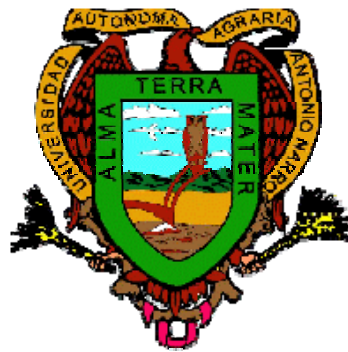


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISION DE INGENIERIA



**“ANÁLISIS DE MODELOS PARA LA ESTIMACIÓN DE UNIDADES FRÍO
DEL MANZANO EN LA SIERRA DE ARTEAGA, COAHUILA”.**

POR:

ELVIA HERNÁNDEZ GÓMEZ

TESIS.

Presentada como requisito parcial para

Obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México Enero del 2008

UNIVERSIDAD AUTONÓMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE INGENIERIA

**Análisis de Modelos para la estimación de unidades frío del manzano en la
sierra de Arteaga, Coahuila.**

Presentada por:

ELVIA HERNÁNDEZ GÓMEZ

TESIS

**Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN.

APROBADA

El presidente del jurado.

Dr. Alejandro Zermeño González.

Asesor principal

Dr. Alejandro Hernández Herrera

Asesor

MC. José Alexander Gil Marín.

Asesor

Coordinador de la división de ingeniería

Dr. Raúl Rodríguez García.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por darme la vida y permitirme cumplir uno de mis más grandes sueños, poniendo en mi camino a las personas y a las herramientas para lograrlo; pero sobre todo te agradezco señor por permitirme ser parte de la familia que me diste.

A la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** por abrirme las puertas de esta importante institución y permitirme una formación profesional; en especial al Departamento de Riego y Drenaje por haberme apoyado como un miembro importante de este departamento forjando en mí a uno más de sus egresados.

Agradezco a los integrantes de este proyecto el haberme invitado a ser parte de su equipo de trabajo:

Dr. Alejandro Zermeño González, por haber tenido la confianza en mí y darme la oportunidad de ser parte de uno de sus importantes proyectos, gracias por todo el apoyo, las aportaciones que durante este proceso recibí de usted y sobretodo por plasmar en esta investigación sus conocimientos y experiencia; por otro lado quiero agradecer la amistad brindada.

Mc. José Alexander Gil Marín, por dedicar parte de su tiempo en la elaboración de esta tesis, por sus consejos, correcciones y conocimientos a la presente; Alex te agradezco la amistad que me diste.

Al Dr. Alejandro Hernández Herrera, por sus consejos y sugerencias para llevar a término este proyecto.

Agradezco también a todos los catedráticos de la institución que de alguna u otra forma contribuyeron a mi formación profesional.

Pero en primer lugar agradezco infinitamente a **mi familia:** Mis Padres Sr. Antonio Hernández García y Sra., Isalia Gómez Guevara, mis hermanas Mayra, Martha, Edith, Miriam, Elizabeth y Mirna, además de mis cuñados Arvey y Francisco por el impulso y las motivaciones que a diario han depositado en mi, este logro es parte de ustedes ya que juntos hemos trabajado para alcanzarlo.

A mis amigos:

Alma Yadhira, Armando, Nacieli, Claudia Ivette, Sandra y Roy.

Con quienes he compartido gran parte de mi vida y gran parte de mi estancia en esta universidad, por las experiencias, los momentos que hemos compartido y el apoyo incondicional, a ustedes mil gracias.

A mis compañeros de clases que a lo largo de mi formación profesional hicieron alguna aportación académica.

A Héctor Javier:

Te agradezco todo lo que haz echo por mí y por todo el tiempo que me has regalado, te amo y estoy muy orgullosa de ti.

DEDICATORIAS

Con infinito amor a mis padres:

Sr. Antonio Hernández García

Sra. Isalia Gómez Guevara

Les dedico este trabajo con todo mi cariño, reconociéndoles a ustedes los años de amor y trabajo inagotable para forjar en mi una persona preparada para la vida, motivando mi superación en base a la confianza, valores y espíritu de lucha que siempre me inculcaron además de proporcionarme los medios para lograr lo que juntos nos hemos propuestos a pesar de las adversidades. Ustedes son la base que siempre me ha sostenido para alcanzar mis metas que también son de ustedes. Los amo, admiro y respeto.

A mi Hermana Mayra y su Familia:

A ustedes Mayra y Arvey les dedico este trabajo en reconocimiento a los apoyos que de su parte he recibido no solo económicos sino también morales, pero sobretodo agradezco el haber traído al mundo a esa pequeñita que llego a llenar de felicidad a mis papis y a todas nosotras, gracias.

A mi Hermana Martha Irasema Y su Familia:

A ti Irasema y a tu familia que a pesar de las distancias siempre han estado ahí para apoyarme y alentarme en los momentos más difíciles, hermana te agradezco los consejos que fueron fundamentales para llegar a nuestra meta.

A mis Hermanas:

Edith

Miriam

Elizabeth

Mirna

A ustedes Chicas por haber participado de manera fundamental. Todas son importantísimas para mi las quiero y les dedico este trabajo como reconocimiento a todas sus aportaciones, ya que de alguna manera todas nos hemos apoyado, no olviden que somos un equipo, espero que ustedes logren todo lo que se propongan reiterándoles mi apoyo incondicionalmente en cualquier momento.

A mis Sobrinitas:

A las chiquitas mas preciosas que la vida a puesto en nuestras vidas: **Thayli Paola, Estefanía** y a la nueva integrante **Jazmín**. Nenas ustedes nos proporcionan algo que en los momentos delicados son difíciles de conseguir y que sin embargo para ustedes es tan fácil y cotidiano: sus sonrisas

A Héctor Javier Salinas:

A ti amor por haber llegado a mi vida en el momento oportuno llenándome de felicidad cada momento. Me enseñaste que para conseguir algo se debe de luchar por el ya que este no llega solo, se que todo lo que me dices es con el fin de motivarme a ser una persona exitosa, nunca te defraudare.

Te amo y estoy segura que esta prueba la superaremos; te esperare.

INDICE DE CONTENIDO

	<u>Paginas</u>
AGRADECIMIENTOS -----	i
DEDICATORIAS -----	iii
INDICE DE CUADROS -----	vii
INTRODUCCION -----	1
Objetivos -----	2
Hipótesis -----	2
REVISION DE LITERATURA -----	3
Origen del manzano -----	3
Características generales del manzano -----	4
Características Agronómicas -----	5
Fisiología del manzano -----	5
Requerimientos de descanso -----	6
Fases del descanso -----	7
Descanso inicial -----	7
Descanso profundo -----	8
Descanso final -----	8
Factores que influyen en el descanso -----	8
Factores externos -----	8
Temperatura -----	9
Fotoperiodo -----	10
Luz -----	10
Humedad -----	10
Nubosidad -----	10
Factores internos -----	11
Inviernos benignos -----	11
Concepto de horas frío -----	12
Concepto de unidades frío -----	14
Modelos -----	15

Concepto de Modelos -----	15
Función de los modelos -----	15
Construcción de modelos -----	16
Clases de modelos -----	16
Modelos para determinar unidades frío en frutales caducifolios -	17
Modelo Utah -----	20
Modelo de las Bajas Necesidades -----	22
Modelo Carolina Del Norte -----	23
Modelo Dinámico -----	24
Modelo Propuesto por Erez y Lavee -----	25
Método de la Vega -----	26
Requerimientos de Unidades Frío del Manzano -----	26
Uso de los modelos para determinar Unidades Frío -----	28
MATERIALES Y MÉTODOS -----	30
Localidad y descripción del sitio de estudio -----	30
Descripción de los modelos utilizados para determinar las unidades frío -----	30
Equipo y sensores para las mediciones de temperatura -----	33
Unidades frío en función de la temperatura del aire y la temperatura interna de las ramas -----	33
RESULTADOS Y DISCISION -----	34
UFA estimadas en el Invierno 2004 – 2005 -----	34
UFA estimadas en el Invierno 2005 – 2006 -----	36
CONCLUSIONES -----	40
RESUMEN -----	41
LITERATURA CITADA -----	43

INDICE DE CUADROS

	<u>Paginas</u>
Cuadro 1- Unidades frío acumuladas (UFA) totales calculadas con la temperatura del aire y la temperatura bajo la corteza de las ramas, del 6 de enero de 2004 al 30 de marzo de 2005; y del 16 de diciembre de 2005 al 11 de marzo de 2006 en Jame, municipio de Arteaga, Coahuila, México.	39

INTRODUCCION

El manzano (*Malus domestica*, Borkh), por ser un frutal de hoja caduca, requiere acumular frío en los meses de invierno para que sus yemas puedan brotar y florecer de manera normal a finales del invierno o principios de primavera, una vez que se den las condiciones favorables para su crecimiento (Melgarejo, 1996). Los requerimientos de frío son propios de cada especie y de cada variedad en particular, variando ello dentro de una misma especie al existir variedades de altos requerimientos, muy exigentes en frío y otras con poca exigencia.

El manzano requiere un tiempo de exposición de noviembre a febrero de bajas temperaturas, la variedad Golden Delicious requiere de 800 a 850 unidades frío, para poder tener una brotación y una floración uniforme. La acumulación de unidades frío es el factor determinante para que los árboles rompan el endoletargo (Díaz, 2002).

En el estado de Coahuila el manzano se cultiva específicamente en la sierra de Arteaga, que al igual que las regiones manzaneras de los estados de Chihuahua y Durango se caracterizan por presentar inviernos bastantes irregulares y benignos en el cual la presencia de altas temperaturas no favorece el desarrollo de los procesos de descanso invernal (Ramírez y Cepeda, 1993), ocasionando lo que se llama el descanso prolongado que consiste en inhibición de yemas vegetativas y florales que permanecen dormidas, desprendimientos de yemas florales y vegetativas, y aborto de embriones (Calderón, 1983), problemas que repercuten en un menor rendimiento en la producción y calidad de la fruta.

Para solucionar este problema, los productores de manzana utilizan productos químicos o reguladores de crecimiento como estimuladores de la brotación y floración, pero para una correcta utilización de estos productos es necesario el conocimiento de la cantidad de frío que los árboles van acumulando, siendo importante obtener esta información con suficiente anticipación para prever las labores de estímulo.

El alcance del objetivo requiere de métodos que permitan cuantificar con anticipación y de manera exacta las unidades frío (UF) que las plantas

acumularan durante el invierno. La observación de las variables externas que influyen en el descanso es esencial para una adecuada medición, tal es el caso de la temperatura umbral.

Una UF se puede definir como el lapso de duración de tiempo transcurrido a una temperatura entre 0 y 7.2 °C (Calderón, 1989 y Shaltout y Unrath, 1983).

Para determinar las UF se han desarrollado varios modelos en diferentes localidades y diferentes frutales, estos están basados exclusivamente en la temperatura y no toman en cuenta otros factores del clima, por lo que los resultados de dichos modelos pueden variar en función de las condiciones climáticas de la localidad donde se apliquen (Calderón, 1990). En el presente trabajo se analizan los modelos Utah, Carolina del Norte, Bajas necesidades y el Dinámico; estos modelos fueron Desarrollados para diferentes frutales y localidades por lo que cada uno de ellos toman rangos de temperatura diferentes; lo que puede traer como consecuencia que la utilización de estos modelos pueden ser erróneos ya que las condiciones climáticas no son iguales.

Dado que los modelos que existen para determinar las UF tienen diferentes rangos de temperaturas, es necesario evaluarlos para analizar las similitudes o diferencias entre ellos, y así seleccionar cual es el que mejor refleja las UF de la región productora de la Sierra de Arteaga.

OBJETIVO

Evaluar las unidades frío acumuladas con base a la temperatura del aire y de las ramas (bajo la corteza) con cuatro modelos, para analizar la variabilidad entre ellos durante el periodo de invierno en la Sierra de Arteaga, Coahuila.

HIPOTESIS

Las unidades frío estimadas con cuatro modelos arrojan diferentes resultados debido a que cada uno de ellos fue desarrollado para diferentes frutales y localidades.

REVISIÓN DE LITERATURA

1. Características del Manzano:

Origen

Se desconoce el origen exacto del manzano, aunque se dice que procede del cruzamiento y de varias especies de manzanos silvestres europeos Y asiáticos. Los frutos originales eran bastante pequeños, ácidos y acuosos, actualmente han evolucionado por la selección que ha hecho el hombre hasta alcanzar la consistencia, sabor, aroma y color de las variedades actuales (Reyes - López, 1977).

Al parecer el manzano es producto de cruza entre *Malus Sylvestris* y otras especies, siendo nativo del oeste de Asia en el noroeste de los montes del Himalaya, donde existen grandes bosques de manzano silvestre. Su cultivo se inicio en Grecia, probablemente 600 o más años antes de cristo, conociéndose en el año 325 A.C diferentes cultivares. En América su cultivo se inicia después de la conquista y colonización del continente por los europeos, quienes introdujeron el cultivo (Chandler, 1957).

Westwood (1982), menciona, que el género comprende alrededor de 15 especies principales, que incluyen dos procedentes de Europa, cuatro de América del Norte y las restantes de Asia. La gran adaptación del manzano a climas diversos ha hecho del manzano el frutal mas extendido de la zona templada. Algunas de las variedades tienen grandes necesidades de frío.

Kramers (1991), cita que el manzano tiene su origen en las regiones templadas del continente Europeo, aunque también se reporta Asia central como probable centro de origen, se cultiva en muchas partes del mundo, desde tiempos muy remotos superando a otros frutales.

Este frutal fue traído por primera vez a América, a principios de 1600, por pobladores europeos. Su expansión por otros lugares de este continente se

realizo por los desplazamientos de los europeos o por sus descendientes. Su propagación durante este periodo fue por semilla debido a su fácil transporte (Ramírez y Cepeda, 1993).

Características generales del manzano:

El manzano es una de las especies de frutas dulces de mayor difusión a nivel mundial debido fundamentalmente a su facilidad de adaptación a diferentes tipos de climas y suelos, a su valor nutrimental y terapéutico y a la calidad y diversidad de productos que se obtienen en la industria transformadora, por proceder de climas muy fríos resiste las más bajas temperaturas, lo que ha permitido cultivarlo a gran escala en todos los países de clima relativamente fríos, y en particular en todos los de Europa (UNIFRUT, 1997).

Cepeda (1978), menciona que España es uno de los principales países productores. Cataluña produce el 40% del total de la producción nacional seguida de Aragón, La Rioja y Navarra. Otros países productores son: China, Estados Unidos, Alemania, Italia, Polonia, Francia, Irán, Rusia, India, Brasil, Bélgica, Países bajos y Austria.

Ramírez y Cepeda (1993), señalan que en México el manzano es uno de los frutos de mayor importancia; en los años recientes la producción nacional de manzana ha ido aumentando notablemente debido a la demanda que tiene este producto, ocupando el 5º lugar en el consumo de frutas, siendo Chihuahua el primer productor con el 36.3% del total nacional, seguido por Durango, Coahuila, Puebla y Sonora; también podemos mencionar aunque con menor producción a Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí, Hidalgo, Estado de México y Veracruz.

En México, el manzano se cultiva en una superficie de 72.1 miles de ha, presentes en 23 estados de la república de los cuales el 80% de la producción se concentra en los estados de Chihuahua, Durango, Coahuila, Puebla, Zacatecas y el resto en otros estados (SAGARPA, 2002).

El manzano (*Malus domestica* Borkh) es el frutal más importante en la Sierra de Arteaga, Coahuila, México, donde están establecidos 8282 hectáreas (INEGI, 2001).

El manzano es un árbol caducifolio que necesita mantener durante el periodo de reposo la acción o efecto fisiológico de las bajas temperaturas durante un periodo mas o menos prolongado; este periodo dependen de la intensidad de las bajas temperaturas, de la variedad, etc., para que sus yemas puedan brotar y florecer de manera normal a finales del invierno o principios de primavera, una vez que se den las condiciones para su crecimiento; sin embargo las distintas especies presentan diferencias en sus necesidades de frío invernal incluso en muchas ocasiones existen mayores diferencias entre las variedades de una misma especie que entre algunas variedades pertenecientes a distintas especies, por ejemplo el cultivar Golden Delicious requiere entre 800-1000 horas frío, a diferencias de Anna que solo requiere de 300-350 (Melgarejo 1996).

Características Agronómicas del Manzano

Lang (1989), indica que los requerimientos climáticos del manzano son: inviernos frescos o fríos, con un rápido aumento de temperatura en la primavera, con pocas posibilidades de heladas que puedan afectar la floración. Ramírez y Cepeda (1993), señalan que el manzano se desarrolla bien en suelos ligeramente ácidos el pH de estos suelos es de 6.5 a 6.8, pH que es el óptimo para que un frutal alcance su máxima producción; por otra parte Arguello (1973), menciona que el manzano se desarrolla mejor sobre suelos franco, con buen drenaje y manto freático no menos de 1.2 m.

Es importante que se realicen labores culturales al manzano estas ayudan a mejorar la disponibilidad hídrica y nutritiva, creando un ambiente más favorable, desde un punto de vista físico-mecánico, así como al desarrollo y funcionalidad de las raíces Lalatta (1990). Además se le debe efectuar la poda para corregir los hábitos de crecimiento y de fructificación de forma que se obtenga árboles de esqueleto equilibrado y robusto capaz de soportar el peso de las cosechas además de proporcionar iluminación y aireación adecuados (Álvarez, 1974).

Fisiología del manzano

La longevidad del manzano es notablemente larga incluso más de 50 años en condiciones favorables. A un periodo juvenil de esterilidad, le sigue una fase

de productividad estacional y una fase de decaimiento. En el cultivo, el árbol es derribado cuando ya no suministra un beneficio económico.

Durante el transcurso del año el manzano pasa por dos etapas principales las cuales son: vegetativa e invernal (Hernández, 1982).

Requerimientos de descanso:

Actualmente se reconoce que el descanso es la suspensión del crecimiento visible de la planta acompañado por un descanso del metabolismo.

Lang (1987), define el descanso como la suspensión temporal del crecimiento visible de alguna estructura de la planta que contenga un meristemo.

Durante el invierno los árboles frutales de clima templado ingresan en un estado denominado reposo invernal. La forma natural de superar esta etapa es mediante permanencia en condiciones de bajas temperaturas, hasta satisfacer sus necesidades de frío. Este concepto tiene un aspecto cuantitativo, ya que depende del tiempo en el cual las plantas están expuestas a las bajas temperaturas y uno cualitativo, ya que depende del rango de temperaturas experimentadas. Ello significa que con un tiempo a ciertas temperaturas las plantas pueden superar el reposo invernal, pero con otras puede extenderse (Richarson *et al.* 1974).

Se considera que el periodo de reposo comienza en los árboles desde el momento en que se detiene el crecimiento vegetativo anual, antes del desprendimiento total de las hojas. Se inicia a finales del otoño y finaliza a finales del invierno o principios de primavera, con el comienzo de la actividad vegetativa de la planta, caracterizándose por que durante él no muestra actividad aparente alguna, aunque algunos procesos fisiológicos como la respiración continúan realizándose aunque de forma poco intensa (Calderón, 1983).

La falta de frío invernal afecta el crecimiento, el rendimiento y la calidad de los frutos. Reduce la tasa diaria de floración y brotación, favoreciendo la desuniformidad en la misma planta y entre las diferentes cultivares. Los largos periodos de floración perjudican la fecundación, sobre todo cuando se producen después de la brotación ya que se incrementa la competencia con los ápices

vegetativos. En condiciones de frío insuficiente se observan con frecuencia frutos ya formados coexistiendo con flores (Couvillon y Erez, 1987).

Las especies caducifolias procedentes de climas con estaciones definidas, crean durante el periodo de reposo un mecanismo de defensa a las bajas temperaturas invernales, esto lo logran mediante el agostamiento y endurecimiento de su madera así como a acumulación de almidones a medida que el otoño se acerca; es un recurso de subsistencia que las plantas han desarrollado (Calderón, 1990).

Bidwell (1993), cita que las diferentes partes del árbol sufre diversos grados de reposo en diferentes tiempos, causado por estímulos diversos y por lo tanto el reposo de un árbol implica varias fases. Seeley y Damavandy (1985) indican que probablemente los cambios de fase son iniciados por causas ambientales y que dichas causas están determinadas por hormonas en la planta.

En la actualidad existen técnicas correctivas que permiten reducir los requerimientos de frío, reemplazando la falta de frío mediante métodos físicos o químicos (Melgarejo, 1996).

Bases fisiológicas del descanso:

Es probable que los cambios de fase son iniciados por causas ambientales y que dichas causas están determinadas por hormonas en las plantas como ácido indolacético, GA, ABA y etileno (Seeley y Damavandy, 1985).

Fases del descanso:

Samish (1954), hizo una descripción del descanso, estableciendo sus periodos principales y tomando en cuenta que la quiescencia es producida por factores externos y el reposo por factores internos, separa el descanso en las siguientes fases:

Descanso inicial: Etapa en la cual el crecimiento de la planta se ve suspendido por restricciones externas desfavorables impuestas por la temperatura y la humedad el cual está controlado por los factores

externos y puede ser superado mediante la aplicación de estímulos positivos a la planta como es el tener una temperatura mas cálida.

Descanso profundo: Llamado también descanso principal; esta determinado por la fisiología interna de la planta, es decir regulado por las condiciones de equilibrio de las sustancias promotoras e inhibidoras del crecimiento; y tiene lugar aunque las condiciones ambientales sean favorables.

Al llegar al punto en que las sustancias promotoras se encuentren acumuladas en el interior de los tejidos se considera terminada esta etapa.

Descanso final: En esta etapa la planta nuevamente se encuentra sujeta a las condiciones del clima que la rodean, esperando que haya temperaturas más calientes y fotoperiodos más largos.

La salida de esta etapa puede ser estimulada de manera artificial, proporcionándosele a la planta las condiciones de luz y temperatura que faciliten su desarrollo (Del Real Laborde *et. Al.* 1982).

Factores que influyen en el descanso:

Los árboles caducifolios como el manzano presentan una serie de factores que influyen en el fenómeno de descanso los cuales se pueden clasificar en externos e internos (Garza, 1972).

Factores externos

Calderón (1989), indica que los factores externos del medio ambiente influyen notablemente sobre la fisiología de los árboles, incidiendo sobre la síntesis de sustancias promotoras o inhibidoras de la brotación: cuando las cantidades de promotoras son altas, los árboles son inducidos a crecer, mientras que si predominan las inhibidoras se induce el reposo. Este tipo de factores depende de de la localización geográfica del cultivo, siendo las principales la temperatura, el fotoperiodo, radiación solar, humedad y nubosidad.

Temperatura: Factor determinante en el desarrollo del descanso; su acción marca la entrada y determina la salida de la etapa invernal.

Cada especie frutal posee diferentes necesidades de frío invernal, e incluso dentro de una misma especie existen diferentes necesidades de acuerdo a los diferentes cultivares (Calderón, 1990).

La temperatura dentro de ciertos márgenes favorece o dificulta el desarrollo de las etapas del descanso, ya que determina la mayor o menor velocidad con que este se desarrolla y la profundidad del mismo, así después de años de estudio, se ha observado que no solo existe un umbral para tener una acumulación positiva de frío, sino que también existe un rango de temperaturas que ocasiona la negación de la acción del frío, lo cual determina defectos en la brotación y por consiguiente decrementos en la producción de las huertas (De Villiers, 1946).

Como efecto de un invierno que presenta altibajos en temperaturas es decir que no es estable, se ocasiona en las plantas un desequilibrio en el descanso, el cual ocasiona una mala satisfacción de los requerimientos de frío y por lo tanto una brotación raquífica, ocasionando que las plantas enfrentan dificultades para desarrollarse adecuadamente (Erez y Lavee, 1974).

Weinberger (1967), señala que los límites positivos o negativos de la acción de las temperaturas, han sido ampliamente discutidos desde los primeros estudios de Weldon en 1934, y de él mismo en 1950, que señalan que las temperaturas positivas son las localizadas debajo de 7.2°C.

En 1971 se realizó lo que ha sido el estudio pionero a la fecha sobre la influencia negativa de las temperaturas invernales altas, mostrando que existen rangos definidos de acción positiva y negativa de las temperaturas invernales sobre el proceso del descanso de las plantas, encontrándose que las temperaturas de 6° C causan la mejor acumulación; que la temperatura de 10° C es solo la mitad de eficiente que la de 6° C; que la temperatura de 18° C no tiene acción ni positiva ni negativa sobre la etapa de descanso; y que la temperatura de 21° C nulifica la acción e la temperatura de 10° C cuando son alternadas durante el invierno (González, 1975).

Se ha evolucionado de manera más exacta el efecto de reversión de la acción del frío causado por las altas temperaturas. En base a esto se concluye que la acción de las temperaturas arriba de 21° C debe de ser considerada como dos veces negativa a la temperatura de 6° C (Erez y Couvillon, 1979).

Fotoperiodo: Las mayores áreas de producción de frutales caducifolios se encuentran entre las latitudes 30 y 50 grados de ambos hemisferios, mientras que la duración del día cambia con la latitud, entre mas alta sea la latitud los días de verano son mas largos y los días de invierno mas cortos (Westwood, 1978).

El fotoperiodo es un factor muy importante ya que los días cortos inducen al descanso en las plantas leñosas. El fotoperiodo es percibido por las hojas pero las principales partes de la planta que inician las respuestas son las yemas (Bidwell, 1993).

Luz: La cantidad y calidad de la luz que reciben la planta durante el invierno tiene efecto directo en la cantidad de yemas que presentan una apertura normal en la primavera, por lo que se requiere una buena penetración de la luz en el interior del árbol durante todo el año y en la etapa del descanso, mediante la correcta orientación de las ramas en la poda (Jackson, 1972).

La clase de luz que recibe la planta tiene también un efecto directo en su comportamiento al final del descanso siendo las longitudes de onda roja e infrarroja las que han tenido mejor efecto sobre la apertura de las yemas en condiciones de laboratorio (Erez y Lavee, 1966).

Humedad: Garza (1972), menciona que la humedad o su carencia puede ser importante para reducir el descanso, particularmente a aquellas que recurren a él para sobrevivir a las condiciones adversas.

La cantidad de humedad presente durante el invierno puede provocar una reducción del periodo de frío (Chandler, 1937).

Nubosidad: La presencia de una capa de nubes en la etapa invernal puede ayudar al desarrollo de condiciones mas apropiadas para la acumulación de frío por parte de la planta (Chandler, 1937).

Los nublados, la niebla y la lluvia actúan como factores que afectan de manera positiva la acumulación de frío, permitiendo la plantación de frutales en lugares donde la acumulación de frío es inferior al requerimiento del cultivar (Westwood y Bjomdtad, 1978).

Factores internos:

La dormancia es una interacción entre los reguladores de crecimiento y la temperatura ambiente, a su vez la producción de reguladores del crecimiento está determinada genéticamente (Reyes - López, 1977).

Es definitivo que la situación de descanso se encuentra regulada por las sustancias promotoras e inhibidoras del crecimiento, cuyas complejas relaciones son objeto de amplio estudio, sin tenerse aun una definición de las causas de esta situación fisiológica de las plantas (Salisbury y Ross, 1992).

Lavee (1973) hizo la proposición de un modelo general en el cual se encuentran involucrados diferentes acciones que determinan el descanso; ligando en el mismo de manera tentativa, a las temperaturas, fotoperiodo, inhibidores de crecimientos, promotores del mismo, niveles de respiración, ácido abscísico, gibirelinas, citoquininas y auxinas durante el proceso de descanso.

Inviernos Benignos:

Los países que se encuentran en un área subtropical como es el caso de México, enfrentan la desventaja climática para el buen desarrollo del cultivo de los árboles frutales caducifolios, ya que la estabilidad del clima invernal es prácticamente nula y además las temperaturas dominantes durante esta estación, si bien son lo suficientemente frías para permitir el establecimiento del cultivo, son a la vez tan calientes como para detener su completo desarrollo (Giesberger, 1972).

El problema de las áreas sujetas a inviernos benignos es que la brotación de los árboles se ve reducida en gran medida, ocasionando que se presenten gran dominancia apical en las ramas, mala brotación de las yemas laterales, baja cubierta foliar que ocasiona un índice fotosintético bajo, crecimientos deficientes, bajo amarre de fruto, bianualidad en la producción y problemas de aborto florales,

todo esto ocasiona una producción baja y deficiente desarrollo de los árboles (Giesberger, 1975).

Garza (1972), realizó una descripción teórica del ciclo de desarrollo de los caducifolios en general y una consideración de inviernos benignos y el valor real de las temperaturas altas en el bloqueo de la acción del frío.

2. Concepto de horas frío:

Las especies caducifolias son originarias de climas con estaciones definidas; el período de reposo constituye un mecanismo natural de defensa a las bajas temperaturas que ejercen su acción o efecto fisiológico durante un tiempo cuya longitud depende, principalmente, de los valores térmicos y de la variedad, y que se traduce en una normal floración y brotación a finales de invierno o principios de primavera (Díaz, 2002).

Las necesidades de frío invernal se han medido tradicionalmente a través del concepto de horas-frío, que se definen como el número de horas que, durante el período de reposo invernal, la planta pasa a temperaturas menores o iguales a un umbral que ha sido fijado en 7° C (Weinberger, 1967). Mientras que Calderón (1990) señala que una hora frío es el lapso de esa duración de tiempo transcurrido a una temperatura de 7.2° C o menos. Es decir todo el tiempo en que durante el reposo invernal esta expuesto el árbol a temperatura de 7.2° C o menos puede sumarse y expresarse el total obtenido en horas. Por otra parte Gil-Albert, (1989b) define las horas frío 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. Este umbral ha sido considerado, en otras ocasiones, dependiendo de la zona y de la especie, entre 4 y 10° C.

La presencia de bajas temperaturas es, por otra parte, necesaria en los frutales caducifolios durante su época de reposo, para que por medio de ellas puedan romper ese periodo de detención de actividades, al hacer estas que las causas que las motivaron desaparezcan, y libres de ellas puedan brotar y reiniciar

un nuevo ciclo de crecimiento al presentarse temperaturas favorables en la siguiente primavera.

El frío es el requisito más importante para el rompimiento del letargo. El letargo requiere un periodo prolongado de enfriamiento, el requerimiento de temperatura varia con la especie. Bidwell (1993) señala que la temperatura benéfica esta próxima a los 5° C, y las temperaturas muy por encima o por debajo son ineficientes.

Ryugo (1993), Señala que para la mayoría de las yemas frutales de hueso y pepita así como de semilla, la temperatura de 6°C a 7°C, parece ser la optima para satisfacer las necesidades de frío.

Weaver (1996) menciona que las temperaturas que apenas rebasan el punto de congelación son por lo común las mejores.

Sin embargo, Ryugo (1993), señala que el efecto no es parejo entre las temperaturas menores y superiores a 7°C. Este autor señala que las temperaturas más efectivas se encuentran entre los 3 y 9 °C, las medianamente efectivas entre 1 y 3 °C y entre 9 a 12 °C. Las temperaturas bajo 1 °C no se contabilizarían, al igual que las temperaturas mayores a 12 °C.

En el mismo sentido, Ryugo (1993) indica la siguiente escala:

- Temperaturas entre 16 a 19 °C, descuentan un 50% de los valores (horas frío acumuladas)
- Temperaturas mayores a 19 °C descuentan el 100%

Westwood (1982), señala que las temperaturas menores a 0° C no satisfacen las necesidades de frío de los frutales. Además este autor, señala que se requieren más horas frío cuando se alternan periodos más templados. Estos periodos templados invertirían el efecto del frío.

Gil-Albert (1992), señala que la medición de estas horas frío, se pueden realizar mediante el uso de bandas de termógrafos (contando las horas bajo 7 °C hasta 0° C), correlaciones y fórmulas matemáticas, como las definidas por

Weimberger usando temperaturas promedio, Da Mota para temperatura media mensual y otros como el Método de Crossa-Reynaud (Calderón, 1990).

La temperatura umbral de 7.2 °C que en general se considera para medir horas frío no deja de ser una imposición, que posiblemente este acorde a las realidades ecológicas, particularmente climáticas, de algunas regiones septentrionales del mundo, pero que definitivamente no tiene razón de ser en otras zonas mas calidas, y menos en aquellas de latitud subtropical en los que los factores del clima se presentan de manera notablemente diferentes (Melgarejo, 1996).

Este índice ha variado gradualmente con los diversos estudiosos del fenómeno y en los distintos países. Así se ha considerado también de 7, de 6, de 8 y hasta de 10° C (Gil-Albert 1992).

3. Concepto de unidades frío

De acuerdo con estos conceptos que se acaban de expresar de que las temperaturas mas elevadas de 7.2 °C, pero cercanas a ellas, deben tener algún valor como efecto del frío invernal sobre los frutales y de que ese valor debe ser diferencial, muy recientemente surgió un nuevo criterio para medir, expresar y calcular los requerimientos de frío: La unidades frío (UF) (Melgarejo, 2000).

Esta nueva idea considera que a determinados rangos de temperatura el efecto de cada hora mantenida tiene un valor de 1 unidad frío, incluyendo dentro de estos rangos a las temperaturas comprendidas entre 2.5° C y 9.1 °C.

Una unidad frío es considerada como la acumulación de frío que tiene lugar durante una hora en la que la temperatura es de 6° C. Sin embargo, se da igual valor a las temperaturas comprendidas entre los límites citados, (Melgarejo, 1996).

Erez y Lavee (1974), reportaron que la temperatura más eficiente para la acumulación de frío invernal es de 6° C. Ellos indican que a las temperaturas de 10°C el valor para acumulación de frío era aproximadamente de la mitad que a 6°

C, y que a temperatura de 21° C, cuando era alternada con bajas temperaturas, se conseguía nulificar el efecto del frío acumulado.

Modelos:

Antes de hablar de los modelos existentes para la estimacion de unidades frio (UF); es importante dar una definicion de lo que es un modelo, sus alcances e importancia.

Concepto de Modelo

Los modelos teóricos o científicos representan la explicación objetiva, esto es, la teoría que se refiere a una realidad: nos muestran las condiciones ideales en que se produce un fenómeno al verificarse una ley o una teoría, y por otro lado, son una muestra particular de la explicación general que da la teoría (Yuren, 1975).

Um modelo teórico es un sistema hipotético – deductivo concerniente a un objeto modelo que es, a su vez, una representación conceptual esquemática de una cosa o de una situación real o supuesta real (Bunge, 1981).

Una de las características de los modelos es que a pesar que de que nos facilita la comprensión de la teoría (porque la representa de manera simplificada), no deja de mostrar sus aspectos importantes. La teoría explica la realidad en términos generales. El modelo describe una zona restringida del campo cubierto por la teoría. La teoría incluye modelos. Los modelos representan a la teoría justamente mostrando la referencia que hace la teoría a la realidad (Yuren, 1975).

Función de los modelos:

El contenido esencial del concepto de modelos es la existencia de una correspondencia entre el modelo mismo y un prototipo; a menudo es suficiente una sola correspondencia para tener un modelo muy útil. El propósito de usar un modelo es el de hacer una predicción (Walter, 1974).

Se entiende por modelo predictivo o explicatorio de un modelo, el conjunto de los hechos observables que pueden deducirse de él. De un hecho observable que puede deducirse de un determinado modelo teórico, se dice que es explicado por él, o, también que este lo predice (Copi, 1971).

Construcción de Modelos:

La conquista conceptual de la realidad comienza, por idealizaciones. Se desgajan los rasgos comunes a individuos diferentes, agrupándolos en especies (clases de equivalencias). Es el nacimiento del modelo conceptual de una cosa o un hecho. Pero eso no basta, si se quiere insertar este objeto modelo a una teoría, es necesario atribuirle propiedades susceptibles a ser tratadas por teorías. Es preciso, imaginar un objeto dotado de ciertas propiedades que, frecuentemente, no serán sensibles. Una vez que sea concebido un modelo de una cosa, se le describe en términos teóricos, sirviéndonos para esto de conceptos matemáticos (como conjuntos y probabilidades) y tratando de encuadrar el todo en un esquema teórico comprensivo (Bunge, 1981).

Clases de modelos:

Hay diversas clases de objetos modelos y, por consiguiente, de modelo teórico. En una extremidad del espectro tenemos la de caja negra provista solamente con terminales de entradas y salidas; en la otra se encuentran la caja llena de mecanismos mas o menos ocultos que sirven para explicar el comportamiento exterior de la caja (caja traslucida). El procedimiento natural es comenzar por el objeto de estudio mas simple, agregarle después una estructura simple, y proseguir ese proceso de complicación hasta llegar a explicar todo aquello que se quiere (Bunge 1981).

Se puede proponer de un sistema una gran variedad de modelos: cajas negras sin estados internos y cajas con mecanismos (sea mecánico u otros); cajas negras determinísticas (Los modelos determinísticos realizan

predicciones exactas, debido a que están basados en relaciones matemáticas precisas entre las variables involucradas en un proceso dado) y cajas estocásticas (Los modelos estocásticos, son probabilísticos y da predicciones en un rango esperado de resultados): cajas de un solo nivel (por ejemplo, físicos) o de varios (físicos y biológicos) y así sucesivamente.

Modelos de regresión:

Los modelos de regresión son valiosos para describir el tipo de asociaciones entre la variable Y (dependiente o respuesta) y las variables $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ (independientes). En este caso, lo que se persigue es resumir las tendencias de los datos y encontrar la forma de asociación entre las variables. Es importante señalar que en dicho uso no se pretende establecer relaciones casuales, en el sentido de que los valores de las X, produzcan cambios en los valores de Y. Los modelos de regresión indican únicamente que existe asociación entre las variables y cual es la forma de dicha asociación; esto se hace de manera empírica, solo con la información de datos observados (Méndez, 1976). Los modelos de construcción tienen 4 tipos de uso fundamental: descripción y explicación, predicción, control y calibración.

Los modelos empíricos pueden requerir solamente de temperaturas máximas y mínimas diarias (Parton y Logan, 1981). Dentro de este tipo de modelos se encuentra el modelo lineal de Richardson *et al.* (1974), ampliado por Sanders (1975), Fluker (1958) utiliza la ecuación de conducción de calor de Fourier para formular un modelo empírico de la temperatura del suelo en base a la temperatura superior de este.

4. Modelos para determinar unidades Frío (UF) en frutales caducifolios

Para un adecuado manejo de los árboles, es necesario contar con un conocimiento previo de las condiciones en que se encontrara la brotación en cuanto a fecha y cantidad de yemas que se abrirán normalmente. Para lograr tal

objeto se requiere de métodos que permitan cuantificar con anticipación y de manera exacta la cantidad de frío que las plantas acumularan durante el invierno (Melgare, 2000).

La observación de las variables externas que influyen en el descanso es esencial para una adecuada medición tal es el caso de la temperatura umbral.

Melgarejo (1996), señala que los métodos antes mencionados para el cálculo de horas-frío suponen que un frutal debe estar una hora, por debajo de un determinado umbral de temperatura, para almacenar una hora frío, asumiendo que todas las temperaturas por debajo del umbral considerado tienen el mismo efectos y que las inmediatamente superiores tienen un efecto nulo. Para salvar esta incoherencia se recurre a un nuevo modo de medir el frío invernal necesario para salir de la latencia en los frutales de hoja caduca: Las unidades frío o chill unit en la literatura inglesa.

Richardson (1974), ideó un modelo en el cual las unidades frío deben comenzarse a ser cuantificadas desde el otoño, a partir de que exista la más elevada contribución negativa, debiendo ser suspendido el registro a finales del invierno, cuando de manera normal las unidades frío que se obtienen son negativas. A partir de ese momento, y desde que se considera terminado el periodo de reposo puede medirse la cantidad de calor necesaria para determinar la fecha de floración.

El concepto de unidades frío fue estudiado e ideado especialmente para el durazno, pero puede ser utilizado para otros árboles frutales, en algunos en cuyo caso será necesario determinar los índices de ponderación del valor de las temperaturas.

Las horas frío que en un lugar se presentan se miden mediante el uso de termógrafos, que consiste en un termómetro que tiene adaptado un sistema de relojería y una aguja entintada que va marcando las temperaturas registradas, a

través del tiempo, en un papel gráfico en el que se encuentran señalado con una raya el límite de 7.2 °C.

Para que los datos del termógrafo tenga un valor confiable debe usarse el promedio de por lo menos 10 años de observaciones, ya que de un año a otro puede existir grandes fluctuaciones, y solamente promedios de gran número de años puede dar una idea precisa de la verdadera y normal situación de cada lugar (Melgarejo, 1996).

El grave problema de México y de muchos países latinoamericanos, es la carencia de suficientes estaciones climatológicas distribuidas en las regiones típicas del territorio. Los datos de horas frío no pueden generalizarse para grandes áreas, sino que deben medirse estas en los lugares precisos que representen características bien definidas semejantes para una zona determinada. Debido a la existencia de multitud de microclimas diferentes determinados por una orografía caprichosa que presentan muy diversas situaciones de altitud, de exposición, de conformación topográfica y de otros aspectos capaces de modificar en forma considerable el clima general que para una gran zona pudiera determinar la latitud (Calderón 1990).

Sin embargo, no se cuentan con datos de la mayor parte de las áreas frutícolas del país, si no que solamente se poseen registros de determinadas localidades geográficas, cuyos datos pudieran ser indicativos, pero no precisos. Por lo que es necesario recurrir a otros métodos que proporcionen de manera indirecta las indicaciones sobre la presencia en cada región, de frío invernal, y por medio de ellas planear el establecimiento de huertos de árboles caducifolios de acuerdo a los requerimientos de las distintas variedades (Calderón, 1990).

Se han ideado muchos procedimientos para determinar la cantidad de horas frío que se presenten en un lugar con base general en el uso de datos de temperatura, que si suelen asistir, registradas en el, ya sean máximas, mínimas o media, diarias o mensuales.

Algunos de estos métodos son más exactos que otros o proporcionan más eficientemente idea de la realidad de una zona ecológica, de acuerdo a sus condiciones particulares, por lo que es importante seleccionar el que sea más apropiado (Melgarejo, 1996).

Estos Métodos al estar basados exclusivamente en la temperatura y no tomar otros factores del clima, que como se ha visto tienen gran relación con el efecto del frío sobre los árboles, hay muchas veces necesidad de efectuar con el dato de correcciones pertinentes, multiplicándolo por el factor de corrección propio de cada lugar. Esta corrección es necesaria para algunos de los métodos, pero no para aquellos que se ajusten a una realidad de efectos biológicos.

Se ha recurrido con frecuencia a la interpolación de datos, basándose principalmente en la medida de la altitud del lugar, al considerar que existe una correlación positiva entre la mayor altura sobre el nivel del mar y la presencia de bajas temperaturas.

Respecto a la variación de temperaturas de acuerdo a la altitud, han sido utilizados varios índices de corrección, tales como considerar que por cada 100 m de altitud la temperatura disminuye en 0.6°C , o que hay una disminución de 1°C por cada 126 m de elevación sobre el nivel del mar (Melgarejo, 1996).

Sin embargo debido a que la conformación orografía de nuestro país no es homogénea, no es posible la interpolación de datos de temperatura entre estaciones vecinas a un determinado lugar, con base exclusiva en la variación de la altitud (Calderón, 1990).

Para medir el frío invernal existen los modelos siguientes:

Modelo Utah

A pesar del reconocimiento que existía de la acción fundamental de la temperatura del descanso, fue hasta 1971 cuando Erez y Lavee publicaron las

observaciones de un trabajo experimental evocado específicamente a averiguar la acción de distintas temperaturas en el rompimiento del descanso de árboles jóvenes y varetas de Durazno.

Utilizando cámaras con temperaturas controladas, y en ausencia de luz, sometieron por periodos de 30 días arbolitos y varetas de durazno del cultivar "Early Red Pro" a temperaturas de 3, 6,8 y 10° C, después de ello se transfirieron a condiciones ambientales de brotación (23° C y 16 horas luz). La brotación se manifestó según la aproximación del tratamiento térmico a un valor óptimo, y no en función del umbral crítico como lo propone la idea de hora frío. Para las yemas laterales del tallo central, la temperatura mas eficiente fue de 6° C. Según la diferencia con este optimo, fijado en uno, el nivel de eficiencia de la temperatura de 10° C fue de 0.5, es decir la mitad de eficiente. Para 3 y 8° C el nivel de promoción alcanzo el 0.9.

Para averiguar la intervención antagónica de las altas temperaturas, erez y Lavee (1971) incluyeron tratamientos en los cuales se alternaron fases de frío y calor. Un tratamiento alternaba en un ciclo diario, temperaturas de 6° C con temperaturas de 18° C. En otro tratamiento similar, se manejo la mitad del día a 5° C y el resto a temperatura de 21° C. Mientras que en el primer tratamiento la brotación no se vio aparentemente afectada, con el segundo (5 - 21° C) se dio una anulación casi total de la apertura de las yemas.

La idea de erez y Lavee (1974) de asignar grados de eficiencia a las temperaturas según un optimo (6° C), sirvio a por Richardson *et al.* (1974) para formular el modelo del descanso para durazno conocido como modelo Utah y desarrollado en la universidad de Utah (EE.UU.) en él establece que todas las temperaturas no tienen el mismo efecto fisiológico para que los frutales salgan del reposo invernal.

Una unidad frío equivaldría a una hora de exposición a 6 °C. Una hora comprendida entre 2.5 y 9.1 °C a una unidad frío (máxima eficiencia), mientras que las temperaturas comprendidas de 2.5-1.4°C y entre 9.2-15.9°C tienen un efecto inferior y las superiores a 16°C contrarrestan unidades frío acumuladas. La conversión de temperaturas en unidades de frío es la siguiente:

TEMPERATURA °C	UNIDADES FRIO
$T_a \leq 1.5$	0
$1.5 < T_a \leq 2.5$	0.5
$2.5 < T_a \leq 9.1$	1
$9.1 < T_a \leq 12.5$	0.5
$12.5 < T_a \leq 16.0$	0
$16.0 < T_a \leq 18$	-0.5
$T_a > 18$	-1

La aplicación del modelo requiere de un registro detallado de las temperaturas a través del día, o por lo menos cada hora, lo cual es difícil sin instrumental meteorológico automatizado.

Hoy en día este modelo no es muy utilizado, salvo casos aislados de investigación, pero debido a una mayor precisión y a un mas amplio criterio en la valoración del frío, sobretodo a temperaturas mas altas de 7.2° C, se estima que en un futuro tendrá mas utilización, una vez que se lleve a cabo los estudios necesarios sobre diversas especies (Calderón, 1980 y Wainwright, 1992).

Sin embargo, este modelo, que aun mantiene una importante vigencia en zonas de inviernos relativamente fríos, pronto empezó a ser cuestionado en cuanto a su efectividad en zonas de invierno suaves (Egea, 1989).

Modelo de Bajas Necesidades:

Gilreath y Buchanan (1981), propusieron el modelo de bajas necesidades, desarrollado para nectarina. Este modelo fue desarrollado en la universidad de Florida, donde los inviernos son mas suaves que en Utah, y cuya equivalencia entre temperatura y unidades frío se indica en el siguiente cuadro.

TEMPERATURA °C	UNIDADES FRIO
$T_a \leq 1.0$	0
$1.0 < T_a \leq 1.8$	0.5
$1.8 < T_a \leq 8.0$	1
$8.0 < T_a \leq 14.0$	0.5
$14.0 < T_a \leq 17.0$	0
$17.0 < T_a \leq 19.5$	-0.5
$19.5 < T_a \leq 21.5$	-1

Puede observarse como la máxima efectividad se obtiene para la temperatura comprendida entre 1.8 y 8°C.

Modelo Carolina del Norte:

Shaltot y Unrath (1983), propusieron un modelo similar al anterior pero incorporando un mayor efecto negativo de las temperaturas superiores a 21°C. Este modelo desarrollado en la universidad del estado de Carolina del Norte (EE.UU.) para variedades de manzano “starkrimson Delicious” y conocido como “Modelo Carolina del Norte”, se expone a continuación:

TEMPERATURA °C	UNIDADES FRIO
$T_a \leq 1.1$	0
$1.1 < T_a \leq 1.6$	0.5
$1.6 < T_a \leq 7.2$	1
$7.2 < T_a \leq 13.0$	0.5
$13.0 < T_a \leq 16.5$	0
$16.6 < T_a \leq 19.0$	-0.5
$19.0 < T_a \leq 20.7$	-1
$20.7 < T_a \leq 22.1$	-1.5
$22.1 < T_a \leq 23.3$	-2.0

Este modelo considera que la máxima efectividad para la salida de reposo invernal se obtiene para la temperatura comprendida entre 1.6 y 7.2 °C (Farias 2001).

Este modelo difiere en tres aspectos del modelo Utah:

1. Se consignan contribuciones positivas a temperaturas cercanas al punto de congelación.
2. Asigna valores mayores de la unidad negativa a temperatura que rebasen los 21°C. La máxima substracción alcanza -2 para temperaturas mayores a 23.3°C.
3. se consignan contribuciones cercanas a cero para temperaturas entre 16 y 18° C.

En las predicciones del fin del descanso de starkrimson delicious en diversas localidades de North Carolina, el modelo de Shaltot y Unrath (1983) exhibió una clara superioridad sobre el modelo Utah.

Modelo Dinámico:

Los modelos expuestos anteriormente hasta el momento estudian e interpretan el efecto de las bajas temperaturas sobre la salida del reposo en los frutales caducifolios, sin considerar la influencia de las temperaturas moderadas que se alternan con estas durante el periodo diurno. Couvillon y Erez (1987) trabajan reproduciendo artificialmente el ciclo diario natural, estudiando el efecto de la luz y la influencia de las temperaturas moderadas que se producen durante el día en combinación con las temperaturas mas bajas que se producen durante la noche. Se combinan distintos ciclos de temperaturas bajas con temperaturas moderadas y se establece este modelo.

TEMPERATURA °C	UNIDADES FRIO
Ta≥0.0	0.20
Ta≥2.0	0.30
Ta≥4.0	0.65
Ta≥6.0	0.90

Ta≥8.0	1.00
Ta≥10.0	0.80
Ta≥12.0	0.40
Ta≥14.0	0.00
Ta≥16.0	0.00
Ta≥20.0	-0.70

La máxima eficiencia del frío durante el periodo de reposo invernal, para la salida del reposo corresponde a 8° C.

Como se observa, la temperatura de 16° C no le corresponde un valor negativo de UF, como ocurre con el modelo Utah, e incluso temperaturas de 20° C tienen un efecto negativo menor que el modelo anterior

Comparado con los modelos expuestos el modelo (Erez-couvillon, 1987) dará un resultado numérico mayor que el modelo Utah, tras el cálculo de las unidades de frío, para una misma zona y periodo. El primero fue obtenido para una zona más calida que el segundo.

Además de los modelos anteriores existen otros que fueron hechos para ser utilizados en una zona exclusiva:

Modelo propuesto por Erez y Lavee:

Erez y lavee (1971), publicaron las observaciones de un trabajo experimental orientado expresamente a averiguar la acción de distintas temperaturas en el rompimiento del descanso de los árboles del manzano. La finalidad de dicho modelo, consistió en estimar la conclusión del periodo de descanso principal de acuerdo a la culminación de lo que denominaron unidades frío a una hora de exposición a la temperatura de 2.5 a 9.1 °C equivale a una unidad frío. Existen condiciones fraccionarias, según el valor de las temperaturas se aleje del rango óptimo. Se contemplan contribuciones negativas de las temperaturas superiores a los 16 ° C y una nula contribución a las temperaturas menores de 1.4 ° C, lo mismo que el rango 12.5 a 15.9 ° C. La conversión de las temperaturas a una unidad frío se presenta en el siguiente cuadro:

TEMPERATURA °C	UNIDADES FRIO
<1.4	0.0
1.5-2.4	0.35
2.5-9.1	1.0
9.2-12.4	0.5
12.5-15.9	0.0
16.0-18.00	-0.5
>18.0	-1.0

Método de la Vega:

Este método fue desarrollado específicamente para ser utilizado en la región manzanera de Zacatlan, Puebla y se estiman a partir de datos de temperaturas horarias. Este método lo desarrollo De la vega (1990).

A temperatura menores o iguales a cero la acumulación de UF es nula, si las temperaturas mayores o iguales a 20 se resta 1 UF. Este es un método desarrollado exclusivamente para esta zona (Crespo, 2006).

TEMPERATURA °C	UNIDADES FRIO
<0.0	0.0
0.0-14	$UF=0.08681665+ (0.3863678*T)-(0.047*T2)+ (0.00135942*T3)$
14-20	$UF= 2.16-(0.15*T)$
>20.0	-1.0

5. Requerimiento de unidades frío del manzano

La presencia de bajas temperaturas es necesaria en frutales caducifolios durante el reposo. La presencia de frío tiene una doble función por un lado induce a que se presente y por otro a que se termine el letargo (Calderón, 1990).

Las bajas temperaturas son las que ponen fin al periodo de reposo de las yemas; es interesante indicar que la acción de las bajas temperaturas invernales para romper el periodo de reposo tiene un efecto puramente local sobre cada yema del árbol, no transmitiendo su efecto de una parte a otra. En la primavera, las yemas que brotan primero son casi siempre las apicales, siguiéndoles las florales, luego las mixtas y finalmente las vegetativas laterales. Probablemente este orden se debe a las exigencias de frío, por lo que brotan primero las que son satisfechas con menos horas (Calderón, 1989).

Para que un árbol frutal de hoja caduca brote con normalidad en primavera, es decir, para que rompa su estado de reposo y entre de nuevo al periodo de crecimiento de su ciclo anual, se requiere entonces, dos condiciones indispensables:

- Que hayan sido satisfechas sus necesidades de frío invernal.
- Que se presenten temperaturas favorables al crecimiento.

Mientras cualquiera de las dos no tengan lugar en debida forma, el árbol continuara en descanso (Calderón, 1990).

Ramírez y Cepeda (1993) señalan que cada variedad de Manzano requiere cierto número de unidades frío, Las variedades que brotan primero, como la Red delicious, refleja mayor necesidad de frío comparada con la brotación tardía, como la Rome Beauty. En varias regiones del mundo se observa que los periodos invernales son muy inconsistentes, esto es, durante el día se presentan temperaturas altas y por las noches de congelamiento, condición que da origen al término conocido como “invierno benigno”, resultado de una deficiencia de frío acumulado por el frutal. Este invierno, ocasiona afectos adversos en el frutal tales como brotación desuniforme permanencia de yemas dormidas, caída de yemas y por lo tanto frutos de mala calidad en tamaño y otras características pomológicas.

Ramírez-cepeda (1993), señalan que las variedades mas cultivadas en la Sierra de Arteaga, Coahuila, son: Golden Delicious, Doble red delicious Y rome Beauty, Jonathan, Starking, rosa española y otras variedades que requieren entre 700-1200 UF.

Las necesidades de frío para diferentes variedades de manzano, varían desde 300 horas frío para la variedad Ana y Dorsett Goleen, subiendo a 450 y 550 para Maaya y Agua nueva respectivamente; hay algunas otras conocidas y cultivadas en el sur de Coahuila como Golden Delicious y Red Delicious que requieren de 800 a 850 horas frío respectivamente. También se tienen algunas otras como Starking y Rome Beauty con 850 y 1000 horas de requerimiento de frío (INEGI, 2001).

Aunque los requerimientos de UF dependen del cultivar y pueden variar de 500 a 1300 (Hauagge y Cummings, 1991; Carvajal et, al., 2000), también dependen de las interacciones entre el cultivar y los factores ambientales (Hauagge y Cummings, 1991).

En este caso, una unidad frío es una hora a 7.2 °C o menos (Shaltout Unrath, 1983). Después del periodo de reposo las yemas inician su expansión. A partir del ecoletargo, las fenofases son punta plateada, punta verde, media pulgada verde, racimo estrecho, punta rosa, floración, caída de pétalo y amarre de fruto (Countanceau, 1971).

De acuerdo con Gil (1997), es difícil determinar la cantidad precisa de frío que se requiere para salir del letargo. De hecho, el tiempo exacto para la floración depende de la variedad, la región, y la temperatura de exposición. Cuando las temperaturas son favorables durante la primavera, el almidón almacenado se desdobra en azúcares disponibles, los que proporcionan energía a las yemas para el desarrollo de las flores y las hojas.

6. Uso de modelos para determinar las unidades frío

- ❖ El modelo de Erez y Lavee (1971) y el de Shatout y Unrath (1983) fue utilizado para determinar las unidades frío en manzano de la variedad Golden delicious, para las condiciones climáticas de la sierra de Arteaga Coahuila. Estas unidades fueron tomadas de un periodo de 56 días en la que se obtuvieron resultados de 643 UF calculadas con la temperatura del

aire, 529.25 calculada con la temperatura interna de los árboles encalados y 349 calculadas con la temperatura de las ramas control (Treviño - López, 1999).

- ❖ En Chile la acumulación de frío invernal se empieza a contar desde que los árboles de cerezo están sometidos a 7.2°C , esto sucede normalmente a partir de que las plantas han perdido el 50% de sus hojas hasta que las plantas terminan su letargo. Las unidades frío se calculan según el método de Richardson o Utah, (Álvarez, 2003).

- ❖ Los productores de durazno criollo en el estado de Zacatecas, México, estiman la acumulación de las unidades frío con el método de Richardson y colaboradores, en el invierno de 1997-1998 la acumulación fue de 250 UF; y en el invierno de 1998-1999 la acumulación fue de 150 UF; sin embargo los requerimientos de este cultivar son de 430 UF, (Zegbe, 2005).

MATERIALES Y METODOS

Localidad y descripción del sitio de estudio

Localización del experimento

El experimento se llevo a cabo durante los ciclos de producción 2004-2005 y 2005-2006, en una huerta ubicada en la localidad de Jame, Municipio de Arteaga, Estado Coahuila, México, a una altura de 2280 m, entre 100° 37' O y 25° 22 N. La localidad presenta un clima semidesértico con lluvias en verano, la precipitación media anual es de 400 a 500 mm y las temperaturas máximas y mínimas promedio de 31 y 10°C respectivamente (CNA, 2004).

Material vegetal y manejo de la huerta

Para el experimento se utilizaron árboles de manzano del cultivar Golden delicious de nueve años de edad, injertados sobre patrones M 111, de 3.5 m de altura. El marco de plantación de la huerta es de 3 m entre árboles y 4.0 entre hileras, orientados en la dirección este – oeste. El suministro de agua a los árboles se realizó con un sistema de riego por goteo. El riego se aplico en promedio cada tres días para mantener el suelo en un apropiado contenido de humedad. El control de plagas y enfermedades en la huerta se realizó de acuerdo con las normas para la región, y no se presentaron problemas mayores de plagas o enfermedades.

Descripción de los modelos utilizados para determinar las unidades frío

Para calcular las unidades frío acumuladas (UFA) se utilizaron modelos que están basados exclusivamente en la temperatura y no toman en cuenta otros factores del clima. En el presente trabajo se utilizaran cuatro modelos que son: Modelo Utah, Modelo Carolina del Norte, Modelo de las bajas necesidades y

el Modelo dinámico, cada uno de los modelos toman rangos de temperatura diferentes.

Modelo Utah:

Modelo ideado por Richardson *et al.* (1974) en la universidad de Utah (EE.UU.), basado en el cultivo de durazno, con un temperatura óptima de 6°C y rango de 1.5 a 12.4°C. Las altas temperaturas, así como las bajas temperaturas, disminuyen el frío acumulado, como muestra el siguiente cuadro.

TEMPERATURA °C	UNIDADES FRIO
$T_a \leq 1.5$	0
$1.5 < T_a \leq 2.5$	0.5
$2.5 < T_a \leq 9.1$	1
$9.1 < T_a \leq 12.5$	0.5
$12.5 < T_a \leq 16.0$	0
$16.0 < T_a \leq 18$	-0.5
$T_a > 18$	-1

Modelo de Las Bajas Necesidades:

Propuesto por Gilreath y Buchanan (1981), el modelo fue desarrollado para nectarina; en la universidad de Florida, donde los inviernos son menos fríos que en el estado de Utah, como se observa en el siguiente cuadro:

TEMPERATURA °C	UNIDADES FRIO
$T_a \leq 1.0$	0
$1.0 < T_a \leq 1.8$	0.5
$1.8 < T_a \leq 8.0$	1
$8.0 < T_a \leq 14.0$	0.5
$14.0 < T_a \leq 17.0$	0
$17.0 < T_a \leq 19.5$	-0.5
$19.5 < T_a \leq 21.5$	-1

Modelo Carolina Del Norte:

Propuesto por Shaltot y Unrath (1983), es un modelo similar al anterior pero incorporando un mayor efecto negativo a las temperaturas superiores a 21°C. Desarrollado en la universidad del estado de Carolina del Norte (EE.UU.) para variedades de manzano; como se muestra en el siguiente cuadro:

TEMPERATURA °C	UNIDADES FRIO
$T_a \leq 1.1$	0
$1.1 < T_a \leq 1.6$	0.5
$1.6 < T_a \leq 7.2$	1
$7.2 < T_a \leq 13.0$	0.5
$13.0 < T_a \leq 16.5$	0
$16.6 < T_a \leq 19.0$	-0.5
$19.0 < T_a \leq 20.7$	-1
$20.7 < T_a \leq 22.1$	-1.5
$22.1 < T_a \leq 23.3$	-2.0

Modelo Dinámico:

Modelo desarrollado por Erez y Couvillon (1979), considera la influencia de las temperaturas moderadas que se producen durante el día en combinación con las temperaturas bajas que se producen durante la noche, este modelo fue elaborado para un lugar mas calido que el modelo Utah; por lo que dará un resultado numérico mayor para una misma zona y periodo.

TEMPERATURA °C	UNIDADES FRIO
$T_a \geq 0.0$	0.20
$T_a \geq 2.0$	0.30
$T_a \geq 4.0$	0.65
$T_a \geq 6.0$	0.90
$T_a \geq 8.0$	1.00

Ta≥10.0	0.80
Ta≥12.0	0.40
Ta≥14.0	0.00
Ta≥16.0	0.00
Ta≥20.0	-0.70

Equipo y sensores para las mediciones de temperatura

Para calcular las unidades frío con base a la temperatura interna de los árboles, se insertaron termopares de cobre-constantan (0.6 mm de diámetro) por debajo de la corteza de cuatro ramas de uno de los árboles

La temperatura del aire se midió con un sensor de temperatura y humedad relativa (Vaisala, Inc). Las mediciones se realizaron a una frecuencia de 5 s, para generar promedios continuos de 30 min a través de los meses de invierno (enero a marzo) en el ciclo 2004 – 2005 y través de los meses de invierno (diciembre a marzo) en el ciclo 2005 – 2006, utilizando un datalogger modelo 23X (Campbell Sci, inc, Logan, Utah); y para evaluar la temperatura bajo la corteza de las ramas, se insertaron termopares de cobre-constantan (0.6 mm de diámetro) por debajo de la corteza de cuatro ramas de uno de los árboles.

Unidades frío en función de la temperatura del aire y la temperatura interna de las ramas

Las unidades frío acumuladas calculadas con cada modelo, se obtuvieron con la temperatura del aire y la temperatura interna de las ramas de los árboles (debajo de la epidermis), utilizando los valores promedios de cada hora.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

UFA estimadas en el Invierno 2004 – 2005

Durante el invierno del 6 de enero de 2004 al 30 de marzo de 2005, el modelo dinámico otorga los valores de unidades frío acumuladas (UFA) calculadas con la temperatura del aire, mayores a través de los meses de invierno, mientras que el modelo Carolina del Norte y el Utah los menores (Figura 1). En enero y febrero, las UFA con los modelos Carolina del Norte y Utah son semejantes y menores que los que se determinan con los modelos de Bajas necesidades y Dinámico.

Las UFA totales del 6 de enero de 2004 al 30 de marzo de 2005, calculadas con la temperatura del aire fueron las mayores según el modelo Dinámico (841.8) y menores según el modelo Carolina del Norte (598) esto representa una diferencia del 75 %. De acuerdo con las características climática de la Sierra de Arteaga, y los requerimientos de unidades frío del manzano parece ser que el modelo Utah con aproximadamente 649 UFA otorga una mejor estimación de las UFA para la región, resultados similares fueron reportados por Treviño- López (1999) donde se reportan 643 UFA obtenidas con base a la temperatura del aire, nótese que la diferencia es solo de 6 UFA.

La temperatura del aire fue menor que la temperatura de las ramas, a las horas de mayor incidencia de radiación solar, por lo que las unidades frío acumuladas (UFA) calculadas con la temperatura del aire fueron mayores que las calculadas con la temperatura interna de las ramas; que corresponden a las unidades frío realmente acumuladas por los árboles. En la Figura 2, se muestra que cuando las UFA se determinan con las temperatura bajo la corteza de las ramas, todos los modelos producen valores mucho menores de UFA, y el modelo Carolina del Norte da valores negativos en enero y marzo (Figura 2). El modelo Utah, produce valores menores, que los modelos de Bajas Necesidades y

Dinámico, pero positivos en los tres meses, indicando nuevamente una mejor estimación de las UFA para esta región y este frutal. En el Cuadro 1 se muestra que también el modelo Carolina del Norte produce los valores menores de UFA totales (-46.25) en el invierno 2004 – 2005, y el modelo Dinámico los valores mayores (475.85). Las UFA con el modelo Utah (268) parecen ser más representativas para las condiciones de la región, de manera similar Treviño – López (1999), obtuvo 349 UFA determinadas con la temperatura bajo la corteza de las ramas.

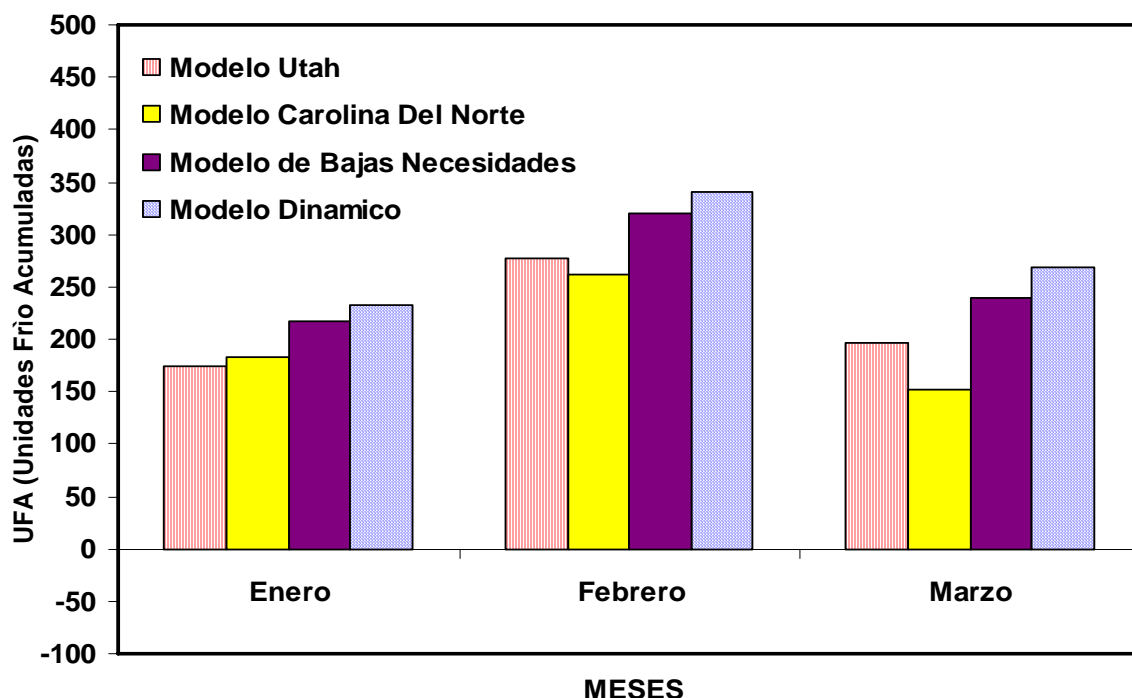


Figura 1. Unidades frío acumuladas calculadas con la temperatura del aire, con los modelos evaluados del 6 de enero de 2004 al 30 de marzo de 2005, en Jame, municipio de Arteaga, Coahuila, México.

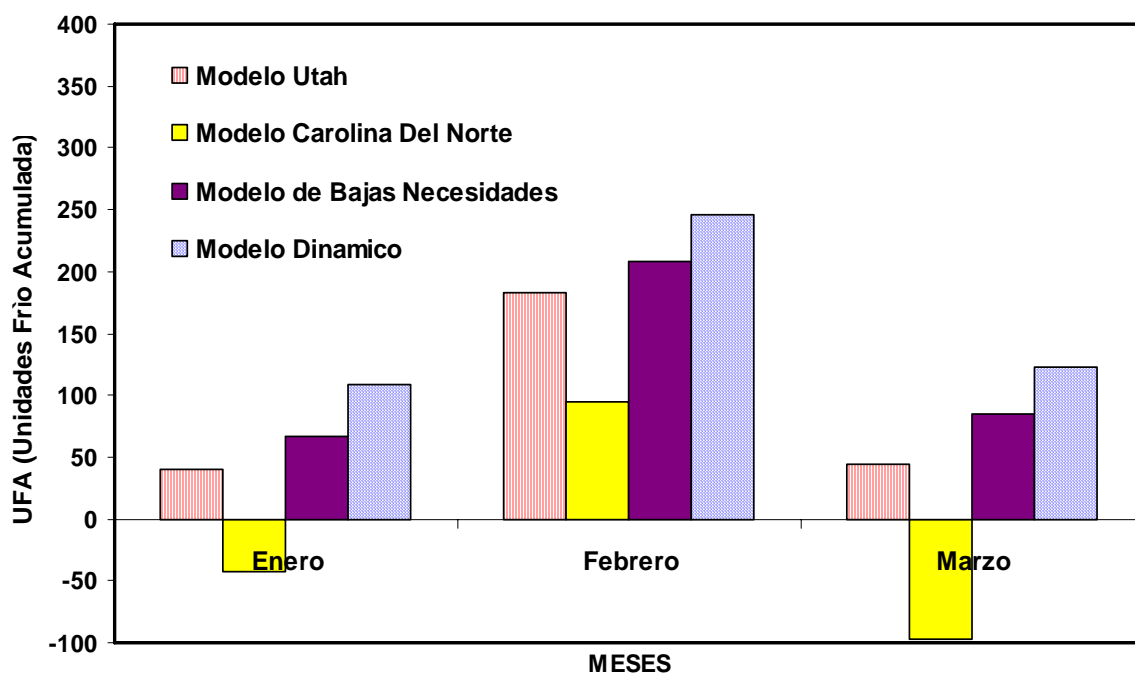


Figura 2. Unidades frío acumuladas calculadas con la temperatura bajo la corteza de las ramas, con los modelos evaluados del 6 de enero de 2004 al 30 de marzo de 2005, en Jame, municipio de Arteaga, Coahuila, México.

UFA estimadas en el Invierno 2005 – 2006

El invierno 2005 – 2006 fue más cálido y las UFA calculadas (usando la temperatura del aire) con cada uno de los cuatro modelos en los meses de invierno fue menor. Pero se observa el mismo patrón que en el ciclo de invierno anterior, ya que el modelo Dinámico generó los valores mayores de UFA en todos los meses evaluados (Figura 3). En marzo, los modelos Utah y Carolina del Norte producen valores negativos, mientras que el modelo de Bajas necesidades y el Dinámico dan valores positivos. En diciembre y enero el modelo Utah y el Carolina del Norte producen valores muy similares y menores que los otros dos modelos evaluados.

Las UFA totales del 16 de diciembre de 2005 al 11 de marzo de 2006 calculadas con el modelo Dinámico fueron mayores (543.05), mientras que las generadas con el modelo Carolina del Norte fueron las menores (261.25). Eso represento una diferencia de 48.10 %. Esto significa que en condiciones de inviernos cálidos, la diferencia de UFA entre los diferentes modelos es menor.

Cuando se usa la temperatura bajo la corteza de las ramas para calcular las UFA, el modelo Carolina del Norte genera valores negativos en todos los meses evaluados. El modelo Utah también produce UFA negativas en diciembre, febrero y marzo (Figura 4); mientras que el modelo Dinámico produce valores positivos en los cuatro meses del estudio.

Las UFA totales en el tiempo del estudio del ciclo de invierno 2005 –2006 (usando la temperatura bajo la corteza) fueron menores también con el modelo Carolina del Norte (-410.5) y mayores con el modelo Dinámico (200.5). El modelo Utah indica que para el mismo periodo de tiempo, las UFA son -43.25, este también parece ser un valor mas representativo de las UFA para este cultivo y esta región.

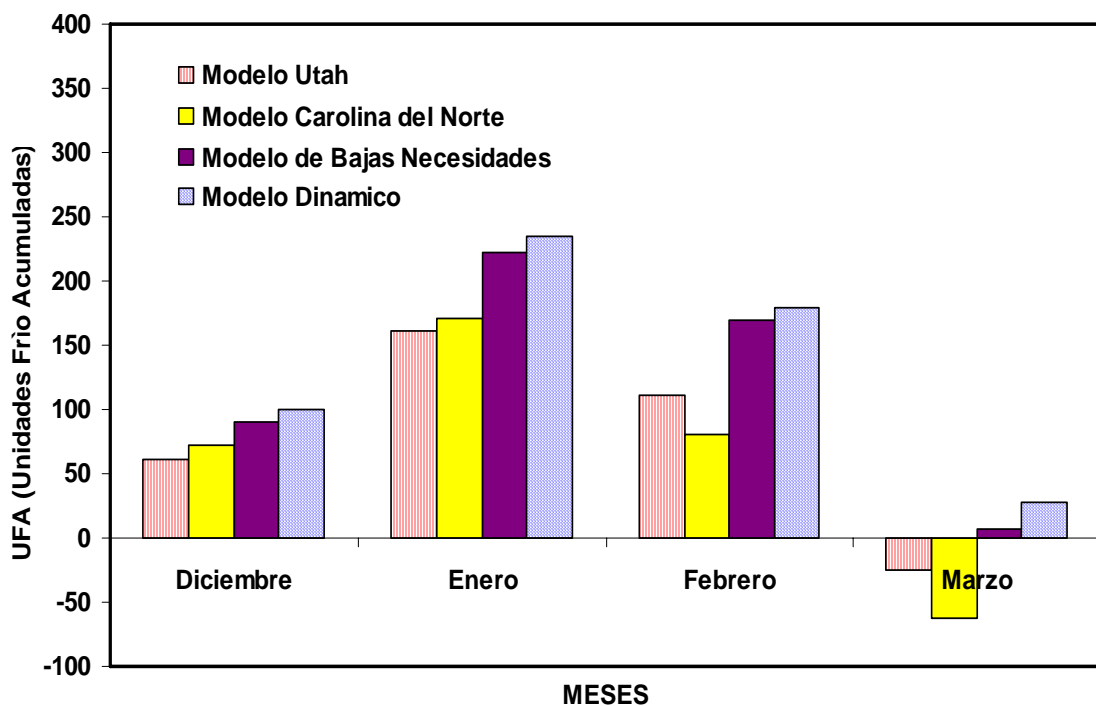


Figura 3. Unidades frío acumuladas calculadas con la temperatura del aire, con los modelos evaluados del 16 de diciembre de 2005 al 11 de marzo de 2006, en Jame, municipio de Arteaga, Coahuila, México.

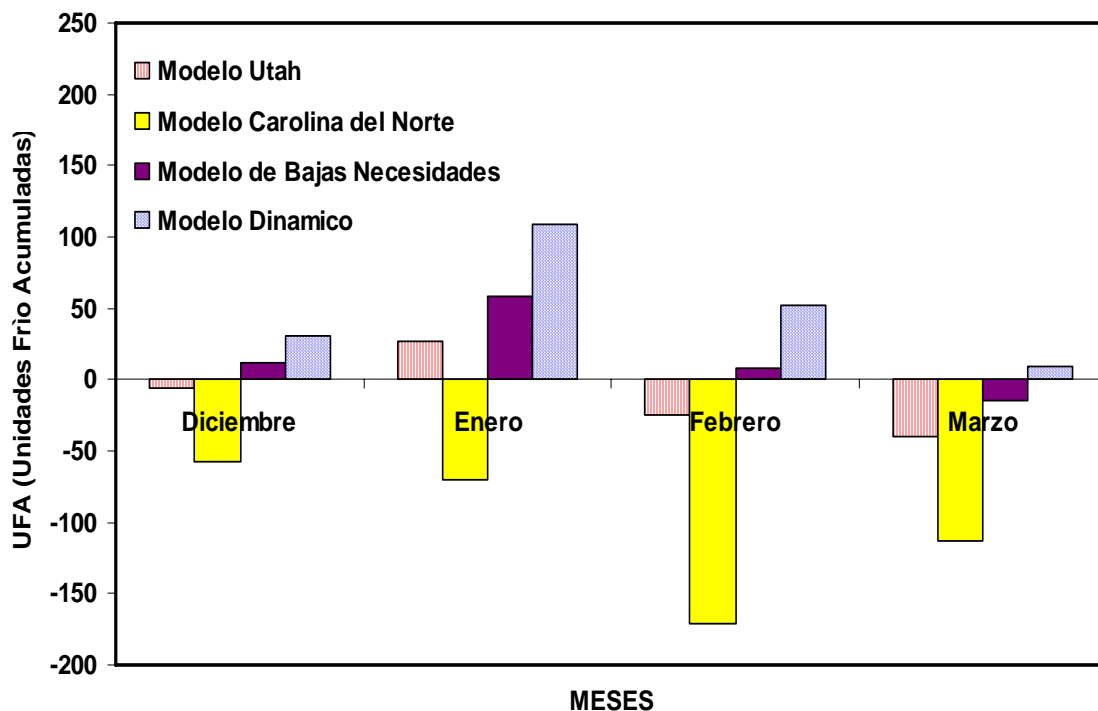


Figura 4. Unidades frío acumuladas calculadas con la temperatura bajo la corteza de las ramas, con los modelos evaluados del 16 de diciembre de 2005 al 11 de marzo de 2006, en Jame, municipio de Arteaga, Coahuila, México.

Cuadro 1. Unidades frío acumuladas (UFA) totales calculadas con la temperatura del aire y la temperatura bajo la corteza de las ramas, del 6 de enero de 2004 al 30 de marzo de 2005; y del 16 de diciembre de 2005 al 11 de marzo de 2006 en Jame, municipio de Arteaga, Coahuila, México.

MODELOS	UFA con base a la temperatura del aire del invierno 2004-2005	UFA con base a la temperatura del aire del invierno 2005-2006	UFA con base a la temperatura interna de la rama invierno 2004-2005	UFA con base a la temperatura interna de la rama invierno 2005-2006
Utah	648.75	308.25	268	-43.25
Carolina del Norte	598	261.25	-46.25	-410.5
Bajas Necesidades	778.5	488.5	361	64.5
Dinámico	841.8	543.05	475.85	200.5

CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos en esta investigación, se derivan las siguientes conclusiones:

Cuando las unidades frío (UF) se calcularon con base a la temperatura del aire y son positivas, los modelos Utah y North Carolina muestran valores semejantes e inferiores a las que se obtienen con los modelos de Bajas Necesidades y el modelo Dinámico. Siempre el modelo Dinámico generó los valores mayores de UF.

Cuando las UF se obtienen con base a la temperatura bajo la corteza de las ramas, que generalmente es mayor que la temperatura del aire, el modelo dinámico siempre arrojó valores positivos. Mientras que con el modelo Carolina Del Norte se obtienen los mayores valores negativos de UF. El Modelo Utah produce UF positivas en condiciones de inviernos fríos y pueden ser negativas en inviernos cálidos, mientras que el modelo Carolina del Norte únicamente genera valores negativos en condiciones de inviernos cálidos.

El modelo Carolina del Norte siempre generó los menores valores de unidades frío acumuladas (UFA), mientras que el modelo Dinámico los valores mayores.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue valorar las unidades frío acumuladas con base a la temperatura del aire y de las ramas (bajo la corteza) con cuatro modelos, para analizar la variabilidad entre ellos durante el periodo de invierno. El trabajo experimental se desarrollo durante los ciclos invernales 2004 - 2005 y 2005 - 2006 en una huerta de manzano ubicada en las coordenadas geográficas 100° 37' O y 25° 22 N, en la comunidad de Jame municipio de Arteaga, Coahuila.

Para el experimento se utilizaron árboles de manzano del cultivar Golden delicious de nueve años de edad, injertados sobre patrones M 111, de 3.5 m de altura. Para calcular las unidades frío acumuladas (UFA) se utilizaron modelos que están basados exclusivamente en la temperatura: Modelo Utah, Modelo Carolina del Norte, Modelo de las bajas necesidades y modelo Dinámico.

La temperatura del aire se midió con un sensor de temperatura y humedad relativa (Vaisala, Inc). Las mediciones se realizaron a una frecuencia de 5 s, para generar promedios continuos de 30 min a través de los meses de invierno (enero a marzo) en el ciclo 2004 – 2005 y través de los meses de invierno (diciembre a marzo) en el ciclo 2005 – 2006, utilizando un datalogger modelo 23X (Campbell Sci, inc, Logan, Utah); y para evaluar la temperatura bajo la corteza de las ramas, se insertaron termopares de cobre-constantan (0.6 mm de diámetro) por debajo de la corteza de cuatro ramas de uno de los árboles.

Los resultados obtenidos en la presente investigación indican que Cuando las unidades frío (UF) se calcularon con base a la temperatura del aire el modelo Dinámico fue siempre mayor en los dos ciclos invernales, seguido del modelo de Bajas Necesidades, el modelo Utah y el modelo que presento el valor mas bajo fue Carolina del Norte.

Cuando las UF se obtienen con base a la temperatura bajo la corteza de las ramas, que generalmente es mayor que la temperatura del aire, de igual manera el modelo dinámico siempre arrojó valores más altos y positivos. Mientras que con el modelo Carolina Del Norte se obtienen los mayores valores negativos de UF. El Modelo Utah produce UF positivas en condiciones de inviernos fríos y pueden ser negativas en inviernos cálidos, mientras que el modelo Carolina del Norte únicamente genera valores negativos en condiciones de inviernos cálidos.

Considerando las UFA totales del 6 de enero de 2004 al 30 de marzo de 2005 y de acuerdo con las características climática de la Sierra de Arteaga, y los requerimientos de unidades frío del manzano parece ser que el modelo Utah con aproximadamente 649 UFA otorga una mejor estimación de las UFA para la región, igualmente las UFA totales del 16 de diciembre de 2005 al 11 de marzo de 2006 el modelo Utah arrojó resultados mas representativo (308.25 UFA).

LITERATURA CITADA

Álvarez, R. 1974 El manzano tercera edición publicaciones de extensión agrícola Madrid. P. 37-38.

Álvarez R. Sandra 2003. Caracterización fonológica y productiva de 14 cultivares dulce en la zona de quillota, V región. Quillota, Chile.

Tesis de licenciatura, Universidad de la Serena Fac. De Agronomía, Quillota, Chile.

http://ucv.altavoz.net/prontus_unidacad/site/artic/20061211/asocfile/20061211132046/alvarez__sandra.pdf pp (Consultado, 10 de octubre del 2007)

Arguello, M. C., 1973 Algunos aspectos sobre la fruticultura de clima templado en México, Escuela Nacional de agricultura. p. 20-40

Bidwell R.G.S. 1993. Fisiología Vegetal AGT editor Primera edición en español México D.F. 16 p.

Bunge, M. 1981. Teoría y Realidad. Ed Ariel. Barcelona, España. 301 p.

Calderón, A.E., 1983 Fruticultura General, el esfuerzo del hombre tercera edición Editorial Limusa, México D.F p. 256 p

Calderón, A.E., 1989 Fruticultura General, el esfuerzo del hombre Editorial Limusa, S.A. 71 p.

Calderón, A.E., 1990 manual del fruticultor Moderno Volumen 2. Ediciones ciencia y técnica., México, D.F 765 p.

- Cepeda, S. M. (1978) identificación de hábitos de alimentos, población y control de seis especies de ratas de campo encontradas en huertas de manzano en el cañón de la carbonera. Tesis de licenciatura UAAAN Saltillo Coahuila, México.
- Chandler, W.H., M. H. Kimball, G. L. Philp, W.P. Tufts Y G.P. Weldon. 1937. Chilling requeriments for opening of buds on delicious orchard trees and some other plants in California. University of California, bulleting 611 p.
- Chandler, W.H., 1957. Deciduos orchards. Lea and Febiger, Philadelphia, 492 p. Third edition, reprinted.
- Copi, I. M. 1971. Introducción a la lógica. EUDEBA. Buenos Aires. Barcelona España. 301 p.
- Countanceau, M. 1971. Fruticultura técnica y económica de los cultivos de las Rosáceas leñosas productoras de fruta. Editorial Oikostau. S.A Barcelona Espana, 342 p.
- Couvillon, G.A. and A. Erez. 1987 influence of prolonged expousure to chilling temperatures on bud break and heat requirements for bloom of several fruit species. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110:47-50.
- Crespo P. G., (2006) Modelos para determinar unidades frío.
http://images.google.com.mx/imgres?imgurl=http://desarrollorural.zacatlan-puebla.gob.mx/atmos/logo1.gif&imgrefurl=http://desarrollorural.zacatlan-puebla.gob.mx/atmos/frio1.HTM&h=210&w=220&sz=28&hl=es&start=1&um=1&tbnid=2X1dFIiKLd3z_M:&tbnh=102&tbnw=107&prev=/images%3Fq%3Dmodelos%2B%2Bpara%2Bestimar%2Bunidades%2Bfrío%2Ben%2Bel%2Bmanzano%252Butah%26svnum%3D10%26um%3D1%26hl%3Des%26as_qdr%3Dall. (Consultado, 10 de septiembre, 2007).

- Del Real, L, J.I. 1982, Métodos de evaluación del periodo de descanso en manzana bajo las condiciones de Arteaga Coahuila. Tesis profesional UAAAN Buenavista saltillo Coahuila. 26 p.
- De Villiers G.D.B. 1946. Studies relating to the physical effects of dormant oil sprays. Union of South Africa, Department of agriculture, science bulleting No. 25, fruit Research: technical series No.7.
- Díaz, M.D. 2002. Fisiología de árboles frutales AGT Editor S.A. México DF.174p.
- Egea, J. 1989. Necesidades de frio en frutales de hoja caduca. Estado de la cuestión. Fruticultura profesional. N°24:19-25.
- Erez A., G.A Couvillon y C.H. Hendershott, 1979. Quantitative Chilling enhancement and negation in peach buds by high temperature in a daily cycle. J, Amer. Soc. Hort Sci 104(4): 358-540.
- Erez A., y S. Lavee 1971. The effect of climate conditions on dormancy development of peach buds temperature. J, Amer. Soc. Hort Sci.; 91(4): 519-522.
- Erez A., Y S. Lavee. 1974. Recents advances in breaking the dormancy of deciduous fruit trees. J, Amer. Soc. Hort Sci.; 96(6): 711-714 p.
- Erez A., R.M. Samish y S. Lavee, 1966. The role of Light in leaf and flower bud break of the peach pronus persica. Physiologia plantarum 19:650-659.
- Farias M. 2001. El frío invernal en los frutales caducos, Una mirada práctica. <http://pomaceas.utralca.cl/seminarios/archivos/Frioinvernal.pdf> (Consultado 30, octubre del 2007).

- Fluker, B. J. 1958. Soil Temperatura. Soil Sci. 86:35 – 46.
- Garza, G.R., 1972. Descripción e importancia del descanso y del letargo en árboles frutales caducifolios. ENA, C.P chapingo, Méx. 32 p.
- Giesberger, G. 1972. Climatic problems in growing deciduous fruit trees in the tropic and subtropics. Tropical abstracts vol. 27 (1):1-8.
- Giesberger, G. 1975. Growing deciduous fruit trees in the tropics. A new approach to and old problem. Acta Horticultural 49:109-111.
- Gil-Albert, F. 1989b. Tratado de arboricultura frutal. Vol. II: ecología del árbol. 2º ed. frutal. Mundi-Prensa. Madrid. 207 p.
- Gil-Albert, F. 1992. Tratado de arboricultura frutal. Vol II: La ecología del árbol frutal. 2º Edición. Mundi-Prensa. Madrid. 236 p.
- Gil S., 1997. Fruticultura. El potencial Productivo. Crecimiento vegetativo y diseño de huertos y viñedos. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. 342 p.
- Gilreath, P.R. y Buchanan, D.W. 1981. Rest prediction model for low- Chilling “Sungold” nectarine. J.Amer.Soc. Hort.106 (4): 426-429.
- González C.I.A. 1975. Dormancy in almond seeds: a study in relation to stratification temperature and growth regulators levels. Pomology 299 Graduate Division of the University of California. Davis, Cal. 40 p.
- Havagge, R., and J. N. Cummings. 1991. Phenotypic variation of length of bud dormancy in apple cultivars and related *Malus species*. J. Am. Soc. Hort. Sci. 116: 100-106.

- Hernández, C., 1982. Evaluación de cuatro productos fungicidas y observaciones de practicas culturales para el control de la roña de la manzana venturia inaequalis, en huertos de Manzano pyrus malus, en el cañón de los lirios, municipio de Arteaga Coahuila. Tesis Licenciatura UAAAN. Buenavista Saltillo, Coahuila, México 28 p.
- INEGI, 2001. Anuário Estadístico: Coahuila de Zaragoza. Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática. p 331-349.
- Jackson, J.E. 1972. Effects of light on climate in apple orchards. ADAS Quarterly Review No. 3.
- Kramers, A. R. 1991. Fruticultura. Primera edición editorial CECOSA. México 189 p.
- Lalatta, F. 1990. El cultivo moderno del Manzano. Editorial De Vecchi. 30 p.
- Lang G.A; 1989. Dormancy-Models and manipulations of environmental physiological regulation, p. 79-98 in: C.J. Wright (Ed.) Manipulation of fruiting. Butterworths, London.
- Lang, G. A., J. D. Early, G. C. Martin and R. L. Darnell. 1987. Endo-, Para-, and Ecodormancy: Physiological terminology and classification for dormancy research. Hortscience 22: 371-377.
- Lavee S. 1973. Dormancy and bud break in warm climates; considerations of growth regulators involvement. Acta Horticulturae 34:225-231. Symposium on growth regulators in fruit production.
- Melgarejo, M. P. 1996. "El Frío invernal factor limitante Para el cultivo fruta", Modelos y Métodos para determinar la acumulación de frío y de calor en frutales, A. Madrid Vicente, Ediciones, Madrid España, 166 p.

- Melgarejo, M. P. 2000. "Tratados de fruticultura para zonas áridas y semiáridas", A. Madrid Vicente, Ediciones, Madrid España, 382 p.
- Méndez R., I. 1976. Modelos estadísticos lineales. Interpretación y resultados. Fondo de Ciencia y Cultura Audiovisual, A.C./ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (FOCCAVI / CONACIT) México. 140 p.
- Parton, W. J. and J. A. Logan 1981. a modelo for diurnal variation in soil and air temperature. Agric. Meteorol. 23: 205 – 216.
- Ramírez-Rodríguez, H; Cepeda-Siller, M. 1993. El manzano. Editorial Trillas, UAAAN, México, 208 p.
- Reyes-López, A. 1977. Uso de un sistema de enfriamiento por evaporación de agua en el cultivo del manzano. UAAAN Saltillo Coah. 16 p.
- Richardson, E. A., Seeley S.D. y Walker, R.D. 1974. A model for Estimating the completion of rest for "Redhaven" and "Elbertha" peach trees. Hortscience 10(3):236-237.
- Ryugo, K. 1993. Fruticultura arte y ciencia. AGT. Editor S.A. 301 p.
- SAGARPA, 2002. Anuario estadístico de la producción agrícola deligación de Coahuila pp.2, 6 y 20
- Salisbury, F. B., y C. W. Ross. 1992. Plant Physiology. Wadsworth Pub. Belmont, USA. 759 p.
- Samish R.M. 1954. Dormancy of wood plants. Ann Rev. Plant physiology, 5:183-205 p.

- Sanders, C. G. 1975, Comments on a model for estimating the completion prediction of rest for "Redhaven" and "Alberta" peach trees. HortSci. 10(6):560-561.
- Seeley, S.D. and H. Damavandy. 1985 Response of seed of seven deciduous fruits stratification temperatures and implications for modelling. J. Amer. Soc.Hort.Sci. 110:726-729
- Shaltout, A. D., y C. R. Unrath. 1983. Rest completion prediction model for 'Starkrimson Delicious' apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(6): 957-961.
- Treviño-López, E. A. 1999. Efecto del encalado total en la acumulación de unidades frío del manzano. Tesis de postgrado, UAAAN Buena vista Saltillo Coahuila, México 36 p.
- Unión de Fruticultores del Estado de Chihuahua (UNIFRUT). 1997. Información sobre producción y superficie plantada de manzano a nivel nacional y específicamente en la entidad de Chihuahua. 50 p.
- Wainwright S. P. A., (1992), Guía para el cultivo del manzano en Costa Rica, <http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/spanish/pc/r0076s/r0076s00.htm#Contents>" (Consultado 30-agosto del 2007).
- Walter, M. 1974. El pensamiento científico. Ed. Grijalbo, S. México D.F. México. 196 p.
- Weaver, R. J. 1996. Reguladores del crecimiento de las plantas en la Agricultura, editoriales trillas. Primera edición en español. México, D.F. 1 p.
- Weinberger, J.H. 1967. Some temperature relations in natural breaking of the rest peach flower buds in the San Joaquin Valley, California. P.A.S.H.S. 91:86-89.

Westwood N. M. 1982 Fruticultura de zonas templadas. Editorial Mudi-Prensa.
Madrid. 461 p.

Westwood N. M. y H.O. Bjornstad. 1978. Winter rainfall reduces rest period of
apple and pear, J.A.S.H.S., 103(1): 142-144.

Yuren C., M. T. (1975). Leyes, teorías y modelos. Asociación nacional de
Universidades e Institutos de Enseñanza Superior (ANUIES). México. 102 P.

Yarranton, G. A. 1971 Mathematical representations and models in plant ecology:
response to a note by R. Mead. J. ecol. 59:221 – 224.

Zegbe Domínguez J. A. 2005. Cambios estacionales de nutrimentos en hojas y
caída de frutos en Durazno “criollo” de Zacatecas, México.
Revista Fitotecnia mexicana, 28(1): 71-75.