

I. INTRODUCCIÓN

Los frutales de zonas templadas, con inviernos bien definidos, crearon como mecanismo de defensa natural el letargo para resistir los posibles daños causados por las bajas temperaturas, y así prepararse para una brotación uniforme de sus yemas vegetativas y florales (Ryugo,1993). Las necesidades de frío de los frutales templados varia entre especies y cultivares (Ryugo,1993) y generalmente son medidos o expresados en términos de Unidades Frío (UF), siendo una UF, el lapso de sesenta minutos (1 hora) de tiempo transcurrido a una temperatura entre 0 y 7.2 °C (Calderón,1989). El frío es el factor determinante para que los árboles rompan el endoletargo; (antes del inicio del periodo del letargo profundo, Bidwell, 1993).

El cultivar Golden Delicios requiere aproximadamente 850 UF para lograr una brotación buena y uniforme de yemas (Ramírez y Saavedra,1990; Ghariani y Stebbins, 1994), aunque los requerimientos de UF dependen del cultivar y puede variar de 500 a 1300 (Haugge y Cummins,1991; Carvajal *et al.*, 2000), las cuales dependen de las interacciones entre el cultivar y los factores ambientales (Haugge y Cummins,1991).

Si las temperaturas fluctúan considerablemente en el día y la noche durante el periodo de letargo se contrarrestan las UF acumuladas, mientras que la continuidad de las temperaturas bajas favorece la acumulación del frío (Del-Real-Laborde *et al*; 1990; Young,1992). Este es el clima en las huertas de manzano de la Sierra de Arteaga y la mayoría de las regiones manzaneras del Norte de México, donde se presentan noches frías y días calidos y soleados que

ocasionan calentamiento de los árboles y un efecto negativo en el proceso de letargo.

Para atacar este problema los productores aplican estimuladores de brotación como citrolina, cianamidas y TDZ (Thidiazuron). Sin embargo, los resultados de estas aplicaciones no siempre son favorables, ya que dependen de varios factores como cantidad de UF acumuladas al tiempo de las aplicaciones; tiempo y concentración de aplicación y efectos tóxicos que los estimuladores de brotación pueden inducir (Siller-Cepeda et al., 1992; Dozier et al.;1990; Steffens y Stulte, 1989).

Otra alternativa para reducir el calentamiento de las ramas y troncos durante las horas de máxima incidencia de radiación solar es el cubrimiento total de los árboles con películas, como pintura vinílica, caolín y el hidróxido de calcio. Estas películas son capaces de proporcionar beneficios fisiológicos a las plantas cultivadas.

Glenn *et al*, (2001), demostraron que las películas de caolín pueden disminuir la temperatura de la superficie de la planta, reduciendo por lo tanto el estrés de calor de las hojas e incrementando la acumulación de carbono, resultando con frecuencia en un incremento en la producción de manzanas.

Jifon y Syvertsen (2003), también trabajando con Caolín, señalan que redujeron la temperatura de la hoja, al medio día en 3°C y demostraron que estas películas pueden incrementar la eficiencia de entrada de carbono en las hojas de Toronja, bajo alta radiación y estrés de temperatura.

Lipton y Matoba (1971), utilizaron un material encalador para reducir la temperatura de los frutos de melón (*Cucumis melo*, L) hasta en 8°C y suprimió los daños y lesiones por efecto solar. Dipton (1972) También demostró que el material encalador reduce la ganancia de calor de frutos grandes de forma diaria.

Hernandez Herrera *e.t al.* (2006), determinaron que el encalado total del manzano reduce la temperatura interna de las ramas y troncos de los árboles de manzano, así como también observaron que la reducción de la temperatura interna de los árboles por efecto del encalado incrementa la acumulación de unidades frío. Con base a estos antecedentes mencionados, los objetivos de esta investigación fueron:

1. Evaluar el efecto del encalado total de los árboles de manzano en la temperatura interna de las ramas y troncos y su relación con la acumulación de unidades frío.

1.1 Hipótesis

El recubrimiento total en árboles de manzano con hidróxido de calcio en las ramas y troncos, proporciona un color blanco que incrementa la reflectancia de la radiación solar, reduciendo la temperatura interna y provocando una mayor acumulación de unidades frío.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Características generales del manzano

El cultivo del manzano crece espontáneamente en montes de Europa y Asia Central (Janick, 2002). Por su adaptación a un amplio rango de condiciones climáticas, a diversos suelos y sistemas de cultivo, el manzano se cultivo extensamente en Europa, Norte y Sur-América, Nueva Zelanda, Australia y Asia. Sus cultivares se cuentan en gran número en la mayoría de los países con climas templados (Schneider Scarbrough, 1980). En México principalmente en el norte del país, los estados mas importantes en la producción de Manzana son: Chihuahua, Durango y Coahuila. A nivel nacional en México, la superficie cultivada de este frutal se incremento de 50000 hectáreas en 1983 (Cepeda, 1992, Ramírez y Cepeda, 1993) a 62000 en 1995 continuando hasta 1999 con un promedio entre las cantidades antes citadas (Morales, 2000).

El manzano (*Malus domestica Borkh*) es el frutal mas importante de la Sierra de Arteaga Coahuila, México, donde están establecidas 8282 ha (INEGI, 2001). El manzano es un árbol caducifolio y requiere frío invernal que le permita acumular suficientes unidades frío (UF) para lograr una brotación de yemas florales que se traduzca en buenos rendimientos y cosecha uniforme (Ramírez y Cepeda 1993; Ghariani y Stebbins, 1994). El cultivar de Golden Delicious requiere aproximadamente 850 UF para lograr una brotación buena y uniforme de yemas (Ramírez y Saavedra, 1990; Ghariani y stebbins, 1994), aunque los requerimientos de UF dependen del cultivar y pueden variar de 500 a 1300 (Hauagge y Cummins, 1991; carvajal et al., 2000), las cuales dependen de las

interacciones entre el cultivar y los factores ambientales (Hauagge y Cummins, 1991).

2.1.1 Clima

El manzano prospera en climas templados y fríos siempre que no haya cambios bruscos en la temperatura o rápidos excesos de calor en el verano y heladas tardías. Cepeda y Hernández (1983), indican que el manzano fisiológicamente requiere de un periodo invernal el cual pasa a un estado de letargo una vez que se ha defoliado.

Lang (1989), menciona que los requerimientos climáticos para el manzano son: Inviernos Frescos a fríos, con un rápido aumento en la temperatura de primavera, con pocas posibilidades de heladas que puedan afectar la floración.

2.1.2 Suelo

Alvarez (1974), señala que el manzano posee una gran flexibilidad de adaptación a diferentes tipos de suelos y se encuentran huertas de manzanos en los terrenos mas dispares. El pH mas favorable oscila entre 5.5 y 6.5 pero puede desarrollar en terrenos con pH comprendido entre 4.0 y 8.5.

Este frutal crece bien en suelos que sean ligeramente ácidos, es decir menores de 7 y hasta 6.5 (Calderón, 1998); sin embargo también pueden prosperar en suelos alcalinos con pH mayor de 8.0 como los que se encuentran en la Sierra de Arteaga, Coahuila y Navidad Nuevo León (Rodríguez, 1990).

Arguello (1973), menciona que el manzano se desarrolla mejor sobre suelos francos, con buen drenaje y manto freático no menor de 1.2 m.

2.1.3 Polinización.

La polinización es un proceso natural muy importante dentro de la cadena de eventos para lograr una buena producción de manzanas. La polinización es el transporte de los granos de polen de la antera al estigma de la flor o de otra flor de la misma especie, (Ortega 2005).

Duran (1976), señala que el éxito en la producción de manzana esta basado entre otros factores, en la actividad de las abejas.

2.1.4 Fertilización.

Aguilar (1992), señala que las condiciones de nutrición de los árboles de manzano influye sobre la calidad de la flor; se ha demostrado, por ejemplo que los niveles de nitrógeno, boro y calcio afectan directamente el desarrollo de los órganos reproductores y por lo tanto a la formación del fruto.

Cepeda (1978), señala que una vez que los árboles se han “agarrado”, es decir, han enraizado en el primer año, antes de regarlos deben fertilizarse con 30 kilogramos de nitrógeno por hectárea hasta el cuarto año y puede variar de 40 a 50 kilogramos dependiendo del crecimiento que se tenga.

2.2 Labores culturales.

Hernández (1982), señala que es aconsejable que la práctica del barbecho se realice a más tardar durante la primera semana de diciembre, una vez que el frutal termine de tirar las hojas.

2.2.1 Podas

Juscafresca (1978), menciona que la poda ya sea de formación o de producción debe estar fundamentada en la fisiología y morfología de las especies o variedades del manzano, la poda se puede efectuar desde poco después de la caída de las hojas, hasta un poco antes que el árbol se modifique vegetativamente.

2.3 Fisiología del manzano

La fisiología del manzano se refiere al estudio de las funciones de todos los órganos que componen el árbol, por ejemplo el funcionamiento de la raíz, crecimiento de ramas, letargo y brotación de yemas entre otros, básicamente en este trabajo se analiza las fases del descanso invernal.

2.3.1 Requerimientos de descanso.

Lang (1989), define el descanso como la suspensión temprana de crecimiento visible en alguna estructura de la planta que contenga un meristemo. Calderón (1985), indica que el manzano es un frutal típico de las regiones frías y templadas que tiene un periodo de reposo durante la etapa invernal. Bidwell

(1987), cita que las diferentes partes del árbol sufren diversos grados de reposo en diferentes tiempos, causados por estímulos diversos y que por lo tanto el reposo de un árbol implica varias fases. Del Real y Seeley (1999) consideran que los árboles que entran en descanso se encuentran acondicionados para resistir bajas temperaturas por el proceso de endurecimiento o resistencia al frío que se desarrolló desde el verano. Couvillon y Erez (1985) comentan que algunos síntomas por las deficiencias de frío son brotación desuniforme, permanencia de yemas dormidas, caída de yemas y por lo tanto frutos de mala calidad.

2.3.2 Fases del descanso

Samish (1977), hace una descripción del descanso en el cual establece sus periodos principales y separa el descanso en las siguientes fases:

Primera fase: Consiste en el descanso preliminar y se inicia después de la formación de las yemas terminales.

Segunda fase: Es el descanso inicial que se presenta poco después de la caída de las hojas, en este estado se puede inducir una brotación por medio de una fertilización.

Tercera fase: Es el descanso principal en la cual se presenta un estado mas profundo de reposo y su duración es hasta unos días antes de la brotación.

Cuarta fase: El descanso posterior que se presenta en el periodo anterior a la brotación, considerándose que se han completado los requerimientos de unidades frío.

Quinta fase: Es la brotación en la cual se deben presentar condiciones climáticas favorables como temperatura, humedad y fotoperiodo para iniciar la brotación de las yemas.

2.3.3. Factores que influyen en el descanso.

Calderón (1985), cita que existe una serie de factores que influyen en el proceso del descanso los cuales se pueden clasificar en factores externos y factores internos. Los factores internos dependen de la fisiología propia del árbol, lo cual es función de la especie y variedad. Los factores externos como temperatura, radiación solar, humedad ambiental edáfica, fotoperiodo, niveles de fertilidad y labores culturales, influyen en el mecanismo que determina la caída de las hojas y la entrada al reposo de los árboles, el cual se considera que empieza en el momento en el que se detiene el crecimiento vegetativo anual aun antes del desprendimiento de las hojas.

Bidwell (1987), menciona que sin duda el factor mas importante en la inducción del descanso es el fotoperiodo, ya que los días cortos inducen el descanso en las plantas leñosas.

Una conclusión valida fue hecha por Seeley y Damavandy (1985), que indica que los factores primordiales para la inducción del periodo de descanso están determinados principalmente por bajas temperaturas y por la duración del día, variando la proporción de estos factores de acuerdo a la especie vegetal de la que se trate.

2.4 Concepto de unidades frío

Weinberger (1956), formulo el concepto de horas frío, estimando la hora frío como una hora transcurrida a temperaturas iguales o menores a 7.2 °C, durante los meses de octubre a febrero. Sin embargo para 1967 modifica el índice considerando únicamente los meses de diciembre-enero.

Westwood (1982), señala que la temperatura condiciona la adaptabilidad de una especie o variedad, de tal forma que se puedan reconocer para cada genotipo, un umbral mínimo y un umbral máximo, así como una temperatura óptima en donde el desarrollo sea máximo.

Los requerimientos de frío se miden o expresan comúnmente por el término horas frío, siendo una hora frío 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 este expuesto el árbol a temperaturas de 7.2°C o menos, puede sumarse y expresarse el total obtenido en horas. No importa que las horas frío se presenten durante la noche o durante el día (Calderón ,1985).

Las horas de frío requeridas para la obtención de un 50% de brotación de las yemas en esos brotes se considera el momento en el que el requerimiento de frío ha sido satisfecho para ese cultivo en particular. El final del reposo no es predecible por una simple suma del número de horas 7°C debido a que las temperaturas ligeramente superiores a 7°C tienen también una influencia en el rompimiento del reposo: las temperaturas a bajo del punto de congelación son aparentemente ineficientes (Rojas y Ramirez 1987).

2.4.1 Requerimientos de unidades frío del manzano

El manzano es un árbol caducifolio que requiere un periodo de exposición –de noviembre a febrero– de bajas temperaturas, que oscilen entre 1000 y 1 200 horas frío, para poder tener una brotación y una floración uniforme. Una hora frío equivale a una por debajo de 7°C. (Reyes, 1977). De acuerdo con Bidwell (1983), el manzano necesita de 1200 a 1500 horas frío a temperaturas por debajo de 7 °C. Las necesidades de frío para diferentes variedades de manzano, varían desde 300 horas frío para las variedades Ana y Dorsett Golden, subiendo a 450 y 550 para Mallan y Agua Nueva respectivamente; algunas otras conocidas y cultivadas en el sur de Coahuila como Red Delicios y Golden Delicious requieren 800 y 850 horas frío respectivamente. También se tienen algunas otras como Starking y Rome Beauty con 850 y 1000 horas de requerimiento de frío (Memorias V ciclo de conferencias sobre manzano; Estado de Coahuila, 1992).

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

2.4.2 Modelos para determinar las unidades frío

A principios de 1970 algunos modelos climáticos habían sido desarrollados para cuantificar las horas frío en el invierno y relacionar los factores del clima con la fenología del árbol. Estos modelos pretendían

pronosticar el tiempo de floración esperado y la brotación vegetativa para diferentes variedades de frutales (Erez *et al*; 1989). Tal es el caso del modelo de Erez y Lavee (1971), el cual utiliza un ajuste de regresión y calcula la acumulación mensual de horas frío usando la expresión matemática siguiente:

$$H_f = 485.1 - 28.52X$$

Donde, H_f son las horas frío mensuales y X es la temperatura media del mes (noviembre a diciembre). El objetivo de este modelo consiste en estimar la conclusión del periodo de descanso principal de acuerdo a la culminación de lo que denominaron unidades frío como una hora de exposición a la temperatura de 2.5 a 9.1 °C .

Unrath (1973), desarrollo un modelo de descanso para “Starkrimson delicious”, motivados por la falta de consistencia que mostraba el modelo de Erez y Lavee (1971), para las condiciones de North Carolina, Estados Unidos. En la predicción de fin de descanso de “Starkrimson delicious” en diversas localidades de North Carolina, el modelo de Unrath (1973), exhibió una clara superioridad sobre el modelo de Erez y Lavee (1971), que consiste en determinar las unidades frío en función de los rangos que se muestran en el (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rangos de temperatura y factores de ponderación del modelo de Unrath (1973).

TEMPERATURA °C			UNIDAD FRIO
<	-1.1		0.0
-1.1	-	1.6	0.5
1.6	-	7.2	1.0
7.2	-	13.0	0.5
13.0	-	16.5	0.0
16.5	-	19.0	-0.5
19.0	-	20.7	-1.0
20.7	-	22.1	-1.5
22.1	-	23.1	-2.0

Un modelo de unidades frío (UF) que incluye las horas frío efectivas en la estación invernal y relaciona las UF acumuladas para completar el reposo observado fue desarrollado por Richardson *et. al.* (1974), para cultivares de durazno y adoptado a otros cultivares y especies, y ha sido utilizado en latitudes mas bajas (Del Real-Laborde, 1986). Un modelo similar de predicción de la salida del reposo para cultivares de nectarina de bajos requerimientos de frío fue propuesto por Gilreath y Buchanan (1981); uno para manzanas por Shaltout y Unrath (1983).

2.5 Efecto de la radiación solar en la temperatura interna del árbol.

Los altos niveles de incidencia de radiación solar pueden ocasionar efectos negativos en el desarrollo del árbol, ya que la radiación solar que se absorben las ramas y troncos, incrementa su temperatura interna, lo cual interfiere en el descanso del árbol y puede ocasionar una brotación irregular (Treviño ,1999).

García *et. al.* (1989), Comentan que la radiación solar no solo es fuente de energía y de efectos positivos, también lo es de efectos destructivos en la época de invierno cuando están desprovistos de follaje, tales efectos son: alteración de temperaturas en troncos y ramas, agrietamientos de corteza, brotación irregular, heterogeneidad en la maduración fisiológica de los frutos y alta pérdida de fruta por golpes de sol.

Samish (1954), indica que el exceso de insolación durante el invierno ocasiona efectos casi siempre negativos en los árboles de manzano.

2.6 Métodos para reducir el efecto de las deficiencias de unidades frío.

En la Sierra de Arteaga Coahuila así como en la mayoría de las regiones manzaneras del Norte de México, se presentan noches frías y días calidos y soleados que ocasionan calentamiento de los árboles y un efecto negativo en el proceso del letargo. Por tal motivo los productores se han visto en la necesidad de aplicar algunos procedimientos que se han desarrollado para resolver este problema, entre los cuales se pueden mencionar: aplicación de estimuladores de

brotación como citrolina, cianamidas, TDZ (thidiazuron), recubrimiento total de los árboles con sustancias blancas para incrementar la reflectividad de los árboles a la radiación solar y reducir su temperatura interna; la aspersión de agua a los árboles en días calurosos, durante el periodo de descanso (invierno), para que por efecto de la evaporación del agua induzca un efecto refrescante y así reducir su temperatura interna, y el uso de la tecnología “Cubierta de películas” basadas en el uso de caolín, que es un mineral que al ser asperjado sobre los árboles aumenta la reflectividad y disminuye la temperatura de la superficie de la planta, reduciendo por lo tanto el estrés de calor de las hojas e incrementando la acumulación de carbono, resultando con frecuencia en un incremento en la producción de manzanas

2.6.1 Métodos químicos

Calderón (1985), señala que el uso de sustancias químicas como compensadoras de horas frío, se remontan a los años veintes, cuando se observó que las emulsiones de aceites asperjados al árbol para el control de insectos tenían un efecto benéfico en el rompimiento del descanso, siendo a partir de estos que se inicia la búsqueda de productos químicos para lograr romper los efectos de los descansos prolongados.

Existen tres grupos químicos que rompen el descanso según Fuchigami (1987), aceites minerales, compuestos que contengan nitrógeno y reguladores del crecimiento.

Petri (1989), señala que dormex como sustancia que rompe el descanso, y la citrolina un aceite derivado del petróleo; son sustancias que al ser aplicadas inducen la apertura de las yemas y provocan que despierten, simulando una compensación de frío.

Steffens y Faust (1985), menciona que el thidiazuron aplicado en el manzano reduce las unidades frío requeridas para el rompimiento de yemas en árboles de uno y dos años de edad en los cultivares de Anna, Northern spy, y golden delicios.

Rosales (1991), menciona haber obtenido una mayor brotación en yemas de estacas de manzano al utilizar una combinación de thidiazuron y dormex que al utilizar únicamente dormex. Otra practica para inducir la brotación es la fertilización nitrogenada que se lleva a cabo cuando esta comienza (Gil, 1997).

La temperatura de las ramas de los árboles se puede reducir durante los días calurosos de invierno mediante la aspersión de agua a los árboles para que por efecto de la evaporación del agua se induzca un efecto refrescante y así reducir la temperatura interna de los árboles (Reyes, 1977).

La poda tiene un efecto estimulante para la brotación ya que en cierta forma complementara las horas frío (Rojas y Ramírez, 1987). El arqueado de ramas también estimula las yemas laterales y el rompimiento de dominancia apical (Calderón,1983).

2.6.3 Encalado total

El encalado total de los árboles incrementa la radiación solar reflejada por los árboles, esto a su vez reduce la radiación que se absorbe y los árboles mantienen una temperatura interna menor. El encalado también reduce apreciablemente las fluctuaciones entre las máximas y las mínimas temperaturas que se presentan en los troncos. Esto ayuda a evitar el agrietamiento de los troncos por efecto de la dilatación y contracción de la madera por efecto de los cambios de temperatura. Por ejemplo García *et al* (1989), observaron diferencias de temperatura de hasta 8.5 °C entre el lado norte y sur de los troncos de manzano.

Mendoza (1990), aplicó hidróxido de calcio a árboles de manzano en la Sierra de Arteaga y encontraron que la temperatura interna de las ramas y yemas fue menor en los árboles encalados que en los árboles sin encalar.

Similarmente, Ibáñez (1995), en la misma región de Arteaga Coahuila, evaluó el efecto del Hidróxido de calcio sobre la temperatura de las yemas de los árboles y la brotación de los mismos. Los resultados obtenidos fueron una disminución de temperatura en las yemas encaladas y una menor oscilación que en los no encalados.

Treviño (1999), evaluó el efecto del encalado total en la acumulación de unidades frío del manzano. Los resultados obtenidos fueron que la acumulación de unidades frío en los árboles encalados es mayor que las unidades frío acumuladas en los árboles control.

Hernández Herrera *e.t al.* (2006), determinaron que el encalado total del manzano reduce la temperatura interna de las ramas y troncos de los árboles de manzano, así como también observaron que la reducción de la temperatura interna de los árboles por efecto del encalado incrementa la acumulación de unidades frío.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localidad del sitio de estudio.

La investigación se realizó en una huerta de Manzano del cultivar Golden Delicious de ocho años de edad, injertados sobre patrones MM 111, de 3.5 m de altura. El marco de plantación de la huerta es de 3.0 m entre árboles y 4.0 m entre hileras, orientadas en la dirección este-oeste. El suministro de agua a los árboles se realizó con un sistema de riego por goteo. La huerta se ubica en la localidad de Jame, Municipio de Arteaga, Coahuila, con coordenadas geográficas de 100° 37' O, 25° 22' N a una elevación de 2280 m. Registros de la comisión nacional del agua (CNA) con sede en Saltillo Coahuila, indican que el clima de la región es 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.

3.2 Tratamientos evaluados.

Para evaluar el efecto del encalado total del manzano en la temperatura y las unidades frío acumuladas, se estableció un diseño completamente al azar con dos tratamientos y seis repeticiones. Los tratamientos fueron: sin encalado (T1) testigo, y encalado total al inicio del invierno (T2),

El encalado al inicio del invierno se aplicó el 3 de diciembre de 2004 con una aspersora portátil cuando los árboles estaban defoliados, utilizando hidróxido de calcio con un 95 % de pureza (Quimex 95, Caleras de la Laguna). La suspensión para encalar se preparó disolviendo 1 kg de hidroxido de

calcio con 15 ml de adherente (Bionex) en 10 litros de agua, para cubrir los seis árboles de cada tratamiento (Figura 1).



Figura 1. Aplicación del hidróxido de calcio con la mochila aspersora, en la comunidad de Jame, Municipio de Arteaga Coahuila, México.

3.3 Registro de temperaturas

Para evaluar el efecto del encalado total en la temperatura interna de los árboles y la acumulación de unidades frío, se insertaron termopares de cobre-constantan (0.6 mm de diámetro) por debajo de la corteza de cuatro ramas de un

árbol del tratamiento dos (encalado total al inicio del invierno) y en otro del tratamiento testigo (Figura 2),



Figura 2. Inserción de termopares bajo la corteza de las ramas para medir su temperatura interna,

También se insertaron termopares en la cara norte y sur de los troncos de los mismos 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 (diciembre 2004 a marzo 2005), utilizando un datalogger modelo 23X (Campbell Sci, inc, Logan, Utah).

Para calcular las unidades frío acumuladas (UFA), se definieron cinco intervalos de temperatura y sus correspondientes factores de ponderación (Erez y Lavee, 1971; Shaltout y Unrath, 1983), con los que se calcularon las unidades frío acumuladas utilizando los valores promedio de cada hora de temperatura del aire y temperatura interna de las ramas de los árboles con y sin encalado (Cuadro 2).

Cuadro 2. Intervalos de temperatura y factores de ponderación para calcular las unidades frío acumuladas.

Temperatura (°C):	Unidades frío
<1	0
1-10	1
10-15	0.5
15-20	0
>20	-1

3.4 Evaluación del rendimiento y calidad de frutos

El efecto de los tratamientos en el rendimiento y calidad de frutos se evaluó cosechando todos los frutos de cada uno de los seis árboles de cada tratamiento. Los parámetros de rendimiento fueron peso y número total de frutos, mientras que los de calidad de frutos fueron: grados brix (refractómetro manual Atago ATC-1E con compensación automática de temperatura), firmeza (penetrómetro manual Effegi FT-327 con puntilla de 11.3 mm de diámetro), índice de frutos de primera y de segunda. Los grados brix y la firmeza se evaluaron en 4 frutos por unidad experimental. El índice de frutos de primera se obtuvo dividiendo el número de frutos de diámetro ecuatorial mayor de 70 mm entre el total de frutos, el índice de frutos de segunda fue la relación entre el número de frutos de diámetro ecuatorial mayor de 66 mm y menor de 70 entre el total de frutos.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Temperatura interna

En las horas de máxima incidencia de radiación solar (12 a 17 h), la temperatura interna de las ramas encaladas fue menor que la temperatura interna de las ramas sin encalar; además, ambas fueron mayores que la temperatura del aire (Figura 3). El 8 de enero se encontró una diferencia de hasta 4° C. Durante la noche, la diferencia de temperatura entre las ramas con y sin encalado fue mínima; siendo ambas menores que la temperatura del aire. La temperatura de las ramas encaladas fue siempre menor que la de las ramas sin encalado (Hernández-Herrera *et al.*, 2006). Las altas temperatura a que están expuestos los árboles durante los días cálidos del invierno tiene un efecto negativo en la acumulación de unidades frío (Young, 1992). Las diferencias mayores de temperatura se observaron a las horas de mayor incidencia de radiación solar, 12:00-17:00 h (Figuras 4, 5,6, y 7).

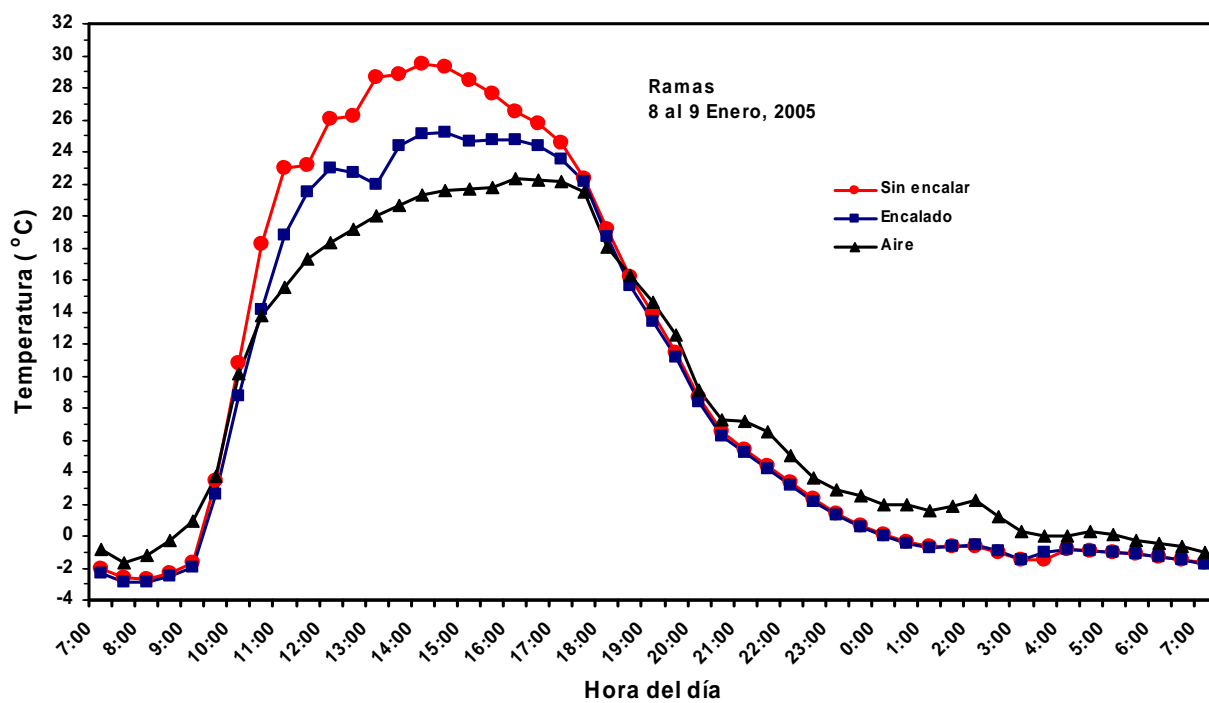


Figura 3. Temperatura del aire y de las ramas de árboles de manzano cv Golden Delicious, con y sin encalado observada del 8 al 9 de enero, 2005 en Jame, Municipio de Arteaga, Coahuila, México.

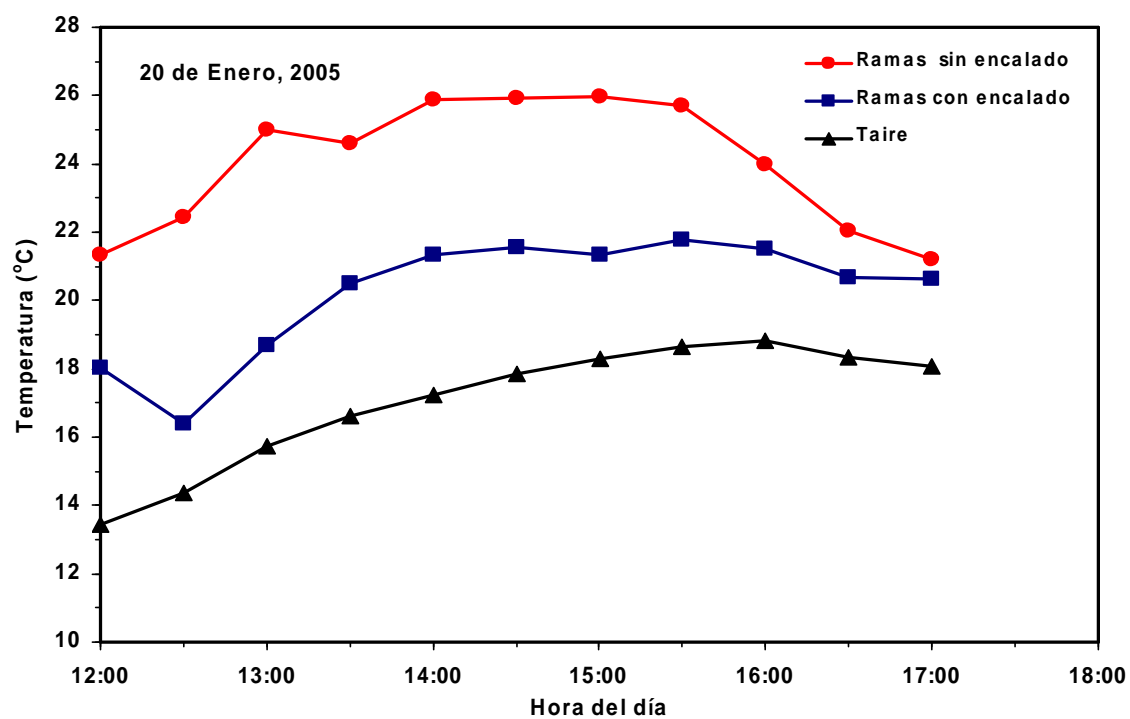


Figura 4. Temperatura de las ramas de árboles de manzano cv Golden Delicious con y sin encalado, y temperatura de aire (12 a 17 h) observadas el 20 de enero de 2005, Jame, Arteaga, Coahuila, México.

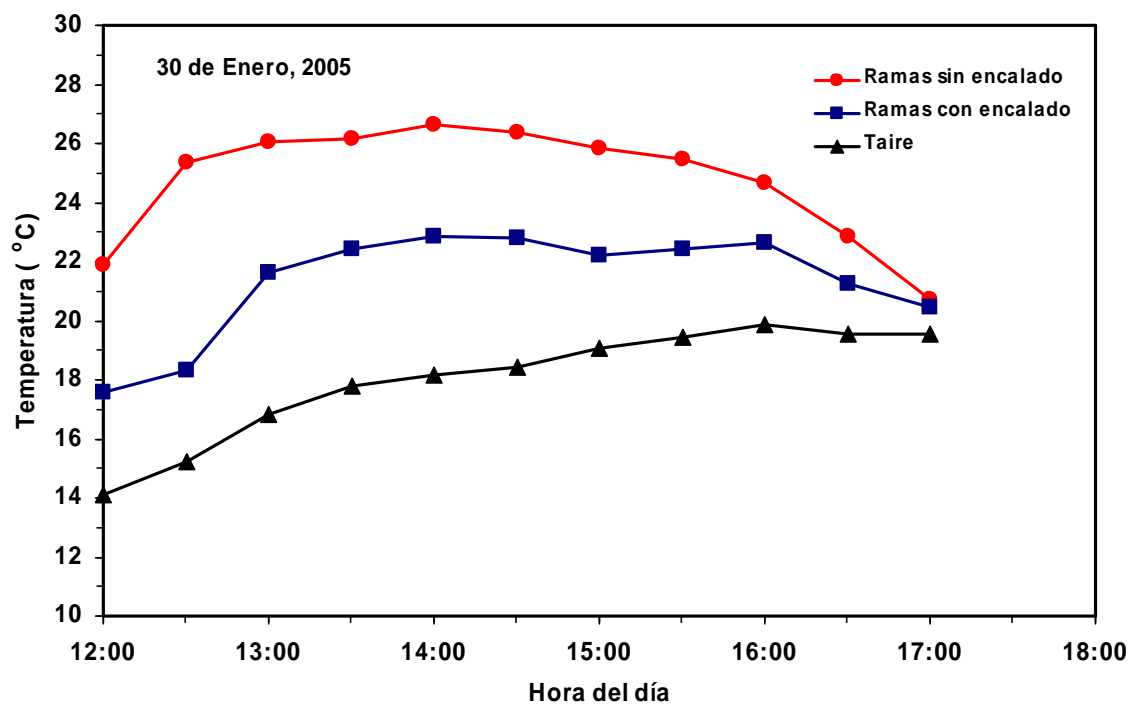


Figura 5. Temperatura de las ramas de árboles de manzano cv Golden Delicious con y sin encalado, y temperatura de aire (12 a 17 h) observadas el 30 de enero de 2005, Jame, Arteaga, Coahuila, México.

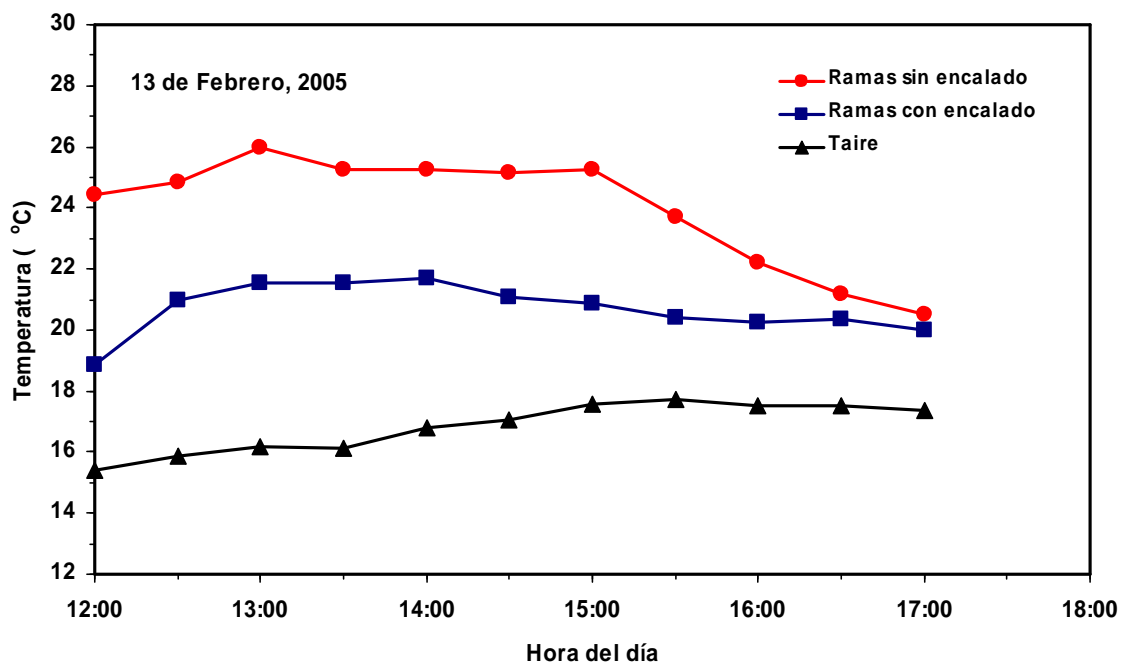


Figura 6. Temperatura de las ramas de árboles de manzano cv Golden Delicious con y sin encalado, y temperatura de aire (12 a 17 h) observadas el 13 de febrero de 2005, Jame, Arteaga, Coahuila, México.

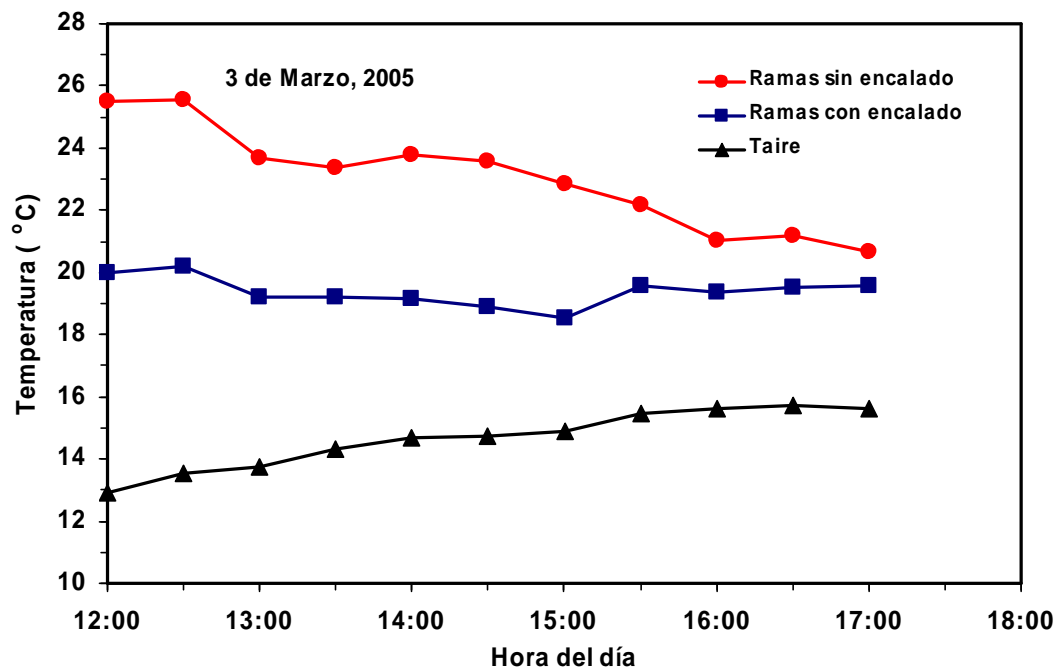


Figura 7. Temperatura de las ramas de árboles de manzano cv Golden Delicious con y sin encalado, y temperatura de aire (12 a 17 h) observadas el 3 de marzo de 2005, Jame, Arteaga, Coahuila, México.

El efecto del encalado en la reducción de la temperatura interna es mayor en la orientación sur de los troncos, ya que esta permanece soleada la mayor parte del día. La Figura 8 indica que para el día 8 de enero, 2005, a las horas de máxima incidencia de radiación solar (12 a 17 h) la temperatura de la cara sur del tronco encalado es hasta 9 °C menor que la del tronco sin encalado en la misma orientación. Patrones similares de temperatura se observaron en otras fechas de los meses de invierno, donde a las horas de mayor incidencia de radiación, la temperatura del tronco con encalado orientación sur fue menor que la del tronco sin encalado en la misma orientación (Figura 8, 9, 10, 11,12). Esta reducción de la temperatura disminuye el efecto de agrietamiento de los troncos causados por los grandes cambios de temperatura entre el día y la noche (Coutanceau, 1971;Grokhol-skill y Solov-eva, 1992). Resultados similares fueron reportados por Hellmuth *et al.* (1988), donde se indica que durante el día la temperatura de los troncos de manzano cubiertos con pintura polivinílica blanca se reduce apreciablemente con respecto a los troncos de los árboles sin tratamiento.

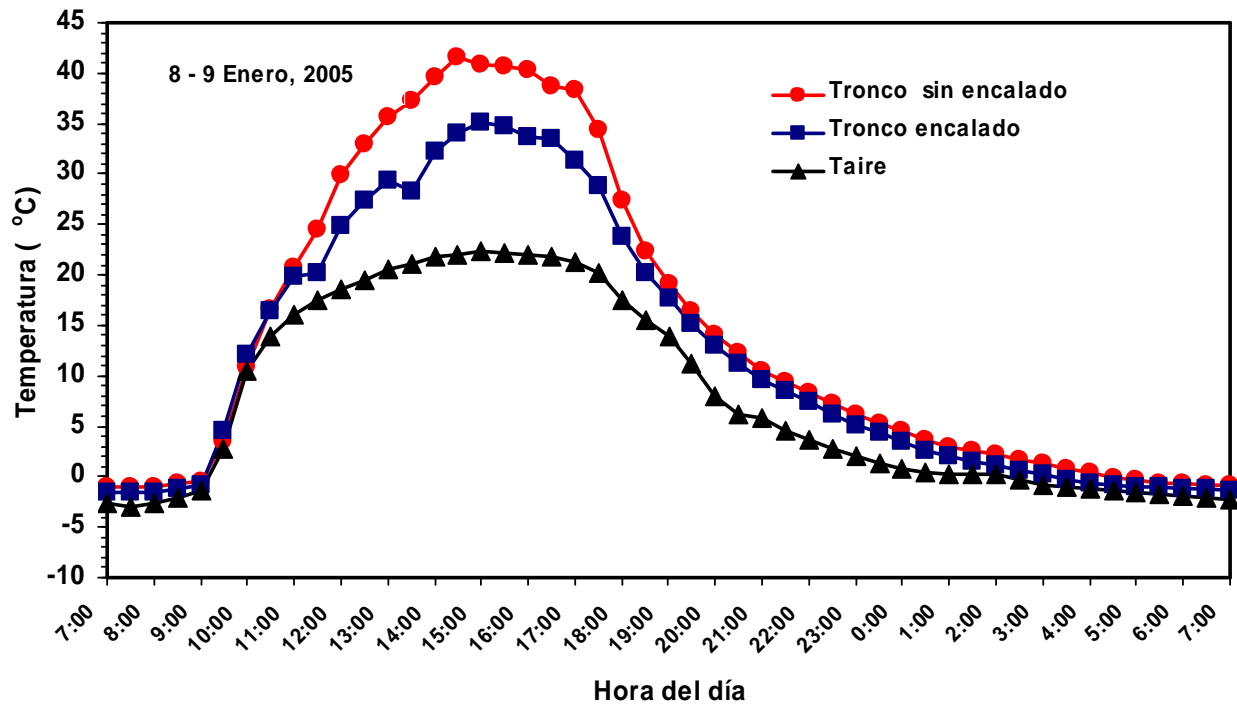


Figura 8. Temperatura del aire y del tronco de árboles de manzano cv Golden Delicious, con y sin encalado, orientación sur observada del 8 al 9 de enero, 2005 en Jame, Municipio de Arteaga, Coahuila, México.

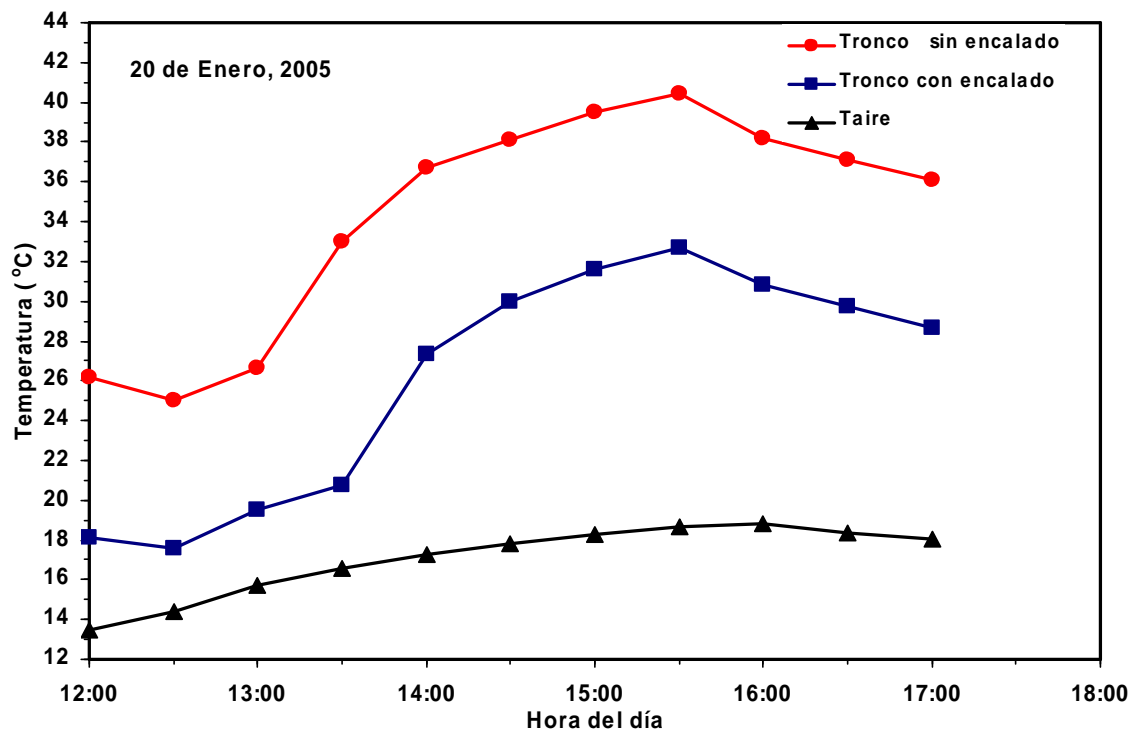


Figura 9. Temperatura del aire y de los troncos de árboles de manzano cv Golden Delicious, con y sin encalado orientación sur (12:00 a 17:00h) observadas el 20 de enero de 2005, en Jame, municipio de Arteaga, Coahuila, México.

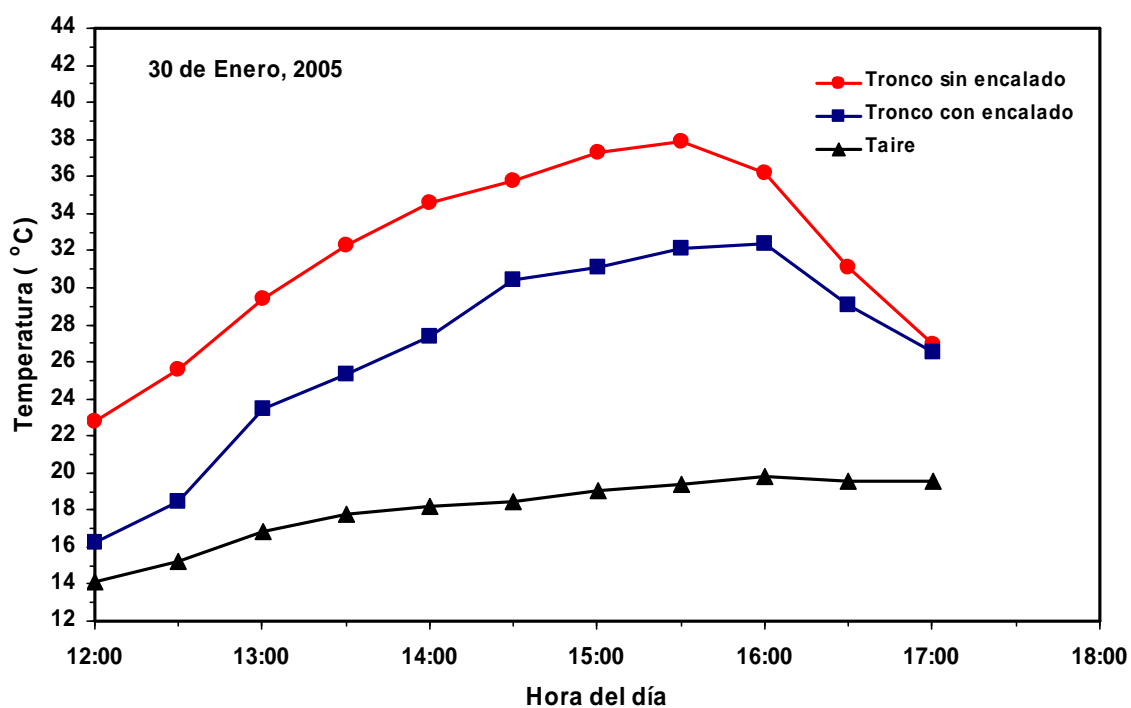


Figura 10. Temperatura del aire y de los troncos de árboles de manzano cv Golden Delicious, con y sin encalado orientación sur (12:00 a 17:00h) observadas el 30 de enero de 2005, en Jame, municipio de Arteaga, Coahuila, México.

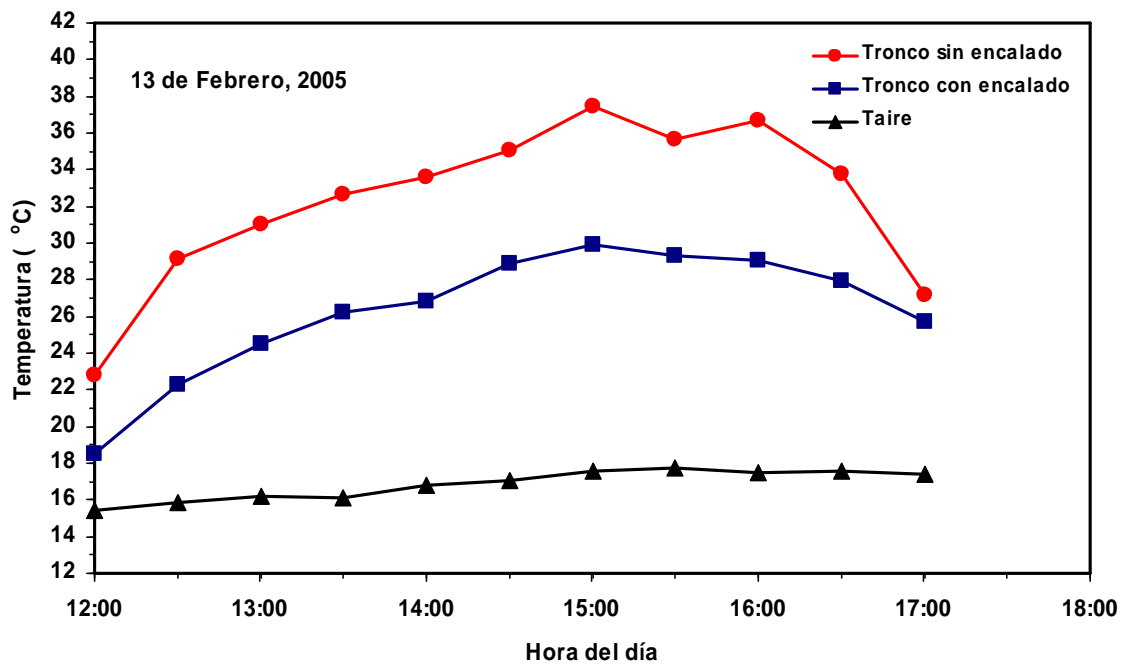


Figura 11. Temperatura del aire y de los troncos de árboles de manzano cv Golden Delicious, con y sin encalado orientación sur (12:00 a 17:00h) observadas el 13 de febrero de 2005, en Jame, municipio de Arteaga, Coahuila, México.

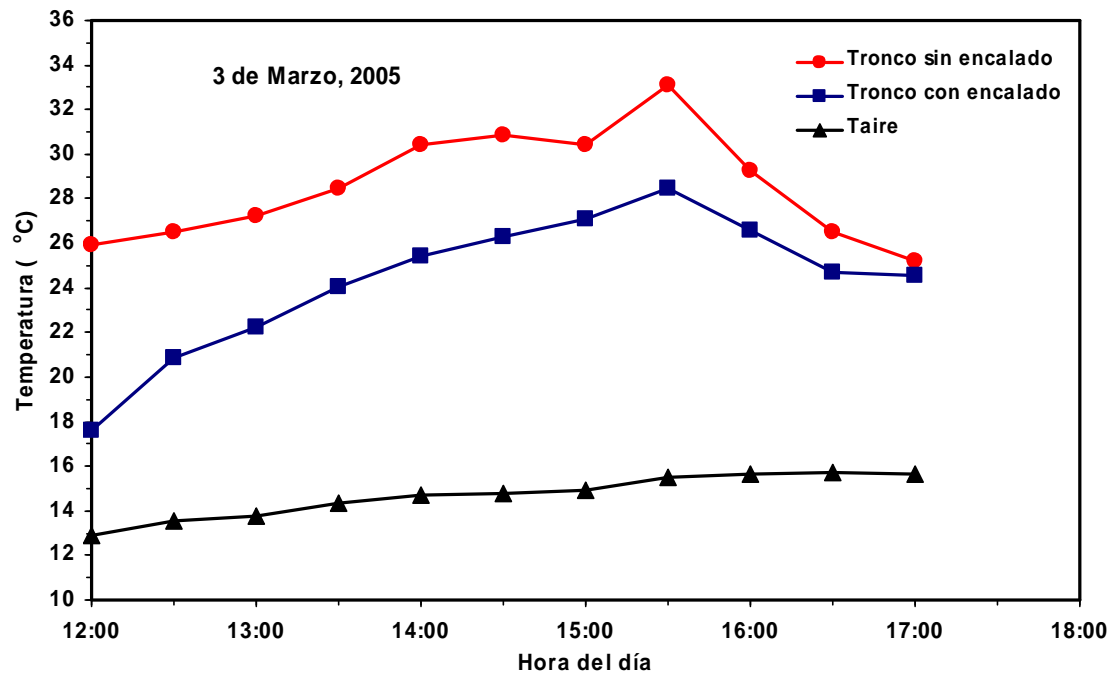


Figura 12. Temperatura del aire y de los troncos de árboles de manzano cv Golden Delicious, con y sin encalado orientación sur (12:00 a 17:00h) observadas el 3 de marzo de 2005, en Jame, municipio de Arteaga, Coahuila, México.

4.2 Unidades frío acumuladas

La temperatura del aire a las horas de mayor incidencia de radiación solar fue menor que la temperatura de las ramas con y sin encalado (Figura 3, 4, 5, 6, y 7), consecuentemente las UFA calculadas con la temperatura del aire pueden ser mayores que las calculadas con la temperatura interna de las ramas con y sin encalado, las que corresponderían a las unidades frío realmente acumuladas por los árboles. Del 7 de enero al 31 de marzo del 2005, las UFA con base a la temperatura del aire, y de las ramas con y sin encalado fueron 1067.5, 725.25 y 567.00 respectivamente (Cuadro 3). Esto significa que el encalado de las ramas permitió una acumulación adicional de 158.5 unidades frío con relación a las ramas sin encalado, que corresponde a un incremento del 27.9 %. Esta mayor acumulación de unidades frío puede mejorar la brotación y consecuentemente el rendimiento de frutos (Ghariani y Stebbins, 1994).

Cuadro 3. Unidades frío acumuladas (UFA) en función de la temperatura del aire y de las ramas de árboles de manzano cv Golden Delicious, con y sin encalado del 7 de enero al 31 de marzo, 2005, Jame, Municipio de Arteaga, Coahuila, México.

Mes	Días	UFA con encalado	UFA sin encalado	UFA temperatura del aire
Enero	7 - 10	22.50	15.50	39.50
	11 - 20	70.75	45.00	110.50
	21 -31	93.25	71.50	160.25
Febrero	1 - 10	147.75	133.75	158.00
	11 - 20	61.50	43.75	106.00
	21 - 28	114.5	98.00	143.5
Marzo	1 - 10	135.5	104.00	165.50
	11 - 20	55.50	41.00	121.00
	21 - 31	24.25	14.50	63.25
Total		725.25	567.00	1067.50

Con base a la temperatura del aire, los periodos decenales con mayor acumulación de unidades frío fueron el tercero de enero, primero de febrero y marzo. Mientras que los periodos decenales con mayor diferencia en UFA entre las ramas con y sin encalado fueron el segundo y tercero de enero y el primero de marzo.

A las horas de máxima incidencia de radiación solar (12 a las 17 h) se pueden registrar las pérdidas mayores de unidades frío, debido al mayor calentamiento de las ramas de los árboles (Figuras 3, 4, 5, 6, y 7), por lo cual el beneficio del encalado total se logra durante estas horas del día. En el Cuadro 4 se muestran las unidades frío acumuladas en función de la temperatura del aire y de las ramas con y sin encalado para las horas del día mencionadas, del 7 de enero al 31 de marzo, 2005. Con base a la temperatura del aire, para el intervalo

de tiempo considerado y las horas de mayor radiación se ganaron 6 UFA. Sin embargo considerando la temperatura interna de las ramas sin encalado se pierden 259.25 unidades frío, mientras que para las ramas encaladas se pierden únicamente 162.75 unidades frío. Esto representa una reducción del 37.2 % de las pérdidas de unidades frío por efecto del encalado total. Nótese que el encalado total de las ramas reduce las pérdidas de UFA para todos los intervalos de días analizados y que inclusive en algunos de estos permite acumular unidades frío, mientras que las ramas sin encalado siempre presentaron pérdidas de unidades frío, por lo que el encalado puede resultar en una mejor y más uniforme brotación de yemas y un mayor rendimiento de frutos (Hernández-Herrera *et al.*, 2006).

Cuadro 4. Unidades frío acumuladas (UFA) o restadas (números negativos) en función de la temperatura del aire y de las ramas de árboles de manzano cv Golden Delicious, con y sin encalado de las 12:00 a las 17:00 h para varios días de los meses de invierno de 2005. Jame, Municipio de Arteaga, Coahuila, México.

Mes	Días	UFA con encalado	UFA sin encalado	UFA temperatura del aire
Enero	7 - 10	-15.75	-19.50	-8.25
	11 - 20	-7.50	-25.00	11.50
	21 - 31	-27.50	-42.00	4.75
Febrero	1 - 10	4.75	-4.50	15.50
	11 - 20	-33.00	-41.00	-12.50
	21 - 28	-3.50	-12.00	17.25
Marzo	1 - 10	6.00	-19.50	23.50
	11 - 20	-27.75	-35.25	0.75
	21 - 31	-58.50	-60.50	-46.25
Total		-162.75	-259.25	6.00

4.3. Rendimiento y calidad de frutos

La cosecha se realizó el 5 de agosto de 2005. Aunque no se observaron diferencias significativas entre tratamiento (Cuadro 5), el mayor rendimiento se observó con el encalado, con 7.73 Kg. mas por árbol, que representa un incremento de 17.13 % sobre el testigo. Esto posiblemente se debe a una mayor acumulación de unidades frío alcanzadas por el encalado total que favoreció una mayor brotación con flores de mayor calidad que permite mejor amarre y desarrollo del fruto.

Hernández *et al*, 2006, tampoco encontraron diferencia en el rendimiento del fruto en un estudio, realizado en la Sierra de Arteaga, reportando que los árboles con encalado completo tuvieron rendimientos mayores que el de los árboles sin encalar.

Esto también sugiere que la mayor acumulación de unidades frío por el encalado total favorece una mejor brotación con flores de mayor calidad que permite mejor amarre y desarrollo del fruto (Ramírez y Cepeda, 1993; Ghariani y Stebbins, 1994). Otros estudios en manzano, han mostrado que la aplicación de otras películas reflejantes de radiación como el caolín incrementan el rendimiento de frutos y mejoran su color (Glenn *et al.*, 2001; Glenn *et al.*, 2003).

Cuadro 5. Rendimiento promedio de frutos (kg./árbol) en los tratamientos evaluados en el invierno 2004-2005, Jame, Municipio de Arteaga, Coahuila, México.

Tratamiento	Descripción	Rendimiento Kg./árbol
1	sin encalado ni estimuladores de brotación (testigo)	45.12 ab ^{&}
2	encalado total al inicio del invierno	52.85 a

[&] Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05)

No hubo diferencia estadísticas (Tukey, 0.05) entre tratamientos en las variables de calidad de fruto evaluadas: grados brix, firmeza, índice de frutos de primera y de segunda (Cuadro 6). Esto sugiere que el encalado total no afecta los parámetros de calidad del fruto.

Cuadro 6. Parámetros de calidad en frutos de manzano cv Golden Delicious, evaluados en el invierno 2004-2005, Jame, Municipio de Arteaga, Coahuila, México.

Parámetros de calidad				
Tratamiento	Sólidos solubles totales (°Bx)	Firmeza (kg/cm ²)	Índice de frutos de primera	Índice de frutos de segunda
T1	14.57 a ^{&}	7.75 a	0.482 a	0.189 a
T2	14.20 a	7.40 a	0.513 a	0.181 a

T1, testigo; T2 encalado total al inicio del invierno.

[&] Medias con la misma letra en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05)

V. CONCLUSIONES

El encalado total del manzano reduce la temperatura interna de las ramas y troncos de los árboles. La reducción de la temperatura fue mayor a las horas de mayor incidencia de radiación solar (12 a 17 h) y en la cara sur de los troncos.

Las unidades frío acumuladas con base a la temperatura interna fueron mayores en las ramas encaladas que en las ramas sin encalado, y las pérdidas de unidades frío en las horas de mayor incidencia de radiación solar fueron hasta un 37 % menores.

La mayor acumulación de unidades frío por el encalado completo del árbol mejora el rendimiento de fruto con relación a los árboles sin encalado. El encalado completo no afecta los parámetros de calidad del fruto.

VI. LITERATURA CITADA

Aguilar, A.I 1992. Uso de compensadores de frío en manzano y peral. Memoria del primer Simposium Técnico del manejo de frutales caducifolios para la producción fuera de temporada. Asociación de productores de durazno y otros frutales caducifolios del estado de Michoacán. A.C. 28 p.

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

Alvarez, R. 1974. El manzano. Editorial Publicaciones de Extensión Agrícola. Madrid España. 463 p.

Bidwell, R. G. S.1987. Fisiología vegeta. Editorial AGT. México, D.F. 784p.

Calderón, A.E. 1998. Fruticultura General. El esfuerzo del hombre. Editorial Limusa. México, D.F. 763 p.

Carvajal, M.E.; Goycoolea, F.; Guerrero, V.; LLamas, J.; Rascon, A.; Orozco, J.A.; Rivera, C.; Gardea, A.A. 2000. Caracterización calorimétrica de la brotación de yemas florales de manzano. Agrociencia 34: 543 - 551.

Cepeda, F.,1992. Panorámica agropecuaria frente al tratado de libre comercio. Union regional agrícola de productores de manzana del estado de Coahuila, Mexico.108 p.

Couvillon, G.A. and A. Erez. 1985 Influence of prolonged exposure to chilling temperatures on bud break and heat requirement for bloom of several fruit species. J. Amer. Soc. Hort. Sci.110 :47-50

Coutanceau, M. 1971. Fruticultura técnica y económica de los cultivos de rosáceas leñosas productoras de fruta. Editorial Oikos-Taw. Barcelona España, 342 p.

Del-Real-Laborde, J.I.; Anderson, J.I.; Seeley, S.D. 1990. An Apple tree dormancy model for subtropical conditions. Acta Horticulturae. 276: 183-191.

Del Real, I,J.I., and S.D. Seely. 1990. An apple dormancy evaluation model for sub tropical regions. 23rd . Intl. Hort. Congr., Florence. Abstr. 222, 548.

Dozier, W.A.; Powell, A.A. Jr.; Caylor, A.W.; Daniel, N.R.; Carden, E.L.; Mcguire, J. A. 1990. Hydrogen cyanamide induces budbreak of peaches and nectarines following Inadequate Chilling. Hortscience. 25 (12): 1573-1575.

Duran, S., 1976. Replantación de frutales, sección de cultivo y su pedología. Editorial Aedos, Barcelona, España. p.154.

Erez, A. and Samish, 1971. Improved methods for beaking resting peach and other delicious fruit species. J. Amer. Soc Hort Sci. ; 91(4): 519-522.

Erez, A.; Lavee, S. 1971. The effect of climatic conditions on dormancy development of peach buds temperature. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96(6): 711-714.

Fuchigami, L. H. 1987. Degree growth stage model and rest-breaking mechanisms in temperate woody perennials. Hortscience 22:836-845.

García-Pérez, E. R; Nieto, A.; Boris, M. W. 1989. Efecto de la radiación solar en la temperatura de árboles de nogal pecanero y su relación con la brotación. Revista Chapingo 62-63: 137-143.

Ghariani-K.; Stebbins-RL. 1994. Chilling requirements of apple and pear cultivars. Fruit-varieties-journal 48 (4): 215-222; 21.

Glenn, D.M.; Puterka, G.J.; Drake, S.; Unruh, T.R.; Knigh, A.I.; Baherle, P.; Prado, E.; Baugher, T. 2001. Particle film application influences apple leaf physiology, fruit yield, and fruit quality..J. Amer. Soc. Hort.Sci.126:175-181.

Glenn, D.M.; Erez, A.; Puterka, G.J.; Gundrum, P. 2003. Particle film affect carbon assimilation and yield in "Empire" apple. J. Amer. Soc. Hort. Sci.128:356-362.

Grokhol-Skill, V.V.; Solov-Eva, M.A. 1992. Protection of trunks of fruit trees from damage by sunscald and frost. Sadovodstvo-I-Vinogradarstvo, No 11-12, pp 5-7.

Hauagge, R.; Cummins, J.N. 1991. Phenotypic variation of length of bud dormancy in apple cultivars and related malus species. J.. Amer. Soc. Hort. Sci. 116 (1): 100-106.

Hellmuth, M.; Ferree, D.C.; Schupp, J.R. 1988. Effects of white paint on trunks of greenhouse-grown apple trees. Research circular, Ohio Agricultural Research and Development Center. No 295, pp 17-19.

- Hernández-Herrera, A. Zermeño-González, A. Rodríguez-García, R. Jassocantú, D. 2006. Beneficios del encalado total del manzano (*malus domestica borkh*) en la Sierra de Arteaga, Coahuila, México. *Agrociencia*, 40(5): 577-584.
- Hernández, C., 1982. Evaluación de cuatro productos fungicidas y observación de practicas culturales para el control de la roña de la manzana venturia *inaequalis*, en huerto de manzano *pyrus malus*. en el cañon de los lirios, municipio de Arteaga, Coahuila. Tesis Licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- INEGI, 2001. Anuario Estadístico: Coahuila de Zaragoza. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. pp 331-349.
- Janick, J. E.D. 2002. Wild apple and fruit trees of Central Asia. *Horticultural Reviews* 29. 416 pp.
- Jifon, J. L.; Syvertsen, J.P. 2003 . Kaolin particle film applications can increase photosynthesis and water use efficiency of “ Ruby Red” Grapefruit leaves. *J. Amer. Soc. Hort.Sci.*128:107-112.
- Juscafresca B. 1978. Árboles frutales, cultivo y explotación comercial. Editorial Aedos. Barcelona, España. 381 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.
- Lipton, W. J. 1972. Temperature and net heat gain in normal and whitewashed cantaloupe .J. Amer. Soc.Hort. Sci. 97 :242-244.
- Lipton, W. J and Jr. Matoba. 1971. Whitewashing to prevent Sunburn of Crenshaw melons J. Amer. Soc. Hort. Sci. 6 : 343-345.
- Mendoza, G.F; 1990. Efecto del encalado con hidróxido de calcio en la temperatura de la madera del manzano durante el invierno. Tesis licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo Coahuila, México.51p.
- Ortega E. J Egea. F. Dicenta (2004). Effective Pollination period in almond cultivars. HortSciencie 39(1) : 19-22.
- Petri J. L. 1989 "Interrupting the winter dormancy of apple trees Horticultural" Abstract vo. 60 p.
- Ramírez-Rodríguez, H.; Cepeda-Siller, M. 1993. El manzano. Edit. Trillas, UAAAN, México, 208 p.

Ramírez, H.; Saavedra, L.L. 1990. A low chilling requirement golden delicious Apple mutant from northeast México. *Acta Horticulture*. 279: 67-73.

Reyes, *et al.* 1977. Uso de un sistema de enfriamiento por evaporación de agua en el cultivo de manzano (*malus sylvestris mill*) en la Sierra de Arteaga, Coahuila. Monografía técnico científica. Vol. 3 No. 10. UAAAN, Buenavista, Saltillo Coahuila, México.

Rojas, G. M. 1987. El control hormonal del desarrollo de las plantas, Editorial Cecsa, México, D.F. 201p.

Rosales, C.A.1991. Efecto de la temperatura en el comportamiento de dormex sobre la brotación de yemas vegetativas del manzano. Tesis Licenciatura, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 55 p.

Samish R.M. 1954. Dormancy of wood plants. *ann rev. plant physiology*, 5 :183-204.

Schneider, G.W. & Scarbrough, C.C. (1980). Cultivo de árboles frutales. Compañía Editorial Continental S.A. México, D. F. 348 p.

- 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.; Unrath, C.R. 1983. Rest completion prediction model for starkrimson delicious apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(6): 957-961.
- Siller-Cepeda, J.H.; Fuchigami, I.H.; Chen, T.H.H. 1992. Hydrogen cyanamide-induced budbreak and phytotoxicity in 'redhaven' peach buds. hortscience. 27: (8), 874-876.
- Steffens, G.I.; Stutte, G.W. 1989. Thidiazuron substitution for chilling requirements in three apple cultivars. Journal of plant growth regulation. 8: (4), 301-307.
- Treviño I.E. 1999. Efecto del encalado total en la acumulación de unidades frío del manzano. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo. Coahuila, Mexico 36p.
- Unrath. C. R 1973. Response of "starkrimson delicious" apples to influenced by spray coveraje. Hortscience 8 (5): 394-395.
- Young, E. 1992. Timing of high temperature influences chilling negation in dormant apple trees. J. Am. Soc. for Hort. Sci. 11: 2, 271-272.