



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO



UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ÁRIDAS

**REQUERIMIENTO DE FRIO Y CALOR DE NOGAL PECANERO
(*Carya illinoensis* K. Koch) DE CICLO CORTO**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:



**MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES
Y MEDIO AMBIENTE EN ZONAS ÁRIDAS**

DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

PRESENTA:

GONZALO VARGAS PIEDRA

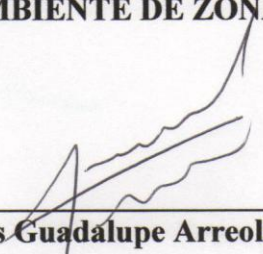
Bermejillo, Durango Mayo del 2012

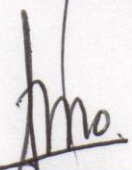


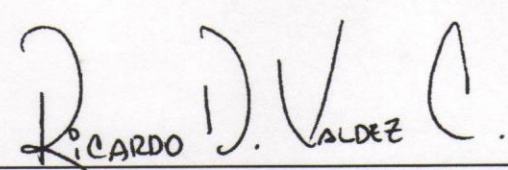
**REQUERIMIENTO DE FRIO Y CALOR DE NOGAL PECANERO
(*Carya illinoensis* K. Koch) DE CICLO CORTO**

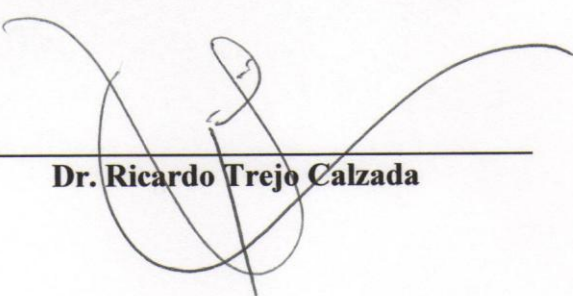
Tesis realizada por Gonzalo Vargas Piedra bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES
Y MEDIO AMBIENTE DE ZONAS ÁRIDAS**

DIRECTOR: 
Dr. Jesús Guadalupe Arreola Ávila

ASESOR: 
Dr. Ángel Lagarda Murrieta

ASESOR: 
Dr. Ricardo David Valdez Cepeda

ASESOR: 
Dr. Ricardo Trejo Calzada

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** (CONACYT) por haber brindado el recurso económico durante mi estancia en la maestría y darme la oportunidad de pertenecer al mismo.

A la **Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas** en especial por permitirme cursar el grado de maestría en ciencias y a la Universidad Autónoma Chapingo.

Al **Dr. Jesús G. Arreola Ávila** Director de tesis por sus valiosos conocimientos y tiempo brindado durante los dos años del postgrado, también un agradecimiento especial a los profesores investigadores **Dr. Ángel Lagarda Murrieta**, **Dr. Ricardo David Valdez Cepeda** y al **Dr. Ricardo Trejo Calzada**.

A mis **compañeros de postgrado**, que convivieron y compartieron experiencias durante nuestra estancia y formación en el postgrado de la URUZA.

A **todas las personas de la Institución** con las que he convivido durante mi formación desde licenciatura hasta nivel postgrado.

A mi madre y a mi padre por ser pacientes en mi formación profesional, y a mis hermanos por su apoyo incondicional, a quienes les dedico este trabajo.

INDICE

INDICE DE FIGURAS.....	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVO GENERAL	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1 El nogal pecanero (<i>Carya illinoensis</i>) origen y distribución.....	4
3.2 Características y clasificación botánica del nogal pecanero.....	4
3.3 Importancia y antecedentes	5
3.4 El nogal en México.....	7
3.5 Situación actual de la nuez pecanera	9
3.6 Uso de portainjertos de nogal	11
3.7 Requerimientos climáticos de nogal.....	14
3.7.1 Requerimiento de calor.....	14
3.7.1.1 Calculo de unidades calor.....	15
3.7.2 Requerimiento de horas frío	16
3.7.2.1 Horas frío o Unidades frío	17
3.7.2.1.1 Métodos para calcular la acumulación de frío.....	18
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	21
4.1 Análisis de los datos	25
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
VI. CONCLUSIONES	36
VII. LITERATURA CITADA	37
ANEXOS	42

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Árboles criollos de nogal pecanero de ciclo corto	22
Figura 2.- Acondicionamiento de la vareta de nogal pecanero de Nazas I y II para el tratamiento de frío.	22
Figura 3.- Cámara climática con luz y temperatura constantes KBW-72.....	23
Figura 4.- Manejo de la vareta de nogal pecanero después del tratamiento de frío en la cámara climática.....	23
Figura 5.- Brotación de la yemas del nogal pecanero de Nazas I y II.....	24
Figura 6. Efecto del frío sobre el porcentaje de yemas primarias laterales brotadas para Nazas I.....	26
Figura 7. Efecto del frío sobre el porcentaje de yemas primarias laterales brotadas para Nazas II.	27
Figura 8. Días a brotación de yemas laterales bajo diferentes periodos de frío (7.2°C) para el material Nazas I.....	28
Figura 9.- Días a brotación de yemas laterales bajo diferentes periodos de frío (7.2°C) para el material Nazas II..	29
Figura 10. Dinámica de brotación de yemas de acuerdo a los tratamientos de frío aplicados para Nazas I.....	31
Figura 11.- Dinámica de brotación de yemas de acuerdo a los tratamientos de frío aplicados para el material de ciclo corto Nazas II.....	31

RESUMEN

Requerimiento de frío y calor de nogal pecanero (*Carya illinoensis* k. koch) de ciclo corto.

Los requerimientos de frío y calor en nogal pecanero de ciclo corto son importantes para la adaptación de los cultivares a diferentes regiones. El estudio se realizó bajo condiciones de laboratorio con vareta de dos árboles criollos llamados Nazas I y II. La vareta se trató en la cámara climática a una temperatura constante de 7°C a 200, 250, 300, 350, 400 y 450 horas. Se determinaron las horas frío (HF) y las unidades calor (UC) en campo la estación meteorológica más cercana. El requerimiento de frío *in situ* para los dos árboles fue de 355 HF, y que se requieren de 261 y 212 UC para iniciar la brotación en Nazas I y II respectivamente. Nazas I requirió de 350 HF para romper la dormancia y tuvo porcentaje de brotación 65.53 en condiciones controladas, mientras Nazas II su mayor brotación la alcanzó a las 300 HF con 63.34%.

Palabras clave

Horas frío, unidades calor, dormancia

ABSTRACT

Chilling and heat requirements of pecan (*Carya illinoensis* k. koch) short cycle.

The heat and chilling requirements in pecan short cycle are important for the adaptation of cultivars to different regions. The study was conducted under laboratory conditions with cuttings of two native trees called Nazas I and II. The cuttings were treated in the climatic chamber at a constant temperature of 7 ° C at 200, 250, 300, 350, 400 and 450 hours. Chilling hours (CH) and heat units (HU) in field were determined with nearest weather station. The cold requirement *in situ* for the two trees was 355 CH, and that 261 and 212 require HU to start budbreak Nazas I and II respectively. Nazas I required breaking dormancy and budbreak percentage was 65.53 in controlled conditions, while mostly sprouting Nazas II reached up 300 HF with 63.34%.

Keywords

Chilling hours, heat units, dormancy

I. INTRODUCCIÓN

Se considera que el nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] es originario del norte de México y sur de los Estados Unidos de América EUA (Herrera citado por Ojeda et al., 2009). Dentro del área de los nogales nativos, el clima varía de inviernos leves a extremadamente fríos, y de climas muy húmedos a semiáridos (Sparks, 2005). El nogal pecanero se ha adaptado a una amplia variedad climática entre los 30 y 42° latitud Norte (Sparks, 1991). En México las primeras plantaciones comerciales se establecieron en 1946, iniciando con un gran número de variedades, hasta que se definieron las variedades Western Schley y Wichita, que tienen un ciclo vegetativo de 180 días (de brotación a cosecha) para la región del Desierto Chihuahuense; sin embargo, resultaron ser susceptibles a la viviparidad de la nuez (nuez germinada) (Núñez et al., 2001). La influencia del clima sobre la fenología y el rendimiento de un cultivo han sido cuantitativamente documentados para varias especies de importancia agrícola. Una de las variables documentadas es un índice de acumulación de calor mayor a un umbral de temperatura, que normalmente es específico para el cultivo en cuestión y se cree que está estrechamente relacionada con la fisiología (Carlson, y Hancock, 1991).

El ciclo vegetativo del nogal requiere de un mínimo de 4500 - 5000 unidades calor con punto crítico de 10°C (Wolstenholme, 1979). La completa maduración del fruto y la cosecha o caída del mismo depende de la suficiente acumulación de calor recibido por el árbol. La última etapa fenológica del árbol es la caída de la hoja y de ahí el árbol entra en un estado de dormancia natural para romper dicho estado el árbol requiere de una acumulación de frío mínima de 400 horas con punto crítico de 7.2°C, sin embargo, se ha

observado que el requerimiento de frío depende de la variedad, dado que los árboles de nogal nativos de América del Norte tienen un requerimiento medio de frío de menos de 500 horas con diferencias entre variedades. Western y Wichita requieren 400 horas frío (Díaz, 1987). El receso o dormancia es parte del ciclo de los frutales de hoja caduca y su inducción coincide con el inicio de las bajas temperaturas del otoño junto al acortamiento del largo del día (Gardner, 2006). Por lo tanto, la duración de este período depende, entre otros factores, de la especie y la variedad. A su vez, dentro de un individuo, varía en función del tipo de yema, su ubicación en la planta y la edad (Yuri, 2002). Hay varios métodos para estimar el requerimiento de frío de las plantas como el uso de injerto de ramas (Citadin, 1999; Citadin et al., 1998; Herter et al., 2000), estacas con los brotes individuales (Bianchi et al., 2000; Herter et al., 1992), y las plantas en contenedores o macetas (Camelatto et al., 2000; Citadin et al., 2001).

Entre los modelos propuestos para determinar requerimiento de frío relativamente simples está el de Weinberger (1950), el “modelo de Utah”. En México, el método o fórmula propuesta por Da Mota, citado por Muñoz (1969), fue la que tuvo una mayor adecuación a las zonas frutícolas al momento de determinar las horas frío en árboles caducifolios. Independiente del método para determinar horas frío, la característica de bajo requerimiento de frío es heredable y puede ser utilizada en mejoramiento para lograr mejor adaptación de cultivares a regiones cálidas, no obstante se conoce poco acerca de la genética de los requerimientos de frío (Saure, 1985), así como sobre su interacción con los factores ambientales como el fotoperíodo y temperatura (Vargas, 2007).

II. OBJETIVO GENERAL

Determinar el requerimiento de horas frío necesarias para romper la dormancia o reposo de dos materiales de nogal pecanero de ciclo corto en diferentes condiciones climáticas de la región de Nazas; así como también las unidades calor acumuladas necesarias para cada etapa fenológica de desarrollo del árbol.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 El nogal pecanero (*Carya illinoensis*) origen y distribución

Los hallazgos de restos fósiles junto con millones de árboles nativos de nuez pecanera, han sido realizados a lo largo de la mayoría de los arroyos y cauces de ríos en el sur de Estados Unidos de América y norte de México. Se considera que el nogal pecanero es originario del norte de México y sur de los EUA (Herrera, 2004).

3.2 Características y clasificación botánica del nogal pecanero

El nogal es una planta dicotiledonea de raíz pivotante muy desarrollada, cuya parte aérea puede alcanzar una altura de hasta 50 metros, con un tronco de 2 metros de diámetro. Su tallo es un tronco corto en relación con su altura, pero robusto, del cual salen ramas de crecimiento simpódico y/o policotómico el cual da forma a una copa redonda y amplia. Su corteza es gruesa y las hojas son caducas, alternas imparipinadas, compuestas de 11 a 17 foliolos ovales pecioladas.

El nogal es una planta monoica, con flores unisexuales, apétalas, la flor masculina es una inflorescencia llamada amento de 6 a 8 centímetros de longitud, las flores femeninas presentan una inflorescencia de espiga en el ápice de la misma rama floral y, al igual que la flor masculina, se originan en el crecimiento de cada año.

Los frutos están agrupados de uno a cuatro sobre un pedúnculo corto, cada uno constituye una drupa dehiscente, pues la cubierta carnosa epicarpio y mesocarpio (ruezno) se seca hendiéndose en cuatro valvas para dar salida al endocarpio leñoso que

encierra la semilla o almendra, reducida a un embrión con dos cotiledones que son la parte comestible de la nuez (CONAFRUT, 1975).

Los nogales pertenecen a la familia Jugladaceae. Esta incluye el nogal pecanero, hickory y el walnut (Adriance citado por Brison, 1976) que crecen en Norteamérica, así como la nuez alada de China, nativa de Oriente.

Reino	Vegetal
División	Embriófitas sifonogamas
Sub-división	Angiospermae
Clase	Dicotiledóneas
Orden	Jungladales
Familia	Jugladaceae
Genero	<i>Carya</i>
Especie	<i>illinoensis</i>

El género *Carya* tiene dentro de su clasificación las siguientes especies: *ovata*, *laciniosa*, *glabra*, *mínima*, *alba*, *buckley*, *condiformis*, *ovalis*, *tormentosa* e *illinoensis*. De todas las especies que corresponden al género *Carya*, la más importante es la *illinoensis*.

3.3 Importancia y antecedentes

Durante incontables miles de años antes del descubrimiento de América, ciertas tribus de indios norteamericanos eran los únicos que sabían de los nogales. Nadie en otra parte había visto este tipo de nuez, que mas tarde habría de llamarse nuez pecanera. Así 300

años más tarde, en 1787, Thomas Walton, un inglés que tenía una plantación en Carolina del Sur, describió la frondosidad del nogal pecanero concluyó con “fructus non vidi”- el fruto que no he visto (Brison, 1976).

En 1972, De Courset, un francés que sirvió junto con George Washington, observó que el famoso general siempre tenía estas nueces y que constantemente las comía. Washington, en alguna fecha de 1794, afirmó haber sembrado “varios poccon, o nueces de Illinois” (Stuckey et al., citado por Brison, 1976). La fecha clave para el inicio de la industria nogalera comercial es el año de 1880.

Durante esa época los indios norteamericanos y los recién llegados colonizadores de Texas empezaron a acarrear nueces en carretas y carretones estirados por caballos hacia San Antonio para venderlas. Las nueces provenían principalmente de valles ribereños de un radio de 80 a 120 kilómetros (Corsa, 1906). Desde poco antes de 1910 hasta cerca de 1925, empresas de bienes raíces y promotoras plantaron miles de hectáreas con nogales para venderlas a personas de áreas lejanas. Estas plantaciones estaban principalmente en el sureste en los estados de Georgia, Alabama y, en menor grado, en otros estados al oeste hasta Texas.

En 90 años, las nueces del nogal pecanero se convirtieron en las frutas más valiosas cultivadas en los EUA. Originalmente las nueces eran llevadas al mercado, a 120 kilómetros de distancia, en carros tirados por bueyes o caballos, a una velocidad de 6 a 8 kilómetros por hora. En el mismo siglo fueron a la luna a más de 380,000 kilómetros de distancia, en el Apolo 13, ¡a mas de 40,000 kilómetros por hora!

Brison (1976) comenta que la producción de nuez pecanera tuvo un aumento relativo más aprisa y una tendencia pronunciada ascendente en el consumo per cápita de 180 gramos en 1924 a 450 gramos en 1970, aproximadamente en EUA.

3.4 El nogal en México

Aguilar (2008) señala la existencia de nogales nativos en 14 estados de la República Mexicana, cuya distribución incluye algunos estados tanto del norte como del sur del país. El cultivo de la nuez pecanera en México se inició a partir de 1946, desde entonces se han desarrollado sistemas de producción sustentables y muy competitivos. La nuez pecanera es la más importante entre las nueces que se producen en México.

El clima es generalmente semiárido y el hábitat natural de los árboles nativos se encuentra principalmente en los valles de los ríos y corrientes menores. Castro (1974) comenta que el nogal no es de un endemismo exclusivo del territorio mexicano, y que se le puede encontrar en los márgenes del Río Nazas de forma esporádica y silvestre en centenares de ejemplares del genero *Carya* y concluye, que sin lugar a duda, son de la especie *illinoensis*, aunque se destaca la presencia de otras especies como *aquatica*, *ovata* y *myristiciformis* en los estados de Coahuila y Nuevo León.

El presidente Venustiano Carranza llevó a cabo un programa nogalero a principios de siglo XX en Cuatro Ciénagas, Coahuila. De igual, forma el presidente Lázaro Cárdenas también llevó a cabo un plan de establecer nogales en el área de Nazas, Dgo., por el año de 1936.

En México las primeras plantaciones comerciales se establecieron en Nuevo León en el año de 1904, mientras que para la Comarca Lagunera fue en 1945 para el estado de Chihuahua fue 1946. Las huertas de la Comarca se establecieron cerca a las acequias que servían en la conducción de agua sobre el lecho del Río Nazas, mientras que en Chihuahua se establecieron cercanas al Río Conchos, Florido y San Pedro. En estas regiones y en estas áreas cercanas a los ríos se contaba con nogales nativos pero se plantaron árboles provenientes de variedades estadounidenses por su mejor adaptación, precocidad y sobre todo por su aceptación en el mercado. Entre estas variedades sobresalen la Western Scheley, Bradley y la Wichita que se utilizó un poco más tarde.

La industria nogalera en México comenzó con plantaciones que contaban con un gran número de variedades (más de 15), pero no todas tuvieron la adaptación adecuada, con lo que se limitaba el potencial productivo de nuez durante los primeros 30 años, hasta que se definieron las variedades Western Schley y Wichita, variedades de alrededor de 180 días de ciclo vegetativo (de brotación a cosecha) con un potencial de rendimiento de 2000 kg/ha, y requieren una lámina de riego de 1.2 m para la región del Desierto Chihuahuense. Sin embargo, son susceptibles a la viviparidad de la nuez (nuez germinada), a pesar de ello, fueron las de mejor adaptación para todo el norte de México, motivo por el cual ocupan el 85% de las variedades de nogal pecanero actualmente cultivadas y se han implementado en las nogaleras nuevas (Núñez citado por Ojeda et al., 2009).

3.5 Situación actual de la nuez pecanera

La producción mundial de nuez pecanera en cáscara es de 210,000 ton. Los principales países productores son Estados Unidos (72 %) y México (25 %). Otros países productores menores son Australia, Sudáfrica, Israel, Brasil, Argentina, Perú y Egipto. Además de ser el principal productor y exportador de nuez encáscara, EUA es el mayor consumidor. Otros importantes países consumidores son: Reino Unido, Alemania, Canadá y Japón.

La producción de nuez en EUA pasó de 1000 ton en 1920 a 162 mil ton en 1999 debido a un incremento en la demanda lo que influyó en que la cadena productiva se volviera más compleja. En México la producción de nuez también se ha incrementado en los últimos años llegando a 49 mil ton a fines de los 1990's. Sin embargo, el resto de los eslabones de la cadena, como son el procesamiento, la selección e industrialización, no han crecido al mismo ritmo (Núñez, 2007).

Los EUA exportan e importan nueces. México es el principal exportador de nuez con cáscara hacia ese país (25,000 ton anualmente). Los productores de ambos países tienen como objetivo ofertar su producto en el período previo al “Día de Acción de Gracias”, ya que es cuando se tiene el mayor volumen de demanda (FIRA, 2002). La mayor cantidad de nuez pecanera se comercializa sin cáscara, es decir la almendra, la cual constituye alrededor del 50 % del peso total de la nuez. Los precios al consumidor de nuez pecanera sin cáscara en EUA fluctúan entre los cuatro y cinco dólares la libra (FIRA, 2005).

Según Camarena (2009) el mercado nacional de la nuez se caracteriza por mantener altos volúmenes productivos, pero el consumo interno es inferior a la oferta, existiendo así una necesidad de exportar el producto por parte de los productores. Ella misma comenta que las importaciones tuvieron comportamiento similar a las exportaciones en el periodo comprendido de 1998 al 2008 y, en ambos casos, éste ritmo creció a una tasa promedio anual de 5%, y que la nuez pecanera puede tener un nicho de mercado en algunos países europeos con los canales de distribución adecuados ya que compite con otros frutos secos.

Sabori et al., (2009) comentan que, en Sonora, este cultivo tiene una superficie de 8, 000 hectáreas en etapa de desarrollo pues se considera que tiene potencial de producción y calidad de nuez. Ellos mismos comentan que esta especie por ser una especie caduca requiere de un periodo invernal y de cierta acumulación de frío, sin embargo, los requerimientos de frío no han sido debidamente precisados mostrando problemas como: pobre brotación, baja polinización, germinación prematura o viviparidad del fruto y madurez heterogénea

Existen líneas de investigación enfocadas a estudiar el uso de compensadores de frío o promotores de brotación en nogal, pero en términos de requerimientos climáticos y adaptación al medio ambiente se debe buscar el uso de portainjertos o variedades cuyas necesidades de frío y calor sean satisfechas con las que se presentan en la región.

3.6 Uso de portainjertos de nogal

La mayoría de los métodos de injertar están destinados a la propagación de variedades seleccionadas que no pueden multiplicarse de otro modo. Estas variedades, usadas como injertos u objetos, se injertan generalmente en plantas muy afines, que alimentan a las raíces, y se conocen como portainjertos. Por ello, es importante una breve descripción de los principales métodos usados para su propagación. Estos métodos pueden agruparse en dos que son los más comunes: propagación por semillas (sexual) y propagación vegetativa (Boselli, 1994).

La mayoría de los árboles frutales están constituidos por dos componentes genéticos: el portainjerto que se adapta a las condiciones del suelo, y la variedad o injerto, que se adapta a las condiciones del clima. El comportamiento del árbol resulta de la reacción de la raíz y de la copa a cada ambiente y de la influencia recíproca patrón-variedad (Hanna 1987, Ferguson 1990). En ésta combinación, el patrón suele tener un efecto más notable; directamente influye sobre el vigor, precocidad, requerimientos de frío, comportamiento fenológico, productividad y calidad de fruto; de manera indirecta influye en la resistencia a factores adversos del suelo (Calderón, 1985).

Para la producción de portainjertos debe obtenerse la semilla de variedades o selecciones de plantas cuyas semillas promueven un vigor uniforme de las plántulas, ya que esta condición permitirá injertar la variedad después de 2 años de crecimiento en la mayoría de los árboles. Las selecciones que anteriormente se han estudiado en la región son: Frutoso, Bala. Conchos, Una punta, Larga Conchos, Western Conchos, Dos Puntas, y

Riverside, encontrándose que todas poseen buena uniformidad. Las que mejor desarrollo tienen son: Bala Conchos y Frutoso.

En el norte de México los estados con mayor importancia en cuanto a distribución de materiales nativos son: Coahuila, Nuevo León y Chihuahua con 2.1 millones de los árboles nativos; los cuales, dada la polinización cruzada, se han mantenido en una alta condición heterocigótica con una gran variación específica y por consecuencia con una gran variabilidad entre éstos (Cortez, 1978). Actualmente, los materiales nativos de nogal pecanero han sufrido un fuerte proceso de degradación resultante, en parte a las escasas de lluvias en los últimos decenios, pero principalmente por la deforestación, situación que ha creado una pérdida importante de la diversidad germoplásmica de esta especie. Hoy en día se estima que existen no más de 1.5 millones de árboles nativos distribuidos en sus hábitats naturales en el norte de México (Arreola, 1990).

Worley et al. (1972) observaron una aparente capacidad diferencial de los patrones de nogal en una huerta para absorber nutrimentos. Wadsworth demostró que existe una amplia variación en la capacidad de cada planta de nogal pecanero proveniente de semilla para absorber zinc del suelo.

Por su parte, Hanna encontró que ocurre lo mismo en la absorción o exclusión de los iones cloruro (Hanna citado por Brison 1976). La absorción de sodio también varía según el portainjerto (Miyamoto et al., 1985).

La utilización, en las nogaleras , de patrones propagados de fuentes indistintas de semilla nativa o criolla, proveniente de una planta madre heterocigótica y de un polen desconocido (Hanna, 1987) origina una población de árboles muy variables en su raíz y por ende en su comportamiento productivo.

La genética específica del portainjerto es importante, ya que esta regula el crecimiento, la tolerancia a diferentes tipos de suelos y ambientes, la capacidad de absorción y balance nutrimental, así como la fisiología especial del sistema planta; aunque también, y de manera similar, la genética del cultivar interactúa definiendo aspectos del porte del árbol y deficiencias a tolerancias y estreses en el suelo para la planta impuestas por condiciones físico químicas y biológicas (Atkinson y White, 1976).

La variabilidad en tamaño, medida en diámetro de tronco, de materiales de la misma edad (Arreola, 1990) también ha sido detectada en plántulas de nogal resistentes a salinidad, fundamentalmente en la variación existente a la absorción de cloro, la cual ha permitido seleccionar plántulas eficientes para excluir cloruros (Hanna, 1975). Hanna y Storey (1972) en investigaciones llevadas a cabo en Brownwood, Texas evidencian la presencia de plántulas de nogal pecanero que difieren en tolerancia a deficiencia de zinc y toxicidad a la clorosis.

La variabilidad genética de los patrones puede ser una razón principal para la falta de uniformidad en huertas de nogal, la cual explica el porqué de la inconsistencia

para encontrar claramente diferencias en rendimiento y crecimiento en respuesta a tratamientos aplicados (Madden y Malstrom, 1975).

3.7 Requerimientos climáticos de nogal

El desarrollo apropiado del nogal pecanero es influido directamente por la temperatura, la humedad relativa las precipitaciones pluviales y otros factores que prevalecen en una determinada región (Brisson, 1976), Sparks (2005) menciona que las regiones climáticas donde se distribuyen los nogales nativos difieren ampliamente respecto a la precipitación, frecuencia y severidad de heladas, amplitud de crecimiento estacional, y calor y frío acumulado, y que la presión de selección a los diversos climas es un resultado directo de una mayor adaptación, la cual contribuye a la supervivencia del nogal pecanero sobre un amplio rango de condiciones climáticas.

La distribución del nogal con respecto a la precipitación está relacionada con la profundidad de la raíz, pues es una característica que permite un mecanismo de supervivencia a la especie para obtener agua en condiciones semiáridas y está implicada directamente en la producción comercial (Sparks, 2002)

3.7.1 Requerimiento de calor

La influencia del clima sobre la fenología y el rendimiento de un cultivo han sido cuantitativamente documentados para varias especies de importancia agrícola. Una de las variables documentadas es un índice de acumulación de calor mayor a un umbral de temperatura, que normalmente es específico para el cultivo en cuestión y se piensa que está estrechamente relacionada con la fisiología (Carlson y Hancock, 1991).

En el caso de un cultivo sembrado anualmente, las unidades calor acumuladas (UCA), comienzan en el momento de la siembra, mientras que para un cultivo perenne suelen iniciar en una fecha calendario seleccionada, coincidiendo con una etapa fenológica de crecimiento. En árboles frutales, una vez que el requerimiento de frío de un cultivar ha sido satisfecho, éstos han terminado su periodo de reposo para pasar a la etapa de latencia y estarán en disposición de brotar si existen condiciones favorables, como ya se había mencionado. Uno de los factores que se han considerado importantes para que esto ocurra es la acumulación de energía (Sisler y Overholser, 1943), la cual es representada por altas temperaturas y cuantificadas como horas o unidades calor (UC).

La mayoría de los procesos fisiológicos que se realizan para el crecimiento y desarrollo las plantas están fuertemente ligados a la temperatura; en términos generales, la temperatura ejerce su influencia principal controlando la proporción de reacciones dentro de la planta. La solubilidad de minerales, la absorción de agua, nutrimentos y gases, así como varios procesos de difusión que ocurren dentro de la planta, dependen también de la temperatura (Ortíz, 1987). El conocimiento sobre predicción adecuada de cosechas y del desarrollo de diversos cultivos, han sido ampliamente usadas para mejora de su productividad, al tener información para programar cosechas múltiples, actividades de manejo de plagas, mano de obra y maquinaria.

3.7.1.1 Cálculo de unidades calor

El método residual es el más utilizado para calcular las unidades calor (Perry et al., 1986), por que determina la acumulación de UC al sustraer una temperatura base o umbral mínima a la temperatura promedio diaria. Si las temperaturas máximas y

mínimas son mayores que las respectivas temperaturas umbrales, entonces se utilizan éstas últimas en vez de aquellas, en el cálculo de la temperatura media, a la cual se le resta la temperatura base, esto es:

$UC = (T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}) / 2 - U_{\text{mín}}$, con las siguientes consideraciones:

a). Sí la $T_{\text{mín}} < U_{\text{mín}}$ se asignará el valor de ésta en lugar de la $T_{\text{mín}}$: $UC = (T_{\text{máx}} + U_{\text{mín}}) / 2 - U_{\text{mín}}$. b). Sí la $T_{\text{máx}} > U_{\text{máx}}$, la $T_{\text{máx}}$ tomará el valor de la $U_{\text{máx}}$: $UC = (U_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}) / 2 - U_{\text{mín}}$, y c). Si la $T_{\text{máx}} > U_{\text{máx}}$, y $T_{\text{mín}} < U_{\text{mín}}$, los valores asignados serán los de las temperaturas umbrales: $UC = (U_{\text{máx}} + U_{\text{mín}}) / 2$.

Algunos autores solo utilizan la formula $UC = (T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}) / 2 - T_b$, donde T_b es la temperatura base para que el cultivar se desarrolle, sin importar los consideraciones antes descritas.

3.7.2 Requerimiento de horas frío

Samish (1954) mencionó que los árboles frutales de hoja caduca responden de diversas maneras a los cambios estacionales. Estos cambios inducen respuestas fisiológicas, permitiéndoles sobrevivir durante una estación determinada y prepararse para la siguiente. En la primavera las yemas se activan dando lugar a hojas, flores o ramas; el crecimiento continua hasta que se forma la yema terminal en el ápice o en la punta de la rama, se detiene al final del verano y permanece así durante el otoño-invierno para reiniciar en la próxima primavera.

Este autor indica que la inactividad de crecimiento ocurre en tres etapas distintivas, cuando las yemas están en condiciones latentes a finales de verano, y pueden ser

inducidas a crecer si el árbol recibe estímulos ambientales o de manejo como altas temperaturas, podas, riegos, fertilización y defoliación, entre otros. A esta etapa se le denomina latencia y está regulada por condiciones externas. A medida que transcurre el ciclo hacia el otoño-invierno, las yemas muestran menos estímulos para crecer, por lo cual no responderán a ningún estímulo, dado que existe una condición interna de inhibición que solo puede terminarse si la yema es expuesta a bajas temperaturas por determinado tiempo a esta etapa se le denomina reposo y es una condición fisiológica importante en el comportamiento de los árboles frutales de clima templado. Después que las yemas salen de reposo, entran nuevamente a otra etapa de latencia y podrán crecer una vez que tengan condiciones ambientales y de manejo favorables para ello.

3.7.2.1 Horas frío o Unidades frío

El frío que las yemas requieren para salir de su reposo, es una característica varietal que en caso de no ser satisfecha dificulta la adaptación y productividad de los árboles (Díaz, 1987). La valorización cuantitativa de esta exigencia de frío se generalizó cuando Nightingale y Blake (1934) determinaron que 7°C era la temperatura mínima de crecimiento de las ramas pequeñas de durazneros y manzanos.

Con posterioridad, el valor de 7°C fue usado como límite superior de las temperaturas con acción favorable de enfriamiento, designándose como “horas frío”, “horas de enfriamiento” o “unidades de dormición” a la cantidad de horas en las que la temperatura del aire permanece debajo de tal nivel. Aunque este valor térmico no es uniforme ni aplicable por igual a todas las especies y variedades, es mundialmente aceptado como límite medio adecuado para el cómputo de horas frío (Ortíz, 1987). Su

uso ha permitido explicar con éxito las variaciones fenológicas y productivas, que muestran las especies criófilas, especialmente los frutales cultivados, cuando deben cumplir su descanso a diferentes grados de enfriamiento a consecuencia de variaciones anuales o geográficas.

3.7.2.1.1 Métodos para calcular la acumulación de frío

A través de estudios realizados sobre el reposo, han surgido diversos métodos para calcular la cantidad de horas frío que se acumulan en una región determinada, lo cual sirve para seleccionar con mayor acierto que especies o cultivares se van a introducir a una localidad definida y asegurarse que satisfagan su requerimiento de frío, broten y produzcan satisfactoriamente. Asimismo, al conocer el frío acumulado se puede saber cuando el árbol ha terminado el reposo y, en algunos casos, predecir cuándo ocurrirá la apertura de yemas.

Dentro de los modelos más conocidos están los que requieren el uso de gráficas por termógrafo, aparato que está disponible en pocas localidades, pero que en la actualidad existe como aparato manejable y que almacena gran cantidad de datos de temperatura y humedad relativa principalmente. El detalle es que de todas formas hay que graficar con ayuda de un software para descargar los datos y puede que resulte tedioso o complicado para algunas personas.

El método del termógrafo consiste en cuantificar las horas mediante el trazo de una línea sobre el termograma a la altura de 7°C. Después se contabilizan las horas que la

temperatura estuvo por debajo de dicho nivel durante el período que cubra el termograma (Villalpando, 1984).

Richardson et al., (1974), propusieron el modelo de “Utah”. En este modelo se asigna a cada rango o intervalo de temperatura un nivel de eficiencia para contribuir a la ruptura del reposo. Es por eso que según este modelo, 1 hora frío es equivalente a 1 unidad de frío (UF) sólo en el intervalo de temperaturas comprendido entre 2.5 y 9.1 °C. Las UF diarias se calculan sumando las UF de cada hora del día. Las temperaturas inferiores a 1.4 °C no tienen incidencia en la acumulación de frío. Otros intervalos tienen una eficiencia del 50%. Luego de acumularse un determinado nivel de unidades de frío, serán necesarias un cierto número de unidades de calor para la ruptura del reposo. El modelo de Utah, no se adapta a zonas con inviernos benignos, por lo que se han desarrollado modelos alternativos. Otra forma de determinar las horas frío de un lugar o región es mediante el uso de formulas dado que se utilizan valores de temperatura tomadas directamente de los termómetros, lo cual facilita su computo.

De las formulas disponibles, se ha considerado que la más aceptable en función de los valores que resultan y las observaciones fenológicas de brotación en diversas localidades es la consignada por da Mota en 1957. Esta consiste en una regresión lineal simple de las horas frío, en relación con la temperatura media mensual, que se expresa de la siguiente forma: Horas Frío Mensual = $485.1 - 28.52X_i$ en donde X_i es la temperatura media del mes en cuestión. En el hemisferio norte los cálculos de las horas frío se realizan para noviembre, diciembre, enero y febrero.

El método Weinberger relaciona el número de horas frío acumuladas con el promedio de las temperaturas medias de diciembre y enero. Hinojosa (1979), citado por Romo (1982), obtuvo la ecuación: $N = 2124.85 - 125.25T_m$ donde N es igual a horas frío acumuladas, y T_m es igual al promedio de las temperaturas medias de diciembre y enero (°C).

El método Sharpe (Torres, 1995) cuantifica horas frío considerando solo los meses de diciembre y enero a través de la fórmula $HF = 683.95 - 33.008 + t_{med}$ donde HF= horas frío por mes y t_{med} = temperatura promedio de diciembre y enero.

El requerimiento de frío es un aspecto necesario para asegurar cómo es que las plantas se han adaptado a una área apropiada (Aslani et al., 2009). El frío el y calor son indispensables para entender las necesidades climáticas. Los métodos para determinar los requisitos de calor de brotación han sido desarrollados (Richardson et al., 1974). Estos métodos consisten esencialmente en el establecimiento de la acumulación de calor, mayor a un umbral, a la que un árbol está expuesto desde el rompimiento de dormancia hasta floración fecha.

Lagarda (2009) comenta que la forma más práctica, para definir la satisfacción completa de acumulación de frío, es observando un porcentaje de brotación de las yemas mayor al 70 %, y que esto es una referencia para usar metodologías que ayuden de forma precisa la determinación de frío acumulado en diferentes regiones nogaleras para poder correlacionarlo con los porcentajes de brotación de las variedades de nogal.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales vegetales (vareta) utilizados en el experimento fueron colectados del municipio de Nazas, el cual se localiza al Noroeste del estado de Durango en las coordenadas 25°13'34'' de Latitud Norte y 104°06'39'' Longitud Oeste; a una altura promedio de 1,250 metros sobre el nivel del mar. Se llevaron a cabo tres convocatorias en los años 2004, 2005 y 2006 entre los productores del Municipio de Nazas para seleccionar materiales criollos de nogal de producción temprana y de mejor calidad.

Los materiales de ciclo corto aquí estudiados, llamados Nazas I y Nazas II (Figura 1) se han estado evaluando tanto *in situ* como en huertas de productores cooperantes. Para determinar sus requerimientos de horas frío fueron colectados 200 brotes de un año de edad de cada árbol en la época de defoliación, la cual fue el 30 de octubre del 2010.

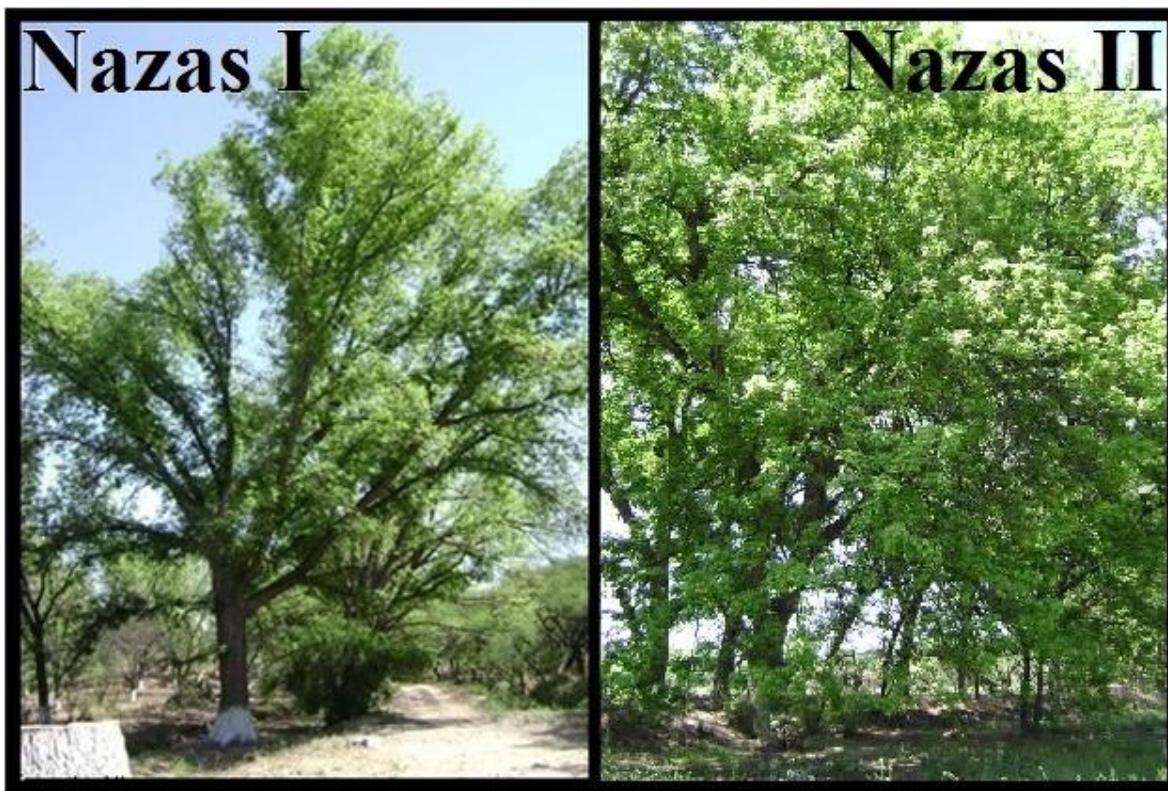


Figura 1.- Árboles criollos de nogal pecanero de ciclo corto

Las varetas fueron llevadas al invernadero de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas (URUZA), en Bermejillo Mapimí Durango. Ahí fueron concentradas en grupos de 15, con un tamaño de 15 a 20 cm de largo y se cubrieron con aserrín húmedo para posteriormente ponerlas dentro de una bolsa sellada, como se muestra en la Figura 2.



Figura 2.- Acondicionamiento de la vareta de nogal pecanero de Nazas I y II para el tratamiento de frío.

Las bolsas fueron marcadas según el tratamiento de frío (200, 250, 300, 350, 400 y 450 horas frío) y almacenadas en la cámara de crecimiento Binder KBW-720 (Figura 3) a una temperatura constante de 7°C.



Figura 3.- Cámara climática con luz y temperatura constantes KBW-72.

Las varetas fueron retirándose de la cámara conforme se fueron acumulando las horas frío según el tratamiento asignado. La base de las varetas fue removida con tijeras de podar, una vez lavadas. Posteriormente fueron colocadas en vasos de plásticos que contenían 5 a 7 cm de agua destilada para evitar la deshidratación, y se colocaron en un lugar acondicionado dentro de un invernadero, como se muestra en la figura 4, para mantener a una temperatura constante de 26 °C y una radiación fotosintéticamente activa de 1000 $\mu\text{molm}^2\text{s}^{-1}$ con el fin de forzar su brotación.



Figura 4.- Manejo de la vareta de nogal pecanero después del tratamiento de frío en la cámara climática

El brotación fue considerada cuando la yema rompió y expulsó la escama o casquete que la protege, para dar paso a la exposición del primordio foliar (Figura 5).

Variables evaluadas

Días a brotación.- Los días a brotación se calcularon considerando el número de días que pasaron para que la yema expusiera el primordio foliar después de haber colocado varetas en los vasos con agua bajo condiciones de invernadero.



Figura 5.- Brotación de la yemas del nogal pecanero de Nazas I y II

Porcentaje de brotación y Dinámica de brotación.- se determinaron directamente de las otras dos variables antes mencionadas (brotación y días de brotación). Para la dinámica de brotación se estuvieron evaluando las yemas laterales cada dos días.

Se hizo uso de información de la estación meteorológica más cercana para determinar las horas frío del sitio donde se extrajeron las varetas usando la fórmula de Da Mota

(1957). También se determinaron unidades calor (UC) con el método residual (Perry et al., 1986) para cada etapa fenológica de los materiales en estudio, tomando 10°C como temperatura base. La estación Agustín Melgar del Servicio Meteorológico Nacional fue seleccionada para tomar los datos de temperaturas máximas y mínimas en campo.

4.1 Análisis de los datos

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete el SPSS 17.0 para Windows. El análisis de las variables evaluadas y la diferencia entre tratamientos o grupos fue determinada por la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan, considerando un nivel de diferencia entre medias con significancia del 5% ($P < 0.05$). El coeficiente de correlación entre las variables evaluadas se llevó a cabo mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de horas frío acumuladas en condiciones de campo usando la fórmula de Da Mota muestran que en la región del Nazas, el acumulamiento de frío comenzó durante los primeros días de noviembre 2010 y se terminó en los últimos días de febrero, acumulándose un total de 355 horas frío (Tabla 1).

Tabla 1. Calculo de horas frío utilizando la fórmula de Da Mota, basado en datos de la estación meteorológica Melchor Ocampo

AÑO	MES	Horas Frío
2010	Noviembre	42
2010	Diciembre	139
2011	Enero	110
2011	Febrero	64

El requerimiento de frío determinado con las varetas en diferentes condiciones climáticas controladas tuvo diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre tratamientos, y se observó claramente en los porcentajes de brotación sobre las yemas laterales. El tratamiento de 350 HF para el material Nazas I resultó tener la media con el mayor porcentaje de brotación con 65.53 (Figura 6).

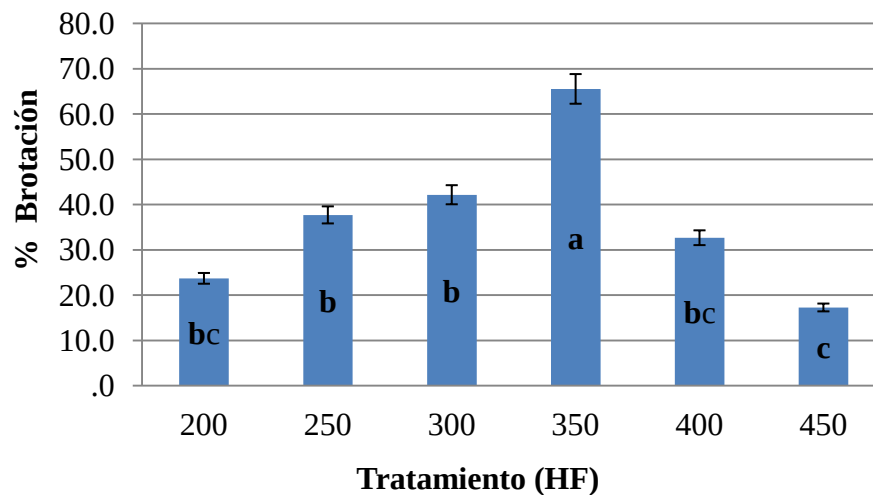


Figura 6. Efecto del frío sobre el porcentaje de yemas laterales brotadas para Nazas I. Medias agrupadas con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.01$). Barras verticales en cada valor de horas frío indican el cuadrado medio del error ($n=15$).

El material de Nazas II con el tratamiento de 300 HF fue el que tuvo una mayor respuesta de brotación con 63.34% (Figura 7), sobresaliendo de los otros tratamientos con menor o mayor cantidad de frío en tiempo.

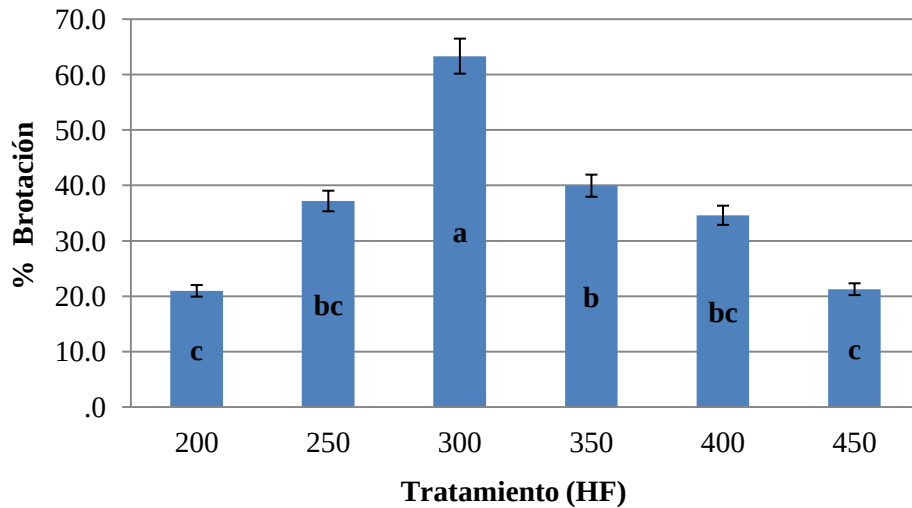


Figura 7. Efecto del frío sobre el porcentaje de yemas laterales brotadas para Nazas II. Medias agrupadas con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.01$). Barras verticales en cada valor de horas frío indican el cuadrado medio del error ($n=15$).

Estos resultados indican que los requerimientos de frío fueron los de 350 y 300 HF para Nazas I y Nazas II respectivamente. Dichos materiales genéticos tienen un requerimiento de frío bajo comparados con otros cultivares de nogal pecanero como la variedad Stuart que requiere de 700 a 1000 HF para romper la dormancia (Amling y Amling, 1980). Un comportamiento similar fue el que encontraron Smith et al., (1992) en yemas primarias y secundarias laterales, al determinar el requerimiento de frío en condiciones de invernadero en plántulas de nogal pecanero de la variedad Dodd con diferente índice de frío, pues sus porcentajes de brotación no alcanzaron el 100%, solo las yemas terminales alcanzaron a brotar en 100%. Esto puede deberse a que las yemas terminales tienen un bajo requerimiento de frío como mencionan el mismos autores. El tratamiento con frío sobre las varetas de nogal pecanero, pudo inducir cambios en la profundidad o niveles de dormancia de las yemas laterales, así como en la velocidad de brotación de las mismas. En las Figuras 8 y 9 para los materiales Nazas I y II

respectivamente, se puede observar cómo la profundidad de dormancia de las yemas mostraron una disminución con el aumento de la acumulación de horas frío.

La velocidad con que brotaron las yemas laterales en Nazas I después de haber aplicado el tratamiento de frío, pasó de 200 hasta 450 HF (Figura 8) en un tiempo de 11 a 4 días respectivamente. El cual es explicado por la regresión lineal $Y_i = 449.451 - 15.322X_i$, que explica el 73% ($R^2 = 0.730$) de su variación. Lo anterior indica que las yemas laterales de los nogales de ciclo corto brotaron de manera más rápida al someterlas a un mayor tiempo de frío a 7°C.

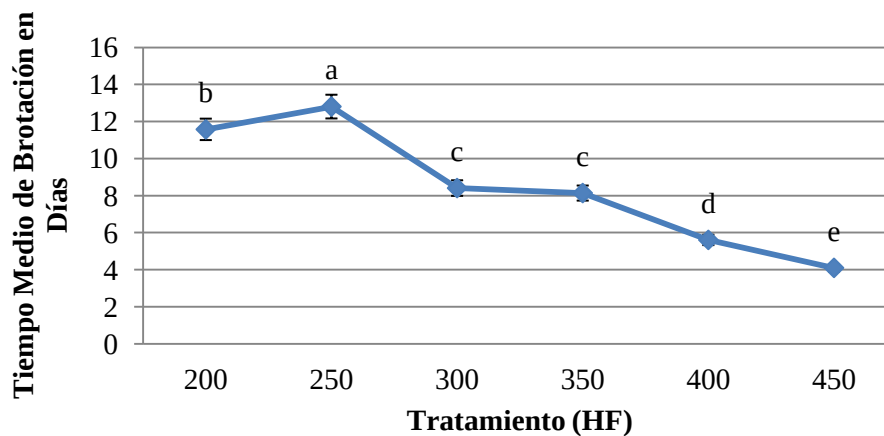


Figura 8. Días a brotación de yemas laterales bajo diferentes periodos de frío (7.2°C) para el material Nazas I. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($P \leq 0.01$). Barras verticales en cada valor de horas frío indican el cuadrado medio del error (n=15).

Un resultado similar presentó el nogal pecanero de ciclo corto llamado Nazas II, pues la velocidad de brotación de las yemas laterales pasó de 200 a 450 HF (Figura 9) respectivamente. Los valores de la velocidad de brotación en días está en función la regresión $Y_i = 439.818 - 18.193X_i$, misma que explica el 75.9% ($R^2 = 0.759$) de la variación

Esta variedad difirió en dos días más con el Nazas I en lo que concierne a 450 HF, lo cual hace pensar que tal árbol es más sensible al frío y que sus requerimientos son menores.

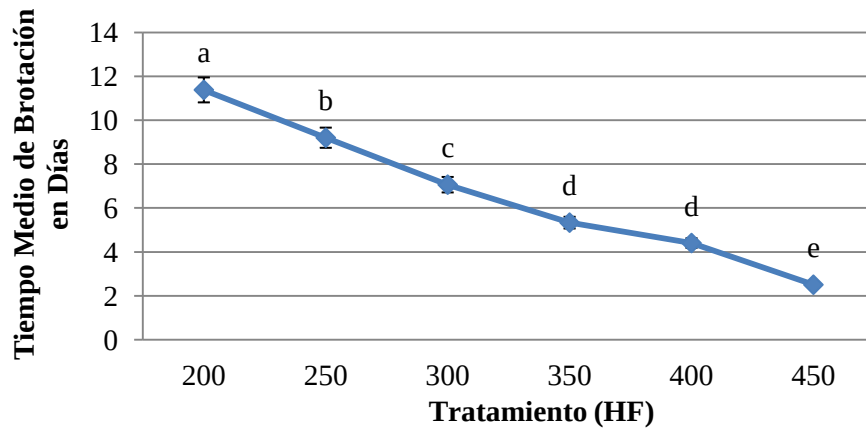


Figura 9.- Días a brotación de yemas laterales bajo diferentes periodos de frío (7.2°C) para el material Nazas II. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($P \leq 0.01$). Barras verticales en cada valor de horas frío indican el cuadrado medio del error (n=15).

El tiempo, que tardaron las yemas laterales en los materiales de Nazas I y II, mostró una correlación directa negativa con respecto al tratamiento de frío; mientras mayor fue la cantidad de frío sobre las yemas, menor fue el número de días en que comenzó la brotación de las yemas primarias. Smith et al., (1992) determinaron la influencia de frío en una variedad de nogal denominada Dodd, encontró también que el número de horas frío se relacionó negativamente con el número de días de brotación y que se evidenció una tendencia lineal significativa ($P = 0.0001$): ello significa, que disminuía el número de días de la brotación de las yemas laterales primarias y secundarias con el aumento en el número de horas de frío desde 1000 a 2500 horas.

De manera similar aun que en yemas terminales en peral, Herter et al. (2001) encontraron que la profundidad de la dormancia de las yemas terminales disminuyó a medida que aumentó la acumulación de horas frío. En este caso, cuando las yemas terminales fueron expuestas a 816 y 1088 HF, la inactividad se produjo en menos tiempo, en comparación con otros tratamientos de 0, 272 y 544 HF. Rahemi y Pakkish (2009) reportaron, para cultivares de pistache, que el porcentaje de brotación mejora cuando la duración de refrigeración aumenta.

Con respecto a la dinámica de brotación, la variedad Nazas I comenzó a brotar al cuarto día que correspondió al tratamiento de 450 HF y su porcentaje de inicio de brotación fue elevado; sin embargo, su efectividad de brotación solo duró 4 días y tuvo un porcentaje de brotación de 17.27%. El tratamiento que tardó mas en brotar fue el de 200 HF, pues su brotación inicio al octavo día y duró brotando diez días para alcanzar solo 23.70% de su brotación.

El mejor comportamiento de brotación por tratamiento de frío fue el mostrado por el de 350 HF (Figura 10), pues inició su brotación al cuarto día y tuvo un periodo de brotación efectivo de 8 días y terminó con un porcentaje de brotación de 65.53%.

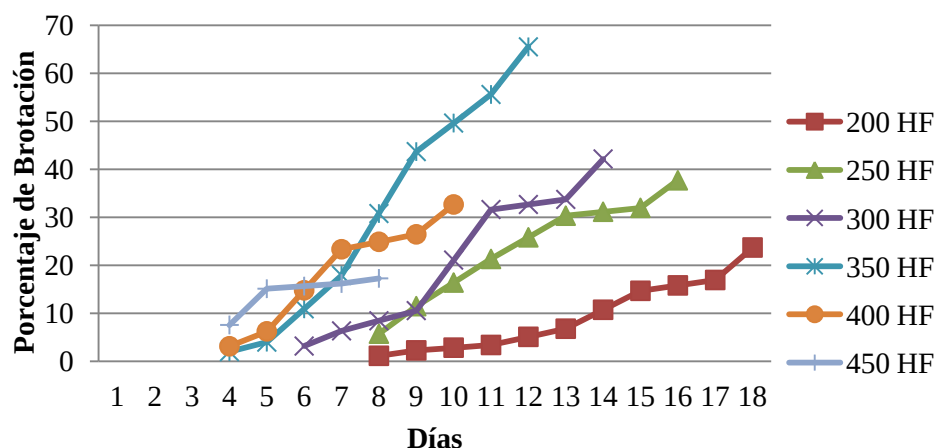


Figura 10. Dinámica de brotación de yemas de acuerdo a los tratamientos de frío aplicados para el material de ciclo corto para Nazas I.

En Nazas II, el mejor tratamiento observado en la dinámica de brotación resultó ser el de 300 HF (Figura 11) teniendo un inicio de brotación al cuarto día y un periodo efectivo de brotación de 10 días alcanzando un 63.34% de brotación final. El tratamiento de 450 HF fue el que inició su brotación más rápido con dos días y tuvo un periodo efectivo de brotación de 6 y alcanzó solo un 21.25% de brotación; mientras que el tratamiento que mas tardó en iniciar su brotación fue el de 200 HF con 10 días en un periodo efectivo de brotación de 8 y un porcentaje de brotación de 20.95%.

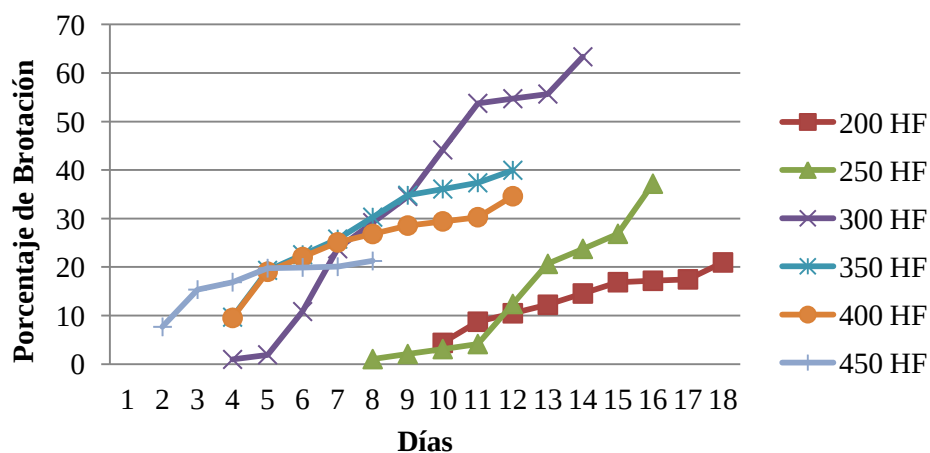


Figura 11.- Dinámica de brotación de yemas de acuerdo a los tratamientos de frío aplicados para el material de ciclo corto Nazas II.

Afshari et al. (2009) comentan que la cantidad proporcionada de frío en pistache tuvo un efecto directo sobre el tiempo de apertura de las yemas. Sin embargo, a mayor cantidad de horas frío, la reacción de cada cultivar a temperatura ambiente mejoró ligeramente de diferente forma. De manera similar, las yemas del nogal pecanero para los genotipos Nazas I y II respondieron de manera diferente lo cual se puede observar cuando se alcanzaron los mayores porcentajes de brotación con base en la cantidad de horas frío pasadas en la cámara climática.

La dinámica de brotación en las variedades evaluadas manifestaron una relación directa con el porcentaje de brotación; también mostraron los valores mayores de R^2 : 0.991 para el tratamiento de 350 HF en Nazas I y 0.985 para el tratamiento de 300 HF en Nazas II (Tabla 2), al igual que lo observado en los porcentajes de brotación (Figura 6 y 7 respectivamente) para los tratamientos antes mencionados.

Tabla 2.- Ecuaciones de la dinámica de brotación de las variedades por tratamiento.

Nazas I($Y=B_0+B_1X$)			Nazas II($Y=B_0+B_1X$)	
Tratamiento	Ecuación	R^2	Ecuación	R^2
200	$Y = -18.821 + 2.17X$	0.965**	$Y = -15.243 + 2.099X$	0.981**
250	$Y = -22.034 + 3.798X$	0.981**	$Y = -40.783 + 4.613X$	0.966**
300	$Y = -30.215 + 5.129X$	0.975**	$Y = -26.121 + 6.668X$	0.985**
350	$Y = -37.200 + 8.539X$	0.991**	$Y = 0.243 + 3.522X$	0.970**
400	$Y = -16.029 + 4.937X$	0.975**	$Y = -4.738 + 2.537X$	0.938**
450	$Y = 2.051 + 2.051X$	0.835 ^{NS}	$Y = 7.769 + 1.900X$	0.873**

NS (No significativo), * (significativo a una $P \leq 0.05$) y ** (significativo a una $P \leq 0.01$).

El rompimiento de la dormancia de las yemas para las estacas o varetas estuvo regido directamente por el tratamiento en HF dentro de la cámara climática. Para poder determinar el momento preciso de la ruptura de la dormancia se tomó como base el

porcentaje de brotación por tratamiento que fue de 63.53% de Nazas I (Figura 6) y 63.34% de Nazas II (Figura 7). La otra variable que marcó la pauta fue la dinámica de brotación expresada en porcentaje y tiempo. El tratamiento de 350 HF en Nazas I demostró tener el valor de R^2 mayor; mientras que en el material vegetal Nazas II el valor mayor R^2 fue el de 300 HF en Nazas II. Esta última variable indica que el mayor valor de la pendiente de ecuación determina una mayor uniformidad en la brotación con base en el tiempo de cada tratamiento (Tabla 2), como lo afirmaron Rahemi y Pakkish (2009) al evaluar cuatro cultivares de pistache. Ellos mencionaron que una vez que se ha establecido la latencia, ésta es controlada por los factores dentro de cada brote, por lo tanto, cada yema tiene un comportamiento característico.

Los modelos de regresión lineal ($Y=B_0+B_1X$) para determinar la cantidad de frío para cada tratamiento de las variedades de nogal con el valor de R^2 mayor muestran que la cantidad de frío aplicada sobre las yemas de Nazas I y II manifestó uniformidad en la ruptura de las yemas laterales. La predicción de la ruptura de las yemas con base en las horas frío (*es decir el valor de Y*) respecto al número de días (*es decir el valor de X*) tiene sus limitantes y, dado que se aplicó una mayor y menor cantidad a ambos cultivares de frío, es claro que la respuesta más significativa es sobre la pendiente B_1 el cual se respalda con el valor de R^2 .

Respecto al requerimiento de calor, los resultados indicaron que los materiales criollos de nogal pecanero de ciclo corto difirieron en las unidades calor acumuladas (UCA) y rompieron la dormancia con el inicio de la brotación el 02 de marzo con 261 UC para Nazas I y el 24 de febrero para la variedad Nazas II con 212 UC (Tabla 1); mientras que

para la variedad comercial Western se necesitan de 451 UC para brotar, las cuales fueron alcanzadas hasta el 22 marzo.

Tabla 3.- Unidades calor acumuladas acuerdo al método residual con temperatura base 10°C e inicio de las etapas fenológicas en dos materiales criollos de ciclo corto.

ETAPA FENOLOGICA	Nazas I		Nazas II		Western	
	UCA	2011	UCA	2011	UCA	2011
Inicio de Brotación	261	02-mar	212	24-feb	451	22-mar
Crecimiento de Brotes	296	06-mar	244	28-feb	512	27-mar
Floración	602	05-abr	521	28-mar	730	15-abr
Inicio de Desarrollo de Fruto	755	17-abr	653	09-abr	1029	07-may
Estado Acuso y Crecimiento de Nuez	792	20-abr	690	12-abr	1105	12-may
Endurecimiento de la Cáscara y Llenado de Almendra	1177	17-may	1044	08-may	2541	30-jul
Apertura de Ruezno	2171	11-jul	2064	05-jul	3294	11-sep
Caída de la Nuez	2939	21-ago	2811	14-ago	3699	10-oct

Comparando el material Nazas I con la variedad Western se puede observar claramente y afirmar que, en todas las etapas fenológicas durante el ciclo vegetativo, Nazas I requirió menos cantidad de unidades calor durante su desarrollo. En especial en la etapa de endurecimiento de la cáscara y llenado de almendra, la cantidad de calor fue menos de la mitad de unidades calor para completar dicha etapa; mientras Western requirió el doble para completar esta etapa. La diferencia en la etapa fenológica antes mencionada fue de 74 días entre Western y Nazas I. En la etapa más importante para evaluar o a un material precoz, que es caída de la nuez o cosecha, la diferencia en unidades calor fue de 760 lo que equivale 51 días para ese año en específico.

Western tuvo requerimientos de calor mayores que Nazas II en todas sus etapas fenológicas, al igual que lo mostrado por el material Nazas I. El material Nazas II resultó tener exigencias en la mitad de cantidad de unidades calor en tres etapas fenológicas, las

cuales fueron: inicio de brotación, crecimiento de brotes y, al igual que Nazas I, endurecimiento de la cáscara y llenado de almendra. En esta última etapa mencionada hubo una diferencia de 83 días entre Western y Nazas II. En lo que corresponde a la caída de la nuez existió una diferencia de 888 unidades calor que correspondió a 58 días del año de estudio.

Se puede afirmar que los materiales estudiados Nazas I y II son de ciclo corto y, por lo tanto se puede obtener una cosecha más temprana dentro de la misma región. Tal situación hace a estos materiales un potencial genético de aprovechamiento. Por consiguiente pueden prosperar en lugares no tan fríos, pues tienen mayor adaptación a lugares con inviernos benignos.

Las unidades calor determinadas en campo para los materiales estudiados solo resultaron ser un soporte para poder predecir en tiempo la ruptura de yemas, como también lo menciona Aslani (2009) para la nuez europea o de castilla. Los requerimientos de frío y calor de diferentes genotipos con características de producción de temprana o de ciclo vegetativo corto, pueden ser usados en áreas apropiadas o regiones que cumplan con características de clima cálido y con inviernos no tan crudos.

VI. CONCLUSIONES

Los requerimientos de frío fueron 350 y 300 horas frío para los materiales criollos Nazas I y II. La cantidad de horas frío acumulada en el sitio de estudio en el municipio de Nazas en el invierno 2011 fue de 355 HF, cantidad relativamente cercana a los requerimientos de los materiales en estudio.

El requerimiento de unidades calor considerando 10°C como temperatura umbral para caída de nuez fue de 2939 y 2811 UCA para la materiales Nazas I y II respectivamente. El conocimiento de las unidades calor por etapas fenológicas de estos materiales estudiados puede ser importante para adecuar sus labores de manejo una vez liberados como variedades.

VII. LITERATURA CITADA

- Amling, H.J. and Amling, K.A. 1980. Onset, intensity, and dissipation of rest in several pecan cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105:536-540.
- Afshari, H; Tajabadipour, A; Hokmabadi, H. and Moghadam, M. 2009. Determining the chilling requirements of four Pistachio cultivars in Semnan province (Iran) *African Journal of Agricultural Research* Vol. 4 (2), pp. 055-059.
- Arreola, A. J. 1990. Propagación clonal usando estacas de raíz y tallo en nogal pecanero. Informe de Investigación. CIFAP-INIFAP. Región Lagunera.
- Aslani, A.A.; Vahdati, K. and, Rahemi, M. 2009. Estimation of chilling and heat requirements of some persian walnut cultivars and genotypes. *HortScience* 44(3):697–701.
- Atkinson, D. and White, G.C. 1976. The effect of the herbicide strip system of management on root growth on young apple trees and the soil zones from which take 4 P mineral nutrients. Rep. E. Malling res. Stn.
- Bianchi, V.J.; Arruda, J.J.P; Júnior, J.G.C. and Herter, F.G. 2000. Estudo da paradormência em Pereira por meio do método biológico. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 22:294–296.
- Boselli, M. 1994. El libro de los injertos. Editorial Vecchi S. A. Barcelona España. 173 p.
- Brison, F.R. 1976. Cultivo del nogal pecanero. Edición en español, Comisión Nacional de Fruticultura SAG /México. 349 p.
- Calderón, A. E. 1985. Fruticultura general. 2ª. ed. Limusa. México.
- Camarena, G.D. 2009. Mercado de la nuez en España. X Seminario Internacional de Nogal Pecanero. Memoria Técnica 28, 81-99.
- Camelatto, D.; Nachtigall, G.R.; Arruda, J.J. and Herter, F.G. 2000. Efeitos de flutuações de temperatura, horas de frio hibernal e reguladores de crescimento no abortamento de gemas florais de pereira. *Revista Brasileira de Fruticultura* 22:111–117.
- Carlson, J.D. and Hancock, J.F 1991. A methodology for determining suitable heat-unit requirements for harvest of Highbush Blueberry. *J. Amer. Soc Hort. Sci.* 116(5):774-779.
- Castro, M. R. 1974. Primer simposio nacional técnico sobre el cultivo del nogal. Conferencia: Situación actual del cultivo del nogal en el área de influencia del

Centro Regional de Desarrollo Frutícola “Manuel Ávila Camacho” Folleto numero 19. Serie técnica, Comisión Nacional de Fruticultura, SAG/México, 1974. 82 p.

Citadin, I. 1999. Necessidade de frio, herdabilidade da necessidade de calor e marcadores bioquímicos relacionados com o final de endodormência em pessegueiro [*Prunus persica* (L.) Batsch], Univ. Federal de Pelotas, Pelotas, Brazil. MSc Diss.

Citadin, I.; Raseira, M.C.B. and A.C. Quezada. 1998. Substrato para conservação de ramos destacados de pessegueiro, *Prunus persica* L. (Batsh). Agropecuária de clima Temperado 1:55–59.

Citadin, I.; Raseira, M.; Herter, F.G. and da Silva, J.B. 2001. Heat requirement for blooming and leafing in peach. *HortScience* 36:305–307.

Comisión Nacional de Fruticultura (CONAFRUT). 1975. Introducción al cultivo del nogal pecanero. Serie de divulgación, Folleto numero 18. SAG. México. 126 p.

Corsa, W.P. 1906. Nut culture in the U.S., U.S. Dept. of Agr., Pecans. pp 48-64.

Cortez, O. D. 1978. Banco de germoplasma de nogal en México. Informe de Investigación. INIA-CAEGET.

Da Mota, F.S. 1957. Os invernos de pelotas, R.S., em relacao os exigencias das arvores frutiferas de folha caducas. *Inst. Agr. do Sul. Bol. Tec. No. 18.* 38 p.

Díaz M., D. H. 1987. Requerimiento de frío en frutales caducifolios. CECH-CIRNO-INIFAP-SAGARPA. México, D. F. 47 p.

Ferguson, L. 1990. The pistachio tree. In: Pistachio production. A pomology shortcourse. University of California.

Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura (FIRA). 2002. Nuez, Análisis de su rentabilidad, Estudio de Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ACERCA). Arturo Puente González- Consultor.

Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura (FIRA). 2005. Diagnóstico de la Red Nuez en el Estado de Chihuahua. Residencia Estatal Chihuahua, México.

Gardner, J. 2006. Winter rest and the breaking of dormancy in fruit trees. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Ontario. USA. 2 p.

Hanna, J.D. 1987. Pecan rootstock. In: R.C. Rom (ed.). Rootstocks for fruit crops. John Wiley & Sons.

- Hanna, J. D. and Storey, J.B. 1972. New stock promising. Pecan Quarterly.
- Herrera, E.A. 2004. Manejo de huertas de nogal. Anuario Estadístico del Estado de Chihuahua. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) 2007. 239-246 p.
- Herter, F.G.; Rageau, R.; Bonhomme, M. and Mauget, J.C. 1992. Necessidade de calor para a antese em pessegueiro avaliada pelo método de ramos destacados. Revista Brasileira de Fruticultura 14:77–81.
- Herter, F.G.; Citadin, I. and Silveria, C.A.P. 2000. Necessidade de calor para a antese em pessegueiro avaliada pelo método de ramos destacados. Agropecuária Clima Temperado 3:253–259.
- Herter, F.G.; Machado, L.B.; De Freitas, M. O. y Batista, J. S. 2001. Efeito do frio na brotação de gemas de pereira (*Pyrus communis* L.) cv. carrick, em Pelotas, RS. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, 23 (2): 261-264.
- Lagarda, M.A. 2009. Fisiología de la dormancia y brotación del nogal pecanero. X Seminario Internacional de Nogal Pecanero. Memoria Técnica 28, 76-80.
- Miyamoto, S., Gobran, G.R. and K. Piela, K. 1985. Salt effects on seedling growth and ion uptake of tree pecan rootstock cultivar. Agron. J.
- Muñoz, S. M., 1969. Evaluación de fórmulas para el cálculo de horas frío en algunas zonas frutícolas de México. Procc. Trop. Reg. Amer. Soc. Hort.Sci. 13: 345-366.
- Nightingale, G. and Blake, M. 1934. Effects of temperature on the growth and composition of Stayman and Baldwin apple tree”. N. J. Agr. Exp. Sta. Bull 566.
- Núñez, B.A. 2007. La cadena de producción en el cultivo del nogal pecanero en México y Estados Unidos. Artículo, pp. 10.
- Núñez, M.J.; Valdez, G. B.; Martínez, D.G.; y Valenzuela, C.E. 2001. El Nogal Pecanero en Sonora. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico No. 3. ISSN- 1405-597X. México. 209 p.
- Ojeda, D., Hernández, O., López, G. y Martínez, J. 2009. Evolución de los sistemas de producción de nuez en México, Chihuahua, Tecnociencia Chihuahua, Vol. 3, No. 3. pp. 115-120.
- Ortiz, S. C. 1987. Elementos de agrometeorología cuantitativa con aplicaciones en la república mexicana. 3ra. Edición. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco Edo. de México. 327p.

- Perry, K.B.; Wehner, T.C. and Johnson, G.L. 1986. Comparison of 14 methods to determinate heat unit requeriments for cucumber harvest. *HortScience* 21:411-423.
- Rahemi, M. and Pakkish, Z. 2009. Determination of chilling and eat requirements of pistachio (*Pistacia vera* L.) Cultivars. Elsevier. *Agricultural Sciences in China*, 8(7): 803-807.
- Richardson, E.A., Seeley, S.D. y Walker, D.R. 1974. A model for estimating the completion o rest for “Redhaven” and “Alberta” peach trees. *HortScience* 9 (4): 331-332.
- Romo, G. J. 1982. Meteorología Agrícola. Tesis profesional Depto. de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de México.
- Sabori, P.R.; Grageda, G.J.; Martínez, D.G.; Núñez, M.J.; Quijada, F.A. y Valenzuela, M.A. 2009. Efectos de productos químicos sobre la dinámica de brotación en árboles de nogal pecanero. X Seminario Internacional de Nogal Pecanero. *Memoria Técnica* 28, 141-149.
- Samish, R. M. 1954. Dormancy of wood plants. *Ann. Rev. Plant Physiology* 5: 183-204.
- Saure, M. C. 1985. Dormancy release in deciduous fruit trees. *Hortic. Rev.*, 7: 239-300.
- Sisler, G.P. y Overholser, E.L. 1943. Influence of climatic conditions on date of full bloom of Delicious apples in the Wenatchee Valley. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 43: 29-34.
- Smith, M.W.; Carroll, B. L.; and Cheary, B. S. 1992. Chilling Requirement of Pecan. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(5):745-748.
- Sparks, D. 1991. Geographical origin of pecan cultivars influences time required for fruit development and nut size. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116:627-631.
- Sparks, D. 2002. Rainfall governs pecan stand homogeneity innative, wild hábitats. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127:860-268.
- Sparks, D. 2005. Adaptability of pecan as a species. *HortScience* 40 (5): 1175-1189.
- Torres, R.E. 1995. Agrometeorología. Editorial Trillas. Segunda edición. México, D.F. 154 p.
- Vargas, H.J. 2007. Dormancia en yemas de especies forestales. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y el del ambiente.* 13(2):131-135.

- Villalpando, I. J. 1984. Agroclimatología. Apuntes del 1er. curso de capacitación para investigadores de INIA, INIF e INIP. CECCAM-INCA Rural. Morelos, Zac., México.
- Weinberger, J. 1950. Chilling requirements of peach varieties. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 56:123–133.
- Wolstenholme, B. N. 1979. The ecology of Pecan trees. Part. 2. The Pecan Quarterly. 13(3): 14-19.
- Worley, R.E., Harmon S.A. and Carter, R.L. 1972. Effect of zinc sources and methods of application on yield and leaf mineral concentration of pecan (*Carya illinoensis* Koch). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97.
- Yuri, J.A. 2002. El receso en frutales. Boletín Técnico. Universidad de Talca, Chile. Pomáceas (2) 4: 4 p.

ANEXOS

a) Análisis de varianza para porcentaje de yemas laterales brotadas para Nazas I

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Porcentaje de yemas brotadas	Inter-grupos	21365.142	5	4273.028	7.767	.0000047945
	Intra-grupos	46213.156	84	550.157		
	Total	67578.298	89			

b) Datos descriptivos para porcentaje de yemas laterales brotadas para Nazas I

						Intervalo de confianza para la media al 95%			
	Trat	N	Media	Desviación típica	Error típico	Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
Porcentaje de yemas brotadas	200	15	23.7073	17.26735	4.45841	14.1450	33.2697	.00	66.67
	250	15	37.7113	24.69805	6.37701	24.0340	51.3887	10.00	80.00
	300	15	42.1620	26.23275	6.77327	27.6348	56.6892	12.50	100.00
	350	15	65.5333	34.07232	8.79743	46.6647	84.4020	12.50	100.00
	400	15	32.6700	18.87648	4.87389	22.2166	43.1234	12.50	81.82
	450	15	17.2760	13.68878	3.53443	9.6954	24.8566	.00	41.67
	Total	90	36.5100	27.55552	2.90461	30.7386	42.2814	.00	100.00

c) Análisis de varianza para porcentaje de yemas laterales brotadas para Nazas II

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Porcentaje de yemas brotadas	Inter-grupos	18150.479	5	3630.096	8.049	.00000306936
	Intra-grupos	37882.949	84	450.987		
	Total	56033.428	89			

d) Datos descriptivos para porcentaje de yemas laterales brotadas para Nazas II

						Intervalo de confianza para la media al 95%			
	Trat	N	Media	Desviación típica	Error típico	Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
Porcentaje de yemas brotadas	200	15	20.9580	15.75056	4.06678	12.2356	29.6804	.00	64.29
	250	15	37.1867	19.17911	4.95203	26.5656	47.8077	9.09	66.67
	300	15	63.3427	23.04216	5.94946	50.5823	76.1030	36.36	100.00
	350	15	39.9413	28.93527	7.47105	23.9175	55.9651	11.11	93.33
	400	15	34.6073	24.64718	6.36387	20.9582	48.2565	14.29	100.00
	450	15	21.2507	10.69263	2.76083	15.3293	27.1720	.00	40.00
	Total	90	36.2144	25.09161	2.64489	30.9591	41.4698	.00	100.00

e) Análisis de varianza para tiempo medio de brotación de yemas laterales bajo diferentes periodos de frío (7.2°C) para el material Nazas I

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Días a brotación	Inter-grupos	925.922	5	185.184	27.594	.000
	Intra-grupos	563.733	84	6.711		
	Total	1489.656	89			

f) Datos descriptivos para el tiempo medio de brotación de yemas laterales bajo diferentes periodos de frío (7.2°C) para el material Nazas I

		Intervalo de confianza para la media al 95%							
	Trat	N	Media	Desviación típica	Error típico	Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
Días a brotación	200	15	10.80	4.263	1.101	8.44	13.16	0	16
	250	15	12.80	2.597	.670	11.36	14.24	8	16
	300	15	8.40	2.324	.600	7.11	9.69	6	14
	350	15	8.13	1.922	.496	7.07	9.20	4	10
	400	15	5.60	.828	.214	5.14	6.06	4	7
	450	15	3.00	2.360	.609	1.69	4.31	0	8
	Total	90	8.12	4.091	.431	7.27	8.98	0	16

g) Análisis de varianza para el tiempo medio de brotación de yemas laterales bajo diferentes periodos de frío (7.2°C) para el material Nazas II

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Días a brotación	Inter-grupos	671.289	5	134.258	23.893	.000
	Intra-grupos	472.000	84	5.619		
	Total	1143.289	89			

h) Datos descriptivos para el tiempo medio de yemas laterales bajo diferentes periodos de frío (7.2°C) para el material Nazas II

		Intervalo de confianza para la media al 95%							
	Trat	N	Media	Desviación típica	Error típico	Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
Días a brotación	200	15	9.87	4.307	1.112	7.48	12.25	0	14
	250	15	9.20	1.474	.380	8.38	10.02	8	12
	300	15	7.07	2.251	.581	5.82	8.31	4	12
	350	15	5.33	2.350	.607	4.03	6.63	4	12
	400	15	4.40	.828	.214	3.94	4.86	4	6
	450	15	2.00	1.309	.338	1.27	2.73	0	4
	Total	90	6.31	3.584	.378	5.56	7.06	0	14

i) Regresión lineal para Tiempo Medio de Brotación en Días para el material Nazas I

Resumen del modelo						
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación		
1	.730 ^a	.533	.528	59.018		
ANOVA						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	349732.274	1	349732.274	100.407	.000 ^a
	Residual	306517.726	88	3483.156		
	Total	656250.000	89			
Coeficientes ^a						
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados		
Modelo		B	Error típ.	Beta	t	Sig.
1	(Constante)	449.451	13.891		32.356	.000
	Días a brotación	-15.322	1.529	-.730	-10.020	.000

j) Regresión lineal para Tiempo Medio de Brotación en Días para el material Nazas II

Resumen del modelo						
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación		
1	.759 ^a	.577	.572	56.189		
ANOVA						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	378417.042	1	378417.042	119.859	.000 ^a
	Residual	277832.958	88	3157.193		
	Total	656250.000	89			
Coeficientes ^a						
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados		
Modelo		B	Error típ.	Beta	t	Sig.
1	(Constante)	439.819	12.045		36.516	.000
	Días a brotación	-18.193	1.662	-.759	-10.948	.000

k) Regresión lineal para la dinámica de brotación de yemas de acuerdo a los tratamientos de frío aplicados para el material de ciclo corto para Nazas I

NAZAS I		Coeficientes ^a				
Tratamiento 200 HF			Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	
	Modelo		B	Error típ.	Beta	t
	1	(Constante)	-18.821	2.628		-7.163
		Día	2.170	.196	.965	11.049
	ANOVA ^b					
	Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
	1	Regresión	517.948	1	517.948	122.080
		Residual	38.184	9	4.243	
		Total	556.132	10		
NAZAS I		Coeficientes ^a				
Tratamiento 250 HF			Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	
	Modelo		B	Error típ.	Beta	t
	1	(Constante)	-22.034	3.489		-6.316
		Día	3.798	.284	.981	13.364
	ANOVA ^b					
	Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
	1	Regresión	865.637	1	865.637	178.583
		Residual	33.931	7	4.847	
		Total	899.568	8		
NAZAS I		Coeficientes ^a				
Tratamiento 300 HF			Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	
	Modelo		B	Error típ.	Beta	t
	1	(Constante)	-30.215	4.536		-6.661
		Día	5.129	.439	.975	11.679
	ANOVA ^b					
	Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
	1	Regresión	1578.686	1	1578.686	136.391
		Residual	81.023	7	11.575	
		Total	1659.709	8		
NAZAS I		Coeficientes ^a				
Tratamiento 350 HF			Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	
	Modelo		B	Error típ.	Beta	t
	1	(Constante)	-37.200	3.652		-10.187
		Día	8.539	.434	.991	19.656

	ANOVA ^b						
	Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
	1	Regresión	4374.623	1	4374.623	386.358	.000 ^a
		Residual	79.259	7	11.323		
		Total	4453.882	8			
NAZAS I	Coeficientes ^a						
Tratamiento 400 HF	Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados		
	1	(Constante)	B	Error típ.	Beta	t	Sig.
			-16.029	3.724		-4.305	.007681
		Día	4.973	.511	.975	9.722	.000196
	ANOVA ^b						
	Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
	1	Regresión	692.385	1	692.385	94.516	.000 ^a
	Residual	36.628	5	7.326			
	Total	729.013	6				
NAZAS I	Coeficientes ^a						
Tratamiento 450 HF	Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados		
	1	(Constante)	B	Error típ.	Beta	t	Sig.
			2.051	4.813		.426	.699
		Día	2.051	.781	.835	2.626	.079
	ANOVA ^b						
	Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
	1	Regresión	42.058	1	42.058	6.898	.079 ^a
	Residual	18.291	3	6.097			
	Total	60.350	4				

I) Regresión lineal para la dinámica de brotación de yemas de acuerdo a los tratamientos de frío aplicados para el material de ciclo corto para Nazas II

NAZAS II		Coeficientes ^a				
Tratamiento 200 HF			Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	
	Modelo		B	Error típ.	Beta	t
	1	(Constante)	-15.234	2.472		-6.162
		Día	2.099	.188	.981	11.167
	ANOVA ^b					
	Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
	1	Regresión	123.381	1	123.381	124.707
		Residual	4.947	5	.989	
		Total	128.328	6		
NAZAS II		Coeficientes ^a				
Tratamiento 250 HF			Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	
	Modelo		B	Error típ.	Beta	t
	1	(Constante)	-40.783	5.730		-7.117
		Día	4.613	.467	.966	9.881
	ANOVA ^b					
	Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
	1	Regresión	1276.827	1	1276.827	97.637
		Residual	91.541	7	13.077	
		Total	1368.368	8		
NAZAS II		Coeficientes ^a				
Tratamiento 300 HF			Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	
	Modelo		B	Error típ.	Beta	t
	1	(Constante)	-26.121	3.679		-7.100
		Día	6.668	.386	.985	17.290
	ANOVA ^b					
	Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
	1	Regresión	4890.352	1	4890.352	298.948
		Residual	147.227	9	16.359	
		Total	5037.579	10		
NAZAS II		Coeficientes ^a				
Tratamiento 350 HF			Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	
	Modelo		B	Error típ.	Beta	t
	1	(Constante)	.243	2.819		.086
		Día	3.522	.335	.970	10.501

	ANOVA ^b						
	Modelo		Suma de	gl	Media	F	Sig.
	1	Regresión	744.096	1	744.096	110.273	.000 ^a
		Residual	47.235	7	6.748		
		Total	791.331	8			
NAZAS II	Coeficientes ^a						
Tratamiento 400 HF			Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados		
	Modelo		B	Error típ.	Beta	t	Sig.
	1	(Constante)	4.738	2.989		1.585	.1569034
		Día	2.537	.356	.938	7.137	.0001875
	ANOVA ^b						
Tratamiento 450 HF	Modelo		Suma de	gl	Media	F	Sig.
	1	Regresión	386.284	1	386.284	50.931	.000 ^a
		Residual	53.091	7	7.584		
		Total	439.374	8			
	ANOVA ^b						
NAZAS II	Coeficientes ^a						
Tratamiento 450 HF			Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados		
	Modelo		B	Error típ.	Beta	t	Sig.
	1	(Constante)	7.769	2.563		3.031	.029
		Día	1.900	.476	.873	3.993	.010
	ANOVA ^b						
Tratamiento 450 HF	Modelo		Suma de	gl	Media	F	Sig.
	1	Regresión	101.131	1	101.131	15.945	.010 ^a
		Residual	31.713	5	6.343		
		Total	132.844	6			
	ANOVA ^b						

m) Correlación de las variables día y porcentajes de brotación para estimar la dinámica de brotación en Nazas I

Correlaciones								
		Día	Hf_200	Hf_250	Hf_300	Hf_350	Hf_400	Hf_450
Día	Correlación de Pearson	1	.965**	.981**	.975**	.991**	.975**	.835
	Sig. (bilateral)		.000	.000	.000	.000	.000	.079
	N	18	11	9	9	9	7	5

*(P<0.05), **(P<0.01)

n) Correlación de las variables día y porcentajes de brotación para estimar la dinámica de brotación en Nazas II

Correlaciones								
		Día	Hf_200	Hf_250	Hf_300	Hf_350	Hf_400	Hf_450
Día	Correlación de Pearson	1	.981**	.966**	.985**	.970**	.938**	.873*
	Sig. (bilateral)		.000	.000	.000	.000	.000	.010
	N	18	7	9	11	9	9	7

*(P<0.05), **(P<0.01)