



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

---

---

**Acumulación de frío invernal en la zona de  
Cuautitlán Izcalli, México**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO AGRÍCOLA**

**P R E S E N T A:  
VALENTÍN DE PAZ QUINTERO**

**ASESOR: Dr. GUSTAVO MERCADO MANCERA**

**CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2020**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales  
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Acumulación de frío invernal en la zona de Cuautitlán Izcalli, México

Que presenta el pasante: VALENTÍN DE PAZ QUINTERO  
Con número de cuenta: 41405839-4 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 04 de diciembre de 2019.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	Dr. Gustavo Mercado Mancera	
<b>VOCAL</b>	Dr. Julio César Corzo Sosa	
<b>SECRETARIO</b>	Dra. Gloria Herrera Vázquez	
<b>1er. SUPLENTE</b>	Mtro. Rubén Vargas Márquez	
<b>2do. SUPLENTE</b>	Ing. Ana Karen Granados Mayorga	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/ntm\*

## ***DEDICATORIA***

A mis padres por los valores inculcados y las palabras de aliento hacia mí persona, gracias a ellos he llegado donde estoy y por ellos seguiré en el cumplimiento de mis metas.

A mis hermanos por el apoyo incondicional en todo momento.

## ***AGRADECIMIENTOS***

A la UNAM-FESC por todas las facilidades y oportunidades proporcionadas en el transcurso del tiempo que permanecí en ella, por los amigos y momentos memorables vividos.

Por mostrar la riqueza cultural y lo increíble que es el campo mexicano, gracias a INGENIERÍA AGRÍCOLA, por mostrar que no me equivoqué de profesión.

Al Dr. Gustavo Mercado Mancera por el apoyo total durante mi estancia en la FESC, por la confianza y paciencia mostrada como profesor, asesor y amigo.

A mis hermanos, los culpables de mi inicio y fin de la carrera.

Al TEBAM 149 precursor de mi educación, algo que ya figuraba imposible para mí.

# CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>i</i>
ÍNDICE DE TABLAS	<i>ii</i>
RESUMEN	<i>iii</i>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo general	2
1.1.1. Objetivos particulares	2
1.2. Hipótesis	2
<b>II. ANTECEDENTES</b>	<b>3</b>
2.1. Acumulación de frío	3
2.1.1. Necesidades de frío por los frutales de hoja caduca	5
2.2. Respuesta fisiológica de la planta a la acumulación de frío en zonas templadas	8
2.2.1. Descanso invernal	10
2.2.2. Brotación de yemas	11
2.2.3. Síntomas de deficiencia de frío en los frutales	12
2.3. Métodos de cálculo de horas frío	14
2.3.1. Método de Da Mota	14
2.3.2. Método del Dr. Weinberger	15
2.3.3. Método del Termógrafo	15
2.4. Método de cálculo de unidades frío	16
2.4.1. Método de Utah	16
2.5. Aplicación en la producción de árboles frutales de hoja caduca	17
<b>III. METODOLOGÍA</b>	<b>21</b>
3.1. Descripción del sitio de estudio	21
3.1.1. Características climáticas y edáficas	22
3.2. Metodología	22
3.2.1. Variables evaluadas	23

	Página
3.2.2. Análisis estadístico	23
3.3. Materiales	23
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>24</b>
4.1. Acumulación de frío invernal en la zona de estudio	24
4.2. Descripción fenológica del peral	33
4.3. Requerimientos de frío para salir de etapa de latencia	35
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>36</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA</b>	<b>37</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>41</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Ruta metabólica para el rompimiento de la dormancia (FCA-UNER, 2010).	10
<b>Figura 2.</b> Árbol de peral en descanso.	11
<b>Figura 3.</b> Síntomas de falta de acumulación de frío (Valero, 2010).	13
<b>Figura 4.</b> Vista general de un Termógrafo (UNAM-FFyL, s/f).	16
<b>Figura 5.</b> Localización geográfica del municipio de Cuautitlán Izcalli. México.	21
<b>Figura 6.</b> Temperatura media de noviembre a febrero, de 1988 a 2019, Cuautitlán Izcalli, Méx.	24
<b>Figura 7.</b> Horas frío acumuladas por los métodos Da Mota, Dr. Weinberger y el Termógrafo, para cada periodo invernal de 1988 a 2019, y líneas de tendencia. Cuautitlán Izcalli, Méx.	26
<b>Figura 8.</b> Regresión lineal simple entre la temperatura media y los métodos de cálculo de horas frío.	28
<b>Figura 9.</b> Acumulación de horas frío por el método del Termógrafo y unidades frío por el método de Utah, por día juliano, del período invernal 2018-2019, Cuautitlán Izcalli, México.	30
<b>Figura 10.</b> Regresión lineal temperatura media—horas (método del Termógrafo) y unidades frío (Método de Utah).	31
<b>Figura 11.</b> Coeficiente de Pearson entre la temperatura vs horas vs unidades frío, periodo invernal 2018-2019. Cuautitlán Izcalli, Méx.	32
<b>Figura 12.</b> Fases fenológicas del peral (Fleckinger, 1965).	33

## ÍNDICE DE TABLAS

		Página
<b>Tabla 1.</b>	Efectos ocasionados por la falta de frío invernal (Melgarejo, 1996; Gil, 1998).	6
<b>Tabla 2.</b>	Efectos negativos de la falta de horas frío en frutales (Flores, 2007).	7
<b>Tabla 3.</b>	Requerimientos de horas frío de frutales caducifolios (Flores, 2007).	8
<b>Tabla 4.</b>	Escala propuesta para método Utah (Richardson <i>et al.</i> , 1974).	17
<b>Tabla 5.</b>	Acumulación de horas frío acumuladas, por periodo invernal de 1988 a 2019, Cuautitlán Izcalli, Méx.	25
<b>Tabla 6.</b>	Cuadrados medios y valores estadísticos de regresión de los métodos evaluados para cálculo de horas frío.	29
<b>Tabla 7.</b>	Cuadrados medios y valores estadísticos de regresión de las unidades frío <i>vs</i> temperatura media.	31
<b>Tabla 8.</b>	Estados fenológicos del peral y fechas (día juliano) de aparición de acuerdo al año evaluado. Cuautitlán Izcalli, Méx.	34

## RESUMEN

La necesidad de frío de los árboles frutales de las zonas templadas, representa el factor de mayor influencia sobre la brotación y producción de frutos, por lo que es necesario ahondar más en su estudio; por tal motivo el objetivo del presente trabajo fue calcular la cantidad de frío durante el periodo del año de 1988 al 2019, en Cuautitlán Izcalli, México. Las variables evaluadas fueron: acumulación de frío invernal, descripción fenológica del peral, requerimiento de frío para salir de la etapa de latencia, correlación entre métodos de estimación de frío. Se utilizaron datos climáticos de temperatura de la estación meteorológica Almaraz FES-UNAM, de los periodos invernales de los años 1988 al 2019. Los métodos empleados fueron, del Termógrafo, Dr. Weinberger y Da Mota para la cuantificación de horas frío; se realizó un análisis de regresión simple entre la temperatura media y los distintos métodos. Existió diferencia estadística significativa entre el método Dr. Weinberger y la temperatura media, con una relación del 40.42 %, por lo que se considera el método de mayor ajuste a la zona de estudio, para el cálculo de acumulación de horas frío; el valor promedio varía entre 639, 511 y 824 horas frío por los métodos Dr. Weinberger, Da Mota y Termógrafo, respectivamente, con una temperatura media mensual de 12.7 °C, durante el periodo invernal. Existe una correlación de 0.5 entre las horas frío por el método del Termógrafo y las unidades frío por el método de Utah. Las unidades frío efectivas se acumulan durante los meses diciembre y enero, ya que en los meses noviembre y febrero del periodo invernal existe una desacumulación, de acuerdo a los valores asignados por el método de Utah. Durante el periodo invernal 2018-2019, se estimuló la brotación del peral al acumularse 736.5 horas frío, equivalente a 134 unidades frío, determinadas por los métodos del Termógrafo y el método de Utah, ajustados los datos a nivel diario y horario, respectivamente.

## I. INTRODUCCIÓN

En México la actividad frutícola está íntimamente ligada a la agricultura, de los 17 millones de hectáreas del territorio nacional que se destina a la labor agrícola, 1.3 millones de ellas se dedican al cultivo de frutales. Es una de las actividades agropecuarias más redituable del sector agropecuario, ya que la superficie cosechada con frutales representa 6.44 % de la nacional y el valor de su producción 20.67 % del total de México, lo cual significa que cada hectárea cultivada con frutales fue tres veces más rentable que el promedio del resto de los cultivos (SAGARPA-SIACON, 2013, citado por Schwentesius y Sangerman, 2014). Además, mantiene una balanza comercial positiva dentro del sector rural, ya que el volumen de frutas exportado fue 4.7 veces mayor que el importado desde 1961 a 2010 (FAO-FAOSTAT, 2013, citado por Schwentesius y Sangerman, 2014), particularmente por la ventaja comparativa que brinda el clima para la producción de frutales tropicales, en relación a otros países. Así mismo, el volumen de producción de los frutales prácticamente se ha duplicado de 1980 a 2011, pasando de casi 8.5 millones a 15.7 millones de toneladas. En 1980/82 la superficie ocupada por los frutales era 5 % en relación a la total de México y el valor generado de 16 %, mientras que para el 2008/2011, la superficie ocupada fue 6 % y tuvo un valor de la producción del 18 % (SAGARPA-SIACON, 2013, citado por Schwentesius y Sangerman, 2014). El constante incremento de los precios de los insumos y el decreciente precio medio rural pagado a los fruticultores (Almaguer *et al.*, 2010), generan una reducción de la competitividad de este sector, pero se desconoce si existen los elementos que garanticen su mejoramiento

La producción de árboles frutales caducifolios es un área de oportunidad, ya que son el eslabón principal de las principales agroindustrias de exportación del país y se requiere de un adecuado desarrollo de esta actividad para poder satisfacer la demanda de este tipo de productos. Es por esto que la producción frutícola de caducifolios no está ajena a las innovaciones de técnicas de agricultura de precisión, donde se toma en cuenta la especificidad de las condiciones climáticas, y las necesidades particulares de cada etapa de desarrollo de las especies frutales. El poder determinar las condiciones climáticas necesarias para este tipo de cultivos, permite la adecuada planeación y determinación de acciones para obtener el mayor beneficio del frutal. Los frutales de clima templado superan

la etapa de reposo mediante la exposición a bajas temperaturas. El tiempo necesario en el cual los tejidos deben permanecer a bajas temperaturas para experimentar una brotación y floración normal durante la primavera se denomina necesidad de frío.

Por tal motivo, se plantearon los siguientes objetivos.

### 1.1. Objetivo general

- Evaluar la acumulación de frío en la zona de Cuautitlán Izcalli, México, con base a los datos de la estación meteorológica Almaraz, FESC-UNAM.

#### 1.1.1. Objetivos específicos

- Calcular la acumulación Horas Frío y Unidades Frío para la zona de Cuautitlán Izcalli, México, con datos climáticos de 1988-2019, y durante período invernal 2018-2019, respectivamente.
- Analizar la correlación entre los métodos de acumulación de frío Da Mota, Weinberger y Termógrafo, y de los datos de horas y unidades frío (método de Utah) obtenidos en la zona de estudio.
- Evaluar la respuesta a la acumulación y/o déficit de frío, para estimular la brotación de yemas del peral variedad Kieffer.

### 1.2. Hipótesis

Ht: La producción de frutales caducifolios se encuentra limitada por la acumulación de frío, si disminuye esta, se tendrán pérdidas económicas en la producción del frutal.

## II. ANTECEDENTES

### 2.1. Acumulación de frío

Dentro de las plantas perennes, los árboles frutales de hoja caduca poseen un período de reposo que coincide en las latitudes medias, con parte del otoño, el invierno y comienzos de la primavera, según la especie y cultivar. Para salir de dicho reposo, las yemas (florales y vegetativas) deben primero estar expuestas a temperaturas bajas, en el período considerado de acumulación de frío, y luego a temperaturas moderadas, en el período de acumulación de calor. Estas dos etapas diferenciadas, son conocidas como endodormancia y ecodormancia, respectivamente (Lang *et al.*, 1987). Estos mismos autores propusieron usar el término “dormancy” (dormancia o dormición) que corresponde a la suspensión temporal del crecimiento visible de cualquier estructura vegetal que contenga un meristemo, es decir, yemas, ápices o embrión. La causal de esa suspensión es identificada a través de un sufijo por lo que se reconocen tres tipos:

a) Ecodormancia: causada por algún estrés ambiental que provoca respuestas no específicas; serían sinónimos quiescencia y reposo.

b) Paradormancia: debida a factores fisiológicos o estructurales de constituyentes adyacentes al meristemo; se pueden considerar sinónimos inhibición y latencia impuesta.

c) Endodormancia, es aquella provocada por factores fisiológicos que ocurren dentro del mismo meristemo; se considera sinónimo de latencia innata e impuesta.

La endodormancia, es liberada mediante la exposición a bajas temperaturas a largo plazo. La acumulación de frío restablece la capacidad de crecer, pero no promueve el crecimiento (Rohde y Bhalerao, 2007). Posteriormente, una vez que la yema acumuló la cantidad de frío necesario (propia del cultivar), se desencadenan los procesos de floración o de brotación vegetativa, según el tipo de yema. La disponibilidad de agua y nutrimentos también regulan la salida de la ecodormancia (Lang *et al.*, 1987). Para florecer, es necesario que la yema cubra los requerimientos cuantitativos en cada una de las dos etapas.

Mientras que, en zonas geográficas con climas de invierno poco riguroso, ciertos cultivares pueden no cubrir su requerimiento de frío, el requerimiento de calor generalmente se satisface, aunque varía la fecha de floración en función de la velocidad de acumulación. Por ello, los cultivares mayor plasticidad genética, en cuanto a posibilidad de lograr cosechas aceptables en zonas geográficas diversas, son aquellos que poseen bajo requerimiento de frío y elevado requerimiento de calor. Mientras que el bajo requerimiento de frío les permite poder satisfacerlo aún en zonas con inviernos poco fríos, el elevado requerimiento de calor se manifiesta en la floración tardía, lo cual posibilita evadir heladas tardías (Chaar y Astorga, 2012).

El latencia o dormancia es parte del ciclo de los frutales de hoja caduca y su inducción coincide con el inicio de las bajas temperaturas del otoño junto al acortamiento de la duración del día (Yuri, 2002; Gardner, 2006). El tiempo de este período depende entre otras cosas de la especie y la variedad; a su vez, dentro de un individuo, varía en función del tipo de yema, su ubicación en la planta y la edad (Yuri, 2002). Powell *et al.* (2002), coinciden en la disminución de la temperatura como un indicador de la entrada en dormancia y agregan como síntomas, la caída de las hojas y el cese de crecimiento visible, además de la ocurrencia de otros cambios menos visibles.

Según Frías (2006) el requerimiento de un período de frío en invierno en frutales de hoja caduca se le conoce de varias formas, como dormancia, receso o latencia. Sugiere que éste último término expresa de forma más adecuada el estado de reposo de la planta, ya que ésta mantiene actividad referida al desarrollo de yemas y movimiento de reservas. De igual forma se considera oportuno utilizar el término receso con el fin de homologar terminología.

Saure (1985) estableció que la principal característica de la verdadera dormancia, es que las plantas pueden entrar en este estado en forma independiente de las condiciones ambientales, pero son incapaces de salir de ella autónomamente. Este comportamiento no se presenta en todas las plantas, pero es común en los árboles frutales de hoja caduca. A su vez agrega que la dormancia puede considerarse iniciada, cuando al provocar defoliación o

decapitación artificial en brotes y en condiciones ambientales favorables para el crecimiento, no ocurre la brotación de yemas.

#### 2.1.1. Necesidades de frío por los frutales de hoja caduca

Las exigencias de frío de los diferentes frutales de hoja caduca de las zonas templadas para poder salir del estado de receso, varían según la especie y también según la variedad. El requerimiento de frío de una determinada especie se mide en unidades de tiempo en que ocurren las bajas temperaturas estimuladoras, las cuales se han definido como menores a 7 °C y superiores a 3 °C; las temperaturas cercanas a 0 °C o inferiores resultan ineficaces para promover la salida del receso, esto es en parte, porque estarían inhibiendo la acción de las hormonas promotoras del crecimiento. La hora-frío se define como una hora en que deben ocurrir ininterrumpidamente las temperaturas adecuadas (0 °C a 7 °C) (AFRUCCAS, s/f).

Los frutales caducifolios requieren de una acumulación de estas horas para salir del reposo, empleándose esta acumulación como un mecanismo de defensa; esto es para evitar la brotación cuando las condiciones ambientales no sean favorables por un período en el invierno, con lo cual los brotes jóvenes quedarían muy indefensos a la acción de las heladas invernales. Por otro lado, las altas temperaturas durante el invierno ( $\geq 20$  °C) pueden reducir o anular los efectos de la acumulación previa de frío. El efecto de estas temperaturas depende de una interacción entre ellas y la duración de su exposición, ya que mientras más alta es la temperatura, menor es el período para acumular las horas frío necesarias (Toledo, 2009).

En las Tabla 1 y 2 se ilustran algunas consecuencias de la falta de acumulación de frío.

**Tabla 1. Efectos ocasionados por la falta de frío invernal (Melgarejo, 1996; Gil, 1998).**

<b>Fenómeno observable</b>	<b>Consecuencias</b>
Retraso en apertura de yemas	En ocasiones puede resultar beneficiosa en zonas donde las heladas tardías podrían causar daños. Si el retraso es excesivo o se produce un desfase entre las brotaciones de las yemas de flor y las de madera su efecto puede ser muy perjudicial.
Brotación irregular y dispersa	Debido a las diferentes necesidades de frío de las diferentes yemas, según su naturaleza y situación, se puede dar una brotación irregular y dispersa. El fenómeno resulta característico de los períodos de reposo largos por inviernos templados.
Caída de yemas	Es el efecto más perjudicial. El efecto también puede ser causado por heladas, o altas temperaturas y/o humedad en el reposo. Si un 10-20 % de las yemas persisten y prosperan adecuadamente la producción puede ser rentable. Un ejemplo de especie susceptible a la caída de yemas es el albaricoque.
Anomalías en el crecimiento	Aborto del estilo, alteraciones en el polen, deformación de hojas, frutos múltiples debido a pistilos múltiples, entre otros.

**Tabla 2. Efectos negativos de la falta de horas frío en frutales (Flores, 2007).**

<b>Órgano</b>	<b>Efectos</b>
Árbol	<ul style="list-style-type: none"><li>- Retraso en la producción.</li><li>- Mayor crecimiento vegetativo y excesivo uso de reservas.</li><li>- Menos “dardos o cerillos” en frutales de hueso.</li><li>- Poco desarrollo foliar.</li></ul>
Follaje	<ul style="list-style-type: none"><li>- Brotación desuniforme y atrasada.</li><li>- Yemas vegetativas latentes.</li><li>- Debilidad de brotes.</li><li>- Desarrollo vertical por falta de yemas laterales abiertas.</li></ul>
Flores	<ul style="list-style-type: none"><li>- Floración retrasada y desuniforme.</li><li>- Menor cuaje por falta de coincidencia en tiempos de floración.</li><li>- Caída de flores débiles.</li><li>- Disminuyen la viabilidad del polen.</li><li>- Caída de yemas en árboles susceptibles.</li></ul>
Frutos	<ul style="list-style-type: none"><li>- Maduración irregular.</li><li>- Menores producciones.</li><li>- Menor calidad de fruta: tamaño, coloración y firmeza.</li></ul>

En la Tabla 3 se presentan datos sobre las necesidades de acumulación de frío de algunos frutales caducifolios.

**Tabla 3. Requerimientos de horas frío de frutales caducifolios (Flores, 2007).**

<b>Especie</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Almendro	100	500
Arándano	700	1200
Avellano	800	1600
Ciruelo europeo	700	1600
Ciruelo japonés	100-600	1000
Duraznero	100-400	1100
Cerezo	500-800	1500
Manzano	200-800	1700
Nogal	400	1500
Peral	400	1500
Vid	100-500	1400

## 2.2. Respuesta fisiológica de la planta a la acumulación de frío en zonas templadas

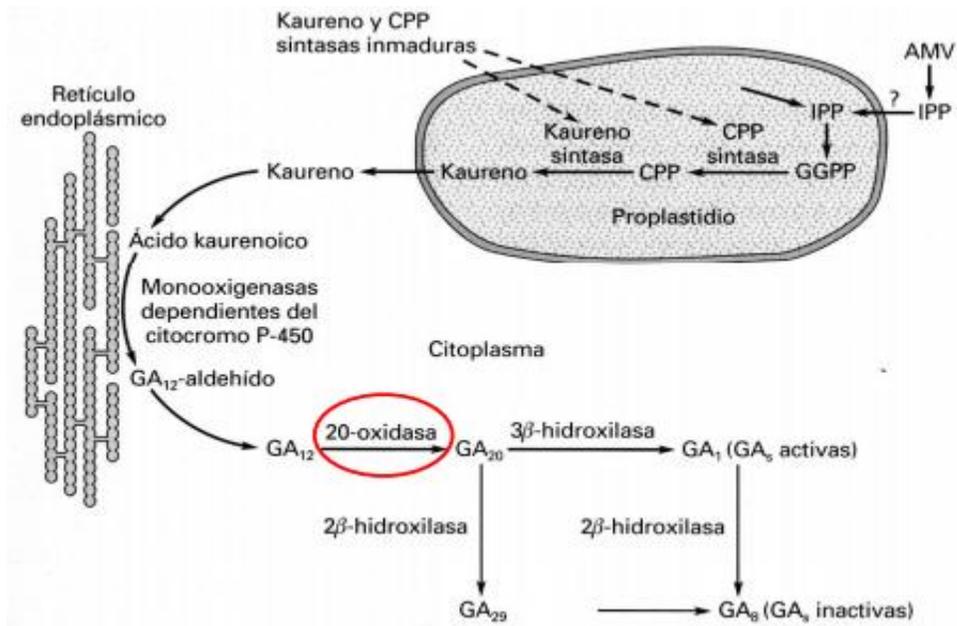
El frío durante el reposo, es capaz de disminuir las concentraciones de ácido absísico (ABA) y de otros inhibidores del crecimiento. Yemas en receso sometidas a la acción de bajas temperaturas (3 °C a 7 °C) ponen de manifiesto una baja considerable en la concentración de sustancias inhibitoras, por lo cual se deduce que el frío es capaz de “destruirlas”. En este punto es importante notar que la ruta de biosíntesis del ABA es la misma que para el ácido giberélico (AG<sub>3</sub>), esto significa que ambos usan el mismo sustrato principal (ácido mevalónico); de esta manera se explicaría por qué comienzan a aumentar las concentraciones de giberelinas cuando disminuyen las del ABA. Al ser

contraproducente la síntesis de este último, la planta ocupa esta ruta para la síntesis de giberelinas, con lo cual comienza el despertar primaveral (Ecoplant, s/f).

No sólo son las giberelinas, las que comienzan a actuar en esta etapa, sino que también se produce un aumento sostenido en las concentraciones de auxinas y citocininas. Son entonces, las bajas temperaturas invernales las que juegan un papel preponderante en la salida del receso, pero también se ha comprobado que en esta etapa existe una importante influencia del fotoperiodo. Como es sabido, el sistema fitocromo se halla principalmente en las hojas de los vegetales, sin embargo, se ha detectado en ciertas especies la existencia de fitocromos activos en sus yemas en receso, por lo cual éstos son capaces de recibir el estímulo fotoperiódico, y así provocar también el despertar. Cuando los días comienzan a alargarse se induce la síntesis de promotores del crecimiento, ya nombrados anteriormente (*Ídem*).

Por otra parte, en forma paralela, comienza a aumentar la actividad respiratoria, la cual provee de energía a los distintos procesos que estimulan la brotación. Es interesante recalcar que el efecto de las bajas temperaturas invernales provoca la inactivación de la catalasa y por lo tanto, el aumento en la respiración. La causa final del término del receso se debe a la respiración anaeróbica de los azúcares que actúan como sustratos principales, los que resultan de las reservas que el árbol mantuvo en su estructura durante el invierno. La ausencia de oxígeno y el efecto del frío son sinérgicos en la remoción de la dormancia, sin embargo, la falta de oxígeno por sí sola no estimula la brotación de las yemas.

Durante el invierno, el metabolismo predominante en las yemas es anaeróbico y cambia a una condición aeróbica después que la dormancia endógena de la yema ha finalizado (Figura 1). Por último, un aspecto interesante de considerar en la salida del receso es la acción que puede ejercer la morfología de las yemas de un frutal. Las escamas, aparte de proteger los tejidos internos de la yema, impiden la oxigenación de ella, con lo cual se favorecería un ambiente anaeróbico favorable para la respiración (Toledo, 2009).



**Figura 1. Ruta metabólica para el rompimiento de la dormancia (FCA-UNER, 2010).**

### 2.2.1. Descanso invernal

La latencia es una adaptación ecológica de las especies caducifolias para desarrollarse en zonas con inviernos fríos, presentándose como una suspensión temporal del crecimiento visible de cualquier estructura de la planta que posea meristemas. Simultáneamente se desarrollan mecanismos fisiológicos adaptativos para adquirir resistencia a los posibles daños por frío, es así como estos árboles casi nunca son dañados por este efecto en sus hábitats naturales, esto es porque han desarrollado una forma de adaptación, como el receso, para cuando comienza el invierno.

Los frutales de hoja caduca comienzan a detener su crecimiento en otoño, y entran en reposo durante el invierno (Figura 2). Luego, en primavera, el crecimiento comienza nuevamente; esta sincronización entre planta y medio ambiente asegura su supervivencia durante el ciclo de vida (Toledo, 2009).



**Figura 2. Árbol de peral en descanso.**

#### 2.2.2. Brotación de yemas

Según Calderón (1983), para que un árbol de hoja caduca brote con normalidad en primavera, es decir, para que rompa su estado de reposo y entre de nuevo al período de crecimiento, se requieren dos condiciones:

1. Que haya sido satisfecha su necesidad de frío.
2. Que se presente temperatura favorable al crecimiento.

Mientras cualquiera de las dos no tenga lugar en debida forma, el árbol continuará en descanso, siendo la primera de ellas la causante. En lo que respecta a la temperatura favorable, se considera necesaria la existencia de un cierto número de días con temperatura media diaria de 7 °C, estimándose a esta como el límite inferior, bajo la cual el crecimiento y la actividad vegetativa no son propicios.

Es interesante indicar que la baja temperatura invernal rompe el período de reposo, tiene un efecto sobre cada yema del árbol, y no se transmite su efecto de una parte a otra. Se han realizado múltiples experimentos, respecto a la acción del frío en determinadas partes y

protegidas de la intemperie, habiéndose encontrado en todos los casos brotación normal en primavera en las partes expuestas, mientras el resto continuó en estado de reposo. Esto indica con claridad la acción del frío sobre cada yema, la destrucción de sus altos contenidos de inhibidores y/o estimular la formación de promotores de crecimiento, lo que crea un balance positivo para la multiplicación celular y en general para la actividad vegetativa (Calderón 1983).

### 2.2.3. Síntomas de deficiencia de frío en los frutales

La latencia es una reducción temporaria de la actividad de cualquier estructura vegetal que contenga un meristemo. A nivel microscópico la actividad metabólica continúa, por ejemplo, se produce un lento pero sostenido aumento en el peso de las yemas. Las plantas expuestas a bajas temperaturas en el otoño entran en dormancia, pero una vez producido este estado, la exposición de las plantas a bajas temperaturas es el modo más efectivo para romper dicho proceso. Por ello, cada especie y variedad frutal de follaje caduco posee una demanda determinada de acumulación de horas de frío, y esto es fundamental a la hora de definir que frutales pueden cultivarse en una zona determinada. Una defoliación anticipada en el otoño, reduce el tiempo de dormición. En algunas especies, las plantas podadas florecen antes que las no podadas, por eso se deben podar al final de la estación de reposo si se encuentran en una zona con riesgo de heladas tardías. No se debe confundir el proceso de vernalización de las especies herbáceas, con los requerimientos de los frutales caducifolios, aunque ocurran ambos dentro de un mismo rango de temperaturas. La vernalización es la necesidad de frío para la inducción de la etapa reproductiva, mientras que en los frutales el frío es necesario para romper la dormición de yemas vegetativas y reproductivas, mediante un proceso cuantitativo (Flores, 2007).

Algunos efectos negativos que se pueden observar como consecuencia de la falta de frío invernal son los siguientes (Figura 3):



**Figura 3. Síntomas de falta de acumulación de frío (Valero, 2010).**

En la vegetación: 1) La brotación no es uniforme y se retrasa. 2) Muchas yemas vegetativas no brotan, y quedan latentes, aunque pueden hacerlo más tarde. 3) Los brotes crecen más débiles. 4) Las yemas laterales no abren y la planta presenta un desarrollo más vertical (acrotonía).

En el árbol: 1) Retraso en la entrada en producción. 2) Desenfrenado crecimiento vegetativo. 3) En frutales de pepita, pocos dardos. 4) Excesivo uso de reservas. 5) Poco desarrollo foliar, con mayor daño de sol.

En las flores: 1) La floración se retrasa, se extiende y no es uniforme. 2) Como consecuencia de lo anterior, las variedades no coinciden en el tiempo de floración, lo que afecta el cuaje. 3) Las flores más débiles caen antes de cuajar, tienden a ser deformes, multiovuladas. 4) El polen es poco viable. 5) En el melocotonero y otros frutales de hueso, muy sensibles a la falta de frío, se observa caída de yemas.

En la fruta: 1) Maduración irregular. 2) Menores producciones. 3) La calidad de la fruta se ve afectada: a) menor tamaño, b) pobre coloración (baja disponibilidad de carbohidratos para nutrirlos), c) menor firmeza (menor densidad celular en los tejidos en formación) (Gobierno de Aragón, 2010).

### 2.3. Métodos de cálculo de horas frío

El término “horas de frío” se refiere a las horas transcurridas a temperaturas inferiores a los 7 °C. Esto se correlaciona a su vez con la cantidad de frío requerida para la ruptura de la dormición y el posterior crecimiento normal del árbol frutal (Flores, 2007).

Existen diferentes modelos que intentan predecir la ruptura de la dormición, en la actualidad esos modelos contemplan rangos de temperatura con diferente eficiencia en la acumulación de frío (Frías, 2006).

Para salir del reposo, la planta requiere de la acumulación de frío. Para el cálculo de este requerimiento se emplean diversas fórmulas, de las cuales las más utilizadas son: el Modelo de Da Mota; el modelo del Dr. Weinberger; el Método del termógrafo; los cuales se describen a continuación, y que fueron empleados en este trabajo.

#### 2.3.1. Método de Da Mota

El método de Da Mota (1957) correlaciona las horas frío y la temperatura media de los meses de noviembre a febrero durante el período invernal (Hernández *et al.*, 2012).

Cuantifica las horas frío a través de la fórmula:

$$H.F = (485.1 - 28.5) * (X)$$

Donde:

H.F = son las horas frío acumuladas en una región.

X = es la temperatura promedio de los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero.

### 2.3.2. Método del Dr. Weinberger

Weinberger (1950) correlacionó temperaturas entre 0 y 7.2 °C con el desarrollo de las yemas de varios cultivares de duraznero, con lo que define el concepto de horas frío, además propuso un conjunto de valores de HF basado en el número de exposición de yemas a temperaturas menores a 7.2 °C. Este método cuantifica el frío respecto a la temperatura promedio de los meses de diciembre y enero, con la fórmula:

$$\mathbf{HF= 2,124.95-125.23(Tmedia)}$$

Donde:

HF= horas frío acumuladas de diciembre y enero.

Tmedia= temperatura promedio mensual.

### 2.3.3. Método del Termógrafo

Este método consiste en el conteo directo sobre gráficas de termógrafo (Figura 4) obtenidas por medio de un sensor de temperatura, el cual está constituido por dos placas bimetalicas que están pegadas entre sí. Como los coeficientes de expansión térmica de ambos metales son diferentes, las láminas se encorvan o expanden al cambiar la temperatura. Mediante un sistema de palancas, la deflexión se amplifica y se registra en una banda de papel. Las fajas están confeccionadas en papel reticulado, con trazos horizontales que indican las temperaturas del aire y con trazos verticales (curvos) se indican las horas del día. Las horas frío comienzan a contabilizarse a partir del momento en que se registran temperaturas inferiores a los 7 °C.

Para que los datos del termógrafo sean confiables, se recomienda que sean de por lo menos 10 años de observaciones, lo que daría una idea precisa de la verdadera y normal situación de cada lugar (Melgarejo, 1996).



**Figura 4. Vista general de un Termógrafo (UNAM-FFyL, s/f).**

#### 2.4. Método de cálculo de unidades frío

Durante las décadas de 1980 y 1990, se desarrollaron modelos de cuantificación del frío efectivo para la salida de la endodormancia, generados para diferentes tipos de clima y especies. Estos nuevos modelos, incorporaron modificaciones de rangos de temperatura determinados para otros cultivares o especies basados en el concepto de unidades de frío.

##### 2.4.1. Método de Utah

El modelo de Utah define como UF a la permanencia de las yemas por un período de una hora en un rango de temperatura consideradas óptimas entre 2.5-12.5 °C para acumular frío. Temperaturas menores de 1.4 °C no contribuyen a la acumulación de frío y se le asigna un valor de 0, temperaturas entre 1.5 y 2.4 °C contribuyen con 0.5 UF; temperaturas entre 12.5 y 15.5 °C tampoco contribuyen a la acumulación de frío, mientras que temperaturas entre 16 y 18 °C contribuyen negativamente con -.5 UF; y a temperaturas mayores de 18 °C se les asigna un valor de -1 UF, es decir, se restan valores a las unidades frío acumuladas por las temperaturas ubicadas en el rango 1.5 y 12.5 °C (Richardson *et al.*, 1974).

**Tabla 4. Escala propuesta para método Utah (Richardson *et al.*, 1974).**

<b>UF</b>	<b>Rango de T(°C)</b>
<b>0</b>	<b>&lt;1.4</b>
<b>0.5</b>	<b>1.5-2.4</b>
<b>1</b>	<b>2.5-9.1</b>
<b>0</b>	<b>9.2-12.4</b>
<b>0.5</b>	<b>12.5-15.9</b>
<b>-0.5</b>	<b>16-18</b>
<b>-1</b>	<b>&gt;18</b>

## 2.5. Aplicación en la producción de árboles frutales de hoja caduca

La exigencia de frío de yemas para salir del letargo puede ser un mecanismo de defensa particularmente interesante para los frutales caducifolios de la zona templada, ya que unos días benignos en inviernos podrían inducir la brotación y quedar los brotes indefensos ante la acción de las heladas tardías (Calderón 1983).

Diversos son los síntomas de la falta de frío en los frutales. Debe considerarse que no todas las plantas de una variedad ubicadas en un mismo sector de la plantación requieren la misma cantidad de frío: aquellas más vigorosas serían más exigentes que las más débiles. Dentro de una misma planta ocurre algo similar, lo que podría significar el desfase entre la floración.

Tales circunstancias y ante un posible incremento de la temperatura causa del “Cambio climático”, será necesario utilizar distintas estrategias y productos autorizados que permitan romper el reposo invernal de las variedades frutales de hoja caduca exigentes en frío invernal, así, como, el implemento de prácticas destinadas a contrarrestar los fenómenos naturales en etapas críticas de la producción de frutales, para que los productores puedan obtener producciones rentables.

Si un cultivar se establece en un área donde sus requerimientos de frío no se satisfacen adecuadamente, el comportamiento vegetativo y productivo se verá afectado negativamente. Por el contrario, en el caso de cultivares con bajos requerimientos de frío

(es decir de floración temprana) que crecen en áreas de invierno frío la floración ocurre demasiado pronto, las bajas temperaturas pueden inducir una importante pérdida de rendimiento por heladas (Scorza y Okie, 1990).

La necesidad de frío para la ruptura de la latencia de los cultivares de fruta de temporada deben ser completamente satisfechos para obtener el crecimiento vegetativo deseado y la mejor capacidad de fructificación (*Op Cit.*).

Dentro de las yemas florales de almendro (*Prunus dulcis* [Mill.] D. A. Webb), el pistilo es el órgano más susceptible (Buyukyilmaz y Kester, 1976).

A mitad del invierno, momento de máxima resistencia al frío, las yemas florales de distintas especies del género *Prunus* fueron más susceptibles al daño por congelación que las yemas vegetativas. Asimismo, entre los órganos y tejidos vegetativos, las yemas vegetativas y el xilema del tallo fueron los más fácilmente dañados (Quamme *et al.*, 1982).

Sumado a factores climáticos, las reservas nutricionales pueden ser afectadas por factores intrínsecos de la planta, como la carga frutal. Gagnon *et al.* (1990) observaron que la remoción de frutos en el otoño permitió una mayor acumulación de reservas en raíces y mejoró la tolerancia al frío y la supervivencia invernal en frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.).

Por su parte Sharpe y Sherman (1990), citado por Medina (2000), mencionaron que los clones de durazno de bajo rendimiento de frío, acumulan frío invernal a temperaturas menos frías que los de alto rendimiento. Las temperaturas óptimas para la acumulación de horas frío parecen ser superiores a 6.5 °C, para cultivares de bajo rendimiento y probablemente menos efectos detrimentales a temperaturas superiores a 14.5 °C, que los reportados para cultivares de zonas templadas de los Estados Unidos de América (Medina, 2000).

Según Hauagge y Cummins (1991), el tiempo requerido para alcanzar la brotación muestra menos variabilidad y es menos subjetivo que otros índices.

De igual forma Quamme *et al.* (1995) observó que en duraznero, existe una barrera anatómica a la propagación del hielo desde el eje de la yema floral hacia el interior de la flor, lo que representa un mecanismo para evitar las heladas. Además, la primera y segunda escamas de la yema floral actúan como sitios de secuestro de hielo, lo que favorece el sobreenfriamiento de los órganos florales. Concordantemente, Hamman *et al.* (1996) observaron que temperaturas bajas en el período previo a la helada favorecieron la resistencia al frío de yemas de vid, asociándose a una mayor concentración de fructosa, glucosa, rafinosa y estaquiosa en yemas.

Temperaturas bajo cero, sin llegar a causar daños visibles en las estructuras florales, pueden disminuir el cuaje de frutos. Asimismo, en arándano (*Vaccinium ashei* Reade) se observó que la corola, el estilo y el ovario, en orden decreciente, son las estructuras de mayor sensibilidad a temperaturas bajo cero (NeSmith *et al.*, 1999).

La respuesta diferencial de los brotes laterales y apicales se ha relacionado con su diferente estado y dinámica de latencia en relación con la acumulación de frío (Dennis, 2003; Hauagge y Cummins, 1991).

Mathers (2004) mencionó que en guindo (*Prunus cerasus* L.) y en cerezo, temperaturas elevadas en el período de desaclimatación redujeron la capacidad de evitar la congelación de las yemas florales.

Las temperaturas bajas durante la floración afectan negativamente a la polinización, debido al menor vuelo de insectos (Socias y Kodad, 2005) y determinan la disminución del potencial de las flores para abrir y tornarse receptivas al polen (Hicklenton *et al.*, 2002).

En condiciones naturales, la liberación de latencia y la reanudación del crecimiento en manzanos y otros árboles frutales de hojas caducas templadas está mediada por una acumulación cuantitativa de enfriamiento (Alburquerque *et al.*, 2008).

Debido al incremento de la temperatura que se ha dado de manera general en todas las estaciones, el período invernal también se ha visto afectado al disminuir la cantidad de frío o unidades frío que se acumulan durante la temporada y que son necesarias para romper el

letargo invernal de los frutales caducifolios (Jindal y Mankotia, 2004; Luedeling *et al.*, 2009).

Poirier *et al.* (2010) mencionaron que la temperatura letal media en tallos de nogal (*Juglans regia* L.) se correlacionó con la temperatura promedio de los 15 días previos al muestreo, e indicaron que la tolerancia a las heladas depende de la historia climática del árbol.

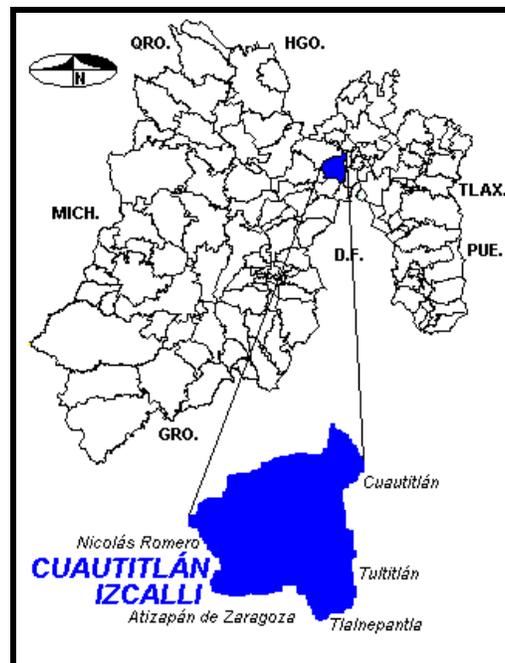
Especies y cultivares con un bajo requerimiento de temperatura para la ruptura de yemas se desaclimatan antes, al ser más sensibles al frío hacia el final del invierno (Keller, 2010; Szalay *et al.*, 2010).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Descripción del sitio de estudio

El estudio se realizó en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM (FES-C), en el centro del Valle donde se ubican los municipios de Cuautitlán México y Cuautitlán Izcalli, Estado de México, pertenece políticamente al último municipio.

El municipio de Cuautitlán Izcalli, se localiza en la parte noroeste de la cuenca de México. Tiene una extensión territorial de 109.9 km<sup>2</sup> que representa el 0.5 % de la superficie del Estado de México, con una altitud de 2,256 msnm, el municipio de Cuautitlán Izcalli, se encuentra ubicado dentro del eje Neovolcánico, con las elevaciones al Suroeste y Oeste del municipio, que forman parte de las estribaciones de las sierras de Monte Alto y Monte Bajo, y colinda al Norte con los municipios de Tepetzotlán y Cuautitlán México, al Este con Cuautitlán México y Tultitlán, al Sur con Tlalnepantla de Baz y Atizapán de Zaragoza, al Oeste con Villa Nicolás Romero y Tepetzotlán (Figura 5).



**Figura 5. Localización geográfica del municipio de Cuautitlán Izcalli. México.**

### 3.1.1. Características climáticas y edáficas

La zona se caracteriza por tener un clima Templado subhúmedo con lluvias de verano, el más seco de los subhúmedos, con verano fresco, sin sequía intraestival, el mes más caliente es junio, con poca oscilación térmica; con una temperatura media anual de 15.2 °C; 612.1 mm de precipitación promedio anual; con un período de bajo riesgo de helada de 208 días. El total de días con helada al año es de 28 días (Rodríguez, 2014). Los suelos en general se clasifican como Vertisol, el suelo es de color gris, pH de 7.0 (Mercado *et al.*, 2013).

### 3.2. Metodología

La realización de este trabajo de investigación incluyó la consulta y sistematización de la información climática de la estación meteorológica de la FES-C, para el posterior cálculo de las variables consideradas. A continuación, se describe la metodología para cada parámetro.

a) Climático: se tomaron los datos de temperatura registrados en la estación meteorológica del período de 1988 a febrero del 2019. Estos datos se correlacionaron con el requerimiento de frío de cultivo de peral. Se calculó el requerimiento en horas frío por medio del método de Da Mota, Dr. Weinberger y el Termógrafo. Asimismo, se determinaron las unidades frío con el modelo de Utah sólo para el período invernal del 2018-2019. Se compararon los resultados con los registrados en la literatura y se relacionaron con cada una de las fases fenológicas en que se presentan.

b) Fenología del peral: se analizaron los datos que fueron recabados de 2014 al 2018, durante el período invernal, con una frecuencia semanal, de las características del desarrollo fenológico del peral. Asimismo, se llevó a cabo el registro del ciclo 2019, para observar la correlación de datos entre los años reportados.

### 3.2.1. Variables evaluadas

Se consideraron las siguientes variables:

- a) Acumulación de frío invernal en la zona de estudio.
- b) Descripción fenológica del peral.
- c) Requerimientos de frío para salir de la etapa de latencia.
- d) Correlación entre métodos de estimación de frío.
- d) Correlación entre las variables climáticas y el desarrollo fenológico del cultivo.

### 3.2.2. Análisis estadístico

Se realizó el análisis de regresión simple de los datos obtenidos con el uso del programa Statgraphics (Statgraphics, Inc, 2018).

### 3.3. Materiales

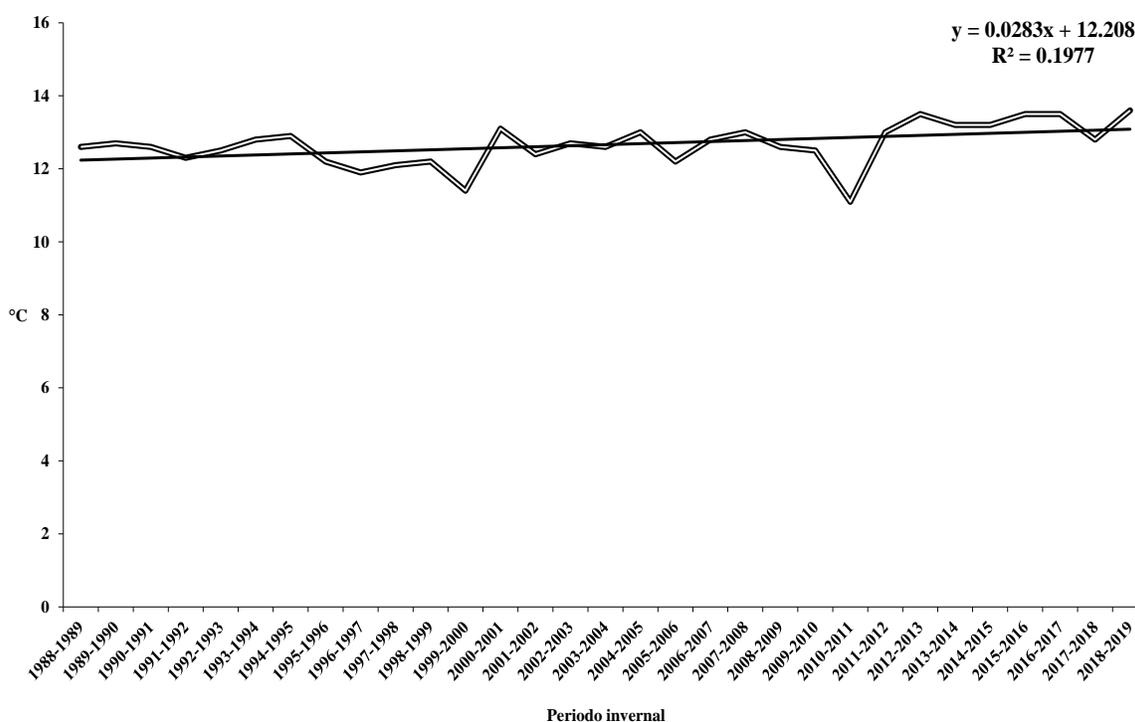
Se emplearon los siguientes:

- Datos diarios de temperatura de la estación meteorológica de la FES-C, de 1988 al 2019.
- Libreta de campo.
- Banco de datos fenológicos de peral del año 2014 al 2018.
- Cámara fotográfica.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Acumulación de frío invernal en la zona de estudio

En la Figura 6 se muestra la temperatura media por período invernal registrada durante los años 1988-2019, esto es, de los meses de noviembre a febrero, registrada en la estación meteorológica de la FES-C. Se distingue una temperatura media anual que oscila entre 11.1 y 13.6 °C, y la menor con 11.1 °C durante el período de 2010-2011; asimismo, se observa que a partir del período invernal de 2011-2012 a febrero del 2019, (sólo en 2017-2018 fue de 12.8 °C) la temperatura media se incrementó por arriba de los 13 °C, con respecto a los años anteriores. El valor medio de toda la serie de datos fue de 12.7 °C.



**Figura 6. Temperatura media de noviembre a febrero, de 1988 a 2019, Cuautitlán Izcalli, Méx.**

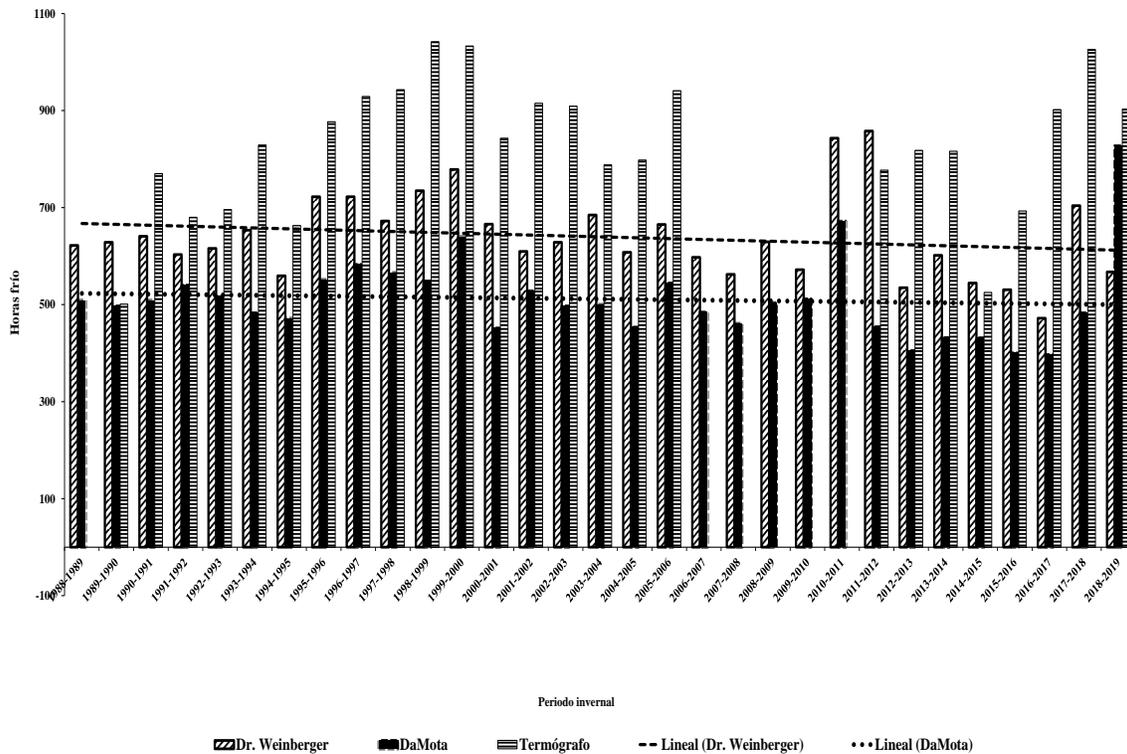
Esta tendencia de la temperatura tiene efecto negativo en la acumulación de frío, como se muestra en la Tabla 5. Cabe mencionar la ausencia de datos en seis períodos invernales, por lo que no se calcularon las horas frío, correspondientes.

**Tabla 5. Acumulación de horas frío acumuladas, por período invernal de 1988 a 2019, Cuautitlán Izcalli, Méx.**

Período Invernal	Horas Frío		
	Weinberger	Da Mota	Termógrafo
1988-1989	622.1	508.7	ND
1989-1990	628.4	497.3	501.0
1990-1991	640.9	508.7	770.0
1991-1992	603.3	540.1	680.0
1992-1993	615.8	517.3	696.0
1993-1994	653.4	483.0	829.0
1994-1995	559.5	471.6	663.0
1995-1996	722.3	551.5	877.0
1996-1997	722.3	582.8	929.0
1997-1998	672.2	565.7	943.0
1998-1999	734.8	548.6	1042.0
1999-2000	778.6	639.9	1033.0
2000-2001	665.9	451.7	843.0
2001-2002	609.6	528.7	915.0
2002-2003	628.4	497.3	909.0
2003-2004	684.7	500.1	788.0
2004-2005	607.8	453.6	798.0
2005-2006	665.2	544.5	941.0
2006-2007	597.5	484.6	ND
2007-2008	562.3	461.2	ND
2008-2009	629.5	504.1	ND
2009-2010	571.9	511.8	ND
2010-2011	843.1	672.1	ND
2011-2012	857.7	454.4	777.0
2012-2013	534.7	405.1	818.0
2013-2014	601.5	432.0	816.0
2014-2015	544.4	431.6	525.0
2015-2016	530.6	400.3	693.0
2016-2017	471.9	396.9	902.0
2017-2018	704.0	483.5	1026.0
2018-2019	567.5	827.6	903.0
Promedio	639.7	511.5	824.7

Nota: ND es Sin Datos.

Las horas frío promedio acumuladas en el período invernal fueron 639.7, 511.5 y 824.7, por el método de Dr. Weinberger, Da Mota y Termógrafo, respectivamente. Se observa una variación de un 30 % entre los dos últimos métodos, en las condiciones ambientales de la zona de estudio. Estos valores se presentan de forma gráfica en la Figura 7, así como la línea de tendencia de los datos en cada método utilizado.



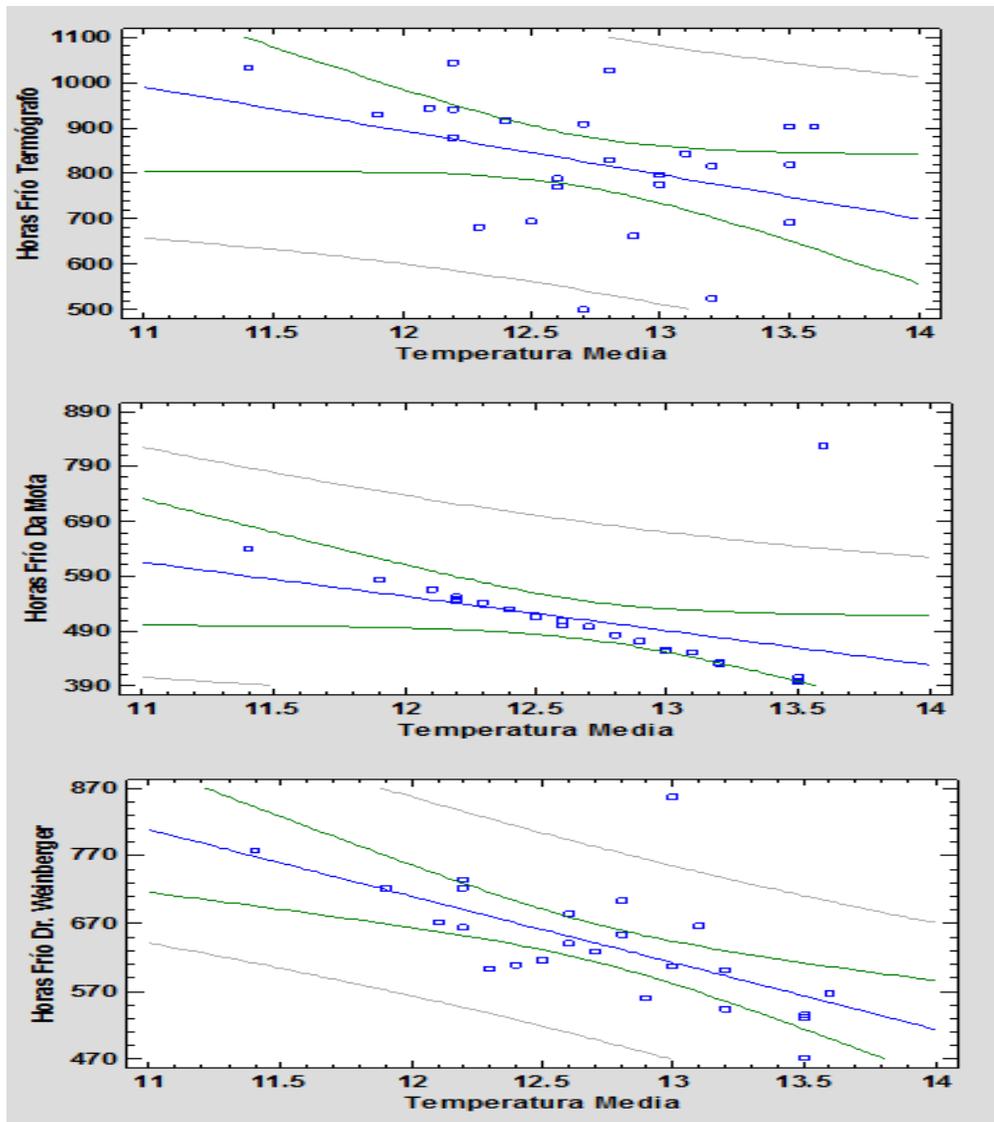
**Figura 7. Horas frío acumuladas por los métodos Da Mota, Dr. Weinberger y el Termógrafo, para cada período invernal de 1988 a 2019, y líneas de tendencia. Cuautitlán Izcalli, Méx.**

El método del Termógrafo presentó la mayor cantidad de horas frío con respecto a los otros métodos, porque considera el conteo de horas en las cuales la temperatura es igual o menor de 7 °C, mientras que los otros dos métodos teorizan solo con base a las temperaturas medias de los meses invernales.

La línea de tendencia de las horas frío evidencia una ligera disminución en la cantidad de acumulación de frío. Sin embargo, esta cantidad de frío disponible permite romper el período de latencia en los árboles frutales de hoja caduca.

Es considerable un ligero aumento en la normal ( $12.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) de las temperaturas promedio de los meses de noviembre a diciembre para la zona de estudio, notando ciclos de alrededor de 10 años, en los cuales la temperatura se mantiene más o menos constante. Después de esto se presenta un descenso ( $11.4$  y  $11.1\text{ }^{\circ}\text{C}$  respectivamente) mayor a  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; para un posterior período invernal la temperatura normal de estos meses vuelve a incrementarse hasta por arriba de los  $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ , para los períodos invernales de 2011-2012 hasta el 2018-2019 se mantuvo prácticamente arriba de este nivel, presentándose durante 3 períodos un promedio de  $13.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , solo descendió a  $12.8\text{ }^{\circ}\text{C}$  para el período 2017-2018.

Enseguida se realizó un análisis de regresión para determinar cuál de los métodos utilizados tiene mejor ajuste con respecto a la temperatura media del lugar, que fue considerada la variable independiente. En la Figura 8 se presentan las gráficas de estas relaciones, y se comprueba esta relación de los métodos con respecto a la tendencia de la temperatura media.



**Figura 8. Regresión lineal simple entre la temperatura media y los métodos de cálculo de horas frío.**

En los tres métodos utilizados se observa que la tendencia de la acumulación de horas frío decrece cuando aumenta la temperatura media, y en el método de Da Mota existe mayor ajuste en los datos por la razón antes mencionada: este método considera los cuatro meses de frío durante la dormancia de los frutales.

**Tabla 6. Cuadrados medios y valores estadísticos de regresión de los métodos evaluados para cálculo de horas frío.**

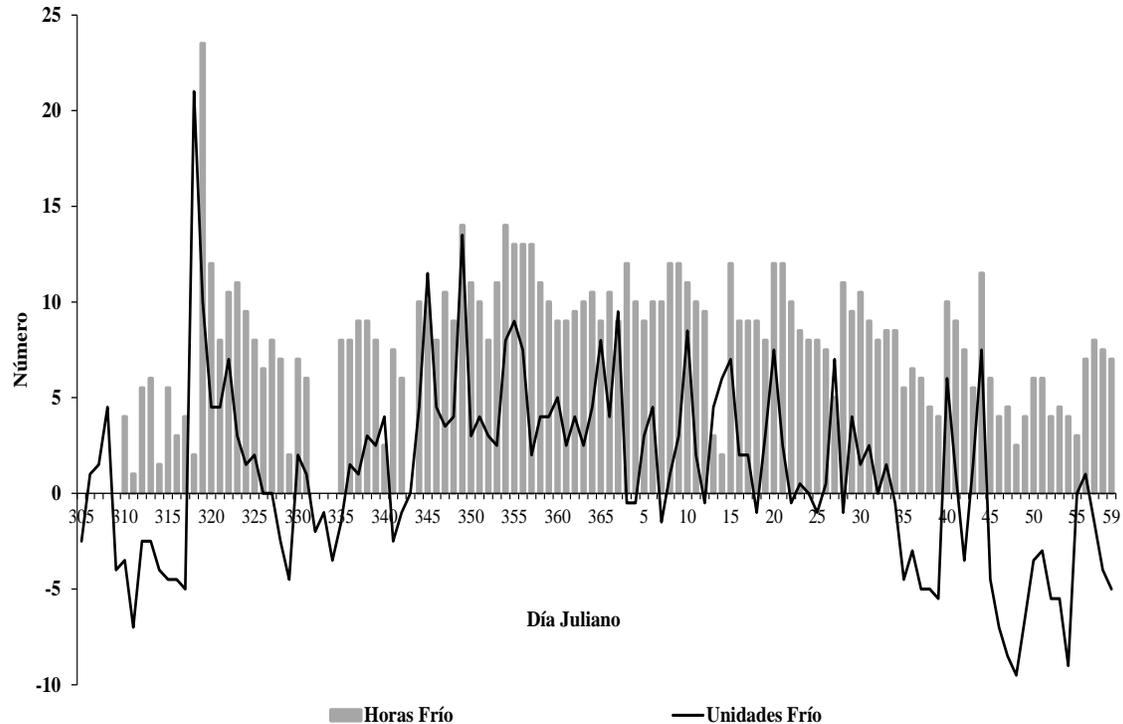
Regresión	Cuadrado medio	F calculada	P obtenido	Coefficiente de correlación	R <sup>2</sup>
Termógrafo vs Temp media	68,726.50	3.82	0.0631	-0.3772	14.22
Da Mota vs Temp media	28,660.90	4.01	0.057	-0.3854	14.86
Dr. Weinberger vs Temp media	70,973.80	15.61	0.0006	-0.635809	40.42

El valor  $P$  en las tablas de los análisis de varianza (ANOVA) correspondientes con un nivel de confianza del 95.0%, cuando es menor que 0.05 existe una relación estadística significativa, y si el valor de  $P$  es mayor, no existe relación estadística. Por lo tanto, sólo fue significativa la relación entre el método del Dr. Weinberger y la Temperatura media.

El estadístico  $R^2$  en el modelo tal como está ajustado, explica el porcentaje de la variabilidad entre las relaciones; mientras que el coeficiente de correlación indica la relación entre las variables. En este sentido, hay una relación más estrecha entre el método del Dr. Weinberger y la Temperatura media, que con los otros dos métodos. Asimismo, los valores de correlación son negativos, es decir, la acumulación de horas frío es inversamente proporcional a la temperatura. Cuanto más elevada es, menor será la acumulación de este parámetro agroclimático. Esto se comprueba con la línea de tendencia que se presentó en la Figura 7 y 8, en los datos de horas frío acumuladas por los métodos da Mota y Weinberger.

Se calculó la acumulación de unidades frío por el Método de Utah, con base a lo propuesto por Richarson *et al.* (1974), para el período invernal 2018-2019, mediante los datos horarios de una estación automática, Mca. Campbel, mod. CR200, de la estación meteorológica de la FES-C.

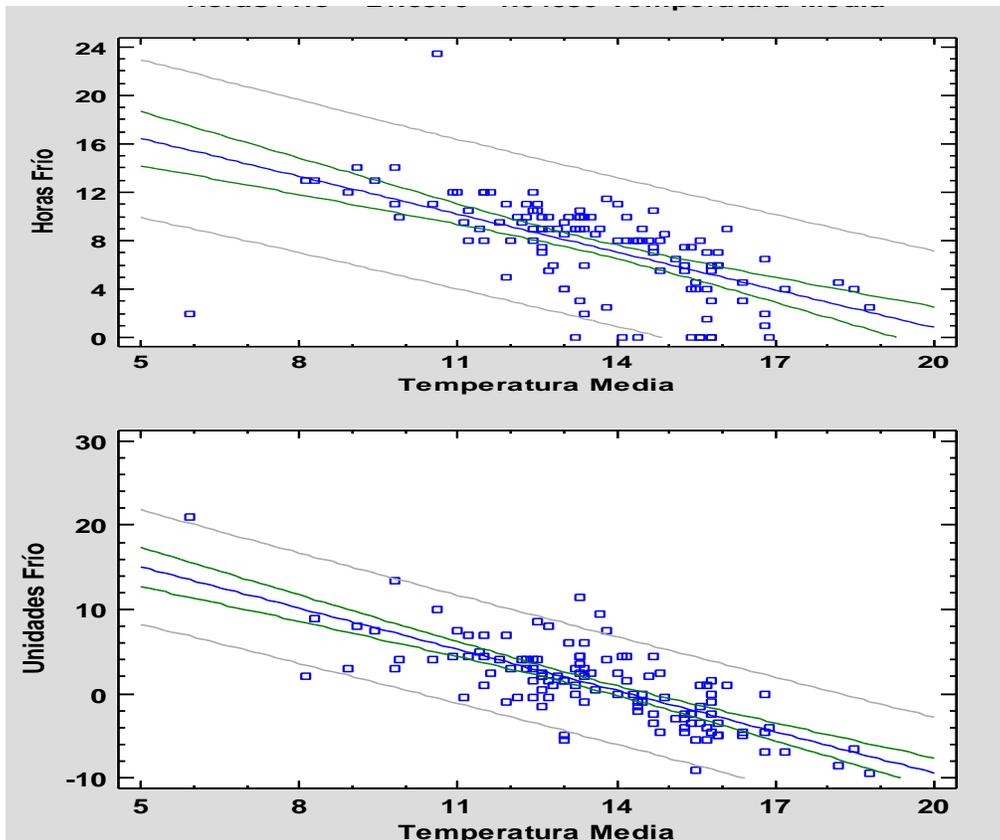
Las horas frío del método del Termógrafo y unidades frío acumuladas en este período invernal se presentan en la Figura 9.



**Figura 9. Acumulación de horas frío por el método del Termógrafo y unidades frío por el método de Utah, por día juliano, del período invernal 2018-2019, Cuautitlán Izcalli, México.**

Se observa que la mayor acumulación de frío, ya sea en horas o unidades frío, ocurre entre los días 344 y 2 juliano; fuera de este período se presenta de acuerdo al concepto de unidad frío (Richardson *et al.*, 1974) una desacumulación de frío con valores negativos de unidad frío. Esto repercute en la fisiología del árbol frutal, genera un desajuste hormonal (ABA/Ga<sub>3</sub>) y con ello una brotación desuniforme. El concepto de hora frío no contempla desacumulación de frío, sin embargo, en la zona de estudio, durante el invierno se presenta alta insolación por escasa nubosidad, baja humedad atmosférica, altas temperaturas, característico de las zonas subtropicales donde las zonas templadas están presentes por efecto de altitud y no por la influencia de la latitud.

De la misma manera que ocurrió con la regresión entre temperatura vs horas frío, la tendencia entre temperatura vs unidad frío, es semejante, esto es, al aumentar la temperatura media del día, disminuyen las unidades frío (Figura 10).



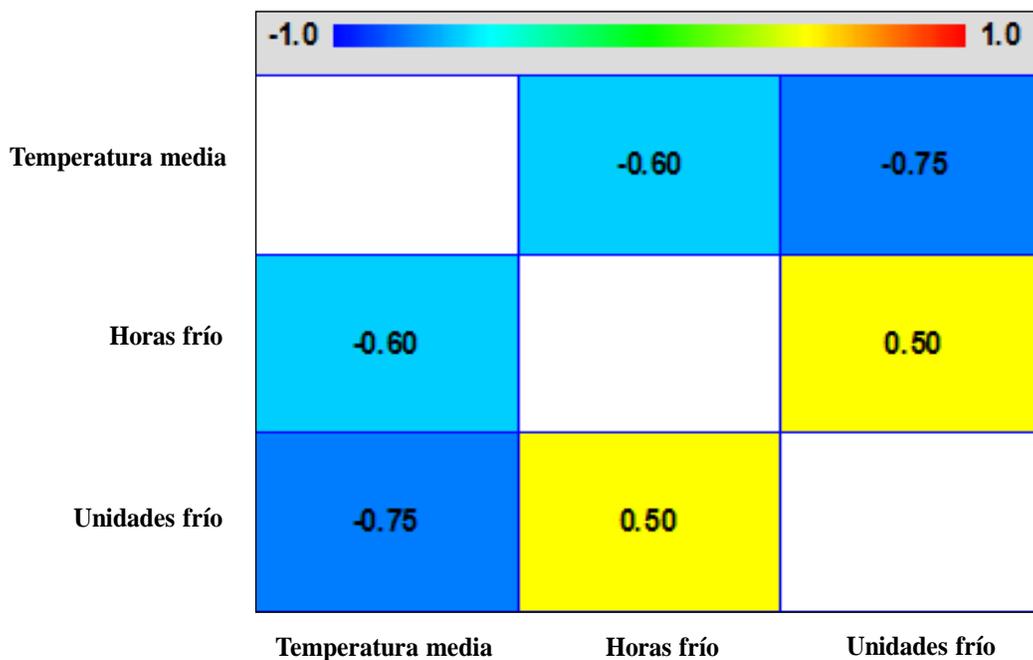
**Figura 10. Regresión lineal temperatura media—horas (método del Termógrafo) y unidades frío (Método de Utah).**

Los valores de correlación entre las variables se observan en la Tabla 7.

**Tabla 7. Cuadrados medios y valores estadísticos de regresión de las unidades frío vs temperatura media.**

Regresión	Cuadrado medio	F calculada	P obtenido	Coficiente de correlación	R <sup>2</sup>
Hora frío vs Temp media	639.47	66.9	0.00	-0.602	36.18
Unidad frío vs Temp media	1,566.92	151.84	0.00	-0.750	56.27

El valor  $P$  en las tablas ANOVA correspondientes cuando es menor que 0.05, con un nivel de confianza del 95.0%, señala una relación estadística significativa, por lo que la temperatura tiene relación significativa entre las horas y unidades frío calculadas. Y el valor de  $R^2$  es mayor entre la unidad frío vs temperatura que entre hora frío vs temperatura, que confirma la idea de que a mayor temperatura disminuye la acumulación de frío. Ahora bien, entre los conceptos de acumulación de frío existe relación, las cuales se determinaron a través de los coeficientes de Pearson (Figura 11).



**Figura 11. Coeficiente de Pearson entre la temperatura vs horas vs unidades frío, período invernal 2018-2019. Cuautitlán Izcalli, Méx.**

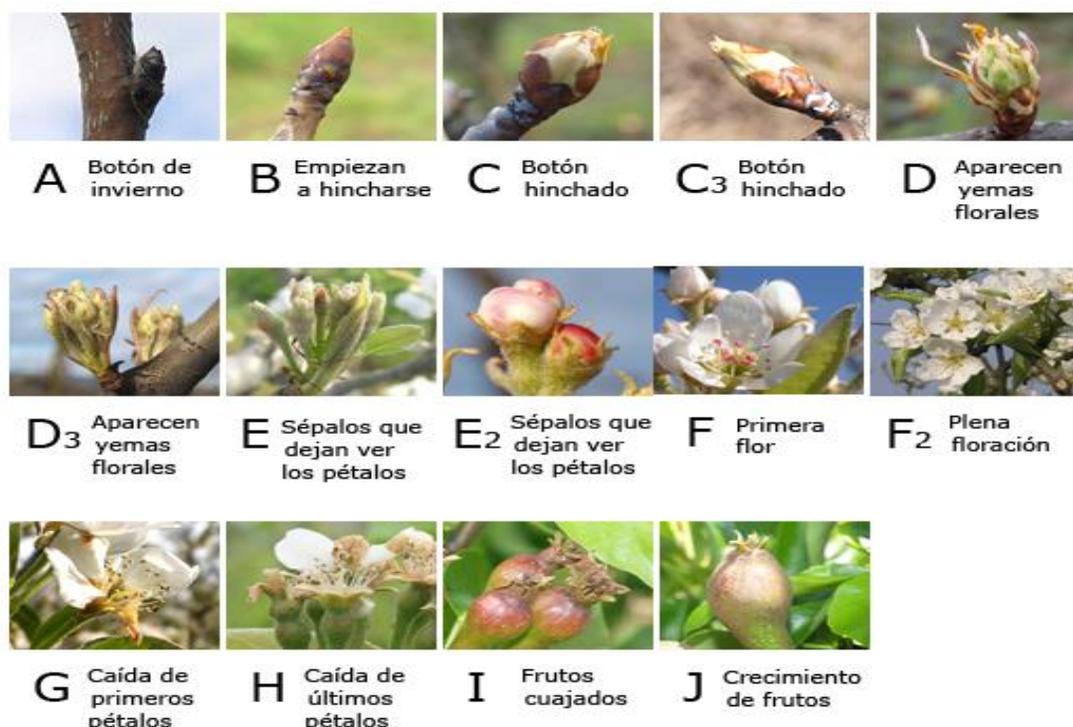
Se evidencia el mayor coeficiente de correlación entre temperatura vs unidad frío, y el valor  $r = 0.50$  entre los dos conceptos de acumulación de frío, con datos a nivel diario. Finalmente se obtuvieron durante el período invernal 2018-2019, 903 horas frío por el método del Termógrafo y 130 unidades frío por el método de Utah.

## 4.2. Descripción fenológica del peral

Como se mencionó anteriormente, en general el árbol de peral posee un requerimiento de 400 a 1,500 horas frío, que depende de la variedad seleccionada; se adapta a diferentes ambientes, desde los climas templados con inviernos gélidos, con presencia de heladas durante todo el período invernal, que son suficientes para variedades con necesidades altas de frío durante el reposo; hasta los climas templados con inviernos benignos de las zonas subtropicales donde se cultivan variedades con menor demanda de frío.

Las diversas fases de la fenología anual en el peral, inician con la brotación de yemas florales y foliares, que es signo de que se han acumulado las horas frío necesarias por el árbol frutal. El frío invernal se comienza a evaluar a partir del 50 % de defoliación, momento en el cual el árbol entra en estado de reposo hasta la siguiente primavera.

En la Figura 12 se muestra la secuencia de fases fenológicas presentes en el árbol de peral, una vez brotadas las yemas, hasta el crecimiento de fruto.



**Figura 12. Fases fenológicas del peral (Fleckinger, 1965).**

Esta acumulación y su efecto en las yemas de los árboles tienen repercusión sobre la uniformidad de la brotación. Algunos elementos que influyen en la acumulación de frío son: la circulación del aire en el sitio, la cantidad de árboles que rodean al huerto, que puede modificar la dirección del viento, la ubicación de las ramas y yemas en el árbol, entre otros.

Una vez acumulado el frío, el desarrollo fenológico anual del árbol inicia desde la brotación de las yemas y termina después de la cosecha; desde el punto agoclimático para que esto suceda, el árbol y sus yemas, deben acumular calor (unidades calor) en cada etapa y fase fenológica, tema que no se aborda en este trabajo.

En la Tabla 8 se presentan los datos de aparición y acumulación por fase y etapa fenológica del cultivo de peral, los cuales fueron registrados en el período del año 2014 al 2018, por los alumnos de las generaciones correspondientes de Ingeniería Agrícola del curso de Producción de Frutales, y en el 2019 de forma semanal; los datos están señalados de acuerdo al calendario juliano.

**Tabla 8. Estados fenológicos del peral y fechas (día juliano) de aparición de acuerdo al año evaluado. Cuautitlán Izcalli, Méx.**

Estado / Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Promedio
<b>A:</b> Botón de invierno	49	40	40	38	40	40	41
<b>B:</b> Empiezan a hincharse	55	47	47	59	48	45	50
<b>C:</b> Botón hinchado	64	52	56	68	54	50	57
<b>C<sub>3</sub>:</b> Botón hinchado	66	54	60	69	70	57	63
<b>D:</b> Aparecen yemas florales	78	56	64	74	75	62	68
<b>D<sub>3</sub>:</b> Aparecen yemas florales	80	61	68	76	76	64	71
<b>E:</b> Sépalos que dejan ver los pétalos	93	69	82	87	80	72	81
<b>E<sub>2</sub>:</b> Sépalos que dejan ver los pétalos	95	71	89	94	88	86	87
<b>F:</b> Primera flor	98	79	96	97	90	90	92
<b>F<sub>2</sub>:</b> Plena Floración	105	90	105	101	95	92	98
<b>G:</b> Caída de primeros pétalos	111	103	111	108	95	95	104
<b>H:</b> Caída de últimos pétalos	126	105	123	115	100	100	112
<b>I:</b> Frutos cuajados	133	115	130	137	105	103	121
<b>J:</b> Crecimiento de frutos	140	129	134	141	125	122	132

#### 4.3. Requerimientos de frío para salir de etapa de latencia

Es notable que la necesidad de frío de la variedad Kieffer de peral establecida en el huerto evaluado, está dentro del rango de horas frío acumuladas en la zona. El inicio de la brotación del peral se presenta en el mes de febrero, día 57 del calendario juliano; y la cosecha se ha realizado a finales del mes de agosto, aproximadamente a los 186 días después de la brotación de yemas.

Durante el período invernal 2018-2019, el peral entró en reposo al inicio del mes de diciembre de 2018, y si el inicio de brotación fue el día 57 juliano del 2019, entonces fue estimulada cuando se acumularon 736.5 horas frío, determinadas por el método del termógrafo; esto equivale a 134 unidades frío, por el método de Utah, ajustados los datos a nivel diario y horario, respectivamente. De acuerdo a Gariglio *et al.* (2007) el peral para romper la dormancia se requieren entre 620 y 1,800 horas frío, por lo tanto, en este período 2018-2019 el árbol cumplió con sus requerimientos de frío.

En general, los árboles de peral tuvieron seis días menos a la brotación de yemas que el promedio de las serie estudiada (Tabla 8), por lo tanto, se considera que la variedad Kieffer presenta buena adaptación a las condiciones de la zona de estudio.

## V. CONCLUSIONES

1. Se cumplieron los objetivos del proyecto de investigación, y quedó evidenciado la acumulación de horas frío suficiente para estimular la brotación de yemas del peral variedad Kieffer.
2. La acumulación de horas frío durante el período invernal en la zona de estudio varía entre 639, 511 y 824 horas, para los métodos Dr.Weinberger, Da Mota y Termógrafo, respectivamente, a una temperatura media mensual de 12.7 °C.
3. Existe una correlación de 0.5 entre las horas frío por el método del Termógrafo y las unidades frío por el método de Utah.
4. Entre el método Dr. Weinberger y la temperatura media existe una relación del 40.42 %, por lo que se considera el método de mayor ajuste a la zona de estudio, para el cálculo de acumulación de horas frío.
5. Las unidades frío efectivas se acumulan durante los meses diciembre y enero, ya que en los meses noviembre y febrero del período invernal existe una desacumulación, de acuerdo a los valores asignados por el método de Utah.
6. Durante el período invernal 2018-2019, se estimuló la brotación al acumularse 736.5 horas frío, equivalente a 134 unidades frío, determinadas por los métodos del Termógrafo y el método de Utah, ajustados los datos a nivel diario y horario, respectivamente.
7. La hipótesis planteada se acepta, para el caso de la variedad Kieffer en la zona de estudio, cumplió su requerimiento de frío, muestra de ello, es que se adelantó seis días la brotación, con respecto a los otros períodos invernales analizados.
8. Respecto al comportamiento fenológico del peral, se establece que esta especie se adapta al área de estudio, sin embargo, la variabilidad del tiempo atmosférico determinan las fechas de aparición de las diversas fases fenológicas y el tiempo de ocurrencia de cada una de ellas, que permitirá definir las labores de cultivo para esquivar la presencia de heladas que afecten la brotación de este frutal.

## VI. LITERATURA CITADA

1. AFRUCCAS (Asociación de Fruticultores de la Comarca de caspe). s/f. Exigencias climáticas de los frutales de hoja caduca. En: <http://www.afruccas.es/sec.php?cs=20>. Fecha de consulta el 12 de septiembre de 2018.
2. Albuquerque, N., García, M.F., Carrillo, A., Burgos, L. 2008. Los requisitos de enfriamiento y calor de los cultivares de cereza dulce y la relación entre la altitud y la probabilidad de satisfacer los requisitos de enfriamiento. *Botánica Ambiental y Experimental*, 64(2): 162-170.
3. Almaguer, V.G., Márquez, B.S.R., Pérez, G.M., Sánchez, D.S. 2010. Perspectivas de la agricultura mexicana en el contexto de la ciencia, tecnología e innovación. In: *Agricultura, Ciencia y Sociedad Rural*. 1810-2010. Universidad Autónoma Chapingo. 317-336 pp.
4. Buyukyilmaz, M. y Kester, D. E. 1976. Comparative hardiness of flower buds and blossoms of some almond genotypes in relation to time of bloom and leafing. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101(4): 344-347.
5. Calderón, F. 1983. *Fruticultura general*. Edit. LIMUSA. Barcelona, España. 779 pp.
6. Chaar, J., Astorga, D. 2012. Determinación del requerimiento de frío y de calor en duraznero [*Prunus persica* (L.) Batsch.] mediante un modelo de correlación. *RIA* 38(3): 289-298.
7. Dennis, F.G. 2003. Problemas en los métodos de estandarización para evaluar los requisitos de enfriamiento para la ruptura de la inactividad en yemas de plantas leñosas. *HortScience*, 38(3): 347-350.
8. Ecoplant. s/f. El receso en frutales. En: <http://www.ecoplant.cl/EL%20RECESO%20EN%20FRUTALES.pdf>. Fecha de consulta el 10 de septiembre de 2018.
9. FAO-FAOSTAT. 2009. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Trade. En: <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>. Fecha de consulta el 10 de septiembre de 2018.
10. Fleckinger, M. 1965. Estados fenológicos del peral. En: <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429021211133500.pdf>. Fecha de consulta 22 de marzo del 2019.
11. Flores, P.C. 2007. Requerimiento de frío en frutales, efectos negativos sobre la producción de fruta (Primera parte). *Revista de agromensajes de la Facultad. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Rosario. Argentina*. 2 p.
12. Frías, M. 2006. Requerimiento de frío en frutales. Pomáceas. *Boletín Técnico*, 6(4): 3 pp.

13. Gagnon, B; Desjardin, Y., Bédard, R. 1990. Fruiting as a factor in accumulation of carbohydrates and nitrogen and in fall cold hardening of day-neutral strawberry roots. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115(4): 520-525.
14. Gardner, J. 2006. Winter rest and the breaking of dormancy in fruit trees. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Ontario. USA. 2p.
15. Garigilio, N.F., Pilatti, R.A., Fonfría, M.A. 2007. Requerimiento ecofisiológicos de los árboles frutales. pp. 41-82. En: Sozzi, G.O. (ed.). *Árboles frutales: ecofisiología, cultivo y aprovechamiento*. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
16. Gil, V.F.A. 1998. *Tratado de Arboricultura Frutal*. Vol. II. 4ª Edición Mundi-Prensa S. A. Madrid, España. 207 p.
17. Gobierno de Aragón. 2010. Necesidades de frío invernal de los frutales caducifolios. *Informaciones Técnicas Núm. 224*. Dirección General de Desarrollo Rural. Aragón, España. 8p.
18. Hamman, R.A., Dami, I.E., Walsh, T.M., Stushnoff, C. 1996. Seasonal carbohydrate changes and cold hardiness of Chardonnay and Riesling grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 47(1): 31-36.
19. Hauagge, R., y Cummins, J.N. 1991. Variación fenotípica de la duración de la latencia del brote en cultivares de manzana y especies malus relacionadas. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116(1): 107-115.
20. Hernández, G., Medina, M. 2012. Índices y umbrales térmicos e índices fitoclimáticos. *Guía de métodos estadísticos*, UNAM.
21. Hicklenton, P.R., Reekie, J.Y., Mackenzie, K., Ryan, D., Eaton, L.J., Havard, P. 2002. Freeze damage and frost tolerance thresholds for flowers of the lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait). *Acta Hort.* 574: 193-201.
22. Jindal, K.K., Mankotia, M.S. 2004. Impact of changing climatic conditions on chilling units, physiological attributes and productivity of apple in western Himalayas. *Acta Hort.* 662: 111-117.
23. Keller, M. 2010. *The science of grapevines: anatomy and physiology*. Elsevier Inc. EE.UU. 376 pp.
24. Lang, G., Early, J., Martin, G., Darrell, R. 1987. Endo, para, and ecodormancy: Physiological terminology and classification for dormancy research. *HortSci.* 22: 371-377.
25. Luedeling, E., Zhang, M., Girvetz, E.H. 2009. Climatic changes lead to declining winter chill for fruit and nut trees in California during 1950-2099. *PLOS ONE*, 4(7): 1-9.

26. Mathers, H.M. 2004. Supercooling and cold hardiness in sour cherry germplasm: flower buds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129(5): 675-681.
27. Medina, T.R. 2000. Fenología y producción forzada de frutales caducifolios bajo condiciones subtropicales. Tesis Doctoral en Ciencias Área: Ciencias Agrícolas y Forestales. Universidad de Colima. Tecomán, Col., México. 161 pp.
28. Melgarejo, M.P. 1996. El frío invernal factor limitante para el cultivo fruta: Modelos y Métodos para determinar la acumulación de frío y de calor en frutales. A. Madrid Vicente Ediciones. Madrid, España. 166 pp.
29. Mercado, M.G., Echeverría, V.Y.U., Chávez, P.S., Adrián, S.P., Herrera, R.H., Valencia, I.C.E. 2013. Contraste de parámetros físicos y químicos de un suelo con manejo orgánico vs manejo convencional. Memorias del XXXVIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. La Paz, B.C.S. México.
30. NeSmith, D.S.; Krewer, G., Lindstrom, O.M. 1999. Fruit set of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei*) after subfreezing temperatures. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124(4): 337-340.
31. Poirier, M., Lacoite, A., Améglio, T. 2010. A semi-physiological model of cold hardening and dehardening in walnut stem. *Tree Physiol.* 30: 1555-1569.
32. Powell, A., Dozier, W., Himelrick, D. 2002. Winter chilling requirements. Alabama A&M and Auburn Universities. USA. 4p.
33. Quamme, H.A., Layne, R.E., Ronald, W.G. 1982. Relationship of supercooling to cold hardiness and the northern distribution of several cultivated and native *Prunus* species and hybrids. *Can. J. Plant Sci.* 62: 137-148.
34. Quamme, H.A., Su, W.A., Veto, L.J. 1995. Anatomical features facilitating supercooling of the flower within the dormant peach flower bud. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120(5): 814-822.
35. Richardson, E.A., Seeley, S.D., Walker, D.R. 1974. A model for estimating the completion of rest for "Redhaven" and "Elberta" peach trees. *HortScience* 9: 331-332.
36. Rodríguez, R.M. 2014. Normal climática de la Estación Meteorológica Almaraz, Cuautitlán Izcalli, México (1987-2013). Tesis de Licenciatura Ingeniería Agrícola. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. 80 pp.
37. Rohde, A., Bhalerao, R. 2007. Plant dormancy in the perennial context. *Trends in Plant Science* 12(5): 217-223.
38. Saure, M. C. 1985. Dormancy release in deciduous fruit trees. *Hortic. Rev.*, 7: 239-300.

39. Schwentesius, R.R., Sangerman, J.D.M. 2014. Desempeño competitivo de la fruticultura mexicana, 1980-2011. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(7): 1287-1300.
40. Scorza, R., Okie W.R. 1990. Peaches (*Prunus Persica* L. Batsch). *Acta Horticulturae*, 290: 177-231.
41. Socias, I.C.R., Kodad, O. 2005. Daños diferenciales por heladas en flores y frutos y criterios de selección para la tolerancia a heladas en almendro. *ITEA*, 101(4): 349-363.
42. Statgraphics, Inc. 2018. Statgraphics Centurion XVIII. Madrid, España.
43. Szalay, L., Timon, B., Németh, S., Papp, J., Tóth, M. 2010. Hardening and dehardening of peach flower buds. *HortSci.* 45(5): 761-765.
44. Toledo, V.S.A. 2009. El receso en frutales. En: <http://www.ecoplant.cl/el%20receso%20en%20frutales.pdf>. Fecha de consulta el 1 de julio de 2015.
45. Universidad Nacional de Entre Dos Ríos, Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA-UNER). 2010. Fisiología vegetal. En: [http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/WEBFV\\_2010/mat\\_did/Reguladores%20Veg%20-%20Cit-Gib-Eti-Aba.pdf](http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/WEBFV_2010/mat_did/Reguladores%20Veg%20-%20Cit-Gib-Eti-Aba.pdf). Fecha de consulta 16 de febrero del 2019.
46. UNAM-FFyL. s/f. Instrumentos Meteorológicos. En: <http://observatoriometeorologico.filos.unam.mx/instrumentos-meteorologicos>. Fecha de consulta 05 de marzo del 2019.
47. Valero, U.V. 2010. La fructificación de los frutales. En: <http://ocw.udl.cat/enginyeria-i-arquitectura/fructicultura/continguts-1/1-6/monografia-no-6-cap.-2.-el-proceso-de-floracion>. Fecha de consulta 05 de marzo del 2019.
48. Weinberger, J.H. 1950. Prolonged dormancy trouble in peaches in the southeast in relation to winter temperatures. *Proc. Amer.Soc. Hort. Sci.* 56: 107-112.
49. Yuri, J.A. 2002. El receso en frutales. Universidad de Talca, Chile. *Pomáceas* (2)4: 3p.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1. Calendario Juliano

DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	1	32	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335
2	2	33	61	92	122	153	183	214	245	275	306	336
3	3	34	62	93	123	154	184	215	246	276	307	337
4	4	35	63	94	124	155	185	216	247	277	308	338
5	5	36	64	95	125	156	186	217	248	278	309	339
6	6	37	65	96	126	157	187	218	249	279	310	340
7	7	38	66	97	127	158	188	219	250	280	311	341
8	8	39	67	98	128	159	189	220	251	281	312	342
9	9	40	68	99	129	160	190	221	252	282	313	343
10	10	41	69	100	130	161	191	222	253	283	314	344
11	11	42	70	101	131	162	192	223	254	284	315	345
12	12	43	71	102	132	163	193	224	255	285	316	346
13	13	44	72	103	133	164	194	225	256	286	317	347
14	14	45	73	104	134	165	195	226	257	287	318	348
15	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349
16	16	47	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350
17	17	48	76	107	137	168	198	229	260	290	321	351
18	18	49	77	108	138	169	199	230	261	291	322	352
19	19	50	78	109	139	170	200	231	262	292	323	353
20	20	51	79	110	140	171	201	232	263	293	324	354
21	21	52	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355
22	22	53	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356
23	23	54	82	113	143	174	204	235	266	296	327	357
24	24	55	83	114	144	175	205	236	267	297	328	358
25	25	56	84	115	145	176	206	237	268	298	329	359
26	26	57	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360
27	27	58	86	117	147	178	208	239	270	300	331	361
28	28	59	87	118	148	179	209	240	271	301	332	362
29	29	****	88	119	149	180	210	241	272	302	333	363
30	30	****	89	120	150	181	211	242	273	303	334	364
31	31	****	90	****	151	****	212	243	****	304	****	365