

## ALCANCE TERRITORIAL DE UN NUEVO METODO PREDICTOR DE DESCENSOS TERMICOS

por E.L. García Díez, C. Tomás Sánchez y J. Garmendia Iraundegui  
Departamento de Física de la Tierra y el Cosmos  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Salamanca

### RESUMEN

Analizamos en este trabajo el alcance territorial del método de predicción cuantitativa de descensos de temperaturas mínimas propuesto por García Díez y Garmendia.

El método es aplicable a los descensos de temperatura mínima que tienen lugar cuando irrumpe, de forma rápida, una masa de aire frío.

Como índice evaluador y predictor se usa el Potencial de Montgomery en el nivel de 500 hPa y se presentan ecuaciones de predicción para observatorios situados hasta 200 km de la Estación de Radiosondeos de Madrid-Barajas.

### Introducción

La evolución de las temperaturas a lo largo del año es, sin duda, de importancia capital para el desarrollo de la vida sobre la tierra. Una perturbación en dicha evolución puede originar cuantiosos trastornos, de variada índole, pudiéndose decir que se trata de una perturbación en la propia vida y actividad del hombre, así como del ecosistema del que forma parte. Es de todos conocida la diversi-

dad de problemas que se crean (comunicaciones, agricultura, salud pública, etc.) cuando, sobre una zona, tiene lugar un periodo frío. Aparecen especiales preocupaciones cuando dicho periodo frío se hace acompañar de temporales de agua y/o nieve.

Si hablamos de descensos térmicos y de su predicción, especial importancia tiene la predicción de temperaturas mínimas. Este problema es uno de los más complejos de la

Meteorología, especialmente si la predicción es a medio plazo (dos o tres días). Dicha complejidad se pone de manifiesto al advertir la influencia que sobre dicho parámetro ejercen factores como la nubosidad, orografía, tipo de suelo, etc.

El problema de esta predicción puede ser analizado en dos contextos bien diferenciados. Por un lado, están aquellos descensos de temperatura mínima que acontecen sobre una estación sin que la masa atmosférica sobre ella haya sufrido variaciones apreciables en sus características. Aparecen, por tanto, como la resultante de la interacción suelo-masa de aire, y dependerán, cuantitativamente hablando, de parámetros del suelo (estado del suelo, composición, poder radiativo, etc.) y de la masa de aire (nubosidad, velocidad del viento, etc.).

Por otro lado, están aquellos descensos de temperatura mínima que tienen lugar en una estación cuando la masa de aire ha variado fuertemente sus características; en concreto, cuando ha irrumpido, de forma rápida, una masa de aire frío. Aparecen por tanto estos descensos, como resultantes de ciertas perturbaciones a mayor escala que, como veremos, se hacen notar antes en niveles superiores de la atmósfera.

Mientras el primer tipo ha sido, a nuestro juicio, suficientemente estudiado en la bibliografía (1927) (1972) (1976), los incluidos en el segundo tipo, sólo han sido estudiados por G. Díez y Garmendia (1982) lo suficiente como para aportar ecuaciones cuantitativas de predicción.

En este trabajo, vamos a establecer ciertas precisiones en lo que al alcance territorial de dicho método se refiere.

### Método de predicción

Muy abreviadamente vamos a exponer el método de predicción propuesto por G. Díez y Garmendia.

Como se sabe, el Potencial de Montgomery (1937) viene dado por:

$$M = c_p T + g Z \quad \text{donde } c_p = 1.012 \text{ J/kg K} \\ g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

de tal forma que conociendo  $T$  y  $Z$ , por medio de radiosondeos, el Potencial de Montgomery puede ser evaluado en cualquier nivel. El método considera el nivel de 500 hPa a las 00,00 T.M.G. como nivel de evaluación del Potencial de Montgomery ( $M_{500}$ ), eligiendo como referencia la estación de radiosondeos de Madrid-Barajas.

Aunque a lo largo del año  $M_{500}$  varía en forma de campana, con el máximo en agosto y el mínimo en febrero, la evolución día a día es muy pequeña, pudiéndose pensar que  $M_{500}$  "tiende" a un valor constante.

Sin entrar en aspectos más teóricos acerca del significado físico de  $M$  que ya han sido expuestos en la Bibliografía, podemos decir que  $M$  expresa la energía por unidad de masa despreciando efectos cinéticos y de cambio de estado.

La aparente constancia de  $M_{500}$  a las 00,00 T.M.G., se rompe en ocasiones produciéndose dos, tres, etc. descensos consecutivos de  $M_{500}$  que en el modelo se denominan bidescensos, tridescensos, etc. Los autores fijan su atención en las situaciones de descenso de  $M_{500}$  durante tres días consecutivos (tridescensos), y entre éstos, seleccionan aquellos en los que  $M_{500}$  ha descendido en los tres días 6.000 J/kg o más.

Bajo el punto de vista cualitativo, observan que las temperaturas mínimas registradas en la Oficina Meteorológica de Matacán (Salamanca) presentan un descenso el día cuarto o quinto (30 ó 50 horas aproximadamente después de verificado el tridescenso) con unas frecuencias porcentuales del 54 y 34 por ciento respectivamente. Es decir, los tridescensos de  $M_{500}$  implican descensos posteriores de  $T_{min}$ .

Desde el punto de vista cuantitativo, los autores presentan la ecuación:

$$\delta T_{min} = 0,23 (\delta M_{500}) + 1,10$$

donde  $\delta M_{500}$  figura en unidades kJ/kg.

A continuación vamos a hacer matizaciones sobre el alcance territorial del método.

### Validez Territorial

Nuestro interés se centra, en saber hasta qué distancia con respecto a la estación de radiosondeos de Madrid-Barajas (evaluación de  $M_{500}$ ) pueden servir ecuaciones de predicción cuantitativa como la propuesta por los autores. Dicho en otras palabras, hasta qué distancia nos pueden servir los tridescensos de  $M_{500}$ , como índice predictor de descensos de temperatura mínima.

En primer lugar, hemos procedido al establecimiento de una red de estudio que comprende observatorios situados a distancias no superiores a 100 km. Dicha red ha sido denominada cinturón C-100, y los observatorios estudiados han sido:

Retiro  
Guadalajara  
Toledo  
Avila  
Segovia

Posteriormente hemos ampliado la red de estudio a observatorios situados a distancias entre 100 y 200 km de la estación de radiosondeos. Esta red, denominada cinturón C-200, comprende los siguientes observatorios:

Palencia  
Soria  
Villanubla (Valladolid)  
Matacán (Salamanca)  
Las Terceras (Ciudad Real)  
Zamora

Los resultados obtenidos los detallamos a continuación.

### 1 Cinturón C-100

Hemos elegido como periodo de estudio, el comprendido entre 1955 y 1980.

Bajo el punto de vista cualitativo, se ha realizado para cada observatorio una valoración porcentual de los descensos de  $M_{500}$  (tridescensos) como predictores de descensos de temperaturas mínimas. Los resultados obtenidos figuran en la Tabla 1.

Observatorio	Indice de error	Indice de acierto
RETIRO	12,3 %	87,7 %
GUADALAJARA	13,6 %	86,4 %
TOLEDO	11,4 %	88,6 %
AVILA	17,1 %	82,9 %
SEGOVIA	16,4 %	83,3 %

TABLA 1  
Porcentajes de error obtenidos al usar los descensos de  $M_{500}$  como predictores de descensos de  $T_{min}$ . Observatorios incluidos en el C-100.

Por ejemplo, en el Observatorio de Guadalajara, los tridescensos de  $M_{500}$  preceden a los descensos de temperatura mínima posteriores en un 86,4 por ciento.

Bajo el punto de vista cuantitativo, la ecuación propuesta para cada observatorio, resulta:

Observatorio	Ecuación
RETIRO	$\delta T_{\min} = 0,066 (\delta M_{500}) + 1,66$
GUADALAJARA	$\delta T_{\min} = 0,105 (\delta M_{500}) + 1,55$
TOLEDO	$\delta T_{\min} = 0,149 (\delta M_{500}) + 1,06$
AVILA	$\delta T_{\min} = 1,136 (\delta M_{500}) + 1,50$
SEGOVIA	$\delta T_{\min} = 0,117 (\delta M_{500}) + 1,64$

TABLA 2

Ecuaciones obtenidas para la predicción de descensos de  $T_{\min}$  a partir de descensos de  $M_{500}$  (kJ/kg). Observatorios incluidos en el C-100.

## 2 Cinturón C-200

Bajo el punto de vista cualitativo, los resultados obtenidos figuran en la Tabla 3.

Observatorio	Índice de error	Índice de acierto
PALENCIA	13,8 %	86,2 %
SORIA	16,5 %	83,5 %
VILLANUBLA	17,0 %	83,0 %
MATACAN	16,1 %	83,9 %
LAS TERCERAS	13,2 %	86,8 %
ZAMORA	21,2 %	78,8 %

TABLA 3

Porcentajes de error obtenidos al usar los descensos de  $M_{500}$  como predictores de descensos de  $T_{\min}$ . Observatorios incluidos en el C-200.

Bajo el punto de vista cuantitativo, las ecuaciones propuestas figuran en la Tabla 4.

Observatorio	Ecuación
PALENCIA	$\delta T_{\min} = 0,144 (\delta M_{500}) + 1,27$
SORIA	$\delta T_{\min} = 0,157 (\delta M_{500}) + 1,26$
VILLANUBLA	$\delta T_{\min} = 0,205 (\delta M_{500}) + 1,09$
MATACAN	$\delta T_{\min} = 0,150 (\delta M_{500}) + 1,37$
LAS TERCERAS	$\delta T_{\min} = 0,253 (\delta M_{500}) + 0,94$
ZAMORA	$\delta T_{\min} = 0,200 (\delta M_{500}) + 0,97$

TABLA 4

Ecuaciones obtenidas para la predicción de descensos de  $T_{\min}$  a partir de descensos de  $M_{500}$  (kJ/kg). Observatorios incluidos en el C-200.

## 3 Valoración de los resultados

Al igual que otros autores, establecemos como índices de calidad los porcentajes de error  $e$  menor o igual que  $1^\circ$  C y menor o igual que  $2^\circ$  C, definiéndose el error

$$e = \left| \delta T_{\min} \text{ calculado} - \delta T_{\min} \text{ observado} \right|$$

En la Tabla 5 presentamos dicha valoración para cada Observatorio.

Observatorio	$e \leq 1^\circ\text{C}$	$e \leq 2^\circ\text{C}$
RETIRO	70,4 %	96,9 %
GUADALAJARA	59,0 %	94,8 %
TOLEDO	67,8 %	97,2 %
AVILA	58,8 %	92,1 %
SEGOVIA	66,0 %	91,7 %
PALENCIA	58,3 %	90,0 %
SORIA	70,6 %	96,2 %
VILLANUBLA	61,7 %	87,6 %
MATACAN	67,8 %	93,4 %
LAS TERCERAS	47,3 %	81,8 %
ZAMORA	60,8 %	91,5 %

TABLA 5

Índices de error cuantitativo. Observatorios C-100 y C-200.

## Conclusiones

- 1.- El método de predicción de descensos de  $T_{\min}$  basado en los descensos previos de  $M_{500}$  en Madrid-Barajas ha sido aplicado a once observatorios.
- 2.- Cinco de estos observatorios se encuentran situados a distancias inferiores a 100 km de la Estación de Radiosondeos.
- 3.- Los otros seis observatorios están situados a distancias comprendidas entre 100 y 200 km de la Estación de Radiosondeos.
- 4.- En todo caso los resultados obtenidos, tanto cualitativa como cuantitativamente, son, a nuestro juicio, satisfactorios.
- 5.- La fórmula general comprobada para la predicción de descensos de  $T_{\min}$  sigue siendo la forma lineal:

$$\delta T_{min} = a \delta M_{500} + b$$

en la que  $a$  ( $^{\circ}\text{C kg/kJ}$ ) es una constante que expresa la capacidad de la atmósfera para transmitir la perturbación en cada lugar; y  $b$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) otra constante que depende de la interacción suelo-atmósfera.

- 6.- Después de este análisis, nos hallamos en condiciones de afirmar que el método de predicción es aplicable a observatorios situados a distancias del orden de 200 km tomados a partir de la Estación de Radiosondeos de Madrid-Barajas.

#### Agradecimientos

*Manifestamos nuestro agradecimiento a los Jefes de los Centros Meteorológicos Zonales del Duero, Tajo y Guadiana, Sres. D. Braulio Robles Covo, D. José M. Jiménez de la Cuadra y D. Rafael Azcárraga Servet, así como a D. Manuel Gutiérrez Suárez, Jefe de la Estación de Radiosondeos de Madrid-Barajas y a D. Antonio Labajo Salazar, por la ayuda prestada en la recopilación de datos.*

*Queremos resaltar, asimismo, la colaboración recibida de los Meteorólogos D. Pablo Laporte Sáenz y D. José Luis Labajo Salazar, así como de los restantes funcionarios de la Oficina Meteorológica de Matacán (Salamanca).*

#### BIBLIOGRAFIA

- FARIÑA, F. *Predicción de temperaturas mínimas en Madrid*. Anales de la Sociedad Española de Meteorología, pp. 13 Madrid (1927).
- SANCHEZ, J.F. et al. *Uso de oscilación térmica para predecir temperaturas mínimas*. Rev. Geo. Vol. XXXIV núm. 3 y 4 pp. 247-258. Madrid (1976).
- HERNANDEZ, E. y GARMENDIA, J. *Predicción de temperaturas mínimas nocturnas en noches despejadas y en calma*. Rev. Geo. Vol. XXXII núm. 1-4 pp. 255-271. Madrid (1972).
- GARCIA DIEZ, E. *El potencial de Montgomery como índice predictor de descensos de temperatura*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Salamanca. Ref. T-C-298. Salamanca (1982).
- MONTGOMERY, R. B. *A suggested method for representing gradient flow in isentropic surfaces*. Bull. Amer. Met. Soc. Vol. 18 pp. 210-212. Boston (1937).
- TOMAS SANCHEZ, C. *Precisiones sobre un nuevo método predictor de descensos térmicos*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Salamanca. REF. T-C 330. Salamanca (1983).

#### DATOS RECOGIDOS DE:

- Oficina Meteorológica de Matacán (Salamanca).
- Centro Meteorológico Zonal del Duero.
- Centro Meteorológico Zonal del Tajo.
- Centro Meteorológico Zonal del Guadiana.
- Estación de Radiosondeos de Madrid-Barajas.