

ANÁLISIS DE UN EVENTO EXTRAORDINARIO DE RECOLECCIÓN DE AGUA DE NIEBLA EN LA VERTIENTE MEDITERRÁNEA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA (MARZO 2011)

David CORELL CUSTARDOY, María José ESTRELA NAVARRO, Juan Javier MIRÓ PÉREZ

Facultad de Geografía. Universitat de València.

david.corell@uv.es, majoesna@uv.es, javier.miro-perez@uv.es

RESUMEN

En la cuenca mediterránea de la Península Ibérica el recurso agua es un bien escaso. En los últimos años, periodos prolongados de sequía han provocado restricciones en el uso del agua que incluso han llegado a afectar al consumo humano. En el contexto actual, donde el cambio climático está provocando que estos periodos prolongados sin precipitación en el área mediterránea puedan darse con mayor frecuencia e intensidad, es fundamental el orientar la investigación hacia la búsqueda de fuentes alternativas de agua que ayuden a mitigar esta problemática. Se ha analizado la captación de agua de niebla en la fachada mediterránea de la Península Ibérica a partir de una red de 24 colectores que se extiende desde Girona (Cataluña) hasta Almería (Andalucía). Se han obtenido valores de recolección que, en la época estival, han llegado a superar a los de la precipitación, revelándose, por tanto, como una fuente alternativa de agua de gran interés especialmente en aplicaciones medioambientales. El trabajo que aquí se presenta analiza la génesis de un episodio de recolección de agua de niebla donde las tasas de captación fueron extraordinariamente elevadas en algunos de los emplazamientos estudiados. Dicho episodio tuvo lugar entre los días 22 y 25 de marzo de 2011, llegándose a recolectar en algunos casos más de 450 l/m² en las 77 horas en las que hubo captura ininterrumpida de agua. El estudio muestra diferencias notables en los volúmenes recolectados en función de la ubicación de los colectores, habiéndose obtenido las mayores capturas en la zona centro y sur del área de estudio.

Palabras clave: niebla orográfica y de advección, recolección de agua, cuenca mediterránea, recursos hídricos.

ABSTRACT

In the Mediterranean basin of the Iberian Peninsula, water scarcity is present. In recent years, prolonged periods of drought have caused restrictions in water use that have even affected human consumption. In this area, climate change is causing more frequent periods with no precipitation, but also with greater intensity (heavy rains), so it is vital to investigate alternative sources of water. In the Mediterranean coast of the Iberian Peninsula, fog-water collection has been analyzed from a network of 24 collectors extending from Girona (Catalonia) to Almeria (Andalusia). Collection values have been obtained which, in the summer season, have exceeded those of precipitation, thus revealing itself as an alternative source of water of great interest,

especially in environmental applications. This work analyzes the origin of a fog-water collection episode where collection rates were extraordinarily high in some of the studied locations. This episode took place between 22 and 25 March 2011, and, in some cases, volumes above 450 l/m² were collected in the 77 hours in which there was non-stop water capture. The study shows important differences in the collected volumes depending on the collectors location, with the highest water volumes being obtained in the central and southern part of the study area.

Key words: advection and orographic fog, fog-water harvesting, Mediterranean basin, water resources.

1. INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de cambio, donde episodios prolongados de sequía o escasa precipitación ocurren con mayor frecuencia en el litoral mediterráneo de la Península Ibérica y donde además se espera su mayor incremento futuro (Miró et al., 2021), la escasez de agua puede llegar a ser un problema importante para la sociedad. Por tanto, es crucial explorar fuentes alternativas de este bien tan preciado y necesario que ayuden a mitigar este problema. La captación de agua de niebla con fines de aprovechamiento se ha puesto en práctica con éxito en diferentes lugares del mundo, tales como Guatemala (Schemenauer et al., 2007), Sudáfrica (Olivier, 2004) o la isla de Tenerife (Marzol, 2005), mostrándose como una alternativa de suministro de agua en áreas donde el acceso a fuentes tradicionales no es viable técnica o económicamente. Se trata de una tecnología sencilla y económica, que requiere de la acción del viento para que empuje la niebla y la arrastre hacia los paneles recolectores, formados normalmente por mallas o hilos plásticos.

El litoral mediterráneo de la Península Ibérica reúne muchas de las características geográficas y climatológicas que han llevado a otros lugares del mundo a iniciar proyectos de investigación sobre el potencial de recolección de agua a partir de la niebla. Por ese motivo, desde el año 2003 se llevan a cabo trabajos de investigación sobre la captación de agua de niebla con fines de aprovechamiento en esta área de la cuenca mediterránea y se ha visto que puede llegar a ser un recurso importante en determinadas épocas del año, fundamentalmente en verano, cuando aumenta su frecuencia (Estrela et al., 2008 y 2019).

Cuando se pretende caracterizar un fenómeno meteorológico como son las nieblas orográficas o de advección, un aspecto importante a analizar son las situaciones sinópticas que favorecen tanto su frecuencia de aparición como su intensidad, ya que de este modo se puede evaluar la idoneidad de implantar un sistema de aprovechamiento de agua obtenida a partir de la niebla. Corell et al. (2020) analizaron series de captura de niebla de 2003 a 2012 en esta área y revelaron que las mayores tasas de recolección se habían dado con situaciones de tipo C (ciclónicas) o ADV (advectivas) de origen mediterráneo, mientras que las mayores frecuencias de días con captura de niebla se habían dado en situaciones de tipo A (anticiclónicas) y C (ciclónicas), según la clasificación sinóptica de Jenkinson y Collison. A su vez, Estrela et al. (2019) analizaron la duración e intensidad de los episodios de niebla en esta área durante el año 2011, indicando que la duración media más frecuente de los episodios

es de 3 a 7 horas, con tasas de captura entre 0.5 y 0.7 l/m²/h. Generalmente se trata de episodios asociados a bajo índice de zonalidad en donde una masa de aire subtropical se introduce primero hacia el Mediterráneo y después más al norte (centroeuropa o Mar del Norte) causando un flujo advectivo del este o sudeste en superficie sobre el Mediterráneo occidental. A su vez, describieron el evento ocurrido entre el 22 y el 25 de marzo como el de mayor duración en una parte significativa de los emplazamientos analizados. Este episodio superó en varias órdenes de magnitud los valores medios observados, tanto en lo referente a la duración como a las tasas de recolección, por lo que se ha considerado como el episodio más relevante para su análisis.

Este trabajo continúa esta línea de investigación y describe las condiciones sinópticas y meteorológicas del episodio de captura de niebla que tuvo lugar entre los días 22 y 25 de marzo de 2011, donde se obtuvieron tasas de recolección de agua de niebla extraordinarias y se registraron periodos ininterrumpidos de captación superiores a 3 días en algunos de los lugares estudiados. A su vez, se compara los valores obtenidos con los observados en otros lugares del mundo, con el objetivo de poner en contexto los resultados.

2. MÉTODOS

2.1. Área de estudio

El estudio se basa en los datos meteorológicos obtenidos en 24 estaciones de muestreo que se distribuyen a lo largo del litoral mediterráneo de la Península Ibérica (figura 1). Se trata de enclaves montañosos situados en lugares adecuados para la presencia de nieblas orográficas y de advección y que forman parte de una red de colectores de agua de niebla creada en 2003 por la Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM). Esta red se extiende desde el Pirineo oriental hasta el Cabo de Gata, con una distancia entre los colectores más alejados de 800 km. Los colectores están ubicados en lugares que reúnen la mayor parte de los condicionantes geográficos adecuados para la presencia de nieblas de advección y orográficas, que son altitudes entre 500 y 1300 m, cercanía al mar, buena orientación para la recepción de vientos de componente marítima y ausencia de obstáculos en el relieve cercano (montañas, picos, etc.) que desvíen la trayectoria de los vientos e impidan la adecuada intercepción de la niebla en el emplazamiento seleccionado.

2.2 Instrumentación

En cada uno de los emplazamientos analizados se instaló un sistema integrado para la captación de niebla como el descrito en Estrela et al. (2008). Cada equipo está formado por un colector pasivo de niebla, además de sensores para medir temperatura, humedad relativa, lluvia y la velocidad y dirección de viento. El captador de niebla utilizado es de tipo pasivo, de forma cilíndrica y está basado en los modelos Standard Fog Collector - SFC (Schemenauer y Cereceda, 1994) y del Atmospheric Science Research Center, State University of New York - modelo ASRC (Falconer y Falconer, 1980). Su instalación se realiza en la parte superior del equipo, debajo de los sensores de viento, resguardado de la lluvia por un protector circular. El equipo es autónomo,

funciona a través de la energía eléctrica que le suministra un panel solar y la descarga de datos se realizó diariamente con tecnología de datos móviles -GPRS (figura 1).

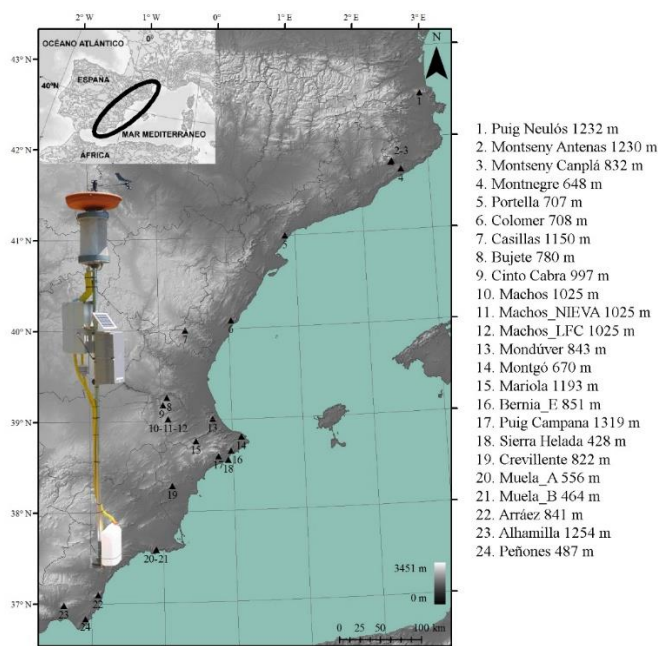


Fig. 1: Mapa de situación de los puntos de muestreo de los colectores de agua de niebla (triángulos). A la derecha, el número, nombre y altitud de cada uno de ellos. A la izquierda, superpuesto sobre la península, imagen del modelo de colector de niebla utilizado en cada emplazamiento. Fuente: Estrela et al. (2019), modificado.

2.3 Tipo y período de datos utilizados

Los datos registrados por los distintos sensores han sido 10-minutales, a partir de los cuales se han calculado los promedios y/o acumulados horarios, que han servido de base para el cálculo de los resultados. El estudio se centra en datos del año 2011, mostrándose en este trabajo los correspondientes al episodio ocurrido entre los días 22 y 25 de marzo de 2011, elegido por ser el más importante al considerar tanto su extensión espacial como temporal. Siguiendo la metodología utilizada en los trabajos que estudian la niebla con fines de aprovechamiento, los valores denominados de “niebla” muestran toda el agua capturada por el colector de niebla, que bien podría ser niebla, precipitación o ambos meteoros a la vez, y se expresan en l/m^2 de superficie recolectora. De este modo es posible conocer la cantidad de agua que se podría aprovechar empleándose un sistema industrial basado en esta tecnología. A su vez, para el cálculo de los valores de “niebla pura” se ha utilizado un filtro que elimina la contaminación por lluvia, el cual es función, además de la niebla, de la velocidad de viento y de la lluvia, y que ha sido descrito por Estrela et al. (2008). Dichos valores también son expresados en l/m^2 de superficie captadora. Los valores de “lluvia” se

muestran en milímetros y recogen la precipitación registrada por los pluviómetros instalados en cada emplazamiento.

2.4 Definición de episodio de niebla

Según Marzol (2005), se entiende por episodio de niebla al tiempo, expresado en horas, en el que de manera ininterrumpida este fenómeno aparece en el lugar. En nuestro caso, hemos aplicado este criterio para realizar el cálculo de la duración del episodio que aquí se presenta.

3. RESULTADOS

Entre los días 22 y 25 de marzo de 2011, tuvo lugar en muchos de los colectores de la red, el episodio de mayor duración y a su vez, el de mayor volumen de agua capturada de todo el periodo de estudio. En la tabla 1 se muestra la duración del episodio de niebla en todos los emplazamientos analizados, así como las fechas de inicio y finalización, y los volúmenes de niebla, niebla pura y lluvia acumulados durante el evento, así como la tasa de captura de niebla en litros por metros cuadrado y día. Y como podemos observar, el episodio no afectó del mismo modo a todos los colectores. En aquellos situados al norte del área de estudio, la duración del episodio fue corta, entre 1 y 3 horas. En cambio, en el resto de emplazamientos de la red, su permanencia fue más larga, con valores de captura ininterrumpida de niebla superiores a los tres días en algún caso, como en Machos y Machos_Nieva, donde el episodio se prolongó durante 77 horas y el volumen de agua capturado por los colectores de niebla superó los 450 l/m², por 38.8 mm de lluvia. En lugares como Bernia_E o Mariola, la recolección de niebla se prolongó cerca de 70 horas y se obtuvieron volúmenes muy importantes de niebla (460.5 y 221 l/m² respectivamente). En otros emplazamientos de la zona central, tales como Montgó, Mondúver, ambos en la costa, y Cinto Cabra, en el interior, el episodio se prolongó durante más de 60 horas, con volúmenes recolectados de gran magnitud. En el sur del área de estudio, también se produjeron capturas importantes de niebla y episodios de larga duración, como en Arráez, donde se recolectaron 179.6 l/m² en 62 horas; o en Muela_A y Muela_B, donde en 43 horas se recolectaron 101.8 y 74.6 l/m² respectivamente.

Nº	Colector	Inicio dd/m/aa- hh	Fin dd/m/aa- hh	Dura- ción (h)	Nie- bla (l/m ²)	Niebla pura (l/m ²)	Llu- via (mm)	Tasa captura niebla pura (l/m ² /d)
1	P.Neulós	25/3/11-09	25/3/11-12	3	1.3	1.3	0.0	10.4
2	M.Antenas	22/3/11-18	22/3/11-21	3	1.0	1.0	0.0	8.0
3	M.Canplá	23/3/11-04	23/3/11-05	1	0.1	0,1	0.0	2.4
4	Montnegre	25/3/11-07	25/3/11-09	2	0.2	0.2	0.0	2.4

5	Portella	24/3/11-16	25/3/11-09	17	12.7	12.7	0.2	17.9
6	Colomer	23/3/11-05	25/3/11-08	51	176.6	141.8	22.1	66.7
7	Casillas	22/3/11-19	24/3/11-05	34	35.1	18.6	21.8	13.1
9	C.Cabra	22/3/11-21	25/3/11-12	63	335.7	252.0	86.2	96.0
10	Machos	22/3/11-16	25/3/11-21	77	469.4	440.3	-	137.2
11	Machos NV	22/3/11-16	25/3/11-21	77	452.3	445.4	38.8	138.8
13	Mondúver	22/3/11-19	25/3/11-11	64	206.8	180.4	83.2	67.7
14	Montgó	22/3/11-20	25/3/11-12	64	194.9	161.3	36.0	60.5
15	Mariola	22/3/11-16	25/3/11-13	69	221.0	183.2	46.3	63.7
16	Bernia_E	22/3/11-20	25/3/11-18	70	460.5	407.3	36.1	139.6
18	S ^a Helada	22/3/11-20	23/3/11-18	22	48.8	39.1	6.2	42.7
19	Crevillente	22/3/11-23	23/3/11-09	10	26.3	20.9	10.1	50.2
20	Muela_A	23/3/11-15	25/3/11-10	43	101.8	101.8	6.2	56.8
21	Muela_B	23/3/11-15	25/3/11-10	43	74.6	74.6	3.3	41.6
22	Arráez	22/3/11-21	25/3/11-11	62	179.6	-	13.6	-
23	Alhamilla	22/3/11-18	23/3/11-16	22	98.5	97.9	5.5	106.8
24	Peñones	22/3/11-18	22/3/11-19	1	0.3	0.2	0.8	4.8

Tabla 1: Fechas de inicio y fin, duración, volúmenes acumulados de niebla, niebla pura y precipitación, y tasa de captura de niebla, del episodio ocurrido durante los días 22 y 25 de marzo de 2011. Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la figura 2, la nubosidad cubrió la mayor parte del litoral mediterráneo, desde el norte del Cabo de Gata hasta el Valle del Ebro, adentrándose de manera considerable hacia el interior peninsular. Por ello, la recolección de niebla fue muy abundante, tanto en los colectores litorales como en los de interior que fueron cubiertos por las nubes bajas del episodio. El día 22 de marzo comenzó a desarrollarse la nubosidad, la cual fue compactándose y extendiéndose los días 23 y 24, hasta que finalmente a partir del día 25 se fue disipando. El extremo sur del litoral, donde se encuentra el colector Peñones, así como la zona norte, con los colectores Puig Neulós, Montseny Antenas, Montseny Canplá y Montnegre, quedaron al margen de esta cobertura nubosa, lo que provocó que las duraciones de los episodios en dichos emplazamientos fueran cortas (< 3 horas).

La situación sinóptica, cuya evolución se muestra en la figura 3, estuvo marcada por un potente anticiclón centrado sobre las Islas Británicas que se extendía hasta el mar

Mediterráneo, lo que favoreció la entrada de vientos de componente este y sudeste de largo recorrido marítimo en el litoral este peninsular. Esta situación, unida al aire frío en capas altas, provocó la inestabilización de la atmósfera, favoreciendo el desarrollo de nubosidad, que fue la causante del episodio de niebla, así como de lluvias importantes en la parte sur de la provincia de Valencia y el norte de la de Alicante. A partir del día 25 de marzo, el anticiclón se desplazó al oeste de las Islas Británicas, permitiendo la entrada de un nuevo anticiclón sobre el Mediterráneo, con leve gradiente barométrico sobre el área de estudio, cesando de este modo la entrada de vientos de levante y, por tanto, desapareciendo las condiciones favorables para la formación y recolección de niebla.

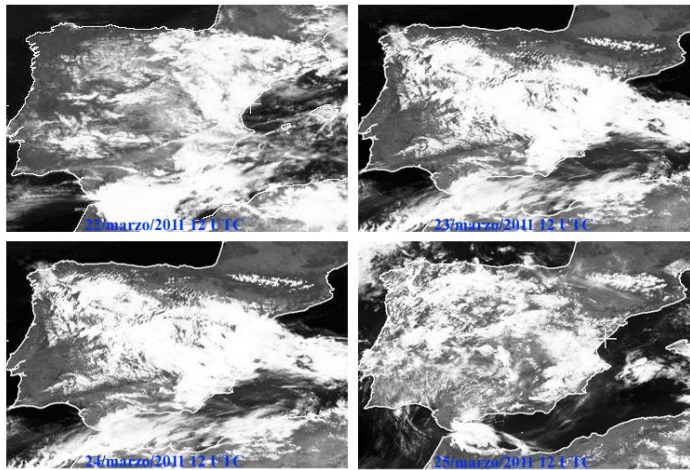


Fig. 2: Nubosidad sobre la Península Ibérica durante el episodio de niebla ocurrido entre los días 22 y 25 de marzo de 2011 (imágenes del satélite MSG2, canales 1 (día 22) y 12 Norte (resto) obtenidas en <http://www.sat.dundee.ac.uk>). Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4 se muestra la niebla y lluvia acumulada en una hora, así como la temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad de viento, en valores medios horarios, del episodio de captación de niebla de 77 horas de duración que tuvo lugar en el colector Machos_Nieva entre las 16 h del día 22 hasta las 21 h del día 25 de marzo de 2011 y que fue el de mayor duración de todos los colectores durante el año 2011. Del mismo modo, se comparan los valores acumulados de niebla y lluvia en todo el episodio. Como se puede observar en el gráfico superior de la figura, durante todo el episodio se recolectaron 452.3 l/m² de niebla, de los que 445.4 fueron de niebla pura, frente a 38.8 mm de lluvia. Las mayores tasas de captura de agua por medio del colector de niebla se produjeron entre los días 23 y 24 de marzo, como muestra la pendiente de la curva, así como la gráfica inferior de la figura. En dicha gráfica se puede observar como los picos en las tasas de captación de niebla coinciden con picos en la velocidad de viento, con valores oscilando entre 8 y 14 m/s, lo que muestra una fuerte correlación entre ambas variables ($r = 0.8$). La velocidad de viento no cesó en

ningún momento, estando su dirección comprendida entre 50° y 60°, salvo al final del episodio, cuando, al cambiar la procedencia del viento, cesó la recolección. La temperatura osciló entre 3°C y 6°C la mayor parte del evento, mientras que la humedad relativa fue siempre del 100 %. En cuanto a la precipitación, se observa que se distribuyó uniformemente durante todo el episodio, con intensidades inferiores a 1 mm/h la mayor parte del tiempo.

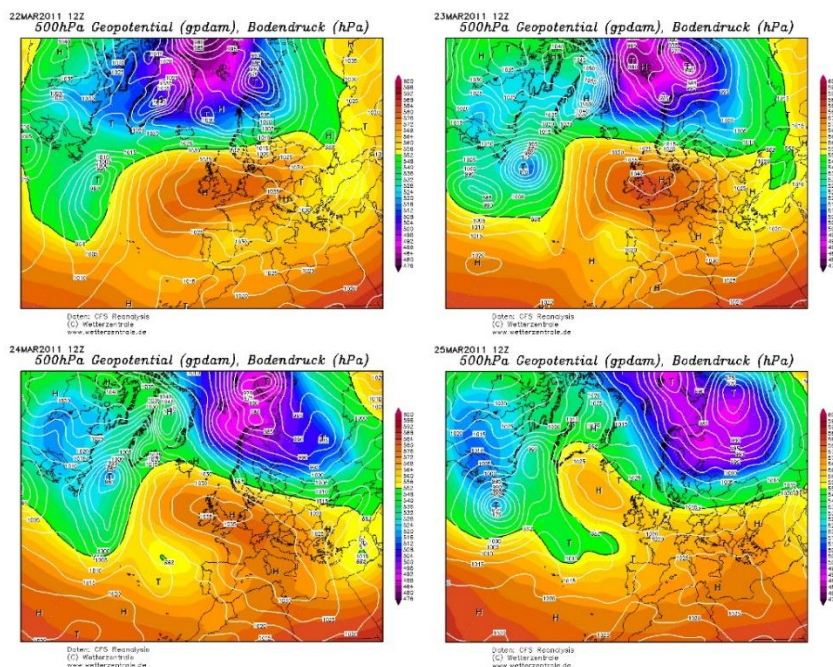


Fig. 3: Presión a nivel del mar y altura geopotencial de 500 hPa, para los días del 22 al 25 de marzo de 2011 a las 12 h UTC. Mapas de reanálisis GFS, obtenidos en <http://www.wetterzentrale.de>. Fuente: Elaboración propia.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Durante los días 22 y 25 de marzo de 2011 tuvo lugar un episodio de captura de agua de niebla extraordinario tanto por su duración, como por los volúmenes de agua recolectados. En esos días, en algunos puntos analizados se capturó ininterrumpidamente agua de niebla durante más de 3 días, con volúmenes que superaron los 100 l/m² en la mayoría de los emplazamientos. La situación sinóptica durante el evento estuvo marcada por un potente anticiclón centrado sobre las Islas Británicas (con bajo índice de zonalidad) que se extendía hasta el mar Mediterráneo, lo que favoreció la entrada de vientos de componente este y sudeste de largo recorrido marítimo en el litoral este peninsular. Siguiendo la clasificación sinóptica de Jenkinson and Collison que ha sido aplicada con éxito en la Península Ibérica con datos de precipitación (Martín-Vide, 2002) y de niebla (Corell et al., 2020), se trató de una situación advectiva, con vientos de procedencia marítima (SE) cargados de

humedad. Según Corell et al. (2020), las advecciones del E y del SE, junto a las de tipo ciclónico, son las más favorables para la presencia de nieblas en la zona de estudio, además de ser las que mayor volumen de agua aportan. Mientras que se ha visto que los episodios anticiclónicos productores de nieblas, aunque son frecuentes, suelen aportar mucho menos volumen hídrico. A su vez, la presencia de aire frío en altura favoreció el desarrollo de nubosidad, provocando una situación de días nublados que dio lugar a precipitaciones importantes en algunos puntos del sur de la provincia de Valencia y norte de Alicante, así como de nieblas de advección que afectaron zonas montañosas tanto litorales como de interior. La zona norte del área de estudio quedó al margen de este episodio. Una situación sinóptica similar fue descrita por Valiente et al. (2011) para un episodio de niebla registrado en el mismo emplazamiento en abril de 2007, en la que un potente anticiclón situado sobre las Islas Británicas favoreció la advección de vientos de largo recorrido marítimo cargados de humedad sobre la península, provocando la captura de niebla de 31 l/m² por tan sólo 3 mm de lluvia. Los datos observados muestran que fueron unos días grises, de cielos cubiertos y con precipitación débil, lo que supone unas condiciones óptimas para la recolección de agua por medio de los colectores de niebla.

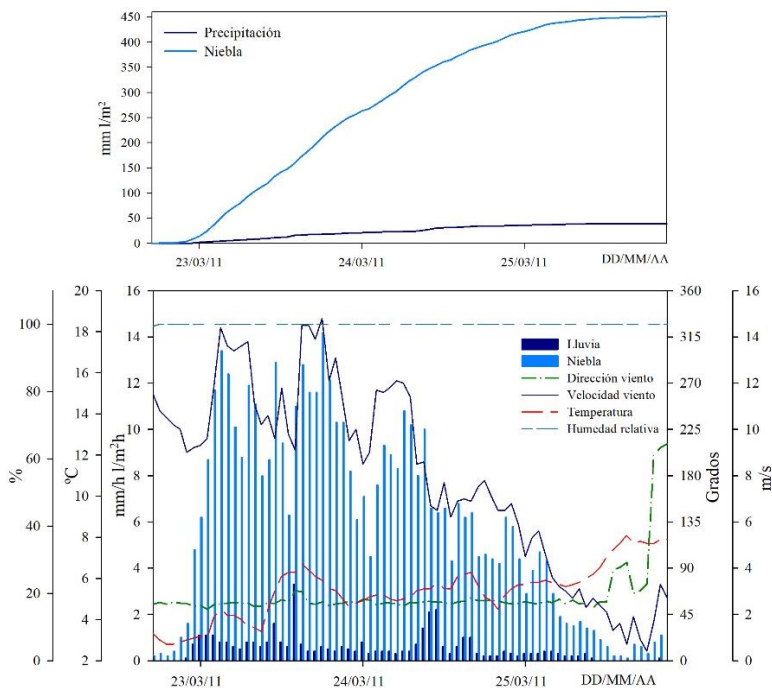


Fig. 4: Episodio de recolección de agua de niebla ocurrido desde las 16 h del día 22 hasta las 21 h del día 25 de marzo de 2011 en el colector Machos_Nieva. Fuente: Elaboración propia.

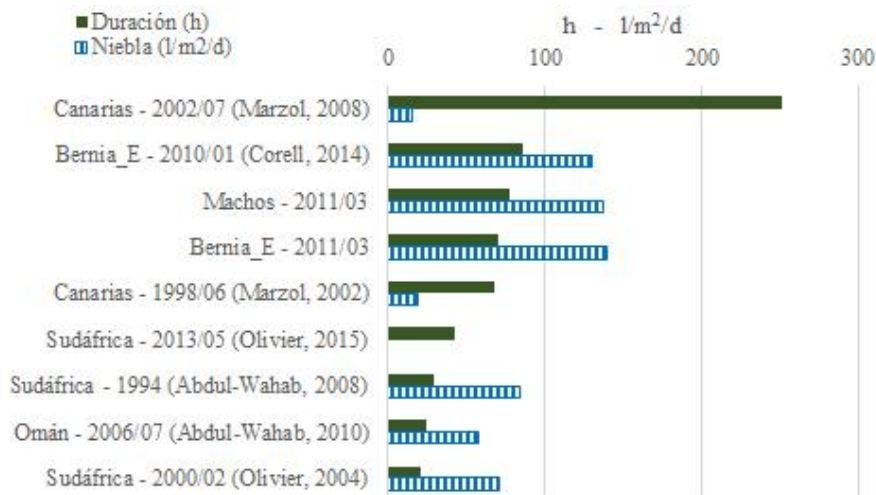


Fig. 5: Duración y tasa de captura de niebla de algunos episodios descritos en la literatura, indicándose el lugar y la fecha de ocurrencia (año y mes) de cada evento
Fuente: Elaboración propia a partir de diversas fuentes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido cofinanciado por el proyecto PID2020-118797RB-I00 financiado por MCIN/ AEI /10.13039/501100011033 (Ministerio de Ciencia e Innovación), y por la Conselleria d'Innovació, Universitats, Ciència i Societat Digital de la Generalitat Valenciana a través del proyecto de investigación PROMETEO/2021/016.

REFERENCIAS

- Abdul-Wahab, S.A. y Lea, V. (2008). Reviewing fog water collection worldwide and in Oman. *International Journal of Environmental Studies*, 65 (3), 487-500, <https://doi.org/10.1080/00207230802149983>.
- Abdul-Wahab, S.A., Al-Damkhi, A.M., Al-Hinai, H., Al-Najar, K.H., Al-Kalbani, M.S. (2010). Total fog and rainwater collection in the Dhofar region of the Sultanate of Oman during the monsoon season. *Water International*, 35 (1), 100-109, <https://doi.org/10.1080/02508060903502984>.
- Corell, D., Estrela, M.J., Valiente, J.A., Barceló, S., Capel, J.J. (2014). Captación de agua de niebla en determinados enclaves del sudeste de la Península Ibérica. Libro de resúmenes del 9º Congreso de la Asociación Española de Climatología. Cambio climático y cambio global. Almería, del 28 al 30 de octubre de 2014.
- Corell, D., Estrela, M.J., Valiente, J.A., Azorin-Molina, C., Chen, D. (2020). Influences of synoptic situation and teleconnections on fog-water collection in the Mediterranean Iberian Peninsula, 2003–2012. *Int. J. Climatol.*, 40 (7), 3297-3317. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.6398>.

- Estrela, M.J., Valiente, J.A., Corell, D., Millán, M.M. (2008). Fog collection in the western Mediterranean basin. *Atmos. Res.*, 87 (3), 324-337. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2007.11.013>.
- Estrela, M.J., Corell, D., Valiente, J.A., Azorín, C., Cheng, D. (2019). Spatio-temporal variability of fog-water harvesting in the eastern Iberian Peninsula: 2003-2012. *Atmos. Res.*, 226, 87-101. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.04.016>.
- Falconer, R.E. y Falconer, P.D. (1980). Determination of cloud water acidity at a mountain observatory in the Adirondack Mountains of New York State. *J. Geophys. Res.*, 85 (C12), 7465-7470. doi: <https://doi.org/10.1029/JC085iC12p07465>.
- 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*, editado por J. M. Cuadrat, S. M. Vicente, y M. A. Saz, Zaragoza: 2002, p. 123-127.
- Marzol, M.V. (2002). Fog water collection in a rural park in the Canary Islands (Spain). *Atmos. Res.*, 64 (1-4), 239-250.
- Marzol, M.V. (2005). La captación del agua de niebla en la isla de Tenerife. Tenerife: Caja General de Ahorros de Canarias.
- Marzol, M.V. (2008). Temporal characteristics and fog water collection during summer in Tenerife (Canary Islands, Spain). *Atmos. Res.*, 87 (3-4), 352-361. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2007.11.019>.
- Miró, J.J., Estrela, M.J., Olcina-Cantos, J., Martín-Vide, J. (2021). Future Projection of Precipitation Changes in the Júcar and Segura River Basins (Iberian Peninsula) by CMIP5 GCMs Local Downscaling. *Atmosphere*, 12 (7), 879.
- Olivier, J. (2004). Fog harvesting: An alternative source of water supply on the West Coast of South Africa. *GeoJournal*, 61, 203-214.
- Olivier, J., van Heerden, J., Rautenbach, H. (2015). Optimising fog water harvesting in South Africa. Report to the Water Research Commission by the University of Pretoria. WRC Report No. TT 632/15. ISBN 978-1-4312-0663-6.
- Schemenauer, R.S. y Cereceda, P. (1994). A proposed standard fog collection for use in high elevations regions. *J. Appl. Meteorol.*, 33 (11), 1313-1322. doi: [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1994\)033<1313:APSFCF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1994)033<1313:APSFCF>2.0.CO;2).
- Schemenauer, R.S., Rosato, M., Carter, V. (2007). Fog collection projects in Tojquia and La Ventosa, Guatemala. En Biggs, A. and Cereceda, P. (Eds.), *Proceedings of the Fourth International Conference on Fog, Fog Collection and Dew* (pp. 383-386). La Serena (Chile): Pontificia Universidad Católica de Chile.
- 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*, 65 (3), 277-290. doi: <https://doi.org/10.3112/erdkunde.2011.03.05>.