

Como veremos, los métodos de investigación sobre el clima en Geografía mantuvieron una conexión con los métodos empleados en el contexto de la Meteorología, aunque fué la Climatología Sinóptica la que mostró un mayor impulso; con ella se podían alcanzar las pretensiones geográficas antes aludidas de una elaboración sobre el clima sintética y dinámica, es decir, fundamentada sobre las ideas de síntesis y de ritmo que comporta la definición adoptada de M.SORRE, porque el tipo de tiempo sinóptico refleja la condición compleja, solidaria y cambiante de la atmósfera; pero, simultáneamente, conectada con la física de la atmósfera e inspirada en los esquemas de circulación elaborados por los meteorólogos en el marco de la Climatología Dinámica, podía satisfacer las exigencias explicativas que el estudio del clima tenía en este contexto de la Geografía (\*).

Pero, en Geografía, el desarrollo de una y otra vertiente de la Climatología produce (a diferencia de lo que vimos en el contexto de la Meteorología) una polémica, que se desata hacia los años cincuenta y sesenta, sobre la conveniencia de la Climatología Tradicional o la conveniencia de la Climatología "Nueva" dando lugar a duras críticas y enfrentamiento entre ambas. Sobre este aspecto mas tarde volveremos, pero, de momento, debemos retener que, de esta polémica, la gran beneficiada fué la propia Climatología: en la primera vertiente se vió la necesidad de superar la concepción estática del clima e introducir ciertas mejoras como la utilización de las frecuencias, por ejemplo, tal y como vimos anteriormente; bajo la segunda vertiente se divulgaron las innovaciones y las posibilidades ofrecidas por los nuevos métodos, al mismo tiempo que se comprendieron sus limitaciones.

---

(\*) Estos tres objetivos se encuentran íntimamente vinculados en la elaboración climatológica de la Geografía porque, como ha afirmado respecto a la Geografía uno de los principales difusores de esta "metodología geográfica" de la Climatología, E.DE MARTONNE, "...Cartografía y geografía no son sinónimas, y no basta para ser geógrafo trazar la extensión de un fenómeno cualquiera. La preocupación de las leyes generales es un principio científico; la investigación de las causas es una preocupación filosófica. Pero el geógrafo es el único científico que se aplica al mismo tiempo a conocer la distribución de los fenómenos superficiales, físicos, biológicos o económicos, a discernir las causas de esa distribución, refiriéndola a leyes generales, y a investigar sus efectos. De este modo se ve conducido a considerar combinaciones locales de influencias, cuya complejidad rebasa todo lo que imaginan físicos, botánicos o estadistas..." (MARTONNE, E.DE, 1973 p.39).

Ahora bien, el que se haya producido un enfrentamiento entre las dos posiciones no quiere decir que tanto una como otra no muestren en su seno una diversidad de formas de tratar el clima: en el caso de la Climatología Tradicional ya lo constatamos, pero, igualmente, la aproximación al clima con un finalismo geográfico conducido en las concepciones de la Climatología Sintética se ha llevado a cabo utilizando también varias perspectivas probablemente inspiradas (como veremos) en algunos de los tipos de clasificaciones realizadas por los meteorólogos.

A. En primer lugar la aproximación climatológica en esta vertiente ha consistido en la definición de una serie de tipos de tiempo desde una perspectiva, como dice PAGNEY (PAGNEY 1982 p.12), fisionómica donde el tipo de tiempo es un conjunto de circunstancias meteorológicas (estado del cielo, temperaturas, lluvias, etc.). "...Las combinaciones del tiempo son aquí los efectos de temperaturas, precipitaciones etc., y no solamente los tiempos sinópticos expresados por medio de los mapas meteorológicos. En este caso el tiempo medio resulta de la duración de un ambiente. Se toma directamente la noción popular de 'tiempo que hace', la cual responde a las sensaciones agradables o desagradables que sienten los hombres..." (PAGNEY, 1976 p.14-15). Una de las características de este modo de proceder es, consiguientemente, la concepción sintética del clima que encierra, como hemos dicho, parte del análisis de las combinaciones reales de variables meteorológicas diarias que experimenta el tiempo en su evolución, aunque es cierto que, en esta vertiente, el tipo de tiempo ha sido establecido también a partir de una sola variable meteorológica, cuando esta variable es claramente dominante y de mayor importancia que las demás por las exigencias propias del estudio. La concepción básica de este método, ya la hemos visto, arranca de la "Climatología Compleja" establecida hacia los años veinte por FEDEROV, en la Unión Soviética, quien advirtió que los elementos del tiempo que actúan en la combinación determinan los procesos fisiológicos de las plantas (BARRY & PERRY 1973 p.175): en el contexto de la Geografía ha tenido un gran éxito, como es lógico, entre los geógrafos soviéticos pero, recientemente, HUFTY lo ha impulsado también fuera de este contexto (HUFTY 1972); la Tesis doctoral de CREUS NOVAU sobre el clima del Alto Aragón Occidental o la de RUIZ URRESTARAZU sobre la transición climática del Cantábrico Oriental al Valle Medio del Ebro se han llevado a cabo basándose en la consideración conjunta de tres datos meteorológicos concretos: presión, temperatura y precipitación, para deducir, a partir de las combinaciones diarias de estos elementos, según las estaciones, las situaciones sinópticas asociadas y los contrastes climáticos regionales (CREUS NOVAU 1983 p.28; RUIZ URRESTARAZU 1982 p.25-29 y 37). Como dice MOUNIER (1977), el establecimiento de frecuencias relativas permite definir las "estructuras

del clima" regionales y locales y esto puede ser muy útil para la bioclimatología y, en particular, para la investigación aplicada.

B. La aproximación al clima en el marco de la Geografía, bajo los planteamientos de esta segunda vertiente de la Climatología, también ha sido llevada a partir de la definición y el análisis de secuencias, frecuencias, etc... de los tipos de tiempo sinópticos (distribución de los sistemas de presión y flujos de aire) y de las masas de aire estudiadas a partir de sondeos aerológicos o deducidas del mapa sinóptico. El estudio del clima se hace entonces explicativo y se basa en los procesos que derivan de la Circulación General de la Atmósfera, es decir, de los procesos dinámicos que son los responsables de la diversidad, repartición geográfica y variabilidad de las características del clima sobre la superficie de la tierra: "...sólo puede entenderse el clima mediante el conocimiento del funcionamiento de la atmósfera..." dicen BARRY & CHORLEY (1972 p.14). En este caso se integra, por tanto, el "tiempo que hace" y su mecanismo. Así, por ejemplo, P. PEDELABORDE analiza el clima de la Cuenca de París (PEDELABORDE 1957) a partir, primero, de la investigación de los caracteres generales de la circulación atmosférica sobre el conjunto de la región; luego realiza la descripción de los tipos de tiempo a partir de los mapas sinópticos de altura (500 mb.) y superficie teniendo en cuenta, además, las masas de aire y las características termodinámicas así como los "efectos geográficos" (lluvias, temperaturas, etc...); en la tercera parte se aborda la definición del clima de la Cuenca de París a través de la frecuencia y la variabilidad anual y estacional de los tipos de tiempo y de las masas de aire; finalmente se analizan las "facies" regionales y locales de este clima en función de las características geográficas de la Cuenca aunque en este caso no se ponen en relación directa los tipos de tiempo sinópticos y las características climáticas de las diversas provincias climáticas de la región; no cabe duda de que, con esta aportación, P. PEDELABORDE contribuyó de forma decisiva a sistematizar y definir este método de investigación en Geografía. De este modo la aproximación al clima se hace de forma sintética, dinámica y, además, explicativa: a la Climatología, en Geografía, se le abrieron unos nuevos horizontes que contrastaban con las perspectivas de la Climatología Tradicional. La Climatología fundada sobre el análisis de los "tipos de tiempo sinópticos", que, según P. PEDELABORDE (1957 p.63), en su conjunto y en su evolución componen "...el film viviente del clima...", ha conocido desde los años cincuenta un enorme desarrollo proliferando los estudios basados en la clasificación y análisis de las características de los mapas sinópticos y las masas de aire asociadas (por ejemplo HUETZ DE LEMPS, 1969); también se han llevado a cabo a través de clasificaciones donde se consideran exclusivamente las caracte-

rísticas de la circulación mostradas por los mapas macrosinópticos (LAUTENSACH 1967) y los mapas sinópticos de altura y superficie (por ejemplo CASCOB MARANA, 1982; CALONGE CANON, 1984; CAPEL MOLINA 1975) o, incluso considerando sólo las características mostradas por los mapas sinópticos de altura (PEDELABORDE y DELANNOY, 1958), de tal modo que las características del clima regional abordado, o de un sólo elemento como las precipitaciones, se explica en función de la frecuencia anual y estacional de los tipos o modelos de circulación clasificados a partir de los mapas sinópticos.

C. Pero, la Climatología fundada en los tipos de tiempo sinópticos ha evolucionado recientemente en el seno de la Geografía en otra dirección cuya característica esencial es la preocupación por profundizar en el estudio sintético, dinámico y explicativo del clima de una región y, complementariamente, por establecer y explicar bajo las mismas orientaciones las diferencias internas que este muestra: las facies. MOUNIER en su Tesis (1977) sitúa esta cuestión: El problema principal es saber si una estructura sinóptica definida con la mayor precisión posible es siempre responsable de la aparición de un mismo estado de la atmósfera sobre las diferentes regiones que afecta ¿las variaciones del sustrato geográfico introducen, a escala regional, nuevas consideraciones de circulación capaces de modificar el ambiente atmosférico creado por la situación sinóptica?. ¿Hay identificación entre la situación sinóptica y el tipo de tiempo?.

Desde nuestro punto de vista particular los factores geográficos que actúan en relación con los factores atmosféricos, para caracterizar el clima, no pueden reducirse a factores geográficos externos a la región sino también deben comprender los factores geográficos internos de la región estudiada. Para este tipo de consideración climatológica que pretende definir y explicar el clima y los matices climáticos internos de una región, el método de trabajo debe partir de la clasificación de tipos sinópticos y el tipo de tiempo fisionómico (el conjunto de variables meteorológicas observadas) que, con cada tipo sinóptico se produce en los diferentes ámbitos. De tal modo, como dice PAGNEY, se trata de establecer "...las correlaciones estadísticas entre los elementos climáticos y los 'tipos de tiempo' (entendemos aquí los tipos de tiempo sinópticos). El hecho es que los autores se han preguntado sobre esta cuestión. A. HUFTY ha sugerido la aproximación: 'Ignoro si es posible encontrar la correspondencia simple entre los tipos de tiempo sinópticos y las combinaciones de los elementos del tiempo, pero pienso que sería este un trabajo útil'. CH. F. PEGUY ha presentido esto también y ha imaginado el enriquecimiento de la investigación (...) F. PAGNEY piensa, igual, en el partido que se puede sacar de la confrontación de los

elementos del clima con la de los datos aerológicos..." (P. PAGNEY 1976 p.13-14). En la Geografía española esta corriente ha tenido un reciente impulso; entre otros podemos citar los estudios de CLAVERO PARICIO y RASO NADAL (CLAVERO PARICIO y RASO NADAL 1978), FERNANDEZ GARCIA ha establecido una diferenciación regional de las precipitaciones y su dinámica en la submeseta meridional (FERNANDEZ GARCIA 1980), CASTILLO REQUENA para las precipitaciones de Andalucía Oriental (CASTILLO REQUENA 1981).

El desarrollo de la Climatología Sintética en Geografía, aunque basada en las construcciones de los meteorólogos, ha logrado establecer una elaboración peculiar, propia; la consideración del hecho climático y del clima en este contexto ha conducido a una aproximación a la realidad compleja y global constituida con la evolución del tiempo atmosférico sobre la superficie de la tierra, el medio físico geográfico, el lugar donde habita el hombre.

C. Los casos antes analizados hacen referencia a estudios fundamentalmente regionales, sólo en ocasiones se trata de ámbitos macrosinópticos. Pero, en esta segunda vertiente de la Climatología, también se han intentado desarrollar los estudios globales que han quedado plasmados en las denominadas Clasificaciones Genéticas de los climas cuya elaboración se ha mantenido en estrecha vinculación con los estudios de Circulación General Atmosférica; no obstante la interconexión de estas clasificaciones genéticas globales y los estudios de climatología regional es aún, bajo estas perspectivas, un proyecto de trabajo solamente.

Entre las clasificaciones genéticas se pueden destacar ya en los años treinta del presente siglo algunos ejemplos simbólicos como el de A. HETTNER (1931) y ejemplos significativos como el de B. B. ALISSOV (1936) quién introduce un sistema muy generalizado, en donde se tomaba en consideración un elemento por aquella época recientemente introducido por la Meteorología en el conocimiento de la estructura atmosférica: las masas de aire; el predominio de éstas en las diversas estaciones constituía la base genética de su clasificación climatológica (BARRY & CHORLEY 1972 p.371). Posteriormente se han llevado a cabo otras clasificaciones donde se hace una distinción acertada de zonas según la permanencia de una masa de aire o por su alternancia, es decir, entre zonas manantiales o de divergencia y zonas de convergencia o de frontogénesis, aquí se puede encuadrar la clasificación genética del clima elaborada por BRUNNSCHWEILLER en 1957, aprovechando la clasificación de las masas de aire elaborada por PETERSEN para el hemisferio norte (BARRY & PERRY 1973). También STRAHLER ha establecido en la década de los años sesenta una clasificación genética donde define, en función de las masas de aire, catorce regiones

climáticas (más una de regiones de montaña) que se puede en relación con los grupos y subgrupos climáticos de KOEPPEN: estas catorce regiones se agrupan en tres grandes grupos (los regulados por las masas de aire ecuatoriales y tropicales, por las tropicales y polares y por las árticas y las polares) y se llevan al planisferio, al mismo tiempo que se acompañan de histogramas termopluviométricos con símbolos referentes al Z.I.C., a las anticiclones subtropicales, a las borrascas extratropicales, al Monzón, etc... (STRAHLER 1982).

En otros casos las clasificaciones genéticas se han establecido considerando predominantemente las regiones de los movimientos ascendentes o descendentes del aire: PETERSSEN (1976 p.373) aprovecha la distribución zonal de estas regiones y su traslación anual en bloque para explicar la distribución de los regímenes pluviométricos según la latitud. Junto a esta clasificación que ha tenido cierto éxito, siendo recogida en manuales de Climatología como el de KOEPPEN (KOEPPEN 1948 p.92), encontramos otra clasificación dinámica elaborada por otro meteorólogo: LANDSBERG, basada, en primer lugar, en las estructuras principales de circulación (ciclones migratorios, "C", anticiclones cuasiestacionarios, "A", convergencia ecuatorial, "E", y combinaciones de las precedentes, "CA" y "AE") en segundo lugar se especifican las estructuras de circulación secundaria o estacionarias (Monzones típicos "S", y vientos alisios predominantes, "T") y en tercer lugar se definen a las influencias superficiales más importantes (continental, "c", oceánica, "o", montaña, "m", vertiente de barlovento "mv", vertiente de sotavento, "ml", etc...). aunque esta interesante clasificación se aplica sólo a determinadas aéreas (DONN 1978 p.532). Por último citaremos H.FLOHN quien estableció hacia 1950 una clasificación basada en los cinturones globales de viento y las características de las precipitaciones: esta clasificación se esquematiza en un continente ideal intentando coincidir con el esquema de KOEPPEN (ver BARRY & CHORLEY 1972 p.372).

Estas últimas clasificaciones del clima contrastan fuertemente con las clasificaciones aplicadas o fisionómicas de la Climatología Tradicional: en primer lugar sustituyen definitivamente la tradición de los factores astronómicos y geográficos del clima por los factores dinámicos y atmosféricos, al mismo tiempo que se establecen como sistemas "explicativos-descriptivos", usando la denominación de STRAHLER (1982 p.242), contrastados con los sistemas empíricos-cuantitativos de KOEPPEN, THORNTHWAITE, etc...sin duda alguna son capaces de dar por sí solos una primera visión de la variedad de causas que intervienen en la distribución de los climas sobre la superficie terrestre basándose en las consecuencias de las interrelaciones de los hechos geográficos con los hechos físicos y los procesos atmosféricos, aunque tal

vez su validez se oscurece cuando se trata de expresar, correlativamente a estas causas, las condiciones climáticas mismas. Esto ha quedado reservado como antes dijimos a los estudios regionales.

De todos modos, la consideración de los hechos climáticos y del clima mismo bajo esta segunda vertiente de la Climatología Contemporánea, sea a través de los estudios regionales, sea en los intentos de clasificaciones genéticas planetarias, elaborados por meteorólogos o geógrafos, revela un hecho que explica, simultáneamente, al menos en una buena parte, el desarrollo de estos estudios: la evolución de la comprensión de los procesos atmosféricos a partir de la aplicación de leyes físicas y la evolución correlativa del conocimiento físico de las estructuras atmosféricas y del tiempo. Conforme se ha ido consolidando la noción de tiempo atmosférico como realidad física, compleja, global y dinámica se ha visto la conveniencia de incorporar esta realidad atmosférica, tal cual, a la comprensión espacial y temporal de los fenómenos climatológicos de la superficie terrestre y, simultáneamente, esta vertiente de la Climatología se ha ido, también, consolidando con lo cual el proceso de acercamiento entre los conceptos antiguos de "meteooros" y "klima" ha llegado a una simbiosis total y profunda donde el clima no puede entenderse de otra forma que en función del elemento activo y cambiante de la acción atmosférica: el tiempo.

#### IV.2.3.3. La Climatología de los Balances o Climatología de la Capa Límite en el marco de la Física Atmosférica.

A los avances de la Climatología Dinámica y de la Sinóptica se ha superpuesto el avance durante las últimas décadas de la denominada Climatología de los Balances. Tal y como hemos hecho en otros apartados anteriores con las otras tendencias climatológicas, emplazamos para después la consideración del significado de los aspectos que, desde el punto de vista metodológico, supone esta perspectiva climatológica particular, y, de momento, sólo nos vamos a interesar por su introducción y desarrollo histórico, es decir, vamos a tratar de analizar cómo las concepciones sistémicas del clima, centradas primordialmente en la consideración de la energía, de la capa límite y de los balances, y sustentadas de manera casi exclusiva por formulaciones fisicomatemáticas, se abren paso en una Climatología contemporánea que, hasta hace relativamente poco tiempo, estaba dominada, casi exclusivamente, por unas perspectivas tradicionales que se mostraron, sobre todo a partir de la postguerra, insuficientes para la resolución de algunas cuestiones nuevas respecto al clima.

Siguiendo a HARE (1975 p.251-279), esta tendencia

probablemente arranca de unos precedentes que se remontan a los trabajos de principios de siglo de VOYEYKOV, reputado como el iniciador de este movimiento por científicos posteriores y compatriotas suyos; y llega a alcanzar su madurez en el marco soviético, mediada la presente centuria, con el surgimiento de obras como Atlas of Heat Balance (1955) o como Heat Balance of the Earth's Surface (1956), ambas de M.I. BUDYKO que, publicadas y, en el segundo caso, también traducidas al inglés (1958), convirtieron a muchos climatólogos, especialmente del ámbito anglosajón, en partidarios de la peculiar perspectiva desde la cual esta nueva corriente enfocaba el concepto de clima y la elaboración climatológica. Sin embargo, es preciso destacar, como lo hace HARE, en primer lugar la preparación del terreno que fue operada en Occidente por una serie de geógrafos tales como THORNTHWAITE quien, en alguna de cuyas elaboraciones (especialmente la sugerida en An approach toward arational classification of climate, 1948), aún apuntando a objetivos tradicionales como el de clasificar los climas y basándose en parámetros totalmente empíricos como el de evapotranspiración potencial, destacaba ya por su insistencia sobre "...la racionalidad y sobre la evolución cuantitativa del papel que juegan la energía solar, la transpiración, la producción de materia orgánica seca, el almacenamiento de humedad en el suelo y el excedente de humedad..." (HARE 1975 p.254) y, en segundo lugar, la contribución al progreso en este campo de una diversidad de especialistas entre los cuales pueden destacarse aquellos implicados en el método micrometeorológico, los implicados en el método microclimático y los implicados en el método hidrológico.

En un principio, las investigaciones dirigidas en esta línea de la Climatología se establecieron fundamentalmente para análisis de microescala. Pero pronto se aprovecharon las experiencias aquí obtenidas para pasar a los análisis de macroclimatología, es decir, análisis globales a gran escala basados en unos métodos y en un tipo de parámetros similares, que han dado origen a esta nueva Climatología. El desarrollo de su interés por la macroescala, en una parte importante, ha corrido paralelo al reciente despertar de las inquietudes suscitadas, cada vez con mayor intensidad, por los problemas del medio ambiente, llegando a cristalizar durante fechas relativamente próximas a nosotros, hace una o dos décadas, en unas concepciones teóricas y en unas realizaciones prácticas que, al menos en Climatología (aunque no solamente en esta disciplina), son lo suficientemente inéditas y distintivas como para hacer de ellas, ahora, una consideración aparte.

Un buen representante de este marco delimitado por las nuevas inquietudes relativas al medio natural, el geógrafo soviético I. GUERASIMOV, ha resaltado hace poco el ascenso importante de los trabajos de investigación

situados en esta línea: "...Durante largo tiempo la atención de científicos y filósofos estuvo centrada tanto en los problemas de la conquista de las fuerzas de la naturaleza para la satisfacción de las necesidades humanas como en el estudio del influjo de esta última sobre la vida material y espiritual de la sociedad. Más tarde cobró actualidad otra cuestión: la de si son suficientes los recursos naturales de la Tierra para satisfacer el consumo de energía y sustancias naturales, en vertiginoso crecimiento con el ascenso de la población y el progreso científico-técnico. Finalmente, en el último tiempo, se ha situado en primer plano la tarea de proteger el medio ambiente, como condición esencial de la vida y la actividad de la propia sociedad humana..." (GUERASIMOV, I. 1976 p.4-5).

Esta preocupación medio-ambiental, generalizada en la Ciencia contemporánea a una gran diversidad de sus ramas, ha calado hondo precisamente en el seno de la organización Meteorológica Mundial desde hace aproximadamente una veintena de años, de tal forma que un número nada despreciable de sus profesionales integrantes, entre ellos algunos de los meteorólogos más prestigiosos, han devenido coparticipes, y de una manera muy viva y especial, de dichas preocupaciones. En este contexto, el problema de la calidad de vida ha sido encauzado en una íntima correspondencia con la consideración del clima: el estado medio-ambiental, con su determinado grado de calidad o de deterioro, se ha puesto en relación con el estado del "sistema climático" y con los posibles cambios del clima: no debe por tanto extrañarnos que, precisamente, el conocimiento del sistema climático (el clima entendido en el sistema natural) y el conocimiento de la evolución y los cambios del clima esten constituyendo en las dos últimas décadas unos objetivos cuyo estudio haya aumentado paralelamente a la dedicación prestada a las realidades medio-ambientales de nuestro Planeta. Por todo esto, no puede caber duda tampoco de que la Climatología, como ciencia del clima haya detentado un lugar destacado, si no preferente, en la aproximación a esa problemática general que es la problemática medio-ambiental.

El conocimiento de estos temas conceptualizados como climatológicos (el sistema climático y los cambios del clima) ha sido conducido, y no sólo en este contexto de la DMM aunque sí principalmente en él, bajo un planteamiento del clima en términos, como anteriormente indicáramos, estrictamente físicos y matemáticos: se procura que se trate de un conocimiento de tipo teórico y racional al mismo tiempo que deductivo y experimental. No obstante, los mismos problemas medio-ambientales relacionados con el clima, junto a la consideración del clima como recurso natural habían conducido ya, como vimos anteriormente, a la realización de unas elaboraciones climatológicas en el marco de la Meteorología, en el de

la Geografía y en el de otras disciplinas, que eran más o menos complejas pero, siempre, de carácter estrictamente estadístico, nunca surgían planteamientos físicos y matemáticos: he aquí un distinguido sustancial entre aquellas y esta otra Climatología: es una diferencia sustancial que hay entre la Climatología estadística que, según vimos, fue desarrollada a partir de los planteamientos tradicionales y la Climatología que ahora nos interesa, la de los Balances, o Climatología Energética, anteriormente enunciada por nosotros entre las nuevas tendencias, es decir, las tendencias cuyo origen y evolución se llevó a cabo escapando a los planteamientos tradicionales.

Más concretamente, el desarrollo de esta nueva perspectiva en el quehacer de las elaboraciones sobre el clima a macroescala se ha constituido a partir del cuarto gran avance que anteriormente describíamos en el apartado dedicado a la evolución de la Meteorología como ciencia de la atmósfera. Impulsado desde el seno de la OMM, este último avance ha quedado sin embargo dirigido hacia unos objetivos que, según hemos visto, son sensiblemente distintos, a su vez, a los de los tres grandes avances anteriores, pues el interés se ha trasladado no sólo desde la elaboración estadística a la elaboración físico-matemática sino, además, se ha trasladado desde las formulaciones de corte sinóptico del tiempo atmosférico y su prognosis a corto plazo hacia la formulación sistémica del clima y la prognosis de los cambios climáticos a largo plazo.

Este auge de la importancia del clima con respecto al tiempo atmosférico queda bien patente por el interés que se le presta en el más importante programa de investigación de las ciencias atmosféricas en las dos últimas décadas: el G.A.R.P. (Programa de Investigación Global de la Atmósfera); como dice M.F.PITA, este programa se volcará hacia la elaboración de una teoría del clima "...perdiendo importancia relativa en su interior el perfeccionamiento de las previsiones meteorológicas..." (PITA, M.F. 1984 p.52). No cabe duda de que, junto a los intentos de elaboración de predicciones numéricas para una o dos semanas de antelación, el GARP queda justificado por la necesidad cada vez superior de investigar las bases fundamentales del clima. Pero, como anotara SAWYER en la pasada década, en el GARP, proyecto inicialmente concebido para explicar cómo se origina el clima una vez conocida la composición de la atmósfera y una vez conocidas las fuentes externas de energía, se observó un progresivo desplazamiento hacia el interés por las fluctuaciones climáticas durante las cuales pueden variar, bien sea la composición de la atmósfera, por causas naturales o por contaminación antrópica, bien sea la circulación de los océanos, bien sea las superficies cubiertas de hielo o nieve, etc...de tal modo se ha podido acabar dando más importancia a las fluctuaciones climáticas que al propio

clima (SAWER, J.S., 1974 p.15). De todos modos, en el Programa Mundial del Clima (el primer programa fundamental de investigación dedicado al clima exclusivamente) se ha desglosado en cuatro elementos donde se recogen tanto los elementos de interés iniciales como los que luego surgieron durante la década de los setenta; según H.DANIEL estos elementos son: los datos, las aplicaciones, los estudios de impacto y la investigación científica (DANIEL, H., 1980 p.19-24).

Simultáneamente a la realización de estas elaboraciones teóricas y globales sobre el clima se ha afianzado más y mejor la Climatología de los Balances pero, también se han configurado y desarrollado sus objetivos particulares sensiblemente distintos a los de las demás tendencias pues el fin primordial perseguido, el clima, no es aquí desentrañado del tiempo atmosférico sino que es obtenido directamente del sistema natural a partir, como indica TERJUNG en su definición de Climatología, del "...análisis físico de las relaciones y acciones fundamentales del sistema de proceso-respuesta Tierra-Atmósfera con referencia al hombre y sus actividades..." (Ver PERA, O y SCHNEIDER, H 1982 p.112). El análisis físico parece haber desplazado al análisis meteorológico y una nueva forma de concebir y entender el clima se ha forjado, llegando a consolidarse cuando ha tratado de satisfacer unos fines de estudio nuevos y particulares: el sistema climático y los cambios de clima.

V. LA APROXIMACION DEL CLIMA AL TIEMPO: RECAPITULACION SOBRE LAS CARACTERISTICAS, ORIENTACIONES Y METODOS DE LA CLIMATOLOGIA CIENTIFICA PARA LA ELECCION DE NUESTRO METODO DE TRABAJO.

El planteamiento y la consolidación de la conexión del concepto de clima con las realidades constituidas en la evolución del tiempo atmosférico como hemos visto representó un hito para la configuración de una etapa bien distinguida y completamente nueva en el desarrollo histórico de las consideraciones sobre los hechos climáticos desde la Antigüedad: necesariamente se debía de tratar de una etapa nueva porque es la primera ocasión en que la formulación de los hechos climáticos se halla en una estrecha correspondencia con la consideración de los hechos meteorológicos englobados en el tiempo atmosférico: la definición de clima dada por el meteorólogo J. HANN vimos que empezaba con las siguientes palabras: "...es el conjunto de fenómenos meteorológicos que..."

"...De una u otra manera la vigencia y la supremacía que rápidamente alcanzó esta forma de concebir el hecho climático y el clima fué manifiesta desde el momento en que se instauró definitivamente en el S.XIX, y continuó siendo manifiesta hasta la actualidad de tal modo que casi nadie, desde las postrimerías del S.XIX, se atrevería ya a negar que, como se ha expresado recientemente, sólo se puede acceder seguramente a la noción de clima partiendo de la de tiempo..." (PEDELABORDE 1970 p.9).

Naturalmente, para que la conexión del clima con las realidades constituidas por la evolución del tiempo atmosférico llegase a establecerse vimos que fué necesaria, en primer lugar, la concepción previa de la atmósfera y el desarrollo del conocimiento de sus características, de sus estados: fué necesario en definitiva que se impulsara el conocimiento del tiempo atmosférico: precisamente los inicios del desarrollo de la Meteorología hacia mediados del S.XIX (concepciones sinópticas y ampliación de la red de observaciones), apoyados en las construcciones que la Física había edificado desde el S.XVI, constituyeron, según anotábamos en apartados anteriores, el logro inmediatamente anterior a la formulación "meteorológica" del clima. Este hecho relativo al desarrollo del conocimiento del tiempo y de los fenómenos meteorológicos incidió en las consideraciones sobre los hechos climáticos conduciéndolas, por vez primera, hacia la prefiguración de esa etapa en donde es característica la referencia necesaria y directa a la realidad meteorológica del tiempo: así se suscitó la apertura de las perspectivas inéditas en el concepto de clima que obligaron al planteamiento del mismo por unos cauces directamente conectados con el contexto científico de las concepciones y las elaboraciones atmosféricas establecido (a partir de los presupuestos de la Física Moderna y Contemporánea) por la Meteorología.

logía. La evolución de los términos antiguos "klima" y "meteooros" había desembocado ahora en un lugar común que induciría la formación de lazos directos y estrechos entre la Climatología y la Meteorología.

Pero, para que la conexión del clima con las realidades constituidas por la evolución del tiempo llegara a formularse y consolidarse, no bastaba sólo con el establecimiento y el desarrollo de las elaboraciones propiamente meteorológicas. Por esto también hemos analizado cómo la conexión clima/tiempo tomó cuerpo cuando, en el estudio de las fracciones del medio natural convergentes en la superficie de la Tierra, cobra auge la consideración autónoma de los fenómenos constituidos en cada una de esas fracciones: el análisis específico y particular centrado en la componente aérea de la epidermis terrestre no podía ignorar entonces ni las realidades meteorológicas ni la evolución del tiempo atmosférico donde éstas quedan enmarcadas. La inquietud por el estudio de la componente aérea de la epidermis terrestre desempeñó, sin duda, un papel catalizador en la nueva concepción del clima (trás haber sido impulsados los conocimientos atmosféricos), y puede ser considerada como un segundo elemento básico para el desarrollo de las nuevas consideraciones climatológicas; e incluso fué un elemento básico, también, para su estructuración, pues la referencia a la superficie terrestre en estas consideraciones (noveles por su inédita conformación a partir de los fenómenos meteorológicos) intervino en ellas motivando la presencia de una importante carga de significados y contenidos geográficos; coexisten, por tanto, junto con los aspectos novedosos, otros aspectos profundamente enraizados, sin embargo, en las características de las anteriores consideraciones sobre el clima cuando aún no se había establecido en la práctica la conexión de los hechos climáticos con las realidades meteorológicas del tiempo atmosférico. Si el desarrollo del conocimiento del tiempo atmosférico impulsó la vinculación de la Climatología con la Meteorología, la referencia a la superficie de la Tierra motivó en gran parte el continuismo de otros vínculos, los que, en las épocas precedentes, estrechaban a la Climatología con la Geografía.

Posibilitada por el impulso de los conocimientos meteorológicos e impulsada por el auge del interés por el estudio de la componente aérea de la superficie terrestre, la conexión del clima con el tiempo no sólo originó una etapa novel en la historia de las consideraciones sobre los hechos climáticos vigente aún en la actualidad sino que, además, determinó, junto a los nuevos contenidos, la forma y las características nuevas que habría de mostrar la elaboración climatológica.

En primera lugar, tanto en cuanto se trataba de un análisis específico y particular centrado en una de esas

fracciones en que se divide el análisis global del medio natural (la componente aérea de la superficie terrestre), el conocimiento climatológico llegó a constituir definitivamente una disciplina con cierto grado de autonomía que adoptó para sí la denominación de Climatología y se situó, según acabamos de decir, como un puente entre la Meteorología y la Geografía. Aunque es cierto que ya había sido esbozada anteriormente (HUMBOLDT), no se puede negar que encontró como tal disciplina su principal etapa de conformación y desarrollo, por algunos autores distinguida con el nombre de "etapa científica", en el momento en que el concepto de clima sustituye los significados temperamentales e incorpora y se estructura a partir de esos contenidos meteorológicos.

En segundo lugar, esta primera característica de la elaboración climatológica referida a su configuración como disciplina autónoma se asoció a una característica que le es inherente: su condición abstracta. Hemos dicho que, tras haber sido impulsados el conocimiento meteorológico, la consideración de la componente aérea de la superficie de "la Tierra no podía ya ignorar los fenómenos asociados a la evolución del tiempo atmosférico; pero, como ocurre que los fenómenos atmosféricos que inciden en la epidermis terrestre son, a diferencia de los demás fenómenos constituyentes del medio natural, extremadamente cambiantes y complejos, el desarrollo de estas consideraciones sobre la componente aérea del medio físico tuvo entonces que orientarse, necesariamente, atendiendo a los rasgos más permanentes de esos cambios rápidos y constantes: el estudio de los climas llegó a constituir, empleando términos de DURAND-DASTES (DURAND-DASTES 1982 p.27), una "memoria" de los aspectos principales de unos tiempo pretéritos. Una vez identificada la elaboración climatológica con la retención de determinadas características de la evolución del tiempo, la Climatología pasó a tomar consistencia como forma de conocimiento abstracto pues, efectivamente, la única forma de establecer esa "memoria" retentiva a partir de una realidad tan fugaz y diversa como el tiempo es por medio de la abstracción, concretamente la abstracción de las analogía que a nivel espacial y temporal muestra en su incesante evolución, lo que PEDELABORDE (PEDELABORDE 1970 p.8) llama "estados duraderos".

No cabe duda de que el clima o el hecho climático, al resultar un producto de la "aproximación climatológica al tiempo", pasó a constituir él mismo, correlativamente, una abstracción que no representa el punto de partida de la investigación (como ocurre al relieve con la morfología, por ejemplo) sino el de llegada pues, tal y como queda ahora concebido, el clima no es un hecho con consistencia real previa al estudio sino una idealización póstuma obtenida de la evolución del tiempo que es la única realidad, el único objeto de conocimiento, con

existencia propia independientemente del análisis. El hecho de la formulación del clima a partir de las realidades meteorológicas que se configuran en la evolución del tiempo es, desde nuestro punto de vista, un reflejo y una consecuencia directa del reconocimiento, por primera vez consciente, reflexivo y, muy importante, operativo, de la condición de realidad (es decir, el carácter positivo) que inviste al tiempo frente al clima; a esta toma de consciencia en el orden teórico y práctico de la elaboración climatológica se accede a partir, según dijimos, de los pasos iniciales dados por la Meteorología científica contemporánea en el conocimiento del tiempo atmosférico.

En tercer lugar, en conexión con esta inherente condición abstracta, la Climatología llegó a distinguirse básicamente por la forma de abordar el análisis de una realidad natural, el tiempo atmosférico, cuyo estudio no le pertenece más que por determinados hechos que se pueden obtener de su evolución. El desarrollo del quehacer climatológico ha debido configurarse, entonces, simultáneamente a la articulación de los métodos de trabajo que hacen posible acceder a esos rasgos de la evolución del tiempo, que hacen posible, en definitiva, establecer aquella perspectiva de los fenómenos meteorológicos por la cual cobra sentido propio la nueva elaboración climatológica posibilitando la adquisición de la entidad que la faculta como disciplina. Lo que da su consistencia a la Climatología es por tanto un objeto de conocimiento que, en sí mismo, no le pertenece (pertenece en primera instancia a la Meteorología) y un método de trabajo que sí le es propio, tanto en cuanto queda establecido en estrecha (y necesaria) correspondencia con el punto de vista particular con que la Climatología aborda las realidades meteorológicas. La aproximación al clima, en estas circunstancias, representa, sin duda alguna, un tipo de reflexión sobre los fenómenos atmosféricos diferente y distintivo por medio del cual la Climatología científica se configura con ciertas connotaciones de ciencia-método plasmadas ya en la adopción de unas denominaciones para esta disciplina idénticas a los métodos de trabajo que sostiene, pero se ha plasmado, fundamentalmente, en el desarrollo de un método de trabajo con antelación. Este hecho constituye otra característica esencial de la Climatología científica.

Erigir las positividadades meteorológicas representadas por la evolución del tiempo atmosférico en la fuente de donde dimana la elaboración climatológica, ha constituido, sin duda alguna, la solución más aceptable para lograr una formulación del clima adecuada, desde el punto de vista teórico, a las exigencias que impone el conocimiento de la componente aérea de la epidermis terrestre y, sobre todo, operativa, desde el punto de vista práctico (aplicado), de dicho análisis. Ahora bien, desde el

momento en que se perfila a esta solución, en el plano teórico aparecen una serie de dificultades relacionadas con la propia complejidad del tiempo atmosférico: de tal modo, para superar estas dificultades en el paso de la realidad meteorológica compleja a la abstracción climatológica comprensiva se han establecido no uno sino diversos métodos que han dado lugar, según vimos, a una correlativa diversidad de "Climatologías" correspondientes cada una a un método. Por otro lado, el interés suscitado por unos aspectos del tiempo o por otros, según las exigencias requeridas por el plano aplicado, ha conducido también a una diversificación en las elaboraciones climatológicas en función de los fines a los que sirven.

Esto, que ha sido anticipado anteriormente desde una perspectiva histórica, es lo que vamos a examinar a continuación desde la perspectiva metodológica, constituyendo el fin primordial y la justificación de los siguientes apartados que se centran en el análisis y valoración de diversos métodos y, por tanto, de diversas Climatologías.

#### V.1. LA ELABORACION CLIMATOLOGICA DESDE LA PERSPECTIVA ANALITICA, SEPARATIVA O TRADICIONAL. CARACTERISTICAS Y PLANTEAMIENTOS METODOLOGICOS

Las consideraciones sobre hechos climáticos por parte del hombre son antiguas, ya lo hemos visto, pero hasta hace relativamente poco tiempo la aproximación a éstos se llevaba a cabo en íntima conexión, fundamentalmente, con la consideración de alguna realidad terrestre, planetaria o extraplanetaria, cuya existencia física determina por sí sola la presencia inmediata de lo que se reconoce como un hecho climático debido a la acción causal directa que ejerce sobre el medio aéreo o, al menos, sobre la película de aire donde habita el hombre; se llevaba a cabo, consiguientemente, a expensas de considerar previamente lo que hoy conocemos con el nombre de factores del clima: los factores eran el punto de partida para hallar y definir los hechos climáticos y los climas, y nó al revés. Para estos fines los factores utilizados con mayor éxito básicamente fueron, como ya vimos, los relativos a las realidades astronómicas, bien conocidas ya por la Ciencia Antigua puesto que se incardinaron en una de las áreas del saber más y mejor desarrolladas por entonces, y los relativos a las características del substrato geográfico de la superficie de la Tierra, tomados en consideración por la Grecia Clásica (las consideraciones hipocráticas) pero desarrollados especialmente durante la Edad Moderna y Contemporánea con los viajes, las exploraciones de nuevas tierras y, sobre todo, con las expediciones científicas. Hemos visto como la radiación solar y las condiciones de inclinación que ofrece la superficie de nuestro planeta según la latitud permitían delimitar los climas templados, los fríos o polares y los

cálidos; también las condiciones del substrato geográfico (tierras húmedas bajas, pantanos, arenas desérticas, etc...) permitían distinguir determinadas características temperamentales o climáticas y condiciones de salubridad ambiental. El conocimiento climático adoptaba entonces una forma de conocimiento de tipo racional y predominantemente deductivo que hacía posible establecer "a priori" el hecho climático y sus características, incluso sin haber sido nunca constatadas. Precisamente, la formulación, anteriormente aludida, de los "climas astronómicos" y la de los "climas físicos" es un ejemplo destacable de construcción eminentemente deductiva obtenida, bajo la concepción temperamental (restringida) del clima a partir de la consideración apriorística de los factores astronómicos y geográficos junto a un tercer tipo que se añade cobrando cada vez más importancia: la circulación atmosférica media (factores atmosféricos).

Pero el establecimiento de los hechos climáticos, según hemos visto, también se ha llevado a cabo, a partir de determinado momento, sobre unas bases distintas que han entrañado unas orientaciones y unos planteamientos con unas connotaciones sensiblemente alejadas de las consideraciones precedentes así como una concepción diferente del clima. En esto nos vamos a centrar en el presente apartado.

Las exigencias de estas otras perspectivas construidas en torno al "clima meteorológico" hicieron que el conocimiento climático tuviera una primera línea nueva de desarrollo, muy importante, que lo establece como un conocimiento de tipo empírico al quedar construido a partir de la observación de las características físicas y meteorológicas del medio aéreo, es decir, las observaciones del tiempo atmosférico: simultáneamente aparece impregnado con numerosas connotaciones de conocimiento de tipo inductivo donde el hecho climático deja de ser establecido apriorísticamente y queda determinado "a posteriori", es decir, infiriendo de esos datos relativos a un cierto número de observaciones aerológicas los fenómenos de carácter más general que engloban y resumen los grandes trazos meteorológicos, espaciales o temporales, de la evolución del tiempo atmosférico. El desarrollo de estas consideraciones sobre el clima (de fundamento esencialmente empírico e inductivo) se ha trazado en estrecha correspondencia con el método analítico o separativo, el cual prestó su nombre, así como su estructura y su consistencia misma, a la Climatología configurada en torno suyo: la Climatología Analítica, Separativa o Tradicional.

Vimos que bajo este método el tránsito del tiempo al clima se lleva a cabo, ante todo, mediante dos procesos de abstracción: primero la descomposición de la realidad (el tiempo atmosférico), compleja y global, en los prin-

principales elementos que la configuran, de donde le viene el nombre de analítico o separativo a este método; y, segundo, partiendo de la multitud de valores reales recogidos para cada uno de los elementos o variables meteorológicas en que queda descompuesto el tiempo atmosférico, la obtención de unos valores característicos de cada elemento por un procedimiento estadístico, por lo general (aunque no exclusivamente, según vimos) valores medios pretendidamente representativos del conjunto bajo una concepción esencialmente estática de los fenómenos aerológicos y climáticos (las normales). Como puede observarse, el primer proceso de abstracción se corresponde con el carácter de conocimiento de tipo empírico mientras que el segundo proceso de abstracción se corresponde con el carácter de conocimiento de tipo inductivo mostrado por las nuevas perspectivas del conocimiento climatológico.

Los hechos climatológicos que han sido obtenidos a través de la aproximación analítica o separativa a las características del tiempo atmosférico en los procesos de abstracción anteriores, acaban siendo establecidos finalmente bajo dos tipos de significación correspondientes a otras dos formas de expresión a través de las cuales se pueden establecer los datos climatológicos relativos que son el complemento de los datos absolutos, es decir, de aquellos tomados independientemente unos de otros:

El primer nivel de significación se centra en el aspecto cronológico o temporal de la evolución del tiempo. Para este nivel se ha impulsado la elaboración de los regímenes climatológicos que se asemejan a "calendarios" del desenvolvimiento de aquellos elementos reputados de mayor interés (\*), por lo general temperaturas y precipitaciones, estimados independientemente o, más frecuentemente, en conjunción.

El segundo nivel de significación se centra en el aspecto corológico o espacial del tiempo y de su evolución. Para este nivel ha sido muy útil como forma de expresión la elaboración de mapas diversos de isolíneas destinados a representar la distribución espacial de cada variable y de cada valor climatológico característico que se estime de interés.

-----  
(\*El concepto de régimen climatológico es clásico. Su consolidación como "calendario" de eventos meteorológicos frecuentes o probables según evoluciona el aire puede llegar a dar lugar en determinados casos a una concepción del año climatológico como "...la continuación de 12 climas mensuales..." (PAPADAKIS, 1980 p.54). La combinación de estos doce climas mensuales constituye un dato diferente y superior que hemos denominado antes "dato climatológico relativo".

A la formulación analítica o separativa y a la operación estadística fundamentada en la media aritmética estos dos puede y suele proseguir un tercer proceso de abstracción en la mayor parte de los casos conectado con el carácter de conocimiento aplicado que hemos visto impregna la elaboración climatológica bajo esta nueva perspectiva: éste es necesario cuando se tiene la intención de acceder a una idea del clima más global que la que se puede obtener a través del análisis desarticulado de los valores característicos de los elementos del clima obtenidos en los dos procesos de abstracción anteriores. Se trata, en definitiva, de reunir lo que en los procesos previos ha sido separado. La representación del clima se ha establecido entonces asociando diversos elementos climatológicos por medio de la simple yuxtaposición de los valores numéricos obtenidos en el proceso de elaboración anterior; después, teniendo en cuenta ciertos umbrales preconcebidos con un significado particular y extrínseco (con un finalismo), los diversos elementos se ponen en relación y son englobados bajo una sola denominación simbólica indicativa de un conjunto más o menos completo, pero bien definido, de características del medio aéreo; se trata de la clasificación climatológica. Pero la consideración conjunta de elementos climatológicos (para acceder a la formulación del clima como un conjunto articulado por diversas variables) también ha sido establecida combinando valores característicos entre sí por medio de índices empíricos, fórmulas más o menos completas y complejas establecidas igualmente en función del fin perseguido por medio de las cuales se infiere un único valor que adquiere significado (siempre particular) a partir de unos umbrales también previamente señalados, o a partir de la consideración de los valores característicos de otros elementos climatológicos.

Ahora bien, este tercer proceso de abstracción es eminentemente deductivo: en él la formulación del clima que se obtiene constituye necesariamente una recomposición de carácter ideal dirigida por unos criterios determinados y convenientes para un objetivo concreto. De hecho, parece difícil comprender los criterios que encauzan, en esta fase, la elaboración climatológica sin tener en cuenta el finalismo particular al que sirven. Esto, que es patente ya en la delimitación de los umbrales tanto en cuanto son establecidos en función de un fin determinado, es también manifiesto en el hecho de que la agrupación de diversos elementos del clima no sea una agrupación de todos sino de algunos elementos solamente, los de interés particular.

Por tanto, mientras que, en la realidad objetiva que sirve de punto de partida a la elaboración climatológica (el tiempo atmosférico), se dá igual importancia al conjunto de las variables meteorológicas y, tanto en cuanto es reconocida como una realidad física, todas las varia-

bles que la componen se encuentran conectadas unas con otras, la elaboración climatológica misma, sin embargo, se convierte en una elaboración fragmentaria que, por el contrario, concede a determinadas variables una importancia mayor que a otras en función de la correlativa importancia que se crea que tengan sobre el objeto de estudio extrínseco para el cual se consideran; la formulación del clima es, entonces, la formulación de los hechos aerológicos que se constituyen en factores condicionantes de alguna otra realidad terrestre (como la vegetación, los cursos fluviales, etc...) influenciada directamente por ellos. La elección de unos u otros elementos en la yuxtaposición o en la formulación del índice, junto a la determinación de umbrales para la determinación de los valores característicos obtenidos, revela cómo el carácter selectivo y necesariamente parcial de este tipo de elaboración climatológica se vincula a su incontestable carácter aplicado a diversos fines particulares y extrínsecos lo suficientemente diferentes entre sí como para que este tercer proceso de abstracción pueda ser diferente para cada fin.

Pero la actitud selectiva, establecida en función del finalismo, no sólo trasciende en este quehacer climatológico a la elección de las variables o elementos que habrán de componer el clima sino, incluso, a la elección del tipo de valor de significación climatológica particular; la condición aplicada determina también, por tanto, el segundo proceso de abstracción de la elaboración: lo que, expresado en forma de medias aritméticas mensuales y anuales, satisface a unos objetivos puede ser, por el contrario, insuficiente o desaconsejable para otros objetivos diferentes que precisa, por ejemplo, de los valores medios de las mínimas y máximas absolutas mensuales o de valores expresados en frecuencias, etc...

En esta perspectiva no cabe duda que la Climatología Tradicional nunca se ha preocupado tanto por la realización de un perfil completo del clima como por el establecimiento de un perfil útil y significativo (con significación particular) compuesto por un cuadro de datos climatológicos que viene determinado en cada caso por las necesidades de la aplicación; se toman en cuenta aquellos hechos (es decir, aquellos elementos del clima y aquellos valores característicos) que dan información sobre la presencia de las condicionantes aéreas o de los factores limitantes específicos de alguna realidad terrestre que constituye el objeto de estudio extrínseco de la consideración climática.

El paso de la noción de tiempo a la de clima es un problema de difícil solución, no cabe duda; la separación del tiempo en distintos elementos mensurables, primero, la simplificación estadística de la multitud de valores de cada variable observados en un valor o en un sumario

grupo de valores característicos, después, y la reasociación selectiva y parcial por medio de la yuxtaposición o por índices empíricos, finalmente, es la solución metodológica particular dada por aquellos que vieron en las características espaciales y temporales de los fenómenos meteorológicos una componente activa a considerar en la investigación de sus objetos de estudio particulares. Para éstos, la elaboración climatológica de los valores del tiempo atmosférico tenía la ventaja de ofrecer simplificaciones manejables en datos concretos, significativos por sí mismos y por las construcciones cronológicas, "calendarios", y delimitaciones más o menos precisas de espacios bien caracterizados en función de su finalismo, tales como los mapas de isolíneas que podrían proseguir.

Provistas con un carácter básicamente aplicado, estas orientaciones se han vinculado a una característica actitud descriptiva y han tenido su cauce de desarrollo, como vimos, en una diversidad de disciplinas que las precisaban para sus fines particulares en donde la descripción era una solución sencilla y operativa. No obstante, el método separativo también se ha prestado a unas elaboraciones enraizadas más directamente en proyectos anteriores (finales del S. XVIII principios del XX), que conectan la actitud descriptiva con una actitud comparativa y explicativa; las elaboraciones de este otro tipo han tenido su cauce de desarrollo fundamentalmente en el contexto de la Meteorología y en el de la Geografía contemporánea. El examen de la Climatología Tradicional sería un examen incompleto si no se hiciera un lugar a la distinción entre la vertiente aplicada, estrictamente descriptiva, y la otra vertiente con connotaciones también aplicadas pero con ciertas pretensiones teóricas y contenidos descriptivo-explicativos. Ya vimos en la evolución histórica como éste era un hecho nítido y característico. Veamos las particularidades metodológicas de una y otra vertiente.

#### **V.1.1. La Climatología Tradicional y su orientación aplicada**

El desarrollo de la Climatología Tradicional fué más práctico que teórico, debido a la importancia de ese carácter aplicado con que quedó provista desde un principio. Como ya vimos esto dió lugar, también, a un desarrollo diversificado de la elaboración climatológica y a la configuración de "las Climatologías", sin duda facilitado por el carácter abstracto al que se asoció esta disciplina en sus construcciones.

Si atendemos a las realizaciones de la Climatología en este contexto metodológico podemos comprobar que, efectivamente, el mismo término clima se emplea simultáneamente para hacer referencia a las condicionantes aerológicas de la vegetación, de los rasgos morfológicos de

la superficie terrestre, a las del confort humano, etc... a hechos, por tanto, muy diversos, sólo conectados entre sí, en primer lugar, por su pertenencia al medio atmosférico y, en segundo lugar, por su obtención estadística a partir de los datos obtenidos en los observatorios. De este modo, para un mismo punto y para una misma serie cronológica de observaciones del tiempo, lo que permite a unos hablar de clima semiárido puede ser la base para que otros hablen de clima estepario o, también, de clima hipertónico, etc...en función de que la abstracción se encauce, correlativamente, bajo intenciones morfológicas, agrícolas, terapéuticas, etc... y, en la práctica habrá tantas denominaciones concretas de clima como perspectivas, aunque el punto de partida (la serie de observaciones del tiempo) sea el mismo: y, dentro de cada perspectiva, habrá, también, otras tantas delimitaciones o clasificaciones como estimaciones de la influencia de los hechos atmosféricos sobre el objeto de esa perspectiva particular tenga cada investigador (\*).

"...Para la década siguiente a la segunda guerra mundial (...) las 'cosas de la atmósfera' -dicen PEGUY y MARCHAND- eran elaboradas parte a parte por los especialistas de diversas disciplinas cuando se imponían evidentes necesidades de trabajo. Esta era la época en que no había en Francia -podríamos hacerlo extensivo a otros países- un Tratado de Climatología, pero florecían la hidrometeorología, la morfología climática, la bioclimatología, la meteoropatología: todas estas palabras-llave revelaban pudorosamente hasta 1970, la falta de una formación simplemente climatológica de los autores. Se adivina los dobles empleos, el tiempo perdido, las distorsiones de métodos. A lo máximo estudios puntuales, sin finalidad planetaria, e incluso raramente comparables entre ellos. Vacío de lo que habría debido constituir su propia sustancia, el dominio de la Climatología se encuentra como investido desde el exterior..." (PEGUY y MARCHAND 1982 p.187).

La orientación aplicada que tradicionalmente ha poseído la Climatología Analítica le ha permitido, además, no sólo perdurar sino, incluso, florecer de nuevo en

-----  
(\* Como se ha expresado recientemente, en Climatología, la clasificación no es sino una terminología precisa; de tal modo los términos no tienen porqué excluirse mutuamente de forma obligatoria "...un clima puede ser subtropical y mediterráneo, subtropical y desértico, semitropical y semiestépico, semiárido y tropical etc. Pero los términos deben ser definidos de manera que no se presten a confusiones..." (PAPADAKIS 1980 p.116). Naturalmente esta definición precisa debe responder ante todo a la finalidad particular para la que está ideada.

la actualidad cuando asistimos a un inusitado interés por el clima y por el dato climático. El desarrollo de la informática, como vimos, ha permitido impulsar fuertemente este método analítico en su segundo paso o proceso de abstracción de tal modo que el concepto de clima como un "concepto estadístico primario" se ha encontrado profundamente fortalecido. El espíritu de estas nuevas tendencias, asociado al desarrollo del neopositivismo, ha impactado en la elaboración climatológica y, particularmente, en el segundo y tercer proceso de abstracción antes citados suscitando una progresiva motivación por la obtención de modelos matemáticos más o menos complejos del comportamiento y características del clima desde la escala local a la planisférica.

Pero esta condición de utilidad que dirige la elaboración climatológica haciendo de la Climatología una disciplina desarrollada más a golpe de práctica (o, mejor, de "prácticas") que por la reflexión teórica sobre el clima, entraña, y entraña, todo un complejo cuadro de características complementarias entre las cuales destaca desde el punto de vista metodológico que ahora nos ocupa el carácter estrictamente descriptivo de la elaboración. Debido a su carácter aplicado a fines extrínsecos, está más sensibilizada por la descripción de hechos climatológicos de interés particular que por la explicación del clima.

#### V.1.2. La orientación explicativa en la perspectiva tradicional: la "metodología geográfica"

No obstante, en determinados contextos, sí se ha intentado establecer, con una actitud explicativa, la "lógica del clima" desde la perspectiva Tradicional. Pero, hasta hace no mucho tiempo, este semblante del método climatológico tradicional ha mostrado un desarrollo limitado en comparación con el desarrollo de las elaboraciones estrictamente aplicadas: en muchos casos sólo ha constituido un tratado previo y complementario de éstas y, en una parte sustancial, se ha articulado tanto sobre unos elementos nuevos obtenidos de la Meteorología, sobre unos fundamentos recogidos de la Climatología humboldtiana, o de los contextos anteriores; la parte que MARTÓNNE dedica al clima en su Tratado de Geografía Física o la Climatología de KOEPPEN son buenos ejemplos. De tal modo se ha creado un cauce por el cual el aspecto explicativo del conocimiento climatológico, en unión estrecha con el aspecto aplicado, encuentra una prolongación hasta el mismo S.XX.

Los contextos en donde se ha sostenido con mayor profusión esta actitud explicativa en Climatología se establecieron fundamentalmente en el seno de la propia Meteorología y, sobre todo, en el de la Geografía. En ésta ha sido decisivo el hecho de que, desde muy temprano

(hace casi dos siglos con HUMBOLDT e incluso antes), se revelasen en el hecho climático unas conexiones explicativas con otros fenómenos cuya dimensión espacial habrá de obligar al reconocimiento, en su momento, de las profundas connotaciones geográficas que posee; pero, correlativamente, ha sido decisiva la orientación y los planteamientos del propio proyecto geográfico: los fenómenos complejos que, vinculados a la existencia de la vida vegetal, animal y antrópica, se conforman en la superficie de la Tierra han pasado a constituir el ámbito de estudio propio del geógrafo cuando su análisis se vincula a un método, el método geográfico, que se propone (\*) el estudio de los hechos en función de su distribución, primero, el estudio comparativo por medio de las analogías espaciales, segundo, y, tercero, el estudio explicativo pues, no bastándole la descripción, intenta comprender las causas y las consecuencias de los fenómenos sobre la superficie de la Tierra, especialmente en su dimensión espacial; consiguientemente, son las mismas exigencias del quehacer geográfico las que, vinculadas a una tradición muy viva y directa (HUMBOLDT), han requerido, al atender a la componente aérea de su ámbito de estudio, una preocupación no sólo por la descripción de las características espaciales de los fenómenos climatológicos sobre la superficie terrestre sino, también, por la explicación de esas distribuciones espaciales.

La introducción de unas perspectivas explicativas en el contexto de la Geografía ha venido acompañado, además, de un reconocimiento más o menos generalizado, desde fuera de la Geografía, de la consistencia geográfica de la Climatología en general: un meteorólogo, JANSÁ GUARDIOLA, viendo la Geografía como la ciencia de la localización absoluta o astronómica y de la localización relativa, y reputando al hecho geográfico de fenómeno permanente, en un artículo: "La Climatología como ciencia geográfica", ha afirmado que en Meteorología "...se amalgaman dos elementos tan heterogéneos como son la Física y la Geografía. El resultado no es una mezcla, sino una combinación, diríamos empleando el lenguaje de Química, porque la Meteorología no es un poco de Física y otro poco de Geografía, sino una cosa homogénea, que no se identifica con ninguna de las dos. Para mayor claridad se impone dividir la ciencia meteorológica en dos grandes ramas, relativamente independientes, que son la Meteorología propiamente dicha y la Climatología; la primera es más Física que Geografía; la segunda es más Geografía que Física..." (JANSÁ 1954 p.569).

Los hechos a los que se ha acudido con mayor profun-

---

(\*)Según uno de los geógrafos que se ha preocupado por esta dimensión explicativa de la Climatología ya en los comienzos del S.XX: E.DE MARTONNE (MARTONNE, E. DE. 1964 p.39)

sión para estos propósitos explicativos han sido, fundamentalmente, los factores astronómicos y "geoastronómicos" y los factores propiamente geográficos, relativos a las características de la superficie de la Tierra, factores por tanto recobrados de contextos históricos anteriores junto a los factores atmosféricos que, en la mayor parte de los casos, quedan representados por los mismos elementos del clima entre los cuales tienen cabida las ideas renovadas sobre la circulación atmosférica plasmadas en esquemas medios regionales o generales. Estos elementos han servido para situar la explicación de las características del clima en su dimensión temporal y en su dimensión, también, espacial porque se trata de hechos que, en definitiva, repercuten en las características diarias del tiempo atmosféricos a uno y otro nivel.

La forma de obtener la explicación climatológica en este contexto ha sido bastante peculiar: consiste, básicamente, en la simple enumeración de aquellos hechos naturales (los factores) que, sólo con su presencia, intervienen sobre las características espacio temporales adoptadas por los parámetros estadísticos de las variables climáticas: los hechos naturales seleccionados como causas del hecho climatológico son: En primer lugar, aquellos que, a través del desencadenamiento de una serie de procesos físicos bien conocidos, ejercen una intervención efectiva sobre los valores reales del tiempo atmosférico en la superficie de la Tierra: la introducción de los factores del clima va a ser facilitada y determinada en un buen número de casos, consiguientemente, por el conocimiento más o menos profundo del proceso físico que, como hemos indicado más arriba, actúa manifiestamente sobre las variables meteorológicas del tiempo atmosférico; los fenómenos relacionados con la presión y el calor fueron conocidos desde una época de la Ciencia Moderna bastante temprana, otros sin embargo fueron posteriores de tal modo que, por ejemplo, el planteamiento del relieve como factor determinante de la distribución de los totales pluviométricos debió aguardar a las ideas geodinámicas de termodinámica y se desarrolló sólo desde finales del S.XIX. En segundo lugar, son aquellos que, por su naturaleza, llevan a cabo esa intervención sobre los valores del tiempo de una manera lo suficientemente reiterada como para llegar a tener una plasmación manifiesta (supuesta o real) en la elaboración estadística.

La formulación del hecho climatológico, obtenido a través del valor medio, estaba en estrecha consonancia con los factores a los que se aludía para explicar las características del clima: desde el momento en que las causas contempladas para explicar el clima se referían a fenómenos cuya intervención era de carácter permanente, sea por su invariabilidad: tal es el caso de la mayor parte de los factores conocidos como factores geográficos

(la morfología terrestre, la presencia de corrientes marinas frías o cálidas, etc...), sea por su periodicidad perfecta: los factores astronómicos (la radiación solar), o sea por su periodicidad regular: es el caso de los elementos que componen los modelos esquemáticos de circulación atmosférica (por ejemplo la ubicación de los grandes centros de acción, las zonas de desplazamientos regulares del aire como el alisio, los ponientes, etc...), la concepción del clima que se podía obtener, debía ser, correlativamente, una idealización conformada como una propiedad esencialmente estática de los diversos medios ambientes; y viceversa: una concepción estática del clima debía acudir a unos elementos explicativos constituidos como factores de tipo permanente.

Este modo de concebir el clima y las causas que le configuran dibujó y sustentó lo que, con justicia, se ha denominado (especialmente por los meteorólogos) "metodología geográfica"; estructurada en torno al método analítico o separativo y, más particularmente, a la "Climatología del valor medio", la metodología geográfica se desarrolló en el contexto de la Geografía y también en el de la Meteorología encauzada por varios objetivos:

A. El primer objetivo consiste en la **localización**, principalmente cartográfica, de donde resurge el interés por el mapa de isolíneas climatológico, interés que ya había sido evidenciado por HUMBOLDT para las temperaturas y ahora se hace extensivo a cada uno de los elementos que componen el concepto de clima meteorológico e, incluso, a las combinaciones empíricas entre algunos de estos elementos; este objetivo se halla en íntima relación, por otro lado, con la intención de establecer analogías espaciales, planteada también anteriormente por el propio HUMBOLDT cuando habla de la "Climatología Comparada" (HUMBOLDT T.I p.301).

B. El segundo objetivo es el del **establecimiento de las relaciones**: las relaciones entre los factores generales del clima (la latitud, la distribución de océanos y continentes, la presencia de zonas montañosas, etc...) y las características mostradas por los mapas de cada elemento climatológico; o, también, las relaciones causales entre las características representadas por unos mapas y otros de donde surge el establecimiento, en el análisis de los elementos del clima, de una sucesión que se ha hecho clásica en sus trazos generales: comenzando por la radiación e insolación (de forma inductiva, a partir de datos diarios, o deductiva, en conexión con los factores astronómicos y geoastronómicos), después las temperaturas, para proseguir con presiones medias y vientos (puestas, en parte, en relación con las temperaturas por medio de esquemas térmicos de circulación general atmosférica y de la idea tradicional de monzón) y finalizar con el ciclo hidrológico (evaporación, humedad, nubo-

sidad, precipitación). Para estos fines igualmente ha sido útil la confección de índices empíricos climatológicos en esta ocasión destinados no a la aplicación a un fin extrínseco, sino a la explicación climatológica: tal es el caso, por ejemplo, de los índices de continentalidad.

C. Y un último objetivo consistente en el establecimiento de enlaces entre los hechos climatológicos cartografiados y los hechos no propiamente climatológicos como la vegetación, los tipos de cultivo, etc...(\*). Con la meteorología geográfica se simultanea, por tanto, el aspecto explicativo y el aspecto aplicado tanto en los estudios globales o hemisféricos de meteorólogos o de geógrafos como en los estudios más reducidos integrados en trabajos de Geografía Regional.

Al análisis de los factores y de los elementos climatológicos puede yuxtaponerse una clasificación del mismo tipo que las clasificaciones aplicadas fundadas sobre criterios selectivos y parciales (normalmente sobre temperaturas y precipitaciones) y sobre las inducciones estadísticas por medio de las cuales se obtienen los elementos climatológicos para una red meteorológica regional, hemisférica, etc...; de este modo la clasificación aplicada o, como las denomina A.AUSTIN MILLER (MILLER, A.A. 1975 p.108), la "clasificación de comocidad" (basada, sin tener en cuenta las causas, en la semejanza de ciertos efectos cuya coordinación permite facilitar la recordación) ocupan ahora, también en Geografía, el lugar ocupado por las antiguas formulaciones deductivas relativas a la contraposición climas astronómicos/climas físicos, abrogándolas definitivamente.

Pero las características climatológicas mostradas

---

(\*) Estos tres objetivos se encuentran íntimamente vinculados en la elaboración climatológica de la Geografía porque, como ha afirmado respecto a la Geografía uno de los principales difusores de esta "meteorología geográfica" de la Climatología, E.DE MARTONNE, "...Cartografía y geografía no son sinónimas, y no basta para ser geógrafo trazar la extensión de un fenómeno cualquiera. La preocupación de las leyes generales es un principio científico; la investigación de las causas es una preocupación filosófica. Pero el geógrafo es el único científico que se aplica al mismo tiempo a conocer la distribución de los fenómenos superficiales, físicos, biológicos o económicos, a discernir las causas de esa distribución, refiriéndola a leyes generales, y a investigar sus efectos. De este modo se ve conducido a considerar combinaciones locales de influencias, cuya complejidad rebasa todo lo que imaginan físicos, botánicos o estadistas ..." (MARTONNE, E.DE, 1973 p.39).

por los elementos del clima, recogidas y sintetizadas en las clasificaciones y transportadas por lo general al mapa, al intentar ser explicadas desde esta perspectiva tradicional, sólo se lograba establecer enlaces con esa terna de factores (astronómicos, geográficos y atmosféricos), enlaces más o menos afortunados que, en muchos casos, rayaban con la mera intuición y con la apreciación subjetiva. La explicación se reducía de hecho al enlace cualitativo simple porque no se podían establecer relaciones exactas entre las características del clima y los factores que en su configuración inciden. No obstante, como dice JANSA, "...la costumbre autoriza a emplear el lenguaje casual en Climatología, y nosotros mismos no tendremos inconvenientes en hacerlo (...) Cuando analicemos los distintos factores del clima diremos que producen tales o cuales efectos sobre tales o cuales elementos, pero quede bien claro que lo único que entonces queremos decir es que existen ciertas correlaciones entre aquellos factores y estos elementos..." (JANSA 1969 p.137).

## V.2. LAS OBJECIONES A LA CLIMATOLOGIA SEPARATIVA

El quehacer climatológico contemporáneo centrado en la elaboración tradicional, analítica o separativa, ha permanecido hasta la actualidad esencialmente invariable en sus planteamientos principales desde el impulso que se le diera en la segunda mitad del S.XIX, surgido del interior de la propia Meteorología decimonónica por las primeras conferencias y congresos meteorológicos internacionales y por aportaciones personales concretas como la del meteorólogo J.HANN.

Algunos intentos de realizaciones, inequívocamente expresivas del espíritu que condujo a la Climatología en el S.XIX y principios del XX, han cristalizado hace muy pocos años; un ejemplo representativo es el inicio del proyecto de compilación de un Atlas Climático Mundial: esta nueva tentativa de establecer una "Climatología mundial", aún en curso de realización, ha sido asumida por la UNESCO que, como advierte F.STEINHAUSER "...ha manifestado siempre gran interés en fomentar la preparación y publicación de mapas científicos continentales y mundiales referentes a los factores del medio ambiente en relación con sus actividades en materia de ecología y la investigación de recursos naturales..." (STEINHAUSER, F. 1970), y ha sido asumida, simultáneamente, por la OMM, organismo que, hace varios años, hizo la propuesta de confección de un Atlas Climático Mundial fundado en las especificaciones de la propia OMM y publicado en forma de una colección de mapas de regiones y subregiones; la UNESCO se responsabilizaría de la publicación y la OMM se responsabilizaría de la preparación técnica de los mapas: un grupo de ponentes de la OMM designados para la preparación del Atlas (\*) encargaron la confección de los

mapas a distintos grupos de trabajo que, en unos casos, se trata de los climatólogos de un Servicio Meteorológico (por ejemplo, los del Servicio Meteorológico de la República Popular de Hungría, bajo la dirección de J.KAKAS, prepararon los mapas del Vol.I del Atlas de Europa) y en otros casos se ha tratado de un Departamento de Geografía (es el caso del Atlas de América del Norte y Central preparado bajo la dirección de E.W.THOMPSON, por el Departamento de Geografía de la Universidad de Brock, Ontario, Canadá). Para la confección de estos Atlas se han puesto en juego enormes esfuerzos de coordinación, de trabajo y de tipo económico para la satisfacción de numerosas necesidades de enseñanza, de investigación científica y de aplicación a la agricultura, planificación y aprovechamiento de las tierras, desarrollo de los recursos hidráulicos, servicios médicos y sanitarios, planificación urbana, industria, transporte, turismo (STEINHAUSER, F. 1970) y, en general, en todas aquellas actividades en donde resulta útil conocer las condiciones climáticas:

"...Los mapas y los atlas climáticos se utilizan para una gran variedad de fines. Durante casi un siglo la publicación de mapas climáticos ha contribuido considerablemente a ampliar nuestros conocimientos de los climas mundiales. Hasta un pasado bastante reciente, el valor de los mapas climáticos era fundamentalmente docente y de ayuda para las investigaciones científicas. Sin embargo, la sociedad moderna exige actualmente mapas climáticos autorizados para su utilización en las aplicaciones de la meteorología y de la climatología a una amplia gama de actividades económicas y ecológicas. Aunque los especialistas han confeccionado muchos mapas climáticos regionales y mundiales, en su mayoría se limitan a los territorios nacionales ya que estos mapas son normalmente preparados por los Servicios Meteorológicos Nacionales. En consecuencia, las especificaciones de los mapas y los métodos de análisis están determinados en función de las necesidades nacionales, por lo que a menudo es difícil para las personas u organizaciones que requieren un conocimiento de las distribuciones climatológicas a través de las fronteras internacionales combinar estos mapas nacionales en una serie que sea de utilidad. Dada la necesidad ampliamente compartida de preparar un atlas climático normalizado, la Organización Meteorológica Mundial estableció en 1955 un Grupo de trabajo sobre atlas climáticos encargado de preparar las correspondientes especificaciones y directrices generales al respecto.

-----  
(\* ) El estadounidense F.T.QUINLAN para el Atlas climático de América del Norte y América Central, F.STEINHAUSER para el Atlas climático de Europa el argentino J.A.J.HOFFMANN ponente de la OMM para el de América del Sur, etc.

Desde 1955, varios grupos de trabajo de la OMM establecidos por el Comité Ejecutivo, por las Comisiones Técnicas y por las Asociaciones Regionales han estudiado, diseñado y proyectado atlas climáticos regionales que cuando estén terminados constituirán un Atlas Climático Mundial. Aunque ya se han formulado especificaciones para el cartografiado de una amplia gama de elementos climáticos, se decidió que los esfuerzos se concentrasen en los mapas mensuales y anuales de temperatura y de precipitaciones, para su publicación en volúmenes regionales..." (STEINHEUSER 1970).

La actualidad del proyecto del Atlas Climático Mundial, que lo hemos significado especialmente por su carácter supranacional, nos dá una idea fidedigna del continuismo de la Climatología Separativa, de sus concepciones y de sus técnicas, a lo largo del S.XX.

Pero no es este proyecto el único; si nos restringimos a nuestro marco nacional debemos recordar la confección reciente del Atlas Climático de España en el marco del Instituto Nacional de Meteorología bajo la conciencia expresa del protagonismo que los atlas climáticos han adquirido "...con motivo de la ejecución del Programa Mundial del Clima..." (FONT TULLOT 1983).

Simultáneamente, en otros contextos, la perspectiva de la Climatología Analítica aún continúa y no es extraño encontrarnos en la bibliografía numerosas aplicaciones concretas recientes de antiguas elaboraciones como los criterios de clasificación de KOEPPEN (\*) o de otras más próximas a nosotros como los de PAPADAKIS, THORNTHWAITE, etc... así como tampoco es extraño encontrar nuevos índices empíricos. La atención que aún se le consagra refrenda el hecho de que esta perspectiva tradicional no sólo late aún, y con fuerza, sino que, además, ofrece unos resultados de indudable interés (por lo menos desde el punto de vista aplicado) para cuya obtención se dedican importantes esfuerzos económicos y de trabajo.

El continuismo de la Climatología Tradicional a lo largo de toda la época contemporánea hasta la actualidad no ha significado, sin embargo, la exención del planteamiento en determinado momento de una serie de objeciones; no ha significado, por tanto, la ausencia de una reflexión crítica sobre el método separativo, en general,

---

(\*) Como advirtieron recientemente LOPEZ GOMEZ, J y LOPEZ GOMEZ, A "...La clasificación climática de KOPPEN, con medio siglo largo de existencia, es la empleada todavía como básica en la mayoría de los manuales universitarios y la más utilizada por los geógrafos en estudios generales..." (LOPEZ GOMEZ, J y LOPEZ GOMEZ, A 1981 p.169)

y, en particular, sobre la "metodología geográfica" desarrollada bajo su cobijo con tal profusión que ha podido propiciar cierta identificación y confusión del todo con la parte. La revisión del quehacer climatológico tradicional ha sido suscitada, fundamentalmente, a partir de los años cincuenta debido a las insuficiencias mostradas por este método cuando se ha intentado abordar el clima en función de unos objetivos prácticamente inéditos, relacionados, por un lado, con una serie de inquietudes surgidas en el interior de la Geografía para la satisfacción de fines estrictamente geográficos y relacionados, por otro lado, con el intento de dar una respuesta a las preocupaciones sobre los problemas medioambientales y sobre la utilización del clima como recurso natural surgidas y decarrolladas en las últimas décadas y en diversos contextos científicos entre los cuales encontramos, y con un papel destacado, a la Geografía.

La satisfacción de estos objetivos ha conducido a la configuración de unas orientaciones nuevas en la elaboración climatológica: ello no quiere decir que la Climatología Analítica haya sido definitivamente abrogada sino que se ha valorado en su justa medida el alcance de la misma: logrado esto, se ha completado la perspectiva ofrecida por el método tradicional con el establecimiento de unos métodos diferentes estructurados en función de la perspectiva propia y particular que, el logro de esos nuevos objetivos, requiere. Las objeciones a la Climatología Tradicional no se han establecido, por tanto, con el propósito de abolir el método que ésta propone, sino con el propósito de abrir paso a unos nuevos métodos para alcanzar unos fines a los que no se puede acceder por medio de aquélla. No ha sido una sustitución sino una incorporación de métodos y objetivos nuevos: un enriquecimiento, en definitiva, de la propia Climatología, tanto a nivel cualitativo como, también, cuantitativo pues no olvidemos que el número de orientaciones y de trabajos de Climatología, desde una u otra perspectiva ha florecido como nunca lo habían hecho durante las etapas anteriores.

Es a partir de cada una de esas perspectivas particulares desde donde, como hemos dicho, se realizan y toman cuerpo las objeciones al método tradicional: de este modo, existe una serie de elementos en la crítica que, cuando no son plenamente asumidos por casi todas las nuevas orientaciones climatológicas, al menos son aceptadas y reconocidas por las orientaciones más significativas: hay también diferencias según el contexto desde donde se revise el alcance de la Climatología Clásica. Seguidamente, teniendo en cuenta esto, detallaremos algunos de los elementos (los más básicos) de esta crítica: en su exposición hemos de recordar el protagonismo ostentado sobre todo por determinados sectores de la Climatología francesa, especialmente PEDELABORDE (PEDELABORDE 1957), aunque como veremos, no es éste contexto ni su

perspectiva particular la única fuente de las objeciones pero sí el ámbito donde la crítica alcanzó un especial énfasis motivo por el cual nos creemos en la obligación de seguirlo muy de cerca:

Las críticas al método preconizado por la Climatología Tradicional se han dirigido sobre un primer aspecto: sus construcciones son abstractas, y lo son de un modo que desvirtúa la realidad profundamente; esto es en gran parte debido a su proceder analítico, separativo. Como anotara PEDELABORDE (PEDELABORDE 1957 p.43) el punto de partida de la Climatología Tradicional se ha llevado a cabo obviando que los valores meteorológicos se presentan en la realidad formando combinaciones; el clima ha sido formulado a partir de una diversidad de fragmentos, son los elementos climatológicos, que han sido establecidos independientemente unos de otros como si tuvieran existencia por sí solos; se ha partido de una abstracción de la realidad (el análisis separativo de las características del tiempo), no de la realidad misma; y esto es importante porque un cierto valor de temperatura, de humedad, etc... suele tener una significación más exacta puesto en relación con los demás valores meteorológicos que por sí sólo. Con el empleo del método separativo se pierden, de este modo, una serie de aspectos que contienen una valiosa información, impidiendo la definición adecuada y bien matizada de los climas.

Aunque, ante estas deficiencias, ya se había dado una alternativa al método separativo con el establecimiento hacia los años veinte del presente siglo de la Climatología Compleja o Climatología Comprensiva, no obstante, el desarrollo de esta crítica ha sido desatada principalmente por los geógrafos a partir de los años cincuenta incidiendo en una exigencia particular de su disciplina: la necesidad del geógrafo de conectar con las "realidades terrestres" y con las "combinaciones complejas de fenómenos", en este caso concreto, las combinaciones reales establecidas en el tiempo atmosférico que debe ser el hecho geográfico de donde se parta. M.SORRE en 1934, A.CHOLLEY en 1942, etc...han aludido directa o indirectamente a esto, y geógrafos como PEDELABORDE, entre otros, han recogido y desarrollado ampliamente estos planteamientos dando una orientación nueva y particular a la Climatología en el contexto de la Geografía.

Pero, en relación con este carácter separativo y abstracto, también se ha criticado otro hecho perfectamente constatable que es su carácter parcial: la formulación del clima llevada a cabo a través de la "metodología geográfica" no sólo separa las variables meteorológicas, además se suele limitar sólo a algunos elementos de los separados y a ciertos valores característicos (por lo general precipitaciones y temperaturas, y medias, máximas, y mínimas) que, en la mayor parte de los casos, eran

designados de una forma un tanto injustificada cuando se persigue un finalismo extrínseco a la propia realidad climática. Debido a esto ni se ha logrado dar una visión global y mínimamente satisfactoria del clima ni se han cumplimentado, en una buena parte de los casos, las exigencias del finalismo particular: las críticas han venido entonces tanto del interior de la Climatología como desde el exterior: "...Desde el inicio, ha tomado - dice TRICART- una orientación abstracta, que comporta ciertas lagunas. Hemos subrayado la insuficiencia de nuestros conocimientos relativos al clima real de la superficie del suelo y en el suelo. Igualmente inadecuada es la concepción que preside la presentación de los resultados bajo la forma de medias. Son las frecuencias las que más nos interesan (...) En suma, es preciso practicar otra concepción de la Climatología. La Climatología actual es abstracta y demasiado meteorológica..." Y como consecuencia de esto las disciplinas que precisan del dato climático (Hidrología, Pedología, Ecología, etc...) han tenido que organizar sus propias medidas climatológicas para subsanar las deficiencias de la "Climatología oficial" (TRICART 1965 p.29-30).

Junto a las anteriores también se han hecho explícita otra objeción que, igualmente, puso en entredicho el procedimiento seguido por la "metodología geográfica" y, al mismo tiempo, evidenció alguna de las limitaciones más importantes de la Climatología Analítica: al no haber considerado en el punto de partida los fenómenos meteorológicos en sus verdaderas condiciones de existencia (las combinaciones reales) se ha visto obligada a realizar una recomposición del clima a partir de los elementos empleando índices climáticos; no obstante esta recomposición es parcial pues no se toman en cuenta más que unos pocos elementos y algún valor característico; además, estos elementos y estos valores elegidos no suelen ser los más representativos, generalmente se trata de precipitaciones y temperaturas y de medias aritméticas que suelen dar una imagen del clima sintética pero bastante disforme. Numerosos autores han señalado que estos problemas se refuerzan por el hecho de que los índices típicos establecidos por la antigua Climatología son construcciones confeccionadas bajo unos criterios empíricos; y, como recientemente ha indicado K.HARE, entre otros, (HARE,K 1975 p.263), los índices tienen un carácter esencialmente "arbitrario": las relaciones que expresa no tienen, en definitiva, una justificación racional. De este modo, con el índice climático, la Climatología Tradicional refuerza el carácter abstracto de sus elaboraciones llevando a cabo recomposiciones empíricas, donde suele tener cabida la arbitrariedad, sin que se haya logrado en ningún caso reconstruir la realidad toda vez que las combinaciones reales han sido deshechas y obviadas en el punto de partida: todo lo más que consigue es una imagen equívoca con una significación muy relativa.

Por otro lado, junto a éstas, se han subrayado otras deficiencias que inciden específicamente en el carácter estático de los resultados que suele ofrecer la Climatología Tradicional y, sobre todo, la "metodología geográfica". Producto de unas aspiraciones esencialmente descriptivas vinculadas, simultáneamente, a una concepción del clima como una propiedad esencialmente inmóvil, perseverante, de los diversos medios ambientes, se llegó a justipreciar de una manera positiva, quizás con un exceso de confianza, la significación de valores tales como las medias aritméticas, motivo por el cual éstas sobreabundaron sobre cualquier otro tipo de valor característico climatológico. El cambio en las aspiraciones o el cambio en la concepción del clima permitió advertir esta extendida deformación de la realidad ofrecida por la perspectiva tradicional y criticar, por un lado, el hecho de que ignore y enmascare la "...sucesión habitual..." (SORRE 1934 p.3) de los estados de la atmósfera en un lugar y, por otro lado, el hecho de que, aquellos valores (como, por ejemplo, las frecuencias) que evidencian de una manera más correcta la condición dinámica del clima, apenas hayan tenido desarrollo.

Esta crítica, particularmente dirigida a la "metodología geográfica", ha sido, en una buena parte, sustentada por los propios geógrafos quienes, en numerosos casos, la han establecido en estrecha asociación con las críticas precedentes, especialmente con el carácter separativo de las elaboraciones tradicionales. De este modo, aunque podemos estar orgullosos de que haya sido en nuestra disciplina donde la metodología tradicional tuviera una mayor implantación, hasta el punto de ganarse el calificativo de "geográfica", también es cierto que debe enorgullecernos el que sea en el mismo marco de la Geografía donde se haya llevado a cabo las principales críticas a este método y donde se han apuntalado unas concepciones y unas perspectivas distintas que unen la idea de síntesis a la de ritmo, como sucede al precoz concepto de clima de SORRE.

La crítica a la Climatología Tradicional también se ha dirigido hacia su incapacidad explicativa. La preocupación por la determinación de las causas del clima no ha ido, en la mayor parte de los casos, más allá de la simple enumeración apriorística y desarticulada de una serie de hechos naturales, los denominados factores, obtenidos por la observación comparativa; esto, que ya ha dado pie a duros reproches, se une a un modo de seleccionar y valorar los factores bastante peculiar, según vimos en el apartado dedicado a la "metodología geográfica", e igualmente criticable:

En primer lugar, la metodología geográfica tradicional ha seleccionado y valorado como factores del clima a

aquellos hechos naturales que se supone pueden intervenir activamente en los valores del tiempo atmosférico por ser desencadenantes de una serie de procesos físicos bien conocidos a través de experiencias llevadas a cabo, fundamentalmente, en el laboratorio; es decir, las causas del clima no se han buscado directamente en el análisis de la realidad física atmosférica, es al contrario: los fenómenos físicos atmosféricos se han deducido de formulaciones más o menos sencillas y generales de la Física, casi se trata de idealizaciones que siguen unos razonamientos un tanto apriorísticos, subjetivos y cualitativos: es el caso, por ejemplo, de la determinación de la continentalidad como factor del clima, en general, y de la amplitud térmica, en particular, partiendo de una sola realidad: los hechos revelados por las primeras experiencias calorimétricas con la formulación del concepto de calor específico.

En este aspecto se han dirigido serias críticas al análisis tradicional, a sus intentos de explicar los fenómenos climatológicos definidos por medio de su método: enarbolada recientemente por una rama de la Climatología que ha adoptado para sí el nombre de "Climatología Física" y expuesta ya por los primeros climatólogos que consolidaron el método sinóptico en Geografía, la retribución a la "metodología geográfica", dirigida en el sentido de que los fenómenos y procesos físicos atmosféricos no se hayan obtenido del exámen directo, específico, de la atmósfera sobre situaciones reales de la misma sino sobre la consideración de una formulaciones, no sólo excesivamente generales y teóricas (a espaldas de la realidad física atmosférica) sino, además, cualitativas y subjetivas, no está, ni mucho menos, fuera de lugar.

Ciertamente, a partir del análisis particular centrado en los procesos físicos que ocurren en la atmósfera se pueden abrir nuevos horizontes a la explicación del clima porque la consideración de formulaciones físicas demasiado generales y abstractas, llevadas a cabo con la intención de explicar fenómenos que ocurren en la atmósfera pero sin contar con la consideración de la propia atmósfera, nunca bastan para entender, aunque sea en un grado mínimo, la complejidad atmosférica y, sin embargo, sí son suficientes para enmascarar dicha complejidad: de aquí la crítica al criterio seguido por el método tradicional en la selección y en la valoración de los factores del clima que lleva a cabo. Sin duda, la despreocupación por la propia atmósfera es el motivo por el cual la Climatología Tradicional se ha visto tentada a acudir a lo que HARE ha denominado "factores-camelo" (HARE 1975 p.276)y, asimismo, es el motivo por el que se ha visto obligada a quedar principalmente limitada al análisis descriptivo-estadístico del clima: "...La climatología clásica está interesada -dice LOCKWOOD- por registrar los promedios y los valores extremos de los diferentes ele-

mentos climatológicos, pero sobre las causas del clima es poco lo que tiene que decir..." (LOCKWOOD, J.G. 1979 p.1).

En segundo lugar, los hechos naturales que la "metodología geográfica" selecciona como factores del clima son aquellos que, según vimos, por su naturaleza o por sus condiciones de existencia, operan sobre los valores del tiempo de una manera lo suficientemente reiterada como para lograr una plasmación evidente en las elaboraciones estadísticas, pues son estas elaboraciones las que conducen a la definición de las características del clima en esta perspectiva de la Climatología. Por tanto, no se trata sólo de aquellos hechos naturales que intervienen (por medio del desencadenamiento supuesto de una serie de procesos físicos teóricos) en los valores de las variables meteorológicas anotadas en las estaciones donde se observa el tiempo; se trata, además, de hechos que intervengan de una forma suficientemente reiterada.

La forma de obtener la explicación se encuentra, consiguientemente, en una estrecha conexión con el concepto separativo y, sobre todo, con el concepto estadístico-primario de clima que subyace, invariablemente, a todas las elaboraciones de la metodología geográfica tradicional y, de manera muy especial, las elaboraciones más representativas de ésta: los regímenes y los mapas climatológicos medios. No cabe duda de que la búsqueda de causas y la determinación subsiguiente de factores explicativos generalmente se efectúa, en este marco, persiguiendo un fin superior que es el de la descripción y el establecimiento de hechos comparativos: es más, en un buen número de casos se lleva a cabo con la intención de hacer más inteligibles y veraces las características estadístico-descriptivas relativas a la evolución temporal y a la distribución espacial de los hechos climáticos obtenidos por medio de este método.

Pero las posibilidades explicativas, tanto en cuanto están en función de unos hechos obtenidos a partir de un concepto separativo y estadístico del clima, se ven mermeadas por las insuficiencias propias del método para definir esos hechos climáticos y el mismo clima. Y esto es importante, constituyendo otra de las fuentes de crítica a la Climatología Tradicional, ya que determina, en el punto de partida, una predisposición a realizar sólo determinado tipo de factores, preferentemente aquellos agentes explicativos o causas de tipo estático, pues son éstos los que se supone que acaban teniendo una plasmación en la elaboración estadística: los factores astronómicos o los factores geográficos han sido tomados como causas de caractereologías climáticas realizando en ellos su carácter regular o completamente fijo; de tal modo se han podido suscitar problemas o errores de interpretación: los que se pueden originar por el hecho de ajustar

las causas a las consecuencias, sobre todo cuando estas últimas (los valores característicos de los elementos climatológicos) son abstractas e irreales; tal es el caso, por poner un ejemplo, del papel otorgado, confiada y crédulamente, a determinadas configuraciones topográficas en una serie de regímenes climatológicos perfilados indistintamente bajo la clásica noción de monzón tomando para ello, como única base justificante, la constatación de los valores medios de ciertos elementos climatológicos (\*); podríamos destacar en este sentido ejemplos donde se advierten los desatinos y las dificultades de la explicación del clima cuando se toma como punto de partida unos hechos que son consecuencias y no causas mismas del clima y que son, además, hechos abstractos e irreales; pero, de todos los ejemplos, destaca uno sobre el que se ha acercado la crítica: la forma en que la Climatología Tradicional ha interpretado la actividad de un tercer tipo de factores, los denominados factores meteorológicos; estos han sido considerados, igualmente, tomando lo que tienen de permanente; de tal modo, la explicación de los regímenes y mapas de isolíneas medias, los hechos atmosféricos reales, esencialmente irregulares y dinámicos, han sido sustituidos por las simulaciones estadísticas (principalmente los promedios) regulares y estáticas; para estos fines los mismos elementos del clima se han tomado como factores. La consideración de los factores del clima queda, de este modo, no sólo predispuesta a realizar la actividad de algunos hechos naturales como son los de tipo estático sino, además, a desvirtuar el modo en que ejercen su acción otros hechos naturales en el sentido de presentarlos como hechos permanentes (\*\*).

-----  
(\*). Esto se ha hecho cuando la constatación de los valores reales demuestra la ficción de esta interpretación clásica obtenida a partir de unos hechos abstractos e irreales. Para el supuesto monzón de la Península Ibérica perfilado, en 1912 y después, por DANTIN CERECEDA (DANTIN CERECEDA, J. 1940), ver las críticas de LOPEZ GOMEZ (LOPEZ GOMEZ, A. 1968).

-----  
(\*\*) Como ha expresado hace tres lustros FEDELABORDE una de las principales dificultades del método separativo, conectada con la pérdida de contacto con la realidad (no se consideran la interconexión verdadera de los elementos) y con el carácter estático (no se consideran las sucesiones verdaderas de estados atmosféricos), es "...la imposibilidad de alcanzar, por medios indirectos, el conocimiento de las causas. Es la evidencia misma ¿Cómo encontrar la esencia profunda de fenómenos que han sido dislocados desde el comienzo de la investigación..." (FEDELABORDE, P. 1970 p.23).

Dualitativos y simples, subjetivos o faltos de consistencia, los enlaces entre factores y características del clima establecidos por la "metodología geográfica" se han mostrado, efectivamente, del todo insuficientes. La explicación de la metodología tradicional, estrechamente conectada con las idealizaciones comparativas (Norte-Sur, interior-periferia, margen Oriental-margen Occidental, valle-montaña, etc...), ha quedado coartada, desde fuera, por las limitaciones del horizonte cognoscitivo general de la misma Física en cada etapa de su desarrollo (\*) y por la ausencia hasta fechas tardías de una Física Atmosférica: asimismo, ha quedado coartada desde dentro, sea por la despreocupación por los procesos atmosféricos en sí mismos y por la atención excesiva a las consecuencias, sea por la dificultad que posee la aplicación de unos conceptos físicos generales y teóricos a un tema de estudio muy particular y abstracto: el clima definido a partir de elementos separativos y promediados, o sea por el modo en que se han aplicado esos conocimientos teóricos y más o menos generales de la Física: determinando las causas "a posteriori" sin llegar a observar las conexiones reales entre las causas y las consecuencias. Todas las críticas a la Climatología Tradicional, y, más particularmente, a la "metodología geográfica" han procedido de los replanteamientos metodológicos operados a partir de la configuración de unas preocupaciones sobre los fenómenos y los problemas climáticos en su mayor parte nuevos. Dichos replanteamientos, generados en las últimas décadas, surgen de la estructuración de distintos métodos de trabajo: de algunos de estos nuevos métodos y de sus concepciones fundamentales nos ocuparemos a continuación tal y como hemos hecho ahora con el método tradicional.

### V.3. LOS REPLANTEAMIENTOS METODOLOGICOS DE LA CLIMATOLOGIA

El examen de los replanteamientos metodológicos de la Climatología debe partir e, incluso, fundamentarse en el reconocimiento previo de que éstos no se han llevado a cabo desde una sino desde diversas perspectivas. Hemos visto en apartados precedentes que, efectivamente, tomaron cuerpo a raíz de la configuración de unas exigencias nuevas en el conocimiento del clima (aplicadas y/o teóricas) para cuya satisfacción los procedimientos tradicionales más usuales se mostraban insuficientes: cada uno de los conjuntos de nuevas necesidades cognitivas sobre el fenómeno climatológico ha determinado un marco de búsqueda de soluciones propias con diferencias más o menos

---

(\*) La explicación, por ejemplo, de la distribución de las precipitaciones en función del relieve sólo puede obtenerse con posterioridad a un avance teórico general de las Ciencias Físicas: la termodinámica.

ostensibles entre unos y otros pero, naturalmente, centrándose todos ellos en el contexto atmosférico aunque, esta atención prestada a la atmósfera para encontrar las respuestas adecuadas en cada caso, se suele cifrar predominantemente en algún aspecto particular de la misma: el tiempo atmosférico, los balances de energía y materia, la dinámica atmosférica, etc...

Ya analizamos con anterioridad, también, los sucesivos logros dados en el terreno de la Física Atmosférica y de la Meteorología así como su influencia en la conformación de las Nuevas Climatologías; ahora vamos a analizar la formulación y estructuración de los nuevos métodos aunque no se pueden separar uno y otro aspecto: por su calidad de ciencia-método no es fácil concebir una Climatología nueva sin un nuevo método y tampoco se puede concebir una novedad metodológica que no conduzca a la prefiguración de una nueva Climatología. En este tema que nos ocupa, el aspecto metodológico representa, sin duda, un lugar central y, siempre, alcanza una significación trascendental, una significación que vá mas allá de las cuestiones estrictamente referidas o concernientes al propio método.

Entre las renovaciones del quehacer climatológico debemos situar, en primer lugar, aquellas de corte predominantemente deductivo que se han englobado en la denominada "Climatología Física"; en segundo lugar, las de características más próximas al procedimiento inductivo como la "Climatología Compleja", por último, aquellas establecidas como un puente entre las elaboraciones realizadas por algunas de las ramas de la denominada "Climatología Física" y las realidades meteorológicas, como la "Climatología Sinóptica".

V.3.1. El giro de la Climatología hacia los métodos basados en los procesos climatogenéticos y la configuración de la "Climatonomía", "Climatología Física" o "Climatología Teórica" sobre el análisis de la dinámica y los balances atmosféricos.

Debido a un profundo giro en la dirección por la que se encauzan las elaboraciones climatológicas, el contexto o marco disciplinario del cual éstas dimanar no sólo ha podido variar en su esencia y consistencia sino, también, en su apariencia o denominación, y no cabe duda de que, a este respecto, la sustitución del usual término "climatonomía", por ejemplo, para hacer referencia a algunas de las nuevas elaboraciones climatológicas, ha tenido una muy significativa adaptación: el término climatonomía, dice HARE en una publicación donde habla de las nuevas tendencias climatológicas, es una palabra "...que bien podríamos adoptar todos nosotros..." (HARE 1975 p.275); y LANDSBERG, refiriéndose a un simposio de Climatología (el de Climatología Física y Dinámica, Leningrado Agosto

1971), anota "...La introducción, por el profesor H.LAT TAU, del vocablo climatonomía pareció sumamente lógica..." (LANDSBERG, 1972 p.20).

Es importante justipreciar esto que, aparentemente es sólo una cuestión terminológica porque, a nuestro modo de ver, es algo más, es la expresión directa de una necesidad y un deseo bastante generalizado a los que se sitúan en estas perspectivas: distinguirse a sí mismos, distinguir a sus elaboraciones del resto de las elaboraciones climatológicas. Y este sentimiento no está, ni mucho menos, injustificado: tal y como insinuamos anteriormente hay poderosas razones para pensar y creer en la existencia de profundas diferencias debidas a un giro en la dirección por la que se encauzan las elaboraciones climatológicas; pero, de entre todas las diferencias, las referidas a objetivos y, en función suya, las de tipo metodológico son, probablemente, las que más pesan:

En este sentido, recordemos que la segunda mitad del S.XX, desde finales de los cuarenta a la actualidad constituye una etapa esencial por la serie de innovaciones y perfeccionamientos que se han sucedido en los conocimientos sobre la envoltura gaseosa de nuestro planeta tanto en sí misma como en relación al papel que desempeña, dada su posición intermedia, entre los conjuntos espaciales que la limitan desde su interior desde el exterior, es decir, la superficie de nuestro Planeta y el espacio del Sistema Solar respectivamente. Estos avances han tenido unas implicaciones en el plano de la investigación climatológica inmediatas y muy directas, tanto como para dar consistencia sólida a unas nuevas líneas de trabajo que, a grandes rasgos, pueden quedar definidas y englobadas a través de una serie de denominaciones con diferencias entre sí pero todas ellas alusivas a un punto central y muy importante: la reconceptualización del clima y del fenómeno climático que pasa de constituir la tradicional aproximación al tiempo atmosférico (el concepto de clima meteorológico) a establecerse como una aproximación al proceso o conjunto de procesos físicos capaces de generar determinado ambiente (tomado en "sentido lato") o determinadas circunstancias ambientales (concepto próximo al clima físico decimonónico).

El paso de la Climatología Tradicional a esta nueva tendencia se ha constituido, por tanto, en el desplazamiento hacia un primer objetivo totalmente nuevo y particular que, siguiendo las palabras alusivas de H.FLOHN, consiste en la búsqueda de los parámetros físicos que controlan los "procesos climatogenéticos" (FLOHN, H. 1970 p.279); es decir, el objeto de trabajo se ha centrado en la investigación, en unos casos teórica, en otros también experimental, de las leyes físicas que genera el clima. Por esto, las denominaciones que recibe de "Climatología Física" y de "Climatología Teórica" son, sin lugar a

dudas, estándares expresivos, igualmente, de las ideas, de las intenciones y, en definitiva, de los objetivos subyacentes.

Junto a la comprensión de la estructura física del clima, el otro objetivo central y particular de estas nuevas perspectivas de la Climatología queda constituido por: A. La determinación, bajo un marco conceptual sistémico del grado de estabilidad o equilibrio del clima. B. Por la consideración de determinados fenómenos cuya actividad, a partir de cierto umbral, puede suscitar la ruptura de ese equilibrio originando modificaciones importantes. C. Y por la aproximación a la evolución del clima que resulta esas modificaciones.

El objeto de una Climatología Física, consiguientemente, no es sólo el describir y explicar la realidad climática actual sino, además, plantear a partir de ahí las direcciones hacia las que apunta la evolución general del sistema y predecir los posibles cambios climáticos concretos. Como señalar BUDYKO en las conclusiones del simposio de Climatología Física y Dinámica celebrado en Leningrado en 1971, en una época como la nuestra, con expectativas de rápidas fluctuaciones climáticas y de influencias humanas, el espíritu prospectivo que impregna a la Climatología Física hace que esté llamada a detentar un papel de disciplina principal en la Ciencia: "...es evidente -dice LANDSBERG resumiendo la intervención de BUDYKO en aquel Simposio- que la obligación moral del climatólogo con la humanidad es hacer predicciones ayudado por otras ciencias. No podemos estar esperando soluciones definitivas, sino que debemos hacer uso de nuestros sencillos modelos..." (Ver LANDSBERG, H.E 1972 p.22).

Con este espíritu prospectivo se ha dado, incluso, un paso más para sugerir como objeto de la Climatología Física no sólo la predicción sino, además, el control del clima. De tal modo, a principios de los años setenta, H.FLOHN ya escribía: "...Todos nuestros actuales resultados descriptivos obtenidos en técnicas de aplicación estadística o en Climatología Sinóptica, no son suficientes. El futuro de la Climatología bajo los aspectos de un mundo rápidamente cambiante, nos enfrentarán con nuevas tareas que sólo pueden resolverse con los métodos de la Climatología Física. Nuestra investigación no puede limitarse a la investigación y al archivo de climas preexistentes (...) A la larga debemos habituarnos al control del clima..." (FLOHN, H. 1970 p.279).

Bajo estos objetivos centrales, totalmente inéditos, las investigaciones conectan con unos planteamientos metodológicos, así mismo, nuevos, pues están básicamente centrados en los procedimientos de tipo deductivo y racional, aunque se puede hacer cierto parangón con los planteamientos de las consideraciones sobre el clima de

finales del XVIII-XIX. Los fundamentos metodológicos de esta vertiente se constituyen, efectivamente, en torno a una serie de deducciones pero, ahora, obtenidas racionalmente de la teoría física: la inducción de los valores del tiempo atmosférico que caracteriza, según hemos visto anteriormente, a la vertiente tradicional pasa, por tanto, a un segundo plano, y las elaboraciones teóricas cobran importancia en relación a las elaboraciones estadísticas; recordemos que, como dice H.FLOHN (1972 p.279), la proposición de una Climatología de corte teórico arranca, ya, de HUMBOLDT. Ocasionalmente, los procedimientos racionales-deductivos pueden verse ahora asociados o apoyados en la experimentación no sólo de "laboratorio" sino además, y de forma muy especial, en la experimentación fuera del laboratorio sobre espacios de microescala. A través de estas construcciones de la Climatología Física, la Climatología en general que, como dice PITA, tradicionalmente ha estado volcada hacia la descripción y en su caso explicación de la distribución de los climas sobre la superficie terrestre, accede al "status" de ciencia experimental quedando de esta forma englobada en el conjunto de las ciencias físico-naturales: "...la búsqueda de regularidades en el comportamiento del clima, el intento de previsión de la dinámica climática y los métodos que ahora se utilizan así lo ponen de manifiesto..." (PITA M.F. 1984 p.64).

Resalta en esta perspectiva tan particular de la Climatología que, al conducir el conocimiento del clima a través de los fenómenos (causas) que generan sus características, opera en una dirección contraria a los razonamientos tradicionales pues, recordemos, el método tradicional partía de la caracterización estadística del clima y pasaba, después, ocasionalmente a la determinación o a la comprobación de las causas. La dirección seguida por esta Climatología Teórica o Física asegura no sólo la comprensión del marco climático a diferentes escalas sino, además, asegura la explicación física (científica) y la prognosis, incluso, como vimos antes, el control: naturalmente, para lograr esto, se requiere una concepción del clima completamente diferente: al no quedar basado en una concepción estadística sino teórica y física, el clima no se refiere a ningún período de años concreto (por ejemplo promedios o frecuencias de 30 años) sino a un período que, desde el punto de vista cronológico, está en relación solamente con la presencia de las causas físicas (y de los procesos climatogénicos asociados) que han permitido, en el punto de partida, definir el clima: de tal modo, parafraseando a C.E.LEITH, si se supone que las influencias externas del sistema climático (tales como la radiación solar que le llega) son invariables en todo momento, el clima promedio asociado al conjunto fijo será el mismo que el clima teórico obtenido para su promedio referido a un período cronológico de tiempo infinito llevado a cabo sobre todos los

membros individuales de un conjunto tal como la Tierra; pero si se supone que esas influencias externas que se imponen al conjunto entero varían, el considerar dichas variaciones hace posible estudiar y conocer, correlativamente, la evolución temporal del clima global (LEITH, C.E. 1984 p.14-15). La rentabilidad de una concepción físico-teórica del clima parece en principio asegurada.

Pero, simultáneamente a estas indudables ventajas que suponen el abandono del empirismo y de la inducción tradicional a favor del establecimiento de unos procedimientos básicamente racionales llevados a cabo sobre fundamentos físicos, ha requerido diversas exigencias, independientemente del enorme esfuerzo que supone ya, en el punto de partida, la investigación física de corte teórico.

La primera exigencia ha sido la del cada vez más profundo conocimiento de una serie de parámetros físicos señalados como requisitos indispensables en las formulaciones teóricas previas, especialmente aquellos parámetros que se reconocen como determinantes para el control de los fenómenos climatogenéticos; en algunos casos han bastado para estos fines las observaciones meteorológicas normales, pero en otros muchos casos se han precisado unos parámetros que nunca antes habían sido observados. Esto ha suscitado graves dificultades que, en parte, han sido superadas gracias a las novedades que nos ha deparado el avance de la tecnología en los últimos treinta años y, muy especialmente, gracias a la fotografía de satélite. No obstante, en muchas ocasiones, los parámetros físicos que se configuran como parámetros físicos nuevos por no haber sido contemplados por la observación tradicional no han podido ser obtenidos de otra forma que por medio de la aproximación, ahora más racional que empírica, es cierto, y por medio de la extrapolación, sobre todo en los trabajos con una escala lo suficientemente amplia, de tal modo que la Climatología a gran escala ha tenido que basarse en gran medida en unas ingeniosas transformaciones de los datos obtenidos para otros fines (HARE 1975 p.257 y 258). En otros casos, sobre todo en los trabajos a pequeña escala, la obtención de esta información ha sido posible sólo gracias a las mediciones directas llevadas a cabo por el propio investigador.

La segunda gran exigencia ha sido la construcción de modelos matemáticos de simulación a partir de los resultados de deducciones físicas de tipo teórico y de la experimentación. Estos no sólo sirven a la descripción, comprensión, explicación, y predicción del clima sino, incluso, se propone su control, pues a través de modelos físico-matemáticos lo suficientemente reales de la atmósfera, tanto a escala local como regional, se pueden simular los efectos de la modificación del clima (FLOHN 1970 p.279). Esta exigencia ha sido superada gracias al

uso del ordenador; de tal modo, tanto la anterior exigencia como esta otra nos indican una importante incorporación de las Nuevas Técnicas a esta línea de trabajo.

Los planteamientos metodológicos de la Climatología Física han sido llevados a cabo, principalmente, por la propia Climatología Física y por dos corrientes concretas: la Climatología Dinámica y la Climatología de los balances que constituyen aspectos particulares de aquella; a pesar de los puntos en común que poseen por quedar una y otra inscritas en las aspiraciones y procedimientos anteriormente examinados hay, no obstante, importantes diferencias, sobre todo a nivel de objetivos, que necesitan ser precisadas, motivo por el cual vamos a examinarlas a continuación; pero, antes de comenzar esto, creemos conveniente señalar que, a pesar de estas diferencias, una y otra pueden y suelen intercambiar sus aportaciones particulares que, de hecho, se complementan configurando la Climatología Teórica o Física: "...Conocer los mecanismos que regulan el clima y sus fluctuaciones supondría pues, el conocimiento y la comprensión -dice PITA- de los intercambios de energía y materia que se producen entre los distintos componentes del sistema, siendo especialmente significativos los intercambios efectuados entre la atmósfera y los océanos, las dos grandes envolturas fluidas del planeta. Dichas envolturas con sus respectivas circulaciones constituirían el mecanismo regulador que distribuiría convenientemente la tradición solar que llega a la tierra, la cual es excedentaria en las latitudes intertropicales y deficitaria en las altas latitudes. Esta redistribución aseguraría la estabilidad de los climas tanto a nivel global como regional. Una alteración del balance de energía implicaría pues la posibilidad de un cambio climático..." (PITA, M.F. 1984 p.55). El estudio, por tanto, de la dinámica atmosférica (objeto de la Climatología Dinámica) no es del todo independiente del análisis de los balances de energía y materia (objeto de la Climatología de los Balances).

#### V.3.1.1. La Climatología Dinámica.

Ha ido cristalizando durante el S.XX: BERGERON creó este término y definió los grandes rasgos del método (PEDELABORDE 1957 p.58); y quedó probablemente perfilada de una forma definitiva como la conocemos hoy, sobre todo, con las investigaciones sobre el fenómeno de la corriente en chorro hacia mediados del siglo. Es interesante advertir que estas investigaciones se desarrollaron a partir de formulaciones físico-matemáticas plasmadas en ecuaciones, a partir, también, de experiencias en laboratorio y, finalmente, a partir de la observación sinóptica; los resultados, según vimos en anteriores apartados fueron un mayor y más adecuado conocimiento de la Circulación General Atmosférica y la obtención de unos modelos que, sustentados sobre ecuaciones físicas, representaban

el papel de esa médula espinal de la circulación que es el Jet. A partir de ahí los pasos operados por aquellos que trabajaban estos aspectos consistieron en el desarrollo de modelos sobre ecuaciones hidrodinámicas y termodinámicas, y en la verificación de estos modelos por medio del estudio de casos concretos. La Climatología Dinámica, a través de formulaciones esencialmente matemáticas (MOUNIER 1977 p.40-44), ha transportado a la escala del globo terráqueo y de la circulación media las aportaciones más puntuales de la Meteorología Dinámica tratando de dar respuesta, de este modo, a los problemas creados por la circulación general, cosa que, a partir de los años cincuenta y sesenta especialmente, ha mostrado una notable evolución plasmada por los progresos asociados a la utilización de modelos atmosféricos barotrópicos y, sobre todo, de modelos baroclínicos.

Con estas orientaciones no debe haber duda de que la Climatología Dinámica constituye una parte esencial de la Climatología Física. Pero, además, como señaló hace poco H.FLOHN en la sesión dedicada a la Circulación General de la Atmósfera del Simposio sobre Climatología Física y Dinámica (Leningrado Agosto de 1971) el estudio de la Circulación General y del clima son esencialmente uno e idénticos (Ver LANDSBERG 1972 p.20).

La Climatología Dinámica constituye una perspectiva cuyos resultados están llamados a representar la parte esencial de cualquier otra perspectiva climatológica, hecho que la faculta para detentar una posición central en el concierto de las distintas tendencias climatológicas. Los fenómenos que estudia la Climatología Dinámica son probablemente la consecuencia más directa de aquellos otros fenómenos que se contemplan, por ejemplo, en la Climatología de los Balances, y la causa directa, simultáneamente, de una buena parte de las características del tiempo atmosférico sobre la superficie terrestre (especialmente en las zonas templadas) fenómenos éstos de los que se ocupa con mayor o menor fortuna la Climatología Tradicional, la Climatología Compleja, etc...

Sin embargo, esta posición central determina también que posea una serie de limitaciones cuando trata de abordar por sí sola el estudio del clima; entre otras cosas porque, aunque el estudio del clima y el de la Circulación General estén íntimamente asociados, ni todos los hechos de la Circulación General deben quedar exclusivamente reducidos a hechos climáticos ni todos los aspectos del clima suelen quedar comprendidos por los aspectos de la Circulación General.

Por otro lado, la escala en la que suelen desempeñar los trabajos de Climatología Dinámica es, por definición, una escala muy amplia: global o hemisférica, pues no olvidemos que su objetivo se centra esencialmente en los

fundamentos físicos y dinámicos (ver cita anterior: BARRY & CHORLEY 1972 p.15) de los modelos de circulación atmosférica; pero, cuando alguien, desde las perspectivas de la Climatología Dinámica, ha pretendido describir explicativamente la distribución global de los climas sobre la superficie de la Tierra a partir de la consideración de los modelos de Circulación General, yendo con ello más allá de los objetivos propios de la Climatología Dinámica, las elaboraciones finales tomadas de esta Climatología (las concepciones fisicomatemáticas de la circulación) han degenerado en modelos de Circulación Atmosférica excesivamente simplificados, existiendo entonces una ostensible inadecuación, desde nuestro punto de vista, entre el detalle casi minucioso al que permite descender tanto la descripción como la delimitación regional de las características climáticas por medio del método tradicional, por un lado, y, por otro, los trazos espaciales, necesariamente groseros y vastos, de los modelos de circulación general empleados para estos fines; un buen ejemplo son gran parte de las clasificaciones climatológicas de tipo genética que se han elaborado. Para la resolución de este problema de inadecuación de escalas una primera solución es no descender a una descripción muy detallada, que es el recurso al que han acudido la mayor parte de las clasificaciones genéticas; otra solución es aumentar los detalles del esquema de la Circulación General Atmosférica pero, para ello, es conveniente abandonar la visión global a favor de una visión regional donde pueden tener incluso cabida (junto a las características del clima y los rasgos dinámicos) otros detalles como la configuración del relieve, presencia de aguas cálidas, etc...

En los análisis a escala regional o inferior, la Climatología Dinámica suele basarse en las frecuencias e intensidades medias de los sistemas de circulación de donde resultan unas configuraciones promedio o modelos de circulación regional que pueden ser válidos para describir, explicar y esbozar un pronóstico climatológico en aquellas regiones donde el ritmo del tiempo presenta una notable uniformidad en el curso del año (es decir, cuando se distinguen unas "singularidades"), pero pierden interés, según L.M. ABLENTOSA (ALBENTOSA, L.M. 1976 p.141), en regiones como las nuestras donde no se aprecia una evolución más o menos constante e, incluso, donde con frecuencia la sustitución predomina sobre la evolución.

#### V.3.1.2. La Climatología de los Balances

Ha cristalizado definitivamente en el seno de la Climatología Física a partir de la década de los años cincuenta del presente siglo, según vimos en un apartado anterior. Su desarrollo ha partido de la idea de que el clima efectivo de la superficie terrestre depende de la aportación de agua y energía y del modo en que se combi-

nan en el ciclo hidrológico: pero, como dice HARE (HARE, 1975 p.262-263), esta idea u objetivo central dista mucho de ser nuevo, lo que sí es realmente nuevo es haber puesto los medios, por un lado, para prescindir de las aproximaciones y de los índices típicos de la Climatología Tradicional, esencialmente arbitrarios, por otro lado, para basar las elaboraciones en los métodos centrados en la energía, dirección similar a la tomada por los ecólogos:

"...El desplazamiento hacia la mejor comprensión de los intercambios de energía y masa en la superficie terrestre y especialmente tierra adentro, sobre terrenos cubiertos de vegetación, ha sido el logro principal alcanzado por la climatología en los últimos veinte años y no me ofrece duda que tal tendencia seguirá adelante. Los temas que preocupaban en los años anteriores -por ejemplo: el intento de clasificar los climas y de establecer regiones climáticas, a la manera de KOPPEN, o el análisis estadístico de datos meteorológicos estándar- no dieron lugar a ningún esfuerzo físico eficaz por entender lo que sucede cuando agua, anhídrido carbónico, calor y momento mecánico se intercambian o transforman en el juego mutuo aire-tierra y aire-mar. Este es el campo propio de la micrometeorología -o microclimatología (...)- Pero la macroclimatología ha seguido el ejemplo..." (HARE, F.K. 1975 p.253).

Cuando decir: "el logro principal alcanzado por la Climatología en los últimos veinte años" pueda parecer excesivo a alguien es preciso, al menos, reconocer que se trata de un logro lo suficientemente importante como para destacar, y de una forma muy especial, a esta nueva tendencia que se configura y se reafirma en su papel de alternativa a las perspectivas de la Climatología Tradicional (según se deduce de las palabras que acabamos de citar) para un tratamiento, desde su óptica particular, de ciertos hechos que constituyen objetos propios de estudio: en el aspecto referente a su estructuración, la Climatología de los Balances muestra, por tanto, un punto en común importante con la Climatología Sinóptica (cuyo desarrollo histórico hemos esbozado en un apartado anterior) pues, en ambos casos, se han hecho referencias al método tradicional respecto a aspectos para los cuales las soluciones que dá este son insuficientes: es decir, una y otra han tenido, en una parte importante de su estructuración, una referencia negativa nada disimulada a la Climatología Tradicional.

La evolución de la Climatología de los Balances se plasma, de forma cada vez más rotunda, en un esfuerzo por nacer inteligibles objetivos que, como se apuntaba al comenzar este apartado, son totalmente inéditos por el modo en que se plantean: esta Climatología ha mostrado, tal y como indica su denominación, una especial atención

a los balances de materia y energía, y, de forma muy particular, los que tiene lugar sobre esa capa límite entre la envoltura gaseosa planetaria y la superficie subyacente.

Es necesario destacar ya que, en esta dirección, la Climatología ha llegado a entroncar de pleno, desde el punto de vista epistemológico, con la teoría general de sistemas. Efectivamente, para estas perspectivas el conjunto tierra-atmósfera es tomado como un vasto sistema cerrado (de él sólo sale o entra energía, no materia) donde toda una serie de subsistemas abiertos y encadenados entre sí, conformando lo que se denomina "sistema en cascada" (\*), dan consistencia a los cinco principales componentes físicos del sistema climático planetario: atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera, vinculados o relacionados con el exterior, o entre ellos mismos a través de una serie de procesos físicos internos al sistema (evaporación, precipitación, radiación y transferencia de energía) que son desencadenados por las propiedades físicas particulares de cada componente, a saber: propiedades térmicas, cinéticas, acuosas y estáticas (ver LOCKWOOD 1984 p.1-4). Los balances, principalmente los de calor y agua, tienen, en este marco epistemológico sistémico, sumo interés dándole, incluso, su nombre a esta Climatología: ellos permiten determinar, de forma adecuada, la existencia y consistencia de los constantes intercambios de materia y energía que, en forma de flujos, sustentan y confieren su dinamicidad al ambiente físico terrestre, al mismo tiempo que revelan el equilibrio relativo de sus partes y/o general.

Haciendo referencia a la importancia y significación de este método y de los objetivos asociados, LANDSBERG ha dicho: "...En la búsqueda de las relaciones causa-efecto del clima, pronto se reconoció la importancia de la interacción entre la atmósfera y la superficie subyacente, lo que dió lugar al nacimiento de una de las ramas más importantes de la climatología: la climatología de la capa límite. El método del balance energético ha sido un concepto de lo más fructífero para la investigación y explicación de condiciones climáticas tanto mundiales como locales. Este método tiene en cuenta los flujos de radiación entrante y saliente, los intercambios de calor sensible y latente, la evaporación y la condensación, y las propiedades físicas de la superficie y de su materia sólida o líquida. Entre esas propiedades destaca el albedo como factor climatológico preeminente, en especial en aquellos lugares donde la nieve y el hielo aparecen y

---

(\*) Los distintos subsistemas están dinámicamente unidos por cascadas, es decir, por producciones /salidas y consumos/ entradas de materia y energía reguladas por unas propiedades físicas particulares.

desaparecen en forma variable..." (LANDSBERG 1982 p. 403).

Tenemos aquí esbozados los tres aspectos básicos de esta Climatología:

En primer lugar unos métodos centrados en la energía, siguiendo la dirección tomada por la Ecología.

En segundo lugar unos objetivos que entroncan con el análisis de balances o de flujos.

En tercer lugar, un marco epistemológico constituido por la teoría general de sistemas.

Estos aspectos deben ser completados, no obstante, con un último hecho: el notable esfuerzo por llevar a cabo las formulaciones de esos objetivos (inéditos por la manera en que se plantean) en términos físico-matemáticos, de tal modo que puedan ser, por un lado, deducidos de la teoría física o verificados experimentalmente a pequeña escala y, por otro lado, plasmados en unos modelos matemáticos que den satisfacción al espíritu prospectivo que impregna no sólo a la Climatología de los balances sino a la Climatología Física en general.

Esta perspectiva climatológica, estrechamente vinculada a la denominación de Climatonomía, ha impulsado, tal vez más que ninguna otra, la realización de una teoría del clima que se constituya como el punto de partida de las elaboraciones. Pero las ambiciones teóricas, racionales y deductivas han encontrado una serie de limitaciones importantes:

Tal vez, la primera limitación queda constituida por la misma necesidad de recurrir a unas técnicas de extrapolación y de aproximación debiendo basar sobre ellas sus elaboraciones (sobre todo las de macroclimatología) ya que las observaciones de determinados parámetros básicos (como intercambios de calor y humedad) no están lo suficientemente extendidos: como ha reconocido el propio HARE, a pesar de tratarse de unas técnicas ingeniosas "...tales técnicas no escapan ciertamente a la posibilidad de crítica..." (HARE F.F. 1975 p.258). Y son muchos los casos de trabajos a escala mundial que, por faltar la medición exacta, deben conformarse con la utilización de estas técnicas. Sin embargo, BUDYKO ha insistido en que "...No podemos estar esperando las soluciones definitivas, sino que debemos hacer uso de nuestros sencillos modelos..." (LANDSBERG 1972 p.404).

Debemos reconocer que la Climatología de los Balances ha dado importantes resultados en los estudios a escala microclimática y macroclimática preferentemente; y no siempre ha estado en función exclusiva del conocimien-

to del propio clima y su previsión. Asimismo ha permitido conectar el clima con otros aspectos físicos, como la vegetación, que nos recuerdan la Climatología Clásica. Recordemos, en este sentido, el esquema de GUERASSIMOV para las correlaciones climáticas de los principales tipos genéticos de "suelos del mundo" o el "sistema de zonificación geográfica de GRIGORYEV" etc... (Ver GRIGORYEV 1961) comentados por K.HARE (1975).

Finalmente, autores entre los que podemos citar a PEGUY y MARCHAND, hacen un objeto de crítica en estas perspectivas ecológicas, el extraer o separar del sistema climático un subsistema físico "...Porque en el estado actual del planeta, los hechos físicos no pueden ser aislados. En la superficie de los continentes el albedo, las razón de BOWEN, etc, dependen de las condiciones de ocupación del suelo por el hombre. El físico, desde el momento en que aborda el planeta tierra debe ya hacerse antropólogo o geógrafo...". Las soluciones propuestas son: llevar a cabo el clima en tanto que recurso natural, cuando se excluye del sistema la acción del hombre consciente, o como elemento de la infraestructura económica, cuando el clima es tenido en cuenta en un sistema socioeconómico dado (PEGUY y MARCHAND 1982 p.190).

Estas limitaciones de la Climatología de los Balances, puntualmente extensivas al conjunto de la Climatología Física, no deben, sin embargo, empañar los horizontes que, en otros aspectos, ha abierto y desarrollado, especialmente los referidos a hechos tan cruciales como la estructura física del sistema analítico o los cambios del clima.

### V.3.2. El replanteamiento de la Climatonomía a través del método de la "Climatología Compleja".

La Climatonomía ha supuesto un replanteamiento de la elaboración climatológica y del concepto de clima a partir de una serie de presupuestos de corte teórico y físico, englobados en unas perspectivas sistémicas, sustentados sobre una metodología fundamentalmente deductiva y orientados preferentemente a estudios descriptivo-explicativos y/o prospectivos, a escala local y, sobre todo, a escala global. Pero, ciertamente, ha existido otro tipo de replanteamientos que, para cubrir también toda una serie de exigencias no satisfechas por la Climatología Tradicional, han partido, sin embargo, de la misma base de donde parte la Climatología Clásica: de las observaciones meteorológicas. En este sentido han sido muy valiosas las aportaciones realizadas a través del método de la "Climatología Compleja" o "Climatología Comprensiva".

Este método propone que el estudio del clima parta de las combinaciones más comunes de los elementos del

tiempo atmosférico en períodos, generalmente, de veinticuatro horas: esto es factible y no está desprovisto de una base real porque, como dice A. HUFTY "...El tiempo varía diariamente pero felizmente el número de combinaciones reales que constituyen este tiempo es limitado y es posible clasificarlas en una decena de categorías principales que reaparecen constantemente en el curso del año y tienen duraciones medias de algunos días..." (HUFTY A. 1972 p.201); del conjunto de combinaciones características que se presentan en el lugar estudiado se induce una clasificación de "tipos de tiempo" donde cada tipo agrupa los casos en que varios elementos del tiempo atmosférico observado presentan rasgos comunes. Frente a este modo de caracterizar los tipos de tiempo diarios, utilizado ya en los años veinte por FEDEROV, se ha estructurado otra forma con ciertas diferencias, que parte de la consideración de un único factor meteorológico dominante cuya presencia eclipsa todas las demás variables por su efecto nefasto en el hombre, en la agricultura, etc... (Ver MOUNIER 1977 p.59).

Como han señalado BARRY & PERRY (1973 p.175), la perspectiva de la Climatología Compleja permite conceptualizar el clima como un organismo vivo es decir, un complejo de fenómenos naturales que conforman lo que PAGNEY (1982 p.12) denomina como "concepto fisiológico de tipo de tiempo" y permiten superar las formulaciones llevadas a cabo por el método tradicional donde los elementos climáticos son presentados por separado, desmembrados, de tal modo que, a través suya, no se pueden conocer las implicaciones verdaderas que tiene la realidad atmosférica pues estas nunca se presentan por separado sino en combinaciones: esto es necesario tomarlo en consideración especialmente cuando se trata de determinar ciertos procesos en los seres vivos y, sobre todo, en las plantas: sin duda, por esto, su aplicación principal ha sido a la agricultura. Esta tendencia permite, además, crear una visión del clima donde a la idea de complejo se le puede unir también la de ritmo, cuando se completa a través de una análisis de frecuencias, permanencias y sucesiones de cada tipo de tiempo.

Este método, al igual que le pasa a los demás métodos de la Climatología, tiene sus limitaciones e inconvenientes: es preciso reconocer que es selectivo y finalista como el método tradicional, tanto en cuanto selecciona a ciertos elementos del tiempo y determinados límites de clase de forma arbitraria o con un finalismo extrínseco al propio fenómeno climático (VER BARRY & PERRY 1973 p.176). Esto da lugar a una pérdida de la información.

Por otro lado su aplicación es especialmente adecuada a nivel local o comarcal porque, a estas escalas, las combinaciones de elementos se hacen especialmente evidentes. Pero, si se quiere extender a espacios mayores, es

necesario, como dice MOUNIER (1977 p.61), adoptar criterios rigurosamente idénticos para todo el espacio considerado y eso implica una depuración más larga y minuciosa de esas situaciones donde las combinaciones de los elementos meteorológicos se realizan. Conforme aumentamos la extensión o la complicación del espacio estudiado más difícil es adoptar criterios idénticos para todos los ámbitos: de tal modo la propia escala se convierte en una importante limitación para la utilización de este método.

Finalmente se le ha criticado que permite la descripción precisa pero es menos eficaz a la hora de abordar la explicación de tal modo que la actividad geográfica se hace incompleta (MOUNIER 1977 p.61). Sin embargo la simple combinación de elementos meteorológicos es un primer paso en el camino explicativo: a través del método tradicional, la explicación de las amplitudes térmicas, por ejemplo, a través de la nubosidad (como factor térmico) no se podía llevar a cabo con exactitud, puesto que el análisis de la temperatura y la nubosidad se atendía por separado, cosa que no ocurre en esta perspectiva. Con todo, ha habido un esfuerzo por dotar, además, a este método con unas bases explicativas considerando los datos sinópticos, lo cual supone una aproximación a la Climatología Sinóptica. Esta convergencia de ambos métodos sucede también a la inversa: de la Climatología Sinóptica hacia la Compleja, incorporando las combinaciones de elementos a la consideración de los tipos de tiempo sinópticos: es un ejemplo, como ya vimos en un apartado anterior, del espíritu que reina entre las diferentes tendencias a converger.

### V.3.3. La Climatología Sinóptica y la complementación de métodos climatológicos.

La Climatología Sinóptica tiene por fin explicar los climas locales y regionales en función de la Circulación General Atmosférica (MOUNIER 1977). Para ello esta tendencia se ha centrado sobre un concepto que le sirve de base: el tipo de tiempo. Como dice ALBENTOSA: "...la climatología sinóptica descansa en la consideración de la atmósfera como realidad física, en los tipos de tiempo: en este sentido el clima es el resultado de una sucesión de procesos dinámicos que, continuamente, están en relación con la circulación general..." (ALBENTOSA 1976 p.142); pero, a diferencia de la Climatología Compleja, no es el tipo de tiempo vivido y observado fundamentalmente en superficie (la concepción "fisionómica" que dice PAGNEY) el que sirve de punto de partida sino los tipos que se desprenden de los rasgos de la circulación regional de la dinámica atmosférica y de los mecanismos que en ella quedan comprendidos (\*).

Por este hecho la Climatología Sinóptica ha mantenido estrechos lazos con la Meteorología: en primer lugar

porque es esta disciplina la que, con sus conocimientos físico-matemáticos de la circulación general y regional, ofrece los horizontes sobre los que formular la definición de los diferentes tipos de tiempo y elabora la clasificación de los mismos para cada región que se desee estudiar: y, en segundo lugar, porque, debido al interés de los meteorólogos por los tipos de tiempo, por su indudable utilidad para la previsión (recuérdense los calendarios, por ejemplo de F. BAUR), estas elaboraciones han proliferado desde el S. XIX y, desde entonces hasta ahora, han evolucionado, perfeccionándose cada vez más en el mismo seno de la Meteorología. Las razones que vinculan, por tanto, a la Climatología Sinóptica con la Meteorología son de muy diversa índole pero especialmente estas dos a las que hemos aludido: las de orden teórico y las de orden aplicado.

Esto nos induce a creer que, en su inicio, el trabajo de la clasificación sinóptica tiene mucho que ver con el método deductivo pues es posible establecer apriorísticamente, en una región determinada, si nó todos los tipos sinópticos sí, al menos, un esquema básico provisional de los mismos, siempre y cuando se conozcan adecuadamente los rasgos de la circulación regional enmarcados en el esquema de la Circulación General Atmosférica; pero, esto no sólo es posible sino que, además, es necesario, se puede realizar una contribución eficaz y original al conocimiento climatológico de los fenómenos atmosféricos a través de la perspectiva sinóptica a condición, siempre, como dice MDUNIER (1977 p.44), de tener en cuenta los estudios de Climatología Dinámica sobre circulación atmosférica a una escala superior. Pero simultáneamente, tiene mucho que ver también con el método inductivo porque, de la observación detenida de las situaciones sinópticas reales para un período cronológico suficiente, se deben inducir más detalladamente los tipos, con sus mecanismos asociados que tienden a reaparecer día tras día en el curso del año. Como decíamos anteriormente, la Climatología Sinóptica constituye un puente entre los métodos deductivos, la teoría, y los inductivos, las observaciones reales trazadas en la si-

-----  
(X)Mientras el tipo de tiempo es el estado de la atmósfera vivido por el hombre y definido por una combinación de diferentes elementos atmosféricos, la situación sinóptica (sobre la que se basa este otro concepto de tipo de tiempo) aparece, en realidad, como un conjunto de factores dinámicos y termodinámicos que crean en un lugar un estado determinado de la atmósfera (Ver MDUNIER 1977 p.48). Según BARRY & PERRY (1973 p.444) el denominador común a todos los estudios de Climatología Sinóptica es la interpretación, precisamente, de modelos climáticos en el espacio y en el tiempo en términos de procesos de tiempo.

tuación sinóptica. Esto es, además, especialmente cierto en nuestro caso: en Geografía.

Pero, del mismo modo que, en su momento, distinguíamos entre la Climatología Sinóptica en el marco de la Meteorología, donde ha tenido una larga tradición desde el siglo XIX, y en el marco de la Geografía, donde tuvo su inicio fundamentalmente a partir de los años cincuenta del presente siglo, es conveniente distinguir ahora, también, por una serie de motivos, sobre todo aquellos motivos referentes a objetivos. Teniendo en cuenta que la motivación principal que impulsara al meteorólogo a trabajar en Climatología Sinóptica fue la previsión del tiempo atmosférico y, al geógrafo, la localización y la explicación del clima, es conveniente diferenciar, así mismo, las tipologías sinópticas elaboradas para ser empleadas principalmente en la pronosis y aquellas otras tipologías llevadas a cabo por los geógrafos para aproximarse a una explicación adecuada de un clima regional. Las primeras puede y suelen decantarse, sobre todo en el marco alemán, por la determinación preferente de las grandes estructura de circulación atmosféricas o "tipos de circulación" correspondientes a la disposición estable presentada por los centros de acción y las corrientes de perturbación (se puede poner otra vez de ejemplo los tipos definidos por F. BAUR): el segundo grupo de tipologías toman en cuenta, además, las facies geográficas de estos grandes tipos de circulación: la posición del curso y la intensidad de las grandes corrientes, hechos que originan unas consecuencias más inmediatas y ajustadas al "tipo de tiempo vivido", pues, en el interior de un mismo tipo de circulación, pueden alternarse sobre una región más reducida tipos como los ciclónicos y anticiclónicos por ejemplo (Ver PEDELABORDE 1957 p.159-160). Si las tipologías de las grandes estructuras de la circulación pueden ser percibidas globalmente gracias, como dice MOUNIER (MOUNIER 1977 p.50-52), a la expresión cartográfica y son sus acciones reiteradas sobre las principales variables meteorológicas las que acaban por imponer los ritmos estacionales y las variaciones climáticas regionales, el segundo grupo de tipologías, sin embargo, el que queda referido a unidades espaciales más pequeñas es determinado a partir de los mapas sinópticos y también a partir de las observaciones meteorológicas que indican el tiempo vivido: de tal modo el estudio, a partir de aquí, de las frecuencias y otros parámetros estadísticos de estos tipos obtenidos (en los cuales se asocian adrede la causa y el efecto) desemboca en una descripción explicativa del clima y de sus elementos esenciales sobre una región en términos de circulación general.

Desde el punto de vista de la elaboración geográfica el método sinóptico, tal y como lo concibe una de las personalidades que más contribuyeron a que su utilización se impusiera en nuestra disciplina: P. PEDELABORDE (1957

p.63-65). comporta, en principio, cuatro grandes partes:

A. Se establecen los grandes rasgos o fundamentos de la circulación atmosférica sobre la región estudiada en su conjunto y se definen, a partir de ahí, la circulación regional propia.

B. Se describen los tipos de tiempo una vez definidos sobre una región precisa (las facies geográficas regionales de los grandes tipos de circulación) a partir de consideraciones estrictamente geográficas como la consideración tridimensional atmosférica, la relación genética de cada tipo con los tipos adyacentes (para obtener así una síntesis dinámica y explicativa), la designación en donde se enumeran sus indicativos fisiológicos (especialmente los caracteres de masa y termodinámicos para definir y explicar mejor las combinaciones atmosféricas) y las reacciones del suelo, así como la consideración de la totalidad de los tipos para restituir el film viviente del clima.

C. Se define el clima actual del conjunto de la región a partir de la frecuencia y la variabilidad de los tipos de tiempo y las masas de aire.

D. Se delimitan las facies regionales y locales del clima regional en función de las características geográficas internas apoyadas sobre las observaciones de datos locales conjugadas con las aportaciones del método separativo y la vegetación.

Entre las ventajas de la investigación sinóptica tenemos que, no perdiéndose de vista los hechos teóricos (físico-matemáticos) y globales, pues se parte de la consideración de los esquemas de conjunto de la atmósfera confeccionados sobre presupuestos de base físico-matemática, se hacen posibles o, incluso, idóneos los estudios de análisis espacial a escala regional fundamentados en gran parte sobre el análisis cartográfico: por un lado el análisis de la localización de las distribuciones espaciales de los sistemas o estructuras atmosféricas teóricas definidas por los meteorólogos y, por otro lado, el análisis de las distribuciones de los fenómenos meteorológicos concretos, como la lluvia, la temperatura, etc. (MOUNIER 1977 p.45-46); y, tanto el análisis espacial a escala regional como su puesta en marcha a través del análisis cartográfico poseen una tradición muy amplia y sólida en nuestra disciplina. Yá en 1960, PHILIPPONNEAU, trae haber valorado las bondades de este método desde el punto de vista aplicado, indicaba el interés por los estudios de conjunto relativos a la planificación regional: "...El conocimiento preciso de las condiciones climáticas es un elemento básico para todo intento de valoración de una región..." (PHILIPPONNEAU, M. 1960 p.111).

Los materiales básicos sobre los que se estructura este tipo de trabajos en Climatológica son, de hecho, los documentos sinópticos: una serie de mapas de elementos atmosféricos trazados sobre un espacio denominado espacio sinóptico, el que cubre por ejemplo, la mitad oriental del Atlántico Norte y Oeste de Europa sobre un espesor determinado ya que se trata de un espacio tridimensional, y a unas horas precisas que son las horas sinópticas; entre todos esos elementos atmosféricos suele ser la presión el más destacado quizás porque sea, según dice PEDELABORDE (1957 p.44), el más sintético de los elementos separativos. Esto no excluye la consideración de las masas de aire, también expresada en los mapas.

No obstante, la condición de estudio de análisis espacial regional y de análisis cartográfico que posee la Climatología Sinóptica, simultáneamente a las ventajas que supone para el geógrafo, entraña una serie de problemas. Uno de ellos es el de la delimitación concreta de la región a la que se aplica el método porque ya sabemos que el término región puede ser ambiguo: a este respecto, como dice PEGUY (1970 p.328), la delimitación del espacio sinóptico está frecuentemente sujeta a discusión sea por cuestiones metodológicas (la región a la que se refiere los tipos de tiempo de PEDELABORDE es, como hemos visto, menor que la de los GROSSWETTERLAGE, por ejemplo, de los meteorólogos alemanes), o sea por cuestiones concretas referidas a la idiosincrasia del ámbito estudiado.

La descripción de los tipos de tiempo del conjunto de una región a partir de la consideración exclusiva de un punto o un ámbito, normalmente central, de dicha región, tal y como lo propone y localiza PEDELABORDE en la Cuenca de París (PEDELABORDE 1957 p.63), puede entrañar otro grave problema desde el punto de vista metodológico, sobre todo cuando se intenta abordar posteriormente el análisis de los otros ámbitos considerados como periféricos pero, igualmente, pertenecientes a esa región que previamente se ha definido: y este segundo problema se agrava cuando, por su idiosincrasia, la región que se desea analizar presenta profundas variedades internas determinadas, en la mayor parte de los casos, por un relieve complicado.

En base a estas dificultades ¿es necesario renunciar a la escala regional y limitar el estudio de la Climatología Sinóptica en Geografía a la escala local o comarcal de la que sí es representativa ese punto central elegido? ¿es necesario renunciar a la ventaja que, en principio, ofrece el método sinóptico al geógrafo, referente a la posibilidad de realizar un análisis de tan larga tradición en esta disciplina como es el análisis regional? Este problema, que no es otra cosa que una cuestión de escalas, (pretender extender a todos los fenómenos de una escala superior lo que se aprecia en un sector de esa

región a escala inferior), tuvo, probablemente por primera vez, una difusión amplia en un manual de Climatología hacia 1970 (Ver PEGUY 1970 p.327-328).

Pero tal problema no sólo ha tenido una solución aceptable, sino incluso enriquecedora para el punto de vista geográfico: ha consistido en la correlación de cada estructura sinóptica con los efectos sobre el tiempo (el "tiempo vivido") de la serie de estaciones representativas de cada una de las facies regionales del conjunto de la región, no sobre una de éstas sola. Es decir la solución ha pasado por la relación diaria entre lo que BARRY & CHORLEY (1972 p.229) denominan tipos de flujo y tipos de tiempo. Es posible ahora delimitar y explicar, con un mínimo de seguridad, las variedades regionales y los rasgos del conjunto del ámbito estudiado. En este contexto se produce por tanto una convergencia de métodos no sólo de la Climatología Sinóptica con la Climatología Dinámica, sino, además, con la Climatología Compleja, igual que antes lo vimos a la viceversa: "...la investigación sistemática de las correlaciones que existen entre unas y otras será fecunda en dos sentidos, apoyando las interpolaciones de las frecuencias de los datos aerológicos llega a reconstruir las normales de lluvias o temperaturas en un punto tras solo tres o cuatro años de observaciones. Inversamente los datos de superficie bien interpretados sin duda podrán en el futuro permitir descubrir ciertos trazos locales de la circulación superior que pasa a través de las mallas demasiado amplias de la red de radiosondeos..." (PEGUY 1970 p.328). Y, efectivamente, el método sinóptico puede permitir al geógrafo aportar datos particulares de interés para las consideraciones de tipo dinámico más generales. Como dice ALBENTOSA, sólo dos razones parecen haber determinado que los estudios sinópticos de los años 50 y 60 al abordar la explicación de las relaciones entre clima y configuraciones sinópticas se hayan limitado a asignar a cada modelo sinóptico, primero, un tipo de tiempo, segundo, una descripción del mismo y, tercero, el análisis de uno o dos casos representativos, sin que hayan intentado hacer una caracterización estadística completa de cada tipo de tiempo: en primer lugar, puede ser la aversión por el uso de los valores medios típicos de la Climatología Clásica; pero, el tratamiento estadístico (aún empleando medias) de cada tipo de tiempo evita la mezcla de poblaciones que se produce en la determinación de las "normales" a través de los métodos tradicionales y, desde luego, los valores así obtenidos para cada tipo de tiempo pueden ser más representativos que los valores de una situación concreta; en segundo lugar, la dificultad que resulta de la complicación del proceso de elaboración que exige esto; pero esta dificultad cuando se vé insuperable puede resolverse con el uso del ordenador (ALBENTOSA 1977 p.144).

Pero, el método sinóptico representa otra serie de

ventajas, además de las que hasta ahora hemos visto: considera los fenómenos meteorológicos, a diferencia del método tradicional, en sus combinaciones reales porque parte de los factores dinámicos y termodinámicos responsables del estado de la atmósfera en un lugar; no obstante, según HUFTY, aunque suele haber una relación muy elevada entre tipos de situaciones sinópticas y, por ejemplo, tipos de sondeos, la relación entre los tipos sinópticos y las combinaciones del tiempo no es tan precisa, tal vez porque, según su particular opinión, esta última relación suele expresar una probabilidad y no una determinación (Ver HUFTY 1975 p.535 y 541); esto, sin embargo, no hace sino reafirmar la necesidad que, como antes hemos dicho, tiene la consideración directa de ambos órdenes de realidades: la sinóptica y la formada por la combinación de los elementos del tiempo: "...este método puede tener una gran utilidad en climatología general pues permite establecer lazos entre aquellos que consideran el clima como la sucesión de tipos sinópticos y los que se interesan por los elementos medidos en superficie, considerados aisladamente o agrupados bajo la forma de índices..." (HUFTY 1975 p.541).

Este tipo de consideraciones que toman en cuenta tanto las situaciones sinópticas donde se engloban los mecanismos atmosféricos y las masas de aire que representan, así como las combinaciones reales del tiempo, satisfacen el espíritu geográfico, tal y como lo expresa ampliamente PEDELABORDE aludiendo a CHOLLEY (PEDELABORDE p.1957). Esto es así porque impiden caer en el carácter finalista, parcial y separativo, así como en las consecuencias posteriores que esto tiene (los índices empíricos) de la Climatología Tradicional, permitiendo acceder a una concepción más global del clima. Así mismo posibilita superar el concepto estático del clima (tal y como HUMBOLDT había anhelado en su definición "sensu lato" de clima un siglo antes) a través de la consideración de la sucesión de los estados verdaderos de la atmósfera: los tipos de tiempo. Y finalmente la consideración de los mecanismos de la atmósfera y las masas de aire (consideradas como un medio geográfico real en sí misma) dota a este método de una singular capacidad no sólo para describir sino, también, para explicar los fenómenos espaciales de forma satisfactoria, sin tener que acudir a los tradicionales "factores-camelo" según la expresión de HARE (HARE 1975 p.276).

La explicación científica por medio de este método queda asegurada tanto en cuanto recoge y parte de las elaboraciones físico-matemáticas de orden teórico sobre la atmósfera y la circulación general llevadas a cabo principalmente por los físicos y los meteorólogos: la descripción que se asocia a la explicación es una descripción adecuada tanto en cuanto tiene en cuenta, en el punto de partida, al tiempo atmosférico como realidad

compleja y dinámica. Es decir, a diferencia de la Climatología Teórica o Física vista, no se abandona la concepción "meteorológica" del clima (el clima concebido a partir del tiempo atmosférico), pero tampoco se pierden de vista los fenómenos y procesos estrictamente físicos (masas de aire y tipos de circulación y tipos de tiempo) que confieren su complejidad, su dinamicidad y su condición espacial al clima. Como anotara hace poco, en 1972, DURAND DASTES es indiscutible que la Geografía "...tiene el derecho y el deber de remontar al menos los primeros eslabones de las causas, es decir, relacionar los climas a los tipos de circulación a pequeña escala y de intentar explicarlas..." pues pretender un estudio del clima sin llevar a cabo este trabajo sería como si un morfólogo se negase a reconocer la estructura del relieve, pero, simultáneamente, sería peligroso que el geógrafo se dedicase al estudio de las causas de la circulación atmosférica, para el cual otros especialistas pueden estar más cualificados, y descuidase el estudio de los primeros eslabones de la cadena, esto es, la descripción de los climas y los tipos de figuras isobáricas que los determinan (DURAND DASTES, F. 1982 p.32-33); del mismo modo que la explicación descriptiva del meteorólogo plasmada en modelos físico-matemáticos no puede sustituir la descripción explicativa del geógrafo, interesante no sólo desde el punto de vista teórico sino también, desde el punto de vista aplicado (Ver PHILIPPONNEAU, H. 1970) o humano y cultural que dirían FEGUY y MARCHAND (1982) tampoco la geografía puede sustituir a la Meteorología.

Para una correcta utilización de este método en Geografía es preciso, sin embargo, tener en cuenta las limitaciones que, sin duda, presenta: Como han anotado BARRY & PERRY (1973 p.101-102) se le puede objetar específicamente a la clasificación de los tipos de circulación que la delimitación de los tipos diarios es insatisfactoria porque las configuraciones atmosféricas son continuas en el aspecto cronológico, especialmente en el caso del cambio de un modelo de presión a otro de forma, no brusca, sino gradual. Este problema se acentúa, según estos autores, con el incremento del número de modelos clasificados: de tal modo resulta más conveniente y más realista definir un número limitado de grupos anómalos: en el caso de una evolución gradual de un tipo a otro el problema está en delimitar el final de los casos englobados en un modelo y el inicio de los casos englobados en el otro modelo en el cual la anterior situación desemboca; de tal modo que, cuantificando estos problemas, en un trabajo sobre el Este del Ártico Canadiense aludido por estos autores, el 70% de los casos no presentaba dificultad de clasificación, un 20% se podía en una de dos categorías y el 10% restante no era clasificable; esto, desde luego, depende del grado en que la "sustitución" predomine sobre la "evolución" en la región considerada, empleando términos de ALBENTOSA (1976 p.141). Esto entra

de pleno con el tema de la subjetividad que existe en la clasificación aunque, según PEDELABORDE, cuando analiza una zona como la Cuenca de París, reconoce que la subjetividad es cierta "...pero sólo para un porcentaje extremadamente bajo de situaciones..." (PEDELABORDE 1957 p.50). También otro problema, ya destacado por ABERCROMBY 1887, consiste en que los mismos tipos de tiempo pueden mostrar variaciones estacionales relativas, especialmente diferencias de intensidad, que se acusan con mayor vengencia en las latitudes templadas del Hemisferio Septentrional en Invierno, para lo cual es preciso determinar exactamente ciertos rasgos, como lo hace LAMB, quien, por ejemplo, distingue el tiempo ciclónico en Gran Bretaña cuando uno de los cuatro mapas realizados diariamente muestra bajas presiones (ver BARRY & FERRY 1973 p.102). De todos modos, como expresan estos mismos autores (BARRY & FERRY 1973 p.444), "...el tópico de la clasificación sinóptica ha sido ampliamente discutido porque constituye un problema central al que se ha consagrado un gran esfuerzo de investigación...".

#### VI. NUESTRA ELECCION METODOLOGICA EN EL ANALISIS REGIONAL DEL CLIMA DE ANDALUCIA Y LOS FINES Y FUENTES DEL PRESENTE ESTUDIO

En estas reflexiones sobre el tiempo atmosférico, sobre el clima y "las Climatología" hemos visto que la elaboración del concepto de clima meteorológico ha constituido un hito en el proceso de aproximación a la atmósfera y particularmente al tiempo atmosférico, una realidad terriblemente compleja desde el punto de vista temporal y desde el punto de vista espacial pero provista de suficientes analogías como para estimular su determinación que es la que se plasma precisamente en el concepto de clima, un concepto abstracto por tanto. La Climatología ha consistido entonces en el mismo proceso de abstracción, es decir, en cualquier método por medio del cual la complejidad espacio-temporal del tiempo atmosférico (de la estructura atmosférica) se reduce por medio de ciertos procedimientos a términos más simples, inteligibles y operativos o manejables para unos fines determinados. Estos fines hemos visto que son muy diversos y pueden estar dirigidos al propio conocimiento atmosférico sobre la superficie de la Tierra o al conocimiento de tipo aplicado a realidades extrínsecas a la propia Climatología. También los procedimientos hemos visto que son diversos, procedimientos físico-matemáticos, por ejemplo, en el caso de la Climatología Teórica, procedimientos estadísticos en el caso de la Climatología Tradicional, etc... Por uno y otro motivo nos ha parecido conveniente hablar de "las Climatologías" en vez de "la Climatología".

Tras los apartados que hemos dedicado, por un lado, a la dimensión histórica de la aproximación del clima al tiempo desde la Antigüedad hasta la actualidad y, por otro lado, a la descripción y valoración de diversos métodos de la Climatología, hemos introducido la justificación de que el análisis del clima de una región, en el contexto de la Geografía al menos, requiere no perder de vista la realidad que es el punto de partida de la elaboración climatológica: el tiempo atmosférico y el estado de la atmósfera, y requiere, además, hacer una elección metodológica.

En cuanto a ese punto de partida de la elaboración climatológica contemporánea, el tiempo atmosférico y el estado de la atmósfera, las fuentes a las que se puede acudir son de diversa índole aunque fundamentalmente hay dos clases de elaboraciones, las de tipo cartográfico y las de tipo estadístico:

A. El Boletín Meteorológico Diario publicado por nuestro Instituto Nacional de Meteorología, antiguo Servicio Meteorológico Nacional, es de gran interés por representar el marco sinóptico regional donde se inscribe Andalucía. De él hemos obtenido el análisis de la distribución de isobaras y frentes en superficie a 00 h., 06 h., 12 h. y 18 h. (T.M.G.). En segundo lugar esta fuente ofrece análisis barométricos e isotérmicos de distintas topografías entre las cuales nos han sido de gran utilidad las de 500 mts y 300 mts, así como mapas de topografías relativas (espesor entre 1000 y 500 mb.) realizados diariamente a 12 h. En tercer lugar, para un período de años bastante extendido, es muy interesante la cartografía diaria de isotermas y de áreas peninsulares con precipitación así como la representación de los sistemas nubosos y meteoros significativos observados sobre el espacio sinóptico regional de Europa Occ. y Atlántico N. generalmente a 12 h. (T.M.G.).

B. El Boletín Meteorológico Europeo representa a escala hemisférica y de Europa Occ.-Atlántico N. la distribución de isobaras o isohipsas (según sea el nivel de la superficie del mar o topografías superiores como las de 700 mb, 200 mb., etc...) y, puntualmente, la dirección y fuerza de los vientos, la temperatura, la nubosidad, etc... de los observatorios de la red sinóptica, una información que complementa y enriquece tanto la dimensión vertical como en la horizontal la fuente antes citada que se centra sobre un espacio menor y es menos prolija en información, sobre todo se hechan en falta sobre los mapas los valores térmicos, higrométricos, de viento, etc... arrojados por los sondeos a distintos niveles.

C. Los centros meteorológicos zonales de Málaga, para la Cuenca Sur. de Sevilla, para la Cuenca del Gua-

dalquivir, de Badajoz, para la Cuenca del Guadiana, y de Murcia, para la Cuenca del Segura, nos ofrecen parte de las observaciones diarias completas o térmicas y pluviométricas de los observatorios andaluces señalados en la Figura adjunta. Otra parte de estas observaciones la hemos recogido de la Comisaría de Aguas del Sur de España y de la Comisaría de Aguas del Guadalquivir. Finalmente, el Servicio de ICONA de Almería proporciona datos de unos pocos observatorios que han sido seleccionados pues ha sido necesaria una extramada precaución.

D. Fuera de estos servicios y comisarias hay otras fuentes aisladas como el Centro de Experiencias de Michelin de Níjar y el Observatorio Astronómico del Calar Alto que, a pesar de estar fuera de la red de observatorios del I.N.M., son de indudable interés por la particularidad y lo especial de la ubicación de ambos.

Esencialmente estas fuentes permiten una de las exigencias del análisis del clima que, como hemos venido afirmando en los sucesivos apartados dedicados a la construcción de la Climatología contemporánea, debe atender a la realidad atmosférica. Sería deseable, a pesar de todo, poder disponer de más información, concretamente son patentes las escasas y/o incompletas observaciones de numerosos ámbitos como los de montaña, por ejemplo, y, aun antes, se hace preciso un número superior y bien distribuido de observatorios meteorológicos completos.

El análisis del clima, una vez que se dispone de una información sobre el tiempo atmosférico más o menos rica e íntegra, tiene otra exigencia: la mencionada elección de un método de trabajo. En este aspecto debemos anticipar que nosotros no partimos de ningún otro finalismo previo que el de desentrañar las características más generales y la diversidad de espacios regionales en la superficie Andaluza, originadas a partir de los rasgos más permanentes de la evolución del tiempo atmosférico.

Dicho esto debemos señalar también que los distintos métodos de trabajo establecidos durante la Edad Contemporánea para la obtención del fenómeno climático no son siempre del todo excluyentes entre sí; antes al contrario se puede decir que la complejidad del tiempo atmosférico y los requerimientos de su conocimiento son tales que los nuevos métodos de la Climatología no han conseguido abrogar a los más tradicionales a pesar de las duras críticas establecidas, antes al contrario vimos como se ha asistido a una eclosión en número y en calidad de los trabajos desde unas y otras perspectivas; pero incluso también hemos examinado el modo en que métodos establecidos a espaldas uno de otro han llegado a conjugarse ofreciendo perspectivas del clima de indudable interés y originalidad.

En nuestro caso concreto pensamos que la Climatología Sinóptica presenta numerosas ventajas destacadas anteriormente en los apartados correspondientes y que no vamos a repetir de nuevo. Pero, tal y como vimos a propósito de la Tesis de PEDELABORDE sobre el clima de la Cuenca de París, la elaboración climática desde la perspectiva sinóptica exclusivamente es insuficiente a la hora de abordar las facies internas de un ámbito geográficamente muy accidentado. Las ventajas ofrecidas por la Climatología Sinóptica pueden sin embargo completarse con las otras ventajas ofrecidas por la Climatología Compleja si se reúnen adecuadamente los datos sobre el tiempo atmosférico ofrecidos por las fuentes cartográficas, de donde bebe principalmente la Climatología Sinóptica, y los ofrecidos por las fuentes estadísticas para distintos puntos, de donde obtiene su información fundamental la Climatología Compleja: pero esta reunión de fuentes y de métodos requiere un análisis diario en el que hagan corresponder a cada estructura atmosférica representadas en los "mapas del tiempo" en general los valores de la estadística meteorológica recogidos en cada uno de los observatorios seleccionados del ámbito a estudiar.

Esta modalidad es el método que hemos elegido para analizar el clima de Andalucía. Pensamos que es la más conveniente pues, sin perder las perspectivas explicativas y comprensivas ofrecidas por el mapa sinóptico, se tiene al alcance la posibilidad de diferenciar dentro de un espacio de dimensiones mucho más reducidas que las de la escala sinóptica regional, como es el caso de Andalucía, la diversidad de condiciones internas originarias de diversas facies por causa del comportamiento diferenciado de las estructuras atmosféricas sobre Andalucía. En realidad a lo que se llega es a desentrañar los mecanismos del clima y la plasmación climática de esos mecanismos en el interior de un espacio tan accidentado y variopinto, tan diverso, como el andaluz.

En este marco de los grandes rasgos del método, hemos procedido sobre las fuentes de tipo cartográfico antes aludidas para la serie 1968-82. A partir de aquí se definen diariamente los hechos más señalados que nos significan las condiciones atmosféricas concretas sobre Andalucía teniendo en cuenta para dicha definición la clasificación de un número limitado de modelos o tipos de tiempo sinópticos que, aunque abstractos (abstraen las condiciones principales de la estructura y la circulación troposférica sobre Andalucía), son muy útiles pues comprenden, sintetizan y resumen en un corto y, por tanto, manejable número de casos la infinidad de variables similares pero nunca idénticas que constituyen las situaciones barométricas diarias, especie de instantánea fotográfica que se realiza a una determinada hora del día y nunca llega a repetirse de forma perfecta. Pero la clasificación de los tipos de tiempo que resumen las situacio-

nes atmosféricas diarias reales es una cuestión que no por espinosa deja de ser fundamental: ya hemos visto que el número de situaciones modélicas atmosféricas depende de los criterios de cada autor y del grado de matización que deseemos obtener, sin embargo, a grandes rasgos hay una base frecuentemente común.

El tiempo de una zona en un momento concreto queda definido, primero, por el régimen barométrico (anticiclónico/ciclónico) en que se encuentre, estrechamente relacionado con el tipo de circulación que existe en superficie y en altura (500 ó 300 mb); segundo, por el flujo que le afecte, diferente según el tipo de procedencia. Es entonces lógico suponer la existencia de dos grandes grupos de tipos de tiempo, los ciclónicos y los anticiclónicos y, luego, como mínimo, tantos modelos de situaciones sinópticas como tipos de flujo, muy relacionados con las masas de aire; pero, para determinados fines (sobre todo para el análisis frecuencial a lo largo del año) llegaremos a distinguir subdivisiones en las dos grandes categorías, las situaciones intermedias, o las situaciones ciclónicas con 1000 mb o menos sobre Andalucía, o las situaciones anticiclónicas con 1028 mb o más, etc... así como dentro de los tipos de flujo puede interesarse diferenciar características como las condiciones de advección, la intensidad de la advección, etc...; de todo esto hablaremos en el apartado dedicado a la clasificación de los tipos de tiempo. Con estas bases se puede llegar a confeccionar una clasificación de tipos de tiempo válida, pero previamente es preciso estudiar las características de la circulación atmosférica regional y, en particular, las características peculiares de la ciclogénesis y de la anticiclogénesis así como las características de las zonas manatales de masas de aire que nos afectan a través de los cuerpos aerológicos que de ellas parten y arriban a Andalucía. Por eso vamos a desarrollar un capítulo previo a la clasificación de los tipos de tiempo sobre los factores zonales y sobre los factores geográficos azonales.

Del mismo modo que procedemos sobre las fuentes de tipo cartográfico antes aludidas, también sobre el otro polo de nuestra investigación sobre el clima andaluz, las fuentes estadísticas, procedemos realizando el análisis diario para la serie de 1968-82, quince años de observaciones que se corresponden con series idénticas de observaciones térmicas, pluviométricas y helio-higrométricas, salvo en los casos de lagunas de observaciones de puntos concretos: los elementos higrométricos (humedad relativa, tensión de vapor, evaporación), la nubosidad, el viento y otros meteoros (rocío, brumas, etc...) se recogen sólo para el período a partir de 1979. De este modo podemos asimilar las condiciones troposféricas de altura-superficie y las características del tiempo con cada modelo barométrico en unos y en otros puntos del accidentado

país andaluz. Esta labor constituye un fin primordial pues permite obtener los rasgos más generales y la diversidad de espacios climáticos regionales en la superficie andaluza.

Efectivamente, una vez realizada la clasificación de tipos de tiempo sobre presupuestos de los factores geográficos vistos pasaremos a relacionar los modelos sinópticos y las observaciones meteorológicas locales que se producen con cada uno de ellos en diferentes puntos. Para ello es preciso ver día a día para la serie considerada qué tipo de circulación existe y cuántas precipitaciones, temperaturas, etc... se obtienen en cada uno de los ámbitos de Andalucía: es decir se asocian las observaciones del tipo de tiempo sinóptico y las observaciones del tiempo vivido, el tipo de tiempo fisionómico, en esos distintos ámbitos de Andalucía. Naturalmente para estos fines los puntos u observatorios seleccionados representan en la medida de lo posible las distintas condiciones de altitud, orientación y continentalidad que se presentan en la Figura adjunta. Para explicar estas diferencias internas introducimos en el próximo apartado junto a los zonales y los azonales un tercer factor geográfico: el relieve interno de Andalucía o factores intrazonales.

Debemos advertir por último que nuestro análisis diario ha distinguido cuatro estaciones atendiendo a criterios astronómicos y, cada estación, la hemos subdividido en tres periodos (aproximadamente treintenas) o meses ajustados. Así el Invierno, y con él la primera treintena del año (mes ajustado de Enero), comienza el 22 de Dic., la segunda treintena (Febrero ajustado) el 21 de Enero, y la última treintena de Invierno (Marzo ajustado) el 21 de Febrero; la Primavera, y simultáneamente el mes ajustado de abril, comienza el 20 de Marzo, la segunda treintena el 21 de Abril y el mes ajustado de Junio (última treintena) el 21 de Mayo; el Verano, y al mismo tiempo Julio, comienza el 21 de Junio, la segunda treintena el 21 de Julio y el mes ajustado de Septiembre (última treintena) el 21 de Agosto; por último el Otoño, y consiguientemente también Octubre, comienza el 23 de Septiembre, el mes ajustado de Noviembre (segunda treintena) el 21 de Octubre y la última treintena (Diciembre) comienza el 21 de Noviembre. El análisis diario nos permite romper de este modo los esquemas clásicos de periodización y nos evita caer en los desajustes entre la realidad astronómica que son las estaciones del año y los meses del calendario civil, desajuste resuelto tradicionalmente a favor de estos últimos. Como recordara LANDSBERG hace poco: "...Ahora vuelvo al problema que ya he suscitado varias veces en el pasado, que es que nuestro calendario nos ha metido en una camisa de fuerza ¿Por qué no comienza el año climatológico en un solsticio o en un equinoccio? ¿Por qué nuestras unidades son de 30 días y nuestras estaciones duran tres meses, y por qué estas

unidades deben ser las mismas en los trópicos, en las latitudes medias y en las regiones polares?..." (LANDSBERG, H.C. 1982 p.409).

PARTE SEGUNDA:

LOS FACTORES Y LOS TIPOS DE  
TIEMPO SINOPTICOS Y FISIONO-  
COS EN ANDALUCIA.

## I. LOS FACTORES DEL CLIMA DE ANDALUCIA.

Cuando nos proponemos analizar el clima en general, un aspecto de éste en particular es preciso de antemano estudiar las condiciones geográficas en que el área en cuestión se encuentra, pues la acción que ejercen es, sin duda alguna, determinante: desde el enclave en el Globo hasta las características morfológicas, pasando por las condiciones hidrológicas que su entorno presenta, etc., todo ello forma un entramado de circunstancias que constituyen lo que denominamos factores del clima.

Estos factores que a continuación vamos a enunciar y examinar detenidamente debemos entenderlos como la base perdurable (inmóvil, todo lo más cíclica) sobre la que se desarrollan toda una serie de situaciones atmosféricas las cuales constituyen, en contrapartida, el elemento variable. La interacción de unos y otros hechos explica las características que el clima adopta.

### I.1. LA LATITUD.

La latitud se erige en un factor esencial del clima por varios motivos: es el determinante del "clima solar" en primera instancia y, por ello, incide decisivamente en las características de las temperaturas, la insolación, etc...; pero la latitud repercute, además, en el "clima real" tanto en cuanto la circulación general atmosférica adopta una serie de trazos indiscutiblemente zonales. Veamos uno y otro aspecto adoptando una perspectiva general, pero que nos permita extraer en este capítulo y en capítulos posteriores algunas conclusiones particulares relativas al clima de Andalucía.

Andalucía, debido a su situación entre los paralelos 36º 44' y 36º 00' Latitud Norte, queda encuadrada en uno de los tres grandes ámbitos climáticos zonales, el de las Latitudes Medias o Dominio Templado y, más concretamente, en el espacio Mediterráneo "...cuyos caracteres esenciales -según BOSQUE MAUREL- dominan en toda la región..." (1969, p.395). En palabras de LOPEZ GOMIZ España y por tanto el Sudeste Peninsular "...por su situación en la zona templada se encuentra en el dominio de la circulación general del Oeste..." (1978, p.148).

El hecho de ocupar una posición latitudinal intermedia se erige en un aspecto básico a la hora de intentar efectuar el estudio que nos hemos propuesto ya que el supone toda una serie de implicaciones de gran trascendencia, según veremos, con la Circulación General como hemos dejado entrever. Antes de comenzar a tratar esto queremos ilustrar de algún modo la idea de la que hemos partido (es decir, ocupamos una posición intermedia para ello podemos citar algunas de entre las muchas clasificaciones climáticas que existen.

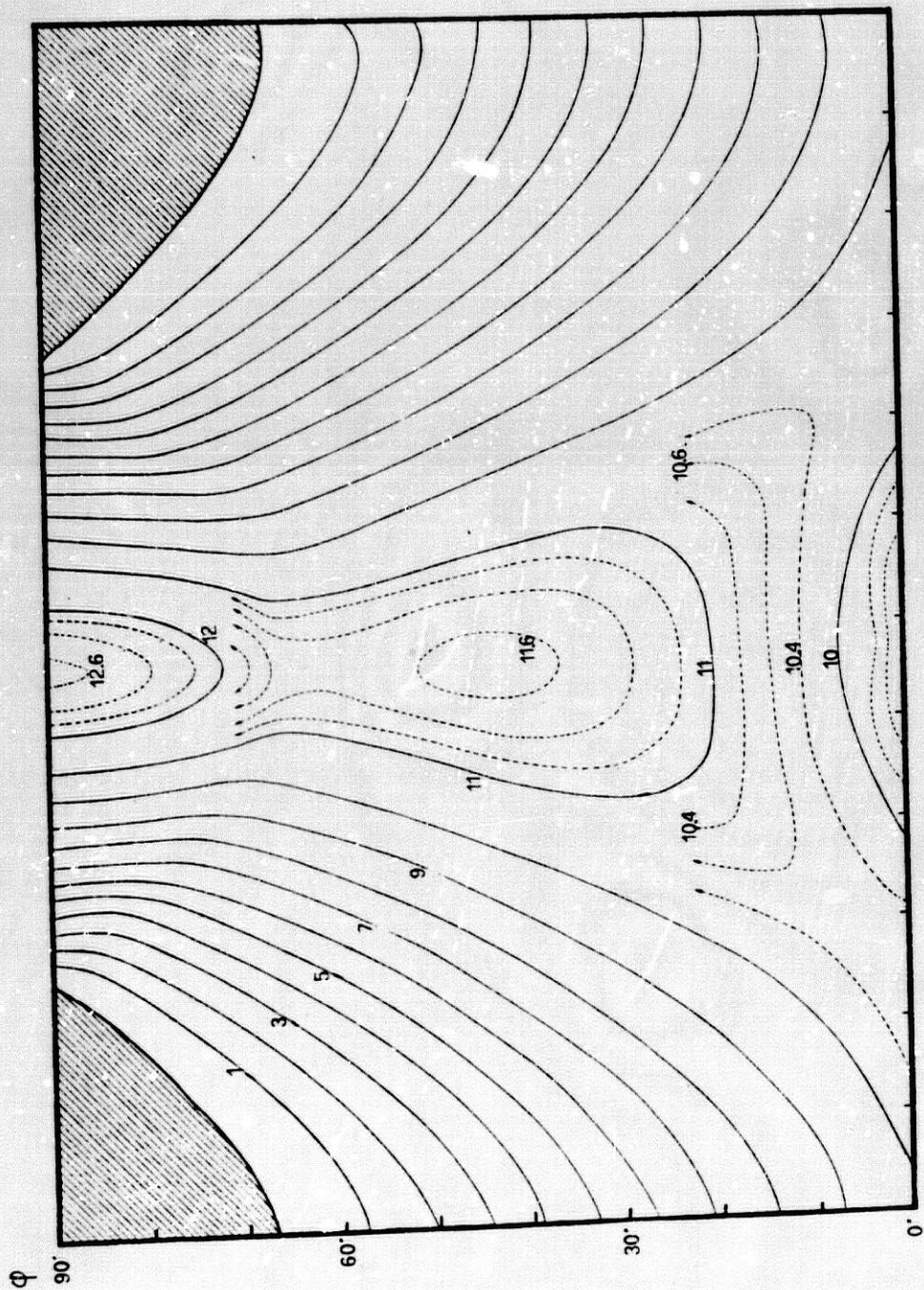
La Cuenca Mediterránea en general se incluye en los climas de las Medias y Bajas Latitudes con diferenciación termopluviométrica (PEGUY CH.P. 1970). A.A.MILLER (1975) enmarca el clima Mediterráneo en el dominio templado (clima templado cálido de las costas Occidentales). Según G.VIERS (1975 p.153) "...Entre las zonas frías ártica y antártica y la zona cálida intertropical, se extienden unas regiones cuyas características climáticas se emparentan según la estación con aquellas zonas vecinas: son las llamadas regiones templadas, con climas muy variados, puesto que tanto se encuentran el de Siberia Oriental como el de la Riviera Mediterránea. Significando el término templado primordialmente moderado por efecto de una mezcla, el primitivo sentido de este calificativo correspondía perfectamente a unos climas en los que, de una a otra estación, se observan calores tropicales y fríos polares, exceso cuya mezcla da justamente las medias templadas..."

Podríamos continuar con otras referencias a clasificaciones similares pero sería una labor inútil pues, para mostrar lo que afirmábamos, estas son suficientemente representativas. Además la cuestión fundamental no es el hecho de que estemos en la llamada Zona Templada sino el significado que ello tiene; el conocer en qué aspectos trasciende esta situación en el Globo a nuestro clima se convierte, pues, en la cuestión central que vá a fijar principalmente nuestra atención en las próximas líneas.

#### I.1.1. La Latitud, el "clima solar" y el balance de radiación.

A la Tierra llega del Sol un monto de energía, una irradiancia, que ronda con gran regularidad el valor de 1370 W/m<sup>2</sup> (es decir 1.963 cal/cm<sup>2</sup>/min) recomendado recientemente por la O.M.M. (OMM 1981) para cifrar la "constante solar". Este guarismo de la potencia emisiva del Sol sobre una superficie situada en el límite superior de la atmósfera y normal a los rayos solares no es sin embargo una cantidad tan "constante" como presume la denominación tradicional con que se le conoce: lo cierto es que el agente más determinante de esa constancia observada en la superficie de la Tierra no es el propio Sol sino principalmente la capa de ozono constituida en la estratosfera como un filtro regulador al actuar absorbiendo principalmente aquella banda más irregular en la emisión solar: la ultravioleta: es de este modo cómo, al llegar hasta nosotros, aparece sensiblemente constante.

Aceptando una invariabilidad temporal, resulta obvio que ésta mostrará, no obstante, una distribución espacial muy diversa en el límite exterior de la atmósfera en función de la duración diaria de la iluminación y de la altura solar local: es decir, en función de la estación



**Figura 1: Irradiación diaria en el exterior de la Atmósfera en KWH / DIA · M<sup>2</sup>**  
**FUENTE : CENTRO DE ESTUDIOS METEOROLOGICOS. Radiación solar en España. Años 1981 y 1982**

y, cómo nó, del factor que estamos tratando: la Latitud. Para reflejar esa variación hemos recogido una figura bastante conocida (Figura 1) referente a la irradiación diaria en el exterior de la atmósfera en KWH/Día m<sup>2</sup> para una Constante Solar=1,963 cal/cm<sup>2</sup>/min.

Las latitudes 40º 35' Norte muestran, en conjunto, sumas anuales medias situadas entre las de las altas y bajas latitudes. Durante el Solsticio de Verano la altura solar y la duración del día origina aquí valores privilegiados sólo superados por las zonas Polar y Circumpolar donde la iluminación perdura 24 horas/día. En el Solsticio de Invierno se trata de cifras moderadas. Sin embargo, ésta realidad astronómica dista mucho de parecerse a la realidad climática que nosotros vivimos en la superficie terrestre.

En este sentido debemos de destacar el papel de la atmósfera y de la propia superficie terrestre responsables, en definitiva, de que esas cifras antes comentadas a propósito de la Figura 1, se vean considerablemente modificadas en superficie, tras atravesar los rayos solares la capa atmosférica (La travesía atmosférica es de más Kilómetros a mayor Latitud) e incidir sobre la superficie terrestre, más o menos inclinada (ángulo de incidencia menor a mayor Latitud). En la Figura 2, se cartografían a partir de datos del Nimbus 3 (1969-70) los valores de la energía solar media anual realmente absorbida por el sistema tierra-atmósfera.

La energía que emite el Sol hacia la Tierra atraviesa la atmósfera y es aquí (sobre todo en las capas inferiores) donde sufre, efectivamente, las más profundas alteraciones. A partir de ciertas determinaciones teóricas y de observaciones directas se ha descrito y se ha operado una aproximación cuantitativa (sin tomar en consideración la Latitud) que nos permite destacar ciertos hechos. Considerando las entradas en el límite superior de la atmósfera equivalentes al 100% tenemos que un 18% es sometido a la dispersión por causa de las moléculas del aire, de las partículas de polvo, etc...proceso en el que se pierde hacia el exterior el 7%; en segundo lugar, haciendo una estimación de la extensión media de la capa de nubes planetaria, un 40% es sometido a la acción de éstas principalmente y, aquí, tenemos otras pérdidas hacia el exterior por reflexión (propiciadas por un elevado albedo sobre todo en las nubes de varios Km. de espesor) que rondan el 25% y una absorción por parte de las gotitas de agua y cristales de hielo de las nubes de un 1%; en tercer lugar, del 42% restante, nó sometido a la dispersión o a la reflexión, se pierde antes de llegar al suelo terrestre un 16% por absorción directa atmosférica cifra importante pues determina que, del 100% inicial, sólo el 26% por tanto, llegue como radiación directa a la superficie: junto a esta radiación solar (26%)

tenemos la radiación celeste pues de la dispersión o de la acción de las nubes no todo resultan pérdidas como vimos de forma que tenemos un 11% y un 14% respectivamente que, sumadas, suponen un 25%, cifra de radiación celeste muy similar a la de la radiación solar directa que unidas suponen el 51% aunque el propio suelo terrestre también impone un último nivel de pérdidas sobre todo por reflexión muy variables según el tipo de superficie.

No cabe duda de que los porcentajes anteriores son muy variables en cada región del Planeta. Se trata de valores indicativos que nos sirven, no obstante, para comprender la importancia y la complejidad de los procesos en la atmósfera inferior. Naturalmente, la latitud origina variaciones considerables en el papel que ostenta cada uno de los elementos antes citados: la absorción atmosférica se incrementa en las altas latitudes pues la masa atmosférica que deben atravesar los rayos solares hasta llegar al suelo es aquí superior por motivo del ángulo bajo de incidencia (\*), la reflexión es también ayudada y se ponen más obstáculos, en general, a la absorción de la radiación en el suelo.

Habida cuenta de todos estos hechos relativos a las interferencias sobre la radiación extraterrestre nos explicamos porqué en la Figura 2 el trazado de las isolíneas sobre un mismo paralelo dista mucho de la regularidad matemática de la Figura 1 pues ciertos factores geográficos comienzan a manifestarse.

La latitud, de cualquier modo, sigue ostentando un papel capital reflejado en la conformación de una manifiesta zonalidad. Los paralelos 35º a 40º Norte se encuentran en la Figura 2 en el borde meridional de una zona de gradiente acusado entre los valores más estabilizados de las regiones polares y las regiones ecuatoriales. Teniendo en cuenta la ley de BOURGUER y la ley del seno (el calentamiento de una superficie es proporcional al seno del ángulo de incidencia de los rayos) podemos obtener un valor "W" ( $W = E' \sin i$ ) que es la energía medida en el suelo sobre superficie horizontal: los coeficientes así obtenidos para diversas latitudes, aunque teóricos e idealizados, muestran según CH.P.FEGUY (1970 p.73-5) que, para cifras de transparencia atmosférica

-----  
(\*). Según la ley de BOURGUER la proporción de energía que no llega al suelo viene determinada por la expresión exponencial:

$$E' = E e^{-p}$$

donde "E" constituye la energía medida en el límite de la atmósfera, "e" es la masa atmosférica a atravesar ( $E = 1/\sin i$ ;  $i = 90 - \text{lat. del lugar} - \text{la declinación solar en el momento del año considerado}$ ) y "p" es un coeficiente de transparencia atmosférica.

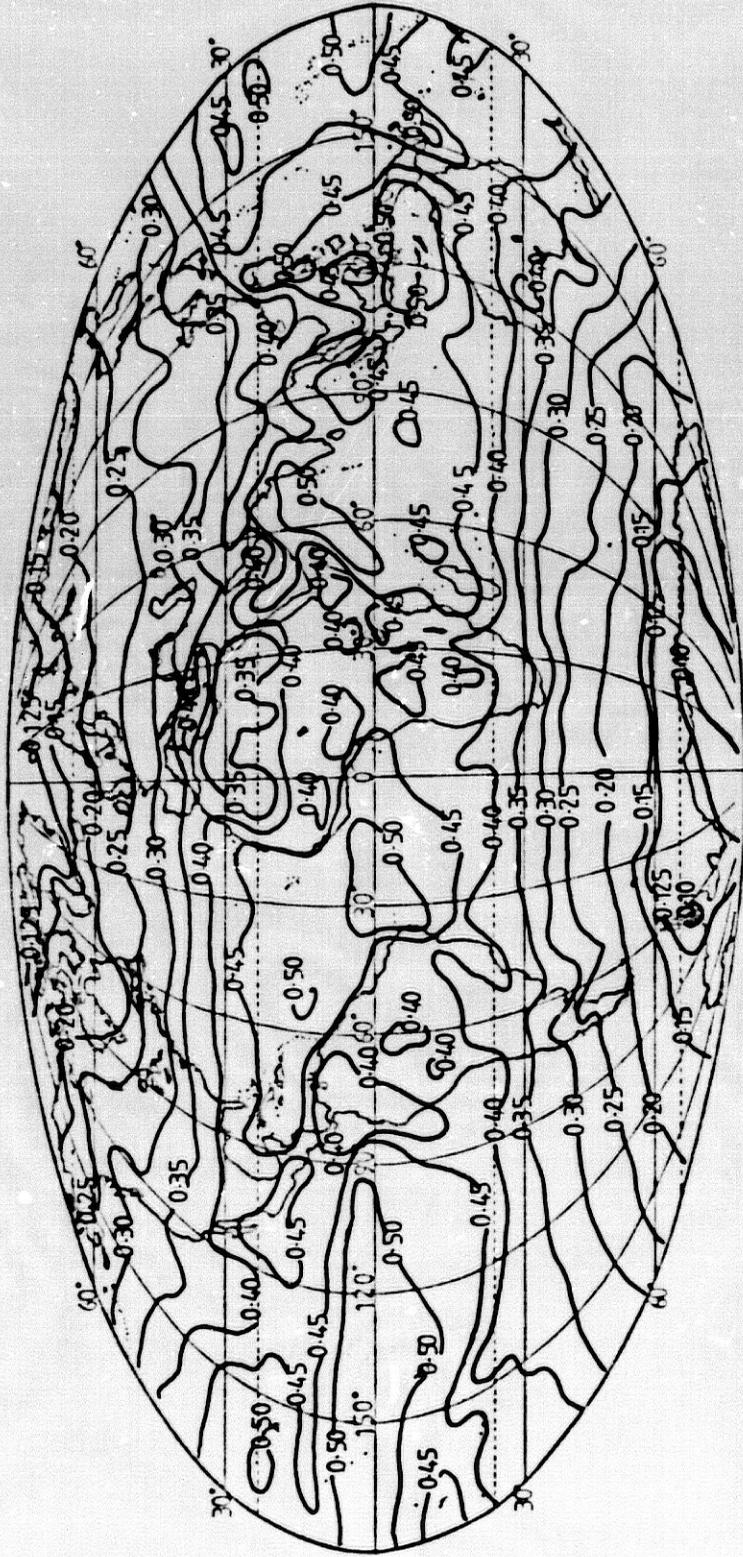


Figura 2.a.: Radiación solar absorbida por el sistema Tierra-Atmósfera (cal.cm-2.min-1)  
 (Según RASCHKE ET AL.)

FUENTE : LOCKWOOD, J.C. World Climatic Systems. pág. 39

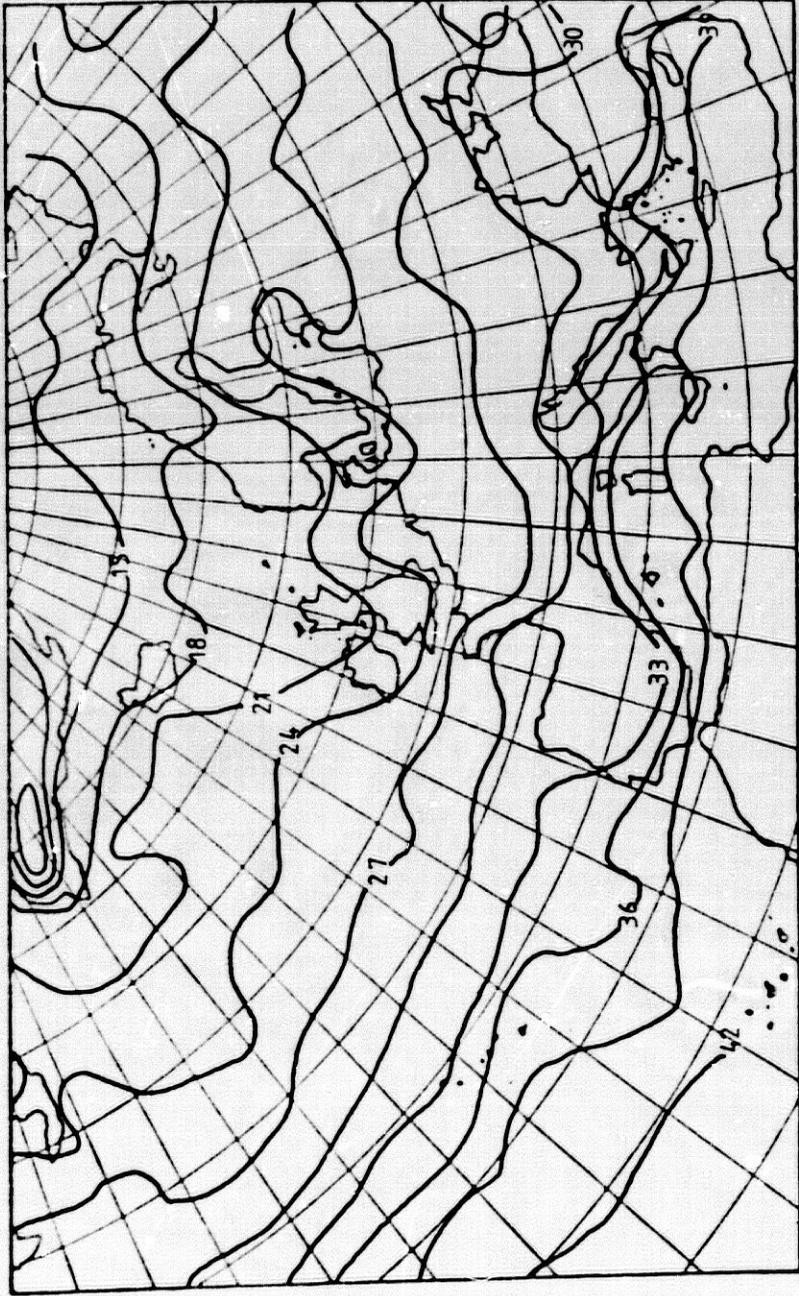


Figura 2.b.: Radiación solar absorbida por el sistema Tierra-Atmósfera. Detalle  
FUENTE : GANO BAEZA, A. "La atmósfera como máquina térmica..." pág. 5

rica de 0,6 la variación de "W" con la latitud se intensifica precisamente en las Zonas Templadas y, de manera muy especial, entre los 40º y 50º Norte.

La idea que recogemos de este autor francés y los hechos que constatamos en la Figura 2 apuntan la existencia, en promedios anuales, de dos grandes zonas en cada Hemisferio bien contrastadas en cuanto a recursos energéticos: la Polar y la Intertropical, separadas por un ámbito, el Templado, en el cual se concentran los contrastes que marcan a las dos zonas anteriores. Como dice el mismo PEGUY, 2000 km antes de llegar al Ecuador estamos ante un "Clima solar" muy parecido al propiamente ecuatorial y, a la inversa, 2000 km antes de llegar al Polo el ambiente polar está ya bien caracterizado, aunque 2000 Km entrañan variaciones considerables en lo que a las condiciones cósmicas del clima se refiere; y, por otro lado, encontramos ese espacio templado intermedio asociado a la existencia de contrastes, donde la turbulencia se hace máxima y es difícil que se mantengan por amplios espacios las condiciones homogéneas de caldeoamiento.

Hasta ahora hemos tratado principalmente de las entradas de energía y de las alteraciones de esa energía al entrar en la atmósfera: la radiación solar llega al sistema tierra-atmósfera y una parte sufre una absorción de tipo selectivo que depende de la cantidad de ozono, vapor, CO<sub>2</sub>, etc...; la difusión ejerce en segundo lugar su acción que se hace mayor conforme el espesor atmosférico se incrementa; finalmente, coadyuva a la disminución de la radiación extraterrestre que llega al suelo, el fenómeno de la reflexión llevado a cabo por las nubes y por el propio suelo aunque este último presente grandes diferencias de raigambre geográfica: humedad del suelo, transmisividad, cobertura de vegetación, color, etc... que contribuyen a una profunda diversidad espacial en la distribución del albedo anual del sistema tierra/atmósfera (Figura 3a). La reflexión es, sobre todo, el fenómeno responsable de que la disminución de la radiación extraterrestre que llega al suelo conlleve una pérdida (al menos parcial) o una "salida" de energía del sistema tierra-atmósfera.

Es evidente que, si los "in-put" de energía constituyen un elemento esencial, los "out-put" también representan un hecho de interés ineludible: en este sentido creemos oportuno incidir en la salida de radiación de onda larga terrestre y atmosférica, debida al calor propio de nuestro sistema. Las salidas de este tipo no tienen porqué constituir sin embargo pérdidas netas hacia el exterior del sistema; de hecho ya sabemos que, en la atmósfera, existen "barreras" que se oponen a esa pérdida neta (como el CO<sub>2</sub>, el vapor etc..) ejerciendo una acción conocida usualmente como "efecto invernadero" que, naturalmente,

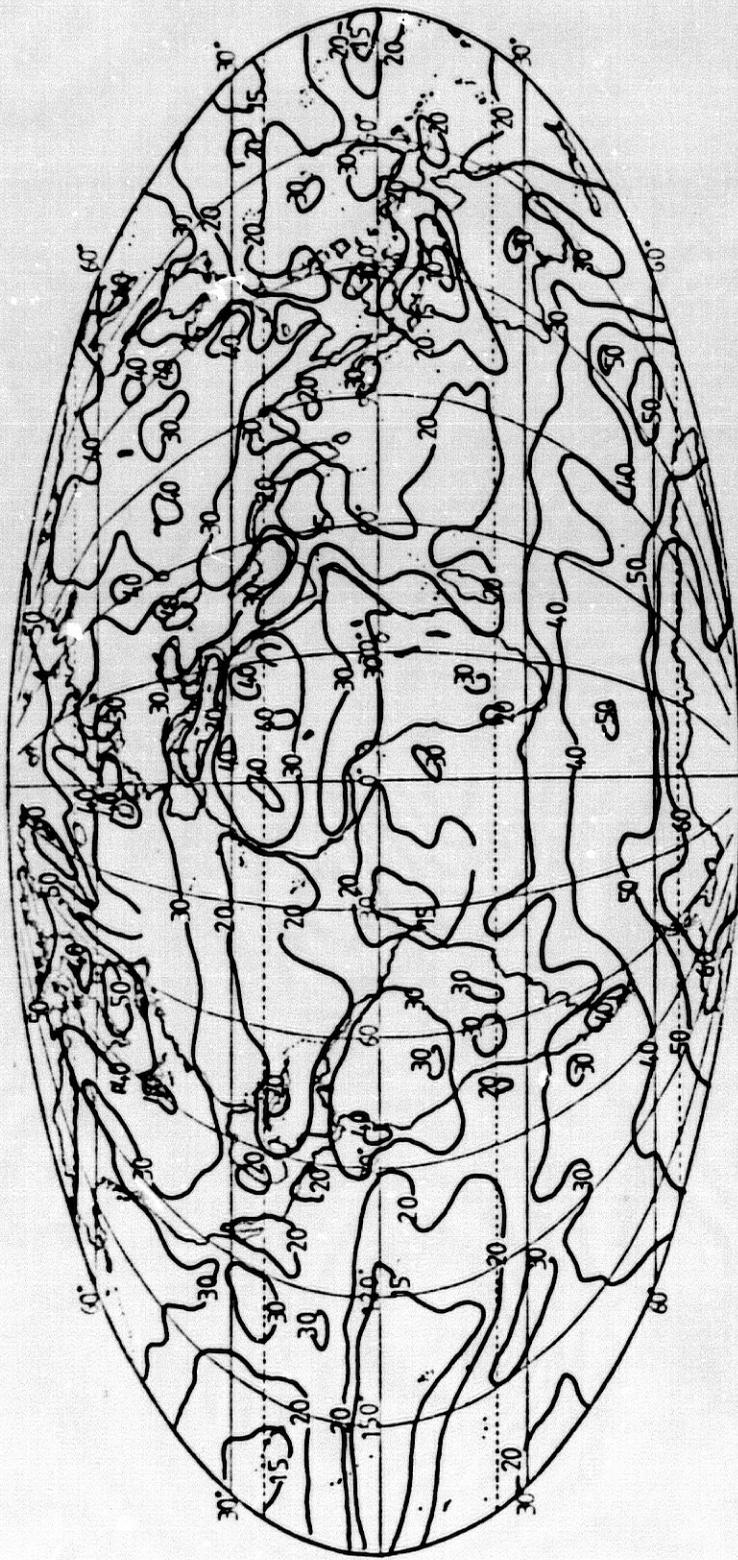


Figura 3.a.: Albedo anual del sistema Tierra-Atmósfera en % (Según RASCHKE ET AL.)

FUENTE : LOCKWOOD, J.C. World Climatic Systems. pág 7

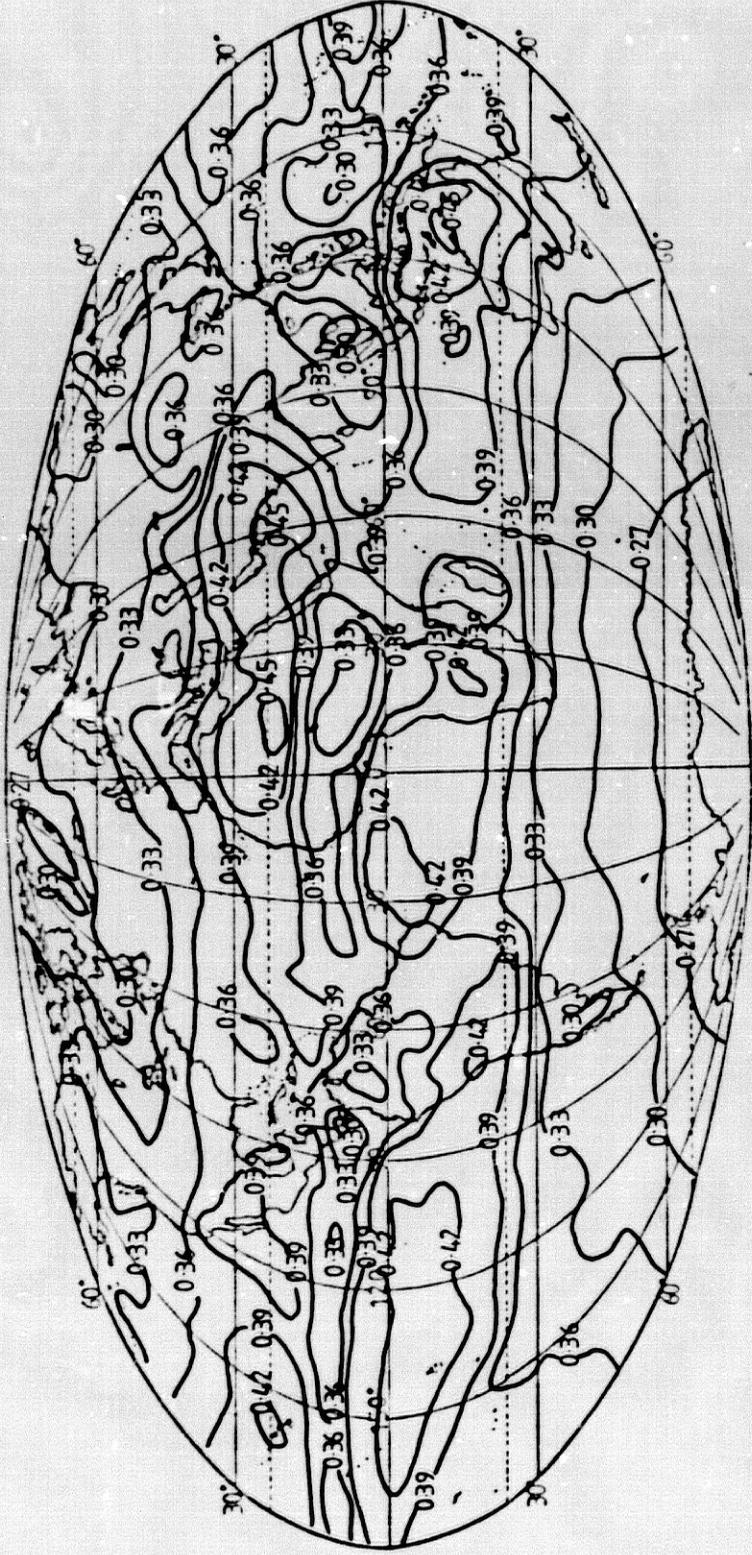


Figura 3.b.: Radiación de onda larga emitida anualmente hacia el espacio (en cal.cm-2.min-1)  
 (Según RASCHKE ET AL.)

FUENTE : LOCKWOOD, J.C. World Climatic Systems. pág 40

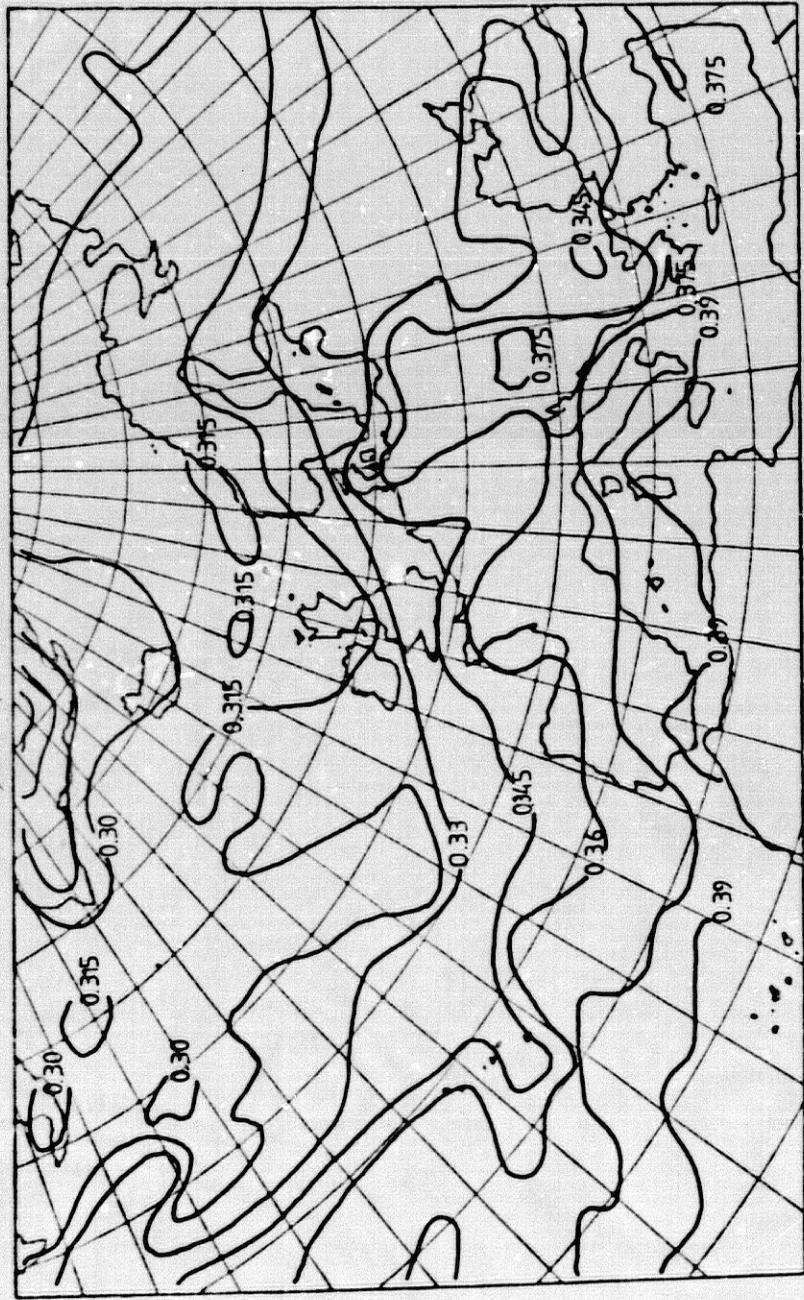


Figura 3.c.: Radiación saliente en onda larga hacia el espacio (en cal.cm-2.min-1). Detalle.  
FUENTE : CAMO BAEZA, A. "La atmósfera como máquina térmica..." pág. 8

es muy eficaz allí donde se concentran: en las zonas con cielos cubiertos; con cielo despejado y aire limpio asistimos a una situación inversa con una emisión máxima de radiación de onda larga (calor oscuro) hacia el espacio.

Las zonas de mayor emisión de radiación de onda larga hacia el espacio en promedio anual (Figura 3b) coinciden con aquellos ámbitos cálidos dominados por potentes anticiclones dinámicos originarios de cielos poco nubosos durante una buena parte del año: las latitudes de las altas subtropicales; la emisión disminuye en aquellos ámbitos cálidos y templados donde la atmósfera es más rica en vapor y donde abunda más la nubosidad: las regiones ecuatoriales y las templadas; finalmente se observan dos grandes mínimos planetarios en las regiones polares a causa de las bajas temperaturas que allí reinan, las cuales están en íntima relación con el poder emisivo de un cuerpo según la ley de STEFAN-BOLTSMANN ( $E = \sigma T^4$ ). La consideración del albedo (Figura 3a) nos lleva una imagen prácticamente contraria, con pocas excepciones, a la de la Figura 3b: las zonas de mayor albedo (zonas polares con albedos en torno a 0,5 y 0,6), coincidentes con regiones de escasos recursos energéticos, se oponen a las de menor emisión de radiación de onda larga; sin embargo, los ámbitos de mayor emisión (las latitudes Subtropicales) se corresponden sensiblemente con las zonas ricas en recursos energéticos y de albedo reducido, con la excepción de las áreas continentales subtropicales coincidentes en gran medida con un tipo de suelo propicio a la reflexión: las arenas desérticas.

La consideración conjunta de las entradas y las salidas de radiación en el sistema tierra-atmósfera nos introduce en el balance energético. Los hechos hasta ahora aludidos permiten plantear el balance a nivel global: entre el sistema tierra-atmósfera (sistema cerrado), por un lado, y el espacio exterior, por otro. Ahora bien, los elementos con los que hemos contado hasta ahora no bastan para conocerlo regionalmente en la superficie terrestre pues hay otros hechos fundamentales: en un ámbito determinado de la superficie (por tanto en un sistema abierto) la llegada de radiación y la salida por reflexión y por emisión infrarroja no bastan para determinar ese balance energético ni siquiera de forma aproximada tanto en cuanto pueden establecerse intercambios directos entre ese ámbito y otro contiguo. En la Figura 4a tenemos, sin embargo, el balance radiactivo anual, de vital importancia pues está en la base del planteamiento del balance energético; las isolíneas de este planisferio muestran sobre el Hemisferio Norte en latitudes superiores a los 60 grados un balance netamente negativo llegando a cifras inferiores a -0,15; sólo entre los 40º latitud Sur y los 35 grados latitud Norte, aproximadamente, se hace positivo, precisamente la cifra 0,0 (balance equilibrado) toca el extremo meridional de nuestra Península (Ver Figura

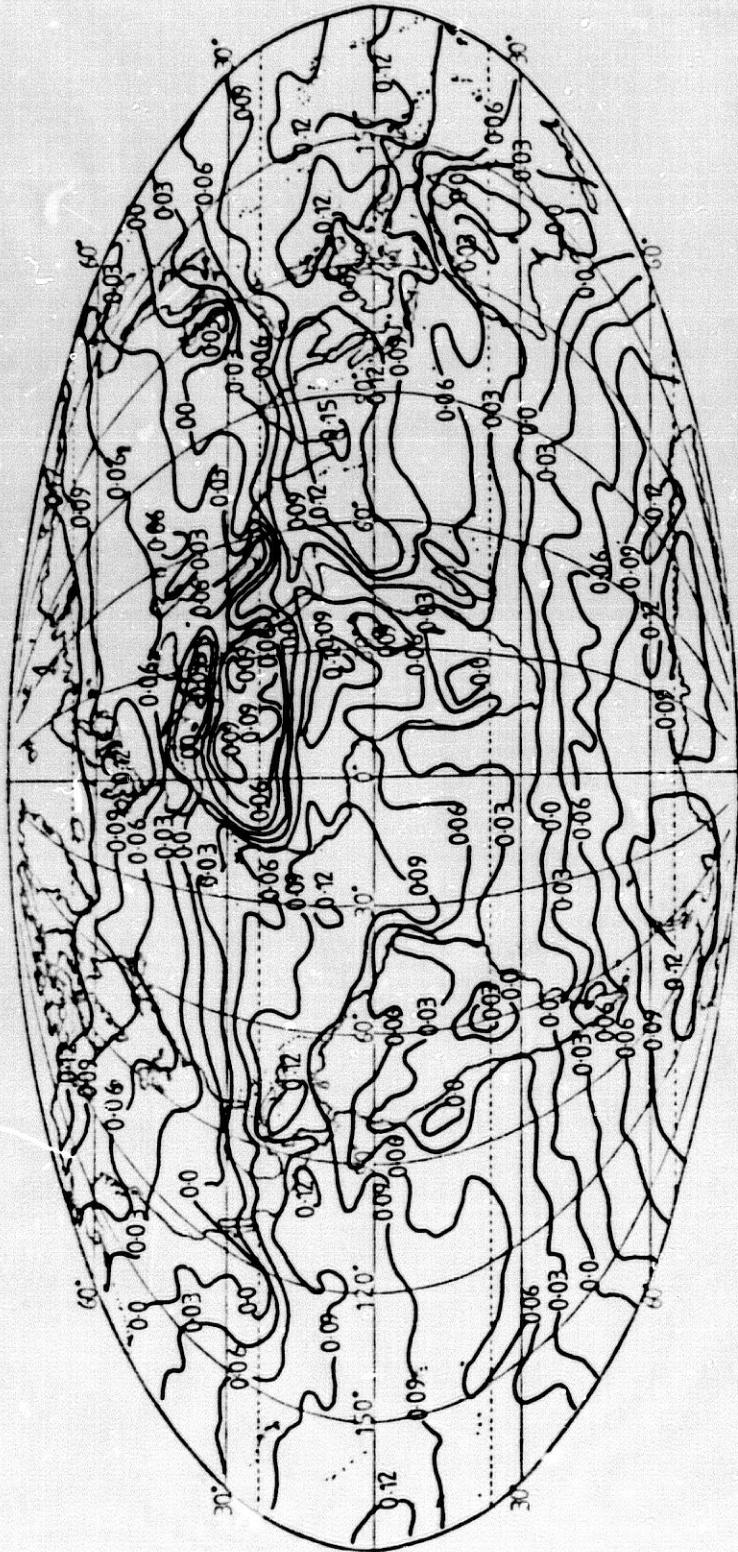


Figura 4.a.: Balance anual de radiación del sistema Tierra-Atmósfera (en cal,  $\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$ )  
 (Según RASCHKE ET AL.)

FUENTE : LOCKMOOD, J.G. World Climatic Systems. pág 10.

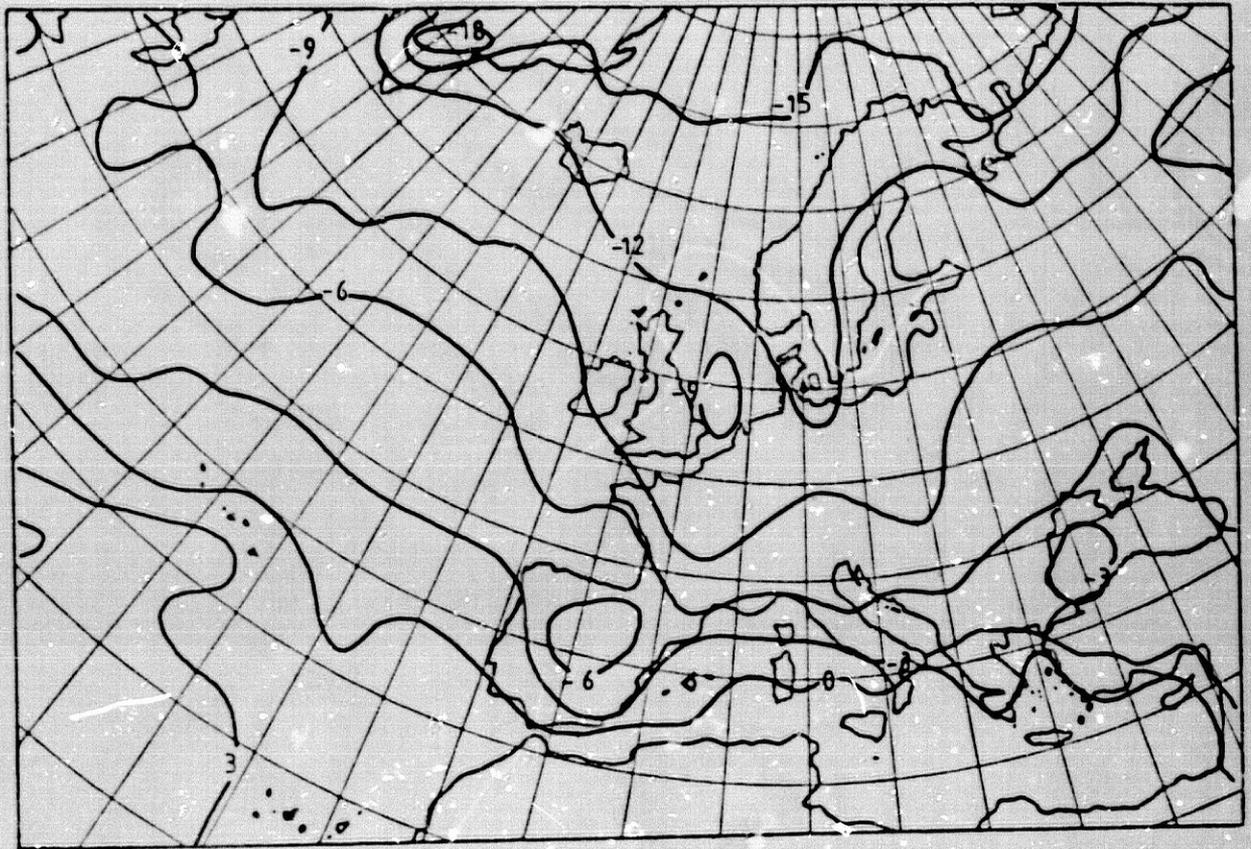


Figura 4.b.: Balance anual de radiación (cal.cm<sup>-2</sup>.min<sup>-1</sup>). Detalle.

FUENTE : GANO BAEZA, A. "La Atmósfera como máquina térmica..." pág. 9

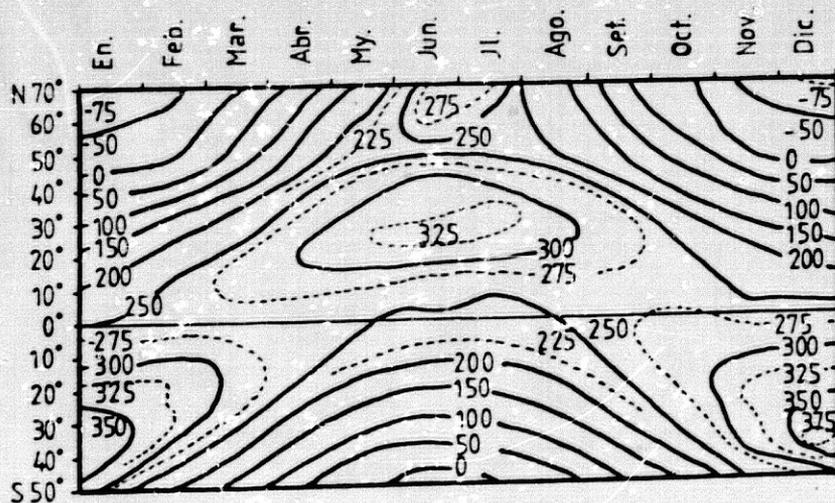


Figura 4.c.: Balance de radiación de la superficie terrestre (en Langley/día) (Según BUDYKO)

FUENTE : FLOHN, H. Clima y tiempo. pág. 20

4b). Naturalmente la situación varía sustancialmente de una a otra estación como se aprecia en la Figura 4c que, a pesar de presentar un procedimiento en su elaboración y unos valores no comparativos con los de las dos figuras adjuntas, no nos hemos resistido a incluirla aunque sólo sea por el significado conceptual que la obra donde se incluye (BUDYKO Atlas del balance del calor, Leningrado 1963 Edición aumentada y revisada) tuvo en la Historia de la Climatología.

Si el balance energético se ajustase estrechamente al balance radiactivo ciertamente las condiciones actuales de nuestro clima se harían insostenibles y, en definitiva, se llegaría a una profunda modificación de las mismas: no cabe duda de que, como antes dijimos, el balance energético no solamente está sostenido en cada ámbito del Planeta por el balance radiactivo. Ya en fechas bastante tempranas de la Meteorología se advirtieron estos hechos y así, por ejemplo, MILANKOVITCH calculó en 1920 utilizando ciertos modelos que, en una atmósfera en calma, la temperatura media de los Trópicos debería alcanzar en torno a 329 ó 339 , en lugar de los 269 ó 279 que se observan, y la del Polo estaría alrededor de -409 , cifra inferior a los -179 hallados (Ver FLOHN 1968 p.107-108).

Existe, por tanto, entre las zonas de balance radiactivo positivo y las de balance negativo, un intercambio energético llevado a cabo por desplazamientos de masa aérea o marina que inducen importantes trasiegos de energía calorífica: no obstante los desplazamientos aéreos obtienen un papel predominante por razón de la mayor movilidad del aire, de tal modo que se estima (BARRY & CHORLEY 1972 p.55) que a través suya se efectúa el 80% del transporte total de calor hacia el polo.

### 1.1.2. La latitud y la Circulación Atmosférica.

¿Cómo se efectúa este intercambio atmosférico? Ya que el gas es un mal conductor debemos pensar, como única salida, en la posibilidad de transporte a través de los movimientos de las masas de aire. "...Una masa de aire es un cuerpo inmenso con caracteres bastantes uniformes en su distribución horizontal. Las propiedades básicas de la masa de aire se refieren, principalmente, a su temperatura y contenido de humedad..." (GARCIA DE PEDRAZA, L. 1963 p.5). Dichas propiedades térmicas son debidas en principio al estancamiento de ésta sobre una zona concreta donde existen unos peculiares fenómenos radiactivos que son lo que confieren a dicha masa de aire su personalidad. Por tanto, tenemos de momento dos grandes grupos siguiendo a VIAUT (1961): las que son elaboradas en las Altas Latitudes y, aquellas otras, que se forman en las Bajas Latitudes. Así cuando una masa aerológica se desplaza en el sentido meridiano desde una zona donde el balance radiactivo sea positivo a otra área en la cual

sea negativo, transporta energía calorífica en forma de calor sensible y de calor latente. El calor sensible es el calor propiamente dicho mientras que el latente está en relación con la cantidad de energía que se desprendería de dicha masa cuando su vapor llegara a condensarse. De aquí que el aspecto térmico e hidrológico vayan estrechamente unidos. También puede producirse el intercambio en sentido inverso, es decir, una descarga de aire frío, como las de fin de familia o, incluso, las gotas de aire frío.

A todos estos mecanismos de intercambio se les agrupa bajo un fenómeno de orden superior que al fin y al cabo los domina y regula: la Circulación General. Esta, además, debe asegurar el transporte del momento cinético y el balance hídrico, puntos estos que emplazamos para más adelante, pues lo que ahora intentamos describir es la importancia y trascendencia de la posición latitudinal de Andalucía, que tiene clarísimas implicaciones con los balances radiactivos y la elaboración de masas de aire.

Llegado a este estado de la cuestión podemos realizar una primera afirmación importantísima por su indudable trascendencia en lo que a nuestro clima se refiere:

Las áreas manantiales de masas aéreas cálidas se encuentran generalmente a una latitud algo más meridional (aire Tropical Continental y Marítimo) que la de Andalucía por un lado, y, por otro, las áreas manantiales de masas de aire frío se encuentran en una latitud más septentrional (aire Polar y Ártico, en su doble variante, marítimo y continental); si éstas se enfrentan y tienden a mezclarse, para contribuir al equilibrio térmico global del Planeta, es lógico que lo hagan en la zona que media entre ambas, que es precisamente donde se ubica Andalucía, al menos durante la mayor parte del año (Figura 5). Como afirma GARCIA DE PEDRAZA (Madrid, 1983) "...Las llanuras de las regiones polares cubiertas de hielo o nieve, los mares tropicales en las zonas de calma y los grandes desiertos, son buenas regiones manantiales. En cambio, las latitudes medias, muy variables en cuanto a viento, temperatura y contrastes de humedad, con irregular distribución de tierras y mares, no son adecuadas como región manantial, actuando como zonas de transición...". Es por tanto, el nuestro, un clima dependiente (según la clasificación de CONRAD) de procesos que ocurren en el exterior (\*). Una cita de PEGUY (1970 p.93) ilustra muy bien nuestra argumentación: "...La ausencia del calificativo de 'templado' en el catálogo de las masas de aire traduce el hecho de que nuestra zona templada no es una zona

(\*) La utilización de un método basado en los tipos de tiempo y en los métodos sinópticos es perfectamente justificable para estudiar el clima andaluz.

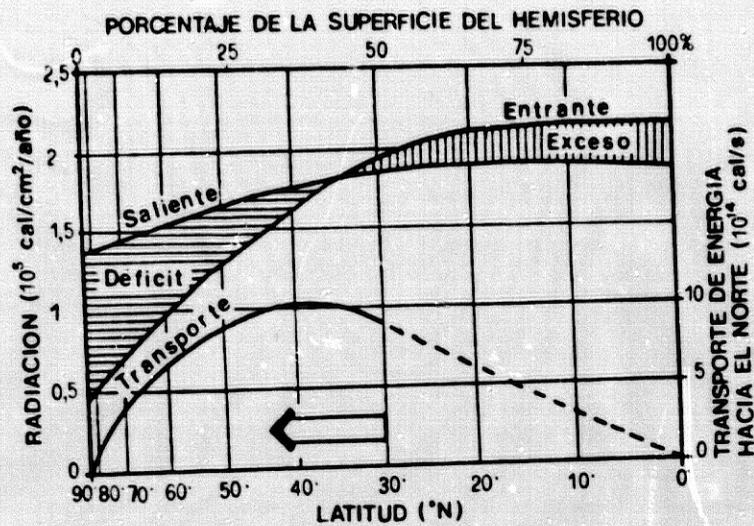


Figura 5.a. Ilustración meridiana del equilibrio existente entre la radiación procedente del sol y la emitida por la Tierra. Las zonas de déficit y superávit constantes se mantienen en equilibrio por el transporte de energía hacia el Polo.

FUENTE : BARRY & CHORLEY. *Atmósfera, tiempo y clima.*

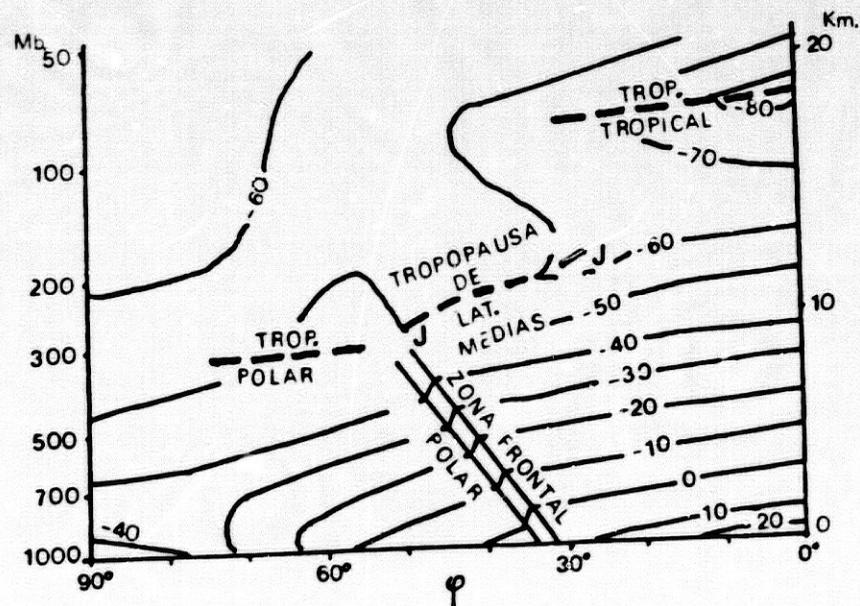


Figura 5.b. Configuración típica de la temperatura y situación de las corrientes en chorro del W (J) en el Hem. N. en Invierno. (Según DEFANT y TABA y NEWTON y PEARSON)

FUENTE : BARRY & CHORLEY. *Atmósfera, tiempo y clima.*

de origen, sino una zona de convergencia..." (PEGUY, CH.P. 1970 p.93).

Y esto, efectivamente, es así si exceptuamos un caso muy especial y concreto: la Masa de Aire Mediterránea, sobre la cual, por otro lado, se centra una polémica en torno a su existencia, ya que las tres fases de la evolución de toda masas de aire: 1.génesis, 2.madurez, 3.destrucción, no están comprobadas íntegramente para este caso concreto. Como afirmaba JANSÁ GUARDIOLA (1959 p.49)"...queda pendiente de exámen la última fase, la destrucción de la masa de aire y su transformación en otra nueva. De momento no se puede ahondar mucho en el problema por falta de datos...".

De todas formas su inexistencia o existencia no entorpece nuestra anterior afirmación. Por tanto posponemos este problema para el momento oportuno.

A continuación nos proponemos deducir una segunda afirmación, consecuencia también de nuestra posición latitudinal, y que está en relación con el modo efectivo en que la mezcla se produce: así obtendremos una característica fundamental de nuestro clima.

La altura de la Tropopausa es de 16 kilómetros, aproximadamente en el Ecuador y de 8 en el Polo. La explicación tiene su raíz en un principio de hidrostática: en aire frío, la presión disminuye más rápidamente, a lo largo de una vertical, que en aire cálido, en razón de la densidad. Efectivamente las temperaturas troposféricas intertropicales son más altas, según dijimos, que las de las Altas Latitudes, motivo por el cual es lógica tal repartición de la altura de la Tropopausa en uno y otro lugar. De aquí surge, en casi todos los manuales de climatología, un clásico dibujo que representa la sección transversal de la Tropopausa en forma ovalada y continua, circundando la esfera Terrestre; a pesar de ser una esquematización demasiado simple, nos sirve para explicar un hecho básico de la Circulación General: la orientación de las isobaras en altura (al nivel de la Tropopausa) en el sentido de los paralelos y con dirección Oeste-Este determina teóricamente la presencia continua, en los niveles superiores, de vientos Westerlies. Al respecto dice LOPEZ GOMEZ, A. (1955 p.303-4)"...Las investigaciones aerológicas comprobaron el dominio de los vientos de W. en altura, salvo en la zona intertropical, pero no como corrientes meridianas desviadas, sino claramente en la dirección de los paralelos. Se explica por el hecho ya citado de que al disminuir la presión con la altura más rápidamente en el aire frío se forma un vasto ciclón circumpolar con viento de W. a E. pues, según la ley de Buys Ballot, seguirá las isobaras con la baja presión a la izquierda en el Hemisferio N. y a la derecha en el S. Esta ley no se cumple, como es sabido, en el Ecuador ni

en las capas bajas, donde la fricción superficial atrae al aire hacia el centro...".

¿Por qué decíamos que este perfil es esquemático, simple y, en definitiva, falso?. Entre otros motivos porque, como antes afirmábamos, una masa de aire es un cuerpo bastante uniforme, por tanto la transición de una masa a otra no suele ser suave y progresiva sino brusca e interrumpida, formando lo que se conoce con el nombre de frente térmico. Consiguientemente, como cada masa de aire tiene una altura peculiar, adoptada al tomar las características de la región manantial de la que proviene, donde estuvo estancada cierto tiempo (\*), la Tropopausa debe presentar "escalones" donde exista un frente térmico. Entre el aire Tropical y el Polar, por ejemplo, existen unas discontinuidades en altura, ya que la Tropopausa del aire Polar se encuentra más baja, por tratarse de aire más frío y denso. No son éstos que hemos aludido los únicos ámbitos donde observamos unas pendientes máximas o unas fragmentaciones de la Tropopausa. Hay otras discontinuidades incluso más importantes de la Tropopausa como las que se observan algo más al Sur de las anteriores: en torno a los 30 grad. de latitud. Según RIEHL (1969 p.14) fué precisamente PALMEN quien demostró que el máximo estadístico en el perfil medio de velocidad zonal está compuesto realmente por dos tipos muy heterogéneos de jet-streams: un máximo de vientos asociados con zonas frontales en latitudes altas y medias y posiblemente generados como describió ROSSBY y jet Subtropicales formados de forma completamente distinta. Estas otras zonas con concentración del gradiente térmico meridiano de las latitudes subtropicales (VER Figura 5) no se reproducen, sin embargo, en los sucesivos niveles inferiores hasta alcanzar la superficie; una de las teorías existentes en relación con esos gradientes térmicos meridianos sostiene (Ver BARRY & CHORLEY 1972 p.146) que se hace más acentuado cuando el viento de los niveles superiores confluye. A continuación nos vamos a centrar más detenidamente sobre las discontinuidades de las latitudes templadas.

Antes vimos como el hecho de que la Tropopausa Ecuatorial estuviese más elevada que la Polar, repercutía en la Circulación Atmosférica de altura motivando los Westerlies: pues bien, de ello se infiere que la presencia de tales discontinuidades, con el consiguiente estrechamiento de las isobaras y de las isoterms, debe propiciar la existencia de estos vientos del Oeste más veloces, que cabalgan entre una y otra Tropopausa. "...En efecto la superficie isobárica debe encontrarse más alta sobre el

-----  
(\* ) Cuando una masa de aire se mueve y pasa por cierto lugar un modo utilizado para reconocer de qué clase se trata es observar su altura, dada por cualquier radiosondeo.

Ecuador que sobre el Polo, pues el aire cálido es menos denso que el aire frío, y debe ser horizontal en ambos puntos, pues en ellos la temperatura pasa respectivamente por un máximo y por un mínimo; luego entre el Ecuador y el Polo la sección meridiana debe presentar un punto de inflexión, donde la pendiente será máxima: allí está el chorro (...) la interpretación del chorro que resulta de las anteriores consideraciones nos lleva al viento puramente térmico, y por consiguientes a buscar en el campo de la temperatura, y en particular en distribución meridiana de su gradiente, explicación a todos los detalles observados (...) las fluctuaciones estacionales, reflejan indiscutiblemente las del campo de temperatura, sin que esto quiera decir que la conexión tenga que ser sencilla. El paralelismo evidente del eje del chorro con el curso de los frentes principales revelan una clara repercusión del gradiente térmico sobre la alimentación de la corriente a chorro, y las ondulaciones progresivas de recorrido responden al trasiego de masas de aire troposféricas de distinta contextura termodinámica. ¿Quiere esto decir que el chorro no sea más que puro viento térmico? De ninguna manera. Hay elementos puramente dinámicos que no pueden olvidarse, que indudablemente intervienen y que bajo cierto aspecto pueden llegar a ser decisivos; cuando las masas de aire se desplazan tienden a conservar su vorticidad absoluta, la de su punto de origen, y cuando se mezclan la vorticidad se transforma con arreglo a la ley elemental de aleación: así es como pueden nacer acumulaciones locales de vorticidad, tales como se manifiestan por la corriente a chorro, cuya posición geográfica tiene sin duda mucho que ver con tales fenómenos..." (JANSA GUARDIOLA, J.M. 1953 p.197).

La definición oficial, recogida por MARIANO MEDINA (1959 p.21) es la siguiente: El Jet es "...una corriente tabular aplanada horizontal, en las proximidades de la tropopausa, centrada sobre una línea de velocidad máxima y caracterizada no sólo por grandes velocidades, sino también por fuertes gradientes transversales de la velocidad. Por regla general, la longitud de un 'Jet Stream' es de algunos miles de kilómetros, su anchura de algunos cientos de kilómetros, y la altura de algunos kilómetros; la velocidad del aire alcanza al menos 30 metros por segundo en todos los puntos de su eje; el gradiente vertical de la velocidad (vertical "wind shear") es del orden de 5 o 10 metros por segundo, por kilómetro, y el gradiente horizontal o isobárico (horizontal "wind shear") del orden de magnitud del parámetro de Coriolis, o sea del orden de 10 metros por segundo por 100 kilómetros en las latitudes medias y de 5 metros por segundo por 100 kilómetros en las bajas latitudes..."

Tenemos de este modo dos Jet principales: uno el llamado Jet Polar, otro el Subtropical. Sobre la FIGURA 6

se determinan sus oscilaciones de intensidad y de posición estacionalmente. Ambas corrientes muestran variaciones muy profundas a lo largo del año aunque llama la atención la posición septentrional de Andalucía respecto al Chorro Subtropical durante Octubre, Enero y Abril; en Julio la Figura 6 no dibuja ese segundo núcleo representativo del Chorro Polar y los vientos del W están, en general, muy disminuidos, incluido el Chorro Subtropical que ahora se sitúa en torno a los 40° 50° Norte.

Se puede afirmar que Andalucía está afectada principalmente por la corriente Polar en sus transgresiones meridianas dado que, por otro lado, este Jet, generalmente discontinuo, se localiza a latitudes tremendamente variables; estos hechos son determinantes en la situación de la corriente en chorro media (Figura 6) pues, precisamente por tratarse de un promedio, va a reflejar preferentemente la posición del Chorro Subtropical que es mucho más continuo y persistente; esto no quiere decir, sin embargo, que sea más importante; los principales procesos planetarios de intercambio energético higrométrico y de momento cinético están, incluso, mejor representados, en relación a la Península Ibérica, donde se incluye Andalucía, por esos desplazamientos del Jet Polar y por los movimientos del vórtice circumpolar en general. Como explica W.L. DORN (1978 p.296-297): "...el chorro de frente polar (...) está estrechamente vinculado a la situación de las áreas de baja y alta presión que, en gran parte, controlan el tiempo que se registra en las latitudes medias; representa el núcleo central de los vientos dominantes del oeste de mayor velocidad, que soplan en la troposfera superior, y toma una forma ondulante, a modo de serpentina, de acuerdo con la estructura de las ondas de ROSSBY (...) Cuando, durante el invierno, este chorro se sitúa en las bajas latitudes medias, una, o varias, de sus vaguadas pueden, temporalmente, confundirse con uno, o varios, de los collados del chorro subtropical, dando lugar a un chorro único, en cuyo caso se produce importantes intercambios entre las zonas de bajas y altas latitudes...".

Si, como recogíamos en esta cita, el Jet tiene un control tan estrecho sobre el tiempo esto supone una razón de peso para orientar nuestro estudio del clima de Andalucía (que intenta ser objetivo, real y explicativo) a través de un método basado, en primer lugar, en situaciones diarias, concretas; y basado, en segundo lugar, en la consideración de situaciones sinópticas donde se plasman estos agentes determinantes del tiempo.

Hasta ahora hemos visto en relación a la latitud la distribución de los balances radiativos planetarios como hecho trascendental directamente para nuestro clima e indirectamente tanto en cuanto constituye una de las bases de la Circulación General. En relación a esto

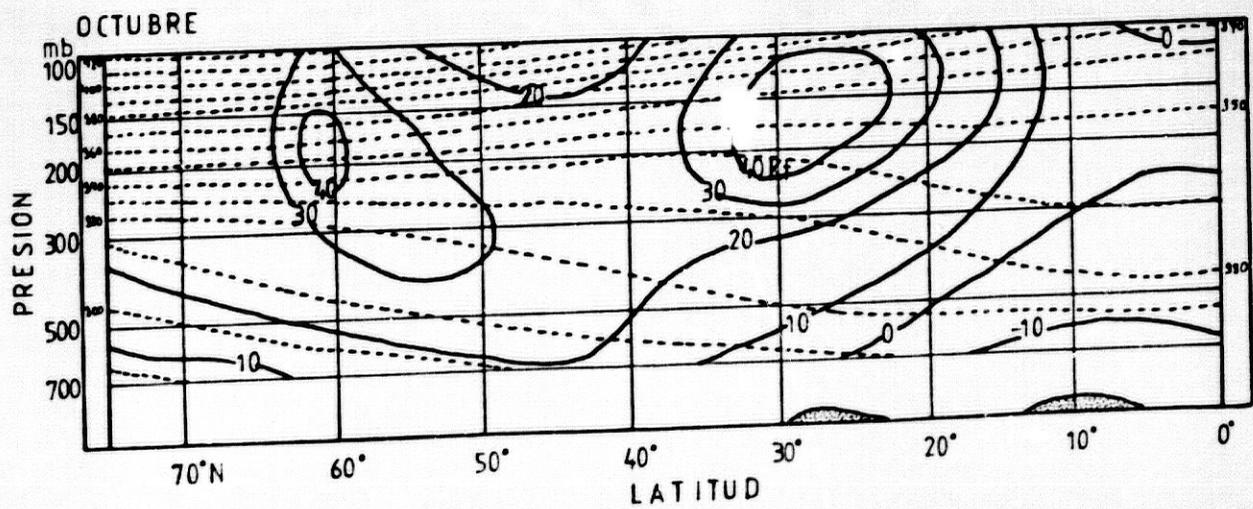
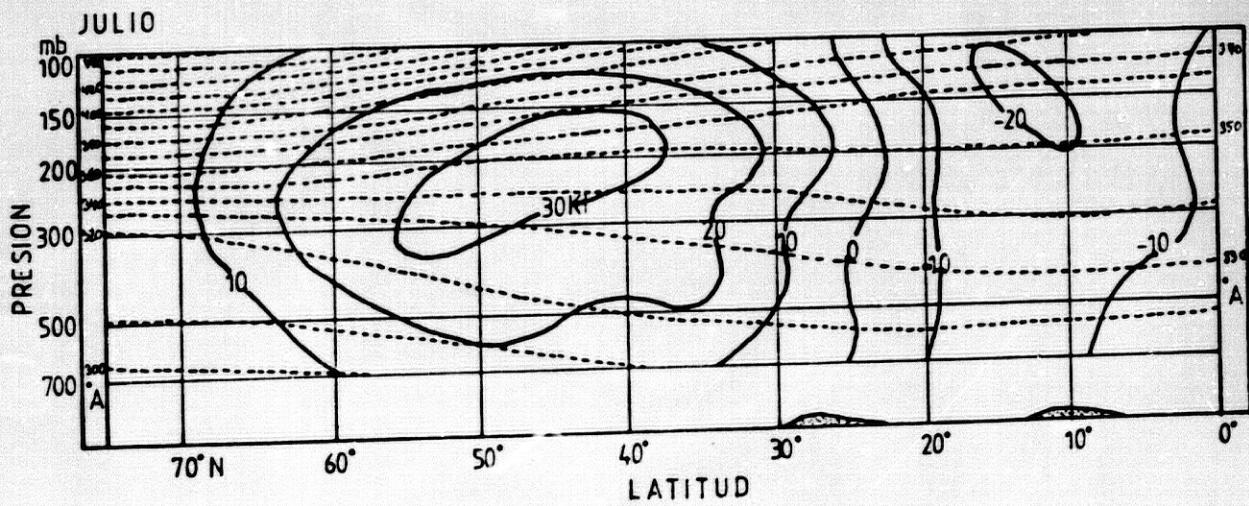
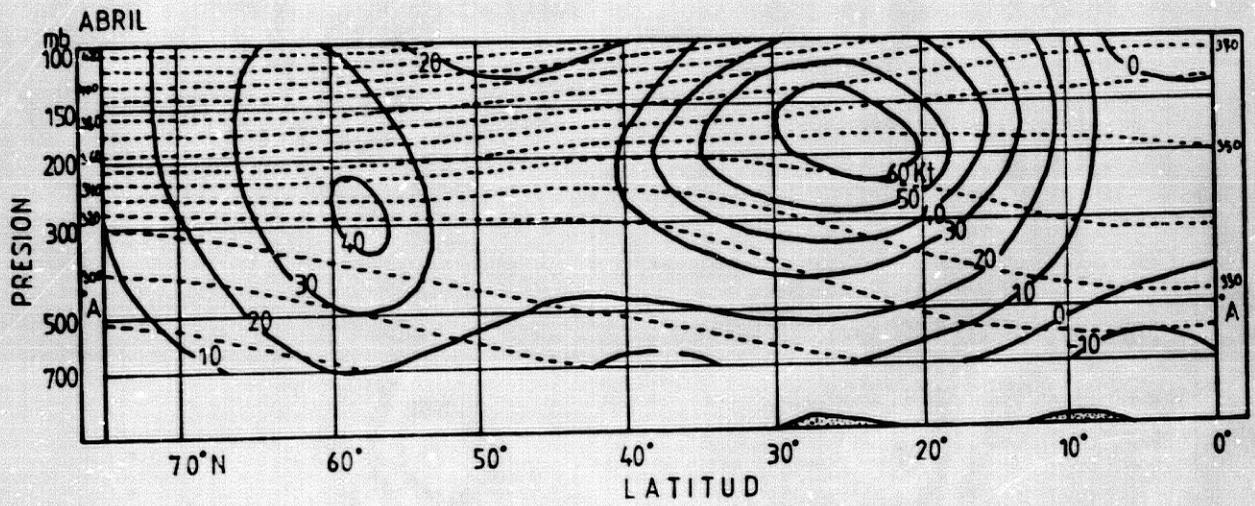
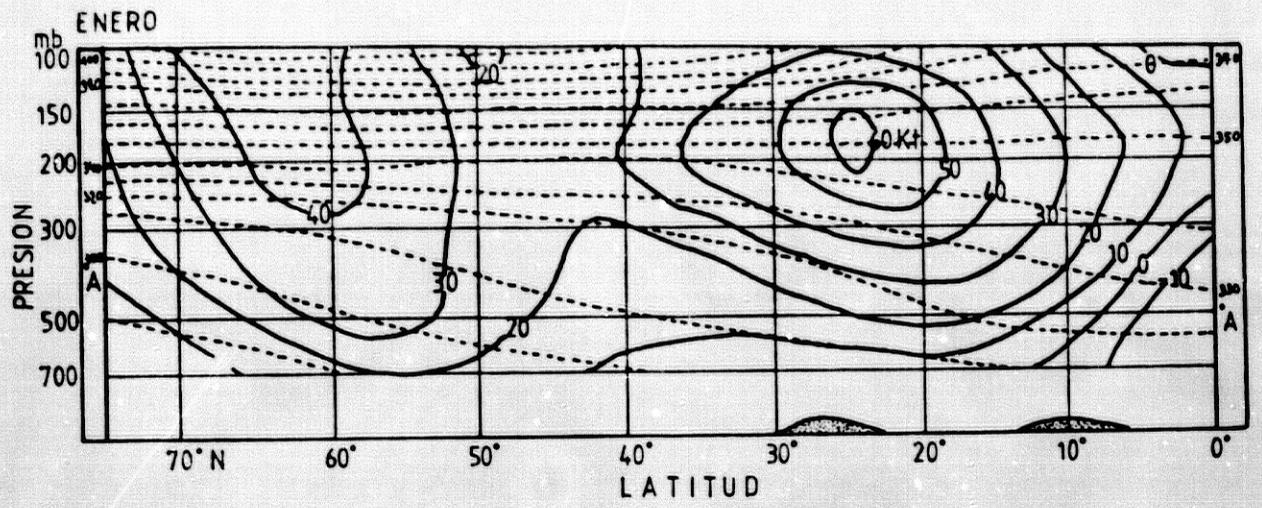


Figura 6: Velocidad media del viento y temperatura potencial a lo largo del meridiano 10° W. Los valores negativos indican vientos del Este. FUENTE: METEOROLOGICAL OFFICE 1962

último realizábamos una primera afirmación: estamos situados durante la mayor parte del año entre dos zonas de balances radiactivos muy diferentes y entre áreas manantiales de masas de aire también distintas; a continuación planteábamos esta segunda afirmación, consecuencia también de nuestra posición latitudinal: estamos en la zona donde los Ponientes dominan durante la mayor parte del año y, más específicamente, nos situamos entre dos corrientes aerológicas de altura muy veloces, una el Jet Subtropical al Sur, otra el Jet Polar, relacionada generalmente con frentes, y localizado en promedio bastante más al Norte de Andalucía pero muy variable en la realidad. En esto último nos debemos detener por la importancia que este hecho tiene para nuestro clima.

El papel de los elementos aludidos (y especialmente del Chorro Polar) en el equilibrio energético, higrométrico y de momento cinético, es trascendental (\*). Siguiendo a BARRY & CHORLEY (1972 p.166 y ss) se llama "índice zonal" a la fuerza de los vientos del Oeste entre 35º y 55º Norte; de tal modo se habla de índice alto cuando se observan fuertes vientos zonales del Oeste; en ocasiones se presenta un índice relativamente bajo cuando la circulación zonal sufre una expansión y los ponientes corren por latitudes más bajas de lo que es usual; finalmente tenemos situaciones con índice bajo cuando se origina, a partir de ondulaciones profundas, una fragmentación de esos vientos zonales del Oeste. Estas distintas situaciones se suceden en períodos irregulares aunque en Invierno se hacen bastante evidentes; nosotros las destacamos porque se está demostrando cada vez más que detentan un papel decisivo en la redistribución de la cantidad de movimiento, de la energía y de la humedad:

Los ponientes de altura en régimen zonal se comportan como barreras que impiden los movimientos meridianos con lo cual se favorece el incremento del contraste térmico de las masas de aire que se encuentran a uno y otro lado; es entonces cuando arrecian los Easterlies de las Altas Latitudes y, al ir en contrasentido a la rotación de la Tierra, ejercen sobre ésta un efecto de frenada por su rozamiento con la superficie terrestre. No obstante, como anteriormente dijimos, ni el reforzamiento de los Easterlies ni el aumento de las diferencias térmicas, puede ser infinito y la situación atmosférica que ha permitido tal estado de cosas debe ser destruida o sustituida: el

-----  
(\*) El complejo sistema de movimientos no ha permitido la consolidación de una teoría unificada y, mientras las circulaciones baroclinas han sido analizadas por BJERKNES y sus colaboradores, ROSSBY se ha dedicado más de cerca a los procesos de transporte, según nos confirma S. PETERSEN (1976 p.264): se han conseguido éxitos experimentando con fluidos en platos giratorios.

índice zonal de la corriente en chorro es reemplazado por otro índice más bajo discurriendo por latitudes más meridionales (conservación del momento cinético) y empezando a describir amplias ondulaciones. Así el campo sobre el que discurren los Easterlies se ensancha y éstos disminuyen de velocidad, mientras que el de los Ponientes se vé más estrechado, aumentando simultáneamente la velocidad que, también por rozamiento, es transmitida a la Tierra; además son aminorados los contrastes térmicos por medio del intercambio energético producido en los procesos de frontogénesis.

Sin embargo, esto, en algunas ocasiones, no es suficiente. Entonces el Jet se ve obligado a describir profundas ondulaciones a través de las cuales el aire frío baja a una latitud anormalmente meridional y el cálido a otra más septentrional de lo acostumbrado. Este estado suele desembocar en un tipo de circulación celular donde tenemos: una célula ciclónica o depresión fría, que se forma tras la ruptura de la corriente en chorro y posterior unión de sus cabos, quedando aire frío aislado de su región de origen y rodeado de masas cálidas y otra anticiclónica de aire cálido rodeada en todo su entorno por aire frío; el restablecimiento del Jet con un índice más alto impide el regreso de dichas células a su región de origen.

Consiguientemente, podemos decir, resumiendo, que el Jet es la consecuencia de la necesidad de intercambio entre Altas y Bajas Latitudes pero, simultáneamente, también es el fenómeno que, en una parte importante, resuelve tal necesidad. Con su posición y características (favoreciendo la circulación zonal o la meridiana) refleja la intensidad de dicho intercambio según hemos visto. Como dice LOPEZ GOMEZ A. (1955 p.323) "...la gran trascendencia del chorro radica esencialmente en las perturbaciones con él relacionadas y la conexión con el frente polar..." pues es, a través de la turbulencia que allí se presenta, donde se produce la transmisión de calor, vapor y momento cinético.

Queda bien claro que el Jet Polar tiene una importancia vital en la circulación de la Zona Templada. Nuestra posición en relación a su camino definirá nuestro clima ya que, según afirmábamos, es un agente fundamental de la Circulación General. Según vimos la corriente en chorro polar "...tiende a alcanzar la mayor intensidad a 50º de latitud en verano y 35º-40º en invierno (...), sin embargo, la posición varía mucho, según las épocas y las regiones, alcanzando mayor latitud en el NE de los océanos y menor en el E de los continentes; en general, se asocia al frente polar, y es más fuerte en invierno..." (LOPEZ GOMEZ A. 1955 p.313). Al comparar esta latitud con la del lugar donde nuestra región se ubica comentábamos que ocupamos una situación sobre el borde meridional del

torbellino circumpolar. Es decir, estamos ciertamente alejados de la fuente fundamental de turbulencia de la Zona Templada: quiere decir esto que, por ejemplo, para presenciar los fenómenos más típicos de una situación atmosférica inestable, debemos esperar que el índice zonal aminore y el Chorro Polar se aleje de las latitudes por las que normalmente discurre hasta acercarse a nuestra región: pero para que tal cosa acontezca es preciso que (estando en la estación durante la cual el chorro normalmente camina por latitudes más meridionales) al presentar gran velocidad en unas circunstancias concretas se vea obligado a retirarse más hacia el Sur para conservar así su momento cinético, o que se ondule profundamente divagando y afectando a una zona de esta forma más amplia (y consiguientemente más meridional también) de lo acostumbrado: o incluso que se rompa y dé lugar a la formación de una gota fría, que al verse imposibilitada a regresar a su región de origen, se mueva por nuestra área. Un proceso y otro representan situaciones inestables pero radicalmente diferentes, por cuanto que la primera funciona a partir del enfrentamiento frontal de dos masas de aire (frontogénesis) mientras que la última resulta de situaciones inestables por la superposición de éstas en la misma vertical.

Así, la Península en general, enclavada entre dos chorros, el Polar y el Subtropical, es un área caracterizada "...no por el efecto directo de la corriente chorro polar, sino por los fragmentos de chorro que, desprendiéndose de dicho chorro polar, se desplazan hacia el S. formando vortices cilíndricos, correspondiendo a lo que entonces llamamos inestabilidad de la corriente en chorro. No excluye ello que la corriente en chorro afecte, algunas veces, directamente a la Península barriéndola a W. a E..." (RODRIGUEZ FRANCO A. 1962 p.18). La explicación de esto ya la hemos visto. al respecto dice RODRIGUEZ FRANCO (1958 p.286) "...Estas pequeñas corrientes, pequeñas depresiones que viajan de N. a S., pierden interés en procesos de circulación general, así como en áreas visitadas frecuentemente por depresiones intensas, pero para otras áreas menos frecuentadas por corrientes principales, estas secundarias cobran gran interés. Esto es particularmente cierto para nuestra Península, donde la visita de alguna de estas pequeñas borrascas pueden equilibrar un problema pluviométrico..."

Es decir que, por nuestra posición latitudinal, no sólo estamos en una zona de paso de masas de aire sino además en un lugar donde éstas se suelen enfrentar de una forma muy peculiar: a partir de invasiones frías, en altura, del Norte; es decir, movimientos en sentido meridiano, asociados a través de profundas ondulaciones del Jet en régimen muy lento o incluso formando un dispositivo celular. El aire que proviene de esta forma de las Altas Latitudes tiende a curvarse ciclónicamente ya que

"...una corriente N - S adquiere pues una curvatura ciclónica al pasar desde una región de fuerte rotación ciclónica terrestre a una región de rotación débil..." (PEDE-LABORDE, P. 1957 p.954) motivándose la inestabilidad por motivos térmicos y dinámicos.

Resumiendo, gracias a la ubicación latitudinal, nuestro clima no sólo depende de procesos que juegan en el exterior, como ocurre en la Zona Templada, sino además, y en esto el borde meridional de las latitudes medias se diferencia del resto, de procesos que juegan en la alta troposfera ZIMMERSCHIED (1959 p.5) en una Comunicación Provisional confirma esto que estamos diciendo: "...De un modo muy general debemos señalar en esta ocasión, al describir la situación atmosférica de mal tiempo, que el esquema ideal de borrasca rara vez es aplicable a la Península Ibérica, como que, por cierto, hasta los creadores de aquél lo han limitado a latitudes más septentrionales y a impulsos bien acusados de vientos del W. como en estos casos la energía necesaria para que se conserve la actividad del torbellino está suministrada por la estratificación lábil de masas atmosféricas yuxtapuestas, en latitudes más meridionales adquiere progresivamente cada vez mayor importancia la energía procedente de las masas de aire estratificadas lábilmente en la vertical, hasta que, en el Ecuador, ésta es la única que determina el tiempo. La Península Ibérica es en este aspecto una zona de transición entre las latitudes templadas septentrionales y las subtropicales..."

### I.1.3. La latitud y la estacionalidad

Finalmente la posición latitudinal no sólo dá lugar a caracteres relacionados con el espacio sino, además, con el tiempo; nos referimos al tipo de diferenciación entre unas estaciones y otras que nuestra región presenta frente a la que podemos encontrar en la Zona Ecuatorial, en los Casquetes Polares o, incluso en el resto de la Zona Templada. Introducimos a propósito de esto un pequeño esbozo climatológico de la radiación solar en Andalucía aprovechando la publicación de la radiación solar en España llevada a cabo por el Centro de Estudios Meteorológicos del I.N.M.: Ver CUADRO I adjunto.

Como antes vimos el Sol es una pieza clave a la hora de explicar la Circulación General. Por otro lado debemos recordar su aparente movimiento hacia el Trópico de Cáncer en Verano y al de Capricornio en Invierno, en función de la inclinación del Eje Terrestre. Pues bien, como con él se mueve todo el dispositivo de la Circulación General, debemos pensar que, según la estación de que se trate, nos encontraremos más o menos cerca de la acción del Anticiclón de las Azores que se encuentra ahora reforzado. En Invierno, al alejarse hacia el Ecuador, posibilita un mayor acercamiento del vórtice circumpolar

CUADRO 1:

$S_0$  = IRRADIACION GLOBAL DIARIA MEDIA PENETRAL O ANUAL, SOBRE LA SUPERFICIE HORIZONTAL QUE SE RECIBIRIA EN AUSENCIA DE ATMOSFERA. HA SIDO CALCULADA TEORICAMENTE UTILIZANDO  $1367 \text{ w m}^{-2}$  COMO CONSTANTE SOLAR.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANO
ALP	1734	2249	2927	3567	3995	4165	4067	3709	3141	2465	1865	1576	2955
GRA	1714	2271	2917	3560	3992	4167	4067	3704	3129	2448	1845	1556	2944
MAL	1745	2259	2935	3572	3996	4165	4067	3712	3174	2474	1876	1567	2961
ARE	1719	2235	2917	3562	3994	4167	4067	3705	3132	2452	1850	1561	2947
SEV	1699	2217	2903	3554	3992	4165	4067	3700	3121	2436	1831	1540	2936

$E$  = IRRADIACION GLOBAL Y MEDIA EN CADA MES Y EN EL AÑO.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANO
ALP	1031	1357	1911	2117	2454	2670	2611	2366	2045	1551	1191	939	1857
GRA	939	1196	1724	1874	2322	2557	2601	2330	1962	1410	1137	771	1735
MAL	858	1206	1742	1966	2449	2629	2657	2321	1890	1329	1029	666	1746
ARE	910	1208	1859	2259	2538	2691	2732	2467	2041	1451	1116	824	1823
SEV	896	1116	1695	2004	2509	2775	2734	2461	1919	1384	1077	758	1823

$E/S_0$  = PARAMETRO ADIMENSIONAL DENOMINADO POR ALGUNOS AUTORES COEFICIENTE DE TRANSPARENCIA O DE CLARIDAD.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANO
ALP	0.59	0.60	0.65	0.59	0.61	0.64	0.64	0.64	0.65	0.63	0.64	0.60	0.63
GRA	0.55	0.54	0.59	0.53	0.59	0.61	0.64	0.63	0.63	0.58	0.61	0.50	0.59
MAL	0.49	0.53	0.59	0.55	0.61	0.63	0.65	0.63	0.60	0.54	0.55	0.55	0.59
ARE	0.53	0.54	0.64	0.60	0.64	0.65	0.67	0.67	0.65	0.59	0.60	0.57	0.62
SEV	0.53	0.50	0.58	0.56	0.63	0.67	0.67	0.67	0.61	0.57	0.59	0.49	0.62

$S$  = DURACION DE LA INSOLACION MEDIA DIARIA CORRESPONDIENTE A LOS DISTINTOS MESES Y AL AÑO.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANO
ALP	5.9	6.6	7.1	6.2	9.9	10.9	11.4	10.8	6.6	7.3	6.2	5.5	6.2
GRA	4.9	5.3	5.6	7.0	8.9	10.3	11.4	10.4	7.6	6.4	5.5	4.7	7.4
MAL	6.2	6.9	6.4	6.1	9.9	10.8	11.9	11.0	6.9	7.2	6.3	5.6	6.3
ARE	4.7	5.7	6.3	6.0	9.2	10.4	11.4	10.7	6.7	6.7	5.1	4.8	7.7
SEV	5.3	6.4	6.7	6.3	10.5	10.9	12.3	11.1	6.8	7.4	5.5	5.8	6.3

$S_0$  = DURACION DE LA INSOLACION ASTRONOMICA MEDIA DIARIA CORRESPONDIENTE A LOS DISTINTOS MESES Y AL AÑO CONSIDERANDO UN TERRENO HORIZONTAL SIN OBSTACULOS, TENIENDO EN CUENTA EL EFECTO DE LA REFRACCION ATMOSFERICA Y TOMANDO COMO DURACION DEL DIA DESDE QUE SE VE LA PARTE SUPERIOR DEL SOL HASTA QUE DESAPARECE TOTALMENTE.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANO
ALP	9.9	10.8	11.9	13.1	14.1	14.5	14.3	13.5	12.4	11.2	10.1	9.6	12.1
GRA	9.4	10.8	12.0	13.2	14.2	14.7	14.4	13.6	12.4	11.2	10.2	9.6	12.2
MAL	9.9	10.8	11.9	13.1	14.1	14.5	14.3	13.5	12.3	11.2	10.2	9.6	12.1
ARE	9.6	10.8	11.9	13.1	14.1	14.5	14.3	13.5	12.4	11.2	10.2	9.6	12.1
SEV	9.9	10.8	11.9	13.2	14.2	14.6	14.4	13.5	12.4	11.2	10.1	9.6	12.2

$S/S_0$  = DURACION RELATIVA DE LA INSOLACION.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANO
ALP	0.60	0.61	0.60	0.63	0.70	0.75	0.60	0.60	0.69	0.65	0.61	0.57	0.68
GRA	0.59	0.49	0.47	0.53	0.6	0.70	0.79	0.76	0.61	0.57	0.54	0.49	0.61
MAL	0.63	0.64	0.54	0.62	0.70	0.74	0.83	0.81	0.72	0.64	0.62	0.58	0.69
ARE	0.47	0.53	0.53	0.61	0.65	0.72	0.80	0.79	0.70	0.62	0.50	0.50	0.64
SEV	0.54	0.59	0.56	0.63	0.74	0.75	0.85	0.86	0.71	0.66	0.54	0.60	0.68

FUENTE: INSTITUTO NAC. DE MET. "Radiación solar en España. Años 1979 y 1980.

que, según decíamos, era el principal origen de situaciones inestables y que precisamente es ahora cuando alcanza un mayor grado de expansión, adquiriendo una velocidad grande, lo cual se puede explicar por los grandes contrastes térmicos existentes durante esta época (PEGUY, F. 1970 p.104).

Es por tanto el de Andalucía un clima con una marcada estacionalidad. Nuestra posición nos coloca o bien en una zona que determina condiciones de desertización, así ocurre en Verano cuando por la posición solar la cúpula del Anticiclón Subtropical de las Azores nos protege con bastante eficacia de las perturbaciones o bien en una posición expuesta a variables situaciones: unas inestables otras no. Por tanto "...en comparación con el tiempo de la Europa Central -dice ZIMMERSCHIED- muy rico en variedades, podemos nosotros limitarnos, para el caso de la Península Ibérica, a dos tipos principales: un tipo de verano y un tipo de invierno (...) en la Península Ibérica la división tiene por causa la distinta posición en verano y en invierno del sistema de altas presiones en las Azores..." (ZIMMERSCHIED, W. 1959 p.5 y 6).

Por otro lado, en Verano, las circunstancias de la circulación dejan a Andalucía en unas condiciones muy próximas a las de los climas independientes, al menos para un número bastante elevado de situaciones concretas. Durante la época fría la condición de clima dependiente se reanuda haciéndose más frecuentes las transgresiones de masas de aire exteriores que interfieren profundamente en la marcha térmica, en las precipitaciones, etc.. en el clima, en definitiva.

#### 1.1.4. La Latitud y las situaciones sinópticas de Andalucía

De lo que hemos examinado hasta ahora ya podemos recoger una serie de situaciones muy genéricas que han de servir a la clasificación de tipos de tiempo en Andalucía. Las variedades que se pueden obtener constituyen, como veremos un abanico muy diverso, importante por la riqueza de matices existente. No obstante, esta diversidad queda constreñida por un hecho de orden superior: la posición relativa respecto al vórtice circumpolar y la configuración concreta del mismo vórtice en relación a Andalucía. Tenemos por tanto los siguientes grandes tipos:

A. Situaciones relacionadas con un vórtice contraído, confinado a latitudes más elevadas de lo normal. Estos casos son muy típicos de la estación estival, cuando la masa fría septentrional se halla seriamente disminuida; determinan el desarrollo de altas subtropicales sobre Andalucía muy potentes originarias de tiempo estable y bien soleado propicio a la formación ocasional de bajas

térmicas locales o a la expansión de bajas térmicas de áreas vecinas.

B. Situaciones relacionadas con un índice de circulación zonal alto. Estas situaciones propias del resto de las estaciones del año determinan igualmente tiempo anticiclónico sobre Andalucía que queda generalmente dominada por una dorsal atlántica alargada en el sentido de los paralelos.

C. Situaciones relacionadas con un índice de circulación zonal alto pero el vórtice se encuentra más extendido que en los casos anteriores. Estos casos determinan una presencia del Frente Polar más ostensible sobre Andalucía cuya superficie es barrida de W a E por los Ponientes. Son típicas de la época fría.

D. Situaciones relacionadas con un índice de circulación bajo. Se observa un proceso de ondulación en el Jet que determina sobre Europa Occidental y el Atlántico Norte la configuración de vaguadas dirigidas hacia el Sur y dorsales dirigidas hacia el Norte. Esta es una situación intermedia entre la anterior y la que vemos a continuación.

E. Situaciones relacionadas con un índice de circulación muy bajo. Andalucía se ve sometida a ondulaciones muy profundas determinantes. En la mayoría de los casos, de importantes trasiegos meridianos de masas de aire de procedencia y recorrido muy diverso.

F. Situaciones relacionadas con una circulación sobre el Atlántico Norte y la Europa Occidental tipo celular. Representan para el clima de Andalucía los agentes de procesos de vital importancia como veremos. Podemos separar los casos de depresiones fría y los de depresiones de altura sin reflejar en superficie: las gotas frías.

## 1.2. FACTORES AZONALES

No cabe duda de que la Latitud marca con su huella la caraterología de un clima: sobre todo en las zonas con clima independiente se convierte en el factor determinante. Pero, en las zonas de clima dependiente, esa caraterología climática resulta de la superposición, sobre unos elementos autóctonos ó estables originados por el clima so ar y por la características geográficas propias, de otros hechos exteriores y móviles que arrastran, con mayor ó menor constancia, las circunstancias propias de un lugar ó de una serie de lugares (las de origen y las de los ámbitos sobre los que se mueven) a los ámbitos por los que se desplazan. Puesto que antes sacábamos en consecuencia que Andalucía se sitúa en un ámbito de trasiego de masas de aire es obvio la conveniencia de analizar esto que denominamos factores azonales.

Efectivamente, la situación de Andalucía presenta concomitancias estrictamente azonales que escapan consistentemente al factor latitudinal:

Nuestra región se extiende entre los meridianos 39 50' Longitud Oeste y los 09 34' Longitud Este, aproximadamente, quedando enclavada en un ámbito extremadamente complejo, ya que se encuadra entre áreas de características muy distintas, en las que unas masas de aire adquieren importantes matices diferenciadores, incluso, en lo que a otras respecta, constituyen auténticos manantiales: como afirma GARCIA DE PREDRAZA (1963 p.2) "...al ponerse la masa de aire en movimiento va experimentando cambios por sus bajos niveles, siendo modificada de acuerdo con los caracteres de los suelos sobre los que verifica su recorrido...". Dichas regiones son el Atlántico, el Mediterraneo, el Continente Africano y el Euroasiático.

Esta posición intermedia, a modo de encrucijada, explica la riqueza de matices y la variedad de características de las masas de aire en el constante y complejo trasiego hasta alcanzar la superficie de nuestra Región. Veamos la importancia de cada una de estas zonas en la caracterización de las masas de aire y, en definitiva, en nuestro clima:

### 1.2.1. Los conjuntos marítimos del entorno andaluz.

Para conocer su influencia debemos hacer previamente una serie de precisiones sobre ciertos aspectos del comportamiento térmico del agua. Se circunscriben éstas al papel de "termostato" de los océanos y de los mares en general.

De todos es conocido que el enfriamiento del agua es más lento que el de la tierra, debido a que su "calor específico" es superior. Según BARRY, R y CHORLEY, R. J. (1972 p.48) "...el agua debe absorber una cantidad de energía para elevar su temperatura que es cinco veces mayor que la que necesitaría la misma masa de tierra seca (...). Cuando este agua se enfría se invierte la situación, ya que entonces se desprende una gran cantidad de calor...". De todo esto es posible deducir una consecuencia estrictamente geográfica: el Atlántico y el Mediterraneo se comportarán durante el frío tiempo invernal como masas cálidas con respecto al Continente, por el contrario, durante el verano, sucede a la inversa. Cuando el aire marítimo se desplaza hacia la tierra tenderá, en todo momento, a equilibrar la temperatura de ésta última. Tal es la importancia que tiene la presencia de las aguas de uno y otro.

Por otro lado su influencia sobre las tierras Occident-

tales del Continente Europeo se ejerce en un segundo aspecto: proporcionando una inmensa reserva de agua prácticamente inagotable. La gran proporción de humedad que de ellos puede emanar es de esperar que sea transmitida a las áreas de las regiones del Viejo Continente que quedan en las cercanías periféricas.

En este sentido debemos hacer notar un hecho que constantemente se ha venido repitiendo hasta hacerse clásico: la Península Ibérica en general presenta una posición de avanzadilla hacia el Atlántico. Su presencia queda bien patente en la realidad, al menos para un amplio sector de nuestra región, y, esto, gracias a la apertura hacia el Oeste que produce el curso del Río Guadalquivir y sus afluentes en general. Pero, además, Andalucía está bordeada en sus límites Sur y Este por otra importante masa de agua: el Mediterráneo. De esta forma podemos observar que la influencia marítima, a través de una u otra masa nunca falta en cualquier punto, lo cual quiere decir que el déficit hídrico de la tierra con respecto al mar puede ser más fácilmente equilibrado, en principio, que en otra zona más interior, más continental.

Interesantes son estas cuestiones sobre la acción térmica e higrométrica del factor cuyo estudio ahora nos ocupa; sin embargo, desde el punto de vista de la Climatología Dinámica, estas reflexiones generales no pueden ser sino punto de partida a consideraciones de mayor alcance ya que, tomadas en sí mismas, su validez es nula pues se separan del móvil esencial que permite su activo funcionamiento en relación a nuestro clima: las masas de aire, que constituyen casos concretos, perfectamente diferenciados, ejemplifican el modo real en que este medio, el marino, afecta al Sur Peninsular. Sin estos auténticos canalizadores de la influencia del mar que son los movimientos atmosféricos a gran escala, difícilmente llegaría a possibilitarse o, al menos, a ser tan intensa tal acción "equilibradora", pues quedaría reducida a movimientos atmosféricos locales, las brisas marinas, cuya profundidad y alcance están bastante limitados. Además las brisas sólo se pueden producir "...con cualquiera de las situaciones antes descritas -se afirma en el Estudio climatológico del Aeropuerto de Málaga- siempre que el gradiente isobárico de las mismas sea débil..." (ORTEGA SAGRISTA, R. y SANCHEZ GALLARDO, F. 1976 p.26). Toda esta serie de "restricciones" espaciales y temporales dan lugar a que pensemos en las masas aéreas a gran escala como los "grandes canalizadores", tal y como antes dijimos, de las características del agua.

Resumiendo, ver la transformación de una masa de aire que, partiendo de su región manantial se encamina hacia nuestra posición pasando por la superficie del agua de dichas regiones, es, en definitiva, ver la influencia que

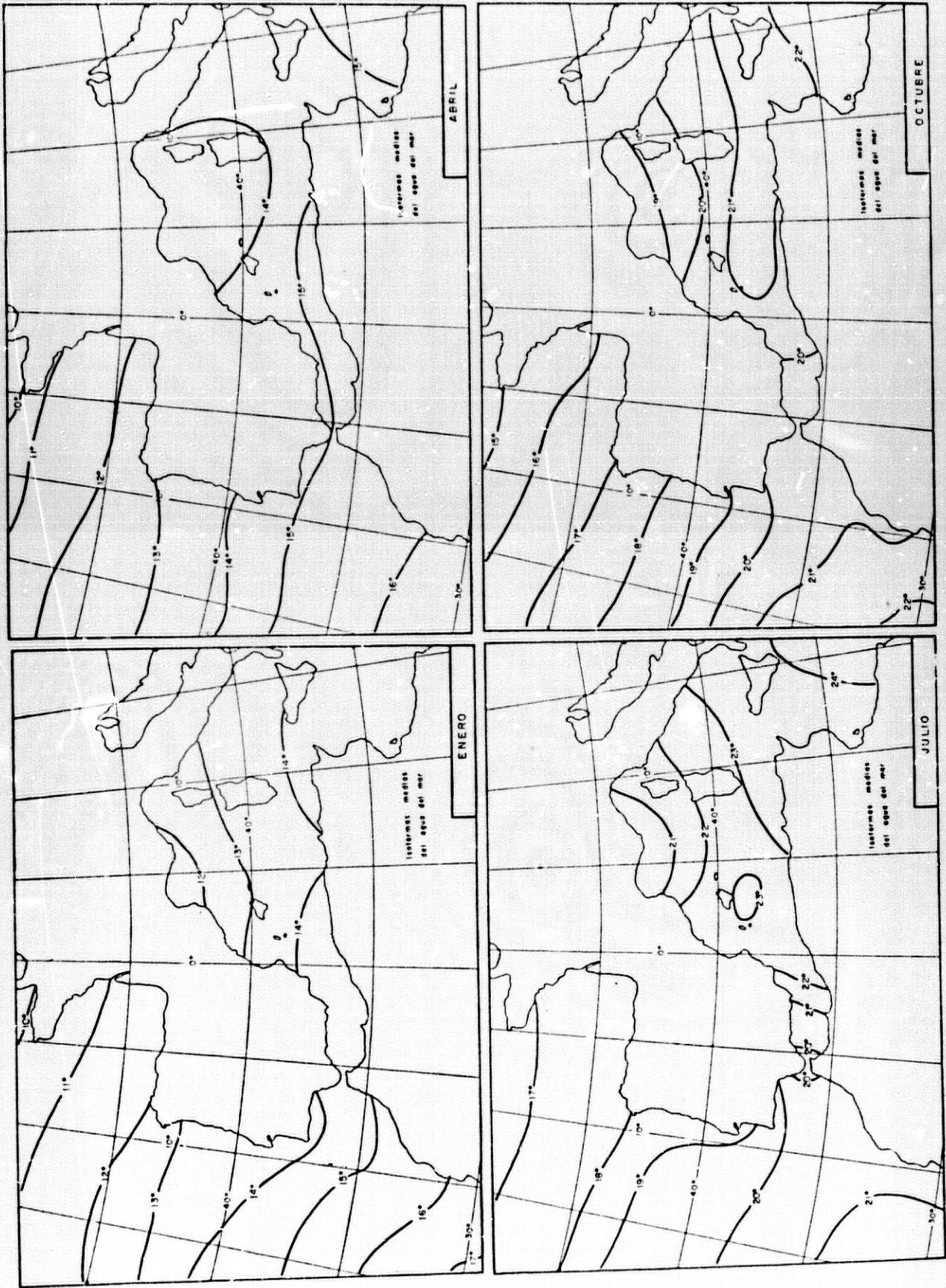


Figura 7.: Temperatura media del agua del mar . FUENTE: ZABALETA VIDALES, C. "Atlas de Climatología Marina"

indirectamente ejercen éstas sobre Andalucía. Simultáneamente se nos permite la posibilidad de completar lo que dijimos en el anterior apartado (sobre la Latitud) pues es fundamental para entender adecuadamente el funcionamiento de los mecanismos atmosféricos: un cuerpo aerológico no sólo debe sus características a la región de origen donde se ha formado sino, además, al lugar de paso. Los factores geográficos zonales (Latitud) están, por consiguiente, unidos estrechamente a los azonales (oceanalidad, por ejemplo), en lo que al movimiento atmosférico se refiere.

Veamos a continuación el primer gran dominio, el del atlántico, y las masas aéreas que nos hacen partícipes de sus características.

#### 1.2.1.1. El Atlántico

Este es uno de los océanos mayores del globo terrestre con 82.441.000 Km<sup>2</sup>. Esta enorme extensión, y su forma alargada, en el sentido de los Meridianos, hacen que las diferencias internas se nos muestren de forma bastante clara, sobre todo en lo que a características respecta.

Podemos observar, primero, que la temperatura que estas aguas presentan en el Golfo de Cádiz es de 15<sup>o</sup>, aproximadamente, en Enero y 20<sup>o</sup> C en Julio, según nos indica la Figura que C. ZABALETA (1976) recoge y que nosotros reproducimos aquí también (Figura 7). Al mismo tiempo el aire que reposa sobre esta húmeda superficie presenta unos valores térmicos muy parecidos que no hacen sino reflejar la constante e intensa acción marítima. A partir de la Ciudad de la Giralda la altura por un lado, provocando un descenso (HIGUERAS ARNAL, A. 1961 p.76), y la continentalidad, que da lugar a una mayor oscilación térmica, por otro, llegan conjuntamente a enmascarar progresivamente tal influencia de modo que se vé considerablemente mermada en lugares como Granada que aún perteneciendo a dicha cuenca hidrográfica presenta temperaturas medias anuales inferiores y un régimen diferente.

A pesar de todo, estas oscilaciones no son en ningún caso demasiado exageradas pues, en mayor o menor medida, la presencia Atlántica siempre se deja sentir claramente. En estrecha relación con todo lo que hemos dicho sabemos que la circulación en altura y, en la Zona Templada, también en superficie presenta frecuentemente una componente del Oeste, como vimos en un apartado anterior. Entonces si ocupamos una posición intermedia en el sistema Continente-Océano (con este último al Oeste), es lógico suponer que el flujo que se mueva sobre nuestra ubicación suela ser oceánico. Por tanto esa acción que hemos denominado de "termostato" se extenderá a una gran superficie tierra adentro al menos mientras ningún obstáculo lo impida en mayor o menor grado.

masa de aire (VER)					masa de aire (INV)				
n i v e l (mb)					n i v e l (mb)				
	1000	850	700	500		1000	850	700	500
cA (1) T					cA (1) T		-31	-33	-42
(2) T					(2) T				
(3) x					(3) x	2,4	1,7	0,4	0,2
mA (1) T					mA (1) T		-10	-21	-38
(2) T			-1+2	-14-17	(2) T			-12-17	-30-16
(3) x					(3) x	4,6	2,2	1,3	0,3
mP (1) T		11	0	-19	mPw(1) T		5	-4	-23
(2) T			-2-3	-17-19	mP (2) T	12	2	-9-11	-24-30
(3) x		6	2,5	0,8	mPw(3) x	7,8	4	1,6	0,4
cP (1) T					cP (1) T		-18	-20	-33
(2) T			-1+2	-14-17	(2) T			-20-17	-34-42
(3) x	16,1	6,7	3,4	0,9	(3) x	4,5	2,6	1,3	0,4
mT (1) T		18	8	-8	mT (1) T		10	0	-17
(2) T			+3+4	-11-12	(2) T			-2-6	-18-20
(3) x	10,8	8,1	4,5	2,4	(3) x		6	2,5	1
cT (1) T		22	10	-11	cT (1) T			+4+10	-8-14
(2) T					(2) T				
(3) x		4,5	2,5	0,5	(3) x		1,8	1,3	0,6
Med(1) T	29	19	12	-6	Med(1) T	14	3	-3	-19
(2) x	14,1	7,4	3	0,9	(2) x	7	3,7	2,5	0,9

CUADRO II : CARACTERISTICAS DE LAS MASAS DE AIRE.

T = temperatura del aire en grados centígrados

x = proporción de mezcla (g/Kg)

FUENTE: (1) y (3) valores típicos en el Mediterráneo según METEOROLOGICAL OFFICE (1962); (2) valores típicos de la Península Ibérica según A.NAYA (1984)

Todo este conjunto de hechos permite definir un tipo de clima característico con una pluviometría, una termometría, etc... peculiares; es lo que se denomina clima remplado cálido de las costas occidentales en el que, sin duda alguna, queda incluida la región Mediterránea y, lógicamente, Andalucía.

Pero, no obstante, las circunstancias que se presentan en el Golfo de Cádiz, en lo que a temperatura del agua se refiere, no son ni las que generalmente encontramos a lo largo de todo el Océano, por el hecho aludido anteriormente de su extensión, ni las únicas que afectan a Andalucía. Por esto debemos matizar ciertos aspectos de indudable interés:

De todos es conocido que el Atlántico presenta un

complejo sistema de circulación interno, a través de lo que se conoce con el nombre de corrientes marinas. Encontramos, pues, masas oceánicas "anormalmente" más cálidas o más frías ocupando amplias extensiones que nos deben afectar, consiguientemente, de algún modo. La localización de éstas tiene implicaciones de singular importancia.

De este modo, nos encontramos por un lado, con una corriente fría a una Latitud inferior a la nuestra; es la Corriente Fría de Canarias. Por otro lado a lo largo de las costas de Europa Occidental discurre la Corriente Cálida del Atlántico Norte, ramal procedente de aquella que atraviesa el Océano desde las Costas Americanas (Golfo de México) a las del Viejo Continente: deriva Nord-Atlántica del Gulf-Stream.

Estudiando las masas de aire que cruzan el Atlántico conoceremos cómo intervienen sus características generales en nuestro clima realmente y también las de sus fenómenos internos, es decir, las de las corrientes marinas citadas, cuya presencia también nos es transmitida a través de los vientos desplazamientos aéreos que sobre ellas se producen, y que, según veremos, viene a intensificar la mencionada actividad equilibradora del agua.

Siendo esto así, creemos que lo más oportuno para estudiar este factor geográfico es ver directamente la siguiente cuestión:

¿Qué masas aerológicas son las que intervienen en este proceso y cómo?

Fundamentalmente tres: el aire Artico marítimo, el Polar marítimo y el Tropical marítimo; no obstante, debemos añadir una cuarta que resulta de la mezcla de estas dos últimas, es el aire Polar marítimo de retorno. Las abreviaturas con que se conocen más comúnmente son las utilizadas por P. PEDELABORDE (1957 p.20), es decir: A.m., P.m., T.m. y P.m.i., respectivamente. Son los que vamos a recoger nosotros, pues el orden de las iniciales de estas palabras francesas a las que hemos hecho referencia es idéntico al que presentan en castellano; sólo haremos una excepción con el último caso que lo denominaremos bajo la forma simplificada de t.m.P. que es la utilizada por el METEOROLOGICAL OFFICE (1972 VOL.I).

#### A. La masa de aire Artico marítimo (A.m.).

La ubicación de la región manantial constituye, un hecho básico a la hora de estudiar una masa de aire. En lo que respecta a la Artica, se origina en la Cuenca Subártica, en el área situada entre Groenlandia y el Archipiélago de Spitzberg. Esta es un área bien delimitada: "...al Sur -nos explica PETERSSEN, S.- se presentan

los vientos de componente Sudoeste, del lado del polo el área continental de altas presiones...". A partir de esta región el trayecto que describe para llegar hacia nosotros tiene una dirección Norte-Sur (en el sentido estrictamente meridiano). Atraviesa de esta forma el Mar de Noruega, el Mar del Norte y, posteriormente, o bien el Cantábrico y la Meseta Ibérica o, por el contrario, el país francés, alcanzando por último la Cuenca Occidental Mediterránea a través del pasillo que forman los valles de los cursos fluviales del Saona y el Ródano. La Península constituye probablemente el límite Sur de la mayoría de las irrupciones de aire Artico.

Como es Lógico este peculiar movimiento aerológico descrito N-S no es independiente de la necesidad de que la Circulación General y más concretamente el Jet adopte sobre nuestro espacio sinóptico regional una determinada posición e índice. No ahondaremos, de momento, en estas cuestiones pues serán motivo de un estudio más detallado en el capítulo correspondiente a los tipos de tiempo.

Trás haber visto, a modo de introducción, el lugar de origen y el trayecto de esta masa aerológica es preciso que observemos como se desencadena la actuación del Océano sobre las características del aire Artico marítimo que es en definitiva la cuestión fundamental de este apartado.

La temperatura de esta masa de aire es bastante baja. Recordemos, ante todo, que las condiciones superficiales de su región de origen presentan un gran rigor, especialmente en Invierno cuando la nieve y el hielo tan extendidas se encuentran. La fuerte irradiación de estos elementos así como la ausencia de rayos solares (noche polar) durante una gran parte del año determina la formación del Anticiclón Artico con vientos flojos que permiten al aire adquirir estas características reflejadas por una peculiar inversión térmica en su base.

Estas condiciones térmicas determinan por otro lado un contenido en humedad exiguo. De todos es conocido que la capacidad de tensión de vapor de aire depende de su temperatura: cuando ésta sea baja la cantidad de vapor que puede presentar será, asimismo, reducida. Finalmente debemos recordar que la altura de la tropopausa es mínima. Ya vimos anteriormente las causas de este hecho: VIAUT (1981 p.70) dice al respecto "...originario del Océano Artico, tiene siempre, por su fuerte densidad, un (...) espesor comprendido entre los 3 y 5 Km. La base de su estratosfera desciende a veces por debajo de los 6 Km...".

Cuando recorre el trayecto anteriormente descrito, estas propiedades sufren intensas modificaciones que sin duda alguna traducen la adquisición de características

estrictamente oceánicas. Por ello a la masa de aire ártica se le adjetiva con el término "marítimo". Veámosla una a una.

En primer lugar la actuación del mar la somete a un caldeoamiento por su base. La temperatura del agua es bastante más alta por diferentes motivos: el primero de ellos es su latitud más meridional y por consiguiente sometida más intensamente a la acción solar; además debemos aludir (para diferenciar esta vía de su antagonista la continental) al mayor calor específico del agua con respecto a la tierra, siendo especialmente activo este elemento durante el Invierno. Finalmente un último hecho intensifica la acción de recalentamiento: las costas occidentales de Europa se ven bañadas por la corriente cálida deriva Nordatlántica del Gulf Stream.

Gracias a todo este conjunto de hechos la inversión térmica de la que antes hablábamos desaparece y es sustituida por un gradiente de  $0^{\circ}70$  a  $0^{\circ}90$  C por cada 100 metros (PEDELABORDE, P. 1957 p.142). Ello además posibilita un humedecimiento considerable que pueda ser transportado a través de su seno en el sentido vertical. El alemán ZIMMERSCHIED (1954 p.10) nos describe en unas líneas todo este conjunto de fenómenos: "...Durante el avance hacia el Sur el aire frío se recalienta continuamente por debajo debido al agua caliente del mar haciéndose más inestable dependiendo de la temperatura del agua. Como la reserva de vapor de agua está asegurada por el mar, el nivel de saturación estará a una altura relativamente pequeña de manera que la estratificación de la masa de aire será adiabática en las capas más bajas, y pseudoadiabática, aproximadamente, encima del nivel de condensación...".

Cuando ésta masa de aire cruce el Océano y se encamine hacia la Península se comportará como inestable. Sus características fundamentales han sido trastocadas y únicamente conserva un rasgo esencial desde su región de origen: la altura de la troposfera. Por otro lado, según A. NAYA (1984 p.415-416), se reconoce en la Península Ibérica porque su temperatura suele ser, en Invierno, de  $-120$  a  $-170$  C. a 700 mb y de  $-300$  a  $-360$  C a 500 mb. En superficie las temperatura son, por el contrario, mucho más elevadas que en su región de origen.

Esta es la forma real en que el Atlántico afecta a nuestro clima, cuando a través de él llega aire Ártico.

#### A. Aire Polar marítimo (P.m.)

También el aire Polar revela el significado que para nuestro clima tiene la presencia de la masa oceánica no sólo por las transformaciones que vá adquiriendo progresivamente conforme desciende de latitud, como sucedía en

el caso anterior, sino, además, por su mismo proceso de formación.

¿Dónde y bajo qué condiciones se origina?. Normalmente es la zona del Atlántico Norte, en el área comprendida entre los paralelos 60º y 70º Latitud Norte, aproximadamente al Sur y Oeste de Islandia, la que le sirve de punto de partida. No obstante estos límites son muy elásticos pues en la constitución del aire Polar marítimo juega un papel tan importante las características radiactivas, térmicas, higrométricas, etc... de la zona como la transformación de otras masas aerológicas: dichas transformaciones se realizan progresivamente entre unos puntos más o menos separados aunque, eso sí, siempre dentro de los marcos oceánicos. No podemos olvidar que, si bien es verdad que su formación puede efectuarse por el estancamiento anticiclónico sobre estos parajes de ciertas masas, no es menos cierto que también puede deberse a un recorrido prolongado sobre la superficie marítima.

Así, cuando el aire se mueve hacia nosotros con un trayecto del Noroeste los efectos de la masa de agua se acentúan más que en el caso de que adoptase una dirección Norte-Sur, lógicamente más corto y, además, más veloz; entonces la modificación con el trayecto Noroeste llega a ser total, por ello utilizamos para este caso el término "transformación": no sólo cambian sus valores térmicos y, simultáneamente, los higrométricos sino, además, la altura de la tropopausa que llega a alcanzar 8 ó 10 Km. Consiguientemente "...ya no es aire Artico, sino Polar - dice PEDELABORDE- la permanencia en las Latitudes Subárticas, constituye un segundo acto de nacimiento..." (PEDELABORDE, P. 1957 p. 136).

Igualmente el aire Polar marítimo puede resultar de la desnaturalización de su opuesto el Polar continental Canadiense. La acción sigue siendo en el mismo sentido que vimos para el caso anterior aunque su actuación es más rápida. Las características de continentalidad van siendo atacadas por la base y transmitidas hacia los niveles superiores gracias a la fuerte inestabilidad no sólo térmica, aire frío superpuesto a otro más cálido, sino además dinámica: el cálculo del balance térmico, dice H. FLOHN (1968 p. 31), indica que la elevación de temperatura puede ser del orden de +10º transfiriendo de 900 a 1200 Ly/o al aire frío continental: da más energía que la radiación solar en el límite superior de la Atmósfera.

Es posible deducir, pues, que cuanto más largo sea el trayecto de una masa de aire por el Atlántico con una mayor profusión se dejará sentir su influencia. Así el aire Polar marítimo, a pesar de que siga constituyendo al llegar a nuestra Latitud una masa fría, no obstante, su humedad mayor, su temperatura más cálida y su tropopausa

considerablemente más elevada, configuran un gradiente vertical, también diferente, que se nos muestra mucho más inestable muy cercano al de la adiabática saturada (\*).

Resumiendo, si el aire Polar, junto al Artico, contribuyen a caracterizar una época del año: lo que podríamos denominar "estación fría", con la más frecuente aparición de temperaturas rígidas sobre nuestra región (\*\*), no obstante la presencia del océano tiende a hacer que ese "frío" se vea dulcificado por la aludida acción de termostato sobre dichas masas de aire, y junto a esta acción térmica se nos presenta, en estrecha unión la acción higrométrica a la que también hemos hecho anteriormente mención.

Para completar esta visión general del aire Polar debemos recordar que la influencia atlántica sobre él (y también sobre el Artico) se modifica durante el Verano al mismo tiempo que se reduce, según veremos. En esta cálida época del año el agua se comporta en relación a la actividad del continente como una auténtica masa fría que tiene a equilibrar las altas temperaturas que, durante la misma, se obtienen en el área terrestre.

Pero, a decir verdad, la importancia de estos hechos se reduce considerablemente, en relación a la época invernal. Al fin y al cabo la frecuencia con que dichas masas aerológicas hacen acto de aparición en verano es bastante menor: pero, además, ocurre que la mayor parte de las veces en dicho aire llega a nuestra posición lo hace a través de los altos niveles troposféricos, sin establecer contacto con el agua atlántica (\*\*\*). No nos resulta extraño, pues, el hecho, comprobado en un anterior estudio que efectuamos sobre el fenómeno de la gota de aire frío, de que dicho fenómeno presente una mayor frecuencia durante la época cálida (CASTILLO REQUENA, J.M. 1978). Por tanto las características oceánicas difícilmente pueden ser transportadas en estas condiciones hacia nuestra región.

En otras ocasiones cuando, a pesar de todo, la masa de aire consigue dirigirse hacia nuestra posición, estableciendo contacto directo con el agua, es muy difícil descubrir, en toda su plenitud, tal actividad, pues este efecto de enfriamiento del medio marítimo, con respecto

-----  
(\*).Según PEDELABORDE, en su tesis, el gradiente del aire al llegar a las costas francesas es de 0'6 grad. C/100 m.

-----  
(\*\*)Sin duda alguna, también junto a los valores del balance radiactivo peculiar de nuestra Latitud.

-----  
(\*\*\*)Recordemos las palabras ya citadas de ZIMMERSCHIED en una cita anterior.

al continental, queda enmascarado por otro efecto que durante el Verano se muestra como contrario: nos referimos a las condiciones térmicas que la Latitud impone a estas masas aéreas cuando se ponen en movimiento. No obstante, a modo general, podemos decir que, cuando éstas eligen el camino marítimo son más frescas (y estables) que cuando se introducen por el continente.

Al llegar a la Península (NAYA 1984 p.416) se constituye como un aire recalentado con temperaturas de  $-9^{\circ}$  a  $-11^{\circ}$  a 700 mb y  $-24^{\circ}$  a  $-30^{\circ}$  a 500 mb en Invierno y  $-2^{\circ}$  o  $-3^{\circ}$  y  $-17^{\circ}$  a  $-19^{\circ}$  a 700 y 500 mb respectivamente en Verano. A 1000 mb su proporción de mezcla en g/Kg es considerablemente elevada. Bajo régimen ciclónico esta asociado a inestabilidad y se ve precedido de frentes aunque bajo régimen anticiclónico es estable pero poco frecuente en Andalucía.

### C. Masa de aire Tropical marítimo (T.m.).

Constituye esta masa aerológica un caso contrapuesto en todos los sentidos a los anteriores, motivo por el cual podemos pensar, en principio, que la influencia Atlántica ha de desenvolverse de una forma totalmente diferente:

Por su lugar de origen queda encuadrada entre el grupo de masas aéreas cálidas. Este aire debe su existencia al efecto dinámico del Anticiclón Subtropical de Azores, situado aproximadamente un poco más al Norte de los  $35^{\circ}$  grad de Latitud durante el Invierno y sobre los  $40^{\circ}$  y  $55^{\circ}$  en Verano (FONT TULLOT, I. 1956). Este centro rector provoca subsidencia y, consiguientemente, estabilidad y recalentamiento adiabático del aire. Una cita de HUETZ DE LEMPS, A (1969 p.23) ilustra y explica todo esto: "...Este aire se hunde y su amontonamiento es muy importante porque el flujo superior del Oeste presiona sobre él: el Jet Stream tiene tendencia a construir Altas Presiones a su derecha...".

Pero no es el descenso del aire de los altos niveles subtropicales el único que da lugar a la formación del aire Tropical, debe añadirse un importante aporte de aire Polar marítimo, en forma de descargas, producidas al final de las familias de borrascas que se desarrollan en el Atlántico, las cuales, a su vez, tienden a reforzar la presencia del Anticiclón de las Azores.

Sobre este "conjunto aerológico" perfectamente definido, con una tropopausa de 13 a 15 Km., el mar actúa rápidamente provocando, en primer lugar, un relativo enfriamiento, ya que la temperatura superficial del agua, siempre más baja que la del aire subsidente, se ve disminuida, aún más, por efecto de la Corriente fría de Canarias y porque avanza hacia latitudes más elevadas y, en

consecuencia, se enfría rápidamente por su base; pero en segundo lugar, absorbe simultáneamente mucha humedad pues "...dispone de agua en abundancia y, por su temperatura, puede contener mucho vapor de agua..." (JUSTIN MILLER, A. 1975 p.88).

Estas características determinan la típica inversión debida al ya citado efecto oceánico, por un lado, y porque, a diferencia del aire Tropical marítimo que afecta a las costas Orientales Americanas, presenta un recorrido más corto y septentrional, al partir de la fachada norte del Anticiclón de Azores. Por tanto, el aire Tropical marítimo se nos presenta como estable mientras que no sea perturbado por cualquier otro elemento. Queda bien claro, por consiguiente, que el Atlántico evita que nuestra región se vea sometida a intensos contrastes térmicos, suavizando los rigores de las masas frías o de las cálidas. No obstante para poder considerar en su justa medida cuán importante es la presencia del océano debemos conocer también la del continente europeo, por constituir el caso contrario. De momento nos vemos obligados a emplazar esta interesante comparación para más adelante, pues, en el esquema que nos hemos propuesto, es preciso afrontar previamente el estudio de otros puntos relativos a este factor geográfico de nuestro clima: el Atlántico.

En este sentido es preciso analizar aún lo que se denomina aire Polar marítimo de retorno. Debemos recordar antes que, según el METEOROLOGICAL OFFICE, que la proporción de mezcla (en gr/kg) al llegar al Mediterráneo es, a 850 mb y a 1000 mb., de 8,1 y de 10,8 respectivamente en Verano, valores estos ciertamente elevados.

#### D. Aire Polar marítimo de retorno (t.m.P.)

Este es el último tipo de masa aerológica que nos interesa estudiar en este momento. Para llegar a su formulación es preciso una especial trayectoria Atlántica caracterizada por un largo recorrido sobre la superficie húmeda y cálida del Océano. "...Aparece frecuentemente durante la estación fría en la parte Sur del Mediterráneo Occidental, después de haberse desplazado desde cerca de la parte Sur de Groenlandia hasta los alrededores de las Azores, penetra entonces en el Mediterráneo Occidental con dirección Este..." (METEOROLOGICAL OFFICE 1962 p.12).

Suele suceder que el aire Polar marítimo llegue a estas Latitudes meridionales como efecto de una descarga de fin de familia, y se mantenga allí estancado durante un corto período de tiempo estabilizándose y mezclándose con la masa Tropical (\*) originaria de esta región.

De la descripción de este trayecto se puede deducir

(\*) De ahí la denominación t.m.P.

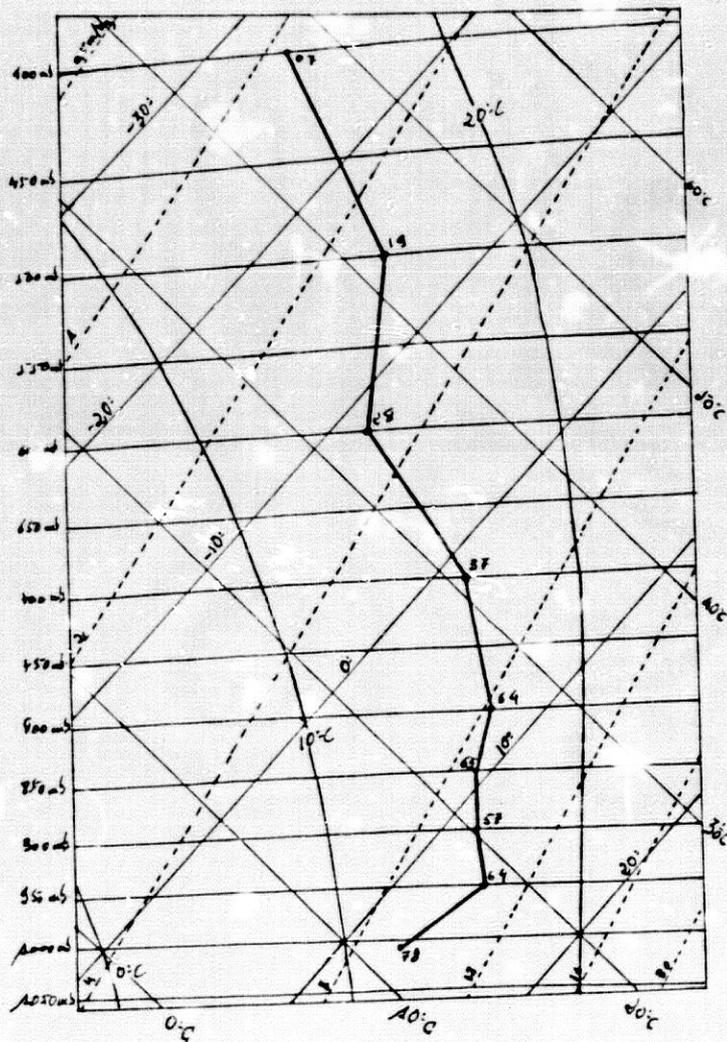


Figura 8.: Termograma típico realizado durante la estación fría. Gibraltar. Se configura la estructura de la masa de aire Tropical marítimo.

FUENTE : METEOROLOGICAL OFFICE (1962).

una importante consecuencia: esta masa de aire ocupa una posición intermedia en relación al aire Tropical por un lado, y a las masas frías, por otro. Parte de su recorrido, es decir, lo que se puede considerar la primera fase: Groenlandia-Azores, se corresponde con las características del aire Polar Marítimo por el tipo de modificaciones que adopta, relativas todas ellas a un recalentamiento y humedecimiento continuo e intenso, pero durante la segunda parte de su desplazamiento sufre un proceso de estabilización y, por tanto, "...aunque luego se recalienta -dice LOPEZ GOMEZ-, también se estabiliza al permanecer en circunstancias anticiclónicas..." (LOPEZ GOMEZ, A. 1972 p.152). Ello da lugar a que esta masa sea difícil de distinguir del aire Tropical marítimo inestable. No obstante, con respecto a él, mantiene a pesar de todo una temperatura y un contenido en humedad algo inferior (\*).

Esta masa aérea mantiene un contenido en humedad siempre alto y sus temperaturas superficiales son más cálidas que aquellas otras de los sucesivos niveles superiores. Queda pues, en clara contraposición, con el aire Tropical marítimo del que anteriormente vimos la peculiar disposición de sus características en el sentido vertical.

Todo esto nos ha llevado a adoptar una posición ecléctica con respecto a la contradictoria opinión de unos y otros autores sobre la inclusión de esta masa de aire, a modo de simple variante, dentro del grupo del aire Tropical o, o por el contrario, del aire Polar. Mantener este punto de vista por nuestra parte significa, en cierto modo, negar estas dos posturas encontradas pues con ello lo que hacemos es afirmar esta masa como un elemento independiente y distinta del resto. Efectivamente, desde nuestro modesto punto de vista, pensamos que así es: hemos observado en la Figura 8 que la disposición de las capas en el sentido vertical revela acusadas diferencias referentes al grado de influencia de las condiciones anticiclónicas es decir, al grado de estabilización, al fin y al cabo, según vimos, el aire Tropical marítimo propiamente dicho, se forma a partir del aire que desciende por efecto dinámico del Alta de Azores y también de importantes aportes de aire Polar marítimo. ¿Cuál es entonces la diferencia entre la masa Tropical marítima y la Polar marítima de retorno?. Sin duda alguna la clave reside en el tiempo de que ha dispuesto una y otra para adoptar las condiciones que impone el lugar: una tropopausa con una altura determinada y una influencia de las condiciones anticiclónicas más o menos acusada; en este sentido el aire Polar marítimo de retorno no presenta una tropopausa propia de la zona subtropical ni un grado de

---

(\*) Según FEDELABORDE de 4 a 59 °C más frío y 1 ó 2 g/Kg menos de humedad (1957 p.138).

estabilidad tan marcado.

Pero tampoco se puede incluir como una variante del aire Polar marítimo por motivos idénticos que no podemos confundir a éste con el aire Polar continental. La vía que una masa aérea adopte influye determinadamente, según hemos visto. Obtenemos entonces tres caminos del todo diferentes para el desplazamiento del aire Polar a pesar de que dos de ellos se efectúen sobre superficie marítima. No sólo podemos, sino que debemos distinguir el aire Polar marítimo del Polar marítimo de retorno, como elementos totalmente diferentes pues, en definitiva, cuando llevan una dirección enfrentada configuran una discontinuidad o frentes. No seguimos ahondando en esta cuestión ya que es el motivo central del próximo apartado:

#### E. El frente Polar.

El frente Polar atlántico es la superficie de separación de dos masas aéreas de diferente densidad y temperatura: el aire Tropical marítimo y el Polar continental. En el Atlántico la primera de estas dos masas proviene del aire que desde el Anticiclón de Azores, y más concretamente de su cara Sur, se dirige hacia el Golfo de México. Se trata, pues, de un aire con un recorrido prolongado sobre una superficie húmeda y cálida. El aire Polar que se presenta proviene del interior de América del Norte mostrando unas temperaturas muy bajas y un contenido en humedad reducido.

Es durante el invierno cuando esta discontinuidad se presenta de una forma más marcada, no sólo por las condiciones de superficie sino también por las que se desarrollan en los altos niveles troposféricos (con la Corriente en Chorro más intensa). No olvidemos que, al fin y al cabo, es en esta estación cuando los contrastes térmicos mejor se definen.

De todo lo dicho debe deducirse que es la región Occidental de este océano la que debe presentar más frecuentemente y de una forma mejor marcada este frente. En la parte Occidental de Europa la masa Tropical marítima que nos llega procede de la cara Norte del centro de Altas Presiones de Azores presentando, por ello, no sólo un índice de humedad más reducido sino además un grado de estabilidad, propio del lugar de donde se ha originado, más alto. Así mismo es el aire Polar marítimo y no continental el que suele desplazarse a lo largo del litoral Europeo.

Por todo esto, y por lo que decíamos con respecto a la masa Polar marítima de retorno, aunque "...el frente Polar Atlántico -en opinión de PETHERSEN- se extiende a menudo por el Este hasta Europa, oscila de límites am-

plios, generalmente desde las Indias occidentales a Portugal, por el Sur, y hasta los Grandes Lagos, por el Norte..." (PETTERSEN, S. 1976 p.317), no obstante lo más frecuente es que no sea realmente este frente, sino otro diferente en el que se sitúan el aire Polar marítimo y el Polar marítimo recalentado, pero no el Tropical: como dice PEDELABORDE, P. (1957 p.141) "...la aplicación de temperatura pseudoadiabática potencial al análisis de masas de aire permite distinguir el aire Tropical marítimo del Polar marítimo de retorno. La experiencia sinóptica cotidiana muestra que este FP en sentido estricto aparece muy raramente sobre los mapas de Europa Occidental. Se constata entonces que los frentes más frecuentes, sobre el Atlántico Este y sobre Europa, separan el aire Polar marítimo frío del aire Polar marítimo recalentado..."

En las ondulaciones o interpenetraciones que presentan las masas a lo largo de este frente subpolar se forman vórtices ciclónicos, denominados depresiones ondulatorias: en ellas se observan sistemas de frente cálido y frente frío, en este último el aire frío, más pesado, se mete en cuña por debajo y levanta el caliente que, procedente de la superficie marina, sube cargado de humedad. Las nubes se resuelven en lluvias sobre todo en el frente frío al encontrar el aire ascendente temperaturas más frías en su elevación y desplazamiento general hacia el Este. Estos mecanismos frontogénéticos descritos ejemplifican por tanto una principal modalidad de inestabilidad atmosférica típica de las Latitudes Medias.

Resumiendo el Frente Polar y todos los hechos que le acompañan, revela finalmente la influencia del Atlántico, aunque de una forma indirecta, es decir, a través de los enfrentamientos de las masas de aire que se han formado en su seno.

#### 1.2.1.2. El Mediterráneo

Las circunstancias que se presentan en el Mar Mediterráneo dan lugar a la configuración de un medio totalmente peculiar, incluso único, perfectamente diferenciado de cualquier otra región del Globo Terrestre. Así, su condición marítima, pero al mismo tiempo casi cerrada, le distingue del entorno continental, por un lado, y del amplio Océano, por otro: su singularidad deviene, además, de su caracterización como mar continental pues, por ello, "...posee su individualidad, su régimen propio - dice MARTONNE- determinado por la forma de su cuenca, la anchura y la profundidad de su umbral de comunicación con el océano, el clima más o menos cálido más o menos seco de sus cercanías, el relieve mismo de los continentes que lo rodean y la mayor o menor extensión de las cuencas que en él vierten sus aguas más o menos abundantes según los lugares y la estacionalidad, a veces sensiblemente infe-

rioros de lo que fuera necesario para compensar la evaporación..." (MARTONNE, E. 1964 p.425-6). Interesante es, por consiguiente, su estudio detallado pues, a través de él, podremos descubrir también una serie de características singulares del clima que nuestra área obtiene.

Para efectuar esta labor un buen camino puede ser su análisis simultaneado con el de las diferencias existentes con respecto al otro conjunto marítimo que interviene en Andalucía, el Atlántico. Dicho análisis tendrá en cuenta, especialmente, aspectos tan trascendentales como la posición, características propias y el funcionamiento o mecanismos de expansión de dichas características.

En este sentido podemos señalar, en primera lugar, la contigüidad de nuestra área con respecto al Mediterráneo. Se puede observar como el litoral del Sudeste hispano se ve bañado exclusivamente por el Mar Mediterráneo, hecho éste que debe traducirse en una influencia no sólo indirecta, a través de las masas de aire que llegan a Andalucía cruzando el mencionado mar, sino también directas, al quedar una gran parte de nuestra superficie en el seno de éste ámbito.

Sin embargo, un segundo hecho parece manifestarse en contra de los efectos que la contigüidad impone o, al menos, debiera imponer: la tendencia "normal" de los movimientos atmosféricos de desplazarse hacia el Oeste. Según vimos con anterioridad, a la altura de los 500 o, mejor aún, de los 300 mb., en los mapas de presiones medias para periodos de un año o más, se observa esa preeminencia de los vientos de Poniente; en superficie, así mismo, se nota que "...a una y otra parte de las altas presiones subtropicales, por lo menos en los océanos donde aquellas son casi permanentes, se establece una doble circulación zonal de oeste a este en las zonas templadas, que consiste en los vientos del oeste, o westerlies según los marinos ingleses, y en los que van de este a oeste en la zona intertropical, conocidos como alisios o trade-winds..." (VIERS, G. 1975 p.74). Cuando el flujo de este cuadrante es marcado, la acción mediterránea se ve no sólo disminuida en efectividad sino, además, en cuanto a su radio de acción. Debemos esperar situaciones que podríamos denominar "anormales" en las que los westerlies se vean sustituidos por otro viento de dirección más propicia; una vez más se demuestra, por todo este conjunto de hechos, que un estudio de tipo dinámico debe imponerse al de tipo estático si queremos comprender todos los procesos más o menos "anormales" que en nuestro clima juegan un trascendente papel durante periodos de tiempo más o menos cortos.

Esto explica, haciendo extensible la afirmación de ALBERTOSA (1975 p.13) sobre Cataluña a nuestra región, que "...la cuenca del Mediterráneo Occidental, a pesar de

su posición desfavorable con respecto a Cataluña y en relación al sentido de la circulación general zonal, constituye un factor de notable importancia para la meteorología regional, puesto que, en relación con este mar se producen los fenómenos más violentos y la mayor parte de las lluvias...".

Antes de ahondar en cómo se efectúa la intervención del Mediterráneo sobre nuestra área geográfica es conveniente especificar cuales son sus características internas más esenciales de las que, en definitiva, somos partícipes.

Se nos manifiesta el Mediterráneo como una región de gran importancia en relación a Andalucía Oriental ante todo por su superficie total que llega a alcanzar los 2966000 Km<sup>2</sup>. A pesar de todo, dicha extensión es ciertamente, pequeña si la comparamos con la del Atlántico; por ello existen unas menores diferencias latitudinales entre sus puntos septentrionales y meridionales. Esto, unido a la inexistencia de grandes movimientos marinos y a la ausencia de una comunicación profunda con el Atlántico (200 m en el Estrecho de Gibraltar), explica la homogeneidad que puede contrastar claramente con las diferencias que el Atlántico presenta con graves consecuencias en lo que a nuestro clima respecta según vimos con anterioridad.

La ya aludida extensión reducida y la falta de una amplia comunicación con las aguas oceánicas tiene otros efectos. Uno de ellos, quizás el más importante, el que muestra de forma más manifiesta la singular entidad de esta cuenca marina, es el de su caldeamiento importante. Gracias a ello el Mediterráneo se caracteriza como un mar cálido. Según PEGUY, P. (1970 p.100-1) "...los mares pueden encontrarse anormalmente fríos o cálidos, sea en superficie o sea en toda su masa. El ejemplo más característico está constituido por el Mediterráneo: Se sabe que este mar debe a la débil profundidad del Estrecho de Gibraltar la conservación de una temperatura constante cercana a 13º . hasta los fondos que pasan los 4000 m...". No obstante esta característica peculiar y, según veremos, decisiva, es debida además al clima ciertamente caluroso que la zona debe sufrir no sólo por la luminosidad sino además por la presencia de condiciones anticiclónicas más o menos continuas. "...Se trata de un mar templado situado en la zona subtropical..."(MARTONNE, E. 1964 p.426). La frecuencia con que este centro rector hace acto de aparición provoca, por un lado, una estabilidad dinámica con subsidencia y recalentamiento del aire que se ve obligado a descender hacia las capas más bajas; por otro lado, dá lugar a una gran abundancia de horas de sol (por la gran cantidad de días despejados que se cuentan de este modo) y "...consecuencia de la insolación -dice LORENTE- es naturalmente la temperatura..."(LORENTE-

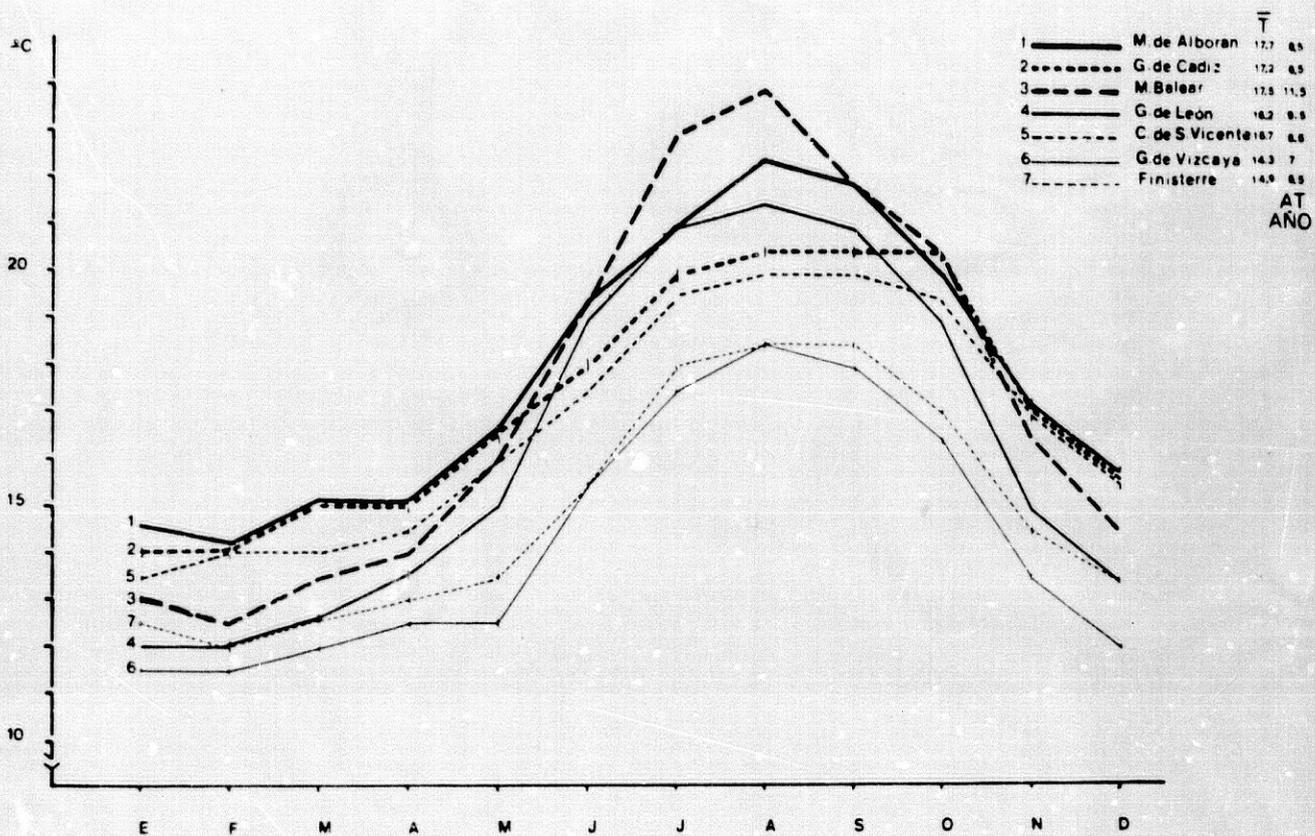


Figura 9.: Temperaturas mensuales medias del mar en Alborán, Finisterre, C.S.Vicente, Golfo de Cádiz, Mar Balear y Golfo de León. Abajo se dan algunos valores térmicos del Mar de Alborán.

FUENTE : CASTILLO REQUENA (1981), ZABALETA VIDALES (1976) y METEOROLOGICAL OFFICE (1962).

Temperaturas medias (T)	Temperaturas medias Máximas (T. Max.)	Temperaturas medias Mínimas (T. Min.)	Amplitud Térmica media (AT = T. Max-T. Min)	MESES
14,5	16,2	13,0	3,2	ENERO
14,0	16,0	12,5	3,5	Febrero
15,0	16,2	13,2	3,0	Marzo
15,0	16,7	13,2	3,5	Abril
16,5	19,5	15,5	4,0	Mayo
19,5	22,2	17,2	5,0	Junio
21,0	24,0	18,5	5,5	Julio
22,5	26,5	21,0	5,5	Agosto
22,0	24,7	18,7	6,0	Setiembre
20,0	22,5	18,0	4,6	Octubre
17,0	20,0	15,5	4,5	Noviembre
15,5	17,2	13,2	4,0	Diciembre

TE, J.M. 1946 p.220). Debemos acudir, además, a otros hechos, tales como el relieve de los continentes que los rodean, para explicar la presencia de estas tibias aguas. Así HESSINGER (1949 p.61) reconoce en esta situación del Mediterráneo "...separado del Norte de Europa por los Pirineos, los Alpes y otras montañas..." un factor de primer orden que sirve de base explicativa no sólo a las características que estas aguas tienen sino, además, al carácter de su clima en general.

Efectivamente, dicha topografía sirve de barrera a las frías masas invernales que se originan en el continente europeo. Como afirman PEDELABORDE Y DELANNOY (1958): Cuando los anticiclones del Danubio o rusos no corresponden más que a un efecto superficial de densidad (centros térmicos de 2 a 3 kilómetros), sus masas heladas no llegan al Mediterráneo abrigado por el relieve. Durante este período de tregua el tibio aire Mediterráneo puede elaborarse.

Resumiendo, las condiciones dinámicas atmosféricas que, bajo el dominio de la cúpula anticiclónica subtropical, cuya presencia es frecuente, impide toda trasgresión fría de Latitudes más septentrionales, y las condiciones topográficas, configurando una barrera que es infranqueable para el superficial aire frío europeo, se unen para determinar un efecto de "abrigo" propicio al caldeoamiento del agua.

Todos estos fenómenos enunciados justifican esa adjetivación (que en nuestra opinión tiene bien merecida) de "cálido mar". De hecho, a igual latitud, la costa mediterránea es siempre más cálida que la del Atlántico, excepto en Invierno. Se trata de un efecto local (debido a las irrupciones de aire frío que desembocan en el Golfo de Lyon) que afecta, sobre todo, a los ámbitos septentrionales situados al Norte del paralelo 45º que afecta, principalmente el litoral catalán (ver Fig.7).

Igualmente, para resaltar esta característica aludida es interesante ver la Fig. 9, donde se representa la marcha térmica del mar a lo largo del año. Se nos manifiestan unas temperaturas elevadas cuyo máximo se alcanzan en Agosto. Igualmente se puede apreciar cierta disimetría Primavera-Otoño debida (igual que en el Atlántico) al gran poder de retención del calor del agua, muy superior al de la tierra.

Finalmente no sólo se trata de una gran masa cálida sino, además, de una inagotable reserva de vapor. En relación al Atlántico podemos decir que el mar Mediterráneo es capaz de proporcionar una mayor humedad al aire que se presenta sobre superficie. Ello se puede explicar fácilmente por el hecho de que a una mayor temperatura en el medio aéreo existe también una mayor capacidad higró-

métrica. Resumiendo, el Mediterráneo no sólo es capaz de provocar una temperatura más alta en el aire sino, además, de dotarlo simultáneamente de un mayor contenido en vapor que las aguas atlánticas (ver fig. 10).

Llegado este punto de la cuestión es preciso comentar cuál es la trascendencia de todos estos hechos (contigüidad, temperaturas más altas, humedad...) en el clima de Andalucía. Es decir, debemos pensar a través de qué mecanismos estos fenómenos observados toman una participación activa en nuestro clima. El estudio de dicha actuación lo vamos a llevar a cabo diferenciando dos niveles de análisis:

A) Mecanismos que transmiten la influencia de las características del mar latino indirectamente.

B) Mecanismos que llegan a posibilitar una actividad completamente directa.

Veamos unos y otros:

#### A. Las masas de aire en la convergencia mediterránea

Las masas de aire que se deslizan sobre la superficie del mar latino encaminándose hacia nuestra posición representan el primer tipo. Dichas masas son, fundamentalmente:

-Aire Polar continental y Ártico continental.

-Aire Tropical continental.

-Aire Tropical marítimo.

-Aire Polar marítimo de retorno.

En cuanto a las masas primera y segunda debemos decir que son las que más importancia tienen como catalizadores de la influencia mediterránea sobre Andalucía debido a un trayecto marítimo obligado más prolongado y más frecuente. A continuación vamos a ver a nivel general estos procesos, resultado de la interacción entre masas de aire y masas de agua; posteriormente, cuando estudiemos los continentes: Africano y Europeo, particularizaremos la influencia del mar latino en uno y otro caso.

Durante la época que media entre Otoño y Primavera los flujos que se deslizan sobre él son fríos ya que entonces el medio continental, del que son originarios, presenta una temperatura menor que el marino, hecho este que se agrava cuando consideramos que se trata de un mar especialmente cálido. Además dichos vientos suelen proceder de regiones más septentrionales lo cual queda propiciado con una mayor asiduidad por el tipo de circulación atmosférica que se presenta.

Es en esta época cuando la influencia Mediterránea se deja sentir de una forma más clara e, incluso, espectacular en el clima y más concretamente en las precipitaciones. ¿Cómo? Veámoslo.

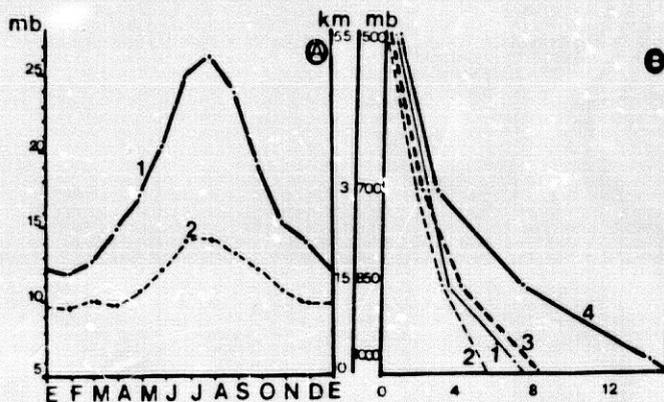


Figura 10.: Riqueza hídrica y fuerte capacidad pluviométrica del aire en el Mediterráneo.

En el gráfico de la Izquierda (A) se expresa la variación anual de la tensión media de vapor de agua (en mb.), donde:

1. Hace referencia a la isla de Ibiza.
2. Representa la área de Irlanda.

En el gráfico de la derecha (B) se expresa la distribución vertical de la humedad (g/Kg de aire seco), donde:

1. Es el aire Mediterráneo en Enero.
2. Es el aire Polar Atlántico en Enero.
3. Es el aire Polar Atlántico en Julio.
4. Es el aire Mediterráneo en Julio.

FUENTE : HERIN Y TRZPIT "La génesis de la crecidas en la Cuenca del Mediterráneo".

Las masas continentales frías y secas se van recalentando por su base, debido a la presencia de unas temperaturas más altas en la superficie de esta nueva área que debe cruzar. De aquí se deduce una primera consecuencia: la masa aérea se va inestabilizando al presentar una estratificación aerológica vertical anormal, donde el aire inferior es más ligero y presenta una tendencia a ascender ya que en los niveles superiores encuentra unas temperaturas más frías de lo corriente. Esta tendencia puede cobrar una importancia capital cuando vá unida a los efectos de otros dos hechos: la existencia de humedad y la presencia de una dinámica atmosférica ciclónica.

En cuanto a la humedad podemos decir que tiene claras implicaciones con las precipitaciones por dos motivos, el primero de ellos resulta muy evidente ya que cuanto mayor sea el contenido en humedad de una masa de aire más importantes serán los procesos de condensación y más cuantiosas las precipitaciones. En este primer sentido es vital la presencia del Mediterráneo en los flujos continentales que sobre nuestra zona soplan. En segundo lugar tiene también repercusiones sobre nuestro clima porque, bajo las condiciones de humedad que posibilita este mar es más propicio el desarrollo de la inestabilidad atmosférica: la ascensión de una partícula de aire se vé más facilitada en el caso de que ésta sea húmeda pues entonces su elevación no sólo es posible cuando el gradiente térmico vertical atmosférico presente inestabilidad absoluta sino, además, cuando éste se encuentra comprendido entre los gradientes adiabáticos del aire seco y del aire saturado (inestabilidad selectiva). En palabras de BARRY Y CHORLEY (1972 p. 103): en estos casos "...el desarrollo de la inestabilidad depende de la humedad relativa del aire...".

El Mediterráneo es propicio, según todo lo dicho, al desencadenamiento de la inestabilidad sobre las masas que se presentan en la época fría: ya que la carga higrométrica del aire queda regulada en primer lugar por la temperatura, el aire puede contener más vapor cuanto más cálido sea, y, en segundo lugar, por la presencia de una amplia fuente susceptible de proveer de vapor y calorías para mantener una evaporación prolongada. Como dicen HERIN Y TRZPIT (1975 P.778) "...el dominio mediterráneo cumple estas dos condiciones. Los valores medios de la humedad atmosférica como los radiosondeos concretizan paralelamente la fuerte capacidad pluvial del aire que baña el Sudeste de la Península Ibérica...", esto se puede ver claramente en la ya citada fig. 10.

Sin embargo queda aún una condición determinante para que las masas de aire que cruzan el Mediterráneo puedan desarrollar sobre Andalucía la influencia que han recogido de aquél y transportan en su seno:

Aunque por su temperatura y humedad éstas se muestran como inestables y propicias a producir lluvias, no obstante un último hecho es el que decide finalmente: la presencia de una circulación atmosférica ciclónica que es "...condición previa al desencadenamiento de precipitaciones abundantes, la riqueza hídrica del aire mediterráneo resulta solamente un factor potencial..." (HERIN, R. y TRZPIT, J.P. 1975 p.79). Es importante señalar al respecto que sobre todo las masas frías que provienen del continente europeo son más propicias a la presencia de este último factor; esto es así porque toda corriente que sufra un desplazamiento Norte-Sur se vé obligada a desviarse hacia su derecha hasta un límite en que regresa a su posición de origen describiendo un giro ciclónico. En palabras de PEDELABORDE y DELANNOY (1958 p.36) se explica por: 1. la variación enorme del torbellino propia del planeta, entre la cuenca polar y el paralelo 35 grad.; 2. la ascendencia termodinámica o frontal por la llegada del aire frío en el seno de aire tibio.

Antes de finalizar queremos, para valorar aún más el protagonismo que este último factor tiene, examinar las circunstancias (distintas) que se presentan durante la estación estival:

Durante el Verano, tal y como advertíamos, el agua se comporta con respecto a la tierra como una masa fría. Los conjuntos aéreos que intervienen, en esta época sobre nuestro clima suelen ser masas cálidas (Polar continental y Tropical continental) que sufren de este modo un enfriamiento y un humedecimiento por sus capas inferiores, es decir, aquellas que han mantenido un contacto directo con la superficie del mar. De esto se deducen una serie de consecuencias termométricas, higrométricas...Al respecto podemos decir que el Mediterráneo se comporta como un estabilizador de los flujos aerológicos que sobrevuelan por encima de él. Pero a esta actividad "estabilizadora" del Mar Latino sobre el aire de superficie, se impone la de la circulación del Jet a través de los altos niveles troposféricos. Cuando se presenta allí un flujo ciclónico y una determinada temperatura (\*) entonces esa misma masa superficial se comporta tal y como vimos en el caso del Invierno, como inestable.

Resumiendo, bajo este primer tipo de mecanismos, la cuenca Mediterránea se comporta de forma diferente a como lo hace según el modo que a continuación exponemos pues en este aspecto "...no es el mar Mediterráneo una fuente

---

(\*) Según pudimos comprobar en nuestro estudio sobre el comportamiento de la gota de aire frío (citado con anterioridad) durante el verano las temperaturas han de mantenerse al nivel de 500 mb por debajo de los -12 grad. C.

de masas de aire sino una zona de convergencia; pero los caracteres térmicos y la forma cerrada de la cuenca, en gran parte rodeada de montañas, modifican las masas de aire que llegan allí las cuales se hacen húmedas, en invierno se calientan las frías y en verano se refrescan las cálidas..." (LOPEZ GOMEZ, A. 1970 p.153).

#### B. La masa de aire Mediterránea

Sin embargo otras veces no es una masa de aire exterior la que desencadena una serie de consecuencias sobre nuestra Región al haber sido influenciada por las características del agua mediterránea, sino que es el aire que se encuentra sobre el mismo Mediterráneo el responsable de hechos más o menos similares a los que producían las masas de aire mediterraneizadas que llegaban a nuestra superficie. En estas ocasiones, el flujo en superficie o proviene del mar latino o no existe flujo marcado de ningún otro sitio, es decir, que el aire que juega en el tiempo es el que allí mismo se encuentra el cual, en muchas ocasiones, ha llegado a poder constituir una masa de aire bien diferenciada: la masa de aire Mediterránea. Con esto entramos de plano en la polémica que versa acerca de su existencia o inexistencia: la Masa de aire Mediterráneo.

A partir de ciertas anomalías observadas en los radiosondeos que se efectúan en el archipiélago Balear, comenzó la especulación (más fundada) sobre la posibilidad de que existiese una masa aerológica diferente a las que en las clasificaciones anteriores se podían encontrar. Según los autores que han hecho investigaciones al respecto y mantienen su existencia, a nuestro modo de ver con argumentos suficientemente válidos, se caracteriza la siguiente forma:

Según FONT TULLOT (1943) las distintas masas de aire extramediterráneas sufren al llegar a esta cuenca una serie de modificaciones en el mismo sentido. Los resultados de esta investigación y la labor propia permitieron a JANSÁ GUARDIOLA (1953 p.47) afirmar "...Es opinión nuestra que la masa de aire mediterránea pueda producirse indistintamente a partir de cualquiera de las masas extrañas, aunque mediante procesos físicos distintos y aún tal vez inversos; esto significa que el resultado final de la evolución ha de ser una curva característica común para todas ellas, que debe considerarse como curva característica de la masa de aire mediterránea..."

A continuación exponemos cuál sería la estructura hipotética de esta masa (JANSÁ GUARDIOLA, J.M. 1953 p.47).

Presión mb    Altura dinámica m    Temp.equiv.potencial %C

1000	0	39,4
900	840	36,6
800	1773	35,6
700	2800	36,2
600	3956	38,8
800	5323	40,1

A pesar de todo, según FEDELABORDE (1970 p.146), a nivel global se puede afirmar que "...El Mediterráneo no es una región manantial de masas de aire. Es, por el contrario una zona de convergencia...". A esta taxativa afirmación nosotros preguntaríamos: ¿Qué manantial de cualquier cuerpo aerológico (Polar marítimo, Tropical marítimo...) no es a su vez zona de llegada de otras masas atmosféricas? Es un hecho claro que el aire Polar marítimo, por ejemplo, se crea a partir de "algún otro flujo" (según veíamos del Polar continental Canadiense o Artico marítimo).

Cuando el aire Polar o el Tropical llegan a esta región son modificados tal y como veíamos en el primer tipo de mecanismos. Pero, al permanecer dichas masas estancadas durante el tiempo suficiente bajo unas condiciones aerológicas propicias (tales como las anticiclónicas), comienza un proceso de elaboración del aire mediterráneo, del cual hemos mostrado sus características más importantes. Según el METEOROLOGICAL OFFICE (1962 p.8) el origen del aire mediterráneo es principalmente Polar, el cual ha ocupado la Cuenca del Mediterráneo el tiempo suficiente para adoptar las características especiales al asociarse a esta región.

Resumiendo se trata de un cuerpo aerológico debido a una serie de procesos de formación y maduración. Finalmente en cuanto a su desaparición, tercera y última fase en el proceso evolutivo de toda masa de aire, no está claro como dice JANSÁ (1959 p.49-50) "...De momento no se puede ahondar mucho en el problema por falta de datos. La destrucción de las masas de aire nunca tiene lugar en su manantial sino lejos del mismo y en realidad no afecta a la meteorología de la región. Se trata de contestar a la siguiente pregunta: ¿Cómo se comporta el aire mediterráneo al llegar a otros lugares? a falta de respuesta cuantitativa no será superfluo señalar algunas generalidades que puedan servir de pauta para ulteriores investigaciones (...) el escaso espesor de la masa de aire mediterráneo y el régimen anticiclónico en altura bajo el cual tiene que producirse la evacuación, la obligan a escurrirse a través de los portillos de invasión, dependiendo la preferencia que puede resultar en favor de uno u otro de la situación sinóptica; en particular de la posición relativa del centro depresionario más próximo. Por otra parte, si la evacuación tiene lugar por la orilla Norte, la masa habrá de funcionar como masa cálida

con estabilidad creciente, mientras que si sale por las vías de la orilla Sur se comportará como masa fría de creciente inestabilidad. Además, siendo pequeña como es la diferencia que la separa del aire atlántico subtropical, seguramente no podrá reconocerse su origen específico al cabo de un recorrido bastante breve. Finalmente, una vez destruido el confinamiento a que la topografía especial de la cubeta mediterránea le tenía sometido, y considerando su volumen efectivo en comparación con las grandes masas que juegan en la dinámica atmosférica es muy pequeña, el aire mediterráneo puede ser absorbido rápidamente por cualquier otra masa troposférica con la que vaya a mezclarse...".

Pero si nosotros aceptamos los argumentos que pretenden demostrar su existencia ¿Qué consecuencia tiene esta masa de aire en nuestro clima?

En primer lugar, tal y como se deduce de la anterior cita, esta masa aérea, cuando se dirige hacia Andalucía, por ocupar una posición meridional en relación a su lugar de elaboración normal, se comportará como inestable.

En segundo lugar, por ser una masa eminentemente superficial (2000 m. solamente de altura), su inestabilización depende fundamentalmente de las condiciones que se presenten en la circulación atmosférica de los altos niveles troposféricos (movimiento ciclónico o anticiclónico). Cuando estos son favorables a la inestabilidad, pero sólo entonces, hemos podido comprobar que se producen lluvias. Lo que ocurre es que estos fenómenos son difíciles de diferenciar de otros que pueden ser obtenidos por los otros mecanismos a nivel global. Esto nos demuestra algo que dijimos con anterioridad: son las condiciones de altura las que se imponen. Siendo esto así, efectuar una diferenciación tomando como base las condiciones atmosféricas de superficie puede parecer peligroso. No obstante la discusión de estos hechos la emplazamos para el capítulo dedicado a tipos de tiempo.

En tercer lugar, se trata de una masa cálida y con un contenido en humedad bastante alto, sobre todo en Verano-Otoño; estos hechos que, por otro lado, hemos comentado de forma genérica anteriormente, tienen su importancia no sólo por cuanto pueden afectar de manera directa a importantes sectores de Andalucía sino, además, porque el aire mediterráneo puede afectarnos poniéndose en contacto con otros cuerpos aerológicos y dando lugar a procesos atmosféricos para los cuales el contenido en vapor y la temperatura son ciertamente importantes. Estamos hablando del fenómeno de labilidad bien vertical (casos de Gota fría) bien por yuxtaposición en un plano horizontal entre dos masas de aire (frontogénesis); al examen de esto último nos vamos a dedicar a continuación.

### C. Frontogénesis en el Mediterráneo.

Hemos visto hasta ahora como la influencia del Mediterráneo se deja sentir a través de los mecanismos A) y B). No obstante, dijimos también que dicha influencia era, en todo momento, dependiente de las circunstancias que se presentasen en los niveles troposféricos superiores.

En otras ocasiones las peculiaridades superficiales del mar latino se enfrentan a las de otras regiones. Se conforman de esta manera una serie de oposiciones frontales presentándose principalmente en las capas atmosféricas más superficiales, cuyo interés en nuestro estudio es indudable. Si antes dijimos que sobre las condiciones propias del Mediterráneo ejercía una acción tiránica la circulación de altura, debemos reconocer que su acción no es menor con respecto a estas consecuencias frontogenéticas internas, cuyo análisis comenzamos a continuación. En este sentido dicen PEDELABORDE y DELANNOY (1958) "...esta discontinuidad prolonga el FAL pero no desarrolla procesos iguales. El contraste térmico se establece entre el aire Atlántico y el Mediterráneo (...). La convergencia de vientos es debida a las descargas polares que casi no llegan a Gibraltar durante la estación cálida. La experiencia sinóptica nos ha demostrado que las ciclogénesis más frecuentes del verano, sobre el borde oriental del Atlántico se desarrollarían a lo largo de Portugal o sobre España y no sobre el FAL (...). Durante el invierno, por el contrario, las coladas frías llegan algunas veces a Port-Etienne e incluso a Dakar. Pero las ondulaciones del FAL no sobrepasan Marruecos pues el anticiclón de Azores, reforzado al E., constituye entonces un obstáculo a su progresión hacia el N...".

En segundo lugar tenemos que hablar de situaciones en las que el frente que se configura sobre el mar latino es una prolongación del frente Polar principal. Con ello volvemos a tratar el tema del frente Polar: pensamos que es esto conveniente porque hay una serie de importantes diferencias según se presente sobre la superficie Atlántica o la Mediterránea. A lo largo de un frente que se prolongue desde uno a otro sitio encontramos en el segmento que se presenta en el mar latino un enfrentamiento de masas que provienen de los conjuntos continentales. Así "...a lo largo del segmento Atlántico, las masas de aire polar y subtropical son de origen marítimo; a lo largo del segmento Mediterráneo son de origen continental sobre todo la del Norte; el Mediterráneo actúa de moderador y suministra vapor de agua principalmente a la masa cálida..." (JANSA GUARDIOLA, J.M. 1962 p.251). Esta cita ilustra muy bien lo que constituye el punto central del estudio de este factor geográfico: cómo las características del mar latino dan lugar a peculiaridades ciertamente singulares, según venimos comprobando. Pero, al respecto, no sólo nos interesa ver las diferencias Atlántico-Medi-

terráneo: es preciso hacer notar otro hecho fundamental en el que este medio tiene un papel fundamental: las propiedades térmicas e higrométricas actúan además reactivando las borrascas incluidas en la discontinuidad frontal ya envejecidas al llegar al presente mar.

La frecuencia con que suele aparecer este frente está especialmente marcada durante el invierno, época en la que se permite un descenso tan meridional al Jet en régimen zonal (asociado a dicho frente) por el gran retraimiento que ahora observamos en el Cinturón de Altas Presiones Subtropicales que siguen la aparente marcha oscilatoria del astro solar.

En tercer lugar podemos hablar de una superficie de contacto que es debida a las diferencias, especialmente acentuadas en las estaciones frías, entre el aire tibio del Mediterráneo y la masa continental cuyas temperaturas descienden considerablemente durante esta época, como dice LOPEZ GOMEZ (1955 p.209): "...las perturbaciones extratropicales (...) se originan cuando el aire frío continental llega a una región marina o continental relativamente cálida: por ejemplo en invierno el Mediterráneo (...), por ello los frentes son más activos en estas épocas...". Tenemos de esta forma una discontinuidad aerológica entre aire subtropical "...que con frecuencia se puede identificar con la masa de aire mediterránea..." (JANSA GUARDIOLA, J.M. 1962 p.252), especialmente cálida y húmeda por todas las razones ya aludidas con anterioridad, y aire Polar continental de Centroeuropa o bien del interior de la Península pues la masividad de ésta actúa como un minicontinente de tal modo que se enfría con rapidez por irradiación en esta época del año, al mismo tiempo que las aguas superficiales mediterráneas conservan una alta proporción del calor adquirido en la época estival. Estos contrastes se traducen en una línea de discontinuidad aerológica que suele reforzarse o activarse cuando el frente polar Atlántico atraviesa nuestra Península alcanzando la Cuenca Mediterránea; de hecho, según afirma JANSA GUARDIOLA (1962 p.252) los temporales invernales del Mediterráneo son en una gran proporción perturbaciones típicas del Frente Polar.

La diferencia entre este tipo de frente y el anterior es interesante de analizar pues se refiere al hecho de que, aunque pueda existir una superficie frontal en el Atlántico y otra en el Mediterráneo no son continuas al estar separadas por una dorsal. En otras ocasiones la independencia es total pues la única discontinuidad apreciable aparece en este mar únicamente. Se trata consiguientemente de un frente que, aunque en muchas ocasiones se configure a partir de la presencia previa del frente Polar Atlántico (segundo tipo visto) o bien de una depresión única centrada en el anterior del Mar Latino, no obstante llega a alcanzar suficiente independencia como

para denominarlo frente Mediterráneo en sentido estricto.

Finalmente otros autores llegan a hablar de un segundo frente Mediterráneo cuando se establece una superficie de contacto entre la masa aérea tibia y el aire fresco del continente africano durante el Invierno. Esta discontinuidad también se denomina frente Sahariano.

### 1.2.2. Los conjuntos continentales

El medio terrestre presenta ocasionalmente unas características de masividad (continentalidad) que dan lugar a la configuración de importantes propiedades cuya acción es decisiva sobre el clima propio o sobre el de las zonas más o menos periféricas. En el caso concreto de Andalucía la presencia de grandes masas de tierra no falta, según comprobaremos a continuación. Nos interesa ver las repercusiones que, a nivel climatológico, impone su posición contigua a Andalucía. Estas se pueden deducir fácilmente cuando hacemos ciertas consideraciones sobre las características a las que anteriormente aludíamos.

En primer lugar debemos tener en cuenta el gran enfriamiento y recalentamiento que puede este medio alcanzar con una relativa rapidez debido al mencionado hecho de su calor específico y, además, porque "...la capacidad conductiva de los océanos es mayor que la de las masas de tierra firme. Por esta razón, la variación anual de temperatura es muchísimo más pequeña sobre los océanos que sobre los continentes..." (PETTERSSON, S 1976 p.274). Se comprende por todo esto las amplitudes térmicas anuales tan exageradas en relación al mar: a modo de ejemplo pueden observarse tales hechos en los valores térmicos referentes a diversos observatorios situados a una latitud similar pero a una longitud diferente, de modo que se ven cada vez más en el interior del citado medio:

Utrecht presenta una oscilación térmica anual de...	15,5 %C
Berlín.....	19,0 %C
Varsovia.....	22,0 %C
Nikolaewskoe.....	34,0 %C

(Ver MILLER, A.A. 1975 p.259).

Por otro lado, el continente se define como un medio poco húmedo, en ocasiones decididamente seco pero, en uno y otro caso, siempre con posibilidades de proveer una cantidad de vapor menor que el medio marino. La existencia de cuencas fluviales, regiones lacustres, grandes extensiones de vegetación, suelos propicios, etc...puede compensar relativamente los problemas del déficit higrométrico pero no solucionarlo, al menos en los casos a cuya consideración nos sometemos.

En conjunto, podemos decir que las masas de aire que se vean obligadas, por su trayectoria, a deslizarse por

cualquier continente sufrirán un desecamiento más intenso que si se desplazasen sobre el mar. Además dichas masas serán sometidas a una acción térmica de tipo dualista, es decir, según se trate del caluroso Verano o del gélido Invierno, comunicándonos así los rigores climáticos que este tipo de medio presenta. Nos proponemos analizar, a continuación, el comportamiento del medio continental particularizado en casos concretos:

#### I.2.2.1. El Continente Africano

El conjunto Africano es una unidad física global tradicionalmente aceptada; no obstante, de ella, a nosotros nos interesa exclusivamente la árida parte Septentrional, zona que es la que concretamente se deja sentir sobre el clima en general de Andalucía de una manera más clara quizás debido, según señala CABO ALONSO (1975 p.57), a la proximidad la cual "...hace que repercutan en la Península o se extiendan hasta aquí, las situaciones que se originan allá...", situaciones éstas referidas, fundamentalmente, al aspecto termométrico, si bien con otras claras implicaciones que en su momento especificaremos.

Tal y como venimos haciendo hasta ahora, examinaremos a continuación la forma real en que se deja sentir sobre el conjunto Bético/Guadalquivir la presencia del ámbito norteafricano o, lo que es igual, la forma en que las características de aquella región son transmitidas hasta Andalucía. Nos referimos al análisis del aire Tropical continental que presenta dos trayectorias diferentes:

A. por el Atlas-Mar de Alborán; comportándose como un auténtico flujo sahariano.

B. por el Canal de Sicilia, llegándonos con trayectoria del Este.

##### A. Aire Tropical continental (T.c.)

El manatíal de este cuerpo aerológico "...ocupa -según PETERSSEN- la mayor parte del Norte de Africa. La tierra está muy seca, y la circulación es anticiclónica pero de intensidad débil. Es acentuada la subsidencia en lo alto, y el aire está relativamente seco a través de una capa profunda..." (PETERSSEN 1976 p.293). Tiene pues un origen dinámico idéntico al del aire Tropical marítimo al quedar bajo la acción del Cinturón Subtropical de Altas Presiones.

Esta masa, elaborada sobre el Septentrión africano tiende a extenderse hacia el exterior a través de una serie de puntos de fuga de los cuales nos interesa, en relación a Andalucía, en primer lugar:

A) A través del Norte de Argelia y Marruecos, descendiendo por el Atlas, se trata del flujo Sahariano. Su

trayecto sobre el mar es muy corto motivo por el cual las características nos llegan muy poco modificadas: durante el Verano los extremos valores que en el aspecto térmico presenta su región de origen en relación a la nuestra (debido a su posición latitudinal inferior, así como a su mayor entidad como continente) y el recalentamiento y desencamamiento a que se ve sometida, cuando desciende por el Atlas, nos llegan plenamente. La influencia marítima no se deja sentir, por tanto, en un grado lo suficientemente amplio por el aludido factor de la cortedad del recorrido por superficie marina: no obstante, a ello se suma otro motivo que viene a reforzar el anterior hecho.

Nos referimos a que cuando este aire nos llega lo hace con una temperatura excesivamente alta que contrasta con aquella otra del aire marino superficial o pelicular; esto impide, en principio, una toma de contacto directa con el mar y con sus características dulcificadoras. Según FONT TULLOT (1943) ese aire fresco que se desarrolla sobre la superficie marítima supone una oposición eficaz a la invasión cálida descrita. Según esto, en la zona costera de Andalucía serán las estaciones que se encuentren por encima de dicha capa pelicular marítima las que primero noten la llegada del cálido aire sahariano. Para demostrar esto que queremos decir, podemos hacer referencia a los acontecimientos que se desencadenaron a lo largo de los días 14-19 de Julio de 1978 (RIVERA, A.M. 1978) cuando se produjo una de las olas de calor más importantes en nuestra área costera durante lo que va de siglo; entonces la existencia de esa superficial barrera fría supuso un elemento fundamental en el desarrollo de la misma.

La influencia africana es en muchos casos evidente, incluso fundamental, para nuestro clima; algunas de las características climáticas de Andalucía no son explicables más que en función suya. La citada masa de aire no hace más que transmitir a nuestra región, de una forma más o menos fiel, lo que ocurre allá en su lugar de origen. En este estado de la cuestión es preciso que efectuemos el siguiente planteamiento: ¿Qué acontece en el Sahara?:

Durante el Verano se desarrolla una depresión térmica, es decir un área barométrica de bajas presiones superficiales, debidas a un efecto geográfico (\*), sometidas en los niveles superiores a las condiciones que impone una circulación anticiclónica. El flujo que, procedente de este ámbito, llega hasta nuestra posición, nos transmite perfectamente esas circunstancias originarias ya que es un aire térmicamente inestable aunque no diná-

-----  
(\*) Ver el aparatado correspondiente a la Depresión Térmica Sahariana.

micamente, por la presencia, en altura, de un dorsal. A pesar de todo, en ciertas ocasiones el flujo norteafricano sólo es superficial y está bajo el dominio en altura de un vórtice ciclónico o una vaguada: entonces se posibilitan movimientos ascensionales de gran importancia y trascendencia, que dan lugar a precipitaciones más o menos violentas, tormentas, etc... (METEOROLOGICAL OFFICE 1962 p.22) a pesar de ser un aire seco. En ocasiones la influencia del continente vecino sobre nuestras precipitaciones, por ejemplo, queda señalada o "tintada" por la presencia de partículas de polvo en suspensión, procedente del Desierto Sahariano, las cuales provocan lo que se conoce como "lluvias de barro". Como dice LOPEZ GOMEZ (1959) (\*) "el aire tropical continental del Sahara, muy cálido y seco puede llegar en verano, con alta temperatura y polvo en suspensión, el cual, en caso de tormentas, da lugar en el Sudeste a "lluvias de fango", de color rojizo, llamadas "de sangre" en algunos lugares..."

En Invierno las características del aire sahariano (Tropical continental tipo a.) no son muy diferentes de las del aire Tropical continental tipo b por tanto las veremos al final ambas juntas.

B) Vimos una primera trayectoria de este cuerpo aéreo; pero el aire Tropical continental puede asimismo llegar-nos a través del Canal de Sicilia (JANSA GUARDIOLA 1959). En este caso la influencia del Mediterráneo está más marcada; gracias a ello queda dotado en Verano de gran contenido en humedad y una suavización térmica más pronunciada, hasta el punto de que adopta unas características similares a las del aire típico mediterráneo. "...En su región de origen esta masa de origen es cálida y seca (...) pero cuando se desplaza sobre el Mediterráneo se enfría y la humedad aumenta (...) una inversión por encima de los 900 mb con aire humedo en superficie (...) desarrolla nieblas con rápida disipación matinal por el aumento de las temperaturas. Este estrato bajo es común durante los meses de verano al delta del Nilo (...) en la costa oeste del desierto en Libia, el Canal de Alborán y Gibraltar (...) si el aire tropical continental se mueve rápidamente sobre el mar, hay una mezcla más vertical y la inversión es más débil. En este caso el aire permanece relativamente seco, caliente y con polvo durante largas distancias en el mar ..." (METEOROLOGICAL OFFICE 1962 p.22).

Durante el Invierno el tipo A) y B) son masas relativamente frías. El continente ve descender sus valores térmicos considerablemente por motivos anteriormente

-----  
(\*) Un ejemplo (las lluvias del 28-V-68) es descrito en la obra: "Estudio climatológico del Aeropuerto de Málaga" de ORTEGA Y SANCHEZ, SMN, 1976 p.24.

explicados. El medio marino se manifiesta entonces cálido a pesar de que la región Norteafricana ocupa una posición latitudinal meridional.

Por ello HUETZ DE LEMPS afirma que el aire sahariano, en Invierno, con respecto a Canarias "...no es detectable por un aumento de temperaturas sino por la dirección del viento y sobre todo por un descenso de la humedad relativa de las bajas capas..." (HUETZ DE LEMPS, A 1969 p.61). Pero el Mediterráneo sigue ejerciendo una acción diferenciadora sobre las masas de aire (de origen similar o no) según sea la dirección de su trayecto. Por ello el tipo que hemos denominado B., en origen también masa fría y seca, puede recalentarse y humedecerse de una forma más intensa.

#### I.2.2.2. El Continente Euroasiático

Si, en relación a Andalucía, el Septentrión africano tenía, a grandes rasgos, importancia por la influencia que ejercía como ámbito seco y, en Verano, especialmente caluroso, la masa euroasiática se manifiesta de forma muy diferente, en parte por encontrarse más al Norte que nuestra región en parte, también, por la presencia de mecanismos atmosféricos diferentes en uno u otro sitio. Se trata de un dominio con marcados contrastes térmicos estacionales, en esto se asimila a las características de África; pero a diferencia suya, la importancia más marcada de su presencia con respecto a nosotros queda constituida por los valores extremadamente bajos que se alcanzan durante el Invierno, como explica VIERS (1975 p.182-3) (\*) "...las fuertes amplitudes continentales son el resultado sobre todo de las bajísimas temperaturas invernales, y no de las particularmente elevadas temperaturas durante los largos días de verano. El verano es en efecto la estación de los flujos libres, y el nunca muy cálido aire oceánico contribuye a templar lo que el interior pudiera tener de excesivo (...) No ocurre lo mismo en los grandes desiertos subtropicales protegidos por los anticiclones permanentes. Nos encontramos aquí en un clima independiente y con fuertes calores estivales..."

Es además una zona que, aunque no alcanza los valores extremadamente bajos en humedad de las masas aerológicas que parten del Desierto de Sahara, no obstante estos quedan aún muy por debajo de los que el medio marino presenta.

Las citadas peculiaridades invernales o las caracte-

---

(\*) Debemos aclarar que hemos sustituido el término "de" en vez de "por" cuando VIERS dice "...los grandes desiertos subtropicales protegidos de los anticiclones permanentes...". Se trata sin duda de un error de traducción.

risticas estivales nos llegan, según diferentes autores, a través de lo que se ha denominado aire Polar continental y aire Artico continental. Nosotros, siguiendo a BIEL LUCEA (1943 p.129) vamos a efectuar una identificación entre ambas; como expresa este autor, "...la clasificación de las masas aéreas, según el criterio seguido para Europa Central, no es probablemente aplicable de un modo exacto a España para las masas aéreas procedentes del Este, por la influencia que ejerce el Mediterráneo y porque las masas de aire ártico continental y polar frío, no se pueden prácticamente diferenciar...".

#### A. Aire continental europeo (A.c y P.c.).

Dentro de este grupo existen dos variedades que se distinguen fundamentalmente por su lugar de origen. Estudiamos esa diferencia inicial para continuar el análisis conjuntando ambas, como si se tratase de una misma, según dijimos anteriormente, apoyándonos en la argumentación de BIEL LUCEA (1943 p.129):

A. Tenemos en primer lugar el aire Artico continental procedente del Océano Glacial, de la zona que se sitúa al Este de Spitzberg, Norte de Rusia o Escandinavia (PEDELABORDE, P 1970 p.143).

B. En segundo lugar el aire Polar continental procedente de la desnaturalización del aire Polar marítimo o Artico marítimo tras un largo recorrido por el interior del continente (PEDELABORDE, P 1970 p.143).

Pero a partir de esta diferenciada fase de surgimiento o creación, existen en su desarrollo una serie de importantes procesos que implican, por un lado, la identificación de uno y otro cuerpo aerológico (Artico continental y Polar continental) como una única masa de aire y, por otro lado, permite la diferenciación de las que transcurren por el océano (Polar marítimo y Artico marítimo): son debidos a las condiciones, ya descritas, que se imponen en uno y otro dominio.

Así, durante el Invierno "...el suelo está generalmente cubierto de nieve, y cada una de las regiones está dominada por un área polar continental de altas presiones (...). Puesto que no brilla el Sol o brilla de tarde en tarde, y puesto que la nieve es un buen radiador, cualquier aire que invada estas regiones se enfriará rápidamente por la irradiación en onda larga desde el suelo. El resultado es un mínimo de temperatura en el suelo y un máximo entre los 900 y 850 mb (3000 a 5000 pies). En esta inversión el calor es conducido hacia abajo, y la temperatura en el suelo se establece como un equilibrio entre el calor perdido por irradiación y el ganado por conducción..." (FETTERSEN, S 1976 p.291-2). La importancia de estos hechos queda reflejada por las circunstancias que

VIERS (1975 p.189-190) describe "...El anticiclón que mantiene en su sitio a este casquete de aire helado es así particularmente estable, registrándose muy a menudo 1050 mb con máximo poco corrientes de 1065 e incluso 1070 mb...".

Por el contrario, durante la época estival, el gran recalentamiento del interior del continente produce una masa aérea que, precisamente, por caracterizarse como continental es radicalmente diferente a la misma durante el Invierno: las altas temperaturas obtenidas en esta zona y los bajos valores en humedad provocan un flujo cálido y seco que, según algunos autores, merece ser clasificado aparte, diferenciándolo de su "gemelo" el del Invierno.

No obstante, la importancia que el aire continental europeo tiene en nuestro clima acaba de ser marcada por un último factor: el Mediterráneo. En el momento oportuno vimos cómo se desarrollaba su actuación sobre cualquier flujo; retomemos lo anteriormente dicho y veamos lo que ocurre en el caso concreto de la masa de aire continental europea. Para que éste pueda llegar hacia nosotros durante el Invierno es preciso un trayecto del Noreste, atravesando el reborde montañoso meridional europeo pero no siempre de igual forma, depende ello de la rapidez con que se desenvuelva el aire: si lleva una gran velocidad la modificación que sufrirá será mínima (\*). Normalmente la rapidez suele ser una de sus características debido a que, cuando invade la cuenca marina, lo hace acompañada en los altos niveles por un ramal del Jet Stream dispuesto en sentido meridiano y en los bajos niveles de una depresión a la izquierda y una dorsal o un anticiclón a su derecha. De todas formas un cierto humedecimiento y calentamiento se puede constatar en su base, con todos los fenómenos de inestabilidad que le acompañan (\*\*).

Durante el estío la masa que aparece, con una trayectoria similar a la anterior, resulta, sin embargo, más cálida y seca; además suele penetrar en esta cuenca marina a través de puntos más orientales (preferentemente por la Llanura Lombarda que por el Golfo de Lyon). Su velocidad de desplazamiento suele ser bastante menor que en el caso anterior, quizás porque el acompañamiento que pueda secundaria ocasionalmente en las topografías superiores (300 mb) es igualmente más lento. De momento no nos interesa más que indicar estos hechos que serán analizados con una mayor profundidad en próximos capítulos; sólo nos queda decir que este flujo sufre un humede-

---

(\*) En relación a las modificaciones que veíamos anteriormente.

---

(\*\*) Ver el apartado del Mediterráneo

cimiento y un enfriamiento relativo por su base (\*).

### 1.2.2.3. El Interior Ibérico

Esta región, situada de forma próxima a Andalucía, ejerce sobre ella, igualmente, una influencia propia y personal, lo mismo que en los casos anteriores, al presentarse como un minicontinente. De todos es conocido que la Meseta Ibérica es una estructura morfológica caracterizada por un predominio de las formas horizontales, por una elevación media bastante alta (CABO ALONSO 1973 p.45), y por un cierre orográfico de sus bordes, más o menos continuo, posibilitado por la presencia de importantes conjuntos montañosos que encierran la superficie llana que entre ellos se sitúa, resguardándola, con una cierta efectividad, de los fenómenos atmosféricos exteriores. Efectivamente, rodeando la Meseta se elevan unos bordes montañosos de distinta historia geológica y altura, que configuran una corona de montañas por las que la Meseta queda aislada en gran medida.

La especial configuración descrita tiene una serie de repercusiones en las masas de aire que, cuando se dirigen hacia el Sur peninsular, la atraviesan plenamente; dichas repercusiones se refieren fundamentalmente a la continentalización a que los flujos que pasan por encima de ella se ven sometidos. Tal y como vimos a nivel general para los continentes de Africa y Europa, los procesos de pérdida de calor en Invierno y el gran recalentamiento durante el Verano, típicos de este medio, se observan igualmente en la superficie de la Meseta Española; en este sentido es ilustrativo señalar que, en la Península, las isólineas de amplitud térmica presentan una clara disposición tipo concéntrico (LOPEZ GOMEZ, A 1978 p.164). Dichos fenómenos desencadenan por tanto una serie de mecanismos dignos de estudio por su repercusión en nuestro clima:

No es pretensión nuestra decir ahora que su importancia como región marítima sea tan grande como la del Viejo Continente: ni siquiera que su actividad sobre las masas de aire que, a través suya, se encauzan hasta arribar a Andalucía, sea tan intensa. Lo que sí debemos afirmar es que, por su presencia, determinados flujos se ven modificados en su esencia (valores higrométricos, estratificación térmica...). Si el aire Polar marítimo, por ejemplo, al llegar y estancarse en Europa durante el Invierno se

---

(\*) Pueden hacerse extensibles para este caso y para el del aire Tropical continental tipo b. las afirmaciones hechas en el capítulo del Mediterráneo pues, según hemos afirmado, la influencia mediterránea puede alcanzar un mayor desarrollo según la longitud del recorrido y la rapidez con que se desplace.

reconvertía. bajo la actuación de los caracteres que presenta, en Polar continental frío, el mismo aire Polar marítimo o el Ártico marítimo al deslizarse sobre la Meseta pueden verse sometidos a las condiciones de continentalización que allí se encuentran cuando las condiciones atmosféricas sean favorables (\*) dando lugar a un estancamiento y una similar reelaboración, no tan intensa ni frecuente como en el caso del interior de Europa pero, en definitiva, reelaboración. Estos procesos se encuentran en íntima relación con otras cuestiones que más adelante veremos, tales como el Anticiclón Peninsular autóctono y el monzón de la Península Ibérica. Resumiendo, de este medio puede surgir unos cuerpos aerológicos en Invierno muy fríos secos y estables (al menos superficialmente) poco propicios al desencadenamiento de precipitaciones por sí mismos, tal y como ocurría con la masa fría del interior del continente Europeo.

Durante el estío las condiciones troposféricas superiores se vinculan a las características geográficas antes enunciadas para producir "in situ" un aire algo similar, por su origen, el aire norteafricano. Resumiendo, esta masa de aire de idéntico origen dinámico y de similar origen geográfico al del flujo del Norte de África, presenta igualmente unos valores higrométricos muy reducidos (subsistencia y no marítima), y unas temperaturas superficiales realmente altas aunque no tanto como la del aire Sahariano quizás debido a que su extensión no es tan importante ni su posición latitudinal tan baja.

### 1.2.3. Los accidentes geográficos y los núcleos de presión atmosférica

En este estudio de la influencia sobre Andalucía de una serie de factores que denominamos azonales, hemos simultáneamente el análisis de características con el de algunos elementos de la dinámica atmosférica (masas de aire y frentes) que hacen posible la transmisión de dichas peculiaridades hasta nuestra superficie. Nos queda aún por ver un último tipo de elementos y un último factor geográfico de nuestro clima: los núcleos de presión que tienen ciertas implicaciones con accidentes geográficos exteriores (de América, Atlántico, África, resto peninsular...). El análisis tiene conexiones de mayor o menor importancia, pero suficientes para realizar su estudio de forma conjunta. No queremos decir con esto

-----  
(\*). Las condiciones atmosféricas son favorables cuando se permita el desarrollo de las potencialidades que la Meseta presenta como continente. Según FONT TULLOT deben ser "...condiciones tales que las clamas de viento y los cielos..." en "Períodos fríos en la Península Ibérica" (1957 p.59).

que lo único que motiva la presencia de tal anticipación o cual depresión sea la topografía de ciertos lugares pues negariamos la premisa (la dinamicidad) de la que hemos partido en nuestro trabajo, cayendo por tanto en una irremediable contradicción: debe quedar bien entendido, pues, que en Andalucía es la circulación y especialmente el Jet la que explica en el fondo todas las cuestiones planteables sobre su clima: según DUE ROJO (1954 p.118) "...es un factor climatológico fundamental: por donde pasa decide el tiempo que ha de hacer, hasta el extremo que no faltan meteorólogos que esperan se obtenga de él un pronóstico probable, no ya de un mes, sino de toda una estación...". A estos hechos no escapan, naturalmente, los núcleos barométricos. Lo que sí se puede decir es que los pontones de altura crean unas condiciones generales en un área de márgenes más o menos amplios, y es sobre esos márgenes donde la topografía acaba de decidir la ubicación exacta del centro isobárico del que se trata. En algunas ocasiones determinados individuos barométricos no obtienen su localización por unas características topográficas sino por otras causas: estos casos, no obstante, serán también analizados en este apartado. Resumiendo, el sentido fundamental del presente apartado es dejar al descubierto cómo influyen también otros factores, igualmente externos, sobre nuestro clima: su influencia en la circulación ocasiona una serie de tendencias, que toman cuerpo de realidad (es decir, son definidos con sus características más insignificantes) sólo a través de la actuación de accidentes propiamente geográficos azonales o, como veremos en el próximo apartado, intrazonales; por ello, éstos, al igual que la Circulación General Atmosférica (factor latitud), resultan hechos a tener en cuenta para nuestro clima.

Para poder llevar a buen término esta labor propuesta pensamos que el modo más válido de analizar la cuestión puede ser organizando el estudio de los centros de acción, y los fenómenos que en su explicación quedan implicados (tales como la topografía terrestre), en tres grandes grupos donde quedarían clasificados todos los núcleos de presión que hemos podido comprobar (a través de nuestras observaciones de los mapas barométricos sinópticos diarios) que afectan a nuestra región.

La formulación de dicha división con forma de trílogía responde a las posibilidades de caracterización de uno u otro individuo barométrico: es decir cualquier núcleo isobárico de la zona templada, por su forma de incidir en el clima de una región determinada, pueda ser denominado de una de las tres formas que dan título a cada grupo de los que hemos hablado, estas son:

- Centros de acción permanentes.
- Centros de acción semipermanentes.
- Núcleos de presión atmosféricos esporádicos.

Hablemos de cada uno de ellos:

"...El examen de una serie de mapas cotidianos isobáricos sucesivos muestra bien, en algunas partes del globo, la persistencia durante algunos días, sin evolución notable, de grandes anticiclones o de vastas zonas depresionarias; estos grandes individuos del campo estable son llamados centros de acción..." (VIAUT, A. 1973 p.85). Estas son las condiciones de existencia, según VIAUT, de los dos primeros grupos clasificados. Efectivamente puede observarse en ellos una frecuente y prolongada aparición debida, tal y como dijimos anteriormente, a las condiciones de circulación del Jet cuya posición normal determina núcleos de baja presión a su izquierda y de alta presión a su derecha (\*) con las características de continuidad y de "normalidad" ya aludidas. La acción del chorro unas veces se puede desencadenar libremente hasta verse reflejada en las capas bajas, entonces hablamos de centros de acción permanentes o dinámicos; pero, en otras ocasiones, estos mismos centros dinámicos de altura se ven sometidos a los efectos de otros factores que se superponen y, ocasionalmente, los enmascaran superficialmente: nos referimos a la actividad del continente sobre la presión atmosférica de los niveles troposféricos inferiores. En Verano el calor continental puede crear una depresión donde, por razones obvias de dinámica atmosférica, correspondería un anticiclón; en Invierno, sin embargo, el aire más cercano a la tierra se enfría considerablemente y su densidad se eleva hasta el punto de crear una zona de altas presiones superficiales que pueden dar lugar a valores tales como 1065 ó 1070 mb. en Yakutia. Estos centros de acción son denominados semipermanentes pues hacen acto de aparición simultáneamente a las condiciones que impone el medio a cuya presencia deben su existencia: la marcha anual térmica del continente. Por esto también se les conoce con la adjetivación de térmicos.

Pero, tal y como dijimos anteriormente, hablando de la latitud, el campo estable puede verse interrumpido, así como la posición normal del Jet puede verse modificada en relación a una serie de necesidades de intercambio térmico, intercambio de momento cinético e higrométrico. Como afirma JANSA (1969) no es posible un sistema circulatorio permanente. Este estado dá origen a lo que se denomina como campo inestable cuya existencia es menos prolongada en el aspecto temporal. Por ello, a los núcleos de presión que en dicho campo aparecen realizando el intercambio visto, los hemos denominado núcleos de presión atmosféricos (pues no son centros de acción) esporádicos, por su carácter fugaz.

-----  
(\*). Según la regla ya conocida de BUYS-BALLOT

### 1.2.3.1. Centros de acción permanentes: Anticiclón de Azores y Depresión de Islandia.

En el apartado correspondiente al estudio de la latitud observábamos que la corriente en chorro constituía una "espiná dorsal" de la Circulación Atmosférica de la zona comprendida entre el Trópico y el Círculo Polar. También hemos comprobado que tiende a crear por un lado subsidencia (dinámica), a su derecha, de donde se deduce la explicación de la existencia del cinturón de altas presiones subtropical al que pertenece el Anticiclón de Azores y, por otro, a provocar bajas presiones tales como el mínimo de Islandia: de modo que permanecemos en un área intermedia entre la zona de borrascas o bajas presiones, cuya posición suele oscilar alrededor de los 60º . Lat. Norte y la faja anticiclónica situada hacia los 30 ó 35º de la que parten los alisios por un lado y los westerlies por otro.

Pero a esta tendencia que el Jet tiende a localizar a una determinada latitud un mínimo o un máximo barométrico, se une la acción de otros hechos dignos de tener en cuenta pues acaban de explicar la ubicación exacta de aquellos. "...también puede ser importante el efecto de resonancia de estas barreras -dice LOPEZ GOMEZ refiriéndose a las cadenas montañosas-; por ejemplo, las Rocasas son quizás las causantes en parte de la cuña de las Azores y la vaguada del Mar Blanco..." (LOPEZ GOMEZ, A 1955 p.318).

#### A. La Depresión de Islandia.

Aparece ubicada sobre el Atlántico Norte, en la zona de fricción entre las altas presiones polares y las altas presiones subtropicales. De ella se hace manifiesta su permanencia a lo largo del año centrándose al Sur de Islandia (de ahí su nombre). Esta demarcación concreta es debida a la presencia de dos hechos:

La presencia de Groenlândia, auténtico obstáculo para la corriente en chorro que provoca una ondulación ciclónica (vaguada) pues se dirige hacia el Sur y posteriormente hacia el Norte en el transcurso de su desplazamiento. Como explican BARRY Y CHORLEY 1972 p.217) "...Cuando una corriente de aire procedente del W se vé forzada a ascender sobre una barrera de montañas orientada en dirección Norte-Sur, experimenta una contracción vertical sobre la cima y se expande en la ladera de sotavento. Este movimiento vertical da origen respectivamente a expansión y contracción laterales. Existe, por tanto, una tendencia hacia la divergencia y a la formación de curvatura anticiclónica en la cima de la cadena y hacia la convergencia y curvatura ciclónica a sotavento. De esta manera pueden originarse depresiones ondulatorias en las laderas a sotavento (...) de las cadenas montañosas..."

La consecuencia inmediata de la presencia de una vaguada en la circulación de altura es la aparición de una baja presión en superficie ya que ello supone una succión de aire inferior y, en definitiva, una elevación dinámica.

En segundo lugar, la presencia de las cálidas aguas de la Corriente cálida del Atlántico Norte viene a reforzar el citado movimiento ascensional. Esta depresión "...existe en toda estación, puesto que el efecto de obstáculo es permanente. Se acrecienta particularmente en invierno, pues el efecto térmico de las bajas capas se añade entonces al efecto hidrodinámico. La depresión sólo desaparece tras una invasión masiva de aire frío (...) o cuando una dorsal cálida planetaria se sitúa en altitud..." (PEDELABORDE 1957 p.126-7).

A través suya se hace efectiva la canalización de una serie de masas de aire. No obstante este aspecto lo desarrollaremos en el capítulo dedicado a los tipos de tiempo.

#### B. El Anticiclón de las Azores.

En la región de las Azores se nos configura un centro anticiclónico que, de esta forma, constituye el contrapunto, o el elemento antagónico del anterior centro de acción analizado. FONT TULLOT (1956) realiza en su estudio "El tiempo atmosférico en las Islas Canarias" unos mapas de presión media en superficie muy útiles para comprobar la situación de este individuo isobárico. Se observa en primer lugar que existe durante Julio un importante anticiclón (1024 mb. de media) centrado en Azores: en Enero por el contrario se puede resaltar la presencia de dos núcleos (con 1022 mb. en su interior) uno al Norte de Canarias y otro al Sur de Azores separados por una vaguada. De este modo "...se aprecian dos situaciones típicas de anticiclón de Azores: una, la que presenta en verano, con el máximo desplazamiento hacia el norte, y otra, la propia del invierno, en que se retira hacia el sur del Estrecho. La situación de primavera constituye una prolongación de la invernal, con esporádicos traslados hacia el norte, propios del verano mientras que la del otoño presenta, mas bien, la persistencia de las condiciones estivales hasta fecha relativamente avanzada..." (GARCIA FERNANDEZ, J 1963 p.7).

En el anterior caso (Depresión de Islandia) veíamos una serie de factores geográficos en su localización concreta. En este sentido debemos decir que, en el Anticiclón de Azores, la influencia sobre su ubicación es ejercida, sin embargo, por la presencia de un accidente marino: la Corriente fría de Canarias, y por el aporte de masas aéreas frías de la región Polar (descargas de aire frío) que suelen llegar a esta región. No obstante "...por una parte el frotamiento continental impide su

persistencia sobre la Península Ibérica y Africa del Norte. Por otro lado, el recalentamiento de las bajas capas limita al Anticiclón a la orilla oriental del Atlántico. Por estas dos razones el máximo de Azores no penetra a menudo en el Mediterráneo, mientras que se refuerza sobre las frías aguas de la corriente de Canarias..." (PEDELABORDE.P 1957 p.128). Así pues aunque en superficie el anticiclón de Azores tenga importancia por afectarnos directamente, sin embargo es la canalización de masas de aire, algunas de ellas creadas por él mismo, y el abrigo aerológico que origina en la alta troposfera contra las perturbaciones del Norte, las que mejor reflejan su trascendencia en el clima.

#### 1.2.3.2. Centros de acción semipermanentes: Depresión térmica Sahariana y Anticiclón frío Europeo

En los ejemplos anteriores las condiciones imperantes en los altos niveles, ayudadas por una serie de hechos geográficos, se desarrollaban hasta las capas troposféricas inferiores. Pero no siempre los accidentes geográficos tienen ese efecto, en ocasiones sucede al contrario y las condiciones superficiales y de altura no se corresponden según dijimos anteriormente. Se trata de la Depresión estival del Norte de Africa que se sitúa bajo un Anticiclón Subtropical o de la dorsal Norteafricana, y del anticiclón término del interior de Europa o de Eurasia. Debemos dejar bien claro, antes de proseguir nuestro análisis que, a nivel general, "...los centros térmicos (anticiclones fríos y depresiones cálidas) no pueden durar más que si el efecto térmico es muy intenso y si el efecto dinámico no lo aplasta..." (PEDELABORDE.P 1957 p.87-8).

Según PEBUY (1970 p.88-9) "...la estructura tabular de Africa asegura (...) un gran juego de mecanismos puramente térmicos...". Efectivamente la depresión norteafricana encuentra en el efecto topográfico que señalamos un factor de primer orden a la hora de analizar los procesos térmicos que se desarrollan a lo largo del año, anteriormente descritos.

El lugar de su ubicación suele ser el interior del Gran Desierto, nombre con el que también es denominado ese ámbito, donde las causas que provocan su origen se presentan sin duda alguna con una mayor efectividad. Así, por todo esto, es posible aseverar que "...las bajas presiones superficiales de origen térmico son visibles en todos los mapas diarios de tiempo del verano y cubren el Norte de Africa y la Península Ibérica (y en particular su mitad meridional)..." (CAPEL MOLINA,J.J 1978 p.184).

Sin embargo, en invierno, dentro del continente Euroasiático, lo que encontramos es un anticiclón frío debido a los procesos vistos de irradiación. Estas altas

presiones superficiales suelen tener tal importancia que obtienen alturas lo suficientemente amplias como para incidir en la circulación atmosférica de la troposfera superior. Sin duda alguna "...el predominio del relieve Este-Oeste refuerza el efecto térmico de las masas continentales..." (PEGUY, P. 1970 p.89): este efecto topográfico señalado por PEGUY para nuestro caso concreto se erige en un elemento de singular importancia, a considerar junto con las características de masividad que Euroasia presenta.

La presencia de este centro de acción nos importa en gran medida, por la incidencia que en nuestra zona se deja sentir bajo ciertas situaciones sinópticas que en su debido momento estudiaremos. En algunas ocasiones esta alta evoluciona determinando un centro anticiclónico en el Mediterráneo que, a su vez, puede evolucionar desplazándose o, mejor, extendiéndose hacia el Norte de África: generalmente se trata de invasiones frías en esta cuenca marina.

Finalmente debemos citar otros dos centros de acción relacionados con idénticas características geográficas (topografía principalmente): depresión veraniega centro-europea y anticiclón invernal africano. No obstante, estos centros tienen, por su reducida frecuencia y su debilidad, una importancia escasa, secundaria.

#### A. La cuestión del Alta Ibérica y la Depresión Peninsular

En los grandes continentes se configuran unos sistemas monzónicos de lo que son pruebas de una gran validez los sistemas de presión que se forman a lo largo del año y que ya hemos estudiado para los casos de Europa y África.

La Península Ibérica asimismo presenta una evolución barométrica en cierto sentido análoga a la de aquellos aunque, sin duda alguna, muchos menos marcada:

El Invierno es la estación propicia a la instalación de las altas presiones "autóctonas". Según LOPEZ GOMEZ (1968 p.87) "...en los períodos más fríos del Invierno, en el mes de enero sobre todo, dominan altas presiones en la Península Ibérica, pero son de origen variado. El tipo de alta autónoma (alta Ibérica) es poco frecuente (...) y sólo en algunos casos podría hablarse, con ciertas reservas, de situaciones monzónicas, pero muy poco duraderas...". Este mismo autor clasifica, al mismo tiempo, los tipos de tiempo anticiclónicos en enero, labor de la cual deduce que "...la típica alta Ibérica, con tiempo seco y frío, sólo aparece 12 días promedio..." (1968 p.83).

Esta situación provoca lo que FONT TULLOT denomina

"periodos fríos originados por la radiación del suelo" los cuales si bien suelen aparecer a continuación de una invasión de aire Polar continental, no obstante, esta es, sólo, una de las cuatro posibilidades de origen de tiempo frío:

"...a) Un anticiclón europeo que abarca la Península y cuyo centro se sitúa a veces sobre la misma Península.

b) Un gran anticiclón euroasiático del cual una cuña se extiende abarcando la Península.

c) Un anticiclón atlántico, centrado en la región de Azores, o en sus proximidades, de la cual una cuña se extiende abarcando la Península.

d) Sobre la Península se extiende una amplia zona prácticamente sin gradiente que, frecuentemente, constituye la región central de un collado barométrico..." (FONT TULLOT 1957 p.58).

Resumiendo, podemos decir que, si bien no es muy importante la frecuencia en la presencia de la alta Ibérica, no obstante, ello no quiere decir que no exista. En ciertas ocasiones su presencia es fundamental a la hora de explicar la dinámica atmosférica de nuestra región y, en definitiva, los mecanismos climáticos, de igual modo que fundamental era, para estos mismos fines, la presencia de Europa y África.

Durante el caluroso tiempo estival, sin embargo, lo que suele aparecer en la superficie peninsular es una baja presión térmica. Su origen es idéntico al de la Depresión Saharawi: condiciones de "buen tiempo" en altura (Anticiclón de las Azores) y de calor en superficie (continentalidad y mayor incidencia de los rayos solares). La frecuencia con que hace acto de presencia es mayor que la del anterior núcleo de presión, si bien tampoco es permanente (LOPEZ GOMEZ, A 1968 p.86). Muchas tormentas termoconvectivas veraniegas pueden atribuirse o relacionarse con esta depresión secundaria y con la masa de aire que junto a ella se presenta: el aire que se configura, según decíamos, es ciertamente seco y cálido por lo cual podemos afirmar que térmicamente puede ser inestable y entonces tiende a la convektividad; en algunas ocasiones el efecto superficial es tan fuerte que puede "romper" la estabilidad a la que la circulación superior le somete (CAPEL MOLINA, J.J. 1977 p.90-91).

Para resumir puede ser significativo y curioso señalar que nuestra península presenta los opuestos casos de continentalidad que se desarrollaban por un lado en Europa y, por otro, en África, según se trate del Invierno o del Estío.

### 1.2.3.3. Núcleos de presión atmosféricos esporádicos

Nos queda, por fin, examinar este tercer grupo de individuos barométricos de duración normalmente corta y de localización poco fija: son los que protagonizan las perturbaciones del campo estable.

De esta forma encontramos primeramente las depresiones del Mediterráneo Occidental, Mar de Alborán, Golfo de Vizcaya y las del Golfo de Cádiz; nos interesa hacer especial hincapié en este apartado no sólo porque provocan el mayor porcentaje de las precipitaciones que se obtienen en una gran parte de Andalucía (\*) lo cual es motivo suficiente para prestar detenida atención sino, además, porque su proceso de formación presenta una serie de fenómenos de entrañable interés al ejemplificar éstos un tipo de circulación atmosférica cuyo estudio es fundamental para entender los mecanismos pluviométricos del Mediodía hispano: estamos haciendo referencia a la circulación celular y meridiana del flujo troposférico superior. De ella se deduce la formulación de elementos isobáricos conocidos con el nombre de gotas de aire frío y depresiones frías.

¿Cuál es el proceso de formación?, ¿Cómo pueden introducirse en nuestras latitudes templadas una burbuja de aire, con circulación ciclónica, de latitudes más septentrionales y frías? Los procesos que deben desarrollarse son de varios tipos, pero en conjunto responden todos ellos a una misma situación y ésta a una necesidad más general.

En la Tierra no existen unas condiciones de distribución de agua, momento cinético y energía calorífica uniformes. Esta es la necesidad a la que hacíamos referencia, la de la redistribución conjunta, satisfecha a través de la circulación general que se nos muestra por ello como el problema central; dentro de ésta, la corriente en chorro, que actúa como una válvula, adquiere un valor fundamental: cuando adopta un índice alto, según vimos anteriormente, favorece el incremento de los contrastes térmicos, con la acumulación consiguiente de aire frío en la Cuenca Ártica, la cual a su vez refuerza la intensidad de los Levantes de las altas latitudes. Este último hecho de no verse interrumpido en su progresiva acción frenaría por rozamiento cada vez más la rotación de la esfera terrestre, pero entonces actúa dicha válvula a dos niveles: baja latitud con lo que se hace más amplia la zona por donde discurren los vientos del Este debilitando su velocidad, y acentúa simultáneamente la fuerza de los Ponientes al verse estrechados en su movimiento a

---

(\*) Recuérdese que el campo estable daba lugar en nuestra región a condiciones de estabilidad dinámica por quedar en el borde meridional del Jet.

un espacio menor, aumento de fuerza este que se transmite igualmente al movimiento de rotación terrestre. Por otro lado el Jet acentúa sus ondulaciones, formándose de este modo un sistema de crestas dirigidas hacia el Polo y al mismo tiempo de vaguadas que penetran hacia el Ecuador creando borrascas que se encargan de mezclar el aire frío y el templado; incluso esta corriente intensa del Oeste puede llegar a romperse y entonces el aire Polar se introduce en la Zona Templada; de todo esto son un buen ejemplo los fenómenos de gotas frías. A procesos similares dá lugar el incremento de los vientos Alisios. En resumidas cuentas, estos fenómenos junto a los ciclones tropicales o el monzón Indico son los que aseguran el movimiento de rotación y el intercambio de energía y vapor.

Una cita, en esta ocasión de PEDELABORDE acaba de aclarar el problema "...la acumulación de aire frío en la Cuenca Artica provoca un efecto de coladas hacia las latitudes medias, lo que flexiona el frente polar, aumenta la amplitud de las vaguadas, e incluso conduce al bloqueo..." (PEDELABORDE 1957 p.84). Tenemos, en resumen, no sólo la tendencia del Jet, llegado ese punto, a formalizar un efectivo sistema de intercambio sino, además, la intervención directa de la masa de aire frío en coladas a flexionar dicha corriente en chorro y mezclarse con aire cálido de latitudes inferiores que simultáneamente penetra en las latitudes frías; el Jet tiene por consiguiente un papel de protagonista, pues según la posición y forma que adopte sintetiza y refleja, al mismo tiempo, uno u otro tipo de procesos ¿Pero qué formas son concretamente las que configuran dicha redistribución de energía momento cinético y agua? Hemos visto la necesidad y el hecho mismo del intercambio, ahora vamos a examinar la situación general en que se produce: índice muy bajo o de circulación celular. En ambas, el chorro pasa de tener un índice zonal muy alto, imposibilitando los movimientos meridianos y favoreciendo la creación de esa masa de aire, a otra situación donde esta acción se bloquea: por esto mismo esta situación última en la que se canaliza aire en el sentido de los meridianos es denominada "de bloqueo" y es definida por PEDELABORDE (1957 p.85) como "...una crisis que parece terminar el estado de desequilibrio térmico, constituyendo el bloqueo la válvula de escape del aire frío Artico hacia el Sur...". Los tipos de bloqueo que más nos interesan son efectuados por dos tipos de procesos. Antes preguntábamos cómo una gota fría aislada podía llegar a nuestras latitudes, pues bien, en estos dos procesos radican las causas más inmediatas de su origen:

En primer lugar tenemos un tipo que comprende dos casos denominados por MEDINA "Ahondamiento relacionado con situaciones de vientos fuertes que se aproximan a lugares, con curvatura ciclónica de las isohipsas, que

presentan un gradiente débil" y "caso en que los vientos fuertes que se aproximan a la dorsal de débil gradiente son del tercer cuadrante, con una dorsal (al W de la vaguada) muy penetrante hacia el Norte o hacia el Noreste". El ahondamiento se explica porque "...las partículas de aire animadas de una alta velocidad se aproximan a un área de gradiente débil, continúan por inercia su rápido movimiento metiéndose en dicha área: la fuerza de Coriolis es proporcional a la velocidad y como ésta es muy superior a la que corresponde al gradiente que allí existe (...), éste no puede equilibrar la fuerza progresivamente mayor en la región de gradiente débil que queda a la izquierda (...) de la dirección de los vientos fuertes que se aproximan a ella, pues a esta región no llega nuevo aire (la fuerza de Coriolis lo aleja de ella) y sin embargo va escapando lentamente parte del que hay..." (MEDINA E ISABEL, M 1978 p.140). Esta desviación de las partículas que van penetrando en los lugares donde la presión es más alta, se frena cuando se forma un equilibrio entre su velocidad y el gradiente, entonces ya no cruzan las isohipsas sino que las siguen. Finalmente en este alejamiento y en el hecho de que la divergencia sea más intensa no sólo actúa la fuerza de Coriolis sino además el efecto de fuerza centrífuga debido a la presencia de curvatura ciclónica. Por todo esto es frecuente la aparición de bajas cerradas inmediatamente a la izquierda del viento.

El segundo caso tiene también efectos parecidos. Si tenemos un sistema formado por dos vaguadas entre dos cuñas anticiclónicas y una fuerte corriente del tercer cuadrante se le aproxima, la primera dorsal sufre dos desplazamientos, uno hacia el Norte y otro hacia el Este, simultáneo al primero se desarrolla el ahondamiento del seno y como resultado del segundo la primera dorsal, dotada de un movimiento más rápido, llega a unirse con la segunda por lo cual el chorro se restablece y la vaguada se verá estrangulada y aislada al mismo tiempo que se le impide su regreso a latitudes septentrionales.

Estos dos primeros casos constituyen un primer tipo de bloqueo de la circulación zonal, en ambos la aparición de fuertes vientos es fundamental y son provocados por un aumento excesivo de energía (contraste térmico). La necesidad de expulsar aire frío hacia latitudes inferiores para evitar de este modo la progresiva acumulación de aire en el Polo, queda satisfecha: el transporte de energía en el sentido de los meridianos es un hecho patente así como de momento cinético: finalmente se producen (o pueden producirse) lluvias en los lugares donde hay un déficit de agua al ser superior las pérdidas por evaporación al total de precipitaciones recogido: la misión de la circulación general atmosférica, redistribución de energía calorífica, momento cinético y vapor para asegurar un régimen climatológico estacionario según

afirmaba JANSÁ GUARADIODA (1969), queda cumplida.

Estos dos casos pueden resumirse como una situación de bloqueo originada a partir de un chorro zonal delgado que posee una gran velocidad y se presenta a una latitud muy elevada viéndose necesitado de equilibrar ese exceso de energía que lleva la corriente con respecto a la rotación terrestre: para ello, por un lado, parte de la corriente se traslada hacia el Sur donde la rotación terrestre es también más veloz (mayor radio) y, por otro, se convierte esa trayectoria zonal en circulación celular con la aparición de un vórtice ciclónico del lado frío.

Es este primer tipo el que más interviene en la formación de las gotas que luego llegan a afectarnos. Sin embargo, es posible otro, que fué revelado por CLAPP y NAMIAS. Se pone de manifiesto cómo el intercambio meridiano se efectúa cuando el tren de ondas Polar y Subtropical forman un sólo sistema de crestas y vaguadas (fig.11.b): al entrar en desfase los trenes de ondas nuevamente, el aire antes canalizado en el sentido de los meridianos no puede regresar a su región de origen quedando de este modo bloqueado en lugares de latitud inferior al aire frío, el cual forma un vórtice ciclónico frío, mientras en las latitudes más altas el aire cálido configura un centro anticiclónico cerrado. Por otro lado el chorro se bifurca primeramente, como anota SANCHEZ EGEA (1968), dividiéndose en dos ramales, uno dirigido hacia el Noreste y otro hacia el Sudeste y luego vuelve a converger rodeando de este modo a las dos células que habían formado.

Pero resulta que la ubicación de estos procesos y de las depresiones esporádicas resultantes está estrechamente unida a una serie de accidentes geográficos. Así, a las imposiciones generales que pueden deducirse del proceso de origen, se añaden las tendencias peculiares topográficas que determinan su localización. En este caso, igual que en los demás factores geográficos, el relieve exterior hace que su presencia se deje sentir sobre Andalucía de forma más o menos indirecta tal y como ocurría en la depresión de Islandia, la depresión del Sahara, etc... Según lo dicho, es obligado en este momento plantear la intervención que, sobre estos procesos globales de formación, ejerce el relieve exterior. Los procesos teóricos analizados se desarrollan en la práctica sobre unas superficies de unas características determinadas que acaban de caracterizar la forma, frecuencia y trayectoria, de las depresiones frías y gotas que nos afectan. En este sentido son los hechos geográficos superficiales los que deciden en la práctica una serie de tendencias, como antes decíamos, teóricas. "...las trayectorias de aire frío no se distribuyen al azar. Como la reserva polar es mucho menos extensa que la reserva cálida de las latitudes subtropicales, el flujo polar

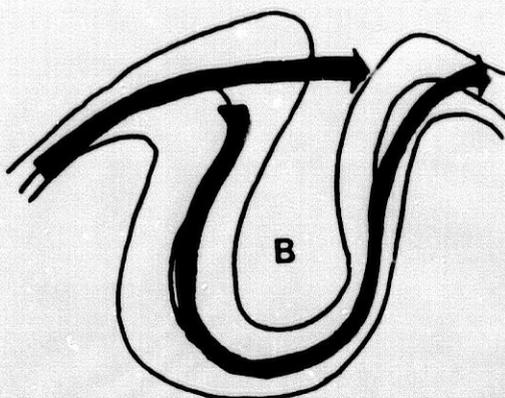


Figura 11.a.: Sistema formado por una vaguada entre dos cuñas anticiclónicas y una fuerte corriente del tercer cuadrante que se le aproxima. La primera dorsal sufre dos desplazamientos, uno hacia el N y otro hacia el E, simultáneamente al primero se desarrolla el ahondamiento del seno y como resultado del segundo la primera dorsal, con un movimiento más rápido, llega a unirse con la segunda, motivo por el cual el Chorro se restablece, viéndose estrangulada la vaguada y aislándose una gota de aire frío a la que le está impedido su regreso hacia las Latitudes de origen.

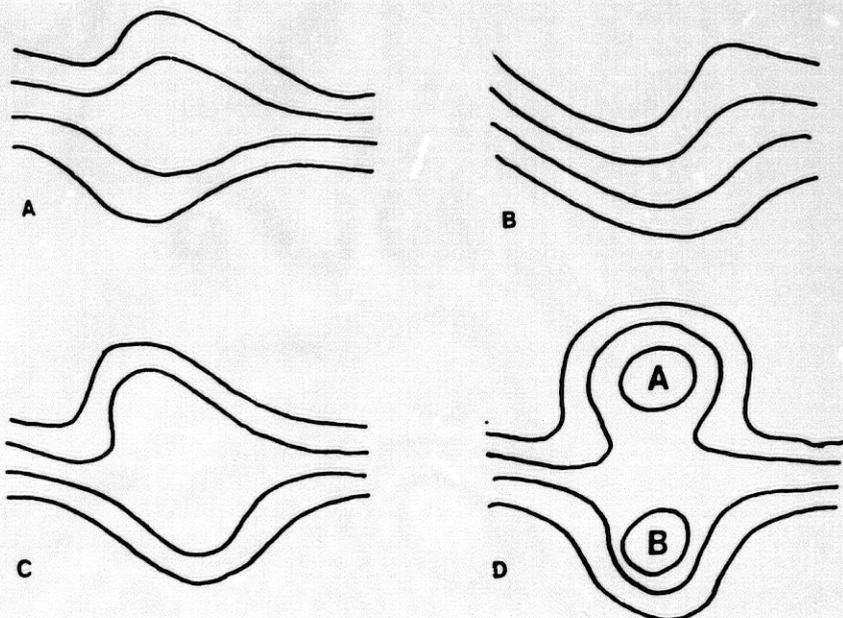


Figura 11.b.: Esquema de los procesos que nos conducen (según Namias) de una estructura de circulación atmosférica ondulatoria a otra celular. A: tren de ondas Polar y Tropical; B: la combinación de vaguadas y cuñas posibilita el transporte meridiano de aire Polar y Tropical; C: un nuevo desfase de uno y otro tren de ondas impide el regreso del aire, antes desplazado, a su lugar de origen; D: se forma una célula fría al S y otra cálida al N

FUENTE

: FONT TULLOT, I. (1956).

tiende a escindirse en coladas o corrientes. Estas coladas tienden a afectar a lugares de predilección determinados por la geografía (...) existen pasillos meridianos de coladas y de gotas..." (PEDELABORDE.F 1957 p.85). En este sentido tenemos la acción de Groenlandia, de donde parten las coladas frías que van a parar a la depresión de Islandia profundizándola: es muy típico el caso de una pequeña depresión que de aquí se desprende, pudiendo resultar una depresión fría en la región de Cádiz o frente a las costas gallegas dirigiéndose hacia nuestra posición o hacia el Mediterráneo. También suele suceder que se instale un sistema de dorsal con reducido gradiente-vaguada, desde Groenlandia hacia las costas europeas: entonces sobre el ramal occidental de la dorsal puede actuar la masa fría, intensificándolo, a partir de aquí todosuele ocurrir tal y como vimos en el "caso de fuertes vientos del tercer cuadrante que se acercan a una dorsal de débil gradiente".

Aparte de las coladas de Groenlandia, tenemos las irrupciones de aire continental europeo cuando los ponientes, en régimen rápido y desplazamiento Oeste-Este, se ven obligados, al llegar al continente, por rozamiento con las superficie de éste, a describir una dorsal cuyo eje Noreste-Sudoeste coincide con las costas europeas; el ramal descendente de la dorsal canaliza una masa fría hacia el Golfo de Lyon; una vez que llega aquí, la curvatura ciclónica que sucede a la dorsal resulta, por un lado, de la necesidad de girar en sentido contrario al de las agujas del reloj, por no poder continuar el aire frío su marcha meridional una vez que se equilibra la fuerza de rozamiento con el gradiente débil de presión que en la situación inicial zonal aumenta hacia el Sur (Anticiclón); por otro lado porque toda corriente Norte-Sur adquiere una curvatura ciclónica al pasar de una zona de la tierra de fuerte rotación ciclónica a otra débil; finalmente se debe al efecto de ascendencia termodinámica desencadenada por la llegada de aire frío en el seno del tibio aire mediterráneo. Además se añade el importante efecto de la Cadena Alpina, según vimos en el capítulo del Mediterráneo, no sólo permite la elaboración del aire continental europeo sino, además, provoca una serie de ondulaciones ya examinadas: las corrientes al alcanzar las cimas se contraen, tienden a la divergencia a la curva ciclónica y a sotavento se expansionan, convergen y forman una curva anticiclónica. También interviene la existencia de "portillos" o "pasos naturales" por donde se moviliza esa masa de aire fría continental hacia el Sur; de este hecho se deduce la última razón en la localización de las depresiones frías. Así tenemos la depresión Liguriense en que además interviene activamente la forma curvada de la costa del Golfo lo cual resulta ser un hecho muy favorable a la formación de vórtices ciclónicos, como se demuestra en las asociaciones: depresión cantábrica/Golfo Vizcaya, depresión suroccidental/Golfo

de Cádiz, etc..

Por último tiene una gran trascendencia (sobre todo en Verano) el hecho de nuestra posición cercana al chorro Subtropical. Así en el Golfo de Cádiz y Mar de Alborán es muy importante la activación del chorro al situarse sobre el Norte de Africa, tanto por la proximidad al chorro Subtropical, como por el efecto de confluencia, confirmando, en parte, la teoría de CLAPP y NAMIAS que fundamentan el chorro en la confluencia del aire Tropical con el Polar en las latitudes altas y medias.

En resumidas cuentas estos son los hechos que acompañan y explican el origen de las depresiones que podemos ver en el Cantábrico, en el Mediterráneo o en el Golfo de Cádiz-Mar de Alborán. Para acabar podemos examinar todo lo referente a los centros de acción positivos: generalmente asociados a una "situación en rombo" o a una pronunciada dorsal en altura tenemos el alta al NW de Galicia y el Anticiclón Nordatlántico: su presencia nos sirve para explicar ciertas situaciones sinópticas tipo: podemos decir en este sentido que están en relación a una situación de bloqueo en la cual el Jet describe una dorsal en el Septentrion oceánico o, incluso, llega a configurarse una gota de aire cálido (estructura celular o en rombo).

A propósito de lo anteriormente dicho, pensamos oportuno reproducir una cita de LOPEZ GOMEZ (1955 p.326): "...Según la teoría de ROSSBY domina en latitudes medias un régimen típico del Oeste cuando el chorro es rápido (más de 150 kilómetros hora) y sin inflexiones (...); si la velocidad disminuye se forman ondas que se acentúan después, y algunas se destacan como raíces de anticiclones y depresiones dinámicas al N., y al S., respectivamente. Tal sería la explicación de las Altas noratlánticas y las bajas del Mediterráneo...".

Los núcleos de presión esporádicos suponen, en definitiva, situaciones pasajeras de la circulación zonal, del Oeste, en altura. Como tales perturbaciones irrumpen y modifican el campo de presión "normal" que suele, sin embargo, recuperarse poco mas tarde, de modo que tienen merecida la denominación de "esporádicos" frente a los núcleos permanentes o semipermanentes.

#### 1.2.4. Los factores azonales y las situaciones sinópticas de Andalucía

Vimos anteriormente el papel de la Latitud en la determinación de seis grandes grupos de tipos de situaciones asociadas a diversas configuraciones del vórtice circumpolar y su índice de circulación. Pero, no cabe duda de que caben algunos matices, y muy importantes: la diferenciación de las variantes de cada uno de esos seis

grandes grupos de tipos de situaciones puede realizarse a través de los factores azonales atendiendo, por un lado, a las masas de aire y, por otro lado, a los núcleos de presión atmosférica que intervienen en las configuraciones sinópticas de nuestro espacio regional. A continuación no vamos a desentrañar cada una de esas variantes, vamos exclusivamente a enunciar las bases para realizar esa labor con posterioridad, en el capítulo dedicado a la clasificación de los tipos de tiempo.

Si atendemos a las masas de aire tenemos que distinguir los siguientes tipos:

1. Situaciones asociadas a la masa de aire Ártica marítima.
2. " " " " " " " Polar marítima
3. " " " " " " " Polar marítima de retorno
4. " " " " " " " aire Tropical marítima
5. " " " " " " " Tropical continental
6. " " " " " " " Mediterránea
7. " " " " " " " Polar y Ártico continental
8. " " " una " poco determinada en superf.

Es evidente que una clasificación de tipos de tiempo puede basarse en ocho tipos como los diferenciados anteriormente. Esto resultaría más deseable tanto desde el punto de vista estrictamente teórico como desde el punto de vista metodológico pues indudablemente la clasificación puede ganar en determinación además de sencillez, y los resultados cobran asimismo mayor claridad y significación a la hora de plantear relaciones tanto entre los distintos tipos como entre estos tipos y los de las regiones más o menos lejanas a Andalucía. Sin embargo perderíamos contacto con esa realidad: la clasificación sólo sería real en el supuesto de que la presencia de una masa de aire sobre un espacio sinóptico excluyera la presencia de otras masas de aire; además, se primaría excesivamente el protagonismo de las masas de aire en la dinámica atmosférica a costa de sacrificar completamente el papel detentado por la interacción entre las masas de aire que en ningún caso se debe de despreciar pues es tanto igual o incluso mayor la importancia de esas interacciones en la circulación atmosférica y en el clima que la de las masas de aire por sí solas.

Naturalmente, en la realidad, las situaciones sinópticas concretas no se ven asociadas, en gran parte de los casos a una sola masa de aire. Efectivamente, puede observarse más de una (dos incluso tres) en una misma situación cuando existe una yuxtaposición de masas de aire en el plano horizontal; esto queda bien reflejado en los mapas del tiempo por la aparición de sistemas de frentes. También puede suceder que exista una superposición vertical de distintas masas de aire, generalmente aire Polar en altura y otro diferente en superficie; este es un ejemplo clásico de gota de aire frío.

Por otro lado, existen muchas masas de aire cuyo desplazamiento hacia Andalucía implica una transición por regiones notablemente diferentes. Nosotros vamos a tener en cuenta este hecho en nuestra clasificación distinguiendo cinco grupos de tipos (Predominantemente Atlánticos, predominantemente Europeo-Mediterráneos, Atlánticos con transición Mediterránea o Continental, etc...). Los hechos anteriormente comentados también los vamos a tener en consideración: distinguiremos para cada uno de esos cinco conjuntos neográficos las masas de aire correspondientes: Am, Pm, Fm y tmP, Tm, Tc y Med, Tc, Pc-Med y Pc-Ac; a ellas se añade un tipo de masa de aire: el aire Polar en altura. Los tipos de tiempo se asocian a una masa de aire o a varias (de superficie o altura) según los hechos específicos que revele su configuración sinóptica típica.

Finalmente, para el análisis del clima, las masas de aire cobran significado no sólo por sí mismas y por sus interacciones entre ellas sino, además, por su relación con determinados núcleos de presión que, con mayor o menor frecuencia se configuran en nuestro espacio sinóptico regional.

Una clasificación de tipos sinópticos debe considerar los núcleos de presión. Aunque fundamentarla exclusivamente en núcleo o núcleos de presión que se configuran y en la posición que adobtan con respecto a Andalucía tiene tantos inconvenientes (por motivos diferentes) que la clasificación fundamentada exclusivamente en las masas de aire. Entre otras razones porque la configuración barométrica de un mapa sinóptico nunca es exactamente la misma y, aunque muchos casos concretos sí poseen suficientes similitudes como para diferenciar grandes modelos o tipos hay demasiados casos concretos constituidos como situaciones intermedias entre dos o más modelos diferentes; por otro lado, el número de modelos que, por medio de este procedimiento, se obtiene es excesivamente elevado y, por tanto, poco operativo para el análisis del clima.

No cabe duda, además, que analizar una situación sinóptica concreta a través de la configuración barométrica exclusivamente es, también, un análisis parcial de la realidad y, consiguientemente, un análisis pobre. Si tenemos en cuenta el "contenido" aerológico y meteorológico de esos modelos barométricos la determinación de los mismos puede variar considerablemente pues su significación también varía para el que los observa: de ser unos mapas de líneas, las isotermas, distribuidas de forma más o menos complicada, pasan a ser la cartografía de las masas de aire, de sus desplazamientos, de las condiciones de estabilidad/inestabilidad y, en definitiva, de la dinámica atmosférica y del tiempo atmosférico.

Entonces es posible clasificar un mayor número de esos mapas sinópticos concretos pues, cuando el criterio de clasificación basado en la configuración barométrica es insuficiente, la consideración de las condiciones aerológicas (masas de aire) y de las circunstancias meteorológicas (el tiempo) proveen de una valiosa información para la determinación de cada caso concreto en un modelo sinóptico definido.

Por otro lado, del análisis basado exclusivamente en criterios barométricos es más probable que cingame una clasificación de modelos completamente yuxtapuestos entre sí y se hace más difícil obtener unos grandes modelos que se puedan subdividir en otros más elementales como para agruparlos en modelos de orden superior; esto quiere decir que las clasificaciones basadas estrictamente en el dibujo isobárico difícilmente poseerán otro significado que ese, mientras que las clasificaciones basadas en la aprehensión de hechos que trascienden más allá del campo de presión: los procesos de circulación atmosférica y las masas de aire implicadas junto a los fenómenos meteorológicos asociados, facilitan por el contrario obtener una gran riqueza de contenidos en los modelos sinópticos clasificados y, simultáneamente, permiten plantear y establecer suficientes relaciones racionales entre ellos (a priori y a posteriori) como para hacer posible subdividir o agrupar los modelos clasificados. Como puede suponerse, si esto es importante en el análisis meteorológico, para el análisis climatológico se hace trascendental.

Nuestra clasificación ha tenido particularmente en cuenta los núcleos de presión descritos en apartados anteriores pero, naturalmente han sido tomados en consideración junto con aquellos otros elementos atmosféricos que nos permiten obtener una clasificación de modelos sinópticos relacionables entre sí más que una clasificación de modelos isobáricos yuxtapuestos: los fenómenos meteorológicos, los más esenciales mecanismos de circulación atmosférica de altura y las masas de aire o combinaciones de masas de aire que se observan asociadas a cada distribución barométrica.

En relación a todo esto, partiendo de aquellos seis tipos de situaciones diferenciados al considerar el factor Latitud y considerando simultáneamente las masas de aire, hemos procedido a incluir los núcleos de presión en la clasificación; el modo en que esto ha sido llevado a cabo no vamos a especificarlo ahora para cada caso concreto pues repetiríamos, en parte, los hechos que vamos a explicitar en el apartado que dedicaremos a la clasificación descripción de los tipos que hemos clasificado. Sólo nos interesa realizar algunas consideraciones generales que consideramos oportunas:

A. La estimación de los núcleos de presión no se omite pero sí se ha hecho implícita cuando se trata de centros de acción permanentes o semipermanentes que afectan directa o indirectamente a Andalucía: hemos preferido resaltar bien el dispositivo isobárico secundario y subordinado al centro de acción dominante que se instala en Andalucía o en sus inmediaciones. También se ha hecho implícito cuando el flujo resultante del campo de presión muestra unas condiciones de advección que se erigen en el rasgo más señalado del mapa sinóptico.

En el primer caso tenemos, por ejemplo, aquellas situaciones (la gran mayoría de los Ae y los Aw) dominadas por una dorsal atlántica enviada desde el Anticiclón de Azores hacia la Península: también podemos aquí incluir aquellas otras situaciones en las que la presencia de la Depresión Sahariana se deja sentir sobre Andalucía a través de un talweg dirigido al Bajo Guadalquivir (A'e) o a través de una depresión térmica secundaria: la depresión térmica peninsular (A'b); finalmente incluimos determinados tipos con alta ibérica constituida como un centro secundario del anticiclón térmico centroeuropeo y/o norafricano (Aac).

En el segundo caso incluimos aquellas situaciones en las cuales los grandes centros de acción se disponen de tal modo que determinan (en los altos y bajos niveles troposféricos) una advección, con dirección bien definida, de una o más masas de aire: estas situaciones se hallan asociadas a circulación zonal o submeridiana en altura. Aquí están incluidas las situaciones direccionales de poniente (AW, CW y CWi) del Noroeste (ANW y CNW) y del Suroeste (ASW) y de Levante (AE); los centros como el subtropical de Azores, el Subpolar de Irlanda-Islandia o el alta térmica centroeuropea tienen un papel determinante en cualquiera de las situaciones antes citadas y, sin embargo, los núcleos de presión se han tomado de forma implícita para destacar otro hecho más importante para el análisis climatológico: la advección de masas de aire. También están incluidas aquí aquellas otras situaciones donde la advección sigue siendo el hecho más señalado del mapa sinóptico pero, a diferencia de las anteriores, no viene determinada por centros de acción, cuya presencia se ve alterada o difuminada temporalmente por una disposición de la circulación en altura típicamente meridiana, sino por núcleos de presión esporádicos constituidos como un fiel reflejo de la circulación de altura.

B. La estimación de los núcleos de presión se ha hecho explícita, sin embargo, en otros casos: precisamente son aquellos en donde la individualización de un núcleo de presión y su posición con respecto a Andalucía constituyen un hecho relevante de la situación sinóptica y un hecho determinante de la situación meteorológica.

Sin embargo, en estos casos, que se pueden resumir en once tipos, tampoco ha primado de forma exclusiva la consideración del campo de presión:

En primer lugar porque, estas situaciones en las cuales la presencia de un núcleo de presión se impone como un rasgo muy llamativo e importante, no son situaciones yuxtapuestas unas a otras, al contrario, son situaciones estrechamente relacionadas entre sí pues el criterio que nos ha motivado a determinar su clasificación ha sido un criterio común, es decir todas ellas pueden vincularse de algún modo; pero resulta que, la relación entre estos modelos, ha sido derivada no de unos hechos irrelevantes sino de aquellos hechos que dominan y determinan la configuración y presencia de esos núcleos de presión que estamos ahora considerando: la constitución en la circulación de los altos y medios niveles troposféricos de una situación de bloqueo; analizando el factor Latitud y el esquema de la circulación atmosférica en relación a la posición de Andalucía ya vimos cuán importante era la configuración de este tipo de circulación; esto (no las motivaciones basadas en criterios barométricos) justifica la especial atención que le hemos dedicado y que le vamos a dedicar en nuestra clasificación a estos tipos.

En segundo lugar, para la clasificación de estos modelos sinópticos, no ha primado exclusivamente la consideración del campo de presión porque, en la diferenciación de los distintos tipos, se ha tenido muy en cuenta el tipo de individuo barométrico que se constituye como dominante (generalmente un núcleo de presión esporádico) así como la composición de masas de aire que toman parte en él. Esta diferenciación distingue, por un lado, las situaciones cuyo principal rasgo es quedar principalmente ligadas a la presencia de aire Polar con circulación ciclónica en altura (gota fría), por otro lado, distingue cada una de las situaciones asociadas a depresión fría y, finalmente, distingue las situaciones, menos frecuentes, de núcleo de presión esporádico de tipo anticiclónico; por otro lado, las situaciones se diferencian entre sí no sólo por la ubicación del individuo barométrico en relación a Andalucía sino, además, por el tipo de masas de aire que juegan entre sí; estas matizadas variantes las especificaremos en el apartado dedicado a la clasificación y descripción de los tipos de tiempo.

### 1.3. FACTORES INTRAZONALES

Hemos intentado, hasta ahora, describir diferentes fenómenos de matriz eminentemente geográfica cuya intervención en nuestro clima es importante pues son la base explicativa sobre la que se desenvuelven las caracteris-

ticas del clima de Andalucía.

Un último tipo de acontecimientos intervienen activamente de tal modo que se superponen a la acción tiránica que la latitud provoca y a las modificaciones azonales que una serie de hechos geográficos (continentes, mares) determinan. Se trata de las peculiaridades internas regionales. Su importancia es decisiva ya que acaban de matizar y, por tanto, explicar cómo las condiciones, que desde el exterior se configuraban, encuentran una serie de modificaciones según el punto de la superficie andaluza de que se trate.

La posición latitudinal, la presencia del Atlántico o del Mediterráneo, al igual que la del continente Africano, Europeo o la Peninsular, e incluso la de los relieves exteriores, tienen una serie de repercusiones que se ven diferenciadas o tamizadas en función de una serie de hechos tales como el relieve interior:

### 1.3.1. El Relieve interior de Andalucía: factor geográfico decisivo en su clima

Los conjuntos morfoestructurales de Sierra Morena, Sistema Ibérico, la Depresión del Guadaluquivir y el Bético, representados más o menos ampliamente en nuestra región, dan lugar a una serie de características topográficas que nos permiten definir a Andalucía como una región violentamente accidentada; según BOSQUE (1969 p.388) se trata de "...un típico relieve mediterráneo, de extrema variedad por su origen alpino, por su estructura y por su morfología...".

En un espacio relativamente pequeño (en relación al conjunto Ibérico) se pasa rápidamente de una zona costera a otros ámbitos que, localmente, llegan a constituir los puntos más elevados de nuestra península, tal es el caso del Mulhacén. Como dice PEZZI CERETTO (1978 p.6), Andalucía en general, y nosotros añadimos que su porción Oriental especialmente, "...muestra una topografía extraordinariamente accidentada (...). En una primera visión se percibe claramente que las alturas ascienden paulatinamente de Oeste y de Norte a Sur, llegándose a los máximos en el ángulo Sureste, en Sierra Nevada, que con sus 3481 metros constituye la cumbre más elevada de la Península.

En la Depresión del Guadalquivir se pasa de menos de 11 metros en Sevilla a 211 en Andújar y a 826 metros en Cazorla, ya en el curso alto del Valle. Dentro de la cordillera pasamos en un recorrido Oeste a Este, de 1092 metros en Algibe, situado en la Serranía de Ronda, a 2066 en Sierra Tejada y 3481 en el Mulhacén. Si el corte lo hacemos de Norte a Sur vamos de 768 metros en la Loma de Baeza a 2165 en Sierra Mágina y 3392 en el Veleta...".

Estas alturas ocasionan unos efectos climáticos de gran trascendencia. El primero de ellos es el de la orientación marcadamente diferenciada entre unos lugares y otros según nos coloquemos en la vertiente Mediterránea o en la Atlántica, o según nos orientemos hacia el Sur o hacia el Norte. El segundo se refiere a los marcados contrastes entre puntos como el Mulhacén que constituye la cima más elevada de España peninsular y puntos como los del interior del Valle de Guadaluquivir o la costa.

No obstante, la configuración topográfica determina, además, otros hechos tales como el de la continentalidad. Orientación, altitud y continentalidad serán estudiadas, una por una, más adelante ya que se trata de uno de los puntos más importantes de nuestro trabajo.

En resumen, se trata de una superficie muy complicada, igual que el ámbito Mediterráneo en general, al que pertenecemos. Este hecho en sí mismo tiene una serie de repercusiones climatológicas importantísimas: como dice AUSTIN MILLER (1975 p.204) el término global de clima Mediterráneo "...resulta una cómoda abreviación (...) pero lo cierto es que en el área Mediterránea se encuentra una serie de variedades bastante complejas ya que, en cambio, puede observarse este clima en América de una forma más simple. Esta diferencia es debida a la complejidad del relieve y a la mezcla de penínsulas, islas, golfos...".

Esta complicación se manifiesta, como es de esperar, en la concreción espacial de las características climatológicas. No nos puede resultar extraño que cualquier cartografía de tipos de climas adopte en el mediodía peninsular, y especialmente en el Sudeste, una configuración a modo de abigarrado mosaico cuyas múltiples piezas vienen a evidenciar contrastes internos más o menos acusados.

En este sentido, los factores intrazonales cobran capital importancia. Ahora bien, la configuración topográfica ejerce su acción de diversas formas. Antes de proceder a su consideración creemos oportuno recordar una vez más que, por el método de trabajo utilizado por nosotros, los hechos que vamos a examinar no sólo los vamos a poner en relación directa con el clima y con los elementos climáticos sino, además, con el tiempo y las situaciones meteorológicas que condicionan el tiempo las cuales, en último término, son las responsables del fenómeno climatológico.

Tres son las formas en que el relieve actúa: la altimetría, la orientación y el efecto producido por la lejanía del mar o por un abrigo topográfico, es decir, la continentalidad.

La altimetría tiene un enorme interés por cuanto es el factor más determinante para la configuración de fuertes contrastes en las características físicas de una hipotética masa de aire inmóvil; los principales se refieren a las presiones, a las temperaturas y a la humedad. Es un hecho conocido, yá lo hemos comentado, que conforme ascendemos en la troposfera (como lo hiciera PERIER en el Fuy de Dôme) la presión disminuye y, por tanto, también la temperatura; si la cantidad de vapor es constante la humedad relativa cobra valores cada vez superiores (aproximación al punto de saturación).

Lo que ocurre es que, en la realidad, difícilmente encontramos superficies homogéneas y masas de aire inmóviles donde no se observen ni desplazamientos horizontales ni desplazamientos verticales. Por esto, los gradientes de los valores meteorológicos que diariamente observamos se complican de tal modo que pueden acentuarse a determinados niveles (en el fondo de los valles en verano o en las regiones de alta montaña en Invierno, por ejemplo) o en una ladera de una montaña con respecto a la otra (diferencia barlovento sotavento). A pesar de todo, la altimetría se deja sentir aunque de manera más o menos irregular y enmascarada.

Andalucía es una región de fuertes contrastes altimétricos, según hemos determinado con anterioridad; pero esos contrastes adoptan diversos matices que van desde las apenas perceptibles de Sierra Morena con respecto a los valles del Guadiana y del Guadalquivir, a las más pronunciadas de las Béticas con respecto a las depresiones internas, a la depresión del Guadalquivir o al mismo litoral. La consecuencia inmediata de las diferencias altimétricas entre dos ámbitos contiguos es, naturalmente, la formación de una pendiente; las pendientes adoptan diversos grados en nuestra región, así tenemos las poco pronunciadas de Sierra Morena, que permiten un enlace fácil del Guadalquivir con la Meseta, y las más violentas de Sierra Nevada, sobre todo al sur, en relación con la línea de costa que baña el Mar de Alborán, o las pendientes de las Béticas en general. Estas pendientes más vigorosas son, lógicamente, las zonas de concentración de gradientes barométricos y térmicos y, simultáneamente, son, como yá se sabe, ámbitos propicios a los fenómenos de condensación y precipitación motivo por el cual suelen presentar, también, fuertes diferencias pluviométricas.

Hemos creído conveniente ilustrar la influencia de la altimetría en la temperatura a través de un análisis de regresión línea 1. En la Figura 12 se observan ciertos hechos dignos de destacar: utilizando siempre estaciones localizadas en torno al curso del Guadalquivir, y en la solana de Sierra Nevada escalonadas a diferentes alturas, que hemos procurado en la medida de lo posible sean de 100 en 100 mts aproximadamente, se observa una influencia

de la altitud sobre la temperatura bastante importante aunque ésta se difumina principalmente en las zonas costeras cuyos bajos valores, por efecto del mar, distorsionan el conjunto de la correlación: dicha influencia viene expresada por un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 0,84 en la solana de Sierra Nevada y en las proximidades del Guadalquivir. Este valor no es demasiado alto no sólo se debe al citado efecto distorsionador ejercido por la inclusión de la estación costera sino, además, por la casi ausencia de observatorios de alta montaña, donde la influencia de la altura se deja sentir de un modo más patente, limpio, casi desprovisto de otras interferencias: este hecho, que se puede deducir del análisis, por ejemplo, de pisos de vegetación, queda reflejado, al menos en parte, porque, si eliminamos el observatorio litoral de Sanlúcar e incluimos algún otro de altura: Sierra Nevada, que, al fin y al cabo, pertenece a la Cuenca del Guadalquivir, entonces " $r^2$ " equivale al valor de 0,96.

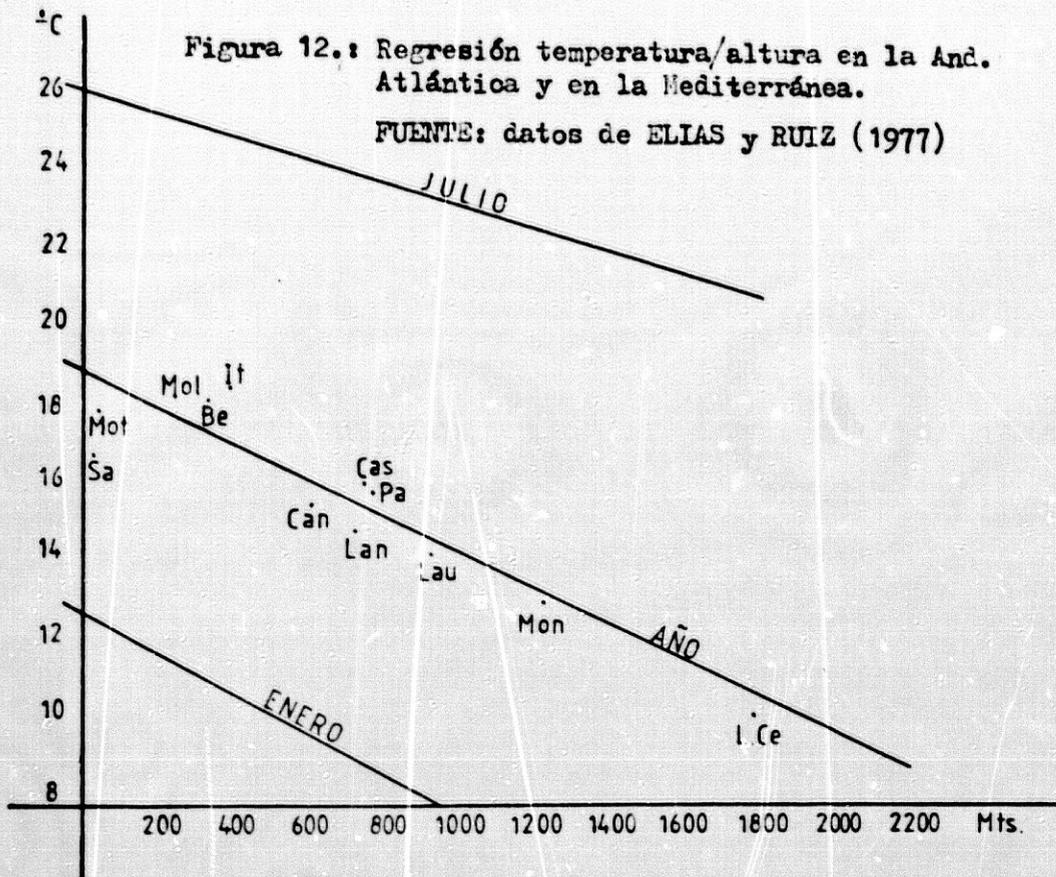
Naturalmente estos datos son bastante insuficientes pero sirven para lo que antes hemos dicho: para ilustrar cómo la altimetría se convierte en un factor importante, en principio, de la temperatura. También ilustran cómo esta influencia puede verse y se vé enmascarada por otros muchos fenómenos y, allí donde los conjuntos montañosos se alzan y, erguidos en el seno del aire troposférico, se separan lo bastante de los efectos distorsionadores más superficiales, la incidencia de la altimetría se deja sentir con mayor profusión según hemos dicho antes.

Quiere decir todo esto que la influencia de la altimetría no se puede abstraer y aislar salvo en condiciones de laboratorio. Incluso allí donde más se evidencia su influencia (en las zonas de alta montaña donde, por desgracia, hay pocos observatorios) interfieren elementos como el tipo de superficie: nevada, provista de vegetación, seca y desnuda, etc... incluso depende del tipo de situación atmosférica o de situaciones atmosféricas que se observen en un día/días y los hechos que hayan determinado. Por esto, los coeficientes de determinación ( $r^2$ ) varían sensiblemente de una a otra época de tal modo que, para las mismas estaciones antes utilizadas, en la zona del Guadalquivir y de la solana de Sierra Nevada " $r^2$ " baja a 0,39 y 0,48 respectivamente en Julio y se eleva a 0,89 y 0,95 en Enero, cuando abundan ciertas situaciones atmosféricas propicias y otras situaciones, previamente, han dado lugar a fuertes contrastes altimétricos entre superficies nevadas y superficies no nevadas: son, por tanto, estos coeficientes de determinación muy variables de unos años a otros, como variable es también el mismo tiempo atmosférico.

Consiguientemente, los gradientes térmicos verticales varían constantemente: si, siguiendo el método de PEÑA, O

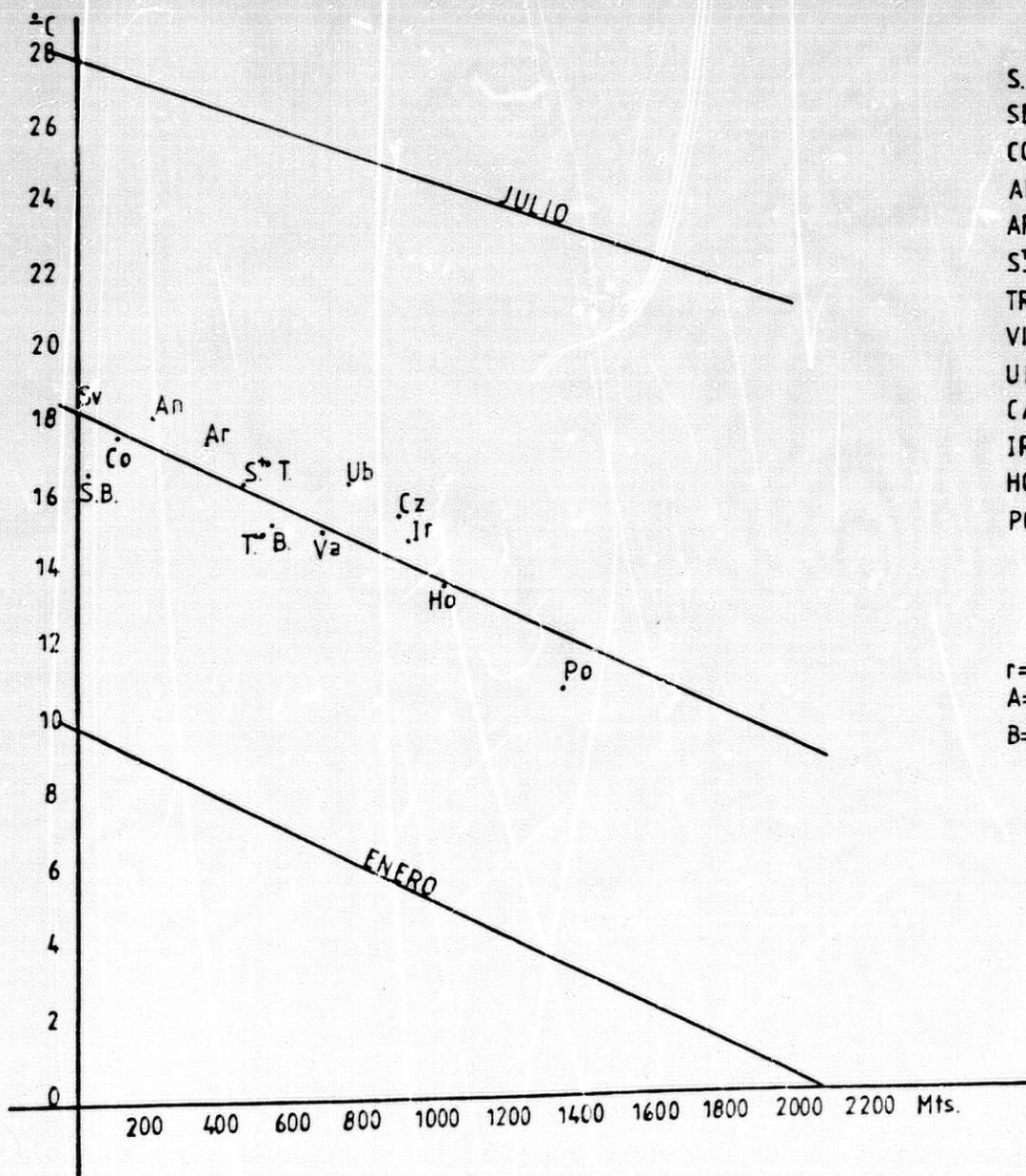
Figura 12.: Regresión temperatura/altura en la And. Atlántica y en la Mediterránea.

FUENTE: datos de ELIAS y RUIZ (1977)



	Z	T
SALOBREÑA	25	16,9
MOTRIL	40	18,0
MOLVIZAR	241	18,4
BERJA	331	18,3
ITRABO	390	18,6
CANJAYAR	605	17,7
LANJARON	720	15
CASTALA	740	16,2
PADUL	760	16
LAUJAR	920	14,4
MONTERREY	1222	13,2
CERECILLO	1780	12,3

	EN	AG
r =	-0,91	0,97
A =	19,04	12,63
B =	-4,56 <sup>3</sup>	-5,13 <sup>3</sup>



	Z	T
S. LUCAR de B.	30	16,9
SEVILLA S. P.	10	18,8
CORDOBA	110	17,9
ANDUJAR	212	18,4
ARJONILLA	360	17,2
S. TOME	458	16,6
TRANCO BEAS	540	15,5
VILLANUEVA A.	680	15,3
UBEDA	718	16
CAZORLA	886	15,7
IRUELA	922	15
HORNICO	1020	13,8
PONTONES	1350	11

	EN	AG
r =	-0,92	-0,94
A =	18,58	10,11
B =	-4,57 <sup>3</sup>	-4,75 <sup>3</sup>

y SCHNEIDER, H (1982 p.103) (\*).establecemos, para ambas zonas gradientes de 0,469 C/100 m y de 0,339 C/100 m. mientras que, en Invierno, se acentúa: 0,51 y 0,489 C/100.

De todo ello creemos que es lícito concluir que la altimetría contribuye a la caracterización del clima y a la configuración de diversidades espaciales termométricas, pero esa influencia no tiene porqué ser directa y, por tanto, tampoco tiene porqué ser sencilla. En relación a otros elementos del clima puede, incluso, complicarse aún más, tal es el caso de las precipitaciones que, al ser originadas o favorecidas por fenómenos de estancamiento orográfico, se encuentra en su distribución el sello inequívoco del factor altitud; pero tampoco en este caso la influencia es tan transparente como se presume, y el tipo de tiempo condiciona, como veremos, la actuación del factor altura. La altura es un factor fundamental del clima pero, en definitiva, debe ser entendido necesariamente en relación a otros fenómenos; de no ser así puede perderse la perspectiva de lo más genuinamente geográfico: el incesante dinamismo de la realidad.

La orientación puede ser considerada, en aquellas regiones de relieve violento, otro factor esencial del clima. En relación a la dirección de una masa de aire determinada, la fachada a barlovento adquirirá unas características que pueden diferir notablemente de las de sotavento. Estos hechos adquieren su máxima expresión en relación a las temperaturas y, sobre todo, cuando se trata de masas de aire inestables, en relación al fenómeno pluviométrico (los efectos Föhn y de estancamiento); la explicación radica en unos hechos físicos que son de sobra conocidos: como explica M.DOPORTO en un artículo sobre las lluvias orográficas aplicado a la Sierra de Grazalema (1.925 p.5): "...Una masa de aire húmedo que por una causa cualquiera se eleva rápidamente, tan rápidamente que el aire que la rodea durante su ascensión no la calienta ni la enfría por contacto con ella experimenta una disminución de temperatura que depende de la cantidad de vapor de agua que lleva por unidad de masa de aire seco. Cuando la elevación alcanza un cierto valor, su temperatura desciende por debajo del punto de saturación del aire húmedo y el vapor de agua comienza a condensarse en gotas, que constituyen una nube, cuya densidad aumenta cuanto más se eleva la masa de aire, que la arrastra parcialmente...". Sin embargo una partícula de aire que se vea sometida a un descenso orográfico (por la pendiente de sotavento) aumentará su temperatura y se aleja rápidamente del punto de saturación comportándose

---

(\*)  $d = \frac{\sum (T_i - \text{Media de } T) \times (Z_i - \text{Media de } Z)}{\sum (Z_i - \text{Media de } Z)^2}$ , partido por la Sum de  $(Z_i - \text{Media de } Z)$  elevada al cuadrado.

entonces la masa de aire como seca. Como explican BARRY y CHORLEY (1972 p.138) "...en las montañas se produce frecuentemente una pérdida de humedad debida a la precipitación, y el aire que se ha enfriado según el gradiente adiabático saturado por encima del nivel de condensación, se calienta a continuación según el gradiente adiabático seco, que es mayor a medida que desciende por la otra ladera, con la consiguiente disminución de su humedad absoluta y relativa...". Resumiendo, se trata de los efectos de estancamiento y Föhn respectivamente.

Una vez más observamos qué importancia tiene la dinámica atmosférica en relación a la acción de los factores intrazonales sobre el clima. La dinámica es la que decide cuando y cómo actúan estos factores del clima: no constante, sobre esto volveremos más adelante.

El conjunto de Andalucía presenta un relieve cuyas líneas maestras revelan en su alineación una marcada dirección alpina, en sentido ENE-WSW. La orientación de los grandes conjuntos topográficos vá a resaltar, en primer lugar, los contrastes W-E, Atlántico-Mediterráneo. El Valle del Guadalquivir se abre al Oeste en clara oposición a los valles del levante almeriense o, incluso, a los valles meridionales, si bien en este último caso la contraposición queda amortiguada por un pasillo orográfico importante como el de Gibraltar. Las masas de aire que llegan a Andalucía desde el Oeste o desde levante tendrán un comportamiento discriminatorio según se trate de un ámbito abierto y bien expuesto al conjunto Atlántico o al conjunto Mediterráneo: puede hablarse en este sentido de influencias mediterráneas u oceánicas: como dice AUSTIN MILLER (1975 p.63) "...las montañas tienden a coincidir con la línea que separa a zonas climáticas, debido a que interrumpen el libre curso de los vientos y a su influencia en la distribución de las lluvias y en la temperatura...".

Pero, la orientación ENE-WSW de nuestro relieve vá a determinar sobre todo los contrastes N-S y NW-SE. En este sentido también queda plasmada la contraposición Atlántico-Mediterráneo anteriormente aludida: debemos anotar que ésta queda acentuada por un hecho: la importancia altimétrica del conjunto Bético: la elevación de esta alineación alpina determina probablemente una oposición más marcada que en cualquier otra región Ibérica. Este hecho se reafirma cuando pensamos que esas oposiciones o contrastes pueden acumularse en el caso en que otros conjuntos orográficos con similar orientación se interpongan al Norte o al Sur: este caso es el de Andalucía en relación a los sistemas montañosos del resto de la Península (Ver Figura 13).

Para ilustrar estos hechos hemos creído oportuno adjuntar una serie de perfiles que, de forma gráfica, nos

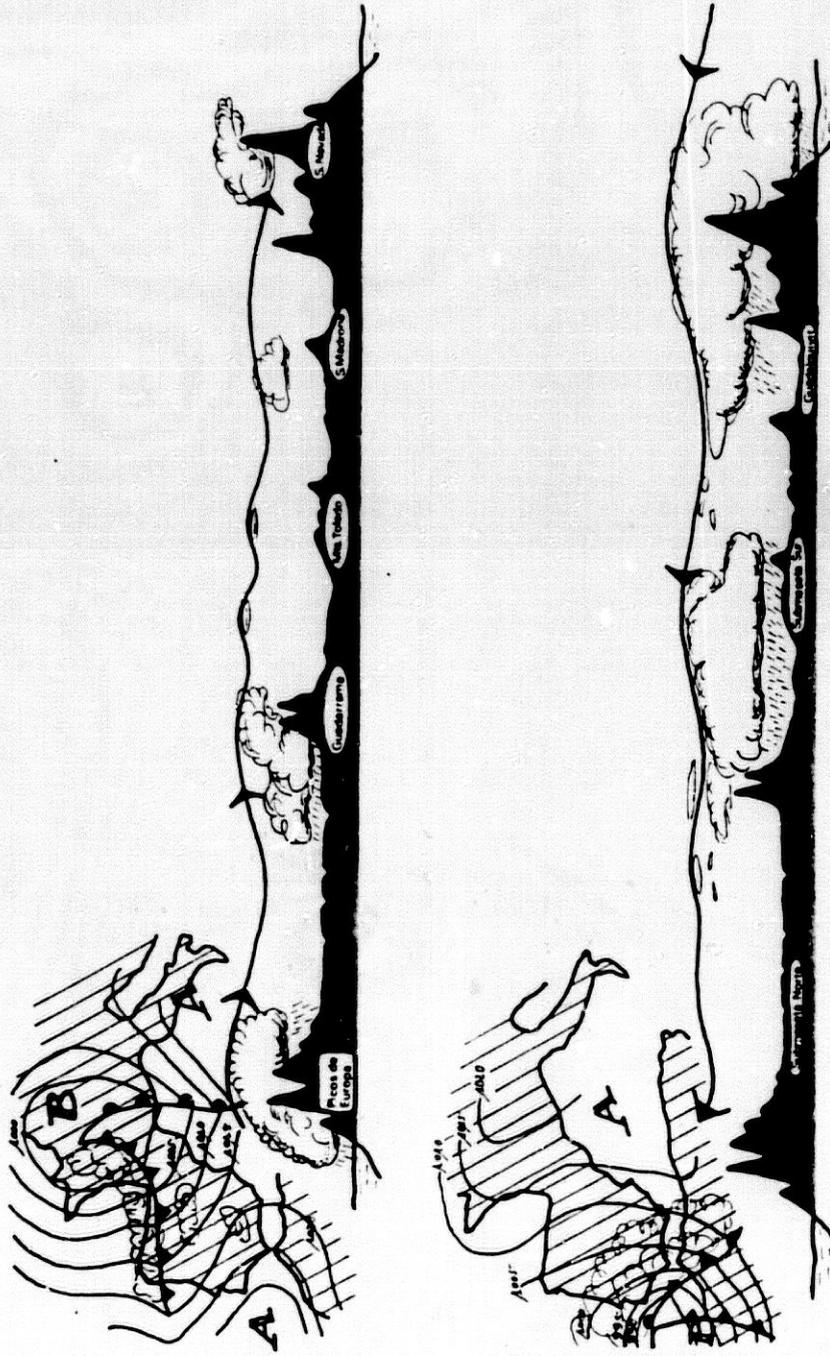


Figura 13.: Influencias del perfil topográfico N - S Peninsular sobre los flujos aerológicos del N-NW y del S-SW.

FUENTE : GARCIA DE PEDRAZA y CASTILLO REQUEÑA (1981).

pueden dar una idea de lo que hemos venido afirmando. Se incluyen dos perfiles peninsulares NW-SE, uno de Ferrol a S. José otro de La Coruña a Almería, otros dos perfiles con dirección aproximada de WNW-ESE, otro en sentido N-S y, finalmente, un perfil W-E; a estos perfiles hemos añadido dos proyecciones: una, desde el Golfo de Cádiz, del bajo y Medio Guadalquivir, otra, desde el Mediterráneo, del extremo Sureste Ibérico; estas dos proyecciones evidencian la amplitud del Guadalquivir y su apertura al Golfo de Cádiz, claramente contrapuesta a la barrera orográfica que se ve desde el Mediterráneo, barrera abierta en estrechos pasillos por valles cuyo fondo, en el curso medio-alto se encuentra a considerable altura.

Pero las oposiciones orográficas N-S ó N-W, etc..., relativas a la orientación hasta ahora hemos tratado en relación con los desplazamientos de las masas de aire. Hay otro tipo de oposición en relación con la actividad del sol: es la clásica oposición solana-umbría. Las abruptas pendientes que se encuentran en las Béticas permiten situaciones con marcados contrastes. Los resultados gráficos de un trabajo sobre "el efecto de las variaciones latitudinales y estacionales de la radiación solar recibida sobre superficies inclinadas en la definición de las pendientes de solana y umbría" (DHERIAULT, M., HUFFTY, A., SHERIFF, F., 1985) nos indican que, bajo determinadas condiciones (\*), las superficies orientadas hacia el Norte en el paralelo 37,5º Norte, paralelo medio de Andalucía reciben (en la proporción: radiación solar directa sobre el plano orientado e inclinado con respecto a la radiación total sobre un plano horizontal) menos del 100% a lo largo del año, excepto en las fechas del Solsticio de Junio, para inclinaciones débiles menores a 5º aproximadamente, que poseen cifras algo por encima del 100%; a partir de inclinaciones de poco más de 7,5º en el Solsticio de Diciembre, se observa una proporción solamente del 50% y, si la inclinación es de 30º aproximadamente, la proporción es del 0%.

En relación a las superficies inclinadas hacia el W ó hacia el E encontramos que, en ninguna época del año, se supera la cifra del 100% aunque, en torno al Solsticio de Diciembre, se aproxime bastante; sin embargo, tampoco vamos a encontrar porcentajes bajos de tal modo que, para inclinaciones entre 0º y 45º, los valores se sitúan siempre por encima del 80% y, en ningún caso, llegan al 0%.

-----  
(\* Se excluyen los efectos de la distancia Tierra-Sol, la atenuación atmosférica, la duración del día y la altura del Sol, para remarcar los efectos de la inclinación y la orientación de los planos en ocho días típicos (solsticios, equinoccios, 6 de Ib, 4 de My, 7 de AG y 5 de Nv) para los cuatro puntos cardinales.

Finalmente, las superficies inclinadas hacia el Sur se constituyen sobre nuestra latitud como solanas durante la mayor parte del año, y sólo en torno al Solsticio de Verano se encuentran porcentajes deficitarios, inferiores al 100%; no obstante, para que en este caso el porcentaje se haga inferior al 80% es preciso que la superficie se incline a más de 45°. En el Solsticio de Invierno, por el contrario, la proporción se eleva por encima del 125% con pendientes de poco más de 5° y al 200% cuando son de 30° aproximadamente; durante los Equinoccios tenemos una situación muy similar de tal modo que las pendientes a cualquier inclinación (excepto las pendientes máximas de a 80° a 90° tienen más de 100% aunque las cifras superiores al 125% se reducen a un número menor de casos: sólo en las pendientes con inclinaciones comprendidas entre 30° y 45° aproximadamente.

Si consideramos como solana aquellos ámbitos con cifras de radiación directa sobre el plano inclinado en relación con la radiación directa sobre el plano horizontal del 100% o más (es decir, donde el primero es superior al segundo elemento de la proporción) nos encontramos con que, en Andalucía, las solanas se encuentran durante el Verano seriamente reducidas en cuanto a extensión aunque los valores permanecerían, en casi todos los tipos de pendiente, muy próximos al 100%; incluso, en las superficies cuasi horizontales, débilmente inclinadas hacia el Norte serían del 100%. No se puede hablar, por tanto, durante esta época estival, de contrastes solana/umbria salvo que se trate de escarpes (muy locales y poco frecuentes) con inclinación hacia el N. o hacia el S. superiores al 40°, aproximadamente o, al E. o al W., superiores a 45°. hecho que sólo se presenta de forma muy local y con poca frecuencia.

En las fechas equinociales la situación varía considerablemente: las superficies orientadas hacia el Norte reciben, como hemos visto, bastante menos del 100% y, con casi 10° de inclinación, menos del 80%; por contra las orientadas hacia el Sur reciben bastante más del 100% e incluso en algunos declives (e 30° a 45° más o menos) más del 125%; las que lo están hacia el E. y hacia el W. permanecen sin embargo en una situación intermedia según decíamos anteriormente. Los contrastes se acentúan por tanto y, es más, se extienden a zonas que no es preciso que posean grandes declives; en consecuencia no sólo se intensifican los contrastes sino que, además, se hacen extensivos (a diferencia de eran) más allá del plano local.

Pero, sin duda alguna, cuando encontramos contrastes más acentuados es en el Solsticio de Diciembre: todas las pendientes inclinadas hacia el Norte se constituyen como umbrías y las orientadas hacia el Sur como ámbitos de solana. Si consideramos ahora umbrías las zonas cuyos

valores están por debajo del 80% y solanas la que superan el 125% (tal y como hacen los autores antes citados) tenemos, aun así, amplios ámbitos caracterizables como umbrias: las superficies orientadas al Norte con 50° de declive, aproximadamente, mientras que también encontramos amplias áreas de solana pues sólo se precisan, en las superficies orientadas hacia el Sur, un poco más de 50° de inclinación (en torno a 60° ó 70°). Estos contrastes invernales se intensifican más si atendemos la escala local: considerando pendientes de 30% o superiores, la orientación Norte recibe un 0% de radiación solar directa mientras que la orientación sur recibe un 200%, es decir, el doble de radiación solar directa que se recibiría sobre un plano horizontal. Se podría concluir que el Invierno es la estación de los contrastes en las regiones montañosas y no sólo por las oposiciones solana-umbria sino además por los efectos de estancamiento-föhn que se subrayan ahora por la especial actividad de las masas de aire en sus prolongados trasiegos.

El efecto producido por la lejanía del mar o por el abrigo orográfico: la continentalidad, se constituye generalmente en un tercer factor de innegables consecuencias para el clima. A pesar de todo, en el caso de Andalucía, el fenómeno de la continentalidad debe estar sensiblemente amortiguado porque estamos incrustados entre un océano, en el cual el conjunto peninsular penetra como una avanzadilla del continente europeo, y una gran masa de mar: el Mediterráneo; en cualquier caso la distancia en Km. de los puntos del interior de Andalucía al mar más próximo es siempre reducida.

Pero la topografía andaluza hemos dicho que es bastante complicada y esto sí que propicia las condiciones de continentalidad en determinados ámbitos de esta región por el abrigo orográfico que las barreras montañosas pueden ejercer con respecto a los flujos orográficos. Efectivamente, cuando el flujo marítimo procede del Oeste las condiciones oceánicas penetran bien por el Guadalquivir pero los valles mediterráneos levantinos quedan al abrigo suyo por la interposición de las Béticas; y a la inversa puede suceder con un flujo mediterráneo. Finalmente existen zonas interiores donde la orografía se configura de tal modo que amplios sectores se encuentran sensiblemente aislados al encontrarse casi completamente rodeados de importantes elevaciones montañosas. Este es el caso de ese roastro de depresiones tectónicas hundidas, deprimidas, entre las alineaciones serranas béticas: el Surco Intrabético. Este efecto de aislamiento orográfico se verifica sobre todo en el sector oriental, en el área drenada por el Genil y, especialmente, en el área drenada por el Guadiana Menor.

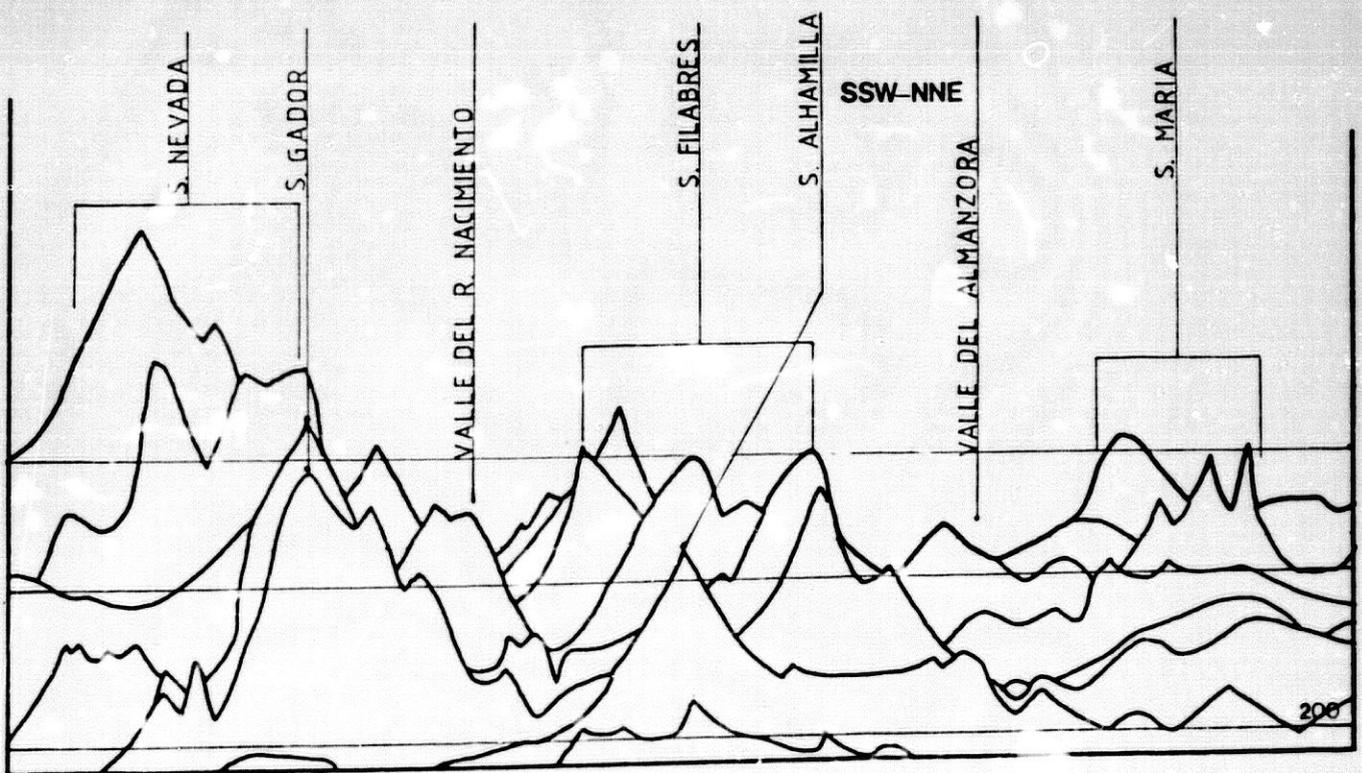
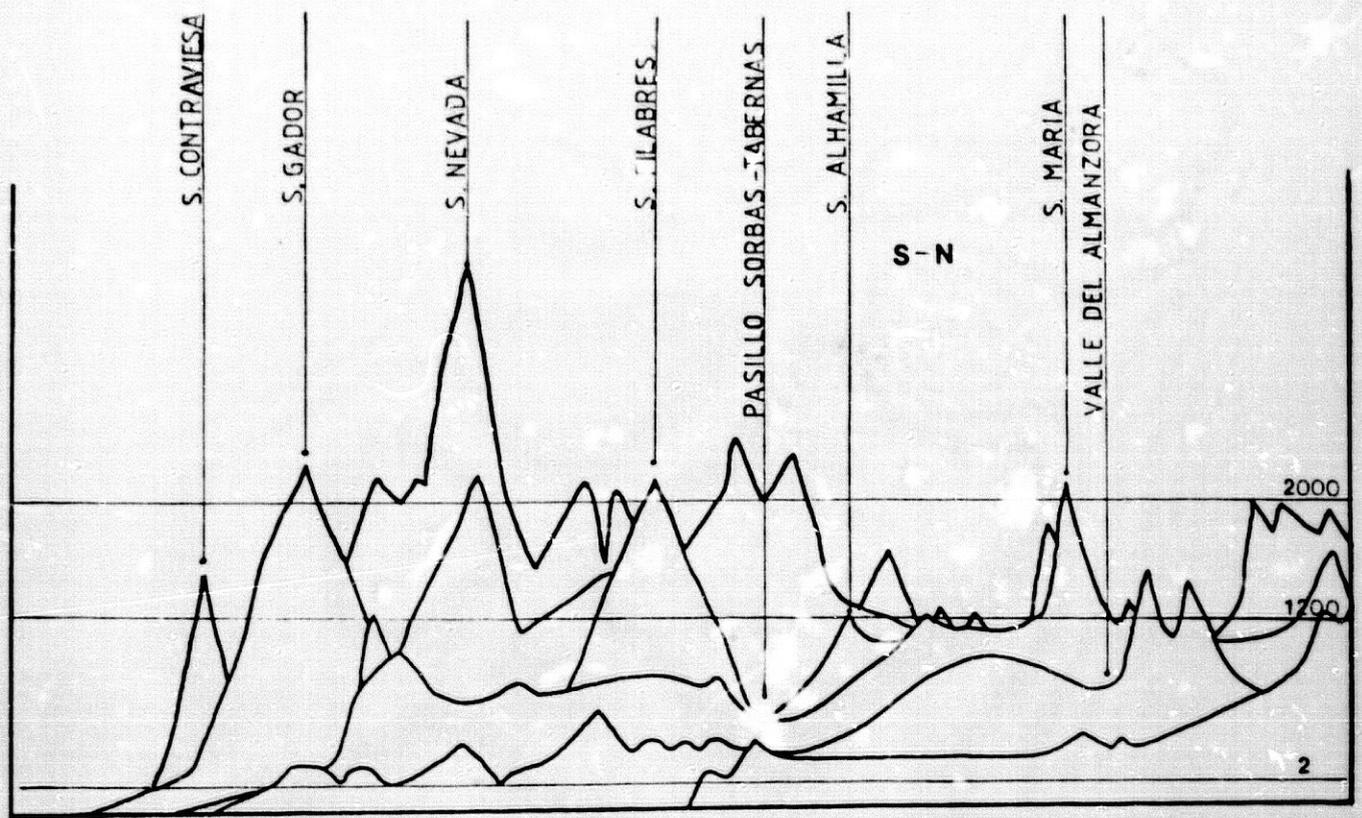


Figura 14.a.: Perfiles de la Andalucía Levantina proyectados desde el Mediterráneo

Elaborados a partir del mapa e:1/800.000 de Granada S.G.E.

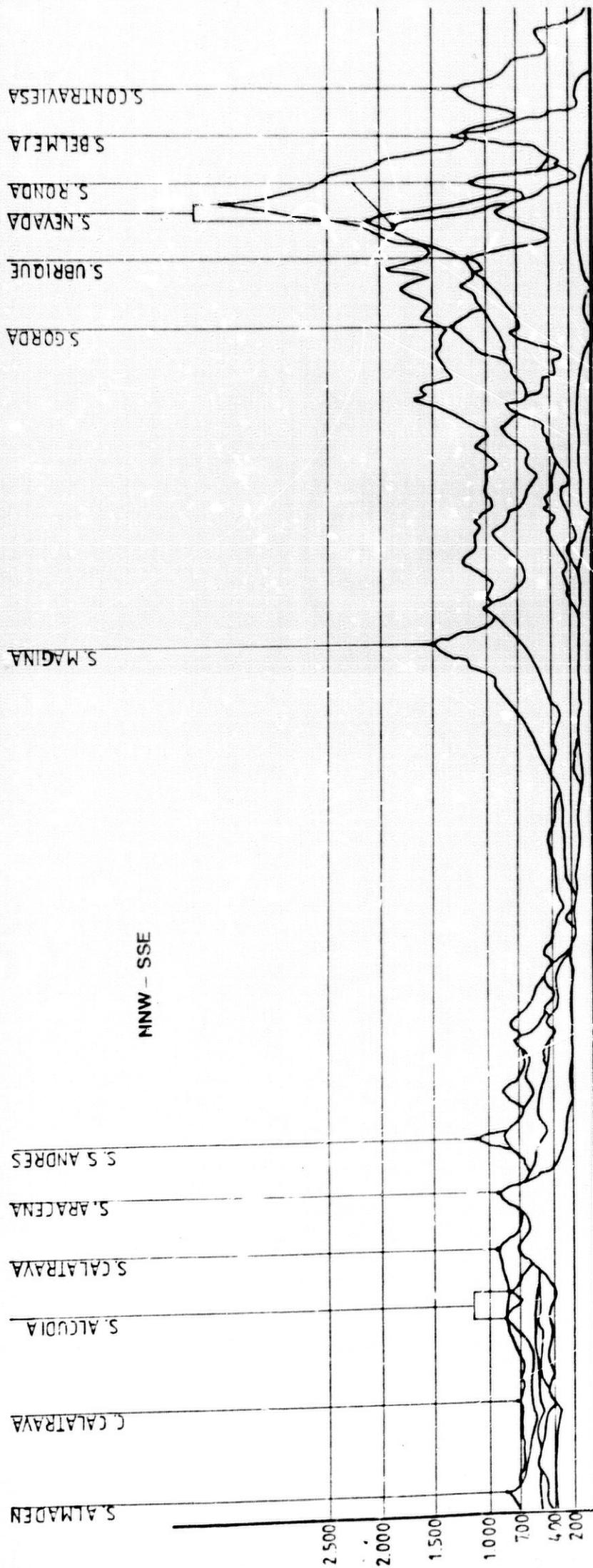


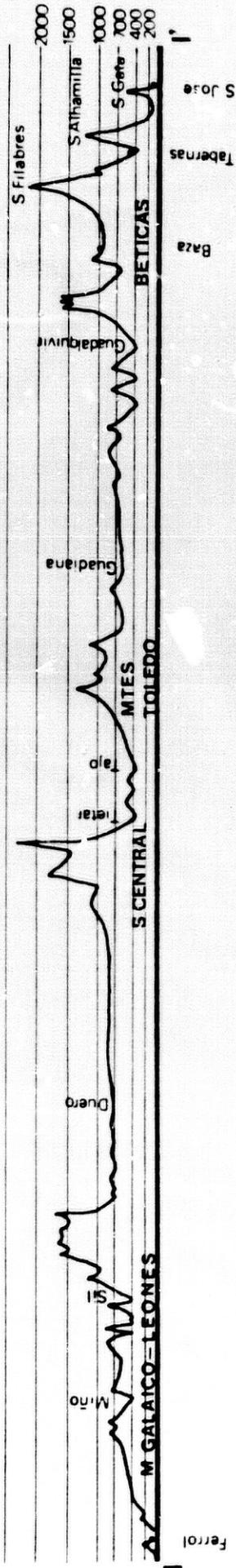
Figura 14.b.: Perfiles de la Andalucía Atlántica. proyectados desde el G. de Cádiz.  
Elaborados a partir del mpa e:1/1.000.000 de la Península Ibérica I.G.N.

Figura 14.c.: Perfiles topográficos de la Península  
Ibérica en relación a Andalucía.

FUENTE : Mapa e:1/1.000.000 de la Pen. Ibérica I.G.N.

I-I' NW-SW  
II-II' NW-SE  
III-III' NWW-SEE  
IV-IV' NWW-SEE  
V-V' N-S  
VI-VI' W-E  
VII-VII' SW-NE

NW - SE



NW - SE

