

PRONOSTICO OBJETIVO DE LA TEMPERATURA MINIMA PARA EL OBSERVATORIO
CENTRAL BUENOS AIRES PARA EL MES DE JULIO

Ingeborg C. Malaka y Silvia C. Simonelli

Servicio Meteorológico Nacional, Fuerza Aérea Argentina
Buenos Aires, República Argentina

RESUMEN

Este trabajo consiste en desarrollar un método de pronóstico estadístico de la temperatura mínima para el Observatorio Central Buenos Aires (Villa Ortúzar).

Se empleó como metodología las correlaciones lineal simple y múltiple y el método residual. Se tomaron como predictores los parámetros que normalmente inciden sobre la temperatura mínima: la temperatura de punto de rocío en superficie, la componente sudoeste-nordeste media del viento en superficie y la cantidad media de cielo cubierto.

Con la metodología estudiada el porcentaje del error $\leq \pm 2^{\circ}\text{C}$ para la hora 00.00 TMG es de 71%, siendo mayor que el correspondiente al método subjetivo (61%) y al de persistencia (48%).

ABSTRACT

This paper aims to develop a statistical method to forecast the minimum temperature at Buenos Aires Central Observatory (Villa Ortúzar).

Simple linear correlation as well as multiple and residual methods were used as methodology. Dew point temperature at surface, the mean southwest-northeast component or surface wind and the mean cloudiness, which normally incide on minimum temperature, were used as predictors.

It has been found that the percentage of cases with desviations $\leq \pm 2^{\circ}\text{C}$, corresponding to 00.00 TMG, is 71%. This value is larger than that obtained using the subjective method (61%) and the persistence one (48%).

1. INTRODUCCION

Dado que el pronóstico de la temperatura mínima para la Capital Federal se realiza al presente en forma subjetiva, y teniendo en cuenta la importancia que tiene el mismo para múltiples actividades humanas, se ha estimado conveniente ensayar un método de pronóstico objetivo que permita lograr una mayor exactitud en la predicción de dicho parámetro.

Debido a la premura con que se debè elaborar este tipo de pronóstico, ha sido necesario utilizar información obtenida directamente de la observación meteorológica y de la evolución de la situación sinóptica.

Los parámetros escogidos han sido los siguientes: temperatura de punto de rocío en superficie, dirección y velocidad del viento en superficie y cantidad de cielo cubierto.

2. DATOS UTILIZADOS

Para este trabajo se utilizaron los datos diarios de la estación meteorológica Observatorio Central Buenos Aires, correspondiente al período 1968 - 1975.

La información meteorológica empleada en este estudio ha sido suministrada por el Centro Climatológico del Servicio Meteorológico Nacional y por el Archivo Nacional de Meteorología.

Para la realización de los cálculos se utilizó la computadora Hewlett Packard 9810A del Servicio Meteorológico Nacional, contándose además con el apoyo computacional de la Dirección de Sistematización y Cálculo Automatizado de Datos (DISCAD) de la Fuerza Aérea Argentina.

3. PARAMETROS ELEGIDOS

En este estudio se eligió como predictando la temperatura mínima y como predictores los siguientes parámetros:

- a) Temperatura de punto de rocío en superficie, como parámetro que representa la humedad del aire cuya influencia sobre la temperatura mínima es bien marcada. Se tomaron las observaciones diarias de 18.00 TMG (15.00 HOA) y 00.00 TMG (21.00 HOA) dado que el pronóstico de la temperatura mínima es realizado en las primeras horas de la tarde y es reajustado con la observación de las 00.00 TMG (21.00 HOA).

- b) Viento: se consideró la componente sudoeste-noreste media diaria del viento en superficie durante el período anterior al momento de producirse la temperatura mínima, como parámetro que caracteriza la advección del aire en capas bajas. El cálculo de los valores medios se efectuó en base a las observaciones de 00.00 TMG, 06.00 TMG y 12.00 TMG.
- c) Cantidad de cielo cubierto, como elemento que incide en el enfriamiento del aire por el efecto de radiación nocturna. Se tomó la cantidad media diaria de cielo cubierto en octavos durante el período que precede al momento de ocurrencia de la temperatura mínima. El cálculo de los valores medios se realizó con las mismas observaciones que en b).
- d) Temperatura mínima del día anterior, como indicador del efecto de la persistencia.

4. ANALISIS Y CALCULOS REALIZADOS

Para analizar el comportamiento de los distintos parámetros meteorológicos utilizados, se confeccionaron los histogramas de los mismos considerándose los meses invernales (junio - julio - agosto), a fin de dar una mayor representatividad a la muestra.

El histograma de la temperatura mínima se presenta en la Fig. 1 en la cual se observa una distribución cuasi-normal, con un máximo entre los 6°C y 8°C.

Las Fig. 2 y 3 muestran los histogramas de la temperatura de punto de rocío en superficie de las 18.00 TMG y 00.00 TMG respectivamente. En ambos se observa una distribución cuasi-simétrica, detectándose dos máximos en el de 18.00 TMG y un débil máximo principal entre los 7°C y 9°C en el de 00.00 TMG.

En la Fig. 4 se puede observar el comportamiento de la componente sudoeste-noreste media del viento en superficie. Se detecta un máximo absoluto centrado en la componente sudoeste y otro secundario en la componente noreste, ambos de poca intensidad.

El histograma de la cantidad media de cielo cubierto se ve en la Fig. 5, la cual presenta dos máximos en ambos extremos: para cielo despejado y cubierto respectivamente.

En la Fig. 6 se muestran las marchas mensuales de la temperatura de punto de rocío de 18.00 TMG del día y de 00.00 TMG del día siguiente y de la temperatura mínima, para el mes de julio, para un año elegido al azar (1970).

La curva de la temperatura mínima acompaña a ambas curvas de la tem

peratura de punto de rocío. Puede apreciarse que cuando el viento durante la noche prevalece del sector noreste, la temperatura mínima suele no alcanzar la temperatura de punto de rocío previa, mientras que cuando el viento durante la noche prevalece del sudoeste o hay calmas, tiende a alcanzar valores por debajo de los mismos. La causa de este hecho podría atribuirse, sin subestimar los efectos por nubosidad y advección del aire, a la influencia moderadora que ejerce el Río de la Plata hasta el Observatorio Central Buenos Aires.

Se calcularon los coeficientes de correlación lineal simple y múltiple, de tres y cuatro variables, (r) y la dispersión o error típico de estimación (s) de la temperatura mínima con los distintos predictores elegidos cuyos resultados se muestran en las Tablas 1, 2 y 3.

Para los cálculos se utilizó la muestra formada por los datos de los 248 casos del período considerado, sin desechar aquellos en los cuales pudiera haber habido un cambio de masa de aire en el período de validez del pronóstico.

En la Tabla 1 se evidencia como mejor predictor, entre los parámetros del día, la temperatura de punto de rocío en superficie de 18.00 TMG, siendo superado por la temperatura de punto de rocío en superficie de 00.00 TMG del día siguiente, dado que se encuentra más próximo al momento de producirse la temperatura mínima.

El coeficiente de correlación lineal simple de la temperatura mínima con la componente sudoeste-noreste media del viento en superficie es aceptable.

El coeficiente de correlación lineal simple de la temperatura mínima con la cantidad media de cielo cubierto día bajo, dado que su distribución no es normal; posiblemente se hubiera logrado un mejor resultado considerando nubosidad baja solamente.

Además, cabe destacarse que el coeficiente de correlación lineal simple entre la temperatura mínima del día y la temperatura mínima del día siguiente, no difiere significativamente del valor obtenido al correlacionar la temperatura de punto de rocío en superficie de 18.00 TMG del día con la temperatura mínima del día siguiente. Lo mismo puede observarse en relación a las dispersiones.

En la Tabla 2 se ve que el mejor coeficiente de correlación múltiple y de dispersión, entre los parámetros del día, se obtuvo usando como predictores la temperatura de punto de rocío en superficie de 18.00 TMG y la componente sudoeste-noreste media del viento en

superficie, no pudiéndose apreciar diferencias significativas al considerar como predictores la temperatura mínima del día y la componente sudoeste-noreste media del viento en superficie.

Del mismo modo que con dos variables, al correlacionar la temperatura mínima con la temperatura de punto de rocío en superficie de 00.00 TMG del día siguiente y un segundo predictor, se mejora el coeficiente de correlación y la dispersión.

En la Tabla 3 no se observan diferencias significativas con respecto a los coeficientes de correlación y de la dispersión de tres variables, al agregar un tercer predictor.

5. METODO DESARROLLADO

Sobre la base de lo expuesto en el ítem anterior, se eligió como mejor estimador para desarrollar el método la regresión lineal de tres variables: la temperatura mínima con la temperatura de punto de rocío en superficie de 18.00 TMG del día y la componente sudoeste-noreste media del viento en superficie.

En la Fig. 7 se muestra el diagrama predictor de la temperatura mínima en función de la temperatura de punto de rocío en superficie de 18.00 TMG del día. Se determinó la recta más probable mediante el método de los cuadrados mínimos, dado que dicha recta es la que se ajusta mejor a la distribución de la nube de puntos obtenida.

La Fig. 8 presenta el diagrama de corrección por el efecto de la componente sudoeste-noreste media del viento de superficie.

Para su construcción se aplicó el método residual, correlacionando los desvíos de la temperatura mínima obtenidos en la Fig. 7 con respecto al valor realmente observado (\mathcal{E}), y la componente sudoeste-noreste media del viento en superficie. La corrección hallada de este modo se aplica al valor de la temperatura mínima obtenida del diagrama de la Fig. 7.

Además, se introdujo un factor de corrección por cantidad media de cielo cubierto. Los valores de tales correcciones se han obtenido promediando los residuos \mathcal{E} para los casos de cantidad de cielo cubierto ($\bar{N} \geq 7/8$) por un lado y despejado ($\bar{N} \leq 1/8$) por el otro. Las correcciones encontradas arrojaron los siguientes resultados:

$$C_{\bar{N}} \left\{ \begin{array}{l} 0 - 1/8 = - 1^{\circ}\text{C} \\ 2/8 - 6/8 = \text{sin corrección} \\ 7/8 - 8/8 = + 1^{\circ}\text{C} \end{array} \right.$$

El factor de corrección C_N se aplica al valor de la temperatura mínima obtenida a través de los diagramas de las Fig. 7 y 8.

La cantidad media de cielo cubierto (C_N) y la componente sudoeste-noreste media del viento en superficie (\bar{u}) son parámetros pronosticados.

La técnica desarrollada es válida para los casos de situaciones sinópticas en las cuales no se espera un cambio de masa de aire en el período entre las 18.00 TMG (15.00 HOA) del día y el momento aproximado de producirse la temperatura mínima.

A fin de probar la confiabilidad del procedimiento, se tomó otra muestra de datos correspondientes al período 1976-1979, obteniéndose un coeficiente de correlación (r): 0.88 y una dispersión (s): 2.0. Estos valores son similares a los encontrados anteriormente, con lo cual el método muestra ser estable.

La Tabla 4 muestra las frecuencias relativas acumuladas del error de la temperatura mínima calculada por el método, con respecto a la temperatura mínima observada, para los intervalos de error $\pm 1^\circ\text{C}$, $\pm 2^\circ\text{C}$ y $\pm 3^\circ\text{C}$. Por ejemplo, puede verse que en el 59% de los casos el error de la temperatura mínima calculada por el método está en el intervalo $\pm 2^\circ\text{C}$, aumentándose dicho porcentaje al ampliarse el intervalo y al agregar el tercer predictor.

Finalmente, para evaluar el error de estimación del método desarrollado, se lo comparó con las frecuencias relativas acumuladas del error de la temperatura mínima, obtenidas por los métodos de persistencia y subjetivo, cuyos resultados se muestran en la Tabla 5. La evaluación por persistencia se realizó con los datos del período 1968-1975 empleado para este trabajo, mientras que, para el método subjetivo de 12.00 TMG y 00.00 TMG, se utilizaron los períodos disponibles 1973 - 1979 y 1973 - 1977 respectivamente.

Puede observarse que el error de estimación del método es menor que el que se comete al calcular la temperatura mínima por los procedimientos subjetivo y de persistencia, con lo cual la técnica desarrollada resultó ser un buen estimador de la temperatura mínima para el mes de julio.

6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que el método desarrollado puede ser usado como apoyo al pronóstico subjetivo de la temperatura mínima para el Observatorio Central Buenos Aires.

Es propósito de las autoras estudiar la bondad del método para los demás meses del año.

Agradecimientos

Las autoras agradecen especialmente al Doctor Erich Lichtenstein por las sugerencias brindadas sobre distintos aspectos de este tema y a la Sra. Silvia Q. de Lázaro por su valiosa ayuda en la computación de los datos.

BIBLIOGRAFIA

- Panofsky, H.A., 1968: Some applications of statistics to Meteorology.
- Technical Note N°71, 1962: Statistical analysis and prognosis in Meteorology, W.M.O.

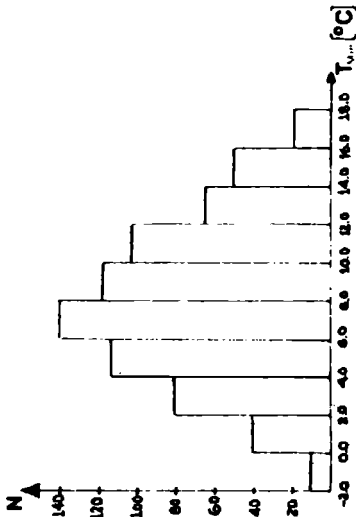


FIG. 1: FRECUENCIA DE LA TEMPERATURA MINIMA
(junio-julio-agosto, período 1968-1975)

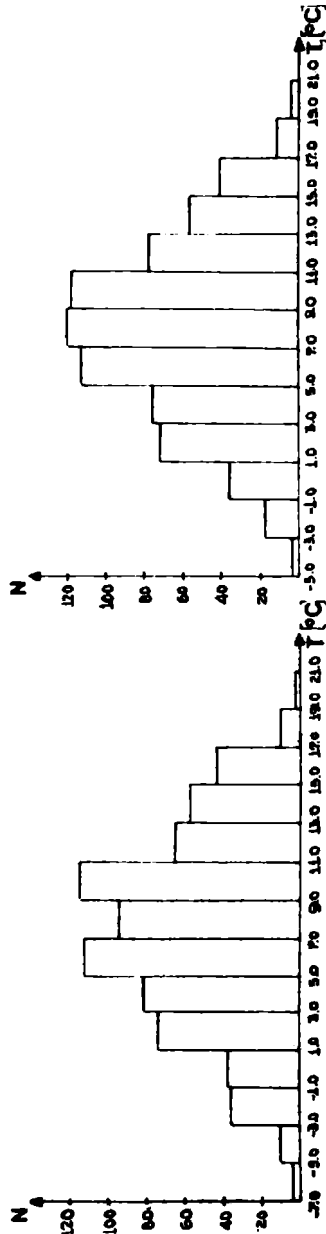


FIG. 2: FRECUENCIA DE LA TEMPERATURA DE PUNTO DE ROCIO
EN SUSEPISE DE 13:00 T.M.G.
(junio-julio-agosto, período 1968-1975)

FIG. 3: FRECUENCIA DE LA TEMPERATURA DE PUNTO DE ROCIO
EN SUSEPISE DE 00:00 T.M.G.
(junio-julio-agosto, período 1968-1975)

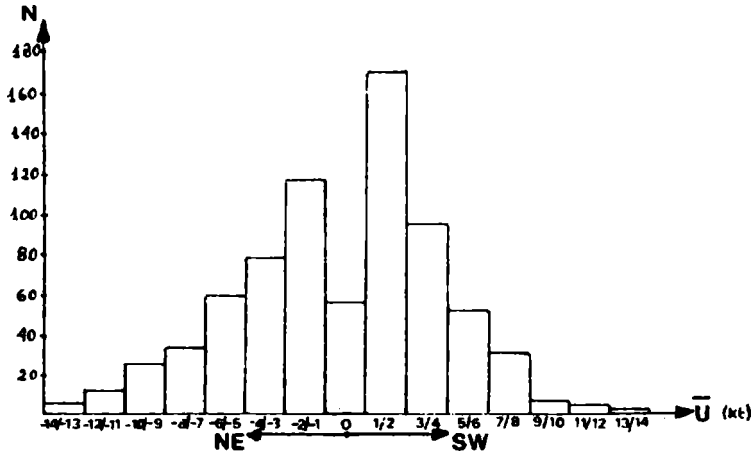


FIG. 4 : FRECUENCIA DE LA COMPONENTE SUDOESTE-NORESTE MEDIA DEL VIENTO EN SUPERFICIE (Junio- julio-agosto, periodo 1968-1975)

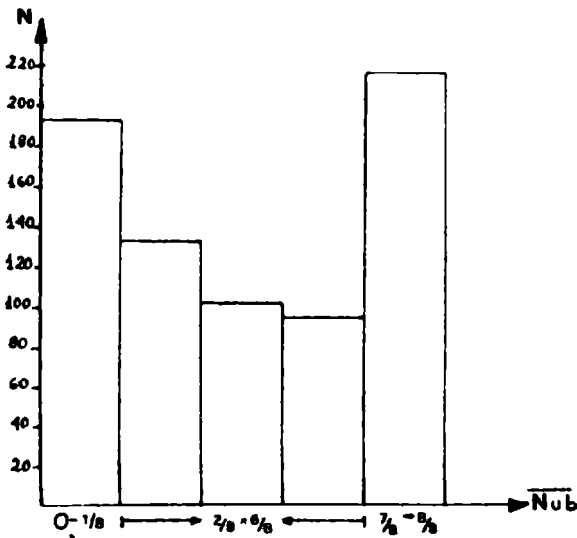


FIG. 5 ; FRECUENCIA DE LA CANTIDAD MEDIA DE CIELO CUBIERTO (Junio-Julio-agosto, periodo 1968-1975)

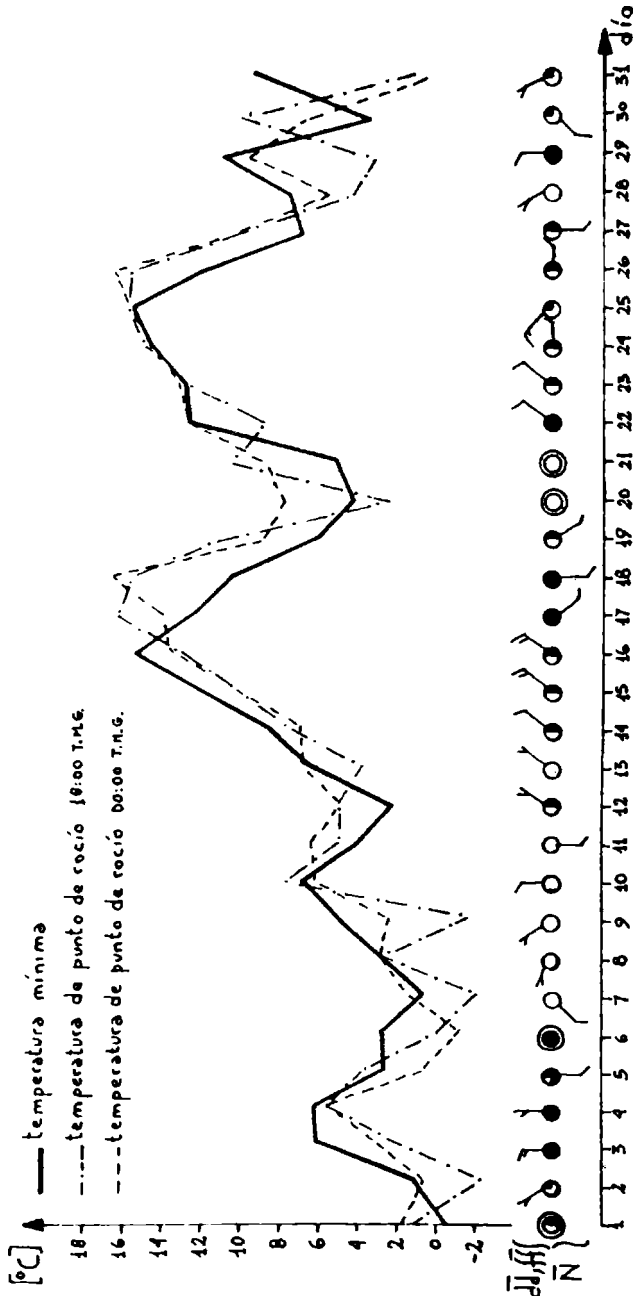


FIG. 6 MARCHAS MENSUALES DE LA TEMPERATURA MINIMA Y DE LA TEMPERATURA DE PUNTO DE ROCIO EN SUPERFICIE DE 18:00 Y 00:00 T.M.G. (JULIO 1970)

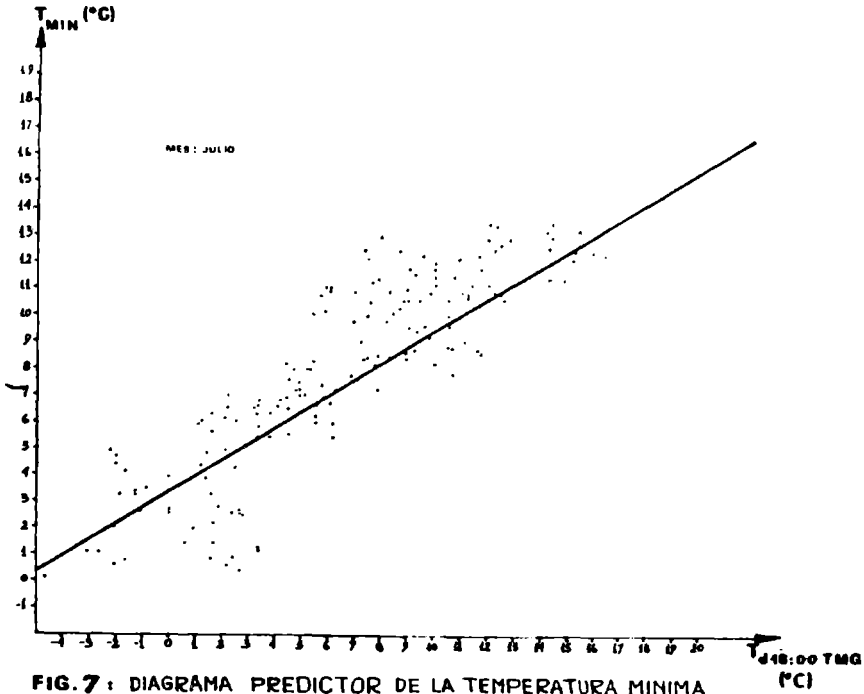


FIG. 7: DIAGRAMA PREDICTOR DE LA TEMPERATURA MINIMA EN FUNCION DE LA TEMPERATURA DE PUNTO DE ROCIO EN SUPERFICIE DE 18:00 T.M.G

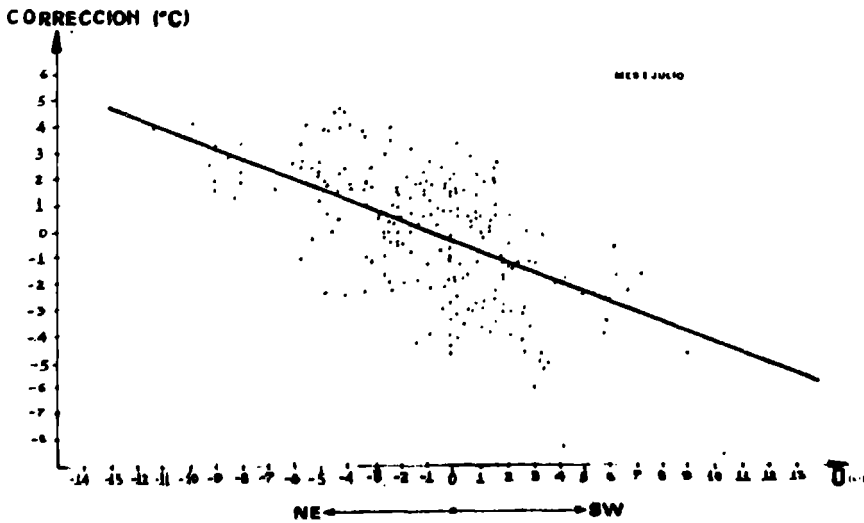


FIG. 8: DIAGRAMA DE CORRECCION DE LA TEMPERATURA MINIMA POR EFECTO DE LA COMPONENTE SW-NE MEDIA DEL VIENTO EN SUPERFICIE (0)

Predicando	Predictor	Coefficiente de correlacion (r)	Dispersión (s)
T _{min} *	T _d (18:00 T.M.G.)	0.75	2.8
T _{min} *	U	0.53	3.6
T _{min} *	N	0.36	3.9
T _{min} *	T _{min}	0.70	3.0
T _{min} *	T _d (00:00 T.M.G.)	0.85	2.5

TABLA 1

COEFICIENTE DE CORRELACION SIMPLE Y DISPERSION

Predicando	Predictores	Coefficiente de correlacion (r)	Dispersión (s)
T _{min} *	T _d (18:00 T.M.G.), U	0.86	2.2
T _{min} *	T _d (18:00 T.M.G.), N	0.76	2.8
T _{min} *	T _{min} , U	0.85	2.2
T _{min} *	T _{min} , N	0.72	2.9
T _{min} *	T _{min} , T _d (18:00 T.M.G.)	0.76	2.7
T _{min} *	T _d (00:00 T.M.G.), U	0.90	1.8
T _{min} *	T _d (00:00 T.M.G.), N	0.85	2.2
T _{min} *	T _{min} , T _d (00:00 T.M.G.)	0.85	2.2

Predicando	Predictores	Coefficiente de correlacion (r)	Dispersión (s)
T _{min} *	T _d (18:00 T.M.G.), U, N	0.88	2.0
T _{min} *	T _{min} , U, N	0.88	2.1
T _{min} *	T _{min} , T _d (18:00 T.M.G.), U	0.88	2.1
T _{min} *	T _{min} , T _d (18:00 T.M.G.), N	0.76	2.7
T _{min} *	T _d (00:00 T.M.G.), U, N	0.91	1.8
T _{min} *	T _{min} , T _d (00:00 T.M.G.)	0.90	1.8
T _{min} *	T _{min} , T _d (00:00 T.M.G.), N	0.85	2.2

TABLA 2

COEFICIENTE DE CORRELACION MULTIPLE Y DISPERSION - CUATRO VARIABLES -

TABLA 2
COEFICIENTE DE CORRELACION MULTIPLE Y DISPERSION
- TRES VARIABLES -

T_{min} * : temperatura mínima del día siguiente
 T_d (00:00 T.M.G.): temperatura de punto de rocío en superficie a las 18:00 T.M.G. (18:00 H.O.A.) del día
 U : componente SW-NE media del viento en superficie durante el período antes de producirse la temperatura mínima.
 N : cantidad media de cielo cubierto durante el período antes de producirse la temperatura mínima
 T_{min} : temperatura máxima del día
 T_d (00:00 T.M.G.): temperatura de punto de rocío en superficie a las 00:00 T.M.G. (21:00 H.O.A.) del día siguiente

TEMPERATURA MINIMA CALCULADA POR EL METODO (T_{min}')	INTERVALOS DEL ERROR [°C]	± 1	± 2	± 3
$T_{min}' = f(T_{d18:00 T.M.G.})$		23%	44%	65%
$T_{min}' = f(T_{d18:00 T.M.G.}, \bar{U})$		31%	59%	79%
$T_{min}' = f(T_{d18:00 T.M.G.}, \bar{U}, C_R)$		35%	62%	82%

TABLA 4

FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA DEL ERROR DE LA TEMPERATURA MINIMA CALCULADA POR EL METODO CON RESPECTO A LA TEMPERATURA MINIMA OBSERVADA

METODOS	INTERVALOS DEL ERROR [°C]	± 1	± 2	± 3
Persistencia		24%	48%	65%
Subjetivo (12:00 T.M.G.)		34%	53%	67%
Subjetivo (00:00 T.M.G.)		32%	61%	80%
$T_{min}' = f(T_{min}, \bar{U}, C_R)$		38%	61%	82%
$T_{min}' = f(T_{d18:00 T.M.G.}, \bar{U}, C_R)$		35%	62%	83%
$T_{min}' = f(T_{d00:00 T.M.G.}, \bar{U}, C_R)$		45%	71%	89%

TABLA 5

CUADRO COMPARATIVO DE LA FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA DEL ERROR DE LA TEMPERATURA MINIMA CALCULADA POR EL METODO CON RESPECTO A LOS METODOS DE PERSISTENCIA Y SUBJETIVO

