

UN METODO DE PREDICCIÓN DE TEMPERATURA MÁXIMA APLICABLE EN SEVILLA DURANTE LA CELEBRACIÓN DE EXPO '92

FRANCISCO AVILA RIVAS
(Analista-Predicor. B. A. de Morón)

1 INTRODUCCIÓN

Los usuarios de la predicción meteorológica suelen demandar fundamentalmente cuatro aspectos del tiempo:

- fenómenos significativos.
- nubosidad.
- viento.
- temperaturas extremas.

Aquí se aborda una parte del último elemento meteorológico: la temperatura máxima diaria. Durante los 6 meses que rodean al solsticio de verano, dicha variable es de gran importancia en numerosos aspectos de la actividad humana. Entre otras se podrían destacar:

- Agricultura: Evapotranspiración. Control ambiental en invernaderos. Gestión de riegos. Servicio contra Plagas. Incendios forestales...
- Protección Civil: Olas de calor...
- Transportes y Obras Públicas: Dilataciones en diversos tipos de infraestructuras. Aeronáutica...
- Turismo: Hostelería. Actividades Culturales y Deportivas.
- EXPO '92: Compendio de todo lo anterior, con un difícil reto por ser un escaparate al resto del mundo.

Tradicionalmente para este tipo de estimaciones de temperaturas se han utilizado tres métodos diferenciados, a saber:

- Fórmulas empíricas.
- Modelos de base física.
- Modelos estadísticos: análisis discriminante (como el M.O.S.) o ajuste multivariable (como el G.E.M.).

En este caso se utiliza el método de **regresión lineal múltiple** para calcular la temperatura máxima que se estima alcanzará un determinado día, a partir de unos predictores sencillos que se conocen a las 09 z del mismo día (predicción con aproximadamente cinco horas de antelación).

Se ha escogido la regresión lineal por la facilidad de operar con fórmulas lineales en la rutina diaria de cualquier observatorio.

Una breve introducción teórica de la técnica empleada se encuentra en un trabajo similar del mismo autor.

2. DATOS UTILIZADOS

Se han utilizado como predictores las siguientes 8 variables:

- (I) T_{9z} . Temperatura del termómetro seco. Lectura del synop de las 09 h.
- (II) $T_M^{(D-1)}$. Temperatura máxima del día anterior.

(III) T_{7z} . Temperatura del termómetro seco. Lectura de la observación climatológica de las 07 h.

(IV) $T_{mín}$. Temperatura mínima registrada en garita el día D.

(V) Evap. Lectura a las 07 h. del evaporímetro Piche. Corresponde a las 24 h. anteriores a las 07 del día D. Expresada en mm enteros.

(VI) N_{h9z} . Nubosidad baja (Cu, Sc, St, Ns y Cb) de la observación synoptica de las 09. Expresadas en octas de cielo cubierto de nubes.

(VII) T_{850} . Temperatura en el nivel de 850 HPa. Obtenida de los Boletines Meteorológicos Diarios, por interpolación para la vertical de LEZL.

(VIII) T_{700} . Idem, nivel 700 Hpa.

Todas las temperaturas están expresadas en grados centígrados "enteros" y las horas en TMG.

Para discriminar los mejores predictores y encontrar los coeficientes de las ecuaciones lineales mensuales, se ha utilizado una base empírica constituida por las mencionadas variables observadas en la Oficina Meteorológica del Aeropuerto de Sevilla San Pablo, durante los últimos 4 años: 1986, 87, 88 y 89.

OTRAS VARIABLES ENSAYADAS que no resultaron satisfactorias, fueron:

- Nubosidad baja a las 07.
- Nubosidad total a las 07.
- Nubosidad total a las 09.
- Horas de sol.
- Recorrido del viento.
- Temperatura al nivel de 500 Hpa.
- Temperatura del termómetro húmedo.
- Temperatura mínima junto al suelo.

Se hace un estudio individualizado para cada uno de los 6 meses de mayores temperaturas: desde mayo a octubre, obteniéndose las correspondientes fórmulas lineales que se presentan en la Tabla N° 2.

3. RESULTADOS

Tabla N° 1. Se indican los coeficientes de correlación simples entre cada uno de los predictores utilizados respecto del predictando, para cada mes. Nos dan idea del grado de correlación que posee cada variable de la base empírica con el predictando.

MES	T_{9z}	$T_M(D-1)$	T_{7z}	$T_{mín}$	Evap.	N_{h9z}	T_{850}	T_{700}
MAY.	0.8137	0.8079	0.5144	0.4014	0.5974	-.5491	0.8461	0.8071
JUN.	0.8657	0.8351	0.6999	0.5753	0.6124	-.6066	0.8443	0.8099
JUL.	0.8363	0.7688	0.6952	0.5631	0.4993	-.6050	0.7401	0.6610
AGO.	0.7783	0.6794	-	-	0.5523	-.5041	0.6861	0.5382
SEP.	0.7449	0.7891	-	-	0.5621	-.5072	0.7865	0.7400
OCT.	0.7461	0.8144	-	-	0.6124	-.4335	0.7621	0.6288

Para los meses de ago., sep. y oct. se desechó la T_{7z} y la $T_{mín}$ por no complicar la fórmula sin obtener mejoría en los resultados, ya que la correlación era poco significativa.

El número de elementos de las series es:

- para meses de 30 días * 4 = 120 datos.
 - para meses de 31 días * 4 = 124 datos.
- (Grados de libertad: 118 y 122, respectivamente.)

Tabla N° 2.- Se muestran los coeficientes de la ecuación de regresión múltiple:

VARIABLE	M E S					
	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.
I: T_{9z}	0.484	0.685	0.786	0.735	0.342	0.546
II: $T_M(D-1)$	0.253	0.166	0.201	0.004	0.221	0.227
III: T_{7z}	0.123	-.086	0.037	-	-	-
IV: $T_{mín}$	-.169	-.221	-.238	-	-	-
V: Evap.	-.238	-.226	-.170	0.097	-.143	-.002
VI: N_{h9z}	-.264	-.313	-.431	-.498	-.515	-.318
VII: T_{850}	0.263	0.303	0.316	0.334	0.303	0.332
VIII: T_{700}	0.376	0.299	-.005	-.033	0.270	0.220
a_o	9.67	12.30	8.54	10.60	12.26	6.46
R	0.8916	0.9100	0.8984	0.8653	0.8923	0.8945

Donde a_o es el término independiente de la ecuación lineal y R el coeficiente de correlación múltiple de Pearson.

Sumando los productos resultantes de multiplicar estos coeficientes por el valor de los respectivos predictores y sumando finalmente el término independiente, obtenemos el valor previsto de temperatura máxima para un día concreto (predictando).

Obsérvese que todos los R son muy significativos.

Hemos tenido la oportunidad de comprobar operativamente el método propuesto, en el GPV como OMPA que es del aeropuerto de Sevilla-San Pablo.

También se han aplicado dichas ecuaciones a la B. A. de Morón, por razones de facilidad para el autor. Tener en cuenta que esta Base está a 40 Km del Aeropuerto de Sevilla, en el mismo entorno geográfico (Valle del Guadalquivir) y con 60 metros más de altitud.

Hay que mencionar asimismo que mientras que en la base empírica utilizada para obtener las ecuaciones de la Tabla N° 2, se han obtenido la T_{850} y T_{700} mediante interpolación del campo térmico dibujado en los Boletines Meteorológicos Diarios, para la vertical de LEZL, durante la etapa operativa se han tomado los valores de T_{850} y T_{700} previstos por el modelo PAM-INM, que se difunden por TTY, de la pasada de las 00 z, previsto HH+12 para las 12 z del día D, tanto en LEZL como en LEMO en su caso.

4. COMENTARIOS A LOS RESULTADOS

A) DEL AEROPUERTO DE SEVILLA-SAN PABLO

En la figura N° 1 se ha representado en abscisas el residuo o error, es decir, la diferencia entre el valor calculado por la correspondiente ecuación lineal menos el valor realmente observado. En ordenadas el número de veces que se ha dado dicho error, para cada mes del presente año 1990.

Si hacemos la aproximación de que se puede considerar que el método resulta "acer-

tado" cuando el predictando varíe en $\pm 1^\circ$ centígrado del valor realmente observado, tenemos que, durante los meses de predicción operativa, se ha acertado, en Sevilla, el:

- 74 % de los días en mayo.
- 60 % " " junio.
- 65 % " " julio.
- 65 % " " agosto.
- 67 % " " septiembre.
- 58 % " " octubre.

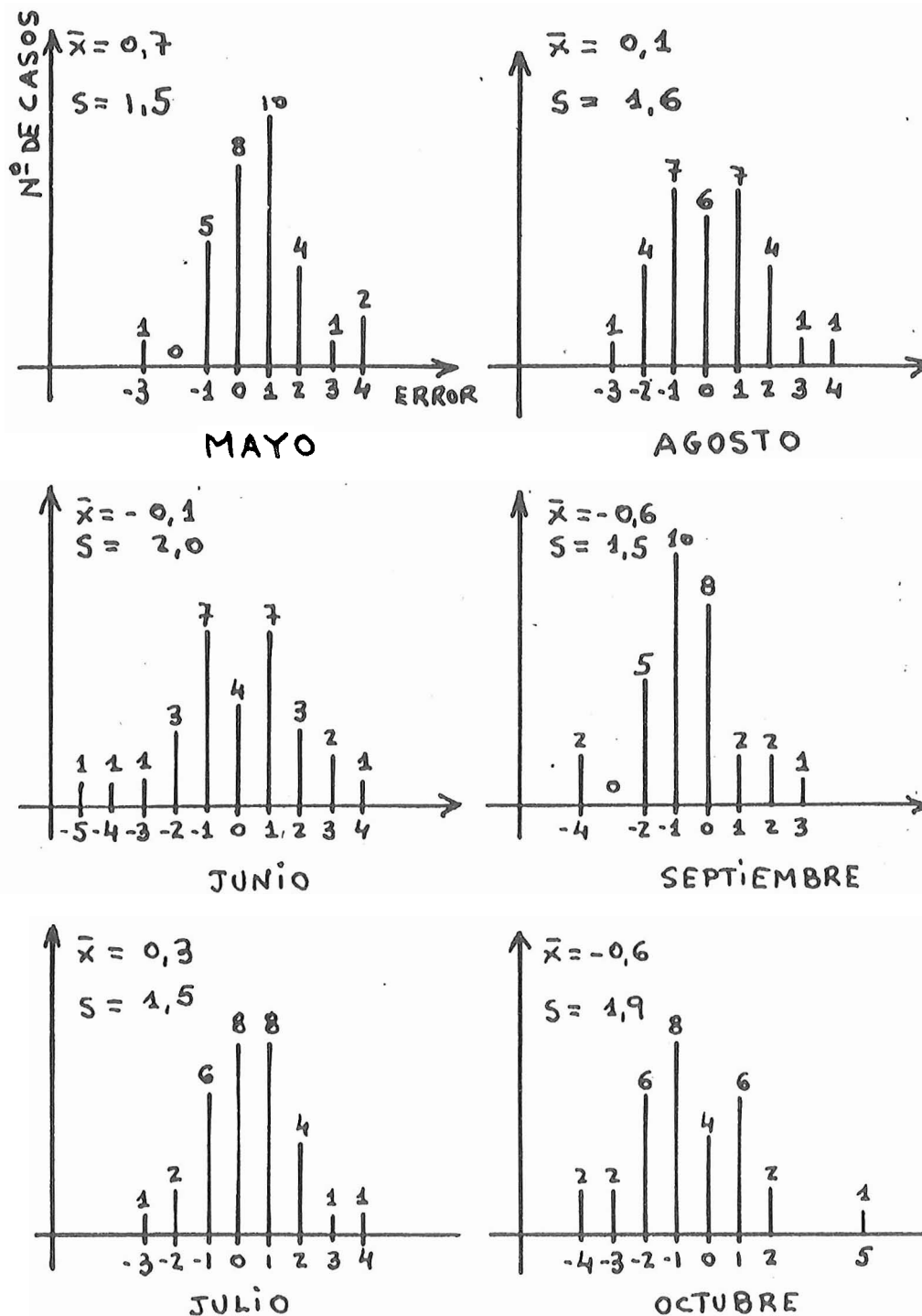


Fig. 1. Representación del número de casos en que se da un determinado valor de error. Diferenciado por meses. Para el Aeropuerto de Sevilla. Año 1990. También se indica la media y la desviación estándar de los residuos.

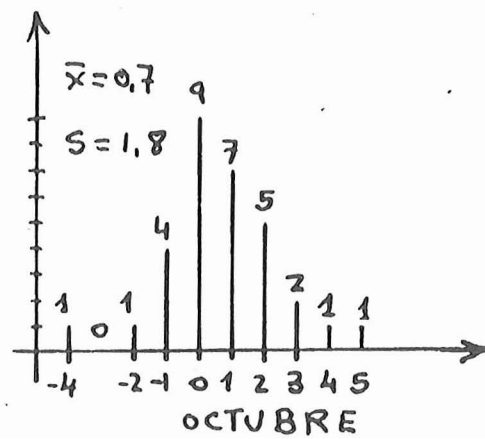
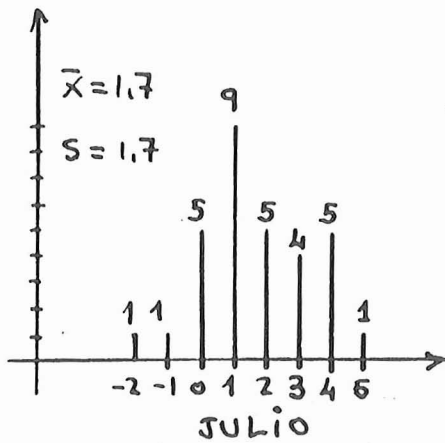
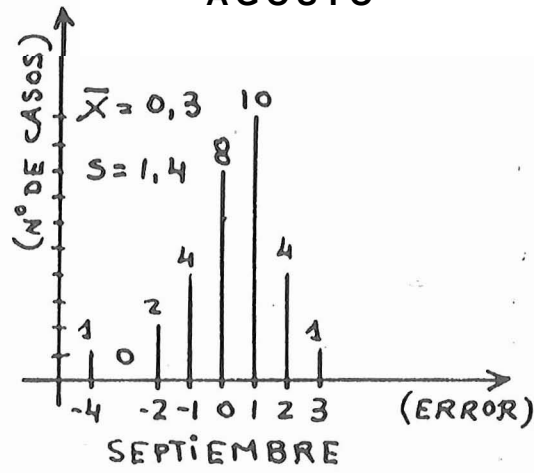
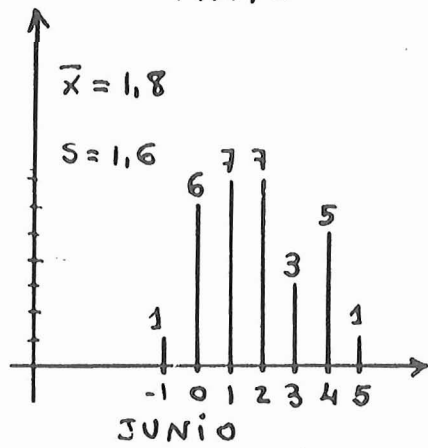
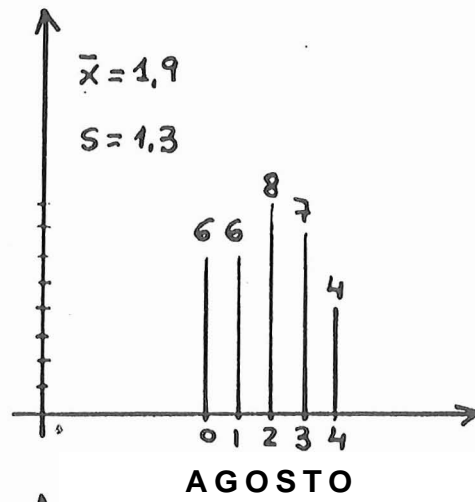
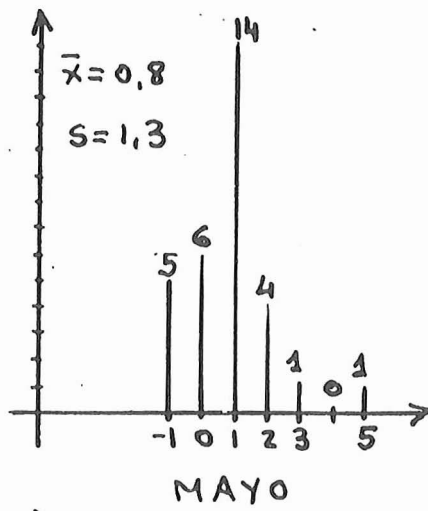


Fig. 2. Representación del número de casos en que se da un determinado valor de error. Diferenciado por meses. Para la B. A. de Morón.

B) DE LA BASE AEREA DE MORON

De la figura N° 2 se puede extraer, asimismo, el porcentaje de predicción acertada para el caso de la B. A. de Morón:

81%		de los días en mayo.
47%	""	jun.
49%	""	jul.
39%	""	ago.
73%	""	sep.
65%	""	oct.

Si consideramos un error sistemático en la fórmula de 2 unidades y las restamos directamente del término independiente, resultarían para estos tres meses, porcentajes más altos:

jun. = 57%
jul. = 58%
ago. = 68%

5. CONCLUSIONES

A) Si hubiésemos tomado una base empírica propia de los archivos de la B. A. de Morón, las ecuaciones resultantes hubieran dado lugar a predicciones aún más acertadas que las aquí expuestas, ya que, entre otros, se hubieran eliminado algunos errores sistemáticos por exceso de aproximadamente 2° C, sobre todo en los meses de jun., jul. y ago., consecuencia de la menor temperatura media en LEMO respecto de **LEZL**.

De hecho, comparando las desviaciones estándar de ambas estaciones, se advierte un menor grado de dispersión en los residuos de Morón, lo cual es un signo prometedor para un futuro trabajo de aplicación a dicho aeródromo.

B) El método propuesto ha sido aplicado hasta ahora a dos observatorios distintos: A. de Córdoba y A. de Sevilla.

En cada lugar se desarrollan ecuaciones distintas, con algunos predictores comunes y otros que varían según el lugar. Los resultados se pueden calificar de satisfactorios aunque mejorables.

C) La principal mejora debe provenir de la posterior labor del predictor que, en función de su experiencia diaria, retoca al alza o la baja la salida del modelo en función de las características sinópticas no incluidas en el método, como pueden ser:

— *Vientos* previstos: los del tercer y cuarto cuadrante refrescan —en verano—, mientras que los de 2° y 1° cuadrante recalientan más de lo previsto en el método.

— Paso de *frentes* a la hora de la máxima: se ha comprobado en algunos de los días con un residuo excesivo.

— Evolución prevista y tipos de *nubosidad*: más o menos permeables a la radiación solar IR.

— *Nieblas* que se espera disipen más o menos pronto.

— Vigilancia del grado de acierto que tiene el PAMen cada momento.

D) En todo caso, el método podría implementarse en el "todopoderoso" McIDAS y tendríamos una herramienta más para uso del predictor que sólo tiene una temporada más para experimentación antes del difícil reto de la predicción durante la EXPO'92 (del 20 de abril al 12 de octubre), en la que todos los ojos y oídos del mundo se dirigirán hacia Sevilla.

REFERENCIAS

AVILA RIVAS, F. "Estimación de la temperatura máxima mediante una ecuación de regresión". Rev. AME. N° 7. Junio. 1986.

CAMACHO RUIZ, J.L. "Modelo de predicción de temperaturas mínimas u otras variables en base al análisis discriminante". Primer Simposio Nacional de Predictores del INM. Madrid. 1989.

OTRAS EN ESTE MISMO SIMPOSIO:

BALLESTER VALOR, G. "Predicción estadística GEM. Aplicación a los Juegos Olímpicos de Barcelona".

ALVAREZ, E... "Algunas valoraciones de los resultados de las predicciones MOS (INM) para los puntos de Barcelona-A., Tortosa y Barcelona-C."

AGRADECIMIENTOS

Al Jefe de la O.M.A. del Aeropuerto de Sevilla, a todo el personal del GPV de Sevilla y de la Oficina Meteorológica de la B. A. de Morón, sin cuya colaboración no hubiera podido realizar el ejercicio práctico de la aplicación operativa del modelo de predicción de temperaturas máximas durante los últimos 6 meses.