

REGÍMENES DE TIEMPO A GRAN ESCALA Y CARACTERÍSTICAS PLUVIOMÉTRICAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA Y CATALUÑA: ANÁLISIS DE DICIEMBRE

Luis A. Vázquez López

CMT en Cataluña. INM.

RESUMEN

Estudios de simulación dinámica y empíricos confirman que la variabilidad atmosférica intraestacional, en las latitudes extratropicales, se caracteriza por unos patrones de flujo de circulación a gran escala que tienden a aparecer repetidamente y en áreas geográficas determinadas. Suelen persistir por más tiempo que el característico de los sistemas meteorológicos sinópticos individuales y afectan significativamente al clima regional ó local (sequías, déficit hídricos, etc...). En este trabajo se ha estudiado la variabilidad del campo de presión atmosférica al nivel del mar mediante la aplicación de un análisis de componentes principales a los días del mes de diciembre en una secuencia que va de 1958 a 1997 y, posteriormente, un método de partición que clasifica todos los días, representados en el espacio reducido de las componentes principales, en un número predefinido de grupos (5). Se han identificado dos regímenes de bloqueo y tres de circulación casional así como su distribución asociada con los meses más húmedos y secos en la Península Ibérica y en Cataluña.

1. Introducción

Gran variedad de estudios recientes confirman que, además de los forzamientos externos, la propia dinámica interna de la atmósfera extratropical es una fuente importante de variabilidad de baja frecuencia más allá de la escala de tiempo de las ondas baroclínicas. Esta variabilidad atmosférica intraestacional se caracteriza por unos esquemas de circulación ó flujo de gran escala que aparecen repetidamente en áreas geográficas específicas y pueden persistir más tiempo que el de vida media de los sistemas individuales de escala sinóptica. Este tipo de patrones circulatorios han sido reconocido en diferentes momentos bien como Grosswetterlagen (BAUER,1951) ó sistematizados como patrones de teleconexión (WALLACE AND GUTZLER,1981) ó como anomalías persistentes (DOLE and GORDON,1983) en campos de geopotencial troposféricos. Posteriormente, se introducido el concepto de regímenes de tiempo (RHEINHOLD and PIERREHUMBERT,1982) ó regímenes de flujo planetario (LEGRAS and GHIL,1985) al tratar de conectar la observación de patrones circulatorios recurrentes ó persistentes con la escala sinóptica ó la dinámica atmosférica de escala planetaria. Estos regímenes de tiempo han sido definidos en términos de agrupamientos ('clustering') borrosos (MO and GHIL,1988) ó jerárquicos (CHENG and WALLACE, 1993), máximos en la función de densidad de probabilidad (FDP) del flujo de baja frecuencia a gran escala (MOLTENI and al.,1990; KIMOTO and GHIL, 1993,b), ó por condiciones de cuasiestacionaridad (VAUTARD,1990). Los regímenes muestran persistencia típica entre varios días a un par de semanas, con transiciones rápidas entre ellos, asociadas a la no-linealidad de la dinámica atmosférica. Una cadena de Markov de probabilidades de transición describe bien sus predictibilidades. (VAUTARD et al.,1990;KIMOTO and GHIL,1993b).

Se ha comprobado la asociación de estos regímenes de tiempo con la organización de los ciclones en latitudes medias (ROBERTSON and METZ,1990) y con anomalías térmicas significativas (MICHELANGELI et al., 1995) y por inferencia se puede considerar que afectarán a las características del tiempo y la climatología local (regional).

Además de estas coincidencias observacionales, estudios teóricos indican que los regímenes de flujo pueden estar asociados con regularidades significativas del atractor atmosférico de gran escala, bien como equilibrio estable múltiple, representando la totalidad del atractor (CHARNEY and DeVore,1979) ó como equilibrio inestable y ciclos límite embebidos en un atractor extraño (LEGRAS and GHIL, 1985; VAUTARD and LEGRAS, 1988; KIMOTO and GHIL,1993b). La sensibilidad de los regímenes de tiempo a pequeñas perturbaciones tiene importantes implicaciones en la predicción del tiempo a medio plazo (TIBALDI and MOLTENI,1990). Mediante diferentes modelos (LEGRAS and GHIL,1983), modelo de Lorentz de tres componentes (MOLTENI et al., 1993) ú observaciones (KIMOTO, 1989) se ha llegado a considerar que

forzamientos externos asociables al ENSO ó a efectos antropogénicos podrían afectar la distribución de probabilidad de los diferentes regímenes de manera sistemática.

Por otra parte, la gestión de recursos hídricos, la producción de energía ó la producción agrícola tiende a estar asistida mediante modelos que requieren como datos de entrada la precipitación y la temperatura local de base diaria y por ello se han elaborado una gran variedad de modelos estadísticos que relacionan variables meteorológicas locales con tipos de tiempo a gran escala, identificados estos frecuentemente a través de análisis de funciones ortogonales empíricas de campos de geopotencial ó presión al nivel del mar y de análisis de clasificación y regresión. Se trata de buscar relaciones estadísticas óptimas para el 'downscaling' entre la circulación de gran escala y las condiciones meteorológicas locales (regionales), normalmente sin el beneficio de alguna información a priori sobre la estructura del espacio de fases de las grandes escalas. Los regímenes de tiempo proporcionan un paradigma dinámico para la caracterización de la estadística multimodal del sistema climático a gran escala.

En este trabajo se ha tratado de identificar dinámicamente regímenes de tiempo del mes de diciembre y aspectos de su influencia en la estadística de la precipitación mensual acumulada en las grandes cuencas hidrográficas españolas y en la precipitación regional catalana. Se ha elegido el mes de diciembre pues es la época (y por extensión la estación de invierno) en la que los regímenes de tiempo están más ampliamente documentados y cuando gran parte del territorio ibérico registra las mayores aportaciones de agua de precipitación. La atención del análisis se centra en el área atlántica extratropical de divergencia de las trayectorias de las tormentas en la cual se identifican patrones de variabilidad asociada mejor correlacionados entre la presión atmosférica a nivel del mar y la precipitación regional ibérica (VÁZQUEZ, L., 2001).

2. Datos y análisis de agrupamiento

Se han utilizado tres conjuntos de datos: para la gran escala, datos diarios de diciembre de presión al nivel del mar, en el periodo 1958-1997, proporcionados por NCEP/NCAR en el CDC(NOAA-CIRES) .Para la identificación de regímenes de tiempo se han tratado 40x31=1240 días de diciembre caracterizados en un área de latitudes extratropicales atlánticas (20°W-0°, 30°N-75°N) mediante una rejilla uniforme de 50 puntos (5°x5°). Asimismo, se han promediado este tipo de datos diarios para la caracterización a escala hemisférica de casos con diferentes regímenes. En la escala regional, los datos utilizados son la precipitación mensual acumulada en ocho grandes cuencas hidrográficas españolas y la precipitación de diciembre en una red de observatorios (53) en Cataluña, ambos conjuntos de datos son simultáneos a los de presión y correspondientes a los archivos climatológicos del Instituto Nacional de Meteorología en sus dependencias centrales y periféricas (España), respectivamente. La media areal, referida tanto a la Península Ibérica como a Cataluña, se ha obtenido promediando estos registros respectivos para cada año.

No hay una forma única u óptima de clasificar regímenes de tiempo: aquí hemos utilizado un procedimiento de agrupamiento ('clustering' dinámico) ó método K-means (McQueen,1967) y definimos como regímenes de tiempo los grupos de patrones centrales obtenidos al clasificar todos los esquemas de circulación de gran escala de un conjunto de datos (VAUTARD, 1990 ; MICHELANGELI et al.,1995) e identificamos así los patrones de circulación más recurrentes. En este procedimiento partitivo se preestablece el número de grupos de casos que deben formarse, de modo que un conjunto de individuos queda dividido en conglomerados y, al final del proceso, cada caso (día) pertenece al cluster cuyo centro está más cercano a él, según una distancia euclídea. El centro del cluster viene dado por la media de las coordenadas correspondientes a los individuos que forman cada grupo. Paso previo al agrupamiento se ha realizado un análisis de funciones ortogonales empíricas de los datos originales de presión atmosférica Este análisis (FOE) reduce el alto número variables de entrada, 50, a otro número más pequeño que define un subespacio en el cual, no obstante, se recoge un alto porcentaje de la varianza total de los datos originales . De hecho, el agrupamiento se ha efectuado tomando como variables las dos primeras componentes que explican la mayor parte de la varianza total (39,25% y 29,47%, no se muestran). Este alto porcentaje de varianza explicada por estas dos componentes principales (CP) apoya la asunción de que una clasificación a través de ellas permitirá la identificación de unos pocos grupos con los rasgos más característicos de la circulación real atmosférica a gran escala.

A través de otro tipo de métodos como los de búsqueda de densidad (KIMOTO and GHIL,1993b) se define un régimen en términos de un vector de estado de mapas ó puntos en el espacio de fases de la atmósfera a gran escala que está próximo a un máximo de la función de distribución de densidad (FD). Un subconjunto de días queda clasificado en cada régimen. En este trabajo se ha indagado en la Función de

Distribución de Densidad bivariada ,FD, tomando las dos primeras CP de la presión como variables, mediante un método no paramétrico llamado método kernel que nos permite apreciar aspectos formales del atractor a través de sus inhomogeneidades. Se supone que tales inhomogeneidades en la FD provienen de la existencia de configuraciones del flujo circulatorio que presentan propiedades preferidas de persistencia y recurrencia. En la figura 1, puede apreciarse un área extensa de máxima densidad a la izquierda del plano con elongación vertical y relativamente cerca del origen, correspondiente a la mayor frecuencia del estado atmosférico y con considerable variabilidad ya que presenta gran extensión entre los estados con valores altos de la 2ª CP, bien positivos ó negativos. Son destacables, a la derecha del plano, con valores positivos de la 1ª CP, otras dos zonas más alejadas del centro y ocupando pequeñas regiones que asociamos a sendos regímenes de tiempo con características bien diferenciadas.

La elección del número de grupos a formar presenta en principio una cierta discrecionalidad y en este estudio se han tomado 5, a tenor de las señales indicadas por la FD y por el rango del número de regímenes identificados en otros estudios de este tipo (VAUTARD,1990). Los puntos en la figura 1 representan las coordenadas de los centroides de los 5 clusters obtenidos (K-means) proyectados en el plano definido por las dos primeras componentes del análisis de funciones ortogonales empíricas previamente aplicado a los datos originales de presión atmosférica y puede observarse su proximidad a las cinco regiones más identificables en la periferia de la distribución de densidad.

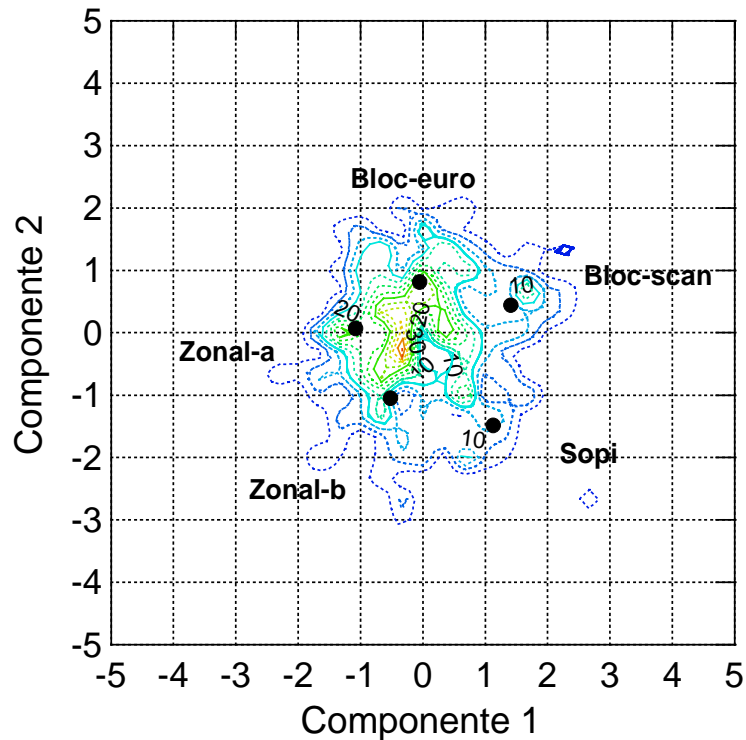


Figura 1:Función de distribución de densidad (kernel) en el plano de las dos primeras CP de la presión atmosférica.Puntos negros, coordenadas de los centroides de los cinco grupos formados ('clusters', K-means).

3. Regímenes de tiempo y pluviometría regional

Recuperando los centroides de los cinco grupos en las variables originales, presión atmosférica al nivel del mar en milibares, se aprecian las características del flujo medio correspondiente para cada tipo de régimen, los cuales pueden verse en la figura 2-a.

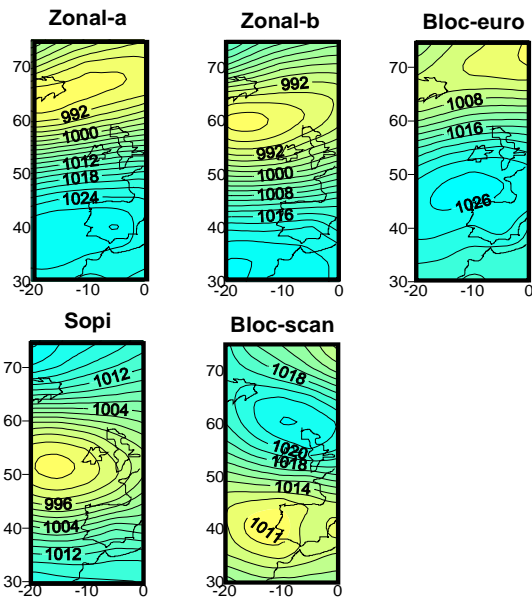


Figura 2-a: Características del flujo correspondiente a los cinco centroides de régimen de tiempo y sus denominaciones en este estudio.

Complementariamente, en la figura 2-b, se muestra el número de días en que la atmósfera está en un estado más cercano a uno u otro tipo de régimen de tiempo para los diciembres más húmedos (verde) y los más secos (azul, 10 meses de cada uno) en el periodo 1958-1997 sobre la Península Ibérica y lo mismo (7 meses de cada uno) para el territorio catalán. Puede apreciarse variación significativa de la distribución de regímenes de tiempo entre unos años u otros, húmedos ó secos, con diciembres en los que prevalece un patrón circulatorio con situaciones anticiclónicas que abarcan a toda la Península Ibérica desde el Atlántico próximo y hasta centro-europa, el Bloc-euro, que por coherencia meteorológica es asociable a la escasez pluviométrica sobre la PI, como fue el caso, por ejemplo, durante muchos diciembres de los años de la primera mitad de los setenta y de los noventa. Efectivamente, las desviaciones regionales de la precipitación acumulada fueron negativas (fuente, documentación hidrológica del INM, no se muestra). Hay que señalar, no obstante, que con este régimen las cuencas mediterráneas de la PI pueden registrar precipitaciones por encima de lo normal con cierta frecuencia, pues la configuración circulatoria del mismo provee de vientos húmedos de levante contra las costas orientales, como fue el caso en los años 1970, 1975 y 1991

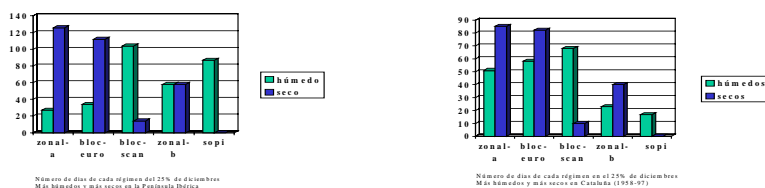


Figura 2-b: Distribución de frecuencia de diferentes regímenes de tiempo en el 25% de los años más húmedos y secos de la P. Ibérica y Cataluña.

Sin embargo, otro régimen de tiempo, también con recurrencia anticiclónica, pero al Norte de las Islas Británicas y sur de Escandinavia, tiende a desviar las trayectorias de los ciclones por el sur hacia el área ibérica y mediterráneo occidental, es el que denominamos aquí Bloc-scan , y está asociado a superávit de precipitación en todas las regiones españolas, particularmente en las mediterráneas, como, por ejemplo, fue el caso de 1995 y 1996. De hecho, este régimen es conocido en la práctica operativa sinóptica como de situación en 'omega'.

De entre el conjunto de los cinco regímenes identificados, el zonal-a y el bloc-euro aparecen como más frecuentes y caracterizando la circulación dominante en los diciembres con precipitaciones por debajo de lo normal (barras color azul) y entre los restantes, bloc-scan y sopi son los más contributivos a las precipitaciones más cuantiosas acumuladas en las cuencas, con mayor incidencia en el área mediterránea el primero y en el área atlántica el segundo. El régimen zonal-b, contribuye a las precipitaciones de las cuencas del norte y noroeste peninsular y casi no presenta incidencia lluviosa en las demás regiones, tanto menos en las cuencas mediterráneas.

En la figura 3, se muestra este régimen como media en presión al nivel del mar y en 500 hPa. de la secuencia del 21 al 31 de 1996, correspondiente al tipo bloc-scan. Los regímenes de tiempo zonales, que presentan una estructura de flujo bastante semejante, se diferencian principalmente en la diferente latitud a la que se desvían las trayectorias de las tormentas en un caso u otro de tal forma que hay un modo en el que aquellas alcanzan más frecuentemente a la PI, el Zonal-b, y otro en el que prácticamente no la alcanzan, el Zonal-a. En el primer caso las precipitaciones se localizan en las cuencas ibéricas del norte y noroeste y en el segundo prácticamente predomina la sequedad, pero ambos tipos suelen presentarse asociados. Como ocurrió, por ejemplo, en los años 1993 y 1994 (figura 4, como en la figura 3 pero de la secuencia 1 al 10 de 1993, régimen Zonal-b). Finalmente, el régimen que aparece menos frecuentemente en este mes, pero muy significativo en cuanto a las precipitaciones ibéricas, es el denominado aquí Sopi, en el que el estado atmosférico evoluciona con anomalías de presión negativas en gran parte del atlántico extratropical próximo a Europa alcanzando latitudes relativamente bajas y tiende a desviar las trayectorias de los ciclones hacia este continente y hacia la Península Ibérica a las que alcanzan plenamente sobre todo por el oeste. Las precipitaciones entonces resultan muy cuantiosas y principalmente en las cuencas atlánticas, como es el caso de los años 1978, 1981 y 1995.

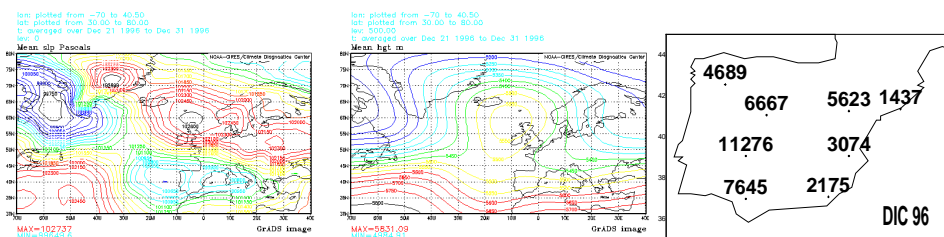


Figura 3: presión y geopotencia medios, 21 a 31 de 1996

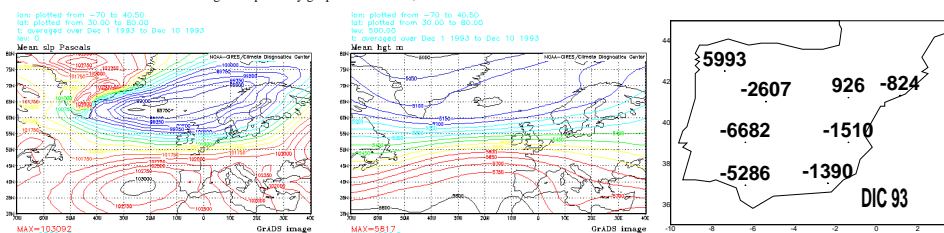


Figura 4, como la 3 pero para 1 al 10 de 1993

Figuras 3 y 4: presión , geopotencial y desviaciones medias de precipitación Acumulada en dos secuencias de régimen, bloc-scan y zonal-b, respectivamente.

De forma más sintética, este conjunto de regímenes pueden verse como agrupado en dos subconjuntos, como en dos modos básicos en el estado circulatorio atmosférico extratropical. Uno, en el que los esquemas de circulación dan señales anticiclónicas por el sur más ó menos intensas y las trayectorias ciclónicas se desenvuelven por latitudes medias a altas (Zonal-a, Zonal-b y Bloc-euro) y otro, en el que las desviaciones positivas se sitúan por el norte, en el área de Groenlandia ó en la eurobritánica (Sopi y Bloc-scan, respectivamente) y las trayectorias de las tormentas se desvían por latitudes más bajas. Este régimen atmosférico a gran escala es el de las mayores acumulaciones de precipitación en todas las regiones españolas.

4. Conclusiones

Las observaciones de la atmósfera extratropical de diciembre sugieren que aún contando con el carácter determinista de su dinámica y con su apariencia compleja y de variación aleatoria, la circulación presenta un conjunto de regímenes ó estados preferenciales con características espaciales y de persistencia propios.

Se distinguen entre ellos, unos de tipo zonal en su recorrido atlántico y otros de bloqueo en los que los flujos aéreos tienden a tomar trayectorias más meridionales. La media temporal ó el 'clima' se encontraría virtualmente entre estos regímenes de tiempo.

Las trayectorias de los ciclones difieren en cada tipo de régimen y por lo tanto uno ú otro tienen diferentes efectos en la pluviometría subregional ó local (y en otras variables climáticas locales). Por ello, los regímenes de tiempo pueden proporcionar un paradigma dinámico para la caracterización de la estadística multimodal del sistema climático a gran escala, y por tanto proporciona un punto de partida natural para metodologías de 'downscaling' que traten de obtener información local a partir de información de escalas más grandes.

Referencias

- Bauer, F., 1951: Extended range weather forecasting. *Compendium of Meteorology*. American Met. Society, 814-833.
- Charney, J. and DeVore, J.G., 1979: Multiple flow equilibria in the atmosphere and blocking. *J. Atmos. Sci.*, **36**, 1205-1216.
- Dole, R. and Gordon, N.M., 1983: persistent anomalies of the extratropical Northern Hemisphere winter time circulation: geographical distribution and regional persistence characteristics. *Mon. Wea. Rev.*, **111**, 1567-1586
- Kimoto, M. and Ghil, M., 1993b: Multiple flow regimes in the Northern Hemisphere winter: Part II: sectorial regimes and preferred transitions. *J. Atmos. Sci.*, **50**, 2645-2673.
- Legras, B. and Ghil, M., 1985: Persistent anomalies, blocking and variations in atmospheric predictability. *J. Atmos. Sci.*, **42**, 433-471.
- Michelangeli, P et al., 1995 : Weather regimes : Recurrence and quasi-stationarity. *J. Atmos. Sci.*, **52**, 1237-1256.
- Mo, K.C. and Ghil, M., 1988: Cluster analysis of multiple planetary flow regimes. *J. Geophys. Res.*, **93D**, 10927-10925.
- Molteni, F. et al. 1990 : Regimes in the wintertime extratropical circulation. I: Observational evidence. *Q. J. Roy. Meteor. Soc.*, **116**, 31-67.
- Rheinhold, B.B. and Pierrehumbert, 1982: Dynamics of weather regimes; Quasistationary waves and blocking. *Mon. Wea. Rev.*, **110**, 1105-1145.
- Tibaldi, S. and Molteni, F., 1990: On the operational predictability of blocking. *Tellus*, **42A**, 343-365.
- Vautard, R., 1990: Multiple weather regimes over the North Atlantic. Analysis of precursors and successors. *Mon. Wea. Rev.*, **118**, 2056-2081.
- Vázquez, L.A., 2001: Circulación atmosférica euroatlántica y precipitación en la Península Ibérica: conexión, 'downscaling' y tipificación invernal. *El Tiempo del Clima*. Asociación española de Climatología. 245-254.
- Wallace, J.M. and Gutzler, D.S., 1981: Teleconnections in the potential height field during the Northern Hemisphere winter. *Mon. Wea. Rev.*, **47**, 764-812.