

ESTIMACION DE LA TEMPERATURA MAXIMA MEDIANTE UNA ECUACION DE REGRESION

Franciso Avila Rivas.
Ayudante de Meteorología.

RESUMEN

Se utiliza el método de regresión lineal múltiple (para el cálculo del hiperplano de regresión) de la temperatura máxima diaria, sobre otras 5 variables meteorológicas, de los veranos del período 1981/84.

Se pretende estimar la temperatura máxima diaria en los 3 meses de verano, a partir de dicha ecuación. Se prueba la bondad del ajuste aplicándolo al verano del año 1985.

Se muestra, además de la correlación múltiple, las correlaciones simples con cada una de las variables relacionadas.

1. Introducción

Dadas las altas temperaturas que se alcanzan en Córdoba en la época estival y sus molestas y, a veces, perjudiciales consecuencias, se hace necesario una cada vez mayor precisión en los pronósticos locales, sobre todo en lo que respecta al valor más probable que la temperatura máxima puede alcanzar.

Las aplicaciones de tal previsión de temperatura máxima se vislumbran al instante interesantes:

- Agricultura: cálculo de las pérdidas de agua por evapotranspiración. Regulación de la ventilación y humedad de los invernaderos. Control del riego. Información al Servicio contra Plagas. Incendios forestales. Protección Civil, etc.

- Turismo: los empresarios de hostelería comprueban cómo se relacionan sus ingresos con el “buen tiempo”, terrazas de verano de bares, etc. Las empresas cerveceras de nuestra capital siguen día a día dicha evolución de temperatura máxima, pues de ello depende estrechamente el consumo de sus productos y por tanto su ritmo de producción.
- Transportes: dado que aún existen tramos de líneas ferreas en las que la catenaria no está compensada, la dilatación de ésta (función directa de la temperatura ambiente) puede ser excesiva, obligando a dar instrucciones a los trenes para que reduzcan su velocidad y con ello el ímpetu del golpe del pantógrafo con el abombamiento de la catenaria, evitando así su rotura. Para prevenir esto, un empleado de Renfe llama todos los días al Observatorio solicitando la previsión de temperatura máx. para dicho día. En aeronáutica, la carga máxima de las aeronaves depende de la densidad (temperatura) del aire.

En el presente trabajo se aplican varias técnicas estadísticas para encontrar una ecuación algebraica que nos permita predecir la temperatura máx. que hará un determinado día, a partir de otras 5 variables meteorológicas, que son conocidas antes de la 09,00 (hora solar) de dicho día.

Para que el método resulte operativo debe basarse en no demasiadas variables, con objeto de evitar fórmulas muy extensas, ni con coeficientes u operaciones complicadas. Con ello el pre-

dictor gana tiempo al podérsele encomendar al observador de servicio, el cual con una simple calculadora puede obtener la temperatura estimada.

Por ello se han evitado algunas variables que, aunque poco, podían mejorar el modelo. Asimismo se han considerado solamente regresiones lineales, a pesar de que, en ocasiones, ajustes a curvas logarítmicas, potencial, exponencial o polinómica mejoraban algo más la correlación, pero complicando demasiado la ecuación final.

2. Datos utilizados

Se han utilizado las siguientes variables meteorológicas: (todas las horas están expresas en TMG).

- y) Temperatura máx. del día D, expresada en grados centígrados y décimas.
- x₁) Temperatura del termómetro seco correspondiente al parte sinop de las 09,00 horas, expresada en grados centígrados y décimas.
- x₂) Temperatura máx. del día D-1 (anterior a la fecha), expresadas en las mismas unidades.
- x₃) Temperatura del aire al nivel de 500 mb, viene expresada en valor absoluto y en grados centígrados enteros. Se refiere lógicamente, a la vertical del Observatorio.

Los datos se han obtenido, por interpolación, de la topografía de 500 mb para las 12,00 del día D, que aparece en el "Boletín Meteorológico Diario" que publica diariamente el INM.

- x₄) Nubosidad total a las 09,00 horas, expresadas en octas de cielo cubierto de nubes.
- x₅) Recorrido del viento, sacado de la lectura climatológica, a las 07,00, del anemómetro de recorrido; por tanto corresponde al período 07 del día anterior a 07 del día D. Viene expresada en kilómetros.

Todos los datos se han sacado del Observatorio Meteorológico Especial de Córdoba, situado

a 92 metros de altitud; 37° 15' de latitud N y 4° 48' de longitud W.

La base empírica a la que se le ha aplicado la regresión múltiple, para hallar la ecuación de regresión, está constituida por los años 1984, 1983, 1982 y 1981, en este orden.

Se ha considerado cada uno de los 3 meses de verano: junio, julio y agosto separadamente.

Para comprobar la bondad y validez del ajuste, se ha procedido a su aplicación a un mes de "prueba", que corresponde al año 1985, el cual, lógicamente, no formaba parte de la base empírica analizada.

Otras variables ensayadas

En un principio se trajeron otras variables, pero su bajo coeficiente de correlación desaconsejaron su inclusión para no alargar la fórmula final a cambio de un poco de más precisión.

Entre las que se probaron están:

Temperatura del punto de rocío a las 07 (y a las 09).

Temperatura virtual a las 07 (y a las 09).

Temperatura mínima en la garita.

Temperatura mínima junto al suelo.

Evaporación durante las 24 horas precedentes. Lectura de las 07 del evaporímetro Piché y del tanque evaporimétrico tipo A.

Humedad relativa a las 07 (y a las 09).

Humedad absoluta a las 07 (y a las 09).

Tensión de vapor a las 07 (y a las 09).

Visibilidad a las 07 (y a las 09).

Medios utilizados

Todo el tratamiento informático de los datos se ha realizado con un micrordenador personal, marca Sinclair, modelo ZX-Spectrum (48 Kb), utilizando diversos programas Basic realizados por el autor para el presente trabajo.

3. Técnicas utilizadas. Breve introducción teórica

a) Regresión múltiple lineal

Supongamos, para simplificar, 4 variables denominadas: y , x_1 , x_2 , x_3 . Cada una de ellas con “ n ” datos.

La ecuación del “hiperplano de regresión” de y sobre x_1 , x_2 , x_3 , por el método de mínimos cuadrados, puede escribirse (1) (3) así:

$$\frac{y - \bar{y}}{S_y} = b_1 \frac{x_1 - \bar{x}_1}{S_1} + b_2 \frac{x_2 - \bar{x}_2}{S_2} + b_3 \frac{x_3 - \bar{x}_3}{S_3}$$

donde: \bar{y} = valor medio de la variable y .

S_y = desviación típica de la variable y .

b_i = coeficientes que se obtienen resolviendo el siguiente sistema de ecuaciones:

$$b_1 r_{11} + b_2 r_{12} + b_3 r_{13} = r_{y1}$$

$$b_1 r_{12} + b_2 r_{22} + b_3 r_{23} = r_{y2}$$

$$b_1 r_{13} + b_2 r_{23} + b_3 r_{33} = r_{y3}$$

donde: r_{ij} representa los “coeficientes de correlación simples”, a veces denominados “de orden cero”, de la variable i con la j . Por supuesto los $r_{ii} = 1$.

Operando y simplificando, se llega a una ecuación de regresión múltiple de la forma:

$$y = a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_0$$

donde los “coeficientes de regresión parcial” valen:

$$a_i = b_i \frac{S_y}{S_i}$$

El coeficiente de correlación múltiple (R) nos indica el grado de relación existente entre la variable que hemos tomado como dependiente (y) con las restantes variables independientes (x_1 , x_2 , x_3) conjuntamente.

Su valor está comprendido entre 0 y 1. Cuanto mayor sea más correlación indica. Se calcula mediante: $R = \sqrt{1 - C}$, donde C es el “cuadrado del error típico”, que a su vez se determina por:

$$C = \frac{\begin{vmatrix} r_{yy} & r_{y1} & r_{y2} & r_{y3} \\ r_{y1} & r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{y2} & r_{12} & r_{22} & r_{23} \\ r_{y3} & r_{13} & r_{23} & r_{33} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{12} & r_{22} & r_{23} \\ r_{13} & r_{23} & r_{33} \end{vmatrix}}$$

b) Desviación típica

Definida por:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Donde: \bar{x} = valor medio de la variable x .

n = número de datos.

c) Error típico de la estima

Definido por:

$$S_e = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}}$$

Donde: \hat{y}_i = valor estimado de la variable y por la ecuación de regresión.

Si la media de los residuos fuese cero, coincidirían el error típico de la estima con la desviación típica de aquéllos.

Tabla 1: Total, media y desviación típica de la temperatura máxima en la base empírica utilizada (1984, 83, 82 y 81), para los tres meses de veranos estudiados.

	Junio-84/81	Julio-84/81	Agosto-84/81
Suma			
Total	3.905,8	4.385,8	4.280,4
Media	32,5	35,4	34,5
S	4,8	3,6	3,2

4. Resultados

En la tabla 1, se muestran las sumas totales, las medias y las desviaciones típicas (S) de los datos de temperatura máx. registrados en los 3 meses de verano de la base empírica analizada, que, como se ha indicado son 4 años: 1984, 1983, 1982 y 1981, por lo que el número de datos han sido:

n	30 × 4 = 120	31 × 4 = 124	31 × 4 = 124
grados libertad	118	122	122
recorrido	43,8-18,4	42,6-22,6	42,8-24,4
	Junio	Julio	Agosto

En tabla 2 para cada uno de los 3 meses de verano, por separado, se muestran:

- a) Las ecuaciones del “hiperplano de regresión” de la variable dependiente (y) sobre las otras 5 variables independientes (x_1, x_2, x_3, x_4 , y x_5). Estas ecuaciones son las que, aplicadas al año 1985, nos dan los valores estimados (\hat{y}) que aparecen en la tabla 3.

Las ecuaciones adoptan la forma:

$$\hat{y} = a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + a_4 \cdot x_4 + a_5 \cdot x_5 + a_0$$

- b) Los coeficientes de correlación simples (r_i) entre la variable dependiente (y) respecto a cada una de las 5 variables independientes (x_i).

Todos los coeficientes de correlación que aparecen en la tabla son significativos al nivel de 0,001, ya que son superiores a 0,2967 (g.l. jun. = 118) y 0,2920 (g.l. jul. y ago. = 122) respectivamente.

- c) Los coeficientes de correlación múltiple (R).

Aunque esta correlación estadística entre las variables tratadas es muy fuerte no demuestra, por sí misma, ninguna relación real causa-efecto, aunque no cabe duda de su existencia en los casos más evidentes, como es con la temperatura en 500 mb (x_3) o la nubosidad a las 09,00 (x_4).

Tabla 2

Mes	Variable	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Término independiente	Coef. de corr. múltiple: R
Junio	Coeficientes de la ecuación de regresión	$a_1 = 0,9783$	$a_2 = 0,1005$	$a_3 = -0,3325$	$a_4 = -0,1663$	$a_5 = -0,00229$	$a_0 = 11,81$	
	Coeficientes de correlación simples	$r_1 = 0,9302$	$r_2 = 0,8485$	$r_3 = -0,6832$	$r_4 = -0,5394$	$r_5 = -0,5272$		$R = 0,9376$
Julio	Coeficientes de la ecuación de regresión	$a_1 = 0,7446$	$a_2 = 0,1938$	$a_3 = -0,1617$	$a_4 = -0,2068$	$a_5 = -0,01070$	$a_0 = 14,65$	
	Coeficientes de correlación simples	$r_1 = 0,8642$	$r_2 = 0,6775$	$r_3 = -0,4178$	$r_4 = -0,4818$	$r_5 = -0,6937$		$R = 0,8994$
Agosto	Coeficientes de la ecuación de regresión	$a_1 = 0,4721$	$a_2 = 0,2559$	$a_3 = -0,3331$	$a_4 = -0,4078$	$a_5 = -0,00725$	$a_0 = 19,85$	
	Coeficientes de correlación simples	$r_1 = 0,7303$	$r_2 = 0,5612$	$r_3 = -0,4347$	$r_4 = -0,6066$	$r_5 = -0,5938$		$R = 0,8363$

Para cada uno de los 3 meses de verano de la base empírica estudiada (años 1984, 83, 82 y 81), se muestra:

- a) Los coeficientes de la ecuación de regresión múltiple de la variable dependiente (y) sobre las independientes: x_1, x_2, x_3, x_4 , x_5 .
b) Los coeficientes de correlación de la variable “y” respecto a cada una de las x_1, x_2, x_3, x_4 y x_5 .
c) El coeficiente de correlación múltiple, respecto a las cinco variables conjuntamente.

$$\hat{y} = a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + a_4 \cdot x_4 + a_5 \cdot x_5 + a_0$$

En la tabla 3 se muestra el resultado de aplicar la ecuación de regresión a los datos de los respectivos meses del año 1985, el cual, por no entrar en la base empírica, nos sirve para probar la validez de la ecuación.

Obsérvese que:

- a) Las desviación típica de los “residuos” (valor real de la temperatura máx. (y) menor el valor estimado (\hat{y})) es la misma

y suficientemente pequeña ($S = 1,7$) para los 3 meses.

- b) Aplicando el estadístico F de Fisher y la t de Studen, las diferencias entre las medias de la temperatura real y la estimada, no son significativas al nivel de significación de 0,05.

Algunos residuos anómalos se pueden explicar:

Tabla 3: Temperatura máxima diaria real (y). Temperatura máxima estimada por la ecuación de regresión (\hat{y}). Residuo ($y - \hat{y}$), para los 3 meses de verano del año de prueba (1985). También se muestran los totales, medias y desviaciones típicas de cada variable

Día	Junio-1985			Julio-1985			Agosto-1985		
	y	\hat{y}	$y - \hat{y}$	y	\hat{y}	$y - \hat{y}$	y	\hat{y}	$y - \hat{y}$
1	23,6	25,1	-1,5	32,4	35,1	-2,7	36,0	34,0	+2,0
2	26,4	25,3	+1,1	29,0	33,1	-4,1	37,8	38,2	-0,4
3	26,6	26,6	0,0	28,6	30,6	-2,0	40,6	38,8	+1,8
4	27,8	26,7	+1,1	35,0	33,6	+1,4	43,8	38,8	+5,0
5	25,8	28,0	-2,2	39,0	36,6	+2,4	35,8	37,5	-1,7
6	26,0	25,2	+0,8	38,4	38,3	+0,1	34,0	35,5	-1,5
7	27,8	25,6	+2,2	38,0	38,0	0,0	35,6	35,1	+0,5
8	28,6	28,1	+0,5	36,0	40,9	-4,9	36,2	36,1	+0,1
9	32,0	29,2	+2,8	36,2	34,8	+1,4	35,8	36,3	-0,5
10	32,4	32,3	+0,1	37,6	35,9	-1,7	35,4	37,2	-1,8
11	34,8	35,0	-0,2	36,0	37,2	-1,2	36,0	36,3	-0,3
12	35,4	35,2	+0,2	38,8	37,1	+1,7	36,4	36,9	-0,5
13	30,4	31,3	-0,9	38,6	39,9	-1,3	37,0	37,2	-0,2
14	31,4	31,4	0,0	36,0	36,9	-0,9	38,4	37,1	+1,3
15	32,2	30,6	+1,6	37,4	37,9	-0,5	38,4	37,9	+0,5
16	32,6	30,3	+2,3	37,4	38,3	-0,9	38,0	38,5	-0,5
17	36,2	34,4	+1,8	37,4	38,1	-0,7	36,2	38,4	-2,2
18	32,0	34,1	-2,1	35,6	37,3	-1,7	38,0	37,7	+0,3
19	27,6	30,1	-2,5	36,4	36,8	-0,4	38,8	38,8	0,0
20	32,8	36,9	-4,1	37,0	36,8	+0,2	40,0	38,9	+1,1
21	31,4	34,0	-2,6	39,0	39,2	-0,2	39,2	38,6	+0,6
22	31,6	33,0	-1,4	39,4	40,4	-1,0	41,0	38,3	+2,7
23	33,0	33,8	-0,8	42,4	40,3	+2,1	39,8	38,7	+1,1
24	34,0	33,2	+0,8	42,0	41,4	+0,6	35,4	39,1	-3,7
25	34,8	34,9	-0,1	39,4	40,9	-1,5	33,0	36,2	-3,2
26	36,0	37,0	-1,0	32,0	34,2	-2,2	33,6	36,0	-2,4
27	37,0	36,9	+0,1	34,8	34,1	+0,7	36,0	36,7	-0,7
28	34,6	38,0	-3,4	32,8	34,3	-1,5	36,0	37,1	-1,1
28	37,2	37,1	+0,1	31,4	32,0	-0,6	36,0	36,8	-0,8
30	34,4	37,1	-2,7	31,8	34,3	-2,5	36,8	36,0	+0,8
31	—	—	—	34,8	35,4	-0,6	38,8	37,0	+1,8
Total	946,4	956,4	-10,0	1.120,6	1.139,7	-19,1	1.153,8	1.155,7	-1,9
Media	31,5	31,9	-0,3	36,1	36,8	-0,6	37,2	37,3	-0,1
S	3,7	4,1	1,7	3,3	2,7	1,7	2,3	1,3	1,7

- a) En función de la situación sinóptica, principalmente la dirección del viento, el día D.

Vientos moderados del SW, durante la mañana, provocan una temperatura máx. inferior a la prevista.

Por encima de la capa límite, cuando el viento geostrófico sopla del NW, y por tanto aporta aire fresco, el rozamiento con el suelo junto con el efecto de "encajonamiento" de los vientos por el Valle del Guadaluquivir, produce un giro de aquéllos haciéndose del WSW en el Observatorio y provocando, generalmente, unas temperaturas máx. 2 ó 3 °C inferiores a la prevista por la ecuación.

A la inversa, cuando el viento geostrófico sopla de SE (muy cálido y seco), gira al ENE en superficie, produciendo, con frecuencia, un ligero aumento de las temperaturas máx. previstas. En este caso hay que agregarle un efecto adicional: la Sierra Subbética, al SE del Observatorio, produce un ligero efecto föhn, dando lugar a lo que popularmente se conoce en esta región como "solano".

- b) Otro efecto, que tampoco se puede cuantificar e incluir en la ecuación final, es el tipo y evolución, durante la mañana, de la nubosidad.

Algunos residuos anómalos se explican porque la nubosidad era de tipo alto (Ci, Cs, Cc, etc.) y aunque en la fórmula entra la nubosidad total a las 09,00 (x_4), es necesario corregir al alza la temperatura máx. estimada.

Los Cu o Sc son muy delgados algunos días y gruesos otros, variando la radiación directa y el consiguiente calentamiento del suelo y del aire en contacto con él, para una misma nubosidad total.

- c) Las calimas, nieblas matutinas y otros meteoros similares también influyen en la temperatura máx. real.

En resumen, aunque la fórmula nos da buenos resultados, no puede sustituir totalmente la labor personal y subjetiva del predictor que, con su práctica y experiencia diaria, retoca, al alza o a la baja, la temperatura máx. estimada por la ecuación, en función de la situación sinóptica y su probable evolución.

Tabla 4: Para cada uno de los 3 meses del verano sometido a estudio (año 1985), se muestran

	Junio-85	Julio-85	Agosto-85
Error típico de la estimación. $S_e =$	1,76	1,78	1,75
Coeficiente de correlación múltiple. $R =$	0,9145	0,8344	0,8285
Coeficiente de correlación simple: $r_{y,1} =$	0,8651	0,8097	0,7731
Coeficiente de correlación simple: $r_{y,2} =$	0,7961	0,7034	0,5539
Coeficiente de correlación simple: $r_{y,3} = -0,6991$	-0,2164 (*)	0,1762 (*)	
Coeficiente de correlación simple: $r_{y,4} = -0,7048$	-0,0524 (*)	0,2131 (*)	
Coeficiente de correlación simple: $r_{y,5} = -0,3744 (*)$	-0,5806	-0,2664 (*)	

- a) El error típico de la estimación (S_e).
b) El coeficiente de correlación múltiple (R) entre la temperatura máxima diaria y las otras 5 variables.
c) Los coeficientes de correlación simples entre la temperatura máxima diaria y cada una de las variables por separado ($r_{y,i}$).
d) Los asteriscos indican coeficientes de correlación muy bajos.

En la tabla 4 se puede ver cómo al aplicar la regresión múltiple al año 1985, obtenemos unos coeficientes de correlación, en general, sensiblemente más bajos que en la base empírica, a pesar de que los grados de libertad son la cuarta parte.

Comparado con los años precedentes (5), resulta que agosto del 85 fue excesivamente cálido, con una temperatura media de 37,2 °C que es superior al 88 % de los años anteriores, lo cual recarga más su evidente "irregularidad".

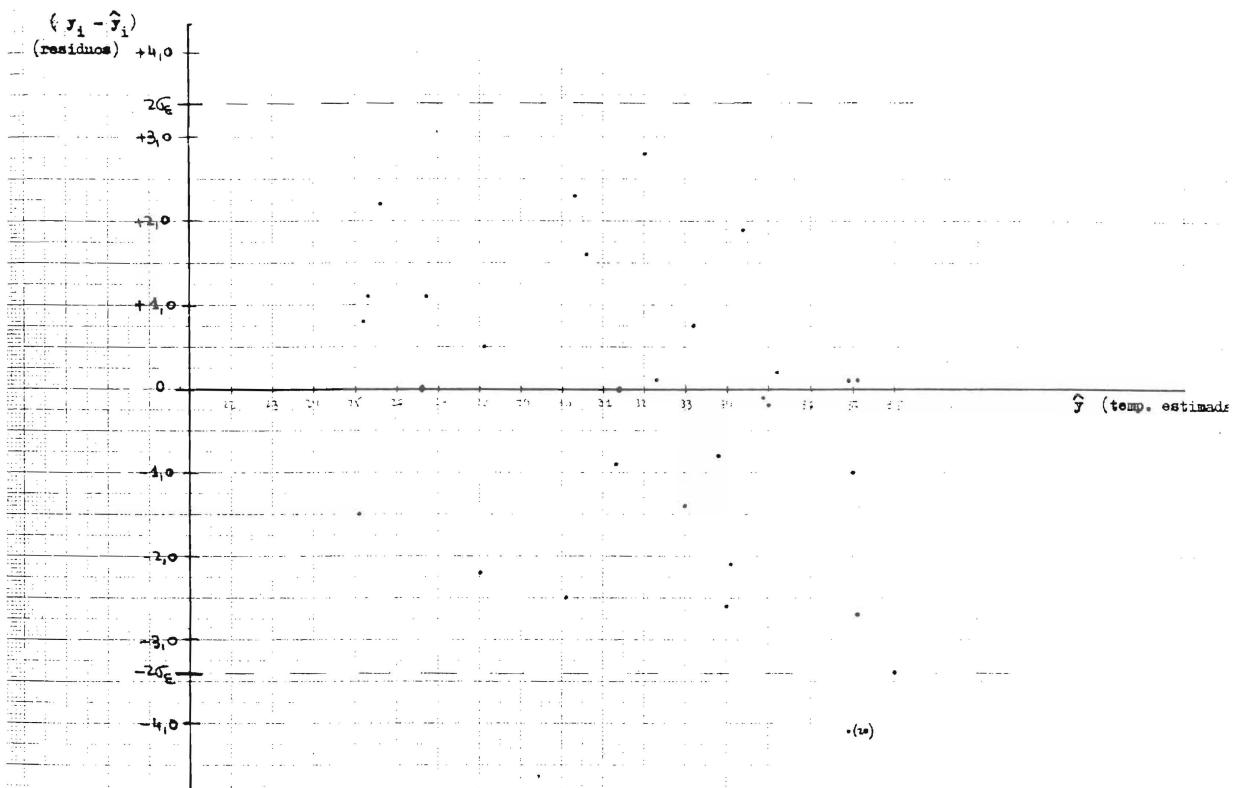
En las tres figuras se representan los residuos frente al valor de temperatura estimada, con objeto de:

- a) Ver cuántos residuos se alejan de $\pm 2 S$ que son aquéllos que caen fuera de las líneas de trazos:

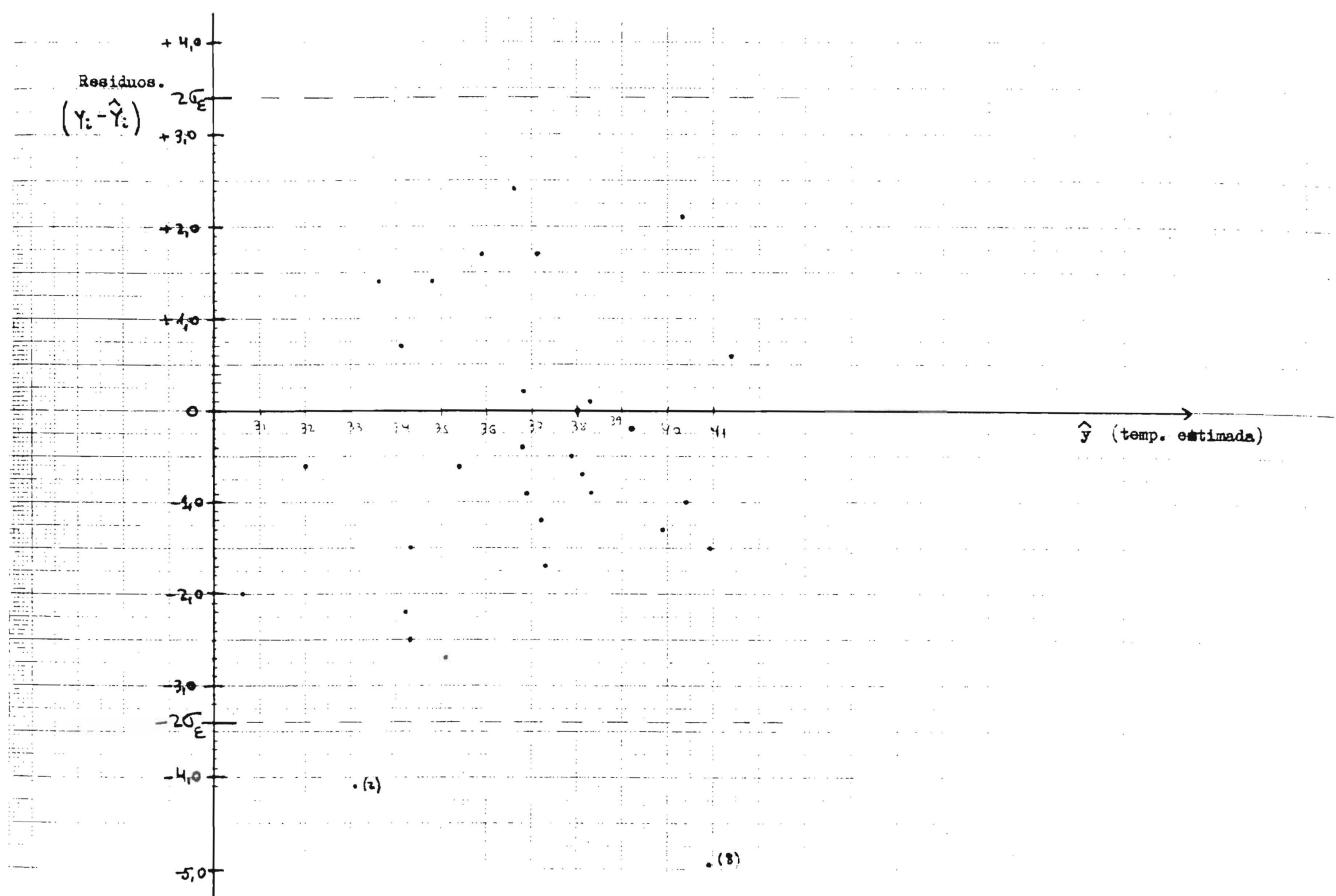
- b) Las nubes de puntos delatan, en caso de que se concentren formando determinada figura, las posibles relaciones que quedan entre los residuos y que por tanto no explica el modelo.

	Junio (fig. 1)	Julio (fig. 2)	Agosto (fig. 3)
Días...	20	2 y 8	4 y 24

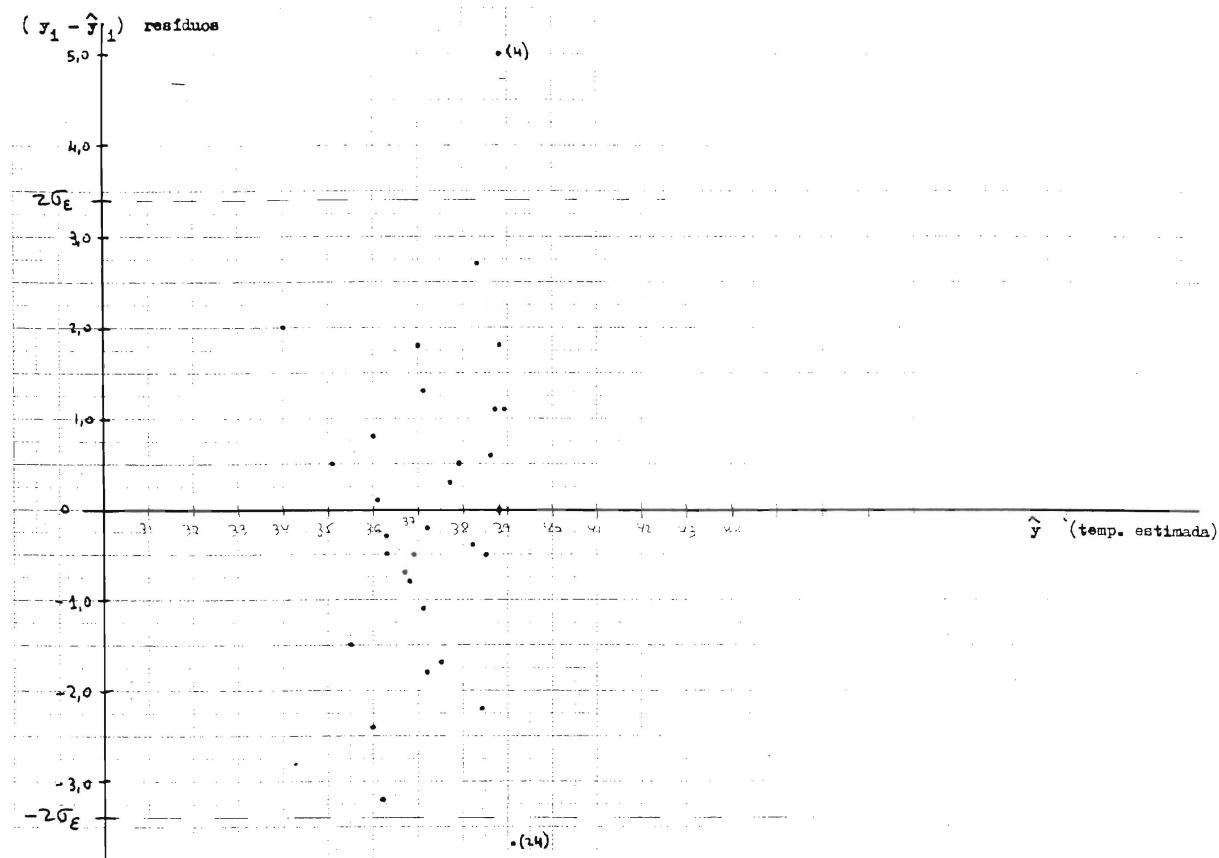
La distribución de puntos en los 3 casos es totalmente aleatoria y no se pueden observar relación entre los residuos.



Gráfica 1.—Se representa: a) En abscisas, los valores de temperatura máx. estimada (\hat{y}) por la ecuación de regresión múltiple. b) En ordenada, los residuos ($y_i - \hat{y}_i$), diferencia con los valores reales, para el mes de junio del año estudiado 1985).



Gráfica 2.—Se representa: a) En abscisas, los valores de temperatura máx. estimada (\hat{y}) por la ecuación de regresión múltiple. b) En ordenada, los residuos $(y_i - \hat{y}_i)$, diferencia con los valores reales, para el mes de julio del año estudiado (1985).



Gráfica 3.—Se representa: a) En abscisas, los valores de temperatura máx. estimada (\hat{y}) por la ecuación de regresión múltiple. b) En ordenada, los residuos ($y_i - \hat{y}_i$, diferencia con los valores reales, para el mes de agosto del año estudiado (1985).

5. Conclusiones

Se ha dado una ecuación, en la que, mediante productos por cōeficientes fijos y con sólo 6 summandos, se obtiene, a las 09,00 de la mañana, un valor estimado de la temperatura máxima que hará ese día.

Se tiene una fórmula distinta para cada uno de los 3 meses de verano, pero las variables son siempre las mismas.

Se ha obtenido de un grupo de años (desde 1981 en el que comenzó el Observatorio Especial de Córdoba) y se ha probado su validez y precisión en el último verano (1985), resultando diferencias de 1 ó 2 °C en la mayoría de los casos. La desviación típica de los residuos $S = 1,7$. Los residuos superiores a $\pm 2 S$ son ínfimos.

En resumen, hemos intentado buscar (y creamos haberlo conseguido) una herramienta objetiva, rápida y cómoda que sirva de ayuda en los pronósticos locales de temperatura máxima, en época estival, que tanta utilidad e interés tiene para los usuarios cordobeses.

De paso, también ha sido interesante el estudio de correlaciones entre las 6 variables elegidas y su uniformidad durante los 5 años de estudio realizado.

En el futuro se podría volver a utilizar, ya de forma operativa, sólo sustituyendo el valor de la temperatura en 500 mb (x_3) sacada del "Boletín Meteorológico Diario", por su previsión en el "TIMT previsto para España" para el día de la fecha a las 06,00, que se difunde, por teletipo, a las 21,00 aproximadamente, del día anterior; o

bien por otro medio que el predictor considere oportuno.

Este análisis multivariante que hemos realizado se podría extender, lógicamente, a otras capitales de la mitad meridional de España, donde presumiblemente, también existirá correlación significativa con algunas de las variables aquí estudiadas.

Agradecimiento

Quiero aprovechar estas líneas para ofrecer mi agradecimiento al jefe del Observatorio Meteorológico Especial de Córdoba, don Anselmo Peinado Serna, quien me ha brindado en todo momento su ayuda y colaboración desinteresada para la realización del presente trabajo.

El grato recuerdo de su profesionalidad dejará una huella indeleble en quienes lo tratamos durante su estancia a cargo del Observatorio de nuestra ciudad.

6. Bibliografía

- (1) PEINADO SERNA, A.: "Comparación de medidas y estimaciones de evaporación". Comunic. a la VIII Reunión de la Ponencia Bioclimatología. Zaragoza, mayo, 1983.
- (2) CANCELLA, M. L.; GARCÍA, J. A. y MARROQUÍN, A.: "Estudio de correlación de la irradiación solar con otras variables meteorológicas. Aplicación de un método en componentes principales". Comunic. a la V Asamblea Nacional de Geofísica y Geodesia. Badajoz, 1984.
- (3) MURRAY R. SPIEGEL: "Estadística". Ed. Libros McGraw-Hill. México. 1979.
- (4) CARIDAD Y OCERÍN, J. M.: "Cálculo de probabilidades y análisis de datos II". Ed. ETSIA. Univ. de Córdoba. 1983.
- (5) AVILA RIVAS, F.: "Serie termométrica larga (1911/1984) del Observatorio Meteorológico de Córdoba". Ed. en imprenta.
- (6) GARCÍA LEGAZ, M. C. y MARTÍNEZ MOLINA, I.: "Pruebas de significación en Climatología". Ed. INM. Serie A-93. Madrid, 1984.