

Base de datos de ciclones a partir de análisis objetivos del CEPPM: Similitudes y diferencias entre el Mediterráneo occidental y oriental

Victoria Gil, Ana Genovés, M^a Àngels Picornell y Agustí Jansà

CMT Illes Balears, Instituto Nacional de Meteorología. (victoriagil@inm.es, genoves@inm.es, pmb@inm.es, jansa@inm.es)

(Recibido: 20-Dic-2002. Publicado: 31-Dic-2002)

Resumen

La necesidad de disponer de una climatología dinámica objetiva de ciclones que producen tiempo adverso en el Mediterráneo fue reconocida, desde sus inicios, en el marco del proyecto MEDEX de la OMM. Desde mediados de 1995 en el Centro Meteorológico Territorial en Illes Balears (CMT) del Instituto Nacional de Meteorología (INM) se viene realizando un seguimiento objetivo de los centros ciclónicos que afectan al Mediterráneo occidental. Con el propósito de obtener una base de ciclones consistente, que cubra todo el Mediterráneo, en este trabajo se ha generalizado el algoritmo de detección y seguimiento de ciclones para su aplicación sobre los análisis objetivos globales del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (CEPPM). Por el momento, sólo se han considerado los centros ciclónicos que aparecen en los mapas de superficie (a nivel del mar), sin referencia a su posible estructura tridimensional. Se ha realizado además un primer análisis comparativo entre el Mediterráneo oriental y el occidental de magnitudes como la frecuencia de aparición, localización geográfica, dimensiones y trayectorias de los ciclones.

Palabras clave: ciclones, ciclogénesis, localización, trayectorias, Mediterráneo.

1. Introducción

Uno de los objetivos específicos de la fase 1 del proyecto MEDEX (MEDiterranean EXperiment, <http://www.inm.es/MEDEX>) es la realización de una climatología dinámica de los ciclones que producen tiempo de alto impacto en el Mediterráneo. Para alcanzar este objetivo, el *MEDEX Research Proposal* estableció la necesidad de crear dos bases de datos, una de ciclones y otra de episodios de tiempo de alto impacto, que posteriormente podrán ser tratadas conjuntamente, para estudiar posibles relaciones entre ambas.

Durante los últimos años se ha desarrollado en el CMT en Illes Balears un procedimiento que permite la detección automática y el seguimiento de los ciclones observados al nivel del mar en el Mediterráneo occidental (Picornell *et al.*, 2001). Dicho procedimiento fue diseñado para la descripción de todos los centros ciclónicos que aparecen en los mapas de presión en superficie (nivel del mar), tanto las depresiones que presentan una estructura vertical más o menos profunda, como los pequeños centros de bajas presiones, que aparecen con frecuencia en esta región del mundo y que, en algunas ocasiones, juegan un importante papel en ciertos episodios de tiempo severo (especialmente lluvias torrenciales y vientos fuertes). La base de datos de ciclones así obtenida abarca únicamente el Mediterráneo occidental, debido a que esta base se ha obtenido a partir de los análisis operativos del campo de presión a nivel del mar del HIRLAM-INM 0.5° y el área que abarca este modelo tiene el límite oriental en 30°E (Díaz-Pabón, 1996).

El propósito de este estudio es iniciar la realización de una climatología dinámica objetiva de centros ciclónicos que cubra todo el Mediterráneo, usando los campos de presión al nivel del mar de los análisis globales del CEPPM. Los resultados pueden satisfacer algunas necesidades básicas del proyecto MEDEX

y al mismo tiempo señalar las diferencias, si las hay, entre los ciclones del Mediterráneo oriental y el occidental.

Para la realización de una climatología dinámica de ciclones sería deseable utilizar una serie de, al menos, 30 años de análisis homogéneos. En este sentido parece que la serie resultante del proyecto de reanálisis del CEPPM ERA-40 (<http://www.ecmwf.int/research/era/>) puede ser la *candidata natural* a usar en una climatología de este tipo. Sin embargo, la no disponibilidad de los resultados del ERA-40 en el momento de iniciar este trabajo ha hecho que se descarte, al menos momentáneamente, dicha serie como base para la estadística de ciclones.

Esta circunstancia ha determinado que el presente trabajo se haya realizado a partir de análisis objetivos operativos y no a partir de series homogéneas de análisis. Los resultados que aquí se exponen, evidentemente no constituyen, en sí mismos, una climatología dinámica de ciclones en el Mediterráneo, pero van a permitir establecer las bases para el inicio de la misma en el seno del proyecto MEDEX.

2. Metodología

La base de datos de ciclones que aquí se presenta ha sido elaborada a partir de los análisis operativos de 00, 06, 12 y 18 UTC del CEPPM para un periodo de tres años, entre junio de 1998 y mayo de 2001.

Ante la imposibilidad de disponer de series largas de análisis homogéneos, como se explica en la introducción, el grupo director del MEDEX indica, en el *MEDEX Research Proposal*, que la base de datos de ciclones debe cubrir un periodo de tiempo de al menos 5-7 años, comenzando en 1995. La razón por la que el periodo de tiempo de este estudio comienza en junio de 1998 estriba en el hecho que en abril de 1998 el modelo CEPPM, espectral, pasó a ser el T_L 319, lo que permite disponer, desde entonces, de un *grid* regular en lat/lon de 0.5° . Este hecho presenta una serie de ventajas. La primera de ellas es que dicha resolución implica una mejor definición de pequeños ciclones de interés para el MEDEX. Además, la metodología desarrollada por Picornell *et al.* (2001) para los análisis del HIRLAM-INM 0.5° puede ser aplicada casi directamente en este *grid*. Este hecho permite además posibles estudios de intercomparación entre este catálogo y el procedente del HIRLAM.

Aunque de momento sólo se han considerado los centros ciclónicos en superficie, está prevista la extensión de este catálogo a niveles altos, lo que permitirá conocer la estructura tridimensional de los ciclones. La metodología descrita en Picornell *et al.* (2001), y que allí se aplicaba sobre campos originales de presión a nivel del mar, se ha modificado en algunos aspectos, aplicándose en este trabajo sobre campos originales y campos suavizados mediante un filtro de Cressman de 200 km de radio. Por una parte, este doble tratamiento permite la detección y caracterización de los pequeños centros de baja presión, inducidos orográficamente, y mejor descritos en el campo original, así como un cálculo correcto del dominio de las grandes estructuras ciclónicas, para las que es necesario filtrar el campo de vorticidad (ver Picornell *et al.*, 2001, para detalles sobre el cálculo de los dominios). Por otra parte, la base de ciclones obtenida a partir de campos filtrados queda ya preparada para la búsqueda de centros ciclónicos en niveles medios y altos donde el campo de vorticidad, obtenido a partir del campo de geopotencial original, es especialmente ruidoso, y donde, por tanto, será necesario aplicar el mismo filtro.

El área de estudio, comprendida entre 25°N y 49°N y entre 12°W y 38°E , ha sido dividida en 2 subáreas: la oeste (caja azul en las figuras) y la este (caja violeta) en correspondencia con el oeste y este del Mediterráneo respectivamente. Estas dos subáreas han sido examinadas y analizadas por separado y los resultados se presentan en cajas de $2 \times 2^\circ$ lat/lon.

Los ciclones se detectan a partir de los mínimos relativos de presión y se seleccionan si la media del gradiente de presión alrededor del mínimo es mayor que 0.5 hPa cada 100 km al menos a lo largo de 6 de las 8 direcciones principales alrededor del centro. Las trayectorias de los ciclones se calculan comparando sus posiciones en análisis sucesivos. Partiendo de la hipótesis de que el nivel director (*steering level*) del ciclón está próximo a 700 hPa, la velocidad y dirección de movimiento preferente del ciclón estarán

determinadas por el viento en 700 hPa en el centro del mismo. Por ello, para determinar la posición de un ciclón en el análisis siguiente se define un área de búsqueda elíptica, cuyas dimensiones y orientación están relacionadas con el valor del viento en 700 hPa alrededor del centro del ciclón.

Para más detalles sobre el algoritmo de cálculo de la trayectoria o de la definición de los parámetros estudiados para describir los ciclones, consultar Picornell *et al.*, 2001.

3. Resultados

3.1. Frecuencia de aparición

En la figura 1 se muestra la frecuencia media anual de la presencia de centros ciclónicos, obtenida a partir de un periodo de tres años a partir de los campos filtrados y originales respectivamente. Siempre que un centro es detectado se cuenta, con independencia de la repetida presencia de este centro en sucesivos análisis. Como se muestra en la figura, los ciclones se localizan preferentemente en ciertas áreas. Se observan dos regiones de máxima concentración de ciclones, una en el área oriental, muy próxima a Chipre, y la otra en el área occidental, en el Golfo de Génova. La proximidad a estas áreas de dos importantes sistemas montañosos (la Península de Anatolia y las montañas costeras de Turquía, y los Alpes, respectivamente) parece indicar que el efecto de ciclogénesis a sotavento puede jugar un importante papel en ambos casos. Este resultado está en concordancia con los obtenidos por Alpert *et al.* (1990). Cuando los campos filtrados y no filtrados se estudian separadamente, el número de ciclones detectados a partir de los campos no filtrados tiene el valor más alto alrededor de Chipre. Por el contrario, para los campos filtrados, la más alta concentración se localiza en Génova. Máximos secundarios de ciclones se localizan también al sur de los Pirineos, Mar Egeo y costas de Argelia a partir de campos no filtrados, pero no a partir de los filtrados, probablemente debido al pequeño tamaño de estos centros de baja presión.

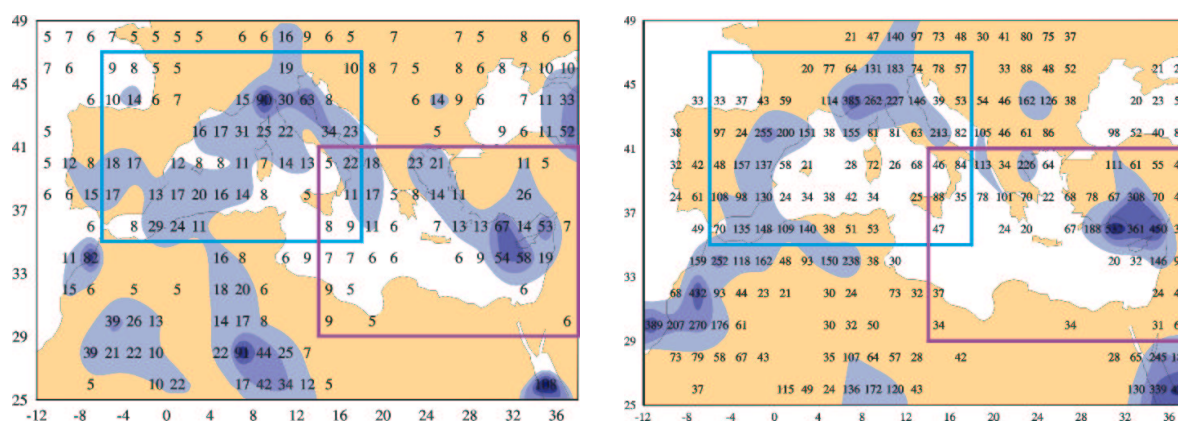


Figura 1: Media anual de la frecuencia de aparición para centros ciclónicos (a la izquierda a partir de campos filtrados y a la derecha a partir de campos originales).

Se puede comparar la actividad ciclónica de las dos zonas a partir del número de ciclones detectados en cada una de ellas (tabla 1).

Tabla 1: Media anual del número de ciclones para cada zona.

Número Medio de Ciclones	C. filtrados	C. no filtrados
Zona este	353	2248
Zona oeste	437	2910

La distribución geográfica de los centros cambia a lo largo del año. El número más alto de centros de baja presión aparece durante el verano, y se localizan dos áreas de máxima concentración: en la zona oeste sobre tierra, especialmente en el sur de la Península Ibérica, y muy cerca de Chipre en la zona este. En invierno los ciclones se localizan preferentemente sobre el mar (figura 2).

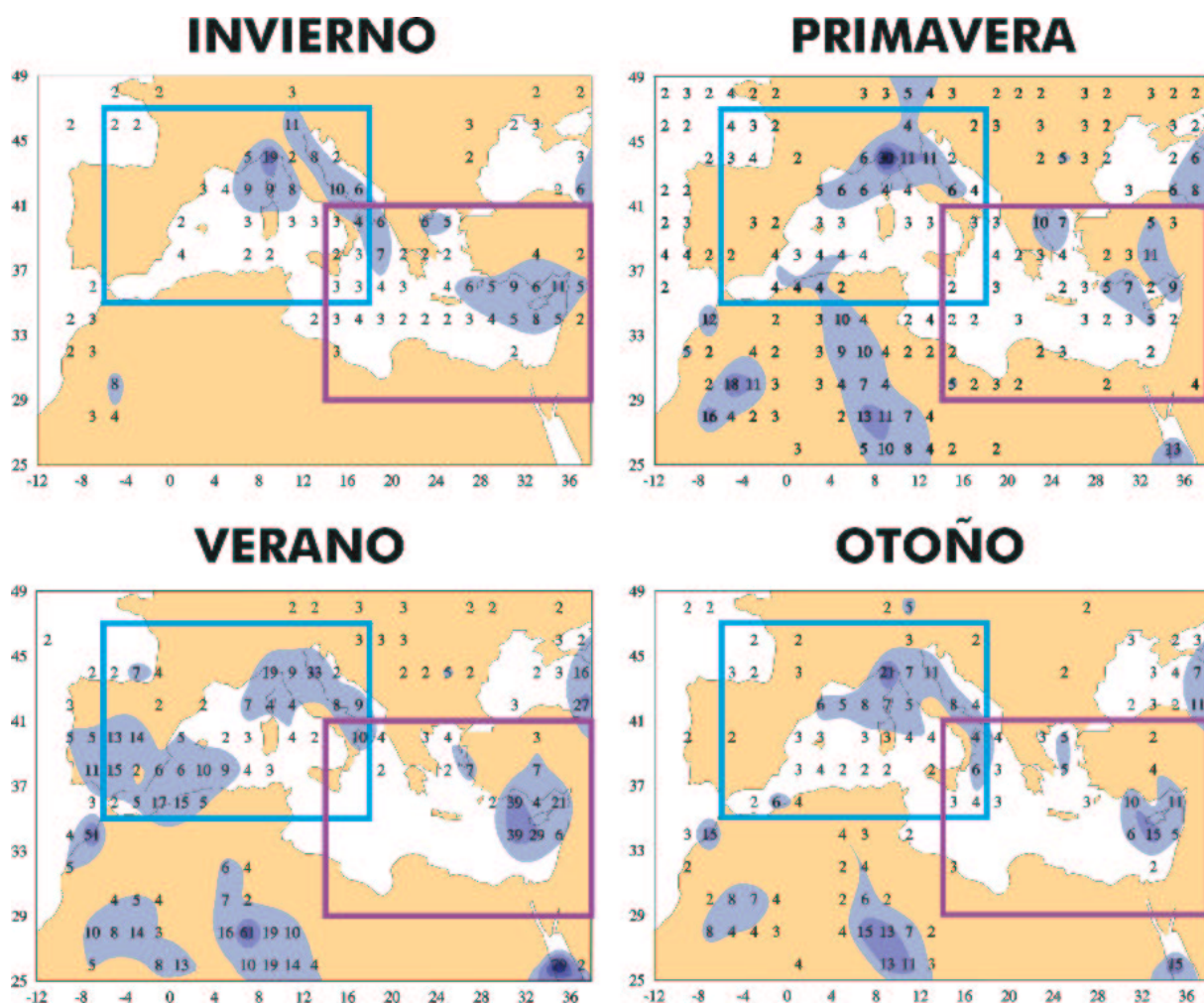


Figura 2: Media estacional de la frecuencia de aparición para centros ciclónicos (campos filtrados).

3.2. Primera detección de ciclones

Las áreas donde los ciclones aparecen más frecuentemente por primera vez en su ciclo de vida son el Golfo de Génova y Chipre, cuando consideramos los campos filtrados. Cuando los ciclones se detectan a partir de campos originales, aparecen dos nuevos máximos además de los anteriores: uno al sur de los Pirineos y el otro en el SE de los Balcanes. Los valores obtenidos cerca de los Pirineos son tan altos como los obtenidos en los alrededores de los Alpes (figura 3).

3.3. Densidad de trayectorias

Para calcular la densidad de las trayectorias de los ciclones se contabiliza el número de trayectorias que pasan por cada uno de los cuadrados de $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ lat/lon. Se observan así algunos caminos a lo largo de los cuales los centros de baja presión se desplazan preferentemente, como se muestra en la figura 4. Los ciclones de Génova se mueven de este a SE a lo largo de la costa italiana. Los ciclones originados en el Mar Egeo se desplazan hacia el NE. En Chipre los ciclones originados en el oeste de la isla se mueven

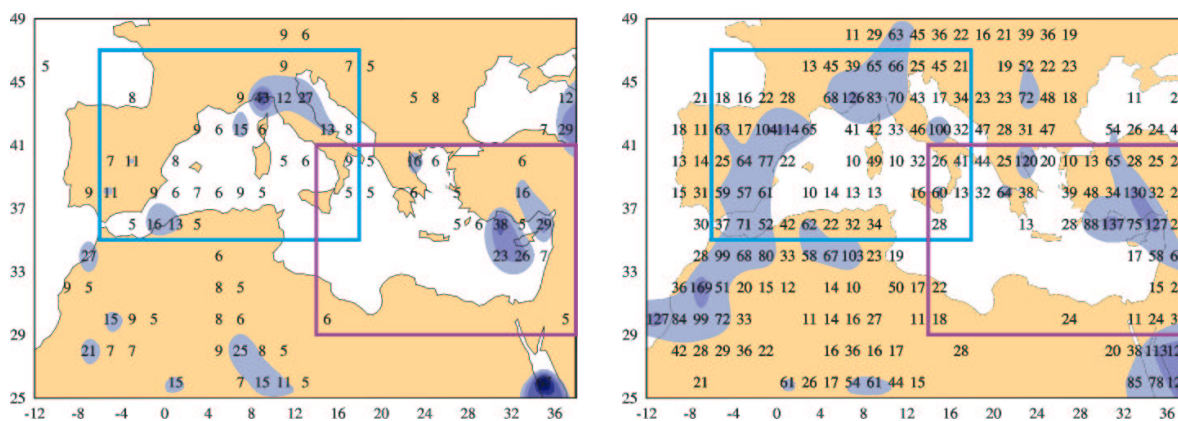


Figura 3: Media anual de la frecuencia de primera detección para centros ciclónicos (a la izquierda a partir de campos filtrados y a la derecha a partir de campos originales).

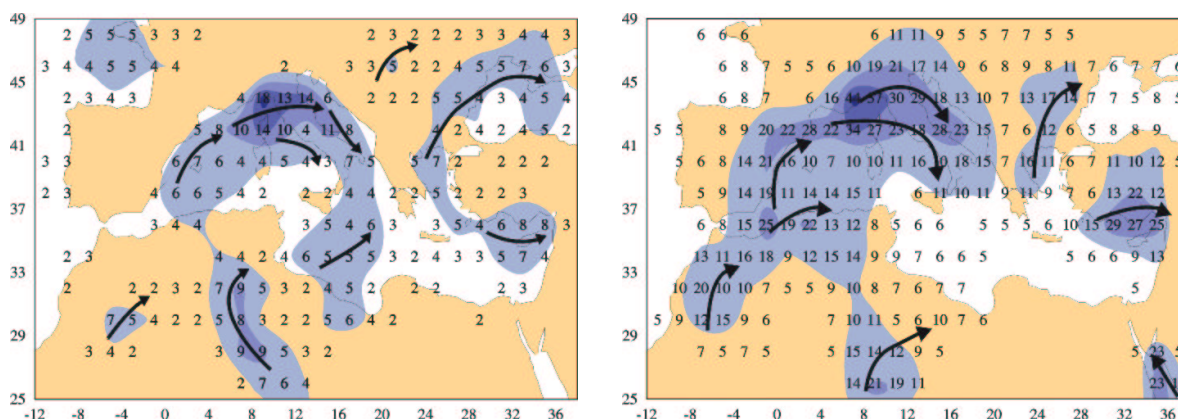


Figura 4: Media anual de la densidad de trayectorias para centros ciclónicos que se mueven una distancia total mayor que 250 km (a la izquierda a partir de campos filtrados y a la derecha a partir de campos originales).

hacia el este y NE. Algunos ciclones aparecen en el sur de la Península Ibérica y Mar de Alborán y tienden a moverse a lo largo de la costa este de la Península Ibérica y sobre el Mediterráneo. Las depresiones del Sáhara se mueven hacia el NE.

La principal diferencia entre las trayectorias obtenidas a partir de campos filtrados y no filtrados es que la mayoría de las trayectorias de los ciclones pasan por el mar en el primer caso y permanecen en tierra cuando se utilizan campos no filtrados.

3.4. Características

Para describir y caracterizar los centros de baja presión seleccionados se han calculado algunos parámetros: área, radio, vorticidad geostrófica media y circulación nos informan sobre las dimensiones de los centros ciclónicos, mientras que la evolución a lo largo del tiempo se estudia a través de su vida media y distancia recorrida. Los resultados obtenidos a partir de los campos filtrados (que se muestran en las figuras 5 y 6, y en la tabla 2) pueden resumirse como sigue. Los ciclones de la zona oeste son de dimensiones más pequeñas que los de la zona este. En consecuencia, la circulación de estos ciclones es también mayor en el este que en el oeste, ya que la vorticidad media es similar en las dos subáreas, aunque ligeramente más alta en el este. Para determinar el tiempo de vida y la distancia recorrida, sólo se ha tenido en cuenta

su evolución dentro del área de estudio. La distancia media recorrida por los ciclones es muy similar para ambas zonas, y el porcentaje de ciclones móviles cuya distancia recorrida a lo largo de su vida es mayor de 250 km es mayor en el oeste que en el este. Más del 50 % de los ciclones tienen un vida de 6 horas, por lo que estos ciclones aparecen detectados en un análisis tan sólo. Este porcentaje es ligeramente más alto en el este que en el oeste.

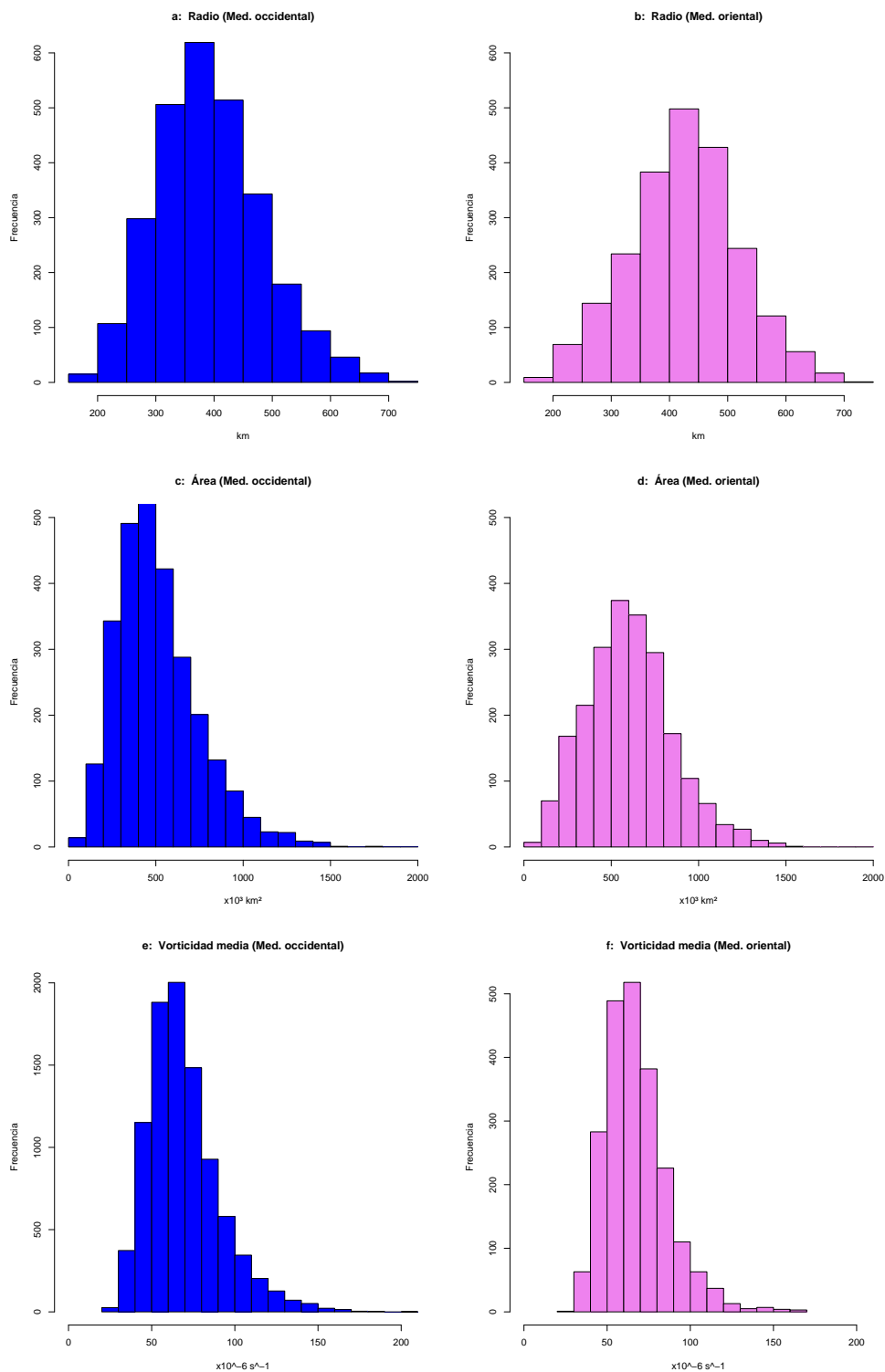


Figura 5: Distribución de ciclones para la zona oeste (azul) y la zona este (violeta) como función del radio (km, a-b), área ($\times 10^3 \text{ km}^2$, c-d), y vorticidad media ($\times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$, e-f).

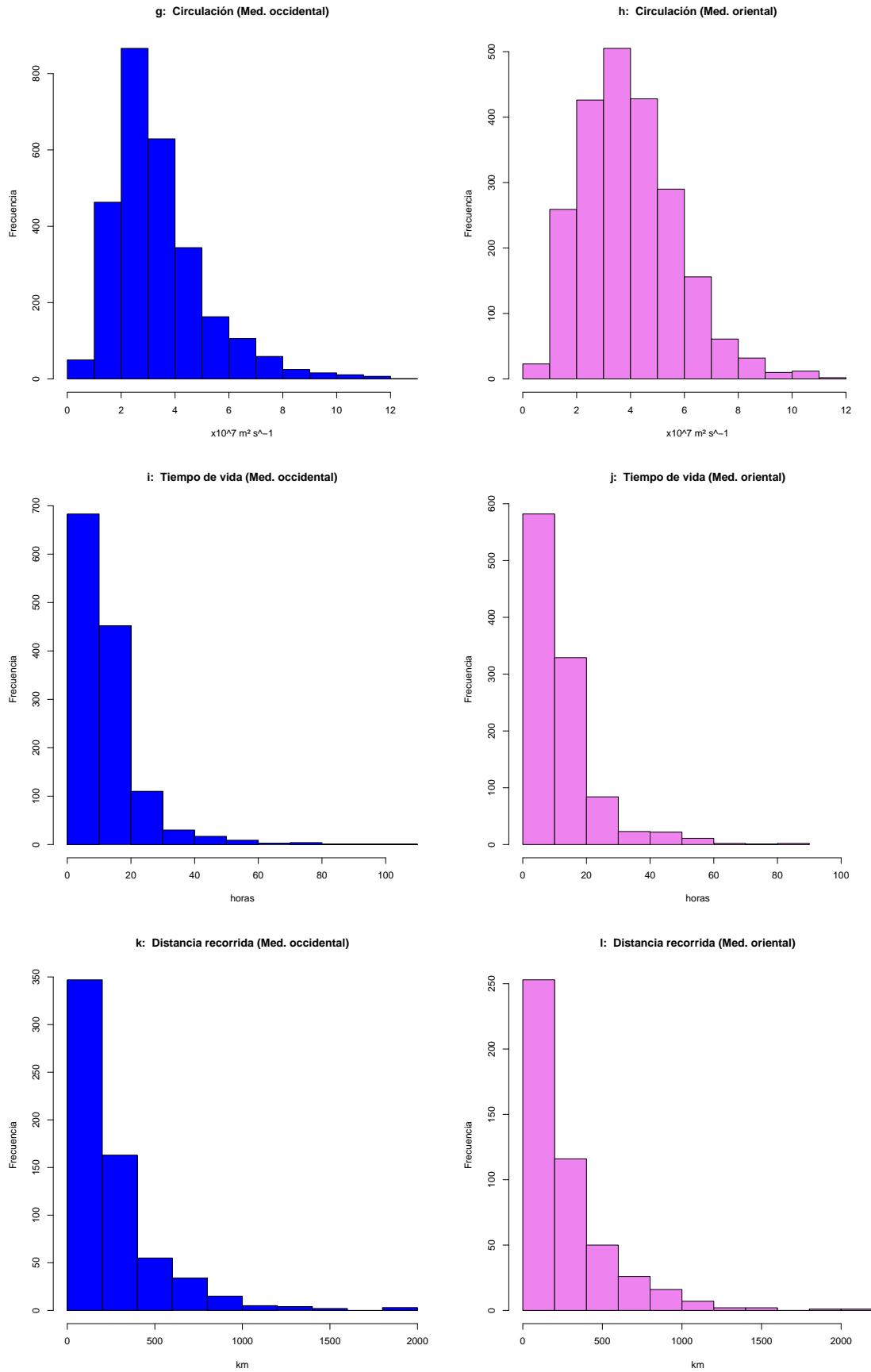


Figura 6: Distribución de ciclones para la zona oeste (azul) y la zona este (violeta) como función de la circulación ($10^7 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, g-h), tiempo de vida de los ciclones (horas, i-j), y distancia recorrida (km, k-l).

Tabla 2: Valores medios para la zona oeste y la zona este del radio (km), área (km²), vorticidad media ($\times 10^{-6} s^{-1}$), circulación ($\times 10^7 m^2 s^{-1}$), tiempo de vida de los ciclones (horas) y distancia recorrida (km).

Zonas	Radio	Área	Vorticidad media	Circulación	Tiempo de vida	Recorrido
Este	426.6	603558.9	67.7	4.0	12.5	269.4
Oeste	394.2	512588.0	67.4	3.4	12.5	264.1

4. Conclusiones

Aunque el periodo de estudio es corto, sólo 3 años, y los resultados son preliminares, podemos señalar algunos hechos destacados:

- Los ciclones son más frecuentes en la zona oeste tanto si trabajamos con campos filtrados como con no filtrados. Las tres principales áreas de alta frecuencia de aparición de ciclones a lo largo de todo el año en el Mediterráneo, con variaciones estacionales, son el Golfo de Génova, norte de Italia y Chipre. En primavera y verano hay más centros que en otoño e invierno. Un máximo secundario aparece en verano en el sur de la Península Ibérica y en la costa de Argelia.
- El Golfo de Génova y Chipre son los principales lugares en los que aparecen por primera vez los ciclones a lo largo de su vida. La ciclogénesis a sotavento parece que juega un importante papel en la formación de ciclones mediterráneos, dada la proximidad de los máximos de frecuencia a sistemas montañosos de importancia.
- Muchos ciclones siguen unas rutas preferentes.
- En la zona este los ciclones son mayores que en la zona oeste. Por otro lado, la vorticidad, el tiempo de vida y el recorrido de los ciclones es muy similar en ambas subáreas.

Para el futuro se tiene pensado realizar un estudio considerando la estructura tridimensional de los ciclones.

Referencias

- Díaz-Pabón R (1996): Características generales del modelo de análisis y predicción HIRLAM/INM. En *IV Simposio Nacional de Predicción*, Ministerio de Medio Ambiente, pp.469-477.
- Picornell MA, Jansá A, Genovés A, Campins J (2001): Automated database of mesocyclones from the Hirlam (INM)- 0.5° analyses in the Western Mediterranean. *International Journal of Climatology*, 21:335-354.
- Alpert P, Neeman BU, Shay-El Y (1990): Climatological analysis of Mediterranean cyclones using ECMWF data. *Tellus*, 42A:65-77.