

## CALENTAMIENTO GLOBAL Y CALENTAMIENTO LOCAL

Los meses de verano son en nuestras latitudes un tiempo caluroso, en ocasiones de calor intenso, agobiante, con temperaturas diurnas tórridas y noches en las que apenas refresca.

Esto es variable, según los años, pero se tiene la percepción de que una de las consecuencias del cambio climático es que actualmente, en los veranos hace más calor que "antes" y que, además, los calores veraniegos se anticipan al verano astronómico y las temperaturas cálidas se prolongan hasta entrado el otoño.

Fácilmente generalizamos y se oyen comentarios del estilo de: *¡nunca habíamos pasado tanto calor!*. Todo entra en la lógica del calentamiento global.

La verdad es que el calentamiento global es una realidad conceptual y en la vida ordinaria, el ciudadano de a pie lo que experimenta es la percepción más o menos subjetiva del posible calentamiento local del lugar donde vive. Sin embargo, hay medios sencillos para cuantificarlo y decir con una base numérica consistente donde hace más calor o no, y en que cuantía.

Cuando en términos coloquiales hablamos de que hace más o menos calor, estamos integrando de modo subjetivo los tres factores que más influyen en la sensación de bienestar: la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del aire. Evidentemente también juega un papel fundamental la intensidad de la radiación solar pero esta es constante en cada momento del año y no hay demostración de que sea causa del calentamiento global.

Una simplificación admisible es fijarnos únicamente en la temperatura del aire. Es la variable meteorológica que más se maneja y más fácil de medir por cualquier persona en su propia casa.

Actualmente, como es bien sabido, hay numerosos registros que se toman en la amplia red de estaciones meteorológicas que hay en todos los países. En España, para realizar sus mediciones, la Agencia Española de Meteorología (AEMET) cuenta con datos de 291 estaciones repartidas por todo el territorio. El número es variable. Así, en la provincia de Asturias hay 13 estaciones, en Alava 3, en Barcelona 7, en Huesca 5, en Soria 1, en Zaragoza 6, etc. Siempre se procura que la situación de las estaciones refleje una información extrapolable a zonas amplias del territorio circundante o bien aporte datos característicos de ubicaciones singulares.

Algunas de estas estaciones son de instalación reciente, pero hay muchas que registran datos desde hace muchos años. Por otra parte AEMET ha realizado un gran esfuerzo de ordenación y generación de bases de datos. Actualmente, muchos se procesan directamente de modo telemático, pero hasta hace no muchos decenios la recogida de información se realizaba manualmente y de muchas estaciones se puede disponer de información fiable desde 1943, es decir de los últimos 77 años.

Existen también mediciones anteriores de procedencias diversas pues desde la invención del termómetro, en particular del termómetro de mercurio en 1714 por Daniel

Gabriel Fahrenheit, siempre ha habido personas interesadas por llevar a nivel local un cuidadoso registro de las temperaturas.

## HACER HABLAR A LOS NUMEROS

Lo más elemental es fijarnos en las temperaturas diarias máxima, mínima y media y observar su evolución a lo largo del periodo de tiempo que se desee. Aparte del interés de los datos históricos puntuales, reviste mucha más importancia la posibilidad de establecer tendencias para poder hablar de cambios climáticos. De hecho, la **Organización Meteorológica Mundial** establece que el clima es un promedio del tiempo atmosférico a lo largo de un periodo dado, que ha estandarizado en **30 años**.

Disponer de datos diarios de más de 70 años permite calcular la media móvil a partir del año 31 y observar una tendencia, al menos incipiente a lo largo de 40 años. Mucho más fiable sería disponer de datos de al menos 150 años, pero esto no es posible más que de algunos lugares aislados.

## LOS GRADOS DÍA

Además de los valores de las temperaturas existen un parámetro interesante que, en cierta forma, nos permiten cuantificar la "*cantidad*" de calor. Es el denominado **grados-día** o **grados-hora**. Este parámetro permite valorar el hecho de que no solo tiene importancia el valor de las temperaturas máximas o mínimas alcanzadas, sino el número de horas en las que se mantienen esos niveles térmicos. Es muy distinto que en una localidad, la temperatura máxima de 35°C se mantenga durante dos horas que durante ocho horas.

Este parámetro se introduce por la utilidad que tiene para calcular las prestaciones requeridas a los equipos de climatización, según la climatología del lugar. De hecho, existen, para esta finalidad tablas de valores de grados día estimados para cualquier localidad.

Sin embargo, más allá de esta utilidad, también se puede utilizar este parámetro para hacer un cálculo numérico del calentamiento global de una localidad, basándose en la secuencia de valores registrados en una estación meteorológica cuya situación será representativa de un entorno amplio.

Básicamente los grados-día es una métrica que nos indica cuantos grados (°C o °F) y durante cuanto tiempo (normalmente en días) ha estado la temperatura exterior por debajo o por encima de cierto valor (temperatura base). Así, por ejemplo, en un caso hipotético, si durante todo el día la temperatura exterior es de 20 °C y nuestra temperatura base para grados-día es de 18 °C, resultará que ese día tuvo 2 grados-día de refrigeración.

## USO DE LOS GRADOS DÍA

Los grados-día, como hemos dicho, se aplican principalmente al dimensionamiento de los equipos de climatización y a la comparación de consumos de energía de instalaciones situadas en lugares geográficos diversos.

Con los grados días se puede obtener un modelo del consumo de nuestra instalación, sobre todo en casos donde influya mucho la temperatura exterior, como oficinas, tiendas, hospitales, centros comerciales, etc. Con esos modelos podemos estimar los consumos energéticos que podemos tener con las previsiones de grados-día futuros. Y también estimar los potenciales ahorros si mejoramos la gestión energética de la instalación.

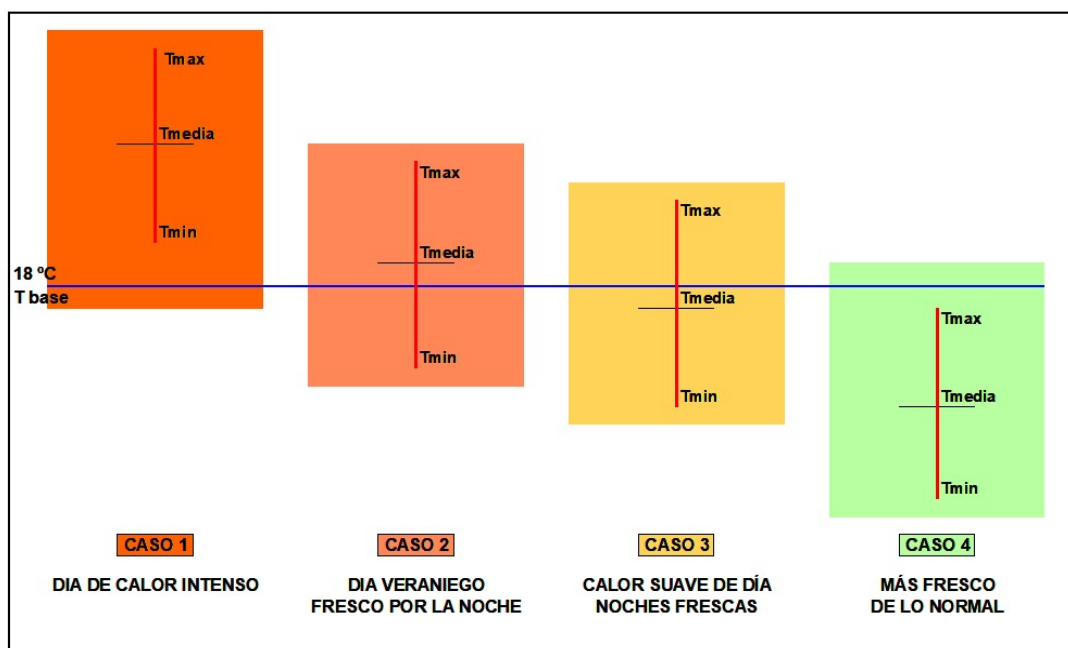
## TIPOS DE GRADOS DÍA

Básicamente los tipos de grado día más utilizados son los **grados-día de calefacción** (HDD – Heating Degree Days) y **grados-día de refrigeración** (CDD – Cooling Degree Days). En este artículo utilizaremos las siglas en español: **GDR**: grados día de refrigeración.

A efectos de considerar los grados-día como parámetro indicador del calentamiento, nos vamos a referir a los grados-día de refrigeración (GDR), es decir vamos a valorar los días o las horas en que la temperatura queda por encima de la temperatura base. Es decir se sobrepasa la temperatura a partir de la cual se, si fuese posible, se recurriría a equipos de refrigeración para mantener el confort dentro del edificio.

La temperatura base que utilizamos para el calculo de los GDR es 18 °C. Aunque podemos utilizar otras temperaturas, normalmente existen en cada país unos valores recomendados.

En el esquema siguiente se presentan cuatro casos en que se pueden agrupar los días, según hayan sido los valores alcanzados por las temperaturas máxima, mínima y media:



El **caso 1** representa un día de calor intenso. La temperatura mínima del día ha estado por encima de la temperatura base.

En el **caso 2**, la temperatura mínima ha estado por debajo de la temperatura base, pero la temperatura media del día se ha mantenido por encima.

El **caso 3**, representa un día más suave pues tanto la temperatura mínima como la temperatura media han estado por debajo de la temperatura base.

El **caso 4**, por último, es el de un día fresco de verano, en el que tanto la temperatura máxima como la media y la mínima han estado por debajo de la temperatura base.

### CALCULO DE LOS GRADOS DÍA

Para cada uno de los casos mencionados se calculan los GDR utilizando formulas sencillas. Entre las diversas fórmulas que se emplean para el cálculo de los GDR es frecuente utilizar las propuestas por la **UK Met Office** (Oficina de Meteorología del Reino Unido). Para el caso de los GDR son las siguientes:

CASO 1	$T_{\min} > T_{\text{base}}$	$\text{GDR} = (T_{\max} + T_{\min})/2 - T_{\text{base}}$
CASO 2	$T_{\min} \leq T_{\text{base}}$	$\text{GDR} = (T_{\max} - T_{\text{base}}) / 4$
CASO 3	$(T_{\max} + T_{\min}) / 2 < T_{\text{base}}$	$\text{GDR} = (T_{\max} - T_{\text{base}})/2 - (T_{\text{base}} - T_{\min})/4$
CASO 4	$T_{\max} < T_{\text{base}}$	<b>GRADOS DIA = 0</b>

Como es obvio, las variables que intervienen en las ecuaciones son las siguientes:

- $T_{\max}$  temperatura máxima diaria
- $T_{\min}$  temperatura mínima diaria
- $T_{\text{base}}$  temperatura base. En este caso se toma 20° C
- GDR grados día de refrigeración

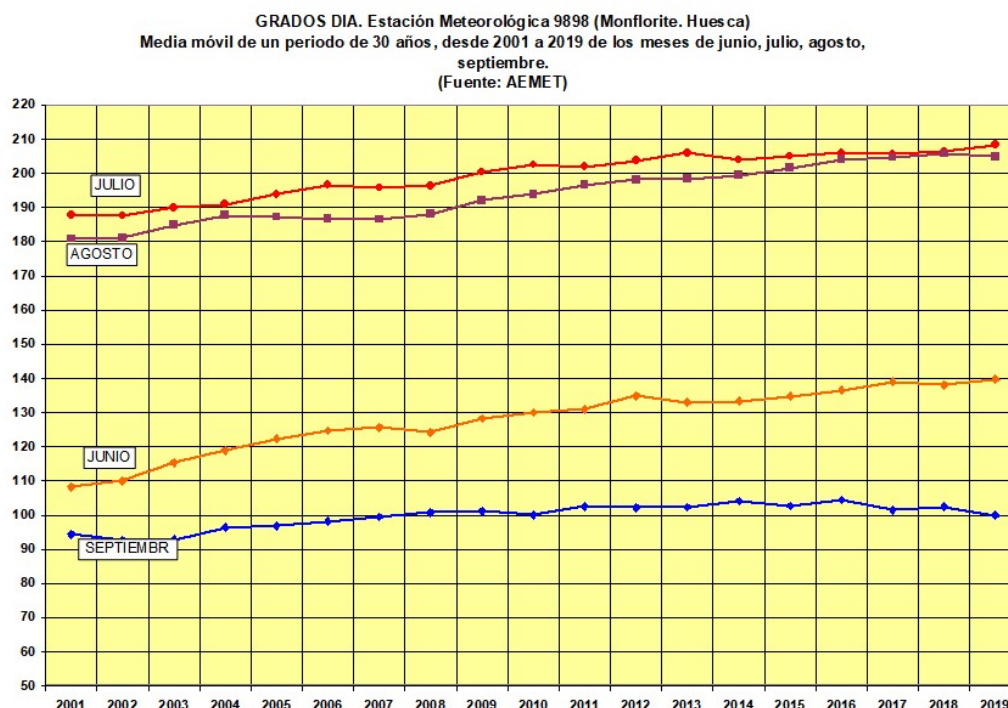
### APLICACIÓN PRÁCTICA A LO DATOS METEOROLÓGICOS

Aplicando la herramienta de los GDR de refrigeración, se ha realizado el calculo de los GDR para los datos de AEMET referidos a la estación meteorológica siguiente:

**Estación nº:** 9898 8094  
**Emplazamiento:** Huesca aeropuerto (Monflorite)  
**Coordenadas:** 420504N - 001932W  
**Altura:** 546 m

Se han tomado los datos de temperatura máxima y mínima diaria para los meses de junio, julio, agosto y septiembre que incluyen todo el verano. Se han calculado los GDR de cada día aplicando las fórmulas mencionadas anteriormente. Se ha obtenido por tanto el valor de esta magnitud para 122 días. Esta operación se ha realizado con los datos de AEMET de los últimos 49 años. De este modo se ha podido calcular la media móvil para un periodo de 30 años, durante los últimos 19 años: **desde 2001 hasta 2019**. En breve se añadirá el cálculo a 20 años más, con lo que se dispondrá del **análisis de la tendencia** durante 50 años. No obstante, los resultados obtenidos hasta ahora son suficientemente representativos y de indudable interés van más allá de lo ocasional.

En la grafica siguiente se muestra la evolución de los GDR para cada uno de los meses considerados.



Como se puede observar, la variación de esta media móvil permite establecer con claridad cual ha sido la tendencia en los 19 años considerados, ya que está soportada por los datos de 30 años, periodo que la Organización Meteorológica Mundial establece para hacer una interpretación del clima como promedio del tiempo atmosférico a lo largo de un periodo estandarizado.

Hay conclusiones que son evidentes:

- a) el mes más caluroso siempre es julio que ha pasado de un valor de GDR de 187 en 2001 hasta 208 en 2019. Agosto tiene valores algo inferiores.
- b) el mes de junio es el tercero en sensación de calor. Con la particularidad de que en los 19 años considerados, el aumento de calor ha sido mucho más acusado pues se ha pasado de un valor de GDR de 108 hasta 140 en 2019.
- c) el mes de septiembre es lógicamente el menos caluroso y aunque mantiene una tendencia al alza, es muy leve: GDR de 94 en 2001 a 99 en 2019.

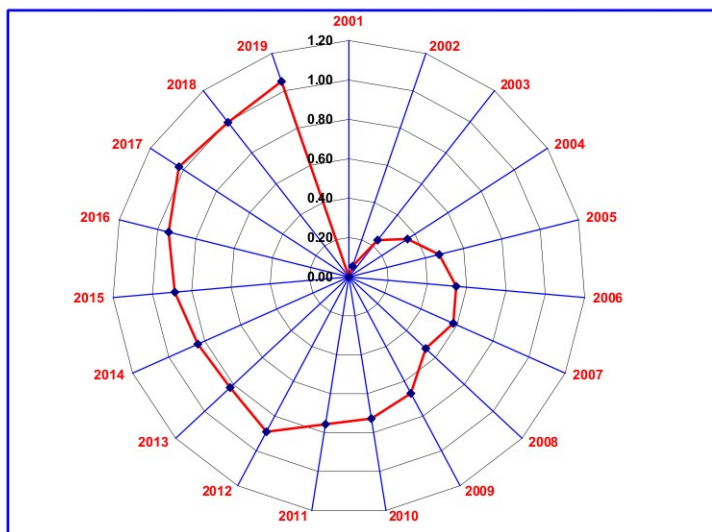
En cualquier caso, en los cuatro meses considerados la tendencia de los GDR ha sido creciente en los últimos 19 años. Si que puede decirse para este periodo que "cada vez hace un poco más de calor" en el verano.

## VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA LOCAL

Una vez establecida la variación de los GDR, puede fácilmente establecerse para cada mes cual ha sido el aumento de la temperatura media. Se ha mantenido el calculo separado para cada uno de los 4 meses considerados, pues cada mes resulta bien caracterizado para que cualquier persona contraste los datos con su experiencia personal. Hacer un promedio conjunto de los cuatro meses, aportaría un resultado menos comprensible.

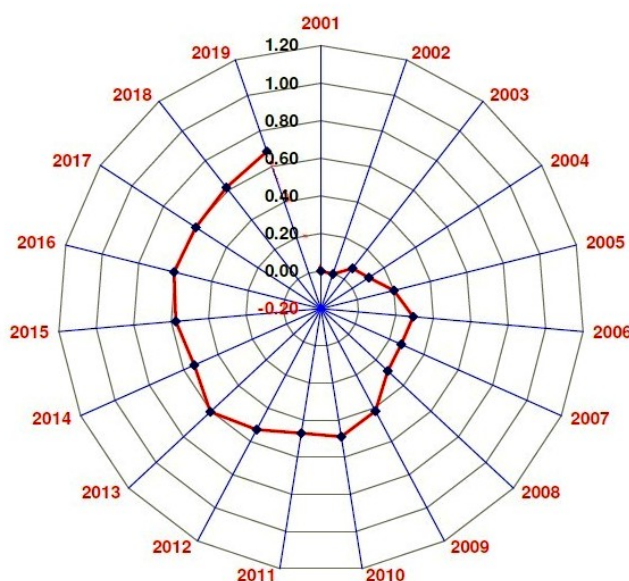
A continuación se presentan las curvas de variación de temperatura en la presentación que nos ha parecido más clara que es en un gráfico circular. Según sea mayor o menor el aumento en °C de la temperatura media la curva se parece más a una espiral o a un círculo.

El primer gráfico es el de la variación en junio. La curva tiende a la apertura en espiral pues el aumento de la temperatura media del mes a lo largo del periodo de 19 años ha sido de 1,05 °C.



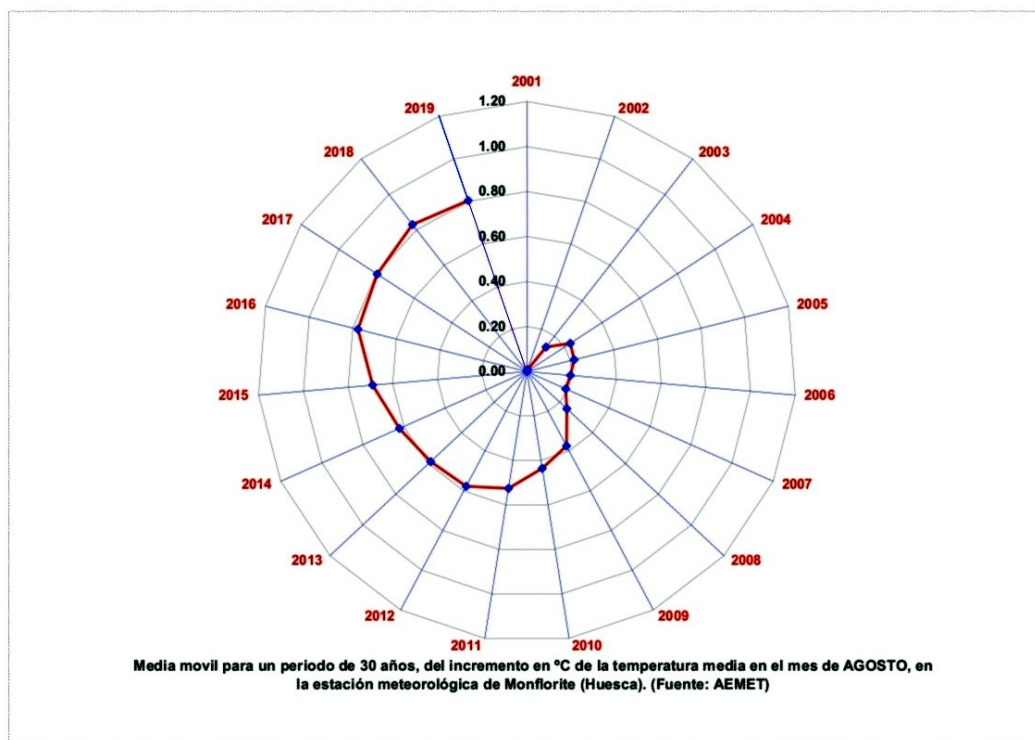
Media móvil para un periodo de 30 años, del incremento en °C de la temperatura media en el mes de JUNIO en la estación meteorológica de Monflorite (Huesca). (Fuente: AEMET)

La variación en el mes de julio también tiende a la forma de espiral, aunque más cerrada pues el aumento de la temperatura media del mes a lo largo del periodo de 19 años ha sido de 0,68 °C. Menor que en junio

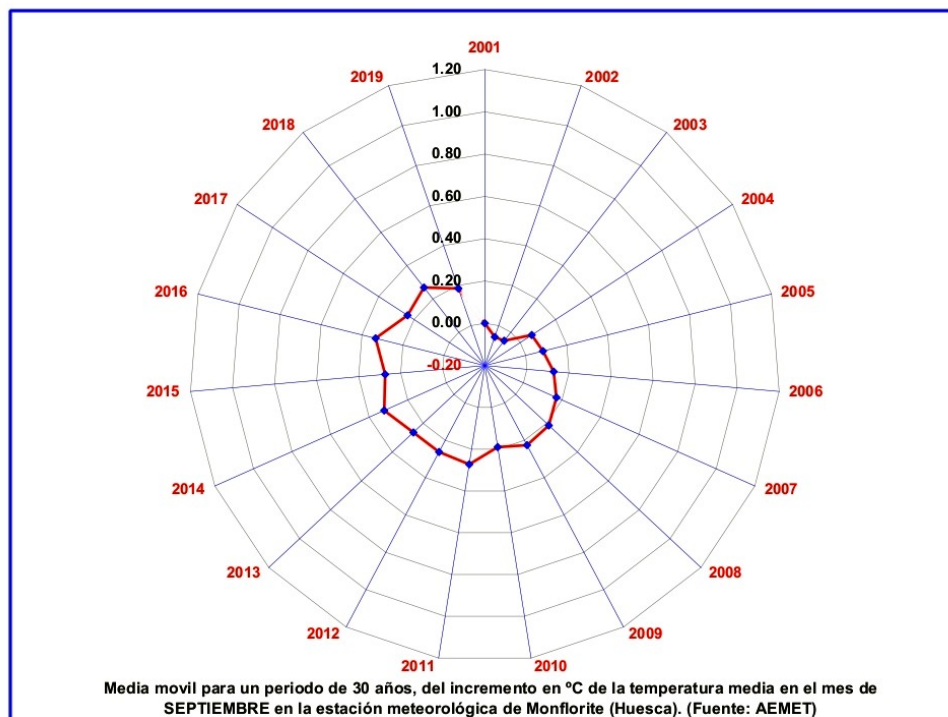


Media móvil para un periodo de 30 años del incremento, en °C de la temperatura media en el mes de JULIO en la estación meteorológica de Monflorite (Huesca). (Fuente: AEMET)





La variación en el mes de agosto también tiende a la forma de espiral, aunque un poco más abierta pues el aumento de la temperatura media del mes a lo largo del periodo de 19 años ha sido de 0,80 °C. Menor también que en junio.



Finalmente la variación en el mes de septiembre apenas tiende a la forma de espiral, pues el aumento de la temperatura media del mes a lo largo del periodo de 19 años ha sido muy pequeña: 0,19 °C.

## CONCLUSIONES

A la vista de los resultados expuestos, se puede concluir que ciertamente, a nivel local, con los datos de un observatorio meteorológico situado en un punto geográfico significativo, se puede hablar de una tendencia sostenida de aumento de la temperatura en Monflorite.

También se concluye que los datos deben diferenciarse para hacerlos comprensibles y que cualquier persona pueda ponerlos en relación con su experiencia inmediata. Compartir conceptos no experimentables es difícil. Por eso el calentamiento global no resulta fácilmente comprensible. Y si no se comprende, difícilmente se podrá compartir. Sin embargo, hablar por ej. del aumento de la temperatura en junio, en un lugar concreto, y ofrecer un procedimiento sencillo de comprobación permite que se comprenda y comparta fácilmente la conclusión a la que se ha llegado.

Es un procedimiento de divulgación que podría extenderse a un número apreciable de localizaciones pues el número de estaciones meteorológicas es elevado. Quizá lo haya pero no tengo constancia de que exista un trabajo de estas características. Las bases de datos y los medios de AEMET y otras agencias permitirían realizarlo con facilidad.

Jaime Monserrat  
Ingeniero Industrial  
AGRUPACIÓN ECOLOGISTA GREVOL  
El Grado, 30 de junio de 2020