

**ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL
DE LA CAPTACION PASIVA DE AGUA DE NIEBLA
EN RELACIÓN A LA ESTACIONALIDAD Y A LOS PATRONES DE VIENTO
EN UNA REGIÓN MEDITERRÁNEA (COMUNIDAD VALENCIANA)**

María J. ESTRELA^{1,2}, José Antonio VALIENTE^a, David CORELL^a, César AZORÍN^a

¹ *Laboratorio de Meteorología-Climatología, Unidad Mixta CEAM-UVEG.*

Departament de Geografia, Universitat de Valencia, Spain

² *Laboratorio de Meteorología-Climatología, Unidad Mixta CEAM-UVEG. Fundación
Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo, Paterna, Valencia, Spain.*

majoena@uv.es, valiente_jospar@gva.es, dacocus@ceam.es, azorin_ces@gva.es

RESUMEN

Desde 2003 el Grupo de Meteorología-Climatología de la Fundación CEAM está trabajando en el análisis de los inputs del sistema hidrológico en la Comunidad Valenciana, y más concretamente en la cuantificación de uno de los más desconocidos, el agua de niebla. En este estudio se han seleccionado seis de las nueve estaciones de recolección de niebla con que cuenta la Fundación CEAM, localizadas en puntos de montaña a lo largo de la Comunidad Valenciana. Estas seis estaciones se han escogido atendiendo a su distribución latitudinal, a su carácter costero y de interior, y a la altitud a la que se encuentran. Se han analizado los datos del año 2009, presentándose los valores estacionales de la recolección del agua de niebla para constatar la variabilidad espacial, así como las afinidades entre estaciones cuando se las agrupa latitudinalmente, tanto teniendo en cuenta su carácter costero o de interior, como cuando se las considera todas en su conjunto. Se desprende que las condiciones de recolección, cuando se presentan, afectan a la mayoría de estaciones, siendo menores los casos de recolección en condiciones locales que afectan tan sólo a una estación, produciéndose estos más en verano y otoño y en las estaciones del Norte. Se ofrecen así mismo los patrones del viento cuando existe recolección de agua de niebla de forma paralela entre estaciones atendiendo del mismo modo a su distribución latitudinal, costera y en conjunto.

PALABRAS CLAVE: agua de niebla, colector cilíndrico, patrones de viento, Región de Valencia.

ABSTRACT

Since 2003, the Department of Meteorology-Climatology of the CEAM Foundation has been working on the analysis of the hydrological system inputs for the Valencia Region; specifically, quantification of one of the least known variables, fog water, has been determined. In this study, we have selected six stations from the nine-collector network that belongs to the CEAM Foundation. These six stations were chosen based on their latitudinal distribution, on their coastal and inland nature, and on their altitude. The analysis covers the 2009 period and presents seasonal values of fog water collection at each of the stations for different spatial configurations. The analysis shows affinities

between stations when they are grouped by latitude, by their coastal or inland character, or considered together as a whole. Main results indicate that fog water collection conditions, when present, affect the majority of stations simultaneously. Local or individual conditions produce lower collection rates, occurring in summer and autumn and at the northern stations most frequently. Wind patterns associated with fog water collection are also given as a function of the simultaneous collection at each of the stations when they are grouped by latitude, by their coastal or inland nature or considered as a whole.

KEY WORDS: Fog water collection, cylindrical collector, wind patterns, Valencia Region

1. INTRODUCCIÓN

Son pocos los estudios que existen en España centrados en la cuantificación del agua de niebla. Únicamente los trabajos realizados en las Islas Canarias (MARZOL, 2005) y en el área Este de la Península Ibérica, concretamente en la Comunidad Valenciana (MILLÁN *et al*, 1998; VALIENTE *et al*, 2007; ESTRELA *et al*, 2008) aportan información sobre este *input* del sistema hídrico que, por otro lado, podría tener aplicaciones de relevancia sobre todo en emplazamientos donde el agua puede ser escasa o de difícil acceso (ESTRELA *et al*, 2009).

La Comunidad Valenciana, localizada en la costa oriental de la Península Ibérica, se caracteriza por una orografía muy compleja, con estrechas llanuras costeras, especialmente en sus tramos norte y sur. La mayoría de este territorio termina en las llanuras costeras a partir de pronunciadas laderas, en algunos casos con una diferencia de más de 500 m de altitud. El pico más alto del interior es Peñagolosa con 1815 m de altitud, situado en la parte norte de la región de Valencia a 40 km de la costa. El segundo pico más alto (Aitana, 1558 m) está situado en la parte sur a sólo 15 km de la costa. Gran parte de esta región costera reúne la mayor parte de las consideraciones geográficas necesarias según SCHEMENAUER y CERECEDA (1994) para la aparición de la niebla. Tal como hemos señalado, se trata de un territorio con un relieve muy próximo al litoral (aproximadamente unos 10 km de la costa) y con altitudes superiores a los 500 m. En zonas de interior, las cadenas montañosas sobrepasan los 1000 m de altitud y en muchos casos hay diferencias de más de 300 m entre la base de los valles y las cumbres circundantes. Con estas diferencias en altitud, la captura de la niebla de advección se puede realizar a partir del uso de simples colectores pasivos. Se considera que en un emplazamiento montañoso la recolección de niebla que se produce en un dispositivo pasivo viene dada cuando la base de una nube choca con la superficie terrestre originándose una situación con niebla que puede venir acompañada o no de lluvia o llovizna. A esta particular situación se la suele llamar precipitación horizontal, es decir, la componente de la precipitación horizontalmente transportada por el viento junto al transporte horizontal de la niebla (VILLEGAS *et al.*, 2008).

En este trabajo presentamos los resultados de un estudio cuyo objetivo ha sido cuantificar y analizar la distribución espacial del agua de niebla para varios emplazamientos montañosos de la Comunidad Valenciana. Para ello se ha trabajado con colectores cilíndricos pasivos, que permiten una captura omnidireccional, es decir, que se mantienen independientes de la orientación y por ello tienen una exposición uniforme a los vientos en todas direcciones.

2. METODOLOGÍA

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, y con el objeto de cubrir el máximo territorio de la Comunidad Valenciana desde el Norte hasta el Sur y desde el litoral hasta el interior, se han seleccionado seis emplazamientos montañosos (ver fig. 1), que conforman 3 transectos, de distribución latitudinal (N-S), y con recorrido interior–costa:

- Transecto Norte: lo conforman en el litoral, el Pico Colomer, se trata de una cresta de largo recorrido, con una altitud de 736 m y a sólo 6 km de la costa; y en el interior, el Monte Penyaroya que se encuentra localizado a 50 km de la costa y a 1193 m snm, se trata de un sector montañoso con 400 m de desnivel con la cuenca alta del valle que desciende perpendicularmente a la costa.
- Transecto Central: lo conforman en el litoral, el Monte Moduver, con una forma casi piramidal posee una altitud de 843 m a sólo 7 km de la costa; y en el interior, el Monte Los Machos situado a unos 40 km de la línea de costa, a una altitud de 1025 m snm, es un emplazamiento que se eleva mediante una pronunciada pendiente unos 300 m sobre la base de un valle.
- Transecto Sur: lo conforman en el litoral, la Sierra de Bernia a tan sólo 4 km de la línea de costa y una altitud de 845 m corresponde a la cara Este de una pequeña cadena montañosa con fuertes pendientes; y en el interior, la Sierra de Mariola posee una altitud de 1250 m snm y una distancia con respecto a la costa de 40 km siendo prácticamente un precipicio que domina la parte sur de un extenso valle que conecta el interior con las zonas costeras.

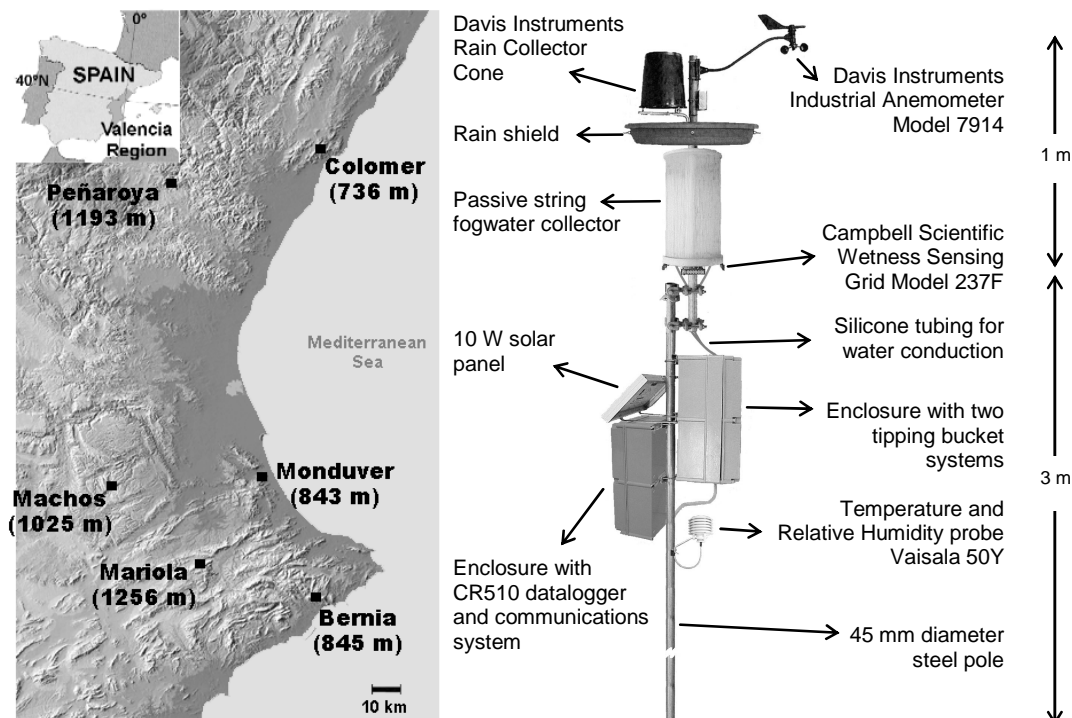


Fig. 1: Localización de las seis estaciones de montaña para la recolección pasiva de agua de niebla junto al sistema integrado de sensores empleado.

Se ha trabajado con un colector cilíndrico basado en el diseño de Falconer y Falconer (1980), y en particular sobre el ASRC (Ciencias de la Atmósfera del Centro de Investigación de la Universidad Estatal de Nueva York) (Fig. 1). Consiste en un cilindro de 26 cm de diámetro y 46 cm de altura, cuyas paredes están constituidas por cinco hileras concéntricas de hilo de nylon de 0,8 mm de grosor. En total se han dispuesto 1.000 hilos orientados verticalmente resultando en una superficie de recolección efectiva de 0,12 m². Como se trata de un colector cilíndrico la eficiencia de recolección no es dependiente de la dirección del viento. Para proteger al sistema de la lluvia se ha instalado una bandeja de polipropileno de aproximadamente 60 cm de diámetro en la parte superior del colector.

El proceso de recolección del agua de niebla es sencillo. Las gotas de agua que son transportadas por el viento son interceptadas por los hilos de nylon del colector pasivo, las cuales, tras acumularse y hacerse más grandes, resbalan por su propio peso hasta la base del mismo. El agua es canalizada primero gracias a la forma de embudo de la base y luego a través de unos conductos de silicona que la transportan hacia un pluviómetro de balancín. Este pluviómetro es capaz de medir el volumen de agua de modo incremental en intervalos de tiempo, el cual, al ser normalizado por la sección constante que presenta el colector en la dirección del viento, se transforma en recolección de agua de niebla en unidades de l/m². Para el mismo contenido de agua líquida (LWC) de la niebla o nube, la captación de agua se incrementa a mayor velocidad del viento. La captación de agua de niebla es pues una función combinada tanto de la velocidad del viento como del LWC, parámetros que presentan ambos una alta variabilidad incluso dentro de un mismo episodio de captación de niebla. No se ha efectuado ninguna discriminación en cuanto a valores de viento o densidad de niebla para la realización del estudio.

El colector cilíndrico se monta a 3 m de altura sobre un mástil de acero que es fijado fuertemente al terreno por medio de tensores. A este mástil se le añade de forma adicional la siguiente relación de instrumentos meteorológicos tanto por debajo como por encima del colector cilíndrico (Fig. 1): sensor de temperatura y humedad, anemómetro y veleta para dirección y velocidad del viento, pluviómetro, sensores de humectación y un sistema de adquisición de datos de funcionamiento autónomo y automático junto a un módem de comunicaciones GMS para la transmisión de los datos. Los datos se registran diezminutalmente y se envían a la estación central cada hora. El periodo que cubre el estudio corresponde al que va desde diciembre de 2008 hasta noviembre de 2009. Este periodo contiene una buena homogeneización de los datos pues todas las estaciones estuvieron operativas.

3. RESULTADOS

Los valores totales de recolección de niebla se han acumulado en los cuatro periodos estacionales del año: invierno, primavera, verano y otoño. En la figura 2 se representan por cada uno de los emplazamientos estos valores acumulados en la categoría denominada individual. Así mismo se representan los valores acumulados en otras tres categorías correspondientes con las afinidades que presentan cada uno de los emplazamientos según se les considere agrupados en los sectores norte, central o sur, en los grupos costero o interior, y todos los emplazamientos en conjunto. Los valores de agua de niebla acumulados en estas últimas tres categorías han sido calculados

atendiendo a la coincidencia temporal de recogida de agua de niebla en las seis horas previas; es decir, si en el sector considerado y dentro del periodo propuesto todos los emplazamientos registraron alguna cantidad de recolección de niebla, ésta se contabiliza y si no se descarta. Esto da como resultado la afinidad o el paralelismo entre emplazamientos cuando se los considera integrados en uno de los sectores propuestos.

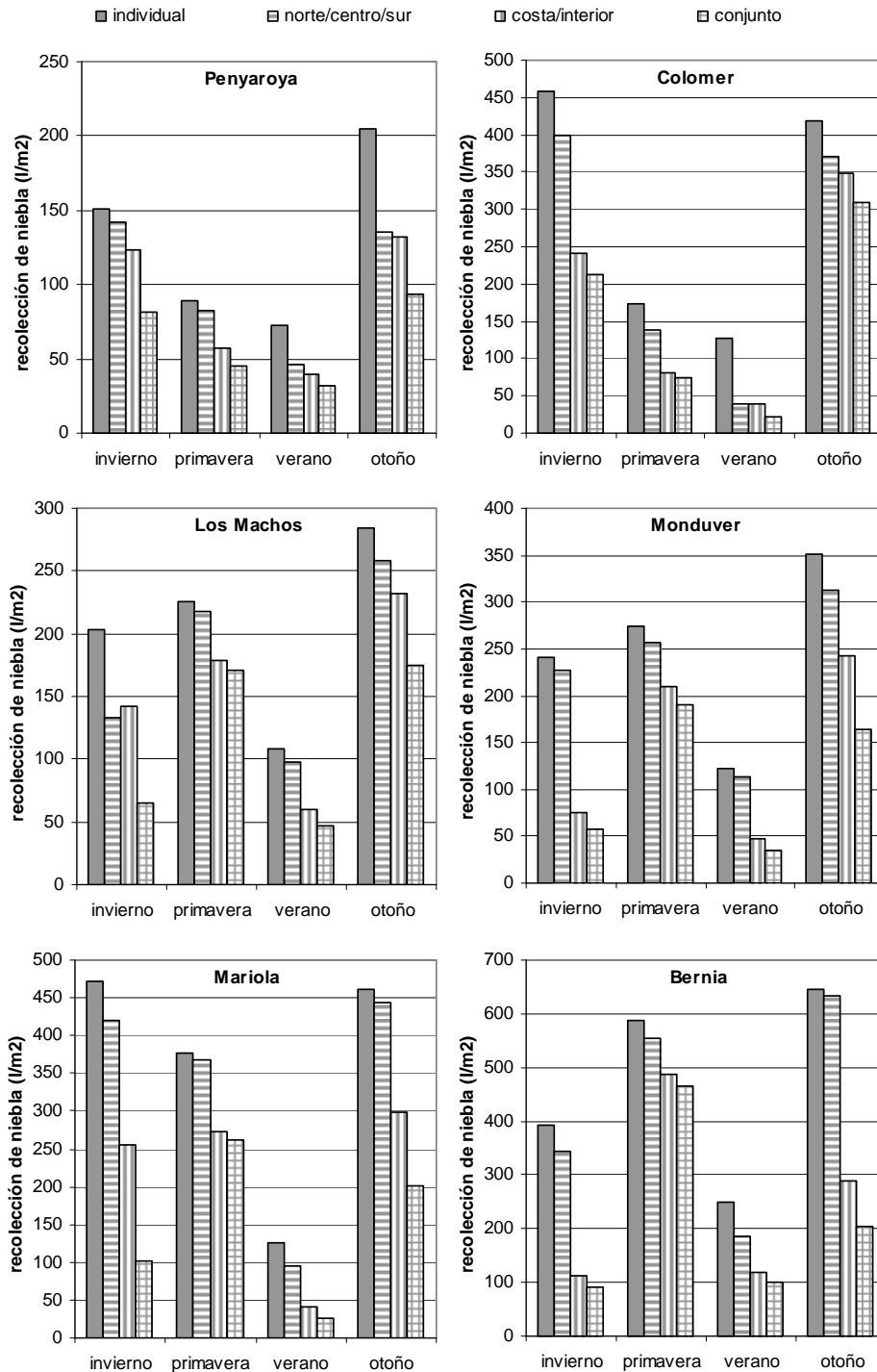


Fig. 2: Recolección de agua de niebla acumulada en valores estacionales para cada uno de los emplazamientos considerando el computo individualmente o dentro del sector correspondiente para destacar la afinidad entre los mismos.

Atendiendo al caso particular de Colomer por ejemplo, éste entra dentro del sector Norte junto a Penyaroya, pero dentro del sector costero junto a Monduver y Bernia. Penyaroya en cambio entra dentro del sector interior cuando se lo considera junto a Los Machos y Mariola. El resto de emplazamientos sigue un agrupamiento análogo. El caso del sector en conjunto, integra todos los emplazamientos, computando sólo aquellos eventos en los que en todos los emplazamientos hubo recogida de agua de niebla en las 6 horas previas.

El análisis de afinidades dentro de cada sector puede llevarse también al estudio de las rosas de viento que representan el patrón del comportamiento del viento en el momento de la recolección del agua de niebla. Así, en la figura 3 se representan las rosas de viento que resultan cuando son considerados únicamente los vientos que se dan en el momento de la recolección de niebla para cada uno de los emplazamientos.

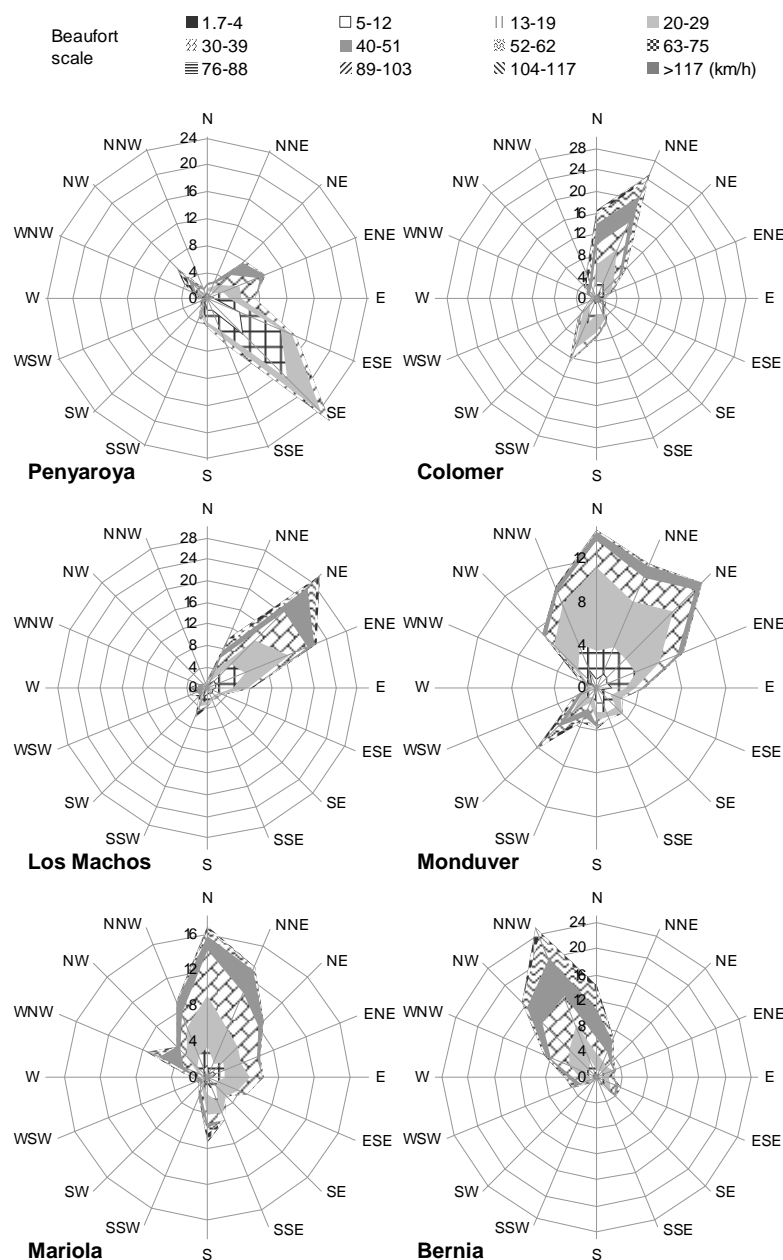


Fig. 3: Rosas de viento cuando existe recolección horaria de niebla individualmente en los seis emplazamientos.

Las divergencias encontradas entre emplazamientos para los vientos mayoritarios (caso de Penyaroya y Colomer) podrían explicarse atendiendo a sus particulares características orográficas. El pico de Colomer, por ejemplo, es la cumbre más septentrional de una sierra montañosa, mientras que el monte Penyaroya se halla en la cabecera de un valle de dirección SE hacia la costa. Cabe destacar que los patrones de viento en la agrupación latitudinal varían relativamente poco con respecto a los de la figura 3, donde no se considera ningún tipo de agrupamiento. Estos patrones de viento característicos están siendo estudiados por el equipo investigador en otras aportaciones científicas seleccionando por distintas condiciones atmosféricas (AZORÍN *et al*, 2010).

En la figura 5, las rosas de viento se construyen con los vientos de cada uno de los emplazamientos cuando se da una recolección horaria simultánea según el sector longitudinal en el que se encuentren, estos es: sector litoral y sector interior.

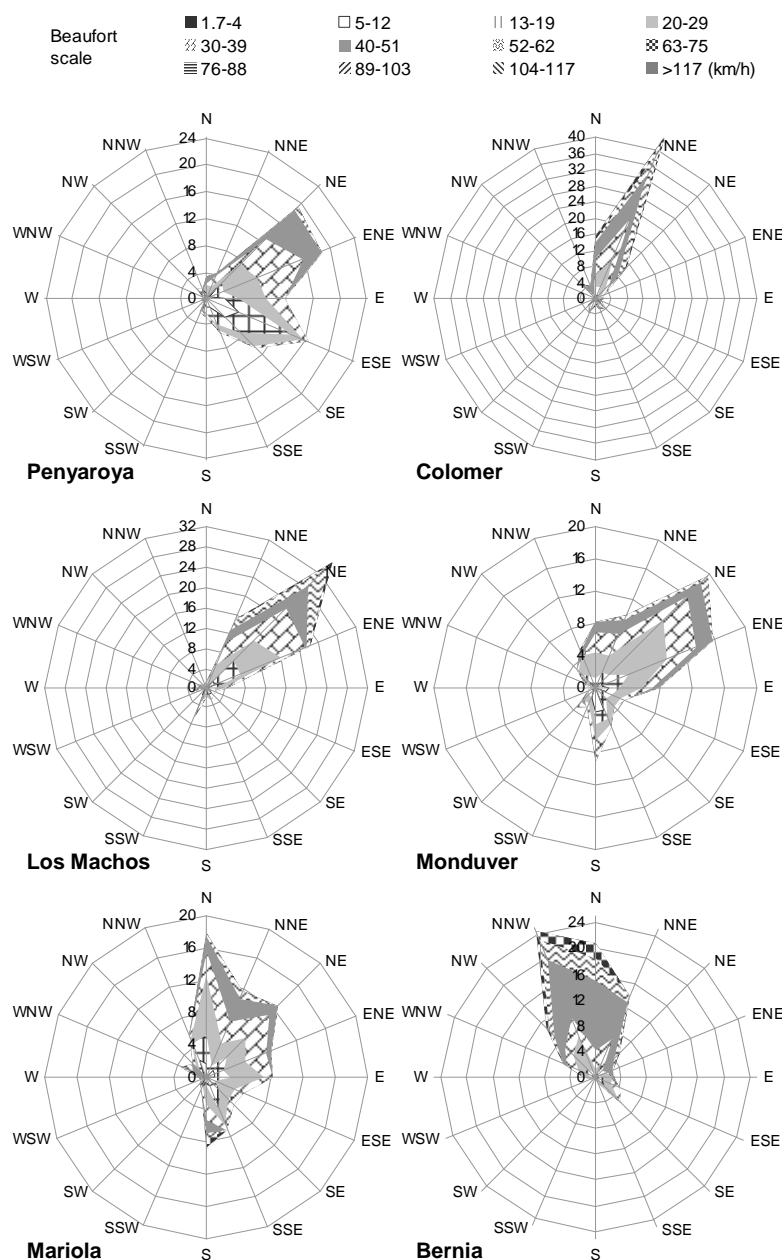


Fig. 5: Rosas de viento cuando existe recolección horaria simultánea de niebla por cada uno de los dos sectores litoral e interior.

Finalmente, en la figura 6, los patrones de viento se obtienen cuando la recolección horaria es simultánea en todos los emplazamientos.

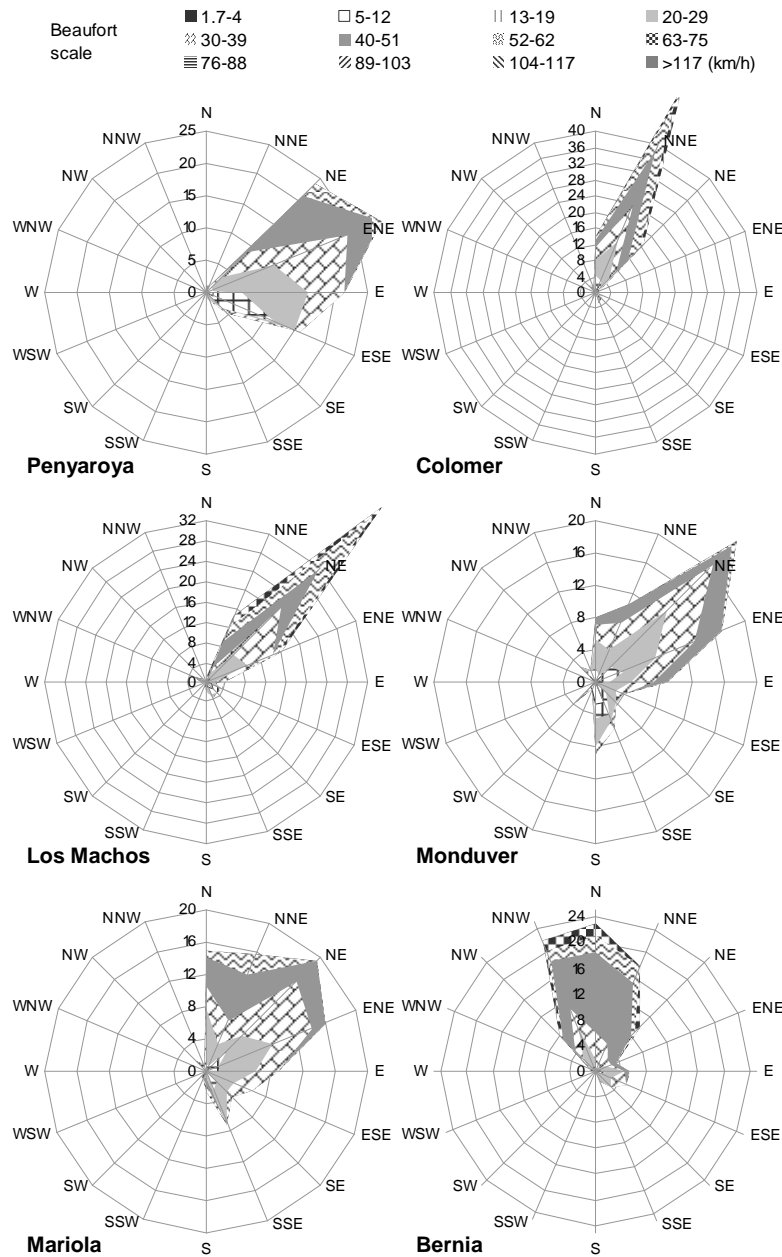


Fig. 6: Rosas de viento cuando existe recolección horaria simultánea de niebla en todos los emplazamientos.

4. CONCLUSIONES

Los volúmenes de recolección de agua de niebla son mayores para los emplazamientos litorales respecto a los emplazamientos del interior, excepto para el caso de Mariola con cuantías similares a los del litoral. La afinidad de cada emplazamiento dentro de los distintos sectores con los que se han analizado los datos, es manifiesta en el caso de los sectores latitudinales, también explicada por la mayor proximidad de las estaciones en estos sectores. La afinidad en cada uno de los sectores interior y litoral descende con respecto a la agrupación en sectores latitudinales, siendo obvio en invierno y en los emplazamientos del sur. Las condiciones locales para la recolección de niebla, cuando

se consideran individualmente, se aprecian sólo en verano en Colomer y en otoño en Penyaroya. Cuando se agrupan en conjunto, la afinidad desciende a la mitad.

Los patrones de viento cuando existe recolección de niebla individual y cuando existe recolección simultánea dentro de una misma hora con respecto a otros emplazamientos no varían notoriamente en cuanto a las direcciones de viento preferentes. Para un emplazamiento determinado, las direcciones de viento cuando existe recolección de niebla poseen normalmente unos rangos específicos, los cuales se estrechan o se modifican ligeramente cuando la recolección se presenta simultáneamente con respecto a otros emplazamientos. Las diferencias entre patrones de viento de distintos emplazamientos habría que explicarlas en función de las condiciones orográficas locales y de las diferencias de altitudes. No obstante, estos resultados se hallan en estudio actualmente por parte de los autores.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia (CGL2008-04550) y por el Programa CONSOLIDER-INGENIO 2010 (Proyecto GRACCIE, CSD2007-00067). La Fundación CEAM esta financiada por la Generalitat Valenciana.

6. BIBLIOGRAFÍA

- AZORIN, 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). Proc. Fifth Int. Conf. on Fog, Fog Collection and Dew. Münster, Germany, pp: 65-68.
- ESTRELA M.J., VALIENTE J.A., CORELL D., FUENTES, D. VALDECANTOS, A. (2009). Prospective use of collected fog water in the restoration of degraded burned areas under dry Mediterranean conditions. *Agricultural and Forest Meteorology* 149, 1896–1906.
- ESTRELA, M.J., VALIENTE, J.A., CORELL, D., MILLÁN, M.M. (2008). Fog collection in the western Mediterranean basin (Valencia region, Spain). *Atmospheric Research* 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. Geophys. Res.* 85, 7465-7470.
- MARZOL, M. V. (2005). La captación del agua de niebla en la isla de Tenerife. Publicación 333, investigación 61. Caja General de Ahorros de Canarias. Tenerife, Canarias, 220 pp.
- MILLÁN, M.M., ESTRELA, M.J., VALLEJO, R. (1998). Evaluation of the hydrological inputs in the Mediterranean basin. Proc. First Int. Conf. on Fog and Fog Collection. Vancouver, Canada, pp: 281-284.
- SCHEMENAUER, R.S., CERECEDA, P. (1994). Fog collection's role in water planning for developing countries. *Natural Resources Forum* 18(2), 91-100.
- VALIENTE, J.A., ESTRELA, M.J., CORELL, D. (2007). Fog Collection Network in the Valencia Region (Western Mediterranean Basin). Proc. Fourth Int Conf on Fog, Fog Collection and Dew. La Serena, Chile, pp: 399-402.
- VILLEGAS, J.C., TOBÓN, C., BRESHEARS, D.D. (2008), Fog interception by non-vascular epiphytes in tropical montane cloud forests: dependencies on gauge type and meteorological conditions. *Hydrological Processes* 22, 2484–2492.