

ANÁLISIS SINÓPTICO DE LOS DÍAS CON RECOLECCIÓN DE AGUA DE NIEBLA EN EL NORDESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

David CORELL CUSTARDOY¹, María José ESTRELA NAVARRO¹, José Antonio VALIENTE PARDO², César AZORÍN-MOLINA³, Javier MARTÍN-VIDE⁴, Deliang CHEN⁵

¹*Laboratorio de Meteorología-Climatología, Unidad Mixta CEAM-UVEG, Facultad de Geografía, Universidad de Valencia*

²*Laboratorio de Meteorología-Climatología, Unidad Mixta CEAM-UVEG, Instituto Universitario Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM) – Universidad Miguel Hernández*

³*Instituto Pirenaico de Ecología, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IPE-CSIC), Departamento de Procesos Geoambientales y Cambio Global, Zaragoza*

⁴*Grup de Climatologia, Facultat de Geografia i Història, Universitat de Barcelona*

⁵*Regional Climate Group, Earth Sciences Centre, University of Gothenburg*

davidcocu@gmail.com, majoesna@uv.es, josean@ceam.es, cazorin@ipe.csic.es, jmartinvide@ub.edu, deliang@gvc.gu.se

RESUMEN

En el marco del proyecto NIEVA «Evaluación del agua de niebla en la vertiente mediterránea de la Península Ibérica. Potenciales usos y aplicaciones», CGL2008-04550/CLI, dirigido por el Instituto Universitario Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM), se instaló una red de colectores de agua de niebla abarcando el conjunto del litoral mediterráneo peninsular desde el Cabo de Gata al Pirineo. Estos colectores pasivos han proporcionado datos de recolección de agua de niebla en enclaves montañosos del prelitoral y litoral mediterráneo. El objetivo del estudio ha sido determinar la relación entre la recolección de agua de niebla y los patrones de circulación atmosférica, aplicando el método automático de clasificación sinóptica de Jenkinson y Collison. Este trabajo se centra en el análisis sinóptico del agua de niebla en los colectores ubicados en el NE de la Península Ibérica, utilizando la base de datos del periodo 2010-2012 de cinco colectores ubicados en la Sierra de la Albera, los macizos del Montseny y del Montnegre, y las montañas de Tivissa-Vandellòs. Las situaciones advectivas, fundamentalmente las de tipo NE y E, se han mostrado como las que generan mayor número de días con recolección de niebla, así como las de tipo C y A. Los mayores volúmenes de agua han sido recolectados bajo situaciones de tipo C, las cuales han mostrado una elevada tasa de recolección. Los valores máximos diarios de recolección han aparecido con patrones de tipo C en los cinco colectores.

Palabras clave: Niebla de advección, recolección de niebla, clasificación sinóptica objetiva, Jenkinson y Collison, NE de la Península Ibérica

ABSTRACT

Under the frame of the research project «Evaluation of fog water collection on the Mediterranean fringe of the Iberian Peninsula. Potential uses and applications» reference

CGL2008-04550/CLI, lead by the Mediterranean Centre for Environmental Studies (CEAM), a fog collection network was installed in the eastern fringe of the Iberian Peninsula, from the Pyrenees to Cape of Gata. This network of passive fog collectors has provided data of fog-water collection at several coastal and inland mountains. The aim of this study is to analyse the relationship between fog water harvesting and atmospheric circulation, by applying the automatic classification method of Jenkinson and Collison. In this paper we focus on the study of five fog collectors located at the NE of the Iberian Peninsula, using the database for the period 2009-2012. The fog collectors were located at the mountains of Sierra de Albera, the Montseny and Montnegre, and the Tivissa-Vandellòs. Advective situations, mainly NE and E types, have shown the greatest number of days with fog collection, as well as the C and A weather types. The largest volumes of water have been collected under C situations, which have shown a high fog collection rate. Daily maximum values have also appeared under C patterns in the five collectors.

Keywords: Advection fogs, fog collection, objective weather type classification, Jenkinson and Collison, NE of the Iberian Peninsula

1. INTRODUCCIÓN

Desde el año 2003 se está llevando a cabo una investigación sobre el potencial de recolección de agua de niebla en el litoral mediterráneo de la Península Ibérica (PI). Para ello, el Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM) puso en funcionamiento una Red de Colectores de Agua de Niebla. El proyecto NIEVA «Evaluación del agua de niebla en la vertiente mediterránea de la Península Ibérica. Potenciales usos y aplicaciones», CGL2008-04550/CLI, permitió extender la Red a toda la vertiente mediterránea de la PI, desde los Pirineos hasta el Cabo de Gata. En este trabajo nos centramos en el análisis de los colectores situados en el NE de la zona de estudio y evaluamos la relación entre la captación de agua de niebla con los diferentes tipos de circulación atmosférica, utilizando un método de clasificación objetivo.

La Red de Colectores de Agua de Niebla ha permitido cuantificar el agua recolectada en diferentes emplazamientos del litoral mediterráneo, a partir de nieblas orográficas o de advección. Este tipo de niebla ha sido estudiado ampliamente con fines de aprovechamiento, pero existen pocos trabajos que traten de determinar las condiciones sinópticas que favorecen su recolección. Tan sólo se conocen algunos trabajos que analizan los patrones de circulación atmosférica para mejorar la predicción meteorológica de la niebla en general (van Schalkwyk y Dyson, 2013) o que estudian episodios concretos de recolección de niebla (Marzol *et al.*, 2011; Valiente *et al.*, 2011) o épocas determinadas del año con presencia de niebla (Johnstone y Dawson, 2010). Sin embargo, no se han encontrado trabajos centrados en las nieblas de advección que determinen las situaciones sinópticas más frecuentes para su recolección utilizando series temporales largas de niebla. Por el contrario, las nieblas de radiación, que generalmente provocan un impacto negativo en la sociedad en forma de accidentes o retrasos derivado de la disminución de la visibilidad en vías de transporte (carreteras, aeropuertos, puertos, etc.), sí que han encontrado interés en la comunidad científica (Meyer y Lala, 1990). No existe una clasificación de situaciones sinópticas general y de amplia aceptación para la PI (Martín-Vide, 2002). Hasta la fecha, se han propuesto varias de ellas, las cuales, en función de su metodología de cálculo, se pueden dividir en dos grandes grupos: clasificaciones subjetivas y objetivas. Las clasificaciones subjetivas más utilizadas han sido: Lines (1981), que define 25 tipos de situaciones basadas en los mapas de 300 hPa, Font Tullot (1983) con 23 tipos que combinan mapas de superficie y 500 hPa, Martín-Vide (1991) con 16 tipos usando los

mismos niveles, y Capel-Molina (2000) que sugirió una clasificación con 18 tipos basados en presión en superficie y 500 o 300 hPa (Martín-Vide, 2002; Soriano *et al.*, 2006). Del mismo modo Millán *et al.* (2005) desarrolló, utilizando mapas de presión en superficie, y 500 y 300 hPa, una clasificación en función del tipo de precipitación con buenos resultados para la Comunidad Valenciana. Este tipo de clasificaciones son válidas para el análisis sinóptico de episodios concretos, pero resultan inabordables cuando se analizan largas secuencias temporales (Azorín-Molina *et al.*, 2008), además de que los resultados obtenidos pueden ser diferentes en función de la interpretación de cada investigador. Por el contrario, las clasificaciones objetivas permiten automatizar el cálculo de resultados, evitando la subjetividad asociada a cada investigador, permitiendo a su vez el tratamiento de series meteorológicas largas¹. Dentro de este grupo se encuentran los métodos basados en análisis multivariante, así como el que sigue la clasificación de Jenkinson y Collison, en adelante JC (Jenkinson y Collison, 1977). Los primeros requieren la actuación del investigador para determinar el número de situaciones sinópticas, el nivel de la varianza explicada por las componentes, selección de un método de rotación si es necesario, etc., por lo que no son procesos totalmente objetivos, sino semi-objetivos (Grimalt *et al.*, 2013). El segundo método es más sencillo de aplicar y su sentido físico es superior (Vicente-Serrano, 2004), por lo que ha sido el seleccionado para este trabajo. Además, está considerado como el método más objetivo de clasificación sinóptica (Grimalt *et al.*, 2013).

El método JC fue desarrollado para las Islas Británicas, automatizando el método subjetivo desarrollado por Lamb (1950; 1972). Fue aplicado por primera vez a la PI por Spellman (2000) para el estudio de la precipitación y debatida por Martín-Vide (2001; 2002). Posteriormente ha sido utilizado con buenos resultados para el estudio de la precipitación torrencial (Azorín-Molina *et al.*, 2008; Martín-Vide, 2002), los temporales de viento (Rasilla, 2002), las sequías (Vicente-Serrano, 2004; Vicente-Serrano y López, 2006), las brisas marinas (Azorín-Molina *et al.*, 2009; Azorín-Molina *et al.*, 2011) y más recientemente en la investigación de la erosión y los sedimentos (Nadal-Romero *et al.*, 2014) o los tipos de clima (Grimalt *et al.*, 2013). Sin embargo, hasta la fecha esta metodología no ha sido aplicada para el estudio de la recolección de agua de niebla.

Por todo ello, el principal objetivo de este trabajo es analizar cuáles son los patrones sinópticos que favorecen la recolección de agua de niebla en el NE de la PI, aplicando para ello el método de clasificación objetiva de Jenkinson y Collison.

2. METODOLOGÍA

2.1 Área de estudio

El estudio se centra en el NE de la PI y más en concreto, en cinco puntos de montaña litorales y prelitorales (figura 1), localizados en las provincias de Girona, Barcelona y Tarragona. Los emplazamientos elegidos han sido el pico Puig Neulós, en la Sierra de la Albera, dos lugares del macizo del Montseny (Montseny Antenas y Montseny Canplá), el macizo del Montnegre y Portella, una de las cimas de la Sierra de Tivissa-Vandellòs. En cada uno de estos emplazamientos se instaló un colector de niebla experimental, como el que se detalla en el apartado 2.2. Todos los emplazamientos cumplían las recomendaciones geográficas realizadas por Schemenauer *et al.* (1994) a la hora de seleccionar un lugar para implantar un sistema pasivo de captación de agua de niebla. Se trata de lugares con altitudes superiores a 400 m, con presencia de vientos persistentes de componente marítima, próximos al mar y sin

¹ La acción COST733 (Harmonisation and Applications of Weather Types Classifications for European Regions), en la que participaron investigadores de 23 países, centró su esfuerzo en determinar las clasificaciones objetivas más adecuadas para el continente europeo <http://cost733.met.no/>

obstáculos en el relieve cercano (montañas, picos, etc.) que desvíen la trayectoria de los vientos e impidan que la niebla intercepte con el emplazamiento seleccionado.

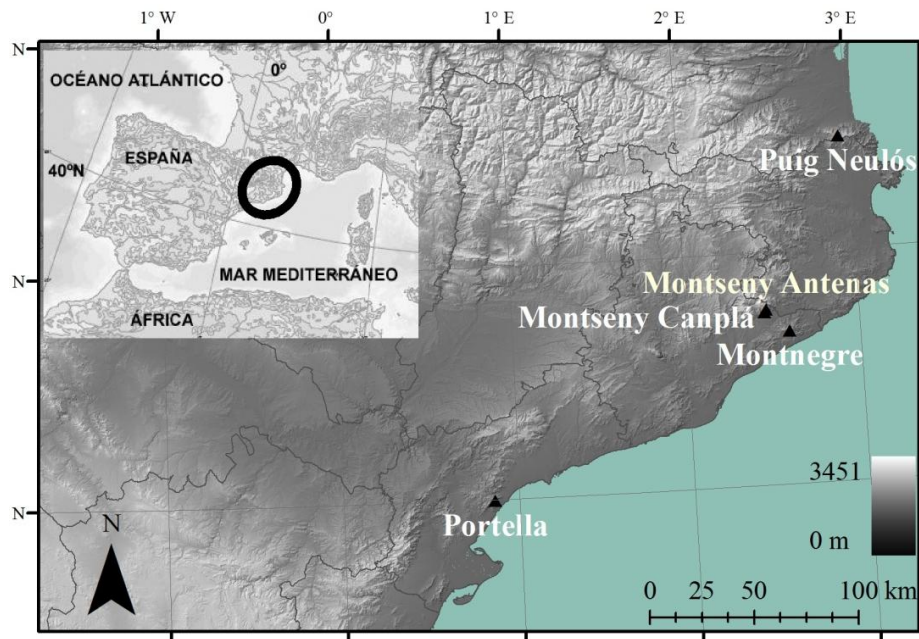


Fig. 1: Distribución geográfica de los colectores de niebla situados en el NE de la Península Ibérica

2.2 Instrumentación

En cada uno de los cinco emplazamientos seleccionados se instaló un captador de niebla como el descrito en Estrela *et al.* (2008) (figura 2). Se trata de un captador pasivo de tipo cilíndrico diseñado y fabricado artesanalmente por personal de la Fundación CEAM y basado en los modelos SFC (Schemenauer y Cereceda, 1994a) y ASRC (Falconer y Falconer, 1980). Se trata de un colector de tipo cilíndrico y que presenta por tanto una exposición uniforme a los vientos de todas las direcciones, pudiendo recolectar agua de niebla con la misma eficacia, independientemente de cual sea la dirección de la que proceda. Además del colector de niebla, cada emplazamiento estaba dotado con equipos para la medición de la temperatura, la humedad, la lluvia y la velocidad y dirección de viento.

2.3 Tipo y período de datos de recolección de agua de niebla

Se han utilizado datos diarios de niebla (niebla acumulada de 00 a 24 h UTC). El periodo de estudio difiere entre los cinco colectores, ya que no fueron puestos en funcionamiento al mismo tiempo. Todos los datos utilizados se encuentran dentro del periodo comprendido entre los años 2009 y 2012. El periodo de datos utilizado en cada caso se puede observar en la tabla 1, así como información sobre su posición y su altitud. Las unidades utilizadas para describir la recolección de niebla son el volumen acumulado por unidad de superficie captadora (l/m^2), empleándose en algún caso el promedio en función del tiempo, en este caso, días ($l/m^2/d$). La frecuencia relativa de días con recolección de niebla ha sido calculada como la suma del número de días de un determinado tipo sinóptico, dividido por el número total de días. Del mismo modo, el porcentaje del volumen total de agua recolectada se ha calculado sumando el volumen capturado en cada situación sinóptica, dividido por el volumen total recolectado.



Fig. 2: Equipo para la recolección de niebla instalado en la cima del Puig Neulós. El colector de niebla, de forma cilíndrica, se encuentra instalado en la parte superior del equipo, justo debajo de los sensores de viento y del protector de lluvia (plato naranja)

Colector	Latitud	Longitud	Altitud	Período de datos
Puig Neulós	42°29'N	02°57'E	1232	27/10/2009 - 31/12/2012
Montserrat Antenas	41°45'N	02°28'E	1230	17/06/2010 - 07/02/2012
Montserrat Canplá	41°45'N	02°27'E	832	17/06/2010 - 07/02/2012
Montnegre	41°40'N	02°36'E	648	18/06/2010 - 31/12/2012
Portella	41°00'N	00°52'E	707	03/11/2010 - 31/12/2012

Tabla 1: POSICIÓN GEOGRÁFICA Y ALTITUD DE LOS COLECTORES DE AGUA DE NIEBLA Y PERÍODO DE DATOS ANALIZADO

2.4 Método de clasificación sinóptica objetivo de Jenkinson y Collison

Los 16 puntos de grid, cuya presión en superficie ha sido utilizada para el cálculo de la clasificación sinóptica, representan la intersección de los paralelos 30°, 35°, 40°, 45° y 50° N con los meridianos 20°W, 10°W, 0° y 10°E, y abarcan la zona delimitada entre 30° y 50°N, y 20°W y 10°E centrada sobre la PI. Los datos diarios de presión atmosférica [$p(n)$] se obtuvieron a partir de los datos de reanálisis NCEP/NCAR de la Unidad de Investigación Climática, Norwich, Reino Unido, <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/ncep/> para el período de estudio 2009-2012. El método de JC está formado por siete ecuaciones que calculan el viento geostrofico y las condiciones de vorticidad en unidades geostroficas (hPa) para determinar el tipo de tiempo sobre el retículo definido. El método identifica 27 tipos de tiempo, agrupados en cuatro categorías: (i) Ocho tipos de flujo direccionales (N; NE; E; SE; S; SW; W; NW); (ii) tipo ciclónico (C) y anticiclónico (A), relacionados con la rotación de la atmósfera; (iii) 16 tipos híbridos, que son una combinación de los dos tipos anteriores (AN;

ANW; AW; ASW; AS; ASE; AE; ANE; CN; CNW; CW; CSW; CS; CSE; CE; CNE); y (iv) tipo sinóptico indeterminado (U), cuyo problema se subsanó ampliando el retículo original de Spellman (2000). El alto número de situaciones de tipo C durante el verano se debe a la presencia de la baja térmica sobre la Península Ibérica (Azorín-Molina *et al.*, 2011).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos que aquí se muestran representan toda el agua recolectada por el colector de niebla, la cual en su mayoría es de niebla, pero que presentan una proporción variable de contaminación por lluvia. Los colectores de niebla utilizados en este trabajo están equipados con un protector colocado en su parte superior, que evita que parte de la lluvia penetre en su interior (figura 2). Sin embargo, cuando ésta viene acompañada de viento, es inevitable que haya gotas que entren en el colector. El porcentaje de contaminación por lluvia durante el periodo de estudio para los cinco colectores analizados, ha sido, en promedio, del 12 % y ha sido calculado siguiendo el procedimiento descrito en Estrela *et al.*, 2008.

3.1 Frecuencias, volúmenes y tasas de recolección de agua de niebla

En la figura 3 se presenta para cada colector analizado y para cada uno de las 26 situaciones sinópticas de JC, una gráfica (A) que contiene un diagrama de caja con determinados parámetros estadísticos (media, mediana, intervalo intercuartílico y percentiles 5, 10, 25, 75, 90 y 95) y un gráfico de líneas (B) que representa la frecuencia relativa de días con recolección de niebla, así como el porcentaje del volumen total de agua recolectada asociado a cada situación sinóptica, calculados a partir de los datos de recolección diaria de niebla.

En cuanto a las situaciones sinópticas que han permitido recolectar agua con mayor frecuencia (línea continua azul, gráfica B), destacan las situaciones de tipo advectivo, fundamentalmente las provenientes del primer y cuarto cuadrante, existiendo un descenso generalizado en los días de tipo S. El conjunto de las situaciones advectivas representan en la mayor parte los colectores analizados, el 50% de los días con recolección de niebla. Sin embargo, si analizamos los 26 tipos sinópticos de JC de manera individual, observamos como las situaciones puras de tipo C y A, junto a las situaciones de NE y E, han sido las que han aportado niebla con mayor asiduidad. En cambio, los días ciclónicos y anticiclónicos híbridos apenas han generado días de recolección. Las situaciones advectivas de procedencia marítima suponen un aporte de humedad desde el mar hacia tierra, lo que favorece la aparición de nubosidad baja y por tanto, de niebla en las montañas litorales y prelitorales. A su vez, se ha detectado en estudios previos que las situaciones ciclónicas puras (tipo C) son las más importantes en días de lluvias torrenciales (Azorín-Molina *et al.*, 2008; Martín-Vide, 2002). Son, por tanto, situaciones que benefician el desarrollo de nubosidad, la cual, en muchos casos, aparece en forma de niebla en puntos de montaña. Las situaciones anticiclónicas puras (tipo A) proporcionan condiciones favorables para la formación de brisas marinas (Azorín-Molina *et al.*, 2011). Las situaciones de brisa desarrollan nubosidad baja a lo largo de la tarde-noche, siendo por tanto responsables de la formación de nieblas orográficas y nubosidad baja, las cuales permiten la captación de agua (Azorín-Molina, *et al.*, 2010).

En cuanto a las situaciones sinópticas que han aportado mayor volumen de agua durante el periodo de estudio (línea discontinua negra, gráfica B), sobresalen por encima del resto, las de tipo ciclónico, las cuales suponen en la mayoría de los casos, más del 50% del volumen total recolectado, incluso llegando al 70% en los colectores Montseny Canplá y Montnegre. Los días con flujos direccionales también tienen un peso importante en el total del volumen capturado, llegando a ser el tipo que mayor cantidad de agua aporta en el colector Puig Neulós (47%). Sin embargo, el conjunto de las situaciones anticiclónicas se muestran como las que

menor volumen de agua se ha recolectado, con valores que no superan el 16% del total capturado en ninguno de los cinco emplazamientos analizados. Cuando observamos lo que ha ocurrido de manera individual para los 26 tipos de JC, los resultados muestran que los días de situaciones C son los que han contribuido con mayor peso al total del agua recolectada en los cinco colectores, aunque con importancia diferente en cada uno de ellos. Los días ciclónicos puros han aportado más del 53% del total de agua recolectada en Montseny Canplá y Montnegre, y más del 36% en Portella y Montseny Antenas, llegando al 22% en Puig Neulós. El resto de patrones sinópticos no representa más del 10% del volumen capturado en ningún caso. Las situaciones de tipo A muestran una mayor importancia en cuanto a la frecuencia de aparición que en lo referente al volumen de agua capturada. Se trata por tanto de situaciones que, aunque aparecen con relativa frecuencia, suelen contribuir con pequeñas cantidades de agua.

Las tasas de recolección de agua de niebla más elevadas se han registrado en situaciones de tipo ciclónico. Los valores promedio más importantes aparecen con patrones de circulación de clase CNW y CW, y en los colectores Puig Neulós y Montseny Antenas. Estas situaciones presentan tasas de recolección muy altas, que incluso llegan a superar los 100 l/m²/d en algún caso. Sin embargo, su aporte al total del volumen capturado apenas tiene importancia. Se trata por tanto de situaciones en las que no se recolecta agua de niebla con frecuencia, pero que a su vez son muy productivas. Los días con patrón de circulación de tipo C han mostrado también promedios diarios de captación importantes, con valores superiores a 50 l/m²/d en Puig Neulós, y superiores a 9 l/m²/d en el resto de los casos, excepto en Montnegre. Los días con situaciones anticiclónicas presentan, por lo general, las menores tasas de captura.

3.2 Volúmenes máximos diarios recolectados

Se ha analizado cuáles son los días en los que se ha recolectado mayor volumen de agua en los cinco colectores estudiados. En la tabla 2 se detalla el volumen capturado en dichos días, así como el tipo de situación sinóptica que lo ha generado. Todos los máximos diarios de recolección han ocurrido en días de tipo C. El colector Puig Neulós presenta el pico más elevado, con un valor de 418 l/m². En el resto de emplazamientos, los máximos también alcanzan valores importantes, superiores a 80 l/m² en todos los casos. En estudios anteriores, se ha visto como el método de JC clasifica como tipos ciclónicos puros situaciones que parecen híbridas, las cuales presentan circulaciones muy marcadas de componente NE, E y SE (Azorín-Molina *et al.*, 2008). Ello quizás explica que este tipo de situación genere, no sólo lluvias torrenciales, sino también días de extraordinaria recolección de agua de niebla, ya que los vientos de componente marítima favorecen la acumulación de agua en la atmósfera y por tanto, la formación de nieblas.

Colector	V recolectado (l/m ²)	Tipo sinóptico
Puig Neulós	418.0	C
Montseny Antenas	166.8	C
Montseny Canplá	93.8	C
Montnegre	80.7	C
Portella	196.5	C

Tabla 2: VOLUMEN MÁXIMO DIARIO RECOLECTADO Y SU SITUACIÓN SINÓPTICA SEGÚN EL MÉTODO DE JC

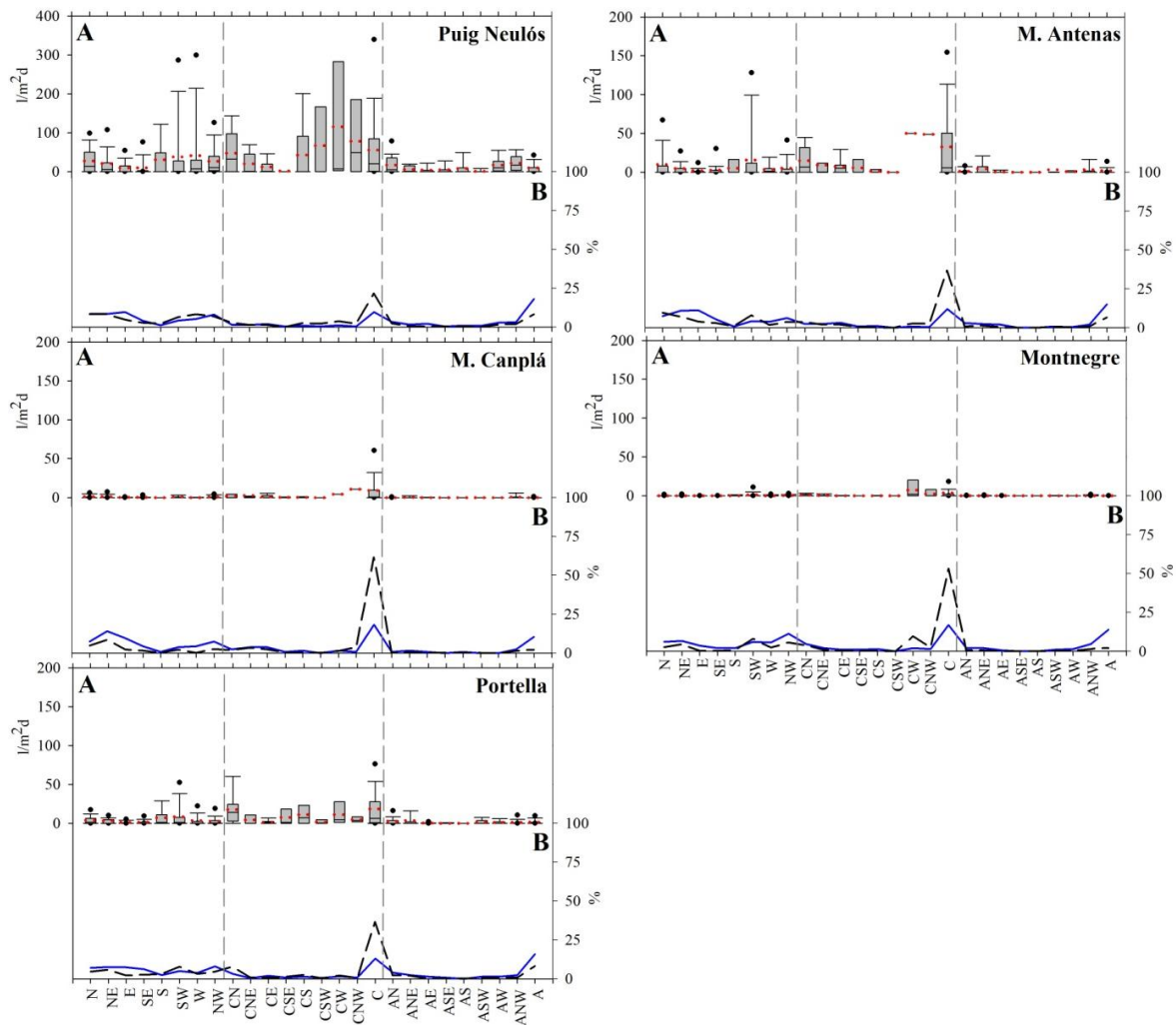


Fig. 3: Para los 26 tipos sinópticos de JC y los datos de recolección diaria de niebla de los cinco colectores, se representa: 1) Gráfica A: Diagrama de caja (media (línea punteada roja), mediana (línea continua negra), intervalo intercuartílico (caja) y percentiles 10 y 90 (bigotes), y 5 y 95 (puntos negos)); 2) Gráfica B: frecuencia relativa del número de días con recolección de niebla (línea continua azul) y porcentaje del volumen total de agua capturado por cada colector (línea discontinua negra)

4. CONCLUSIONES

El método de JC ha identificado las situaciones que con mayor frecuencia producen recolección de agua de niebla, así como las que han aportado mayor volumen de agua en el periodo estudiado. Del mismo modo, el método ha permitido conocer las tasas de captación de niebla de los diferentes tipos sinópticos. Los resultados obtenidos validan la idoneidad del método de JC para detectar los tipos sinópticos que favorecen la captación de agua de niebla. Las situaciones de tipo advectivo, las cuales suponen en muchos casos un aporte de humedad desde el Mediterráneo hacia tierra, son las que generan el mayor número de días con recolección de niebla, pero son las de tipo C las que aportan mayor volumen de agua, presentando a su vez tasas de captura elevadas. Este tipo de situación genera en muchos casos días de precipitación, por lo que es posible recolectar agua de su nubosidad asociada. Las

situaciones de tipo A puro producen recolección de agua con relativa frecuencia, pero no permiten capturar grandes volúmenes de agua.

5. AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido financiado por el proyecto NIEVA «Evaluación del agua de niebla en la vertiente mediterránea de la Península Ibérica. Potenciales usos y aplicaciones», CGL2008-04550/CLI, así como por el proyecto CGL2011-30433-C02-01 del Ministerio de Ciencia e Innovación. C. A-M disfruta de un contrato JCI-2011-10263.

6. REFERENCIAS

- Azorín-Molina, C.; Lopez-Bustins, J. A. (2008). "An automated sea breeze selection technique based on regional sea-level pressure difference: WeMOi". *International Journal of Climatology*, Vol. 28, 1681-1692.
- Azorín-Molina, C., Olcina, J., Moltó, E., Martínez, E., Zaragoza, B. (2008). *Análisis sinóptico objetivo de las precipitaciones torrenciales en el este de la Península Ibérica*. Estrela, M. J. (ed). CEAM, Colección Interciencias UNED Alzira-Valencia, pp. 57-76.
- Azorín-Molina, C.; Sanchez-Lorenzo, A.; Calbo, J. (2009). "A climatological study of sea breeze clouds in the Southeast of the Iberian Peninsula (Alicante, Spain)". *Atmósfera*, Vol. 22, 33-49.
- Azorín-Molina, C.; Corell, D.; Estrela, M. J.; Valiente, J. A. (2010). Fog water collection under sea breeze conditions in the western Mediterranean basin (Valencia region, Spain). *Libro de comunicaciones del 5th International Conference on Fog, Fog Collection and Dew 25-30 julio 2010*, Münster (Alemania).
- Azorín-Molina, C., Tijm, S.; Chen, D.; Baldi, M. (2011). "A multi-year study of sea breezes in a Mediterranean coastal site: Alicante (Spain)". *International Journal of Climatology*, Vol. 31, 468-486.
- Capel-Molina, J. J. (2000). *El clima de la península Ibérica*. Barcelona: Ariel.
- Estrela, M. J.; Valiente, J.A.; Corell, D.; Millán, M. M. (2008). "Fog collection in the western Mediterranean basin". *Atmospheric Research*, Vol. 87, 324-337.
- Falconer, R. E.; Falconer, P. D. (1980). "Determination of cloud water acidity at a mountain observatory in the Adirondack Mountains of New York State". *J. Geophysical Research*, Vol. 85, 7465-7470.
- Font Tullot, I. (1983). *Climatología de España y Portugal*. Instituto Nacional de Meteorología.
- Grimalt, M.; Tomás, M.; Alomar, G.; Martín-Vide, J.; Moreno-García, M. C. (2013). "Determination of the Jenkinson and Collison's weather types for the western Mediterranean basin over the 1948-2009 period. Temporal analysis". *Atmósfera*, Vol. 26, 75-94.
- Jenkinson, A. F.; Collison, B. P. (1977). *An initial climatology of gales over the North Sea*. Synoptic Climatology Branch Memorandum No. 62, Meteorological Office, Bracknell.
- Johnstone, J. A.; Dawson, T. E. (2010); "Climatic context and ecological implications of summer fog decline in the coast redwood region". *Proceedings of the National Academy of Sciences*.
- Lamb, H. H. (1950). "Types and spells of weather around the year in the British Isles". *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. 76, 393-438.
- Lamb, H. H. (1972). *British Isles weather types and a register of the daily sequences of circulation patterns, 1861-1971*. Geophysical memoir 116, Londres, 85 pp.

- Lines, A. (1981). *Perturbaciones típicas que afectan a la península Ibérica y precipitaciones asociadas*. Instituto Nacional de Meteorología.
- Martín-Vide, J. (1991). *Mapas de tiempo: fundamentos, interpretación e imágenes de satélite*. Barcelona: Oikos-tau.
- Martín-Vide, J. (2001). "Limitations of an objective weather-typing system for the Iberian peninsula". *Weather*, Vol. 56, 248-250.
- Martín-Vide, J. (2002). Aplicación de la clasificación sinóptica automática de Jenkinson y Collison a días de precipitación torrencial en el este de España. En *La información climática como herramienta de gestión ambiental*. Cuadrat, J. M., Vicente, S. M., y Saz, M. A. (eds). Zaragoza: pp. 123-127.
- Marzol, M. V.; Sánchez-Megía, J.; Yanes, A. (2011). "Meteorological patterns and fog water collection in Morocco and the Canary Islands". *Erdkunde*, Vol. 65, 291-303.
- Meyer, M. B.; Lala, G. G. (1990). "Climatological Aspects of Radiation Fog Occurrence at Albany, New York". *Journal of Climate*, Vol. 3, 577-586.
- Millán, M. M.; Estrela, M. J.; Miró, J. (2005). "Rainfall components: variability and spatial distribution in a mediterranean area (Valencia region)". *Journal of Climate*, Vol. 18, 2682-2705.
- Nadal-Romero, E.; Cortesi, N.; Gonzalez-Hidalgo, J. C. (2014). "Weather types, runoff and sediment yield in a Mediterranean mountain landscape". *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 39, 427-437.
- Rasilla, D., García, J. C., Garmendia, C. (2002). Los temporales de viento: propuesta metodológica para el análisis de un fenómeno infravalorado. En *La información climática como herramienta de gestión ambiental: bases de datos y tratamiento de series climatológicas. Reunión Nacional de Climatología*. Cuadrat, J. M., Vicente-Serrano, S. M., y Saz, M. A. (eds). Albarracín, España: Universidad de Zaragoza, pp. 129-136.
- Schemenauer, R. S.; Cereceda, P. (1994). "Fog collection's role in water planning for developing countries". *Natural Resources Forum*, Vol. 18 (2), 91-100.
- Schemenauer, R. S.; Cereceda, P. (1994a). "A proposed standard fog collection for use in high elevations regions". *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 33 (11), 1313-1322.
- Soriano, C.; Fernández, A.; Martín-Vide, J. (2006); "Objective synoptic classification combined with high resolution meteorological models for wind mesoscale studies". *Meteorology and Atmospheric Physics*, Vol. 91, 165-181.
- Spellman, G (2000). "The application of an objective weather-typing system to the Iberian peninsula". *Weather*, Vol. 55, 375-385.
- Valiente, J. A.; Estrela, M. J.; Corell, D.; Fuentes, D.; Valdecantos, A. (2011). "Fog water collection and reforestation at a mountain location in a western Mediterranean basin region: air-mass origins and synoptic analysis". *Erdkunde*, Vol. 65, 277-290.
- van Schalkwyk, L.; Dyson, L. (2013). "Climatological Characteristics of Fog at Cape Town International Airport". *Weather and Forecasting*, Vol. 28, 631-646.
- Vicente-Serrano, S. M. (2004). *Evolución espacio-temporal de las sequías en el sector central del valle del Ebro: causas y consecuencias ambientales*. Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza (España).
- Vicente-Serrano, S. M.; López, J. I. (2006). "The influence of atmospheric circulation at different spatial scales on winter drought variability through a semi-arid climatic gradient in Northeast Spain". *International Journal of Climatology*, Vol. 26, 1427-1453.