

# CLIMOGRAMAS BIDIRECCIONALES (DIEZ MINUTOS-MES) COMO UNA HERRAMIENTA DE VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS CLIMÁTICO

Roberto HERNÁNDEZ<sup>1,2</sup>, Joseba EGAÑA<sup>1,2</sup>, Kepa OTXOA DE ALDA<sup>1,2</sup>, Santiago GAZTELUMENDI<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Agencia Vasca de Meteorología (EUSKALMET). Vitoria-Gasteiz

<sup>2</sup>TECNALIA, Meteo Unit. Vitoria-Gasteiz

[roberto.hernandez@tecnalia.com](mailto:roberto.hernandez@tecnalia.com)

## RESUMEN

Desde el año 2001 Euskalmet elabora un informe anual que resume lo ocurrido a nivel meteorológico en el País Vasco. Entre otros fines, trata de cubrir el interés y preocupación creciente de nuestra sociedad por los temas relacionados con el medio ambiente, en particular por aquellos que tienen que ver con el clima. Diez años más tarde hemos hecho hincapié en nuevas herramientas de visualización que tratan de sintetizar el clima del País Vasco en lo que va de siglo y resaltar los eventos extremos más significativos. En este sentido, el propósito de este trabajo es ilustrar el uso de “climogramas bidireccionales” (diez minutos-mes) como un medio de visualización de los datos de una estación meteorológica, en la creencia de que la representación visual es un medio eficiente a la hora de transmitir la información.

**Palabras clave:** Climograma, Calendario Meteorológico, Visualización, País Vasco.

## ABSTRACT

Since year 2001 Euskalmet publishes an annual summary that synthesizes the year's weather. Also, each month provides comprehensive analyses of Basque Country temperature and precipitation to place the current state of the regional climate into historical perspective. Ten years later, we have placed emphasis on new visualization tools that attempt to synthesize the climate of the Basque Country so far this century, and highlight the more significant extreme weather events. The purpose of the following is to illustrate the use of “two-way climograms” (ten minutes by month) as a means of visualizing single-station climate data, in the belief that visual depiction is a more efficient and effective means of conveying the information than, say, tabular summaries.

**Key words:** Climogram, Meteorological Calendar, Visualization, Basque Country.

## 1. INTRODUCCIÓN

A falta todavía de predicciones meteorológicas estacionales de razonable calidad, los datos climatológicos son uno de los puntos de partida de los estudios de planificación del territorio, del transporte, aviación y de la toma de decisiones de otras aplicaciones a medio y largo plazo. Es usual que los servicios meteorológicos ofrezcan dicha información en forma de listado o de tabla de valores, quedando a cuenta del usuario su tratamiento e interpretación. Así, no está demás que aquellos

respondan en la medida de lo posible a la demanda creciente de este tipo de información con productos orientados a facilitar su interpretación.

En este sentido, el propósito de este trabajo es ilustrar el uso de los “climogramas bidireccionales” como un medio de visualización de datos meteorológicos de superficie, en la creencia de que la representación visual es un medio eficiente a la hora de transmitir la información. En Fisk (2004) puede leerse una detallada exposición de este tipo de gráficos. Entre sus diferentes aplicaciones, Hansen et al. (2007) y Fisk (2010) exponen su interés en la aviación, a través de una serie de climogramas de aeropuertos de Norteamérica. Este mismo autor realiza igualmente un análisis de la variabilidad diurna y estacional del viento en el sur de California (Fisk, 2009).

Esta representación puede considerarse un tipo de calendario climático, al expresar en cada momento del año, con una determinada resolución temporal, las características de los elementos o variables climáticas (Martín Vide, 2003). Un rápido vistazo es suficiente para obtener una idea de los diferentes regímenes temporales, desde el ritmo diario al mensual o al estacional.

Por su fácil lectura, son además un buen soporte en educación. En definitiva, el propósito puede ser operativo o meramente descriptivo; en cualquier caso, la información muchas veces es transmitida más eficazmente de manera visual.

El formato gráfico admite variadas formas de presentación, como valores medios, frecuencias, anomalías, probabilidades, índices, etc. Permite también combinar distintas variables en la misma plantilla, utilizando para ello diferentes elementos de representación, tales como imágenes, con su paleta de color asociada, contornos, con distintos tipos de línea, o símbolos.

## 2. DATOS

Los datos empleados han sido observados por estaciones meteorológicas automáticas (EMA) pertenecientes a la Dirección de Emergencias y Meteorología del Gobierno Vasco. En la actualidad gestiona cerca de 90 EMAs de tipo meteorológico, de aforo y de calidad de las aguas. Éstas envían en tiempo real y almacenan en sus meteoformas observaciones hidrometeorológicas con una frecuencia temporal de diez minutos. Se trata, en definitiva, de una red de alta densidad, que puede entenderse como una mesored, esto es, un sistema diseñado para medir elementos meteorológicos a un tamaño y duración de los fenómenos de mesoescala.

Los registros utilizados completan el periodo 2001-2010, el primer decenio del siglo XXI. Evidentemente, la longitud de las series no es lo suficientemente larga como para sacar conclusiones definitivas de carácter climatológico, pero es una primera aproximación. Hemos trabajado con variables meteorológicas de carácter continuo: temperatura del aire, humedad relativa del aire, viento (módulo y dirección) y presión atmosférica.

Se han seleccionado dos estaciones, representativas de sendas zonas del País Vasco con características climáticas bien distintas. Por una parte, la estación de Arkaute, próxima a la ciudad de Vitoria-Gasteiz; por otra, la de Zarautz, ubicada en el litoral guipuzcoano. Hay que matizar que los datos de presión pertenecen a la estación de Gasteiz, situada en la propia ciudad.

Uno de los handicaps de la elaboración de estos gráficos es la necesidad de contar con datos validados. Hay que tener en cuenta que la mesored del País Vasco registra más de 130000 observaciones diariamente de sus EMAs y, como toda red de medida de carácter medioambiental, no están exentos de errores. La detección de los mismos recae necesariamente en programas informáticos semiautomáticos de control de calidad. A pesar de los esfuerzos realizados en este campo, la

supervisión de un experto es todavía necesaria (Hernández, 2011). En concreto, para la realización del presente trabajo se ha hecho un exhaustivo análisis visual de las series.

### 3. CREACIÓN DE LOS GRÁFICOS

En esta técnica de representación los meses del año comprenden el eje *y*, mientras que en el eje *x* aparece la serie diaria, con una resolución de diez minutos. Sobre la malla se visualiza la imagen aplicando un esquema de color. A su vez, sobre la imagen pueden representarse otras variables en forma de curvas de contorno, símbolos, etc. También los instantes de salida y puesta del Sol (orto y ocaso), calculados a partir de conocidas fórmulas de geometría solar (ej. Anuario del Observatorio Astronómico, IGN).

Debido a que tan sólo se han empleado 10 años de datos las imágenes se muestran en general demasiado “pixeladas”. Con objeto de facilitar la interpretación y mejorar el resultado visual se ha procedido a suavizar algunas de ellas, aplicando un filtro de paso bajo, sin llegar a perder los detalles presentes en la serie de datos. Tampoco nos hemos detenido demasiado en este punto. Por pruebas de ensayo y error hemos encontrado adecuado una ventana de suavizado de 3\*3 celdas. Hay que tener esto presente para no interpretar los valores como absolutos.

Una interesante extensión de este tipo de calendarios climáticos es la creación de gráficos temporales, bien en el eje *x* (diez minutos) o el eje *y* (meses).

### 4. ANÁLISIS DE CLIMOGRAMAS

Como se ha indicado anteriormente, hemos seleccionado dos estaciones, una ubicada en la costa guipuzcoana, junto a la localidad de Zarautz, otra el interior de la CAPV, concretamente en la Llanada Alavesa, próxima a la ciudad de Vitoria-Gasteiz. Se trata por tanto de estaciones representativas de dos ámbitos bien distintos. La primera está muy condicionada por su cercanía al mar Cantábrico. La segunda por su ubicación en la vertiente meridional de la divisoria principal de aguas, en un corredor de dirección E-W rodeado de montañas. Fruto de su altitud media, por encima de 500 m, se produce un descenso térmico, presentándose rasgos de continentalidad en este aspecto, acompañado del fenómeno de inversión térmica. Además, las influencias mediterráneas de la Depresión Ibérica empiezan a adquirir aquí mayor importancia (Ruiz, E., 1982). Ambas estaciones comparten un clima templado, Zarautz sin estación seca y con verano templado; Arkaute, en cambio, se acerca a un clima con verano seco y templado.

#### 4.1. Temperatura y humedad relativa del aire

Como es lógico, la variación diurna de la temperatura del aire está influenciada por los procesos radiativos y el ciclo de insolación. Es un hecho que queda más patente en Arkaute que en Zarautz.

Las características térmicas de Zarautz presentan una gran polarización hacia días cálidos (15-25°C), seguidos de lejos por los días templados (10-15°C). Las jornadas frías (5-10°C) y las muy frías ( $\leq 5^\circ\text{C}$ ) tienen una escasa representación. Conviene matizar, no obstante, que a pesar de los factores de oceanidad que caracterizan a Zarautz, no es ajena a las entradas de aire frío continental. De hecho, es conocida la menor oceanidad del litoral de Gipuzkoa, respecto al Cantábrico más occidental. Arkaute presenta una distribución más equilibrada de los días, aunque predominan los días cálidos y los templados (Fig. 1). Debido a su continentalidad el número de días con tiempo frío asciende en

relación a la costa, y también lo hace el de los muy cálidos. La imagen resultante de restar la matriz de datos de Arkaute y la de Zarautz muestra con claridad lo comentado anteriormente (Fig. 2).

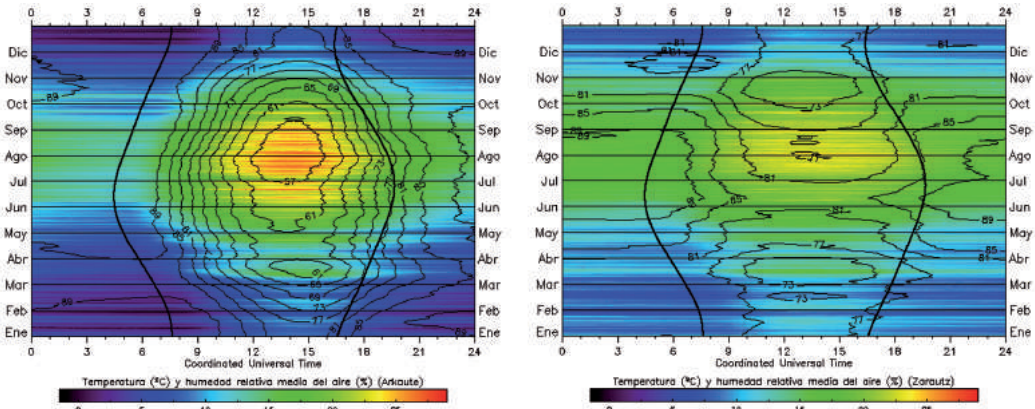


FIG. 1: *Temperatura (color) y humedad relativa del aire (líneas de contorno) en Arkaute (izq.) y en Zarautz (dcha.)*

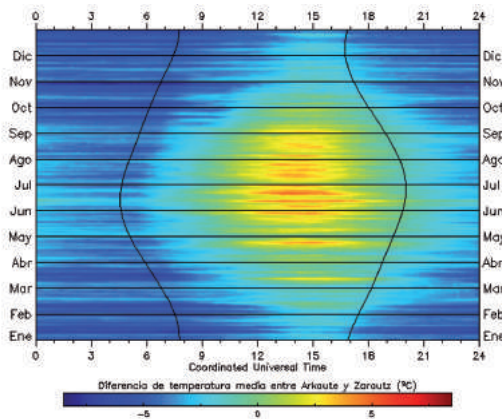


FIG. 2: *Diferencia de temperatura media entre Arkaute y Zarautz (ventana: 3\*3)*

### 4.2. El viento

En cuanto al viento, los más intensos tienen lugar fundamentalmente en la época fría del año, predominando sobre todo la componente sur. Como es sabido, en esta época del año el vórtice circumpolar circula habitualmente por latitudes relativamente bajas, entre 30-40°N, de manera que nos vemos muy afectados por la circulación de depresiones atlánticas. Aunque menos habitual, la ciclogénesis explosiva de ciclones extratropicales que cruzan el golfo de Bizkaia es la responsable de rachas extremas en los últimos años. Por mencionar algunas: el 24 de enero de 2009 Klaus provoca rachas de 153.5 km/h en Zarautz y una máxima en la mesored de 203.6 km/h en Cerroja; el 27 de febrero de 2010 Xynthia deja 126.3 km/h en Zarautz y una máxima de 228 km/h en Orduña.

En los equinoccios la ondulación del dicho vórtice hace que se alternen los flujos del sur con los del norte. Así se observa en los climogramas de Zarautz para el mes de septiembre, mientras que en la primavera se retrasa al mes de abril.

Los más encalmados suceden en la época cálida y presentan una mayor variabilidad. Ahora bien, dentro de este periodo del año, las rachas más altas son del noroeste. En la costa, además, se observa que el ritmo diario está dominado por el régimen de brisas.

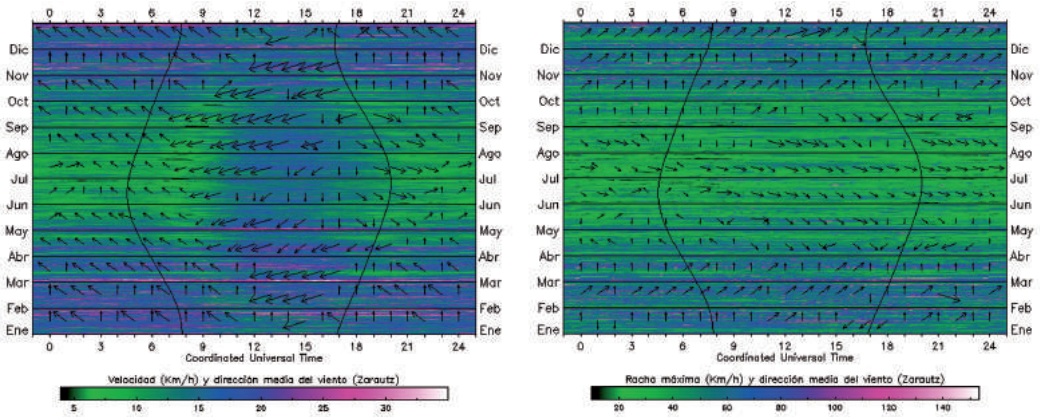


Fig. 3: *Velocidad y dirección media del viento en Zarautz (izq.); racha máxima y dirección media de las rachas máximas en Zarautz (dcha.)*

### 4.3. La presión atmosférica

Las posibles diferencias barométricas en el plano horizontal apenas se dejan sentir en nuestro limitado territorio. Por este motivo tan sólo hemos incluido en este apartado los datos de la estación de Gasteiz.

En nuestra región dominan las altas presiones. Son especialmente notorias durante las semanas centrales del invierno. Sólo la primavera se muestra claramente ciclónica. En otoño hay una cierta equiparación entre días anticiclónicos, ciclónicos e intercyclónicos. Este último es más propio de la época cálida del año. Es entonces cuando se hace más patente el ciclo diario de presión, con unos mínimos en torno a las 4 y a las 16 horas, especialmente el de la tarde, asociado a la formación de la baja peninsular. Como es sabido, la alternancia del día y de la noche, con sus procesos de calentamiento y de enfriamiento, da lugar a estas variaciones regulares de la presión atmosférica o marea barométrica (Fig. 4).

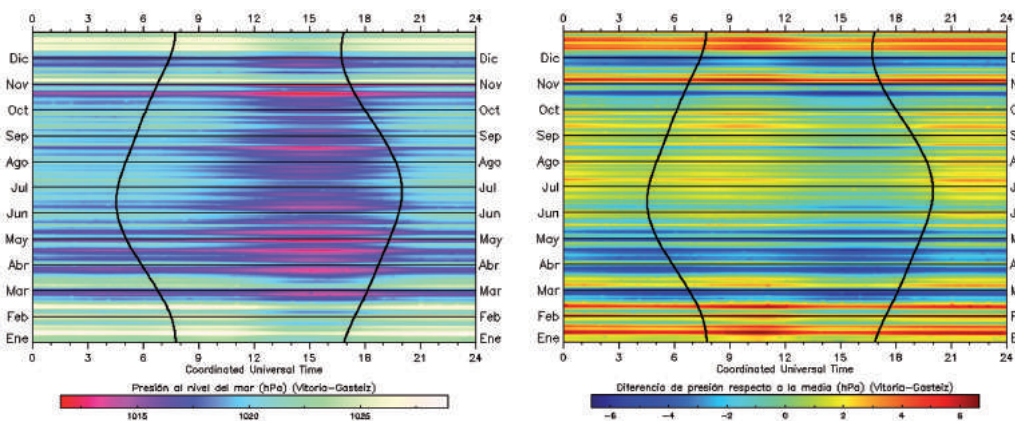


Fig. 4: *Presión atmosférica reducida al nivel del mar en Vitoria-Gasteiz (izq.) y diferencia de presión respecto a la media en Vitoria-Gasteiz (dcha.) (ventana: 3\*3)*

#### 4.4. Tendencias

Los climogramas de tendencias revelan el comportamiento de los cambios temporales de las diferentes variables meteorológicas. Estos cambios son responsables de importantes anisotropías espaciales, que deben conocerse para multitud de tareas, desde la elaboración del pronóstico meteorológico, a la representación cartográfica, o la depuración de datos. En relación a este último aspecto, conocer cuál es la distribución de frecuencias de los cambios temporales (por ej.: primeras o segundas diferencias diezminutarias, semihorarias, horarias, etc.) permite aplicar los chequeos de coherencia temporal.

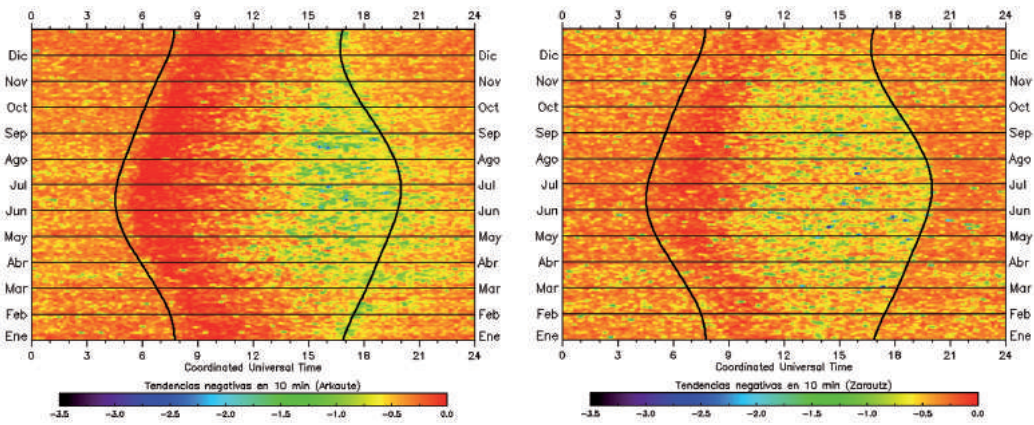


FIG. 5: Tendencias negativas en 10 minutos en Arkaute (izq.) y en Zarautz (dcha.) (ventana: 3\*3)

Detrás de buena parte de los cambios repentinos del tiempo en el País Vasco se encuentra uno de los fenómenos meteorológicos más particulares de la costa cantábrica, la galerna. Ocurre, sobre todo, durante la tarde o de noche temprano, con la primavera bien avanzada y durante el verano. Al paso de una galerna la temperatura del aire llega a descender más de 10°C en diez minutos y el viento cambia súbitamente, frecuentemente de sur a norte, con rachas muy fuertes, por encima de 70 km/h. La presión atmosférica aumenta 1-2 mb en los casos más suaves, hasta más de 5 mb en los casos más fuertes. Por otra parte, las condiciones del mar empeoran y también aumenta la humedad. De carácter mesoescalar, la galerna puede estar asociada o no a un paso frontal. Este segundo supuesto da lugar a la “galerna típica” (Aresti, 2001), en la que el flujo del norte es altamente ageostrófico y limitado a la zona costera. Como puede observarse en la figura 5, los descensos bruscos de temperatura son más habituales en la costa que en el interior.

#### 4.5. Anomalías

A lo largo de estos diez últimos años se han experimentado llamativas anomalías climáticas, registrándose nuevos extremos en las series. Así, en los diferentes informes meteorológicos, de carácter mensual, estacional o anual, aparecen con facilidad calificaciones de extremadamente húmedo/seco, cálido/frío, etc. Se trata de algo, por otra parte, muy del gusto de los medios de comunicación; sin embargo, la probabilidad de que así sea es muy alta (Martín Vide, 2003). Entre ellas, recordamos aquí la anomalía del 2003, año en el que se produjo la conocida ola de calor entre el 2-13 de agosto. Como se observa en la figura 6 fue más intensa en el interior que en la costa. Con

todo, esta última zona no se libró de temperaturas excepcionales, por encima de 40°C los días 4 y 8. En Zarautz llama también la atención el periodo frío de finales de octubre, por la advección del noreste de una persistente depresión centrada en el sur de Europa.

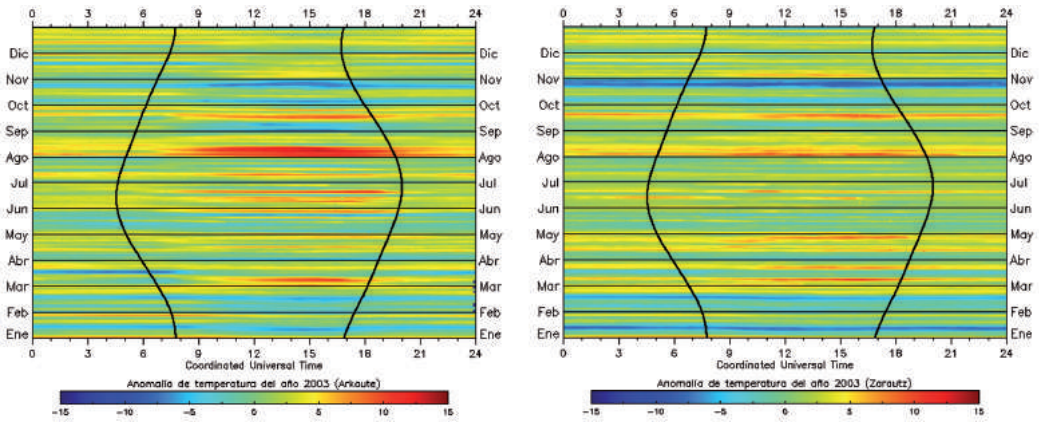


FIG. 6: Anomalia de temperatura del año 2003 respecto a la media (2001-2010) en Arkaute (izq.) y Zarautz (dcha.) (ventana: 3\*3)

## 5. CONCLUSIONES

El propósito del trabajo ha sido presentar el uso de los climogramas bidireccionales (diez minutos – hora) como una herramienta de visualización de datos meteorológicos. Por tanto, nos hemos centrado más en ella que en realizar un profundo análisis del clima de las estaciones seleccionadas.

La flexibilidad de este formato gráfico permite diferentes presentaciones muy atractivas y de fácil lectura.

Hemos tratado variables continuas y nos queda pendiente el trabajo con la precipitación. Además, el estudio debe extenderse a más estaciones representativas de otras zonas climáticas del País Vasco.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dirección de Emergencias y Meteorología -Departamento de Interior del Gobierno Vasco- la provisión pública de datos y el soporte financiero del servicio operacional. Agradecemos también a nuestros colegas de Euskalmet por su esfuerzo diario en la promoción de servicios valiosos para el País Vasco.

## REFERENCIAS

- Aresti, E. (2001). *Estudio de la galerna típica del Cantábrico*. INM.
- Fisk, C.J. (2004). “Two-way (Hour-Month) time section plots as a tool for climatological visualization and summarization”. 14<sup>th</sup> Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, 11-15 January 2004, Seattle.
- Fisk, C.J. (2010). “Hour-By-Month” climograms as a planning, decision-aid, and educational tool in the visualization, summarization, and interpretation of visibility and ceilings’ data”. 14th Symposium on Integrated Observing and Assimilation Systems for the Atmosphere, Oceans, and Land Surface (IOAS-AOLS), 17-21 January 2010, Atlanta.
- Fisk, C.J. (2009). “Diurnal and seasonal wind variability for selected stations in Central and Northern California climate regions”, 21st Conference on Climate Variability and Change, 11-15 January 2009, Phoenix.

- Hansen, B.; Gultepe, I.; King, P.; Toth, G.; Mooney, C. (2007). "Visualization of seasonal-diurnal climatology of visibility in fog and precipitation at Canadian airports". 16<sup>th</sup> Conference on Applied Climatology, 87<sup>th</sup> Annual Meeting of the American Meteorological Society, San Antonio, Texas, 14-18 January 2007.
- Hernández, R.; Maruri, M.; Otxoa de Alda, K.; Egaña, J.; Gaztelumendi, S.(2011). "Quality control procedures at Euskalmet data center". *Advances in Science and Research*, Special Issue EMS 2011. Aceptado para publicación.
- Martín Vide, J. (2003). *El tiempo y el clima*. Rubes, 127 p.
- Ruiz Urrestarazu, E. (1982). *La transición climática del Cantábrico oriental al valle medio del Ebro*. Tesis Doctoral. Dip. Foral de Álava, 650 p.