

MODELOS DE ESTIMACIÓN DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS DE LA MÍNIMA, MÁXIMA Y MEDIA DIARIA PARA LA REGIÓN ANDINA DE VENEZUELA

Beatriz Ibet Lozada G¹, Paulo César Sentelhas²

ABSTRACT – Weather data, mainly air temperature, are indispensable for studies with crop yield and plant disease models. Due the lack of air temperature data in the Andean region of Venezuela, this study was conducted for generating daily models to estimate the average air temperature (minimum, maximum, and average), using multiple linear regression. The models presented high coefficients of determination, greater than 0.90, in most of the cases when tested with independent data. The predictions were free of significant error, with high values of agreement index (d between 0.98 and 1.00) and small values of RMSE, around 0.03.

INTRODUCCIÓN

La región andina se caracteriza por presentar diversos regímenes climáticos producto de la existencia de la Cordillera de los Andes, que produce una amplia variación de la altitud, que va desde 2 msnm hasta aproximadamente 4000 msnm. Siendo esta región responsable por gran parte de la producción hortícola del país, se requiere conocer estos diferentes regímenes desde el punto de vista agrícola. Dentro de los elementos meteorológicos la influencia de la temperatura es muy amplia, ya que determina casi totalmente las especies que pueden ser cultivadas en una región, afecta la producción, la duración del ciclo y la presencia de enfermedades y plagas.

Ferreira et al. (1974) e Feitoza et al. (1979) resaltan que los diversos estudios agrícolas requieren del conocimiento de las temperaturas medias mensuales, señalan lo imprescindible del conocimiento de las condiciones térmicas regionales para la zonificación de la adaptación climática de los cultivos agrícolas. Algunos de los problemas para la realización de estos estudios o el uso de modelos, son la inexistencia de los datos, debido principalmente a la falta de estaciones meteorológicas, fallas en las series o que estas son muy cortas. Algunos autores (Coelho et al. 1973, Ferreira et al. 1974; Feitoza et al. 1979) han realizado estimaciones de las temperaturas mensuales y anuales correlacionándolas con factores geográficos como: latitud, longitud e altitud, encontrando correlaciones superiores al 0,86 e coeficientes de regresión significativos al 1%.

Coelho et al. (1973) mencionan que la distribución de calor del globo terrestre, esta influenciado por además de la latitud que determina la cantidad de radiación solar recibida, por la distribución de los mares, tierras, la proximidad de las costas y por la altitud. En este sentido, Estefanel et al. (1973) señalan que existe un efecto diferenciado en función de la época del año, siendo verificado que el ajuste en los meses de frío es menor que los valores estimados en la parte continental y en los fondos de los valles son subestimados, y ocurre lo contrario con las regiones más altas. Los elevados coeficientes obtenidos por los autores citados permiten el uso de los modelos para estimar las temperaturas de cualquier otro lugar de la

región, basados en esos factores geográficos. Actualmente estos requerimientos de información climática son a escala diaria, los cuales permitirían el uso de los diferentes modelos de previsión de enfermedades o de producción. En función de lo anterior y debido a la carencia de estaciones meteorológicas en la región andina venezolana, son presentados en este estudio modelos de estimación de la temperatura media diaria, para proveer información imprescindible para estudios de riesgos de enfermedades, plagas y modelos de producción de rendimiento de los cultivos.

MATERIAL Y MÉTODOS

La región en estudio esta constituida por los estados Táchira, Mérida y Trujillo, con un área aproximada de 29.200 km², las 22 estaciones consideradas se encuentran distribuidas en toda la región, y pertenecen al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, las series presentan períodos variables (Tabla 1).

Tabla 1. Localización de las estaciones climatológicas

Estação	Nome	Altitud (m)	Latitud (min)	Longitud (min)
2100	La Ceiba	2	568,3500	-4263,9667
2132	Agua Viva	110	573,5833	-4237,5167
2146	G. Monay	272	578,1167	-4225,0000
3035	El Vigía	130	516,4500	-4297,7833
3040	La Cuchilla	2280	518,0000	-4281,1667
3061	La Fria	95	494,4333	-4275,9167
3072	Mucubaji	3560	528,1667	-4304,4500
3114	Santo Domingo	2155	532,4500	-4240,4500
3134	Canagua	1560	488,1333	-4286,4167
3141	Tovar	952	500,5000	-4304,6667
3161	Los Plantios	3878	529,1833	-4247,0833
3170	S. J. de Lagunillas	1050	510,6667	-4281,2333
4030	Punta Piedras	198	456,7830	-4290,4000
4038	San Cristoval	800	468,0000	-4333,7830
4041	Bramon-Esc	1105	459,3667	-4343,6667
4063	Las Adjuntas	560	466,3333	-4345,4167
4072	P. Zumbador	2570	479,0667	-4325,7500
4083	Puente Salon	475	455,1333	-4330,5833
4086	L B. de Cuparo	220	461,0000	-4346,0000
8052	Caño Negro	151	509,9667	-4310,8333
8053	La Palmita	600	513,0500	-4296,0333
9060	El Paradero	1120	465,2167	-4314,2833

Se estimaron ecuaciones de regresión por el método de regresión múltiple (paso a paso) con el uso del software STATISTIC, siendo estas ecuaciones de la forma:

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

donde Y sería la temperatura estimada en grados Celsius, x_1 la altitud en metros, x_2 la longitud y x_3 la latitud expresadas en minutos. Las estaciones 2146, 3134, 3161, 4063 y 8053 (tabla 1) fueron seleccionadas para realizar los testes de ajuste de los modelos, no siendo, por tanto, usados para generar los coeficientes de las ecuaciones. Se aplicaron los índices de bondad de ajuste Raíz del Error Medio Cuadrado (RMSE) y el índice de concordancia (d) a los modelos generados.

¹ Depto. de Ciências Exatas (DCE), E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP, Brasil / Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), CIAE Táchira, Bramón, Venezuela (bilqarci@esalq.usp.br, blozada@inia.gov.ve)

² Depto. de Ciências Exatas (DCE), E.S.A. "Luiz de Queiroz", Univ. de São Paulo, CP 09, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil. (pccsentel@esalq.usp.br)

Se seleccionó el índice RMSE por que permite conocer el tamaño del error producido por el modelo, y el índice (d) es una medida del grado en que los datos estimados por el modelo están libres de error, no representa una medida de correlación o asociación, varía de 0 a 1, valores de 1 indican una perfecta concordancia entre los valores observados y los estimados, y valores de 0 significan total discordancia. (Willmott, 1981)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Se obtuvieron valores del coeficiente de determinación (R^2) elevados, que variaron entre 0,90 y 0,99 para las temperaturas medias y mínimas, con algunos casos donde los valores fueron menores y en el caso de la temperatura máxima estos variaron entre 0,69 y 0,96; los valores menores se presentaron en el primer semestre. Estos resultados indican que los modelos diarios obtenidos representan con precisión los valores observados tanto de las temperaturas extremas como la media. Estos resultados son similares en magnitud a los encontrados por Estefanel et al. (1973), Feitoza et al. (1980), Ferreira et al. (1974), para las condiciones de Brasil e temperaturas mensuales y anuales.

La intercepción (coeficiente a) presentó la mayor amplitud en la variación, con valores que oscilaron entre -400 y 400 . Para las temperatura mínimas la mayoría de los valores de a están en el orden de 20, para la temperatura media se observó que en el período de enero a marzo a es superior a 100, durante los meses de abril a mayo presentan valores próximos a 10 y superiores a 100 indistintamente, ya para la temperatura máxima los valores se encuentran próximos a 200 durante casi todo el año y con menor variación.

El coeficiente b (altitud) presentó en las tres temperaturas valores con una variación muy pequeña a lo largo del año, con semejante orden de magnitud ($-0,005$ y $-0,006$). Estos valores representan que para cada variación de 1000 m en la altitud la temperatura media sufrirá decrecimientos entre 5 y 6 °C, los cuales se encuentran próximos al gradiente adiabático medio.

Los coeficiente c (longitud) y d (latitud) presentaron diferentes comportamientos para cada temperatura. En el caso de la temperatura media ambos mostraron valores positivos y de magnitudes similares. Durante los meses de diciembre a mayo influye la longitud y en el resto del año es principalmente la latitud. En la temperatura mínima los dos factores influyen a lo largo del año, la longitud con valores negativos próximos a cero (0) y la latitud con

valores positivos. Nuevamente se observa en la temperatura máxima que los factores latitud y longitud presentan magnitudes similares. En este caso la latitud solo influye en los meses de mayo a agosto.

Considerando que la latitud influencia la distribución de calor en la tierra (Coelho et al. 1973) eso puede explicar la influencia diferenciada de la latitud en las temperaturas mínimas y máximas. En la temperatura mínima no se observó la influencia de la latitud durante los meses de diciembre a abril, período en el cual el sol se encuentra en su posición mas al sur, por tanto el hemisferio norte se encuentra en el invierno astronómico. El caso contrario sucede con las temperaturas máximas durante los meses de mayo a agosto, cuando el sol está más próximo del hemisferio norte, o sea el verano astronómico.

Los valores del índice d mostraron que existe una perfecta concordancia entre las temperaturas estimadas por los modelos y las observadas, dado que sus valores variaron de 0,98 a 1,00 (Figura 1) indicando que las predicciones de los modelos están libres de error significativos. Esto se confirma con los valores del RMSE los cuales fueron menores al 0,03 en las tres temperaturas.

En función de los elevados valores de los coeficientes de correlación y determinación, así como los valores de los índices d y RMSE, estos modelos permitirán estimar la temperatura media diaria de la región con un alto nivel de confianza.

REFERENCIAS

- Coelho, D., Sedyama, G., Vieira, M. Estimativa das temperaturas médias mensais e anais no estado de Minas Gerais. Rev. Ceres, v. 20, n. 112, p. 455-459, 1973.
- Estefanel, V., Ferreira, M., Buriol, G.A., Pinto, H.S. Estimativa das médias das temperaturas mínimas mensais e anais do estado do Rio Grande do Sul. Rev. Centro Ciências Rurais, v. 3, n. 1-4, p. 1-20, 1973.
- Feitoza, M., Scárdua, J.A., Sedyama, G., Valle, S.S. Estimativa das médias das temperaturas mínimas mensais e anais do estado do Espírito Santo. Rev. Centro Ciências Rurais, v. 10, n. 1, p. 15-24, 1980.
- Ferreira, M., Buriol, G.A. Pignatano, I.A. Estimativa das temperaturas médias mensais e anais do estado do Santa Catarina. Rev. Centro Ciências Rurais, v. 4, n. 1, p. 19-38, 1974.
- Willmott, C.J. On the validation of models. Physical Geography. v. 2, n. 2, p. 184-194. 1981.

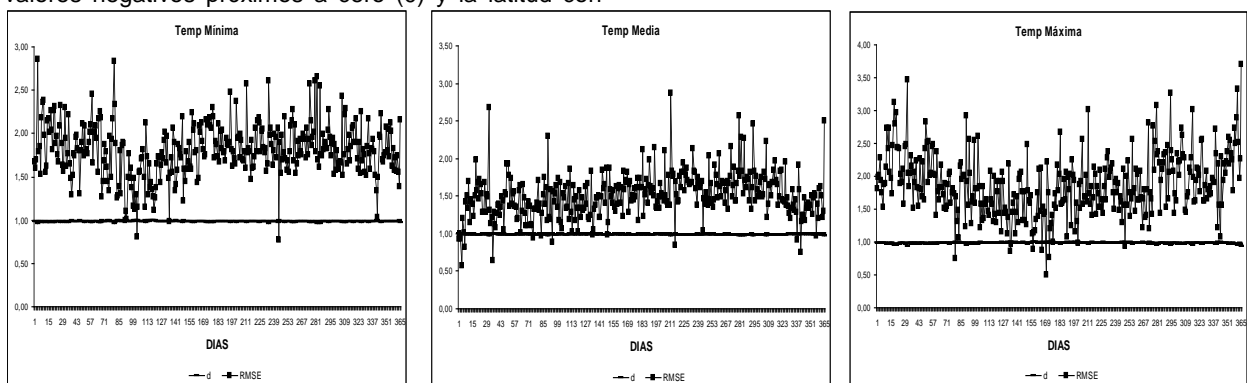


Figura 1. Valores de los índices d y RMSE para los modelos diarios de estimativa de las temperaturas (Temp) mínimas, máximas y medias diaria.