

MODELO DE TEMPERATURAS HORARIAS PARA EL CÁLCULO DE UNIDADES DE ENFRIAMIENTO

Fernández Long, María E., R. Hurtado y G. Murphy¹

INTRODUCCIÓN

Los modelos matemáticos que simulan el crecimiento y desarrollo de los cultivos son una valiosa herramienta tanto para el productor como para los investigadores. Las especies frutales caducifolias regulan su fenología y producción con la acumulación de frío durante el período de reposo invernal, cuantificada a través de las horas de frío o de las Unidades de Enfriamiento propuestas por Richardson (1974).

Tanto para calcular horas de frío como unidades de enfriamiento, es necesario el conocimiento de las temperaturas horarias, las cuales son muy difíciles de obtener ya que son pocas las estaciones meteorológicas que cuentan con este tipo de información, sin embargo en la mayoría se hacen observaciones de temperatura máxima y mínima diaria.

Numerosos autores han trabajado ya en la simulación de valores horarios de temperatura para diferentes regiones. Algunos describen la onda térmica diaria a través de funciones lineales (Anderson y Seeley, 1992) otros a partir de funciones sinusoidales (Lu y Siebenmorgen, 1993), o mediante la combinación de funciones sinusoidales y exponenciales (Parton y Logan, 1981, Linvill, 1990).

En función de los valores horarios estimados de temperatura se han calculado horas de frío y unidades de enfriamiento en distintas regiones y evaluado distintos métodos (Beltrán et. al. 1996, Linsley- Noakes et. al. 1995, Damario y Rodríguez 1991, Alonso et. al. 2001).

El objetivo de este trabajo es encontrar un modelo empírico que responda a las variaciones diarias de la temperatura, con la finalidad de calcular Unidades de Enfriamiento diarias con el menor error posible.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos de temperatura horaria, máximos y mínimos diarios, de las estaciones meteorológicas de Córdoba, Rosario y Resistencia (Cuadro N° 1), para el período 1976-1985 y 1991-2003; cedidos por el Servicio Meteorológico Nacional (Cuadro N° 1).

Cuadro N°1. Estaciones utilizadas.

	Latitud	Longitud	Altura (m)
Córdoba	31° 19' S	64° 13' W	474 m
Rosario	32° 55' S	60° 47' W	25 m
Resistencia	27° 27' S	59° 03' W	52 m

La metodología propuesta se basa en la diferente duración de los períodos de incremento y disminución diarios de la temperatura, considerando que el tiempo transcurrido entre la mínima y la máxima es de 8 horas, mientras que el lapso entre la máxima y la mínima subsiguiente es de 16 horas, suposición válida entre los meses de mayo y agosto, variando levemente en septiembre; período en el cual se hizo el estudio, por ser el lapso de reposo invernal de los frutales criófilos.

Se dividió al día en tres partes de 8 horas cada una, el primer período se calculó en función de la temperatura máxima del día anterior y de la temperatura mínima del día considerado, suponiendo una disminución casi lineal. El segundo período se calculó en función de la temperatura mínima y máxima del día considerado, con una corrección hora a hora, basada en la amplitud diaria.

Por último el tercer período se calculó en función de la temperatura máxima de ese día y la mínima del día siguiente, corregida por la diferencia de ambas temperaturas. Por razones de espacio no se muestran las ecuaciones, que en caso de interés pueden solicitarse a los autores.

El modelo se realizó con los datos de Córdoba del período 1976-1985 y se lo validó con el período siguiente 1991-2003; luego se lo aplicó a los datos de Rosario y Resistencia para ver la validez regional del mismo. Para verificar la confiabilidad del modelo se calculó la pendiente de la regresión entre la temperatura media mensual estimada y la temperatura media mensual observada, la ordenada al origen y el coeficiente de correlación para cada mes del período estudiado.

RESULTADOS

La figura 1 muestra los valores medios de temperaturas horarias estimadas y observadas para la localidad de Córdoba en los años 1991-2003; período utilizado para validar el modelo; donde se observa el buen ajuste del mismo cuando se trabaja en la zona para la cual fue realizado.

La figura 2 muestran el funcionamiento del modelo en la localidad de Rosario; donde se observa el excelente ajuste en el período diurno, con un ligero apartamiento durante la noche, efecto que puede deberse a la mayor humedad disponible en la región que atenúa la disminución de la temperatura nocturna debido al aumento de la contra-radiación atmosférica.

La figura 3, correspondiente a Resistencia, muestra un muy buen ajuste, salvo a partir de la salida del Sol, durante la primera parte de la fase de calentamiento diurno que presenta una leve subestimación de la información, debida a la mayor velocidad de calentamiento de la zona asociada a la menor latitud y su correspondiente aumento de radiación incidente.

Por otro lado, se tomaron días al azar para verificar la bondad del ajuste, observando que en general el modelo simula muy bien la temperatura horaria, siempre y cuando la temperatura mínima ocurra en las horas de la mañana, como es la generalidad de los días, y se aparta de la realidad en los casos que la mínima ocurre excepcionalmente en las horas de la tarde debido, por ejemplo, al pasaje de un frente frío muy fuerte en esas horas que supera al efecto radiativo generador de la onda diaria, caso poco común.

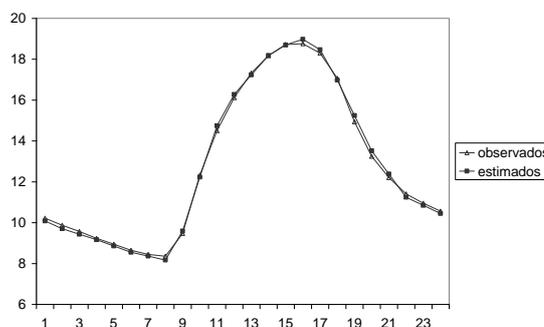


Figura 1. Valores observados y estimados de temperatura media horaria para la localidad de Córdoba, período 1991-2003.

¹ Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas. Facultad de Agronomía. UBA., flong@agro.uba.ar

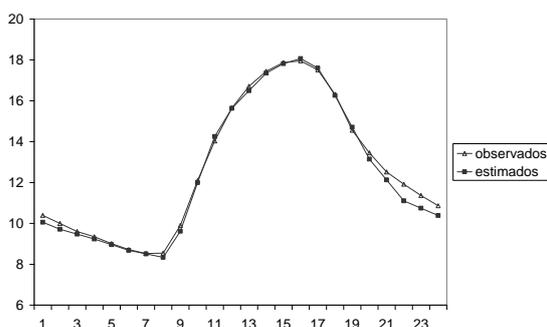


Figura 2. Valores observados y estimados de temperatura media horaria para la localidad de Rosario.

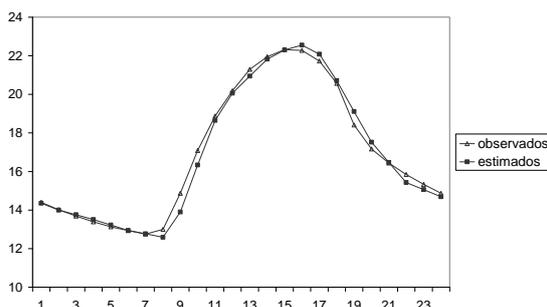


Figura 3. Valores observados y estimados de temperatura media horaria para la localidad de Resistencia.

En el Cuadro N° 2 se presentan los valores de la pendiente y la ordenada al origen de la recta generada por los valores estimados en función de los observados y el coeficiente de correlación asociado para las tres localidades estudiadas en los meses de mayo a septiembre. Donde puede verse que si bien Córdoba es la que presenta el mejor ajuste, es factible la utilización del modelo a zonas como Resistencia y Rosario.

El mes de septiembre siempre es el que se aleja mas de la realidad, debido a que la duración del día comienza a variar rapidamente haciendo que el período de calentamiento pase de 8 a 9 horas aproximadamente, efecto que no es tenido en cuenta por el modelo y que deberá ser considerado para un mejor ajuste así como para extender el uso del mismo a localidades ubicadas a mayor latitud.

Cuadro N° 2. Coeficientes de validación del modelo para las tres localidades utilizadas y para los cinco meses en estudio.

a)

Córdoba	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.
Pendiente	1,03	1,03	1,01	1,02	1,00
Ordenada	-0,4	-0,1	0,0	-0,3	-0,2
r2	0,996	0,993	0,995	0,998	0,990

b)

Rosario	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.
Pendiente	1,03	1,06	1,02	1,01	0,98
Ordenada	-0,4	-0,8	-0,3	-0,3	-0,1
r2	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98

c)

Resistencia	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.
Pendiente	1,00	1,05	1,03	1,00	0,99
Ordenada	-0,1	-0,8	-0,5	-0,1	-0,2
r2	0,98	0,99	0,99	0,99	0,98

CONCLUSIONES

- El modelo tiene un excelente ajuste para la zona de Córdoba, lugar para el cual fue realizado.
- Puede aplicarse a otras localidades de similar latitud, comenzando a bajar la bondad de ajuste en función de otros factores que afectan a la temperatura.
- Entre los meses de mayo y agosto el ajuste es muy bueno comenzando a apartarse a partir de septiembre, debido al corrimiento de la hora de máxima temperatura hacia la tarde.
- Debido a la confiabilidad del modelo, el mismo puede utilizarse para el cálculo de horas de frío y unidades de enfriamiento en el período de reposo invernal.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Servicio Meteorológico Nacional por haber facilitado la información meteorológica para realizar este trabajo.

Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto UBACYT G69, 2004-2007.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso M. R.; R. O. Rodriguez y S. G. Gomez. 2001. La utilización de las temperaturas máxima y mínima diarias para la estimación de la disponibilidad de horas de frío. *Rev. Fac. Agronomía*, 21(3):261-264.
- Anderson, J. L. and S. D. Seeley. 1992. Modeling strategy in pomology development of the Utah models. *Acta Horticulturae* 313:297-307.
- Beltrán A.; E. A. Damarío y A. J. Pascale. 1997. Comprobación de un método para la estimación de unidades de enfriamiento de Richardson para estudios agroclimáticos. 7ma Reunión Argentina y 1ra. Latinoamericana de Agrometeorología. *Acta*, (I):69-70.
- Damarío E. A. y R. Rodríguez. 1991. Método para estimar valores agroclimáticos de "Unidades de Frío". *Rev. Fac. Agronomía*, 12(3):253-263.
- Linsley-Noakes G. C.; M. Louw and P. Allan. 1995. Estimating daily positive Utah chill units using daily minimum and maximum temperatures. *J. S. Afr. Soc. Hort. Sci.* 5(1):19-23.
- Linville, D. E. 1990. Calculating chilling hours and chill units from daily maximum and minimum temperature observation. *HortScience* 25, 14-16.
- Lu, R. And T. J. Siebenmorgen. 1993. Modeling rice field moisture content during the harvest season. Part I. Model development. *Transactions of the ASAE* 37(2):545-551.
- Parton, W. J. and J. A. Logan. 1981. A model for diurnal variation en soil and air temperature. *Agric. Meteorol.*,23:205-216.
- Richardson, E. A.; S. D. Seeley and D. R. Walker. 1974. A model for estimating the completion of rest for "Redhaven" an "Elberta" peach trees. *HortScience* 9, 331-332.