

MODELOS DE ESTIMACIÓN DE LAS TEMPERATURAS PROMEDIOS MENSUALES PARA LOS ESTADOS TÁCHIRA, MÉRIDA Y TRUJILLO, EN VENEZUELA.

HEIDY BARRERA A¹, BEATRIZ LOZADA GARCÍA²

¹Ing. Agrónomo. Investigador. Proyecto Agrometeorología. INIA. Táchira, Venezuela Teléfono: (0058276) 6510833, ydieh1881@hotmail.com.² Dra. Investigador IV. Agrometeorología. INIA. Táchira, Venezuela, blozada@inia.gob.ve

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 al 05 de julio de 2007 – Aracaju –SE

RESUMEN: La temperatura presenta una influencia determinante en todos los procesos fisiológicos del crecimiento y desarrollo que ocurren en las plantas, por eso la importancia de conocerla en todas las regiones agroproductivas del país, pero la escasez de estaciones en la red meteorológica de los estados Táchira, Mérida y Trujillo trae como consecuencia la poca disponibilidad de datos de temperaturas del aire que permitan realizar ese estudio de zonificación, riesgos agroclimáticos, entre otros, con la información adecuada. Considerando esa situación en estudio se planteó el objetivo de generar modelos de estimación de temperaturas promedios mensuales (máxima, mínima y media) de los estados Táchira, Mérida y Trujillo, utilizando como método, la regresión lineal múltiple, y considerando como variables independientes las coordenadas geográficas longitud, latitud y altitud. Se emplearon datos de 22 estaciones distribuidas en esos tres estados, correspondientes a la red meteorológica del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente de Venezuela. Los modelos obtenidos pueden ser utilizados con un amplio margen de confiabilidad ya que el índice de concordancia d varió entre 0,98 y 0,99, y la raíz del error cuadrado medio (RMSE) entre 1,12 °C y 1,9 °C.

PALABRAS CLAVES: regresión lineal, modelos, temperatura

ESTIMATION MODELS OF MONTHLY AVERAGE TEMPERATURE FOR THE TACHIRA, MERIDA AND TRUJILLO STATE IN VENEZUELA.

ABSTRACT: The temperature presents a decisive influence in all the physiologic processes of the growth and development that occur in the plants, for that reason the importance of knowing it in all the productive regions of the country, but the deficiency of stations in the meteorological net of the states Táchira, Merida and Trujillo results in the little availability of data of temperatures of the air that permit to formulate zoning studies, agroclimatic risks, among other, with the appropriate information. Considering that situation the objective in the study was generate models of estimate of temperatures monthly average (maxim, minimum and mean) of the states Táchira, Merida and Trujillo, using as method, the multiple lineal regression, and considering as independent variables the coordinates geographical longitude, latitude and altitude. Data of 22 stations were used distributed in those three states, corresponding to the meteorological net of the Ministry of the Popular Power for the Atmosphere of Venezuela. The obtained models can be used since with a wide margin of dependability the index of agreement d it varied between 0,98 and 0,99, and the root of the half square error (RMSE) between 1,120 °C and 1,955 °C.

Keyword: lineal regression, model, temperature

INTRODUCCIÓN: Entre los elementos del tiempo y el clima, la temperatura es uno de los más conocidos debido al efecto directo en los seres vivos y a las actividades realizadas por ellos, también por la facilidad de su medición. La temperatura del aire es la resultante de una serie de factores meteorológicos y geográficos, identificados en un instrumento determinado o por el valor promedio de un período largo (Campos, 2005). La temperatura presenta una influencia determinante en todos los procesos fisiológicos del crecimiento y desarrollo que ocurren en las plantas; existen cultivos que requieren de temperaturas específicas para sus diferentes etapas fisiológicas, de manera de mostrar óptimos rendimientos. Existen problemas para conocer datos de temperatura del aire debido a la escasez de redes de estaciones meteorológicas, trayendo como consecuencia la limitación de estudios agrometeorológicos y el insuficiente interés por estos temas. Los modelos para la estimación de las temperaturas máximas, mínimas y medias se han obtenido mediante el método de regresión lineal múltiple, utilizando las coordenadas geográficas; según Coelho (1973), Garabatos (1990) y Pereira *et al.* (2002) el uso de estas variables se basa en que la latitud representa la disponibilidad de radiación solar que incide en la superficie terrestre, la altitud genera la variación de presión y el enrarecimiento del aire y la longitud representa la proximidad a los océanos y de la continentalidad. Los estados Táchira, Mérida y Trujillo poseen una apreciable importancia en la producción agrícola del país, por lo cual se plantea como objetivo determinar los modelos para estimar las temperaturas promedios mensuales para éstos estados.

MATERIALES Y METODOS: Los estados en estudio fueron: Táchira, Mérida y Trujillo, los cuales ocupan un área aproximada de 29.200 Km², utiliza las 22 estaciones meteorológicas correspondientes al Ministerio del poder popular para el Ambiente (Tabla 1). Los datos de temperatura del aire y las coordenadas geográficas se emplearon para estimar los coeficientes lineares y angulares de las ecuaciones de regresión lineal múltiple del tipo:

$$Y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + \varepsilon$$

Donde:

Y es la temperatura estimada, en °C, x_1 es la altitud, en metros; x_2 es la longitud y x_3 es la latitud, expresadas en minutos; ε es el desvío entre los valores observados y estimados; y a , b , c , y d son los coeficientes de la ecuación. Esos coeficientes fueron determinados con los datos de 17 de las 22 estaciones meteorológicas consideradas en el estudio; y las cinco restantes se utilizaron para la validación de los modelos. (2146, 3134, 3161, 4063 y 8053). Se utilizaron los siguientes índices estadísticos con la finalidad de evaluar la relación entre los datos de temperatura del aire observados y estimados por los modelos: Raíz del Error Cuadrado Medio (RMSE) (Zacharias *et al.*, 1996) y el Índice de Concordancia (d) (Willmott, 1981). La finalidad de utilizar el RMSE en este estudio es de observar el tamaño del error derivado por el modelo, mientras que el índice de concordancia d constituye una medida del grado en que los datos estimados no presentan error; cuando el valor obtenido es $d = 1$ significa una concordancia entre los valores obtenidos y los estimados, por el contrario cuando es $d = 0$ es una total discordancia.

Tabla 1: Estaciones utilizadas en estudio con sus respectivas coordenadas geográficas.

Código	Estado	Estación	Altitud	Latitud	Longitud
2100	Trujillo	La Ceiba	2	9°28'21"	-71°03'58"
2132	Trujillo	Agua Viva	110	9°33'35"	-70°37'31"
2146	Trujillo	G. Monay	272	9°38'07"	-70°25'00"
3035	Mérida	El Vigía	130	8°36'27"	-71°37'47"
3040	Mérida	La Cuchilla	2280	8°38'00"	-71°21'10"
3061	Táchira	La Fria	95	8°14'26"	-72°15'55"
3072	Mérida	Mucubaji	3560	8°48'10"	-71°44'27"
3114	Mérida	Santo Domingo	2155	8°52'27"	-70°40'27"
3134	Mérida	Canagua	1560	8°08'08"	-71°26'25"
3141	Mérida	Tovar	952	8°20'30"	-71°44'40"
3161	Mérida	Los Plantíos	3878	8°49'11"	-70°47'05"
3170	Mérida	S. J. de Lagunillas	1050	8°30'40"	-71°21'14"
4030	Mérida	Punta Piedras	198	7°36'47"	-71°30'24"
4038	Mérida	San Cristobal	800	7°48'00"	-72°13'47"
4041	Táchira	Bramon-Esc	1105	7°39'22"	-72°23'40"
4063	Táchira	Las Adjuntas	560	7°46'20"	-72°25'25"
4072	Táchira	P. Zumbador	2570	7°46'20"	-72°25'25"
4083	Táchira	Puente Salon	475	7°35'08"	-72°10'35"
4086	Mérida	Las Bocas de Cup	220	7°41'00"	-72°26'00"
8052	Táchira	Caño Negro	151	8°29'58"	-71°50'50"
8053	Táchira	La Palmita	600	8°33'03"	-71°36'02"
9060	Táchira	El Paradero	1120	7°45'13"	-71°54'17"

RESULTADOS Y DISCUSIÓN: A través de los promedios de la temperatura máxima de todas las estaciones se observó que los valores máximos ocurren en el mes de Febrero con 26,0°C, disminuyendo en los meses siguientes, y aumentando progresivamente hasta un máximo secundario en Agosto (25,7 °C), mostrando la característica bimodal de la temperatura de esta región. El promedio de la temperatura mínima se observó que el menor valor fue en Enero (14,8 °C), aumentando en los meses siguientes para alcanzar el máximo en Mayo con 16,5 °C, a partir de éste mes los valores disminuyeron hasta temperaturas de 15,2 °C en el mes de Diciembre. Para la temperatura media mensual se observó el valor máximo en Mayo con 20,9 °C, seguido de Agosto y Septiembre, el mínimo en Diciembre 20,3 °C. Los modelos para la estimación mensual de las temperaturas, están formados por el coeficiente lineal a (intercepto), coeficiente d (latitud), coeficiente c (longitud) y el coeficiente b (altitud). Considerando la temperatura máxima el coeficiente a presentó valores que oscilaron entre 66,20 y 249,75 correspondientes a los meses Julio y Enero, respectivamente, para d se obtuvieron valores que variaron entre 0,010541317 y 0,04926412; para c se observaron valores que variaron entre positivos y negativos -0,01311789 y 0,02350032, y el coeficiente b se caracterizó por presentar poca variación con valores negativos entre -0,005800882 y -0,006659322. Los modelos para la temperatura mínima presentaron valores para a oscilando entre -70,6985 a 34,3367 (meses de Julio y Enero), para d valores que variaron entre -0,01827861 y 0,00347654, para c con valores positivos de 0,00545569 y 0,029560911. El coeficiente de b se caracteriza por ser principalmente negativo con poca variación con valores entre -0,005531985 y -0,005786899. Para la temperatura media se observó que el coeficiente a varió entre 142,04 y -2,24, para c valores principalmente positivos entre 0,026485967 y -0,003352329, para d valores de 0,02637033 a -0,00386865; y para el coeficiente b valores con poca variación entre 0,005759258 y -0,006134685. Los valores significativos de las temperaturas máximas, mínima y media correspondieron al coeficiente de Altitud. Los valores de los coeficientes a , b , c y d son similares en magnitud a los obtenidos por Lozada (2005) para modelos de estimación de los promedios diarios de las temperaturas mínima, máxima y medias para éstos estados. Los modelos obtenidos fueron evaluados con los datos independientes de cinco estaciones, con altitudes entre 150 a 3900 msnm. El análisis de regresión entre los valores observados y los estimados por los modelos demostraron la relación de proporcionalidad entre ellos, con R^2 variando de 0,96 a 0,98 y el coeficiente de Concordancia (d) entre 0,98 y 0,99. En el Error Cuadrado Medio el máximo valor generado en la estimación de las temperaturas máximas fue de 1,95°C y el mínimo de 1,12 °C, en las temperaturas mínimas los RMSE de los modelos mensuales fueron de 1,29°C y de las temperaturas medias el menor error fue de 1,19°C. Para el índice d se observaron valores que variaron entre 0,98 a 0,99, lo cual indica que los

estimados de los modelos están libres de errores. Por medio de los valores obtenidos de los índices d y RMSE, los modelos determinados permitirán estimar las temperaturas media mensual de las máximas, mínimas y media de la región Andina de Venezuela, con un mínimo de error. Para la temperatura máxima, mínima y media, se observa que generalmente existe una subestimación de las temperaturas, influyendo mayormente la altitud ya que cuando éste es mayor, la subestimación de temperaturas es predominante. En las temperaturas máximas se observa que para la altitud de 3878 msnm la subestimación ocurre en todo el año (Figura 1a), para 272 y 1560 msnm predomina la subestimación, con excepción de los meses de Mayo y Junio con temperaturas sobrestimadas (Figura 1e), de igual forma para Agosto-Septiembre (Figura 1b). Por el contrario en la altitud de 600 msnm todo el año el modelo sobrestima las temperaturas (Figura 1d), y para 560 msnm existe subestimación para los meses de Enero-Junio y los restantes meses se sobrestiman. (Figura 1c).

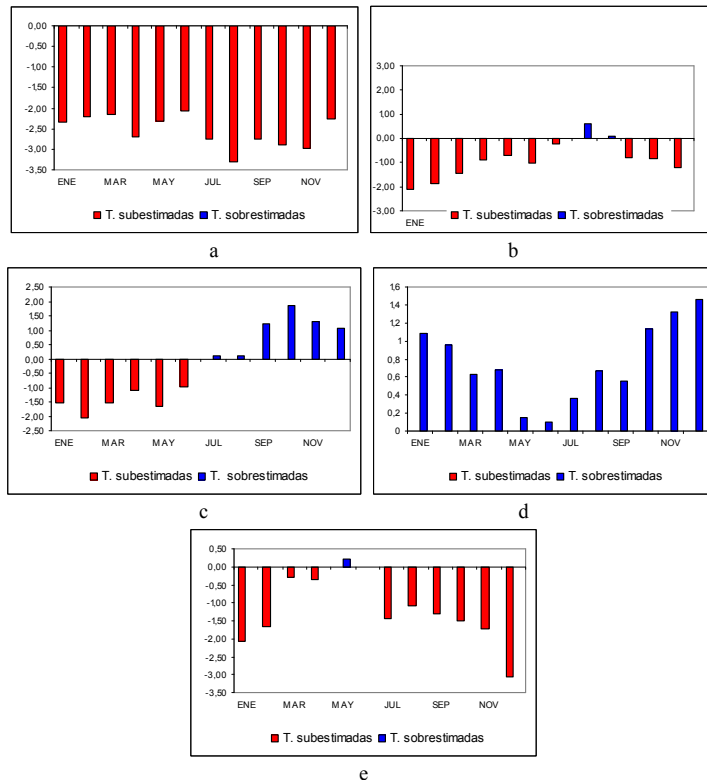


Figura 1 (a, b, c, d y e) Relación entre la temperatura máxima observada y la temperatura estimada considerando cinco estaciones meteorológicas de los estados Táchira, Mérida y Trujillo, Venezuela. En las temperaturas mínimas las estaciones con altitud de 3878 y 600 msnm las temperaturas son subestimadas durante todo el año (Figura 2a, 2d); para 1560 msnm existe sobrestimación de temperaturas en todos los meses (Figura 2b), y en 560 msnm la sobrestimación predomina excepto en Enero y Diciembre (Figura 2c). Para 272 msnm se observa que los meses Enero-Marzo, Agosto, Noviembre y Diciembre presentan temperaturas sobrestimadas y los restantes meses del año subestimados (Figura 2e).

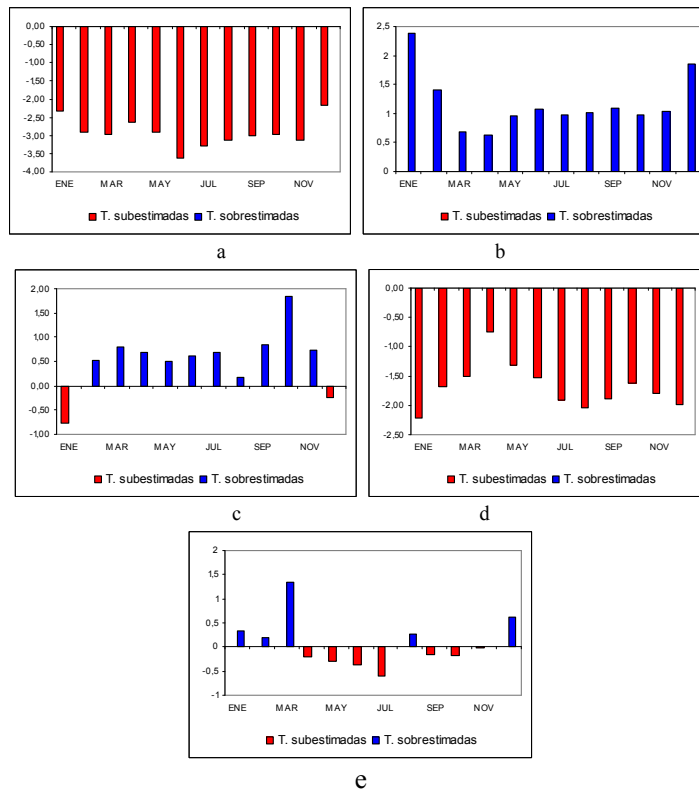


Figura 2: (a, b, c, d y e) Relación entre la temperatura mínima observada y la temperatura estimada considerando cinco estaciones meteorológicas de los estados Táchira, Mérida y Trujillo, Venezuela.

CONCLUSIONES: La regresión lineal múltiple es adecuada para la determinación de modelos de estimación de los promedios mensuales de las temperaturas máximas, mínimas y medias en regiones montañosas, con precisión y exactitud, además de la facilidad de su aplicación.

BIBLIOGRAFIA:

- Campos, D. **Agroclimatología Cuantitativa de Cultivos**. 1ra ed. México: Trillas, 2005. 45 p.
- Garabatos M. **Temas de Agrometeorología: Naturaleza de la Agrometeorología, Unidad de Agrometeorología**. Buenos Aires: CPIA/OGE, 1990. 97 p.
- Guevara, J. **Meteorología**. 2da ed. Caracas: CDCH. 2004. 377 p.
- Lozada, B. I. **Risco climático de ocorrência da requeima da batata na região dos Andes, Venezuela**. Tese (Doutorado). 132 p. 2005
- Pereira A.R., Angelocci, L.R. Sentelhas, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos y aplicaciones prácticas**. Piracicaba: Editora Agropecuária, 2002. 478p.