

# DISCURSOS

PRONUNCIADOS EN EL ACTO DE  
INVESTIDURA DE DOCTOR *HONORIS CAUSA*  
DEL EXCELENTÍSIMO SEÑOR

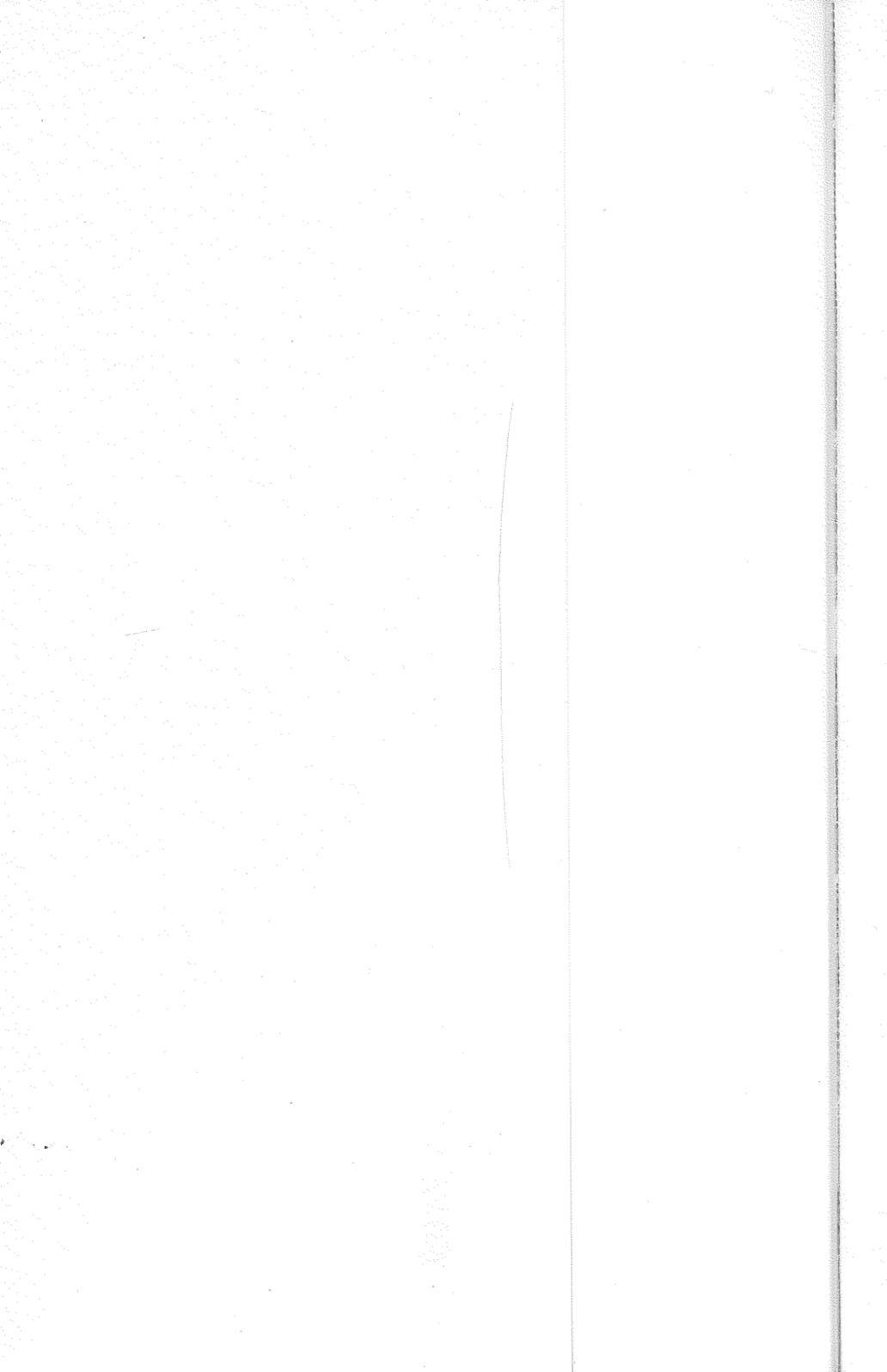
**D. MATEO VALERO CORTÉS**

PRESENTADO POR

**D. ALBERTO PRIETO ESPINOSA**

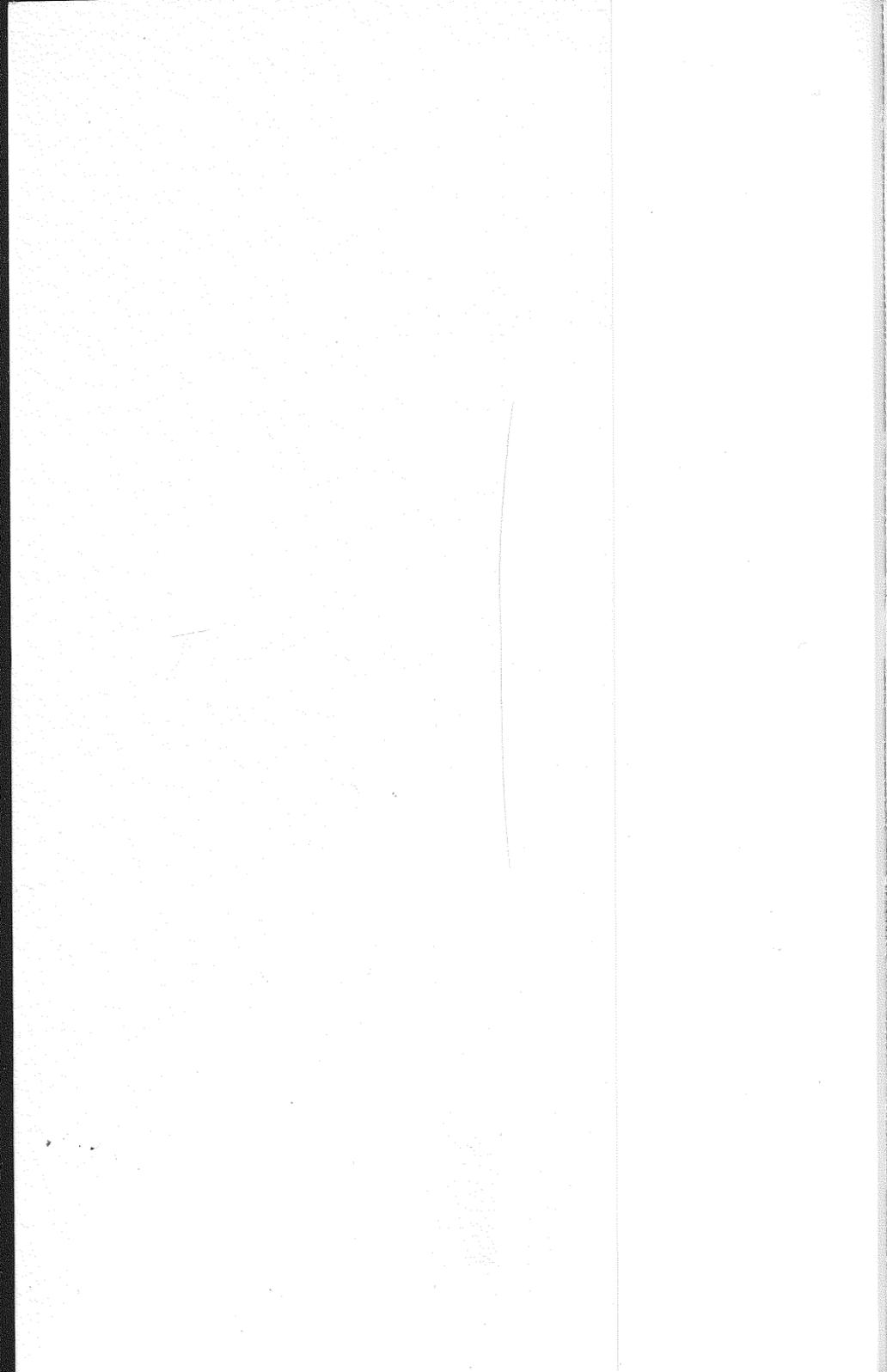


UNIVERSIDAD DE GRANADA  
MMXVI





1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20





BIBLIOTECA HOSPITAL REAL  
GRANADA

Sala: C

Estante: 002

Numero: 222 (34)

# DISCURSOS

PRONUNCIADOS EN EL ACTO DE  
INVESTIDURA DE DOCTOR *HONORIS CAUSA*  
DEL EXCELENTÍSIMO SEÑOR

D. MATEO VALERO CORTÉS

UNIVERSIDAD DE GRANADA  
MMXVI

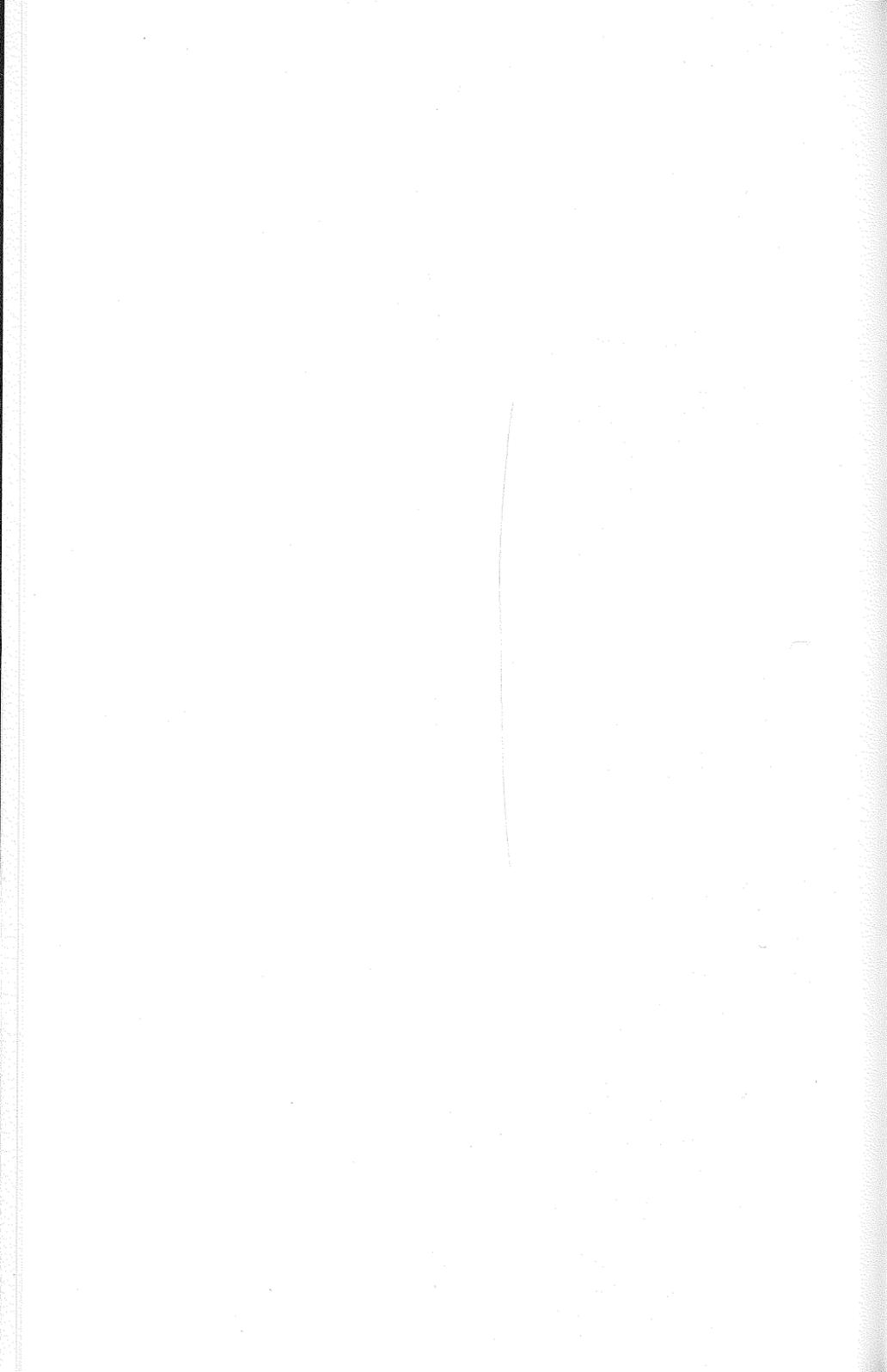
© UNIVERSIDAD DE GRANADA  
DISCURSOS DEL ACTO DE INVESTIDURA DEL DOCTOR  
*HONORIS CAUSA* D. MATEO VALERO CORTÉS  
Depósito Legal: Gr./ 637-2016  
Edita: Secretaría General de la Universidad de Granada  
Imprime: Gráficas La Madraza

Printed in Spain

Impreso en España

DISCURSO DE PRESENTACIÓN PRONUNCIADO POR EL  
DOCTOR ALBERTO PRIETO ESPINOSA  
CON MOTIVO DE LA INVESTIDURA  
COMO DOCTOR *HONORIS CAUSA*  
DEL EXCELENTÍSIMO SEÑOR  
DON MATEO VALERO CORTÉS





Sra. Rectora Magnífica de la Universidad de Granada  
Autoridades,  
Claustro de profesoras y profesores,  
Señoras y Señores.

Inicio esta *laudatio* manifestando el agradecimiento de mis compañeros del Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores, y el mío propio, a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática y de Telecomunicación, a la Facultad de Ciencias, a la Facultad de Humanidades, Economía y Tecnología, así como al Centro de Investigación en TIC y al Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores, por haber apoyado la propuesta que ha conducido a la aprobación, por parte del Consejo de Gobierno y del Claustro, de la investidura como Doctor Honoris Causa de la Universidad de Granada del profesor Mateo Valero, Catedrático de la Universidad Politécnica de Cataluña y Director del Centro Nacional de Supercomputación.

Este solemne acto, que aquí nos congrega, no puede ser más oportuno, ya que supone el reconocimiento del carácter extraordinario y ejemplar de la labor realizada por el profesor Mateo Valero, tanto profesionalmente como de colaboración con nuestra Universidad. A continuación, voy a justificar mis palabras.

Hace 50 años (curso 1966-67) inicié mis conocimientos en Informática, realizando mis primeros programas como alumno de Físicas en la Universidad Complutense de Madrid. Eran unos años en que no se había acuñado aún el término “**informática**”, y se discutía sobre si los contenidos de ésta tenían entidad suficiente como para conformar una especialidad o titulación de carácter universitario. Desde entonces, a pesar de mi larga experiencia en el campo, es rara la semana en que no me quedo maravillado por los avances de la informática, tanto por la tecnología como por las nuevas aplicaciones. Los dos pilares fundamentales de estos avances se encuentran en el diseño de los computadores, y en el desarrollo de algoritmos y programas.

Obviamente, no nos encontraríamos donde estamos si las máquinas que ejecutan nuestros programas, los computadores, no ofreciesen las prestaciones en cuanto a velocidad, capacidad de almacenamiento y consumo energético que hacen posible, por ejemplo, la fabricación de los mal llamados telé-

fonos inteligentes. “Mal llamados” porque realmente nuestros móviles son auténticos computadores, en los que ejecutamos múltiples aplicaciones, siendo la menos utilizada en muchos casos la de “hablar por teléfono”.

El ámbito de investigación del profesor Mateo Valero se encuentra en la concepción y diseño de procesadores, memorias y redes, y su ensamblado para construir y conectar esas máquinas que ejecutan nuestros programas. Este ámbito, que es clave dentro de las tecnologías de la información y de las comunicaciones, lo denominamos **Arquitectura de Computadores** y, en definitiva, dentro de él tratamos de organizar los recursos que la tecnología electrónica nos va proporcionando, en ocasiones bajo nuestra propia demanda, para disponer cada vez de computadores más eficientes y más ubicuos, que bien ocupan edificios y consumen megavatios, o bien los llevamos encima, en nuestros bolsillos o en nuestras muñecas. El profesor Mateo Valero es un investigador reconocido internacionalmente por sus contribuciones en este ámbito, y es considerado por muchos profesionales de renombre como una de las personas que más ha contribuido a esta temática en Europa en los últimos 25 años y, también, en el resto del mundo.

La mejora de las prestaciones de los computadores no sólo ha sido debida al progreso de los dispositivos electrónicos, sino que en una mayor parte se debe a conceptos introducidos



por la Arquitectura de Computadores. Uno de ellos es el uso simultáneo y cooperativo de recursos y elementos redundantes del computador, lo que en nuestra terminología denominamos **paralelismo**. En el **paralelismo en computadores** es dónde se encuentran las aportaciones más relevantes del Profesor Valero. El paralelismo nos ha conducido a disponer de computadores con millones de procesadores, cuyo trabajo coordinado puede llegar a proporcionar decenas de miles de billones de operaciones por segundo (*Petaescala*). Una persona con una capacidad de cálculo lo suficientemente rápida como para hacer una de esas operaciones por segundo tardaría algo más del 2% de la edad del Universo (unos 320 millones de años) en terminar las operaciones que uno de estos computadores puede hacer en un segundo. Teniendo en cuenta estas sencillas estimaciones, se puede entender la forma de comprimir el tiempo que nos proporcionan los computadores, y podemos llegar a imaginar la utilidad que, con ellos, podemos extraer de los modelos que desarrollan las distintas disciplinas científicas.

Analicemos ahora algunos datos de la actividad científica del profesor Mateo Valero, que evidencian el encontramos ante una de las figuras más importantes de nuestra época en el campo de la ingeniería de computadores.

El impacto académico e industrial de sus contribuciones en la Arquitectura de Computadores es sólo comparable,

en Europa, con el de los profesores Maurice Wilkes (1913-2010) y Tom Kilburn (1921-2001), ingenieros británicos que construyeron en las Universidades de Cambridge y Manchester hace más de 60 años los primeros computadores del mundo plenamente operativos con programa almacenado en memoria. Esta es una comparación objetiva, ya que las tres personas citadas son los tres únicos científicos que, desarrollando su labor en instituciones europeas, fueron galardonados con el premio Eckert-Mauchly. Este premio lo patrocinan conjuntamente las prestigiosas asociaciones internacionales IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) y ACM (Association for Computer Machinery), y ha sido otorgado durante sus 37 ediciones a los mejores ingenieros de computadores del mundo, que han ido introduciendo conceptos fundamentales sobre la estructura de los computadores que estudiamos en nuestras aulas, y que configuran los ordenadores tal y como hoy día los conocemos. Wilkes recibió este premio en 1980, Kilburn en 1983, y Mateo Valero en 2007. Lamentablemente, los dos primeros fallecieron (en 2001 y 2010, respectivamente), por lo que Mateo Valero queda como la más potente luminaria de la materia en nuestro continente y, por tanto, una de las mayores en el mundo.

El año pasado (2015) también recibió el premio Seymour Cray, considerado como el Premio Nobel de la Ingeniería de Computadores de Altas Prestaciones. En sus 17 edicio-

nes sólo lo han conseguido fuera de EEUU tres personas: dos japoneses y un europeo, nuestro Mateo Valero. En la mención del premio se dice que se le otorga por el desarrollo de técnicas que buscan procesadores capaces de realizar cada vez más operaciones simultáneamente por unidad de tiempo. Hay que tener en cuenta que el procesamiento paralelo es la base del ritmo de mejora exponencial de la velocidad de los procesadores actuales, siendo este concepto uno de los pilares fundamentales de nuestra sociedad digital.

Además de estos excepcionales reconocimientos, el profesor Valero ha recibido otras muchas distinciones relevantes; entre ellas se encuentran el Premio Nacional Leonardo Torres Quevedo de Ingeniería, el Premio Nacional Rey Pastor de Matemáticas e Informática, y el Premio Rey Jaime I en Investigación Básica (1997). También es miembro de cinco academias, entre las que están la de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (desde 2005), y la de Ingeniería (desde su creación en 1994), y es Doctor Honoris Causa por siete universidades, ocho si incluimos la nuestra.

En fin, observamos que como decía Don Quijote: *“Al bien hacer jamás le falta premio”*.

El número de publicaciones de Mateo Valero es superior a 600, siendo más de la mitad artículos en revistas, y en

comunicaciones en congresos donde los índices de aceptación son inferiores al 20%, y ha recibido cerca de 10.000 citas según el Google Scholar. Así, a lo largo de los 40 años que lleva investigando, ha creado un grupo de trabajo y escuela española dentro de un campo estratégico de la ingeniería de nuestro tiempo, como es la Arquitectura de Computadores. Ha dirigido más de 40 tesis, y si se contabilizan los doctorandos de sus doctorandos, habría que considerar más de 700 personas.

Como consecuencia del nivel alcanzado, el grupo de Mateo Valero en Barcelona ha sido capaz de atraer muchos recursos de instituciones nacionales e internacionales y de empresas líderes a nivel mundial (IBM, Intel, HP, Microsoft, NVidia, etc.), demostrando su alta capacidad de transferencia tecnológica. Así, en el año 2004 fue el promotor y creador del Centro Nacional de Supercomputación (Barcelona), del que es director desde entonces, y donde se instaló inicialmente el supercomputador Mare Nostrum, que llegó a ser el cuarto en potencia de cálculo a nivel mundial (TOP500).

En el Centro de Supercomputación actualmente trabajan más de 450 investigadores, un 40% de ellos procedentes de 43 países extranjeros, desarrollando su actividad en Informática, Ciencias de la Vida, Ciencias de la Tierra, y muy diversas aplicaciones computacionales. Entre otros campos de investigación, aparte del relacionado con la Arquitectura

de Computadores, se encuentran, por ejemplo, la biocomputación, la astrofísica, la geofísica, y el aprovechamiento sostenible de recursos naturales, en general. Estudiantes de nuestra Universidad han pasado por el Centro Nacional de Supercomputación. De hecho, en este último año, dos doctores de la Universidad de Granada que completaron sus Tesis en nuestro Departamento han sido contratados en ese centro.

Pero no sólo ha sido la excelencia del Profesor Valero el único motivo que nos ha llevado a proponerle como Doctor Honoris Causa de nuestra Universidad, sino la fructífera colaboración que ha promovido entre su institución y la nuestra. Sólo quiero aportar unos datos.

Su relación con la Universidad de Granada se inicia en 1979 a través de las Escuelas de Verano de Informática y de las Jornadas de Informática, organizadas en Granada por la Asociación Española de Informática y Automática (AEIA), y ha continuado con el apoyo recibido para la organización en nuestra Universidad de dos Escuelas de Verano de Informática más (en 1984 y 1996), unas Jornadas de Paralelismo (en el año 2000), y el I Congreso Español de Informática (CEDI) en 2005, que contó con la asistencia de más de 1.600 personas. Siempre ha participado cuando se le ha requerido en tribunales y comisiones de evaluación de profesorado y también ha impartido seminarios y conferencias, y ha participado en

cursos organizados en el seno de la Universidad, en diferentes contextos como son la ETSI Informática y de Telecomunicación, Facultad de Ciencias y el Centro Mediterráneo.

Además, como resultado de la estrecha colaboración, se han realizado algunas publicaciones conjuntas de resultados científicos en congresos especializados.

El Prof. Valero también ha apoyado, siempre que ha tenido oportunidad, nuestra integración en proyectos nacionales e internacionales. Como ejemplo, recientemente, avaló la inclusión de profesores de nuestro departamento en la Red Europea de Excelencia en Arquitecturas de Altas Prestaciones, Arquitecturas Embebidas, y Compilación (Red HiPEAC), financiada por la Comisión Europea dentro del 7º Programa Marco. Esta red se creó a iniciativa de Mateo Valero y en la actualidad está financiada por el programa Horizon2020 de la Unión Europea.

También compartimos, aunque en ejes y objetivos diferentes, nuestra participación en el proyecto Human Brain, proyecto insignia de la UE al que se están dedicando grandes recursos económicos (1.000 millones de euros a distribuir en 10 años). Este proyecto surge debido al gran interés en profundizar en el conocimiento del cerebro humano mostrado por las comunidades científicas de varios países y en la socie-

dad en general, constituyendo este conocimiento uno de los retos claros del siglo XXI. Tanto el proyecto Human Brain, como la Brain Initiative de los EE.UU., pretenden estudiar el cerebro humano a fondo, e incluso tratar de simularlo, ya sea parcial o totalmente, con la ayuda de supercomputación de alto rendimiento. El objetivo es llegar a conocer los “algoritmos” que gobiernan el procesamiento de la información dentro de los circuitos neuronales y las interacciones entre estos dentro del cerebro como un todo, lo que, sin duda, dará lugar a nuevos tratamientos médicos y a nuevas tecnologías informáticas.

En este contexto, la pregunta más osada que podríamos hacer sería: ¿seremos capaces de construir un cerebro humano hoy en día? No podemos olvidar que el cerebro humano tiene alrededor de 90 mil millones de neuronas que configuran una red extremadamente compleja, pero cada vez tenemos modelos y datos recopilados del cerebro humano más precisos. Los supercomputadores Teraescala (billones de instrucciones con números reales por segundo) nos permitieron dar el salto de simulaciones de neuronas individuales a nivel celular a simulaciones a nivel de microcircuitos neuronales. Ahora disponemos de computadores Petaescala (mil billones de operaciones por segundo) con potencia suficiente para realizar simulaciones a nivel celular de todo un cerebro de roedor, o para simulaciones a nivel molecular de neuronas individuales. Está previsto al final de la presente década el desarrollo de computadores Exascale (trillones de operaciones

por segundo) que nos podría permitir simulaciones a nivel celular del cerebro humano completo y a nivel molecular de partes del mismo.

El Centro de Supercomputación de Barcelona, que dirige el Prof. Mateo Valero, dentro de este proyecto, está involucrado en el desarrollo de una plataforma de cómputo de altas prestaciones orientada a la agregación de múltiples datos de neurociencia para construir un atlas de cerebro en varios niveles y navegar a través de él, y en el desarrollo de una plataforma que sirva para escalar y optimizar las simulaciones cerebrales. En cambio en nuestro departamento, dentro CITIC-UGR, y bajo la dirección del Profesor Eduardo Ros Vidal, estamos colaborando en el desarrollo de una plataforma neuro-robótica para poder realizar experimentos cognitivos en circuito cerrado, lo que permitirá evaluar interacciones de los modelos detallados del cerebro con un entorno simulado.

El logro de los retos descritos, tanto en el proyecto citado como en la BRAIN Initiative, sin duda proporcionará una mejor comprensión de las redes neuronales y de la neurociencia computacional, en general; y tal vez nos permitirá conocer de qué manera se llevan a cabo algunas de las propiedades únicas de la mente humana, tales como el conocimiento de alto nivel, el razonamiento, la toma de decisiones, la conciencia, la emoción, el libre albedrío y la creatividad.

El Profesor Mateo Valero es una de las personas que conozco que dedican más energía y tiempo a la consecución de sus objetivos académicos y de investigación. Recuerdo sus correos electrónicos a horas intempestivas enviados desde los lugares más remotos. Su constante inquietud y pasión por el progreso de su área son actitudes contagiosas, tratando siempre de infundir estas virtudes en colaboradores y colegas.

Una de las cualidades que envidio del Prof. Valero es la sonrisa que suele acompañar a sus explicaciones en cursos y conferencias. Para mi es imposible adoptar esa aptitud, sobre todo cuando se están presentando cuestiones técnicas de gran complejidad, y la sonrisa y lenguaje corporal que lo acompaña muestra claramente su dominio de lo que explica, y enfatiza el “ingenio” de los ingenieros que han desarrollado dichas técnicas.

Creo que sería injusto por mi parte olvidarme de las enormes cualidades humanas del profesor Valero. En este punto, deseo apoyarme en un refrán español que aquí se cumple plenamente y que sentencia “*a mayor grandeza mayor llaneza*”. Su validez en este caso la podemos corroborar todos los que hemos sido agraciados con el premio de su simpatía: detrás del ingeniero, investigador y profesor está el hombre, a quien reconocemos no sólo su excepcional amabilidad y cortesía, sino también su gallarda noción de la amistad, y sobre todo su bonhomía y campechanía.

Permítanme que haga pública una confidencia muy personal: aunque es indiscutible la ilusión y relevancia que el Prof. Mateo concede a la distinción que hoy recibe, estoy seguro que para él la más querida sigue siendo la otorgada en 2006 por la asociación de padres y madres del Centro de Enseñanza Pública de Alfamén (Zaragoza), su pueblo, donde estudió hasta los 9 años, consistente en cambiar el nombre de esa institución por Colegio Público Mateo Valero.

Como conclusión puedo afirmar que la trayectoria profesional del profesor Mateo Valero (basada en el talento, el trabajo y la capacidad de entusiasmar), la repercusión de sus investigaciones y desarrollos, y el apoyo dado a profesores e investigadores de nuestra institución, así como sus cualidades personales, le hacen sobradamente acreedor de la distinción que hoy se le otorga. Sinceramente creo que esta distinción no sólo honra y prestigia al profesor Valero, sino también a nuestra casi pentacentenaria universidad que hoy le acoge en el seno de su claustro de doctores.

Y concluyo porque no quiero alejarme mucho del consejo de D. Quijote a Sancho Panza: “*Sé breve en tus razonamientos, que ninguno hay gustoso si es largo*”.

He dicho



DISCURSO PRONUNCIADO POR EL  
EXCELENTÍSIMO SEÑOR  
D. MATEO VALERO CORTÉS  
CON MOTIVO DE SU INVESTIDURA COMO  
DOCTOR HONORIS CAUSA



Sra. Rectora Magnífica de la Universidad de Granada  
Autoridades Académicas  
Distinguidos Doctores  
Autoridades y Miembros  
Señoras y Señores

Querida Rectora: quiero empezar agradeciendo esta distinción tan apreciada que me otorga vuestra Universidad. El doctorado Honoris Causa es la más alta distinción académica que una Universidad puede conceder, y he de decirles que lo recibo con gran alegría y humildad. Dado que es un reconocimiento a la investigación que he desarrollado a lo largo de mi vida, quiero compartir este gran honor con mis estudiantes de doctorado y colaboradores. Sin su ayuda no habría sido posible.

Deseo expresar mi agradecimiento al Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores y al Profesor Julio Ortega, como Director del mismo, por haber realizado la pro-



puesta de mi nombramiento como Doctor Honoris Causa de esta centenaria y prestigiosa institución como es la Universidad de Granada. También a los miembros de las Juntas de Gobierno de la ETS Informática y de Telecomunicaciones, Facultad de Ciencias y Facultad de Educación, Economía y Tecnología, y a sus respectivos director y decanos, profesores Joaquín Fernández Valdivia, Antonio Ríos y Ramón Galindo que, con su voto favorable, hicieron realidad la propuesta de mi candidatura; así como la aprobación de este nombramiento por el Consejo de Gobierno y el Claustro de la Universidad, hoy aquí representados por la Excelentísima Rectora, Profesora Pilar Aranda, a quien agradezco su apoyo y su gentileza.

Es un honor que la iniciativa de mi nombramiento partiese del Profesor Alberto Prieto, siendo además mi padrino en este acto. El Profesor Prieto es, sin duda, uno de los pioneros de la Informática en la Universidad de Granada y en España, y a su entusiasmo y trabajo se debe la creación del Centro de Cálculo (1972), el inicio de los estudios de Informática en esta universidad (1985), la creación del Departamento de Arquitectura de Computadores (1997) y, en (2010), del Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (CITIC), de los cuales ha sido su promotor y primer director. Sin duda, los éxitos obtenidos en la Universidad de Granada dentro del ámbito de las TIC se deben, en gran medida, a las raíces que en su día sembró el Profesor Prieto.

Deseo destacar el nivel alcanzado por la Universidad de Granada en el ámbito de las TIC. La docencia, en sus distintos grados de Informática, Telecomunicaciones y Electrónica, ha logrado una gran demanda, como lo prueba el hecho de que las notas medias de admisión de sus estudiantes sean de las más altas de España. También los egresados de estas titulaciones, en su conjunto, son los que antes encuentran trabajo y por más tiempo lo conservan con respecto a otras titulaciones de esta universidad. No debemos olvidar que uno de los objetivos de las universidades es formar a profesionales, y los datos anteriores indican que los centros docentes de esta universidad, dedicados a las TIC, lo hacen muy satisfactoriamente.

Pero tal vez en lo que más destacan las TIC de la Universidad de Granada es en la investigación. Los datos de los últimos rankings de Shanghái y de la National Taiwan University Ranking (NTU) sitúan a la Universidad de Granada en publicaciones científicas en Informática (*Computer Science*) como la mejor institución académica en toda España, entre las 10 primeras de Europa y las 50 primeras del mundo.

A lograr estos éxitos ha contribuido el Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores aportando su interés, competencia y trabajo, tanto en la docencia como

en la investigación. Cabe destacar, además de sus reputadas publicaciones, sus valiosas contribuciones a través de proyectos europeos de envergadura y de transferencia de tecnología a empresas del sector de las TIC.

Acepto con inmenso placer la alta distinción que me otorgáis. Es un honor entrar a formar parte del prestigioso elenco de *Doctores Honoris Causa* de la Universidad de Granada, entre los que se encuentran al menos ocho Premios Nobel. Quiero hacer referencia a los tres acreditados ingenieros que me han precedido en este honor, como son los profesores Lotfi Zadeh (1996), autor de la Teoría de la Lógica Difusa, a quién tengo el placer de conocer; Karl Goser (2006), especialista en microelectrónica y sistemas inteligentes; y Jarman Deen (2012), especialista en nanoelectrónica. Con gran alegría quiero felicitar a “*mi compañero de promoción*”, Miguel Ríos. Te diré, Miguel, que he escuchado y disfrutado con tus canciones desde mi juventud en mi pueblo, Alfamén (Zaragoza), a lo largo de toda mi vida... y que todavía lo hago. El *himno a la alegría* me emociona cada vez que lo escucho, así como *Vuelvo a Granada*, y otras muchas canciones... gracias por haber dado esperanza e ilusión, y continuar alegrando a tantísima gente....

Quiero agradecer a mi padrino en este acto, al profesor Alberto Prieto, por la exposición y defensa de mi trabajo.

Como acostumbro a decir, cada vez que se me otorga una distinción relacionada con mi actividad profesional la recibo en nombre de muchísimas personas que la han hecho posible: mis colaboradores, mi familia y mis amigos.

Coincido con él y con otras muchas otras personas en que el Doctorado Honoris Causa es el mayor reconocimiento que una Universidad puede dar y que debe de ser otorgado, entre otras, a personas que hayan contribuido con sus ideas a generar y transmitir conocimiento a nivel mundial y que, sobretodo, hayan colaborado con los profesores y alumnos de la Universidad.

Respecto a este último aspecto, el profesor Prieto ha descrito muy bien las actividades que hemos realizado en la Universidad de Granada, que han ido desde impartir conferencias a publicar artículos, conjuntamente con profesores, bajo el liderazgo del profesor Juan Julián Merelo. Me gustaría comentar de nuevo que desde Granada se llevó la iniciativa para organizar el primer congreso de informática de España, el CEDI, en el año 2005. Sin el empuje del profesor Antonio Vaquero, granadino, profesor de mi también querida Universidad Complutense de Madrid, y al que la Informática le debe mucho como pionero a nivel español, y sin la increíble energía, dedicación y saber hacer de los profesores de vuestra universidad, no hubiera sido posible. Después de muchos

intentos para organizar este congreso fue la generosidad de las instituciones públicas de Granada lo que lo hizo posible. Una vez más, desde Granada, se propusieron ideas y proyectos para permitir el avance de la enseñanza e investigación en Informática, contando con la colaboración de otros muchos profesores e investigadores españoles. Asistimos al congreso 1.600 personas y, desde entonces, se han celebrado otros CEDI en Zaragoza, Valencia y Madrid; el próximo tendrá lugar en septiembre, en Salamanca. Sin duda alguna, el CEDI, con su origen en Granada, es reconocido como el “congreso español en Informática”.

Durante los últimos 42 años he sido profesor en mi querida Universidad Politécnica de Cataluña, en donde me he dedicado a labores docentes, de gestión, investigación y transferencia de tecnología. Me gustaría compartir con ustedes algunas reflexiones al respecto.

### **Sobre la Educación e Investigación**

Considero que la educación, la sanidad y las prestaciones sociales son los servicios básicos que un Estado debe de garantizar a todos sus ciudadanos. Un país avanzado tiene que cuidar con especial cariño y atención la educación infantil. Es allí donde se define la riqueza humana y la capacidad de respuesta a los retos globales que los países tenemos. Es

evidente que la tecnología puede ayudarnos de forma decisiva a lograrlo. Pero no debemos olvidar lo más importante de esta tarea: el aspecto humano. Una educación de calidad provee a los ciudadanos igualdad de oportunidades en la vida sin importar su origen social; ésta es, sin duda, la base de la democracia moderna. La educación es el medio más importante que tenemos para proteger y mejorar nuestro sistema democrático. Como decían Nelson Mandela y otros muchos, *“La educación es el instrumento más poderoso que tenemos para cambiar el mundo”*. Nuestras responsabilidades como ciudadanos en general, y como profesores de una Universidad pública en particular, son convencer, animar y vigilar a nuestras instituciones públicas para que garanticen una educación de calidad, cuyo principal objetivo sea **la excelencia**. El cuidado y la formación que damos a nuestros hijos en los primeros años de la vida son fundamentales para su futuro y el de nuestra sociedad. Es obligación de los padres y maestros, ya desde la infancia, formar a nuestros jóvenes en el esfuerzo continuado, la tenacidad, la capacidad de sacrificio, disciplina, responsabilidad, compromiso, amistad, autoestima, ética y amor a lo que se hace,..... es necesario incentivar la creatividad, la curiosidad, el atrevimiento, la crítica constructiva, la iniciativa y el asumir riesgos en la *“... aventura de aprender, y aprender a aceptar que pueden equivocarse...”*. Todos estos son ingredientes indispensables para conformar la personalidad y para avanzar desde las edades más tempranas

nas hasta el deseable paso por la Universidad y, luego, durante el resto de la vida.

Como dije, soy profesor e investigador de la Universidad Politécnica de Cataluña y, por ello, me considero una persona privilegiada y afortunada. Tengo el convencimiento de que los profesores universitarios somos personas privilegiadas porque la sociedad, ustedes, nos permiten dedicarnos a hacer lo que nos gusta, que no es otra cosa, en su aspecto educativo, que formar licenciados, ingenieros y doctores altamente cualificados. La sociedad nos confía a lo más valioso de la juventud de un país, para que, juntos, aprendamos e inventemos el futuro. Debemos ser personas agradecidas por esta oportunidad, con mucha ilusión y energía, y por ello trabajamos para intentar devolverle a la sociedad un poco de lo mucho que nos ha dado.

Reitero que la *investigación es uno de los principales motores que tiene un país para crear riqueza*. Sin investigación no hay ideas, sin ideas no hay empresas competitivas, y sin ellas, un país difícilmente puede producir riqueza. Y sin riqueza no puede existir bienestar social. Un país necesita producir riqueza de forma sostenible para poder ofrecer una buena educación, una sanidad excelente, y justas prestaciones sociales a todos sus ciudadanos. La investigación también ofrece respuestas a la compleja situación a la que se enfrenta nuestra sociedad.

En definitiva, necesitamos cuidar y mimar la investigación. Investigar es generar ideas novedosas; innovar, es aplicarlas para responder a los retos de un mercado mundial, cada vez más competitivo. Como dijo Louis Pasteur, *“La Ciencia es el alma de la prosperidad de las naciones, y la fuente de todo progreso”*.

Para investigar y crear buenas ideas se necesita un ecosistema adecuado. Los países deben crear esos entornos para que algunos de sus ciudadanos, los investigadores, tengan las condiciones adecuadas para generar esas ideas. Y para que exista ese caldo de cultivo, rico en oportunidades, es necesario que las administraciones, las empresas y los investigadores vayamos en la misma dirección, y a velocidades adecuadas; que sumemos y no restemos. Basta con que uno de los tres actores falle para que el resultado final pueda no ser satisfactorio.

Como ejemplo les diré que en mi campo, las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, algunos países como los Estados Unidos de América crearon ese entorno hace casi 100 años y hoy son los dominadores del mercado, ya que supieron generar y patentar las ideas básicas que son la base de los productos electrónicos que usa hoy la sociedad: Internet, teléfonos, computadores personales, supercomputadores.... Hace unos pocos años países como China, India y otros del sudeste asiático empezaron a

dedicar muchos recursos a la investigación y actualmente ya están recogiendo sus primeros frutos. Se cumple aquello de que *“no es que los países más ricos dediquen más dinero hoy a la investigación, sino que hoy son más ricos, porque hace tiempo dedicaron más dinero a la investigación”*. Invertir en investigación científica y tecnológica es una clara apuesta de las sociedades y países que aspiran a tener un futuro mejor.

Defendemos que la buena investigación debe ser capaz de convertir el dinero invertido en ideas y conocimiento. Tenemos que buscar la *excelencia* en nuestra investigación y publicar los resultados en las mejores revistas y congresos a nivel mundial. Pero si nuestra investigación sólo busca la *excelencia* estamos siendo generadores de ideas gratuitas para que otros las puedan utilizar y rentabilizar. Tan importante como la *excelencia* es la *relevancia*: nuestras ideas deben hacer el recorrido inverso, esto es: *“las buenas ideas, el conocimiento, deben convertirse en prosperidad para el país y sus gentes”*. Y este camino inverso no es sólo responsabilidad directa de la investigación y de los investigadores, sino, entre otros, de la transferencia de la tecnología, de la valoración de la propiedad intelectual, de la creación e incubación de empresas, del aporte de fondos de capital riesgo al sistema, de las leyes de mecenazgo y de la colaboración entre investigadores y empresas. Y este aspecto de convertir las ideas en

dinero es donde hemos de avanzar todavía muchísimo en España.

Quiero decirlo hoy, y en Granada, una vez más, que es fundamental que entre todos seamos capaces de tejer *un Pacto para la Ciencia*, sólido, duradero e inmune a los cambios políticos.

Las sociedades avanzadas tienen que ser capaces de llegar a acuerdos en temas básicos para los ciudadanos; bajo el liderazgo de nuestros representantes políticos, claro está. Pero pactos que nos impliquen a todos, y que beneficien a la sociedad en su conjunto. Que sean un acuerdo de todos, y que se puedan mantener más allá de los condicionantes y vaivenes políticos. Que sean un compromiso a largo plazo para seleccionar los temas en que queremos ser líderes, y optimizar la gestión de recursos. Necesitamos modernizar la maquinaria y leyes asociadas con la investigación. Precisamos que la Agencia Nacional de Investigación sea una realidad efectiva en España. Por ejemplo, debemos adaptar la regulación para ser competitivos, facilitando la atracción de talento y la contratación de científicos para trabajar en los proyectos que conseguimos en Europa y con empresas. Y también, si me lo permiten, acabar con ese tratamiento injusto hacia los investigadores que nos hace sentirnos, a veces, como malos gestores del dinero público. Nuestra profesión es de las mejores evaluadas por la socie-

dad, detrás de los médicos, y que sepamos, no se ha descubierto ningún caso de corrupción entre los numerosos investigadores de nuestro país.

## **Arquitectura de Computadores y Supercomputadores**

Con mis colaboradores investigamos en el área de la Arquitectura de Computadores y en la Programación de computadores paralelos. Los avances tecnológicos continuos han permitido la revolución del cálculo, y han transformado el mundo en sólo unas pocas décadas. En el corazón de cualquier dispositivo de cálculo, desde los teléfonos móviles hasta los *supercomputadores*, está el hardware, que se organiza en una determinada arquitectura. El trabajo de los arquitectos de computadores es fundamental para diseñar computadores cada vez más rápidos, eficientes y económicos. Aunque a veces la gente no repare en ello, los computadores se usan en muchísimas de las acciones que realizamos cada día en esta sociedad altamente tecnificada: los teléfonos inteligentes y los computadores personales son usados en muchas de nuestras actividades. Internet facilita la comunicación y colaboración entre computadores alejados; gran cantidad de transacciones comerciales se realizan a través de los servidores, y los investigadores usan supercomputadores para avanzar en el conocimiento del universo. Los avances en la tecnología de semiconductores permiten la fabricación de transistores, que son los “ladrillos” básicos que usa-

mos los arquitectos de computadores para diseñar esas máquinas prodigiosas. Las innovaciones en el hardware permiten el desarrollo de software muy sofisticado que, en definitiva, es el que hace avanzar a la sociedad. Los arquitectos de computadores proponemos ideas para diseñar los nuevos y más potentes computadores, desde los que llevamos en los teléfonos hasta los que conforman los supercomputadores más rápidos del mundo. Desde la aparición del transistor, hace más de 60 años, el diseño de estos computadores ha evolucionado de manera impresionante. Cada poco menos de 2 años se ha podido duplicar el número de transistores integrados en un chip. Hoy en día somos capaces de integrar en circuitos basados en la tecnología del Silicio, es decir, a partir de la arena de las playas, unos pocos miles de millones de transistores en una superficie inferior a  $6 \text{ cm}^2$ . Diseñamos en esa minúscula superficie procesadores que son millones de veces más rápidos que aquéllos que, hace 50 años, ocupaban muchos metros cúbicos, y necesitaban miles de vatios para poder funcionar. La tecnología basada en el Silicio va a seguir en esa línea durante unos pocos años más y con ello podremos integrar en esos pocos  $\text{cm}^2$  de Silicio unos cuantos centenares de miles de millones de transistores, que nos permitirán diseñar *chips* que contendrán varios cientos o miles de procesadores, con unas capacidades de cálculo superiores a las de muchos supercomputadores de hace muy pocos años. Estos locos cacharros nos permitirán soñar y soñar, cada vez más, en un futuro mejor.

Desde hace más de 30 años, los arquitectos de computadores estamos diseñando y usando sistemas donde muchos procesadores trabajan conjuntamente en la ejecución de un mismo programa. Se trata de máquinas paralelas, y a las más rápidas se les denomina Supercomputadores. Los supercomputadores son, junto con la teoría y la experimentación, los tres pilares en los que se sustentan los avances en Ciencia e Ingeniería.

La velocidad de estos supercomputadores se ha multiplicado, durante los últimos 30 años, por 1000 cada 10 años, de manera que en el año 1988 el supercomputador más rápido era capaz de superar la velocidad de  $10^9$  operaciones por segundo, es decir, 1 Gigaflap; en 1998, la velocidad era de  $10^{12}$  operaciones por segundo, es decir, un Teraflap; y en 2008 la velocidad era de  $10^{15}$  o un Petaflaps. Tengamos en cuenta que hoy existen “chips” con velocidades superiores a los 3 Teraflaps; es decir, superiores al supercomputador más rápido del mundo hace tan sólo 15 años; y que dentro de 4 años más existirán chips con velocidades superiores a 20 Teraflaps, la mitad de la velocidad que tuvo el supercomputador *MareNostrum* del BSC en el año 2004, y que lo convirtió en el cuarto del mundo y más rápido de Europa, como fue reconocido en el ranking TOP500. En la actualidad hay supercomputadores que tienen varios millones de procesadores, con unas velocidades superiores a 50 Petaflaps, y estamos diseñando para, dentro de 6 años, supercomputadores que superarán la barrera del Exaflap; es decir,  $10^{18}$  opera-

ciones por segundo, y contendrán alrededor de cien millones de procesadores que trabajarán conjuntamente, en paralelo.

Junto con estos *chips* y computadores potentísimos, también diseñaremos vídeo consolas y pantallas gráficas que, junto con los avances en la velocidad de las redes de comunicación, y con la creciente capacidad para almacenar información binaria y tratarla (Big Data + Análisis de Datos) nos harán pensar a algunos que tal vez nacimos demasiado pronto. No obstante, esperemos que nos ayuden a hacer más llevadera y gratificante la tercera edad. Estas enormes potencias de cálculo estarán muy pronto en los computadores personales, de forma que ayudarán a nuestros investigadores a desarrollar la Ciencia y la Ingeniería a niveles nunca vistos.

La supercomputación es aplicable prácticamente a todas las áreas del conocimiento, desde la física o la ingeniería (estudio de dinámica de fluidos, desarrollo de túneles de viento virtuales, pruebas de choque, desgaste y rotura, física de altas energías, fusión nuclear...), a la biología y la medicina (análisis del genoma humano, estudio de la estructura y el funcionamiento de las proteínas, modelización de órganos humanos, desarrollo de nuevos fármacos, medicina personalizada...), pasando por la química y la ciencia de los materiales (nanotecnología, diseño de catalizadores, estudio de reactividad en superficies, diseño de biomateriales, estudio de procesos de combustión...) o las ciencias de la tierra y la astronomía (modelización de sistemas climáticos, hidrológicos

y oceanográficos, difusión de contaminantes, explotación de energías renovables, astrofísica, exploración espacial...). Incluso es aplicable a la economía y las humanidades (modelos macro y microeconómicos, estudio de migraciones humanas, modelización arqueológica...). Es decir, a un vastísimo número de aplicaciones.

Ahora bien, para que un superordenador se convierta en una herramienta que dé respuesta a las necesidades de la sociedad deben cumplirse dos condiciones, evidentes pero no sencillas: contar con una masa crítica de investigadores, desarrolladores y emprendedores que aumenten sus ventajas competitivas gracias al uso de la supercomputación, y disponer de un equipo humano que sepa cómo ayudarlos, con conocimientos sólidos en el diseño y funcionamiento de los supercomputadores.

Necesitamos investigar en nuevos algoritmos y programas paralelos que usen eficientemente las decenas de procesadores que incorporarán nuestros teléfonos, los centenares de procesadores que contendrán los computadores personales, y los millones de procesadores que conformarán los supercomputadores del futuro. Para ello precisamos cambiar la enseñanza que impartimos a nuestros jóvenes. Necesitamos formar a los alumnos de carrera y a nuestros doctorandos en temas nuevos, tales como algoritmos en paralelo y lenguajes de programación que permitan expresar este paralelismo. Hay que crear y potenciar equipos de investigación multidisciplinarios capaces de desarrollar el software que

nos permitirá soñar en nuestras actividades del día a día, ocio e investigación. Es preciso que los profesionales en computación se eduquen con otros ingenieros, científicos, economistas, biólogos... en un ecosistema apropiado y fértil, que fomente el intercambio libre de *ideas y de conocimientos*.

## **Sobre el BSC, Barcelona Supercomputing Center - Centro Nacional de Supercomputación**

Muchos países vieron, al aparecer las primeras máquinas, que el uso de los supercomputadores era estratégico para el desarrollo de la Ciencia y la Ingeniería. Hicieron suya la máxima de que *“un país que no computa, no compete”*. Otros, como en el caso español, llegamos un poco más tarde a esa conclusión. En el año 2004 el gobierno español, el gobierno de Cataluña y la Universidad Politécnica de Cataluña decidieron crear el Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS). La creación del BSC se basó en la experiencia que un grupo numeroso de profesores e investigadores de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) habíamos ido adquiriendo desde finales de los 70 en temas de diseño hardware, software y aplicaciones de los computadores paralelos, a través de otro centro de menor envergadura, también apoyado por los mismos patronos, desde el año 1984 y creado oficialmente en el año 1991, que se denominó Centro Europeo de Paralelismo de Barcelona (CEPBA). Desde el

CEPBA fuimos capaces de desarrollar Ciencia de Excelencia, creando el grupo más potente, a nivel europeo, en temas de Arquitectura de Computadores y Programación Paralela. En esta generación de excelencia hemos formado hasta el momento a más de 800 doctores, siendo muchos de ellos profesores de Universidad o investigadores en empresas relevantes de nuestro sector, tales como IBM, Intel, Google y Microsoft. Estamos orgullosos de haber creado una escuela española, europea y mundial en los campos de la Arquitectura de Computadores y Programación Paralela, y de colaborar muy activamente con empresas españolas y europeas en el marco de los proyectos europeos. Por ejemplo, desarrollamos con INDO las primeras lentes progresivas; con AMES, piezas para coches que todavía hoy le dan una ventaja competitiva a nivel internacional. Ayudamos a difundir la cultura de los computadores en todas las Universidades españolas, de forma que sus contenidos están, desde hace más de 25 años, en los cursos reglados de muchas carreras. Hace 30 años la incorporación de España a la UE nos permitió jugar en *“la champions de la ciencia y la tecnología”* y continuar generando ideas y transfiriendo la tecnología a las empresas, mediante la creación de equipos multidisciplinares. El éxito del CEPBA fue tan grande que atrajimos el interés de IBM, y creamos un centro conjunto de investigación, el CIRI (CEPBA-IBM Research Institute), desde el año 2000 al 2004. Sin la ayuda de IBM tal vez el BSC no habría aparecido.

Y a partir de esa trayectoria, el el 2004, se creó el BSC. El objetivo del BSC es ser excelente y relevante, tanto en I+D como en soporte de supercomputación, para la comunidad científica y empresarial.

Después de diez años se ha comprobado que los recursos públicos asignados han dado buenos frutos. A nivel de servicios, se ha creado la Red Española de Supercomputación, conocida como RES, ideada por el Ministerio y coordinada por el BSC, donde diferentes supercomputadores ubicados en diferentes ciudades españolas y conectados a través de la red IRIS ofrecen sus servicios de manera centralizada y coordinada a todos los investigadores de España. Hasta la fecha se han realizado más de 3.000 proyectos de investigadores españoles usando los recursos de la RES, y vertebrando la supercomputación en España. El BSC, como nodo Tier-0 de la Red Europea PRACE, ofrece horas de cálculo a los investigadores europeos. En ambos casos, tanto en el español como en el europeo, los investigadores presentan sus proyectos, que son evaluados por expertos independientes. Esta compartición de recursos aumenta el grado de racionalización y uso de ellos, y abarata enormemente los costes. En la actualidad, el 70% de los recursos son usados por investigadores europeos a través de PRACE; el 24% por los investigadores españoles a través de la RES; y el 6% son de uso interno para los investigadores del BSC. También en la RES y en PRACE se organizan cursos

y seminarios orientados a formar en estas tecnologías a los jóvenes investigadores.

Pensado inicialmente para dar trabajo a 50 personas, el BSC cuenta hoy con más de 450 (375 de los cuales somos investigadores), y de los que algo más del 40% procede de 45 países diferentes. En los últimos 6 años de crisis global hemos sido capaces de duplicar nuestra plantilla. Esta generación de puestos de trabajo en España ha sido posible porque por cada euro que hemos recibido de nuestros patronos para realizar investigación, el BSC ha logrado obtener más de 6 euros, a través de proyectos con empresas, y de nuestra participación en proyectos de investigación con la Comisión Europea. En poco más de 10 años hemos obtenido más de 130 millones de Euros, generando ideas y colaborando con empresas punteras en el sector y en proyectos europeos. Está claro el poder del BSC-CNS de atraer talento externo, crear puestos de trabajo de alta cualificación y generar riqueza en el tejido empresarial español.

### **Algunos proyectos de Investigación realizados en el BSC**

Cuando creamos el BSC decidimos tener 4 departamentos dedicados a la investigación, pues no podemos ser buenos en todo: Ciencia de los Computadores, Ciencias de la Tierra, Ciencias de la Vida y Ciencias de la Ingeniería. Enumeraré a

continuación, algunos de los proyectos que realizamos. Una información más amplia y precisa puede encontrarse en [www.bsc.es](http://www.bsc.es)

En el **Departamento de Ciencia de los Computadores** se investiga en el software y hardware de los supercomputadores. Ocupamos una posición de liderazgo a nivel mundial en el desarrollo de modelos de programación – que son la manera que tenemos de programar y de expresar el paralelismo de las aplicaciones para poder usar de manera eficiente un hardware cada vez más numeroso y complejo- y en herramientas para supercomputación para medir el comportamiento de los programas, que son muy necesarias, tanto para optimizar el uso del hardware de los supercomputadores, como para diseñar los supercomputadores del futuro.

Con el proyecto Montblanc ([www.montblanc-project.eu/](http://www.montblanc-project.eu/)), el BSC también ha sido pionero en demostrar que tiene sentido diseñar computadores de altas prestaciones usando el potente hardware que utilizan los teléfonos móviles y tabletas. Hemos liderado la investigación sobre una nueva forma de construir y programar los computadores que permite ahorrar costes y ganar flexibilidad. Esta línea de investigación está siendo seguida ahora por grandes multinacionales y estamos convencidos que muchos de los supercomputadores más rápidos del futuro se diseñarán a partir de propuestas del Montblanc, con *chips* basados en el procesador europeo ARM.

Así mismo, somos expertos en el desarrollo de procesadores para aplicaciones en tiempo real, fundamentales para organizaciones como Airbus o la Agencia Espacial Europea y en Big Data, y estamos colaborando en el proyecto Human Brain -tal como ha expresado el profesor Prieto-, para conocer un poco más el funcionamiento del cerebro y aplicar esos resultados tanto a la cura de enfermedades como al diseño de *chips* más inteligentes. Por todo ello, y por la calidad de nuestra investigación, hace años que hemos establecido centros de investigación conjuntos con IBM, Intel, Microsoft, Nvidia y Lenovo, y también hemos iniciado nuevas colaboraciones con empresas como Samsung, Fujitsu y CISCO.

En el **Departamento de Ciencias de la Tierra**, hemos desarrollado un sistema informático que permite predecir la calidad del aire de las ciudades, ([www.bsc.es/caliope](http://www.bsc.es/caliope)); programas que predicen la dispersión del polvo de los desiertos (Sahara, Gobi, Medio Oriente, etc) a nivel global y regional, y modelos que permiten estudiar las características del actual cambio climático. A raíz de estas investigaciones se han creado dos centros oficiales en la Organización Meteorológica Mundial que gestionamos junto con la Asociación Española de Meteorología.

El **Departamento de Ciencias de la Ingeniería** desarrolla software orientado a ayudar a las empresas a ser más

competitivas. Uno de los ejemplos que más cito es el del BSIT ([www.bsc.es/bsit/](http://www.bsc.es/bsit/)), un software que permite a Repsol determinar dónde perforar un pozo para buscar petróleo en ambientes hostiles, como puede ser el Golfo de México. BSIT combina los mejores algoritmos conocidos para resolver este problema con el uso masivo y eficiente de supercomputación, ha dado una importante ventaja a Repsol frente a sus competidores y ha recibido numerosos reconocimientos internacionales.

Una preocupación constante del BSC es generar herramientas que puedan ser usadas en diferentes ámbitos de la ingeniería para mejorar los procesos y productos industriales. El principal esfuerzo lo hacemos con el código ALYA, que permite realizar complejas simulaciones multifísica. ALYA tiene múltiples aplicaciones. Lo utilizamos para la diseñar parques eólicos con Iberdrola (que ha obtenido mejoras sustanciales respecto a las que obtenía con códigos de uso común en la industria), pero también lo aplicamos a problemas muy diferentes. Por ejemplo, hemos desarrollado un simulador del corazón humano, lo hemos utilizado para diseñar quillas de barcos, para simular los complejos procesos que se producen en una cámara de combustión y para la optimización de los parámetros de un reactor químico.

Por último, comentaré someramente la investigación realizada en el **Departamento de Ciencias de la Vida**, donde

también, la ciencia básica y la aplicada deben ir de la mano y es evidente la necesidad de formar equipos multidisciplinares (investigadores biomédicos, ingenieros, matemáticos, etc.) para conseguir avances significativos para la salud humana.

Gracias a la tecnología, después de unos miles de años estemos en puertas de cumplir el sueño de Hipócrates de tratar pacientes, no enfermedades. Al combinar la información derivada de los nuevos métodos diagnósticos, con la derivada de las técnicas ómicas, podremos personalizar la definición de la patología, llegando a formular un nuevo paradigma el del “tratamiento de precisión” de las enfermedades, es decir, creando tratamientos ajustados a cada uno de los pacientes. Todo ello, aumentará la longevidad, la calidad de vida y disminuirá, drásticamente, los costes del sistema de salud.

Muchos avances tecnológicos han sido necesarios para ello y de manera muy especial, las técnicas de secuenciación del genoma, hoy un proceso casi rutinario. Podemos visionar un futuro, en el que cada ciudadano tendrá en soporte informático su genoma, transcriptoma y epigenoma, y los profesionales de los utilizarán para determinar su tratamiento. Pero los retos técnicos aún son enormes. Pasar de estos datos ruidosos, desestructurados y redundantes, a información de impacto en la salud humana, es una tarea formidable que requiere estructurar los datos, mantenerlos seguros, accesibles

y ser capaces de procesarlos para obtener información útil. Nuestras técnicas de *Big Data y Computación Cognitiva*, asociadas a las de cálculo, están mejorando la investigación en este campo.

Desde el BSC, queremos contribuir a este importante cambio de paradigma en la salud. Y estamos trabajando también con hospitales, centros de investigación, y farmacéuticas para entender las bases moleculares de enfermedades como el SIDA, el Cáncer, o la Diabetes, y en el diseño de una nueva generación de fármacos más precisos, potentes y seguros.

Es hora de ir acabando. Podría seguir hablando de otros muchos proyectos y otras actividades adicionales, pero me entretendré solamente en un tema en el que el BSC está dedicando muchos esfuerzos y en el que pretendemos ser referente mundial: la denominada “*Cognitive Computing*”.

Desde el principio de los supercomputadores y hasta recientemente, se ha asociado el término a máquinas muy rápidas ejecutando aplicaciones numéricas. Para el año 2020, se prevé que existirán más de 30 mil millones de dispositivos capaces de recibir, generar y procesar información, y que se producirán más de 20 Zetabytes de datos. Un Zetabyte son  $10^{21}$  bytes, equivalentes a mil millones de Terabytes. Ha llegado la invasión de los datos, y nuestra respuesta para procesarlos es el Big Data

y la Computación Cognitiva. Generar y almacenar grandes cantidades de datos no es suficiente. Necesitamos inteligencia para transformarlos en conocimiento.

Debemos entrar en una **nueva era en la computación**, donde el modelo actual, basado en la programación, dé paso a un nuevo paradigma, en el que la computación va a poder obtener conocimiento de manera autónoma, sin la necesidad de programas desarrollados por las personas. Los sistemas de computación incluirán **herramientas de analítica avanzada** (basadas en técnicas del llamado Aprendizaje Automático) y de deep learning, para permitir a los científicos obtener modelos predictivos elaborados gracias a la capacidad de las máquinas de autoaprender.

La idea consiste en que, en lugar de indicar con instrucciones a un computador qué hacer, vamos a ofrecerle ejemplos ya resueltos, definiremos un objetivo y le diremos a la máquina que averigüe por sí sola la solución. Para ello, los computadores adquirirán funciones análogas a las del cerebro como la inferencia, la predicción o la abstracción. De ahí el nombre de Computación Cognitiva (o **Cognitive Computing**). Y también de ahí, que los resultados que obtengamos en proyectos tales como el Human Brain, serán de una enorme utilidad. Es decir, vamos a sumar técnicas de Supercomputación, de Big Data y de Aprendizaje Automáti-

co que, juntos, constituyen la denominada “Computación Cognitiva”.

Evidentemente, esta nueva computación es muy intensiva en cálculo y requiere un nuevo enfoque de los sistemas de computación de altas prestaciones para permitir acelerar estos algoritmos de análisis avanzados y, a su vez, la convergencia con las tecnologías de Big Data y Aprendizaje Automático. Creemos que el **BSC-CNS** puede aportar mucho valor y tiene una posición privilegiada para liderar esta investigación.

También creemos que somos el actor idóneo para hacer que los avances del *Cognitive Computing* lleguen rápidamente a la sociedad. Proyectos como el de la Medicina Personalizada, sólo serán posibles mediante el uso la Computación Cognitiva. Y a ello vamos a dedicar gran cantidad de nuestros recursos en los próximos años. Estamos muy ilusionados intentando abarcar estos nuevos retos, que van a seguir cambiando nuestro mundo, y de manera especial, mejorando la salud de los ciudadanos.

Y esto ha sido sólo posible gracias al entendimiento y colaboración entre nuestros patronos desde el año 1984, el Gobierno de España, el gobierno de Catalunya y la Universidad Politécnica de Cataluña, así como también a las empresas que confían en nuestro trabajo. A pesar de la crisis económica nuestra moral está muy alta. Queremos seguir ayudando a convertir Es-



paña en un núcleo de I + D reconocido a nivel mundial, ayudando a consolidar el sistema público de I+D, básico para asegurar el flujo de innovación a medio y largo plazo, y así lo haremos si seguimos contando con sus apoyos.

Señoras y señores,

La Investigación, el Desarrollo y la Innovación están cambiando el mundo a una velocidad impresionante; diríamos que a una velocidad exponencialmente acelerada. La conocida afirmación de Heráclito sobre *la impermanencia y el cambio* es más cierta que nunca. Piensen que hoy viven y trabajan en nuestro pequeño planeta más investigadores que el sumatorio de todos los investigadores de toda la historia de la humanidad que nos han precedido.

El mundo que conocemos, si las proyecciones de tendencias se cumplen, cambiará más en los próximos 25 años que en los anteriores 2.000. La Investigación debe ayudar a elegir la dirección correcta, aumentando la calidad de vida de los ciudadanos, cuidando el entorno que vamos a legar a las siguientes generaciones. En España tenemos recursos y capacidades para competir en este mundo cambiante: tenemos historia, instituciones, conocimiento, infraestructuras, imaginación y ambición.... Pero, sobre todo, tenemos un capital humano educado como nunca pudimos soñar. Nos falta, sin embargo, me-

jorar al menos en tres vectores críticos: flexibilidad, capacidad de priorización y voluntad de asunción de riesgos. Flexibilidad para crear un marco legislativo adecuado para la Ciencia, facilitar los permisos de trabajo de los investigadores que atraemos de otros países, contratación flexible de investigadores... En definitiva, priorizar la asignación de los recursos a aquellos temas que realmente sean estratégicos para la sociedad.

Tenemos la capacidad y la voluntad para ser actores relevantes del mundo cambiante (permítanme de nuevo la digresión, del mundo súper-cambiante) que se nos avecina, y no ser meramente espectadores pasivos del futuro que ya está aquí. El futuro sólo depende de nosotros. Espero que como sociedad avanzada y libre que somos no nos equivoquemos.

En este punto y ya para finalizar, quiero dar rienda suelta a mi alma mexicana, y recordar los versos del mexicano **Francisco Asís de Icaza y Beña** enamorado de Granada: *“Dale limosna, mujer, que no hay en la vida nada como la pena de ser ciego en Granada”*.

Estoy aquí con mi familia y amigos, disfrutando de la primavera en Granada y viajando por primera vez a Andalucía con mi nieta Carla, recibiendo la generosidad y numerosas muestras de amistad de ustedes, los granadinos.

Querida Rectora, queridos colegas del Claustro de la Universidad: en nombre de nuestra familia, de mis alumnos de doctorado, colaboradores y amigos, queremos, una vez más, reiteraros nuestro agradecimiento y deciros que estamos muy contentos y orgullosos por esta inestimable distinción que recibimos de nuestra Universidad de Granada. Una ceremonia como la de hoy colma toda una vida académica.

Muchas gracias.



