativos en la adquisición, interrogación y tratamiento de los datos de la Red Sísmica de Andalucía, para integrar todos los datos en un mismo sistema que homogeneizase todos los sistemas de adquisición, análisis y almacenamiento. Se debían manejar y gestionar los datos provenientes de las redes de microsismicidad de Granada y Almería y la red de estaciones de banda ancha (con un sistema de volcado de datos por interrogación); asimismo, se debían realizar evaluaciones rutinarias de los eventos detectados (localización, magnitud, etc), incorporar al proceso los datos de estaciones remotas no conectadas en tiempo real, y finalmente almacenar dichos datos y parámetros junto con las señales en una base de datos robusta. La estancia de sabático del profesor Haskov, de la Universidad de Bergen, hizo que se avanzase en los temas de gestión de redes además de los de instrumentación. Con su ayuda se adaptaron a la RSA los programas de adquisición (SEISAN), de interrogación (SEISLOG) y de gestión de datos (SEISNET).

Actividades científicas actuales.

La base fundamental de la actividad científica realizada en el Instituto es el estudio de los terremotos y de sus efectos, aunque no es la única línea de trabajo e investigación que se desarrolla en el mismo. Dentro del Instituto se realizan estudios multidisciplinares en los que el punto de unión son los terremotos, sus instrumentos y las técnicas de análisis. Se integran investigadores de diversos campos como la Física, la Geología, las Matemáticas, la Historia, la Geografía Física, la Arquitectura y la Ingeniería tanto de las universidades de Granada como de Almería. A continuación se resumen algunas de las líneas actuales de trabajo.

- **Instrumentación sísmica.** Esta línea nace en los años 80 ante la necesidad de construir instrumentación propia debido al alto coste de los instrumentos comerciales. Como primer logro destaca la creación de la Red Sísmica de Andalucía, en donde toda la instrumentación electrónica y mecánica asociada a ella

ha sido diseñada y construida en el Centro (adquisición, transmisión y registro). Esta línea de trabajo es la base de partida de muchas de las actividades del Centro. Está centrada en el desarrollo y construcción de nuevos equipos sísmicos, y de los programas necesarios para la adquisición y análisis de los datos, lo que no sólo permite tener una red sísmica avanzada de bajo coste, sino su actualización con nuevas innovaciones y hace posible su transferencia a otros centros nacionales, como p.e. la Red Sísmica del Real Observatorio de la Armada en San Fernando, e internacionales como p.e. con la Università Dell'Aquila y el Osservatorio Vesuviano de Nápoles y se prevén otras en Francia (Niza) e Italia (Catania). Se debe destacar que esta línea se ha podido realizar gracias a la presencia de personal laboral técnico propio de la Universidad de Granada, cuya especialización permite además el mantenimiento de la instrumentación desplegada y la creación de nuevos equipos.

- **Sismicidad y sismotectónica del Sur de España.** Se estudian las características espacio-temporales de la sismicidad del Sur de España, las características asociadas a la ruptura y parámetros de las fuentes sísmicas, la estructura superficial, intermedia y profunda litosférica mediante tomografía sísmica y el análisis de propagación sísmica (atenuación) Estos estudios son fundamentales para el entendimiento de la dinámica de la región Béticas - Alborán y para el análisis de la peligrosidad sísmica de esta zona. Se alimenta fundamentalmente de los datos que la Red Sísmica de Andalucía suministra. Esta línea la desarrollan tanto físicos, como geólogos o matemáticos. Asimismo se realizan estudios aplicando herramientas de análisis estadístico a la ocurrencia espacio-temporal y energética de la actividad sísmica, empleando p.e. métodos multivariantes en el análisis de la sismicidad. Estos métodos han permitido caracterizar la zona hipocentral, encontrar patrones y modelos de ocurrencia de la actividad sísmica, determinar y caracterizar las zonas sísmicas desde el punto de vista espacio-temporal, determinar los periodos de actividad de sismos con magnitud superior a 4 y relacionar la magnitud con la intensidad. Una extensión de estos estudios son las aplicaciones de teoría de caos o de análisis fractal.
- **Sismicidad histórica.** El conocimiento de la historia sísmica de la región es imprescindible para completar los catálogos de los sismos importantes y poder entender la actividad presente y estimar más fiablemente la peligrosidad sísmica. En el Instituto se estudian la ocurrencia, características, efectos, etc. de los terremotos usando como base las fuentes históricas, aportando datos para los sismos históricos, de los que naturalmente no existen datos instrumentales. Para ello se cuenta con un grupo de investigadores de Historia, Geografía y Arqueología, que recogen y analizan la información existente sobre los grandes terremotos destructores de Andalucía y sus efectos. Existe una base de datos que se remonta a terremotos del siglo IX.
- **Geofísica aplicada.** Los trabajos realizados en nuestro Instituto se centran en la aplicación de técnicas geofísicas: sísmicas, magnéticas, gravimétricas y eléctricas para el estudio de estructuras geológicas superficiales con fines de investigación o de aplicación a ingeniería civil y a prospección arqueológica.
- **Sismicidad volcánica.** El desarrollo de las antenas sísmicas anteriormente mencionadas ha permitido dar un paso significativo tanto cualitativo como

cuantitativo en el estudio de la sismología ligada a los procesos y dinámica volcánica. Se estudia la sismicidad de diversos volcanes activos del mundo. Para ello se cuenta con una moderna red de estaciones (configuradas como antenas sísmicas) que ya han sido desplegadas en diversos volcanes como el Teide y Lanzarote en España, Stromboli y Vesuvio en Italia y en la Antártida en las Islas Decepción y Livingston. Desde 1993 esta línea de trabajo recibe fondos de investigación a través del Plan Nacional de Investigación en la Antártida, de proyectos europeos y de numerosos proyectos específicos italianos, se han realizado tesis doctorales en este campo y numerosos artículos internacionales, lo que ha permitido una proyección internacional importante en este campo.

- **Ingeniería sísmica.** Esta línea se centra en estudios de peligrosidad y riesgo sísmico, para caracterizar y cuantificar el comportamiento del terreno y los daños y efectos que pueden producir futuros terremotos en Andalucía. Se estudian los fenómenos ligados a la fracturación y a las fuentes sísmicas, las características de la propagación de ondas sísmicas para la determinación de las leyes de atenuación que sirven para la estimación de los valores esperados del movimiento del suelo en función de la magnitud y la distancia, la geología superficial por distintas técnicas (estudio de microtremor, dispersión de ondas superficiales, métodos numéricos, métodos semiempíricos de simulación) para el análisis y modelización de los efectos de sitio y una serie de técnicas para la determinación de la peligrosidad sísmica. En esta línea se han realizado importantes trabajos sobre fuentes y espectros de respuesta del suelo con investigadores mejicanos y de microzonación sísmica en ciudades del sureste español con investigadores de varias universidades japonesas.
- **Prevención sísmica.** Esta línea se dirige a la mitigación de los daños y efectos de futuros terremotos en Andalucía. Se estudian los tipos de edificaciones, su vulnerabilidad y la respuesta de edificios. Se ha colaborado en la planificación de emergencias sísmicas, destacando los trabajos hechos para toda Andalucía y la estimación de escenarios de daños sísmicos en la crisis sísmica de 1993-1994 y en otras series menos importantes, y en la realización de campañas de divulgación en el con el fin de educar a la población sobre el riesgo sísmico de Andalucía y las medidas preventivas y de autoprotección sísmicas. La financiación de estos trabajos ha sido a través de proyectos andaluces y contratos específicos de investigación de la Consejería de Gobernación de la Junta de Andalucía .

Servicios a la sociedad.

Probablemente los terremotos suponen unos de los fenómenos naturales que mayor impacto lleva sobre la población, no sólo cuando sus efectos son destructores, sino simplemente cuando éstos son sentidos violentamente por dicha población. La imposibilidad real de poder predecir a corto plazo la ocurrencia de estos fenómenos aumenta el impacto de los mismos. Este hecho, junto con la demanda de diversos tipos de información, hace que el Instituto posea una proyección social continuada y notable. Estas actuaciones van desde la información sobre un terremoto en particular, tanto a las autoridades (por ejemplo Protección Civil) como a los medios de comunicación, o a la población en particular, consultoría a empresas, programas de educación sísmica y

prevención, etc. Todas estas actuaciones tienen como primer punto el trabajo de control y vigilancia sísmica que se realiza a través de la Red Sísmica de Andalucía.

- **Control y vigilancia sísmica.** La Red Sísmica de Andalucía, descrita anteriormente, adquiere de manera continua todo tipo de señales sísmicas que se producen a distintas escalas, local, regional, e incluso mundial, en función de la energía de éstas. El primer paso es la discriminación, cuantificación y localización de estos terremotos con el fin de conocer, casi en tiempo real, donde se han producido y su potencial impacto (desestabilizador o destructor) sobre la población y los edificios. La densidad y tipo de estaciones sísmicas desplegadas (junto con las previsiones de mejora con nuevos fondos) y los programas actuales de análisis que se poseen permiten determinar en pocos minutos las características de los terremotos que ocurren en territorio andaluz. Una vez determinados los parámetros del terremoto, si este se ha percibido por la población, se determinan los valores teóricos de la intensidad en el área macrosísmica se realizan una serie de encuestas, básicamente mediante llamadas telefónicas, para determinar en un primer paso los efectos reales del sismo. La existencia de una página específica de internet propia del centro (www.ugr.es/~iag) para dar una información pública inmediata de las características de los sismos, permite además recibir de los usuarios datos de estos efectos.
- **Información sísmica.** Cuando un terremoto es percibido por la población se produce una demanda automática de información por entes oficiales (básicamente los servicios de Protección Civil y autoridades), medios de comunicación y particulares. El teléfono del Instituto aparece como uno de los 10 teléfonos más demandados en el servicio de información de Telefónica en las Provincias de Granada y limítrofes. Hay que destacar que, cuando el terremoto sentido provoca la alarma entre la población, se reciben peticiones de información de periódicos, emisoras de radio y canales de TV que visitan las dependencias del centro para realizar servicios informativos

¿EXISTE UNA RELACIÓN ENTRE SISMICIDAD, FALLAS, GRIETAS Y ROTURAS DE MUROS EN LA ALHAMBRA?

ARE SEISMICITY, FAULTS, FENCE-CRACKS AND WALL-COLLAPSES IN THE ALHAMBRA RELATED?

Azañón, J. M. ¹, Azor, A. ¹, Martín-Rosales, W. ¹, de Justo Alpañes, J.L. ² Torcal, F. ³ and Espinar, M. ⁴

⁽¹⁾ Dpto. Geodinámica. Univ. Granada (Spain)

⁽²⁾ Dpto. de Medios Continuos. E.T.S. de Arquitectura. Univ. de Sevilla

⁽³⁾ Inst. Andaluz de Geofísica. Univ. Granada, Dpto. Ciencias Ambientales. Univ. Pablo de Olavide, Sevilla

⁽⁴⁾ Dpto. Historia Medieval- Inst. Andaluz de Geofísica. Univ. Granada (Spain)

SUMMARY: *The Alhambra is built on a conglomeratic formation, known as the Alhambra Formation, whose age is Pliocene to Lower Pleistocene and has a visible thickness of 200 metres. The western part of the San Pedro escarpment corresponds to a fault-scarp with some retreat; the fault-plane outcrops in the innermost part of the escarpment, showing a normal-fault displacement of about 3.5 metres and NW-SE strike with NE steep dip. This fault is the most important one of a set that outcrops along the northern hillslope of the Alhambra. In some cases, the activity of these faults seems to be very recent and maybe related to earthquakes. The seismic risk associated with these faults (and maybe some not-outcropping ones) can be taken to be moderate, as some historical damages have been reported concerning the Alhambra walls and the Arabic fence. In this respect, the most important earthquake affecting the Alhambra and neighbouring areas occurred in 1431, being responsible for the partial collapse of the Arabic fence. Moreover, the Christian fence, built in 1526, has numerous cracks geometrically related to fault planes outcropping in the Alhambra Formation, i.e. faults and cracks are continuous and have similar strike and dip. We hypothesize that these cracks are due to post-1526 small displacements along the faults, occurred during recent earthquakes in the region. These faults constitute mechanical discontinuities which is a supplementary risk, because they contribute to reduce the stability of the entire rock massif. Moreover, the fault zones are preferential pathways for water circulation, i.e. they suffer an increment of water erosion as compared to neighbouring areas. In this way, numerous cracks and collapses in the Alhambra walls appear mostly concentrated and aligned in a NW-SE strike with fence-cracks and faults.*

Introducción

La ciudad de Granada está emplazada al borde de una zona plana rodeada de montañas, que se conoce geográficamente con el nombre de Depresión de Granada. Desde un punto de vista geológico, esta depresión se conoce como Cuenca de Granada y corresponde a un área que se rellena de sedimentos al tiempo que se levantan los relieves circundantes de las sierras Nevada, Arana, Parapanda, Gorda, Tejeda y Almirajara. El relleno comienza en condiciones marinas hace unos 10 Ma, pasa a condiciones continentales hace unos 5-6 Ma y termina aproximadamente hace tan sólo 0.5 Ma. Posteriormente, toda la región ha debido sufrir levantamiento hasta la altitud actual, al tiempo que se ha ido instalando sobre ella la red de drenaje actual, tributaria en su totalidad del río Guadalquivir. El sustrato de la Cuenca de Granada son materiales metamórficos (esquistos, filitas, mármoles) de edad paleozoica a triásica y sedimentarios (calizas, dolomías, margas) de edad Triásica-cretácica. El relleno tiene espesores máximos de 1500 metros (Rodríguez Fernández y Sanz de Galdeano, 2001). Los materiales más antiguos son conglomerados, calcarenitas y margas, depositados en condiciones marinas, cuya edad es Tortonense inferior (≈ 10 Ma) (Rodríguez Fernández et al., 1989) la paleogeografía de la Cuenca de Granada debía ser en ese periodo muy distinta de la actual, sin los relieves que la circundan y conectada con el mar. El relleno de la cuenca continuó efectuándose en condiciones marinas hasta el Tortonense superior (≈ 8 Ma) (Rodríguez Fernández et al., 1989).

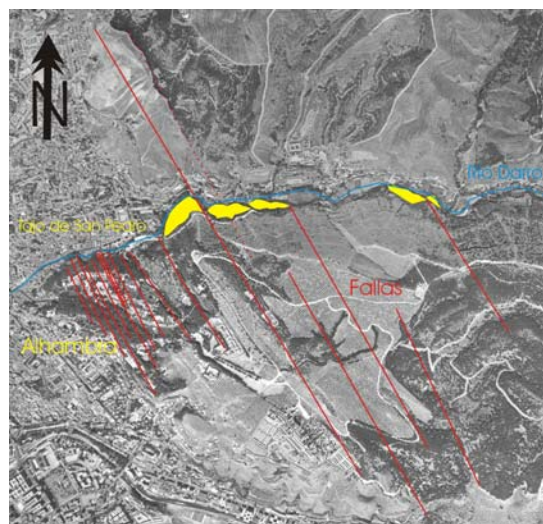


Figura 1: Foto aérea del recinto de la Alhambra y las zonas próximas en la que se han representado las principales fallas (líneas rojas) y los depósitos de la llanura de inundación del Darro (amarillo).

Posteriormente, en el Messiniense (5-6 Ma), se retira el mar y comienza el relleno en condiciones continentales y con una paleogeografía más parecida a la actual, en la que la Cuenca de Granada debía de estar ya individualizada. Este relleno continental consiste en conglomerados, lutitas, areniscas y calizas, que se depositan por la acción de ríos

que drenarían las sierras circundantes y que conectarían con medios lacustres situados en la parte central de la cuenca.

Las fallas en la depresión de Granada

El relleno de la cuenca de Granada ha sido en buena parte sincrónico de la actividad de fallas localizadas en su borde fundamentalmente y que han controlado el depósito. Estas fallas son de carácter normal, dominando las de dirección NW-SE, con buzamientos hacia SW y hundimiento de los bloques situados al SW. Al final del proceso de relleno de la cuenca, las fallas han producido el levantamiento de las formaciones sedimentarias depositadas al principio del proceso de relleno, es decir, los depósitos marinos tortonienses se observan en relieves emergidos, situados principalmente en los bordes de la cuenca. Las relaciones entre las distintas formaciones de relleno de la cuenca son de discordancia en los bordes y paraconformidad hacia el centro; no obstante, en muchas localidades las relaciones que se observan actualmente son tectónicas (fallas normales).

El relieve actual en el borde de la Depresión de Granada, además de estar condicionado por la acción erosiva de los ríos (Genil, Darro, Monachil, etc.), es una consecuencia de la actividad de una serie de fallas. Estas fallas dan lugar a cambios bruscos en el relieve. Así, el límite entre el sustrato de la cuenca y el relleno consiste siempre en fallas normales con buzamiento hacia el interior de la Depresión, que se reconocen en el campo por la presencia de espejos de falla, muchas veces con estriaciones, de dimensiones métricas a hectométricas (por ejemplo, la Falla de Nigüelas); el bloque de muro de estas fallas es a su vez el bloque levantado, estando constituido siempre por materiales del sustrato de la cuenca con un relieve muy escarpado y con una red de drenaje fuertemente encajada. Además de estas fallas, se detectan varios escalones o saltos topográficos entre los materiales del borde de la Depresión y la zona plana que ocupa la vega de Granada, los cuales podrían representar escarpes de falla más o menos degradados por la erosión al estar situados sobre rocas blandas. Estos escarpes siguen direcciones predominantes NW-SE, en perfecta concordancia con la mayor parte de las fallas que se cartografiaban en el borde de la Depresión. Como veremos después, el escalón topográfico entre el Llano de la Perdiz y la colina de la Alhambra seguramente está relacionado con una de estas fallas, que se prolonga en el escalón existente entre el Cerro de San Miguel y el barrio del Albaicín.

La actividad sísmica en la Depresión de Granada es alta, con un gran número de terremotos, pero todos ellos de magnitud moderada o baja ($M_b \leq 5.5$) (De Miguel et al., 1989). En tiempos históricos ha habido terremotos importantes con cuantiosos daños materiales (Tercedor, 1951), pero de magnitud difícilmente evaluable. La sismicidad tiene su origen a profundidades comprendidas por lo general entre 5 y 17 km (Serrano et al., 2002) y los mecanismos focales indican un estado actual de esfuerzos tensional con una dirección de extensión NE-SW. Esta dirección de extensión actual, junto a determinaciones de paleoesfuerzos en materiales tortonienses y más recientes, son perfectamente compatibles con la existencia de fallas normales de direcciones predominantes NW-SE, que indican la misma dirección de extensión (Galindo-Zaldívar et al., 1999).

Las fallas en el recinto de la Alhambra

En la ladera norte de la colina de la Alhambra desde el Tajo de San Pedro hasta la Fuente del Avellano se reconocen un buen número de fallas normales de dirección N130-N150 y fuerte buzamiento (65-75°), tanto hacia el SW (dominante) como el NE (subordinado); en todos los casos las estrías se orientan según la línea de máxima pendiente del plano de falla, por lo que no cabe atribuir ningún salto lateral a estas fallas. Los saltos de estas fallas están comprendidos entre algunos centímetros y la decena de metros. En el Tajo de San Pedro, existe una falla de esta familia coincidiendo con la arista del diedro, la cual tiene un salto mínimo de unos 3.5 m y es aproximadamente paralela al lado occidental del tajo (orientado aproximadamente N150°E); de hecho, este lado del tajo corresponde en nuestra opinión al escarpe de falla con un cierto retroceso debido a desprendimientos y otros procesos activos sobre la ladera. Estas fallas desarrollan una zona de falla en la que los cantos del conglomerado se reorientan hasta paralelizarse con la dirección de la falla. La matriz del conglomerado también se reorienta, observándose planos paralelos a las paredes de la zona de falla. Se reconocen también estriaciones, siempre según el buzamiento de los planos de falla. Además, en las zonas de falla y sus proximidades se observan cantos rotos por diaclasas de extensión; estas diaclasas tienen una orientación perfectamente compatible con la situación de esfuerzos que generó las fallas normales, por lo que las interpretamos como estructuras singenéticas. Raramente, se observan también cantos rotos y desplazados por las fallas, lo que se interpreta como un indicio de funcionamiento cosísmico, es decir, caracterizado por largos periodos sin movimiento (asísmicos) y cortos periodos (casi instantáneos) de movimiento en relación con terremotos. La estratificación en los conglomerados aparece en ocasiones rotada en el bloque de techo de las fallas; esta rotación es siempre contraria a la dirección de buzamiento de las fallas. En ocasiones, se reconocen pliegues de arrastre en relación con las fallas.

La actividad de estas fallas es posterior al depósito de la Formación Alhambra, es decir, posterior al Pleistoceno inferior si tomamos el rango de edades más jóvenes propuestas. En cualquier caso, es razonable atribuir a estas fallas una actividad cuaternaria o incluso actual, ya que no aparecen fosilizadas por ningún depósito. Su funcionamiento, como ya se ha dicho, ha podido ser cosísmico, de modo que las fallas acumularían desplazamientos importantes como consecuencia de terremotos repetidos a lo largo del tiempo. En nuestra opinión, las fallas más importantes de este sistema, aparte de la del Tajo de San Pedro, estarían situadas sobre los escalones topográficos que se observan en toda esta zona de borde de la Depresión de Granada; así por ejemplo, una de estas fallas debe situarse transversal al Darro, separando el Cerro de San Miguel del Albaicín al norte del río, y el Llano de la Perdiz de la colina de la Alhambra al sur del río. El posible origen tectónico de estos escalones topográficos, indicaría un origen muy reciente, ya que los procesos erosivos aún no habrían tenido tiempo de modelar el relieve generado en relación con las fallas. Es más, algunas de estas fallas podrían ser activas y estar relacionada con la sismicidad actual que se detecta en toda esta región.

Grietas en el recinto de la Alhambra. Su relación con la actividad sísmica

El entorno de la Alhambra es un área estratégica para detectar la posible actividad cosísmica de las fallas que afectan a la formación Alhambra en los últimos siete siglos. Con esa idea, se han cartografiado las grietas más importantes de las murallas de la cara Norte del monumento

y las de la cerca que acota su entorno. La cerca actual (cerca cristiana) fue levantada, en el entorno del Tajo de San Pedro, hacia 1560 ya que la anterior (cerca árabe) fue completamente destruida por causas diversas, entre las que no podemos descartar los terremotos. En este sentido el cronista Alvar García de Santa María describe los siguientes acontecimientos, en el capítulo XXI de su Crónica: *"En este tiempo tremió la tierra en el Real é mas en la cibdad de Granada, é mucho más en el Alhambra, donde derribó algunos pedazos de la cerca della"* (Galbis Rodríguez, 1932). Así mismo, Fernán Pérez de Guzman, cronista del rey castellano Juan II, se refiere al mismo terremoto con las siguientes palabras: *"En este tiempo tremió mucho la tierra en el real (que estaba situado al pie de la Sierra Elvira) e más en la ciudad de Granada, e mucho más en el Alhambra, donde derribó algunos pedazos de la cerca della"* (García de Santa María, 1891).



Figura 2: Rotación de un nivel de paleosuelo producida por una falla. Obsérvese que la cerca por encima de la falla está rota.

Es precisamente en la cerca en la que se han detectado los rasgos más interesantes, ya que ésta aparece agrietada o completamente rota en bastantes sectores. En estos sectores, los desperfectos de la cerca tienen una continuidad geométrica con los planos de falla aflorantes en el sustrato de la misma. En algunos casos la rotura de la cerca presenta el mismo buzamiento que la falla que aflora debajo. En otros, la cerca está reparada parcialmente pero aún puede apreciarse la superficie de rotura antigua y ésta coincide con la inclinación de las fallas.

En la muralla también se han detectado grietas, algunas de las cuales están abiertas y evidencian desplazamientos relativos concordantes con los deducidos para las fallas. Si se alinean las grietas detectadas en la cerca con las de la muralla, la dirección resultante es paralela a la de las fallas (N140°E), coincidiendo además con la posición de algunas de las aflorantes en la ladera N.

Lo anteriormente expuesto pone de manifiesto que las fallas que afloran en el entorno de la Alhambra han podido tener una actividad muy reciente, refiriéndonos al S. XV y etapas posteriores, son las directas responsables de las grietas observadas. La afección de la cerca indica que esta actividad se hace más patente a partir de 1560, pudiendo llegar a la actualidad. Los desplazamientos relativos observados en la cerca y la muralla son normalmente del orden de algunos milímetros y más excepcionalmente centimétricos. Es posible que estos desplazamientos sean una consecuencia de la actividad de algún terremoto o de alguna serie sísmica que incluyera algún terremoto de cierta intensidad. Bien sea porque estas fallas se produjeron de forma simultánea a la ocurrencia de esta actividad sísmica, o bien sea porque se tratara de fallas ya constituidas en un momento anterior y que como consecuencia de la actividad sísmica se produjera su movimiento. En realidad no disponemos actualmente de criterios suficientes para conocer con plena certeza qué es lo que realmente ocurrió. Por una parte, es común que en ciertas regiones la sismicidad se desarrolle en forma de series sísmicas, que son un conjunto de terremotos que tienen una génesis espacial y temporal semejante y que de forma inherente entre ellos existe una correlación (Torcal *et al.*, 1996, Torcal *et al.*, 1999). En forma de series sísmicas se produce la liberación de una parte de la energía sísmica en el sureste de la Península Ibérica. Una vez que una zona sismotectónica se ha activado, se produce en ella un estado de acumulación de esfuerzos y la consiguiente deformación de los materiales. Si la intensidad y duración de los esfuerzos sobrepasa el límite de rotura del material afectado, llega un momento en el que éste se rompe, se produce un movimiento relativo entre los bloques de la falla y se produce la liberación de una cierta cantidad de energía, la mayor parte de la cual lo hace en forma de energía sísmica y otra cantidad mucho menor en forma de energía calórica (Torcal, 1998). Esta energía sísmica liberada se ha denominado paquete de energía (Torcal, 1998), y puede ser la energía liberada en forma de un terremoto o como es más común en las series sísmicas, como la ocurrencia de varios terremotos más pequeños. Se ha comprobado que las series sísmicas suelen incluir varios paquetes de energía, y que en las series tectónicas del sureste español es común que el primer paquete de energía sea ligeramente superior a los que le siguen. Esto pudiera indicar que en un primer momento se debe acumular mayor cantidad de energía hasta producir la rotura del terreno, la falla, y una vez que ésta se ha formado, hace falta un nivel menor de energía para que se muevan los bloques de la falla (Torcal, 1998). En consecuencia, es muy probable que las fallas observadas en el entorno de la Alhambra, una vez formadas, se hayan movido favorecidas por la abundante sismicidad de la zona en la que se encuentra la Alhambra. En el catálogo del Instituto Geográfico Nacional se recogen 13 terremotos, entre 1526 y 2000, de una intensidad superior a VI a los que se les asigna un epicentro en Granada capital. Los más intensos de la etapa cristiana se produjeron en 1522, 1526, 1778 y 1897. Un estudio de la evolución histórica de la cerca en los alrededores del Tajo de San Pedro (Rodríguez-Ortiz, 1998) refleja que se desprendió una importante parte de la misma entre 1760 y 1840. La parte rota estaría limitada estaría acotada por la arista del diedro del Tajo de San Pedro, en donde se encuentra la falla más importante de las

encontradas en el recinto de la Alhambra , y la mitad del cantil oriental del Tajo. En este último punto de la cerca, aún hoy día se puede reconocer la rotura, siendo ésta la continuación del plano de una falla normal que hunde el bloque occidental. Por tanto, si el origen de la rotura, como actualmente parece, está ligada a movimientos cosísmicos de las fallas habría que buscar un terremoto coetáneo cuya intensidad justificase este tipo de daños. La serie sísmica de los días 13 y 14 de Noviembre de 1778, a la que se le atribuye una intensidad de VII (López-Casado et al., 2001), pudo ser la causante de la rotura del paño oriental de la cerca en el Tajo de San Pedro.

Sin embargo, esta no es la única posibilidad para explicar movimientos milimétricos asociados a planos de falla preexistentes. Estos planos son superficies de debilidad mecánica que pueden concentrar pequeños desplazamientos ante sacudidas sísmicas de cierta magnitud producidas por otras fallas del mismo sistema (Torcal, 1998). En una zona de alta sismicidad, como es la depresión de Granada, son muchas las fallas de la misma orientación y régimen que pueden haber provocado terremotos importantes en los últimos cinco siglos. En este sentido pueden destacarse los terremotos de 1884, 1911, 1954, 1956 y 1984. Este último, cuyo epicentro se situó a una distancia de 40 Km del más destructivo de todos (el de 1884 en Arenas del Rey), fue registrado por diferentes sismógrafos lo que ha posibilitado calcular su mecanismo focal (Morales et al., 1996). El mecanismo focal de un terremoto permite deducir la dirección y régimen de la falla que lo genera. El terremoto de 1984 fue generado por una falla de la misma orientación y régimen que las aflorantes en el entorno de la Alhambra.

Por otra parte, las fallas, al igual que cualquier discontinuidad mecánica, también pueden jugar un papel fundamental como conductos preferentes para la circulación de agua. Esto puede producir erosión por lavado y arrastre de la fracción fina del conglomerado en la zona de falla lo que provocaría la disgregación del mismo constituyendo torrentes que canalizan la escorrentía superficial. En el bosque de la Alhambra, en algunas de las zonas de falla se identifican pequeños barrancos que tienen este origen. Aunque la cerca haya sido agrietada levemente en un primer momento, este factor puede intensificar el deterioro de la misma por descalce. El flujo de derrubios situado frente al puente de "Las Chirimias" está limitado por dos fallas. Estas fallas actuaron como factores condicionantes de este proceso de ladera, al concentrar la circulación preferente de agua a través de ellas.



Figura 3: Fallas aflorantes en la ladera N de la Alhambra. Obsérvese como dichas fallas se pueden prolongar hasta roturas de la cerca

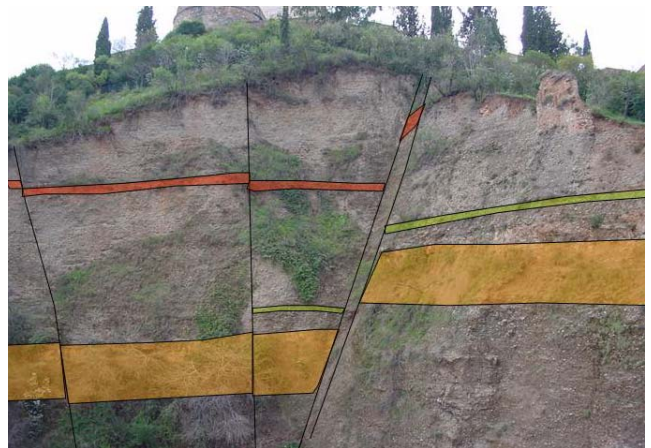


Figura 4: Interpretación del Tajo de San Pedro. Rojo: Paleosuelo; Verde: Tramo arenoso-limoso; Amarillo: Tramo de conglomerados más cohesivos.

Conclusiones

La principal conclusión de este trabajo es el hallazgo de numerosas fallas cosísmicas que afloran en el bosque de la Alhambra y cuya actividad es posterior a 800.000 años ya que ésta es la edad que se le atribuye a la parte superior de la Formación Alhambra, a la cual afectan. Sin embargo, su actividad parece haberse extendido hasta los últimos cinco siglos ya que afectan a la cerca y murallas del monumento. Los pequeños desplazamientos producidos por estas fallas pueden haberse debido a: 1) terremotos de magnitudes moderadas generados por ellas mismas. 2) movimientos ocasionados por terremotos de gran magnitud generados por otras fallas del mismo sistema. Ambos supuestos son posibles ya que la orientación y régimen de las fallas de la Alhambra es coincidente con la directriz regional de mayor actividad sísmica en la depresión de Granada.

El riesgo sísmico ligado a estas fallas debe ser moderado, como prueba el hecho de que existan daños históricos, reseñados en diversos documentos, en el recinto de la Alhambra. Debe tenerse en consideración que la Alhambra, ubicada sobre una formación rocosa escasamente cementada, atenuaría el efecto local de la amplificación de las ondas sísmicas respecto al producido en los suelos ubicados en el centro de la depresión de Granada. Por último, no debe ignorarse el efecto de estas fallas como discontinuidades mecánicas que pueden reducir la estabilidad del macizo rocoso produciendo daños en las construcciones ubicadas sobre él. Por otra parte, estas fallas son conductos preferenciales para la circulación de agua, incrementando el efecto de la erosión hídrica a lo largo de ellas. Un ejemplo de este efecto es el flujo de derrubios situado frente al puente de "Las Chirimias" limitado lateralmente por dos fallas, que probablemente han actuado como factor condicionante del mismo.



Figura 5: Canto roto y desplazado entre dos planos de falla.

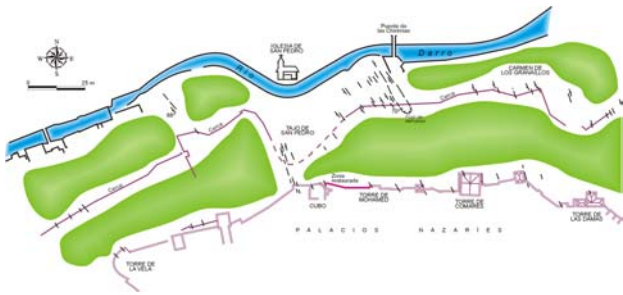


Figura 6: Esquema del recinto de la Alhambra mostrando la posición y orientación de las principales grietas en la cerca, la muralla y las fallas en la ladera (trazos negros).

Por tanto, concluimos que las fallas detectadas en el recinto de la Alhambra han jugado un papel más importante del que hasta ahora se les había atribuido, especialmente en el deterioro de la cerca. Sin embargo, consideramos que el recinto de la Alhambra, por su ubicación, está sometido a un riesgo moderado en relación con la sismicidad actual y con los procesos geomorfológicos activos en la ladera del bosque de San Pedro.

Agradecimientos

El presente estudio ha sido cofinanciado por el Patronato de la Alhambra y el Generalife, así como con el proyecto REN2001-3378/RIES de I+D+I del MCYT, parcialmente financiado con fondos FEDER de la UE.

Referencias

- E. AGUIRRE, "Una prueba paleomastológica de la edad cuaternaria de los Conglomerados de la Alhambra (Granada)", *Estudios Geológicos*, 13 (1957), 135-140.
- F.J. AYALA CARCEDO; J.M. RODRÍGUEZ ORTIZ; C. PRIETO ALCOLEA; J.J. DURÁN VALSERO; J.L. LAMAS ROMERO y J. RUBIO AMO, Mapa predictor de riesgos por inundaciones en núcleos urbanos de Andalucía y Extremadura. Madrid, IGME, 1986.
- A. CASTILLO, Estudio hidroquímico del acuífero de la Vega de Granada. Granada, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada-IGME, 1986.
- F. DE MIGUEL; F. VIDAL; G. ALGUACIL y J.M. GUIRAO, "Spatial and energetic trends of the microearthquakes activity in the Central Betics", *Geodinamica Acta*, 3 (1989), 87-94.
- J. GALINDO-ZALDÍVAR; A. JABALOY; I. SERRANO; J. MORALES; F. GONZÁLEZ-LODEIRO y F. TORCAL, "Recent and present-day stresses in the Granada Basin (Betic Cordilleras): example of a late Miocene - present-day extensional basin in a convergent plate boundary", *Tectonics*, 18 (1999), 686-702.
- J. GALBIS RODRÍGUEZ, "Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5°E y 20°W de Greenwich y los paralelos 45° y 25°N". Tomo I: pág. 21, Imprenta de Ramona Velasco; Madrid, (1932).
- A. GARCÍA DE SANTA MARÍA, "Crónica de Alvar García de Santa María". Capítulo XXI, pág. 500, (1891).
- N. GÜNSTER y A. SKOWRONEK, "Sediment-soil sequences in the Granada Basin as evidence for long- and short-term climatic changes during the Pliocene and Quaternary in the Western Mediterranean", *Quaternary International*, 78 (2001), 17-32.
- C. LÓPEZ-CASADO; J.A. PELÁEZ MONTILLA y J. HENARES ROMERO, J., "Sismicidad en la Cuenca de Granada", En: *La cuenca de Granada: Estructura, Tectónica activa, Sismicidad, Geomorfología y dataciones existentes*, C. Sanz de Galdeano; J.A. Peláez Montilla y A.C. López Garrido (Eds.) (2001), 148-157.
- J.M. MARTÍN, "Geología e historia del oro de Granada", *Boletín Geológico y Minero*, 111 (2000), 47-60.
- J.M. MARTÍN y J.C. BRAGA, "Sierra Nevada: Historia del levantamiento de un relieve deducida de las unidades conglomeráticas de su borde", En: *Avances en el conocimiento del Terciario Ibérico*, J.P. Calvo y J. Morales (Eds.) (1997), 117-120.
- J. MORALES; S.K. SINGH y M. ORDAZ, "Analysis of the Granada (Spain) earthquake of 24 June of 1984 (M=5) with emphasis on seismic hazard in the Granada Basin", *Tectonophysics*, 257 (1996), 253-263.
- J. RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ y C. SANZ DE GALDEANO, "La Cuenca de Granada. Interpretación de su estructura a partir de perfiles sísmicos", En: *La cuenca de Granada: Estructura, Tectónica activa, Sismicidad, Geomorfología y dataciones existentes*, C. Sanz de Galdeano; J.A. Peláez Montilla y A.C. López Garrido (Eds.) (2001), 109-116.
- J. RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ; C. SANZ DE GALDEANO y J. FERNÁNDEZ, "Genesis and evolution of the Granada Basin (Betic Cordillera, Spain)", En: *Intermontane basins: Geology and resources*, T.P. Thauasuthipitak y P. Ounchanum (Eds.) (1989), 294-305.
- J.M. RODRÍGUEZ ORTIZ, "El Tajo de San Pedro en la Alhambra de Granada. Informe N° 2: Propuesta de actuaciones", Madrid, trabajo inédito, 1998.
- C. SANZ DE GALDEANO, "Localización geográfica y geológica de la Cuenca de Granada. Principales rasgos estratigráficos", En: *La cuenca de Granada: Estructura, Tectónica activa, Sismicidad, Geomorfología y dataciones existentes*, C. Sanz de Galdeano; J.A. Peláez Montilla y A.C. López Garrido (Eds.) (2001), 3-9.
- I. SERRANO; D. ZHAO y J. MORALES, "3-D crustal structure of the extensional Granada Basin in the convergent boundary between the Eurasian and African plates", *Tectonophysics*, 344 (2002), 61-79.
- M. TERCEDOR, "La tectónica de la depresión granadina en relación con su elevada sismicidad", *Estudios Geológicos*, 7 (1951), 29-70.
- F. TORCAL, "Simulación probabilística, energética y temporal de series sísmicas", Granada, Tesis Doctoral de la Universidad de Granada, 1998.
- F. TORCAL, A. M. POSADAS, M. CHICA Y I. SERRANO, "Simulación Condicional Geoestadística de la evolución de la magnitud de una serie sísmica. Aplicación a la Serie de Berja-Almería (Diciembre de 1993-Marzo de 1994)", en *Libro de Homenaje en honor al Profesor Fernando de Miguel Martínez*, pp. 653-686, eds. Vidal, F., Espinar, M. y Esquivel, J. A., Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada e Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos, Granada, Spain, 1996.
- F. TORCAL, A.M. POSADAS, M. CHICA, I. SERRANO, Application of conditional geostatistical simulation to calculate the probability of occurrence of earthquakes belonging to a seismic series, *Geophys. J. Int.*, 139, (1999), 703-725.

NACIMIENTO Y EVOLUCIÓN DEL EDIFICIO DEL OBSERVATORIO DE CARTUJA DESDE 1902 HASTA 2002.

BIRTH AND EVOLUTION OF THE BUILDING OF THE CARTUJA OBSERVATORY SINCE 1902 AT 2002.

Manuel ESPINAR MORENO^{1, 3} y Juan de Dios MORCILLO PUGA^{2, 3}.

¹ Dpto. Historia Medieval y CC. y TT. HH. Univ. Granada.

² Dpto. Análisis Gco. Regnal. y G^a Física. Univ. Granada.

³ Instituto Andaluz de Geofísica. Univ. Granada.

SUMMARY:

The foundation of Cartuja Observatory, of Jesus' Company, in Granada, goes back to June of 1902, in this time when getting up the building the Architect's planes they were respected Mr. Fort that gave the project to the Jesuit. This plane with the corresponding explanation allows us to see the different works and the spaces of the building dedicated to the astronomy, meteorology and seismology.

Leaving of this first plane the building has gone improving along the time, according to the necessities that the developed studies demanded. We have several planes that inform us of all the works carried out along the century of existence of the Observatory, at the moment Andalusian Institute of Geophysics and Prevention of Seismic Disasters.

We will analyze in this work the most outstanding planes in the wide period of time of operation of the building, among them the amplifications from 1906, the one carried out during the period of the II Republic and the Guerra Civil (1936-39), in those that the center was condemned and its ownership passed to the State, refund stage to Jesus' Company, years of 1945 at 1952 where it depended on the C.S. I.C., and the rest of the modifications that you have been carried out during the long stage that the Observatory passed to depend on the University of Granada. At the end of this stage it has suffered some modifications that are in termination phase.

INTRODUCCIÓN

La fundación del Observatorio de Cartuja, actual Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos, se debió a una serie de circunstancias muy diversas, unas fueron de índole personal, otras las fueron de tipo científico y, por último, otras lo fueron de carácter económico. El P. Garrido, S.J., que fue Director del Observatorio, nos recuerda en una de las primeras publicaciones del centro¹ la feliz iniciativa del R.P. Juan de la Cruz Granero para que el proyecto de Observatorio se llevara a efecto, sobre todo por su amor a la Ciencia astronómica. El P. Granero estaba convencido de que debía establecerse en Granada un Observatorio que dependiera del Colegio Noviciado del Sagrado Corazón de la Compañía de Jesús con el objeto de que los jóvenes religiosos pudieran adquirir una amplia formación científica y enseñarla cuando ejercieran el profesorado.

También hemos de tener presente que el terremoto de 25 de diciembre de 1884 dejó en las provincias de Granada y Málaga secuelas difíciles de olvidar. Así cuando el P. Granero y sus colaboradores piensan en establecer el Observatorio en Granada, estudian una serie de terrenos del término municipal de Granada y deciden establecerlo dentro de la finca que tiene la Compañía en la Cartuja. Hay una serie de rumores, que no hemos podido contrastar, diciendo que se pensaba construir en 1899.

Está claro que las ideas que tuvo el P. Granero sobre el Observatorio se vieron reforzadas por las del R. Padre Provincial, Jaime Vigo, que vio en este proyecto una gran institución dedicada al servicio de la sociedad y de la ciencia. Y que como consecuencia de todos los elementos unidos hizo que el Observatorio fuese cada día más un proyecto que había que convertirlo en realidad.

¹ GARRIDO, Ricardo, S.J.: "Beneméritos del Observatorio de Cartuja", en *La Estación Sismológica y el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Cartuja (Granada) a cargo de PP. de la Compañía de Jesús. Memorias y trabajos de vulgarización científica*. Imprenta Gráfica Granadina, 1921, pp. 88-91.

Podemos decir que los albores de la investigación en el Observatorio, que aún no existía físicamente, fue el mandato del P. Provincial a los PP. Granero, Ramón Martínez y al Hermano Luis Hurtado para que se trasladaran a observar el eclipse de Sol que tendría lugar el 31 de mayo de 1900 y estudiaran el evento. Hay dos versiones del viaje, una que llegaron a Tobarra², la otra que recalaron en Totaña³, las dos coinciden en que estudiaron el eclipse⁴. El P. Due nos relata el equipamiento empleado, que eran varios aparatos del gabinete de Física: un anteojito Secretan de 160 mm. de abertura y 2,3 m. de distancia focal, cámaras fotográficas, etc.⁵

A la vuelta del viaje y una vez en Granada, prepararon una Conferencia Científica a la que "acudió un ilustrado y selecto público". Dicha conferencia tuvo lugar el 10 de junio del mismo año y en ella se utilizaron proyecciones y se presentó un material abundante.

Podemos decir que de esta conferencia nace la fundación del Observatorio pues el estudiante jesuita P.

² Municipio de la provincia de Albacete, situado a 631 m. de altitud en la Cuenca de Hellín.

³ Municipio de la provincia de Murcia, situado a 255 m. de altitud en el Campo de Lorca, junto al río Guadalentín y al pie de la Sierra de Espuña.

⁴ El P. Due nos dice que salieron del Colegio de la Compañía de Jesús en Granada el día 24 de Mayo de 1900, se dirigieron a Tobarra porque allí se podía observar e su totalidad el día 28. Aunque la distancia entre Granada y Tobarra en línea recta es de 230 km., tuvieron que recorrer 600 km., por lo intrincado de la línea ferroviaria al tener que rodear por Bobadilla, Córdoba y Alcázar de San Juan, tuvieron que viajar durante dos días llegando a su destino el 26. El P. Juan de la Cruz Granero era Rector del Colegio, el P. Ramón Martínez era profesor de Física y les acompañó su ayudante el Hermano Luis Hurtado. Según el P. Sánchez Navarro Neumann el eclipse tuvo lugar el 31 de mayo de 1900.

⁵ Esta información está recogida en DUE ROJO, Antonio, S.J.: "El cincuentenario del Observatorio de Cartuja", *Urania*, 234, año XXXVIII, 1953, pp. 67-80 y en "El Observatorio de Cartuja", *Cincuentenario de Cartuja*, 1944, pp. 78-80.

Antonio Osborne ofreció destinar a ese fin parte de la "legítima familiar"; la idea del joven religioso fue que se construyera un centro como el que había en Georgetown, dirigido por el P. J.G. Hagen, o como el de Stonyhurst, dirigido por W. S. Sidgreaves.

EL EDIFICIO.

Para hacer realidad el Observatorio había que financiar la obra. Ya hemos visto como el joven jesuita Antonio Osborne ofrece la "legítima" para tal fin, además su madre la Condesa viuda de Osborne también aporta los medios económicos necesarios para el comienzo de las obras. Por otra parte, el Arquitecto y Profesor D. Enrique Fort cede gratuitamente los planos de este esbelto y elegante pabellón de orden dórico; el primer plano tiene la fecha de 18 de abril de 1901 y está firmado por D. Enrique Fort. Todos los preparativos de la obra: acondicionamiento del terreno, acopio de materiales y contrata del personal necesario para llevar a efecto el proyecto, etc. se van llevando a término hasta el mes de junio, cuyo día 2 a las 6:30 P.M. se coloca la primera piedra.

La rapidez con que se realizan todas las obras es manifiesta. El Observatorio se inaugura el 19 de marzo de 1902 y se pone bajo la advocación del Patriarca San José, a quien se destinó la fundación de la familia Osborne. Además cuenta con las ayudas de algunas familias e instituciones granadinas: R.P. Antonio Osborne (Insigne Fundador), D^a Soledad Lobatón, viuda de Lobatón (Insigne), Familia del P. José Mier y Terán (Insigne), Excmo. Ayuntamiento de Granada (Insigne), Excmo. Diputación Provincial de Granada (Insigne), Excmo. Sr. D. Fermín Garrido, R.P. Provincial Antonio Revuelto, R.P. Superior de la Residencia de Málaga, R. Garrido, Sr. D. Antonio Knörr, Familia del H. José Ridruejo, D. Pedro Breuel (alemán), W.A.S. Davenhill [Vice-Consul inglés en Granada (Insigne)], Familia de D. José Irurita (Insigne), D. José Artega, D^a Mercedes García Verde, Familia Rojas Valero, D^a Josefa Gordo de Guerrero, D. Marcelo Blanca, R.P. Superior de la Residencia de Jérez, Antonio de Viu, R.P. Provincial Francisco Cuenca, Sr. D. José Manuel Morales Belmonte, Sr. D. Abelardo Fajardo Aguilar, Sr. D. Antonio Aranda Casanova, Familia del P. Maldonado, Sr. D. Antonio Schormarrandi, cura de S. Antolín (Murcia), Sra. D^a Rosa Emertina Lastra, Sr. D. Enrique Mendoza Calvo Flores, R.P. Juan Leal, S.J., D^a Carmen Godoy Fonseca, La Rvda. Madre Superiora de las HH. Trinitarias, Sr. D. José Criado Tejada, R.P. Francisco Maldonado, S.J., Sr. D. Fernando Nuñez Estremera, Señoras Rosa y María Beltrán (argentinas). Además firman en el libro de fundación: Paulino Cobo, Vicario General, Emelano Ylieno, Juan Manuel Palomo Peñalbo y Luis Can Cañan. En el Libro o Álbum de firmas encontramos el 19 de abril la firma del Nuncio Apostólico de Su Santidad, A. Reinaldini (Arzobispo de Heraclio)⁶.

El resto del edificio se acaba de construir en un período breve de tiempo y se le dota de todos los aparatos para "inaugurarlo" el 6 de junio del mismo.

En la fachada principal en el friso encontramos la siguiente leyenda: COELI ENARRANT GLORIAM DEI (*Los cielos cantan la gloria de Dios*). A lo largo del tiempo este primer edificio sufrió algunas modificaciones.

Está situado a corta distancia de Granada, al N-NE. Las coordenadas geográficas son 37° 11' 37" N y 3° 35' 44" W y a una altitud de 768 m⁷.

⁶ B. SORIA MARCO: *La Cartuja de Granada y el Observatorio Astronómico-Geofísico. Obra de arte y científica con 51 ilustraciones*. Madrid, 1942, pág. 107.

⁷ El P. Due nos dice en la Memoria de 1941 que la situación geográfica exacta es Latitud 37° 11' 24" N. Longitud 14' 23,5" W de Greenwich, Altitud 774,37 m.

La idea de la construcción del Observatorio como hemos mencionado anteriormente era la de fomentar los estudios astronómicos, sísmicos y meteorológicos, que por aquellos tiempos estaban poco favorecidos en España.

En agosto de 1903 la revista *El Mundo científico* se hace eco de la fundación del nuevo Observatorio⁸.

Desde 1906 empieza a sentirse la carencia de espacio dentro del Observatorio de tal manera que llevaron a plantear al Rector del Colegio Máximo, P. José María Valera, S.J., la construcción de un péndulo horizontal y su instalación en un lugar del Colegio. El mismo, y con el objeto de abaratar costes, se suprimen los armazones metálicos para la suspensión de los péndulos y se reemplazaron por los fuertes muros de una habitación de la planta baja, bastante apartada, introduciéndose el uso de relojes despertadores corrientes para que avanzaran las bandas.

El problema con los nuevos sismógrafos, construidos entre 1907-08, hicieron que tuvieran que llevarse a un local más adecuado que el edificio del Observatorio, se construyeron y montaron en uno de los patios interiores del Colegio Noviciado del Sagrado Corazón, situado a unos cientos de metros del Observatorio Astronómico en donde estuvieron desde 1902.

DOTACIÓN DE INSTRUMENTOS.

Al P. Granero se le encargó que realizara un viaje por Inglaterra, Francia e Italia para la adquisición de material dedicado a la Astronomía, la Meteorología y la Sismología. Entre los aparatos adquiridos sabemos que fueron un Mailhat, con objetivo de 330 mm.; además tenemos constancia de que el astrónomo francés M. Bigourdan se ofreció y ayudó a probar en su ecuatorial de la torre del Este del Observatorio de París dicho objetivo. En Italia estuvo aconsejado por el célebre sismólogo R.P. D. Guido Alfani, S.P., de Florencia, y de aquí se trajo a Granada cuatro potentes sismógrafos: dos péndulos Stiattesi, un microsismógrafo Vicentini, provisto del pantógrafo del malogrado Dr. G. Pacher, con muy notables modificaciones, y una componente vertical Vicentini, todos ellos construidos en los talleres del Observatorio de Quarto di Castello en Florencia, bajo la inmediata dirección del inventor de los primeros el R.P. D. Rafael Stiattesi.

Dichos instrumentos se ubicaron de la siguiente manera:

Para la **sección astronómica** se destinó la ecuatorial Mailhat con un buen micrómetro de posición⁹, diafragma iris, cámaras fotográficas ordinarias, ampliadora y dos bus-

⁸ *La ciudad de Granada cuenta desde principios de año, con un nuevo é importante centro científico: el observatorio astronómico, meteorológico y geodinámico, del que los PP. jesuitas que lo dirigen han dado fé de vida con la esmerada publicación del boletín mensual de las observaciones allí efectuadas durante los meses de Enero y Febrero de este año.*

No podía elegirse mejor campo de observación para fundar en él el nuevo establecimiento.

Si el cielo de Granada es espléndido como pocos, las tierra trepida allí con el eco de terribles sacudidas, y en el seno de su atmósfera se elabora la riqueza ó la miseria de una dilatada comarca, de uno de los oasis más preciados de los desiertos ibéricos" ... "lo más perfecto que la moderna mecánica fabrica, desde el hermoso anteojo ecuatorial cobijado en la cúpula que corona el edificio, hasta los aparatos meteorológicos, así registradores como de observación directa, que han sido traídos de los talleres de Richard y de Pellin, y los péndulos sismográficos adosados al pilar ecuatorial, entre el suelo y el piso en que se efectúan las observaciones astronómicas.

⁹ El P. Due Rojo nos dice que era una gran ecuatorial ($\varnothing = 330$ mm.; $F = 5,35$ m.), adquirido desde la fundación, se añadió poco después otro Grubb ($\varnothing = 152$ mm.; $F = 2,30$ m.), un espectrógrafo Littrow autocolimador con todos sus accesorios y un macromicrómetro Hilger. Con ello se lograron algunos trabajos sobre espectrografía solar.

cadores, el mayor de ellos de 109 mm. de abertura, objetivo fotográfico, regulador Foucault, dos espectroscopios Grubb, oculares, etc. La colocación del micrómetro era delicada, difícil de ajustar la posición y distancia focal, se le añadió al antejo un tubo lateral sobre los que se colocaban los oculares o se adaptaban los espectroscopios utilizando un espejo inclinado 45° que desviaban hacia el tubo los rayos luminosos recibidos del objetivo. Con este aparato se formarían los estudiantes de la Compañía de Jesús y se conseguirían resultados para la investigación científica que conseguirían que la sección astronómica pudiera intervenir en los trabajos de astronomía estelar, desdoblamiento de estrellas, espectros, etc.

La misma sección contaba para las observaciones meridianas con un círculo meridiano construido por M. Mailhat, tenía un objetivo de 58 mm. De abertura y 62 cm. de distancia focal, ocular micrométrico, prismas zenital y nadiral con lente correctora. Círculo dividido provisto de dos microscopios micrométricos que permitían apreciar el segundo de arco, una mira con objetivo de 50 metros de distancia focal y dos niveles muy sensibles.

En la **sección sísmica** se instalaron los primeros sismógrafos del Observatorio que fueron los dos péndulos horizontales Stiattesi, el gran Vicentini con pantógrafo, la componente vertical y un sismoscopio. Todos ellos quedaron instalados y suspendidos del sólido pilar¹⁰ que sirve para sostener la ecuatorial y rodeados por una gran vidriera cerrada para defenderlos de las corrientes de aire; este aislamiento hubo de hacerse debido a la gran movilidad de los péndulos que oscilaban y trazaban curvas de varios milímetros de amplitud; este mismo hecho obliga a fijar los cronógrafos en el muro, ya que antes lo estaban a los sostenes de las agujas registradoras, que, al marcar ligeras inflexiones en las curvas debido a que los electroimanes chocaban en las armaduras de hierro a las que iban unidas, producían alteraciones notables. Este material para la fecha en que se dota al Observatorio es de primer orden aunque empezó a funcionar con regularidad a partir del 1 de enero de 1903. Con los datos que se empiezan a obtener se iniciaron las publicaciones sismológicas de Cartuja bajo el epígrafe "Sección Sísmica", que se incluyeron en el Boletín Mensual Astronómico, Geodinámico y Meteorológico del Observatorio bajo la dirección del P. Ramón Martínez hasta finales de julio de 1906¹¹.

Conforme va pasando el tiempo el miscrosismógrafo Vicentini de 2 segundos de período y 155 veces de amplificación, además de los dos sismógrafos horizontales y un subultorio de 116 veces de amplificación van experimentando modificaciones.

El Vicentini pesaba 380 kg. Y la banda de papel que trazaba las curvas tenía una longitud de 3 metros, avanzando 15 milímetros por minuto. El subultorio pesaba 48 kilogramos y daba 69 oscilaciones por minuto. Los horizontales pesaban cada uno 340 kilogramos, el primero tenía un aumento de 21,30 y el segundo de 25,24, la banda de papel tenía 3 metros de longitud y daba una vuelta completa en 6 horas y 5 minutos.

La **sección meteorológica** contaba con registradores de vientos, temperaturas, presión atmosférica, lluvia, humedad e insolación, etc. En esta sección debemos destacar al benemérito Hermano Coadjutor Salvador Parra, que fue un trabajador incansable, humilde y complaciente; fue el ayudante del P. Ricardo Garrido durante varios años; desde 1906 se le encarga la Estadística foto-heliográfica, la obtención de las fotografías solares, etc., sin olvidar que gracias a

su trabajo el Observatorio cuenta con un importante archivo foto-heliográfico¹²

EL ESTUDIO Y LA INVESTIGACIÓN EN EL OBSERVATORIO DE CARTUJA.

Desde finales de 1902 se estuvo estudiando los aparatos de la sección sísmica para utilizarlos *con seguridad completa desde el principio del corriente*. Las dificultades fueron numerosas pero a partir del 3 de enero se empiezan a recoger noticias simológicas. Sin embargo, pese a que los aparatos están funcionando, su falta de aislamiento hacía que influyeran otros movimientos que se podían confundir con las ondas sísmicas. Ya hemos señalado anteriormente algunos de los aislamientos y modificaciones que se hicieron. Cuando estos problemas se arreglan y a pesar de la exquisita sensibilidad no se recogía apenas nada ni se movían los registradores ante los disparos de pólvora de los cañones de El Fargue ni siquiera con los barrenos que se disparaban cerca de los aparatos.

A partir del 3 de enero tenemos las primeras noticias sobre movimientos en el micro-seismógrafo Vicentini y en el Zöllner.

En el mes de febrero tenemos la descripción del Vicentini y otros aparatos con las innovaciones llevadas a cabo por el P. Martínez con el objeto de obtener datos más fiables. En el Boletín de este mismo mes tenemos en la portada una nota que suplica se realicen el intercambio de publicaciones. Así tenemos el registro del terremoto del 29 de abril en Armenia, distrito de Van, donde murieron más de 2.000 personas en la ciudad de Melazgerd y los pueblos de los alrededores.

Los Boletines de 1904 y 1905 cambian el formato de publicación.

De la etapa en la que el P. Martínez era el director encontramos una serie de cambios como, por ejemplo, la instalación de un péndulo detrás del pilar que sostenía los sismógrafos; el segundero del péndulo termina en una punta de platino que tocaba, cada minuto, una lámina de platino suspendida sobre la esfera del reloj; esta era la forma de que no existiera resistencia al movimiento de la aguja y permitiera el contacto y el paso de la corriente que movía los cronógrafos. También preparó un motor, que comunicaba mayor velocidad durante un corto período de tiempo al ocurrir un terremoto local al Vicentini, con el objeto de facilitar el estudio de las curvas registradas por este sismógrafo, debido a que los registros hechos por éste estaban demasiado enmarañados. Estas y otras modificaciones están publicadas en el Boletín del Observatorio de Cartuja.

En Agosto de 1906 se hace cargo de la Sección Sísmica el P. Manuel M^a Sánchez-Navarro Neumann. En el Boletín de este mismo año encontramos un informe del P. Sánchez-Navarro sobre el sismograma del terremoto de Valparaíso (Chile) que causó graves y grandes pérdidas y destrozos en Santiago de Chile y otras ciudades hasta Talca. El mes siguiente realiza otro análisis del terremoto de 30 de agosto en Bodo, región ártica de Noruega.

En julio de 1908 hay un cambio importante, no sólo en el formato del Boletín si no que también hay una separación de la Sección Sísmica del propio Observatorio, a esta se le da el nombre de Estación Sismológica de Cartuja (Granada) y se establece en un local aparte, distante unos 420 metros de aquí.

A partir de 1908 comienza a funcionar la Estación Sismológica propiamente dicha¹³.

¹⁰ El pilar ocupa el centro de la rotonda del Observatorio y sobre él está instalado un viejo telescopio al que le faltan las lentes y otras piezas, todo resguardado por la cúpula.

¹¹ El P. Martínez fue el encargado de la Sección Sísmica desde 1902 hasta 1906.

¹² Sabemos que el foto-heliógrafo fue donado por Sánchez-Navarro y José Mier y Terán. Que la ecuatorial Grubb fue comprada por doña María de la Soledad Lobatón, bienhechora del Observatorio.

¹³ ... que de hecho y de nombre se desarrolló en adelante con independencia y personal diferente y propio; los boletines sísmicos, en la forma sustancialmente a la que hoy tienen, se han publicado

El primer trabajo sobre Sismología trataba sobre el terremoto sentido en San Francisco de California el 18 de abril de 1906, debido a que los gráficos que se obtuvieron en los sismógrafos de Cartuja fueron muy buenos; todos ellos preparados y analizados por el P. Garrido y que fueron cedidos al P. Sánchez-Navarro. Entre estos gráficos tenemos el de componente E-W Stiattesi, estudiado en profundidad por el P. Sánchez-Navarro siguiendo los trabajos del prof. Fusakushi Omori, de A. Sieberg, de Milne, etc. Este estudio aparece en la Revista Razón en Fe a principios de julio de 1906.

El Observatorio de Cartuja siempre se ha caracterizado por tener la investigación cubierta y porque ella misma ha llevado a rehacer sismógrafos, a introducir mejoras y hacer componentes exclusivas. Traemos algunos ejemplos, a finales de 1906 se construyen varios nuevos instrumentos y entre ellos un péndulo horizontal, tipo Omori, con masa de 106 kgs., que se instala en Colegio Máximo como hemos señalado anteriormente. A principios de 1908 presenta en la Real Academia de Ciencias una Memoria, que se publica en Julio, con las modificaciones del Omori. Además, el 6 de junio había acabado de montar un péndulo bifilar de 305 kgs., que denominó Cartuja, utilizando partes el antiguo Vicentini y otros "materiales de desecho".

El éxito de aquél sismógrafo y el deseo de montar otros más potentes llevaron a adquirir uno en el extranjero¹⁴. La compra se hizo a una de las firmas más afamadas en la especialidad de sismología; sin embargo daba muy pocas gráficas, no ya buenas, ni siquiera pasables, por lo que se intentó construir un nuevo instrumento.

El fruto de estos trabajos fue la obtención de dos Cartuja bifilares, que fueron realidad en junio y julio de 1909, y que todavía estaban en perfecto funcionamiento en 1928, aunque había sufrido pequeñas modificaciones, especialmente en los terremotos fuertes. De la misma época de gran actividad constructora salió el llamado Cartuja vertical, de 280 kgs. de masa, constaba de un viejo caldero de desecho, relleno de hierro viejo y gravilla, y la porción multiplicadora-inscriptora la construyó, con verdadera maestría, el P. Pedro María Descotes, S.J.

También en 1909 se construyó un péndulo horizontal con masa de 2,5 kgs., para demostración, y, que llegó a producir gráficas aceptables, se le montó un cilindro con motor de relojería adaptado para mover la banda a gran velocidad.

En 1913 se construye otro tremómetro y varias piezas destinadas a un péndulo de unas 2 toneladas de masa.

El sismógrafo Berchmans es un péndulo invertido, tipo Weichert, muy modificado. Su masa la constituye un recipiente cúbico de palastro, relleno de desecho, piedras y gravilla, con peso de 3.000 kgs.; se apoyaba sobre unos muelles planos de acero, gracias a una montura cardánica de gran robustez. Inscribía los movimientos del suelo con ampliaciones variables entre 120 y 1200, en 1928 sabemos que eran 760 con períodos de 3 a 6 segundos, el amortiguamiento era de alrededor de 4, y su avance de 15 mm. por minuto, que acababa de elevarse a 25. Además de cronógrafo de rigor llevaba su estabilizador para equilibrar el péndulo, verdadera balanza loca, cuya caída se evita gracias a los muelles astasiadores, relacionados con las palancas multiplicadoras-inscriptoras. A pesar de su masa, ya un

ininterrumpidamente desde principios de 1908, en que comenzó a funcionar normalmente el primer sismógrafo de una serie de ellos que han dado a la Estación su carácter propio y la continuidad que avaloran sus registros. DUE ROJO, Antonio, S.J.: "El Observatorio de Cartuja", *Cincuentenario Cartuja*, 1944, pp. 78-80; y "En el Cincuentenario de la Estación Sismológica de Cartuja", *Revista de Geofísica*, 1958, pág. 1.

¹⁴ Era un Wiechert, de 200 kgs. de masa, construido en la casa Gotinga Spindler y Hoyer, un péndulo cronógrafo y un cilindro receptor de Estrasburgo de J. y A. Bosch.

tanto pesada, con su período de 5 segundos, apreciaba un gramo que se le añadiese. Por su considerable aumento, finura de su trazado y rapidez de registro, constituía el mejor sismógrafo del Observatorio para estudiar los terremotos cercanos, en su mayoría españoles o marroquíes.

También sale de los talleres del Observatorio el sismógrafo Javier, llamado así en honor del santo Apóstol de las Indias y Japón. Su origen es un péndulo horizontal, tipo Galitzin, con numerosas modificaciones para realzar todo lo posible su sensibilidad. Al principio se tenía la hipótesis de que unos imanes contruidos con acero de muelles de coches, y con un solo espejito traído del extranjero, parecía evidente que este sismógrafo, totalmente casero, jamás podría compararse con los renombrados salidos de los talleres de Masing o de Cambridge, con imanes de acerotungsteno Hartmann y Braun. Sin embargo, la realidad fue muy a favor del sismógrafo Javier.

De igual manera, se construyó en los mismos talleres de Cartuja un componente vertical, del tipo que sólo trabajaban una decena en el mundo de la Sismología. Este sismógrafo recibió el nombre de Belarmino, en honor del Cardenal Roberto Belarmino, S.J., beatificado durante el año en que se construyó, siendo bendecido por el M.R.P. General Wladimiro Ledókowski, S.J., durante su corta estancia en Granada, utilizando la fórmula concedida por la Santa Sede, que figura en el Ritual Romano, para el acto uso una estola que había servido a San Francisco de Borja, S.J. Los resultados del sismógrafo fueron tan notables de varios de los sismólogos más notables solicitaron al P. Sánchez-Navarro el envío de dibujos de sus piezas para imitarlo e instalarlo en sus estaciones sismológicas¹⁵.

Igualmente se construyeron en aquellos años varios instrumentos destinados al estudio de los movimientos cercanos y en especial un barógrafo de mercurio denominado Loyola, de unas 7 veces de aumento. También otro barógrafo de gran sensibilidad, Breboe, con registro sobre papel ennegrecido al humo de petróleo, y con receptores de avances de 16 – 50 – 600 mm./hora, y aumento de 8 veces, habiéndose sacado ampliaciones de 3 a 7,5 veces, de trozos de las gráficas más notables.

DISTINTAS ETAPAS DEL OBSERVATORIO

1.- Desde 1920 a 1932.

A finales de 1920 comienzan a dar frutos los proyectos por los que había nacido el Observatorio. El 13 de Octubre una R.O. declara de Utilidad Pública a la Estación Sismológica de Cartuja (Granada). A esto hay que unirle, en el aspecto económico directo, una subvención por parte del Instituto Geográfico, una limosna de 1.000 ptas. del R.P. Provincial. Además hay que añadir la laboriosidad y habilidad de uno de los HH. Coadjutores. Todo unido hace iniciar la "era de las construcciones" de aparatos, comenzando por el sismógrafo Berchmans.

Hemos dicho como la Estación Sismológica no tenía un local apropiado y se estaba luchando por conseguirlo. A pesar de todas las dificultades económicas nos dice el P. Sánchez-Navarro que se había logrado edificar uno que esperaba cumpliera su cometido; esta obra fue realizada por el maestro D. Anselmo González, aunque planificada por dos HH. estudiantes, que eran ingenieros. El edificio tenía forma de T, constaba de: un salón, en la fachada, en donde iban los sismógrafos de registro mecánico, cronógrafos y estación receptora de T.S.H. (Telegrafía Sin Hilos), fuera de este local se encontraban los destinados al ahumado y en-

¹⁵ El P. Due nos recuerda en el Cincuentenario del Observatorio de Cartuja cómo la construcción de sismógrafos de registro magnetofotográfico como el Belarmino fue si duda el mayor éxito de los conseguidos. Le siguieron los dos horizontales Canisio, contruidos por el H. Juan Francisco Martínez Dornacu.

negrecido de las bandas y su fijado, y el laboratorio fotográfico. Perpendicular al solar y excavado en la roca había otro destinado a los sismógrafos de registro magneto-fotográfico, con sus correspondientes accesorios (lámparas, galvanómetros y receptores). La fachada era de estilo árabe granadino para darle sabor local y parecido con el Colegio Máximo, del que distaba pocos metros. Había un mosaico de colores con la imagen de la Virgen de las Angustias, Patrona de Granada y de la Sismología, y una invocación en honor suyo por la bendición de los sismógrafos de la Estación de Cartuja.

El P. Sánchez-Navarro nos dice en sus resúmenes y memorias que en 1923 hubo 142 terremotos registrados, en 1924, 343, en 1925, 353 y en 1926, 419. Estaban funcionando los sismógrafos Berchmans, Javier y Belarmino, aunque este último sin terminar.

Los problemas de espacio son una constante. Se proyecta un nuevo edificio que se cree empezaría a construirse en 1927; parte iría excavado en la roca para dar más fiabilidad a los registros.

En 1927 hay cambios en el personal y los problemas de los sismógrafos se agrandaron debido al encendido de los hornos del Colegio Noviciado. Sin embargo, se atisba una solución pues el P. Provincial dio una limosna que junto con otros pequeños fondos dieron para empezar a construir el nuevo pabellón, cuyo proyecto lo habían hecho dos HH., uno ingeniero agrónomo, y, el otro, estudiante de Ingeniería de Caminos. Nos da las coordenadas del edificio y la altura, tiene forma de T con fachada al N. Para hacer el desmonte de la roca se utilizaron 70 barrenos. La sala tiene un volumen de 6 x 4,30 x 3,50 m., tejado a dos aguas, cielo raso y una capa aislante de corcho para evitar los cambios bruscos de temperatura, además contaba con un salón de 12 m² y otra sala para laboratorio fotográfico.

El Observatorio de Cartuja participa en la Exposición Iberoamericana de Sevilla de 1929, teniendo un gran éxito especialmente las secciones de Meteorología y Sismología. El H. Luis Hurtado nos dijo, años más tarde, que la presentación de los datos se hizo sobre un gran cuadro a colores. Entre las personalidades ilustres a quienes más interesó el Cuadro Climatológico de España estaba S.M. El Rey D. Alfonso XIII, que honró con su presencia la inauguración de la Exposición y el Pabellón de Granada, en el que se detuvo bastante tiempo y realizó preguntas y observaciones muy atinadas. En la Exposición se presentó el fruto del trabajo de 25 años, que se habían ido publicando en los Boletines del Observatorio de Cartuja¹⁶, ... *El Jurado otorgó al trabajo: primero, Medalla de Oro; luego, con nueva prueba de aprecio, sustituyó la Medalla por el "Gran Premio", la recompensa más elevada que otorgaba. El diploma se conserva en nuestro Observatorio de Cartuja ...*

2.- Desde 1932 a 1938. Expropiación del Observatorio.

En los primeros días de 1932, cuando acababa de instalarse la tercera componente magneto-fotográfica, y se esperaba recoger el fruto de los estudios y trabajos realizados en los años anteriores, se produjo la incautación del Observatorio por parte del Gobierno. Fue fruto de la extinción de la Compañía de Jesús en España, decretada por la II República¹⁷.

¹⁶ HURTADO, Luis, S.J.: *El clima de España*. Granada, 1941, pág. 4

¹⁷ El P. Sánchez-Navarro Neumann nos dice que el día 23 de enero de 1932 salió una ley que precisaba cumplir la ejecución de un artículo de la nueva Constitución aprobada, se fijaba en diez días la puesta en vigor de la expropiación y salida de los bienes de la Compañía de Jesús en España. El artículo en cuestión era el 26 y por él se proscriben a las órdenes religiosas que tenían voto especial de obediencia a la Santa Sede. Dicho artículo fue votado por 179 diputados contra 58, es decir por menos de un tercio del número total de 470 diputados de la Cámara. Cfr. SÁNCHEZ-NAVARRO NEUMAN, Manuel M^a, S.J.: "La station sismologique de la Compagnie de

El Gobierno encarga la dirección del Observatorio y de la Estación Sismológica al Instituto Geográfico y Catastral, enviándose como Director al ingeniero geógrafo don Félix Gómez Guillamón, que desempeñó su labor hasta el 11 de agosto de 1938.

Tanto el P. Sánchez-Navarro como el P. Due elogian la labor realizada por D. Félix durante esos años¹⁸.

3.- Desde 1938 a 1941.

Podemos consignar que la gran innovación de estos años fue la construcción de un pabellón donde cobijar todos los sismógrafos. Estas construcciones sirvieron de vivienda al Ingeniero Geógrafo Director. Como el Colegio Máximo fue adjudicado a la Universidad y a los Militares, todo los sismógrafos que había en el mismo hubieron de trasladarse al nuevo pabellón puesto que en el Observatorio no había sitio donde ubicarlos. El nuevo local se construyó con muros dobles y con una gruesa capa aislante sobre el cielo raso, este sistema atenúa los efectos del cambio de temperatura que llegan a ser de entre 20 y 25°C en el mismo día y a la sombra; a pesar de ello el ancho del local no era cómodo sobre todo cuando había que realizar los ajustes pertinentes en los sismógrafos, cosa bastante frecuente.

4.- La década de los 40.

Entre toda la documentación del momento priorizamos el Plan de Reformas del Observatorio. El primer punto es el estado económico (1941-46), en donde destaca:

A.- Ingresos anuales en firme:

Instituto Geográfico	7.250 pesetas
Diputación de Granada	3.000
Ayuntamiento de Granada	2.000
Confederación Guadalquivir	720
Artículos y conferencias	1.000
Total	13.970

B.- Ingresos anuales que hay que justificar, por estar concedidos para gastos de personal, material y publicación del Boletín:

C.S.I.C. 16.000 pesetas¹⁹

La justificación es como sigue:

Nómina de Salarios (Hurtado; Mart. Burgos)	7.200	10.800 ²⁰
Publicación del Boletín	4.800	8.200 ¹⁸
Papel fotográfico	3.000	3.500 ¹⁸
Otros gastos menores	1.000	1.500 ¹⁸
Total	16.000	24.000

Nota: en realidad los gastos son inferiores a este total, pues sólo se paga el sueldo del ayudante seglar, y el H. Martínez invierte sólo en cosas muy breves y poquísimas veces.

Total de ingresos	29.970 pesetas
Total general de Gastos reales	14.970 pesetas
Superávit medio anual	15.000 pesetas

(Esta cantidad se queda en la Procura de la Casa)

II. Estado económico a partir de 1946.

El Observatorio dependía hasta 1945 del Instituto Nacional de Geofísica del que recibía subvención. Ahora se trata de formar un nuevo Instituto compuesto por los Obser-

Jesus à Cartuja (Espagne)", *Extraire de la Revue de Questions Scientifiques*, 20 Septembre 1932, pág. 247.

¹⁸ El P. Due nos dice que *es justo consignar aquí, no solamente su benemérita labor científica, sino también el esmero en la conservación del material, y mejoras y ampliaciones de locales llevadas a cabo durante ese período.*

¹⁹ Debajo, en letra manuscrita, dice 27.000 pesetas.

²⁰ Escrito a mano junto a la cantidad anterior.

vatorios del Ebro, Cartuja, Santiago y Villafranca, bajo la dirección del P. Romaña, hasta tanto fuera un Instituto independiente.

III. Material.

A.- Edificio: Hacía poco tiempo que se habían realizado obras ante la urgencia de arreglar unos daños importantes; por tanto, se encuentran casi todos los pabellones regularmente defendidos de la intemperie y el estado general del edificio era bueno exceptuando la *terrazza* sobre la sala meridiana, donde estaba la escalera, por cuyo hueco entraba el agua, también estaban averiadas las compuertas del antejo meridiano. La *terrazza Oeste* sobre la sala de Meteorología necesitaba de arreglos para evitar las goteras.

Había cierta urgencia en pintar las *cúpulas*, *verjas*, y otras *partes metálicas* del exterior y departamentos interiores. También habían de realizarse algunas obras de albañilería. Hay una cierta preocupación en que en el momento de elegir los colores se haga de una manera lo más estética posible para que no sean discordantes con el tono del edificio.

Plantea el *traslado de la escalera* a la sección Sur para que salga a la salita cubierta junto a la cúpula con lo que resolvería varios problemas. En el plano se indica donde se colocará aunque requiere un pequeño cambio de tabiques, perforación del suelo de la terraza donde ha de salir y otra para sostener suelo y techo.

Bajo el punto de vista estético y para un aspecto científico sería necesario reunir en un solo local, apartado de lo estrictamente profesional, los cuadros, aparatos poco técnicos, etc., planchas de zinc, parral, pilares exteriores, ... que hay que ver sobre un plano para distribuir el espacio de cara a los nuevos trabajos científicos que se piensan acometer.

El *jardín* exige poco cuidado para mantenerlo pero no debe descuidarse.

V. Pabellón espectrográfico.

Al contarse con estos aparatos se pueden aprovechar para importantes trabajos científicos, según la opinión del P. Romaña. Sería necesario completar algunas aparatos y unas reformas en el edificio para su instalación, que marcamos en el plano, solamente habría que alargar unos 3 metros el pabellón Este, junto al fotoheliógrafo y modificar uno de los tabiques. Si esta modificación se concediese apunta el hecho de que habría de tener en cuenta el aspecto del personal.

VI. Orden de las reformas.

La propuesta que se hace es la de atenerse a las necesidades y que se llevarán en plazo de 5 años. El orden podría llevarse a cabo de la siguiente manera: en 1946 pintura general y traslado de la escalera lo que permitiría una disposición de departamentos; en la sala 1ª, donde está la radio grande, se pueden reunir los cuadros y aparatos de vulgarización aprovechando los lienzos de pared; la radio grande, tras su reforma, podría ir a la salita mirador junto a la radio Philips, ocupando el testero; la escalera sería un cuarto pequeño, junto al depósito de gráficas, y quedaría lugar para la instalación de baterías. En 1947 se completaría la reforma de la sala meridiana, servicio horario, los ecuatoriales y los Berchmans, y la cúpula nueva para la Grubb. En 1948 se completaría el pabellón espectrográfico y fotoheliógrafo, etc.

El 5 de diciembre de 1945 el P. Due recibe una comunicación del C.S.I.C. en la que se le dice que en su sesión de 24 de Noviembre, acordó que el Instituto Nacional de Geofísica se pudiera dedicar a los problemas de la economía patria y, por ello, los Institutos dependientes del Patronato Juan de la Cierva, entre ellos los de Cartuja, Ebro, Santiago y Villafranca de los Barros, pasen al Patronato

Alfonso X el Sabio, continuando con la labor que hasta entonces tenían.

5. El Observatorio en los años sesenta.

El 30 de Octubre de 1963 hay una circular sobre becas de la Comisaría de Protección Escolar para Licenciados y Doctores cuyo plazo acaba el 5 de Noviembre, según el Boletín Oficial, y, se le pide que envíe la propuesta de candidatos por orden de prelación en las convocatorias citadas. El 12 de Noviembre contesta el P. Due diciendo que el P. Romaña había solicitado un aumento de la subvención del Observatorio de Cartuja como consecuencia de los efectos sufridos por las abundantes lluvias y los daños ocasionados, que en total puede justificar 30.000 Pts en publicaciones y otros gastos como ha ido dando a conocer en los oficios remitidos. El 15 de Noviembre Albareda le escribe diciendo que está enterado por el P. Romaña de las pérdidas y los daños ocasionados en el Observatorio. Hay otro oficio de fecha 3 de diciembre en el que le recuerdan al P. Due que debe justificar los gastos para el cierre del ejercicio económico del año.

A finales de los años 60 el P. Due es sustituido en la Dirección del Observatorio por el P. Teodoro Vives Soteras (1965-1968), que a su vez es sustituido en 1969 por el P. Matías García Gómez.

6. El Observatorio en la década de los 70.

Tras la dirección del P. Matías García Gómez (1969-70), la Compañía de Jesús firma un convenio de cesión del edificio a la Universidad de Granada, creándose el Observatorio Universitario de Cartuja y, por tanto, el director es nombrado por ésta que suele ser un Vicerrector o el Decano de la Facultad de Ciencias que a su vez nombra un responsable del edificio y de sus distintas secciones.

A partir de esta fecha encontramos como directores a D. Fidel J. López Aparicio (1971-73), D. Rafael Infante Macías (1973), D. Juan A. Vera Torres (1974), D. Manuel Rodríguez Gallego (1978), D. Bernardo García Olmedo (1979). Como Secretario General entre 1971 y 1974 está D. José María Quintana González. Como Jefe de Astronomía está D. Gerardo Pardo Sánchez (1971-1979). En Meteorología está D. Rafael Infante Macías (1971-73), de 1974 a 1979 está D. Rafael Fernández Rubio y como ayudantes D. Manuel Merlo Vallejo (1973-79) y D. Leonardo Navarro Alonso (1973-77). En Sismología tenemos desde 1971 a 1979 a D. Luis Estaban Carrasco y como ayudantes a D. Carlos López Casado (1971-1978), desde 1978 y 1979 está D. Fernando de Miguel Martínez y D. Francisco Vidal Sánchez.

7. Los últimos veinte años.

A partir de 1979 y hasta 1994 está de director D. Francisco Vidal Sánchez, que, entre otras de sus actuaciones está la de llevar a cabo el cambio a Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos, firmando un convenio entre la Universidad de Granada y la Junta de Andalucía, que va a servir para finalizar el primer cinturón de alerta sísmica de Granada y empezar con el segundo; también se establecen una serie de estaciones situadas en puntos estratégicos del territorio andaluz.

Desde 1994 y hasta el 2000 es director D. Gerardo Alguacil de la Blanca y desde el año 2000 hasta la actualidad es director D. José Morales Soto.

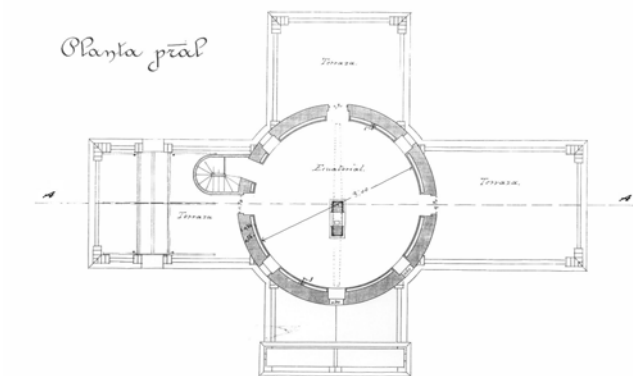
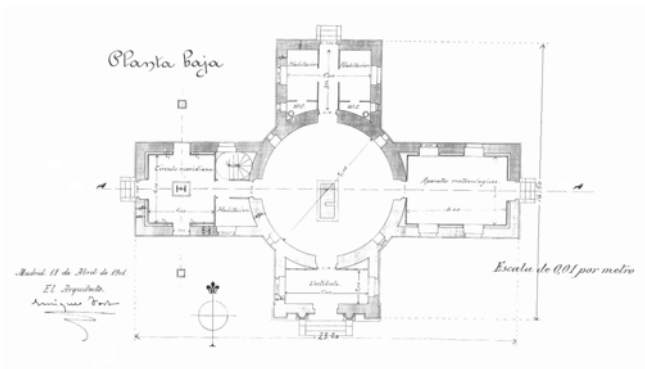
VISITAS, PREMIOS Y OTRAS VICISITUDES

A finales de 1920 empieza a conseguirse algunos de los fines previstos. Uno de los hechos más importantes es la R.O. de 13 de octubre por medio de la cual se declara de Utilidad Pública a la Estación Sismológica de Cartuja (Granada). Sin olvidar, tampoco, las subvenciones del Instituto Geográfico.

No olvidemos los ya reseñado sobre la participación del Observatorio de Cartuja en la Exposición Iberoamericana de Sevilla, de 1929. Así como la visita de S.M. el Rey D. Alfonso XIII.

Las visitas al Observatorio habían sido bastante numerosas, destacando las visitas de escolares y profesores, tanto nacionales como extranjeros. Las de personalidades como la del sismólogo D. Alfonso Rey Pastor, Ingeniero Geógrafo, cuya visita fue en Comisión Oficial. Sin olvidar las de representantes de varias entidades de relevancia.

Una de las vicisitudes que más impactaron e influyeron en el Observatorio fue la incautación del Observatorio por parte del Gobierno a través de un Decreto de la Presidencia de 23 de enero de 1932, ya que se había instalado la tercera componente magneto-fotográfica y se estaban realizando los estudios de los trabajos realizados en años anteriores, que tuvieron que suspenderse y algunos se perdieron. Otro hecho importante fue cuando el Observatorio se reintegra a la Compañía de Jesús por un Decreto de la Jefatura del Estado de 3 de mayo de 1938, III año triunfal.



Plano original del Observatorio de Cartuja

LOS PLANOS MÁS IMPORTANTES EN EL DESARROLLO DEL EDIFICIO DEL OBSERVATORIO DE CARTUJA (1901-2002)

MORCILLO PUGA, Juan de Dios ⁽¹⁾ y **ESPINAR MORENO, Manuel** ⁽²⁾.

⁽¹⁾Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos. Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física. Universidad de Granada.

⁽²⁾ Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos. Departamento de Historia Medieval y Ciencias y Técnicas Historiográficas. Universidad de Granada.

PRESENTACIÓN.

El Observatorio de Cartuja se debe a la feliz iniciativa del R. P. Juan de la Cruz Granero, S. J. Luchó para hacer realidad el proyecto por su amor a la Ciencia, en especial a la Astronomía. Convencido de que había que establecer en Granada un Observatorio que dependiera del Colegio Noviciado del Sagrado Corazón para que los jóvenes religiosos pudieran adquirir una amplia formación científica y enseñarla después cuando ejercieran el profesorado. Desde 1899 pensaba construirlo. Sus ideas se vieron reforzadas por el R. Padre Provincial Jaime Vigo, S. J., que vio en este proyecto una gran institución dedicada al servicio de la sociedad y de la ciencia.

Mandó al P. Granero, al P. Ramón Martínez y al Hermano Luis Hurtado a observar un eclipse de sol que tendría lugar en 1900. En la localidad albaceteña de Tobarra, o a Totana según otros, estudiaron el fenómeno. Prepararon una Conferencia a la que acudió un ilustrado y selecto público el 10 de junio, con proyecciones y abundante material. De esta nace el Observatorio. El estudiante jesuita P. Antonio Osborne ofreció destinar a aquel fin parte de la legítima familiar. La Providencia deparó que la Condesa viuda de Osborne y su hijo Antonio aportaran los medios para comenzar las obras.

A lo largo de los años el edificio proyectado y llevado a la práctica hubo que ampliarlo ante las nuevas necesidades de la investigación y los servicios públicos que le demandaban. La evolución de este edificio a lo largo de un siglo se puede ver en los planos que adjuntamos. Las obras según los planos que se conservan en el Archivo del I.A.G.P.D.S. (1901-2002) son:

1.- PLANO DE 18 DE ABRIL DE 1901 REALIZADO EN MADRID POR EL ARQUITECTO D. ENRIQUE FORT.

Plano original: **Medidas:** 46'5 x 41 cms. **Materia** sobre el que está realizado: papel de seda. **Conservación:** Buena, las tintas negras y rojas están casi borradas en algunas líneas.

No sabemos cómo se encargó el proyecto al arquitecto y profesor. Posiblemente fuera la familia Osborne o el Padre Juan de la Cruz Granero quienes contactaron con este profesional. Tras realizar el trabajo cedió gratuitamente los planos de este elegante y esbelto pabellón de orden dórico. Tiene figura de cruz latina con uno de los brazos más corto, el que corresponde a la entrada principal. Las medidas que alcanza en el plano original son de este a Oeste 23'20 metros y de Norte a Sur 16'50 metros.

La entrada principal del edificio está orientada al Norte, donde se encuentra el edificio del Colegio Máximo. La puerta está franqueada por dos columnas que sostienen el arquitrabe, friso y frontón. En el friso encontramos la inscripción latina: COELI ENARRANT GLORIAM DEI: "*Los Cielos cantan la gloria de Dios*". Se entra por tres escaleras y doble puerta a un pequeño vestíbulo de 5x2 metros, tiene dos ventanas situadas a ambos lados, con abertura de 1 metro. Los muros alcanzan 0'60 metros de grosor.

De aquí se pasa por una doble puerta de 1'10 metros a la Rotonda donde encontramos un grueso pilar para sostener el enorme telescopio que se encuentra en la cúpula. El diámetro del círculo tiene 8 metros. Cuenta la rotonda con cuatro ventanas de 0'40 metros y cuatro puertas de 1'10 la que da al Sur y las otras dos de 1 metro. Los muros de la Rotonda son de 0'60 metros de grosor. De la Rotonda se pasa a

otras dependencias que están ubicadas en las otras tres direcciones: Sur, Este y Oeste.

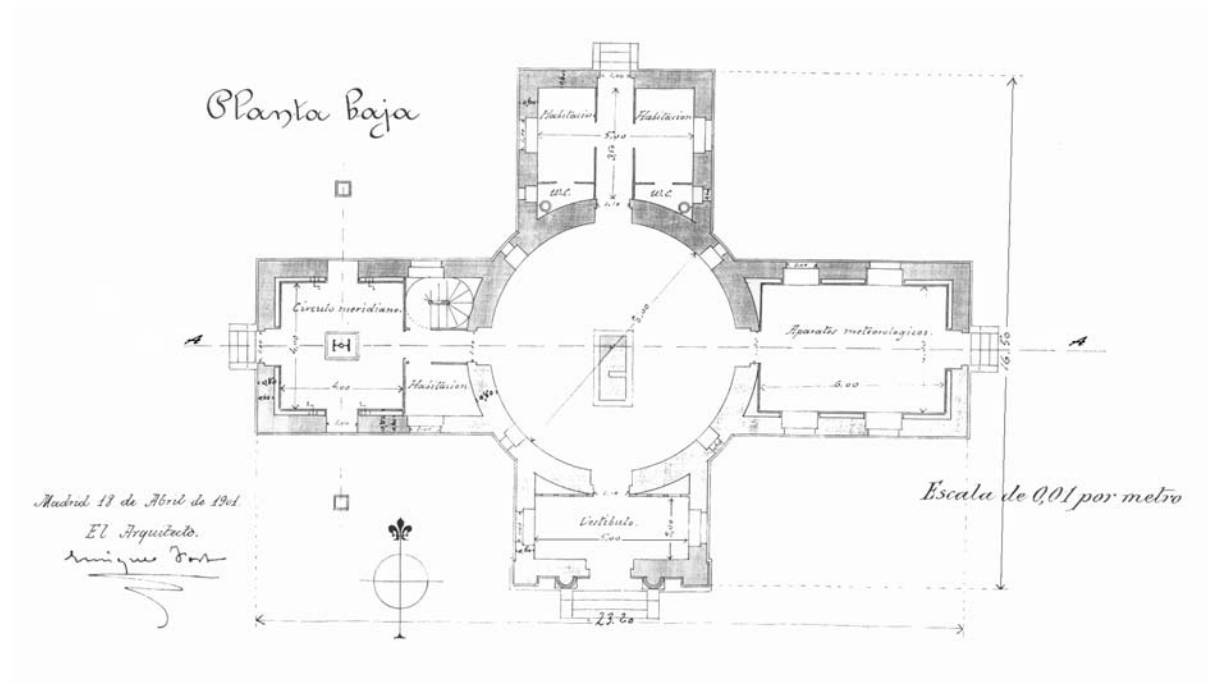
La sala Oeste se dedicó a albergar los aparatos destinados a Meteorología. Alcanza las dimensiones de 6x4 metros. Consta de dos ventanas a ambos lados de 1 metro de abertura y una puerta de 1 metro que comunicaba con el exterior a los jardines del centro. Esta salida fue utilizada posteriormente como Mirador.

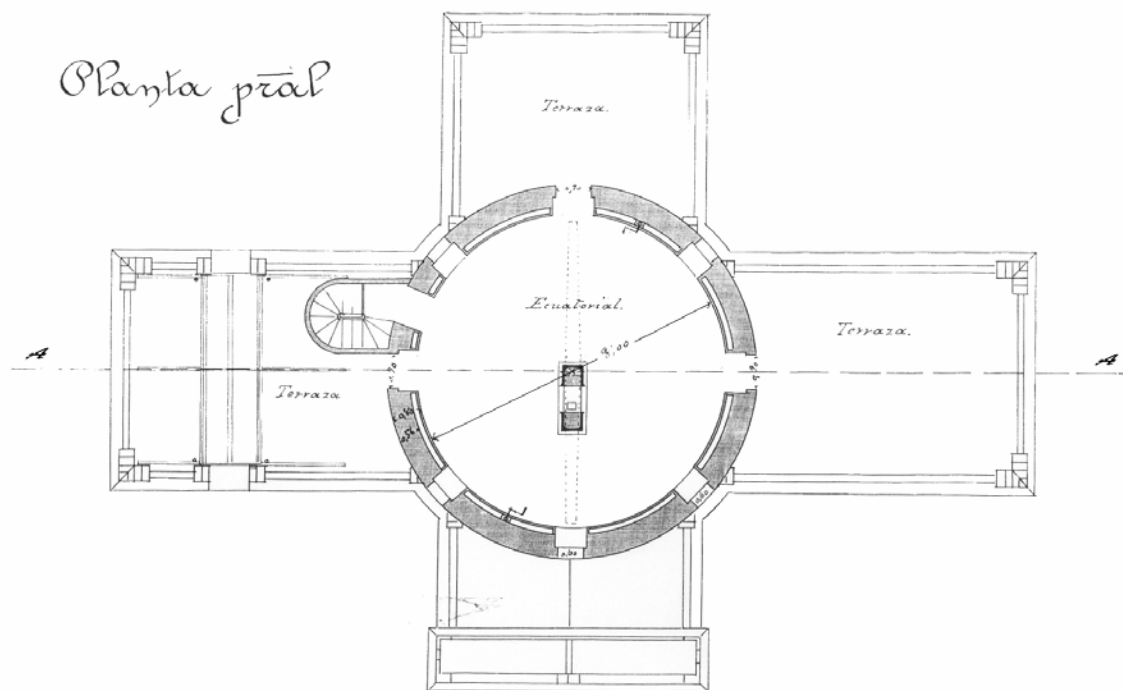
La sala de la parte Este tenía al entrar una escalera de caracol para comunicar con la parte superior del edificio, desemboca en la terraza y desde allí se podía penetrar en la cúpula, tiene una ventana de 1 metro. Además esta sala contaba con una pequeña habitación dedicada a trabajos fotográficos y una ventana de iguales proporciones que la anterior. Se completa esta parte del edificio con una Sala Meridiana. La escalera de caracol en el plano de E. Fort estaba al entrar a mano derecha y no se respetó como se puede apreciar en el plano de 1902. Contaba con dos ventanas de 1 metro. La sala meridiana alcanza 4x4 metros con una puerta de 1 metro comunicaba con el exterior además de un pequeño pilar en el centro. En conjunto la sala contaba con dos ventanas de 1 metro. Los muros alcanzan un grosor de 0'60 metros que en realidad al tener incorporados unos pequeños armarios alcanzan un grosor de 0'80 metros.

La sala Sur estaba dividida en varias habitaciones, tiene 5x3'5 metros, cuatro ventanas, dos de ellas de 1 metro y las otras dos de 0'40 metros, correspondientes estas últimas a dos servicios para el personal del centro, y una puerta al exterior de 1 metro. Los muros son de 0'60 metros de grosor.

La planta principal o alta solo tenía edificada la cúpula donde se guardaba el gran anteojo ecuatorial. Tiene cinco ventanas de 0'60 metros y cuatro puertas de 0'90 metros que la comunican con todos los puntos del horizonte para la observación astronómica y meteorológica. El resto eran terrazas que se podían utilizar también para observaciones.

No se pudieron comenzar las construcciones por tanto hasta 1901, desde el mes de abril se preparan los terrenos, se acopian materiales y se reúne el personal necesario para llevar a cabo el proyecto, la primera piedra se colocó el día 2 de junio de 1901 a las 6'30 P. M.





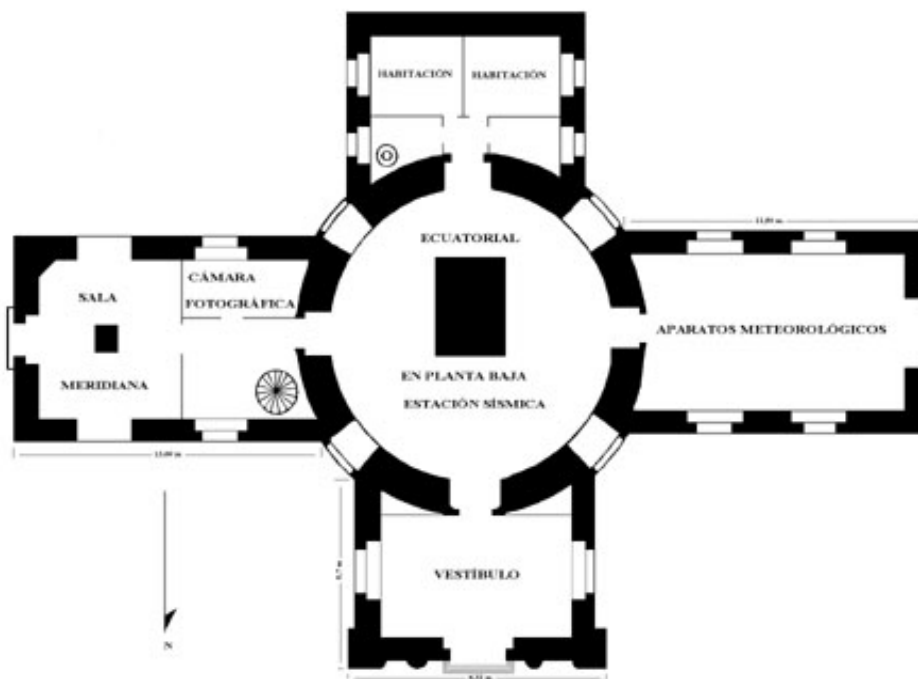
2.- PLANO DE 1902 PUBLICADO EN LA REVISTA "EL MUNDO CIENTÍFICO".

La rapidez de la construcción es manifiesta pues se inaugura el 19 de marzo de 1902 bajo la advocación del Patriarca San José a quien se destinó la fundación de la familia Osborne. La consagración oficial se realizó el 21 de abril. Contó además con ayudas de algunas familias granadinas e instituciones, entre ellas: el R. P. Antonio Osborne (Insigne Fundador), D^a Soledad Lobatón, viuda de Lobatón (Insigne), Familia del P. José Mier y Terán (Insigne), Excmo. Ayuntamiento de Granada (Insigne), Excmo. Diputación Provincial de Granada (Insigne), Excmo. Sr. D. Fermín Garrido, R. P. Provincial Antonio Revuelto, R. P. Superior de la Residencia de Málaga, R. Garrido, S. D. Antonio Knörr, Familia del H. José Ridruejo, D. Pedro Breuel (Alemán), W. A. S. Davenhill Vice-Consul Inglés en Granada (Insigne), Familia de D. José M^a Irurita (Insigne), D. José Arteaga, D^a Mercedes García Verde, Familia Rojas Valero, D^a Josefa Gordo de Guerrero, D. Marcelo Blanca, R. P. Superior de la Residencia de Jérez, Antonio de Viu, R. P. Provincial Francisco Cuenca, Sr. D. José Manuel Morales Belmonte, Sr. Don Abelardo Fajardo Aguilar, Sr. D. Antonio Aranda Casanova, Familia del P. Maldonado, S. D. Antonio Schormarrandi, cura de S. Antolín (Murcia), Sra. D^{ña} Rosa Emertina Lastra, Sr. D. Enrique Mendoza Calvo Flores, R. P. Juan Leal, S. J., Doña Carmen Godoy Fonseca, La Rvda. M. Superiora General de HHAs. Trinitarias, Sr. D. José Criado Tejada, R. P. Francisco Maldonado, S. J., Sr. D. Fernando: Fernando Núñez Estremera, Señoras Rosa y María Bertrán (Argentinas). Además firman en el libro de fundación: Paulino Cobo, Vicario General, Emelano Ylieno, Juan Manuel Palomo Peñalbo y Luis Can Cañan. En el Libro o Álbum de firmas encontramos el 19 de abril la firma del Nuncio Apostólico de Su Santidad, A. Reinaldini (Arzobispo de Heraclio).

Según este plano la construcción se hizo modificando ligeramente el original. La fachada se respeta y alcanza 6'32 metros y de profundidad alcanza 5'7 metros. En la rotonda el pilar se hizo más grueso para soportar el peso del antejo ecuatorial y aprovechar para colocar los aparatos destinados a Sismología. Las salas Oeste y Sur quedan como estaban y esta se iguala a la sala de entrada. La sala Este

tiene algunas pequeñas modificaciones pues la escalera de caracol se coloca a la izquierda. Esta sala mide 13'60 metros de larga donde se colocó la Sala Meridiana y una Cámara fotográfica, mientras que la situada enfrente o de Meteorología alcanza 11'50 metros de largo.

Fue inaugurado con todos los aparatos el 6 de junio de 1902. Situado a corta distancia de la ciudad y al N.-NE. de Granada. Las coordenadas geográficas son: 37° 11' 37'' N. y 3° 35' 44'' W. Gr y una altitud de 768 mt.



PLANO DEL OBSERVATORIO DE GRANADA
1902

CARTOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN:
Juan de Dios MÓRCILLO PUGA
Manuel ESPINAR MORENO

Diciembre 2001

3.- PLANO DE 1905.

Durante el período de tiempo que transcurre desde 1902 a 1905 se vieron una serie de necesidades que había que solventar. Tras buscar algún dinero se hicieron nuevas obras en el edificio. Las dos más importantes fueron:

A.- Pequeño pabellón con cúpula en el jardín aprovechando la salida de la Sala Meridiana. Las obras fueron sufragadas en parte por el futuro sismólogo P. Manuel María Sánchez-Navarro Neuman. Tras la construcción de esta pequeña habitación se instaló el nuevo foto-heliógrafo. Este interesante aparato fue donado por el P. Manuel María Sánchez-Navarro Neuman y D. José Mier y Terán.

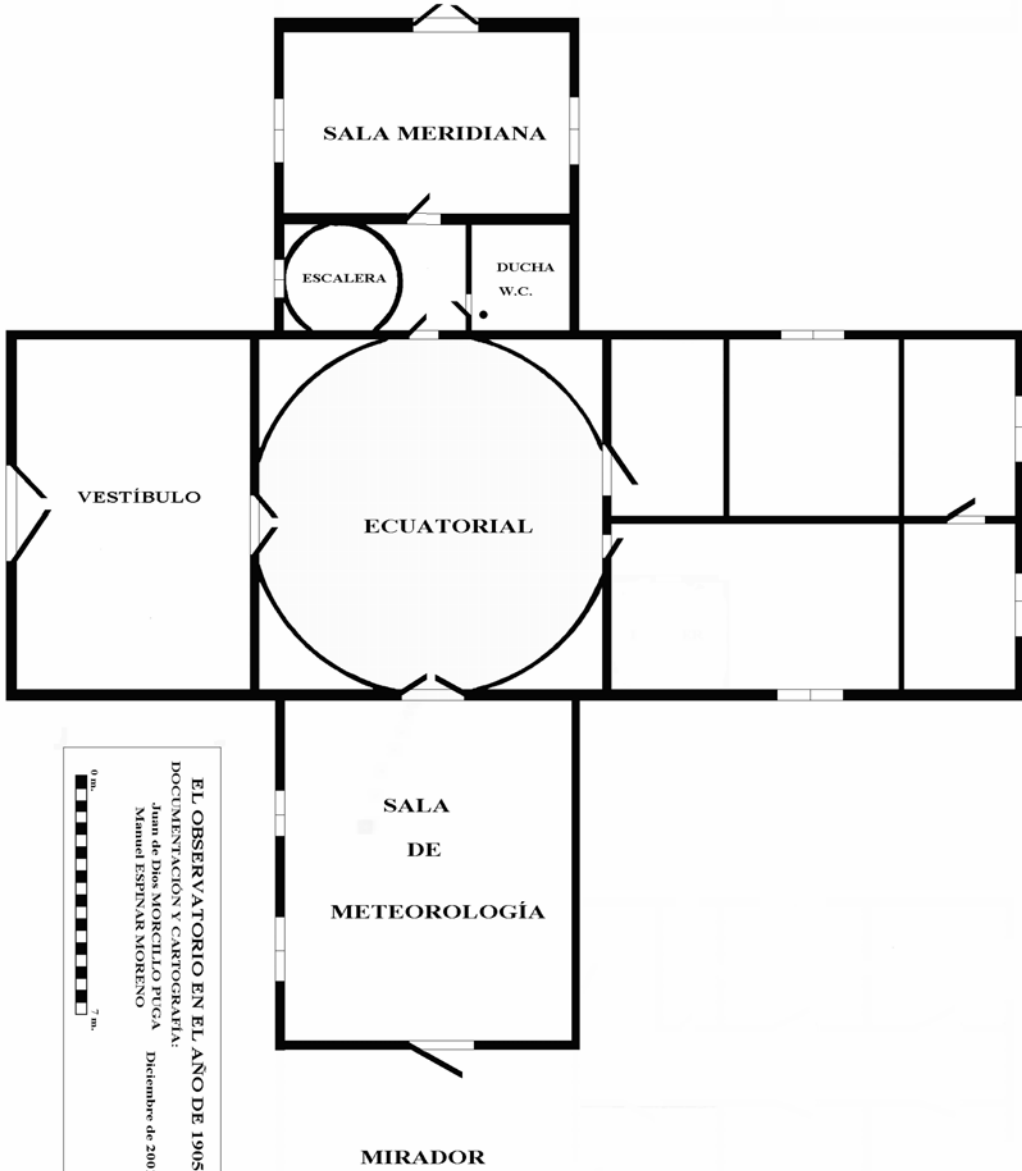
B.- En la parte superior sobre la sala sur saliendo de la cúpula principal se construyó una habitación donde se instala la ecuatorial Grubb. Esta fue comparada por doña María de la Soledad Lobatón, bienhechora del Observatorio. Las obras las dirigió el P. Ramón Martínez y fueron realizadas por los Hermanos de la Compañía de Jesús en Granada con la ayuda de algunos obreros. Tiene tejado a dos aguas y dejó una pequeña terraza abierta al lado Sur del edificio. Existen algunas fotos sobre estas obras de la terraza de la parte sur del edificio.

C.- Se reforzó el pilar que sostenía la ecuatorial Mailhat. El P. Ramón Martínez ideó una serie de cambios como la instalación de un péndulo detrás del pilar que sostiene los sismógrafos, el segundero del péndulo termina en una punta de platino que toca cada minuto una lámina también de platino suspendida sobre la esfera del reloj.

Sabemos que hubo otros cambios entre 1906 y 1908. También quedó separada del Observatorio la Sección Sísmica que se traslada a unas dependencias del Colegio Máximo. Se le denominó a aquella habitación Estación Sismológica de Cartuja (Granada), independiente del Observatorio y situada en un local distante unos 420 metros. Así pues a partir de 1908 comienza a funcionar la Estación Sismológica propiamente dicha.

Varias razones y entre ellas la carencia de espacio dentro del Observatorio llevaron a plantear al Rector del Colegio Máximo, P. José María Valera, S. J. la construcción de un péndulo horizontal y su instalación en un lugar del Colegio. Para abaratar costes se suprimieron las armazones metálicas para la suspensión de los péndulos y se reemplazaron por los fuertes muros de una habitación baja, bastante apartada, y se introdujeron el uso de despertadores corrientes para hacer avanzar las bandas receptoras. Local más apropiado, construido expresamente en uno de los patios interiores del Colegio Noviciado del Sagrado Corazón, situado a unos centenares de metros del Observatorio Astronómico donde habían estado desde 1902.

Aquí comenzaron a construirse a partir de 1908 una serie de sismógrafos que dieron gran fama a la Estación y a su inventor o adaptador el P. Manuel María Sánchez-Navarro Neuman, que dirigió la parte Sísmica desde 1906 a 1941: Javier, Canisio, bifilares Cartuja, etc.



EL OBSERVATORIO EN EL AÑO DE 1905
DOCUMENTACIÓN Y CARTOGRAFÍA:
Juan de Dios MORTILLO PUGA Diciembre de 2001
Manuel ESPINAR MORENO

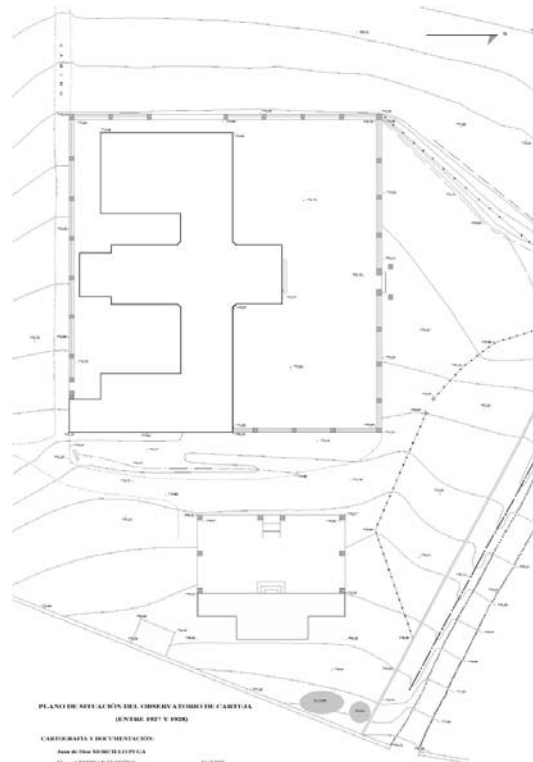
A scale bar with alternating black and white segments, labeled '0 m.' at the left end and '7 m.' at the right end.

4.- PLANO DE 1927.

La estación sismológica no tenía un local apropiado y se venía luchando por conseguirlo. En 1927 llegaron cambios en el personal y la solución a los problemas de los sismógrafos se agrandaron por el encendido de los hornos del Colegio Noviciado. Desde 1908 habían estado instalados en una habitación de uno de los patios del Colegio. El P. Provincial dio una limosna y con otros pequeños fondos se empezó a construir el nuevo pabellón. A pesar de las dificultades económicas nos dice el P. Sánchez-Navarro que se había logrado edificar uno que esperaba que cumpliera su cometido.

Esta obra realizada por el maestro D. Anselmo González había sido planeada por dos HH. estudiantes, uno ingeniero agrónomo y el otro estudiante de Ingeniería de Caminos. Nos da las coordenadas del nuevo edificio y una altura de 772 metros sobre el nivel del mar, con fachada al norte.

Se emplearon para desmontar la roca 70 barrenos. La sala tiene una superficie de 6 x 4'30 x 3'50, tejado a dos aguas, cielo raso y capa de corcho aislante para evitar los cambios bruscos de temperatura. El edificio tenía forma de T, constaba de un salón de 12 metros cuadrados al que se entraba desde la fachada, donde iban los sismógrafos de registro mecánico, cronógrafos y estación receptora de T. S. H., fuera de los locales destinados al ahumado y ennegrecido de las bandas y su fijado, y el laboratorio fotográfico. Perpendicular al solar y excavado en la roca había otro destinado a los sismógrafos de registro magneto-fotográfico, con sus correspondientes accesorios como lámparas, galvanómetros y receptores. La fachada es de un estilo árabe granadino para darle sabor local y parecido con el Colegio Máximo, del que dista pocos metros. Llevaba una imagen de la Virgen de las Angustias, en azulejos de colores, por ser Patrona de Granada y de la Sismología, y una invocación en honor suyo por la bendición de los sismógrafos de la estación de Cartuja.



5.- PLANO DE 1932-1941.

A principios de 1932, cuando se había acabado de instalar la tercera componente magneto-fotográfica, y se esperaba recoger un fruto abundante de los estudios y trabajos realizados durante muchos años, se produjo la incautación del Observatorio por parte del Gobierno. Ello es fruto de la extinción de la Compañía de Jesús en España, decretada por la República.

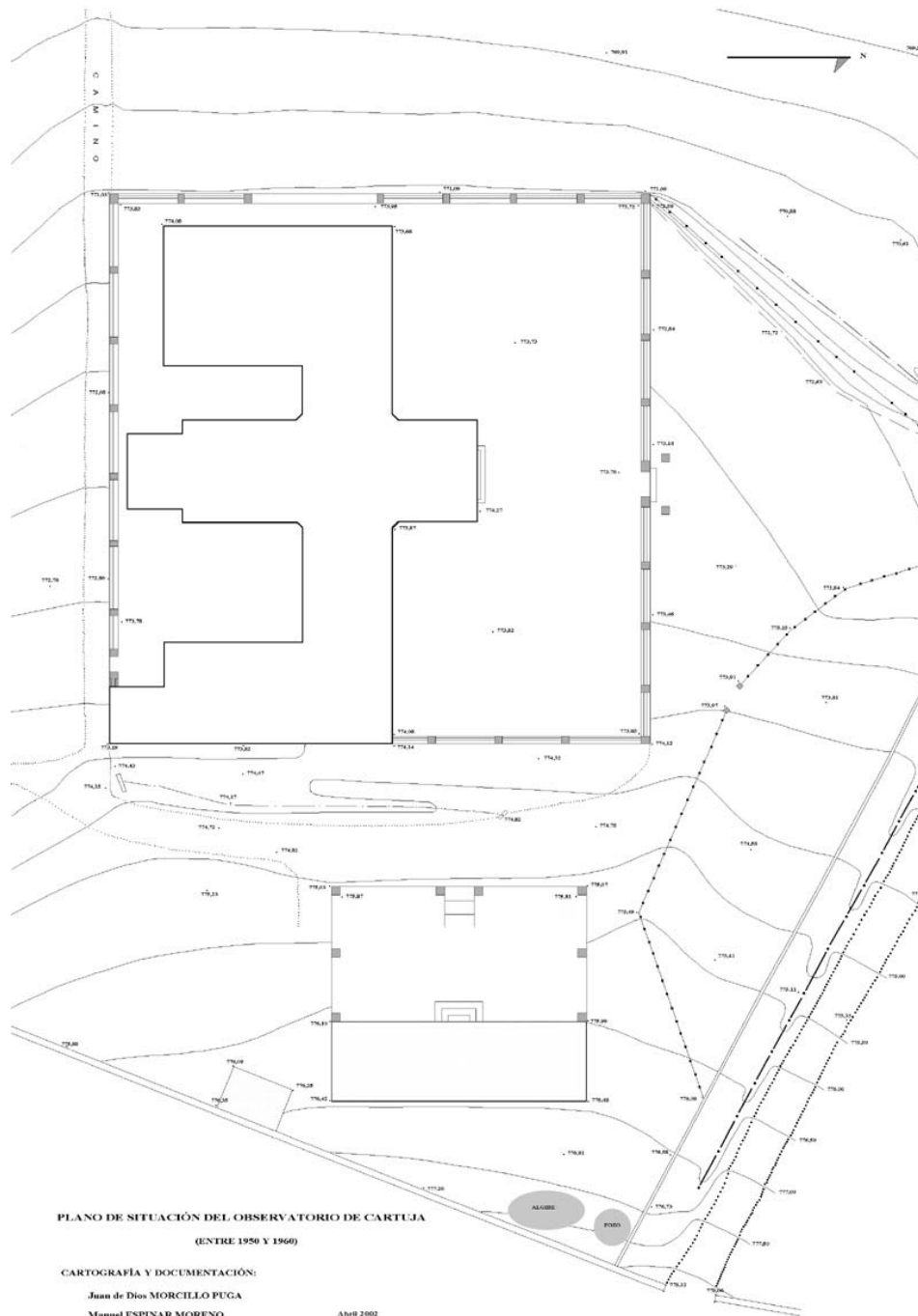
Nos dice el P. Sánchez Navarro Neuman que el 23 de enero de 1932 salió una ley que precisaba cumplir la ejecución de un artículo de la nueva Constitución aprobada, se fijaba en diez días la puesta en vigor de la expropiación y salida de los bienes de la Compañía de Jesús de España. El artículo en cuestión era el 26 y por el se proscribía a las ordenes religiosas que tenían voto especial de obediencia a la Santa Sede. El artículo fue votado por 179 diputados contra 58, es decir por menos de un tercio del número total de 470 diputados de la Cámara.

El Gobierno poco después encargó la dirección del Observatorio y de la estación Sismológica al Instituto Geográfico y Catastral. Desde allí se envió como Director al ingeniero geógrafo Don Félix Gómez Guillamón que continuó la labor hasta el 11 de Agosto de 1938.

Tanto el P. Sánchez-Navarro como el P. Due elogian la labor realizada por D. Félix Gómez Guillamón durante aquellos años, en palabras del P. Due *"Es justo consignar aquí, no solamente su benemérita labor científica, sino también el esmero en la conservación del material, y mejoras y ampliaciones de locales llevadas a cabo durante ese período"*.

Una gran innovación de aquellos años fue la construcción de un pabellón donde cobijar todos los sismógrafos. Estas construcciones sirvieron al Ingeniero Geógrafo Director. Ello llevó a trasladarlos desde el antes Colegio Máximo, que había sido adjudicado a la Universidad de Granada y a los militares, y no había sitio en el Observatorio por lo que se metieron en el nuevo pabellón pues su edificación se hizo pensando en aquella necesidad. El traslado se hizo durante unos 400 metros y se unieron a algunos poco sensibles que estaban en el Observatorio. En el nuevo local, gracias a su acertada construcción con muros dobles y gruesa capa aisladora sobre el cielo raso, se consiguió atenuar los perniciosos efectos de los cambios de temperatura del clima granadino, que pasan aún a la sombra de los 20° centígrados y algunas veces de los 25 en un mismo día. Sin embargo era estrecho porque hacia muy incómodo realizar ajustes en los sismógrafos, cosa que ocurría con harta frecuencia. Algunas de estas obras fueron realizadas por los militares bajo la supervisión del Director del Observatorio que estaba bajo el Instituto de Geofísica Nacional.

Además a la Sala Oeste del Observatorio se le añadieron nuevas construcciones para casa del ingeniero D. Félix Gómez Guillamón. Se le dotó de un tejado lo que evitó daños en la nueva construcción. Actualmente aquellas dependencias se utilizan como Biblioteca y despachos de los investigadores del I.A.G.P.D.S., además de la sección de Prevención.



**PLANO DE SITUACIÓN DEL OBSERVATORIO DE CARTUJA
(ENTRE 1950 Y 1960)**

CARTOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN:

Juan de Dios MORCILLO PUGA

Mmanuel ESPINAR MORENO

Abril 2002

6.- PLANO DE DE 1941-1946.

El edificio entra en la etapa cuyo Director fue el P. Antonio Due Rojo (1941-1965). Las reformas más importantes fueron las siguientes.

A.- **Edificio.** Nos dice el P, Due que por haberse realizado recientemente obras ante la urgencia de remediar daños inminentes, se encuentran casi todos los pabellones regularmente defendidos de la intemperie y el estado general del edificio es bueno exceptuando:

1.- La *terrazza* sobre la sala meridiana donde está la escalera por cuyo hueco entra el agua y también están averiadas las compuertas del anteojo meridiano. La terraza Oeste sobre la sala de Meteorología necesita arreglos para evitar las goteras.

2.- Es urgente pintar la *cúpulas, verjas y otras partes metálicas* del exterior y departamentos interiores. Tienen que realizarse obras de albañilería. Hay que elegir los colores para que no sean discordantes con el tono del edificio.

3.- *Traslado de la escalera* a la sección Sur para que salga a la salita cubierta junto a la cúpula con lo que resolverá varios problemas. En el plano se indica donde se colocará aunque requiere un pequeño cambio de tabiques, perforación del suelo de la terraza donde ha de salir y obra para sostener el suelo y techo.

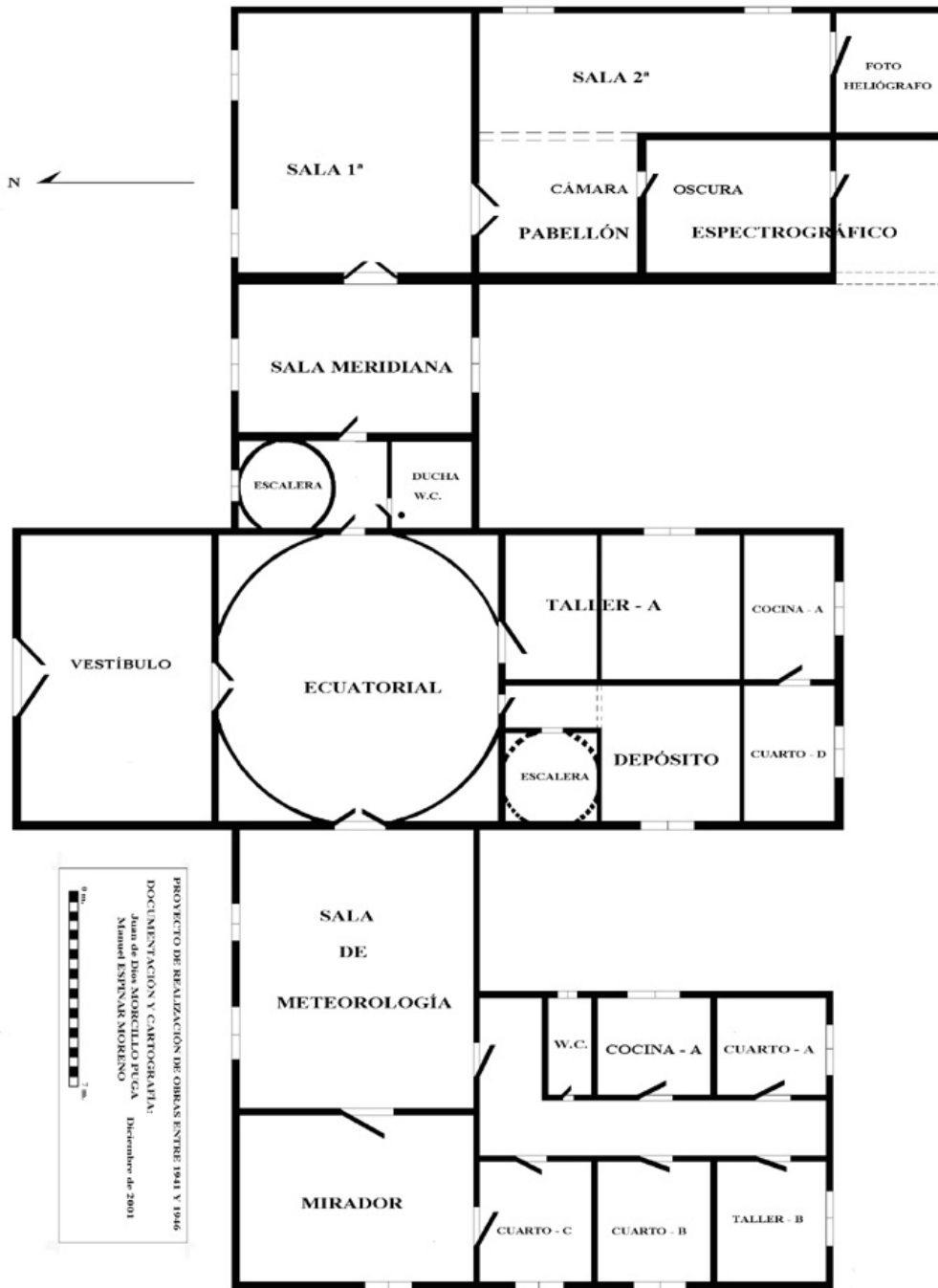
4.- Bajo el punto de vista estético y para un aspecto científico es necesario reunir en un solo local apartado de lo estrictamente profesional los cuadros, aparatos poco técnicos, etc., planchas de zinc, parral, pilares exteriores,.. que hay que ver sobre un plano para distribuir el espacio de cara a los nuevos trabajos científicos que se piensan acometer.

5.- El *jardín* exige poco cuidado para mantenerlo pero no debe descuidarse.

EL Pabellón Espectrográfico. estos aparatos se pueden utilizar para importantes trabajos científicos. Se necesita completar algunos y unas reformas en el edificio para su instalación que marcamos en el plano pues había que alargar 3 metros el pabellón Este junto al fotoheliógrafo y modificar uno de los tabiques. Si se concede debe de tenerse en cuenta el elemento de personal.

Orden de las reformas. Las obras del edificio se atenderán a las necesidades y se llevarán a cabo en unos 5 años. El orden puede ser de la siguiente manera. En 1946 pintura general y traslado de escalera con lo que permite una nueva disposición de departamentos. Sala 1ª donde está la radio grande se pueden reunir los cuadros y aparatos de vulgarización aprovechando los lienzos de pared. La radio grande tras su reforma puede ir a la salita mirador junto a la radio Philips ocupando el testero. La escalera sería un cuarto pequeño junto al depósito de gráficas y quedaría lugar para instalación de baterías. En 1947 completar la reforma de la sala meridiana, servicio horario, ecuatoriales y Berchmans, cúpula nueva para la Grubb. En 1948 pabellón espectrográfico y fotoheliógrafo, etc.

El 5-XII-1945 se escribe al P. Due comunicándole que el C. S. I. C., en su sesión del Consejo Ejecutivo de 24-XI-1945, acordó que el Instituto Nacional de Geofísica se pudiera dedicar a los problemas de la economía patria y, por ello, los Institutos dependientes del patronato Juan de la Cierva, entre ellos el de Cartuja, Ebro, Santiago y Villafranca de los Barros, pasen al Patronato Alfonso X, continuando con la labor que hasta entonces tenían.



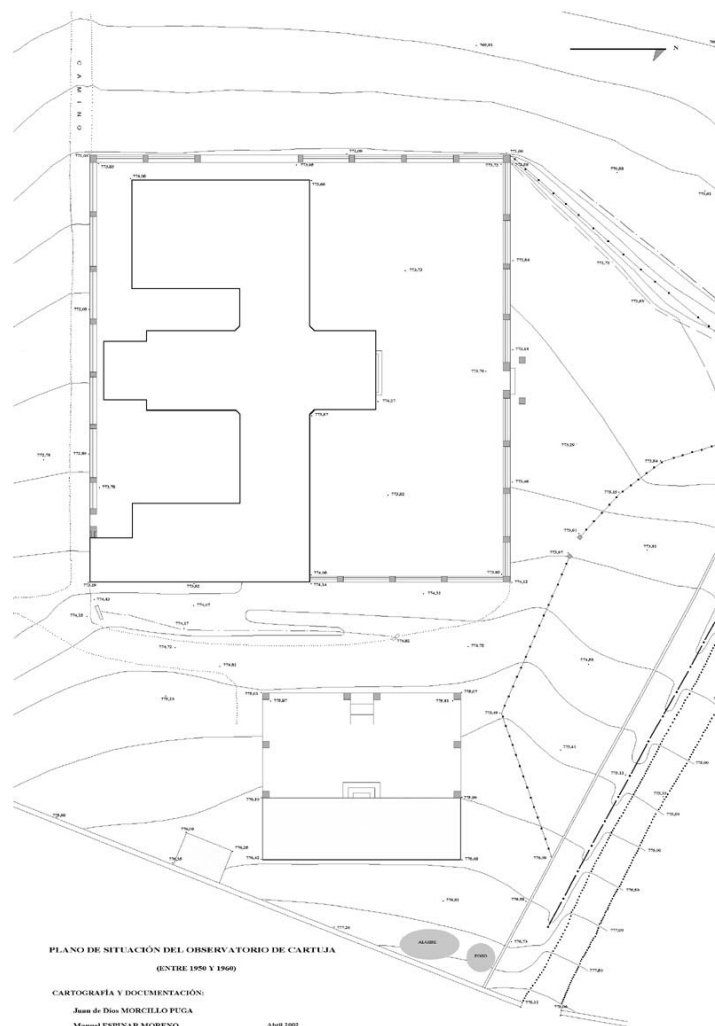
7.- PLANO ENTRE 1950-1960.

En esta década los estudios conocieron una etapa importante gracias a los contactos con el resto de los Observatorios del mundo especializados en Sismología. Para ver los cambios consúltense los planos de 1941-1946 y 1970.

A finales de los años sesenta fue sustituido en la Dirección el P. A. Due Rojo, los estudios sismológicos comienzan a decaer por los modernos sismógrafos utilizados en otros observatorios. En esta etapa el P. Due por enfermedad deja la Dirección y se nombra desde 1965 al 1968 el P. Teodoro Vives Soteras. A partir de 1969 es sustituido por el P. Matías García Gómez.

En el plano de esta etapa encontramos a la entrada una sala para recibir a los visitantes. La Rotonda sin modificaciones. La parte situada a la derecha de la Rotonda se dedica a Laboratorio, Oficina, Archivo y Biblioteca. De esta última sale una puerta a los jardines. La sala Sur esta ocupada por una sala y una oficina. La parte de la izquierda cuenta con un servicio, un grupo eléctrico, una sala de aparatos y el resto se destina a almacenes y archivos.

La parte alta tiene varias terrazas y dos cúpulas. La más grande tiene cuatro puertas que comunican con las terrazas. La cúpula pequeña corresponde a la sala del heliógrafo de 1905. Se utiliza a veces como almacén.

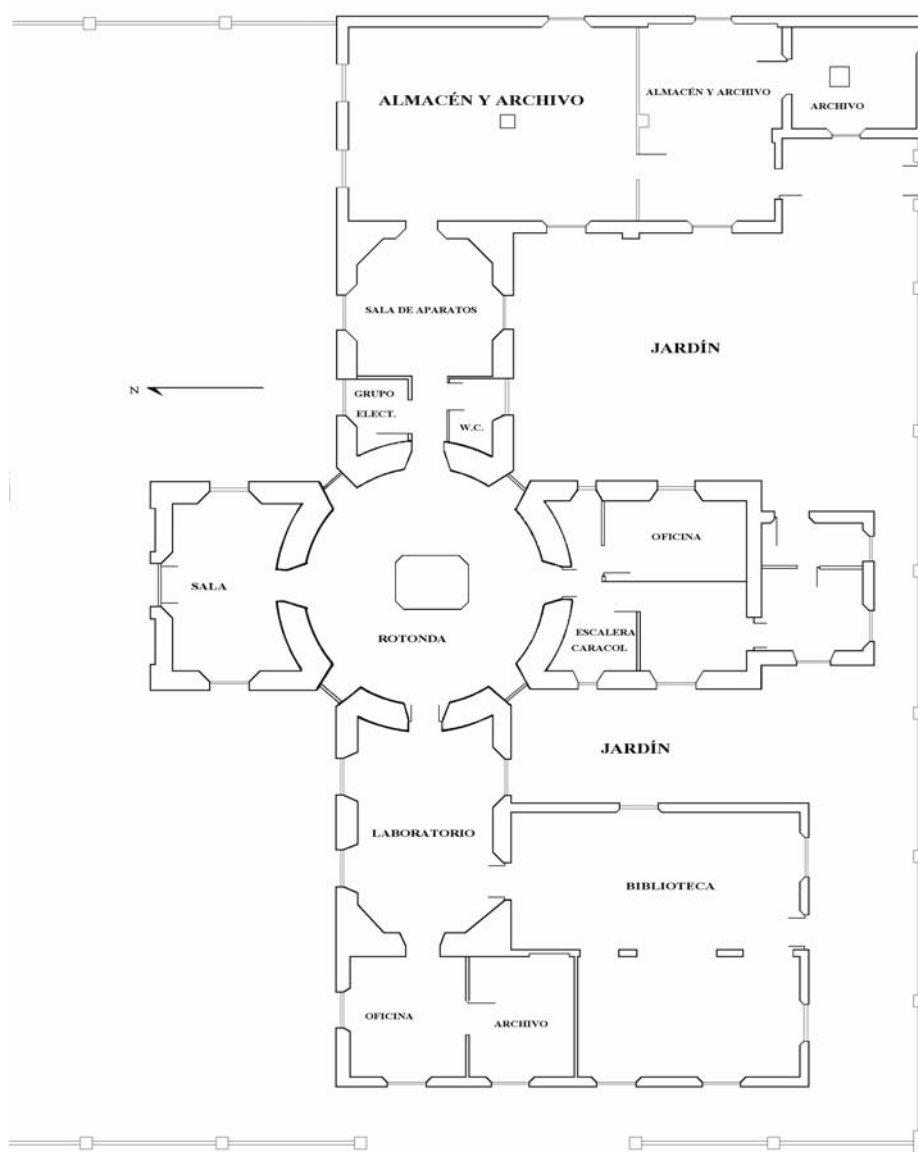


8.-PLANO DE HACIA 1970.

Tras la Dirección del P. Matías García Gómez (1969-1970) el edificio pasa a la Universidad de Granada. El Director es nombrado por esta.

Las habitaciones y salas situadas en la parte derecha se dedican a despachos de los investigadores y a Biblioteca. Las de la izquierda a taller, almacén, despachos, cocina y aseos. Es la parte dedicada a la vivienda de los investigadores. El Foto-heliógrafo se convierte en almacén y tiene su correspondiente puerta que comunica con el jardín. La sala situada tras la Rotonda en el lado sur es utilizada como Museo y cuenta con un pequeño despacho.

En la parte alta encontramos en la cúpula grande el telescopio, laboratorio, oficina y pequeña biblioteca. El resto de las terrazas albergan algunos aparatos de climatología.



PLANO DEL OBSERVATORIO UNIVERSITARIO DE CARTUJA

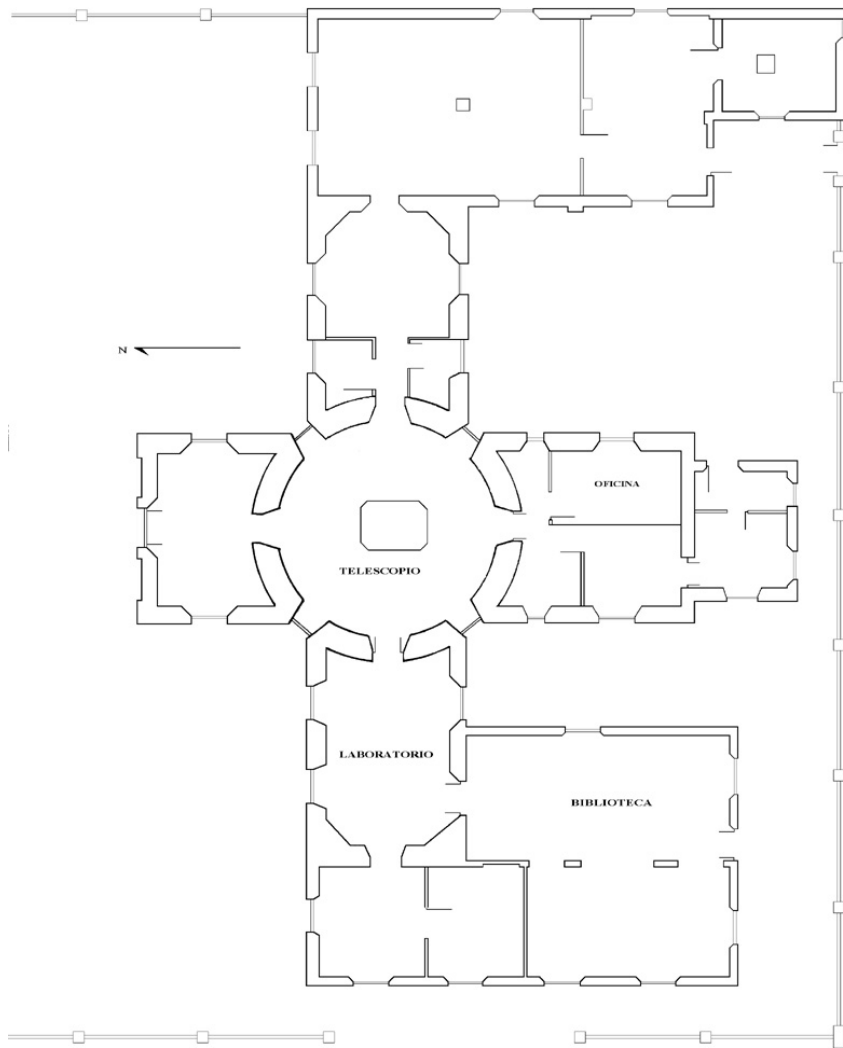
(HACIA 1970)

CARTOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN:

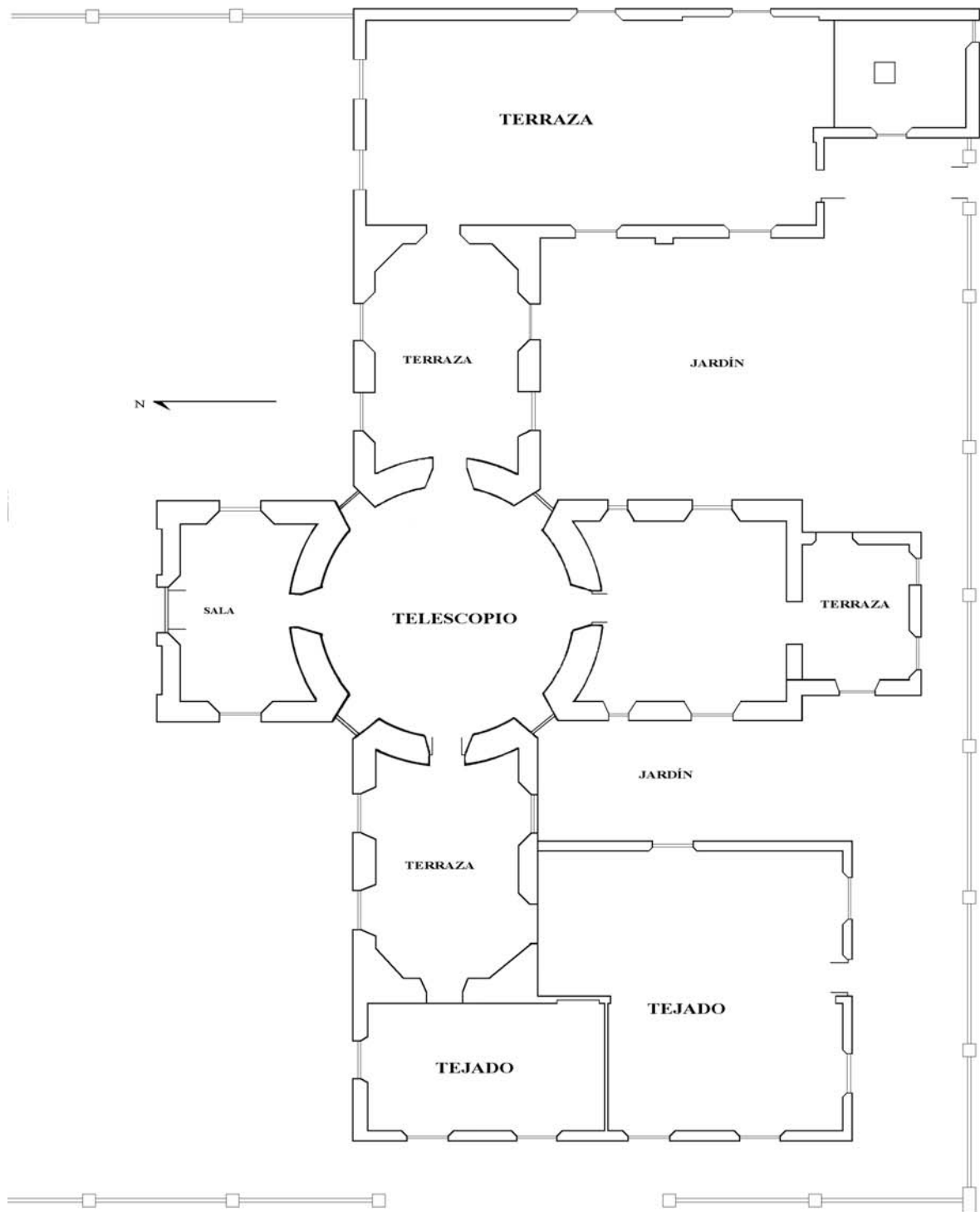
Juan de Dios MORCILLO PUGA

Manuel ESPINAR MORENO

Mayo 2002



PLANO DEL OBSERVATORIO UNIVERSITARIO DE CARTUJA
(HACIA 1970)
CARTOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN:
Juan de Dios MORCILLO PUGA
Mamuel ESPINAR MORENO
Mayo 2002



PLANO DEL OBSERVATORIO UNIVERSITARIO DE CARTUJA

(HACIA 1970)

CARTOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN:

Juan de Dios MORCILLO PUGA

Manuel ESPINAR MORENO

Mayo 2002

9.- PLANO DE HACIA MEDIADOS DE LOS AÑOS 1970.

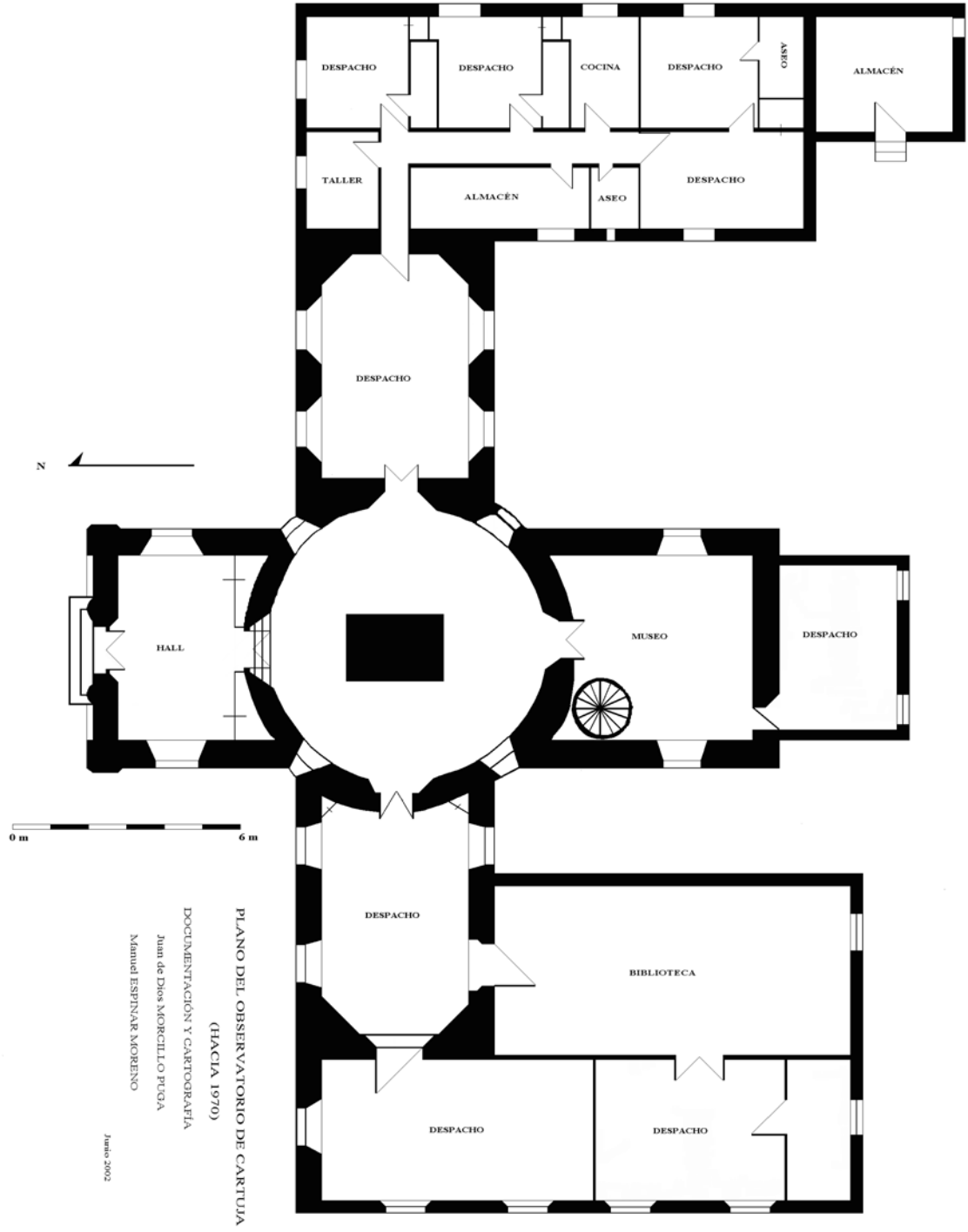
A partir de su pase a la Universidad se crea el Observatorio Universitario de Cartuja. El Director es el Vicerrector o el Decano de la Facultad de Ciencias que a su vez nombran a un responsable que cuida del edificio y de sus distintas secciones.

En la etapa de la Universidad encontramos como Directores desde 1971 a 1973 a D. Fidel J. López Aparicio, en 1973 a D. Rafael Infante Macías, 1974 a D. Juan A. Vera Torres, 1978 a D. Manuel Rodríguez Gallego y 1979 a D. Bernardo García Olmedo. Como Secretario General desde 1971 a 1974 encontramos a D. José María Quintana González. Jefe de Astronomía desde 1971 a 1979 esta D. Gerardo Pardo Sánchez. En Meteorología desde 1971 a 1973 encontramos a D. Rafael Infante Macías, desde 1974 a 1979 a D. Rafael Fernández Rubio y ayudantes D. Manuel Merlo Vallejo desde 1973 a 1979 y D. Leonardo Navarro Alonso desde 1973 a 1977. En Sismología desde 1971 a 1979 está D. Luis Esteban Carrasco y de ayudantes a D. Carlos López Casado desde 1971 a 1978, desde 1978 y 1979 encontramos a D. Fernando de Miguel Martínez y a D. Francisco Vidal Sánchez.

El edificio sufre pocas modificaciones externas respecto a los años anteriores. Los cambios son interiores. Se abandonan poco a poco los estudios de Astronomía pues se empieza a potenciar este tipo de estudios por los profesores de esta Área de conocimiento y crearán el Instituto de Astrofísica. Algo parecido ocurre con la Climatología aunque se conserva un investigador que recoge los datos climatológicos que completan los obtenidos en otras estaciones.

En Sismología los antiguos sismógrafos fueron poco a poco abandonados y sustituidos por unos modernos sensores. Su instalación ha dado lugar a la Red Sísmica de Andalucía (R.S.A.) que hoy esta completando los distintos cinturones que se extienden por todas las tierras andaluzas. Gracias a la Universidad de Granada y a la Junta de Andalucía hoy este proyecto es una realidad.

El edificio cuenta con una Biblioteca, varios despachos, sala dedicada a la Red Sísmica, laboratorio, pabellón, servicios informáticos, etc. que se han ido completando desde finales de los ochenta hasta la actualidad.



PLANO DEL OBSERVATORIO DE CARTUJA
(HACIA 1970)

DOCUMENTACIÓN Y CARTOGRAFÍA
Juan de Dios MORCILLO PUIGA
Manuel ESPINAR MORENO

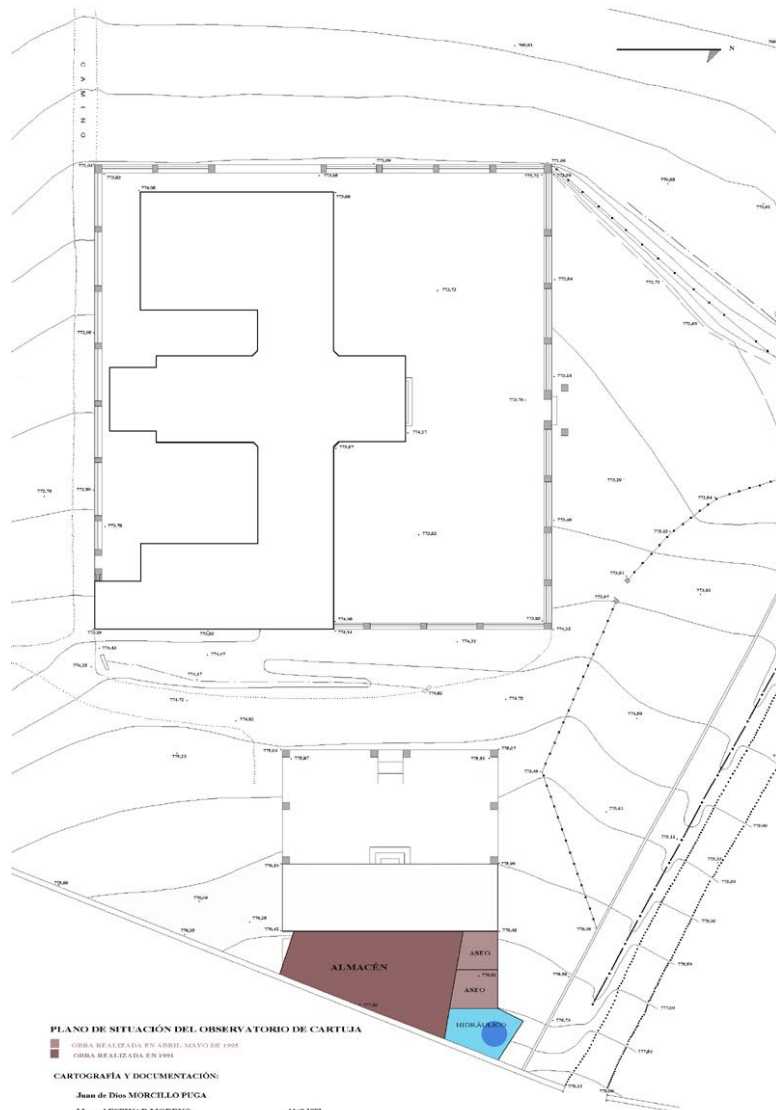
Junio 2002

10.- PLANO ACTUAL 2002.

En este plano vemos plasmado el edificio y sus distintas dependencias. Estas han cambiado poco desde principios de los años noventa hasta hoy. Actualmente se esta en proceso de obras pues algunos de los techos han tenido que repararse igual que algunas habitaciones por causa de la humedad y las lluvias. Todo ello ha originado la remodelación de parte de los despachos, instalación eléctrica nueva, instalación informática, construcción de nuevos servicios y un pabellón destinado a almacén situado tras el Pabellón informático y alindando con la Escuela Andaluza de Salud Pública.

Las antiguas habitaciones de los padres jesuitas se convirtieron en despachos. Estos ocupan la sala situada a la izquierda de la Rotonda mientras que la de la derecha se dedicó a la parte administrativa y de Dirección más la Biblioteca.

En conjunto el edificio ha cambiado poco desde los años cuarenta en su aspecto externo e interno pues los cambios solo han afectado a pequeños espacios que han ido pasando a despachos, almacén de bandas, servicio meteorológico, taller de montaje de aparatos y grupos destinados a la investigación, etc.



Inversión del tensor momento del terremoto de Adra de 1910

Moment tensor inversion of the 1910 Adra earthquake

Daniel Stich⁽¹⁾, Josep Batlló⁽²⁾, Jose Morales⁽¹⁾, Ramon Macià^(3,4) and Savka Dineva⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Instituto Andaluz de Geofísica, Universidad de Granada,
Campus Universitario de Cartuja s/n, 18071 Granada, Spain, daniel@iag.ugr.es

⁽²⁾ Dept. Matemática Aplicada I. Universitat Politècnica de Catalunya

⁽³⁾ Dept. Matemática Aplicada II. Universitat Politècnica de Catalunya

⁽⁴⁾ Laboratori d'Estudis Geofísics Eduard Fontserè. Institut d'Estudis Catalans

⁽⁵⁾ Dept. of Earth Sciences. University of Western Ontario

ABSTRACT

We examine and model analogue recordings from 6 early mechanical seismographs for the June 16 1910 earthquake at Adra, Southern Spain. The regional sparse network data were inverted for the deviatoric seismic moment tensor. The best moment tensor solution corresponds to a $M_0=1.50e+25$ dyne.cm, M_W 6.1 oblique strike-slip event with 91% double couple component. Correlation with available neo- and seismotectonic data clearly favours the 122°/ 80°/ -137° (strike/ dip/ rake) nodal plane as the active fault plane. The 1910 moment tensor shows very good agreement with solutions for 9 small and moderate events, which occurred in the northeastern Alboran Basin between 1997 and 2000, all having strike-slip to normal faulting style and similar orientation of principal axes.

1. INTRODUCTION

On June 16th 1910, southern Spain was struck by a M_W 6.1 earthquake with offshore epicentre in the Alboran Sea, near the coastal town of Adra. The mainshock occurred at 4:16 UTC (Karnik, 1969) and caused destruction corresponding to macroseismic intensity $I_0=VIII$ MSK in Adra, and $I_0=VI$ in the cities of Almeria, Granada and Malaga about 50 to 100 km from the epicentre (Sanchez Navarro-Neumann, 1911). A body wave magnitude of $m_b=6.3$ (Karnik, 1969) and a surface wave magnitude of $M_S=6.1$ (Gutenberg and Richter, 1954) have been assigned to this event. Instrumental epicenters for this event were computed about 5 km from Adra (36.7°N, 3.1°W, Karnik, 1969), about 15 km from Adra (36.58°N, 3.08°W, Vidal, 1986), as well as far-off westward (36.5°N, 4°W, Gutenberg and Richter, 1954), however the latter one is clearly inconsistent with the distribution of macroseismic intensity. A major aftershock of magnitude $m_b=5.5$ occurred at 16:27 UTC (Karnik, 1969).

At the time of the Adra earthquake, seismic recording stations were typically equipped with 2-component, intermediate-period, horizontal sensors, transferring earth motion continuously onto smoked paper. A number of new seismological observatories were forming an early, but very sparse and heterogeneous European seismic network. The 1910 Adra mainshock was recorded at 5 operating Spanish stations and many foreign observatories, and remains still the largest instrumentally recorded crustal earthquake in Spain. The source parameters of this earthquake are of considerable interest for regional seismotectonics and seismic hazard assessment. Another motivation for this study was to learn what source information can be gathered from these historical recordings nowadays.

2. HISTORICAL DATA

We were able to recover paper seismograms of the Adra 1910 mainshock at 6 instruments in Spain, the Netherlands and Italy, and recordings of the major aftershock at 4 instruments in Spain and the Netherlands. These include the Bosch-Omori seismographs at Toledo Observatory (TOL), central Spain, the Grablovitz seismographs at Ebro Observatory (EBR), north-eastern Spain, and at Porto d'Ischia Observatory (PDI), Italy, the Stiattesi seismograph at the 'Collegio alla Querce' Observatory (FIR), Florence, Italy, and both Wiechert and Bosch-Omori instruments at De Bilt Observatory (DBN), Utrecht, the Netherlands (fig. 1).

Obtaining reliable digitised seismogram sections for recordings at the beginning of the 20th century is not a straightforward procedure. The data restoration has been accomplished following Dineva *et al* (2002) and Batlló *et al* (1997): (a) Seismogram scanning: As grey scale images with a resolution of 600-1200 dpi. (b) Digitising: The records were digitised manually with a program providing digitised ASCII points from the raster images. (c) Correction for record curvature and uneven speed: We used the same formulas as those found in Gravovec and Allegretti (1994) and Samardjieva *et al* (1998). (d) Interpolation: The data have been smoothed using linear interpolation to obtain an equal sampling interval of 0.1 seconds. (e) Correction of instrument characteristics of the mechanical sensors (amplification, free period and damping) to obtain true ground displacement seismograms. For TOL and EBR, the contemporaneous bulletin data on instrument characteristics and polarities were double-checked in situ and tested with original instruments. (f) Alignment of the two components at a common reference time, usually synchronous time marks, or the P-arrival for recordings at TOL with unsynchronised time registration.

We want to perform time domain moment tensor inversion and have to confirm if the available recordings satisfy the high quality requirements for this method. The period band which we will use (20 to 50 s) is below the free period of the sensors (between 6 and 20 s) where sensitivity quickly decreases, and first we have to confirm if the Adra 1910 mainshock recordings contain sufficient long period energy. Further we require accurate knowledge of instrument characteristics (polarities), as well as the absence of disturbances like shifts or varying trends in the original recordings. Considering these quality standards we will use the recordings of the mainshock at TOL, EBR and the Wiechert instrument at DBN, but have to discard FIR, PDI and the DBN Bosch-Omori instrument. Recordings of the major aftershock recordings have low signal to noise ratio in EBR (small amplification) and DBN (long epicentral distance), as well as distortion by shifts and trends at TOL and are not suitable for moment tensor analysis.

3. MOMENT TENSOR INVERSION

We inverted for the best deviatoric moment tensor solution by minimising the least-squares misfit between observed long period displacement seismograms and synthetic predictions. The synthetic displacements are obtained from 5 independent moment tensor elements and a set of elementary Green's function (Langston *et al*, 1982). Greens functions were generated with a reflectivity algorithm (Kennett, 1983, Randall, 1994), using lithospheric models that have been shown to be capable modelling long period waveforms for events throughout the Ibero-Maghrebian region previously (Stich *et al*, 2002a). The point source Green's functions were convolved with a 4.5 s wide unit-area trapezoidal source time function according to the results of aftershock deconvolution for the Adra earthquake (Stich *et al*, 2002b). The epicentre location was taken from Vidal (1986, latitude 36.58° north, longitude 3.08° west), and the hypocentre depth was left open as it is poorly constrained and has major influence onto the Green's function

characteristics. Greens functions were calculated for 15 equidistant depths from 2 to 30 km and alternated in a grid-search.

Our best moment tensor solution fits 69% of the observed long period waveforms as shown in fig. 2. It indicates oblique strike slip faulting and a seismic moment of $M_0=1.50e+25$ dyne.cm, $M_W = 6.1$. The major double couple has nodal planes as 122°/ 80°/ -137° and 23°/ 48°/ -13° (values for strike/ dip/ rake respectively). The non double couple component is small (9%) indicating that the long period wavefield of this event is adequately modelled by a simple faulting source. The formally best solution corresponds to a depth of 16 km, slightly deeper than expected in this area where recent seismicity shows a cut-off at about 12 km depth. However the inverted depth is model sensitive and the applied average velocity model does not match local crustal structure at the epicentre (e.g. Banda *et al*, 1993), thus distorting the depth estimate. In any case the obtained solutions do not change significantly between 12 and 22 km depth, indicating a low depth resolution, but a stable mechanism from inversion.

Waveform matches of the inversion result are good at TOL. Also at EBR the similarity is high. The P waves are matched well and the Rayleigh wave prediction matches the amplitudes. The observed phase mismatch can be attributed to complex crustal structure at the eastern coast of Spain. The transverse component at EBR is matched until we cut at the beginning of Love-wave resonance in the sedimentary environment. For the Italian stations (excluded from inversion) the observed amplitudes of body and surface waves are basically consistent with the radiation pattern, except for the transverse component of FIR which is particularly affected by instrumental failures of the FIR NW-SE sensor. At DBN, the near nodal P waves and the S waves are predicted correctly until we cut the traces short before shifts in the surface wave recordings.

Despite the good waveform matches, the very sparse station coverage for this old event rises the question whether the source

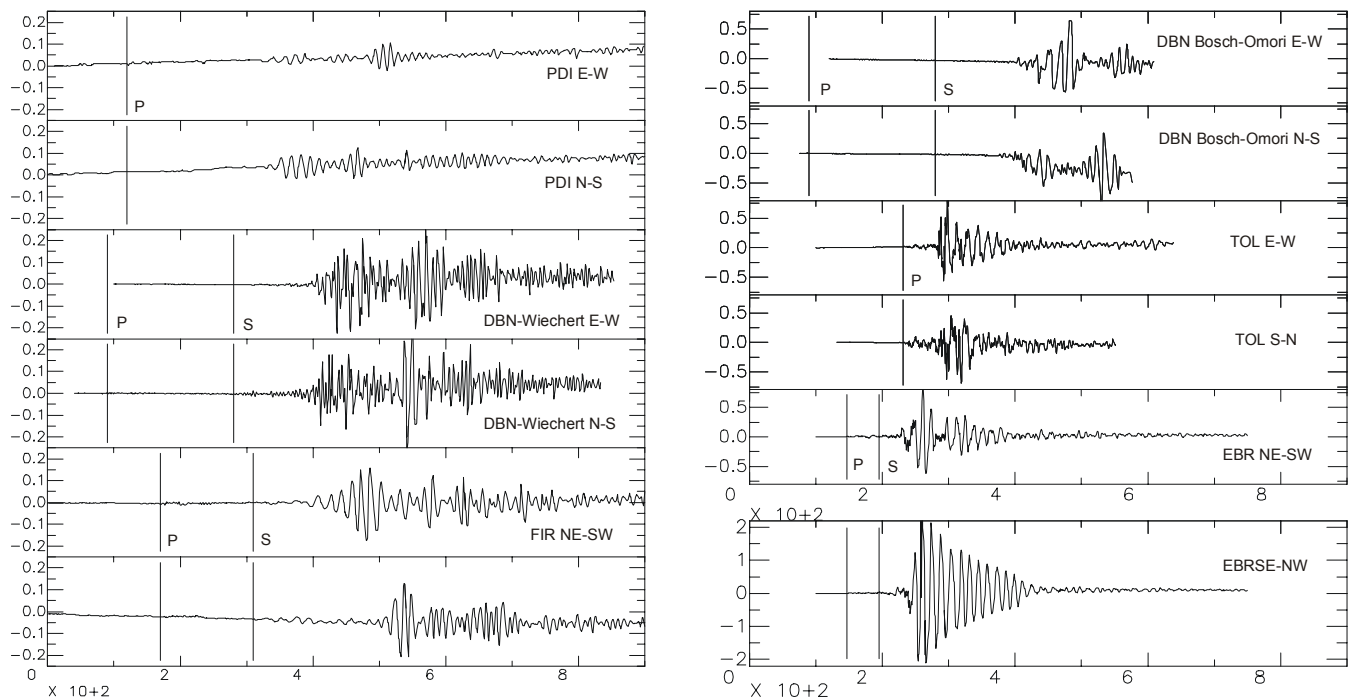


Fig. 1. Historical recordings for the 1910 Adra mainshock from 2-component instruments at TOL, EBR, DBN, FIR and PDI. Traces have been corrected for curvature and amplification, units are in seconds and mm.

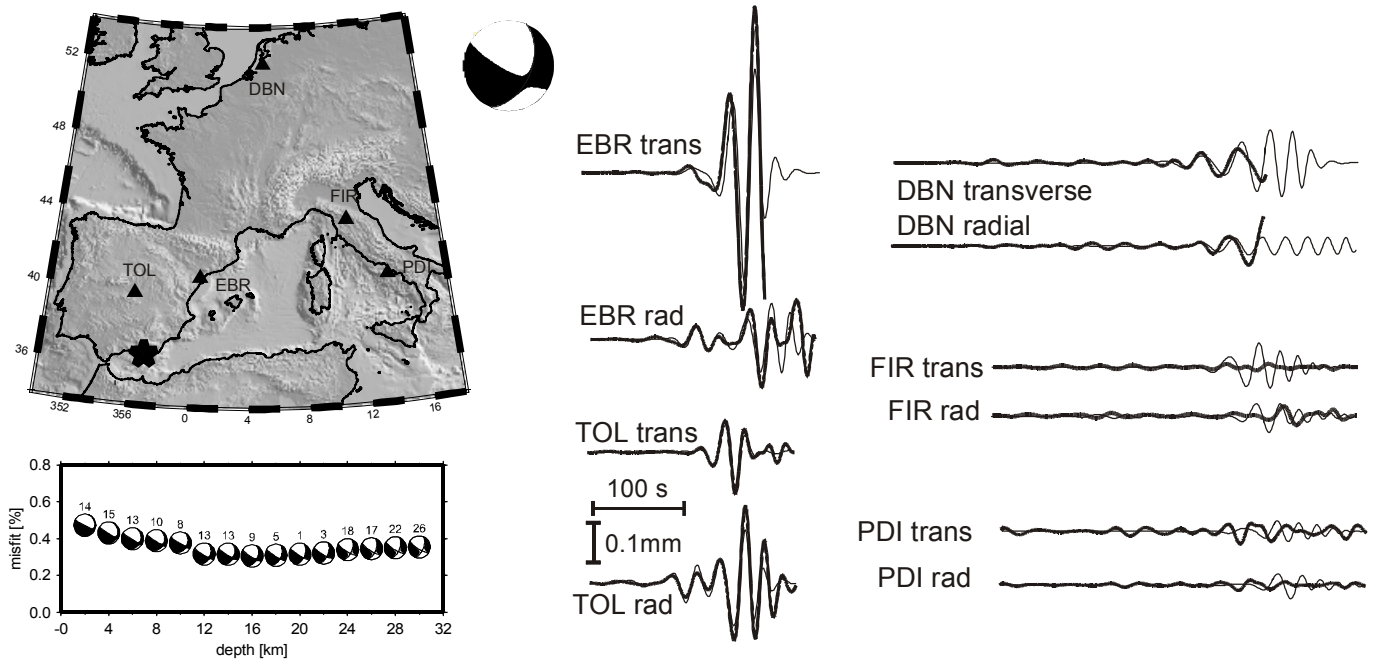


Fig. 2. Best fitting moment tensor solution, corresponding to oblique strike slip faulting at 16 km depth, in lower hemisphere, equal area projection. The inverted mechanisms and misfits for other depths are shown for comparison in the diagram (small numbers next to the mechanisms indicate the percentage of CLVD component for each depth). Waveform matches are illustrated by overlaying observed (thick lines) and predicted (thin lines) long period waveforms, the vertical bar corresponds to 0.1 mm displacement, the horizontal bar to 100 s. All traces start 100 s before the P arrival. Observed seismograms were cut where instrumental failures (DBN) or receiver site resonance phenomena (EBR Love-waves) affected the waveforms.

mechanism is well constrained by the data or if a great variety of source mechanisms are consistent with the available observations. We addressed this question by systematic forward modelling waveforms of alternative double couple mechanisms and analysing their fit to the observed waveforms (Stich *et al.*, 2002b). Acceptable alternative solutions were obtained between 12 and 22 km depth. The strike value for both nodal planes and the dip value of the N120°E plane seem to be well resolved ($\pm 10^\circ$). Larger uncertainties must be assigned to the second dip value and the rake of the N120°E plane ($\pm 20^\circ$), so we cannot specify the ratio of strike slip and dip slip exactly. The forward modelling procedure clearly rejects solutions with reverse faulting components. In conclusion, the available data constrain the source mechanism surprisingly well, especially the N120°E nodal plane. We attribute this outcome to the fact that one nodal plane intersects between the high quality stations TOL and EBR.

4. TECTONIC INTERPRETATION

The 1910 earthquake occurred near the northern edge of the Alboran Sea basin. Despite its location on the convergent African-Eurasian plate boundary, the Alboran Basin underwent significant crustal extension (e.g. Banda *et al.*, 1993), approximately from the early Miocene on (e.g. Docherty and Banda, 1995). Focal mechanism data indicate a nearly east-western orientation of present-day extension (e.g. Mezcuca and Rueda, 1997, Stich *et al.*, 2002a). The 1910 mainshock was responsible for about 60% of the total moment release in the north-eastern Alboran basin over the last 100 years (ISC on-line Bulletin, <http://www.isc.ac.uk/Bull>). The moment tensor solution strongly resembles recent regional small to moderate events (fig. 3) with strike-slip to oblique normal faulting style, nearly N-S oriented P-axes ($\approx N350^\circ E$) and nearly E-

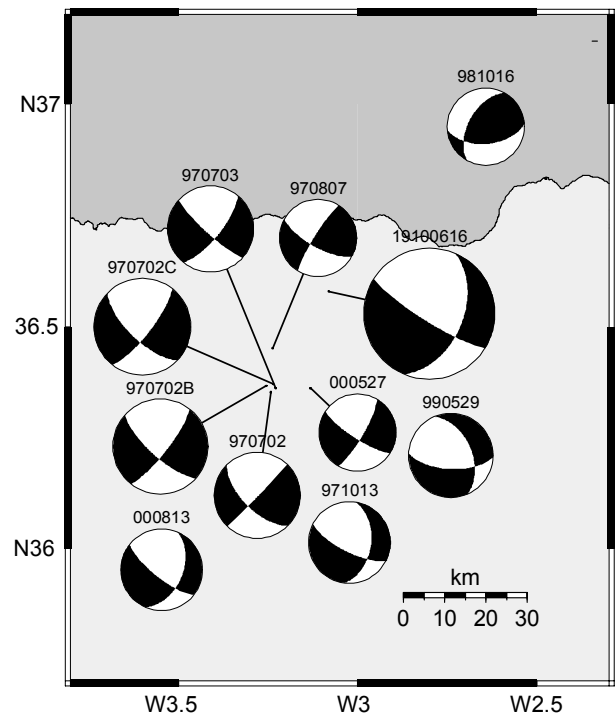


Fig. 3. Comparison of the 1910 Adra earthquake faulting solutions and faulting solutions from regional moment tensors of small and moderate events ($M_w = 3.6$ to 4.5) in the northeastern Alboran Basin since 1997.

W oriented T-axes ($\approx N80^\circ E$). This agrees with the neotectonic deformation onshore, characterised by approximately ENE-WSW extension (Rodríguez-Fernandez and Martín-Penela, 1995). We believe that the consistency between historical and recent solutions further supports the inverted moment tensor for the historic 1910 Adra earthquake.

To identify the preferred fault plane among the nodal planes, we considered the pattern of neogene faults in nearby onshore areas. The faults with major recent displacement are steep dipping $N120^\circ E$ to $N130^\circ E$ faults, while other dominant fault directions between $N70^\circ E$ and $N90^\circ E$ show little activity under recent stress conditions (Rodríguez-Fernandez and Martín-Penela, 1995). The orientation of offshore seismogenic structures has been investigated by precise relocations within the seismic series following the moderate M_w 4.8 and 4.9 Adra earthquakes of 1993 and 1994 (fig. 4). Relative locations reveal a clear predominance of $N120^\circ E$ to $N130^\circ E$ oriented active faults and few $N60^\circ E$ to $N70^\circ E$ structures, where the latter ones are possibly reactivated as oversteps for $N120$ - $130^\circ E$ faults (Stich *et al.*, 2001). Correlating these neo- and seismotectonic data with the moment tensor solution, we find no neotectonic equivalent for the $N23^\circ E$ plane, but clear evidence for $N120$ - $130^\circ E$ striking, steep dipping faults near the event location. Hence the preferred faulting solution is the right lateral nodal plane with strike 122° , dip 80° and rake of -137° . This implicates a potential to generate destructive earthquakes for the $N120^\circ$ - $130^\circ E$ faults along the northern edge of the Alboran Basin.

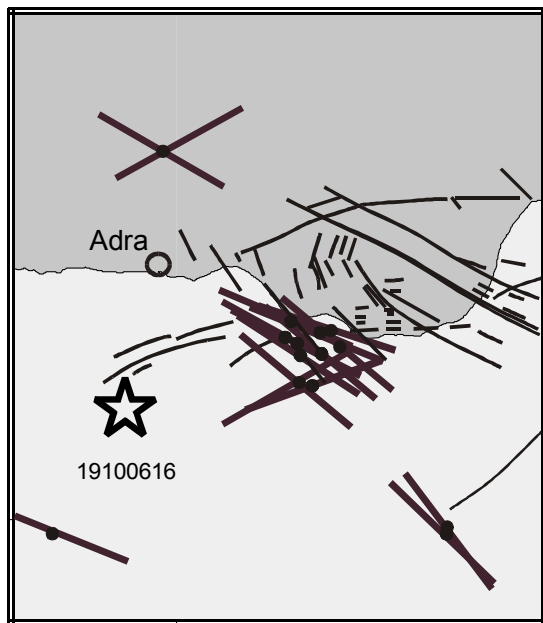


Fig. 4. Evaluation of neo- and seismotectonic data near the site of the 1910 Adra earthquake (star). Strike directions of neogene faults (thin lines, redrawn from Rodríguez-Fernandez and Martín-Penela, 1995) and seismogenic structures (thick lines, obtained from relative locations of multiplet events, Stich *et al.*, 2001) in the epicentral area clearly support that the $N122^\circ E$ nodal plane was the active fault plane.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the observatories of Toledo, Ebre and De Bilt for providing original seismograms, and G. Ferrari who helped us to obtain the Italian records. We are grateful to Chuck Ammon for discussions on this study. The authors received financial support by the Spanish CICYT, project AMB99-0795-C02-01, by Research Group RNM#104 of Junta de Andalucía and by Spanish DGI projects REN2001-2418, BHA2001-1393 and REN2002-04198-C02-01.

6. REFERENCES

- Banda, E., Gallart, J., García-Dueñas, V., Dañoibeitia, J.J. and Makris, J., 1993. Lateral variations of the crust in the Iberian Peninsula, New evidence from the Betic Cordillera, *Tectonophysics*, 221, 53-66.
- Batló, J., Susagna, T. and Roca A., 1997. A processing system for old records of regional earthquakes: analysis of the 19 November 1923 earthquake in the Pyrenees, *Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie*, 13, 159-175.
- Dineva, S., Batlló, J., Mihailov, D. and van Eek, T., 2002. Source parameters of four strong earthquakes in Bulgaria and Portugal at the beginning of the 20th century, *Journal of Seismology*, 6, 99-123.
- Docherty, C. and Banda, E., 1995. Evidence for the eastward migration of the Alboran Sea based on regional subsidence analysis: A case for basin formation by delamination of the subcrustal lithosphere?, *Tectonics*, 14, 804-818.
- Grabovec, D. and Allegretti, I., 1994. On the digitizing of historical seismograms, *Geofizika*, 11, 27-31.
- Gutenberg, B. and Richter, C.F., 1954. *Seismicity of the Earth and Associated Phenomena*, Princeton University Press.
- Karnik, V., 1969. *Seismicity of the European Area*, Part 1, Reidel, Dordrecht.
- Kennett, B.L.N., 1983. *Seismic wave propagation in stratified media*. Cambridge University Press.
- Langston, C.A., Barker, J.S. and Pavlin, G.B., 1982. Point-source inversion techniques, *Phys. Earth Planet. Int.*, 30, 228-241.
- Mezcua, J. and Rueda, J., 1997. Seismological evidence for a delamination process in the lithosphere under the Alboran Sea, *Geophys. J. Int.*, 129, 1-8.
- Randall, G.E., 1994. Efficient calculation of complete differential seismograms for laterally homogeneous earth models. *Geophys. J. Int.*, 118, 245-254.
- Rodríguez-Fernandez, J. and Martín-Penela, A.J., 1993. Neogene evolution of the Campo de Dalías and the surrounding offshore areas (Northeastern Alboran Sea), *Geodinamica Acta*, 6, 255-270.
- Samardjieva, E., Payo, G. and Lopez, C., 1997. Old regional seismograms at the Toledo observatory. Their study by computer techniques, *Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie*, 13, 159-175.
- Sanchez Navarro-Neumann, M., 1911. Los recientes terremotos granadinos (Mayo-Junio de 1911), *Rev. Soc. Astr. de Esp. y Amer.*, 53-56.
- Stich, D., Alguacil, G. and Morales, J., 2001. The relative location of multiplets in the vicinity of the Western Almeria (southern Spain) earthquake series of 1993-1994, *Geophys. J. Int.*, 146, 801-812.
- Stich, D., Ammon, C.J. and Morales, J., 2002. Moment tensor solutions for small and moderate earthquakes in the Ibero-Maghreb region, *J. Geophys. Res.* in press.
- Stich, D., Batlló, J., Morales, J., Macia, R. and Dineva, S., 2002. Source parameters of the 1910 $M_w=6.1$ Adra earthquake (southern Spain), submitted to *Geophys. J. Int.*.
- Vidal, F., 1986. *Sismotectónica de la región Béticas- Mar de Alborán*, PhD thesis, University of Granada, Granada.

APROXIMACIÓN A LA CARACTERIZACIÓN DE LAS SERIES SÍSMICAS UTILIZANDO MÉTODOS NO PARAMÉTRICOS

Enrique Carmona¹, José A. Esquivel¹, Graciela Estévez², Jesús M. Ibáñez¹

1 Instituto andaluz de Geofísica, Universidad de Granada.

2 Dpto. de Informática. Universidad de A Coruña.

ABSTRACT

The study of seismic series for the searching of some parameter that characterizes them, constitutes a field of great difficulty. In this work three series of different seismic zones from Andalusia are analyzed, the series of Agrón (1988-1989), the series of Antequera (1989) and the series of Iznajar (1998). The time dependent data used for each earthquake has been the arrival time to a determined station of the network. The analysis of the earthquake occurrence has been carried out by means of the nonparametric determination of the intensity function, obtaining a characteristic parameter for each one of the series. The temporal analysis from the difference in the arrival times of each earthquake with its predecessor converges to a bidimensional attractor, which has a similar form but different characteristics in each one of the series and thus constitutes a differential element among them. Finally, the power analysis has been carried out choosing, the interval of magnitudes that includes most of the earthquakes, determining in this form the existing power accumulation in each series. These analyses allow to characterize well enough the seismic series on the basis of their power-time dependent characteristics.

Keywords: análisis no paramétrico de curvas, atractor extraño, serie sísmica.

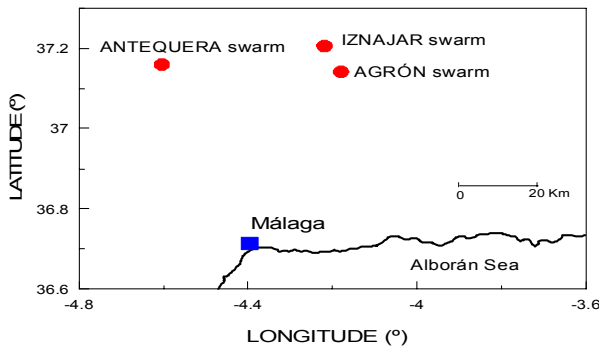
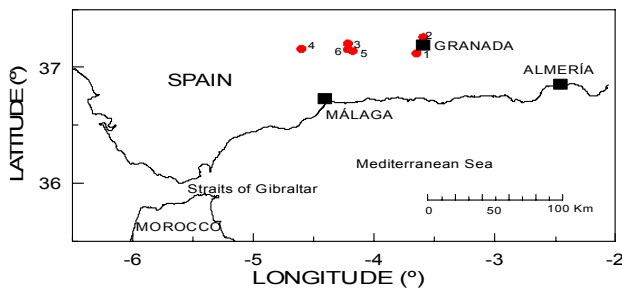
INTRODUCCIÓN

La cuenca de Granada está dentro de un marco contacto entre las placas litosféricas de Euro-Asia y África (Buforn,..1998, Galindo,..1999), formada por un conjunto de rocas sedimentarias de Neogeno al Cuaternario, por encima del contacto entre las zonas internas y externas de las Cordilleras Béticas, que tienen una dirección NE-SW. Éste hecho convierte a la cuenca de Granada en una de las zonas sismotectónicas más importantes de la Península Ibérica, con altos porcentajes de actividad microsísmica

Dentro de la microsismicidad diaria de ésta parte del Béticas, aparecen serie sísmicas sin que éstas estén asociadas con un terremoto principal, como por ejemplo la serie de 1979 (Vidal, 1986) la cual afectó a toda la cuenca y áreas vecinas y duró casi un año. La serie se caracterizó por tener el mayor “shock” con una magnitud $m_d = 4.8$, y más de 55 terremotos sentidos por la población. También aparecen enjambres sísmicos, con un gran número de micro-terremotos (más de 1000) concentrándose en un corto periodo (días o meses) y en unas áreas muy específicas de unos pocos kilómetros cuadrados como fue durante el mes de Febrero de 1985, con más de 1500 terremotos. La serie que tuvo lugar muy próxima a la ciudad de Loja, con magnitudes locales de más de 3.9. Desde finales de 1988 y comienzos de 1989, un enjambre sísmico

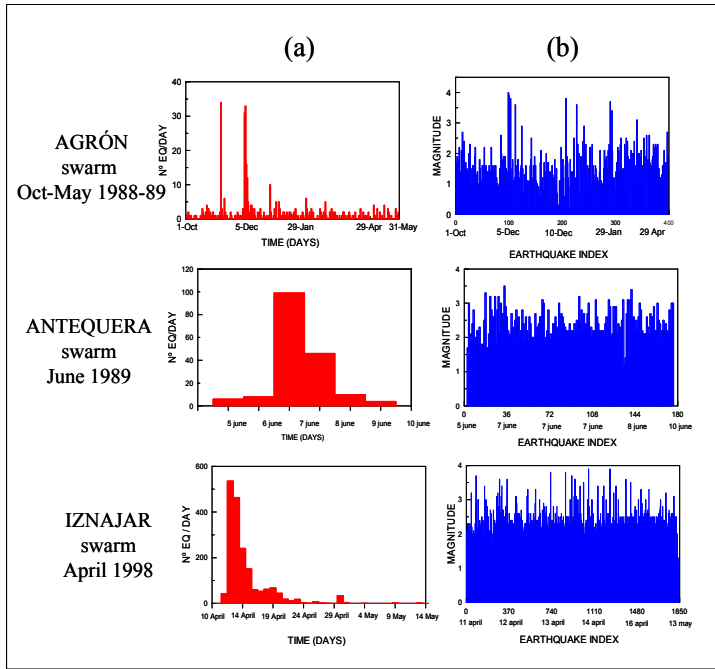
compuesto por aproximadamente 400 terremotos con magnitudes entre 0.4 y 4.0 ocurrieron cerca del pueblo de Agrón. Por otro lado, también son otros ejemplos los enjambres de Antequera (junio 1989) compuesto de 158 terremotos con magnitudes entre 2.5 y 3.4 (Posadas, 1993), y la serie de Iznajar, con más de 2500 terremotos registrados durante un periodo de 17 días en Abril de 1998.

En este trabajo se analizan tres de estas series: la serie de Agrón 1988-1989, la serie de Antequera de 1989 y la serie de Iznajar de 1998 de las que se disponen los datos digitales obtenidos de la Red Sísmica de Andalucía del Instituto Andaluz de Geofísica. El dato del tiempo que se ha utilizado para cada terremoto es el tiempo origen del terremoto para las series de Agrón y Antequera, y el tiempo de llegada a una estación determinada de la red para la serie de Iznajar, donde de esta forma se incluyen prácticamente todos los sismos de la serie (la utilización del tiempo origen del terremoto exige disponer de los datos de varias estaciones, bastante difícil de conseguir en bastantes series).



Mapa de sur de España con la localización de las series que han tenido lugar en los últimos años. Con (1) y (2) serie de Granada 1979, (3) serie de Loja 1985, (4) serie de Agrón 1989, (5) Serie de Antequera 1989, (6) serie de Iznajar 1998. Zona más detallada con las series estudiadas en éste trabajo.

Para el siguiente trabajo, y debido a la escasez de datos localizados sobre todo para las series de Agrón y Antequera, decidimos trabajar con umbrales de magnitud para cada una de las series. Antequera ($2.0 < \text{mag} < 2.8$); Agrón ($0.7 < \text{mag} < 2.8$); Iznajar ($1.3 < \text{mag} < 2.4$)



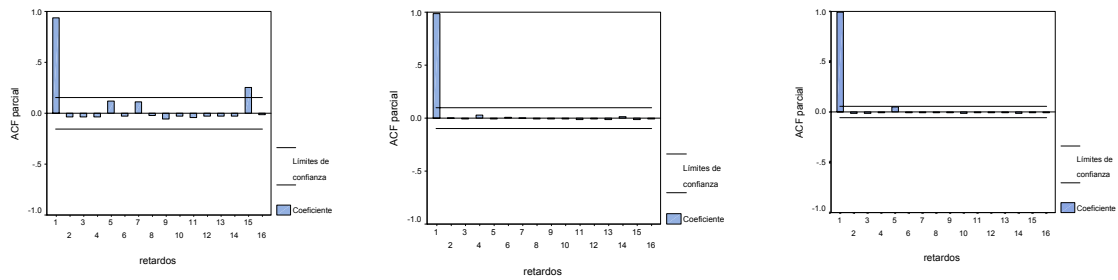
En las gráficas donde se muestran (a) la evolución temporal de las series del número de terremotos por día y (b) la evolución de las magnitudes a lo largo de las series. Se puede observar como cada serie responde a una forma en la evolución temporal tanto en magnitudes como en nº de terremotos diferente. Ninguna de ellas responde al típico “mainshock-aftershock”.

EL PARÁMETRO TEMPORAL

Aunque la caracterización de un serie es un problema que se mantiene bastante difuso debido a las características específicas de la zona sísmica de que se trate, la distribución temporal y energética, etc., en este trabajo se establece que la variable clave para caracterizar la serie es la diferencia temporal entre un terremoto y el siguiente de la serie, es decir, la diferencia entre los tiempos de un sismo y el anterior

$$T_i = t_i - t_{i-1} , T_1 = 0 , \quad i = 2, \dots, n$$

expresión que está inducida por la autocorrelación de la variable tiempo origen (o el tiempo de la primera llegada) de los sismos: la autocorrelación global indica que la serie temporal de tiempos necesita ser diferenciada, y la máxima autocorrelación parcial muestra que el único retardo a tomar en cuenta es el de valor 1. Por otra parte, la autocorrelación utilizando los parámetros energéticos es inexistente en prácticamente todos los niveles de retardo; así, la magnitud muestra un valor máximo para la autocorrelación (global o parcial) de 0.2 (Box & Jenkins, 1976; Wandaele, 1983).



Aquí se muestran las autocorrelaciones parciales de los tiempos origen de los sismos de las series de Antequera, Agrón e Iznájar, respectivamente.

La diferencia de tiempos T_i determina bastante bien las características básicas de la serie puesto que:

- muestra la cronología en que ocurren los sismos.
- establece el núcleo de la serie (la aglomeración de terremotos) y el momento de ruptura de las mismas (el momento en que los terremotos comienzan a ser más espaciados hasta la finalización de la serie).
- muestra los intervalos en que decrece la ocurrencia de terremotos.
- aunque las características propias de las series son distintas, T_i permite inducir la existencia de algún patrón común a las series.

COMPORTAMIENTO CAÓTICO DE LAS SERIES

Una forma muy eficaz de analizar una serie temporal consiste en llevar a cabo un análisis espectral, que se basa en considerar que una variable o una serie temporal puede ser representada significativamente mediante ondas sinusoidales puras sumadas sobre diferentes frecuencias, con diferentes amplitud y fase en cada frecuencia. El algoritmo de análisis utiliza la transformación de Fourier de los datos para:

- obtener los coeficientes de las sinusoides en un conjunto discreto de frecuencias.
- agrupar frecuencias cercanas entre sí en bandas de frecuencias.
- estimar distintos parámetros a partir de los datos transformados en una banda de frecuencia cada vez.

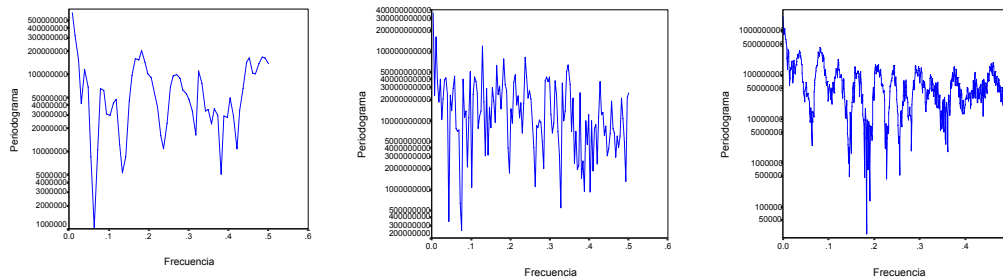
De esta forma, en lugar de analizar la variación desde un punto temporal al siguiente, analiza la variación de las series como un todo en componentes periódicos de frecuencia diferente. Y el gráfico más usual es el espectro de potencia, esto es, la representación no suavizada de la amplitud espectral (representada en escala logarítmica) respecto a la frecuencia o respecto al periodo (la variación de baja frecuencia es característica de series suaves, mientras que la variación dispersada de forma equilibrada en todas las frecuencias indica "ruido blanco").

Calculando la transformada de Fourier de la señal original $x(t)$ según la expresión:

$$X(t) = \sum_{i=1}^n x(i) \cdot e^{\frac{-j \cdot 2\pi \cdot (k-1) \cdot (i-1)}{n}}$$

siendo n la dimensión del vector x , y $1 \leq k \leq n$ (MATLAB User's Manual); entonces, si prácticamente todos los armónicos de la señal están presentes, entonces la señal es no

periódica, es decir, es una señal caótica (Ruelle, 1989). Los periodogramas de las series en estudio muestran que no existen periodos en las componentes sinusoidales sino que aparece una banda ancha cuyas componentes de frecuencia están dispersas, lo que indica la existencia de un comportamiento caótico (RUELLE, 1989; RUELLE & ISOLA, 1990; STEWART, 1991), tal y como se muestra en la Figura



Los periodogramas de las series de Antequera, Agrón e Iznájar, respectivamente mostrando la existencia de una banda ancha que indica un comportamiento caótico.

Los métodos de la teoría del caos permiten llevar a cabo el análisis de una serie temporal $x(t)$ obtenida de una situación experimental, en un intento de extraer el sentido físico a los datos sin conocer detalladamente la dinámica subyacente y las ecuaciones que la rigen. La idea general de esta aproximación consiste en generar varias señales escalares a partir de la señal original para reconstruir un espacio N-dimensional en el que se pueda obtener una buena representación del atractor extraño de los datos. Un atractor extraño es una estructura asintótica hacia la que evolucionan las órbitas de ciertos sistemas dinámicos definido según:

un conjunto A es un atractor de un sistema dinámico $f(x)$ si existe un conjunto abierto $C \supset A$ tal que para $x \in C$, las órbitas $\{x_k = f_{k-1}(x)\}$ convergen al conjunto A , y A es invariante ($f(A)=A$)

y si la dinámica de los puntos del atractor es caótica (es decir, es sensible a las condiciones iniciales, etc.), el atractor se denomina “atractor extraño” (RUELLE, 1989, MARTÍN, MORÁN y REYES, 1995).

Al desconocerse la dinámica subyacente del proceso, la mejor aproximación consiste en utilizar retrasos temporales para obtener las órbitas del sistema según la expresión $x_k(t) = x(t + (k - 1)\tau)$, $k = 1, \dots, N$. Así se obtiene una señal N-dimensional representada por el vector

$$\begin{pmatrix} x(t) \\ x(t + \tau) \\ \vdots \\ x(t + (N - 1)\tau) \end{pmatrix}$$

y que proporciona la información geométrica del atractor independientemente del conjunto de variables que puede construirse a partir de $x(t)$ (PACKARD, et al. (1980); STEWART, 1991; MARTÍN, MORÁN y REYES, 1995) El método es el siguiente:

Ruelle y Packard determinaron que la nube de puntos definida por las tríadas (x_i, x_{i+1}, x_{i+2}) a partir de los observables ficticios

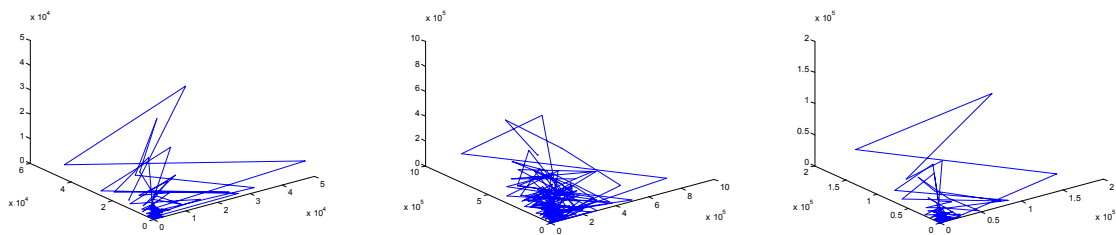
$$x_1, x_2, x_3, \dots$$

$$x_2, x_3, x_4, \dots$$

$$x_3, x_4, x_5, \dots$$

que constituye una reconstrucción fiel desde el punto de vista topológico del atractor extraño de $x(t)$. Y puesto que la reconstrucción del “verdadero atractor” A tiene lugar usualmente en un espacio infinito-dimensional, este método permite obtener una proyección N -dimensional zA de dicho atractor, cuya forma depende del número de N de variables y del retraso τ ; por tanto, la dimensión del atractor A debe ser lo bastante pequeña para ser tratable (RUELLE & ISOLA, 1990; RUELLE, 1995).

La aplicación de estas ideas a las series estudiadas en este trabajo, utilizando la variable T_i que cuantifica la diferencia temporal existente entre cada terremoto y el siguiente, permite determinar que las series tienen dos partes claramente definidas: un atractor extraño bidimensional que caracteriza a la serie y que la determina hasta el comienzo de la finalización de la serie, es decir, hasta que los sismos comienzan a espaciarse temporalmente y la serie decae hasta su finalización. Y la estructura espacial del atractor de cada serie mantiene esta regularidad: un atractor extraño que modeliza el núcleo de la serie junto a una línea casi recta que caracteriza la parte residual.



Atractores en 3-D para las series de Antequera, Agrón e Iznajar respectivamente.

CONCLUSIONES

En las series temporales estudiadas, una variable fundamental es la primera diferencia entre los tiempos origen. Las series tienen una estructura caótica y muestran un núcleo compuesto por un atractor extraño con tres dimensiones. Las distintas formas geométricas de los atractores indica que las series tienen características diferentes aunque comparten el núcleo en forma triangular en las mismas. Con estos elementos se

ha podido caracterizar cada serie aun cuando su comprobación definitiva tendrá lugar cuando ocurra otra serie en la misma zona sismogénica, y poder así compararla con estos resultados.

REFERENCIAS

- BOX, G.E.P. & JENKINS, G.M. (1976): *Time series analysis: Forecasting and control*, Holden Day Inc., Oakland.
- CHOI, E. & HALL, P. (1999): Nonparametric approach to analysis of space-time data on earthquake occurrences, *Journal of Computational and Graphics Statistics*, **8, 4**, pp. 733-738.
- ESTÉVEZ, G. (2001): Estimación Tipo Núcleo de la Función de Razón de Fallo bajo Condiciones de Dependencia, Tesis Doctoral, Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Santiago de Compostela.
- MARTÍN, M.A., MORÁN, M. y REYES, M. (1995): *Iniciación al caos*, Síntesis, Madrid.
- PACKARD, N.H., CRUTCHFIELD, J.P., FARMER, J.D. & SHAW, R.S. (1980):*****, *Physic Review Letters*, **45**.
- RUELLE, D. (1989): *Chaotic Evolution and Strange Attractors*, Cambridge University Press, Cambridge.
- RUELLE, D. & ISOLA, S. (1990): *Chaotic evolution and strange attractors: the statistical analysis of time series for deterministic nonlinear systems*, Cambridge University Press, Cambridge.
- RUELLE, D. (ed.) (1995): *Turbulence, strange attractors and chaos*, World Scientific, Singapore.
- STEWART, I. (1991): *¿Juega Dios a los dados?*, Grijalbo Mondadori, Barcelona.
- WAND, M.P. & JONES, M.C. (1995): *Kernel Smoothing*, Chapman & Hall.
- WANDAELE, W. (1983): *Applied time series and Box-Jenkins models*, Academic Press, New York.

Upper crust velocities beneath Nekor fault and Al-Hoceimas region

Tomografía sísmica local en el Rif Oriental (Marruecos)

Inmaculada Serrano¹, José Morales,^{1,2} Federico Torcal^{1,3} and Dapeng Zhao⁴

¹ Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos. Observatorio de Cartuja. Calle del Observatorio nº 1. 18071-Granada (Spain). inma@iag.ugr.es

² Departamento de Física teórica y del Cosmos, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, España

³ Departamento de Ciencias Ambientales. Universidad Pablo de Olavide. Crta. de Utrera Km. 1, 41013-Sevilla (Spain).

⁴ Geodynamics Research Center. Ehime University, Bunkyo-cho 2-5, Matsuyama 790 8577. Japan.

SUMMARY

To study the relationship between earthquakes distribution and seismic images, we have applied a tomographic method to image a strike-slip fault in North Morocco and have found that the occurrence of earthquakes is not only controlled by the state of tectonic stress but also dictated by the material heterogeneity in the crust. We have attempted to construct an integrated model of seismic, electric, magnetic as well as heat flow properties across northeast of Morocco from analysis of arrival times of 221 local earthquakes and from the previous geophysical surveys. The seismic images obtained show distinct features that may be related to the main tectonic events developed since the Miocene in the region. A pronounced low-velocity zone at 5 km depth parallels to Nekor fault, coinciding with an anomalously high conductive structure and low gravity values, which is interpreted as a fault gouge zone and/or a fluid-filled subsurface rock matrix. From 10 km depth downwards a weak positive velocity zone is imaged along the same area in accordance with the depth that fault gouge is stable. The results of the seismicity and the seismic velocity for Al-Hoceimas region may indicate that the concentration of earthquakes are confined in the high velocity area. It is interpreted to be a brittle and competent layer of the upper crust which sustains seismogenic stress in contrast with the low velocity near Nekor fault, where deformation is aseismic, even if the slip occurs. In the eastern coast line of Morocco, from geological, magnetic and thermal features we can infer that at the shallowest layers of the upper crust exists a high density body probably formed by Miocene volcanic rocks in relation with a large fast velocity anomaly obtained at 5 km depth.

Key words: earthquake, strike-slip fault, gouge-zone, seismicity, low-velocity zone, tomography, Alboran sea

INTRODUCTION

The study area is a part of the complex Rif chain, which runs along the northern coast of Morocco forming the southern branch of the Betic-Rif arc. This arc is the westernmost termination of the perimediterranean Alpine chains and can be considered as the result of deformation of the small Alboran block between northwest Africa and Iberia since the early Tertiary. As a consequence of the NNW-SSE convergence between Africa and Iberia this block is being expelled to the west-southwest (Rebaï et al., 1992). The Alboran block is delimited to the north by Cadiz-Alicante fault in Spain and to the southeast by the Nekor fault (NK) in Morocco. The relative motion of the Alboran block took place first along the transform zone, and only after the late Miocene did slip occur along the Nekor fault (Frizon de Lamotte, 1987). The westward motion of the Alboran block stopped in the Pliocene, and at present we are observing the development of N-S trending normal faults with E-W extension (Morel et al., 1989; Aït Brahim and Chotin, 1989). The Nekor fault is one of the greatest discontinuities in the Rif, as has been shown by geological observations, and as such it could have played an important role in the geodynamics of the Alboran Sea and surrounding areas. At present, Nekor fault is imagined for a strongly marked topography, although it is not possible to find evidence of Quaternary

slip and can not be identified on seismic reflection profiles (Gensous et al., 1986).

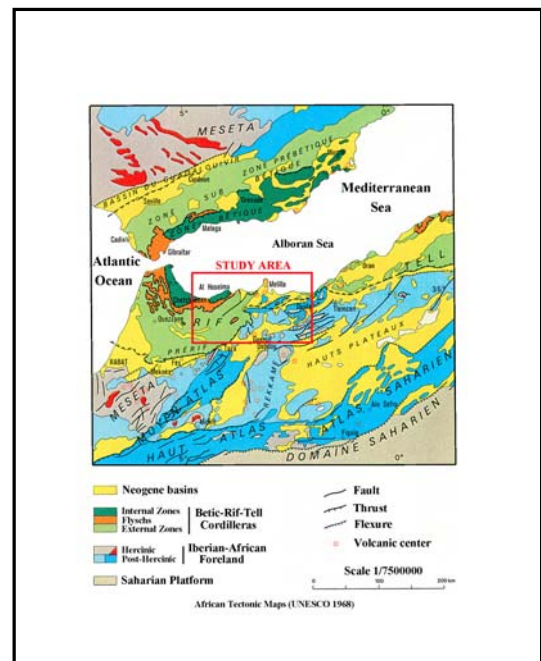


Figure 1. A geological map of southern Spain and northern Morocco. The geology and tectonic are from African Tectonic Maps (UNESCO 1968).

The northern NK region is fractured by distributed NE-SW to N-S striking high-angles faults that exhibit apparent left-lateral strike-slip offsets and by a conjugate NW-SE oriented group of more minor faults with apparent right-lateral slip component (Ait Brahim et al., 1989; Fetah et al., 1987; Saadi et al., 1984a).

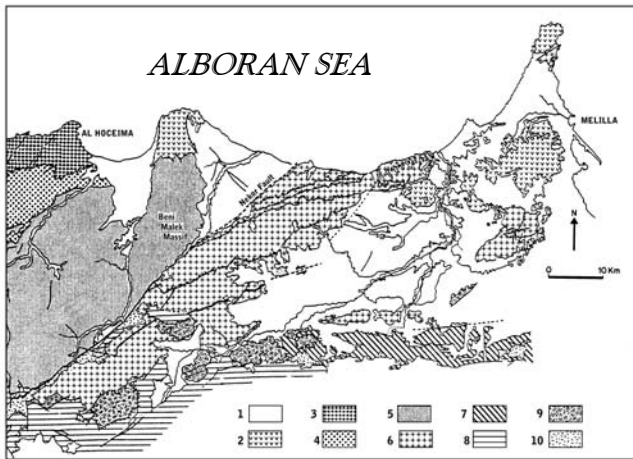


Figure 2. Geological map of the eastern Rif showing the boundaries between the most important units. Legend: 1. Quaternary, Messinian-Pliocene sediments. 2. Volcanic rocks. 3. Internal Zones. 4. Flysch nappes. 5. Ketama unit. 6. Tamsamane area. 7. African foreland. 8. Aknoul nappe. 9. Senhadja nappe. 10. Olistostromes. From Frizon de Lamotte (1985).

DATA SELECTION

We have used P wave arrival times from digital and analog data recorded by Seismic Networks which belong to CNCPRST in Rabat (Morocco), Physique du Globe at Mohamed V University, in Rabat (Morocco), IAG in Granada (Spain), IGN in Madrid (Spain) and ROA in San Fernando (Spain). The figure 3 shows the distribution of seismic stations used in this study (triangles). We have selected exclusively the local earthquakes which have been recorded at least in five stations placed in the African continent. Finally, we selected a total of 221 earthquakes, whose hypocenters are located using the method of Lienert et al. (1986). However because of difficult availability of arrival times from seismic stations placed in north Morocco, the root mean square (rms) arrival time residual calculated from hypocenters is high, 0.75 sec., and solely the 51% of the earthquakes selected have rms smaller than 0.8 sec. Because of this reason, the database was relocated using the tomographic method of Zhao et al. (1992), after removal any arrival time differences that exceeded a certain threshold value. The events were relocated in six different velocity models from 5.8 to 6.9 km/s in the upper crust, from 6.4 to 6.8 km/s. in the lower crust and from 7.9 to 8.1 km/s. in the upper mantle. Comparing the relocated hypocenters from different models with the initial ones we can observe that the highest correlation coefficient (0.9) corresponds to the model: 6.0, 6.5 and 8.1 km/s., which coinciding with the

minimum rms arrival time residual. We attain to decrease rms arrival time residual down to 0.43 sec. after the inversion.

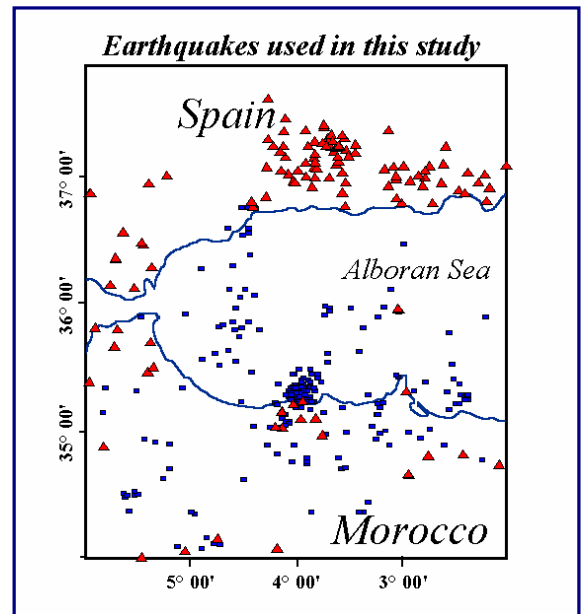


Figure 3. Distribution of seismic stations (triangles) used in this study. The squares denote the hypocenters of earthquakes.

METHODOLOGY AND RESOLUTION

We used the tomography method of Zhao et al. (1992, 1994) to determine the 3-D P- wave velocity structure. We set up a 3-D grid in this study with a grid spacing of 45 to 18 km in the horizontal direction and 5 to 10 km in depth. The poor seismic distribution in the area and the fact of nearly 56% earthquakes are shallower than 10 km determine the grid space. The selected initial velocity model for the tomographic inversion is derived from results of the velocity independent methods (Wadati diagram technique). Moreover some inversions were conducted by using the same tomography technique and data set, but by changing the P- velocity gradually from 5.9 to 6.1 km/s in the upper crust and from 6.4 to 6.8 km/s in the lower crust, with an interval of 0.1 km/sec. The P-velocity of 6.0 km/sec for upper crust and 6.5 km/s for lower crust give the minimum rms residual. This model is in agreement with the aforementioned model which give maximum correlation coefficient between hypocenters from location program and hypocenters from tomography program. Finally, the P-wave velocity (V_p) for the upper crust, lower crust and the uppermost mantle is 6.0, 6.5 and 8.1 km/s, respectively. V_p in the upper mantle has a vertical gradient of 0.005 km/s per km. V_p/V_s is set to be 1.7 in the initial model. A number of inversions were run with different damping values, afterward the reduction in travel time residual is compared to the variance of the

solutions and we draw a trade-off curve between them. The selected value of the damping parameter is the one which gives the optimal residual reduction and the solution variance. On the other hand, a threshold of 1.0 sec. in the earthquake set was found to significantly reduce the rms residual solving the inverse problem for 1800 P- velocity parameters at the grid nodes with hit counts greater than 10. Afterwards, we applied a checkerboard resolution test (Zhao et al, 1992, 1994) to examine the resolution scale of the present data set.

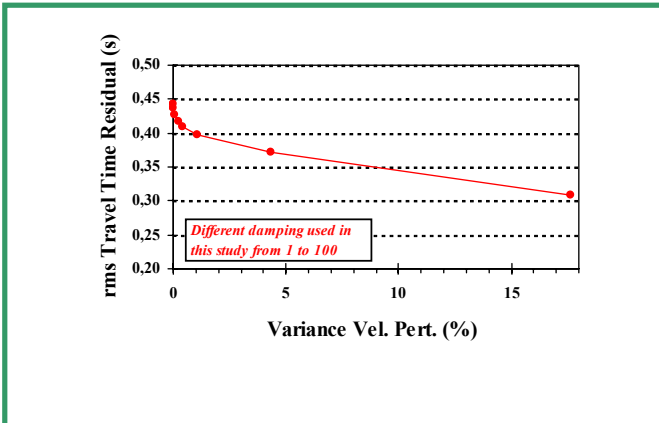


Figure 4. Trade-off curve between the variance of the solutions and travel time residuals for different damping, from 1 to 100. The selected value is 10.

NEKOR FAULT

The most robust feature imaged in the first layer, at 5 km depth, is the pronounced low-velocity region trending NE-SW in Northern Morocco. Usually low seismic velocities can be ascribed to severe fracturing and cracking or fault gouge formation, for example fault gouge is thought to lower the velocity of rock by about 20%. The place where there is significant fault gouge and/or fracturing with contained fluids, the fault zone will exhibit low velocity, low resistivity and high attenuation. In our context the electrical conductive structure detected in relation to Nekor fault can be associated with the low velocity zone and high-attenuation zone (Seber et al., 1996). Moreover the high surface heat flow and the upheaval of the isotherms in the region (Rimi et al., 1998) mean that the depth of the conductive structures do not exceed a few tens of kilometres. In addition, this velocity anomaly occupies the same relative position that NE-SW elongated part of negative gravity values extending along SE boundary of Nekor fault. Consequent these features could be interpreted as a fault gouge zone and/or a fluid-filled subsurface rock matrix in the upper crust. Otherwise it is clear that Nekor fault is a sinistral strike-slip fault that was active during the Miocene (Leblanc and Olivier, 1984) and also is widely recognized that low-velocity zones are

a feature of some old or active strike-slip zones (Stern and McBride, 1998). However from 10 km depth downwards a weak positive velocity zone is imaged along SE Nekor fault in according with the results of previous tomographic studies (Calvert et al., 2000). Geological and geochemical evidence suggest that fault gouge is stable only to depth of 8-12 km (Wang, 1984) and at these depths cracks and fractures are annealed, which can explain the existence of low velocity zone only at 5 km depth. At present, we inclined to think that the low velocity zone along SE Nekor fault in the shallowest layer at 5 km can be associated to the previous activity of this important geologic accident even though that actually has not a significant seismic activity neither tectonic evidence of Quaternary motion. However, if there is no doubt that Nekor fault was one of the most great discontinuity in the Rif and played an important role in the geodynamics of the region in the recent past, it is a valid reasoning that must remain outward signs and/or geophysical evidences in relation to the slip of this fault in the region.

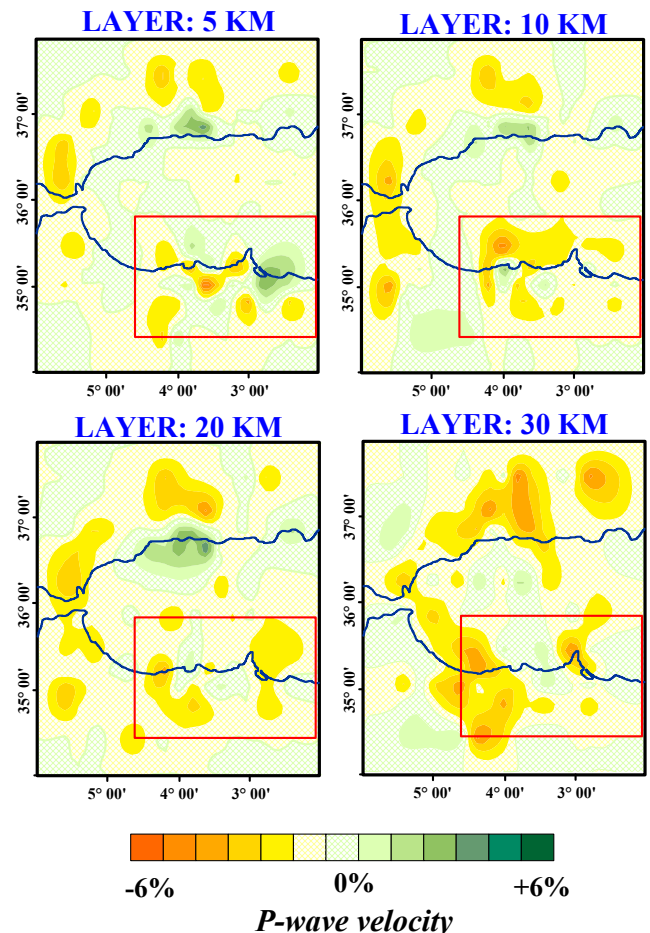


Figure 5. Fractional P-wave velocity perturbations (in percentage) at the first four depth layers. The velocity perturbation is from the mean value of the inverted velocity at each layer. Green and red colours denote fast and slow velocities respectively.

AL-HOCEIMAS REGION

In the first slice we can see important seismic velocity variations imaged in the epicentral area of Al-Hoceimas series (El Alami et al., 1994, Calvert et al., 1997, etc). The lower Nekor basin, although is occupying the same area in space that the low velocity anomaly, at present is filled with 400 m. of Quaternary sediments (Frizon de Lamotte, 1982), which indicates these sedimentary rocks are not in relation with the low velocity zone obtained at 5 km depth. Along the S-N cross section it is possible observe the main cluster of earthquakes is located in the transition zone between fast and slow velocity anomalies. Vp is low in the southern area of the earthquake zone and is high in the northern zone. The most of the earthquakes happened from low velocity limits to the south, almost inner high velocity zone. Roughly the seismicity goes deeply towards south in the Al-Hoceimas area. The high velocity zone could be associated to the seismic activity, although the relation is not very clear. However the seismic activity in this area ceases at 20 km depth, which coincide with the high-low velocity boundary. In the area where the Al-Hoceimas series happened, high velocity zone attains the end at 20 km depth and low velocity zone begin at this depth and extend downwards. The results of the seismic distribution and seismic velocity can be indicating that the most important concentration of earthquakes are confined in the high velocity area. Indeed we can interpreted this higher velocity area like a brittle and competent part of the upper crust which sustain seismogenic stress in contrast with the low velocity near Nekor fault.

HIGH VELOCITY BELOW KEBDANA MOUNTAINS

The eastern coast line Morocco spreads with a fast velocity anomaly (+3%) at 5 km depth, in relation with a disperse shallow seismic activity. However it seems clearly the NE-SW trend of this anomaly and its existence only at shallowest layer, because penetration to a deep the positive seismic values disappear. In the magnetic map of North Morocco (Demnati, 1972), we can observe a weak positive anomaly drawn in SE Melilla, and the shape of the isolines can be indicating the existence of a shallow body with NE-SW trend, coinciding with the place of the velocity anomaly. Around this area, there are important neogene volcanic outcrops and in the western part of the studied area ultramafic outcrops also exists. On the other hand we can observe the close position of a volcanic center in this area (late Miocene potassic volcanism) and the NE-SW regional trend of the volcanic outcrops in whole Ibero-Mogrebi region. Supporting this hypothesis the heat flow density and thermal gradient calculated for this area show some of the highest values, 85 mW/m² and 37°C/Km across the North Morocco (Rimi et al., 1998). From geological, magnetic, thermal and seismic features we can infer that from at least 2.5 to 7.5 km depth exists a high density body probably formed by mid Miocene calc-alkaline or late Miocene potassic volcanic rocks.

ACKNOWLEDGMENTS

This work has been supported by the Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, proyecto REN2001-2418-C04-04 and Grupo de Investigación RNM-104. The first author (I. Serrano) thanks the Universidad de Granada (Spain) and Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (Dirección general de Universidades) for two postdoctoral fellowships at Ehime University (Japan).

REFERENCES

- Aït Brahim, L. and Chotin, B. A., 1989. Genèse et déformation des bassins néogènes du Rif central (Maroc) au cours du rapprochement Europe-Afrique. *Geodyn. Acta* 3, 295-304.
- Calvert, A., Gomez, F., Seber, D., Barazangi, M., Jabour, N., Ibenbrahim, A. and Demnati, A., 1997. An integrated geophysical investigation of recent seismicity in the Al-Hoceima Region of North Morocco. *Bull. Seism. Soc. Am.*, vol. 87, no. 3, 637-651.
- Demnati, A., 1972. Krustenstruktur im Rif-bereich von Nord-Marokko aus gravimetrischen und aeromagnetischen regionalmessung. *Bol. Geofis. Teor. Appl.* XIV, 203-236.
- El Alami, S. O., Tadili, B. A., Cherkaoui, T. E., Medina, F., Ramdani, M., Brahim, L. A. and Harnafit, M., 1998. The Al Hoceima earthquake of May 26, 1994 and its aftershocks: a seismotectonic study. *Annali di Geofisica*, vol. 41, n° 4.
- Fetah, S. E. M., Bensaid, M. and Dahmani, M., 1987. Carte géologique du Rif, Rouadi, Notes Mem. Serv. Geol. Maroc, 347.
- Frizon de Lamotte, D., 1987. Un exemple de collage symmétamorphe: La déformation miocène des Tamsamane (Rif externe, Maroc). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3, 337-344.
- Gensous, B., Tesson, M. and Winnock, E., 1986. La Marge méridionale de la mer d'Alboran: caractères structure-sédimentaires et évolution récente. *Mar. Geol.*, 72, 341-370.
- Leblanc, D. and Olivier, Ph., 1984. Role of strike-slip faults in the Betic-Rifan orogeny. *Tectonophysics*, 101, 345-355.
- Lienert, B.R., E. Berg and L.N. Frazer, 1986. AHypocenter@: An earthquake location method using centered, scaled and adaptively damped least squares. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 76, 771-783.
- Morel, J. L., 1989. Etat de contrainte et cinématique de la chaîne Rifaine (Maroc) du Tortonien à l'actuel. *Geodin. Acta*, 3, 283-294.
- Rimi, A., Chalouan, A. and Bahi, L., 1998. Heat flow in the westernmost part of the Alpine Mediterranean system (the Rif, Morocco). *Tectonophysics*, 285, 135-146.
- Rebaï, S., Philip, H. and Taboada, A., 1992. Modern tectonic stress field in the Mediterranean region: evidence for variation in stress directions at different scales. *Geophys. J. Int.*, 110, 106-140.
- Saadi, S. E. M., Bensaid, M. and Dahmani, M., 1984a. Carte géologique du Rif, Al Hoceima, Notes Mem. Serv. Geol. Maroc, 302.
- Seber, D., Barazangi, M., Ibenbrahim, A. and Demnati, A., 1996. Geophysical evidence for lithospheric delamination beneath the Alboran Sea and Rif-Betic mountains. *Nature*, vol. 379.
- Stern, T. A. and McBride, J. H., 1998. Seismic exploration of continental strike-slip zones. *Tectonophysics*, 286, 63-78.
- Wang, C. Y., 1984. On the constitution of the San Andreas fault zone in central California. *J. Geophys. Res.*, 89, 5858-5866.
- Zhao, D., Hasewaga, A. and Horiuchi, S., 1992. Tomographic imaging of P and S wave velocity structure beneath northeastern Japan. *J. Geophys. Res.*, 97, 19909-19928.
- Zhao, D., Hasewaga, A. and Kanamori, H., 1994. Deep structure of Japan subduction zones as derived from local, regional and teleseismic events. *J. Geophys. Res.*, 99, 22313-22329.

Actividad tectónica reciente en el borde sur de la depresión del Guadalquivir entre Cabra y Quesada (provincias de Jaén y Córdoba)

Recent tectonic activity on the south margin of the Guadalquivir basin, between Cabra and Quesada towns (provinces of Jaén and Córdoba, Spain)

Mario Sánchez Gómez¹ and Federico Torcal Medina^{2, 3}

¹ Departamento de Geología. Universidad de Jaén, 23071-Jaén (Spain).

e-mail: msgomez@ujaen.es

² Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad Pablo de Olavide, Crta. de Utrera Km. 1, 41013-Sevilla (Spain).

e-mail: ftormed@dex.upo.es

³ Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos. Observatorio de Cartuja, Calle del Observatorio nº 1, Campus Universitario de Cartuja. 18071-Granada (Spain).

e-mail: fede@iaq.ugr.es

Summary

The eastern zone of the Guadalquivir river basin has been considered in a traditional way as a zone of a low degree of seismic activity, congruent with a reduced tectonic activity since the Late Miocene. Accordingly, very few efforts have been focused on neotectonics research into this area. However, there are some indications of tectonic movement ratios that can be considered as important as the ones found in the zones contemplated usually as active into the Betic Cordilleras, like the Granada Basin, the southern flank of the Sierra Nevada-Sierra de Filabres mountains, and the lower Segura river basin, all studied intensely since 1980.

The Guadalquivir basin is delimited to the south by the front of thrusts of the South-Iberian Domain sedimentary cover, forming an apparently non-continuous mountain chain front. The front is bounded to the north by the so-called Olistostromic Unit, originated by the gravitational collapse of the former Middle Miocene nappe pile towards the center of the basin. Thus, the Guadalquivir basin constitutes a foreland basin, formed by flexure of the South-Iberian lithosphere as consequence of the thin-skinned thrust thickening and/or the overweight that implies the thrusting of the Alborán-Domain over the South-Iberian margin.

Several observations suggest that a relative tectonic activity continued from the Middle Miocene until nowadays. These are:

-There are a moderate number of earthquakes recorded in the area through the time, although in most of them the magnitude is low. Also some seismic series has been developed in the area, like the one occurred near Alcaudete (Jaén) in 1951, with two main earthquakes of magnitude over 5.

-There are prominent reliefs, limited by faults showing linear topographic shape.

-Some tributary rivers of the Guadalquivir are strongly incised into the mountain front, forming narrow canyons with cliffs over 200 m in high.

- The Guadalquivir and tributary rivers have few terrace levels, some of them separated from the present floodplain tens of meters suggesting a tectonic origin.

Focal mechanisms from several earthquakes illustrate the actual stress field of the upper crust in the area. Our research is in an initial stage of study, but we found a good correlation between the geophysical, geomorphologic and structural data observed until now. The preliminary results show a complex tectonic state with orthogonal movement senses. Future investigations could enlighten us about features of the present tectonic activity, its spatial

distribution and importance. Also some geologic and seismic hazards related with the tectonic activity could be revealed in this “non active” area.

Introduction

The Betic Cordillera is considered as a zone with a significant present tectonic activity inside (Galindo-Zaldívar *et al.*, 1999) and there are a few areas showing a moderate to intense seismicity. Earthquakes of low magnitude are common in the so-called Alborán Domain (De Miguel *et al.*, 1989), a “terrane” that groups the Internal Zones of the Betics and Rif, and also the Alborán Sea basement (García Dueñas *et al.*, 1992). The Alborán Domain is superimposed over the hypothetical limit between Africa and Iberia plates, which are converging in the region at a rate of 5 mm/y (DeMets *et al.*, 1994). Paradoxically the main observed structures correspond to large crustal extension (v.g. Jabaloy *et al.*, 1993; Crespo-Blanc *et al.*, 1994; Martínez-Martínez and Azañón, 1997), as well as a large number of calculated focal mechanisms also show extensional component (Galindo-Zaldívar *et al.*, 2001). The Alborán Domain was emplaced over the South Iberian and Magrebian margins since the early Miocene (Balanyá and García-Dueñas, 1988), with a west directed movement. Thus, the present tectonic state in the Alborán Domain is a complex mixture of plate convergence, orogen collapse and back-arc extension, that difficult the geologic analysis of the seismicity.

Nevertheless, seismicity is not restricted to the Alborán Domain. Towards the north, the South Iberian cover is deformed in an up-to 100 km wide mountain belt, where there are evidences of present tectonic activity. This area, called External Zones, have a more simple crustal structure, with a well-layered crust of typical thickness (Banda and Ansorge, 1980, Galindo-Zaldívar *et al.*, 1997). Although earthquakes are less frequent and intense than on the Alborán Domain, geomorphologic evidences suggest surface movement rates remaining relatively high. We focus in the South Iberian Domain of the Central Betics, from Cabra to Quesada towns, south to the Guadalquivir River (Figs.1 and 2), trying to relate seismic, geologic and geomorphologic observations. We present here the preliminary results of this research line.

Geological setting

The collision of the Alborán Domain with the South Iberian Margin during the Miocene, results in a thin-skinned thrust belt (Fig. 1). The sedimentary cover of the Iberian plate was detached, imbricated and folded to the north and/or to the west. Two tectono-stratigraphic sub zones are recognized in the External Zones corresponding with the two principal paleogeographic domains (Prebetic and Subbetic; v.g. García-Hernández *et al.*, 1980; Vera, 1986). The Prebetic Zone corresponds to the inner shelf of the margin, generally less subsident. The Subbetic Zone corresponds to the outer shelf and is characterized by the prevalence of pelagic sedimentation that produced usually thicker units.

In the Central Betics (Figs. 1 and 2) Prebetic and mainly Subbetic thrusts constitute a coherent mountain chain, bounded towards the northwest by the Guadalquivir basin. Thrusting and folding started during the early Burdigalian and the

main horizontal shortening stopped on early Tortonian (Molina-Cámara, 1987; Sanz de Galdeano and Vera, 1992). Low-angle faults with NW hanging wall displacement sense have been described on the mountain front after the basal Tortonian (Galindo-Zaldívar *et al.*, 2000), but any upper limit age has been found for this faults. During the middle Miocene, the mountain front, partially below the sea level, fell down as olistostromic masses towards the Guadalquivir foreland basin depocentre (Pérez-López and Sanz de Galdeano, 1994), forming a parallel front of olistostrome emplacement (Fig. 2). From middle Tortonian to present is considered a “post-tectonic” period, however deformation should not have stopped yet, as the local presence of striated pebble in Quaternary conglomerates suggest (Ruano and Galindo-Zaldívar, personal communication, 2002). General topographic rise start at that time, controlled by normal faults, and it cannot be excluded a sort of tectonic collapse as it has been observed on other areas of the Betics.

In this way, Guadalquivir basin is a typical foreland basin formed by the flexure of the Iberian crust, because the Miocene tectonic overload (García-Castellanos, 2002). Three main explanations can be invoked to justify the flexion of the entire lithosphere: the thrust of the Alborán Domain, the thickening of the Prebetic and Subbetic zones, and the lower crust and the lithosphere mantle thickness changes. A recent numeric modeling rejects the possibility of isostatic influence of the Alborán Domain kinematics over the Guadalquivir basin (García-Castellanos *et al.*, 2002), but scarce geologic evidences are presented.

Thus, the south margin of the Guadalquivir basin displays a relatively simple well-known crustal structure on the contact of the Alborán Domain with the Iberian crust, where tectonic components of the current geologic activity should be easier elucidate.

Structure and geomorphologic description of the area

The most significant feature of the region is the morphologic manifestation of the Subbetic and Prebetic front over the Guadalquivir Units (Fig. 2), although there is not a topographic continuity. Three main massifs (Sierra Alcaide, Jabalcuz and Mágina) have a northern sudden face that can be connected by a straight line. Fault bounded depressions of varied shape separate the sierras on the NNE-SSW direction. Between Sierra Alcaide and Jabalcuz, a large area of Triassic rocks remains relatively lower, except a kilometric klippe of Subbetic units. Nevertheless, two narrow valleys (Guadalbullón and Quiebrajano rivers) filled by upper Miocene to Quaternary sediments split up Jabalcuz from Mágina. Both depressions and valleys are limited by NNW-SSW normal faults with variable intensity topographic manifestation as escarpments or triangular facets. Evidences of Holocene activity of this kind of faults has been found east of Sierra Mágina, where a buried calcrete soil yields an ^{14}C age of 5.2 ± 1.5 ka (Jiménez-Espinosa and Jiménez-Millán, 2003). Moreover, deep canyons occur associated to the NNW-SSW faults, as can be observed for example in the confluence of Quiebrajano and Río Frío (Fig. 2), where there are canyons over Jurassic limestone until 300 m deep.

If a hypothetically continuous line is drawn following the north end mountain front (Fig. 2), in general, rivers incised the previous geomorphologic peneplains to

south of this line, even on relatively depressed areas as on Alcaudete Triassic neighbourhood. Likewise, Quaternary terrace deposits are strongly incised (Figure 3). On the other hand, lacustrine sediments, now also completely incised (García-García and Sánchez-Gómez, in press), occur on specific segment of the fluvial valleys, suggesting the possibility of relative subsidence (Figure 4). More exhaustive and quantitative analysis of these features is going to be carried out, in order to determine if the topographic rise is homogeneous or there are fault-controlled blocks of different behaviour.

No clear paleoseismic evidences has been observed until now, however the area shows a moderate seismicity (see next section) thus sporadic large earthquakes cannot be refused.

Seismic data

The studied area shows a gentle to moderate seismic activity. Comparatively with the area of the Granada basin located just to the south, the deformation energy released by earthquakes is near two orders of magnitude less. However as it is showed in Figure 5 the area can be discriminated from the north and east adjacent areas by a larger number of earthquakes.

The Figure 5 illustrates the epicentres of the earthquakes between June 1910 and June 2002, considering only the ones which the magnitude m_b is greater to 3, to avoid quarry explosions. The area registered 536 earthquakes of $m_b > 2.5$ (144 of $m_b > 3$), since 1983 when a regional seismograph network has been established (Alguacil *et al.*, 1986). Most than 70% of the earthquakes occur above 20 km depth and 60% above 15 km. Data before 1983 only recorded the larger earthquakes, thus temporal distribution cannot be made properly. Some seismic series has been developed in the area, like the one occurred near Alcaudete (Figures 2 and 5) in 1951, with two main earthquakes of magnitude over 5 (Bernal *et al.*, 1991; Peláez y López-Casado, 1995). Maximum magnitude documented is about 5.5.

In order to test the relationship between seismicity and geological context, we selected a small area south of Jaén, where we were able to calculate three focal mechanisms (Figure 6) from earthquakes of $m_b > 3$. The focal mechanism noted A and B correspond to successive events (separated 6 hours) with a similar solution on very close coordinates. The A and B focal mechanism indicate reverse ENE-WSW faults, which fit well with the orientation of the Subbetic and Prebetic thrusts. On the other hand, C focal mechanism point to a normal fault of NNW-SSE, similar to the faults that cut the mountain front and bound the transverse valleys.

Discussion and conclusion

The studied area shows a moderate seismic activity that can be related with the structures detected on the area. Nevertheless geomorphologic observations suggest a more intense tectonic activity, although in this preliminary research it cannot be established what is the role of the aseismic deformation.

Overall the area shows a patent elevation inside of the mountain front. This general topographic rise could be compartmentalized in blocks of different rate of movement limited by NNW-SSE normal faults. Some of these faults should be seismic or at least related with seismic sources in depth. Other seismic sources seem to be caused by a roughly N-S compression.

The origin of this tectonic instability could be an isostatic rebound after the nappe thickening in the middle Miocene, or the N-S directed approach between Africa and Iberia. In the second case, normal faults should be explained by extension orthogonal to the main compression direction, after reactivation of Miocene thrust. Further studies must be carried out to characterize the tectonic process predominant and the relationship with the intense tectonic activity present just south of the area, in the Granada basin.

Although seismicity is moderate, it cannot be rejected the seismic risk associated to some faults or local areas, as happened on Alcaudete in 1951. The combination of geologic, geomorphologic and seismic studies became indispensable on areas of relative low activity to determine the diffuse risk and the subsequent hazard of the region.

Acknowledgements: This work has been supported by the projects the MICYT REN2001-3868-CO3-01/MAR and REN2001-3378/RIES

References

- Alguacil, G., 1986. *Los instrumentos de una red telemétrica para microterremotos. La red sísmica de la Universidad de Granada*. Tesis doctoral, 228 pp., Univ. Granada, Granada.
- Balanyá, J. C. & García-Dueñas, V. 1988. El Cabalgamiento cortical de Gibraltar y la tectónica de las Béticas y Rif. *II Congreso Geológico de España*. Simposium sobre Cinturones Orogénicos, 35-44.
- Banda, E. & Ansorge, J. 1980. Crustal structure under the central and eastern part of the Betic Cordillera. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* **63**, 515-532.
- Bernal, A., Barrera, T. and Santiago, J.L. 1991. The earthquakes of march 10th and may 19th, 1951 occurred in the province of Jaén, Spain. In *Seismicity, seismotectonics and seismic risk of the Ibero-Maghrebian region*. Instituto Geográfico Nacional, Madrid.
- Crespo-Blanc, A., Orozco, M. & García-Dueñas, V. 1994. Extension versus compression during the Miocene tectonic evolution of the Betic chain. Late folding of normal fault systems. *Tectonics* **13**, 78-88.
- Demets, C., Gordon, R. G., Argus, D. F. & Stein, S. 1994. Effect of Recent Revisions to the Geomagnetic Reversal Time-Scale on Estimates of Current Plate Motions. *Geophysical Research Letters* **21**, 2191-2194.
- De Miguel, F., F. Vidal, G. Alguacil and J. M. Guirao, 1989. Spatial and energetic trends of the microearthquakes activity in the Central Betics, *Geodinamica Acta*, **3**, 87-94.

- García-García, F. and Sánchez-Gómez, M. in press. Relleno sedimentario y destrucción de una pequeña cuenca fluvio-lacustre en la Sierra Sur de Jaén (Cordilleras Béticas). *Geogaceta*.
- Galindo-Zaldívar, J., Jabaloy, A., González-Lodeiro, F. & Aldaya, F. 1997. Crustal structure of the central sector of the Betic Cordillera (SE Spain). *Tectonics* **16**, 18-37.
- Galindo-Zaldívar, J., A. Jabaloy, I. Serrano, J. Morales, F. González-Lodeiro and F. Torcal. Recent and present-day stresses in the Granada Basin (Betic Cordilleras): example of a late Miocene-present-day extensional basin in a convergent plate boundary, 1999. *Tectonics*, vol. 18, no. 4, 686-702.
- Galindo-Zaldívar, J., Ruano, P., Jabaloy, A. & Lopez-Chicano, M. 2000. Kinematics of faults between Subbetic Units during the Miocene (central sector of the Betic Cordillera). *Comptes Rendus de L'Academie des Sciences Série II a- Sciences De la Terre et des Planetes* **331**, 811-816.
- Galindo-Zaldívar, J., Jabaloy, A., Morales, J., Ruano, P. & Serrano, I. 2001. Estructura y evolución tectónica de la Depresión de Granada en el marco de las Cordilleras Béticas. In: *La Cuenca de Granada: Estructura, Tectónica activa, Sismicidad, Geomorfología y dataciones existentes* (edited by Sanz de Galdeano, C., Peláez Montilla, J. A. & López Garrido, A. C.). CSIC-Universidad de Granada, Granada, 89-108.
- García-Castellanos, D. 2002. Interplay between lithospheric flexure and river transport in foreland basins. *Basin Research* **14**, 89-104.
- García-Castellanos, D., Fernández, M. & Torné, M. 2002. Modeling the evolution of the Guadalquivir foreland basin (southern Spain). *Tectonics* **21**, art. no.-1018.
- García-Dueñas, V., Balanyá, J. C. & Martínez-Martínez, J. M. 1992. Miocene Extensional Detachments in the Outcropping Basement of the Northern Alboran Basin (Betics) and their Tectonic Implications. *Geo-Marine Letters* **12**, 88-95.
- García-Hernández, M., López Garrido, A. C., Rivas, P., Sanz de Galdeano, C. & Vera, J. A. 1980. Mesozoic Paleogeographic evolution in the Externes Zones of the Betic Cordillera (Spain). *Geologie En Mijnbouw* **59**, 155-168.
- Jabaloy, A., Galindo-Zaldívar, J. & González-Lodeiro, F. 1993. The Alpujarride-Nevado-Filábride extensional shear zone, Betic Cordillera, SE Spain. *Journal of Structural Geology* **15**, 555-569.
- Jiménez-Espinosa, R. & Jiménez-Millán, J. 2003. Calcrete development in mediterranean colluvial carbonate systems from SE Spain. *Journal of Arid Environments* **In Press**.
- Martínez-Martínez, J. M. & Azañón, J. M. 1997. Mode of extensional tectonics in the southeastern Betics (SE Spain). Implications for the tectonic evolution of the peri-Alborán orogenic system. *Tectonics* **16**, 205-225.
- Molina Cámara, J. M. 1987. Análisis de Facies en el Mesozoico en el Subbético Externo (Provincias de Córdoba y Sur de Jaén). Unpublished Ph. D. Thesis, Universidad de Granada.
- Peláez, J.A. y López Casado, C. 1995. Sismicidad y peligrosidad sísmica en la provincia de Jaén. *Boletín del Instituto de Estudios Jienenses* **155**, 187-214.

- Pérez-López, A. and Sanz de Galdeano, C. 1994. Tectónica de los materiales triásicos en el sector central de la Zona Subbética (Cordillera Bética). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 7, 141-153.
- Sanz de Galdeano, C. & Vera, J. A. 1992. Stratigraphic record and paleogeographical context of the Neogene basins in the Betic Cordillera, Spain. *Basin Research* 4, 155-181.
- Vera, J. A. 1986. Las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas. In: *Libro Jubilar J.M. Rios II*. IGME, Madrid, 218-237.

Figures

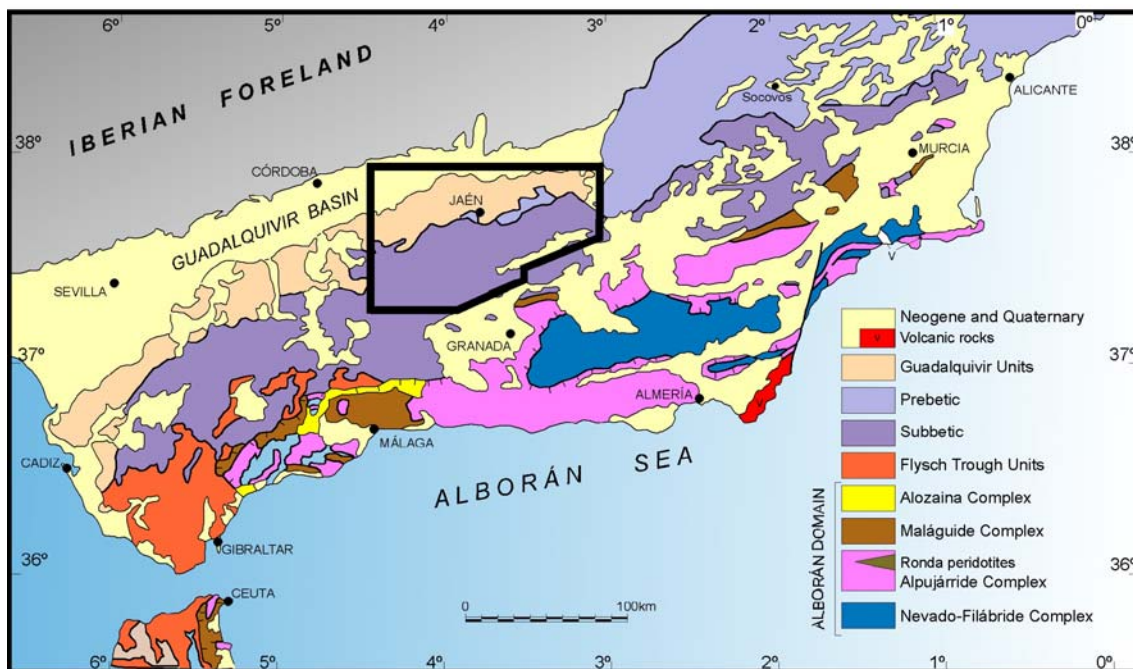


Figure 1. General map of the Betics showing the studied area.

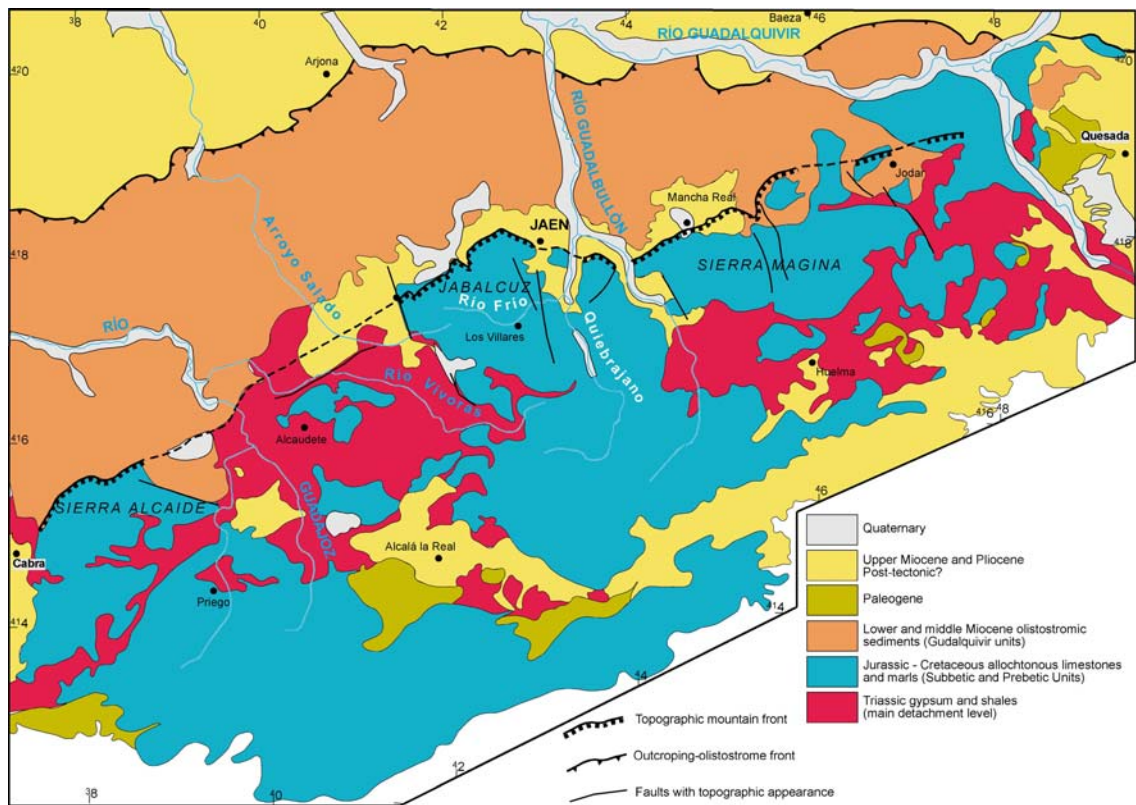


Figure 2. Simplified geological map of the South margin of the Guadalquivir basin and the Central Betics.



Figure 3. A Guadalbullón river terrace, south of Jaén, largely incised respect to the current stream bed (at the bottom of the picture), nowadays separated more than 50 m.



Figure 4. Fluvio-lacustrine sediments on the Quebrajano valley, showing several abandoned terrace levels. Note the meandering shape of the terraces but the near straight present stream, incised near 30 m on lacustrine sediments below the terraces, indicating discrete changes of the base level.

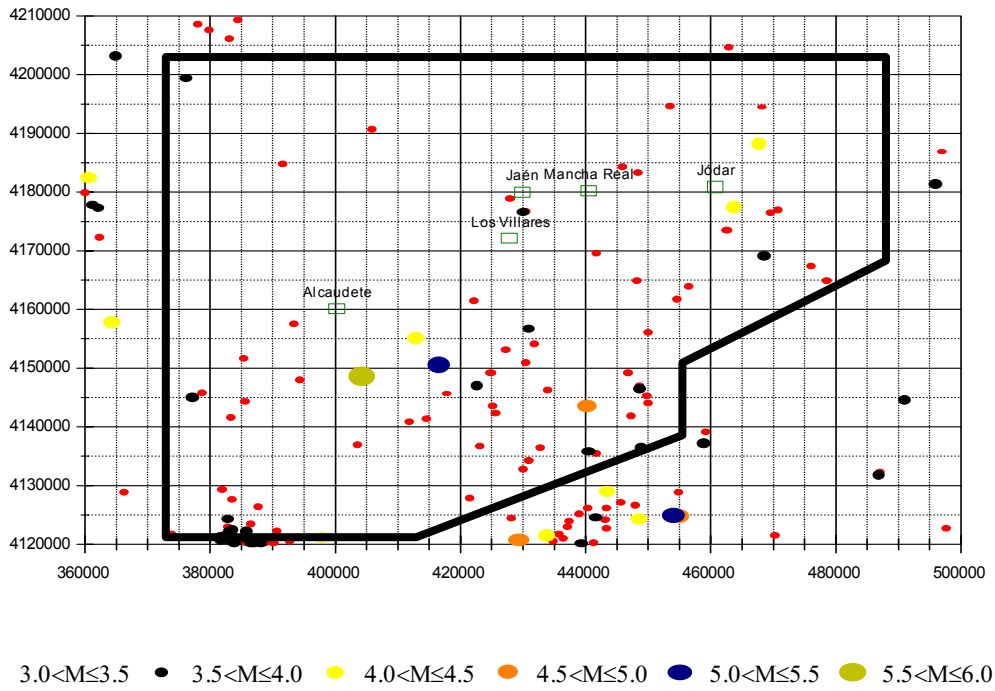


Figure 5. Seismicity of the studied area. The drawn towns outline roughly the Betic mountain front. Note the practically absence of earthquakes NW of this imaginary line.

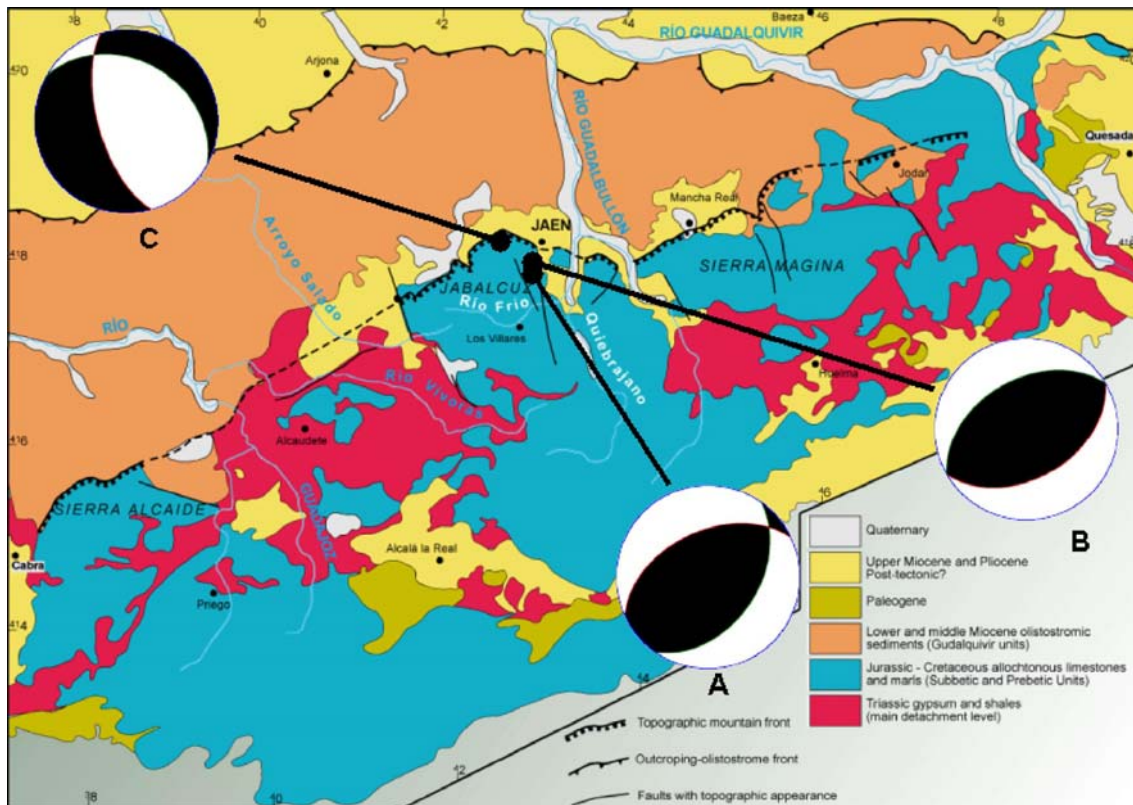

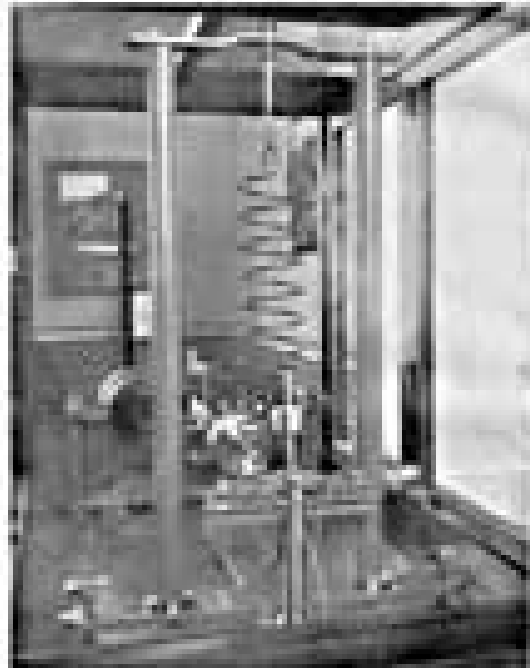


Figure 6. Focal mechanism of three earthquakes SW of Jaén town. A) Earthquake occurred the 24/06/2001 at 04:26:52 GMT, coordinates 37°43'58"N, - 3°47'38"E, 2 km deep and $m_b=3.7$. B) Earthquake occurred the same day that "A" at 10:50:06 GMT, coordinates 37°43'58"N, - 3°47'20"E, 2.5 km deep and $m_b=3.4$. C) Earthquake occurred the 09/11/1985 at: 21:36:26 GMT, 37°45'28"N, -3°51'39"S, 38 km deep and $m_b=3$.

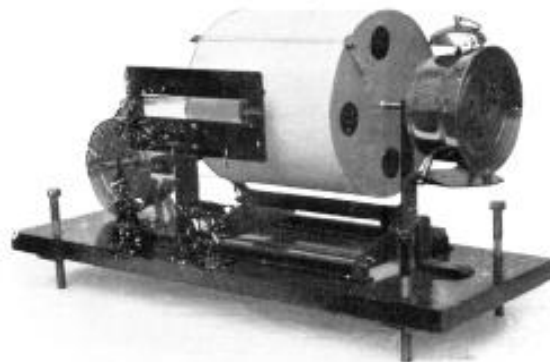
SISMOGRAFOS	
DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
<p>BELARMINO 1: Imagen del sensor del sismógrafo magneto-óptico vertical Belarmino, dentro de su vitrina, visto de frente (de Sánchez-Navarro, 1925)</p>	 <p>Compartimento vertical sismográfico de la Estación de Carbono (Barcelona)</p>
<p>BELARMINO 2: Imagen del sismógrafo Belarmino, dentro de su vitrina, visto de lado (de Sánchez-Navarro, 1925)</p>	 <p>Compartimento sismográfico de la Estación de Carbono (Barcelona)</p>

BELARMINO 3:
Galvanómetro del
sismógrafo Belarmino.
Para realizar esta
fotografía se le quitó su
carcasa externa (de
Sánchez-Navarro, 1925)



Galvanómetro del sismógrafo

BELARMINO 4:
Tambor de registro del
sismógrafo Belarmino.
Observe la presencia
de dos relojes
despertadores que actúan
como motores para la
traslación y rotación del
tambor respectivamente
(de Sánchez-Navarro,
1925)



Cilindro receptor fotográfico del sismógrafo «Belarmino» de Cartuja

BELARMINO 5:
 Imagen de la instalación del Observatorio de Cartuja en la Exposición Iberoamericana de Sevilla. Sobre la mesa, en el centro de la imagen, puede apreciarse la segunda copia del sismógrafo Belarmino, presentado sin vitrina (de Sánchez-Navarro, 1929)



Figura 5. Sismógrafo Belarmino en el Observatorio de Cartuja.

BERCHMANS 1:
 Sismógrafo Berchmans. Suponemos que se trata de una fotografía realizada nada más terminado el instrumento, puesto que todavía no dispone de la vitrina protectora. El timbre que puede apreciarse en la parte superior frontal de la caja de palastro pertenece al cronógrafo. Esta imagen fue publicada en el Bull. Seis. Soc. Am., vol. XII, p. 24

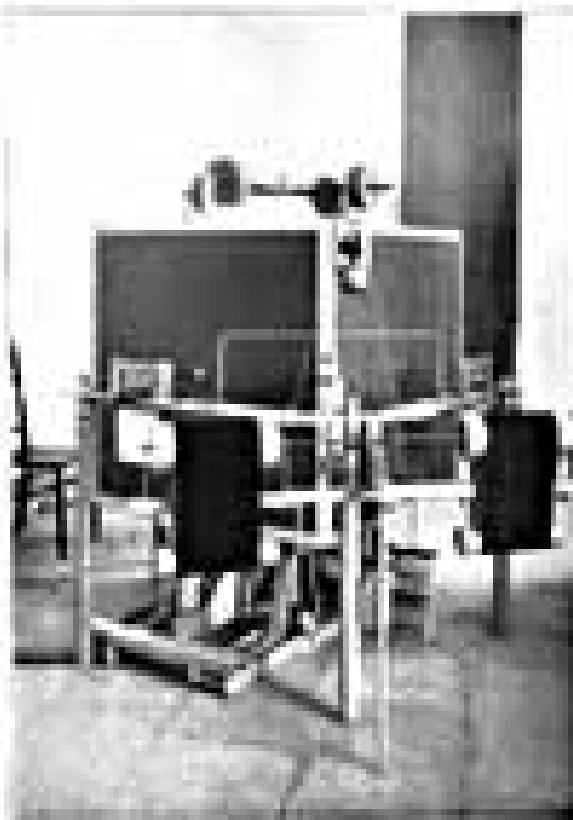


Figura 6. Sismógrafo Berchmans.

BERCHMANS 2:

Imagen del sismógrafo Berchmans instalado en el Colegio - noviciado y con su vitrina protectora. Fotografía conservada en el archivo del observatorio del Ebro



BERCHMANS 3: Otra imagen del sismógrafo Berchmans instalado en el Colegio - noviciado y con su vitrina protectora. Es esta imagen puede apreciarse el timbre que formaba parte del cronógrafo y también, encima suyo, justamente en el vértice de la caja de palastro, una medalla con la imagen San Juan Berchmans, Fotografía conservada en el archivo del observatorio del Ebro



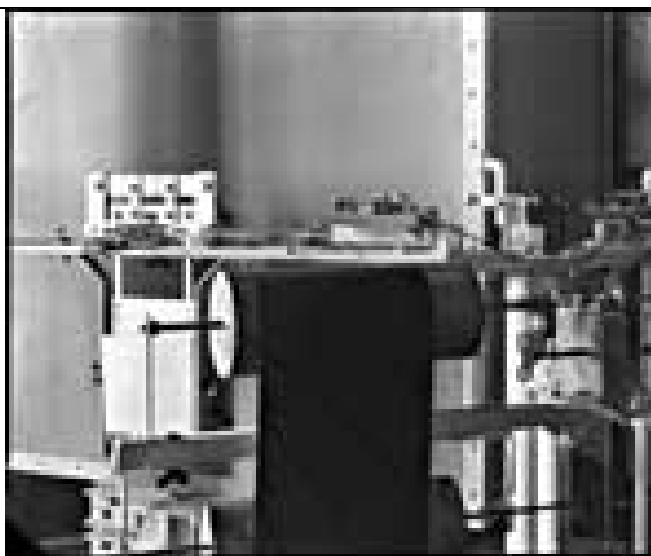
BERCHMANS 4:

Imagen del sismógrafo Berchmans instalado en el colegio - noviciado de Cartuja. Esta imagen es interesante, más que por su calidad y por el sismógrafo Berchmans, porque al fondo de la habitación puede observarse el sensor del sismógrafo Belarmino y también el primer instrumento del modelo Canisio dentro de sus respectivas vitrinas. En la parte inferior derecha de la fotografía puede apreciarse, aunque no muy bien, una mesa con dos pares de auriculares sobre ella. Estos se utilizaban para sintonizar diariamente las emisiones de señales de tiempo que se emitían desde la Torre Eiffel de París y que, a su vez, permitían sincronizar los relojes de la estación sísmica. Fotografía conservada en el archivo del observatorio del Ebro



BERCHMANS 5:

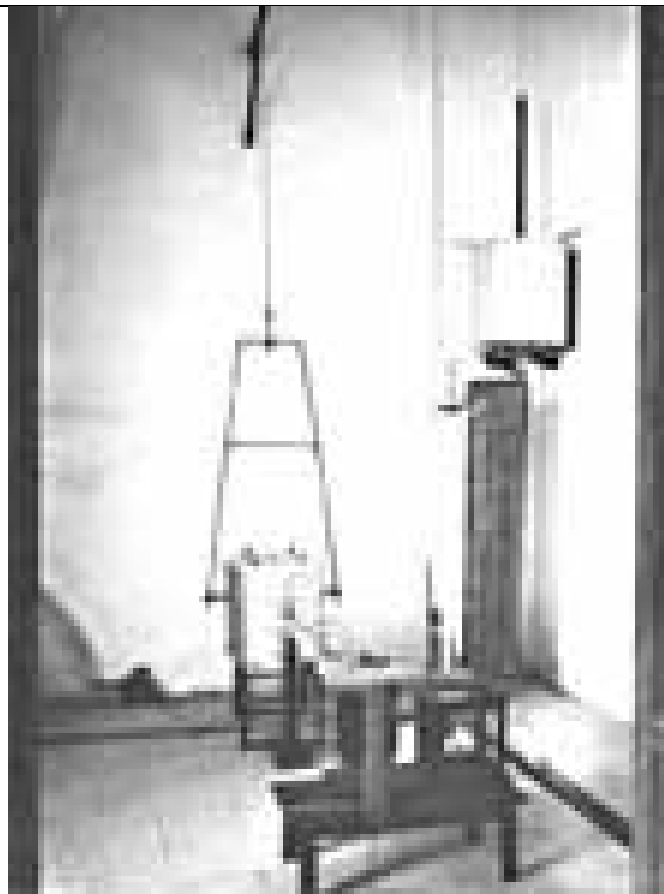
Detalle del mecanismo amplificador-inscriptor del sismógrafo Berchmans. Reconstrucción mediante procedimientos informáticos de una diapositiva conservada en el archivo del Observatorio de Cartuja



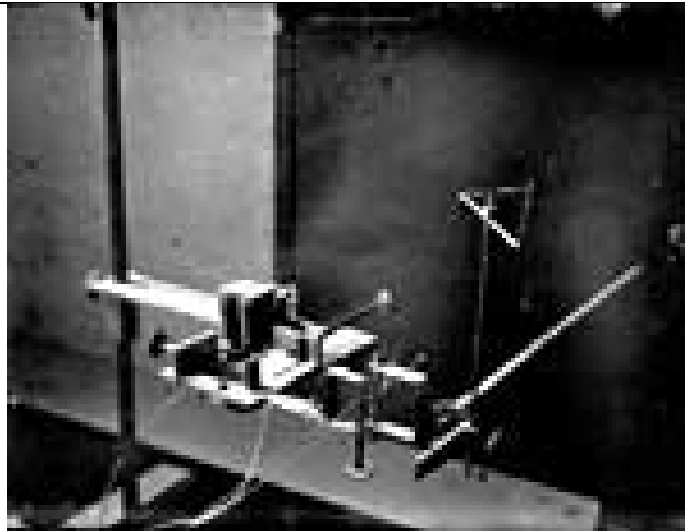
BIFILAR 1: Imagen del sismógrafo Cartuja Bifilar de 305 kg de masa. A la derecha, a media altura, pueden apreciarse los anclajes destinados a sostener los mecanismos del microsismógrafo Vicentini reformado y, más tarde, del péndulo Cartuja Vertical de 280 kg. Las pequeñas masas que cuelgan ayudaban al mecanismo del reloj que hacía girar el tambor de registro. Fotografía conservada en el archivo del observatorio del Ebro



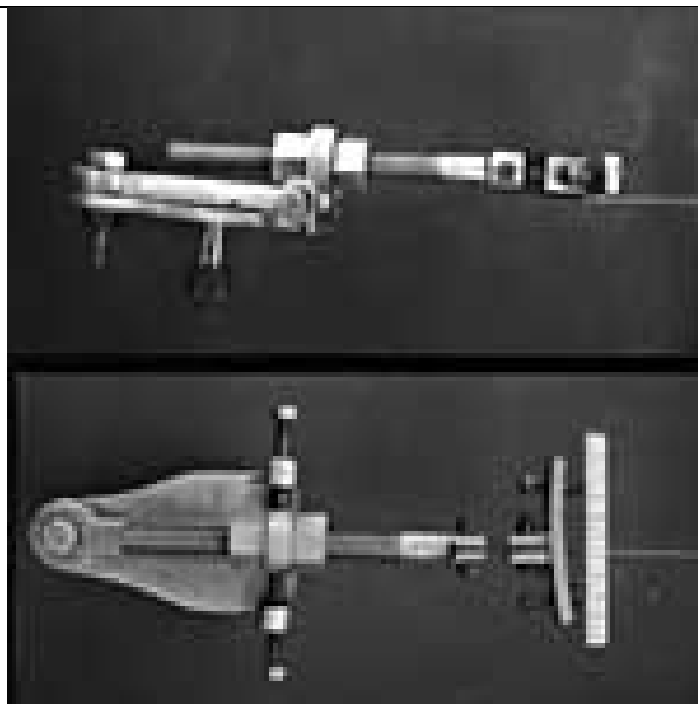
BIFILAR 2: Imagen del sismógrafo Cartuja Bifilar de 305 kg.(centro) instalado en el colegio noviciado. A su derecha puede verse ya instalado el microsismógrafo Vicentini construido en el Observatorio de Cartuja. A la izquierda del Cartuja Bifilar puede verse la suspensión inferior de un péndulo Stiattesi, lo cual demuestra que, aunque no se utilizasen, fueron nuevamente instalados en las dependencias del Colegio noviciado. Fotografía conservada en el observatorio del Ebro



BIFILAR 3: Detalle del mecanismo inscriptor del sismógrafo bifilar
Cartuja de 305 kg. La fotografía corresponde ya al momento en que se había instalado el nuevo sistema de cronógrafo, luego común en todos los instrumentos del observatorio, en el que unas bobinas proporcionaban una sacudida a toda la base que sustentaba la palanca inscriptora



BIFILAR 4: Imagen mostrando en detalle la suspensión inferior de un sismógrafo bifilar
Cartuja. Parece que se trata, en concreto, de la pieza elaborada para un sismógrafo bifilar a instalar en el observatorio del Colegio de Montserrat, en Cienfuegos, Cuba. Fotografía conservada en el archivo del observatorio del Ebro



BIFILAR 5: Sismógrafo
 Cartuja Bifilar de 425
 Kg. de masa, construido
 en el Observatorio de
 Cartuja a partir de las
 masas de los sismógrafos
 Stiattesi. Estuvo en
 funcionamiento desde
 1909 hasta 1916



BIFILAR 6: Imagen
 mostrando los péndulos
 Cartuja bifilares después
 de su reforma y
 reinstalación alrededor
 de la columna del
 telescopio en 1917.
 También puede
 apreciarse, en el centro,
 el grupo Alhambra (de la
 Revista de la Sociedad
 Astronómica de España
 y América, vol. XI, p.
 95)

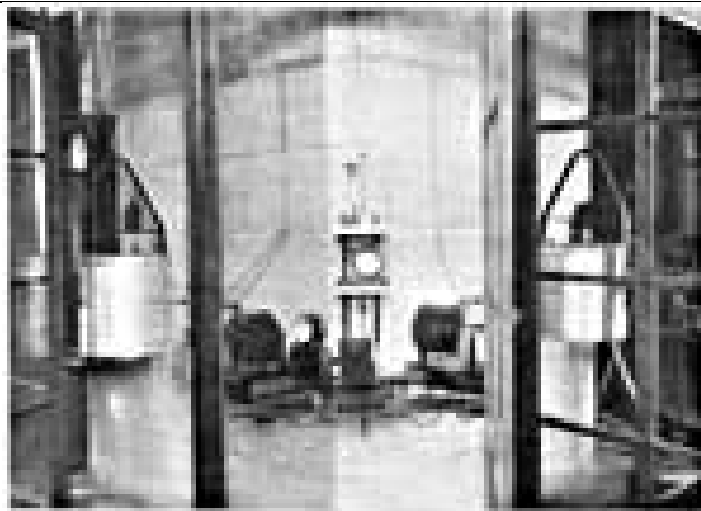
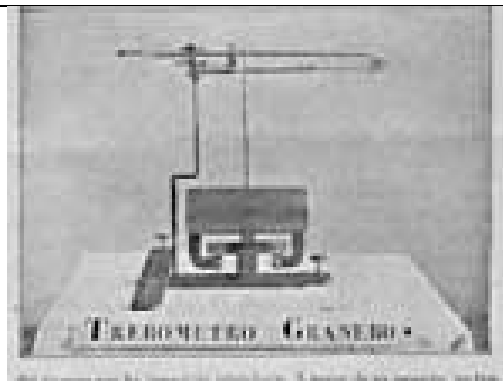


Fig. 6. - Cartuja bifilar re-empastada en el Observatorio de Cartuja.

CANISIO 1: Imagen del sismógrafo Canisio. En la parte superior izquierda, coronando el eje que soporta la parte oscilante del mismo, se encuentra una medalla con la imagen de San Pedro Canisio. Fotografía conservada en el archivo del Observatorio del Ebro



GRANERO 1: Imagen del trerómetro Granero (de Sánchez-Navarro, 1919b). En ella se aprecia la masa oscilante en el centro de los imanes y el mecanismo amplificador - inscriptor. El tambor inscriptor era igual que los utilizados en los tromómetros



GRANERO 2: Imagen del macrotrerómetro Granero (de Sánchez-Navarro, 1918)

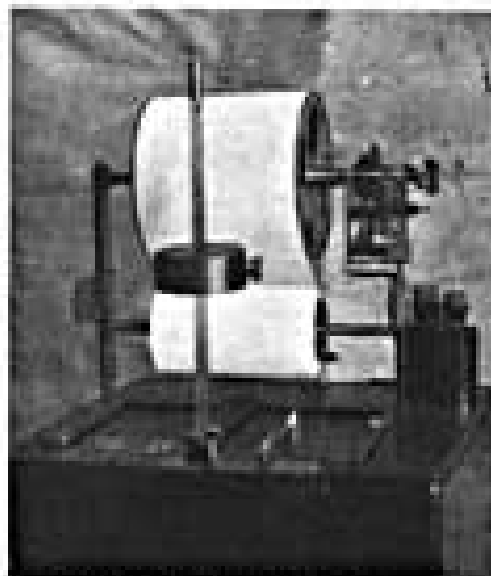
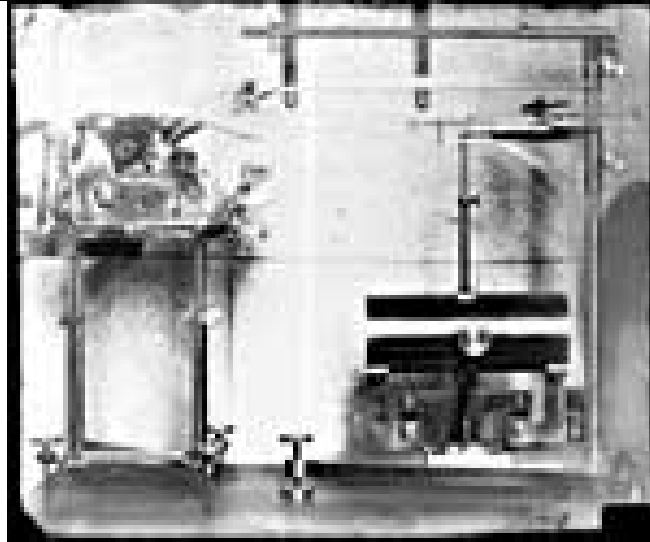
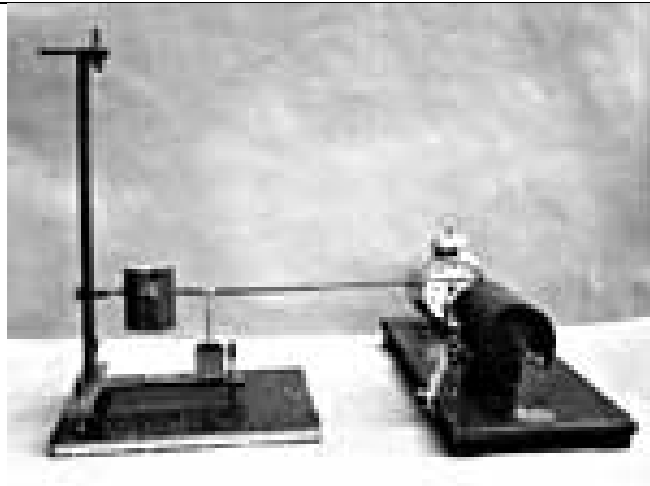


Fig. 1. Aspecto del Macrotrerómetro -P. Granero, S. J.-

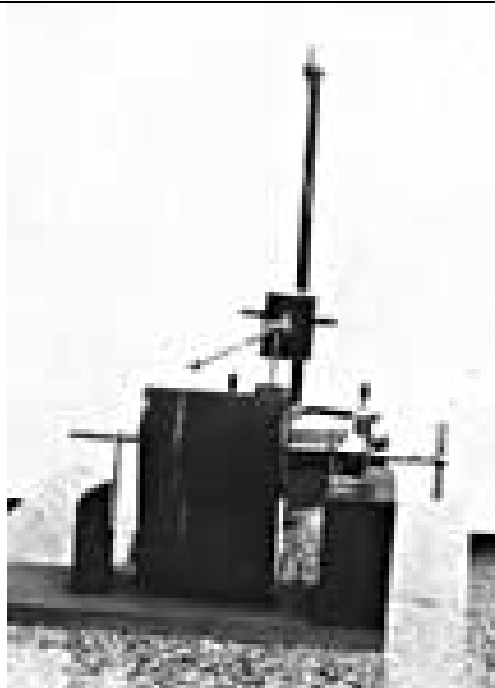
GRANERO 3:
Fotografía del trerómetro Granero con registro en tinta sobre banda de papel continuo. Parece que la imagen está tomada con el instrumento actuando como sensor del grupo Alhambra.
Reconstrucción informática de una diapositiva conservada en el archivo del Observatorio de Cartuja



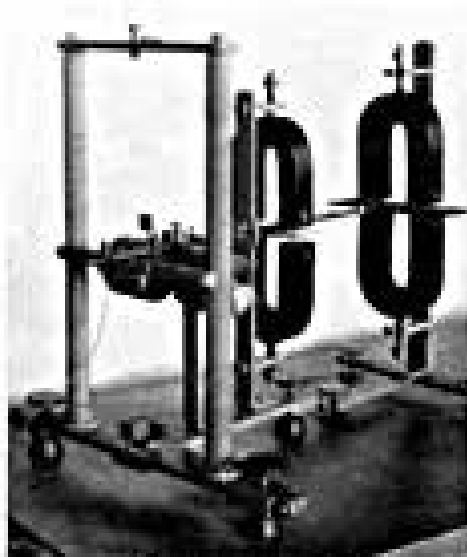
HORIZONTAL 1:
Sismógrafo horizontal (péndulo bifilar) para enseñanza y demostración. Vista lateral. Fotografía conservada en el archivo del Observatorio del Ebro y también publicada en la revista COSMOS (Sánchez-Navarro, 1909d)



HORIZONTAL 2:
Sismógrafo horizontal (péndulo bifilar) para enseñanza y demostración. Vista frontal. Fotografía conservada en el archivo del Observatorio del Ebro y también publicada en la revista COSMOS (Sánchez-Navarro, 1909d)



JAVIER 1: Imagen del sismógrafo Javier. En el centro a la izquierda, justamente delante de la masa en forma de halterio, y en el eje del instrumento, puede observarse un pequeño espejo (también hay otro en el centro del pie) que, con toda seguridad, se utilizaba para la observación directa durante las pruebas del instrumento (de Sánchez-Navarro, 1924a).



Sismógrafo Javier, presentado y construido por los señores Dr. y Sr. Javier Sánchez-Navarro.

JAVIER 2: Imagen del galvanómetro del sismógrafo Javier. El disco negro y demás accesorios que se encuentran en la parte frontal del instrumento corresponden al mecanismo del cronógrafo, que actuaba interponiéndose en el haz de luz que proyectaba el espejo. Imagen publicada en la Revista Ibérica (1928) vol. XXIX, p. 91.



El mecanismo nuevo del sismógrafo Javier de Javier Sánchez-Navarro.

MAXIMO 2: Grabado de la base del sismógrafo Cartuja Máximo. Publicado en la Rev. de Geofísica, vol. VIII, p. 473

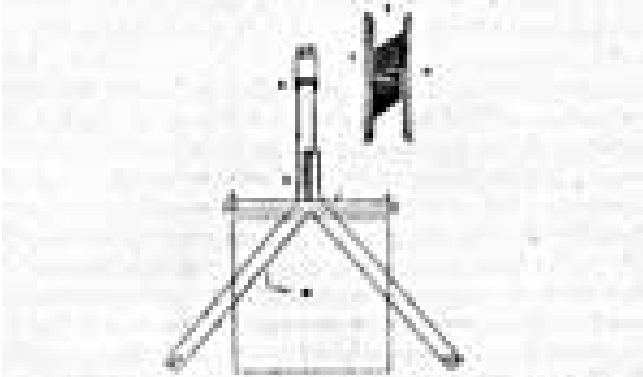


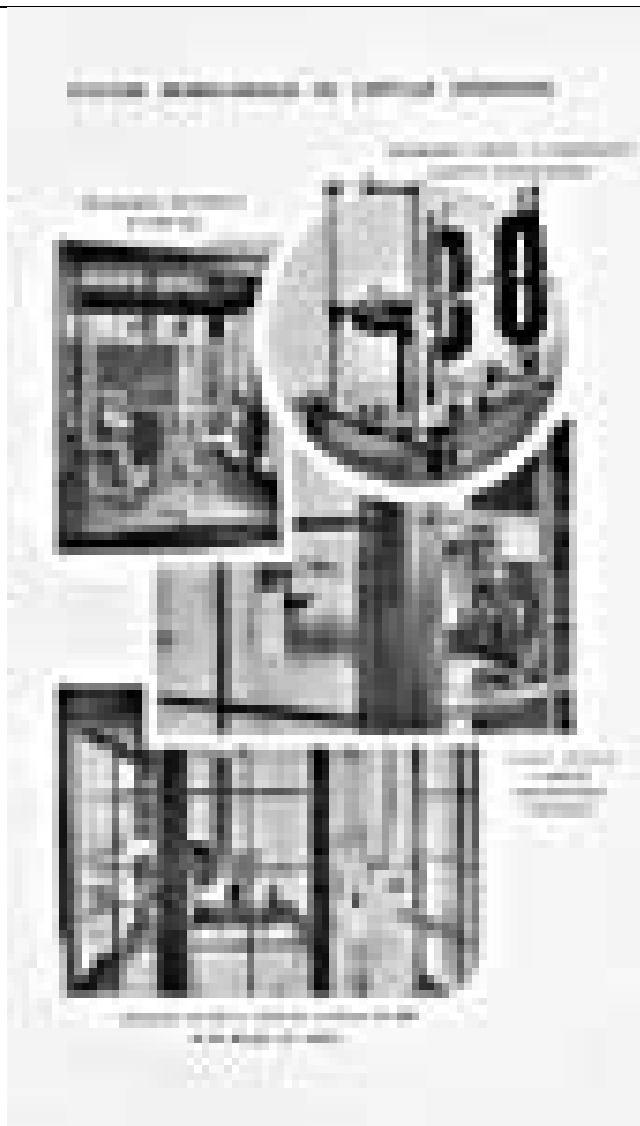
Fig. 6. Base del soporte del sismógrafo Máximo. A, arranque de la viga horizontal, que concurren a su base al punto de la masa pendular M en un punto de apoyo B, separada de las dos vigas horizontales con la vertical central C, placa horizontal de apoyo inferior D en cada uno de los brazos que forman la pirámide de la viga vertical, E, dispositivo de fricción mediante una tuerca de ajuste (papel), que con la masa M con la viga vertical V, el espectroscopio actúa en él en un.

OBSERVATORIO 1: Imagen de un despacho de la estación sismológica. Ignoramos su ubicación, en el edificio del Observatorio o en el Colegio - Noviciado. A la izquierda y al fondo, en los muros, pueden apreciarse diversas fotografías de sismogramas y temas relacionados. Fotografía conservada en el archivo del Observatorio del Ebro



OBSERVATORIO 2:

Lámina dedicada al observatorio de Cartuja en la publicación de Torallas (1924). Cabe mencionar varios detalles interesantes. El primero es que en esa época todavía existía el sismógrafo Wiechert (aunque no se debía encontrar en funcionamiento). También puede apreciarse la instalación de los dos péndulos verticales en la columna del telescopio. Respecto al péndulo de 87 kg, puede apreciarse que su registro era en tinta sobre papel blanco y, más importante, que dispone de un amortiguamiento del que nunca se ha encontrado mención en los escritos del observatorio

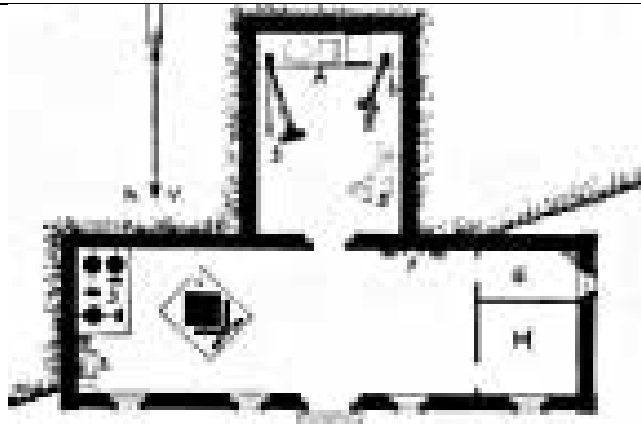


OMORI 1: Imagen del sismógrafo Omori del Observatorio de Cartuja en su configuración definitiva. El tambor de registro no parece el original, con una velocidad de 5 mm/min., sino uno con velocidad de 10 mm/min. Los cables eléctricos corresponden al cronógrafo del instrumento. En el extremo inferior derecho de la fotografía se aprecia un bote que suponemos es una batería que aseguraba el



funcionamiento del mismo. Fotografía conservada en el archivo del Observatorio del Ebro

PLANO 1: Plano del nuevo edificio de sismógrafos que se pensó en los últimos años veinte. Parece que nunca fue ocupado. Grabado publicado en la Revista Ibérica (1928) vol. XXIX, p. 92. Este edificio todavía existe, aunque muy reformado; actualmente alberga al Laboratorio de Proceso de Datos y al çrea de Prospección Geofísica del IAG



Plano de la nueva Estación sismológica del Colegio Máximo de Granada. - A. Plan para los sismógrafos de registro magneto-lagrangiano. B, B' y B''. Interruptores para los mismos sismógrafos registradores. Interruptor en C. Pendulo invertido horizontal. D. Carro vertical y bilíneas. E. Estación receptora de T. S. H. y relé de sismógrafos. F. Interruptores y colectores de voltaje. G. Cuarto para el alumbrado y fondo de las bandes de registro magnético. H. Taller fotográfico.

STIATTESI 1: Imagen de la columna que sostiene el telescopio del Observatorio de Cartuja. Puede apreciarse, en el centro, una componente de los péndulos Stiattesi y la masa de la otra a su izquierda. A la derecha puede apreciarse el microsismógrafo Vicentini-Pacher y, detrás de él y parcialmente ocultado por el mismo, la masa del microsismógrafo Vicentini para la componente vertical (del Boletín Mensual del Observatorio de Granada, Febrero de 1903)

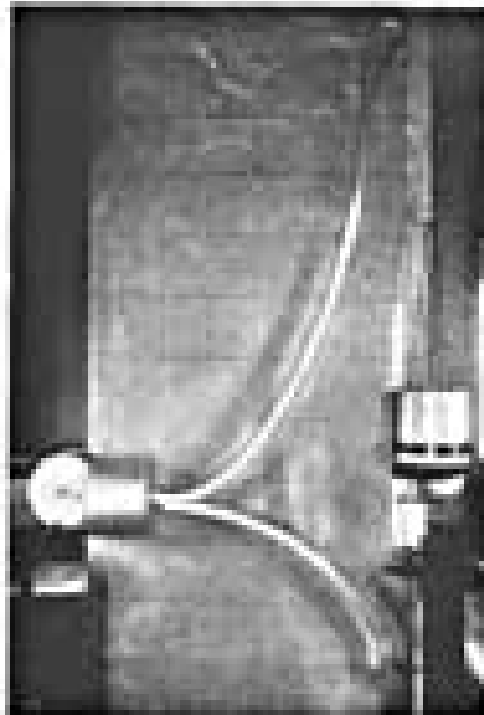
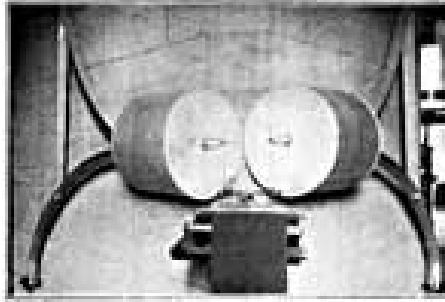


Fig. 1. - Sismógrafo. - Sismógrafo.

STIATTESI 2: Imagen de los sismógrafos Stiattesi en la que puede apreciarse la disposición de su mecanismo inscriptor y como el registro se realizaba sobre una única banda de papel ahumado (del Boletín Mensual del Observatorio de Granada, Febrero de 1903)



TROMOMETRO 1: Imagen del tromometro Cartuja (de Sánchez-Navarro, 1915a)

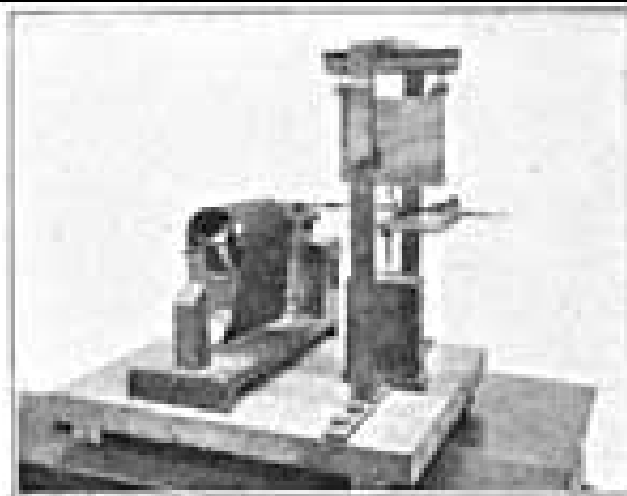


Fig. 47.—Tromómetro Cartuja (gran modelo).
M. S. N. (1915a) p. 100.

TROMOMETRO 2: Imagen del tromometro Cartuja, pequeño modelo (de Sánchez-Navarro, 1916b)

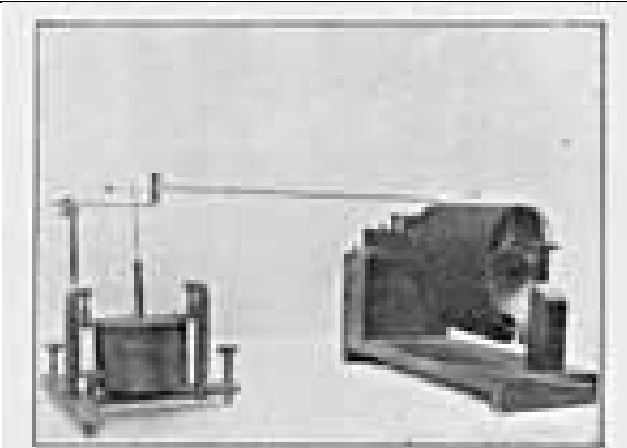
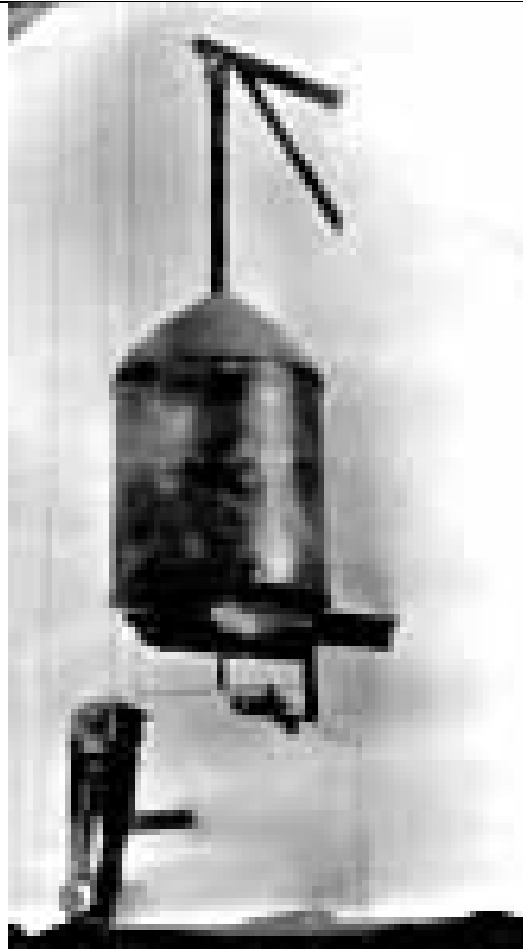


Fig. 48.—Tromómetro Cartuja (pequeño modelo). M. S. N. (1916b) p. 100.

VERTICAL 1: Imagen del péndulo vertical Cartuja de 280 kg. Puede apreciarse la construcción de la suspensión superior, formada mediante láminas planas de forma que impidiesen los movimientos rotacionales de la masa. El tambor de registro dispone de un pequeño cilindro adicional que permite que la plumilla inscriptora realice el registro sobre una superficie horizontal. Este tambor perteneció anteriormente a los péndulos Stiattesi. Fotografía conservada en el Observatorio del Ebro



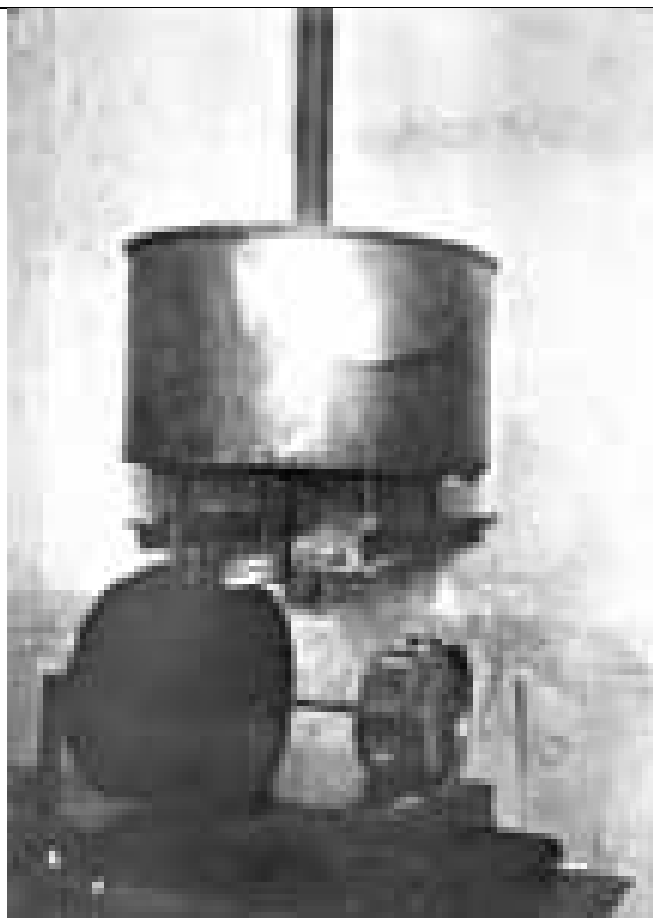
VERTICAL 2: Detalle del mecanismo inscriptor del péndulo vertical Cartuja de 280 kg. Fotografía conservada en el Observatorio del Ebro



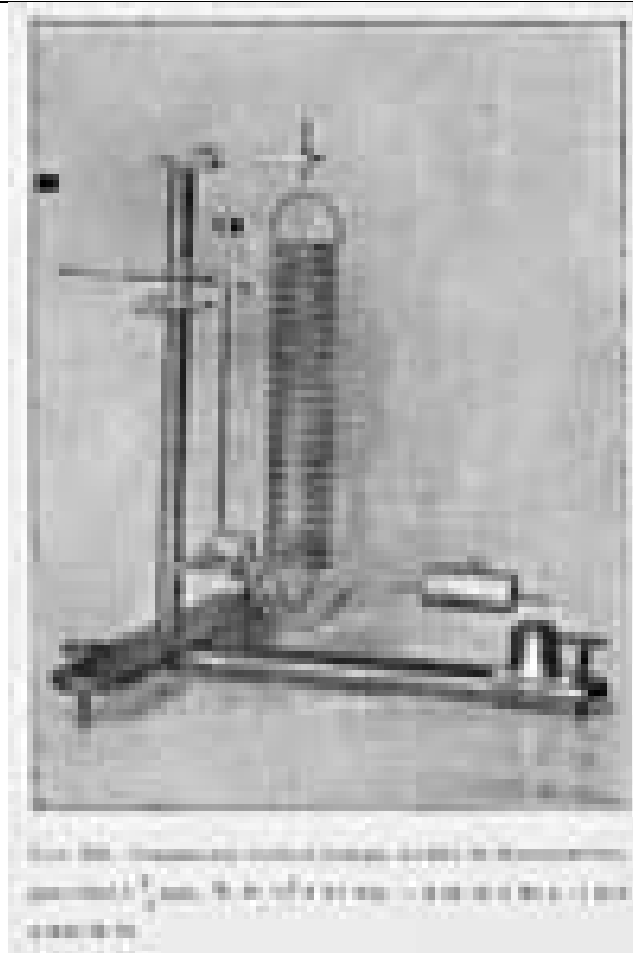
VERTICAL 3: Otro detalle del mecanismo inscriptor del péndulo vertical Cartuja de 280 kg. Se pueden apreciar, claramente, los muelles o resortes recuperadores del movimiento de las palancas, así como los contrapesos de las mismas. Fotografía conservada en el Observatorio del Ebro



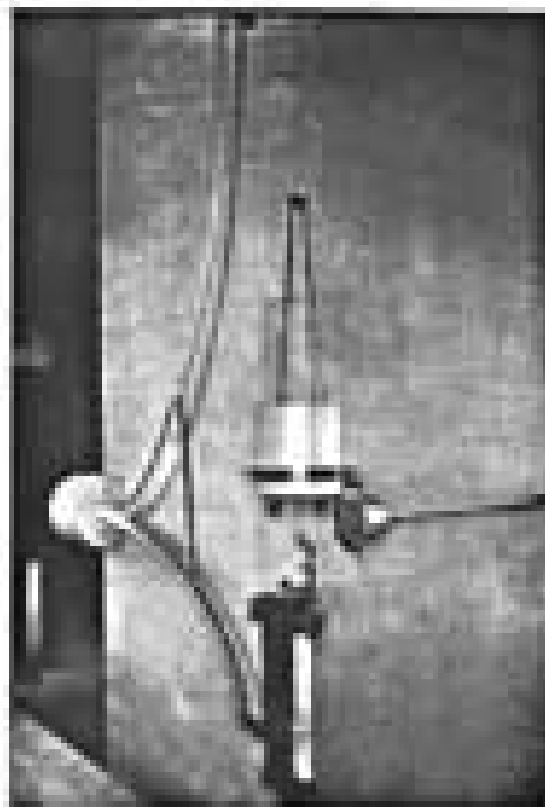
VERTICAL 4: Péndulo vertical Cartuja de 87 kg. Fotografía conservada en el archivo del Observatorio del Ebro y que fue publicada en la Revista de la Sociedad Astronómica de España y América, vol. II, p. 57 (Sánchez-Navarro, 1912a). Obsérvese que se ha retirado el cronógrafo para facilitar la visión del mecanismo amplificador inscriptor



VERTICAL 5: Imagen del péndulo vertical, modelo de demostración, construido con fines didácticos (de Sánchez-Navarro, 1916b)



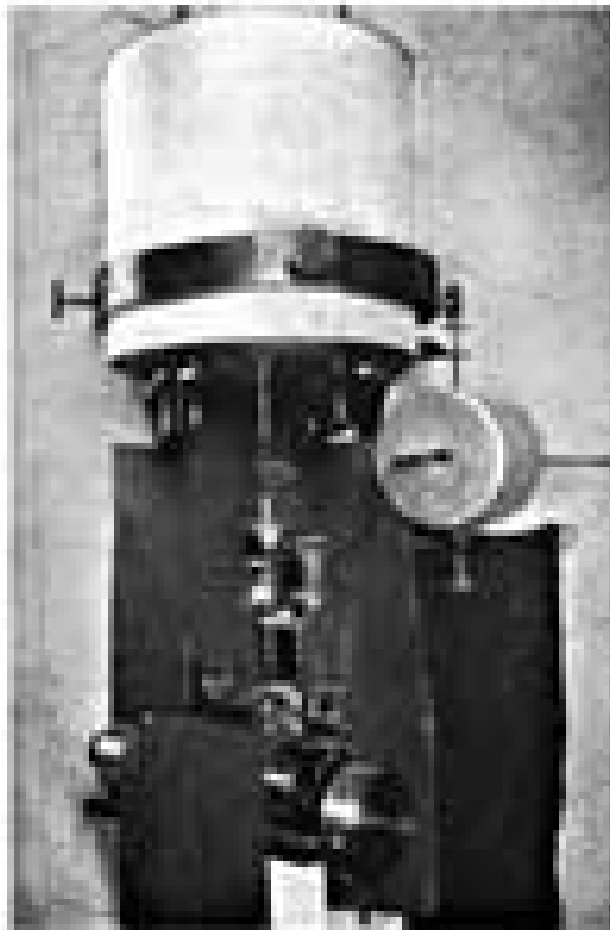
VICENTINI 1: Imagen de la columna que sostiene el telescopio del Observatorio de Cartuja. Puede apreciarse, en el centro, el microsismógrafo Vicentini-Pacher para el registro de la componente horizontal, a la derecha, el microsismógrafo Vicentini para la componente vertical, llamado en su época péndulo susultorio, y, a la izquierda, una componente de los péndulos Stiattesi. Puede apreciarse también como la columna se halla separada del suelo del edificio. Todos estos



Observatorio de Cartuja. Instrumentos de medición de terremotos.

instrumentos se hallaban protegidos de las corrientes de aire por una vitrina que, en el momento de la realización de esta fotografía, se encontraba desmontada (del Boletín Mensual del Observatorio de Granada, Febrero de 1903)

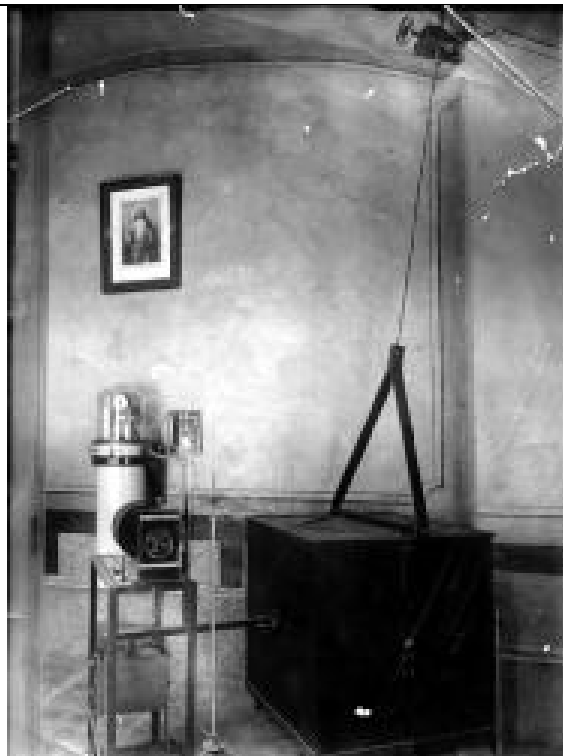
VICENTINI 2: Detalle del mecanismo inscriptor de las dos componentes del microsismógrafo Vicentini. Para la realización de esta fotografía se dispusieron piezas de tela oscura en el muro. Obsérvese que ambas componentes, horizontal y vertical, se inscribían en la misma banda de papel ahumado (del Boletín Mensual del Observatorio de Granada, Febrero de 1903)



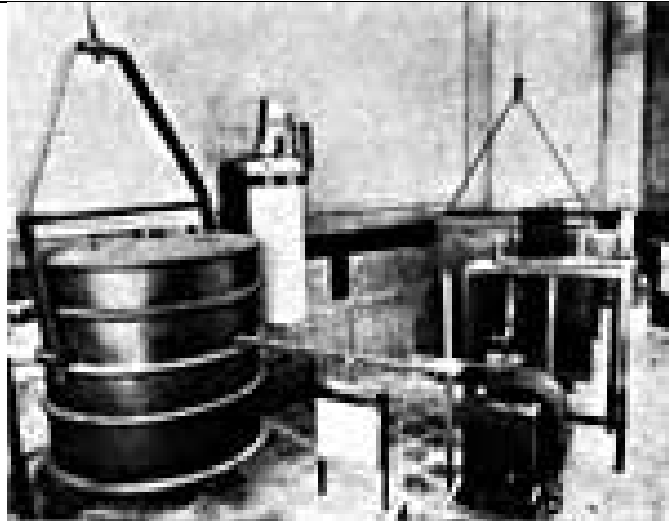
VICENTINI 3: Imagen correspondiente al sismógrafo Vicentini reformado y recién instalado. Puede apreciarse que la funda de la masa (una vieja caldera) todavía no había sido pintada como ya se aprecia en la imagen BIFILAR_2. Fotografía conservada en el Observatorio del Ebro



LaPaz 1: Observatorio de La Paz (Bolivia). Sismógrafo bifilar Cartuja, componente E-W, de 3500 kg. Fotografía conservada en el archivo del Observatorio del Ebro



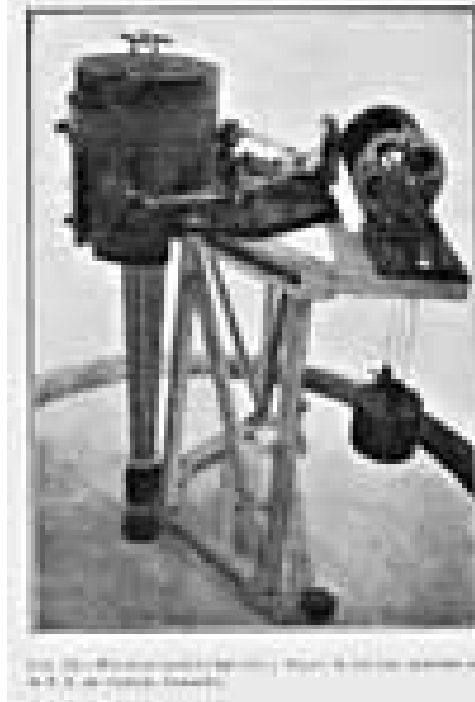
LaPaz 2: Observatorio de La Paz (Bolivia). En primer término, sismógrafo bifilar Cartuja, componente N-S, de 2000 kg y, en segundo término, sismógrafo bifilar Cartuja, componente E-W, de 3500 kg (de Sánchez-Navarro, 1928)



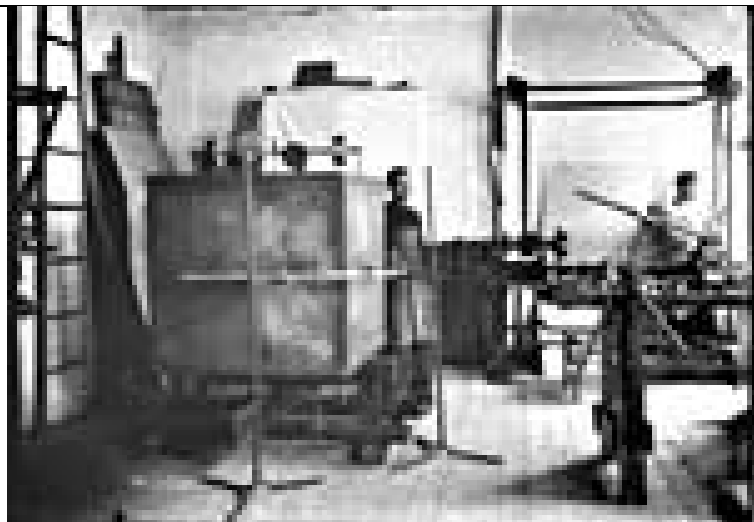
LaPaz 3: Observatorio de La Paz (Bolivia). En el centro de la imagen, sismógrafo bifilar Cartuja, componente N-S, de 2000 kg; a la izquierda, al fondo de la sala, péndulo vertical de 1500 kg y, a la derecha, sismógrafo bifilar Cartuja, componente E-W, de 450 kg. Este último fue el primer sismógrafo que funcionó en el observatorio de La Paz (de Sánchez-Navarro, 1928)



WIECHERT 1: Imagen correspondiente al péndulo invertido Wiechert de 200 kg adquirido en el observatorio de Cartuja (de Sánchez-Navarro, 1916b)



Fotografía tomada en los primeros meses del año 1921. En ella se ve el interior del taller del Observatorio de Cartuja y, en primer término a la izquierda, la caja de palastro del sismógrafo Berchmans. Detrás de la misma, el hermano jesuita Antonio Sola, constructor de este instrumento (como de muchos otros del mismo observatorio). Cliché negativo conservado en el Observatorio de Cartuja



Grupo de sismógrafos magneto-ópticos instalados en el pabellón de sismógrafos del observatorio. En primer plano pueden verse las cajas que encerraban los registradores con papel fotográfico; detrás de ellos, en el centro y conectados a las cajas mediante tubos troncopiramidales de madera, los galvanómetros y, al fondo, los sensores Canisio horizontales y Belarmino vertical (a la derecha). Cliché negativo conservado en el Observatorio de Cartuja



Imágenes y textos: Josep Batlló Ortiz Trabajo preparado por M. Espinar en esta edición