

**ENCALADO COMPLETO DEL MANZANO: UNA
ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA ACUMULACIÓN DE
UNIDADES FRÍO EN CLIMAS CON INVIERNOS CALIDOS**

JOSÉ ALEXANDER GIL MARÍN

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS
EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

PROGRAMA DE GRADUADOS

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Marzo de 2008**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

SUBDIRECCION DE POSTGRADO

ENCALADO COMPLETO DEL MANZANO: UNA ALTERNATIVA PARA
MEJORAR LA ACUMULACIÓN DE UNIDADES FRÍO EN CLIMAS CON
INVIERNOS CALIDOS

Por
JOSÉ ALEXANDER GIL MARÍN
T E S I S

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y
Aprobada como requisito parcial para optar al grado de:

Doctor en Ciencias
En Ingeniería de Sistemas de Producción

COMITE PARTICULAR

Asesor Principal

Dr. Alejandro Zermeño González

Asesor

Dr. Raúl Rodríguez García

Asesor

Dr. Homero Ramírez Rodríguez

Asesor

Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Asesor

Dra. Diana Jasso Cantù

Asesor

Dr. Juan P. Munguia López

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Subdirector de Postgrado

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MARZO DE 2008

AGRADECIMIENTOS

A Dios, a quien doy gracias por haberme dado la vida, salud y fuerzas para emprender y concluir estos estudios y así fortalecer mi carrera profesional.

A la Universidad de Oriente por darme esta oportunidad de superación.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), por recibirme en sus aulas y contribuir a aumentar mis conocimientos agronómicos y de ingeniería.

Mi agradecimiento especial y gratitud al Dr. Alejandro Zermeño, por su paciencia en la conducción y seguimiento de esta investigación así como su amistad a través de mi programa de doctorado.

Deseo agradecer a los miembros de mi comité particular de asesoría Dr. Raúl Rodríguez García, Dr. Homero Ramírez Rodríguez, Dra. Diana Jasso Cantú, Dr. Adalberto Benavides Mendoza y al Dr. Juan Munguia López sus correcciones y observaciones a la presente tesis.

También agradezco al Dr. Alejandro Hernández por su valiosa colaboración y apoyo para la ejecución de la fase experimental de esta investigación.

Por último a todo el personal del Departamento de Riego y Drenaje, que siempre me apoyaron en mis gestiones y estudios.

José Alexander Gil Marín.

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso, por darnos salud, fuerza y voluntad de superación.

Con admiración, profundo respeto y amor, a mi esposa: **Maribel Capasso de Gil**, por su apoyo, comprensión y ánimo brindado en todo momento durante la realización de mis estudios.

A mis hijas: **Marialex José** y **Paola Estefanía**, que son mi orgullo y motivo de superación profesional.

A mi madre **Luz María Marín**, que siempre me ha apoyado en todas las actividades que he emprendido.

A mis hermanas: **Sandys Penélope** y **Marylors**, por su cariño y comprensión.

A toda mi familia, por apoyarme en esta parte de mi vida profesional.

COMPENDIO

ENCALADO COMPLETO DEL MANZANO: UNA
ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA ACUMULACIÓN DE
UNIDADES FRÍO EN CLIMAS CON INVIERNOS CALIDOS

POR

JOSÉ ALEXANDER GIL MARÍN

DOCTORADOéé

INGENIERIA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, FEBRERO 2008

Dr. Alejandro Zermeño González – Asesor

Palabras claves: *Malus domestica Borkh*, unidades frío, encalado,
hidróxido de calcio, rendimiento.

Se evaluó el efecto del encalado completo de árboles de manzano (*Malus domestica Borkh*) al inicio del invierno, en la temperatura interna de las ramas y troncos, la acumulación de unidades frío (UF), su efecto en el rendimiento y calidad del fruto y su relación con la aplicación de thidiazuron (TDZ) como estimulador de brotación.

El estudio se realizó durante los inviernos de 2004-2005 y 2005-2006, en una huerta ubicada en la localidad de Jamé, Municipio de Arteaga, Estado Coahuila, México. El experimento se condujo bajo un diseño completamente al

azar con cuatro tratamientos y un testigo; en cada caso se establecieron seis repeticiones. La unidad experimental consistió en un árbol.

El encalado al inicio del invierno se aplicó el 3 de diciembre para el invierno de 2004-2005 y el 7 de diciembre para el invierno 2005-2006, ambos con un aspersor portátil cuando los árboles estaban defoliados, utilizando hidróxido de calcio con un 95 por ciento de pureza (Quimex 95, Caleras de la Laguna).

La suspensión para encalar se preparó disolviendo 1.5 Kg de hidróxido de calcio con 15 ml de adherente (Bionex) en 10 litros de agua, para cubrir los seis árboles de cada tratamiento. Una segunda dosis de cal se aplicó en la primera semana de enero de cada año.

La solución del estimulador de brotación y pulsador, se preparó disolviendo 3 g de TDZ (Thidiazuron) y 15 ml de Bionex en 10 litros de agua para cubrir los seis árboles del tratamiento correspondiente. La aplicación de TDZ como pulsador se realizó en la misma fecha en la que se aplicó el encalado total y como estimulador de brotación el 2 de marzo para el 2005 y el 7 de marzo para el año 2006.

La temperatura interna de las ramas fue medida insertando debajo de la corteza termopares de cobre – constantan (0.6 mm de diámetro) en cuatro ramas de un árbol encalado y en otro del tratamiento testigo (sin encalado).

También se insertaron dos 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 seg, para generar promedios continuos de 30 min a través de los meses de invierno (diciembre a marzo), utilizando un datalogger modelo 23 X (Campbell Sci, inc, Logan, Utah). Con base en los modelos de Utah y North Carolina, se definieron cinco rangos de temperatura y se ponderaron para calcular las unidades frío.

Los resultados de la investigación indicaron que en las horas de mayor incidencia de radiación, el encalado completo redujo hasta 5° C la temperatura interna de las ramas y hasta 9° C la de los troncos. Las UF acumuladas en función de la temperatura interna de las ramas fueron hasta 81 por ciento mayores que las registradas con las ramas sin encalar, mientras que las UF pérdidas a las horas de mayor radiación fueron hasta 37.2 por ciento menores. El encalado completo incrementó hasta en un 27 por ciento el rendimiento por árbol con respecto a la aplicación de TDZ. No hubo diferencia estadística en los parámetros de calidad entre el encalado total y la aplicación del estimulador de brotación.

ABSTRACT**COMPLETE WHITEWASHING OF APPLE TREES: AN APPROACH TO
IMPROVE CHILL UNITS IN REGIONS OF WARM WINTER****By****JOSÉ ALEXANDER GIL MARIN****DOCTOR IN SCIENCE****IN ENGINEERING OF SYSTEMS OF PRODUCTION****ANTONIO NARRO AGRARIAN AUTONOMOUS UNIVERSITY****BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MARZO 2008**

Dr. Alejandro Zermeño González - Advisor

Key words: *Malus domestica* Borkh, chill units, whitewashed, calcium hydroxide, yield.

The effect of the total whitewashed of apple trees (*Malus domestica* Borkh), in the internal temperature of the branches and trunks, the accumulation of chill units (CU), its effect in the yield and quality of the fruit and its relationship with the thidiazuron application (TDZ) as promoter of bud breaking was evaluated in the beginning of the winter.

The study was conducted on an apple orchard located in Jame, municipality of Arteaga, Coahuila, Mexico, during the winters of 2004-2005 and 2005-2006. To evaluate the effect of complete whitewashing of apple trees on

fruit yield and quality and the relation with the use of TDZ to promote budbreak, a complete randomized block with five treatments and six replications was used on each location. The experimental unit was one tree.

The complete whitewashing of the apple trees was done on December 3 in the winter of 2004 –2005 and on December 7 in the winter of 2005 – 2006, using a portable sprinkler when the trees were totally defoliated. The solution to whitewash the trees was made dissolving 1.5 kg of calcium hydroxide (Quimex 95, Caleras de la Laguna), 15 mL of Bionex as adherent on 10 L of water, to whitewash the six trees of the corresponding treatment. A second application of the suspension was applied on the first week of January of 2005 and 2006.

The solution of TDZ was prepared dissolving 3 g of TDZ (Thidiazuron) and 15 mL of Bionex as adherent in 10 L of water to shower the six trees of the corresponding treatment. The application of TDZ as pulsating was made on the same date of the whitewashing. The trees were first whitewashed during the morning and the TDZ was applied during the evening. As budbreak promoter, the TDZ was applied on march 2 of 2005 and march 7 of 2006.

To evaluate the effect of complete whitewashing in the internal temperature of the trees and the accumulation of chill units (ACU), two thermocouples of copper-constantan (0.6 mm of diameter) were inserted under the bark of four branches (two in the north and two in the south side) of one tree on the treatment two (complete whitewashing at the beginning of winter) and

another of the treatment one (control). Two thermocouples of the same characteristics were also inserted in the north and south face of the trunks of the same trees. Air temperature was measured with a probe of temperature and relative humidity (Vaisala, Inc.), the measurements were made at a rate of 5 s, to obtain average values of 30 min during the winter months (december to march), using a datalogger (23X, Campbell Sci, Inc.).

From the models of Erez and Lavee (1971) and Shaltout and Unrath (1983), five intervals of temperature and the corresponding weighing factor were defined, to obtain the accumulated chill units (ACU) during the study time. The ACU were calculated using the hourly average temperature of the air, and the temperature under the bark of the braches with and without whitewashing.

The results of this study indicated that at the hours of highest incidence of solar radiation, complete tree whitewashing decreases up to 5 °C the internal temperature of the branches and up to 9 °C of the trunks. The accumulated CU during the time of the study, calculated with the internal temperature of the whitewashed branches were up to 81 per cent higher than the ones recorded on the branches with no whitewashing, while the CU lost at the hours of highest solar radiation were up to 37.2 per cent smaller. Total whitewashing increased up to 27 per cent the yield per tree compared to the application of TDZ. No statistical difference in the parameters of fruit quality was observed between total whitewashing and the application of TDZ to induce bud break.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	
INDICE DE FIGURAS	
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1. Origen del manzano.....	4
2.2. Clasificación botánica.....	5
2.3. Taxonomía del manzano.....	5
2.4. Características del cultivo Golden Delicious	6
2.5. Letargo.....	7
2.5.1. Concepto de letargo.....	7
2.5.2. Fases del letargo.....	9
2.5.3. Factores que inducen letargo.....	10
2.5.3.1. Factores exógenos.....	10
2.5.3.1.1. Fotoperíodo.....	12
2.5.3.1.2. Temperatura.....	14
2.5.3.1.3. Lluvia.....	15
2.5.3.1.4. Humedad y nutrientes.....	15
2.5.3.1.5. Termoperíodo.....	16
2.5.3.2 Factores endógenos.....	17
2.5.3.2.1. Giberelinas.....	19
2.5.3.2.2. Auxinas.....	20
2.5.3.2.3. Citocininas.....	22
2.5.3.2.4. Acido abscísico.....	24
2.5.3.2.5. Etileno.....	26
2.5.3.2.6. Respiración.....	27
2.5.3.2.7. Interacción entre giberelinas y	

V. CONCLUSIONES.....	66
VI. LITERATURA CITADA.....	67
ANEXOS.....	75

INDICE DE CUADROS

CUADRO N°		PÀGINA
2.1	Rangos de temperatura y factores de ponderación para la estimación de unidades frío del modelo Utah.	35
2.2	Rangos de temperatura y factores de ponderación para la estimación de unidades frío del modelo propuesto por Gilreath y Buchanan (1981).	37
2.3	Rangos de temperatura y factores de ponderación para la estimación de unidades frío del modelo propuesto por Shaltout y Unrath (1983).	38
3.1	Intervalos de temperatura y factores de ponderación para calcular las unidades frío acumuladas.	49
4.1	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, Jamé, Municipio de Arteaga, Coahuila, México.	58
4.2	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 17 de Diciembre al 10 de marzo, 2006, Jamé, Municipio de Arteaga, Coahuila, México.	59
4.3	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, Coagula, México. 62
- 4.4 Unidades frío acumuladas o perdidas (UFA) en función de la temperatura del aire y de las ramas con y sin encalado de las 11:00 a las 17:00 h para varios días de los meses de invierno, 2006. Jamé, Municipio de Arteaga, Coahuila. 62
- 4.5 Rendimiento promedio (Kg/árbol) y parámetros de calidad en frutos de manzana cv Golden Delicious, evaluados en los inviernos 2004 – 2005 y 2005 – 2006, en Jamé, Municipio Arteaga, Coahuila. 64

INDICE DE FIGURAS

Figura N°		Página
3.1	Preparación de la suspensión de hidróxido de calcio.	47
3.2	Aplicación de la suspensión de hidróxido de calcio con la aspersora portátil.	47
3.3	Inserción de termopares en las ramas del tratamiento encalado.	48
3.4	Inserción de termopares en el tronco, lado sur del tratamiento control.	49
3.5	Cosecha y clasificación de frutos.	51
4.1	Temperatura del aire y de las ramas con y sin encalado y la radiación solar observada el 29 de enero, durante el invierno 2004-2005, en Jamé, Arteaga, Coahuila.	52
4.2	Temperatura del aire y de las ramas con y sin encalado y la radiación solar observada el 14 de febrero, durante el invierno 2004-2005, en Jamé, Arteaga, Coahuila.	53
4.3	Temperatura del aire y de las ramas con y sin encalado y la radiación solar observada el 22 de diciembre, durante el invierno 2005-2006, en Jamé, Arteaga, Coahuila.	53

- | | | |
|-----|---|----|
| 4.4 | Temperatura del aire y de las ramas con y sin encalado y la radiación solar observada 6 de enero, durante el invierno 2005-2006, en Jamé, Arteaga, Coahuila. | 54 |
| 4.5 | Temperatura del aire y de los troncos con y sin encalado y la radiación solar observada 29 de enero, durante el invierno 2004-2005, en Jamé, Arteaga, Coahuila. | 55 |
| 4.6 | Temperatura del aire y de los troncos con y sin encalado y la radiación solar observada 10 de febrero, durante el invierno 2004-2005, en Jamé, Arteaga, Coahuila. | 56 |
| 4.7 | Temperatura del aire y de los troncos con y sin encalado y la radiación solar observada 22 de diciembre, durante el invierno 2005-2006, en Jamé, Arteaga, Coahuila. | 57 |
| 4.8 | Temperatura del aire y de los troncos con y sin encalado y la radiación solar observada 6 de enero, durante el invierno 2005-2006, en Jamé, Arteaga, Coahuila. | 57 |

I INTRODUCCIÓN

En México, el manzano es uno de los frutales de clima templado de mayor importancia. En los últimos años la producción de esta fruta ha aumentado notablemente debido a la demanda que tiene, por su valor alimenticio y terapéutico, y por la calidad y diversidad de productos que se obtienen en la industria transformadora.

En 2006, el total de superficie sembrada a nivel nacional fue de 61 058 hectáreas, con una producción de 600 492.2 toneladas y con un rendimiento promedio de 6.77 ton/ha (Inegi, 2007). Los cultivares más sembrados son: Golden Delicious con un 80 por ciento y Red Delicious un 15 por ciento. Por otro lado, de acuerdo a las preferencias del consumidor, por orden de importancia son: Golden Delicious, en un 60 por ciento y Red Delicious 35 por ciento (Mata y León, 1997).

El manzano es un árbol caducifolio que requiere durante el invierno (de noviembre a febrero) de un periodo de exposición a bajas temperaturas para acumular suficientes unidades frío (UF) y lograr así, una adecuada y uniforme brotación de yemas vegetativas y florales (Ramírez y Cepeda, 1993; Ghariani-k y Stebbins, 1994). Una UF se puede definir como el lapso de tiempo transcurrido a una temperatura entre 0 y 7.2 ° C (Calderón, 1988 y Shaltout y

Unrath, 1983). La acumulación de frío es el factor determinante para que los árboles caducifolios rompan el endoletargo (Bidwell, 1993).

Las necesidades de frío (UF) para manzano varían de 218 ± 113 para la variedad Anna; de 800 a 1200 para la mayoría de las variedades y hasta 1526 ± 113 para "Wright" (Hauagge y Cummins, 1991). El cultivar Golden Delicious requiere aproximadamente 850 UF para lograr una buena y uniforme brotación de yemas y obtener así, cosechas uniformes y de buenos rendimientos (Ramírez y Saavedra, 1990; Ghariani-k y Stebbins, 1994), aunque los requerimientos de UF no solo dependen del cultivar si no también de las interacciones entre el cultivar y los factores ambientales (Hauagge y Cummins, 1991 y Carvajal *et al.*, 2000).

Una deficiente acumulación de unidades frío trae como consecuencia un período de descanso prolongado, floración irregular y deficiente, inhibición y desprendimiento de yemas florales y vegetativas, y aborto de embriones (Calderón, 1988; Ramírez y Cepeda, 1993), lo cual resulta en una producción extemporánea, con frutos de mala calidad, falta de maduración y tamaño reducido.

Durante el invierno, en las zonas productoras de manzana de México generalmente no se presentan las horas frío requeridas para que el árbol acumule las UF necesarias para una brotación y floración aceptables. Esto se debe fundamentalmente a que en el periodo de reposo se presentan

temperaturas altas durante el día (arriba de 20° C), lo cual reduce las UF acumuladas durante la noche. Esta variación de temperatura ocasiona que se acumule solo entre 60 y 80 por ciento de las UF que requiere el manzano para brotar normalmente. Las condiciones anteriores provocan que el árbol brote y florezca en forma deficiente, causando con esto que el rendimiento final se reduzca significativamente año con año.

Para resolver este problema, se utilizan productos químicos o reguladores de crecimiento como promotores de brotación y floración, los cuales se aplican en un promedio de 20 días antes de la brotación (Marzo). Sin embargo, los resultados de estas aplicaciones no siempre son favorables, ya que dependen de la cantidad de UF acumuladas durante el invierno, fecha de aplicación y concentración utilizada (Siller – Cepeda *et al.*, 1992; Dozier *et al.*, 1990; Steffens y Stutte, 1989).

Con base a lo anterior, el objetivo principal de esta investigación fue evaluar el enfoque del encalado completo de los árboles de manzano para mejorar la acumulación de unidades frío.

Los objetivos específicos fueron: evaluar el efecto del encalado total en la temperatura interna de las ramas y troncos y su relación con la acumulación de unidades frío; determinar el efecto del encalado total en el rendimiento y calidad de frutos y su relación con el rendimiento obtenido con la aplicación de thidiazuron.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Origen del manzano

La manzana ha sido un fruto simbólico a lo largo de la historia, se cita en la Biblia como el fruto prohibido que provocó la expulsión del ser humano del paraíso. Incluso sin conocer su composición química y sus propiedades nutricionales, la sabiduría popular siempre le ha atribuido virtudes saludables. Hace miles de años que se recolectan estas frutas. Se cree que ya existían en la prehistoria tal y como lo demuestran restos arqueológicos que se han encontrado en excavaciones neolíticas. En el siglo XII a.c. el manzano era cultivado en los fértiles valles del Nilo en tiempos del faraón Ramsés III. En el siglo XVI, los conquistadores españoles extendieron el cultivo de la manzana al nuevo mundo y, 100 años después, desde Iberoamérica, el manzano emigró a América del Norte y posteriormente a África septentrional y Australia.

Se desconoce el origen exacto del manzano, aunque se cree que procede del cruzamiento y selección de varias especies de manzanos silvestres europeos y asiáticos. Según V. V. Ponomarenko las primeras razas cultivadas de manzano, se originaron de la especie *Malus sieversii* (Ledeb.) Roem hace 15.000-20.000 años y la cual crece en las regiones montañosas de Asia media (Infoagro, 2007).

2.2 Clasificación Botánica

El manzano (*Malus spp.* L.) es un árbol de tercera dimensión, pues su altura es de 6 a 10 m., de raíces con magnitudes de 3 a 8 m., tronco generalmente tortuoso, ramas gruesas, copa ancha y poco regular; la raíz es típica rastrera, ramificada, las hojas son caducifolias, alternas, acuminadas terminan en una punta cortada, color verde oscuro por el haz y blanquecino por el envés. La inflorescencia es un corimbo formado de seis a ocho flores, pentámeras hermafroditas de color rosa pálido. El fruto es un pomo carnoso (Calderón, 1990).

2.3 Taxonomía del manzano

Según Reyes *et al.* (1977):

Reino----- Vegetal
 Subreino----- Fanerógama
 Tipo----- Angiosperma
 Clase----- Dicotiledónea
 Familia----- Pomáceas
 Género----- Malus
 Especie----- Silvestres
 Nombre común----- Manzano

2.4 Características del cultivo Golden Delicious

El cultivar Golden Delicious es originario del Oeste de Virginia, EUA, por su gran rango de adaptación es un cultivar ampliamente establecido en las diferentes regiones manzaneras. Los árboles son de crecimiento vigoroso, precoces y de gran producción. Su fruta es de color amarillo dorado, alargada, con la carne blanco-amarillenta y firme; características que le dan gran aceptación en el mercado. El pedúnculo es largo o muy largo, de piel delgada, cubierta con lenticelas grisáceas; comúnmente es atacado por la carepa o russeting, que consiste en un pardeo o aspereza de la piel, defecto de tipo fisiológico que resta calidad a la fruta, provocado al parecer por una deficiente circulación de la savia bajo la piel de los frutos jóvenes. Las causas que lo provocan pueden ser el frío después de floración, un periodo de sequía prolongado en primavera, encharcamientos, mala aireación, enfermedades del sistema radicular, etc. El periodo de cosecha para el cultivar es a finales de septiembre u octubre, presentando una buena conservación natural; pudiéndose prolongar con el uso de cámaras de atmósferas controladas. Otra de sus características importantes es su gran acción polinizadora ya que se adapta con la mayoría de las variedades comerciales (Álvarez, 1980).

2.5. Letargo

2.5.1. Concepto de letargo

El letargo puede definirse como el cese del proceso de crecimiento y metabolismo suspendidos durante el invierno, reiniciando su periodo vegetativo en primavera, no antes. (Bidwell, 1993).

Calderón (1990) menciona que el vocablo letargo, debe ser empleado para indicar la suspensión o detención del crecimiento sin importar la causa que lo provoca.

Por otro lado, Ramos (1986) señala que cuando el crecimiento se detiene a causa de condiciones externas desfavorables (temperaturas, suministros de agua, etc.) esta clase de letargo es llamada "Quiescencia" (actualmente Ecoletargo) mientras que cuando el crecimiento se detiene a causa de factores internos (el crecimiento no se da aunque las condiciones sean favorables) a este tipo se le define como reposo (actualmente Endoletargo).

Becerril y Rodríguez (1991) proponen la siguiente terminología para definir los diferentes casos de letargo:

a) Endoletargo: Letargo que se establece a partir de la percepción de un estímulo ambiental (fotoperíodo y baja temperatura) que genera una condición

fisiológica endógena (acumulación de inhibidores) que controla el crecimiento de la planta. Este término sustituye a reposo.

b) Ecoletargo: Letargo controlado por factores ambientales que son necesarios para el crecimiento, como temperatura, agua y luz. Este término sustituye a Quiescencia.

c) Paraletargo: Letargo debido a un factor ambiental limitante o a la presencia o continua producción de factores inhibitorios, causada por otra parte de la planta o por las cubiertas seminales de la yema. Este término es equivalente a inhibición correlativa.

Las pomáceas (manzano, peral y otros), drupáceos (duraznero, chabacano y otros), algunos no frutales (álamos, chopos, sauce y otros); son todos caducifolios en otoño y que dan un letargo en invierno. Esta característica no es solo una protección al medio, sino un requisito para la brotación regular y uniforme de las yemas vegetativas y florales en primavera (Rojas y Ramírez, 1993).

Por otra parte, Bidwell (1993) señala que durante el letargo no solamente ocurre una inactivación del metabolismo, sino también el desarrollo de órganos especializados (escamas en las yemas) o de sustancias (materiales gomosos impermeables), así como el envejecimiento y abscisión de las hojas de los

árboles, evento programado en el desarrollo que requiere un metabolismo de síntesis especializado (Bidwell, 1993).

2.5.2. Fases del letargo

Reyes *et al.* (1977) hizo una descripción de la etapa de letargo de un caducifolio, estableciendo sus periodos principales durante el invierno, separándolo en las siguientes fases:

Fase 1: Consiste en un descanso preliminar (ecoletargo) y se inicia después de la formación de las yemas terminales; las cuales debido a las condiciones desfavorables del medio no crecen mucho (control exógeno), el crecimiento puede ser estimulado por calor, riegos, fertilización, etc.

Fase 2: Es el descanso inicial y se presenta poco después de la caída de las hojas; en este estado, la brotación puede ser inducida por condiciones externas como fertilización y aplicación de hormonas.

Fase 3: Es el descanso principal en el cual se presenta un estado de letargo más profundo (endoletargo), su duración es hasta unos días antes de la brotación. El árbol se encuentra bajo control endógeno y solo puede continuar su crecimiento hasta que acumule cierto número de horas frío.

Fase 4: Este se presenta antes de la brotación, una vez que se han completado los requerimientos de frío.

Fase 5: Es la brotación en la cual deben presentarse condiciones climáticas favorables, como son: temperatura, fotoperíodo, humedad, etc.

2.5.3. Factores que inducen al letargo

El letargo de acuerdo con el origen que lo provoca puede dividirse en dos causas:

La primera llamada Ecoletargo; que se refiere a la inactividad de las yemas por los factores externos de días cortos, fríos; poca humedad; y cuando la causa que lo provoca desaparece; el crecimiento se reanuda.

La segunda es el Endoletargo, que se refiere a la inactividad por causas internas que tiene lugar aun cuando las condiciones ambientales sean favorables (Rojas y Ramírez, 1993 y Reyes *et al.* 1977).

2.5.3.1. Factores exógenos

El estudio de la relación entre los factores climáticos y los fenómenos periódicos de los vegetales, es el objeto de la fenología vegetal. Definiéndose a ésta como la ciencia que estudia los fenómenos periódicos de los vegetales y su relación con el clima y el tiempo atmosférico (Azzi, 1971; De Fina y Ravelo, 1975). Por su parte, Font (1982) la define como el estudio de los fenómenos biológicos arreglados a ciertos ritmos periódicos, como la brotación de yemas, floración, caída de hojas, el crecimiento y maduración de los frutos, etc. Al respecto Calderón (1988), cita que la ocurrencia y duración de estos eventos en

los frutales están determinados por características genéticas de las especies, modificadas o influidas por factores climáticos presentes; que suelen variar de un año a otro y pueden provocar el acortamiento o alargamiento de los lapsos entre la floración de una especie o variedad, o modificar el orden de la misma y la dirección de las etapas.

Parece ser que los factores externos del árbol, en especial los climáticos, influyen de manera notable sobre la fisiología de éste dictándole instrucciones sobre la síntesis de sustancias promotoras o inhibitoras. Cuando las cantidades de promotores son altas, los árboles son inducidos a crecer, mientras que si predominan los inhibidores se induce el reposo.

Factores externos, tales como: temperatura, radiación solar, humedad ambiente y edáfica, fotoperíodo, niveles de fertilización, labores de cultivo, etc., influyen en el mecanismo que determina la caída de las hojas y la entrada en reposo de los árboles, el cual se considera que empieza en estos desde el momento en que se detiene el crecimiento vegetativo anual, aun antes del desprendimiento de las hojas. A partir de ese momento las distintas actividades fisiológicas disminuyen al mínimo en la parte aérea, pero parecen ser más acentuadas en las subterráneas. Así la respiración, aunque latente, continua efectuándose mientras que la fotosíntesis, la transpiración estomática, la traslocación de sustancias y el metabolismo en general desaparece en su acción (Calderón, 1990).

Entre los factores exógenos tenemos:

2.5.3.1.1 Fotoperíodo

El acortamiento de la longitud del día como consecuencia de la progresiva proximidad del otoño y del invierno es un factor importante para el reposo de las yemas de las especies leñosas (Devlin, 1982).

La luz controla el letargo de algunos árboles. Tanto el establecimiento como la terminación del reposo puedan controlarse por medio del fotoperíodo (Weaver, 1996).

Una conclusión válida fue hecha por Salisbury y Ross (1997), que indican que los factores primordiales para la inducción del periodo de letargo están determinados principalmente por las temperaturas bajas y por la duración del día, variando la proporción de estos factores de acuerdo a la especie vegetal de que se trate.

Otros autores proponen que el pigmento fitocromo en las hojas percibe el fotoperíodo y estimula el proceso del descanso y promueve la resistencia, la cual se transloca a la yema (Ryugo, 1993).

Las hojas son los receptores de esta respuesta a los días cortos, a través del mecanismo de conversión de fitocromo de una a otra forma (Westwood, 1982).

Calderón (1988) menciona que se ha observado que al tener lugar el acortamiento en la longitud del día, durante la estación de crecimiento, la cantidad de inhibidores producidos por las hojas y las yemas se incrementa grandemente. Las hojas de las especies de latitudes boreales captan el acortamiento de la longitud del día al final del verano e inician mecanismos inhibitorios que detienen su crecimiento mucho antes de que lleguen las primeras heladas de otoño (Westwod, 1982).

Los días cortos de algún modo promueven la síntesis del ácido abscísico (ABA) a través de un sistema mediado por el fitocromo.

El mecanismo basado en la longitud del día no es el único que funciona para determinar el letargo. Varios árboles son relativamente insensibles a la longitud del día incluyendo algunos frutales como: manzano, peral y ciruelo (Bidwell, 1993).

Por otra parte, el mismo Bidwell (1993) indica que el fotoperíodo es percibido por las hojas, pero las principales partes que inician la respuesta de la planta son las yemas y el ápice. Las hojas deben ser inducidas a elaborar una sustancia inhibitoria u hormona que se transporte a las yemas.

En muchos casos, el fenómeno del reposo de las yemas es característico de especies leñosas que pierden sus hojas antes del inicio del invierno (Devlin, 1982).

Wareing demostró que las yemas de algunos árboles leñosos percibían los estímulos fotoperiódicos y que la presencia de hojas no es necesaria para esta función, en cambio, Erez y colaboradores demostraron que los brotes latentes de durazno, carentes de hojas, son receptores de la luz y que la iluminación puede poner fin al reposo de sus yemas (Weaver 1996).

Warein encontró que las yemas de plantitas de haya (*Fagus sylvatica*) sin hojas son capaces de realizar la percepción fotoperiódica, interrumpiendo el reposo en condiciones de días largos y manteniéndose en reposo cuando la longitud de los días son de 12 horas o menos. La interrupción del reposo de las yemas de haya se produce sin necesidad de tratamiento por bajas temperaturas (Devlin 1982).

2.5.3.1.2 Temperatura

La exposición al frío tiene una doble función, por un lado induce a que se presente y por el otro a que se termine el letargo; ya que parece ser que actúa destruyendo a los inhibidores y favorece la formación de los promotores (Calderón, 1988).

Bidwell (1993), sugiere que, es importante mencionar que el factor principal para el reposo es la baja temperatura, ya que sin ésta no habrá brotación. Por lo que las bajas temperaturas ponen fin al periodo de reposo de las yemas; las temperaturas que apenas rebasan el punto de congelación son por lo común las mejores (Weaver, 1996).

Es interesante indicar que la acción de las bajas temperaturas invernales para romper el periodo tiene un efecto puramente local sobre cada yema de árbol, no transmitiéndose su efecto de una parte a otra de él (Calderón, 1990)

2.5.3.1.3 Lluvia

La lixiviación de las sustancias inhibitorias por la lluvia es un importante factor en la reducción de los requerimientos de frío en yemas (Westwod y BJORNDTAD, 1978). El efecto de la lluvia ha sido considerado por Erez y COUVILLON (1983) como una reducción en la temperatura de las yemas más que a la lixiviación. No se han encontrado diferencias en el contenido de minerales en las yemas irrigadas, que pudieran ser atribuidas a la lixiviación (GILREATH y BUCHANAN, 1981), arrojando de este modo nuevas dudas sobre la importancia de la lixiviación sobre el fenómeno del rompimiento de yemas.

El exceso de agua, fertilización y podas fuertes son causa del excesivo crecimiento durante el verano, lo que puede retrasar la entrada al reposo y por lo tanto su salida (Calderón, 1990). Los nublados, la niebla y la lluvia actúan como factores que afectan en una forma 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 BJORNDTAD, 1978).

2.5.3.1.4 Humedad y nutrientes

La humedad o su carencia, parece importante para iniciar el letargo en algunas plantas, particularmente aquellas que recurren a él para sobrevivir

temporadas calientes y secas. Nuevamente parece que las hojas son los órganos de percepción, pero el resultante es el letargo en los tallos y ramas (Bidwell, 1993).

La sequía o la falta de nutrientes, especialmente de nitrógeno puede influir para que se presente el reposo, pero su mayor efecto va dirigido hacia el proceso de la latencia.

Posiblemente los factores ambientales influyen directamente sobre la fisiología del reposo, estimulando al árbol para que sintetice sustancias promotoras o inhibidoras (Calderón, 1988).

El ácido abscísico (ABA) incrementa su producción, cuando la planta está sujeta a diversas condiciones de estrés, como deficiencias nutrimentales, inundación, sequía, etc., proporcionando resistencia a la planta a tales tensiones (Devlin, 1982).

2.5.3.1.5 Termoperíodo

El tratamiento con frío no es el único requerimiento para romper el letargo; para que se reactive el crecimiento se requieren temperaturas calidas y en muchas especies, días largos. Así, si en medio del invierno una planta que ya ha completado su tratamiento frío, seguirá dormida hasta que se presente tiempo caluroso o se alarguen los días u ocurran ambas cosas (Bidwell, 1993).

Por lo que al salir del letargo hay un periodo de quiescencia, este estado final necesita acumular horas de calor para que las yemas broten (Rojas, 1987).

2.5.3.2. Factores endógenos

La reducida cantidad de sustancias naturales del crecimiento que se encuentran en las plantas, controla su crecimiento y desarrollo. Existen procesos como la iniciación de las raíces, el establecimiento y terminación de los períodos de letargo, reposo, floración y desarrollo de frutos, abscisión, senescencia y ritmo de crecimiento, que se encuentran bajo control hormonal.

La respuesta de una planta o una parte vegetal a una cierta sustancia del crecimiento, puede variar según la especie y la variedad; incluso una variedad determinada puede responder de manera diferente en condiciones ambientales distintas (Weaver, 1996).

La causa del letargo invernal del manzano son varias y entre las más importantes están: la disminución del fotoperíodo, el descenso de los niveles endógenos de promotores de crecimiento (Giberelinas, Auxinas y Citocininas) combinando con un aumento del nivel de los inhibidores (ácido abscísico), también hay una baja en la tasa respiratoria todo esto en conjunto provoca el inicio del letargo (Westwood, 1982 y Calderón, 1988).

Entrar al letargo es un proceso metabólico activo, que resulta de la síntesis de ácidos nucleicos y de proteínas, y no un simple proceso pasivo como la cesación del metabolismo causado por una nutrición inadecuada.

Las hormonas pueden afectar el crecimiento para estimular la síntesis del RNA y por lo tanto la síntesis de proteínas que deben acompañar necesariamente al crecimiento (Bidwell, 1993).

Los fitorreguladores se definen como compuestos orgánicos diferentes de los naturales que en pequeñas cantidades fomentan, inhiben o modifican de alguna forma cualquier proceso fisiológico de los vegetales.

Las hormonas vegetales son sustancias orgánicas extremadamente activas, producidas por la misma planta, cuya función consiste en integrar las actividades del desarrollo y condicionar la respuesta a los cambios del medio ambiente, por lo que son los agentes que regulan el potencial genético intrínseco de la planta. Por lo común las hormonas se desplazan en el interior de las plantas, de un lugar de producción a un sitio de acción (Weaver, 1996).

Por los efectos que producen, las hormonas se clasifican en los siguientes grupos: Auxinas, Giberelinas, Citocininas, Etileno y ácido abscísico.

2.5.3.2.1 Giberelinas

Algunos autores reportan que la concentración de giberelinas endógenas se mantiene baja durante el periodo de reposo, pero aumenta tres veces en cuanto la planta empieza a brotar (Devlin 1982).

Las giberelinas tienen como acción básica el modificar el mensaje genético que lleva el RNA, ya que cuando falta se presenta el síntoma típico de falta de amilasa en la planta (Rojas, 1984). Las giberelinas aceleran la síntesis de RNA en los núcleos aislados; es razonable suponer que esto se relaciona con su mecanismo de acción.

Sabemos que actúan en la despresión génica y estimulan la síntesis del RNA. Parece probable que estén ligadas a los sitios de acción por fuerzas débiles de manera similar a las auxinas (Bidwell, 1993).

Las giberelinas retrasan la terminación del reposo de las yemas de vid y cerezo, cuando se aplican un año antes. La brotación de las yemas de las variedades de uva con semilla, se retrasa cuando se asperjan las plantas con giberelinas durante la temporada anterior de crecimiento (Weaver, 1996).

Nigond demostró que al asperjar en febrero o marzo las parras de la vid "Aramon" con ANA, en concentraciones de 750 a 1000 ppm se retrasa la brotación de las yemas de 16 a 27 días (Weaver, 1996).

2.5.3.2.2 Auxinas

Colorado (1997), señala que varios investigadores están de acuerdo que el ácido indol acético (AIA) es la única auxina natural; pero ésta no es usada comercialmente debido a que es inestable en solución o cuando ésta se aplica a las plantas, la mayoría de las auxinas sintéticas tienen una gran estabilidad y se ha encontrado un amplio uso en el ámbito agrícola.

La auxina presente en forma natural en la planta es el ácido 3-indolacético (AiA), éste produce un aumento general en la respiración de los tejidos y promueve la síntesis del RNA mensajero y, por consiguiente; de las proteínas-enzimas y proteínas estructurales (Agrios, 1985).

Ryugo (1993), señala que los contenidos de auxinas de las yemas tomadas de árboles de pera y cerezo sometidos o no a frío, se habían incrementado en las yemas de los árboles sometidos a frío, pero no en las yemas de los árboles que se mantuvieron a temperatura ambiente.

Las auxinas sintetizadas en la yema terminal se transportan polarmente, exponiendo las yemas sub-apicales a niveles supra-óptimos de auxinas que las mantienen en letargo. A medida que la concentración de auxinas se diluye durante su transporte basipétalo, las yemas inferiores en brotes de uno o dos años superan la inhibición y empieza a crecer (Ryugo, 1993).

Bidwell (1993) menciona que las concentraciones de auxinas que promueven el crecimiento estimulan la síntesis de RNA y de las proteínas, en tanto que las concentraciones inhibitorias reducen su síntesis. Bajo la influencia de la auxina se estimula la síntesis de todos los tipos de RNA (RNA_m y RNA_t, y particularmente RNA ribosómico), siendo posible que el mecanismo de acción del AIA sobre los ácidos nucleicos, sea removiendo las historias que envuelven a la cadena de ADN y descubre mensajes que sin su acción, quedarían reprimidos (Rojas, 1987).

Las auxinas son hormonas cuya acción fisiológica básica es sobre el mensaje genético contenido en el DNA, determinando que la planta sintetice proteínas y enzimas nuevas combinando su química y fisiología. Los síntomas típicos son:

a) Promover el alargamiento de las células a bajas dosis, dando excesivo crecimiento a los tallos que se alargan y retuercen y creciendo las hojas mal formadas; en cambio inhibe el crecimiento a dosis altas.

b) Incrementar la respiración y en general la actividad fisiológica a bajas dosis e inhibirla a altas dosis.

Los efectos secundarios que produce la auxina son muchos y se han aprovechado tanto como herbicidas como en otros aspectos de la técnica agrícola (Rojas, 1984).

Ryugo (1993), sugiere que en los árboles de manzano, durazno y peral, de un año de edad no sometida al frío, inyecciones de auxinas y levadura hidrolizada conteniendo sustancias promotoras de actividad de citocinina indujeron la brotación de las yemas. Por otra parte, Weaver (1996) indica que la aplicación de auxinas a yemas latentes, causa un retraso en la brotación de las yemas de durazno y vid (Weaver, 1996).

Rojas (1987) indica que las aplicaciones de ácido naftalenacético (ANA), a 10 ppm estimula la floración en Litchi y manzano.

2.5.3.2.3 Citocininas

Las citocininas son sintetizadas aparentemente en las raíces y de aquí son traslocadas acropétalmente a la parte aérea. (Rojas y Ramírez, 1993).

Westwood (1982), menciona que las citocininas actúan regulando los ácidos nucleicos (ADN y ARN), la dominancia apical, la ramificación y la iniciación de yemas. Los principales lugares de síntesis de citocininas son las raíces y los frutos jóvenes. Su movimiento en las plantas parece que es en ambos sentidos, hacia arriba desde las raíces en la savia del xilema y hacia abajo desde los puntos de aplicación o síntesis en los órganos aéreos, por el floema. El flujo acropétalo de las citocininas en la savia del xilema de los árboles alcanza un máximo en la primavera, hacia la época de plena floración, baja su nivel a finales de verano y permanece bajo durante el invierno.

Bidwell (1993) señala que las citocininas no se mueven en la planta con tanta facilidad como las giberelinas y las auxinas; sin embargo, hay evidencia de que se forman en las raíces y se transportan a las hojas y tallos. Sin embargo, debe notarse que muchos experimentos han demostrado que cuando las citocininas se aplican a una hoja o a un tejido, no se mueven sino que permanece donde se aplicó. El hecho de que actúen liberando las yemas de la dominancia apical, puede relacionarse con sus efectos en la división celular. Esto, a su vez, puede relacionarse con su habilidad para estimular la producción de auxina en las células. Su efecto es sobre procesos sintéticos y muchas de las consecuencias colaterales pueden deberse a su habilidad para causar síntesis de auxinas en tejidos que estaban en reposo previamente. La reconocida presencia de las citocininas en el RNA_t, así como el hecho de que se ha demostrado que frecuentemente facilitan e incrementan la tasa de síntesis de RNA y de las proteínas. Las citocininas promueven la inhibición de la senescencia y, además, puede alcanzar su punto máximo de concentración al dirigir el flujo de aminoácidos y otros nutrientes por toda la planta.

Agrios (1985), cita que la función de las citocininas consiste en evitar la represión genética y en reactivar a los genes previamente reprimidos.

Las citocininas también interfieren con el ADN y tiene como síntoma típico el promover la división celular y retardar los síntomas de senectud en la planta, por lo que se le llama hormona juvenil (Rojas, 1984).

La aplicación de la citocinina PBA en concentraciones de 100 a 200 ppm ha demostrado que puede terminar el reposo de cuatro variedades de durazno. El computo químico compensa solamente una cantidad pequeña de horas frío (Weaver, 1996).

2.5.3.2.4 Acido abscisico

Las hojas maduras son un lugar primario para las síntesis de acido abscisico (ABA) durante los días cortos de finales de verano, pero se conocen muchos otros tejidos donde se sintetiza por lo que algunos trabajos indican que inhibidores, como el ABA, tiende a aumentar la entrada en reposo, mientras que los promotores y la actividad respiratoria disminuyen en el referido periodo (Westwood, 1982).

El acido abscisico incrementa su producción, cuando la planta está sujeta a diversas condiciones de estrés, como deficiencias nutrimentales, inundación, sequía, etc, y le proporciona resistencia a la planta a tales situaciones (Devlin, 1982).

El ABA es un inhibidor del crecimiento natural que juega un papel en el reposo de yemas y semillas e inhibe el crecimiento de brotes. Su inhibición de las acciones de auxinas, GA y citocininas parece no ser especifica en muchas situaciones (Westwood, 1982).

La imposición del letargo de las yemas por las escamas de éstas se atribuye a la acumulación de ácido abscísico en el otoño, a medida que los días se vuelven más cortos (Ryugo, 1993).

Por otra parte, Bidwell (1993) indica que el ABA es un inhibidor del crecimiento y su acción primaria parece ser la de inhibir la acción de la giberlina y estimular el letargo. Los efectos del ABA sobre el letargo y la senescencia son paralelos a su influencia sobre la síntesis de proteínas y de RNA en general; por lo tanto, parece probable que en gran parte de su acción inductora de letargo se deba a ellos.

El ABA no parece afectar la desrepresión del DNA pero incluso en situaciones en las que no ocurre síntesis de RNA_m, inhibe la síntesis proteica (Bidwell, 1993).

En algunos casos, el ABA bloquea la síntesis del ARN, inhibiendo específicamente la producción de enzimas inducidas por GA. El papel regulador del ABA en el reposo de yemas y semillas parece ligado al cambio de niveles de GA y otros promotores que se eleva marcadamente, cuando se ha cubierto la necesidad de frío y ha terminado el periodo de reposo (Westwood, 1982).

2.5.3.2.5 Etileno

El etileno se produce en gran cantidad en los tejidos de los frutos carnosos al madurar, pero también se ha comprobado su síntesis en el tallo y flores; se forma a partir de aminoácidos metionina (Rojas y Ramírez, 1993).

El etileno induce la síntesis de RNA y de proteínas. Se cree que ejerce su acción a través de un receptor, pero se discute si se liga con el etileno como tal o con un metabolito como etilenglicol. El etileno induce cambios en la expresión génica probablemente a través de una etilen-proteína (Rojas y Ramírez, 1993).

Westwood (1982), indica que la introducción de sustancias químicas generadoras de etileno; por ejemplo, Ethrel; al aplicarse a las plantas, se descompone para producir etileno (C_2H_4), fosfato y CHI. El etileno así producido origina en los tejidos varios efectos de interés; promueve la abscisión de las hojas y frutos; estimula la iniciación floral; provoca la salida del reposo de yemas y semillas; inhibe, en unión con las auxinas, el desarrollo de yemas laterales.

Se ha demostrado que el AIA estimula la formación de Etileno en muchas situaciones y éste causa la epinastia y muchos de los efectos formativos que también se atribuyen al AIA. Muchos de los efectos que se habían atribuido previamente a las auxinas son causados por la sola aplicación de etileno. (Bidwell, 1993).

2.5.3.2.6 Respiración

Devlin (1982) reporta que las auxinas estimulan la respiración, este descubrimiento fue confirmado por otros investigadores, pero se desconoce el mecanismo en que actúa la auxina. Una posible explicación sugiere que el efecto es indirecto y que la auxina en realidad aumenta el suministro de ADP. Haciendo que el ATP sea usado rápidamente por la célula en crecimiento.

Se sabe que la acumulación de frío causa otros cambios bioquímicos tales como la disminución de la tasa de respiración de las células y de actividad de ciertas enzimas. Una actividad acelerada de la amilasa apresura la hidrólisis del almidón, de tal forma que el contenido de carbohidratos solubles aumenta en la vacuola, permitiendo así protección a partir del enfriamiento y proporcionando los substratos disponibles para el crecimiento en la primavera (Ryugo, 1993).

Rojas (1987) señala que durante el descanso inicial la respiración se reduce, en la fase de descanso principal el nivel de respiración sigue bajo y en lo posterior la respiración se incrementa.

Westwood (1982) indica que cuando el reposo concluye se produce un marcado incremento de los promotores respecto a los inhibidores y la respiración aumenta bruscamente.

2.5.3.2.7 Interacción entre giberelinas y ácido abscísico.

La entrada al reposo conlleva a niveles elevados de ABA y bajos niveles de giberelinas; no obstante, al terminar el reposo, ocurre lo inverso (Weaver, 1996).

El ácido abscísico (ABA) antagoniza los efectos del GA y las dos sustancias tienen posiblemente un precursor común. De ser así, parece improbable que estén ambos al mismo tiempo presentes en altas concentraciones en un tejido (Bidwell, 1993).

2.5.3.2.8 Balance hormonal

Los periodos de entrada en reposo, reposo y salida de reposo están acompañados de cambios en reguladores endógenos de crecimiento y en el metabolismo (Westwood, 1982).

Como en muchos otros fenómenos de la vida, el reposo está regulado por reguladores naturales del crecimiento, entre los cuales se encuentran las giberelinas, citocininas y el AIA (Devlin, 1982).

Bidwell (1993), menciona que es claro que por sí misma cada hormona causa cierto grado de anomalías o retardos. Por lo tanto, es el balance o interacción de las hormonas, más que la suma de sus acciones individuales, lo que da la clave del desarrollo.

La proporción elevada de inhibidores en relación con promotores, induce al reposo, mientras que la alta proporción de promotores respecto de inhibidores le pone fin (Weaver, 1996).

2.6. Efectos del frío

2.6.1. La necesidad de frío invernal

El manzano es un frutal típico de regiones frías y templadas que tiene un periodo de letargo durante la etapa invernal; las causas de este letargo invernal son varias y entre las más importantes están: la disminución del fotoperíodo, el descenso de los niveles endógenos de promotores del crecimiento (giberelinas, auxinas y citocininas) combinado con un aumento del nivel de los inhibidores (Ácido abscísico), también hay una baja de la tasa respiratoria, todo esto en conjunto provocan el inicio del letargo (Calderón, 1988 y Westwood, 1982).

Ruiz (1992) indica que la función del periodo de letargo es la protección del árbol de las bajas temperaturas invernales, esto mediante la detención del crecimiento y la lignificación de los tejidos expuestos para incrementar resistencia.

El frío tiene una doble función en el periodo de endoletargo del árbol; induciendo a que ocurra y finalice cuando así se requiera para la brotación. Las especies o cultivares que entren en endoletargo requieren de alta, media o baja acumulación de frío para terminar el proceso (Díaz, 1987).

El árbol para salir del endoletargo invernal requiere de la presencia de bajas temperaturas, seguidas de calor y fotoperíodo largo, lo que provoca la apertura de las yemas y el crecimiento del árbol (Ruiz, 1992). El frío invernal cumple la función de bajar los niveles internos de inhibidores del crecimiento, permitiendo con esto que se eleven los de promotores, así como la respiración (Rojas, 1984 y Westwood, 1982).

2.6.2. Efectos de la deficiencia de frío invernal

La falta de frío invernal para terminar adecuadamente el endoletargo, es uno de los principales factores que influyen en el poco crecimiento y baja productividad en algunos árboles frutales de zonas calidas con inviernos benignos. Entre estas zonas se encuentra México (Calderón, 1988).

Uno de los síntomas mas comunes por falta de frío, se relaciona con la brotación, es decir las yemas se retrasan en su apertura, esta es irregular y se reduce el número de yemas vegetativas y florales brotadas; todo esto tiene efectos que alteran desde el cuajado de frutos hasta prácticas culturales como raleo, aspersiones y cosecha; en algunos casos la yema vegetativa queda dormida por un periodo prolongado y se abre durante el ciclo; esto causa una deficiencia en la foliación y en el crecimiento de ramas (Díaz, 1987).

Además del retraso en la floración a consecuencia del endoletargo prolongado se presentan diferencias para brotar entre las yemas, de tal forma

que el periodo de floración se extiende considerablemente, presentando flores y frutos en diferentes etapas de desarrollo.

Cuando la floración se amplia demasiado las flores tardías pierden su capacidad de “amarrar” o su fruto no se desarrolla bien quizás por competencia, por la calidad de la flor o condiciones ambientales adversas (Lugo, 1992).

Todos los síntomas antes descritos tienen un efecto directo sobre la capacidad productiva de la planta por lo que, una adecuada acumulación de frío así como una reducida fluctuación de temperaturas para terminar el letargo invernal son factores importantes para lograr buenas cosechas.

2.6.3. Concepto de horas frío

Weinberger fue el primer investigador que propuso el uso de acumulación de horas frío por el árbol. Él observó que se requieren temperaturas cercanas a los 7° C para que el árbol descanse; sin embargo, este efecto puede ser modificado por temperaturas por arriba de este valor, ya que la alta intensidad de radiación ocasiona una brotación vegetativa temprana, provocando disturbios (Melgarejo, 1996).

Las horas frío se definen como el número de horas que pasa la planta, durante el periodo de reposo invernal, a temperaturas iguales o inferiores a un umbral, siendo frecuente que esta temperatura umbral se fije a 7 °C. Este

umbral, ha sido considerado, en otras ocasiones, dependiendo de la zona y de la especie entre 4 y 10 °C (Melgarejo, 1996).

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. No basta con conocer la temperatura de un lugar según un dato frío y oscuro de la temperatura media anual. Los datos de temperaturas medias máximas y mínimas mensuales, “si indican una situación real” de ellas se pueden sacar conclusiones aprovechables, datos que pueden dar idea de la oscilación de la temperatura durante el año y la presencia de límites de umbrales para el desarrollo.

Calderón (1990) menciona que no es posible aceptar la idea de que una acumulación de horas con temperaturas arriba, pero muy cercanas a 7.2 grados centígrados no tenga ningún valor, forzosamente tiene que tenerlo. De acuerdo a esto se han ideado y probado otros modelos para cuantificar el requerimiento de frío.

Richardson *et al.*, (1974) propusieron un modelo matemático con el cual determinaron la totalidad del frío acumulado llamándolo “unidades frío”, y que toma en cuenta las fluctuaciones de temperaturas diarias asignándoles un determinado valor de unidades frío a diferentes rangos de temperatura.

2.6.4. Las horas frío en relación con la brotación

Las yemas apicales tienen un letargo más superficial que las laterales (Erez, 1987).

Las primeras yemas que brotan son casi siempre las apicales, siguen las florales, luego las mixtas y finalmente las vegetativas laterales: probablemente este orden se debe a diferentes exigencias de frío, por lo que brotan primero las que se satisfacen con menos horas frío (Rojas, 1987). Al igual que para entrar al letargo y al salir de él, hay un periodo de quietud (ecoletargo) de modo que aunque las yemas hayan cubierto su requerimiento de frío no brotarán sino hasta que hayan condiciones externas de temperaturas y de horas luz adecuadas, así que en este estado final necesitan acumular horas de calor (Rojas, 1984).

Suelen ser las yemas más jóvenes las terminales, las cercanas a ellas, así como las que se encuentran en las partes más elevadas de ramas inclinadas o arqueadas, las que presentan mejores facultades para brotar o menores necesidades de invernación (Calderón, 1988).

El retraso en la apertura de yemas, tanto foliares, como florales, puede resultar beneficioso, porque se aleja el riesgo de las heladas tardías, aunque este problema no existe tampoco con las variedades que florecen tarde (Álvarez, 1980).

Los requerimientos diferenciales en la acumulación de frío, en diferentes partes del árbol, está relacionado con la dominancia apical y de distribución de auxinas de acuerdo con su movimiento polar, que ocasiona diferentes posibilidades de brotación y diversos grados de vigor a las yemas de acuerdo a sus posiciones sobre ramas de distinta colocación (Calderón, 1988). De la misma manera, se ha comprobado que existen requerimientos de frío diferenciales entre las yemas florales y las yemas vegetativas de los frutales caducifolios, siendo por lo general de menores necesidades las primeras, mientras que las segundas, especialmente las de posición lateral, tienen necesidades más elevadas (Calderón, 1990).

2.6.5. Modelos para estimar unidades frío.

Los primeros modelos para el cálculo de las 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 efecto y que las inmediatamente superiores al mismo 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 (UF) o Chill Unit en literatura inglesa (Melgarejo, 1996).

2.6.5.1 Modelo Utah

Este modelo, ideado por Richardson *et al.* (1974) en la Universidad de Utah (EUA) establece que todas las temperaturas no tienen el mismo efecto fisiológico para que los frutales salgan del reposo invernal. Una unidad de frío equivaldría a una hora de exposición a 6° C. Una hora con temperaturas comprendidas entre 2.5 y 9.1 ° C equivale a una unidad de 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 las unidades frío acumuladas (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Rangos de temperatura y factores de ponderación para la estimación de unidades frío del modelo Utah.

Temperatura °C	Unidades frío
< 1.4	0.0
1.5 – 2.4	0.5
2.5 – 9.1	1.0
9.2 – 12.4	0.5
12.5 – 15.9	0.0
16.0 – 18.0	-0.5
> 18.0	-1.0

Anteriormente, Erez y Lavee (1971), trabajando con condiciones de temperatura controlada, indicaron que la temperatura más eficiente para la acumulación de frío invernal es de 6 ° C, mientras la temperatura de 10° C era la mitad de eficiente que la de 6° C y que cuando la temperatura era de 21 ° C alternada con bajas temperaturas, se conseguía anular el efecto de estas últimas.

El modelo fue propuesto para determinar de forma rápida y precisa el fin del periodo de reposo de dos cultivares de melocotonero (Redhaven y Alberta) y así poder estimar a continuación la fecha en que ocurriría la plena floración. La determinación de los índices se realizó por estudios de correlación entre las temperaturas registradas en termógrafo y la presencia de ácido giberélico en las yemas (Melgarejo, 1996).

2.6.5.2 Modelo de bajas necesidades

Gilreath y Buchanan (1981) propusieron el modelo de bajas necesidades, cuya equivalencia entre temperatura y unidades frío se observa en el Cuadro 2.2. Este modelo fue desarrollado en la Universidad de Florida, donde los inviernos son mas suaves que en Utah.

Puede observarse como la máxima efectividad se obtiene para la temperatura de 8 ° C.

Cuadro 2.2. Rangos de temperatura y factores de ponderación para la estimación de unidades frío del modelo propuesto por Gilreath y Buchanan (1981).

Temperatura °C	Unidades frío
-1.0	0
1.8	0.5
8.0	1.0
14.0	0.5
17.0	0
19.5	-0.5
21.5	-1

2.6.5.3 Modelo Carolina del Norte

Shaltout y Unrath (1983) proporcionan un modelo similar al anterior pero incorporando un mayor efecto negativo a las temperaturas superiores a 21° C. Este modelo fue desarrollado en la Universidad del Estado de Carolina del Norte (EUA) para variedades de manzano y considera que la máxima efectividad para la salida del reposo invernal se obtiene para la temperatura de 7.2 °C.

Cuadro 2.3 Rangos de temperatura y factores de ponderación para la estimación de unidades frío del modelo propuesto por Shaltout y Unrath (1983).

Temperatura °C	Unidades frío
< -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

2.7. Como solucionar el problema de la deficiencia de frío invernal

2.7.1 Uso de estimuladores de brotación

Existen varios métodos para resolver las deficiencias de frío, se pueden utilizar los cultivares más adaptables a la región en cuanto a horas frío y realizar algunas prácticas de cultivo que permitan brotaciones mas uniformes, diversos autores como Calderón (1990) y Erez y Lavee (1974) entre otros, han señalado

el uso de productos químicos para compensar la falta de acumulación de frío; son muy eficientes por los resultados obtenidos y se le conoce como “Estimuladores de la Brotación “. Dichos productos estimulan las reacciones químicas internas que no se realizaron en el árbol por falta de frío.

El uso de sustancias químicas como estimuladores de brotación se remonta a los años 20, cuando se observó que las emulsiones de aceites asperjados al árbol para control de insectos, tenían un efecto benéfico en el rompimiento del letargo, siendo a partir de éstos que se inicia la búsqueda de productos químicos para lograr romper los efectos de los letargos prolongados. El efecto de estimulador fue encontrado inicialmente en el aceite de linaza y en el de foca, que eran usados normalmente para el combate de plagas; seguido a esto se determinó un mayor efecto en ciertos aceites minerales, medianamente pesados los cuales se denominaron “ aceites invernales” (Calderón, 1988).

2.7.2 Thidiazuron (TDZ)

Nombre químico (N- fenil 1,2,3-thidiazol-5 ylurea); comercialmente conocido como thidiazuron; dropp; SN 49537; TDZ. Registrado en 1976 como defoliante del cultivo de algodón, sin embargo este compuesto es 20 veces más efectivo en el rompimiento de yemas en letargo que cualquier citocinina que existe en el mercado (Steffens y Faust,1985).

Steffens y Faust (1985) mencionan que el letargo puede ser hormonalmente controlado. Las hormonas de las plantas juegan un papel muy

importante en muchos aspectos de crecimiento y desarrollo. En estudios realizados por los mismos autores, indican que el thidiazuron es muy efectivo en el rompimiento de yemas en letargo de manzano, y que aplicados en yemas de la región superior y media, tienen un efecto mas pronunciado en la liberación del letargo de yemas laterales. El rompimiento del letargo por thidiazuron es correlacionado con el incremento en DNA, RNA, proteínas, ACC (ácido carboxílico), MACC (ácido carboxílico -1- ciclopropano) y SAM (S- Adenosil Metionina) como fuente con alta formación de poliaminas. El contenido de SAM incrementado durante el rompimiento de yemas y desarrollo de brotes no parece ser un factor limitante para la biosíntesis de poliaminas y etileno; la liberación del letargo en yemas de manzano por thidiazuron fue inhibido por cordicepin, 5- fluorouracil, 6 metil purina y ciclo hexamida. La inhibición del rompimiento de yemas y desarrollo de brotes también resulta del tratamiento con DFMA y DFMO (α - Diflour Metil Arginina y α - Diflour Metil Ornitina) indicando que la formación de poliaminas es un eslabón a el rompimiento de yemas y desarrollo de brotes de manzano. La inhibición de síntesis de poliaminas de ADC u ODC (Ornitina Descarboxilasa y Arginina Descarboxilasa) puede responder sobre todo a los efectos inhibitorios. Estos experimentos indican que la manipulación de cambios metabólicos puede ser una importante herramienta en la liberación de las yemas en letargo del manzano.

Steffens y Stutte (1989) encontraron que el TDZ aplicado en ciertos cultivares de manzana de diferentes requerimientos de frío, antes del

enfriamiento de las yemas, redujo los requerimientos de frío, y aplicado después de éste promovió el rompimiento de yemas, sin embargo, el tratamiento con TDZ fue más efectivo en la promoción del rompimiento de yemas cuando fue aplicado antes de la iniciación de la acumulación de frío.

Wang *et al.* (1986) observaron que al aplicar TDZ en yemas de manzano que el gradiente rompimiento de yemas ocurrió en dirección basipétala, sugiriendo un gradiente de reposo profundo desde el ápice a la base; las yemas no tratadas con TDZ permanecieron en letargo, indicando que el TDZ no fue traslocado, sugiriéndose un efecto local sobre las yemas.

Lara (1991) menciona que el TDZ presenta un efecto positivo, en cuanto a brotación de yemas de manzano cv. Golden Delicious bajo condiciones de cero acumulación de frío, cuando se aplica mezclado con dosis superiores al 2 por ciento de Cianamida hidrogenada (HCN), conocido comercialmente como Dormex; pues cuando se aplica mezclado con Dormex al 1 por ciento se obtienen resultados ligeramente inferiores a los obtenidos si se aplica exclusivamente Dormex al 1 por ciento.

Aplicaciones de Dormex al 3 % + TDZ a 150 uM + Citrolina al 4 % se obtiene un 74.4 % de brotación del cv. Golden Delicious bajo condiciones de cero acumulación de unidades de frío.

Rosales (1991) reporta haber obtenido un mayor por ciento de brotación, en yemas de estacas de manzano, al utilizar la combinación de Thidiazuron mas Dormex que al utilizar Dormex exclusivamente.

Cedillo (1992) señala que aplicaciones de 150 μ M de TDZ + 1.5 % de Dormex resultan en un 67.7 por ciento de brotación del cv. Royal Gala, lo cual produjo el mayor porcentaje de brotación.

Martínez (1992) menciona haber obtenido un mayor porcentaje de brotación en yemas vegetativas de manzano cv. Golden Delicious al utilizar combinaciones TDZ, Dormex y citrolina.

Garza (1993) concluye que la aplicación de 150 μ M de TDZ + 1 % de Dormex se obtiene un 81.1 por ciento de brotación en el cv. Criterión, en el estadio de puntas plateadas. Fue el mejor tratamiento para las variables de brotación, rendimiento y crecimiento. Los tratamientos que llevan TDZ en relación con los que no lo llevan, incrementan en un 38.7 por ciento el rendimiento. Los tratamientos que contienen citrolina en relación con los que no tienen, incrementan en un 12.61 por ciento el rendimiento. Los tratamientos que llevan Dormex en relación con los que no lo llevan, incrementan en un 7.9 por ciento el rendimiento.

Jiménez (1998) obtuvo como resultado una mayor brotación de yemas vegetativas en manzano cv. Golden Delicious, al aplicar Revent a 1.3 y 2.6 cc

mas 4 por ciento de Citrolina en 16 litros de agua; el por ciento de brotación que se obtuvo fue de 55.5 y 59 por ciento respectivamente.

2.7.3. Encalado total de los árboles

La gran radiación solar, provocada por la ausencia de la nubosidad, contribuye de manera importante a contrarrestar el efecto del frío producido. En lugares de invierno frecuentemente nublados, aun obteniéndose las mismas temperaturas para el conteo de horas-frío, estas tienen un efecto mayor, por lo que la sombra que las nubes producen es beneficiosa.

Puede decirse, entonces, que el sombreo ejerce el efecto de reducir las necesidades de frío, pero al no ser posible producirla artificialmente de manera práctica, puede ser suplantada mediante la realización de aspersiones, a toda la parte aérea del árbol, de agua con hidróxido de calcio, de manera que este quede totalmente blanco. El color blanco reflejará la radiación solar, con lo que el calentamiento de las yemas será menor y su temperatura se mantendrá constante. Igualmente, la capa de cal sobre las yemas hará el efecto aislante. Este procedimiento, que no es caro, y si factible, puede producir buenos resultados, con la ventaja adicional de que puede determinar un retraso en la brotación, que puede ser de gran importancia en aquellas regiones en las que se presentan heladas primaverales. (Melgarejo, 1996).

Treviño (1999) utilizando la técnica del encalado total señala que la reflexión de la radiación solar fue de 10 a 15 por ciento mayor en los árboles

encalados que en los árboles control, también observó que la temperatura interna al tiempo de máxima radiación solar, las ramas de los árboles encalados fue de 3° C menor que la temperatura interna de las ramas de los árboles control. Para el periodo del 16 de diciembre de 1997 hasta el 26 de marzo de 1998 reporta 529.25 unidades frío calculadas con la temperatura interna de los árboles encalados y 349 calculadas con la temperatura de las ramas control. Estos resultados muestran efectos positivos del encalado del árbol en la acumulación de unidades frío.

Por otra parte, Hernández-Herrera *et al.* (2006) también reportan que el encalado total del manzano reduce la temperatura interna de ramas y troncos de los árboles e incrementa la acumulación de unidades frío.

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del experimento

La investigación se llevó a cabo durante los inviernos 2004-2005 y 2005-2006, en una huerta ubicada en la localidad de Jamé, Municipio de Arteaga, Estado de Coahuila, México, a una altitud de 2280 m, entre 25° 22' N y 100° 37' O. El clima 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. Los suelos son de textura franco arcilloso, calcáreos, de color claro, con pH alcalino y más de un metro de profundidad (CNA, 2004).

3.2 Material vegetal y manejo del experimento

Se utilizaron árboles de manzano de 3.5 m de altura del cultivar Golden Delicious de nueve años de edad, injertados sobre patrones MM 111. El marco de plantación de la huerta es de 3 m entre árboles y 4 m 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 aplicó en promedio de cada tres días. El control fitosanitario se realizó siguiendo las recomendaciones establecidas para la región.

3.3 Tratamientos y Diseño experimental

Los tratamientos evaluados fueron: (T1) control sin encalado ni estimulador de brotación; (T2) encalado total al inicio del invierno; (T3) aplicación de TDZ como promotor de brotación al final del invierno, que corresponde a la práctica común seguida por los productores de la región; (T4) encalado total al inicio del invierno y aplicación de TDZ al final del mismo y (T5) aplicación al inicio del invierno de TDZ como pulsador y encalado total.

El experimento se condujo bajo un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y seis repeticiones. La unidad experimental estuvo representada por un árbol.

El encalado al inicio del invierno se aplicó el 3 de diciembre para el invierno de 2004-2005 y el 7 de diciembre para el invierno 2005-2006, ambos con una aspersora portátil cuando los árboles estaban defoliados, utilizando hidróxido de calcio con un 95 por ciento de pureza (Quimex 95, Caleras de la Laguna). La suspensión para encalar se preparó disolviendo 1.5 kg de hidróxido de calcio con 0.015 L de adherente (Bionex) en 10 L de agua, para cubrir los seis árboles de cada tratamiento. Una segunda dosis de cal se aplicó en la primera semana de Enero de cada año (Figuras 3.1 y 3.2).

La solución del promotor de brotación y pulsador, se preparó disolviendo 3 g de TDZ (Thidiazuròn) y 0.015 L de Bionex en 10 L de agua. La aplicación de

TDZ como pulsador se realizó en la misma fecha en la que se aplicó el encalado total y como estimulador de brotación el 2 de marzo para el 2005 y el 7 de marzo para el año 2006.



Figura 3.1 Preparación de la suspensión de hidróxido de calcio.



Figura 3.2. Aplicación de la suspensión de hidróxido de calcio con la aspersora portátil.

3.4 Registro de temperaturas

Se insertaron termopares de cobre-constatan (0.6 mm de diámetro) por debajo de la corteza de cuatro ramas de un árbol del T2 (encalado total al inicio del invierno) y en otro del T1 (sin encalado), para evaluar el efecto del encalado total en la temperatura interna de los árboles y la acumulación de unidades frío (Figura 3.3). También se insertaron dos termopares en la cara norte y sur de los troncos de los mismos árboles (Figura 3.4). La temperatura del aire y humedad relativa se registraron con un sistema Vaisala, Inc. Las mediciones se realizaron con una frecuencia de 5 s, para generar promedios continuos de 30 min que se almacenaron en un datalogger modelo 23X (Campbell Sci, Inc., Logan, Utah).



Figura 3.3. Inserción de termopares (cobre-constantan) en las ramas del tratamiento encalado.

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), 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 3.1).

Cuadro 3.1. 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



Figura 3.4. Inserción de termopares (cobre-constantan) en el tronco, lado sur del tratamiento control.

3.5 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 componentes 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 cuatro 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. Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente utilizando el programa de cómputo Statistical Analysis System (SAS) 7.0. Se realizaron análisis de varianza y comparaciones múltiples de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).



Figura 3.5 Cosecha y clasificación de frutos, en Jame, municipio de Arteaga, Coahuila.

Se calcularon las UFA máximas (UFA max), que significan las UF acumuladas en 24 horas si la temperatura se mantuviera entre 1 y 10° C (Cuadro 3.1). También se definió un índice de acumulación relativa de UF (IAR), calculado como la relación entre las UFA obtenidas con la temperatura del aire (UFA aire) y las UFA max; a mayor valor de este índice, mejor será el invierno para el árbol. Por ejemplo, si IAR fuera uno, las condiciones climáticas del invierno para ese periodo serían ideales para la máxima acumulación de UF.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Temperatura Interna

A las horas de máxima incidencia de radiación solar (12:00 a 17:00 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 (Figuras 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4). El 29 de enero de 2005 (Figura 4.1), se encontró una diferencia de hasta 5° 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. Patrones similares se observaron en otras fechas en el transcurso de los meses de ambos invierno, en donde a las horas de mayor incidencia de radiación, siempre la temperatura de las ramas encaladas fue menor que la de las ramas sin encalado.

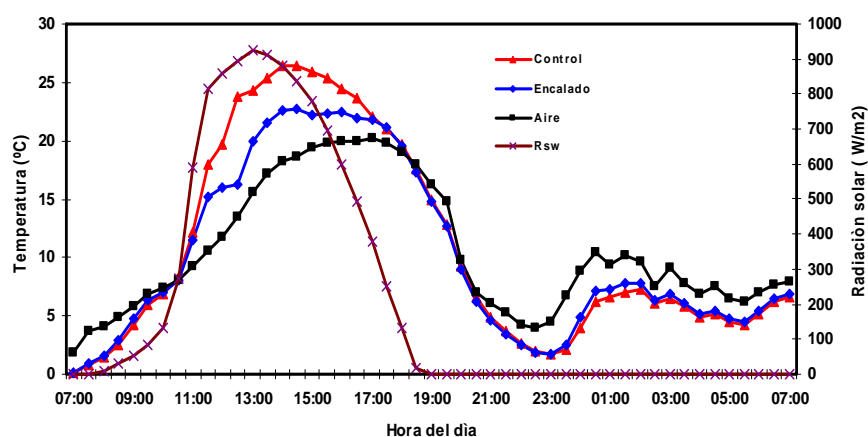


Figura 4.1. Temperatura del aire y de las ramas con y sin encalado y la radiación solar observada 29 de Enero, durante el invierno 2004-2005, en Jamé, Arteaga, Coahuila.

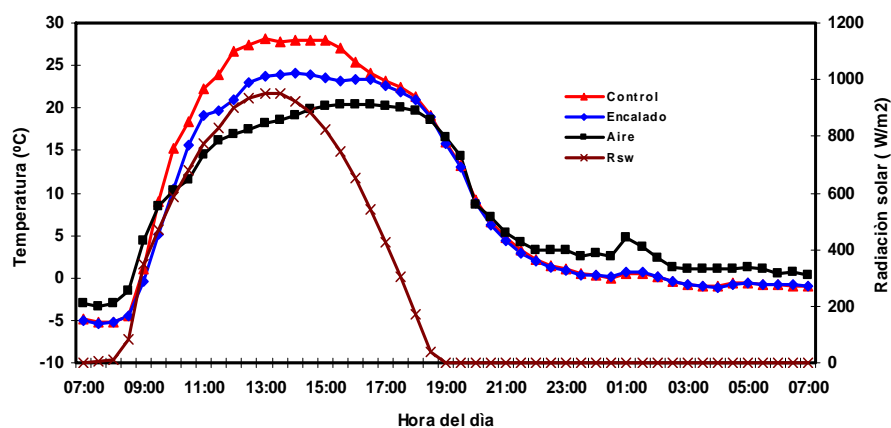


Figura 4.2. Temperatura del aire y de las ramas con y sin encalado y la radiación solar observada el 14 de Febrero, durante el invierno 2004-2005, en Jamé, Arteaga, Coahuila.

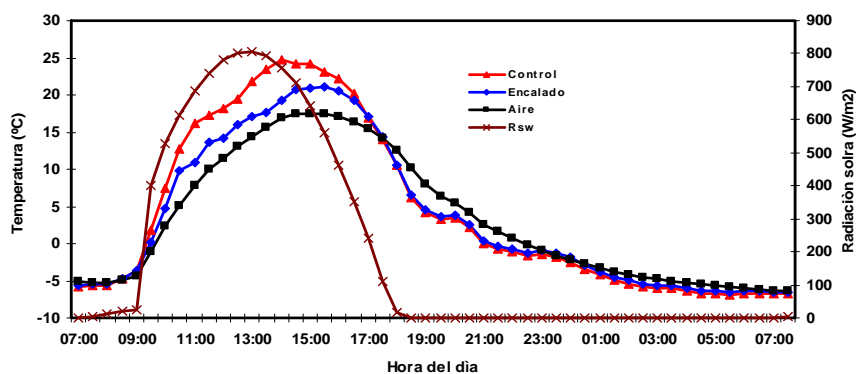


Figura 4.3. Temperatura del aire y de las ramas con y sin encalado y la radiación solar observada el 22 de Diciembre, durante el invierno 2005-2006, en Jamé, Arteaga, Coahuila.

Hernández-Herrera *et al.* 2006 también encontraron diferencias de hasta 5° C entre las ramas encaladas y sin encalar. Nótese que la temperatura

máxima de las ramas sin encalar se desfasa aproximadamente media hora con respecto a la hora de máxima incidencia de radiación solar, una hora con respecto a la temperatura máxima de las ramas con encalado y dos con respecto a la temperatura máxima del aire. Esto se debe a que las ramas encaladas absorben menos radiación, de tal forma que su calentamiento es menor y la máxima temperatura que se alcanza se desfasa con respecto a la temperatura de las ramas sin encalado. La temperatura máxima del aire, se desfasa mas que la de las ramas, debido a que el aire se calienta por efecto del flujo de calor sensible desde la superficie suelo-vegetación, la cual primero debe calentarse por efecto de la radiación solar que se absorbe, resultando en un mayor desfasamiento de la ocurrencia de la temperatura máxima.

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).

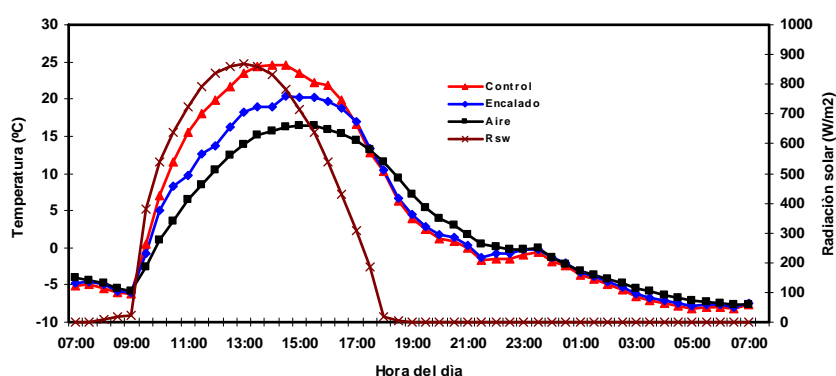


Figura 4.4. Temperatura del aire y de las ramas con y sin encalado y la radiación solar observada el 6 de Enero, durante el invierno 2005-2006, en Jamé, Arteaga, Coahuila.

El efecto del encalado en la reducción de la temperatura interna fue mayor en la orientación sur de los troncos, ya que esta permanece soleada la mayor parte del día. La Figura 4.5 indica que para el día 29 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 fue hasta 9 °C menor que la del tronco sin encalado en la misma orientación. Debido a que los troncos tienen más masa que las ramas, estos absorben más radiación solar por lo que se calientan más, de tal forma que la diferencia de temperatura con y sin encalado en los troncos fue mayor. Patrones similares de temperatura se observaron en otras fechas de ambos 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 (Figuras 4.6, 4.7 y 4.8).

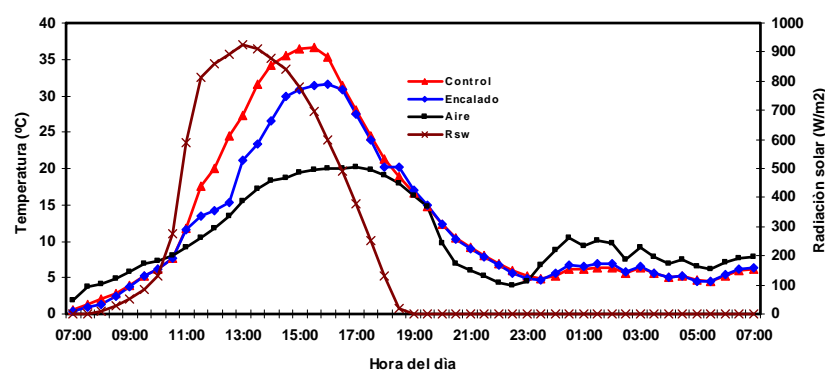


Figura 4.5. Temperatura del aire y de los troncos con y sin encalado y la radiación solar observada el 29 de Enero, durante el invierno 2004-2005, en Jamé, Arteaga, Coahuila.

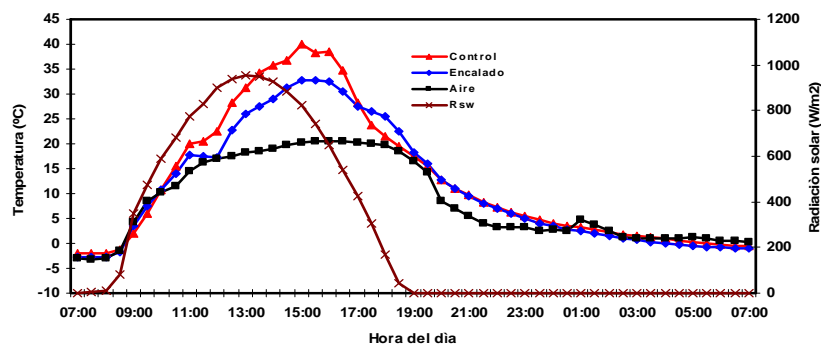


Figura 4.6. Temperatura del aire y de los troncos con y sin encalado y la radiación solar observada el 10 de Febrero, durante el invierno 2004-2005, en Jamé, Arteaga, Coahuila.

Hernández-Herrera *et al.* 2006 reportaron que la temperatura interna de los troncos encalados fue hasta 15°C menor que la de los troncos sin encalar. Nótese un retardo de hasta una hora en la ocurrencia de la temperatura máxima de los troncos sin encalado, con respecto a la hora de mayor incidencia de radiación solar, dos horas con respecto a los troncos con encalados y tres horas con respecto a la temperatura del aire. 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.

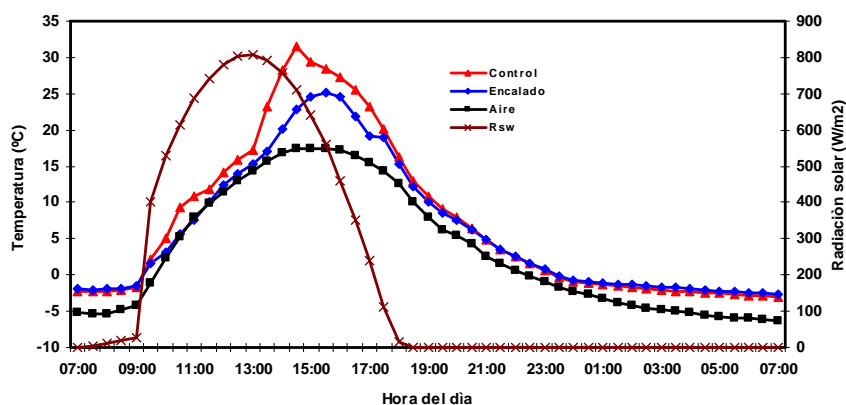


Figura 4.7. Temperatura del aire y de los troncos con y sin encalado y la radiación solar observada el 22 de Diciembre, durante el invierno 2005-2006, en Jamé, Arteaga, Coahuila.

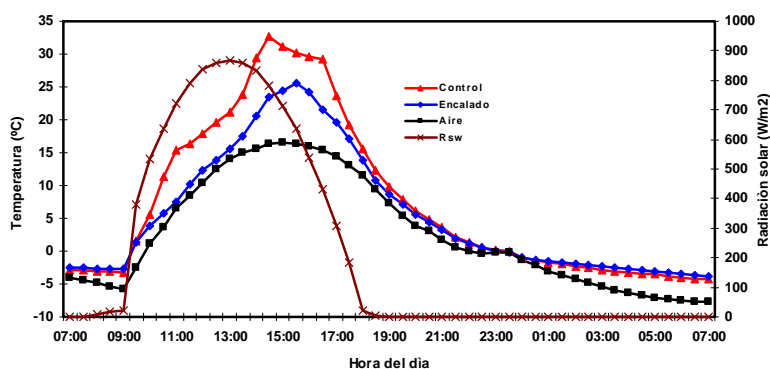


Figura 4.8. Temperatura del aire y de los troncos con y sin encalado y la radiación solar observada el 6 de Enero, durante el invierno 2005-2006, en Jamé, Arteaga, Coahuila.

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 (Figuras

4.1, 4.2, 4.3 y 4.4), 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.

Durante los dos inviernos evaluados, las unidades frío en los árboles encalados fueron mayores que las acumuladas en los árboles sin encalar (Cuadros 4.1 y 4.2)

Cuadro 4.1. 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, Jamé, Municipio de Arteaga, Coahuila, México.

Mes	Días	UFA con encalado	UFA sin encalado	UFA temperatura del aire	UFA (max)
Enero	7 - 10	22.50	15.50	39.50	72
	11 - 20	70.75	45.00	110.50	240
	21 -31	93.25	71.50	160.25	264
Febrero	1 - 10	147.75	133.75	158.00	240
	11 - 20	61.50	43.75	106.00	240
	21 - 28	114.5	98.00	143.5	192
Marzo	1 - 10	135.5	104.00	165.50	240
	11 - 20	55.50	41.00	121.00	240
	21 - 31	24.25	14.50	63.25	264
Total		725.25	567.00	1067.50	1992

Cuadro 4.2. 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 17 de Diciembre al 10 de marzo, 2006, Jamé, Municipio de Arteaga, Coahuila, México.

Mes	Día	UFA con encalado	UFA sin encalado	UFA Taire	UFA (max)
Diciembre	17 - 31	63.5	25.25	130.75	336
	1 - 10	21.5	1.75	71.25	240
Enero	11 - 20	54.0	27.0	83.5	240
	21 - 31	124	101.75	161.75	264
Febrero	1 - 10	50.25	18.75	99.50	240
	11 - 20	42.75	17.75	80.75	240
Marzo	21 - 28	41.50	29.75	72.00	192
	1 - 10	18.00	7.50	36.00	240
	Total	415.50	229.50	708.50	1992

Del 7 de enero al 31 de marzo 2005, las UFA con base a temperatura del aire, y de las ramas con y sin encalado fueron 1067.5, 725.25 y 567.00 respectivamente (Cuadro 4.1). Esto significa que durante este periodo el encalado de las ramas permitió una acumulación adicional de 158.50 unidades frío con relación a las ramas sin encalado, que corresponde a un incremento del 27.9 por ciento.

Del 17 de diciembre al 10 de marzo del invierno 2005 – 2006, el encalado de las ramas incrementó la acumulación adicional en 185.50 unidades frío con relación a las ramas sin encalar, que represento un incremento del 81 por ciento (Cuadro 4.2).

Estos resultados indican que la reducción de la temperatura por efecto del encalado (Figuras 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4) incrementa la acumulación de UFA.

Esta mayor acumulación de unidades frío puede mejorar la brotación y consecuentemente el rendimiento de frutos (Ghariani-k y Stebbins, 1994).

El índice de acumulación relativa de unidades frío (IAR) calculado para el invierno 2004-2005 fue de 0.54 (1067.50/1968), mientras que para el invierno 2005-2006 fue 0.36 (708.50/1992), indicando que las condiciones climáticas del invierno 2004-2005 en la localidad de Jamé fueron mas favorables para la acumulación del frío del cultivar, sin embargo, el efecto del encalado es más notorio en condiciones de invierno tibios, como fue el del año 2005-2006, donde el encalado permitió un mayor incremento en la acumulación adicional de unidades frío.

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 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4), por lo cual el beneficio del encalado total se logra durante estas horas del día. En los cuadros 4.3 y 4.4 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, durante los dos periodos de estudio. En el invierno 2005 (Cuadro 4.3), se observa que con base a la temperatura del aire, para el intervalo de tiempo considerado (7 de enero a 31 de marzo) y a 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 por ciento de las pérdidas de unidades frío por efecto del encalado total. Para el invierno 2005-2006 (Cuadro 4.4), las unidades frío acumuladas (17 de diciembre de 2005 al 10 de marzo de 2006) en función de la temperatura del aire son negativas, indicando que se pierden 102.75 unidades frío. Igual comportamiento presentó el tratamiento ramas encaladas con 246.25 unidades frío y el tratamiento ramas sin encalar con 344.50. En este caso se presenta una reducción del 28.52 por ciento 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 4.3. 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. Jamé, 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

Cuadro 4.4. Unidades frío acumuladas o perdidas (UFA) en función de la temperatura del aire y de las ramas con y sin encalado de las 11:00 a las 17:00 h para varios días de los meses de invierno, 2006. Jamé, Municipio de Arteaga, Coahuila.

Mes	Día	UFA con encalado	UFA sin encalado	UFA Taire
Diciembre	17 - 31	-32.75	-53.50	-0.250
	1 - 10	-41.00	-49.75	-19.75
Enero	11 - 20	-13.50	-31.75	-0.50
	21 - 31	-2.25	-17.75	16.75
Febrero	1 - 10	-27.75	-47.25	-3.75
	11 - 20	-36.00	-49.50	-20.25
Marzo	21 - 28	-42.50	-44.0	-26.50
	1 - 10	-50.50	-51.00	-48.50
Total		-246.25	-344.50	-102.75

4.3 Rendimiento y calidad de frutos

La cosecha de frutos se realizó la primera semana de agosto en los dos años de estudio, y el mayor rendimiento promedio de frutos por árbol (cuadro 4.5) se obtuvo con el tratamiento 2 (encalado total al inicio del invierno). Para el año 2005, este fue estadísticamente superior (Tukey, 0.05) que el obtenido con el tratamiento 3 (aplicación de estimulador de brotación al final del invierno). Esto significa que con el encalado total se puede obtener hasta 10 Kg de frutos mas por árbol (23.3 por ciento) que con la técnica convencional de aplicación de estimuladores de brotación.

En el 2006, el encalado total resultó estadísticamente superior, no solamente al tratamiento 3 sino también al testigo. El encalado total incrementó en un 27.9 por ciento (12 kg) el rendimiento de frutos.

Hernández *et al.* 2006 también encontró diferencias 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.

Cuadro 4.5. Rendimiento promedio (Kg./ árbol) y parámetros de calidad en frutos de manzana cv Golden Delicious, evaluados en los inviernos 2004-2005 y 2005-2006, en Jamé, Municipio Arteaga, Coahuila.

Año	Tratamiento	Rendimiento (Kg/árbol)	Firmeza (N) (Kg.cm ⁻²)	Sólidos solubles totales (°Brix)	Índice de fruto de primera	Índice de frutos de segunda
2005	Control	45.12 ab	7.75 a	14.57 a	0.482 a	0.189 a
	Encalado	52.85 a	7.40 a	14.20 a	0.513 a	0.181 a
	TDZ	42.84 b	7.50 a	14.55 a	0.449 a	0.253 a
	Encalado + TDZ	47.48 ab	7.40 a	14.72 a	0.569a	0.196 a
	Encalado + pulsador	49.76 ab	7.32 a	14.23 a	0.501 a	0.206 a
2006	Control	43.84 b	7.21 a	14.40 b	0.2279 a	0.22588 a
	Encalado	55.05 a	7.31 a	14.54 ab	0.4026 a	0.2773 a
	TDZ	43.43 b	7.13 a	15.08 a	0.3308 a	0.2736 a
	Encalado + TDZ	51.16 ab	7.14 a	14.90 ab	0.3259 a	0.3443 a
	Encalado + pulsador	54.31 ab	7.10 a	14.79 ab	0.3243 a	0.2514 a

Esto también sugiere que la mayor acumulación de unidades frío por el encalado total favorece una mejor brotación con flores de mayor calidad que permiten mejor amarre y desarrollo del fruto (Ramírez y Cepeda, 1993; Ghariani-k y Stebbins, 1994). Otros estudios en manzano han demostrado 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).

La firmeza del fruto, concentración de sólidos, solubles, índice de frutos de primera e índice de frutos de segunda no fueron afectados por los tratamientos en los dos años y solo en el 2006 el total de sólidos solubles fue influenciado por los tratamientos, donde todos los tratamientos fueron iguales, pero significativamente más altos que el testigo. Estos resultados sugieren que el efecto principal del encalado completo está en el rendimiento de frutos sin afectar los parámetros de calidad, lo que también significa que la aplicación de TDZ no mejoró los rendimientos ni calidad de frutos.

Glenn *et al.* 2003 trabajando con películas reflejantes como el caolín, no encontró respuestas consistentes en el efecto del caolín sobre los parámetros de calidad de sólidos solubles y firmeza del fruto en manzano.

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 menores.

El encalado total incrementó el rendimiento de frutos con respecto a la aplicación del estimulador de brotación. No hubo diferencia estadística en los parámetros de calidad de frutos entre el encalado total al inicio del invierno y la aplicación del estimulador de brotación.

VI LITERATURA CITADA

- AGRIOS, N. G. 1985. Fitopatología. Editorial Limusa. México. D. F.
- ÁLVAREZ, R. S. 1980. El manzano. Quinta edición. AEDOS. Barcelona, España.
- AZZI, G. 1971. Ecología agraria. Instituto Cubano del libro. La Habana, Cuba.
- BECERRIL R. A. E Y J. Rodríguez A. 1991. Uniformación de terminología para los diferentes tipos de letargo en especies frutales. Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de las Ciencias Hortícolas A.C.
- BIDWELL, R. G. S. 1993. Fisiología Vegetal. Primera edición en español. AGT Editor. México, D.F.
- CALDERÓN, A. E. 1988. Fruticultura General. El esfuerzo del hombre. Editorial Limusa. México, D. F. 763 p.
- CALDERÓN, A. E. 1990. Manual del fruticultor moderno. Volumen 2. Ediciones Ciencia y Técnica, S.A. Editorial Limusa, S.A. de C. V. México, D. F.
- 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.
- CEDILLO, G. J. J. 1992. Compensadores de frío en la zona templada de la Sierra de Chihuahua en el manzano (*Malus Sylvestris* Mill) cv. Royal Gala. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N.
- CNA (Comisión Nacional del Agua). 2004. (<http://www.cna.org.mx>) 18 de Noviembre de 2004.

- COLORADO, O. C. 1997. Efecto de biorreguladores en el cultivo del manzano (*Malus domestica* Mill) cv. Top red. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N.
- COUTANCEAOU, M. 1971. Fruticultura técnica y económica de los cultivos de rosáceas leñosas productoras de fruta. Edit. Oikos-taw, Barcelona España, pp. 139-140.
- DE FINA, A. y RAVELO, A. 1975. Climatología y fenología agrícola. Edit. Universitaria de Buenos Aires. Editorial Trillas. México.
- DEL-REAL-LABORDE, J. I.; ANDERSON, J. L.; SEELEY, S. D. 1990. An apple tree dormancy model for subtropical conditions. *Acta Horticulturae*. 276: 183-191.
- DEVLIN, R. M. 1982. Fisiología vegetal. Cuarta edición. Ediciones Omega. Barcelona, España.
- DIAZ D. H. 1987. Requerimientos de frío en frutales caducifolios. Publicación de la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D. F. 54 pp.
- 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. 1990. *HortScience*. 25: 12, 1573-1575.
- DURNER, E.. F.; GIANFAGNA, T.J. 1990. Peach pistil growth inhibition and subsequent bloom delay by midwinter bud whitewashing. *HortScience* 25: 1222-1224.
- EREZ, A. 1987. Chemical control of bud break. *Hort Science*. Vol. 22 (6): 1240 – 1245.

- EREZ, A. and LAVEE, S. 1971. The effect of climatic conditions on dormancy development of peach buds temperature. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96(6): 711-714.
- EREZ, A. and LAVEE, S. 1974. Recent advances in breaking the dormancy of deciduous fruit trees. Proc. XIX. Int. Hort. Congr. 111: 68 – 79.
- EREZ, A. and COUVILLON, G.A. 1983. Evaporative cooling to improve rest of nectarines buds by counteracting high daytime temperatures. Hort science 18: 480-481.
- FONT, Q. P. 1982. Diccionario de botánica. Editorial La Labor. Barcelona, España.
- 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.
- GARZA, D. L. E. 1993. Efecto de la Cianamida hidrogenada, TDZ y CPPU como estimuladores de brotación en manzano (*Malus sylvestris* Mill) cv. Criterión. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N.
- GHARIANI-K.; STEBBINS-RL. 1994. Chilling requirements of apple and pear cultivars. Journal-article. Fruit-varieties-journal 48:4,215-222; 21 ref. By Department of Horticulture, Oregon State University, Corvallis, OR 97331-7304, USA.
- GILREATH, P. R. Y BUCHANAN, D.W. 1981. Rest Prediction Model for Low – Chilling “Sungold” Nectarine. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106 (4): 426 – 429.

- GLENN, D.M.; PUTERKA, G.J.; DRAKE, S.; UNRUH, T.R.; KNIGHT, A.L.;
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
affects 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.; JASSO-CANTÚ, D. 2006. Beneficios del encalado total del
Manzano (*Malus domestica Borkh*) en la Sierra de Arteaga, Coahuila,
México. Agrociencia, 40(5): 577-584.
- INEGI, 2007. Anuario estadístico: Coahuila de Zaragoza. Instituto Nacional de
Estadística Geografía e Informática. Pp 331-349

- INFOAGRO. Información del sector agrícola. 2007. <http://www.infoagro.com>.
- 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.
- JIMENEZ, C. D. 1998. Efecto de dos nuevos tipos de cianamidas hidrogenadas a diferentes concentraciones en la brotación del manzano (*Malus sylvestris* Mill)) cv Golden Delicious. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N.
- LARA, P. A. R. 1991. Efecto de Dormex y Thidiazuron en la brotación del manzano (*Malus sylvestris* Mill). Cv. Golden Delicious bajo condiciones de cero acumulación de frío. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N.
- LUGO, M. A. 1992. Evaluación del thidiazuron como estimulador de la brotación en manzano cv. Golden delicious. Tesis de licenciatura U.A.A.A.N
- MARTINEZ, E. H. J. 1992. Efecto de la aplicación del Thidiazuron, Dormex, Citrolina y ácido húmico en manzano. Cv. Golden delicious en la Región de Agua nueva, Coahuila. Tesis de Licenciatura, U.A.A.A.N.
- MATA, B. I. y G. LEON. 1997. Horticultura mexicana. VII Congreso Nacional de horticultura. Culiacán, Sinaloa, México, 200 p.
- MELGAREJO, M. P. 1996. El frío invernal, factor limitante para el cultivo frutal. Modelos y métodos para determinar la acumulación de frío y de calor en frutales. A. Madrid Vicente, ediciones. Madrid. España. 166 pp.
- RAMÍREZ-RODRÍGUEZ, H.; y CEPEDA-SILLER, M. 1993. El Manzano. Edit. Trillas, UAAAN, México, 208 p.

- RAMÍREZ, H. AND SAAVEDRA, L.L. 1990. A low chilling requirement Golden Delicious apple mutant from northeast México. *Acta Horticulturae*. 279: 67-73.
- RAMOS V. R. 1986. Cianamida Hidrogenada en la terminación del reposo de yemas de ciruelo japonés (*Prunus salicina* L.) en Chapingo, México. Colegio de Postgrados. 43-61 pp.
- REYES, L. A., CEPEDA, G. I. A y E. T. BACOPULUS. 1977. Uso de un sistema de enfriamiento por evaporación de agua en el cultivo del manzano (*Malus Sylvestris* Mill) en la Sierra de Arteaga, Coahuila. Monografía Técnico – Científica. U.A.A.A.N Vol. 3: num. 10.
- RICHARDSON, E. A., SEELY, S. D Y WALTER, R.D. 1974. A model for estimating completion of rest for red haven and Alberta peach trees. *Hortscience* 9: 331 – 332.
- ROJAS, G. M. 1987. Control hormonal del desarrollo de las plantas. Primera edición. Editorial Noriega. México.
- ROJAS, G. M. 1984. Manual teórico – practico de herbicidas y fitorreguladores. Segunda edición. Editorial Limusa, México.
- ROJAS G. M. Y RAMIREZ H. 1993. El control hormonal del desarrollo de las plantas. (Fisiología - Tecnología – experimentación). 2ª edición. Editorial Limusa. México. 77-79, 118-121, 125-135 pp.
- ROSALES, C. A. 1991. Efecto de la temperatura en el comportamiento de Dormex sobre la brotación de yemas vegetativas de manzano. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N.

- RUIZ R. M. E. 1992. Aplicación de cianamida hidrogenada (Dormex) en manzano (*Malus sylvestris* Mill) cv. Royal Gala en la Sierra de Chihuahua. Tesis de licenciatura U.A.A.A.N.
- RYUGO, K. 1993. Fruticultura. Ciencia y Arte. Primera edición en español. AGT Editor. México.
- SAGARPA.2007. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura>.
- SALISBURY, B. F. y ROSS, W. C.1997. Fisiología vegetal. Grupo editorial Ibero América S.A. de C. V. México D. F. pp 70-100.
- SHALTOUT, A.D and 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, L.H.; CHEN, T.H.H. 1992. Hydrogen cyanamide-induced budbreak and phytotoxicity in 'Redhaven' peach buds. HortScience. 27: 8, 874-876.
- STEFFENS, G. L. and FAUST M. 1985. Breaking bud dormancy in apple with a plant bioregulator. Thidiazuron. Departament of agricultura, Beltsville USA. 311 – 316 pp.
- STEFFENS, G.L.; STUTTE, G.W. 1989. Thidiazuron substitution for chilling requirements in three apple cultivars. Journal of Plant Growth Regulation. 8: 4, 301-307.
- TREVIÑO, L. E. A. 1999. Efecto del encalado total en la acumulación de unidades frío del manzano. Tesis de Maestría. U.A.A.A.N.

- WANG, S.Y., STEFFENS, G.L. and FAUST, M. 1986. Breaking bud dormancy in apple a plant bioregulator Thidiazuron *Phytochemistry* 25: 311-317.
- WEAVER, R. J. 1996. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Primera edición en español. Editorial Trillas, México, D. F.
- WESTWOOD. M. N. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España.
- WESTWOOD, M.N and BJORNDTAD, M.O. 1978. Winter rainfall reduces rest period in apple and pear. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108:957 – 961.
- YOUNG, E.1992. Timing of high temperature influences chilling negation in dormant apple trees. *J. Am. Soc. for Hort. Sci.* 11: 2, 271-272.

ANEXOS

Este capítulo estará constituido por 3 publicaciones científicas, producto de la investigación llevada a cabo durante 3 años (2004, 2005 y 2006), y que fueron aceptadas para ser publicadas en diferentes revistas indexadas de México.

Las publicaciones son:

1.- Efecto del encalado total del manzano en la temperatura interna, rendimiento de frutos y su relación con la aplicación de thidiazuron. Revista Chapingo. Serie Horticultura.

2.-Efectos del encalado completo del manzano (cv Golden Delicious) y la aplicación de TDZ en la brotación, rendimiento y calidad de frutos. Revista Fitotecnia.

3.- Encalado del fruto en la producción orgánica de manzana: Impacto sobre el paño del fruto. Revista Tropical And Subtropical Agroecosystems.

**EFFECTO DEL ENCALADO TOTAL DEL MANZANO EN LA TEMPERATURA
INTERNA, RENDIMIENTO DE FRUTOS Y SU RELACIÓN
CON LA APLICACIÓN DE THIDIAZURON**

A. Zermeño-González^{1¶}; J. A. Gil-Marín²; H. Ramírez-Rodríguez³; A. Hernández-Herrera⁴; R. Rodríguez-García¹; A. Benavides-Mendoza³; D. Jasso-Cantú⁵.

¹Departamento de Riego y Drenaje, UAAAN, Saltillo, Coahuila, México. Correo-e: azermeno@uaaan.mx (¶autor responsable).

²Departamento de Riego y Drenaje, Universidad de Oriente, Maturín-Monagas, Republica Bolivariana de Venezuela

³Departamento de Horticultura, UAAAN Saltillo, Coahuila, México.

⁴Departamento de Suelos, UAAAN, Saltillo, Coahuila, México

⁵Departamento de Fitomejoramiento, UAAAN, Saltillo, Coahuila, México

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue analizar el efecto del encalado total con hidróxido de calcio en árboles de manzano (*Malus domestica* Borkh) al inicio del invierno, en la temperatura interna de las ramas y troncos, la acumulación de unidades frío (UF), su efecto en el rendimiento y calidad del fruto y su relación con la aplicación de thidiazuron (TDZ) como estimulador de brotación. La investigación se desarrolló durante el invierno 2004-2005. Los resultados de la investigación indicaron que en las horas de mayor incidencia de radiación, el encalado total redujo hasta 4 °C la temperatura interna de las ramas y hasta 9 °C la de los troncos. Las UF acumuladas en función de la temperatura interna de las ramas encaladas fueron 27.9 % mayores que las registradas con las ramas sin encalar, mientras que las UF perdidas a las horas de mayor radiación fueron hasta 37.2 % menores. El encalado total incrementó hasta un 20 % el rendimiento por árbol con respecto a la aplicación de TDZ. No hubo diferencia estadística en los parámetros de calidad de frutos entre el encalado total y la aplicación del estimulador de brotación.

Palabras clave: *Malus domestica* Borkh, unidades frío, encalado, hidróxido de calcio, brotación

**EFFECT OF TOTAL WHITEWASHING OF APPLE TREE
ON ITS INTERNAL TEMPERATURE, FRUIT YIELD AND
THE RELATION WITH THE USE OF THIDIAZURON**

ABSTRACT

The objective of this research was to analyse the effect of whitewashing (with calcium hydroxide) entire apple trees (*Malus domestica* Borkh) at the beginning of the winter season, on the branches and trunks internal temperature (under the bark), the accumulation of chill units (CU), its effect on fruit yield and quality and its relation to the use of thidiazuron (TDZ) to induce budbreak. The study was conducted during the winter 2004-2005. The results of this study indicated that at the hours of highest incidence of solar radiation, total tree whitewashing decreased up to 4 °C the internal temperature of the branches and up to 9 °C of the trunks. The accumulated CU during the time of the study, calculated with the internal temperature of the whitewashed branches were 27.9 % higher than the ones recorded on the branches with no whitewashing, while the CU lost at the hours of highest solar radiation were up to 37.2 % smaller. Total whitewashing increased up to 20 % the yield per tree compared to the application of TDZ. No statistical difference in the parameters of fruit quality was observed between total whitewashing and the application of TDZ to induce budbreak.

Key words: *Malus domestica* Borkh, chill units, whitewashing, calcium hydroxide, budbreak.

INTRODUCCION

Por el área cultivada y su importancia económica y social, el manzano es uno de los frutales templados más importantes del Noreste de México. Los principales estados productores son Chihuahua, Coahuila y Durango. En Coahuila, se cultiva en el municipio de Arteaga, ubicado en el Sureste del estado, donde se tiene una superficie de aproximadamente 8,000 ha (Anónimo, 2001). El manzano es un árbol caducifolio que requiere un periodo de exposición (de noviembre a febrero) de bajas temperaturas para acumular suficientes unidades frío (UF) y lograr una adecuada y uniforme brotación de yemas vegetativas y florales, para obtener cosechas uniformes y de buenos rendimientos (Ramírez-Rodríguez y Cepeda-Siller, 1993; Ghariani y Stebbins, 1994). Una UF corresponde a una hora con una temperatura del aire entre 0 y 7.2 °C (Calderón, 1993 y Shaltout y Unrath, 1983), el cultivar Golden Delicious requiere de aproximadamente 850 UF para lograr una buena y uniforme brotación de yemas (Ramírez y Saavedra, 1990, Ghariani y Stebbins, 1994). Aunque los requerimientos de UF no solo dependen del cultivar si no también de las interacciones entre el cultivar y los factores ambientales (Hauagge y Cummins, 1991 y Carvajal *et al.*, 2000).

Una deficiente acumulación de UF trae como consecuencia un período de descanso prolongado, floración irregular y deficiente, inhibición de yemas vegetativas,

inhibición de yemas florales, desprendimiento de yemas florales y vegetativas y aborto de embriones (Calderón, 1993, Ramírez-Rodríguez y Cepeda-Siller, 1993). Esto resulta en una producción extemporánea, con frutos de mala calidad, falta de maduración y tamaño reducido.

Si las temperaturas fluctúan considerablemente durante el día y la noche en el período de letargo, se contrarrestan las UF acumuladas, mientras que una continuidad de las temperaturas bajas favorece la acumulación de frío (Del-Real-Laborde *et al.*, 1990; Young, 1992). Estas condiciones climáticas ocurren en las huertas establecidas en el municipio de Arteaga y la mayoría de las regiones manzaneras del Norte de México, donde se presentan noches frías y días cálidos y soleados que ocasionan calentamiento de los árboles y consecuentemente un efecto negativo en la acumulación de UF. El calentamiento mayor de los árboles ocurre de las 12 a las 17:00 h del día, debido a la mayor incidencia de radiación solar.

Para atenuar este problema, los productores generalmente aplican estimuladores de brotación como cianamidas y thidiazuron (TDZ). Sin embargo, los resultados de estas aplicaciones no siempre son favorables, ya que dependen de la cantidad de UF acumuladas durante el invierno, fecha de la aplicación y concentración suministrada (Siller-Cepeda *et al.*, 1992; Dozier *et al.*, 1990; Steffens y Stutte, 1989).

Otra alternativa es el recubrimiento total de los árboles con sustancias blancas para incrementar la reflectividad de los árboles a la radiación solar y reducir su calentamiento interno. El recubrimiento de los troncos de los árboles con cal (hidróxido de calcio) o pintura blanca, es una práctica común que se ha realizado por décadas en diferentes partes del mundo, para atenuar el agrietamiento de los troncos (Brichet, 1950; Coutanceau, 1971).

Durner y Gianfagna (1990) observaron que la brotación de yemas florales de árboles de durazno se retrazó dos días, debido al cubrimiento total de los árboles en enero con pintura vinílica blanca. García-Pérez *et al.* (1989) encontraron que la temperatura de los troncos de nogal encalados o pintados con pintura vinílica blanca fue menor que la de los troncos sin encalar; también observaron que con el encalado y la pintura blanca se incrementa el número de yemas brotadas.

Otras sustancias blancas de alta reflectividad como el caolín, se han aplicado para reducir la temperatura foliar, transpiración y mejorar la fotosíntesis del manzano (Glenn *et al.*, 2001) y del toronjo (Jifon y Syvertsen, 2003) que ha resultado en un mayor rendimiento de frutos.

Con base en los antecedentes mencionados, los objetivos de esta investigación fueron: evaluar el efecto del encalado total en la temperatura interna de las ramas y troncos y su relación con la acumulación de UF y determinar el efecto del encalado total en el rendimiento y calidad de frutos y su relación con el rendimiento obtenido con la aplicación de thidiazuron.

MATERIALES Y MÉTODOS

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 y 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, a una altitud de 2 280 m, a 25° 22' N y 100° 37' O. El clima es semidesértico con lluvias en verano, la precipitación media anual es de 400 a 500 mm. La temperatura máxima y mínima promedio durante los meses de invierno (diciembre a marzo) es de 10 y 21.4 °C respectivamente. Los suelos son de textura franco arcilloso, calcáreos, de color claro, con pH alcalino y mas de un metro de profundidad (Anónimo, 2004).

Tratamientos evaluados

Para evaluar el efecto del encalado total (ramas y tronco) y la aplicación de TDZ como estimulador de brotación, en el rendimiento y calidad de frutos, se estableció un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y seis repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron: (T1) testigo, sin encalado ni estimulador de brotación; (T2), encalado total al inicio del invierno, aplicado el 3 de diciembre del 2004; (T3), aplicación de TDZ como estimulador de brotación al final del invierno, que corresponde a la práctica común seguida por los productores de la región, y se aplicó el 2 de marzo de 2005; (T4), encalado total al inicio del invierno y aplicación de TDZ al final del mismo, aplicados en las fechas descritas en los tratamientos anteriores y (T5) encalado total y aplicación de TDZ como pulsador al inicio del invierno, aplicado en la fecha descrita en el tratamiento dos. Cada árbol representó una unidad experimental

El encalado al inicio del invierno se aplicó 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 hidróxido de calcio con 15 ml de adherente (Bionex) en 10 litros de agua, para cubrir los seis árboles de cada tratamiento, correspondiendo a una dosis de 167 gramos de hidróxido de calcio por árbol.

La solución del estimulador de brotación y pulsador, se preparó disolviendo 3 g de TDZ (thidiazuron) y 15 ml de Bionex en 10 litros de agua para cubrir los seis árboles del tratamiento respectivo, que correspondió a una dosis de 0.5 g. de TDZ por árbol.

Registro de temperaturas

Para evaluar el efecto del encalado total en la temperatura interna de los árboles y la acumulación de UF, se insertaron termopares de cobre-constantan (0.6 mm de diámetro) en la parte superior de cuatro ramas (por debajo de la corteza), dos con orientación sur y dos con orientación norte, de un árbol del tratamiento dos (encalado total al inicio del invierno) y en otro del tratamiento testigo (sin encalado), ya que la temperatura de las ramas del resto de los tratamientos fue similar a las del testigo o las del tratamiento dos. También se insertaron dos 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 durante las 24 horas del día a una frecuencia de 1 s, para generar promedios continuos de 30 min a través de los meses de invierno (diciembre 2004 a marzo 2005), esto significa que cada

valor de temperatura de las ramas, troncos y del aire fue el promedio de 7 200, 3 600 y 1 800 mediciones respectivamente. Los datos se almacenaron en un datalogger modelo 23X (Campbell Sci, inc, Logan, Utah).

A partir de los modelos de Erez y Lavee (1971) y el de Shaltout y Unrath (1983), se definieron cinco intervalos de temperatura y sus correspondientes factores de ponderación, para calcular las unidades frío acumuladas (UFA), 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 1).

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 de primera por unidad experimental, de tal forma que la media de cada tratamiento resultó de 24 mediciones. 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. El análisis estadístico de los datos se realizó con el programa de cómputo Statistical Analysis System (SAS) 7.0, y la comparación de medias de tratamientos se efectuó con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura Interna de Ramas y Troncos

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 1). 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 muy pequeña; siendo ambas menores que la temperatura del aire. Patrones similares se observaron en otras fechas en el transcurso de los meses de invierno 2004-2005 (Figura 2), en donde a las horas de mayor incidencia de radiación, siempre la temperatura de las ramas encaladas fue menor que la de las ramas sin encalado. Hernández-Herrera *et al.*(2006), también encontraron diferencias de hasta 5° C entre las ramas encaladas y sin encalar. Las altas temperaturas a que están expuestos los árboles durante los días cálidos del invierno tienen un efecto negativo en la acumulación de unidades frío (Young, 1992).

El efecto del encalado en la reducción de la temperatura interna fue mayor en la orientación sur de los troncos, ya que ésta permanece soleada la mayor parte del día. La

Figura 3 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 4). 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.

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 1 y 2), 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 2). 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).

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.

En las horas de máxima incidencia de radiación solar (12 a las 17 h) se registro la mayor pérdida de unidades frío, debido al mayor calentamiento de las ramas de los árboles (Figuras 1 y 2), por lo cual el beneficio del encalado total se maximiza durante estas horas del día. En el invierno 2005 (Cuadro 3), se observo que con base a la temperatura del aire, para el intervalo de tiempo considerado del 7 de enero a 31 de marzo y a las horas de mayor radiación, se ganaron 6 UFA. Sin embargo, considerando la temperatura interna de las ramas sin encalado se pierden 259.25 UF, mientras que para las ramas encaladas se pierden únicamente 162.75 UF. Esto representa una reducción del 37.2% de las perdidas de UF por efecto del encalado total. El encalado total de las ramas redujo las perdidas de UFA para todos los intervalos de días analizados e inclusive en ocasiones permitió acumular unidades frío, mientras que las ramas sin encalado siempre presentaron pérdidas de unidades frío. Los resultados anteriores nos permite considerar que el encalado total puede conducir a una mejor y más uniforme brotación de yemas y un mayor rendimiento de frutos.

Rendimiento y calidad de frutos

La cosecha se realizó el 5 de agosto de 2005. El mayor rendimiento promedio de frutos por árbol (Cuadro 4) se obtuvo en el tratamiento con encalado total al inicio del invierno y fue estadísticamente superior ($P \leq 0.05$) que el obtenido en el tratamiento con aplicación de estimulador de brotación al final del invierno. Esto significa que con el encalado total se pueden obtener hasta 10 kg de fruto mas por árbol (23.3 %) que con la aplicación de TDZ. 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-Rodríguez y Cepeda-Siller, 1993; Ghariani y Stebbins, 1994). Otros estudios en manzano, han mostrado que la aplicación de películas reflejantes de radiación como el caolín incrementan el rendimiento de frutos y mejoran la tonalidad rojiza de los mismos (Glenn *et al.*, 2001; Glenn *et al.*, 2003).

El menor rendimiento de frutos por árbol con la aplicación de TDZ, probablemente se debió a que los árboles no habían acumulado las suficientes unidades frío para responder al estímulo del producto, o que el estado de las yemas o las condiciones climáticas del invierno no fueron adecuadas para el efecto deseable del mismo. Por ejemplo, Talamini-do-Amarante *et al.* (2002) reportaron que la aplicación de TDZ no tuvo efecto en el rendimiento de fruto de los cultivares Gala y Fuji. Mientras que Talamini-do-Amarante *et al.* (2003) encontraron que la aplicación de TDZ afecta la calidad del fruto reduciendo la superficie roja del fruto en los cultivares Gala y Fuji, y los sólidos solubles totales en el cv Gala.

No hubo diferencia estadísticas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos en las variables de calidad de fruto evaluadas: grados brix, firmeza, índice de frutos de primera y de

segunda (Cuadro 5). Esto sugiere que el principal efecto del encalado total fue en el rendimiento de fruto, sin afectar los parámetros de calidad, lo que también indica que la aplicación de estimulador de brotación no mejoró el rendimiento ni la calidad de frutos.

Conclusiones

El encalado total del manzano redujo 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.

El encalado total incrementó hasta un 20 % el rendimiento de frutos con respecto a la aplicación del estimulador de brotación. No hubo diferencia estadística en los parámetros de calidad de frutos entre el encalado total al inicio del invierno y la aplicación del estimulador de brotación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen los apoyos financieros recibidos por la empresa Caleras de la Laguna y la Dirección de Investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro para el desarrollo de esta investigación.

LITERATURA CITADA

ANÓNIMO, 2001. Anuario estadístico: Coahuila de Zaragoza. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Pp 331-349 .

ANÓNIMO, 2004. Comisión Nacional del Agua. Subgerencia de Información Geográfica del Agua. Hptt://siga.cna.org.mx.. Fecha de consulta 20 de febrero del 2006.

BRICHET, J. 1950. La protección des árboles contre les violences solaires. Fruit et prim 20: 204-206.

CALDERÓN, A.E. 1993. Fruticultura General. El esfuerzo del hombre. Editorial Limusa. Tercera Edición. 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. 2000

COUTANCEAU, M. 1971. Fruticultura técnica y económica de los cultivos de rosáceas leñosas productoras de fruta. Edit. Oikos-taw, Barcelona España, pp. 139-140.

DEL-REAL-LABORDE, J.I.; ANDERSON, J.L.; SEELEY, S.D. 1990. An apple tree dormancy model for subtropical conditions. Acta Horticulturae. 276: 183-191.

- 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. 1990. HortScience. 25: 12, 1573-1575.
- DURNER, E.F.; GIANFAGNA, T.J. 1990. Peach pistil growth inhibition and subsequent bloom delay by midwinter bud whitewashing. HortScience 25: 1222-1224.
- 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.
- GARCIA-PEREZ, 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. Journal-article. Fruit-varieties-journal 48:4,215-222; 21 ref. By Department of Horticulture, Oregon State University, Corvallis,OR 97331-7304, USA.
- GLENN, D.M.; PUTERKA, G.J.; DRAKE, S.; UNRUH, T.R.; KNIGHT, A.L.; BACHERLE, 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.; JASSO-CANTÚ, D. 2006. Beneficios del encalado total del Manzano (*Malus domestica Borkh*) en la Sierra de Arteaga, Coahuila, México. *Agrociencia*. 40(5): 577-584.
- 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.
- 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 Mexico. *Acta Horticulturae*. 279: 67-73.
- 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, L.H.; CHEN, T.H.H. 1992. Hydrogen cyanamide-induced budbreak and phytotoxicity in 'Redhaven' peach buds. HortScience. 27: 8, 874-876.
- STEFFENS, G.L.; STUTTE, G.W. 1989. Thidiazuron substitution for chilling requirements in three apple cultivars. Journal of Plant Growth Regulation. 8: 4, 301-307.
- TALAMINI-DO-AMARANTE, C. V., ERNANI, P.R., BASSAY-BLUM, L.E., MEGGUER, C.A.2002. Thidiazuron effects on shoot growth and return bloom, fruit set and nutrition of apples. Pesq. Agropec. Bras. 37(10): 1365-1372.
- TALAMINI-DO-AMARANTE, MEGGUER, C.A., BASSAY-BLUM, L.E.,2003. Effect of preharvest spraying with thidiazuron on fruit quality and maturity of apples. Rev. Bras. Frutic. 25(1): 59-62.
- YOUNG, E. 1992. Timing of high temperature influences chilling negation in dormant apple trees. J. Am. Soc. Hort. Sci. 11: 2, 271-272.

Cuadro 1. 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

Cuadro 2. 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

Cuadro 3. 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

Cuadro 4. Rendimiento promedio de frutos (kg. árbol⁻¹) en los tratamientos evaluados en el invierno 2004-2005, Jame, Municipio de Arteaga, Coahuila, México.

Tratamientos	Rendimiento kg. árbol ⁻¹
Sin encalado ni estimuladores de brotación (T1, testigo)	45.12 ab ^{&}
Encalado total al inicio del invierno (T2)	52.85 a
Aplicación de TDZ al final del invierno (T3)	42.84 b
Encalado total al inicio del invierno y aplicación de estimulador de brotación al final del mismo (T4)	47.48 ab
Encalado total y aplicación de TDZ al inicio del invierno (T5)	49.76 ab

[&] Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$).

Cuadro 5. Parámetros de calidad en frutos de manzano cv. Golden Delicious, evaluados en el invierno 2004-2005, Jame, Municipio de Arteaga, Coahuila, México.

Tratamiento	Sólidos Solubles totales ($^{\circ}\text{Bx}$)	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
T3	14.55 a	7.50 a	0.449 a	0.253 a
T4	14.72 a	7.40 a	0.569 a	0.196 a
T5	14.23 a	7.32 a	0.501 a	0.206 a

T1, testigo; T2 encalado total al inicio del invierno; T3 aplicación de estimulador de brotación al final del invierno; T4 encalado total al inicio del invierno y aplicación de estimulador de brotación al final del mismo; T5 aplicación de pulsador y encalado total al inicio del invierno.

[&] Medias con la misma letra en las columnas son estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$).

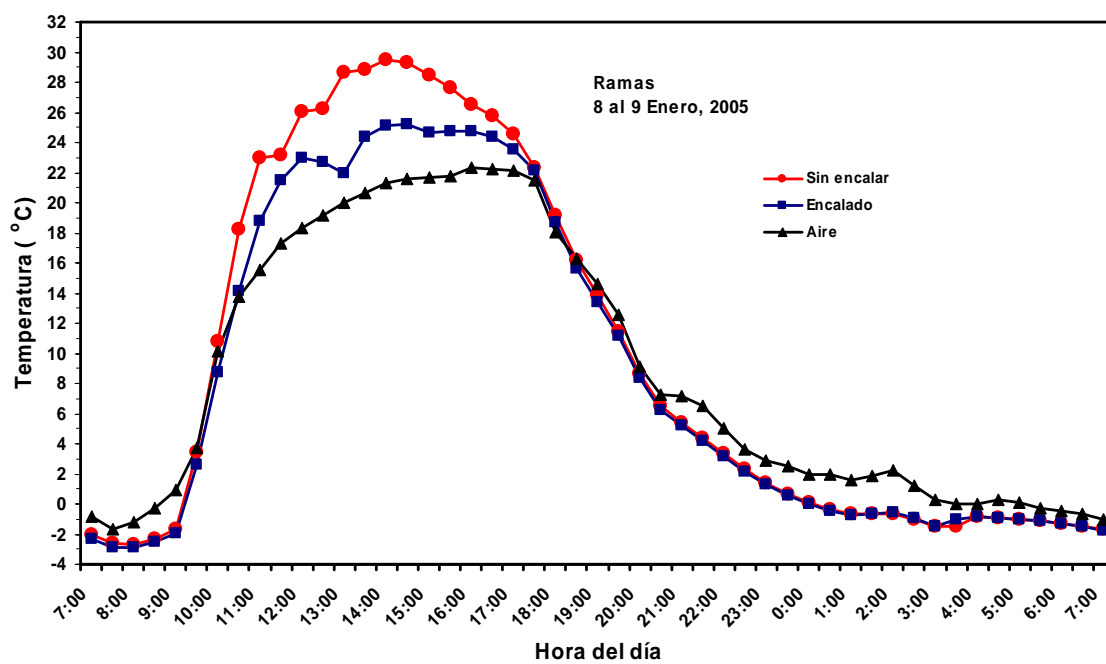


Figura 1. Temperatura del aire y de las ramas de árboles de manzano cv. Golden Delicious, con y sin encalado observada del 8 al 9 de enero, 2005 en Jame, Municipio de Arteaga, Coahuila, México.

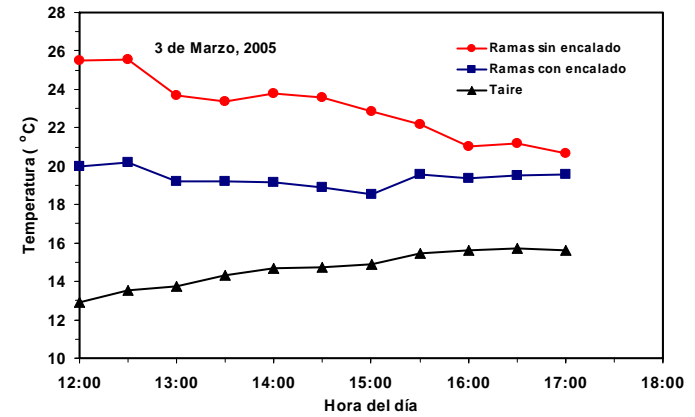
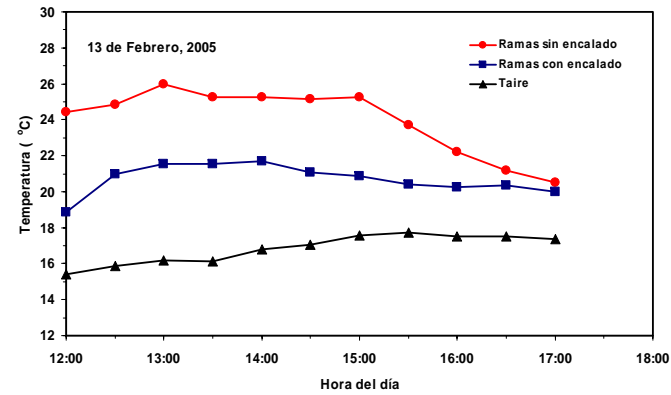
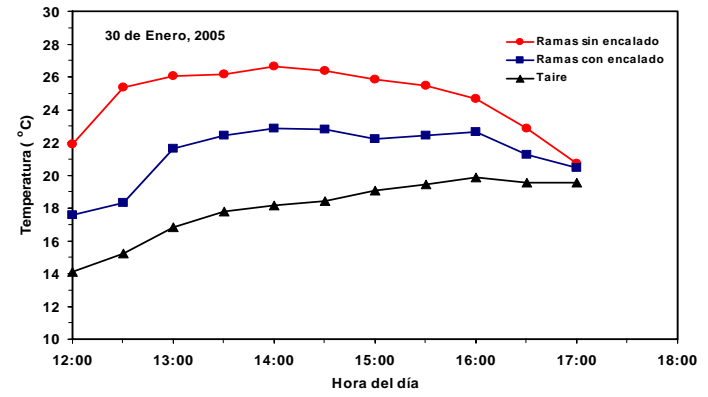
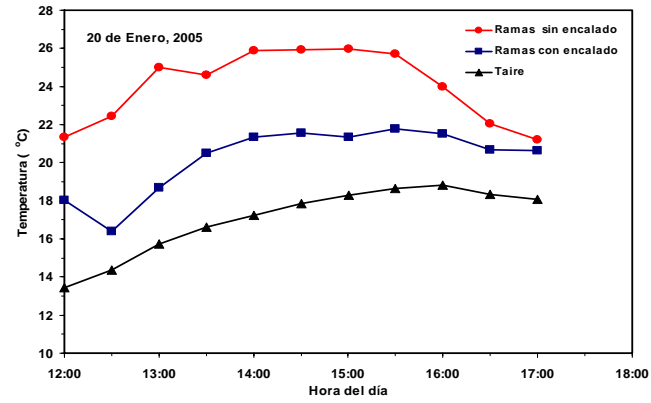


Figura 2. Temperatura de las ramas de árboles de manzano cv. Golden Delicious con y sin encalado, y temperatura de aire (12 a 17 h) observadas en diferentes fechas de invierno de 2005, Jame, Arteaga, Coahuila, México

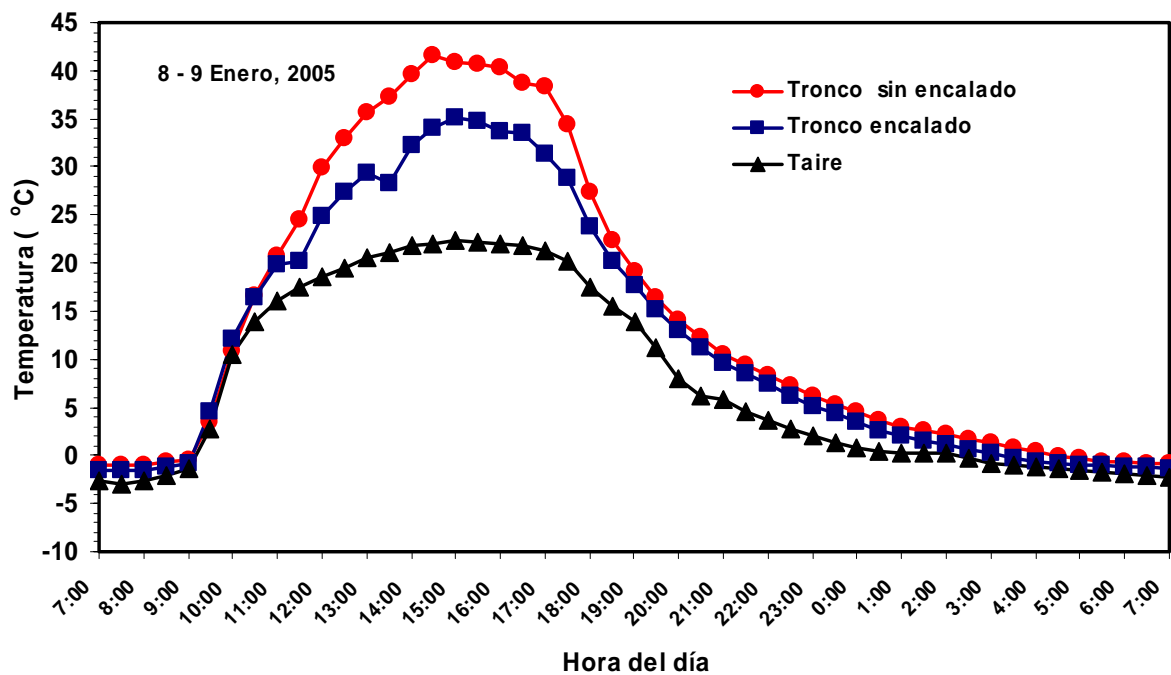


Figura 3. Temperatura del aire y del tronco de árboles de manzano cv. Golden Delicious, con y sin encalado, orientación sur observada del 8 al 9 de enero, 2005 en Jame, Municipio de Arteaga, Coahuila, México.

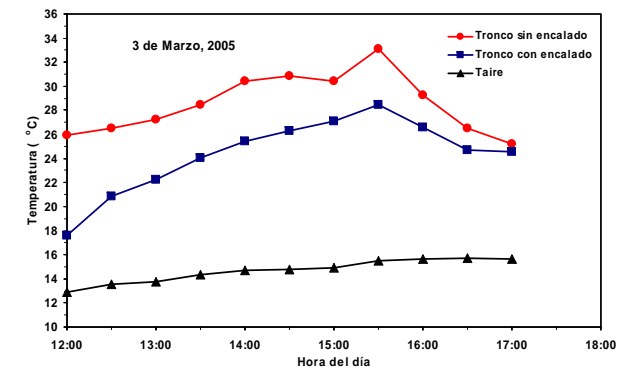
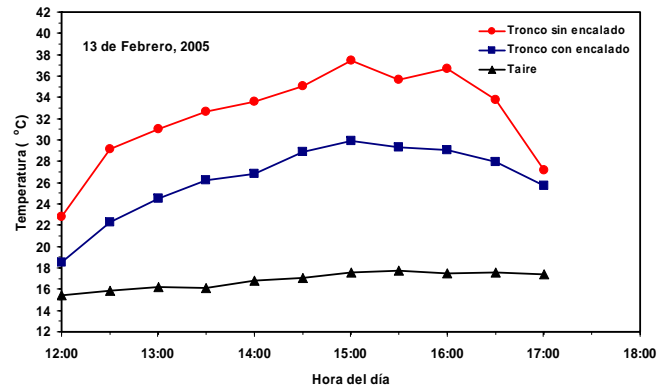
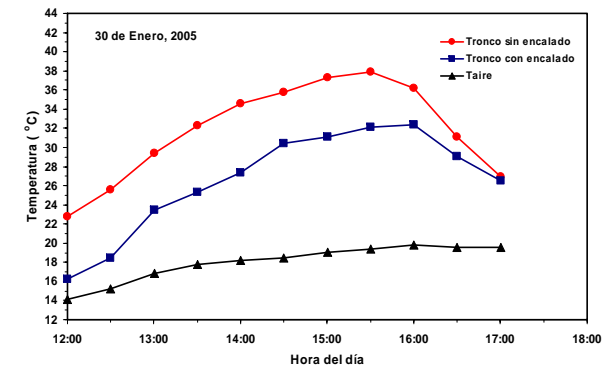
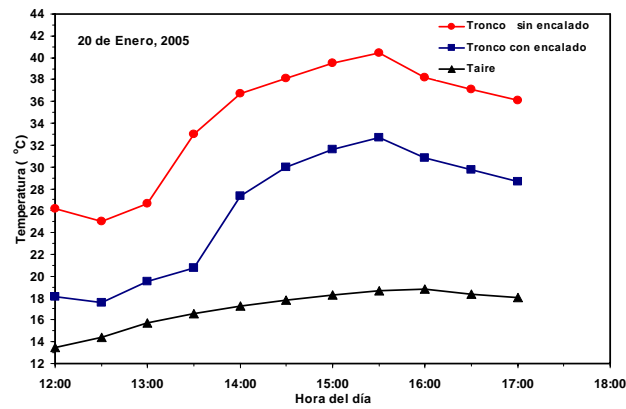


Figura 4. Temperatura del aire y de los troncos de árboles de manzano cv. Golden Delicious, con y sin encalado orientación sur (12:00 a 17:00h) observadas en diferentes fechas del invierno 2005, en Jame, municipio de Arteaga, Coahuila, México.

EFFECTOS DEL ENCALADO COMPLETO DEL MANZANO (cv Golden Delicious) Y LA APLICACIÓN DE TDZ EN LA BROTACIÓN, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS

EFFECT OF THE ENTIRE WHITEWASHING OF APPLE TREE (cv Golden Delicious) AND THE APPLICATION OF TDZ ON BUDBREAK, YIELD AND QUALITY OF FRUITS

Alejandro Zermeño-González^{1*}, José Alexander Gil-Marín¹, Alejandro Hernández-Herrera²; Raúl Rodríguez-García¹, Homero Ramírez-Rodríguez³, Adalberto Benavides-Mendoza³, Diana Jasso-Cantú⁴, Juan Munguia-Lopez⁵ y Luis Ibarra-Jiménez⁵.

¹Departamento de Riego y Drenaje, UAAAN, Saltillo, Coahuila, México. Correo-e: azermeno@uaaan.mx Teléfono 844-4110353

²Departamento de Suelos, UAAAN, Saltillo, Coahuila, México

³Departamento de Horticultura, UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.

⁴Departamento de Fitomejoramiento, UAAAN, Saltillo, Coahuila, México

⁵Centro de Investigaciones de Química Aplicada, CIQA, Saltillo, Coahuila, México

EFFECTOS DEL ENCALADO COMPLETO DEL MANZANO (cv Golden Delicious) Y LA APLICACIÓN DE TDZ EN LA BROTACIÓN, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS

EFFECT OF THE ENTIRE WHITEWASHING OF APPLE TREE (cv Golden Delicious) AND THE APPLICATION OF TDZ ON BUDBREAK, YIELD AND QUALITY OF FRUITS

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue analizar el efecto del encalado completo de árboles de manzano (*Malus domestica* Borkh) al inicio del invierno en la brotación vegetativa y floral, rendimiento y calidad del fruto, y su relación con la aplicación de Thidiazurón (TDZ) como promotor de brotación. El estudio se desarrolló durante el invierno 2005-2006, en una huerta de Manzano (cultivar Golden Delicious) de nueve años de edad en Jame, Municipio de Arteaga, Coahuila. Los resultados indicaron que la brotación vegetativa en el encalado completo del árbol supero en un 25 % al tratamiento testigo (sin aplicaciones) y en un 21 % a la aplicación de TDZ. La combinación de encalado completo al inicio del invierno y la aplicación de TDZ al final del mismo retrasó la brotación floral, en relación con los árboles sin encalado y sin la aplicación de TDZ. El encalado completo y la aplicación de TDZ no mejoraron la brotación de yemas florales. El encalado completo incrementó hasta un 27 % el rendimiento por árbol con respecto a la aplicación de TDZ. No hubo diferencia estadística en los parámetros de calidad de frutos entre el encalado total y la aplicación del promotor de brotación.

Palabras clave: *Malus domestica* Borkh, unidades frío, encalado, hidróxido de calcio, brotación

ABSTRACT

The objective of this research was to analyse the effect of whitewashing (with calcium hydroxide) entire apple trees (*Malus domestica* Borkh) at the beginning of the winter season, on vegetative and floral bud break, fruit yield and quality and its relationship to the use of Thidiazuron (TDZ) as promoter of bud break. The study was conducted during the winter of 2005-2006, in an orchard of apples (cultivars Golden delicious) of nine years old at Jame, Arteaga Coahuila, Mexico. The results indicated that the vegetative bud break in the apple trees with entire whitewashed was 25 % higher than the control treatment and 21 % more than with the application use of Thidiazuron. The combined use of entire whitewash and use of TDZ at the end of the winter retarded floral bud break as compared with the floral bud break of the control tress (no whitewashing, no TDZ). Entire whitewashing and the use of TDZ did not improve floral bud break. Total whitewashing increased up to 27 % the yield per tree compared to the application of TDZ. No statistical difference in the parameters of fruit quality was observed between entire whitewashing and the application of TDZ to promote bud break.

Key words: *Malus domestica* Borkh, chill units, whitewashing, calcium hydroxide, budbreak.

INTRODUCCIÓN

Los frutales de zonas templadas, con inviernos bien definidos, evolucionaron un mecanismo de defensa natural denominado letargo o dormancia para resistir los daños causados por las bajas temperaturas, y así prepararse para una brotación uniforme de sus yemas vegetativas y florales en el siguiente ciclo (Paz *et al.*, 2003). Las necesidades de frío de los frutales templados varía entre especies y cultivares (Ryugo, 1993) y generalmente se miden y/o expresan en Unidades Frío (UF), donde una UF, es el lapso de una hora de tiempo transcurrido a una temperatura entre 0 y 7.2 ° C (Melgarejo-Moreno, 1996). La acumulación de unidades frío es el factor determinante para que los árboles rompan el endoletargo (Díaz, 2002).

El cultivar Golden Delicious requiere aproximadamente 850 UF para lograr una brotación uniforme de yemas (Ramírez y Saavedra, 1990; Ghariani y Stebbins, 1994), aunque los requerimientos de UF no solo dependen del cultivar sino también de las interacciones entre el cultivar y los factores ambientales (Hauagge y Cummins, 1991; Carvajal *et al.*, 2000).

La variación de la temperatura del aire en las huertas de manzano de la Sierra de Arteaga, y la mayoría de las regiones manzaneras del Norte de México, indica la presencia de noches frías y días cálidos y soleados, que ocasionan calentamiento de los árboles y un efecto negativo en el proceso de letargo. De tal manera que los modelos para estimar UF indican que 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).

Para atacar este problema, los productores aplican promotores de brotación como citrolina, cianamidas y TDZ (Thidiazurón). Sin embargo, los resultados de estas

aplicaciones no siempre son favorables, ya que dependen de varios factores como la cantidad de UF acumuladas al tiempo de las aplicaciones, el tiempo y la concentración de aplicación y los efectos tóxicos que los promotores de brotación pueden inducir (Siller-Cepeda *et al.*, 1992; Dozier *et al.*, 1990; Steffens y Stutte, 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 blanca, caolín o hidróxido de calcio (cal). Estas películas son capaces de proporcionar beneficios fisiológicos a las plantas cultivadas, ya que pueden reducir el calentamiento de los árboles.

Glenn *et al.* (2001) demostraron que la aspersión de caolín a las hojas de manzano, pueden reducir la temperatura foliar, el estrés térmico de las hojas, aumenta la asimilación de bióxido de carbono, y en consecuencia se incrementa el rendimiento de frutos. Similarmente, Jifon y Syvertsen (2003) reportaron que la temperatura de las hojas de toronjo se reduce hasta 3 °C al medio día, cuando éstas son asperjadas con caolín, demostrando que la reducción de la temperatura foliar mejora la asimilación de bióxido de carbono, bajo condiciones de alta radiación y estrés térmico.

Lipton y Matoba (1971) lograron reducir la temperatura de frutos de melón hasta en 8 °C, cuando éstos son cubiertos con hidróxido de calcio, reduciendo los daños por efecto de quemado de sol. De igual forma, Lipton (1972) demostró que cubriendo los frutos grandes de melón se reduce la ganancia diaria de calor, mejorando la calidad del fruto.

Hernández-Herrera *et al.* (2006) demostraron que el encalado total del manzano reduce la temperatura interna de las ramas y troncos de los árboles de manzano,

también observaron que la reducción de la temperatura interna de los árboles por efecto del encalado completo incrementa la acumulación de unidades frío, calculadas con la temperatura interna de las ramas.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del encalado completo en la brotación vegetativa y floral, rendimiento y calidad de frutos de manzano y su relación con la aplicación de Thidiazurón como promotor de brotación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio de estudio

El estudio se realizó durante el ciclo productivo 2005 - 2006 en una huerta ubicada en la localidad de Jame, Municipio de Arteaga, Coahuila, México; a una altitud de 2280 m entre los 25° 22' LN y 100° 37' LO. 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 son de 31 y 10 °C, respectivamente (CNA, 2004).

Material vegetal y manejo de la huerta

La huerta donde se realizó el estudio tiene árboles del cultivar Golden Delicious de nueve 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, orientados en dirección este – oeste. El huerto se regó con un sistema de riego por goteo, y se aplicó en promedio 48 L/árbol cada dos días para mantener el suelo en un apropiado contenido de humedad. El control de plagas y enfermedades en la huerta las realizó el productor cooperante de acuerdo con las recomendaciones para la región, que consistieron en: cuatro aplicaciones de Gusation (2.5 L ha⁻¹), cuatro aplicaciones de

Endosulfan (1.0 kg ha^{-1}) y dos aplicaciones de Rally 40 WP (200 g ha^{-1}), no se presentaron problemas mayores de plagas o enfermedades.

Diseño experimental y tratamientos

El experimento se condujo bajo un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y un testigo; en cada caso se establecieron 6 repeticiones y la unidad experimental consistió en un árbol. Todos los árboles seleccionados para el estudio fueron muy homogéneos en altura, diámetro de tronco, y copa. El diámetro de los troncos de los árboles de todos los tratamientos fue igual estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$), de tal forma que el rendimiento de frutos se expresó en kg por árbol. Los tratamientos fueron: sin encalado ni promotor de brotación (T1) testigo, encalado completo al inicio del invierno (T2), aplicación de TDZ como promotor de brotación al final del invierno, que corresponde a la práctica común seguida por los productores de la región (T3), encalado completo al inicio del invierno y aplicación de TDZ al final del mismo (T4), aplicación al inicio del invierno de TDZ como pulsador y encalado completo (T5). La prueba de medias se realizó con Tukey ($P \leq 0.05$) y los cálculos se realizaron con el paquete estadístico SAS .

El encalado al inicio del invierno se aplicó el 7 de diciembre del 2005, con una aspersora portátil cuando los árboles estaban defoliados, utilizando hidróxido de calcio con un 95 % de pureza. La suspensión para encalar se preparó disolviendo 1.5 kg de hidróxido de calcio con 15 ml de adherente (Bionex) en 10 litros de agua, para cubrir los seis árboles de cada tratamiento. Una segunda dosis de cal se aplicó en la primera semana de Enero de 2006.

La solución del promotor de brotación y pulsador, se preparó disolviendo 3 g de TDZ (Thidiazurón) y 15 ml de Bionex (como adherente) en 10 litros de agua para

cubrir los seis árboles del tratamiento correspondiente. La aplicación de TDZ como pulsador se realizó en la misma fecha en la que se aplicó el encalado total, y como promotor de brotación el 7 de marzo de 2006.

Brotación vegetativa y floral.

La brotación vegetativa se evaluó en 4 ramas seleccionadas al azar, de aproximadamente 75 cm de longitud y de dos años de crecimiento, ya que los brotes de esta edad tienen una mayor y más rápida respuesta a los estímulos físicos y químicos (Erez, 1987). En cada rama se contabilizó el total de yemas vegetativas presentes antes de la brotación (2 Marzo, 2006). Posteriormente, se obtuvo el número de yemas brotadas el 20 de abril del 2006. El índice de yemas vegetativas brotadas se obtuvo dividiendo el número de yemas vegetativas brotadas el 20 de abril, por el total de yemas contadas el 2 de marzo.

La brotación floral se determinó en las mismas ramas seleccionadas previamente para la brotación vegetativas. Para esto, se determinó el total de yemas florales antes de la brotación, posteriormente se realizó otro conteo de flores abiertas, cuando el árbol se encontraba en el estadio de floración completa (20 de abril). El índice de yemas florales abiertas se evaluó dividiendo el número de flores abiertas el 20 de abril, por el total de yemas florales cuantificadas el 2 de marzo.

La dinámica de la brotación floral también se evaluó en las mismas ramas donde se obtuvo la brotación de yemas vegetativas y florales; realizando evaluaciones cada 7 días a partir de yemas en punta plateada, en cada fecha se determinó el número de yemas florales que habían alcanzado alguno de los nueve estadios de la brotación floral de este frutal. Las mediciones se realizaron hasta que el crecimiento de los brotes se detuvo, lo cual ocurrió el 30 de abril de 2007.

En cada fecha de muestreo, a cada yema de las cuatro ramas seleccionadas de cada tratamiento se les asignó un número (1 al 9) correspondiente al estadio floral que había alcanzado. La rapidez con la que las yemas florales avanzaban a los estadios superiores en los diferentes tratamientos, se determinó obteniendo el valor medio de los números asignados a cada yema en las diferentes fechas. En cada fecha de muestro se realizó un análisis de varianza con los valores asignados a las yemas, para detectar diferencia estadísticas de la rapidez con la que las yemas florales avanzaban a los estadios superiores en cada tratamiento.

Evaluación del rendimiento y calidad de frutos

El rendimiento se obtuvo pesando el total de frutos cosechados por árbol, mientras que la calidad de los frutos se determinó mediante los sólidos solubles totales (refractómetro manual Atago ATC-1E con compensación automática de temperatura), la firmeza (penetrómetro manual Effegi FT-327 con puntilla de 11.3 mm de diámetro, en kg cm^{-2}), índice de frutos de primera, y de segunda. Los sólidos solubles totales 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.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Brotación de yemas vegetativas

El encalado completo de los árboles al inicio del invierno, favoreció la brotación vegetativa en brotes de dos años de edad. La comparación de medias ($P \leq 0.05$), indicó que el tratamiento de encalado completo (60.75 % de brotación) resultó superior a los demás tratamientos (Figura 1), ya que fue 25 % mayor que el tratamiento testigo y 21 % mayor que con la aplicación de TDZ al final de invierno (T3), que corresponde al criterio adoptada por los productores de la región. La brotación obtenida con el encalado completo al inicio del invierno fue semejante a los alcanzados por otros investigadores utilizando promotores de brotación. Reyes *et al.* (1995) reportaron porcentajes de brotación vegetativa de hasta un 64.5 %, en el cv Golden Delicious utilizando cianamida hidrogenada al 1 %. Por otra parte, Steffens y Stutle (1989) señalan que el TDZ promovió el rompimiento del letargo de yemas, solamente en maderas de dos años.

La brotación de los tratamientos 1, 3, 4 y 5 fue relativamente baja (< 40 %) si se considera que el mínimo comercial es de 60 %, esto se debió a que las unidades frío acumuladas (UFA) calculadas con el modelo Utah (Richardson *et al.*, 1974), del 1 de noviembre de 2005 al 28 de febrero de 2006 fueron solo de 505.75, que correspondió a un déficit de 344.25 en relación a las 850 requeridas para una buena brotación (Ramírez y Saavedra, 1990). Esto probablemente se debe a las altas temperaturas (> 20 °C) que se pueden presentar en esta localidad durante el día (Hernández-Herrera *et al.*, 2006), lo que causa que se reste parte de las UFA durante los periodos de tiempo con temperaturas menores de 20 °C. Richardson *et al.* (1974) establecen que temperaturas arriba de 16 °C reducen las horas de frío acumuladas y pueden afectar la brotación.

La mayor brotación de los árboles con encalado completo al inicio del invierno (T2) probablemente se debe a que el encalado reflejó mas radiación solar, y la temperatura de las ramas y yemas fue menor que la de los árboles de los tratamientos sin encalado, esto pudo resultar en una menor pérdida de las UFA durante los meses de invierno. Las yemas vegetativas requieren mayor acumulación de horas frío para brotar en comparación con los florales (Calderón, 1985), por lo que el efecto del encalado completo de los árboles pudo ser más significativo en estas yemas.

Brotación de yemas florales

La brotación de yemas florales fue uniforme, no encontrando diferencias significativas entre tratamientos, con porcentajes de brotación mayores a un 75 % (Figura 2). Del-Real-Laborde y González (1991) aplicando cianamida hidrogenada al manzano “Red Delicious” reportaron un 74.3 % de brotación floral.

A pesar de que las UFA del 1 noviembre de 2005 al 28 de febrero de 2006 fueron apenas de 505.75, inferior a las requeridas por este cultivar (850) la brotación en todos los tratamientos fue muy uniforme. Esto probablemente se debió al menor requerimiento de unidades frío de las yemas florales, lo que coincide con lo señalado por Díaz (2002) y Calderón (1985). Sin embargo, es necesario considerar que una alta brotación floral, no significa que el árbol haya acumulado las unidades de frío requeridas para obtener una alta producción, ya que existen otros factores involucrados en el rendimiento final de frutos (Erez, 1987).

Dinámica de la brotación de yemas florales

El 4 de marzo, las yemas florales de todos los tratamientos se encontraban en el estadio uno (punta plateada), pero para el 11 de marzo (Figura 3) las yemas de todos los tratamientos se encontraban en promedio entre el estadio uno y dos (punta verde). La mayoría de las yemas en T1 habían pasado al estadio dos, mientras que la del resto de los tratamientos aun se encontraban en el estadio anterior ($P \leq 0.05$).

El 18 de marzo, las yemas en T3 y T4 estaban más retrasados que las del T1, ya que en promedio permanecían en el estadio tres (media pulgada verde) mientras que las de T1 ya habían alcanzado el estadio cuatro “racimo estrecho” ($P \leq 0.05$).

El 25 de marzo, las yemas en T4 eran los más retrasados con respecto a las del T1, encontrándose en promedio en el estadio cuatro, mientras que las del T1 estaban en promedio en el estadio seis (rosa completa). El 1 de abril, se observó el mismo patrón, ya que las yemas en T4 seguían siendo las más retrasadas con relación a las del T1, que en promedio estaban en el estadio seis mientras que las del T1 ya estaban en promedio en el estadio ocho (plena floración). Para el 8 de abril la brotación floral en los árboles de los cinco tratamientos se observó mas uniforme (Figura 3). Las yemas en T1, T2 y T3 en promedio habían llegado al estadio nueve (caída de pétalos) mientras que las del T5 en promedio estaban en el estadio ocho (Figura 3).

Los resultados anteriores parecen indicar que el encalado completo al inicio del invierno tiene el mismo efecto en el avance de los estadios de las yemas florales que la aplicación de TDZ al final del invierno. Esto probablemente se debe a que con el encalado las yemas pueden acumular mas unidades frío durante el invierno para una mejor dinámica de la brotación en la primavera.

Rendimiento y calidad de frutos.

La cosecha se realizó la primera semana de agosto de 2006. El rendimiento de frutos (Cuadro 1), indica que el tratamiento 2 (encalado total al inicio del invierno) resultó estadísticamente superior ($P \leq 0.05$), no solamente al rendimiento del testigo sino también al del tratamiento 3 (aplicación de TDZ al final del invierno). Esto indica que con el encalado total se puede obtener hasta 12 kg de frutos más por árbol (27.9 %) que con la aplicación de TDZ, lo cual se pudo deber a que hubo mayor acumulación de unidades frío por el encalado completo, que favoreció una mejor brotación de yemas, con flores de mayor calidad que permitieron mejor desarrollo del fruto, concordando con Ramírez y Cepeda (1993) y Ghariani y Stebbins (1994). Hernández-Herrera *et al.* (2006), también encontraron diferencias en el rendimiento de frutos 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 y aquellos a los que se les aplicó promotores de brotación. De igual forma, Glenn *et al.* (2001) y Glenn *et al.* (2003) reportaron incrementos en el rendimiento del manzano con la aspersion de caolín (película fina de arcilla de color blanco), para reducir la temperatura de los árboles.

Los sólidos solubles totales en el tratamiento tres (aspersion de TDZ al final del invierno) fueron mayores que los del tratamiento testigo ($P \leq 0.05$). El resto de las variables de los parámetros de calidad (firmeza, índice de frutos de primera y segunda) no fueron afectados por los tratamientos (Cuadro 2). Estos resultados sugieren que el efecto principal del encalado completo como una película reflejante de radiación solar, es en el rendimiento de frutos, sin afectar los parámetros de calidad, concordando con los resultados reportados por Glenn *et al.* (2003).

CONCLUSIONES

El encalado completo del árbol incrementó la brotación de yemas vegetativas y el rendimiento de frutos con respecto a la aplicación del promotor de brotación. El encalado completo del árbol al inicio del invierno y la aplicación de TDZ no afectaron la calidad del fruto. La combinación de encalado completo y aplicación de TDZ, retrasaron los estadios de la brotación floral con respecto a los árboles sin aplicación. El encalado completo y la aplicación de TDZ no incrementaron el porcentaje de brotación de yemas florales.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Caleras de la Laguna por suministrar el producto Quimex 95, y el apoyo económico otorgado para la realización de la investigación. así como también al la UAAAN por las facilidades prestadas para realizar el estudio.

LITERATURA CITADA

Calderón A E (1985) Fruticultura General. El esfuerzo del hombre. Tercera edición.

Editorial Limusa. México, D.F. 763 p.

Carvajal M E, F Goycoolea, V Guerrero, J Llamas, A Rascon, J A Orozco, C

Rivera, A A Gardea (2000) Caracterización calorimétrica de la brotación de yemas florales de manzano. Agrociencia 34: 543 - 551.

CNA (Comisión Nacional del Agua) (2004) Subgerencia de Información

Geográfica del Agua. <http://siga.cna.org.mx>. (20 de febrero, 2007)

- Del-Real-Laborde J I, J L Anderson, S D Seeley (1990)** An apple tree dormancy model for subtropical conditions. *Acta Horticulturae* 276: 183-191.
- Del-Real-Laborde J I y P González (1991)** Comparación de productos químicos compensadores de frío en manzano en Canatlán. Durango. IV Congreso de Horticultura. Saltillo, Coah., México. P 172.
- Díaz D H (2002)** Fisiología de árboles frutales. Primera edición. AGT Editor, S.A. México. 390p.
- Dozier WA, A A Powell, A W Caylor, N R Daniel, E L Carden, J A Mcguire (1990)** Hydrogen cyanamide induces budbreak of peaches and nectarines following inadequate chilling. *HortScience*. 25: 1573-1575.
- Erez A 1987** Chemical control of bud break. *HortScience* 22: 1240-1243.
- Ghariani K, R L Stebbins (1994)** Chilling requirements of apple and pear cultivars. Journal-article. *Fruit-varieties-journal* 48:215-222.
- Glenn D M, G J Puterka, S Drake, T R Unruh, A L Knigth, P Baherle, E Prado, T Baugher(2001)** Particle film application influences apple leaf physiology, fruit yield, and fruit quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126:175-181.
- Glenn D M, A Erez, G L Puterka, P Gundrum (2003)** Particle film affect carbon assimilation and yield in “Empire“ apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128:356-362.
- Hauagge R, J N Cummins (1991)** Phenotypic variation of length of bud dormancy in apple cultivars and related *Malus* species. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116: 100-106.
- Hernández-Herrera A, A Zermeño-González, R Rodríguez-García, D Jasso-Cantú (2006)** Beneficios del encalado total del Manzano (*Malus domestica*

Borkh) en la Sierra de Arteaga, Coahuila, México. *Agrociencia*, 40(5): 577-584.

Jifon J L, J P Syvertsen (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.

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, J Matoba (1971) Whitewashing to prevent sunburn of Crenshaw melons. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 6:343-345.

Melgarejo-Moreno P (1996) El frío invernal, factor limitante para el cultivo de frutales: Modelos y métodos para determinar la acumulación de frío de frío y de calor en frutales. Primera edición. A. Madrid Vicente, Ediciones. Madrid España. 166 p.

Paz E R, L A Reyes, A Benavides (2003) El cargado de yemas como alternativa para inducir el brote de manzanos bajo condiciones extremas de deficiencia de frío. *Agraria* 19: 1-14.

Ramírez H, M Cepeda-Siller (1993) El Manzano. Edit. Trillas, UAAAN, México, 208 p.

Ramírez H, L L Saavedra (1990) A low chilling requirement Golden Delicious apple mutant from northeast Mexico. *Acta Horticulturae* 279: 67-73.

Reyes L A, H I Macias, L B Herrera, A Martínez (1995) Efecto de la cianamida hidrogenada y el despunte en la brotación del manzano var. Rome Beauty Lawspur. *Agraria* 11: 1-9.

Richardson A E , S D Seeley, D R Walker (1974) A model for estimating of rest for Red Haven and Elberta peach trees. HortScience 9: 331-332.

Ryugo K (1993) Fruticultura Ciencia y Arte. Primera Edición en Español. AGT Editor. México 420 p

Siller-Cepeda J H, L H Fuchigami, T H H Chen (1992) Hydrogen cyanamide-induced budbreak and phytotoxicity in 'Redhaven' peach buds. HortScience 27: 874-876.

Steffens G L, G W Stutte (1989) Thidiazuron substitution for chilling requirements in three apple cultivars. Journal of Plant Growth Regulation 8: 301-307.

Young E (1992) Timing of high temperature influences chilling negation in dormant apple trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 11: 271-272.

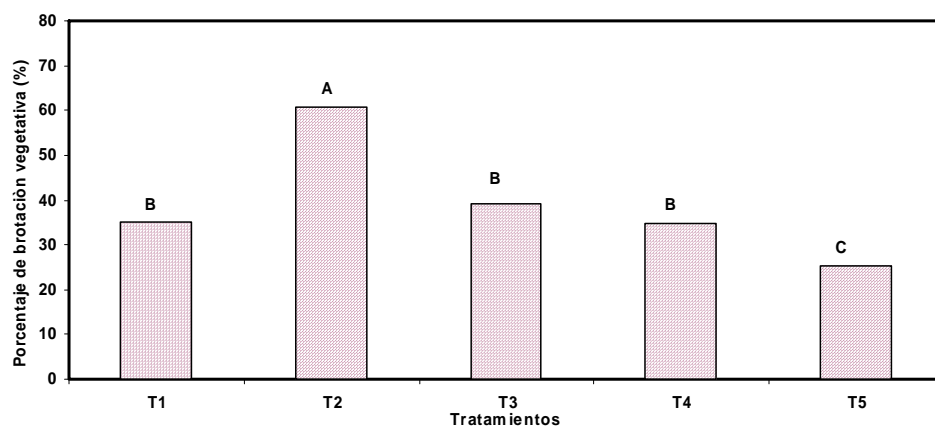


Figura 1. Efectos de los diferentes tratamientos en la brotación vegetativa en madera de 2 años, Jame, Municipio de Arteaga, Coahuila, México. Columnas con la misma letra son iguales estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$); T1; testigo, T2: encalado completo al inicio del invierno, T3: aplicación de TDZ al final del invierno, T4: encalado completo al inicio del invierno más TDZ al final del mismo, T5: encalado completo al inicio del invierno más TDZ al inicio del mismo.

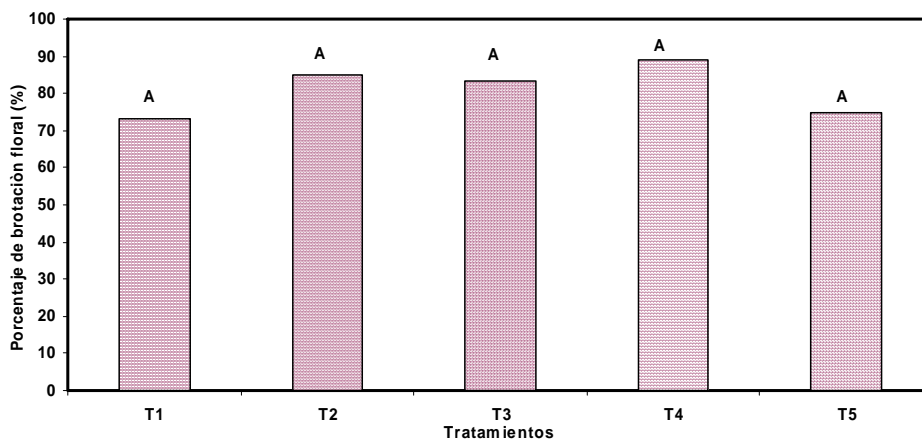


Figura 2. Efectos de los tratamientos sobre la brotación floral, Jame, Municipio de Arteaga, Coahuila, México. Columnas con la misma letra son iguales estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$); T1; testigo, T2: encalado completo al inicio del invierno, T3: aplicación de TDZ al final del invierno, T4: encalado completo al inicio del invierno más TDZ al final del mismo, T5: encalado completo al inicio del invierno más TDZ al inicio del mismo.

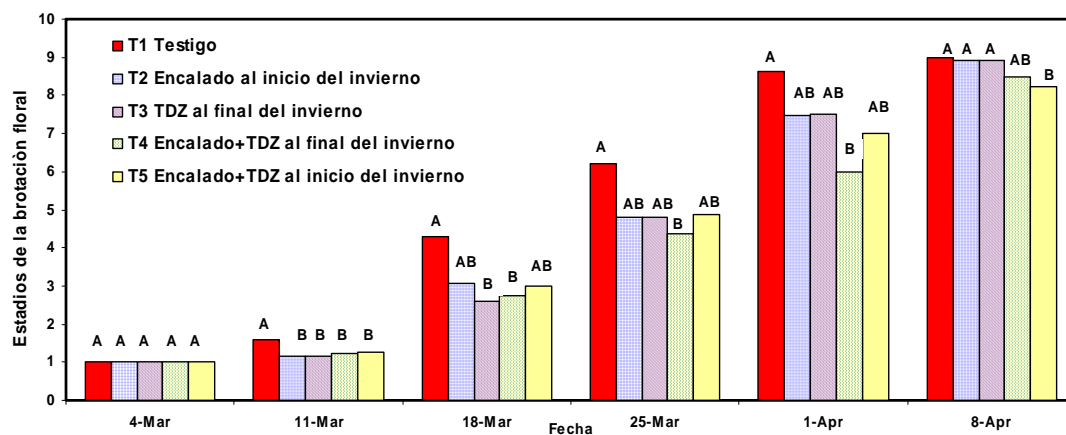


Figura 3. Dinámica de la brotación floral del Manzano en los diferentes tratamientos de marzo a abril de 2006, Jame, Municipio de Arteaga, Coahuila, México. Columnas con la misma letra en cada fecha son iguales estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$); estadio 1: punta plateada, 2: punta verde, 3: media pulgada verde, 4: racimo estrecho, 5: primera rosa, 6: rosa completa, 7: primera floración, 8: plena floración, 9: caída de pétalos.

Cuadro 1. Rendimiento promedio de frutos de manzano Golden Delicious (kg. árbol^{-1}) en los tratamientos evaluados en el invierno 2005-2006, Jame, Municipio de Arteaga, Coahuila, México.

Tratamiento	Descripción	Rendimiento Kg. árbol^{-1}
1	sin encalado ni promotor de brotación (testigo)	43.84 b ⁺
2	encalado completo al inicio del invierno	55.05 a
3	aplicación de promotor de brotación al final del invierno	43.43 b
4	encalado completo al inicio del invierno y aplicación de promotor de brotación al final del mismo	51.16 ab
5	aplicación de pulsador y encalado completo al inicio del invierno	45.31 ab

⁺ Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$)

Cuadro 2. Efecto de tratamientos sobre parámetros de calidad en frutos de manzano cv Golden Delicious, evaluados en el invierno 2005 - 2006, 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	14.40 b ⁺	7.21 a	0.2279 a	0.2588 a
T2	14.54 ab	7.31 a	0.4026 a	0.2773 a
T3	15.08 a	7.13 a	0.3308 a	0.2736 a
T4	14.90 ab	7.14 a	0.3259 a	0.3443 a
T5	14.79 ab	7.10 a	0.3243 a	0.2514 a

T1, testigo; T2 encalado completo al inicio del invierno; T3 aplicación de estimulador de brotación al final del invierno; T4 encalado completo al inicio del invierno y aplicación de estimulador de brotación al final del mismo; T5 aplicación de pulsador y encalado completo al inicio del invierno.

⁺ Medias con la misma letra en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$)

ENCALADO DEL FRUTO EN LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE MANZANA: IMPACTO SOBRE EL PAÑO DEL FRUTO

A. Zermeño-González^{1π}; J. A. Gil-Marín¹; H. Ramírez-Rodríguez³, A. Hernández-Herrera²; R. Rodríguez-García¹; A. Benavides-Mendoza³; D. Jasso-Cantú⁴, J. Munguia López⁵

¹Departamento de Riego y Drenaje, UAAAN, Saltillo, Coahuila, México. Correo-e: azermeno@uaaan.mx (πautor responsable).

²Departamento de Suelos, UAAAN, Saltillo, Coahuila, México

³Departamento de Horticultura, UAAAN Saltillo, Coahuila, México.

⁴Departamento de Fitomejoramiento, UAAAN, Saltillo, Coahuila, México

⁵Departamento de Agroplásticos, CIQA, Saltillo, Coahuila

RESUMEN

Uno de los aspectos que afectan la calidad del fruto del manzano es el paño del fruto, por lo que el objetivo de esta investigación fue analizar el efecto del encalado de frutos de manzano (*Malus domestica* Borkh), desde una pulgada de diámetro hasta maduración, y su relación con la temperatura del fruto, extensión de la mancha de paño, su rendimiento y calidad. La investigación se desarrollo durante la primavera y verano del 2007, en dos localidades del Municipio de Arteaga, Coahuila, México. Los resultados del estudio indicaron que el encalado del fruto reduce la temperatura interna y externa del mismo, y que estas reducciones son mayores a las horas de mayor incidencia de radiación solar. La disminución de las altas fluctuaciones de la temperatura del fruto, redujo de manera significativa la extensión de la mancha del paño e incrementó el contenido de sólidos solubles sin afectar el peso, diámetro y firmeza del fruto.

Palabras claves: *Malus domestica* Borkh, desorden fisiológico, hidróxido de calcio, temperatura

SUMMARY

WHITEWASHED OF THE FRUIT IN THE ORGANIC PRODUCTION OF APPLE: IMPACT ON THE RUSSETING OF THE FRUIT

One of the aspects that affect the quality of apples is the fruit russeting, therefore the objective of this research was to evaluate the effect of fruit whitewashing (*Malus domestica* Borkh), from an inch in diameter to maturation, and its relationship with its temperature, extension of russeting, yield and quality of fruits. The study was conducted during the spring and summer of 2007, in two orchards of the Municipality of Arteaga, Coahuila, Mexico. The results of the study indicated that the whitewashed of the fruit decreases the internal and surface fruit temperature and the reduction of temperatures were higher at the time of maximum solar radiation. The decrease of the high temperature fluctuations of the fruits, reduced the extension of russeting, increased the content of soluble solids without affecting the weight, diameter and firmness of the fruit.

Key words: *Malus domestica* Borkh, physiological disorder, calcium hydroxide, temperature

INTRODUCCIÓN

En México, el manzano es uno de los frutales de clima templado de mayor importancia. En los últimos años la producción de esta fruta ha aumentado notablemente, debido a la demanda que tiene por su valor alimenticio y terapéutico, y por la diversidad de productos que se obtienen en la agroindustria.

En 2006, el total de superficie sembrada del cultivo del manzano a escala nacional fue de 61 058 ha, con una producción de 600 492.2 toneladas y con un rendimiento promedio de 6.77 t ha⁻¹. Los estados que cuentan con condiciones favorables para la producción intensiva de manzana son: Chihuahua, Durango, Coahuila, Puebla y Nuevo León; también se le puede encontrar en menor producción

en Oaxaca, Chiapas, Hidalgo, Zacatecas, Veracruz y el estado de México (INEGI, 2007).

En Coahuila, la región manzanera esta ubicada en la porción sureste del estado, conocida como Sierra de Arteaga y la componen los cañones de La Carbonera, Los Lirios, El Tunal, Jamé, San Antonio de las Alazanas y Huachichil.

Actualmente, el cultivo de manzana en la Sierra de Arteaga es generador de grandes beneficios, ayudando notablemente al desarrollo del medio rural, siendo la actividad en que se basa la mayor parte de la agricultura de esta región. En 2006, se cosecho una superficie de 7 308 hectáreas, con una producción de 57 694 toneladas y un rendimiento promedio de 9 028 t ha⁻¹ (INEGI, 2007).

Las cultivares más sembradas son Golden Delicious con un 80 % y Red Delicious con 15 %. Por otro lado, de acuerdo a las preferencias del consumidor, por orden de importancia son: Golden Delicious, en un 60 % y Red Delicious 35 % (Mata y León, 1997).

El manzano Golden Delicious de origen americano, produce fruta con cualidades pomológicas muy apreciadas en el mercado, dado sus buenas propiedades de conservación, sin embargo presenta el problema de ser susceptible al daño conocido como paño del fruto; el cual consiste en una mancha de color café y aspereza de la cutícula que se origina en el pecíolo y se extiende hacia el ecuador del fruto, lo que reduce su calidad, y que de acuerdo con Álvarez (1988) es provocado por una deficiente circulación de savia bajo la cutícula de los frutos jóvenes. Por otro lado, Hirst (2002) define al paño como un desorden fisiológico caracterizado por la formación de corcho sobre la epidermis del fruto, resultado de un estrés ambiental como una helada.

Estudios anteriores (Faust y Shear, 1972) encontraron que el resquebramiento de la cutícula es el primer síntoma en la etiología del paño. Las prácticas culturales,

así como las condiciones ambientales pueden originar e incrementar el paño del fruto. Al respecto, Álvarez (1988) menciona que las causas que originan el paño pueden ser: el frío después de la floración, las sequías prolongadas en primavera, terrenos encharcados, suelos mal aireados, enfermedades del sistema radical, lesiones mecánicas por efecto de las prácticas de cultivo o por el medio ambiente húmedo, seguido de temperaturas altas por el día y bajas por la madrugada. De igual forma, Creasy y Swartz (1981) mencionan que las aplicaciones continuas de pesticidas pueden conducir a la formación del paño, mientras que Creasy (1980) señala que la alta humedad y lluvias frecuentes están asociadas a un paño severo.

Otros estudios (Ramírez y Ángeles, 1990 y Ramírez-Legarreta y Jacobo-Cuellar, 1999), indican que el paño se debe a una diferencia en la tasa de crecimiento entre la cutícula y la epidermis del fruto. Para controlar el problema del paño del fruto, los estudios realizados se han dirigido a la aplicación de giberelinas, sin embargo su acción es eficiente solo cuando se aplica en grandes concentraciones y altas frecuencia (Scholtens y Bootsma, 1981; Rooijen, 1983; Abbot, 1993 y Miller y Ferre, 1996), esto limita su uso desde una perspectiva económica.

Estudios previos (Álvarez, 1988) indican que una de las posibles causas que originan el paño es la expansión y contracción del fruto debido a los cambios de temperatura durante el día y la noche. De tal forma que si el encalado del fruto aumenta la reflectividad a la radiación solar, puede reducir el calentamiento del fruto y disminuir los cambios de temperatura, esto a su vez puede atenuar la presencia o extensión del paño. Además de que el hidróxido de calcio es calificado como producto orgánico, y su aplicación es más económica que la giberelina. Por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del encalado del fruto desde su formación hasta maduración en la reflectividad de la radiación solar, temperatura del fruto y su relación con la incidencia del paño, sólidos solubles totales, firmeza y rendimiento de frutos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se estableció en dos huertas de manzano del Municipio de Arteaga, Coahuila; una en la localidad de Jamé y la otra en Santa Rita. Las coordenadas geográficas de las huertas son 25° 22' 01" N y 100° 30' 14" O, con una altitud de 280 m a 2440 m. La precipitación promedio anual es de 350 – 400 mm. Los registros de temperatura de 1950 a 2003, de la Estación Saltillo de la Comisión Nacional del Agua (CNA); presentan una temperatura media en invierno (diciembre a Marzo) de 13.8° C y máximas promedio y máximas extremas de 21.4 y 28.8 °C respectivamente.

La huerta de Jamé tiene árboles del cultivar Golden Delicious injertados sobre patrones semienanizantes MM 111, de 12 años de edad y de 2.00 a 2.50 m de altura. La huerta de Santa Rita también tiene árboles del mismo cultivar sobre patrones semienanizantes MM 111 de 10 años de edad y 2.5 a 3.5 m de altura.

El marco de plantación en la huerta de Jamé es 3.0 m de espaciamiento entre árboles y 4.0 m entre hileras, la orientación de las hileras es este – oeste. La huerta de Santa Rita tiene distancias de plantación de 4.0 m entre árboles y 4.0 m entre hileras; la orientación de las hileras es también este – oeste.

Tratamientos y diseño experimental

Para evaluar el efecto del encalado del fruto en el paño, rendimiento y calidad de frutos, se uso un diseño completamente al azar con 2 tratamientos y 6 repeticiones. Los tratamientos fueron: encalado total del fruto (T1) y sin encalado (T2, Testigo), cada árbol representó una unidad experimental. Los árboles tuvieron aproximadamente las mismas características de altura, diámetro de tronco y copa. El encalado de los frutos en cada huerta se realizo con hidróxido de calcio $[Ca(OH)_2]$ con un 95% de pureza (Quimex 95, Caleras de la Laguna). La suspensión para encalar se preparó disolviendo 1.0 Kg de hidróxido de calcio en 10 litros de agua, para cubrir los frutos de cada tratamiento. El hidróxido de calcio se aplicó únicamente en el lado sur de cada uno de los seis árboles que representaban la unidad

experimental. La aspersión se inició el 4 de mayo de 2007 en ambas huertas, cuando el diámetro de los frutos era de 20 mm utilizando una aspersora portátil. Las aplicaciones posteriores se dieron a una frecuencia de 15 días hasta una semana antes del tiempo de cosecha (8 de Agosto para la huerta de Jamé y 8 de septiembre para la huerta de Santa Rita).

La temperatura de los frutos, radiación solar incidente y reflejada, se midió cuando estos alcanzaron madurez fisiológica por un periodo de 15 días. Para esto se seleccionaron cuatros frutos, dos encalados y dos sin encalar. La temperatura interna se obtuvo insertando un termopar de cobre-constatan de 0.6 mm de diámetro en forma tangencial bajo la epidermis de un fruto con encalado y otro sin encalar.

La temperatura superficial (de la epidermis) se midió utilizando termómetros infrarrojos, ubicados en forma horizontal a aproximadamente 5 cm de distancia del fruto (con y sin encalado), a la altura del diámetro ecuatorial. La radiación solar incidente se midió con un piranometro de silicón orientado hacia el cenit, libre de sombreado por cuerpos adyacentes, mientras que para la reflejada por los frutos con y sin encalado, los piranómetros se orientaron hacia abajo a una altura de 10 cm sobre el ecuador de los frutos.

El índice de reflectividad a la radiación solar o albedo (α) de los frutos con y sin encalado, se determinó con la siguiente ecuación (Arya, 1988):

$$\alpha = \frac{R_{sw\uparrow}}{R_{sw\downarrow}} \quad (1)$$

Donde: $R_{sw\downarrow}$ es la radiación solar incidente y $R_{sw\uparrow}$ es la radiación solar reflejada por el fruto con y sin encalado. El registro de datos se realizó con un datalogger modelo CR7 (Campbell Sci, Inc, Logan, Utah), programado para tomar lecturas con una frecuencia de 1 s, y obtener promedios de 30 min.

La extensión de la mancha del paño se determino calculando el índice de mancha (I_m), el cual se obtuvo dividiendo la extensión del área del paño (A_m) por la superficie del fruto (S_f), considerando una forma esférica del mismo (Ec. 2)

$$I_m = \frac{A_m}{S_f} \quad (2)$$

El procedimiento anterior se realizó en 60 frutos encalados y 60 sin encalar.

El efecto de los tratamientos en el rendimiento y calidad de frutos se evaluó cosechando 20 frutos de cada unidad experimental. Los parámetros de rendimiento fueron peso promedio del fruto, mientras que los de calidad 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), y diámetro del fruto. Los grados brix y la firmeza se evaluaron en 10 frutos por unidad experimental.

Una vez que se obtuvieron los resultados de campo y de laboratorio se procedió al análisis estadístico mediante el programa de cómputo SAS Statistical Analysis System versión 6.12 para windows. La comparación de medias de tratamientos se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.01$).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Albedo del fruto

El albedo o índice de reflectividad de los frutos con encalado fue mayor que el de los frutos testigos (sin encalado) a través del día, demostrándose el efecto de mayor reflectancia del hidróxido de calcio (Figura 1). Los frutos encalados reflejaron en promedio 15 % más de la radiación solar incidente y consecuentemente tuvieron una temperatura menor que los frutos sin encalar. Glenn *et al.* (2002) también reportaron una mayor reflectividad y menor temperatura de los frutos del manzano, cuando se cubrieron con una película reflejante de caolín.

La mayor reflectividad de los frutos con encalado puede reducir el efecto del paño, ya que estudios realizados por Crisosto (1994) y Peterson (1999) demostraron que los frutos expuestos a una mayor radiación solar producen células con paredes

gruesas rectangulares, las cuales son incapaces de expandirse en respuesta a un incremento en la presión de turgencia y pueden fácilmente reventarse, o también cambiar la polimerización en el interior de la cutícula cerosa, convirtiéndola en una matriz amorfa que es susceptible a agrietarse y formar el paño.

Temperatura interna y de la epidermis del fruto

A las horas de máxima incidencia de radiación solar (12 a 17 h), la temperatura interna y de la epidermis del fruto encalado fue menor que la de los frutos sin encalar; además ambas fueron mayores que la temperatura del aire (Figuras 2 y 3), encontrándose diferencias de hasta 3 °C entre la temperatura interna (endodermis) de los frutos con y sin encalado. Glenn *et al.* (2001) trabajando con películas reflejantes a base de caolín encontraron diferencias de hasta 4.4° C entre los frutos con y sin caolín. Dado que el encalado del fruto refleja mas radiación solar, la cual es causante del calentamiento del mismo, se puede reducir el efecto del golpe de sol y desordenes fisiológicos causados por las altas temperaturas.

Durante la noche, la diferencia de temperatura entre los frutos con y sin encalado (Figuras 2 y 3) fue mínima; siendo ambas menores que la temperatura del aire. Patrones similares se observaron en otras fechas en el transcurso del tiempo de estudio, en donde a las horas de mayor incidencia de radiación, siempre la temperatura interna y de la epidermis de los frutos encalados fue menor que la de los frutos sin encalar.

Paño del Fruto

El encalado del fruto redujo significativamente ($P \leq 0.01$) la extensión del paño en el fruto en las dos localidades del estudio (Cuadros 1 y 2). En Jamé, la extensión del paño en los frutos con encalado fue 22.18 % menor que la de los frutos sin encalado, mientras que en Santa Rita fue 34.49 % menor. Estos resultados sugieren que debido a un menor calentamiento de los frutos (Figuras 2 y 3), el encalado del fruto puede tener un efecto favorable en la disminución del crecimiento

del paño, mientras que los métodos de control del paño basados en la aplicación de giberelinas (Warner, 1997) pueden ofrecer resultados inciertos y en ocasiones incrementar la extensión del paño del fruto (Baxter, 1995).

Por otro lado, la aportación de calcio por el hidróxido de calcio también puede contribuir a reducir el efecto del paño, ya que estudios realizados por White y Broadley (2003) y Burns y Pressey (1987) indican que el calcio desempeña una función importante en la estructura de la pared celular y permeabilidad de la membrana. Esto puede dar mayor resistencia a la epidermis del fruto para soportar la expansión y contracción del fruto por los cambios de temperatura.

Además, Poovaiah (1986) señala que después de que el calcio se acumula entre la pared celular y la lamina media, interacciona con el ácido péctico para formar pectato de calcio, lo que confiere estabilidad y mantiene la integridad de ambas estructuras. Estudios en manzano realizados por Bramlage *et al.* (1974) encontraron que mayores cantidades de calcio incrementan la firmeza del fruto y reducen la sensibilidad a diversos desordenes fisiológicos. Estos estudios sugieren que una mayor presencia de calcio puede contribuir a reducir la incidencia del paño del fruto.

Peso del fruto, firmeza y contenido de sólidos solubles totales

El encalado no afectó el peso del fruto ni la firmeza en ninguna de las dos localidades (Cuadros 3 y 4). Aunque el peso de los frutos en los dos tratamientos fue estadísticamente igual, el peso de los frutos con encalado fue 9.43 % mayor que el de los frutos sin encalar en la localidad de Santa Rita y 5.7 % en la localidad de Jamé. Los valores promedio de firmeza del fruto que se encontraron en las dos localidades (6.92 a 7.57 kg) fueron mayores que el valor mínimo de 4.5 kg, para que una manzana verde pueda comercializarse en fresco, de acuerdo con la norma mexicana (NMX-FF-061-SCFI-2003).

El encalado del fruto aumentó significativamente los sólidos solubles totales (SST) del fruto en las dos localidades (Cuadros 3 y 4). El valor de los SST en el tratamiento sin encalar en la localidad de Jamé fue 11.76 %, ligeramente inferior al valor de 12% recomendado para cosecha fresca del cv Golden Delicious, de acuerdo con la norma mexicana (NMX-FF-061-SCFI-2003), para los frutos encalados de la misma localidad y los dos tratamientos de la localidad de Santa Rita, los valores de SST fueron mayores de 12 %. Dado que los frutos de los dos tratamientos (con y sin encalado) se cosecharon en la misma fecha, estos resultados indican que el encalado del fruto podría acelerar su maduración, contribuyendo a una cosecha mas temprana. Esto podría ser una ventaja económica para los productores de manzana de cualquier zona, ya que les permitiría poner su fruta en los mercados, antes que el resto de los productores de la misma región. Resultados similares fueron reportados por Glenn *et al.* (2005), en trabajos realizados con los cultivares Fuji y Gala y con películas reflejantes a base de caolín (Surround WP), donde el peso y la firmeza del fruto no fueron afectados por la película reflejante, pero los SST de los frutos con caolín fueron mayores que los de los frutos sin aplicaciones. Sin embargo, Schupp *et al.* (2002) no encontró diferencias en peso, firmeza y SST entre los frutos con y sin aplicaciones de caolín en los cv Fuji y Honeycrip. De igual forma, Layne *et al.* (2002) tampoco encontraron diferencias en las mismas variables en frutos del cv Gala por efecto de la aplicación de películas metalizadas de alta densidad.

CONCLUSIONES

El encalado del fruto aumentó la reflectividad de la radiación solar, reduciendo la temperatura tanto de la endodermis como de la epidermis del fruto. Las diferencias de temperatura de los frutos con y sin encalado fueron mayores a las horas de mayor incidencia de radiación.

El encalado redujo significativamente la extensión de la mancha del paño del fruto, y aumento significativamente los sólidos solubles totales. El peso y la firmeza del fruto no fueron afectados por el encalado.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, 1993. Problem: fruit russet on Delicious apple. Can be the answer! Abbott Laboratories Quality Health Care Worldwide. Agricultural Products, North Chicago.
- Alvarez. R., S. 1988. El manzano. 5 ed. Aedos. Barcelona. 346 p.
- Arya, S.P. 1988. Introduction to micrometeorology. Academic press. Inc. San Diego, CA, USA . pp 21-35.
- Baxter, L.B. 1995. The use of gibberellins for russet control in red fuji apples. [Hptt://www.elders.com.au/elders/march/hortic/hrtc/ap248.htm](http://www.elders.com.au/elders/march/hortic/hrtc/ap248.htm). Fecha de consulta 10 de octubre, 2007.
- Bramlage, W.J., M.Drake, y J.H. Baker. 1974. Relationship of calcium content to respiration and post harvest condition of apples. Journal of the American Society for Horticultural Science. 99:376-378.Fecha de consulta 15 de Octubre de 2007.
- Burns, J.K Y R. Pressey. 1987 .Ca²⁺ in cell wall of ripening tomato and peach. Journal of the American Society for Horticultural Science 112: 783-787.
- Creasy, L.L. 1980. The correlation of weather parameters with russet of Golden Delicious apples under orchard conditions. Journal of the American Society for Horticultural Science 105: 735-738.
- Creasy, L.L. and H. J. Swartz. 1981. Agents influencing russet on Golden Delicious apple fruits. Journal of the American Society for Horticultural Science 106: 203-206.
- Crisosto, C.H 1994. Apple russetting. Kearney Agricultural Center 3 (2): 1-4. Davis California USA.
- Faust, M. and C.B. Shear. 1972. Russetting of apples, an interpretive review. HortScience 7: 233-235.
- Glenn, D.M.; S. Drake.; J. A. Abbot; G.J. Puterka, and P. Gundrum. 2005. Season and cultivar influence the fruit quality responses of apple cultivars to particle films treatments. HortTechnology 15(2) : 249-253.

- Glenn, D.M.; E. Prado.; Erez, A.; Mcferson J., and Puterka, G.J.;. 2002. A reflective, processed-kaolin particle film affects fruit temperature, radiation reflection, and solar injury in apple. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 127(2):188-193.
- Glenn, D.M.; Puterka, G.J.; Drake, S.; Unruh, T.R.; Knighth, A.L.; Baherle, P.; Prado, E.; Baugher, T. 2001. Particle film application influences apple leaf physiology, fruit yield, and fruit quality *Journal of the American Society for Horticultural Science* 126:175-181.
- Hirst P.M. 2002. The apple fruitlet thinning response to carbaryl is unaffected by russet. *HortTechnology* 12(1) :75-77.
- Inegi, 2007. Anuario Estadístico: Coahuila de Zaragoza. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Pp 331-349
- Layne, D. R., Z. Jiang and J. W. Rushing. 2002. The influence of reflective film and ReTain on red skin coloration and maturity of ‘Gala’ apples. *HortTechnology* 12(4): 640-645.
- Mata B. I. y G. León. 1997. *Horticultura Mexicana*. VII Congreso Nacional de Horticultura. Culiacán, Sinaloa, México. 200 p.
- Miller,D., and D. Ferre. 1996. Pro-Vide sprays. Integrated crop management. Ohio ICM Newsletter. Number 7 Columbus, OH.
- NMX-FF-061-SCFI 2003. Fruta fresca-manzana (*Malus pumila* Mill) – especificaciones. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de febrero de 2003.
- Peterson B.1999. What growers can do to reduce risk of fruit russet. *Good Fruit Growers* 50 (4) 30-31.
- Poovaiah, B. W. 1986. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technology* 40: 86-89.
- Ramírez-Rodríguez, H. y H. O. Ángeles-García.1990. Evaluación de Provide en el paño de la manzana cv Golden delicious. *Agraria* 6(2): 93-102.

- Ramírez-Legarreta M.R. y J.L. Jacobo-Cuellar 1999. Estructura de un modelo para el roseteado de la manzana Golden delicious considerando algunos factores que influyen en su desarrollo. *Fitopatología* 17 (1) 1-7.
- Rooijen, W. J. Van. 1983. Reducing fruit russeting of apples by application of Gibberellins (Berelex GA4+7). *Fruitteelt* 73 (16): 398-399.
- Scholtens, A., and H. J Bootsma. 1981. Gibberellins against fruit russeting. *Fruitteelt* 71 (16) 507-509.
- Schupp, J.R., E. Fallahi and I.J.Chun. 2002. Effect of particle film on fruit sunburn, maturity and quality of “Fuji” and “ Honeycrisp” apples. *HortTechnology* 12(1)87-90.
- Warner, G. 1997 Apple russeting has many possible causes. <http://www.goodfruit.com/archive/1995/26special.html>. Fecha de consulta 15 de Octubre de 2007.
- White, P. J. y M. R. Broadley. 2003. Calcium in plants. *Annals of Botany* 92: 487-511.

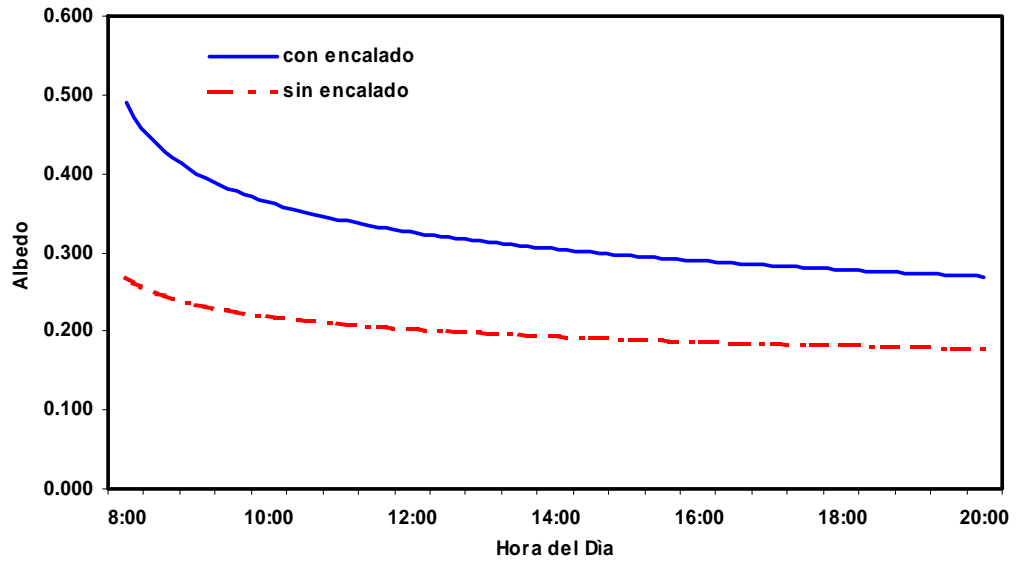
FIGURAS

Figura 1. Albedo de los frutos con y sin encalado en un día despejado, Arteaga, Coahuila, Septiembre de 2007.

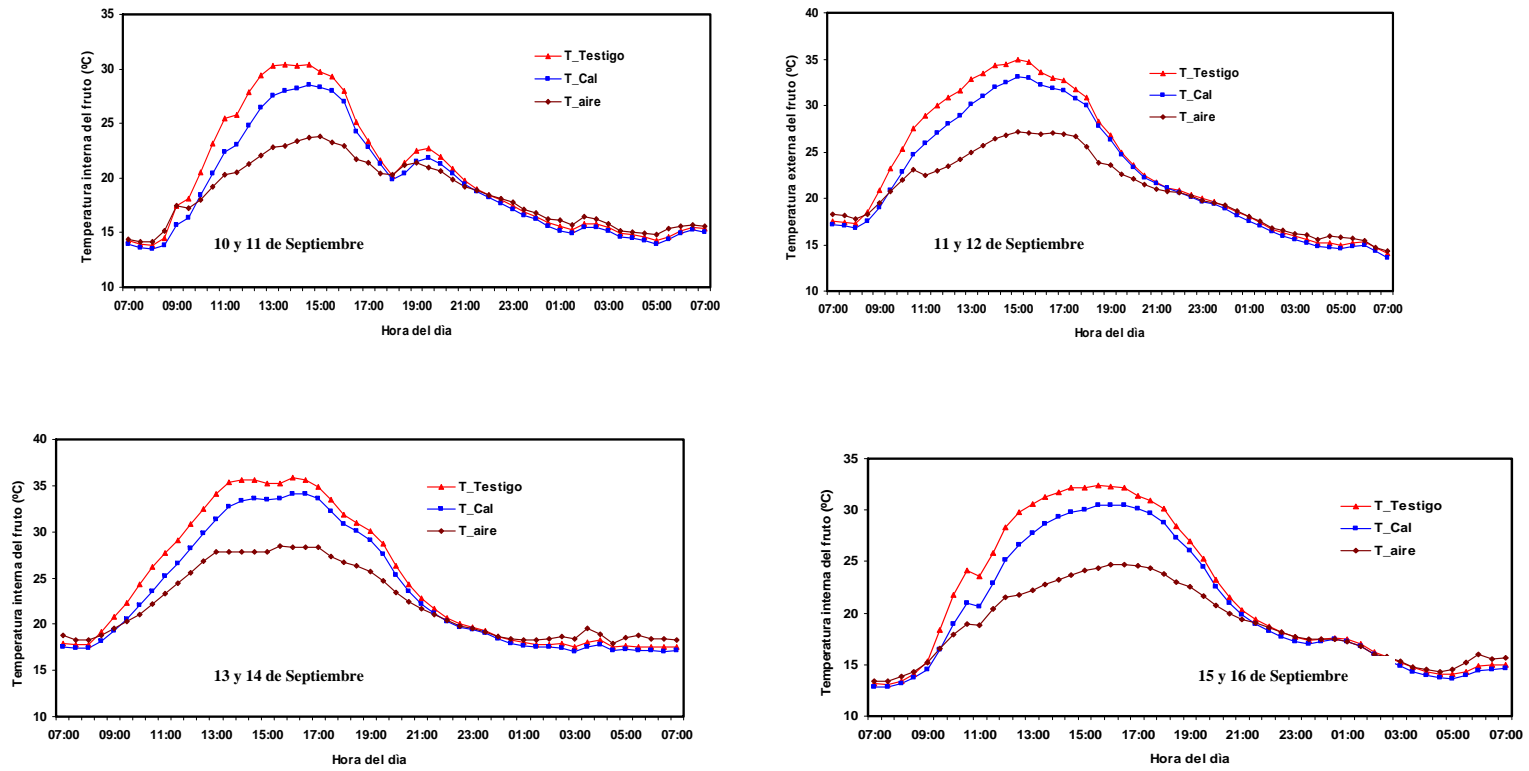


Figura 2. Temperatura interna (endodermis) del fruto con y sin encalado, y del aire observada en cuatro días, Arteaga, Coahuila, Septiembre de 2007.

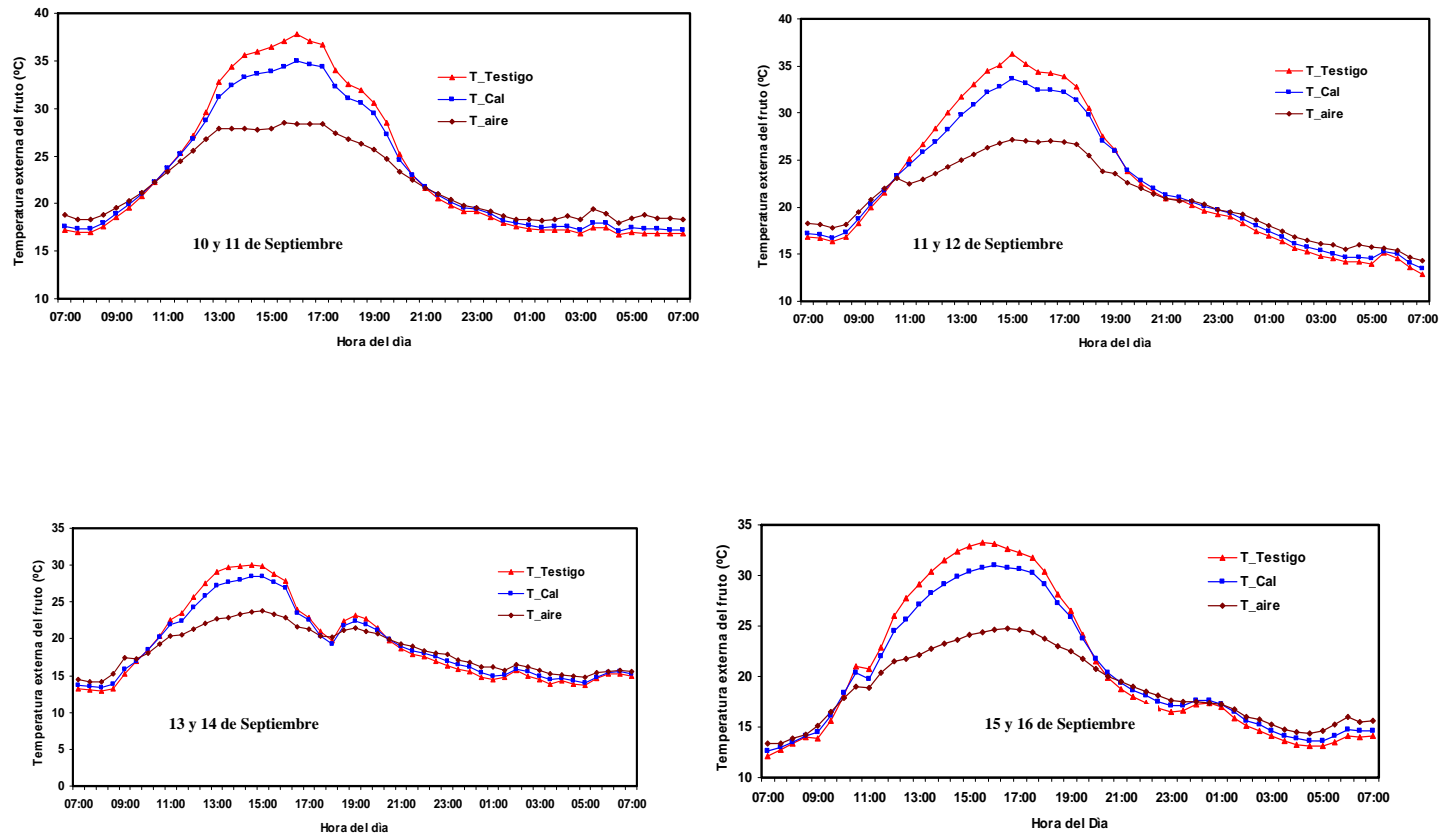


Figura 3. Temperatura de la epidermis del fruto con y sin encalado, y del aire observada en cuatro días, Arteaga, Coahuila, Septiembre de 2007.

CUADROS

Cuadro 1. Valores promedio del diámetro del fruto e índice de mancha en frutos de manzana cv Golden Delicious, localidad Jamé, Arteaga, Coahuila, Septiembre de 2007.

Tratamiento	Diámetro del fruto (mm)	Índice de mancha
Con encalado	65.61 ± 0.51 a	0.128 ± 0.0074 a**
Sin encalado	65.89 ± 0.47 a	0.163 ± 0.0088 b

Medias con letra diferente en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.01)

Cuadro 2. Valores promedio del diámetro del fruto e índice de mancha en frutos de manzana cv Golden Delicious, localidad Santa, Rita, Arteaga, Coahuila, Septiembre de 2007.

Tratamiento	Diámetro del fruto (mm)	Índice de mancha
Con encalado	64.125 ± 0.37 a	0.1037 ± 0.0068 a**
Sin encalado	63.84 ± 0.36 a	0.1603 ± 0.009 b

Medias con letra diferente en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.01)

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos en el peso promedio, sólidos soluble totales (SST) y firmeza de frutos cv Golden Delicious, observados en Jamé, municipio de Arteaga, Coahuila, Septiembre 2007.

Tratamiento	Peso promedio del fruto (g)	SST (°Brix)	Firmeza (kg)
Con encalado	167.94 ± 6.79 a	13.04 ± 0.165 a**	6.97 ± 0.008 a
Sin encalado	158.35 ± 4.91 a	11.76 ± 0.05 b	6.92 ± 0.007 a

Medias con letra diferente en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.01)

Cuadro 4. Efecto de los tratamientos en el peso promedio, sólidos soluble totales (SST) y firmeza de frutos cv Golden Delicious, observados en Santa Rita, municipio de Arteaga, Coahuila, Septiembre 2007.

Tratamiento	Peso promedio del fruto (g)	SST (°Brix)	Firmeza (kg)
Con encalado	80.73 ± 2.58 a	13.88 ± 0.23 a**	7.57 ± 0.018 a
Sin encalado	73.12 ± 5.31 a	12.82 ± 0.17 b	7.55 ± 0.008 a

Medias con letra diferente en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.01)