



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA



Regionalización de las zonas óptimas para el cultivo de durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch) mediante el cálculo de horas-frío en el Estado de México por el método Da Mota.

TESIS

Que para obtener el título de:

BIÓLOGA

Presenta:

STACY HERNÁNDEZ MILLÁN

Director de tesis: Dra. Guadalupe Rebeca Granados Ramírez

Asesor interno: Dra. María del Socorro Orozco Almanza

México, D.F. Marzo, 2011





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.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

Al Instituto de Geografía

A la beca del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) en la UNAM, cuya tesis fue enmarcada en el proyecto: "Variaciones de la precipitación y temperatura e impacto en la producción agrícola de la región Centro-Occidente de México", con clave IN307908

A los miembros del jurado:

Dra. Rebeca Granados Ramírez

Dra. Socorro Orozco Almanza

Dra. Alejandrina Ávila Ortiz

M. en C. Balbina Vázquez Benítez

M. en C. Ramiro Ríos Gómez

A la Fundación Salvador Sánchez Colín

Dr. Juan José Aguilar Melchor

Dra. María de la Cruz Espíndola Barquera

A la Asociación Verde Esperanza

Marcelino Rivera Amaro

A los profesores:

Mtra. María de la Paz Medina Barrios. Colegio de Geografía

Dr. Guillermo Calderón Zavala. Colegio de Postgraduados

LSCA. Moisés Fernando Cortina Cardeña. Universidad Veracruzana

DEDICATORIA

A mis padres:

Lazaro Hernández Rosas (†)
Catalina Millán Villegas

A mis hermanos (y compañía):

Evelia, Mónica, Patricia, Martín, Blanca

A mi esposo:

Ricardo Mar Rodríguez

A mi hijo:

Víctor Ricardo Mar Hernández

A mis amigos

A Mamá Isabel

Por ser parte de mi vida y brindarme su apoyo en las buenas y en las malas, y porque sin su ayuda esto no hubiera sido posible...

Gracias.

ÍNDICE

I. RESUMEN	8
II. INTRODUCCIÓN	9
III. ANTECEDENTES	11
3.1 Durazno. Características generales	11
3.1.1 Ubicación taxonómica	11
3.1.2 Origen	11
3.1.3 Descripción botánica	12
3.1.4 Requerimientos agroecológicos	14
3.1.5 Fisiología	14
3.2 Producción de durazno en México	16
3.2.1 Producción de durazno en el Estado de México	17
3.3 Principales limitaciones para el cultivo de durazno en México	19
3.4 Cuantificación de horas-frío	20
3.4.1 Métodos directos	21
3.4.2 Métodos indirectos	22
3.4.3 Efectos por la falta de frío en durazno	26
3.4.4 Relación entre las horas-frío y el fenómeno El Niño	27
3.5 Variedades adecuadas para México	28
3.6 Centros de investigación sobre el durazno en el Estado de México	30
3.7 Características de la zona en estudio	32
IV. JUSTIFICACIÓN	35
V. OBJETIVOS	37
VI. HIPÓTESIS	38
VII. MÉTODO	39
7.1 Bases de datos	39
7.2 Estimación de horas-frío	40
7.3 Elaboración de mapas	44

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
8.1 Estimación de horas-frío y elaboración de mapas	46
8.2 Análisis del efecto de El Niño en las horas-frío	54
8.3 Recomendación de variedades de durazno para el Estado de México	64
IX. CONCLUSIONES	67
X. REFERENCIAS	69
XI. ANEXOS	77
11.1 Datos de horas-frío de los años El niño	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de una drupa	12
Figura 2. Disposición de las yemas florales y de madera en la rama	13
Figura 3. Flores de duraznero	13
Figura 4. Distritos de Desarrollo Rural (DDR) del Estado de Mexico.	18
Figura 5. Regiones climáticas de México	32
Figura 6. Arreglo de las bases de datos para la realización de los mapas	44
Figura 7. Acumulación de horas-frío en el Estado de México en el periodo 1961-2003	50
Figura 8. Acumulación de horas-frío en el Estado de México en 1982	56
Figura 9. Acumulación de horas-frío en el Estado de México en 1983	57
Figura 10. Acumulación de horas-frío en el Estado de México en 1997	59
Figura 11. Acumulación de horas-frío en el Estado de México en 1998	60

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Superficie sembrada, rendimiento y volumen de producción en riego y temporal de durazno Diamante, Estado de México, 2007	19
Cuadro 2. Necesidades de frío (horas por debajo de 7°C) para salir de la dormancia en diversas especies frutales	21
Cuadro 3. Correlación de Weinberger	22
Cuadro 4. Método Sharpe	23
Cuadro 5. Variedades de durazno recomendadas para el Altiplano Central	29
Cuadro 6. Estaciones que no cumplen las condiciones para el cálculo de horas-frío por el método Da Mota	41
Cuadro 7. Estaciones que no cumplen la primera condición para el cálculo de horas-frío por el método Da Mota en un mes	41
Cuadro 8. Número de años y estaciones con información en el periodo 2004-2009	42
Cuadro 9. Horas-frío históricas de noviembre, diciembre, enero, febrero y totales según Da Mota de 120 estaciones climáticas del Estado de México en el periodo 1961-2003	46
Cuadro 10. Horas-frío que se presentaron en los municipios del Estado de México en el periodo 1961-2003	51
Cuadro 11. Estaciones que presentaron menos de 200 horas-frío en 1997	55
Cuadro 12. Estaciones que presentaron menos de 200 horas-frío en 1998	58
Cuadro 13. Superficie sembrada y cosechada, producción y rendimiento de durazno en el Estado de México en los años 1981, 1982, 1983 y 1984	62
Cuadro 14. Superficie sembrada y cosechada, producción y rendimiento de durazno en el Estado de México en los años 1996, 1997, 1998 y 1999	63
Cuadro 15. Descripción de algunas variedades de durazno actualmente cultivadas en México	64
Cuadro 16. Variedades y selecciones avanzadas de durazno de pulpa firme liberadas por el Colegio de Postgraduados	65

I. RESUMEN

Desde tiempos muy remotos, el cultivo de frutales ha representado una actividad de gran importancia para el hombre, por lo que, con el paso del tiempo ha desarrollado diferentes técnicas encaminadas a mejorar la calidad de las cultivos.

El durazno es una de las frutas más apreciadas en el mercado por su sabor y aspecto, por lo que desde su introducción a México, ha sido acogida con gusto. El Estado de México con alrededor de 40 años de haber iniciado su producción comercial ya representa uno de los cinco estados con mayor producción del país.

Por otro lado, para que los frutales caducifolios florezcan, es necesario que cumplan en el invierno con un determinado número de horas-frío, por lo que su estudio resulta de gran importancia para el cultivo de frutales en México.

Por estas razones se decidió hacer una regionalización de las horas-frío que se presentan en el Estado de México y aplicarlas al cultivo de durazno en esta región. Esto se llevó a cabo mediante el cálculo de horas-frío por el método Da Mota, tomando en cuenta las temperaturas medias mensuales presentes de noviembre a febrero. Los resultados obtenidos exhiben las horas-frío presentes en 120 estaciones climatológicas del Estado de México en el periodo 1961-2003. Con estos datos se elaboró un mapa de distribución en el estado, que abarca desde 0 a 1200 horas-frío y gracias al cual se pudieron hacer recomendaciones de las variedades que pueden cultivarse en esta zona de acuerdo con sus requerimientos de horas-frío.

Además, se analizó la influencia de El Niño en la presencia de horas-frío en los eventos 1982-1983 y 1997-1998, resultando que se presentaron importantes cambios en la distribución de las mismas, siendo el más importante en 1998, en donde únicamente se manifestaron de 200 a 800 horas-frío en el Estado de México.

II. INTRODUCCIÓN

En épocas antiguas, la explotación frutícola se limitaba a la recolección de frutas que crecían en plantas silvestres. Los primeros viajeros que llevaron consigo estas plantas y semillas las propagaron rápidamente por todo el mundo. Al transformarse el hombre en sedentario, comenzó el proceso de selección de las plantas, preocupándose más por el aprendizaje de técnicas para el mejor cuidado y manejo de las mismas, con el fin de obtener mayores producciones (Reyna, 1982; Childers, 1990; Agustí, 2004). Poco a poco, las técnicas de cultivo fueron mejorando con base en la experiencia, el hombre aprendió a multiplicar los árboles de mayor utilidad para él, e inmediatamente emprende, sin saberlo, trabajos de selección (Souty, 1966).

En la actualidad, la agricultura es una actividad altamente exigente en cuanto a medios de producción y tecnología; ha dejado de ser artesanal. La fruticultura es una rama de la agricultura, orientada hacia el cultivo de las plantas que producen frutas (Calderón, 1993; Baraona y Sancho, 2000).

El cultivo de frutales es una actividad altamente especializada que requiere de diversas y complejas condiciones por lo que debe planificarse cuidadosamente, tomando en cuenta cada uno de los factores que inciden en su éxito comercial, e incluso previendo posibles cambios en estos factores, que al no ser satisfechos, repercutirán directamente en la producción (Reyna, 1982; Baraona y Sancho, 2000).

El conocimiento y evaluación del clima es de vital importancia para la planificación de actividades agrícolas y forestales (Villalpando y García, 1993). La temperatura es normalmente, el factor climatológico que más influye en el desarrollo de una especie frutal, al condicionar a otros fenómenos climáticos y a un gran número de procesos fisiológicos, por lo que su estudio resulta siempre fundamental (Meza-Acosta, 1992; Melgarejo, 2000; Hopkins y Hüner, 2009).

El frío es un factor determinante para el crecimiento de las plantas, por esta razón, las especies que crecen en regiones templadas y cercanas a los polos, han desarrollado la dormancia como un medio de defensa ante las bajas temperaturas (Devlin, 1982; Calderón, 1993; Hopkins y Hüner, 2009).

Estas plantas, requieren cumplir con un período de frío durante el invierno, favoreciendo la salida de la dormancia de las yemas, por lo que éstas iniciaran su brotación siempre y cuando hayan recibido cierta cantidad de frío (Gil-Albert, 1991; Calderón, 1993; Melgarejo, 2000). Sin embargo, si las temperaturas bajan más de lo normal, las plantas se pueden deteriorar e incluso morir (Parker, 2000).

La producción hortofrutícola en México se mantiene como una industria competitiva a nivel mundial (Calderón, 1993; Siller, 1999). El durazno está considerado entre los 50 cultivos de mayor importancia a nivel nacional. Se trata de un frutal caducifolio que presenta la condición de requerir una etapa de dormancia durante el invierno como medio para sobrevivir ante las condiciones climáticas adversas, y que necesita cumplir cierto número de horas-frío para poder prosperar cuando las condiciones se vuelvan favorables.

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta el cultivo de durazno, es la falta de conocimiento de las horas-frío que se presentan en diferentes regiones del país, por lo que en muchas ocasiones, la producción se ve afectada cuando se establece un huerto en una zona en donde no se cumplen los requerimientos de frío de la variedad sembrada.

III. ANTECEDENTES

3.1 Durazno. Características generales

El durazno es una fruta muy apreciada a nivel mundial debido a sus múltiples propiedades y buen sabor. Desde el punto de vista económico o de rentabilidad, ocupa un lugar importante ya que se usa para el consumo fresco así como para el procesamiento industrial. Es considerado como uno de los frutos caducifolios más importantes del mundo.

3.1.1 Ubicación taxonómica (Rom, 1988; Enríquez, 2001)

Reino: Plantae

División: Spermatophyta

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Dicotyledoneae

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Género: *Prunus*

Especie: *P. persica*

Nombre científico: *Prunus persica* (L.) Batsch

3.1.2 Origen

Es una especie originaria de China que data del siglo X a.C., de donde fue llevada al oeste, principalmente a Persia en donde el clima proporcionó las condiciones excepcionales para su cultivo (Muñoz, 1998; Enríquez, 2001), a lo que se debe el nombre científico de la especie *Prunus persica*. De ahí los árboles fueron llevados rápidamente a Europa. Entre 1493 y 1513, los españoles introdujeron a América el

cultivo de durazno y para 1524 se empezó a cultivar el durazno en México (Plan Rector Sistema Nacional Durazno, 2005).

3.1.3 Descripción botánica

El duraznero es un árbol de tamaño medio (3 a 5 m de altura). La extensión de sus ramas alcanza hasta 15 m². A los 5 o 6 años entra en el período de máxima producción, época que dura 12- 20 años en función del sistema de cultivo, factores climáticos y edáficos, entre otros. A continuación se presentan las partes principales del árbol así como sus características más importantes: (Fideghelli, 1987; Rom, 1988a; Baraona y Sancho, 1998; Muñoz, 1998; Enríquez, 2001, SIAP, 2010a).

Fruto: es una drupa (Figura 1), de forma oblonga, elíptica ovalada o redonda, por lo general es único, revestido de tricomas. La pulpa puede ser de color amarillo o blanco; el hueso adherente a la pulpa o libre.

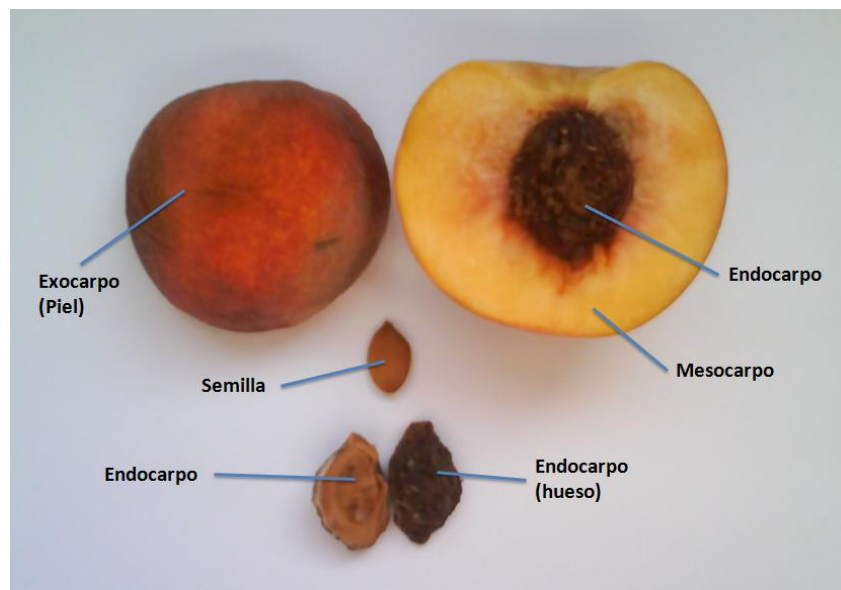


Figura 2. Partes de una drupa (Tomada por Stacy Hernández M. 2010)

Hojas: oblongas, lanceoladas, con una longitud media de 14-18 cm y 4-5 cm de ancho, limbo liso, a veces ondulado a lo largo del nervio central y los bordes aserrados. **Yemas:** pueden ser de madera o de flor. En el ramo, las yemas de madera y de flor pueden estar separadas o juntas en el mismo nudo. Es frecuente la presencia en un nudo de una yema de madera central y dos yemas de flor laterales (Figura 2).



Figura 2. Disposición de las yemas florales y de madera en la rama
(Tomada por Stacy Hernández M. 2010)

Raíces: son pivotantes, muy ramificadas y mucho más extendidas que profundas. **Flores:** cada yema floral produce una sola flor axilar, completa y hermafrodita. Tiene 5 pétalos, 5 sépalos y estambres en múltiplo de 5, generalmente entre 20 y 25. El cáliz es gamosépalo, caduco. El ovario es unicarpelar. Su color puede ser rosado o blanco (Figura 3).



Figura 3. Flores de duraznero (Tomada por Stacy Hernández M. 2010)

3.1.4 Requerimientos agroecológicos

- I. Clima. Las variedades típicas de durazno crecen en lugares templados con inviernos fríos, sin embargo se ha buscado extender su cultivo a lugares que no cumplen esta condición por lo que ha sido necesario desarrollar cultivares de bajo requerimiento de frío, de tal forma que actualmente existen variedades para una amplia gama de climas (Espíndola *et al.*, 2009).
- II. Suelo. Los mejores suelos para el cultivo de durazno son los arenosos y francos, ligeros y con buen drenaje. Un buen suelo deberá tener una profundidad mínima de 1.5 m (Pérez, 1990; Espíndola *et al.*, 2009).
- III. Precipitación. Prospera en regiones de entre 650 a 700 mm de precipitación pluvial anual (Pérez, 1990; Muñoz, 1998).
- IV. Temperatura. La temperatura mínima de crecimiento es de 8°C y la máxima de 40°C, aunque el rango óptimo se encuentra entre los 21 y 27°C. Los requerimientos de frío van de las 600-800 horas-frío en la mayoría de las variedades, sin embargo existen variedades con necesidades desde 100 hasta 1200 (Westwood, 1982; Calderón, 1993; Melgarejo, 2000).

3.1.5 Fisiología

El durazno es uno de los frutales que ha desarrollado la dormancia como medio de defensa ante los factores climáticos adversos (Devlin, 1982; Calderón 1993; Hopkins y Hüner, 2009). Esta se puede definir como la suspensión temporal del crecimiento visible de cualquier parte de la planta que contenga un meristemo (Díaz-Montenegro, 2002). El crecimiento puede ser suspendido cuando algún factor ambiental se vuelve

adverso, o bien, puede ocurrir debido al aumento en la concentración de algún inhibidor del crecimiento (Devlin, 1982).

Estos mecanismos se ponen en marcha antes de que el frío llegue con el fin de anticiparse a las condiciones desfavorables y así asegurar la supervivencia de la planta, ya que la mayoría de las especies vegetales no son capaces de soportar las bajas temperaturas en su etapa vegetativa o en fase de floración (Devlin, 1982; Melgarejo, 2000; Paz *et al.*, 2003; Hopkins y Hüner, 2009).

Las plantas se anticipan a los cambios estacionales por seguimiento del fotoperiodo. El acortamiento en la longitud del día al final del verano desencadena el cese de crecimiento en muchas especies, y por lo tanto la entrada en dormancia de las yemas. Las hojas son los principales receptores al fotoperiodo, por lo que una de las primeras señales es la defoliación (Westwood, 1982; Hopkins y Hüner, 2009).

En la actualidad es aceptado por la mayor parte de los fisiólogos que el mecanismo directo que regula los procesos de actividad vs dormancia es un balance en el interior del vegetal, entre promotores e inhibidores del crecimiento (Calderón, 1993; Rojas y Ramírez, 1993).

El papel regulador del ácido abscísico (ABA) en la dormancia de yemas y semillas parece ligado al cambio en los niveles de ácido giberélico (AG) y otros promotores, que se elevan marcadamente cuando se han cubierto las necesidades de frío y ha terminado el periodo de reposo (Westwood, 1982; Rojas y Ramírez, 1993; Melgarejo, 2000; Hopkins y Hüner, 2009). Según Lavee y Shulman (1973) durante la entrada en reposo se produce un incremento de los inhibidores al mismo tiempo que se reduce la concentración de promotores del crecimiento; el proceso inverso ocurre durante la salida del reposo, lo que permite la brotación cuando además se dan condiciones de temperatura y humedad favorables.

Para que nuevamente se presente el balance inhibitor-promotor de crecimiento, se rompa el reposo y los arboles florezcan y entren en actividad en la siguiente primavera, es necesario que se cumplan dos condiciones indispensables: primero, se debe de cumplir un cierto número de horas de frío durante el invierno, lo que generalmente se conoce como requerimientos de frío. La acción del frío es acumulativa y solo al cumplir estos requerimientos, las células serán capaces de renovarse, iniciando nuevamente la división celular y el crecimiento de las mismas (Díaz-Montenegro y Álvarez-Avilés, 1982; Hopkins y Hüner, 2009).

Y segundo, que se presenten temperaturas favorables en la primavera. Mientras que cualquiera de las dos no tenga lugar en debida forma, el árbol continuará en descanso (Calderón, 1993; Melgarejo, 2000; Salisbury y Ross, 2000; Toledo, 2002).

3.2 Producción de durazno en México

México tiene una superficie establecida de durazno de 47, 306 hectáreas de las cuales se cosecharon 43, 650 y un volumen de producción con base a la superficie cosechada de 204, 234 toneladas en el 2009, derivadas de un rendimiento promedio de 4.61 toneladas por hectárea, lo que genera un valor de producción de \$1, 335, 389, 190. En estas cifras se engloban durazno criollo y mejorado bajo condiciones de riego y temporal, en áreas templadas y frías (Larqué-Saavedra *et al.*, 2009; SIAP, 2010).

De acuerdo con datos del Sistema de Información Agrícola y Pesquera (SIAP, 2010), el cultivo y producción de durazno se realiza actualmente en 23 estados de la República Mexicana. Zacatecas ocupa el primer lugar a nivel nacional por superficie establecida de durazno, con 17, 394 hectáreas plantadas, seguido de Michoacán, Puebla, Estado de México y Tlaxcala. Con respecto a la producción, de acuerdo con el avance de siembras y cosechas nacional de 2009, Zacatecas ocupó el primer lugar con 37, 214 toneladas, seguido de cerca por Michoacán, Estado de México, Chihuahua y

Morelos. El consumo Per cápita es de 2.5 kilogramos, con una demanda nacional superior a las 271, 185 toneladas anuales. La oferta mayor en México se concentra en los meses de enero a octubre (Barreiro, 2000).

La disponibilidad de durazno durante el año varía entre proveedores nacionales e internacionales, siendo Michoacán y Estado de México los que concentran su oferta de enero a junio, principalmente con duraznos de hueso pegado. Aguascalientes concentra su oferta desde mediados de mayo a mediados de septiembre, Zacatecas y Chihuahua tienen su oferta de mediados de julio a octubre (Sánchez-Rodríguez, 2007).

3.2.1 Producción de durazno en el Estado de México

El Estado de México inició su producción comercial en la década de los 70's. La superficie establecida de durazno en el 2009, fue de 3, 282 hectáreas y se cosecharon 3, 090 con una producción de 28, 529 toneladas y un rendimiento promedio de 9.23 toneladas/hectárea (SIAP, 2010).

El valor de la producción en el estado es de 200 millones de pesos y genera alrededor de 150 mil empleos al año. El estado se encuentra dividido en ocho Distritos de Desarrollo Rural (DDR) (Figura 4). Por superficie tanto de riego como de temporal, destaca el DDR 078, Coatepec Harinas, ya que ocupa el nivel más alto en superficie sembrada de durazno (Larqué-Saavedra et al., 2009). La mayor superficie de producción del Estado de México se localiza al sur en los municipios de Sultepec, Almoloya de Alquisiras, Amatepec y Coatepec Harinas, donde predomina un solo cultivar de maduración temprana 'Diamante' (Cuadro 1) (Espíndola et al., 2009). Existen otras zonas productoras, en el norte del estado en el municipio de Villa del Carbón, así como en el noreste, en Amecameca y Atlautla, en donde se introdujo el cultivo de durazno como alternativa ante el bajo rendimiento obtenido en el cultivo de maíz. La variedad predominante también es Diamante (Rivera-Amaro, 2010).

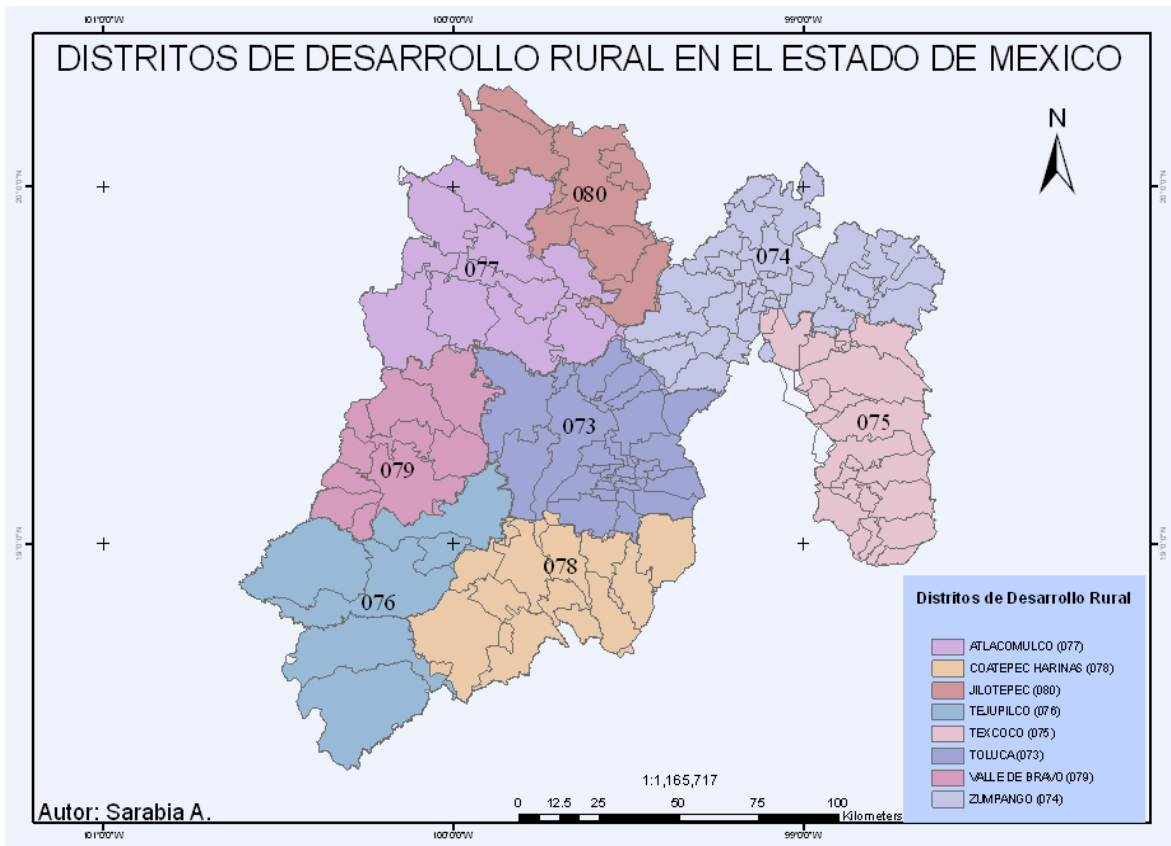


Figura 4. Distritos de Desarrollo Rural (DDR) del Estado de México (Sarabia, 2011)

Actualmente, en el Estado de México se practica la producción forzada, que es aquella cuyo propósito es la obtención de cosechas en épocas y/o lugares en donde regularmente no se produce, mediante la utilización de técnicas de manejo como la poda, defoliación, anillado, aplicación de retardantes del crecimiento o promotores de la brotación, entre otras. Con esto se busca aprovechar una oportunidad de mercado dada por una demanda no satisfecha (Calderón-Zavala, et al., 2007; Aguilar-Melchor, 2010). Así, es posible obtener la producción en la temporada de fines de invierno y principios de la primavera, cuando la fruta es más demandada y los precios son mejores.

**Cuadro 2. Superficie sembrada, rendimiento y volumen de producción en riego y temporal de durazno
Diamante, Estado de México, 2007 (Larqué-Saavedra et al., 2009)**

DDR (Distrito de Desarrollo Rural)	RIEGO			TEMPORAL		
	Superficie sembrada (ha)	Volumen de producción (ton)	Rendimiento (t/ha)	Superficie sembrada (ha)	Volumen de producción (ton)	Rendimiento (t/ha)
Atacomulco	3	8	2.7	9	36.5	4.1
Coatepec	1 988	29 350	14.8	236	2 360	10
Harinas						
Jilotepec	50	389.5	7.8	17	130.6	7.7
Tejupilco	16	165	10.3	0.5	1	2
Valle de Bravo	28	214	7.6	11	102	9.3
Zumpango	5	2.5	0.5	8	0	0

3.3 Principales limitantes para la producción de durazno en México

Son muchos los factores que pueden limitar la producción frutal. Estos suelen agruparse en tres grandes grupos: climáticos, edáficos y el material vegetal utilizado, así, por mencionar a los factores climáticos podemos citar la temperatura y sus efectos en cada momento del ciclo anual, la iluminación, cantidad y distribución de las lluvias, época y frecuencia de las heladas, intensidad del viento, etc. (Melgarejo, 2000), además, se puede mencionar la dificultad para determinar la elección de la zona para realizar una plantación frutal. Sólo cuando se cumplen las condiciones más adecuadas, se puede garantizar un rendimiento máximo. Es importante tener en cuenta que la relevancia de estos factores dependerá de la especie y muy en particular de la variedad que se pretenda cultivar (Lamonarca, 1978).

A partir de 1940 se realizaron mejoras en la fabricación de equipos diseñados para reducir los altos costos de mano de obra existentes en fruticultura. Así es como el riego, fertilización, selección de variedades, comercialización entre otros, se han beneficiado de los importantes adelantos científicos y tecnológicos (Souty, 1966: Childers, 1990). Sin embargo, solo aquellos productores que cuenten con recursos suficientes para realizar una inversión importante en maquinaria, o bien, aquellos que

pueden lograr un elevado rendimiento de frutas por unidad de superficie, estarán en condiciones de adoptar equipo de producción mejorado, pero más costoso.

Por ejemplo, al hablar de producción forzada, se dice que representa una ventaja para los productores, ya que pueden obtener la producción en la época del año en que no se tiene el producto de manera natural, lo que incrementa su precio. Sin embargo, esta técnica también requiere de una mayor inversión por el alto costo de los productos químicos que se utilizan, por lo que no siempre está al alcance de todos los productores. A esto se suman los daños ocasionados al ambiente por el uso de químicos, como la cianamida hidrogenada (Dormex[®]), que es un regulador de crecimiento que rompe la dormancia y estimula la brotación de las yemas, pero que resulta tóxico para peces cuando llega a los cuerpos de agua, además es tóxico para las abejas y moderadamente tóxico para aves, de acuerdo con los datos establecidos en la etiqueta del producto.

En relación con el material vegetal, durante mucho tiempo no existieron variedades adaptadas a las condiciones climáticas del territorio nacional, por lo que ha sido necesaria la utilización de variedades extranjeras, que aunque presentan buena adaptabilidad a la situación del país, en muchos casos exhiben otras dificultades como poca aceptación del consumidor o la susceptibilidad a plagas (Espíndola *et al.*, 2009).

3.4 Cuantificación de horas-frío

Al hablar de la acción favorable de las bajas temperaturas durante la dormancia de los caducifolios, se determina que los 7°C es la temperatura límite superior con acción favorable de enfriamiento, designándose como horas-frío (Ortiz-Solorio, 1987). Las horas-frío se definen como el *número de horas que pasa la planta, durante el periodo de reposo invernal, a temperaturas iguales o inferiores a un umbral*, siendo frecuente que esta temperatura se fije en 7°C (Calderón, 1993; Melgarejo, 2000; Urbano, 2003).

Aunque este valor térmico no es uniforme, ni aplicable a todas las especies y variedades por igual, es mundialmente aceptado como límite medio adecuado para el conteo de horas-frío (Ortiz-Solorio, 1987).

Los requerimientos de frío más que ser característicos de una especie, son propios de cada variedad frutal (Reyna, 1981; Gil-Albert, 1992). Los requerimientos de horas frío para cada frutal caducifolio varían significativamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Necesidades de frío (horas por debajo de 7°C) para salir de la dormancia en diversas especies frutales (Coletto, 1989)

Especie frutal	No. de horas-frío
Albaricoquero	300-700
Almendro	0-800
Avellano	800-1600
Caqui	100-500
Cerezo	800-1700
Ciruelo europeo	800-1500
Ciruelo japonés	100-800
Frambueso	800-1700
Grosellero	800-1500
Higuera	100-300
Manzano	800-1400
Melocotonero	100-1200
Membrillero	100-500
Nogal	700-1500
Peral	800-1400

3.4.1 Métodos directos

- a) **El huerto fenológico.** Consiste en establecer un huerto en donde se realicen observaciones meteorológicas y fenológicas, que cuente con una serie de especies y variedades de requerimientos de frío conocidos y en donde el

número de horas-frío locales estén comprendidas y más o menos centralizadas (Romo-González y Arteaga-Ramírez, 1989).

b) El método del termógrafo. Las horas-frío se obtienen mediante conteo directo de las horas por debajo de 7°C sobre las bandas semanales del mismo, tomando como fecha inicial la de la caída de las hojas, hasta el primero de marzo (Gil-Albert, 1992).

3.4.2 Métodos indirectos

De acuerdo con Reyna, (1981, 1983); Villalpando, (1985) y Morales-Manilla, (1990), entre los métodos indirectos más importantes se encuentran los siguientes:

a) Weinberger, el número de horas bajo 7°C, puede determinarse mediante el cuadro siguiente, en el que T es la media aritmética de las temperaturas medias mensuales de diciembre y enero (Cuadro 3).

Cuadro 3. Correlación de Weinberger

T	13,2	12,3	11,4	10,6	9,8	9	8,3	7,6	6,9	6,3
Horas <7°C	450	550	650	750	850	950	1,050	1,150	1,250	1,350

b) Da Mota, el número mensual de horas bajo 7°C, puede calcularse mediante la expresión

$$Y = 485,1 - 28,5 x$$

Siendo, x = temperatura media mensual

c) Crossa-Raynaud, el número diario de horas bajo 7°C, puede calcularse por la fórmula:

$$n = 24 \frac{7 - t_m}{T_m - t_m}$$

Siendo, T_m = temperatura máxima diaria

t_m = temperatura mínima diaria

- d) **Sharpe**, se basa en la correlación entre las temperaturas medias mensuales de noviembre a febrero y el número de horas-frío acumuladas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Método Sharpe

Temperatura media mensual en °C	Horas frío acumuladas en el mes
7.8	395
8.9	353
10.0	311
11.1	270
12.2	230
13.3	190
14.4	152
15.6	115
16.7	79
17.8	47
18.9	23
20.0	0

A pesar de que el método más exacto para calcular las horas-frío es el directo, por las dificultades que presenta, como el largo tiempo que hay que esperar para tener resultados con un huerto fenológico, o la carencia de termógrafos en todas las estaciones climáticas, se prefiere el uso de los métodos indirectos.

Uno de los métodos indirectos más utilizados es el método Da Mota (Calderón, 1993). Este surge a partir de las observaciones hechas en la región de Pelotas, Brasil, ya que en la mayoría de los años, las perspectivas no eran buenas para la producción de frutales de clima templado, siendo las dos principales causas, la ocurrencia de varios

años con inviernos insuficientemente fríos en relación con las exigencias de los frutales para entrar en reposo y la ocurrencia de heladas tardías (Da Mota, 1957).

Al comparar los resultados obtenidos con los diferentes métodos para un mismo tiempo y lugar, se ha observado que la diferencia entre los resultados suele ser hasta de un 100%. Por esta razón, se han realizado comparaciones entre los métodos directos e indirectos en la República Mexicana. Al respecto, muchos científicos han realizado pruebas para determinar cuál es el mejor método para la determinación de horas-frío. A continuación se presentan algunos casos:

Muñoz-Santamaría (1969) ha aplicado todos los métodos descritos anteriormente para horas-frío, en huertas fenológicas establecidas en los estados de Hidalgo, Estado de México, y Guanajuato, llegando a la conclusión de que para México, parecen adaptarse mejor los métodos de Da Mota y de Weinberger.

Romo (1982) indica que el método da Mota es el que ha dado los mejores resultados para México.

Reyna (1983) llegó a la conclusión de que los métodos de Da Mota y Weinberger son los más apropiados para aplicarse en la República Mexicana, basándose en la consideración de que ambos proporcionan la estimación más cercana a la realidad de efecto efectivo de frío sobre los árboles en un lugar dado.

Calderón (1993), indica que los métodos de Da Mota y Weinberger, especialmente el primero, son los que proporcionan la estimación más cercana a la realidad de efecto efectivo del frío sobre los árboles en un lugar dado.

Hernández (2001), menciona que el mejor procedimiento que estima las horas frío mediante los promedios mensuales es el de Da Mota.

En el Colegio de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, se realizaron estudios usando los datos del termógrafo del Observatorio Meteorológico del mismo Colegio. Al final del conteo de horas frío se hizo una comparación con los métodos indirectos y se encontró que el resultado más aproximado es el de Da Mota, seguido por el de Crossa-Raynaud y finalmente el de Sharpe (Gómez y Morales, 1998).

Con la finalidad de elegir el método más adecuado para realizar la cuantificación de horas-frío, se llevó a cabo una simulación con datos reales del estado de Aguascalientes durante el periodo 2008-2009, los resultados fueron los siguientes:

- e) Weinberger: 450 horas-frío.
- f) Sharpe: 755 horas-frío.
- g) Da Mota: 360 horas-frío.
- h) Crossa-Raynaud: Por la dificultad para obtener los datos diarios de temperaturas del periodo usado, este método no fue comprobado, sin embargo, se sabe por la literatura, que el valor obtenido es cercano al de el método de Sharpe (Calderón, 1993), por lo que el resultado es muy alejado al de Weinberger y Da Mota.

Comparando con el dato obtenido del Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos, por medio de la Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimáticas (<http://clima.inifap.gob.mx/redclima/>, 2010), que presenta el cálculo de horas-frío por el modelo Utah (Richardson, *et al.*, 1974; Anderson y Richardson, 1987) para durazno, con el promedio de horas frío de las 30 estaciones climáticas que se tienen en Aguascalientes, durante el periodo noviembre 2008 a marzo 2009, se tienen 224 Unidades frío. Como se observa, este valor es más cercano al obtenido por Da Mota que a los demás métodos.

Así pues, tomando en cuenta la revisión bibliográfica y las pruebas realizadas con los datos disponibles, para este trabajo se eligió el método Da Mota.

3.4.3 Efectos por la falta de frío en durazno

La deficiente acumulación de frío durante el periodo de reposo invernal es un factor perjudicial y en muchas ocasiones limitante para el buen desarrollo vegetativo y productivo de los frutales caducifolios (Valentini *et al.*, 2002).

Cuando la exigencia de frío invernal no es satisfecha, se presentarán en la siguiente primavera síntomas adversos en alguna parte del árbol. Las consecuencias más importantes se presentan a continuación (Calderón, 1993; Melgarejo, 2000):

- ✓ El retraso en la apertura de yemas
- ✓ Brotación irregular y dispersa de yemas
- ✓ Bajo porcentaje de brotación de yemas florales
- ✓ Anticipación en la apertura de las yemas terminales
- ✓ Fuerte dominancia apical que ocasiona atraso en el inicio de la producción en las plantas jóvenes
- ✓ Caída de yemas: que es el efecto más grave que puede provocar una reducción en rendimientos
- ✓ Aborto del estilo
- ✓ Alteraciones en el desarrollo del polen
- ✓ Deformaciones de hojas
- ✓ Aparición de pistilos múltiples que originan frutos dobles
- ✓ “Chamuscado” de yemas que mueren antes de desarrollarse el brote

La intensidad del daño estará en función del déficit de frío que la planta haya sufrido, así como de la etapa fenológica en que se encuentre la planta (Calderón, 1993; Valentini *et al.*, 2002).

3.4.4 Relación entre las horas-frío y el fenómeno El Niño

El término El Niño fue utilizado por primera vez por los pescadores peruanos para caracterizar una corriente marina cálida del sur a lo largo de las costas de Perú y Ecuador, que se presentaba a finales de diciembre, al acercarse la navidad (Magaña, 2004; Silva, 2008). El fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENOS), se presenta cuando ocurre un calentamiento anómalo de las aguas superficiales del Este del Pacífico Ecuatorial que se extiende hasta la línea Internacional del tiempo (180°W) (Jaimes, 1999; Magaña, 2004; Pereyra-Díaz *et al.*, 2004). Históricamente, el ENOS se ha presentado a intervalos irregulares de 2 a 7 años con una duración de 1 a 2 años, aunque recientemente ha ocurrido con mayor frecuencia de 3 a 4 años con una duración de 12 a 18 meses (Magaña, 2004; Silva, 2008).

En México, El Niño tiene serias repercusiones. De manera general se puede decir que las lluvias de invierno se intensifican y las de verano se debilitan. Al disminuir la lluvia, hay una disminución de nubes que permite que una mayor cantidad de radiación entre a la atmósfera y llegue a la superficie, ocasionando que se registren temperaturas por encima de lo normal en gran parte del territorio nacional. Por el contrario durante los inviernos El Niño se presentan temperaturas menores a lo normal (Conde, 2009).

En un año normal, el clima invernal en la República Mexicana es parcialmente regulado por frentes fríos y lluvias invernales, principalmente en el norte del país (Magaña, 2004). Cuando uno de estos sistemas logra alcanzar latitudes bajas, se le denomina “norte” que se refiere al resultado de la acumulación de aire frío en latitudes medias, e intensos gradientes meridionales de presión en la troposfera baja, que resulta en irrupciones de aire frío hacia los trópicos (Hastenrath, 1991).

En la región del centro y sureste mexicano, el impacto de El Niño en la temporada invernal está fuertemente relacionado con la actividad de los Nortes, cuyo número e intensidad se ve afectado por los cambios en la circulación atmosférica media. En los años que se presenta El Niño, durante el invierno la corriente de chorro de latitudes medias en donde se encuentran inmersos los ciclones se desplaza hacia el sur, provocando una mayor incidencia de frentes fríos y lluvia en el norte y centro del País (Magaña *et al.*, 1997).

La anómala presencia de frentes fríos de manera continua durante inviernos El Niño, provoca que las temperaturas en gran parte del país se presenten por debajo de lo habitual, llegando en ocasiones a producirse nevadas en lugares en donde esto no ocurre en condiciones normales, como las ocurridas en 1997 en Jalisco, Guanajuato y el Distrito Federal como resultado de El Niño (Magaña *et al.*, 1998; Magaña, 2004).

En los últimos 50 años han ocurrido 12 eventos El Niño (Magaña, 2004), siendo el de 1997-1998 el más intenso con anomalías positivas de temperatura superficial del mar en el extremo oriental del Océano Pacífico Ecuatorial de hasta 5-6°C (Jaimes, 1999; Magaña, 2004).

3.5 Variedades adecuadas para México

La elección del cultivar para una explotación comercial es el paso inicial más importante del que depende el éxito o fracaso de una empresa (Rodríguez-Alcázar, 1991). Debido a que la elección de la variedad o las variedades por plantar está íntimamente ligada a sus requerimientos de frío invernal, es necesario conocer éstos para tomar una decisión correcta. Muñoz-Santamaría y Rodríguez-Alcázar (1999), hicieron una recomendación de las variedades de durazno para el Altiplano Nacional (Cuadro 5), estas se presentan a continuación:

Cuadro 5. Variedades de durazno recomendadas para el Altiplano Central (Muñoz-Santamaría y Rodríguez-Alcázar, 1999)

Variedad	A	B	C	D	E	F	G	H	PATENTE
Diamante mejorado CP 88-2C	110	Mayo-Junio	110	2	0	10	250	Resistencia a cenicilla. Susceptible a monilinia	C.P.
Diamante especial CP 88-8C	120-125	Junio	120	1	9	9	250	Resistente a cenicilla y monilinia	C.P.
Oro-B F1 88-25C	105	Mayo	135	2	10	9	275	Medianamente resistente a cenicilla	C.P.
Oro Azteca F1 86-31C	130	Julio	140	2	10	10	275	Medianamente resistente a cenicilla	C.P.
CP 87-9	140	Julio	160	1	10	10	350	Susceptible a monilinia	C.P.
Oro C	120	Mayo-Junio	120	3	10	10	300	Resistente a monilinia	C.P.
CP 90-5C	105	Junio	120	1	10	9	250	Resistente monilinia	C.P.
CP 90-2	90	Mayo	90	3	10	8	300	Resistente a cenicilla y monilinia	C.P.
Diamante	120	Junio	110	1	3	8	250	Resistente cenicilla	BRASIL
CP 91-15	135	Temporal	130	1	10	41	375	Floración tardía zonas con heladas	C.P.

A: Días de flor a fruto

B: Mes de cosecha

C: Peso del fruto en gramos

D: Color exterior del fruto (1=100% amarillo / 10=rojo)

E: Forma del fruto (1=peor forma / 10=mejor forma -redondo-)

F: Firmeza del fruto (1=menos firme / 10=mejor firmeza)

G: Requerimientos unidades frío

H: Resistencia enfermedades

Al no contar durante mucho tiempo con cultivares específicos para la región central de México, durante varios años se realizaron intentos por desarrollar y superar la producción de durazno basados en la introducción de materiales extranjeros, que en la mayoría de los casos, no tuvieron el éxito esperado, ya sea por falta de adaptación o por malas características de los frutos. De entre estas variedades, Diamante es uno de los pocos materiales que muestra buena adaptación y aceptación en el mercado, por lo que su producción se ha extendido ampliamente. El cultivar diamante, (también conocido como Amapre), es de origen brasileño y se caracteriza por su bajo requerimiento de frío (alrededor de 200 horas frío), vigoroso, período de floración a cosecha de 125 días, de fruto amarillo, hueso pegado y pulpa de consistencia media. Frutos de 130 a 140 g (Espíndola *et al.*, 2009).

3.6 Centros de investigación sobre el durazno

En el estado, existen diferentes instituciones que se dedican a realizar trabajos referentes al durazno, una de estas es la Fundación Salvador Sánchez Colín, que surge como una sociedad científica dedicada a la investigación, capacitación y transferencia de tecnología en frutales, en coordinación con la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO), y el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX).

En 1982, inició la organización del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Aguacate en el Estado de México (CICTAMEX, S.C.) con el objetivo de aprovechar el banco de germoplasma reunido durante 35 años en Ixtapan de la Sal y Coatepec Harinas. Con el paso de los años, esta institución comenzó a trabajar en el desarrollo de otras especies, tales como el durazno, la macadamia, el níspero, entre otros frutales de importancia en la región.

Actualmente, la fundación Sánchez Colín trabaja en forma conjunta con el Colegio de Postgraduados, Plantel Montecillo, para desarrollar un programa cuyo objetivo principal es la creación de variedades con resistencia a Cenicilla (*Sphaerotheca pannosa*), con bajo requerimiento de frío y alta capacidad de amarre de fruto bajo temperaturas cálidas durante floración, entre otras. Gracias a los avances más recientes se han obtenido variedades con un periodo de flor a fruto de 67-75 días, lo que permite obtener más de una cosecha por año, además, se han obtenido materiales de pulpa blanca con muy buena calidad (Rodríguez-Alcázar y Calderón-Zavala, 2008).

En años recientes, se han liberado por el Colegio de Postgraduados nuevas variedades y selecciones avanzadas de durazno, las más recientes son ‘Cardenal’, ‘Robín’ y ‘Supremo’, las cuales han sido registradas de forma conjunta por El Colegio de Postgraduados y La Fundación Salvador Sánchez Colín (CICTAMEX), las selecciones son desarrolladas en el Colegio y posteriormente son establecidas en los centros experimentales de la fundación, ubicados en Temascaltepec (La Labor), y en Coatepec Harinas (La Cruz) para evaluar su calidad. Sus principales características se presentan a continuación (Elías-Román, *et al.*, 2003; Rodríguez-Alcázar y Calderón-Zavala, 2008):

‘Robín’ (CP 01-13CW). Primera variedad de pulpa blanca firme desarrollada en México. 275 unidades-frío (UF), 95-100 días de flor a fruto, 150 g, sin punta o sutura pronunciada, vellosidad muy corta, buen amarre de fruta y resistencia a cenicilla.

‘Cardenal’ (CP 97-16C). Variedad de pulpa amarilla tipo “criollo”, 250 UF y 95 días de flor a fruto, 120 g, sin punta, redondeados, vellosidad corta, alto amarre de fruto, resistente a cenicilla y verrucosis.

‘Supremo’ (CP 97-16C). Variedad de pulpa y piel amarilla, firme y muy dulce. 250 UF y 105 días de flor a fruto, 140 g, sin punta ni sutura pronunciada, 10% de chapeo y vellosidad muy corta, amarre de fruto intermedio, resistencia a cenicilla.

3.7 Características de la zona en estudio

Con base en el mapa de Regiones Climáticas de México, resultan en el país once regiones bien definidas (Figura 5). La zona Centro del país ocupa la parte sur de la Altiplanicie Mexicana y limita al sur, con el Sistema Volcánico Transversal, al oeste con las derivaciones de la Sierra Madre Occidental, al este con la Sierra Madre Oriental y al norte con la sierra de Zacatecas y Guanajuato. Comprende una parte o el total de los estados de Aguascalientes, Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Puebla, Querétaro, Tlaxcala y Zacatecas (Vidal, 2005). Esta región cuenta con la red más completa de sitios de observación por ser la más poblada y productiva del país.



Figura 5. Regiones climáticas de México (Vidal, 2005)

Dentro de los estados que abarca esta zona, se tomó específicamente el Estado de México para realizar el análisis de temperaturas y estimar las horas frío. El Estado de México colinda al norte con los estados de Michoacán de Ocampo, Hidalgo y Querétaro

de Arteaga, al este con Hidalgo, Tlaxcala y Puebla, Morelos y Distrito Federal; al sur con Morelos y Guerrero y al oeste con Guerrero y Michoacán de Ocampo. Geográficamente se localiza entre los 18°22' y 20°17' de latitud norte y entre los 98°36' y 100°37' de longitud oeste (INEGI, 2010).

Cuenta con 125 municipios, la capital se ubica en Toluca de Lerdo. Posee una extensión de 22, 357 km², el 1.1 % del territorio nacional. El 87 % de la población se ubica en zonas urbanas mientras el 13% se establece en zonas rurales (Gutiérrez-Roa, 2002). En el estado se practica la agricultura de riego y temporal, entre los principales cultivos se encuentran: maíz, chícharo verde, cebada, frijol, papa, alfalfa, trigo, aguacate, durazno y guayaba (INEGI, 2010).

Predomina el clima templado que se concentra en los valles altos de la parte norte, centro y este de la entidad, particularmente en las inmediaciones del Valle de México. Sigue en importancia, por su influencia y extensión, el clima semifrío, que se distribuye en las regiones del centro y este, principalmente en las cercanías de Toluca. En menor grado se encuentran los climas cálidos y semicálidos, los cuales se localizan en el extremo sur, en los límites con el estado de Guerrero. El clima frío rige sólo en algunas zonas pequeñas en las partes más elevadas de la entidad como son el Nevado de Toluca y el Popocatepetl (INEGI, 2010).

La temperatura media anual es de 14.7°C, las temperaturas más bajas se presentan en enero y febrero (alrededor de 3.0°C). La temperatura máxima promedio se presenta en abril y mayo y fluctúa alrededor de 25°C. Las lluvias se presentan durante el verano, de junio a septiembre, con una precipitación media de 900 mm anuales (INEGI, 2010).

Las heladas en los climas cálidos subhúmedos presentan una frecuencia de 0 a 20 días al año. En los climas secos es de 10 a 100 días, pero predomina el rango de 40 a 60 días al año. Los climas templados presentan una frecuencia de 20 a 120 días al año,

destacando principalmente el rango de 80 a 100 días. En lo referente a los climas fríos las heladas presentan una incidencia de 80 a 160 días al año, predominando el rango de 100 a 120 días. En zonas muy locales de las partes altas se registran rangos mayores de 180 días al año. Las heladas se presentan en ciertas regiones todo el año, pero generalmente comienzan en septiembre y terminan en mayo; la máxima incidencia se registra en noviembre, diciembre, enero y febrero (INEGI, 2010).

IV. JUSTIFICACIÓN

México es un país con gran diversidad de climas, capaz de albergar casi cualquier especie frutícola. Sin embargo, resulta de gran importancia elegir correctamente las zonas apropiadas para el cultivo de cada especie, de acuerdo con sus requerimientos de temperatura, precipitación, insolación, suelo, humedad, entre otros. A pesar de esto, existe poca información y generalmente esta resulta de difícil acceso para los productores, razón por la cual cada año se presentan problemas de bajo rendimiento en los cultivos, sequías o inundaciones, que pueden provocar la pérdida parcial o total de las cosechas, causando daños económicos importantes y poniendo en riesgo la subsistencia de las familias que se dedican a esta actividad (Gómez-Rojas, 1981; Melgarejo, 2000).

En muchos de los casos estos problemas se deben a una mala elección de la zona para colocar la plantación, o bien a una incorrecta selección del frutal o la variedad del mismo, que tenga necesidades diferentes a las presentes en la región. El durazno es una especie de gran importancia en el país, ya que no solo se utiliza para el consumo en fresco, sino que representa un producto altamente demandado en la industria, sin embargo se trata de una especie, que por provenir de una zona templada, presenta un periodo de dormancia durante el invierno, época en la que requiere cierta cantidad de horas frío, para poder florecer en primavera.

Si los requerimientos de frío no son cumplidos, se presentan problemas tales como el alargamiento de la dormancia, bajo porcentaje de apertura de yemas o que está ocurra de forma dispersa, hasta la caída de yemas o aborto de los frutos jóvenes en los casos más graves (Calderón, 1993; Baldomero, 2005; Zegbe, 2005) lo que representa una constante preocupación entre los productores. Por esto la importancia de realizar una regionalización frutícola en todo el país que ayude a los fruticultores a tomar la mejor decisión sobre los cultivos que pueden establecer en sus lugares de

origen. En la medida en que se tenga un mejor conocimiento del país, se podrá competir en mayor igualdad con países más desarrollados, lo que permitirá una mayor presencia de México en las exportaciones de frutales a nivel mundial.

Por estas razones el presente trabajo pretende dar una perspectiva de las mejores zonas para el cultivo de durazno con base en sus requerimientos de horas frío, para que de esta forma, los fruticultores puedan hacer una mejor elección de las zonas aptas para el mismo, que si bien son muchos los factores que influyen en el establecimiento de los frutales, al ser la temperatura uno de los que más repercuten, teniendo esta primera aproximación, se limita considerablemente la superficie disponible, por lo que resulta más fácil, al tener zonas más pequeñas, elegir las más apropiadas para un cultivo en particular.

V. OBJETIVOS

Cuantificar la cantidad de horas-frío que se presentan en el Estado de México, mediante el método de Da Mota, con la finalidad de determinar si las zonas productoras cumplen con los requerimientos de frío para el cultivo de durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch).

Objetivos particulares

- * Determinar el número de horas-frío que se presentan en el Estado de México usando los datos de temperaturas medias mensuales de los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero de (Método Da Mota).
- * Establecer las zonas más propicias para el cultivo de durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch) de acuerdo con sus requerimientos de horas-frío.
- * Con base en la zonificación de las horas-frío, recomendar las variedades más adecuadas para el cultivo de durazno en la zona.
- * Analizar el efecto del fenómeno El Niño en la ocurrencia de horas-frío y por lo tanto, en el cultivo de durazno

VI. HIPÓTESIS

La zonificación del Estado de México con base en las horas-frío que se presentan durante los meses de noviembre a febrero, y su relación con las horas-frío que demandan las variedades de durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch) permitirá recomendar áreas adecuadas para su cultivo.

VII. MÉTODO

7.1 Bases de datos

Actualmente en el Estado de México existen 343 estaciones climatológicas, sin embargo, muchas de estas presentan deficiencias en la información, ya sea porque estuvieron en funcionamiento por poco tiempo o porque son de reciente establecimiento.

Por esta situación, se tomó como referencia la base de datos usada para realizar la obra “Estadísticas Climatológicas del Estado de México en el periodo 1961-2003”, proporcionada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Golfo-Centro, los cuales se consideran confiables debido a que fueron revisados, se estimaron los faltantes y entonces se validaron todos los datos. Esta base presenta la caracterización de 13 parámetros con la información de 128 estaciones meteorológicas seleccionadas por contener información de utilidad y corresponden a la Red de Monitoreo de la Comisión Nacional del Agua (CNA).

En el caso de algunas estaciones, la serie de datos no cumple el periodo completo, debido a que comenzaron su monitoreo después de 1961 o suspendieron sus actividades antes de 2003. Sin embargo, estas fueron incluidas ya que su ubicación resulta estratégica en una entidad con baja densidad de estaciones. Esta base de datos fue sometida a un proceso de selección de años con información mínima (20 años mínimo y 75% de datos en toda la serie histórica).

Con respecto a los datos posteriores a 2004, estos fueron solicitados a la Comisión Nacional del Agua, sin embargo, aún no han sido validados por esta dependencia, presentando muchos faltantes. Estos se revisaron para decidir si podían ser considerados dentro del estudio, tomando únicamente aquellos datos recientes de

las 128 estaciones tomadas como referencia, ya que el resto no cumplen con un amplio periodo con registro de datos pues la mayoría son de reciente establecimiento y se considera que, para que los datos sean representativos de una zona, se debe de considerar como mínimo un periodo de 10 años, los cuales no se cumplen en este caso. Se procedió entonces a separar los datos de temperatura media mensual de los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero ya que en estos se presentan las temperaturas mas bajas en el país, y a organizarlos en archivos separados por estación.

7.2 Estimación de horas-frío

Los datos de temperatura media mensual fueron revisados cuidadosamente y se eliminaron aquellos que no cumplieron los postulados del Método Da Mota, el cual presenta dos limitantes para el cálculo de horas-frío:

- a) Que la temperatura media sea inferior a 17°C y
- b) Que su promedio de temperaturas mínimas no sea inferior a 7.2°C

Por esta razón, no se usaron los meses que no cumplieron estas condiciones. Existen ocho estaciones que presentaron temperaturas medias superiores a 17 °C en tres de los cuatro meses usados, por lo que no fueron incluidas en el estudio (Cuadro 6). La fórmula propuesta por Da Mota considera que a esta temperatura ya no existe acumulación de frío, por lo que los valores obtenidos resultan negativos.

Dichas estaciones se localizan en su mayoría al sur del estado, en la región cálida y semicálida del estado, en los límites con Michoacán, Guerrero o Morelos. Al ubicarse en la zona más calurosa del estado, las temperaturas medias son mayores y la acumulación de frío es menor.

Cuadro 6. Estaciones que no cumplen las condiciones para el cálculo de horas-frío por el método Da Mota

CLAVE	ESTACIÓN	MUNICIPIO	TMED* HISTORICAS			
			Nov.	Dic.	Ene.	Feb.
15001	Acambay	Acambay	Sin Datos			
15012	Bejucos	Tejupilco	26.8	26.0	25.8	27.0
15052	Luvianos	Tejupilco	20.5	19.3	19.0	19.7
15054	Malinalco	San Simón de Guerrero	19.7	19.1	18.7	19.7
15067	Palmar chico	Amatepec	22.4	21.2	20.8	22.1
15068	Paso del cobre	Texcaltitlan	18.3	17.1	16.6	17.4
15107	Santa Bárbara	Santo Tomás	23.0	22.6	22.5	23.2
15134	Vivero La Paz	Zumpahuacán	18.1	17.0	16.9	18.0

* Temperaturas medias

Se tomaron en cuenta tres estaciones que únicamente incumplen la primera condición en uno de los cuatro meses estudiados (Cuadro 7).

Cuadro 7. Estaciones que no cumplen la primera condición para el cálculo de horas-frío por el método Da Mota en un mes

CLAVE	ESTACIÓN	MUNICIPIO	TMED* HISTORICAS			
			Nov.	Dic.	Ene.	Feb.
15035	Ixtapan del Oro	Ixtapan del Oro	<u>17.1</u>	16.1	15.4	16.0
15118	Temascaltepec	Temascaltepec	<u>17.3</u>	16.3	15.4	16.7
15173	Ahuatenco	Ocuilán	16.7	16.4	16.1	<u>17.0</u>

* Temperaturas medias

Por esta razón, para realizar este trabajo se contó con un total de 120 estaciones meteorológicas distribuidas a lo largo del estado que cuentan con información suficiente para realizar el cálculo. Se procedió con la cuantificación de las horas-frío con la ayuda del programa Microsoft Office Excel 2007. En una hoja se organizaron los datos de temperatura media mensual de los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero y se aplicó la fórmula siguiente:

$$Y = 485,1 - 28,5 x$$

Siendo, x = temperatura media mensual

Obteniendo los datos de horas-frío acumuladas en cada mes, se obtuvo una media mensual histórica para cada estación, sumando los resultados de los cuatro meses se obtuvieron los datos de horas-frío según Da Mota de cada estación durante el periodo 1961-2003 y se cálculo una media histórica de cada estación.

De manera alterna, se separaron los datos de temperatura de los años 1982-1983 y 1997-1998, considerados como años El Niño con la finalidad de determinar si existieron variaciones en la acumulación de horas-frío a causa de dicho fenómeno. De igual forma, se obtuvieron los datos de horas-frío según Da Mota de cada año de forma independiente (1982, 1983, 1997 y 1998).

Con respecto a los datos posteriores a 2003, tomando como base las 120 estaciones que cumplen con los requisitos para ser consideradas, se tiene que únicamente 84 estaciones cuentan con datos después de 2003, teniendo datos disponibles solo hasta 2009. De estas, tan solo una estación presentó datos para todos los años (2004-2009), de aquí, hay estaciones con datos disponibles hasta de solo un año (Cuadro 8).

Cuadro 8. Número de años y estaciones con información en el periodo 2004-2009

No. De años con datos	No. de estaciones
6 años	1 estación
5 años	18 estaciones
4 años	22 estaciones
3 años	19 estaciones
2 años	6 estaciones
1 años	18 estaciones
0 años	36 estaciones

Además, para este periodo solo se usaron datos de estaciones con información en al menos dos meses de los cuatro considerados.

Comparando los datos de horas-frío obtenidos del periodo 1961-2003 con los del periodo 2004-2009, se observa que, en ciertos casos en los que se distingue una disminución considerable en la ocurrencia de horas-frío de los últimos años, esta situación se debe a que no se tiene la información de los cuatro meses establecidos por la formula, por lo que al obtener un resultado de 2 o 3 meses únicamente, y compararlo con la suma de cuatro meses, la diferencia es grande, pero no es representativa de la realidad.

Por otro lado, al comparar los datos del primer periodo (1961-2003) con datos provenientes de uno, dos o hasta tres años, como se dispone en el periodo 2004-2009, el resultado no fue confiable ya que se desconocen las condiciones particulares que se presentaron en esos años y que pudieron provocar algún cambio significativo en la presencia de horas-frío, pero que tampoco fue representativo de la realidad.

Por estas razones, no se consideraron los datos del periodo 2004-2009 para este estudio, únicamente se utilizaron los correspondientes al periodo 1961-2003. Sin embargo, en un futuro será importante analizar todos los datos a partir del 2000, que es cuando se comenzó tener mayor conciencia de fenómenos que afectan el clima del planeta, tales como el calentamiento global o cambio climático, para determinar la influencia de este fenómeno en las temperaturas y más específicamente en las horas-frío a mediano y largo plazo, ya que se espera que el clima se vuelva más extremo, por lo que se tendrá otro factor para tomar en cuenta al momento de establecer un huerto de cualquier frutal caducifolio.

7.3 Elaboración de mapas

Con los datos históricos de horas frío se procedió a realizar un mapa de distribución en el Estado de México. Los datos se dividieron en 6 intervalos de 200 horas, comenzando desde 0 hasta 1200 horas-frío de la siguiente forma: 0-200, 200-400, 400-600, 600-800, 800-1000, 1000-1200. Esto debido a que el valor mínimo de horas-frío que se encontró fue de 48.4 en la estación 15173 Ahuatenco, ubicada en el municipio de Ocuilán. Con respecto al valor máximo, este fue de 1645.3 horas-frío en la estación 15062 Nevado de Toluca en Zinacantepec, sin embargo, por la ubicación del mismo, este valor fue descartado ya que no se considera como apto para el cultivo de durazno. Por tanto, el valor que se tomó como mayor para la creación de los intervalos fue de 1063.4 en la estación 15082 Río Frío, en el municipio de Ixtapaluca.

Con la ayuda de Sistemas de Información Geográfica (SIG), usando el programa Arcview GIS 3.3, se realizaron los mapas mediante una interpolación de los datos por el método IDW. Se organizaron las bases de datos para cada uno de la siguiente forma: Clave, Latitud (decimas de grado), Longitud (decimas de grado), Altura, Nombre de la estación, Horas-frío acumuladas y Periodo o Año (Figura 6). De esta forma se exportaron al SIG y se ejecutó la interpolación de los mismos.

	A	B	C	D	E	F	G
1	ESTACION	LAT dd	LON dd	ALTURA	NOMBRE	HF	PERIODO
2	15002	20.100000000000	-99.820000000000	2490.0	ACULCO (SMN)	788.099324	1961-1970
3	15004	19.155555555556	-99.491666666667	2572.0	ALMOLOYA DEL RIO (DGE)	965.18779	1961-1970
4	15005	19.255000000000	-100.022777777778	2365.0	AMANALCO DE BECERRA	543.576711	1961-1970
5	15008	19.543888888889	-98.912777777778	2245.0	ATENCO	561.15562	1961-1970
6	15010	19.462222222222	-99.775555555556	2557.0	ATOTONILCO	736.759581	1961-1970
7	15011	19.317500000000	-99.468055555556	2658.0	ATARASQUILLO	517.464601	1961-1970
8	15013	19.534166666667	-99.239444444444	2281.0	CALACOAYA	496.32649	1961-1970
9	15014	19.440833333333	-99.545277777778	2760.0	CAPULHUAC	639.923595	1961-1970
10	15016	18.923055555556	-99.766111111111	2270.0	COATEPEC HARINAS	254.757373	1961-1970

Figura 6. Arreglo de las bases de datos para la realización de los mapas

Al final se obtuvieron cinco mapas. Un mapa con los datos históricos y cuatro mapas de los años El Niño 1982, 1983 y 1997, 1998 para observar si ha existido alguna variación en las horas-frío causadas por este fenómeno.

Se analizaron las diferencias o similitudes presentes en los mapas de los años El Niño con respecto al histórico. Además, se hizo una revisión de las variedades de durazno con requerimientos de frío conocidos para determinar cuales se pueden cultivar en el estado conforme al frío presente cada zona según los datos históricos.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 Estimación de horas-frío y elaboración de mapas

Se obtuvieron los datos de horas-frío históricas para el periodo 1961-2003 presentes en 120 estaciones climatológicas del Estado de México usando los datos de temperatura media mensual de noviembre, diciembre, enero y febrero mediante el uso de la fórmula propuesta por Da Mota (Cuadro 9).

Cuadro 9. Horas-frío históricas de noviembre, diciembre, enero, febrero y totales según Da Mota de 120 estaciones climáticas del Estado de México en el periodo 1961-2003

ESTACIÓN	HF NOV	HF DIC	HF ENE	HF FEB	HF DAMOTA
15002	153.6	173.9	197.0	157.8	682.4
15004	184.6	224.6	246.8	231.4	887.4
15005	99.7	137.4	137.9	126.6	501.6
15008	101.5	137.7	153.1	118.0	510.4
15010	154.1	194.8	217.7	188.6	755.3
15011	128.2	160.1	171.7	143.3	603.2
15013	83.0	111.9	129.5	90.4	414.7
15014	139.3	172.2	181.9	148.4	641.9
15016	56.6	85.5	99.9	67.9	309.9
15017	71.0	92.0	105.8	71.1	339.9
15018	199.9	212.0	217.0	194.2	823.1
15020	112.2	147.4	163.1	135.0	557.8
15022	113.9	146.6	168.2	129.3	558.0
15024	93.5	110.9	124.0	101.1	429.6
15025	158.0	192.1	213.2	178.2	741.4
15026	149.1	187.6	204.5	174.7	715.9
15027	126.2	155.4	162.8	128.9	573.3
15028	95.4	126.3	147.6	117.3	486.6
15029	144.3	182.2	196.2	159.7	682.4
15030	160.8	206.6	222.1	189.3	778.9
15031	98.1	128.0	146.9	127.7	500.7
15032	112.2	145.6	167.4	134.2	559.3
15033	130.7	155.3	164.1	136.3	586.4
15034	10.0	43.0	50.2	28.6	131.8
15035	0.0	25.1	45.5	28.6	99.2
15037	135.7	167.7	169.5	162.8	635.8

15038	161.5	208.2	226.3	200.8	796.7
15041	131.6	167.7	186.6	148.1	634.0
15042	119.0	150.7	166.7	130.0	566.4
15044	110.5	144.4	161.1	121.3	537.4
15045	237.5	266.8	274.3	247.8	1026.5
15047	72.3	114.6	119.8	90.8	397.5
15049	170.8	203.9	228.0	213.7	816.4
15050	75.6	104.8	124.0	83.1	387.5
15051	180.8	232.1	255.4	221.3	889.6
15056	131.6	167.7	181.6	156.3	637.2
15057	128.7	154.8	164.8	141.7	590.1
15059	49.7	82.5	89.1	52.6	274.0
15062	400.0	416.9	416.5	411.9	1645.4
15063	177.4	214.2	229.0	200.3	820.8
15064	78.3	99.9	110.1	81.7	369.9
15065	135.3	156.0	176.8	121.9	590.0
15066	213.6	244.8	269.2	243.1	970.7
15069	117.5	145.6	161.8	128.7	553.6
15070	196.1	204.6	205.3	184.6	790.6
15071	187.1	212.9	229.1	202.2	831.3
15072	153.0	188.5	203.3	181.8	726.6
15073	76.8	106.8	122.9	90.5	397.0
15074	99.1	127.5	141.3	114.6	482.5
15076	141.0	175.2	194.2	170.1	680.5
15077	111.3	139.4	155.1	120.6	526.5
15078	167.7	192.6	203.9	174.1	738.3
15081	112.1	143.1	156.6	121.9	533.7
15082	249.1	276.9	280.5	256.9	1063.4
15083	110.5	144.4	161.1	124.9	540.9
15084	148.7	175.7	189.6	155.4	669.4
15085	159.8	194.1	212.3	177.1	743.3
15086	134.9	185.1	205.2	180.1	705.2
15087	135.7	164.0	178.7	146.4	624.8
15088	141.9	167.8	179.4	154.0	643.0
15089	139.0	169.5	179.1	151.3	638.9
15090	67.3	92.7	100.7	72.1	332.7
15092	74.6	103.8	117.6	81.1	377.1
15093	127.3	161.5	161.1	135.4	585.4
15094	107.5	135.4	150.6	114.1	507.6
15095	123.2	143.6	154.0	121.2	541.9
15099	90.0	124.9	141.9	105.1	461.8
15101	109.3	129.0	143.1	114.6	496.1
15102	212.2	247.0	258.1	239.1	956.3

15103	125.0	147.9	156.3	122.6	551.8
15104	138.6	163.5	169.2	147.3	618.6
15105	188.3	237.1	261.9	239.0	926.4
15106	116.9	138.2	146.0	122.5	523.5
15108	156.4	193.1	196.5	165.0	710.9
15111	123.5	140.7	141.4	123.5	529.1
15112	167.4	195.2	202.3	173.4	738.3
15114	173.7	195.5	205.2	187.9	762.2
15115	116.6	150.8	166.5	135.9	569.9
15117	122.8	141.0	168.8	138.0	570.6
15118	0.0	19.7	45.9	6.1	71.7
15119	134.4	160.7	172.8	147.0	614.9
15120	74.8	101.8	116.2	87.7	380.5
15122	139.9	167.8	182.4	157.4	647.4
15124	100.2	129.3	145.6	105.4	480.5
15125	94.1	128.2	144.4	98.1	464.8
15127	71.4	107.2	117.8	82.0	378.4
15128	128.9	162.7	177.7	147.4	616.6
15129	90.1	123.0	136.6	107.9	457.6
15132	113.6	142.4	184.5	162.8	603.4
15133	150.6	193.3	216.2	199.5	759.5
15136	16.7	28.6	45.7	9.8	100.9
15139	153.1	181.6	194.6	166.4	695.8
15142	204.3	247.4	246.8	241.1	939.6
15145	73.8	113.1	134.3	97.4	418.6
15146	181.8	206.2	225.1	207.2	820.3
15148	142.6	165.4	184.9	152.7	645.6
15158	148.0	175.7	183.9	162.7	670.3
15160	159.4	193.6	214.2	180.9	748.1
15166	13.8	32.1	37.1	23.8	106.7
15167	118.6	149.3	164.7	125.5	558.0
15170	62.0	95.4	106.5	74.0	337.9
15173	7.1	16.7	24.6	0.0	48.4
15174	173.9	200.8	210.3	180.5	765.5
15183	211.5	263.1	287.3	246.7	1008.5
15184	60.6	98.4	115.3	95.9	370.2
15185	144.0	169.2	189.2	157.0	659.4
15187	171.8	196.1	211.6	180.2	759.7
15189	145.9	171.7	199.8	161.5	678.8
15190	76.4	103.9	117.5	83.5	381.4
15199	172.9	191.5	205.2	179.4	749.0
15201	153.1	192.2	211.9	170.1	727.3
15203	140.0	179.1	199.5	159.8	678.4

15205	151.0	178.5	186.2	169.2	685.0
15225	2.7	28.6	28.9	7.1	67.3
15233	122.5	144.0	154.3	134.4	555.2
15236	132.2	147.0	168.8	135.9	583.8
15238	127.9	174.9	200.0	160.0	662.8
15240	193.3	234.0	236.1	208.2	871.6
15244	183.1	205.9	221.9	196.6	807.4
15251	171.7	204.5	222.7	185.6	784.5

A partir de estos datos, se obtuvo un mapa de distribución de horas-frío en el Estado de México (Figura 7). La disposición se presenta de la siguiente forma:

0-200 horas-frío Se presentan al suroeste de estado, en la región cálida y semicálida, y ocupan la mayor parte de la Cuenca del Balsas hasta el límite sur del Eje Neovolcánico Transmexicano, comprende la mayor parte del la región de Tejupilco y parte de la región Coatepec Harinas. Al sureste se presentan en parte de los municipios de Ecatingo, Atlautla, Ozumba y Tepetlixpa en el distrito Texcoco.

200-400 horas-frío Se presentan en una franja al oeste del estado, desde Malinalco y Zacualpan, hasta Otzoloapan y Donato Guerra en donde predominan los climas semicálidos y templados. Al norte del Distrito Federal en el distrito Zumpango, en los municipios de Nezahualcoyotl y parte de Ecatepec en donde el clima es semiseco templado y Tlalnepantla, Tultitlan y Naucalpan, con clima templado. Al este del estado se localiza una pequeña zona en los municipios de Juchitepec, la parte norte de Ozumba y Atlautla y la parte sur de Amecameca en el distrito Texcoco.

400-600 horas-frío En el suroeste se distribuyen desde Ocuilán hasta Villa de Allende, en una franja que rodea al distrito de Toluca. Al norte, en una pequeña parte de los municipios de Acambay y Temascalcingo, en los límites con Querétaro y Michoacán y desde Aculco pasando por casi todo el distrito Jilotepec y la mayor parte de Zumpango y Texcoco en el este. Dicha región coincide casi en su totalidad con la región hidrológica Pánuco.

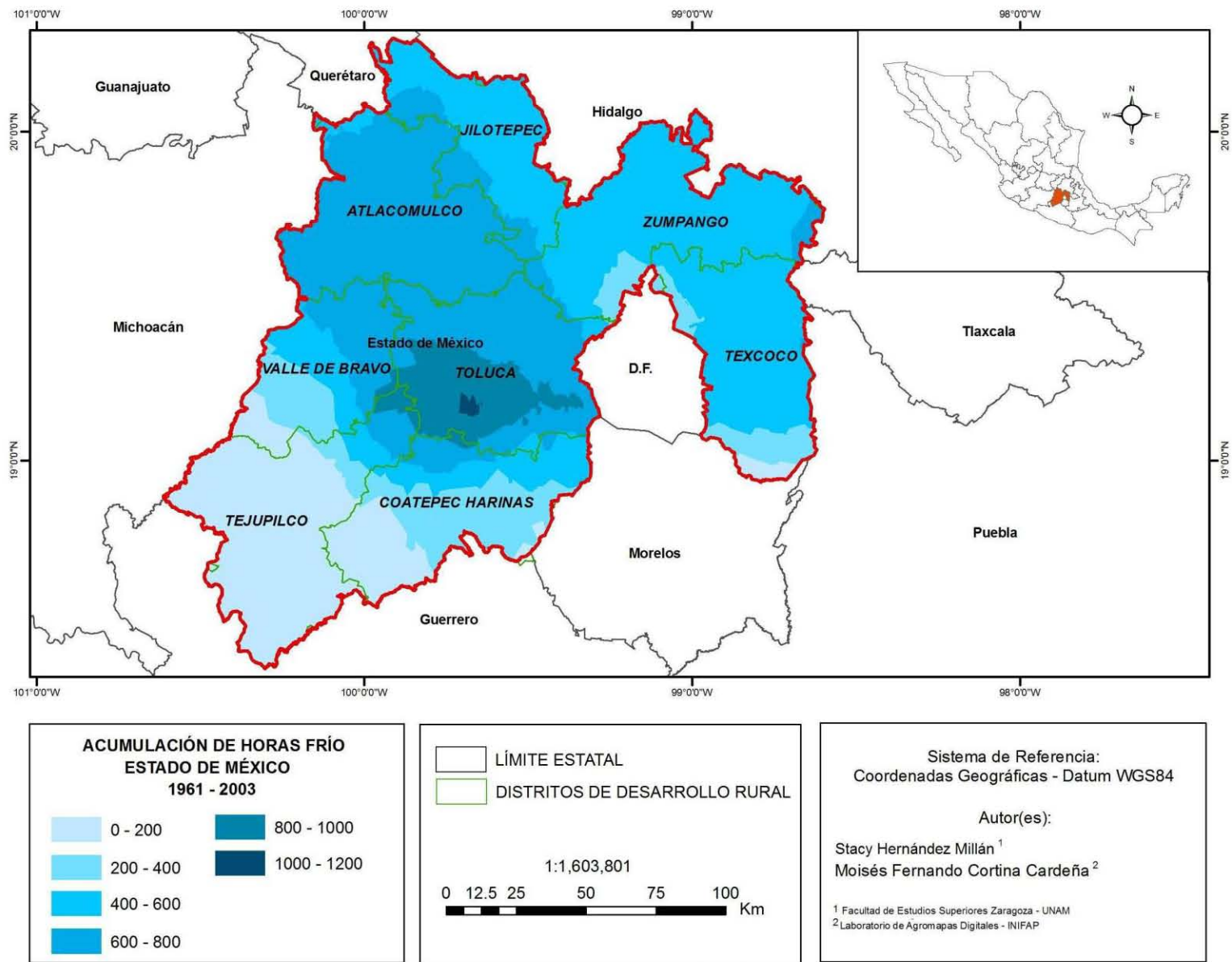


Figura 7. Acumulación de horas-frío en el Estado de México en el periodo 1961-2003

600-800 horas-frío Al oeste del estado en la mayor parte del distrito Atlacomulco y hasta Ocoyoacac en el norte del distrito Toluca y al sur de esta región hasta Tianguistengo. Esta zona corresponde a la región Hidrológica Lerma Santiago y a la parte norte de la Cuenca del Balsas. Además de una pequeña parte de los municipios de Axapusco y Nopaltepec al noreste del estado.

800-1000 horas-frío Se presentan en la zona centro del distrito Toluca, y en una parte de los municipios de Xalatlaco, Tianguistengo y Capulhuac al este de dicha región. Ocupa la parte sur de la Cuenca del Lerma Santiago. El clima predominante en la zona es Templado y semifrío conforme se acerca al centro de la región.

1000-1200 horas-frío En los alrededores del Nevado de Toluca.

Estos datos pueden observarse más claramente en el siguiente cuadro que presenta la cantidad de horas-frío que se presentan en cada municipio (Cuadro 10).

Cuadro 10. Horas-frío que se presentaron en los municipios del Estado de México en el periodo 1961-2003

HORAS-FRÍO	MUNICIPIOS DEL ESTADO DE MÉXICO	
0-200	Amatepec	Sultepec
	Atlautla	Tejupilco*
	Ecatzingo	Temascaltepec
	Luvianos	Tepetlixpa
	Otzoloapan	Tlatlaya
	Ozumba	Zacazonapan
	Santo Tomas	Zacualpan
200-400	Almoloya de Alquisiras	Netzahualcóyotl
	Amecameca	Ocuilán
	Atizapán de Zaragoza	Ozumba
	Atlautla	San Simón de Guerrero
	Ayapango	Santo Tomas
	Coacalco	Temascaltepec
	Coatepec Harinas*	Tenancingo
	Cuautitlán Izcalli	Tepetlixpa

	Donato Guerra	Texcaltitlan
	Ecatepec	Tlalnepantla
	Ecatzingo	Tonatico
	Ixtapan de la Sal	Tultitlan
	Ixtapan del Orto	Valle de Bravo*
	Juchitepec	Villa Guerrero
	Malinalco	Zacualpan
	Naucalpan	Zumpahuacán
	Acambay	Naucalpan
	Acolman	Nextlalpan
	Aculco	Nicolás Romero
	Amanalco	Nopaltepec
	Amecameca	Ocuilán
	Apaxco	Otumba
	Atenco	Papalotla
	Atizapán de Zaragoza	Polotitlán
	Axapusco	San Martin de las
	Ayapango	Pirámides
	Chalco	Soyaniquilpan de Juárez
	Chapa de Mota	Tecamac
	Chiautla	Temamatla
	Chicoloapan	Temascalapa
	Chiconcuac	Temascalcingo
	Chimalhuacán	Temascaltepec
	Coacalco	Tenancingo
400-600	Coatepec Harinas*	Tenango del Aire
	Cocotitlan	Teoloyucan
	Coyotepec	Teotihuacán
	Cuautitlán	Tepetlaoxtoc
	Cuautitlán Izcalli	Tepetzotlan
	Donato Guerra	Tequisquiac
	Ecatepec	Texcaltitlán
	Huehuetoca	Texcoco*
	Hueypoxtla	Tezoyuca
	Huixquilucan	Tianguistenco
	Isidro Fabela	Tlalmanalco
	Ixtapaluca	Tonanitla
	Jaltenco	Tultepec
	Jilotzinco	Tultitlan
	Joquicingo	Valle de Bravo*
	Juchitepec	Valle de Chalco Solidaridad
	La Paz	Villa de Allende
	Malinalco	Villa del Carbón

	Melchor Ocampo	Villa Guerrero Zumpango*
600-800	Acambay	Ocoyoacac
	Aculco	Otzoloapan
	Almoleya de Juárez	Rayón
	Amanalco	San Felipe del Progreso
	Atlacomulco*	San José del Rincón
	Axapusco	San Mateo Atenco
	Capulhuac	Temascalcingo
	Chapa de Mota	Temascaltepec
	Coatepec Harinas*	Temoaya
	El Oro	Tenango del Valle
	Huixquilucan	Texcaltitlan
	Isidro Fabela	Texcalyacac
	Ixtlahuaca	Tianguistenco
	Jalatlaco	Timilpan
	Jilotzinco	Toluca*
	Jiquipilco	Valle de Bravo*
	Jocotitlán	Villa de Allende
	Joquicingo	Villa del Carbón
	Lerma	Villa Guerrero
Morelos	Villa Victoria	
Nicolás Romero	Xonacatlán	
Nopaltepec		
800-1000	Almoleya de Juárez	San Antonio la Isla
	Almoleya del Rio	San Mateo Atenco
	Amanalco	Temascaltepec
	Atizapán	Tenango del Valle
	Calimaya	Tianguistenco
	Capulhuac	Toluca*
	Meteppec	Villa Guerrero
	Rayón	Zinacantepec
1000-1200	Calimaya	Toluca*

*Cabecera del Distrito de Desarrollo Rural (DDR)

Puede observarse que la región de mayor producción del estado, Coatepec Harinas, presenta un intervalo de entre 200 y 800 horas-frío, aunque la variedad mas cultivada es Diamante, que tiene requerimientos solamente de 200 horas-frío, además de que se trata de una zona con un alto uso de la producción forzada.

8.2 Análisis del efecto de El Niño en las horas-frío

Con respecto a los efectos provocados por El niño en la ocurrencia de horas-frío en el Estado de México, se analizaron dos eventos, 1982-1983 y 1997-1998 por considerarse los más fuertes de los últimos años, particularmente el segundo. Los mapas se obtuvieron por año ya que se considera que los efectos más fuertes del fenómeno se presentaron en el segundo año, sin embargo, es también de importancia determinar las consecuencias ocurridas desde el inicio del suceso.

De acuerdo con los datos de horas-frío obtenidos para 1982 (Anexo 1), se observa que el número de horas-frío que se presentaron fue semejante a los datos históricos, con la diferencia de que la zona con 0-200 horas-frío al suroeste del estado se desplazó un poco al sur, aumentando la región con hasta 400 horas-frío, la cual también se vio aumentada en la zona metropolitana del norte del Distrito Federal, ya que esta se recorrió hasta los municipios de Atizapan de Zaragoza y Cuautitlán Izcalli al oeste, Nextlalpan y Jaltenco al norte y Teotihuacán, San Martín de las Pirámides, Texcoco y Valle de Chalco Solidaridad al este. Además la zona con 800-1000 horas-frío se redujo a las laderas del Nevado de Toluca, desapareciendo por completo la región con más de 1000 horas-frío (Figura 8).

Los datos obtenidos para 1983 (Anexo 2, también fueron semejantes a los históricos y a los del año anterior (1982). Se presentó el mismo desplazamiento de la región con 200-400 horas-frío aunado a una mayor ocupación al sur de la zona con 400-600 horas hasta el municipio de Ixtapan de la Sal y parte de Zacualpan. El intervalo de 600-800 horas-frío se movió más al norte hasta Polotitlán y Jilotepec, así como al este de la región Zumpango en los límites con Hidalgo y en la colindancia con Tlaxcala y Puebla en los municipios de Texcoco, Ixtapaluca, Chalco y Tlalmanalco. La mayor diferencia se presentó con las 800-1000 horas-frío, ya que estas ocurrieron en todo el Valle de Toluca, hasta Tianguistengo y Lerma al este y en el límite con el distrito Valle

de Bravo en las faldas del Cerro la Calera al oeste. Hacia el norte en los municipios de Oztolotepec, Temoaya e Ixtlahuaca, llegando al noroeste hasta San Felipe del Progreso, El Oro y Temascalcingo (Figura 9).

Sin embargo, para 1997, considerado el evento más fuerte de los últimos 50 años, los cambios en los datos obtenidos (Anexo 3) fueron mucho más drásticos. De manera general, se observa que hubo más frío en el estado, sobretodo en la parte más cálida del mismo. Se presentaron hasta 200 horas-frío tan solo en 4 estaciones y por esta situación, no fueron representadas en el mapa (Cuadro 11).

Cuadro 11. Estaciones que presentaron menos de 200 horas-frío en 1997

CLAVE	ESTACIÓN	MUNICIPIO	HORAS-FRÍO
15059	Molino Blanco	Naucalpan de Juárez	135.0
15170	Chapingo (DGE)	Texcoco	81.9
15173	Ahuatenco	Ocuilán	59.4
15225	Jilotepec	Jilotepec	58.9

Se cumplieron entre 200-400 horas-frío en parte de los distritos de Zumpango al oeste y norte del Distrito Federal hasta llegar a Hidalgo y en la región Texcoco, desde Tecamac hasta Atlautla. Ocurrieron 400-600 horas-frío al suroeste del estado, en el límite de Tejupilco con Michoacán y de ahí al norte del distrito Atlacomulco y la mayor parte de la región Jilotepec, de igual forma en una franja desde Ocuilán en el sur hasta Tepotzotlán en el norte y desde Ecatzingo hasta Temascalapa y Axapusco, incluyendo parte de los municipios de Apaxco, Tequixquiac y Hueycoxotla (Figura 10).

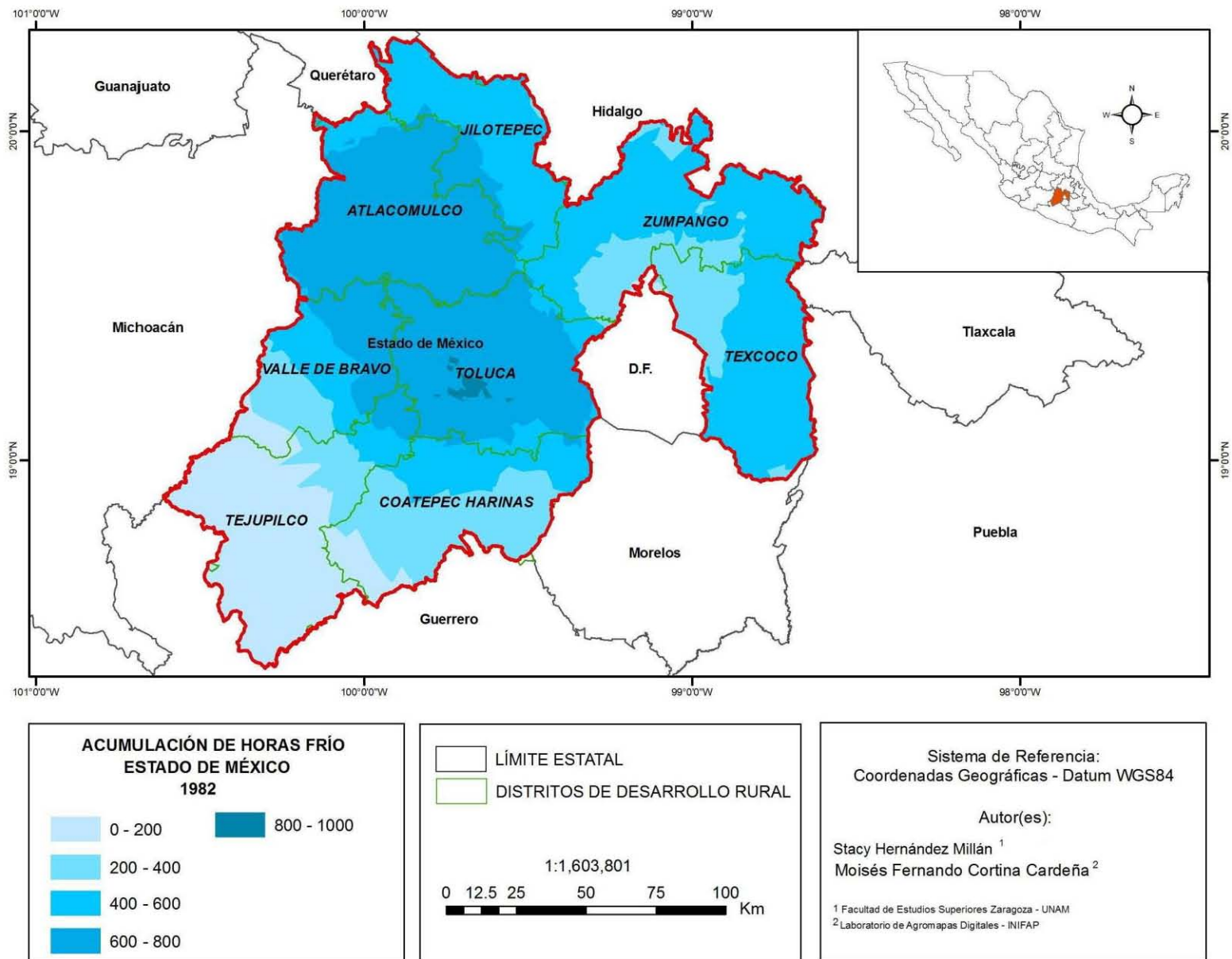


Figura 8. Acumulación de horas-frío en el Estado de México en 1982

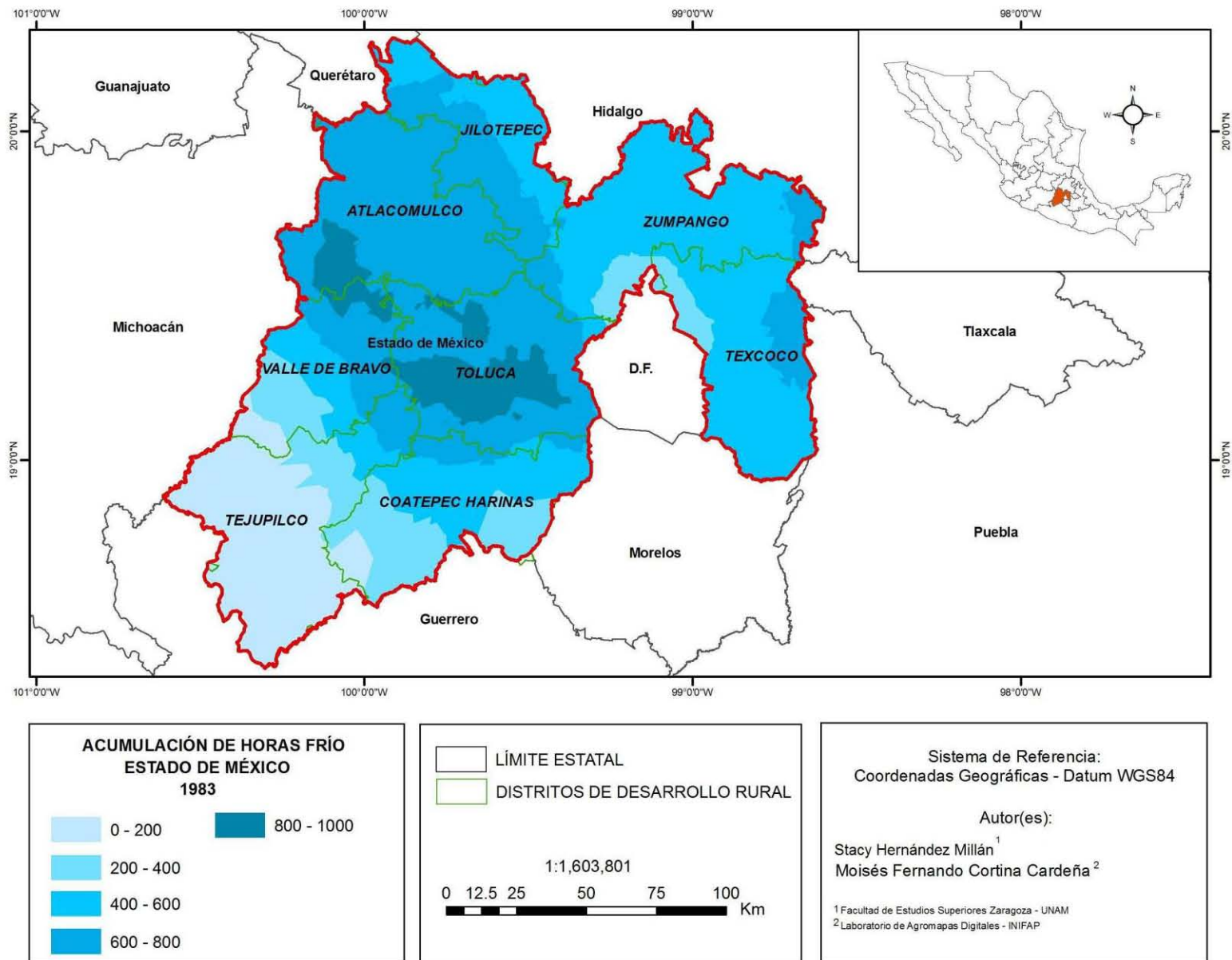


Figura 9. Acumulación de horas-frío en el Estado de México en 1983

La zona entre 600-800 horas ocupó casi la totalidad de la región Atlacomulco, la parte sur de Jilotepec, el norte de los distritos Valle de Bravo y Toluca. Al suroeste parte de la región Valle de Bravo, desde Oztoloapan hasta Tlatlaya y una franja desde San Mateo Atenco y Metepec hasta Zumpahuacan. Entre 800-1000 horas-frío ocurrieron en la parte centro-sur de los distritos Valle de Bravo y Toluca, pasando por Tejupilco y Coatepec hasta llegar a los límites con Guerrero, excepto en la zona que presentó entre 1000-1200 horas-frío, en los alrededores del Nevado de Toluca hasta parte de Temascaltepec. En este año, se llegaron a obtener 1724 horas frío en la estación 15062 Nevado de Toluca, en Zinacantepec, casi 100 horas más que la histórica.

Para el caso de 1998, los resultados obtenidos de horas-frío (Anexo 4) no presentan zonas importantes con menos de 200 horas, debido a que este valor se presentó tan solo en cinco estaciones (Cuadro 12).

Cuadro 12. Estaciones que presentaron menos de 200 horas-frío en 1998

CLAVE	ESTACIÓN	MUNICIPIO	HORAS-FRÍO
15059	Molino Blanco	Naucalpan de Juárez	179.5
15118	Temascaltepec	Temascaltepec	199.1
15170	Chapingo (DGE)	Texcoco	144.0
15173	Ahuatenco	Ocuilán	45.7
15225	Jilotepec	Jilotepec	49.3

La región con 200-400 horas-frío fue prácticamente igual que en 1997 en el este del estado, con la diferencia de que la zona se desplazó un poco en el sureste hasta Tlalmanalco. Se presentaron también horas en este intervalo en la zona límite de Tejupilco y Michoacán y en parte de los municipios de Amatepec y Tlatlaya en los límites con el estado de Guerrero (Figura 11).

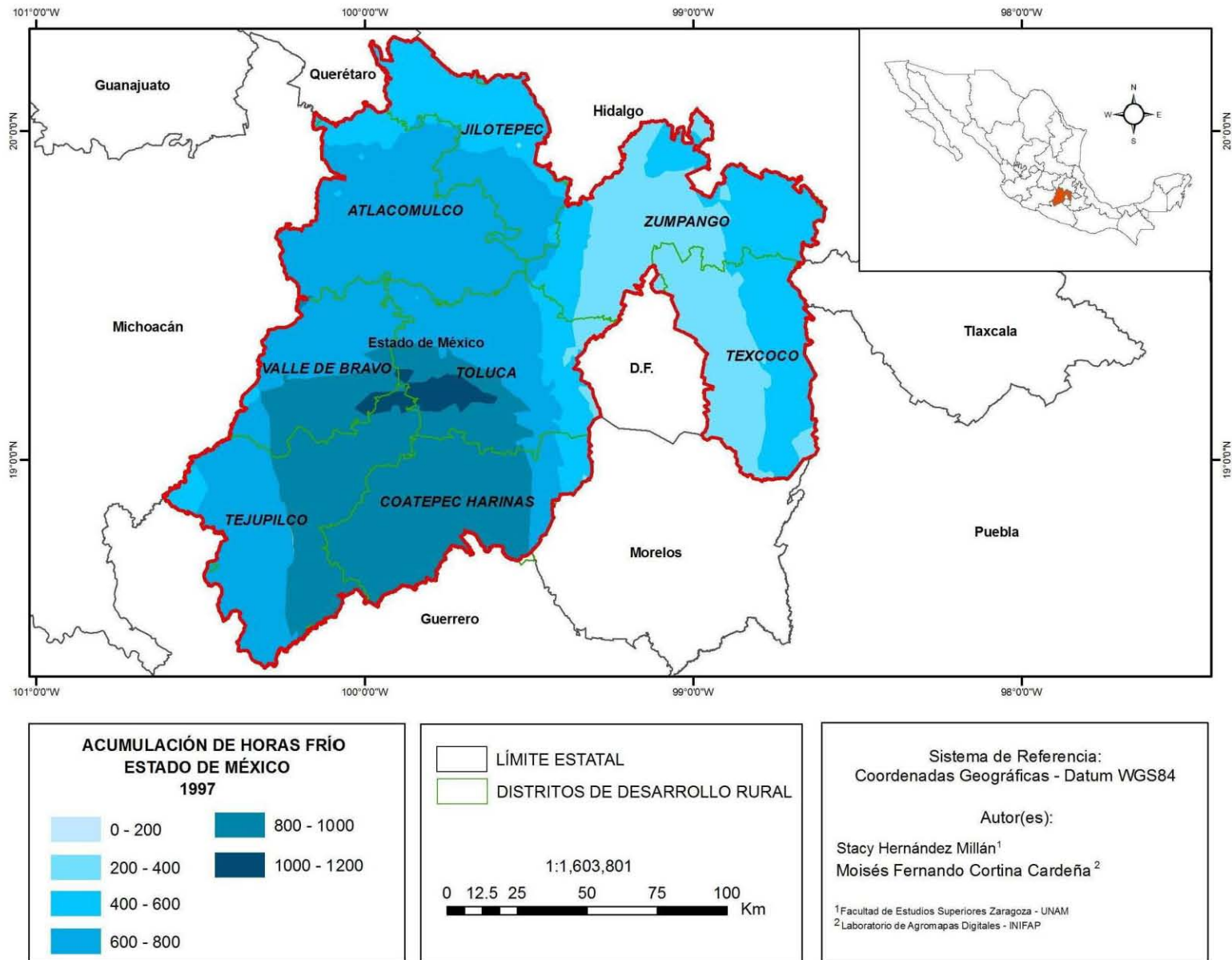


Figura 10. Acumulación de horas-frío en el Estado de México en 1997

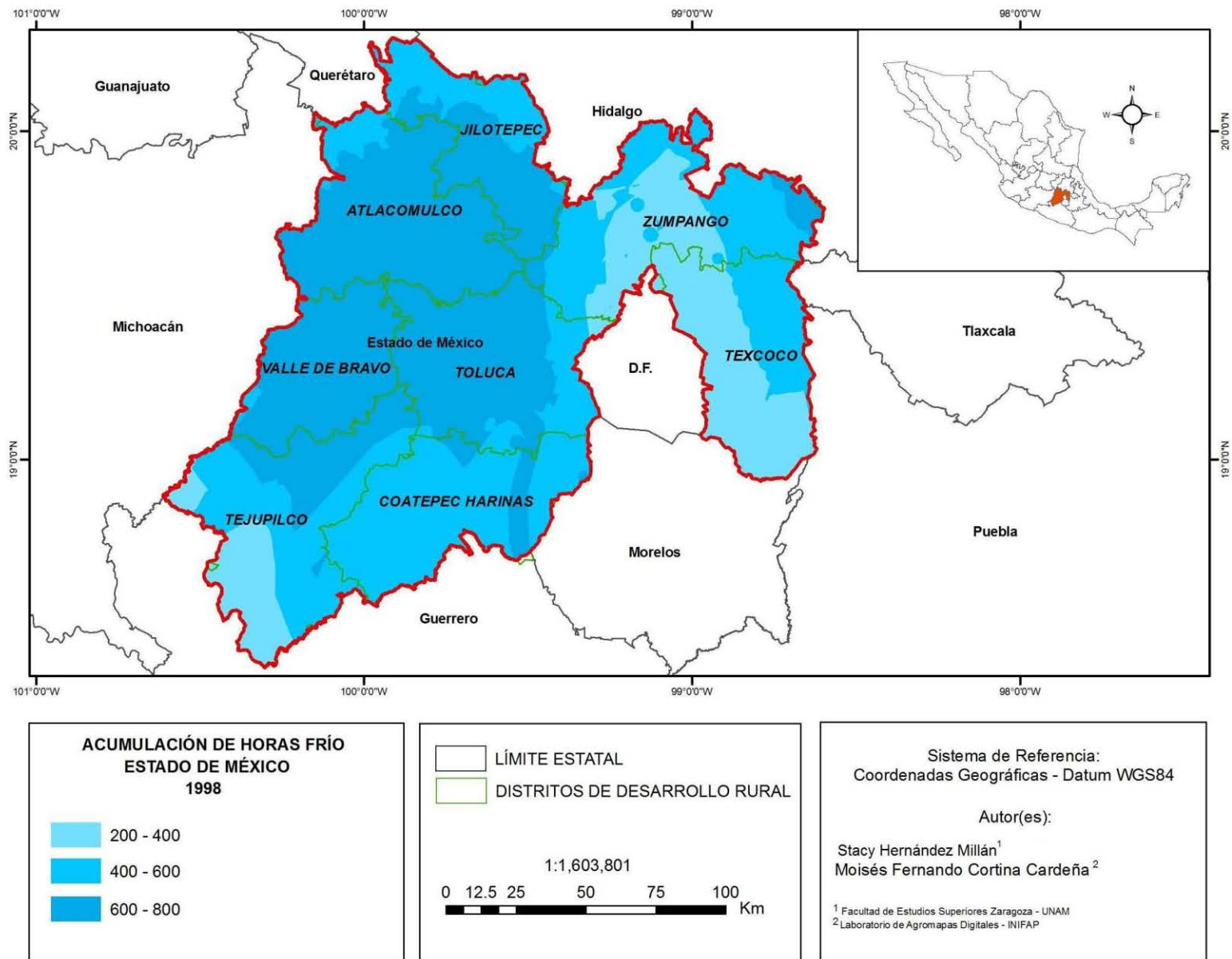


Figura 11. Acumulación de horas-frío en el Estado de México en 1998

Ocurrieron 400-600 horas-frío en la mayor parte del municipio de Tejupilco, en parte de Amatepec y Tlatlaya y en la región Coatepec Harinas, excepto en una pequeña franja que pasa por Tenancingo y Zumpahuacan, en los límites de la región Toluca con el Distrito Federal y hacia el norte hasta los límites con Hidalgo en el distrito Zumpango. Al norte en la región de Jilotepec y una parte de la región Atlacomulco en los límites con Querétaro. En parte de los municipios de Apaxco, Tequixquiac y Hueypoxtla y al este desde Tecamac hasta Tlalmanalco, excepto en parte de los municipios de Axapusco y Nopaltepec que presentan entre 600-800 horas-frío.

De igual forma, se presentan hasta 800 horas-frío en una franja que va desde Zumpahuacan en el límite con Guerrero, pasando por Tenancingo hasta Tenango del Valle. En la mayor parte de la región Toluca, el norte de la región Tejupilco y Valle de Bravo, así como el distrito Atlacomulco y Jilotepec. Toda esta zona es la que presentó la mayor cantidad de frío en este año, ya que no hubieron más de 800 horas-frío, salvo en el caso particular de la estación 15062 Nevado de Toluca, Zinacantepec que presentó 1519 horas-frío, 100 menos que la histórica y 200 menos que en el año anterior. Así pues, aunque existieron zonas más amplias que presentaron una mayor acumulación de frío del que ocurre normalmente, en general, no existió la misma cantidad de frío que indican los datos históricos.

Con respecto a la producción de durazno en años El Niño, como ya se mencionó, en México durante los inviernos El Niño se presentan temperaturas menores a lo normal, como pudo analizarse en los mapas, sin embargo, la disminución en la cantidad de humedad sobre el centro del país ocasionada por la disminución de las lluvias en verano, resulta en un mayor enfriamiento radiactivo y heladas inesperadas sobre el centro de México, lo que resulta muy perjudicial para la producción.

Para el fenómeno El Niño 1982-1983, tomando como punto de referencia el año anterior y posterior a este, se puede observar según datos del SIAP, que no se

presentaron daños referentes a pérdidas de cosecha ya que el número de superficie sembrada coincide con la superficie cosechada en esos años. Sin embargo, existieron diferencias en la producción, ya que de 1981 para 1982, con la misma superficie sembrada se presentó una disminución en la producción en más de cinco toneladas, con una baja en el rendimiento de 1.5 Ton/Ha. Si bien para 1983 la superficie sembrada con durazno aumentó, la producción tampoco fue proporcional con la que se presentó en 1981 antes de que se presentara el fenómeno de El Niño (Cuadro 13).

Cuadro 13. Superficie sembrada y cosechada, producción y rendimiento de durazno en el Estado de México en los años 1981, 1982, 1983 y 1984 (SIAP, 2010)

Año	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
1981	3 836	3 836	30 544	7.96
1982	3 836	3 836	24 451	6.37
1983	4 982	4 982	34 571	6.94
1984	2 478	2 478	16 285	6.57

Por otro lado, para el año 1984, la superficie sembrada y cosechada disminuyó a la mitad con respecto al año anterior y la producción mostró una lenta recuperación con base a la producción de 1981.

Así pues, para el fenómeno 1997-1998, tampoco hubo alteraciones provocadas por pérdidas de cosechas, y en los cuatro años revisados la superficie sembrada y cosechada se mantuvo con reducidos cambios en el rango de las 2000-2500 hectáreas. Sin embargo, con referencia a la producción, en 1996 se produjeron casi 25 mil toneladas de durazno, pero al presentarse el fenómeno El Niño en 1997, la producción disminuyó en cerca de ocho toneladas y el rendimiento cayó de 12 Ton/Ha a 7.3 para 1997 y hasta 6.4 en 1999 (Cuadro 14), por lo que no se presentó una clara recuperación para 1999 cuando el anómalo ya se había retirado.

Cuadro 14. Superficie sembrada y cosechada, producción y rendimiento de durazno en el Estado de México en los años 1996, 1997, 1998 y 1999 (SIAP, 2010)

Año	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
1996	2 089	2 089	24 892	11.92
1997	2 322	2 322	17 082	7.36
1998	2 268	2 268	16 902	7.45
1999	2 550	2 550	16 353	6.41

Una causa de la disminución en la producción pudo deberse a la presencia de heladas inesperadas consecuencia de la presencia de El Niño en el territorio nacional, ya que al presentarse una mayor cantidad de frío, los requerimientos de los caducifolios se cumplen más rápidamente, y de presentarse algunos días con temperaturas favorables, las yemas pueden comenzar a brotar de manera temprana. De presentarse nuevamente las bajas temperaturas, los resultados pueden ser devastadores sobre estas, provocando daños importantes o incluso matándolas por completo.

De acuerdo con el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), se espera que como consecuencia del cambio climático, existan todavía olas de frío, aunque serán menos frecuentes y menos intensas, presentándose zonas inusualmente cálidas y otras inusualmente frías debido al desplazamiento de las masas de aire frío como consecuencia de las masas de aire caliente

8.3 Recomendación de variedades de durazno para el Estado de México

Como ya se mencionó con anterioridad, la elección de la variedad adecuada para una plantación es quizás el factor más importante que se debe considerar al establecer un huerto comercial, ya que a pesar de que existen otros factores como el suelo y las técnicas de manejo, si la variedad no está adaptada al clima de la zona, el sistema de producción estará destinado al fracaso. Actualmente, en México se cultivan una amplia gama de variedades (Cuadro 15), aunque muchas de ellas presentan serias deficiencias en algún aspecto como resistencia a enfermedades o bien, por la apariencia de la fruta, es importante probar nuevas variedades para cada región con la idea de sustituir aquellas que presenten inconvenientes con respecto a la adaptación o a la calidad de la fruta.

Cuadro 15. Descripción de algunas variedades de durazno actualmente cultivadas en México (Pérez, 2007)

Regiones climáticas y variedades	RF ¹	Resistencia a Cenicilla ²	Resistencia a <i>Monilinia</i> ²	Días a cosecha	Tipo de fruta		
					Peso g	Color	Firmeza ²
Diamante	250	8	4	120	150	Naranja	6
San Juan	200	8	6	120	150	Naranja	7
Regio	300	7	5	130	180	Naranja	7
Toro	320	8	6	130	130	Naranja	8
Diamante Mejorado	250	8	4	110	150	Naranja	7
Diamante Especial	250	6	6	120	150	Naranja	7
Oro Azteca Mejorado	200	8	6	85	130	Rojo	8
Lucero (San Gabriel)	250	7	7	120	150	Naranja	9
San Carlos	320	7	6	170	150	Naranja	9
Don Pancho y Ana	280	5	4	150	150	Amarillo	9
Victoria	450	5	4	190	120	Amarillo	9
Fred	450	8	8	85	150	Chapeado	9
Tlaxcala temprano	400	8	8	90	120	Chapeado	8

Arkansas 9	750	8	7	110	150	Chapeado	9
Babygold 5 y 8	800	8	6	140	180	Amarillo	9
Sprincrest	750	9	8	85	150	Chapeado	5
Flavorcrest	800	8	7	110	180	Rojo	5
O'Henry	850	8	5	150	200	Rojo	5
Redhaven	859	8	6	100	200	Rojo	4
Cresthaven	900	8	6	120	220	Rojo	5
Catherina	750	8	6	120	150	Amarillo	8

¹ Requerimientos de frío: horas de frío entre 0 y 7°C requeridas por cada variedad

² Basado en una escala que va desde 1 = mínima hasta 10 = máxima

De acuerdo con los resultados obtenidos acerca de la distribución de frío en el Estado de México, las zonas aptas para el cultivo de durazno de acuerdo con sus requerimientos, son aquellas que van desde 200 hasta 1000 horas-frío. Por la ubicación de la zona con más de 1000 horas-frío, esta queda descartada, ya que aunque existen variedades con tales necesidades de frío, la orografía de esta región no permite el establecimiento de este tipo de cultivos.

Retomando las últimas variedades liberadas por el Colegio de Postgraduados y la Fundación Salvador Sánchez Colín, y algunas selecciones avanzadas con que cuentan actualmente, resulta la siguiente tabla:

Cuadro 16. Variedades y selecciones avanzadas de durazno de pulpa firme liberadas por el Colegio de Postgraduados (Calderón-Zavala, 2010)

Variedades	RF¹	Resistencia a Cenicilla²	Resistencia a Monilinia²	Días a cosecha	Peso g	Forma²
Supremo	250	10	2	110	110	10
Oro Mex	350	10	8	130	150	9
CP GQ 15	650	10	8	130	150	9
Colegio 2000	300	10	8	125	150	9

Colegio 2005	300	10	8	105	150	10
Oro de San Juan	275			110	160	
Robín	275	10		100	150	
Cardenal	250	10		105	120	
CP 99-28C	275			78		

En conjunto representan las variedades disponibles actualmente con posibilidad de ser cultivadas en el Estado de México. Así pues, conforme a los intervalos de horas-frío creados para elaborar los mapas, se tiene lo siguiente:

200-400 horas-frío. Dentro de estos valores se ubican la mayoría de las variedades: Diamante, San Juan, Regio, Toro, Diamante Mejorado, Diamante Especial, Oro Azteca Mejorado, Lucero (San Gabriel), San Carlos, Don Pancho y Ana. La zona en donde se presenta esta cantidad de frío se limita a una pequeña parte de los distritos de Coatepec Harinas, Tejupilco y Valle de Bravo, así como en el sureste en el distrito de Texcoco.

400-600 horas-frío. Las variedades Victoria, Fred y Tlaxcala temprano entran dentro de este intervalo, por lo tanto, dichas variedades pueden prosperar bien principalmente al norte y este del estado en donde se presenta este intervalo de frío.

600-800 horas-frío. Estos requerimientos corresponden a las variedades Arkansas 9, Sprincrest, Catherina y CP GQ 15, por lo que estas se pueden cultivar en el centro-noroeste del estado, dentro del distrito Atlacomulco y parte de Toluca y Valle de Bravo.

800-1000 horas-frío. Las variedades con requerimientos entre estos valores son Babygold 5 y 8, Flavorcrest, O'Henry, Redhaven y Cresthaven y la zona óptima para su cultivo se limita a la mayor parte del distrito de Toluca.

IX. CONCLUSIONES

- ☉ En el Estado de México se presentaron entre 0 y 1200 horas-frío históricamente en el periodo 1961-2003, siendo las zonas más aptas para el cultivo de durazno aquellas regiones que presentan entre 200 y 1000 horas-frío
- ☉ Los requerimientos de horas-frío de las variedades que se cultivan actualmente en el país, coinciden con el frío que se presenta en el Estado de México, por lo tanto, dichas variedades se pueden cultivar en el estado
- ☉ El fenómeno El Niño provoca que se presenten más horas-frío en el Estado de México por lo que resulta un factor importante para tomar en consideración cuando se desea establecer una plantación de frutales caducifolios como el durazno
- ☉ A pesar de que El Niño no es el único factor que puede provocar una disminución en la producción de durazno, en los años en que este se ha presentado, se han observado reducciones en la misma
- ☉ El indicador agroclimático horas-frío no es la única variable para regionalizar áreas óptimas para cultivo de frutales caducifolios, sin embargo, representa una primera aproximación de gran importancia para tomar decisiones sobre las variedades que se puedan usar
- ☉ Es importante tomar en cuenta las regiones de acuerdo con las horas-frío que presentan sobre todo para la introducción de frutales caducifolios bajo condiciones de temporal, para reducir las posibles pérdidas por falta de acumulación de frío
- ☉ En zonas de riego, generalmente se cuenta con tecnología de punta, en donde se controlan diversas variables y es posible acelerar o retardar ciertas fases de desarrollo de acuerdo a las necesidades del mercado pero elevando los costos
- ☉ Es necesario desarrollar y probar nuevas variedades de durazno que se adapten a las condiciones climáticas presentes en el estado, y en general, en todo el país

- ② Es importante contar con bases de datos actualizadas con respecto a los datos climatológicos del estado para continuar con el análisis de los mismos en pro de mejorar los sistemas de producción

X. REFERENCIAS

- Aguilar-Melchor J. J. 2010. Director de la Fundación Salvador Sánchez Colín, *Comunicación personal*. Rancho “La Cruz”, Coatepec Harinas, Estado de México, 25 de febrero de 2010.
- Agustí M. 2004. *Fruticultura*. Mundi-Prensa Libros, Madrid, España. 507 pp.
- Anderson J.L. y Richardson E. A. 1987. The Utah chill unit/flower bud phenology models for deciduous fruit: their implication for production in subtropical areas, *Acta Horticulturae* **199**:45-50.
- Baldomero R. 2005. Efecto de la época de aplicación de Cianamida Hidrogenada como compensador de frío sobre la producción del melocotón (*Prunus persica*), variedad Salcaja, bajo condiciones del valle de Quetzaltenango. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 49 pp.
- Baraona M. y Sancho E. 1998. *Fruticultura especial 6. Manzana, melocotón, fresa y mora*. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica, 145 pp.
- Baraona M. y Sancho E. 2000. *Fruticultura General (Fruticultura I)*. Editorial Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica, 158 pp.
- Barreiro M. 2000. El durazno mexicano, un mercado por explorar. *Claridades Agropecuarias* **88**:3-19.
- Calderón E. 1993. *Fruticultura general. El esfuerzo del hombre*. 3ª ed. Limusa, México, 763 pp.
- Calderón-Zavala G., Elías-Román R., Canales-Sosa E. y Rodríguez-Alcázar J. 2007. Evaluación de nuevos productos promotores de la brotación y nuevos cultivares para la producción de duraznos en el subtrópico. En: *Memoria de conferencias. III Congreso Nacional del sistema-producto durazno, Ixtapan de la Sal, México*, pp. 42-55, México.
- Calderón-Zavala G. 2010. Investigador del Colegio de Postgraduados. *Comunicación personal*. Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, 11 de octubre de 2010.

- Childers N. 1990. *Fruticultura moderna, Cultivo de frutales y arbustos frutales*. Tomo 1, Hemisferio Sur, Uruguay, 458 pp.
- Coleto J.M. 1989. *Crecimiento y desarrollo de las especies frutales*. Mundi-Prensa libros, Madrid, España, 140 pp.
- Conde C. 2009. El Niño, La Niña y la Oscilación del sur. Página de internet. http://www.atmosfera.unam.mx/cclimatico/boletin/Boletin_ENSO09.pdf
- Da Mota F. S. 1957. Os invernos de Pelotas em relação as exigências das arvores frutífera de folha caduca. *Boletim Técnico No. 18*. Instituto Agronomico do Sul. Pelotas, Brasil, 31 pp.
- Devlin R. 1982. *Fisiología Vegetal*. 4ª ed., Omega, S. A., Barcelona, 517 pp.
- Díaz-Montenegro D. H. y Álvarez-Avilés A. 1982. El Cultivo de frutales en la costa de Hermosillo. *Folleto Técnico Núm. 1*. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro de Investigaciones Agrícolas del noroeste, Campo agrícola experimental Costa de Hermosillo, Hermosillo, Sonora, México, 36 pp.
- Díaz-Montenegro D. H. 2002. *Fisiología de árboles frutales*. AGT Editorial S. A., México, 390 pp.
- Elías-Román R. D, Reyes-José G., Muñoz-Pérez J., Rodríguez-Alcázar J., Martínez-Damián T. y Cruz-Hernández, P. 2003. Selecciones de durazno de bajo requerimiento de frío y maduración precoz en Temascaltepec, México. En: Memoria del X Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, IX Congreso Nacional y II internacional de Horticultura Ornamental, pp. 319, Octubre, 2003, Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, 409 pp
- Enríquez J. A. 2001. Rescate del germoplasma de durazno *Prunus persica* L. BATSCH. establecido en Zacatecas. *5ª Jornada de Investigación*. Unidad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas, 13 pp.

- Espíndola M. C., Elías R., Aguilar J. J., Campos E. 2009. *Guía Técnica para la producción de durazno en la región sur del Estado de México*. Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX, S. C., Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, 77 pp.
- Fideghelli C. 1987. *El melocotonero*. Mundi-Prensa libros, España, 243 pp.
- Gil-Albert F. 1991. *Tratado de Arboricultura frutal, Vol. I. Morfología y Fisiología del árbol frutal*. 3ª ed., Mundi-Prensa libros, Madrid, España, 103 pp.
- Gil-Albert F. 1992. *Tratado de Arboricultura frutal, Vol. II. La Ecología del árbol frutal*, 3ª ed. Mundi-Prensa libros, Madrid, España, 248 pp.
- Gómez-Rojas J.C. 1981. Método climático De Fina en la aplicación de la agricultura en el estado de Aguascalientes. Tesis de Maestría en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 123 pp.
- Gómez J.C. y Morales L.M. 1998. Algunas consideraciones sobre el concepto de horas-frío y sus métodos de cálculo. Alternativa en su estudio. *Colegio de Geografía*, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- Gutiérrez-Roa J. 2002. *Estado de México*. 3ª ed., Limusa, México, 200 pp.
- Hastenrath S. 1991. *Climate Dynamics of the Tropics*. Kluwer Academic Press, United States of America 488 pp.
- Hernández M. 2001. Estimación de horas-frío en los valles altos del centro de México. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Hopkins W. y Hüner N. 2009. *Introduction to plant physiology*. 4ª ed., John Wiley & Sons, Inc., United States of America, 503 pp.
- INEGI, 2010. Información nacional por entidad federativa y municipios. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 27 de abril de 2010. Página de internet. <http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx>

- Jaimes E. 1999. Condiciones meteorológicas a nivel global y local, Cambio Climático y El Niño 1997-98. En: Tarazona, J. y Castillo E. *El Niño 1997-98 y su impacto sobre los Ecosistemas Marino y Terrestre*. Rev. Perú. Biol. **Vol. Extraordinario:1-8**, Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM.
- Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos 2010. Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimáticas. 10 de febrero de 2010. Página de Internet. <http://clima.inifap.gob.mx/redclima/>
- Lamonarca F. 1978. *Los arboles frutales*. De Vecchi S.A., Barcelona, 231 pp.
- Larqué-Saavedra B.S., Sangerman-Jarquín D., Ramírez-Valverde B., Navarro-Bravo A. y Serrano-Flores M.E. 2009. Aspectos técnicos y caracterización del productor de durazno en el Estado de México, México. *Agricultura Técnica de México*, **35**:305-313
- Lavee S. y Shulman Y. 1973. Gibberelin-like substances during ripening of olive fruit. *Scientia Horticulturae*. **12**: 169-175. Institute of Horticulture, Agricultural Research Organization. The Volcani Center, Bet Dagan, Israel.
- Magaña V., Pérez J. L., Conde C., Gay C. y Medina S. 1997. El fenómeno de El Niño y la Oscilación del sur (ENOS) y sus impactos en México. *Departamento de meteorología General, Centro de Ciencias de la Atmósfera*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 18 pp.
- Magaña V., Pérez J.L. y Conde C. 1998. El fenómeno de El Niño y la Oscilación del sur y sus impactos en México. *Revista Ciencias*, **51**:14-18.
- Magaña V. 2004. *Los impactos del Niño en México*. Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Gobernación, México, 229 pp.
- Melgarejo P. 2000. *Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas Vol. 1. El medio ecológico, la higuera, el alcaparro y el nopal*. Mundi-Prensa Libros, Madrid, España, 383 pp.
- Meza-Acosta J.M. 1992. Variación espacial de las horas frío durante el periodo invernal en la Republica Mexicana. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad

Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango, México, 33 pp.

Morales-Manilla L.M. 1990. Los métodos de cálculo de horas-frío: el método Gómez-Morales. Tesis de Licenciatura en Geografía, Colegio de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México.

Muñoz R. 1998. Tópicos selectos de la producción agrícola actual. El durazno (*Prunus persica* L.), situación actual y perspectivas en el Estado de México. Trabajo de seminario para obtener el título de Ingeniero Agrícola, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México.

Muñoz-Santamaría G. 1969. Evaluación de fórmulas para el cálculo de horas frío de algunas zonas frutícolas de México. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Muñoz-Santamaría G. y Rodríguez-Alcázar J. 1999. Establecimiento de un huerto de durazno. *Sistema de agronegocios agrícolas*, Ficha 2. SAGARPA, Subsecretaría de Desarrollo Rural, Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural.

Ortiz-Solorio 1987. *Elementos de Agrometeorología cuantitativa con aplicaciones en la Republica Mexicana*. 3ª ed. Departamento de suelos, Universidad Autónoma Chapingo, México, 327 pp.

Parker R. 2000. *La ciencia de las plantas*. Thomson Publishing, España, 628 pp.

Paz E., Reyes A. L., Benavides A. M. 2003. El cargado de yemas como alternativa para inducir el brote de manzanos bajo condiciones extremas de deficiencia de frío. *Agraria*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México, **19**:1-14.

Pereyra-Díaz D., Bando U., Natividad M. A. 2004. Influencia de La Niña y El Niño sobre la precipitación de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México. *Centro de Ciencias de la Tierra*, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz **39**:33-38.

Pérez S. 1990. *Manual para cultivar duraznero*. Limusa, México, 108 pp.

Pérez S. 2007. *Duraznero. Ecofisiología, Mejoramiento genético y Manual para su cultivo*. Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Químicas,

Área Agrícola, Unidad de Innovación Tecnológica-Sistema Producto Durazno, México, 104 pp.

Plan rector sistema nacional durazno 2005. Documento validado por el comité Sistema Producto Durazno, Aguascalientes, Aguascalientes, México, 20 pp.

Reyna T. 1981. Cuantificación de las horas-frío y su importancia en la planeación de cultivos de caducifolios en México. En: *Memorias del IX Congreso Nacional de Geografía*. Pp. 193-203, Tomo I, Toluca, México.

Reyna T. 1982. El ecoclima en la planeación frutícola de los Altos de Jalisco, México. Tesis de Doctorado en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Reyna T. 1983. Importancia de las horas-frío en la fruticultura. Métodos de cuantificación. En: *Memorias del Primer Congreso Interno del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México*, pp. 13-29, Instituto de Geografía, UNAM, México.

Richardson E.A., Seeley S.D. y Walker D.R 1974. A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. *HortScience* 9(4):331-332.

Rivera-Amaro M. 2010. Presidente Verde Esperanza. *Comunicación personal*. Asociación de productores de durazno de San Juan Tehuixtílán, Atlautla, Estado de México, 4 de marzo de 2010.

Rodríguez-Alcázar J. 1991. Elección de cultivares de durazno. En: Jiménez, P. *El cultivo de durazno*. Curso teórico-práctico, Colegio de Postgraduados. Centro de Fruticultura, Uruapan, Michoacán, México, 146 pp.

Rodríguez-Alcázar J. y Calderón-Zavala G. 2008. Nuevas variedades de frutales y su potencial de mercado. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Rojas M. y Ramírez H. 1993. *Control hormonal del desarrollo de las plantas, Fisiología, Tecnología, Experimentación*. 2ª ed., Limusa, México, 263 pp.

- Rom R. 1988. Peach taxonomy and nomenclature. En: Childers, N. y Sherman, W. *The Peach. Culture, Cultivars, Breeding, Propagation, Nutrition, Training and Pruning*. Somerset Press Inc., Florida, USA, 986 pp.
- Rom R. 1988a. Peach flower bud development and biology. En: Childers, N. y Sherman, W. *The Peach. Culture, Cultivars, Breeding, Propagation, Nutrition, Training and Pruning*. Somerset Press Inc., Florida, USA, 986 pp.
- Romo J. 1982. Meteorología agrícola. Tesis profesional, Departamento de Irrigación, Universidad Autónoma Chapingo, México
- Romo-González J. y Arteaga-Ramírez R. 1989. *Meteorología agrícola*, Departamento de Irrigación, Universidad Autónoma Chapingo, México, 338 pp.
- Salisbury F. y Ross C. 2000. *Fisiología de las plantas*. Paraninfo Thomson Learning, España, 988 pp.
- Sánchez-Rodríguez G. 2007. La red de valor durazno. Situación actual y perspectivas de desarrollo. En: *Memoria de conferencias. III Congreso Nacional del sistema-producto durazno*, pp. 1-27, Ixtapan de la Sal, México.
- Sarabia A. 2011. *Comunicación personal*. Colegio de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- SIAP 2010. Avance de Siembras y Cosechas. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 20 de marzo de 2010. Página de internet.
http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=15
- SIAP 2010a. Monografías durazno. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 18 de febrero de 2010. Página de internet.
http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=162&Itemid=427
- Siller J. 1999. Situación actual de la industria hortofrutícola en México. *Conferencia del 3^{er} Simposio Nacional de Horticultura*, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., México.

- Silva E. 2008. Efectos del cambio y variabilidad climáticos en el cultivo de soya (*Glycine max* (L.)) en el municipio de González, Tamaulipas. Tesis de licenciatura en Geografía, Colegio de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 142 pp.
- Souty J. 1966. *Curso superior de Fruticultura (Arboles de hoja caduca)*. Vol. 1. Fruticultura General. Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 220 pp.
- Toledo S. A. 2002. El receso en frutales. *Boletín Técnico*, Universidad Católica de Valparaiso, Chile, 12 pp.
- Urbano T. P. 2003. *Tratado de fitotecnia general*. 2ª ed., Mundi-Prensa Libros, Madrid, España, 895 pp.
- Valentini G., Arroyo L. y Uviedo R. 2002. Déficit de frío en duraznero. Frutales de carozo, INTA San Pedro, Buenos Aires, Argentina, 85-89 pp.
- Vidal R. 2005. *Las regiones climáticas de México*. Temas Selectos de Geografía de México, Instituto de Geografía, UNAM, México, 212 pp.
- Villalpando I. F. 1985. Curso de orientación para aspirantes a investigadores del INIFAP. *Metodología de investigación en Agroclimatología*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Villalpando I. F. y García E. 1993. *Agroclimatología del estado de Jalisco*, Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Lab. Bosque la primavera, Jalisco, México.
- Westwood M. N. 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Mundi-Prensa, Madrid, España, 461 pp.
- Zegbe J. A. 2005. Cambios estacionales de nutrimentos en hojas y caída de fruta en durazno 'criollo' de Zacatecas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, **1(28)**: 71-75.

XI. ANEXOS

11.1 Datos de horas-frío de los años El niño

Anexo 1. Horas-frío de noviembre, diciembre, enero y febrero de 1982

ESTACION	AÑO	HF NOV	HF DIC	HF ENE	HF FEB	HF DAMOTA
15002	1982	173.3	162.2	164.5	149.0	648.9
15004	1982	157.1	174.6	216.9	231.0	779.6
15005	1982	122.4	164.5	140.1	121.5	548.5
15008	1982	79.2	112.0	99.2	82.8	373.1
15010	1982	177.6	231.2	199.0	160.2	767.9
15011	1982	136.7	149.3	206.8	167.8	660.6
15013	1982	66.8	87.7	64.7	48.1	267.3
15014	1982	197.0	254.6	129.1	103.6	684.4
15016	1982	52.1	77.1	52.2	31.8	213.2
15017	1982	64.0	84.0	68.3	50.7	267.0
15018	1982	168.5	208.6	163.1	160.7	701.0
15020	1982	138.6	147.9	145.6	107.7	539.8
15022	1982	94.4	117.1	107.9	96.5	415.9
15024	1982	150.5	165.4	153.0	125.5	594.4
15025	1982	202.8	212.8	195.8	175.5	786.7
15026	1982	172.3	219.7	178.3	159.2	729.4
15027	1982	115.8	145.2	110.7	91.9	463.5
15028	1982	100.6	139.2	111.6	84.3	435.6
15029	1982	184.7	220.1	182.4	162.7	750.0
15030	1982	173.3	227.5	198.1	178.5	777.4
15031	1982	76.3	103.3	102.8	90.4	372.9
15032	1982	102.5	147.5	135.5	113.8	499.2
15033	1982	119.6	147.9	126.8	123.0	517.2
15034	1982	44.0	75.2	60.5	27.8	207.5
15035	1982	6.9	10.4	9.0	3.3	29.6
15037	1982	124.3	163.1	117.6	109.8	514.7
15038	1982	184.2	193.9	200.4	178.0	756.5
15041	1982	112.0	134.1	127.7	109.8	483.5
15042	1982	120.5	167.2	149.3	110.3	547.3
15044	1982	81.1	105.1	99.2	75.1	360.5
15045	1982	196.6	223.4	187.5	178.5	785.9
15045	1982	69.2	104.7	93.2	97.0	364.1
15049	1982	181.4	226.6	182.4	167.8	758.2
15050	1982	77.7	95.9	81.7	70.5	325.9
15051	1982	205.1	258.3	224.7	197.9	886.1

15056	1982	145.2	167.7	173.2	159.2	645.3
15057	1982	138.6	201.3	116.2	129.6	585.7
15059	1982	23.6	47.6	25.6	11.5	108.2
15062	1982	369.1	423.5	387.1	407.2	1586.9
15063	1982	198.9	245.9	200.8	187.2	832.8
15064	1982	66.3	99.2	56.4	47.1	269.0
15065	1982	104.8	142.4	122.2	95.5	464.9
15066	1982	241.3	291.0	252.3	225.9	1010.4
15068	1982	0.0	26.9	18.7	0.0	45.6
15069	1982	100.1	126.8	92.7	71.6	391.1
15070	1982	160.9	174.1	213.7	199.9	748.7
15071	1982	197.0	223.4	200.4	183.1	803.9
15072	1982	154.3	202.2	162.6	159.2	678.3
15073	1982	96.3	139.2	100.5	82.3	418.3
15074	1982	91.0	129.1	101.5	86.3	407.9
15076	1982	132.9	154.4	141.0	133.7	562.0
15077	1982	95.8	128.1	101.0	84.3	409.2
15078	1982	188.0	204.0	177.8	159.2	729.0
15081	1982	140.5	178.7	172.8	144.9	636.9
15082	1982	241.7	285.5	265.7	261.5	1054.4
15083	1982	92.5	131.8	116.2	95.0	435.5
15084	1982	105.8	128.1	175.5	145.4	554.9
15085	1982	166.6	207.3	184.7	161.2	719.8
15086	1982	138.1	202.2	182.9	156.1	679.3
15087	1982	134.8	195.8	177.8	138.3	646.6
15088	1982	145.2	162.6	157.6	139.8	605.3
15089	1982	173.8	214.2	141.0	135.2	664.2
15090	1982	66.8	98.7	64.7	48.6	278.8
15092	1982	61.6	93.6	52.2	49.7	257.1
15093	1982	105.8	139.2	138.3	120.5	503.7
15094	1982	69.2	132.7	78.5	58.8	339.2
15095	1982	107.2	127.2	108.8	91.4	434.7
15099	1982	94.4	147.5	102.4	76.7	420.9
15101	1982	96.3	116.6	113.9	98.0	424.8
15102	1982	237.5	257.9	239.9	224.3	959.6
15103	1982	114.8	155.3	116.6	93.5	480.2
15104	1982	131.5	192.1	151.1	137.3	611.9
15105	1982	202.3	227.5	242.2	221.8	893.8
15106	1982	119.6	145.2	117.1	131.7	513.5
15108	1982	132.4	171.4	182.0	180.0	665.8
15111	1982	97.2	196.7	127.2	112.3	533.4
15112	1982	158.5	191.2	166.3	150.5	666.5
15114	1982	145.2	187.9	147.0	129.6	609.8

15115	1982	55.9	98.7	94.1	68.0	316.7
15117	1982	156.2	163.1	150.7	133.7	603.6
15118	1982	69.7	67.0	61.0	68.0	265.6
15119	1982	139.1	145.2	135.5	132.2	551.9
15120	1982	84.4	119.9	81.7	61.9	347.8
15122	1982	149.5	205.9	179.2	176.0	710.6
15124	1982	86.8	125.8	98.7	59.3	370.6
15125	1982	85.8	119.9	105.6	92.4	403.7
15127	1982	71.6	106.5	80.8	61.9	320.7
15128	1982	137.6	179.2	141.0	128.6	586.5
15129	1982	76.8	119.9	92.7	70.5	359.9
15132	1982	115.3	181.5	151.1	131.1	579.1
15133	1982	150.0	212.3	154.8	137.3	654.4
15136	1982	25.0	16.8	24.2	0.0	66.0
15139	1982	145.2	182.9	141.5	139.8	609.4
15142	1982	225.6	246.4	267.1	261.0	1000.0
15145	1982	94.4	130.0	109.3	91.4	425.1
15146	1982	176.6	220.1	192.5	184.6	773.9
15148	1982	131.9	195.3	177.8	138.3	643.3
15158	1982	112.4	150.2	133.2	112.3	508.2
15160	1982	165.7	213.2	174.1	166.3	719.3
15167	1982	100.6	130.4	121.7	98.0	450.7
15170	1982	63.5	88.1	63.7	51.7	267.0
15173	1982	19.7	15.4	0.0	0.0	35.2
15174	1982	175.2	201.3	174.1	174.4	725.0
15183	1982	174.7	234.4	173.2	173.9	756.3
15184	1982	87.2	110.7	61.0	45.1	304.0
15185	1982	139.5	171.4	181.0	170.9	662.8
15187	1982	204.7	207.7	186.1	170.4	768.8
15189	1982	156.6	183.3	179.2	151.5	670.7
15190	1982	94.9	101.0	67.0	47.6	310.4
15199	1982	165.7	214.6	184.7	173.4	738.4
15201	1982	180.9	219.2	193.0	165.8	758.9
15203	1982	173.3	203.1	159.4	148.5	684.3
15205	1982	121.5	155.3	183.3	149.5	609.6
15225	1982	12.6	43.5	0.0	9.9	66.1
15233	1982	103.9	154.8	114.3	113.3	486.4
15236	1982	131.0	165.4	165.9	140.8	603.1
15238	1982	171.4	213.2	173.7	155.1	713.4
15240	1982	62.1	235.8	210.0	210.6	718.4
15244	1982	148.6	197.1	161.3	157.6	664.6
15251	1982	189.4	207.7	190.7	171.4	759.2

Anexo 2. Horas-frío de noviembre, diciembre, enero y febrero de 1983

ESTACION	PERIODO	HF NOV	HF DIC	HF ENE	HF FEB	HF DAMOTA
15002	1983	150.0	140.1	177.4	160.2	627.6
15004	1983	180.4	230.3	271.7	264.6	946.9
15005	1983	110.1	168.6	168.6	171.4	618.7
15008	1983	56.8	102.8	148.8	151.0	459.5
15010	1983	149.0	194.8	235.8	289.0	868.7
15011	1983	153.3	185.6	168.2	157.1	664.2
15013	1983	42.1	75.7	123.5	119.9	361.3
15014	1983	198.9	251.4	273.5	238.1	962.0
15016	1983	38.3	56.4	105.1	108.7	308.5
15017	1983	45.9	69.3	129.5	112.8	357.5
15018	1983	178.5	201.7	216.9	224.3	821.5
15020	1983	96.8	149.8	171.8	198.9	617.2
15022	1983	75.8	108.8	154.4	176.0	515.0
15024	1983	120.5	152.1	205.9	204.0	682.4
15025	1983	144.8	174.6	251.4	283.4	854.2
15026	1983	165.2	189.8	234.9	259.5	849.3
15027	1983	123.4	169.1	151.1	144.4	588.0
15028	1983	78.2	123.1	181.0	184.6	567.0
15029	1983	152.8	192.5	224.3	255.4	825.1
15030	1983	152.4	198.5	239.9	267.1	857.9
15031	1983	87.2	112.0	150.2	142.4	491.9
15032	1983	83.4	133.2	186.1	200.4	603.2
15033	1983	113.9	137.8	193.5	176.0	621.1
15034	1983	30.7	72.0	107.4	119.4	329.6
15035	1983	0.0	6.7	35.2	63.9	105.8
15037	1983	56.3	65.6	201.3	185.6	508.8
15038	1983	165.2	221.5	220.1	248.3	855.1
15041	1983	77.3	123.5	173.7	179.0	553.5
15042	1983	88.7	129.5	180.6	194.3	593.1
15044	1983	61.1	104.7	169.1	113.8	448.7
15045	1983	175.7	202.2	264.3	243.2	885.3
15045	1983	44.5	102.8	143.3	134.7	425.3
15049	1983	150.9	201.3	241.3	272.2	865.7
15050	1983	46.4	85.8	131.8	117.9	381.9
15051	1983	158.1	224.7	268.0	204.5	855.3
15056	1983	125.3	158.0	181.0	179.5	643.9
15057	1983	142.9	147.0	193.9	186.1	669.9
15059	1983	7.4	39.4	91.8	72.1	210.6
15062	1983	386.7	395.9	408.3	456.6	1647.4
15063	1983	194.2	220.6	260.2	264.1	939.0

15064	1983	43.5	86.7	158.0	114.3	402.6
15065	1983	73.9	127.2	166.8	172.4	540.3
15066	1983	229.8	245.4	273.5	334.9	1083.6
15068	1983	0.0	3.5	36.6	50.2	90.3
15069	1983	64.0	100.5	166.8	148.5	479.7
15070	1983	132.9	164.0	199.0	217.7	713.6
15071	1983	175.7	210.9	252.3	275.8	914.7
15072	1983	162.8	176.9	197.6	248.3	785.6
15073	1983	72.0	106.5	171.4	154.1	504.0
15074	1983	83.4	120.3	166.8	155.6	526.1
15076	1983	106.3	126.8	188.4	213.7	635.1
15077	1983	67.3	104.7	147.0	131.1	450.1
15078	1983	188.0	182.4	231.2	247.3	848.9
15081	1983	100.6	136.0	180.1	191.8	608.4
15082	1983	250.8	300.2	291.9	291.1	1133.9
15083	1983	68.7	113.4	155.7	173.9	511.8
15084	1983	165.2	170.0	179.7	114.8	629.7
15085	1983	150.5	194.4	230.3	258.5	833.6
15086	1983	112.9	161.7	216.5	260.5	751.6
15087	1983	143.8	167.2	213.7	221.3	746.0
15088	1983	106.7	149.8	177.8	176.0	610.3
15089	1983	132.4	159.4	223.4	237.6	752.8
15090	1983	72.5	104.2	126.8	128.1	431.6
15092	1983	39.2	72.0	119.4	93.5	324.1
15093	1983	121.9	159.4	176.4	183.1	640.9
15094	1983	44.0	67.4	129.1	105.7	346.2
15095	1983	97.7	118.9	183.3	162.2	562.2
15099	1983	60.6	109.7	141.5	173.4	485.3
15101	1983	81.1	117.1	154.8	148.0	500.9
15102	1983	194.7	222.4	270.7	305.8	993.7
15103	1983	116.7	153.4	181.5	182.6	634.2
15104	1983	132.9	146.5	208.2	231.0	718.6
15105	1983	183.3	243.1	266.1	271.7	964.3
15106	1983	82.0	124.9	170.0	154.1	531.0
15108	1983	131.9	149.8	191.6	139.8	613.1
15111	1983	166.6	245.4	136.0	143.4	691.4
15112	1983	149.0	169.5	197.1	199.9	715.6
15114	1983	140.5	162.2	207.7	199.4	709.8
15115	1983	150.0	143.8	164.0	143.9	601.7
15117	1983	119.6	154.4	197.6	200.9	672.4
15118	1983	39.7	49.9	95.5	102.1	287.3
15119	1983	142.4	157.6	211.9	197.4	709.2
15120	1983	69.7	100.1	141.0	151.5	462.3

15122	1983	158.5	241.3	205.0	171.9	776.7
15124	1983	60.6	107.4	153.9	161.7	483.7
15125	1983	75.4	115.7	151.1	156.1	498.3
15127	1983	40.2	99.2	142.9	96.0	378.2
15128	1983	125.3	158.0	205.4	227.4	716.1
15129	1983	28.3	83.5	146.1	150.5	408.4
15132	1983	98.7	131.8	188.4	232.0	650.9
15133	1983	130.5	168.2	218.3	254.4	771.4
15136	1983	14.0	35.2	58.2	50.2	157.7
15139	1983	131.5	170.5	212.3	231.5	745.7
15142	1983	198.5	230.3	228.9	269.7	927.3
15145	1983	52.5	106.1	164.5	164.8	487.8
15146	1983	158.1	194.4	236.7	250.3	839.5
15148	1983	141.4	171.4	213.7	221.3	747.8
15158	1983	131.0	149.8	163.6	172.4	616.7
15160	1983	157.6	187.9	230.7	252.9	829.1
15167	1983	112.0	116.6	156.7	152.0	537.3
15170	1983	30.2	72.9	116.2	107.2	326.5
15173	1983	0.0	0.0	19.6	36.9	56.5
15174	1983	178.0	187.0	225.2	214.2	804.4
15183	1983	176.1	190.7	291.0	290.6	948.4
15184	1983	114.3	141.5	137.8	136.2	529.9
15185	1983	129.6	147.0	213.7	201.9	692.2
15187	1983	150.0	184.7	239.9	256.4	831.1
15189	1983	119.6	185.2	216.0	219.3	740.0
15190	1983	33.5	83.5	141.0	139.3	397.4
15199	1983	176.1	195.3	243.1	239.1	853.7
15201	1983	161.4	200.8	238.1	254.4	854.7
15203	1983	115.8	149.8	229.3	248.3	743.1
15205	1983	133.8	162.6	233.9	252.4	782.8
15225	1983	0.0	21.4	68.3	39.0	128.7
15233	1983	130.0	135.5	176.9	176.0	618.4
15236	1983	125.3	149.8	190.2	201.9	667.2
15238	1983	118.1	183.8	206.3	251.8	760.1
15240	1983	208.5	226.1	251.4	192.3	878.3
15244	1983	169.0	183.8	240.4	227.4	820.6
15251	1983	149.0	191.6	224.7	231.0	796.4

Anexo 3. Horas-frío de noviembre, diciembre, enero y febrero de 1997

ESTACION	PERIODO	HF NOV	HF DIC	HF ENE	HF FEB	HF DAMOTA
15002	1997	100.1	141.5	184.3	108.7	534.6
15010	1997	129.1	192.5	251.9	155.6	729.1
15014	1997	151.9	149.8	163.6	138.8	604.0
15016	1997	66.8	98.7	141.0	66.5	373.0
15017	1997	65.4	102.8	104.2	90.9	363.4
15024	1997	166.2	200.4	222.0	179.5	768.0
15025	1997	121.9	173.7	240.4	130.6	666.6
15026	1997	103.9	170.9	205.9	134.7	615.4
15029	1997	69.2	129.1	180.1	74.6	453.0
15030	1997	136.7	196.2	256.5	153.6	742.9
15037	1997	70.1	279.9	237.2	180.5	767.8
15038	1997	115.8	184.3	223.4	169.3	692.7
15045	1997	229.4	259.2	309.4	265.6	1063.6
15045	1997	31.6	81.7	108.4	40.5	262.2
15051	1997	155.2	234.4	290.1	188.7	868.4
15056	1997	98.2	141.5	183.3	127.6	550.6
15057	1997	133.8	164.9	200.8	143.4	643.0
15059	1997	12.1	34.3	86.3	2.3	135.0
15062	1997	410.9	418.9	481.0	413.3	1724.1
15063	1997	129.1	176.9	176.4	144.9	627.3
15064	1997	66.3	103.3	144.7	78.7	393.0
15066	1997	170.0	196.2	284.5	196.8	847.6
15069	1997	147.6	195.3	201.3	126.6	670.8
15070	1997	188.5	182.4	179.2	160.7	710.8
15071	1997	154.7	189.8	244.1	158.6	747.2
15076	1997	179.9	219.2	253.7	181.1	833.9
15078	1997	185.6	196.7	227.5	154.1	763.9
15084	1997	83.4	170.9	245.0	158.1	657.5
15086	1997	141.0	163.1	234.4	161.2	699.7
15088	1997	148.1	201.3	229.8	143.4	722.5
15089	1997	126.2	168.2	216.5	146.9	657.8
15102	1997	224.6	241.8	265.7	230.5	962.5
15104	1997	100.6	142.9	123.1	111.3	477.8
15108	1997	169.5	267.5	206.8	189.2	833.0
15112	1997	203.2	240.8	280.9	187.7	912.6
15115	1997	102.0	144.7	185.2	115.9	547.7
15117	1997	114.3	146.5	176.9	96.5	534.3
15118	1997	0.0	43.5	66.0	0.0	109.5
15119	1997	135.7	160.3	213.7	133.2	643.0
15120	1997	80.6	92.7	86.7	21.7	281.7

15122	1997	83.4	80.3	82.1	24.2	270.1
15124	1997	99.6	149.8	171.4	106.2	526.9
15127	1997	63.5	88.1	106.5	18.1	276.2
15128	1997	75.8	134.6	183.8	90.4	484.6
15129	1997	151.9	161.3	102.8	103.6	519.6
15142	1997	211.3	239.9	259.2	282.4	992.9
15145	1997	82.0	119.9	163.6	97.0	462.5
15158	1997	156.6	168.2	232.1	152.0	708.9
15160	1997	143.8	202.2	251.9	170.9	768.8
15170	1997	0.0	19.6	62.4	0.0	81.9
15173	1997	10.2	7.6	40.7	0.8	59.4
15174	1997	194.2	255.1	232.6	163.2	845.1
15183	1997	278.8	294.2	411.5	345.0	1329.6
15185	1997	106.7	157.6	200.8	123.5	588.6
15187	1997	140.0	183.3	239.9	159.2	722.4
15189	1997	113.4	180.6	216.5	121.0	631.4
15190	1997	41.1	95.9	124.9	46.6	308.6
15199	1997	132.4	173.7	240.8	170.4	717.3
15201	1997	141.4	185.6	235.8	143.4	706.2
15203	1997	119.6	199.9	231.6	142.4	693.5
15205	1997	168.5	186.1	196.2	159.7	710.5
15225	1997	0.0	15.0	44.0	0.0	58.9
15233	1997	127.6	142.9	174.1	110.3	554.9
15236	1997	134.8	136.4	133.2	85.8	490.2
15238	1997	93.9	147.0	209.6	98.0	548.5
15240	1997	184.7	223.4	265.2	207.0	880.3
15244	1997	176.6	213.7	277.6	198.9	866.8
15251	1997	149.0	203.1	242.2	166.8	761.2

Anexo 4. Horas-frío de noviembre, diciembre, enero y febrero de 1998

ESTACION	PERIODO	HF NOV	HF DIC	HF ENE	HF FEB	HF DAMOTA
15002	1998	107.2	150.2	162.6	136.2	556.3
15010	1998	117.7	176.9	247.3	249.8	791.7
15014	1998	110.1	153.9	175.1	153.6	592.6
15016	1998	41.1	95.0	145.2	129.6	410.9
15017	1998	77.3	110.2	122.6	40.0	350.1
15024	1998	168.5	226.1	229.3	210.6	834.6
15025	1998	80.6	165.4	223.4	203.5	672.8
15026	1998	93.0	160.8	210.5	165.8	630.0
15029	1998	54.0	132.7	166.3	128.6	481.6
15030	1998	90.1	192.1	251.9	243.7	777.8
15037	1998	152.8	180.1	222.4	203.0	758.4
15038	1998	105.3	200.4	261.1	238.6	805.4
15045	1998	216.5	287.8	314.9	298.2	1117.4
15045	1998	6.4	89.0	90.9	75.1	261.5
15051	1998	99.6	217.4	314.9	292.6	924.5
15056	1998	64.4	136.0	193.0	146.9	540.3
15057	1998	127.2	149.3	198.1	169.3	643.9
15059	1998	0.0	62.8	76.2	40.5	179.5
15062	1998	380.1	398.6	388.5	351.7	1518.8
15063	1998	139.5	192.5	212.3	203.0	747.3
15064	1998	65.9	122.2	110.2	100.6	398.8
15066	1998	155.7	156.2	247.7	242.7	802.3
15069	1998	144.3	201.7	211.9	179.0	736.9
15070	1998	217.5	184.7	161.3	129.6	693.1
15071	1998	141.0	210.5	230.7	224.9	807.0
15076	1998	131.9	217.4	254.6	255.9	859.9
15078	1998	169.5	171.4	189.3	164.3	694.4
15084	1998	125.3	189.8	188.4	181.1	684.5
15086	1998	98.2	175.5	249.6	241.2	764.4
15088	1998	155.2	200.8	207.7	189.7	753.5
15089	1998	102.9	157.1	214.2	187.7	661.9
15102	1998	202.3	241.8	253.3	229.9	927.2
15104	1998	91.5	164.5	114.8	104.7	475.5
15108	1998	124.8	231.2	266.6	138.8	761.4
15112	1998	180.4	254.6	272.6	238.6	946.2
15115	1998	79.6	160.8	181.0	159.2	580.6
15117	1998	89.1	164.9	173.2	171.4	598.7
15118	1998	0.0	30.2	87.7	81.2	199.1
15119	1998	101.0	140.1	201.3	133.7	576.1
15122	1998	44.0	26.0	107.4	61.4	238.8

15124	1998	100.1	132.3	143.8	131.1	507.3
15127	1998	50.6	105.6	155.7	91.9	403.9
15128	1998	81.1	141.9	185.2	168.3	576.5
15129	1998	141.0	209.1	163.1	130.6	643.8
15142	1998	123.4	288.2	160.8	290.0	862.4
15145	1998	25.5	108.8	163.6	174.9	472.8
15158	1998	116.7	194.8	237.6	243.7	792.9
15160	1998	115.3	183.8	258.8	226.4	784.3
15170	1998	0.0	56.4	67.0	20.6	144.0
15173	1998	0.0	39.8	0.0	5.9	45.7
15174	1998	154.3	179.7	199.9	169.3	703.2
15183	1998	157.6	248.7	342.0	185.6	933.9
15184	1998	-57.3	72.9	133.2	101.6	307.7
15185	1998	131.0	182.9	175.1	169.3	658.3
15187	1998	166.6	199.9	217.8	211.1	795.5
15189	1998	92.5	191.2	210.5	191.8	685.9
15190	1998	44.5	100.5	107.4	83.3	335.7
15199	1998	177.1	204.0	184.7	184.6	750.5
15201	1998	80.1	153.4	246.8	224.3	704.7
15203	1998	84.9	154.8	232.6	214.2	686.4
15205	1998	147.1	205.0	169.5	200.4	722.0
15225	1998	0.0	23.7	25.6	0.0	49.3
15233	1998	95.3	130.4	156.2	184.1	566.1
15236	1998	142.9	101.0	148.8	129.1	521.8
15238	1998	36.4	124.5	211.9	206.5	579.2
15240	1998	161.4	221.1	190.2	186.1	758.8
15244	1998	164.3	194.4	239.9	235.6	834.1
15251	1998	117.2	209.6	252.3	239.6	818.7