



## COMPARACIÓN DE CINCO MÉTODOS DE CÁLCULO DE GRADOS-DÍA DE DESARROLLO PARA EL CULTIVO DE LIMA PERSA EN MARTÍNEZ DE LA TORRE, VERACRUZ

Enrique Mejía Campos<sup>1\*</sup>; Ronald Ernesto Ontiveros Capurata<sup>2</sup>; Raúl Berdeja Arbeu<sup>3</sup>; Alberto González Sánchez<sup>4\*</sup>; José Antonio Quevedo Tiznado<sup>4</sup>; Augusto Omar Villa Camacho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Maestría en Ciencias y Tecnología del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, C.P. 62550. México.

enriquemejia campos@gmail.com – 2311475469 (\*Autor de correspondencia)

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac Núm. 8532. 62550. Jiutepec, Morelos, México.

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería Agrohidráulica. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Av. Universidad s/n, Ciudad San Juan Acateno. 73965 Teziutlán, Puebla, México.

<sup>4</sup>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Coordinación de Riego y Drenaje. Paseo Cuauhnáhuac Núm. 8532. 62550. Jiutepec, Morelos, México.

### Resumen

La estimación precisa con datos de temperatura horaria de los grados-día de desarrollo (GDD), constituye una valiosa herramienta para predecir etapas fenológicas de cultivos y plagas y poder planificar las prácticas culturales como fertilización, control de plagas y cosecha entre otras con base en los requerimientos térmicos de cada especie. Este cálculo requiere de datos de temperatura horarios que frecuentemente no están disponibles, por lo que el presente trabajo tuvo el objetivo de comparar los valores de GDD del método horario con métodos alternativos (promedio, promedio modificado, triangulación y seno) que utilizan temperaturas máximas y mínimas diarias. La comparación se hizo mediante regresión lineal con lo que se obtuvieron ecuaciones que permiten aproximar los métodos alternativos al método horario. La media diaria de GDD para el método horario fue de 13.8, 15.3 para el método de triangulación, y 15.4 a 15.5 para los demás métodos. De los métodos utilizados, el que más se ajusta al método horario es el de triangulación, con una diferencia con el horario de 231.3 GDD, un  $R^2$  de 0.76, error típico de la media (ETM) de 0.162 GDD y raíz del error cuadrático medio (RECM) de 0.996 GDD. Mientras que los otros métodos representan una diferencia de entre 267.7 a 255.6 GDD respecto al horario. Por lo anterior se concluye que es el más adecuado para aproximarse al método horario en caso de no contar con datos horarios de temperatura y puede usarse para planificar mejor las labores culturales en el cultivo de lima persa.

**Palabras claves:** Método horario, temperatura umbral de desarrollo, GDD *Citrus*



## Introducción

La tasa de desarrollo de las plantas depende de la cantidad de calor que reciben, asumiendo que ningún otro factor, como por ejemplo el agua es limitante (Hardy y Khurshid, 2021). La temperatura base o umbral inferior de desarrollo para una especie ( $T_i$ ) establece el límite por debajo de la cual se detiene el desarrollo. La cantidad de calor requerida para completar el desarrollo de un organismo se denomina tiempo fisiológico, y es constante, sin importar la fluctuación de las temperaturas. El tiempo fisiológico se mide en grados-día de desarrollo (GDD). Un grado-día es igual a un grado por encima de la temperatura umbral inferior de desarrollo en un periodo de 24 horas (Zalom *et al.*, 1983). Los GDD describen el efecto de la temperatura en la tasa de desarrollo de las plantas y relaciona la tasa de desarrollo de forma lineal con las temperaturas superiores a  $T_i$ , a la cual y por debajo de la cual se detiene el desarrollo. En algunas aplicaciones del procedimiento GDD, se introduce la temperatura umbral superior ( $T_s$ ), y por encima de ésta, la tasa de desarrollo permanece constante (Ruml *et al.*, 2021).

Existe un rango de temperatura óptimo para el crecimiento de cada especie. Para los cítricos, el rango de temperatura óptimo para el crecimiento es de 13 a 35 °C. (Hardy y Khurshid, 2021). Las variaciones de las temperaturas a lo largo del año detienen o reanudan la actividad vegetativa de la planta y dan lugar a la floración, fructificación y maduración de frutos. De 8 a 10° C la planta inicia el periodo de letargo, de 11 a 12°C se interrumpe el crecimiento de raíces y ramillas, de 13 a 14° C las raíces y ramillas entran en actividad, entre 20 y 25°C se encuentra la temperatura óptima para la maduración de los frutos y de 30 a 35° el exceso de calor provoca latencia estival (Medina, 1997). La temperatura acumulada por encima del umbral fisiológico de los árboles de cítricos (12.5 °C) es el factor decisivo en la tasa de crecimiento (Mendel, 1968). Para naranjas y mandarinas se utiliza como temperatura base 12.5°C (Rivadeneira, 2012). En el caso de las naranjas, el crecimiento y desarrollo de raíces, brotes y frutos se ralentiza considerablemente por debajo de los 13°C (Bevington y Castle, 1986). Las temperaturas favorables para el desarrollo de los cítricos son:  $T_i$  de 12.5 a 13 °C, temperatura óptima de 23 a 34°C y  $T_s$  de 37 a 39°C (Sharma *et al.*, 2017). Según Micheloud *et al.* (2017), la acumulación térmica a más de 13°C resultó útil para predecir el inicio de la brotación de *Citrus*.

Debido a que cada especie requiere un número definido de GDD para completar su desarrollo, es necesario conocer los GDD acumulados desde una fecha de inicio. La fecha para comenzar a acumular GDD, conocida como punto de biofijo, varía según la especie. Los puntos de biofijo generalmente se basan en eventos biológicos específicos, como la fecha de siembra, la primera captura en una trampa para muestreo de plagas y la primera aparición de una plaga (Zalom *et al.*, 1983). El concepto de unidades de calor se utiliza en estudios fenológicos como la predicción de las fechas de siembra y cosecha, el rendimiento del cultivo, la duración de los estadios de la planta y el estado de madurez (Elnesr y Alazba, 2016).

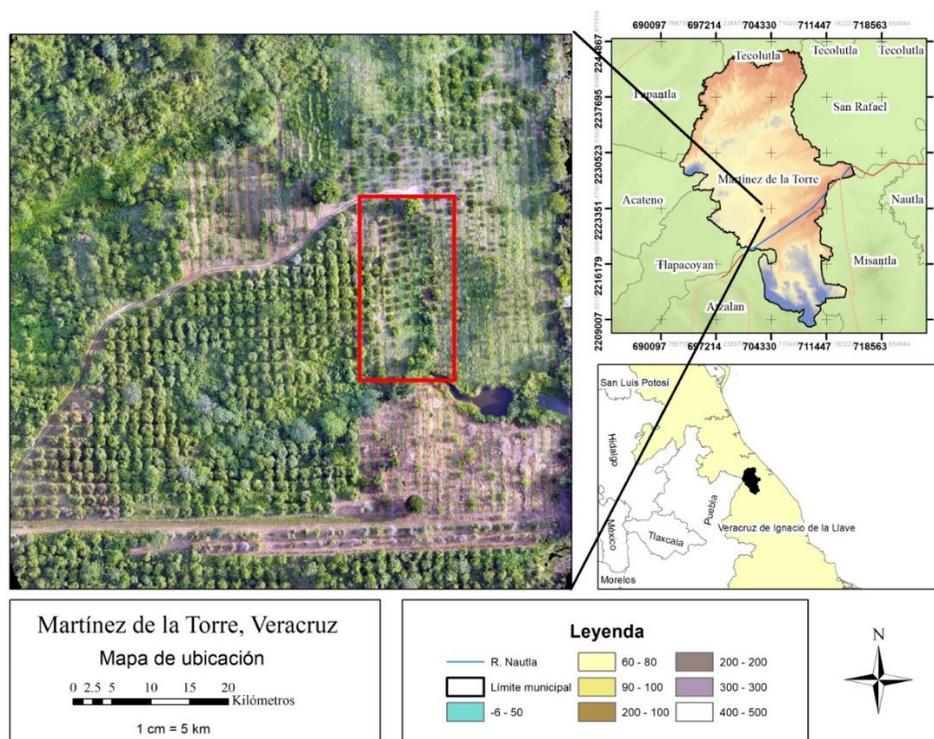
A medida que los intervalos temporales en los que se toman medidas de temperatura disminuyen, la precisión del cálculo de GDD aumenta. (Wilson y Barnett, 1983). Por lo

anterior el objetivo de este trabajo fue estimar los GDD mediante cuatro métodos alternativos al método horario y compararlos con dicho método, para el cultivo de lima persa, en el municipio de Martínez de la Torre, Veracruz. Esta información será de gran utilidad para los productores de lima persa de la región, por que servirá de apoyo para una mejor planificación de las prácticas culturales como riego, fertilización, control de plagas y cosecha.

## Materiales y Métodos

### Ubicación

El estudio se llevó a cabo en el Rancho 'San Antonio' ubicado en el municipio de Martínez de la Torre, Veracruz, a 86 metros de altitud sobre el nivel del mar, en las coordenadas 20° 5' 33.41" de latitud Norte y 97° 3' 24.46" de longitud Oeste. La zona presenta un clima cálido húmedo, con lluvias todo el año, temperatura media anual de 22 a 26 °C y precipitación media anual de 1,900 a 2100 mm (INEGI, 2021).



**Figura 1.** Mapa de ubicación.

### Fuente de datos

Se utilizó un sensor de temperatura marca HOBO, modelo MX2301A (Figura 2). El sensor se instaló en un árbol de lima persa dentro de la huerta y fue configurado para tomar

registros de temperatura mínima, máxima y humedad relativa cada hora, desde el 17 de abril al 13 de octubre de 2022.



Figura 2. Sensor HOBO MX2301A.

### Metodología

A continuación, se muestra en la figura 3 la secuencia de pasos que refleja el procedimiento utilizado para la elaboración del presente trabajo.

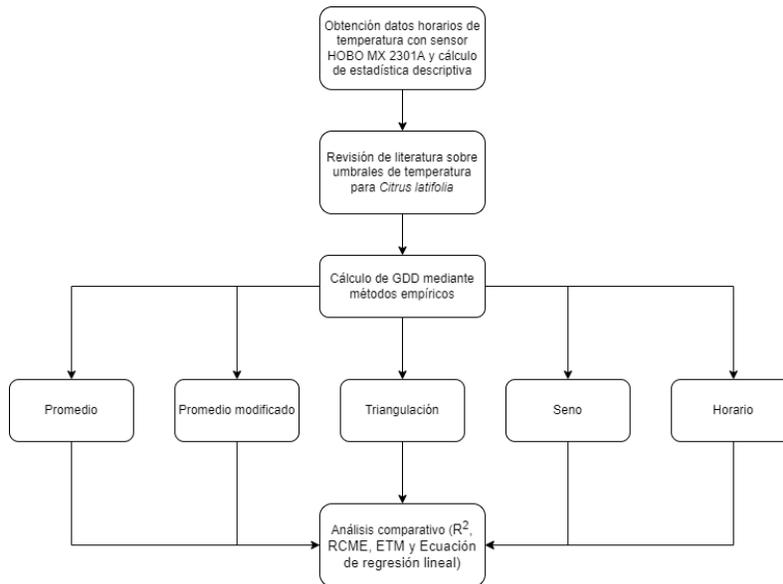


Figura 3. Flujograma que muestra la metodología del estudio.

## Obtención de datos con el sensor HOBO y estadística descriptiva

El sensor HOBO modelo MX2301A está equipado con Bluetooth, para descargar los registros horarios en formato .xls o .csv. a un dispositivo móvil. Posteriormente se usó Microsoft Excel para convertir los datos obtenidos de temperatura máxima y mínima, de horarios a diarios, que son requeridos para el cálculo de GDD mediante los métodos alternativos al horario. A esta información se le calculó su estadística descriptiva, que consiste en cálculo de valores máximo, cuartiles, mínimo, media, mediana, varianza y desviación típica utilizando Microsoft Excel.

## Cálculo de Grados-Día de Desarrollo diarios (GDD) y acumulados (GDDA)

El método horario (Hor) fue utilizado como referencia y se calcula mediante la ecuación mostrada en el cuadro 1. Asimismo, se muestran las ecuaciones empleadas para el cálculo de GDD usando datos diarios mediante los métodos de: promedio (Pro), promedio modificado (ProM), triangulación (Tri) y seno (Sen).

**Cuadro 1.** Métodos utilizados para el cálculo de GDD

Método	Ecuación	Referencias
<b>Hor</b>	$GHD = \begin{cases} T_h - T_i & T_h \leq T_s \\ T_s - T_i & T_s < T_h \end{cases}; GDD = [\sum_1^{24} GDH_i]/24$	(1) Wilson y Barnett, (1983)
<b>Pro</b>	$GDD = \left[ \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right] - T_i$	(2) Wilson y Barnett, (1983)
<b>ProM</b>	$GDD = \begin{cases} 0 & \left[ \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right] < T_i \\ \left[ \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right] - T_i & T_i < \left[ \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right] < T_s \\ T_s - T_i & \left[ \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right] > T_s \end{cases}$	(3) McMaster y Wilhelm, (1997); Zhou y Wang, (2018)
<b>Tri</b>	$GDD = \begin{cases} T_s - T_i & T_s < T_{min} \\ 0 & T_{max} < T_i \\ \frac{6(T_{max} + T_{min} - 2T_i)}{12} & T_i \leq T_{min} < T_{max} \leq T_s \\ \left( \frac{6(T_{max} - T_i)^2}{T_{max} - T_{min}} \right) / 12 & T_{min} < T_i < T_{max} < T_s \\ \frac{6(T_{max} + T_{min} - 2T_i)}{12} - \left[ \left( \frac{6(T_{max} - T_s)^2}{T_{max} - T_{min}} \right) / 12 \right] & T_i < T_{min} < T_s < T_{max} \\ \left[ \frac{6(T_{max} - T_i)^2}{T_{max} - T_{min}} - \frac{6(T_{max} - T_s)^2}{T_{max} - T_{min}} \right] / 12 & T_{min} < T_i < T_s < T_{max} \end{cases}$	(4) Sevacherian et al., (1977); Zalom et al., (1983)

<b>Sen</b>	$GDD = \begin{cases} T_s - T_i & T_s < T_{min} \\ 0 & T_{max} < T_i \\ \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_i & T_i \leq T_{min} < T_{max} \leq T_s \\ \frac{1}{\pi} \left[ \left( \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_i \right) \left( \frac{\pi}{2} - \theta_1 \right) + \alpha \cos \theta_1 \right] & T_{min} < T_i < T_{max} < T_s \\ \frac{1}{\pi} \left[ \left( \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_i \right) \left( \frac{\pi}{2} + \theta_2 \right) + (T_s - T_i) \left( \frac{\pi}{2} - \theta_2 \right) - \alpha \cos \theta_2 \right] & T_i < T_{min} < T_s < T_{max} \\ \frac{1}{\pi} \left\{ \left( \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_i \right) (\theta_2 - \theta_1) + \alpha [\cos \theta_1 - \cos \theta_2] + (T_s - T_i) \left( \frac{\pi}{2} - \theta_2 \right) \right\} & T_{min} < T_i < T_s < T_{max} \end{cases}$	(5)	Allen, (1976)
------------	---	-----	---------------

Donde, GDD son los grados-hora de desarrollo,  $T_h$  es la temperatura media horaria en °C,  $T_s$  es la temperatura umbral superior en °C,  $T_i$  es la temperatura umbral inferior en °C,  $T_{max}$  es la temperatura máxima diaria en °C,  $T_{min}$  es la temperatura mínima diaria en °C y los valores de  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  y  $\alpha$  se calculan mediante las ecuaciones 1 a 3.

$$\theta_1 = \sin^{-1} \left[ \left( T_i - \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) / \alpha \right] \quad (6)$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left[ \left( T_s - \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) / \alpha \right] \quad (7)$$

$$\alpha = \frac{T_{max} - T_{min}}{2} \quad (8)$$

El valor de GDDA se calcula mediante:

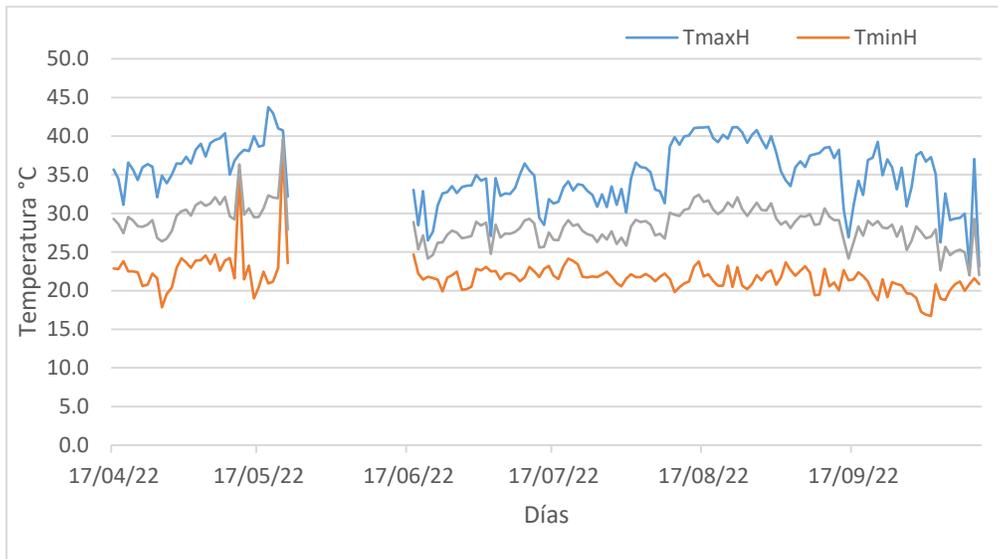
$$GDDA = \sum GDD \quad (9)$$

### Análisis comparativo

El análisis comparativo entre el método horario y los métodos alternativos se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) y una regresión lineal con lo que se obtuvo media (M), desviación típica ( $\sigma$ ) y error típico de la media (ETM), la matriz de correlación, coeficiente de determinación (R) y la raíz del error cuadrático medio (RECM) mediante Microsoft Excel.

### Resultados y Discusión

Los registros de temperaturas máximas ( $T_{maxH}$ ), mínimas ( $T_{minH}$ ) y medias horarias ( $T_{medH}$ ) obtenidas del sensor para el periodo de estudio se muestran en la figura 4. Se observa pérdida de datos desde el 24 de mayo al 17 de junio por una falla interna del sensor, estos datos no fueron considerados para el cálculo de GDD.



**Figura 4.** Registros de temperaturas obtenidas por el sensor.

Durante el periodo de estudio, el valor máximo de TmaxH fue 43.7 °C, se presentó el día 19 de mayo y el mínimo 23.1 °C en dos fechas del mes de octubre. El valor mínimo de TminH fue 16.7 °C y ocurrió el 3 de octubre, mientras el máximo fue 38.5°C que ocurrió el 22 de mayo.

Los estadísticos descriptivos de los datos de temperatura horaria, temperatura máxima y temperatura mínima se muestran en el cuadro 3.

**Cuadro 3.** Estadísticos descriptivos de temperaturas

Estadístico	TmaxH	TminH	TmedH
<b>Mínimo</b>	23.1	16.7	22.0
<b>Máximo</b>	43.7	38.5	39.6
<b>Mediana</b>	35.4	21.8	28.6
<b>Media</b>	35.2	21.8	28.5
<b>Varianza</b>	15.2	5.2	5.5
<b>Desviación típica</b>	3.9	2.3	2.4

Se observa que existe un rango de variación de TmaxH de 20.7 °C y de TminH de 21.8 °C. La TmedH de todo el periodo fue de 28.5 °C y osciló entre 39.6 y 22 °C, con un rango de variación de 17.6 °C. Para TmaxH la M es 35.2 °C, su varianza es de 15.2 y la  $\sigma$  3.9. En el caso de TminH, M es 21.8 °C, la varianza de 5.2 y la  $\sigma$  2.3. Para TmedH, M es 28.5 °C, la varianza de 5.5 y la  $\sigma$  2.4.

En la gráfica de cajas de la figura 5 se puede apreciar de forma visual la distribución de los datos de las temperaturas contenidos en la figura 3.

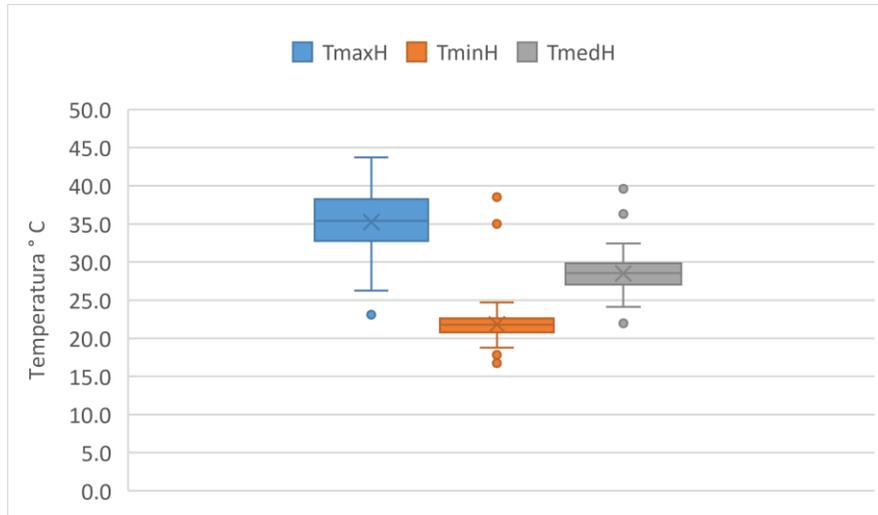


Figura 5. Gráfica de cajas de las temperaturas.

En el gráfico se puede observar que la TminH tiene la menor dispersión de datos, mientras que la mayor dispersión ocurre en los registros de TmaxH.

### Temperaturas óptimas para desarrollo de lima persa

Como resultado de la revisión de literatura, se pudo evidenciar que no existe información específica de los requerimientos térmicos de lima persa (*Citrus latifolia*), sin embargo, existen estudios que se refieren al género *Citrus* y serán considerados para este trabajo, los cuales se reúnen en el cuadro 2.

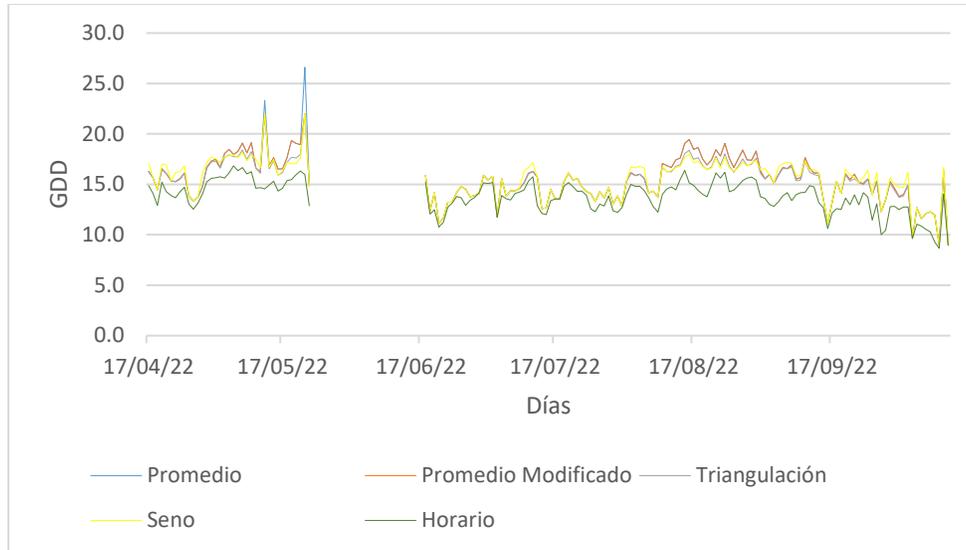
**Cuadro 2.** Temperaturas umbrales para el género *Citrus*

$(T_i)$ °C	$(T_s)$ °C	Referencia
13	35	Hardy y Khurshid, 2021
13	35	Medina, 1997
13	-	Micheloud, et al., 2017
12	-	Rivadeneira, 2012
13	-	Bevington y Castle, 1986
12.5 a 13	37 a 39	Sharma <i>et al.</i> , 2017
12.5	-	Mendel, 1968
13	35	Moda

Según esta revisión, el valor más utilizado por los investigadores es de 13 °C para  $T_i$  y 35 °C para  $T_s$ .

### Cálculo de GDD

Los valores calculados de GDD según el método horario y los métodos alternativos se muestran en la figura 4.

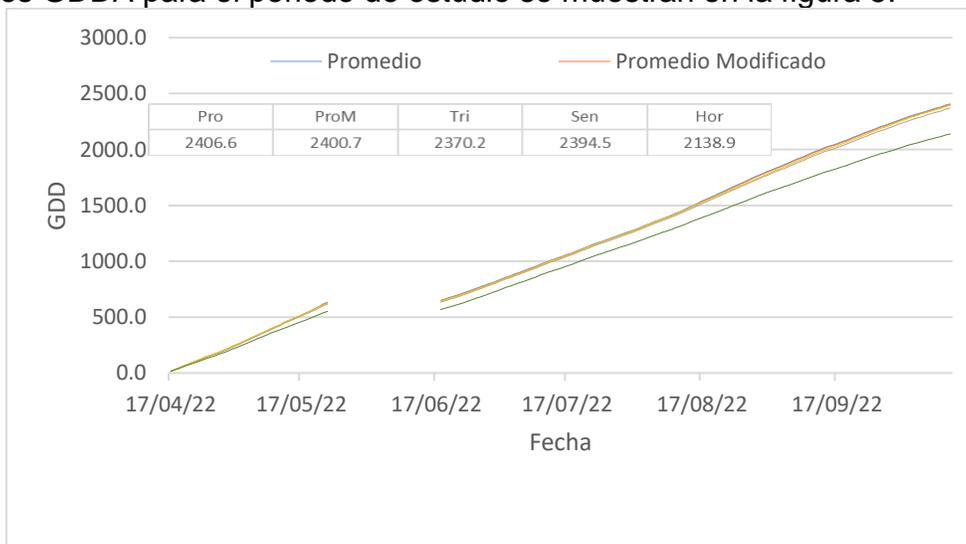


**Figura 4.** Gráfica de GDD para los 5 métodos.

Se aprecia que los cuatro métodos alternativos son similares, sin embargo, en los días con las temperaturas más elevadas, el método de promedio y promedio modificado sobreestiman los GDD. Otro aspecto por notar es que el método horario calcula menos GDD cada día.

### Cálculo de los Grados-Día de desarrollo Acumulados GDDA

Los valores GDDA para el periodo de estudio se muestran en la figura 5.



**Figura 5.** Valores de GDDA calculados con el método horario y 4 métodos alternativos.

En un inicio se parecían todos los métodos, pero a finales de abril y durante el mes de mayo se comienza a diferenciar el método horario de los alternativos, cabe resaltar que en mayo se encuentran las temperaturas más elevadas. Desde entonces el método horario estimó menos GDD que los alternativos. Los cuatro métodos alternos se parecen entre sí, pues comparando el que calcula menos GDD (Triangulación) con el que sobreestima más GDD (Promedio), se obtiene una diferencia de tan solo 36.4 GDD. Sin embargo, todos se alejan del horario, esta diferencia al final del ciclo de estudio crece hasta los 231.3 GDD entre Triangulación y Horario.

### Análisis estadístico

La estadística descriptiva para GDD incluye la media (M), desviación típica ( $\sigma$ ), error típico de la media (ETM) y la varianza ( $\sigma^2$ ) y se muestra en el cuadro 5.

**Cuadro 5.** Estadística descriptiva de *TTD*

Método	Mínimo	Máximo	Media (M)	Desviación típica ( $\sigma$ )	Error típico de la media (ETM)	Varianza ( $\sigma^2$ )
<b>Hor</b>	8.7	16.8	13.8	1.605	0.129	2.576
<b>Pro</b>	9.0	26.6	15.5	2.353	0.189	5.536
<b>ProM</b>	9.0	22.0	15.5	2.210	0.178	4.886
<b>Tri</b>	9.0	22.0	15.3	2.012	0.162	4.048
<b>Sen</b>	9.0	22.0	15.4	2.038	0.164	4.154

Se observa que el máximo valor de GDD en el método horario fue de 16.8 GDD, mientras que 26.6 GDD para el método de promedio y el resto igualados en 22.0 GDD. El valor mínimo para el método horario fue de 8.7 GDD, mientras que los métodos alternativos calcularon 9.0 GDD. La M para el método horario fue 13.8 GDD, y los demás métodos variaron entre 15.3 y 15.5 GDD. De entre los métodos alternativos, la menor  $\sigma$  fue 2.012, el menor ETM fue 0.162 y la menor  $\sigma^2$  resultó 4.048, pertenecientes todas al método de triangulación.

La matriz de correlación en el cuadro 6, muestra que el método de triangulación es el que más se correlaciona al método horario.

**Cuadro 6.** Matriz de correlación de los métodos para GDD

Método	Horario	Promedio	Promedio Modificado	Triangulación	Seno
<b>Hor</b>	1				
<b>Pro</b>	0.835	1			
<b>ProM</b>	0.868	0.988	1		
<b>Tri</b>	0.870	0.987	0.992	1	
<b>Sen</b>	0.857	0.958	0.964	0.983	1



El método de triangulación es el que más se correlaciona con el método horario, con un coeficiente de correlación de 0.870, el mayor de todos los métodos alternativos.

Por último, la prueba de regresión lineal arrojó para cada método comparado con el horario el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), la raíz del error cuadrático medio (RECM) y la ecuación de regresión lineal que permite el cálculo del método horario mediante los métodos alternativos. Los resultados se compendian en el cuadro 7 y se agregó el ya calculado error típico de la media (ETM) y el rango de significancia.

**Cuadro 7. Estadísticas comparativas**

Método	$R^2$	RECM	ETM	Ecuación de regresión lineal	
<b>Pro</b>	0.697***	1.300	0.189	$Pro = -1.35925210865152 + 1.22365527851524 * Hor$	(10)
<b>ProM</b>	0.754***	1.100	0.178	$ProM = -1.0126298014557 + 1.19576409687836 * Hor$	(11)
<b>Tri</b>	0.756***	0.996	0.162	$Tri = 0.2485023701706 + 1.09014825851089 * Hor$	(12)
<b>Sen</b>	0.735***	1.053	0.164	$Sin = 0.431188856190872 + 1.08824393032572 * Hor$	(13)

\*\*\* altamente significativo

Todos los valores del coeficiente de variación son altamente significativos, pero el mayor  $R^2$  pertenece al método de triangulación, igual a 0.756. El ETM de 0.162 GDD es el menor comparado a los demás métodos alternativos, y también la menor RECM igual a 0.996 GDD pertenece al método de triangulación. La ecuación de regresión lineal obtenida para el método de triangulación, despejada para el cálculo aproximado del método horario, se tiene como:

$$Hor = \frac{Tri - 0.2485023701706}{1.09014825851089} \quad (12a)$$

## Conclusiones

De los métodos utilizados, el que más se ajusta al método horario es el de triangulación, con una diferencia con el método horario, que es el de mayor precisión, de 231.3 AGDD, mientras que los otros métodos representan una diferencia de entre 267.7 a 255.6 AGDD respecto al horario. Creemos que el método más adecuado para Martínez de la Torre es el de triangulación porque el error típico de la media fue 0.162 GDD, el  $R^2$  fue 0.756 y la raíz del error cuadrático medio fue 0.996 GDD. Sin embargo, el método de promedio que destaca por su sencillez puede ser usado cuando se carezca de una  $T_s$ , esperando un cálculo sobreestimado. El promedio modificado es más preciso al considerar la temperatura umbral superior, se ajusta mejor al método horario y su cálculo no es mucho más complejo que el de promedio. El método del seno es el más complejo de calcular y su coeficiente de determinación es inferior tanto al de triangulación como el de promedio modificado. Los métodos alternativos se parecen mucho entre ellos, para decidir cuál utilizar en lima persa es necesario conocer el interés que se tiene para calcular GDD. Por facilidad de cálculo, los métodos de triangulación y promedio modificado pueden servir como información de base para crear mapas de AGDD. Por lo anterior se concluye que es el más adecuado para aproximarse al método horario en caso de no contar con datos



horarios de temperatura, es el método de triangulación y puede usarse para planificar mejor las labores culturales en el cultivo de lima persa en Martínez de la Torre.

### **Referencias Bibliográficas**

- ALLEN, J.C. (1976). *Modified sine wave method for calculating degree-days*. Environmental Entomology 5:388-96.
- Bevington, K.B. and Castle, W.S. (1986). *Annual root growth pattern of young citrus trees in relation to shoot growth, soil temperatura and soil water content*. Journal of the American Society for Horticultural Science, 110(6): 840–845.
- Elnesr, M. and Alazba, A. (2016). *An integral model to calculate the growing degree-days and heat units, a spreadsheet application*. Computers and Electronics in Agriculture 124 (2016) 37–45.
- Hardy, S and Khurshid, T. (2021). *Calculating heat units for citrus*. Primefact 749, (2.<sup>a</sup> ed). Department of Primary Industries, Australia. 1.
- INEGI. (2021). *Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos*.
- McMaster, G.S. and Wilhelm, W. (1997). *Growing degree-days: one equation, two interpretations*. Agricultural and Forest Meteorology 87, 291–300.
- Medina, S. (1997). *El Cultivo del Naranja, Limonero y Otros Agrios*. (p. 57). Editorial De Vecchi.
- Mendel. K. (1968). *The influence of temeperature and light on the vegetative development of citrus trees*. The Volcani Institute of Agricultural Research (N.U.I.A.), Bet Dagan, Israel. 1968 Series, No 1315 – E.
- Micheloud, N., Castro, D., Buyatti, M., Gabriel, P. y Gariglio, N. (2017). *Factors affecting phenology of different Citrus varieties under the temperate climate conditions of Santa Fe, Argentina*. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal, 2018, v. 40, n. 1: (e-315).
- Rivadeneira, M. (2012). *Grados días acumulados en naranjas y mandarinas sobre pie trifolio en la zona de Concordia (Entre Ríos)*. Horticultura Argentina 31(74): Ene.-Abr. 2012.
- Ruml, M., Vuković, A. and Milatović, D. (2010). *Evaluation of different methods for determining growing degree-day thresholds in apricot cultivars*. Int J Biometeorol (2010) 54:411–422



- Sevacherian, V., Stern, V. M. and Mueller, A. J. (1977). *Heat accumulation for timing Lygus control pressures in a safflower-cotton complex*. Journal of Economic Entomology 70:399-402.
- Sharma, N., Sharma, S. and Niwas, R. (2017). *Thermal time and phenology of citrus in semi-arid conditions*. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 2017; 6(5): 27-30
- Wilson LT. and Barnett WW. (1983). *Degree-days: an aid in crop and pest management*. Calif Agric 37:4-7
- Zalom, F., Goodell, P., Wilson, L., Barnett, W. and Bentley, W. (1983). *Degree-Days: The Calculation of Heat Units in Pest Management*. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California. Leaflet 21373.
- Zhou, G. and Wang, Q. (2018). *A new nonlinear method for calculating growing degree days*. Scientific Reports (2018) 8:10149