



**UNIVERSIDAD VERACRUZANA**

---

---

**Facultad de Biología**

**Calendario fenológico, beneficiado y almacenamiento de frutos y semillas  
de *Juglans pyriformis* Liebmann (cedro nogal)**

**TESIS**

**TRABAJO DE EXPERIENCIA RECEPCIONAL**

**QUE PRESENTA:**

**José Santos Perusquía Chávez**

**DIRECTORA: DRA. CELIA CECILIA ACOSTA HERNÁNDEZ  
CODIRECTOR: DR. ANDRÉS RIVERA FERNÁNDEZ**

**Xalapa, Ver.**

**Febrero 2015**

## **Reconocimientos**

**A la Universidad Veracruzana, por brindar la oportunidad a personas interesadas en el conocimiento del medio natural y que puedan especializarse en áreas tan nobles como es la Biología.**

**A Celia Cecilia Acosta Hernández, mi directora de tesis, por su guía, apoyo y amistad brindados durante la elaboración de la tesis, a quien estimo y recordaré con mucho cariño.**

**A mi Codirector de tesis Andrés Rivera Fernández, quien con sus conocimientos me orientó y apoyó en la mejoría y elaboración de la tesis.**

**A mi comité tutorial, Ana Isabel Suárez Guerrero, Martha Yolanda Castañeda Cuellar y Carlos Darío Polanco Medina, quienes dedicaron tiempo y esfuerzo en la mejora de este manuscrito.**

**A mis padres José Perusquía Jasso y M. Guadalupe Chávez, por escuchar y atender mis dificultades, alentarme en mis anhelos, y sobre todo por, por darme la oportunidad y apoyo para continuar con mis estudios y realizar una licenciatura.**

**A mis hermanas y sobrina Nataly Perusquía Chávez, Lucero Carmona Chávez y Frida Sofía Perusquía Chávez, por apoyarme cuando lo necesité, durante esas horas largas de desvelo y pasando ratos agradables.**

**A Jorge Manuel Ochoa Limón quien me brindó su amistad, apoyo y compañía incontables ocasiones a lo largo de la carrera.**

**Al M. en C. Guillermo Rodríguez Rivas, encargado del vivero de la USBI por el espacio prestado para montar el proyecto, a Pedro y Habat por el apoyo en la etapa de vivero.**

**A mis compañeros del grupo de Conservación *J. pyriformis*, Eunice Ortiz Muñoz, Daniel Cornú García, Daniel Rodríguez, Alejandro Quirino Villareal, Ricardo Aldair, con quienes compartí la trayectoria de la elaboración de este manuscrito.**

**Al Maestro Zoylo Morales Romero y al alumno Alberto Vázquez Gil de la Facultad de Estadística, quienes brindaron su apoyo y conocimientos para el análisis estadístico de los datos.**

**A la M. en C. Guillermina Aguado López del laboratorio de Química de la Facultad de Biología, quien brindó amablemente su tiempo y ayuda en los experimentos realizados.**

**Al propietario del Terreno de Coatepec, donde se encontraban los árboles que fueron observados, por permitir realizar el estudio en su propiedad.**

**A mis maestros, que colaboraron durante estos cuatro años que duró la licenciatura, en mi formación académica.**

**A mis amigos, con quienes me formé a la par durante la carrera, por brindarme su amistad y apoyo durante este trayecto.**

*Dedicado a mis padres*

*Por qué gracias a su cariño y sacrificio, he llegado a realizar uno de los anhelos más grandes de mi vida, sin su apoyo y comprensión no hubiera sido posible la culminación de mi carrera profesional, por ellos que me enseñaron que la única forma de alcanzar mis sueños es trabajando muy duro por ellos, motivándome constantemente para alcanzar mis metas y anhelos, gracias a sus enseñanzas y educación me forjaron para ser la persona que soy hoy, a ellos a quienes debo todo lo que he llegado a ser.*

## **RESUMEN**

*Juglans pyriformis* árbol endémico del Bosque Mesófilo de Montaña en México, es una especie amenazada y sobreexplotada. En Veracruz, se produce en viveros oficiales y particulares. La viverización exitosa de cualquier especie forestal inicia con la planificación de la recolecta de semillas, seguida de la aplicación de un método de beneficiado y almacenamiento estandarizado. Para *J. pyriformis* el conocimiento de su fenología es general y el manejo de sus semillas en vivero es empírico. Con el objetivo de generar información para la adecuada viverización de la especie se establecieron tres ensayos: en el primero se realizó un registro fotográfico semanal, de Abril 2013 a Abril 2014 de la ocurrencia de las fenofases en tres árboles ubicados en la carretera Xalapa-Coatepec. Las fenofases observadas fueron: Foliación, Floración femenina y masculina y Fructificación. Para establecer el beneficiado del fruto se probaron cuatro tratamientos: Condiciones ambientales bajo sombra (CA); Inmersión en agua por 72 hr (IA72); Cubiertos con tierra (CT); Cubiertos con tierra y paja (CTP), en 100 semillas/tratamiento. Se observó color, consistencia, sanidad y tiempo de extracción. Éstas variables se reportan descriptiva y gráficamente. Para determinar las condiciones de almacenamiento se estableció un diseño experimental completamente al azar, con cuatro tratamientos, cuatro repeticiones por tratamiento, y una unidad experimental de 25 semillas. Los tratamientos aplicados fueron: Cámara fría 4°C bote hermético (CFH); Cámara fría 4°C bote con aeración (CFA); En capas en arena (EA) y Almacenamiento en condiciones ambientales (ACA). Para evaluar el porcentaje de germinación (PG%) se sembraron 100 semillas/tratamiento (cuatro unidades experimentales) cada dos meses, por un periodo de diez meses, previa medición de la humedad en dos semillas/tratamiento. Con el software Statistica v.7.0 se realizaron gráficos de Series de Tiempo para la humedad y el PG%, a ésta última variable se le aplicó un ANOVA de una vía. Los resultados indican que la floración masculina y femenina ocurren de febrero a abril; la polinización sucede a principios de abril, y la fructificación de mediados de abril hasta octubre. El mejor tratamiento de beneficiado del fruto es bajo sombra en condiciones ambientales. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de almacenamiento y el PG% disminuye rápidamente con el tiempo. De acuerdo a lo anterior las semillas reportadas como subortodoxas son recalcitrantes, por lo que deben ser sembradas inmediatamente después de su recolecta, para evitar la pérdida de viabilidad.

**Palabras clave:** Fenología, beneficiado de frutos, almacenamiento de semillas, *Juglans pyriformis*.

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	5
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	8
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	10
<b>2.1 Fenología: importancia en la propagación de especies forestales y concepto</b> .....	10
2.1.1 Descripción de las fenofases en plantas .....	12
<b>2.2 Beneficiado de frutos carnosos</b> .....	15
2.2.1 Métodos de beneficiado de semillas de frutos carnosos .....	16
<b>2.3 Almacenamiento de semillas</b> .....	17
2.3.1 Factores que afectan la viabilidad de las semillas durante el almacenamiento.....	20
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	21
<b>4. HIPÓTESIS</b> .....	22
<b>5. OBJETIVOS</b> .....	23
5.1 General .....	23
5.2 Particulares .....	23
<b>6. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	23
6.1 Descripción de <i>J. pyrifomis</i> .....	23
6.2 Estudio fenológico .....	25
6.3 Ensayo de beneficiado de los frutos de <i>J. pyrifomis</i> .....	27
6.4 Ensayo de almacenamiento de las semillas de <i>J. pyrifomis</i> .....	29
6.5 Análisis de datos .....	31
<b>7. RESULTADOS</b> .....	32
7.1 Estudio fenológico .....	32
7.2 Beneficiado del fruto .....	35
7.3 Almacenamiento de semillas .....	37
<b>8. DISCUSIÓN</b> .....	39
<b>9. CONCLUSIONES</b> .....	42
<b>10. BIBLIOGRAFIA</b> .....	43
<b>ANEXOS</b> .....	51

## Índice de Tablas

Tabla 1. Fenofases de especies caducifolias y semi caducifolias del Bosque Mesófilo de Montaña	14
Tabla 2. Fenofases y sus etapas de desarrollo adaptadas para el estudio de <i>J. pyriformis</i> .....	27
Tabla 3. Tratamientos aplicados para el beneficiado de los frutos de <i>J. pyriformis</i> .....	28
Tabla 4. Características cualitativas observadas en el fruto de <i>J. pyriformis</i> en cada fase de descomposición.....	28
Tabla 5. Tratamientos de almacenamiento de semillas de <i>J. pyriformis</i> .....	30
Tabla 6. Calendario fenológico del árbol 2 de <i>J. pyriformis</i> localizado sobre la carretera Xalapa-Coatepec.....	33
Tabla 7. Calendario fenológico del árbol 1 de <i>J. pyriformis</i> .....	51
Tabla 8. Calendario fenológico del árbol 3 de <i>J. pyriformis</i> .....	51

## Índice de Figuras

Figura 1. Pseudodrupa, fruto y Semilla de <i>J. pyriformis</i> . _____	16
Figura 2. Trima, fruto y Semilla de <i>J. regia</i> ._____	16
Figura 3. Panorámica de área y ubicación de los árboles monitoreados en el estudio fenológico en la carretera Coatepec-Xalapa. _____	25
Figura 4. Precipitación y humedad del Municipio de Coatepec durante el periodo Abril 2013-Abril 2014. _____	26
Figura 5. Proceso de siembra: a) mezclado de tierra; b) tierra mezclada; c) llenado de tubetes; d) desinfección de semillas en captan; e) plantación de semillas. _____	31
Figura 6. Etapas del desarrollo foliar. _____	33
Figura 7. Etapas del desarrollo de flores femeninas. _____	34
Figura 8. Etapas del desarrollo de las flores masculinas. _____	34
Figura 9. Etapas de maduración del fruto. _____	35
Figura 10. Tiempo de descomposición del mesocarpio por tratamiento. _____	36
Figura 11. Condición de los frutos en cada tratamiento al finalizar el ensayo de beneficiado _____	37
Figura 12. Distribución del porcentaje de germinación en cada siembra. _____	38
Figura 13. Comportamiento en el tiempo del porcentaje de germinación de las semillas de <i>J. pyriformis</i> ._____	38
Figura 14. Comportamiento en el tiempo del porcentaje de humedad de las semillas almacenadas.	39
Figura 15. Proceso de la prueba de humedad _____	52

## INTRODUCCIÓN

*J. pyriformis* es una especie amenazada del Bosque Mesófilo de Montaña (SEMARNAT, 2010), y altamente valorada en las localidades donde se encuentra para el aprovechamiento de su madera en la industria del aserrío y fabricación de muebles finos (Gutiérrez y Dorantes, 2004). Por su importancia económica y condición en riesgo (Narave, 1983; Luna Vega, 2003), se le ha incluido en estudios de restauración (Pedraza y Williams-Linera, 2003), y en el estado de Veracruz la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) ha promovido el establecimiento de plantaciones comerciales con la especie, a través de los programas de PRODEFOR y PRODEPLAN (CONAFOR, 2008).

Su producción en los viveros forestales de la región de Xalapa se realiza de manera empírica (Cornú, 2014), utilizando procedimientos de beneficiado y almacenamiento de las semillas, basados en la experiencia con otras especies que tienen frutos de características similares. Así mismo la información que se tiene sobre su fenología es la reportada por Narave (1983), de tal manera que la recolecta de las semillas no puede ser anticipada.

El éxito de producción de planta en un vivero depende la planeación de las actividades, que van desde la recolecta de semilla de calidad hasta la obtención de planta vigorosa capaz de sobrevivir en su lugar donde será plantada. Para ello es indispensable, en primera instancia conocer el ciclo fenológico de las especies a producir con el fin de asegurar un suministro oportuno, permanente y en cantidades suficientes de semilla. En segunda instancia conocer el manejo adecuado de la semilla en todas las operaciones del vivero (beneficiado y almacenamiento), permite mantener su viabilidad en niveles satisfactorios (Arriaga *et al.*, 1994; Vázquez, 2001; Chuine y Beaubien, 2001).

Debido a esto, los estudios fenológicos en plantas son una herramienta predictiva muy importante en el campo de la silvicultura, la agrometeorología y la ecología, ya que además de permitir anticipar la ocurrencia de las fenofases, y planificar las actividades de vivero, son de gran valor para la conservación de los recursos genéticos, y una mejor comprensión de los procesos de



regeneración natural y de la coexistencia de las especies en una comunidad (Baluarte, 1995; Chuine y Beaubien, 2001; Arteaga, 2007).

El manejo de las semillas en vivero es una actividad cotidiana, y para la mayoría de las especies existe un conocimiento teórico y práctico (Willan, 1991; Mesén 1990; Jorge y Valdéz, 2001; García *et al.*, 2001). Por el impacto que dichas actividades tienen sobre la viabilidad y la calidad de los lotes de semillas, se han publicado numerosos manuales de producción de especie tanto forestales como agrícolas en vivero, tanto forestales como agrícolas, que dan cuenta de técnicas diferenciadas de beneficiado y almacenamiento de las semillas (Gálvez, s/a; Aguirre y Peske, 1988; FAO, 1991; Mesén *et al.*, 1996; Jorge y Valdéz, 2001; García, 2004).

En México se conocen los ciclos fenológicos de la mayoría de las especies de importancia económica del bosque templado (Patiño, 1973, 1975; Flores Calderón, 1970, cit. por Niembro, 1986; Bello, 1983; Vázquez, 2014) y de algunas del Bosque Mesófilo de Montaña (Williams-Linera, 2007). Asimismo, se tienen manuales para la propagación de especies forestales de interés comercial, donde se describen de manera general las técnicas de beneficiado y almacenamiento de las semillas (Willan, 1991; WWF, 2001; Varela y Arana, 2011) y otros que son específicos, por ejemplo, para el cedro (Morales y Herrera, 2009) y el mezquite (Meza, 2009).

Como se mencionó al inicio, para *J. pyriformis* el conocimiento de su fenología y manejo de la semilla en vivero aún es incipiente, y dada la importancia que dicha información tiene para su propagación en vivero, el presente estudio tiene el objetivo de generar conocimiento básico sobre estos aspectos.

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1 Fenología: importancia en la propagación de especies forestales y concepto**

Debido al acelerado proceso de degradación ambiental a consecuencias de las actividades humanas la conservación y propagación de especies vegetales toma especial relevancia en nuestros días. Según datos del World Conservation Monitoring Centre (tomado de Walter y Gillett, 1998) aproximadamente 250,000 especies conocidas en nuestro planeta (12.5 %) se encuentra en peligro de extinción. Por lo que gran cantidad de taxones están desapareciendo antes de poder ser identificadas o evaluar sus propiedades. Actualmente sólo el 10 % han sido analizadas por la importancia que tienen, debido a esto existe un gran número de especies por descubrir (Prance, 1997).

En México, la tasas de deforestación fluctúan entre 75,000 a cerca de 1.98 millones de ha/año ocupa uno de los primeros lugares a nivel internacional. Los bosques de clima templado y selvas, que abarcan el 32% del territorio nacional, son los más afectados (Torres-Rojo, 2004). Éste es un problema que se ha presentado desde tiempos precolombinos (INEGI-SEMARNAP, 1997), y al igual que a nivel internacional la biología y ecología de muchas de las especies que se encuentran en estos ecosistemas es poco o casi nulo (Sarukhán y Soberón, 2008). De hecho, se desconocen los ciclos fenológicos de la mayoría de las especies que se requiere conservar y propagar, en especial aquellas en alguna categoría de riesgo.

La fenología o fitofenología es una rama de la ecología que estudia los cambios en el ciclo de vida de plantas y animales en su ocurrencia temporal, los cuales varían conforme a la especie (Newstrom *et al.*, 1994; Baluarte, 1995; Williams-Linera, 2007). Los estudios fenológicos pueden ser cualitativos y cuantitativos, en los cualitativos se analizan las características morfológicas, anatómicas, y de comportamiento de las especies en sus etapas de crecimiento; en los cuantitativos se establece la temporalidad en la que ocurre cada una de las fenofases (Bello, 1983).

Algunos de los conceptos más importantes que manejan en los estudios fenológicos se definen a continuación: una fenofase se refiere a cada fase distinta dentro del ciclo de vida de una especie, y la forma en que ocurre cada fenofase se le llama fenodinámica. Las fenofases tienen relación con las condiciones prevalecientes de temperatura, precipitación (Villers *et al.*, 2009) y la cantidad de horas luz recibidas (Vílches *et al.*, 2004). Los fenogramas, se construyen contabilizando el porcentaje de especie que inician en una comunidad con determinada fenofase. Los fenogramas permiten entender la diversidad biológica y la coexistencia de las especies en una comunidad vegetal (Bello, 1983; Williams-Linera, 2007). En cambio en los calendarios fenológicos se analizan los eventos biológicos periódicos, como la producción de hojas, el desarrollo floral, madurez fisiológica de los frutos y semillación (Hechavarría, 1998, 2012; Preuhsler *et al.*, 2006) relacionados con las variaciones estacionales climáticas durante un periodo anual y proporcionan información sobre la disponibilidad de recursos (frutos o semillas) en el transcurso del año (Villasana y Suárez, 1997).

En un ciclo fenológico se establecen los eventos biológicos periódicos mediante la observación de las fenofases durante varios años (Chuine y Beaubien, 2001) ya que éstas, dependen de la interacción genotipo-ambiente. De acuerdo a McGranahan y Forde (1985) se requieren hasta 18 años de observación, para tener una predicción estable del ciclo fenológico de una especie. Es de interés en investigaciones florísticas, ecológicas, meteorológicas, agronómicas, silviculturales, culturales y espirituales, entre otros (Bello, 1983; Preuhsler *et al.*, 2006; Williams-Linera, 2007;).

En las regiones de clima templado donde se presentan una época favorable para las plantas que es la primavera-verano una estación desfavorable que es la estación invernal se observan dos estados anuales, uno de actividad y otro de letargo. Por tanto, el ciclo fenológico de las especies muestra cambios pronunciados, los cuales están sincronizados con el ciclo anual del clima. Las fechas de cada condición varían según la latitud, altitud, especie y otros factores (López, 2009). En los árboles perennes los ciclos fenológicos describen un sistema fisiológico de muchos factores que actúan en sincronía, los que son influenciados por la especie, el cultivar y el manejo que se les da (Cull, 1986).

Respecto a los calendarios fenológicos, estos suministran información sistemática y permiten comprender la compleja dinámica de los ecosistemas forestales (Villasana y Suárez, 1997; Mantovani *et al.*, 2003). Son una herramienta importante en la planificación de la recolecta de semilla y detección de las mejores procedencias de germoplasma, lo cual posibilita la obtención de semilla de calidad en cantidad suficiente para la producción de planta en vivero (Mantovani *et al.*, 2003; Vílchez *et al.*, 2004; Ortiz, 2013). En la definición de prácticas de conservación y manejo forestal, conocer el calendario fenológico, ayuda en la toma de decisiones respecto a cuándo y cómo realizar las cortas, fomentar la regeneración natural, establecer los viveros, plantaciones forestales y programas de propagación vegetativa o polinización dirigida, ente otros (Villasana y Suárez, 1997; Vílchez *et al.*, 2004; Martín, 2012).

En México sólo para las especies de mayor valor comercial se ha estudiado su fenología de manera detallada por la relevancia que tiene en su manejo, sin embargo se desconoce la fenología de varias especies leñosas nativas por lo que es necesario profundizar en su conocimiento (Ochoa *et al.*, 2008).

### 2.1.1 Descripción de las fenofases en plantas

Los procesos fisiológicos que controlan la ocurrencia de la fenofases de las plantas están sincronizados con la duración del día, uno de ellos es el sistema fitocromo, el cual mide la duración de los periodos de luz y oscuridad. Éste sistema controla la dormancia de yemas, el crecimiento vegetativo, la floración, la latencia de semillas y la germinación. Particularmente la floración se activa o inhibe por la concentración acumulativa de fitocromo, que es regulado por la alternancia de horas luz y oscuridad (López, 2009). Una mayor o menor floración repercutirá en la productividad de las plantas, es decir, en la cantidad de frutos y semillas que se logren cosechar en un periodo (Granados y Sarabia, 2013). Conocer los procesos fisiológicos y la duración de las fenofases permite comprender desde la reproducción de las plantas y su regeneración, Hasta el proceso de coevolución de los animales que dependen de ellas para la alimentación, o comparten un mismo hábitat, así como las interacciones planta-animal (Morellato, 1991).

En el ciclo de vida de las plantas, las fenofases observadas generalmente son: foliación, floración, polinización y fructificación, la descripción y la importancia de cada una de estas se presenta a continuación:

La foliación indica la aparición y desarrollo de las hojas (IAGRICOLA, 2013). Éstas se originan en sucesión en el meristemo apical del tallo. Las hojas son órganos laterales que constan de una lámina foliar, peciolo y base foliar, y están clasificadas en simples o compuestas. Las dicotiledóneas presentan hojas compuestas con folíolos laterales siguiendo patrones variables (Flores, 1999). Todas las estructuras foliares tienen como función realizar la fotosíntesis, producir la transpiración y realizar el intercambio gaseoso (Pérez y Martínez, 1994).

La Floración es el fase de desarrollo de la flor a partir de la yema floral (IAGRICOLA, 2013). Las flores constan de un pedicelo, receptáculo floral, cáliz, corola, androceo y gineceo (Flores, 1999), y se clasifican en masculinas, femeninas y hermafroditas. Su función es proteger los órganos reproductores y facilitar el proceso de la polinización (Pérez y Martínez, 1994).

La polinización es la etapa que conlleva a la fecundación para dar como resultado la producción de frutos y semillas (IAGRICOLA, 2013), y se produce cuando el gameto masculino llega hasta el óvulo (Flores, 1999). La polinización puede ser autógama, cuando el polen procede de la misma flor o de flores del mismo individuo; o alógama cuando el polen procede de distintos individuos. Según el mecanismo de transporte del polen, pueden ser anemógoma, hidrogama o zoogama (Pérez y Martínez, 1994).

La fructificación es la fase del desarrollo del fruto a partir del ovario floral y su maduración (IAGRICOLA, 2013). Éste se desarrolla al crecer la pared ovárica y tejidos asociados, en respuesta a una serie de procesos químicos como la producción de etileno, síntesis de proteína y actividades enzimáticas (Alia *et al.*, 2002). El fruto es una estructura que contiene a la semilla, el cual tiene como objetivo ayudar a su dispersión (Pérez y Martínez, 1994).

Cuando varias especies comparten las mismas condiciones ambientales, los periodos de las fenofases presentan una estrecha relación en cuanto al momento de ocurrencia como también su duración. Por ejemplo en el bosque de niebla las plantas muestran los periodos de foliación,

floración y fructificación en tiempo similar por ejemplo las especies forestales caducifolias y semi caducifolias del Bosque Mesófilo de Montaña (BMM), muestran periodos de foliación y fructificación en tiempos coincidentes y alternados a (Tabla 1).

Tabla 1. Fenofases de especies caducifolias y semi caducifolias del Bosque Mesófilo de Montaña

Árboles caducifolios	Caída hoja	Producción hoja	Floración	Fructificación
<i>Carpinus caroliniana</i>	oct-feb	feb-abr	feb-may	abr-sep
<i>Liquidambar macrophylla</i>	oct-feb	feb-abr	feb-may	jun-sep
<i>Meliosma alba</i>	nov-feb	mar-abr	mar	abr-jun
<i>Platanus mexicana</i>	oct-feb	feb-abr	mar-abr	abr-sep
<i>Quercus acutifolia</i>	oct-feb	mar-abr	mar	may-oct
<i>Quercus xalapensis</i>	oct-mar	mar-may	mar-may	may-oct
Árboles semi-caducifolios (picos bajos de caída de hoja)				
<i>Clethra mexicana</i>	dic-ene	feb-may	may-ago	ago-nov
<i>Cornus disciflora</i>	oct-mar	feb-abr	nov-mar	may-oct
<i>Quercus germana</i>	nov-feb	mar-abr	mar-may	may-oct
<i>Quercus insignis</i>	oct-mar	feb-abr	feb-may	may-oct
<i>Quercus leiophylla</i>	oct-feb	feb-abr	mar-may	may-oct

Fuente: Williams-Linnera, (2007).

El género *Juglans* es un árbol caducifolio del BMM y se ha determinado que entre las variedades de nogal, existen distintos grados de homogamia que refiere a la coincidencia de la aparición de las flores femeninas y masculinas en una misma variedad, la mayoría de las variedades presentan dicogamia que se refiere al desfase de las flores masculinas y femeninas (Germain *et al.*, 1999), ésta última presenta dos clases, la protandria donde el androceo madura antes que el gineceo, y la protoginia, donde el gineceo madura antes que el androceo (Osuna, 1982).

Para las especies de importancia económica del género *Juglans* como *J. regia* y *J. neotropica* se reportan los siguientes estudios fenológicos. Brauchi y Paz (2003) se determinó la fenología floral de *J. regia* variedad Serr, y reporta que la floración masculina comenzó y finalizó en septiembre y la flor femenina comenzó su receptividad en septiembre extendiéndose hasta octubre. Martín (2012) y Rovira (1999) estudiaron los problemas de la autopolinización y polinización cruzada de tres variedades de *J. regia* (Chandler, Frenette y Franquette), comparando los periodos de floración masculina y femenina de tres plantaciones. Mencionan que la floración inicia en el mes de abril y principios de mayo según la variedad, la flor femenina dura

de 15 a 20 días, y la flor masculina de 8 a 14 días. Méndez (2000) reporta que para *J. neotropica* Diels. la floración tanto femenina como masculina se presentan durante la estación lluviosa, la fructificación inicia en junio y finaliza en septiembre sin especificar las fechas, y los frutos se pueden colectar en el mes de octubre.

## **2.2 Beneficiado de frutos carnosos**

El beneficiado de frutos carnosos es un mecanismo que sirve para la extracción de las semillas (Rao *et al.*, 2007), para realizar este procedimiento se requiere del conocimiento de la estructura del fruto y los procesos que intervienen en su descomposición. La fermentación es parte del proceso, el cual consiste en la eliminación de la capa carnosa (mesocarpio) gracias a la acción de una actividad microbiana compleja, donde participan enzimas sintetizadas por los propios microorganismos que degradan el mesocarpio (Favela *et al.*, 1989).

Los factores externos que aceleran la maduración de los frutos son la adición de ácido abscísico y una alta tensión de oxígeno. Se incrementa la respiración, donde hay un mayor consumo de oxígeno y liberación de CO<sub>2</sub>, y una producción de etileno que se ve reflejada en un incremento de temperatura (Asenjo *et al.*, s/a), destrucción de clorofilas, síntesis de pigmentos y enzimas específicas de la maduración, ablandamiento de tejidos, pérdida de ribosomas y mitocondrias (Pérez y Martínez, 1994). Estos procesos son los que favorecen la descomposición de los frutos carnosos, los cuales se observan con cambios de textura como la deshidratación, olor, sabor y el color, este último va generalmente va de claros a oscuros, como de verdes a cafés, (Pérez y Martínez, 1994; Rao *et al.*, 2007).

Los frutos carnosos son aquellos que tienen el pericarpio más o menos blando, dentro de ellos se derivan varios grupos como las Bayas, Hesperidios, Pepónides, Polidrupas, Pomos y Drupas (González, 2001). Las Drupas se caracterizan por derivar de un ovario unicarpelar, con la sutura marcada como un surco; el endocarpo es esclerenquimático, endurecido en forma de hueso; el mesocarpio es carnoso o fibroso, dentro del cual se encuentra la semilla; el epicarpio puede ser glabro y lustroso (Almería, 2002).

El fruto de *J. pyriformis* se reporta como una pseudodrupa y para la separación de su semilla se requiere un periodo de madurez (Narave, 1983; Vázquez, 2001) (Figura 1).



Figura 1. Pseudodrupa, fruto y Semilla de *J. pyriformis*.

Otra subdivisión de las drupas son las trimas, éstas se caracterizan por tener una parte carnosa que se va deshidratando en la madurez, hasta formar una cáscara que se desprende del endocarpo de manera irregular (Almería, 2002). Un ejemplo es la trima del nogal *Juglans regia*, el cual presenta el sarcocarpo verdoso y el endocarpo partido, con una semilla que tiene los cotiledones asurcados y arrugados (Figura 2).



Figura 2. Trima, fruto y Semilla de *J. regia*.

### 2.2.1 Métodos de beneficiado de semillas de frutos carnosos

Para la extracción de la semilla de algunos frutos o despulpado, se requiere maquinaria especializada (Aguirre y Peske, 1988). El proceso consiste en las siguientes etapas: trituración



mecánica o maceración de los frutos, separación de las semillas, limpieza y secado hasta obtener un contenido de humedad óptimo para su conservación (Gálvez, s/a).

Otro método de extracción de estos frutos es inmersión en agua, a fin ablandar las partes carnosas. El periodo de remojo recomendado no debe ser mayor a 48hr, para evitar la fermentación por cantidades limitadas de oxígeno, que daña la semilla por la producción de ácido acético a partir de etanol (Tangüler, 2014). La liberación de las semillas se realiza por maceración de los frutos. Las semillas salen húmedas y con impurezas adheridas, por lo que requieren de limpieza y secado, este debe realizarse de preferencia en sitios frescos, ventilados y bajo sombra (Trujillo, 1995).

Para *Juglans neotropica* Diels reporta Méndez (2000) que después de coleccionar los frutos se amontonan y se cubren con paja húmeda y tierra, para que se descompongan por un lapso de 25 días aproximadamente, a continuación se deben lavar y secar al sol por 2 días.

En cuanto a *J. pyriformis*, se recomienda que inmediatamente después de su caída deben ser colectados, ya que indica su completa maduración, los frutos deben presentar color verde-amarillento (Acosta-Hernández, 2013 com. pers.). De acuerdo a Niembro-Rocas *et al.* (2010) para su beneficiado se dejan en remojo de 12 a 24 horas, posteriormente se maceran con suficiente agua, hasta liberar las nueces. Acosta (2011) recomienda almacenar el fruto en bolsas plásticas a temperatura ambiente bajo sombra por 15 días, para propiciar la descomposición del fruto y obtener las semillas, estos tratamientos no han sido presentados formalmente en alguna publicación.

### **2.3 Almacenamiento de semillas**

El almacenamiento de semillas es conocido como el método más eficiente, económico y seguro para la conservación *ex situ* de la mayoría de especies vegetales. Es actualmente el más utilizado para la conservación de las especies forestales de las zonas templadas, cuya semillas son habitualmente ortodoxas, (FAO *et al.*, 2007; Magnitskiy y Plaza, 2007; Aguilera, 2012).

Debe reconocerse que desde el momento que la semilla madura en la planta madre comienza un proceso de deterioro, por ello al obtener las semillas estas pueden ser almacenadas (Gálvez, s/a). El principio de un buen almacenaje y conservación de semillas, depende del conocimiento apropiado de la especie. Para que éstas mantengan su viabilidad, el lugar donde se almacenen debe ser el adecuado para mantenerlas secas, enteras, sanas y sin impurezas (SAGARPA, s/a).

Durante el almacenamiento los dos factores más importantes sobre los que se puede actuar para prolongar la longevidad de las semillas son la temperatura y la humedad. La disminución simultánea del contenido de humedad y la temperatura son factores que permitirán, al menos teóricamente, mantener durante cientos de años la viabilidad de las semillas, siendo el proceso utilizado mayoritariamente por los bancos de germoplasma. Según las reglas empíricas de Harrington (1965, 72), la vida de la semilla se duplica por cada 5°C de disminución de temperatura, y por cada 1% de reducción de su contenido en humedad, siendo ambos efectos aditivos.

Previamente al almacenaje debe evaluarse la viabilidad de las muestras, lo cual se hace mediante ensayos de germinación, por lo que las muestras iniciales deben tener porcentajes de germinación lo más elevado posible, tomándose normalmente el 85% como valor umbral. Como norma general se recomienda una revisión cada 10 años para colecciones base y una regeneración de la muestra cuando la germinación haya descendido por debajo del porcentaje inicial (FAO/IPGRI, 1994).

El almacenamiento comprende varias etapas sucesivas y se inicia con el registro de las entradas y con las operaciones de limpieza, a continuación las semillas se desecan en un ambiente con baja humedad relativa hasta alcanzar la humedad interna deseada, se envasan herméticamente y se almacenan en cámaras frigoríficas.

La elección de recipientes adecuados es un aspecto crítico de la conservación y, de hecho, la pérdida de hermeticidad durante el almacenaje ha sido probablemente una de las mayores causas de erosión genética, aunque no es aplicable a todos los casos ya que existen muchas especies,

sobre todo de zonas cálidas y húmedas, que poseen semillas recalcitrantes, que no admiten ni desecación ni bajas temperaturas (Martínez, 2001).

Las semillas son clasificadas en dos tipos principalmente por su tolerancia a la desecación, unas son las recalcitrantes y otras son las ortodoxas, además se encuentran sub categorías como las sub ortodoxas o sub recalcitrantes y estos son aspectos a considerar para su almacenamiento (Roberts, 1973).

Las semillas ortodoxas adquieren tolerancia a la deshidratación durante su desarrollo, estas son capaces de permanecer viables por períodos predecibles (Roberts, 1973), las que presentan una longevidad que puede aumentarse extraordinariamente al disminuir su contenido de humedad y la temperatura de almacenaje. Éstas tienen un bajo contenido en humedad, entre un 50% y un 20%, por lo que admiten para su almacenamiento un secado que mantenga entre 5% y 8% de humedad, pudiendo perder su viabilidad con contenidos inferiores al 5%. Consecuentemente, resisten bajas temperaturas, hasta  $-20^{\circ}\text{C}$ . Ejemplos de especies con semillas ortodoxas son: *pinos*, *piceas*, *cipreses*, *alerces*, *pseudotsuga*, *eucaliptos* y *leguminosas* (Serrada, 2000).

Las semillas recalcitrantes son aquéllas que pasan por un corto o ningún secado de maduración, tienen un alto contenido en humedad, entre un 90% y un 40%, por lo que admiten para su almacenamiento un secado que mantenga entre 25% y 80% de humedad, pudiendo perder su viabilidad con contenidos en agua inferiores al 20% o 30%. Consecuentemente, no resisten bajas temperaturas, hasta  $-3^{\circ}\text{C}$ . Éstas son sensibles a la deshidratación, tanto durante el desarrollo y después de que se desprenden de la planta madre, esta situación es mucho más compleja debido a la amplia gama de variabilidad entre las semillas recalcitrantes de diferentes especies (Berjak y Pammenter, 2008; Vozzo, 2010; Serrada, 2000). Ejemplos de especies con semillas recalcitrantes son: *Quercus*, *Castanea*, *Fagus* y *Juglans*. Esto plantea la necesidad de estrategias complementarias de métodos de conservación *ex situ* dando prioridad a la variabilidad genética.

### 2.3.1 Factores que afectan la viabilidad de las semillas durante el almacenamiento

El indicador de la calidad de las semillas está dado fundamentalmente por su capacidad para germinar y producir una planta normal, la que está determinada por un complejo de condiciones que son el producto de las interacciones más favorables entre las posibilidades genéticas de la especie y el medio en el cual las semillas se producen, cosechan, procesan y almacenan (Pérez y Pita, 2001).

Existen aspectos críticos en conjuntos que marcan la aptitud en un lote de semillas, la viabilidad que hace referencia a su capacidad de germinar y la longevidad que es el tiempo que pueden mantenerse viables bajo determinadas condiciones, estos aspectos determinan el porcentaje de germinación del lote de semillas sembradas (Pérez y Pita, 2001). Los que incluyen variables como la temperatura, porcentaje de humedad, tipo de almacenamiento (Ceballos y López, 2008), presión de oxígeno, bacterias, hongos, insectos y roedores (Hampton, 2001; Gallo *et al.*, 2006; Doria, 2010; Gálvez *s/a*); entre ellos, el oxígeno y dióxido de carbono influyen fuertemente en la viabilidad de las semillas almacenadas, lo que está relacionado con el volumen y la porosidad de las mismas, así como los procesos de respiración, ya que las semillas son organismos conformados por células vivas, que respiran para producir la energía necesaria para los diversos procesos metabólicos (Rojo, 2005). Éstos son los factores reconocidos como los más importantes para la conservación de las semillas (Rao *et al.*, 2007; Piedrahita, 2012).

El deterioro de las semillas almacenadas o envejecimiento se produce por los daños que sufren las membranas tanto celulares como de organelos intracelulares (mitocondrias, plástidos, etc.), estos afectan la actividad enzimática, de la síntesis o metabolismo de proteínas, glúcidos o lípidos y de la respiración celular (Pérez *et al.*, 2012).

Para *Juglans neotropica* Diels se reporta que sus semillas pierden viabilidad rápidamente y se recomienda que estas sean sembradas posterior a la cosecha, mientras que para *Juglans cinerea* el almacenamiento en recipientes herméticos en cámara fría a 3°C, permite conservar su viabilidad de tres a cinco años (Méndez, 2000).

### 3. JUSTIFICACIÓN

El establecimiento de plantaciones ofrece la oportunidad de disminuir la presión que se ejerce sobre el bosque natural, no obstante se debe cuidar la calidad fisiológica y genética de las semillas, así como las operaciones durante la propagación de plantas en vivero, ya que éstas influyen de manera considerable en la viabilidad de las semillas, los porcentajes de germinación, y finalmente en el éxito de las plantaciones que se efectúan a partir de ellas (FAO, 1991).

Asimismo, la propagación de plantas en vivero puede ser considerada como una forma de procurar bancos temporales de germoplasma y plántulas de especies de interés, además de constituir la base de cualquier programa de reforestación o conservación (Arriaga *et al.*, 1994), sin embargo para especies nativas o en alguna categoría de riesgo, su propagación masiva en vivero está limitada, ya que se desconocen aspectos biológicos básicos relevantes, como su fenología para establecer un calendario anual de recolecta de semillas; el tipo de fruto y semillas de la especie con la que se está trabajando, a fin de establecer las técnicas adecuadas de beneficiado y almacenamiento (Arriaga *et al.*, 1994; Williams-Linera, 2007).

La fuente principal de obtención de madera de cedro-nogal, para la industria de aserrío y mueblería, siguen siendo las poblaciones naturales, por lo que es importante continuar con el establecimiento de plantaciones. Esto nos lleva a plantear la importancia que tiene para la especie el establecer el ciclo fenológico y los protocolos de beneficiado y almacenamiento de las semillas, a fin de planear las actividades de recolecta y siembra para su propagación en vivero. Actualmente, los viveros forestales compran la semilla beneficiada de proveedores registrados en el padrón de la CONAFOR (2008). Sin embargo no se tiene información formal sobre la época de recolecta, así como las técnicas que utilizan los proveedores para obtener la semilla. Además, la semilla generalmente permanece almacenada en lonas hasta su siembra, y en los viveros no se evalúa la viabilidad de la misma ni cuando la reciben ni después de un tiempo de haber sido almacenada, lo que ocasiona pérdidas en los volúmenes programados de producción (Zenon, 2012 com. pers.<sup>1</sup>).

---

<sup>1</sup> Zenón, encargado del vivero Ángel Navar, CONAFOR-Banderilla, Veracruz.

Para algunas especies del género *Juglans* el estudio de su fenología es detallado, por la importancia económica que tiene su madera y la nuez, por ejemplo, Muncharaz (2001), Bono y Aletá (2009) y Martín (2012) reportan la fenología de *J. regia* y variedades; Ospina *et al.* (2003) para *J. neotropica*; Artega (2007) para *J. boliviana*. Para *J. pyriformis* los datos que se tiene de fenología son generales, se sabe que florece de febrero a marzo y fructifica en los meses de septiembre, por lo que sus frutos pueden ser recolectados desde finales de septiembre (Narave, 1983; Benítez *et al.*, 2004). No obstante estos periodos varían en todas las especies (Cull, 1986; Morellato, 1991; Morellato y Leitão-Filho 1992, 1996; Villasana y Suárez, 1997; Mantovani *et al.*, 2003; Villers *et al.*, 2009; Solarte *et al.*, 2010; Granados y Sarabia, 2013).

El beneficiado, se define según el tipo de fruto ya sea carnoso o seco ya que es un factor que determina el método por el que se despulpara la semilla (González, 2001), el almacenamiento se establece según el tipo de semilla, si estas son ortodoxas o recalcitrantes (Roberts, 1973; Vozzo, 2010). El fruto de *J. pyriformis* está catalogado como una pseudodrupa y las semillas como subortodoxas (Rojas, 1995). De estos procesos no se cuenta con una metodología publicada formalmente para la especie.

Debido a esto, es necesario generar la información necesaria de *J. pyriformis* de la población de Coatepec, principalmente, establecer el calendario fenológico para tener claro los tiempos en que se puede llevar a cabo la recolecta de frutos, así como establecer los protocolos de beneficiado y almacenamiento de los frutos y las semillas, para reducir tiempo y costos de producción de plantas. Por ello los conocimientos que aporte este documento servirán para conocer un calendario fenológico de *J. pyriformis* de igual forma tener una metodología del manejo de los frutos y las semillas, en cuanto a su extracción y conservación por un determinado tiempo.

#### **4. HIPÓTESIS**

La condición carnosa del fruto de *J. pyriformis* permitirá que el tratamiento de inmersión en agua por 72hr acelerará la descomposición del mesocarpio y consecuentemente el beneficiado de la semilla se obtendrá en menor tiempo en comparación con otros tratamientos.

La naturaleza subortodoxa de la semilla de *J. pyriformis* le permitirá mantener su viabilidad inicial al adecuar su almacenamiento, a temperatura y humedad baja e intercambio de gases constante, en contraste con otras condiciones.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 General**

Generar los conocimientos básicos sobre la fenología y el manejo de la semilla de *J. pyriformis* para su propagación en vivero.

### **5.2 Particulares**

Describir el ciclo fenológico de *J. pyriformis* en individuos localizados dentro de un cafetal en la zona de Coatepec.

Establecer los protocolos para el beneficiado y almacenamiento de los frutos y semillas de *J. pyriformis*.

## **6. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1 Descripción de *J. pyriformis***

La descripción que se tiene de *J. pyriformis* se tomó de Narave (1983), y se hará énfasis de las estructuras foliares y florales de la especie por ser parte del ciclo fenológico.

La especie *J. pyriformis* Liebmann, denominada comúnmente Nogal, Cedro nogal o Nogal cimarrón es una especie endémica de México, la cual presenta un rango de distribución limitado por diversos factores; es un árbol que presenta una altura promedio de 10 a 25m con un tronco erecto de 90cm de diámetro aproximadamente, con una ramificación superior. Son árboles monoicos, caducifolios. La corteza es pardo-oscuro, escamosa, las ramas con lenticelas abundantes de color pardo claro, fácilmente visibles, las cicatrices foliares notorias.

Las hojas son compuestas, alternas, casi espiraladas, imparipinnadas o raramente paripinnadas, de 27-58 cm de longitud, 14-25 cm de ancho, con 1 o frecuentemente 2 yemas axilares, foliolos 17-29 (-32), opuestos, sésiles o con un peciólulo corto, lanceolados, algunas veces oblongo-lanceolados, de 3.8-16.2 cm de longitud, 1.14.8 cm de ancho, los basales reducidos en tamaño, el margen entero o aserrulado con 30-89 dientes en total, el ápice acuminado, la base asimétrica, pecíolo de 3-8.1 cm de largo, levemente estriado, pubescente a escasamente piloso, en ocasiones ferrugíneo, raquis con el mismo indumento que el pecíolo.

La inflorescencia femenina una espiga terminal, de casi. 4 cm de longitud, con 3 flores; pedúnculo liso, bráctea floral y las 2 bracteolas fusionadas al ovario hasta su ápice, libres en las puntas; flores femeninas alternas, de color verde; sépalos 4, oblongo-lanceolados, 3-4 mm de longitud, 1.5-2 mm de ancho, glabrescentes, con el margen entero; estilo bifurcado, los estigmas plumosos.

La inflorescencia masculina un amento o racimo amentiforme en las axilas de las cicatrices foliares, frecuentemente varios amentos superpuestos, cada uno de 9.5-23 cm de longitud, con 38-78 flores; pedúnculo con la superficie estriada, glabrescente, con algunos pelos fasciculados y escamas; bráctea en la parte media o apical del pedicelo de cada flor, triangular-redondeada, de 0.5-1.5 mm de largo, tomentosa; flores masculinas colocadas en forma irregular sobre el pedúnculo, verde amarillentas, de 5-8 mm de longitud, 4-6 mm de ancho; envoltura floral de 6 segmentos, y 4-6 sépalos de 2.4 mm de longitud; estambres 34-95, las anteras sésiles o con un filamento diminuto, 0.5-2 mm de largo y 1 mm de ancho, la superficie con pequeñas ampollas, la dehiscencia longitudinal.

El fruto es una pseudodrupa, globosa a subglobosa, 3.4-5.4 cm de longitud, 3.5-4.5 cm de ancho, glabrescente, con algunos pelos estrellados y escamas pequeñas, amarillas, con abundantes verrugas abiertas de color pardo claro, cáliz persistente, algunas veces rodeado por una corona de 0.3-2 cm de diámetro con pelos estrellados en su interior, la base en ocasiones con pelos estrellados o multicelulares.



La nuez es globosa de color café, con canales longitudinales, de 2.2-3.7 cm de longitud, 2.2-3.6 cm de ancho, ligeramente rostrado.

La especie se localiza a una altura de 1,200 a 1,400 msnm, con un clima templado húmedo, semi-cálido húmedo, la temperatura media anual de 14° a 18°C, con un suelo profundo suelto y esponjoso.

## 6.2 Estudio fenológico

Para el estudio fenológico de *J. pyriformis* se seleccionaron 3 árboles con base en su madurez y accesibilidad, ubicados en un cafetal localizado en el km 7 de la carretera Coatepec-Xalapa, Veracruz, a una altitud de 1200 msnm, alrededor del área se encuentran fragmentos de BMM y áreas de cultivo de café y caña e infraestructura de carretera (Figura 3).

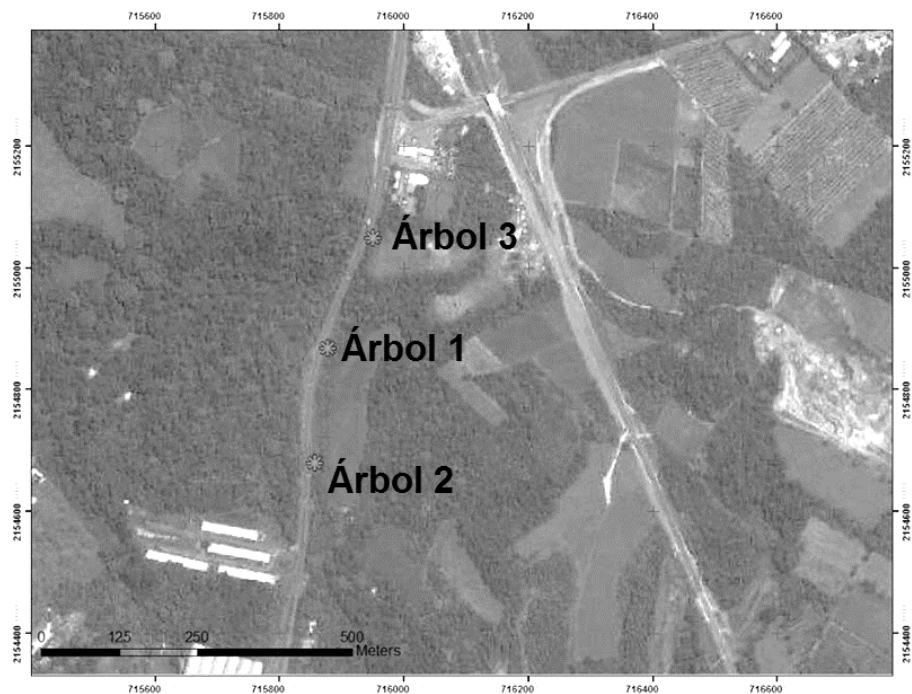


Figura 3. Panorámica de área y ubicación de los árboles monitoreados en el estudio fenológico en la carretera Coatepec-Xalapa.

El clima del municipio de Coatepec es semi-cálido húmedo, con una temperatura promedio de 19 °C., su precipitación pluvial media anual es de 1,926 mm, con lluvias abundantes en el verano (42%) y a principios del otoño (INEGI, 2009). Para los años en que se realizó el estudio 2013-2014, se obtuvieron los datos de temperatura y precipitación de la Estación Meteorológica de la Facultad de Instrumentación Electrónica y Ciencias Atmosféricas campus Xalapa de la UV (Figura 4).

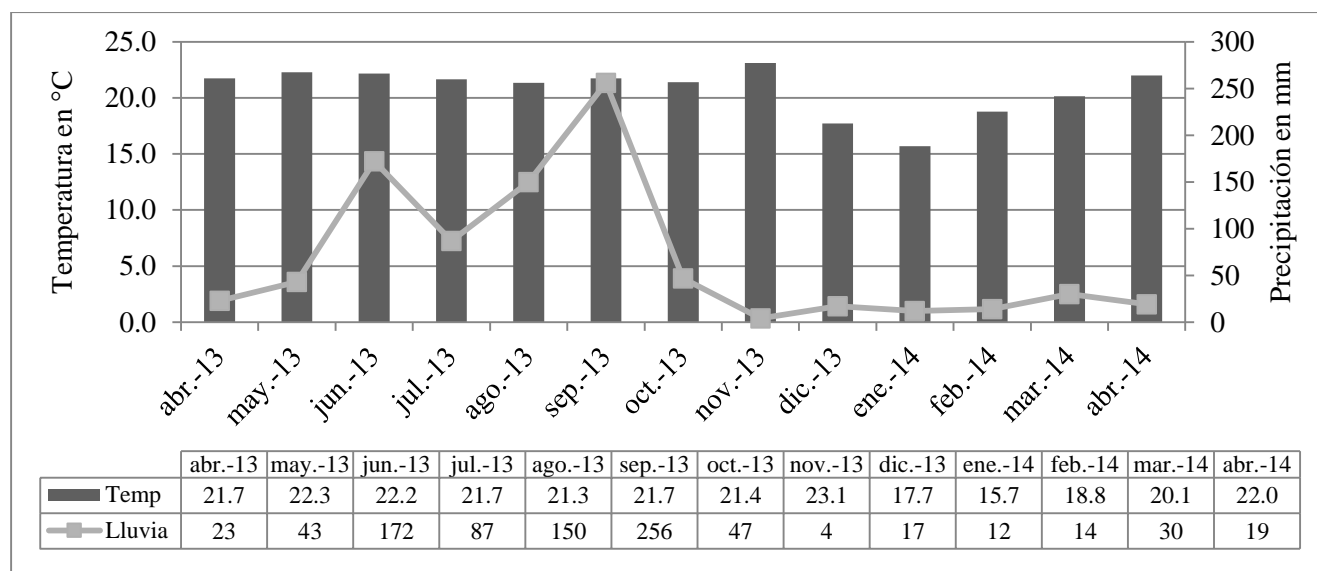


Figura 4. Precipitación y humedad del Municipio de Coatepec durante el periodo Abril 2013-Abril 2014.

En el cafetal se seleccionaron tres árboles maduros y accesibles (Figura 3) los cuales fueron monitoreados semanalmente de Abril del 2013 a Abril del 2014. El registro fenológico se definió en base al trabajo de Rodríguez y Muños (2009), modificado para el presente estudio (Tabla 2).

Para el registro del inicio y termino de las etapas fenológicas, de cada árbol se seleccionó una rama con numerosas ramificaciones (r): Árbol 1 = 10r, Árbol 2 = 18r, Árbol 3 = 15r, así mismo se tomó evidencia fotográfica con la cámara digital Panasonic SZ1® de las mismas. Para su seguimiento se gestionó la autorización del propietario del cafetal.

Las fenofases observadas fueron: Foliación, Floración femenina, Floración masculina y Fructificación

En cada ramificación se registró el desarrollo de las fenofases (etapas), que fueron definidas con base al trabajo de Rodríguez y Muñoz (2009) y modificadas para el presente estudio (Tabla 2).

Tabla 2. Fenofases y sus etapas de desarrollo adaptadas para el estudio de *J. pyriformis*.

Foliación		Floración femenina		Floración masculina		Fructificación	
Etap	Características	Etap	Características	Etap	Características	Etap	Características
FO1	Yemas cerradas	FF1	Yemas florales	FM1	Amentos masculinos visibles	FR1	Fruto inmaduro
FO2	Yemas en brote	FF2	Flores abiertas	FM2	Distinción de anteras-apertura	FR2	Fruto maduro
FO3	Yemas abiertas	FF3	Flores Fecundadas	FM3	Amentos secos y vacíos		
FO4	Hojas desplegándose	FF4	Frutos pequeños				
FO5	Hojas desplegadas	F5	Flores muertas				
FO6	Sin hojas						





Fuente: Rodríguez y Muñoz (2009)

### 6.3 Ensayo de beneficiado de los frutos de *J. pyriformis*

Para éste ensayo se recolectaron del suelo 400 frutos de *J. pyriformis* en la localidad de Coatepec Ver. Los criterios para su recolecta fueron: frutos de color verde, sin daños aparentes por insectos, o rajaduras por la caída. Fueron trasladados en bolsas de lona a la Facultad de Biología de la UV-campus Xalapa, donde se estableció el ensayo en el área aledaña a los laboratorios.

Para establecer el protocolo de beneficiado se probaron cuatro tratamientos en un lote de 100 frutos por tratamiento (Tabla 3).

Tabla 3. Tratamientos aplicados para el beneficiado de los frutos de *J. pyriformis*.





Clave	Tratamientos	
CA	En condiciones ambientales de temperatura y humedad bajo sombra, dispuestas en taras plásticas. Testigo.	
IA72	Inmersión por 72 hr. en agua, con cambios periódicos para mantenerla oxigenada.	
CT	Cubiertos con tierra negra, en condiciones ambientales de temperatura y humedad bajo sombra, dispuestas en taras plásticas*.	
CTP	Cubiertos con tierra y paja** en una proporción de 1:1, en condiciones ambientales de temperatura y humedad bajo sombra, dispuestas en taras plásticas*.	

\*Para mantener la humedad se roció con agua cada vez que fue necesario.

\*\*La paja, fue desinfectada por inmersión durante 24 hr en una disolución de agua oxigenada al 3%.

La variable respuesta fue tiempo de descomposición del mesocarpio se determinó cualitativamente, tomando en cuenta el color, consistencia y la sanidad de los frutos (Tabla 4). Se midió el tiempo que tardaron los frutos en alcanzar la fase cuatro de descomposición, lo cual indica que es posible la extracción de la semilla.

Tabla 4. Características cualitativas observadas en el fruto de *J. pyriformis* en cada fase de descomposición.

Variables	Fases de descomposición del fruto			
	1	2	3	4
Color	verde	café claro	café oscuro	negro
Consistencia	dura	ligeramente blanda	muy blanda	fofa
				

La tabla continúa en la siguiente página.





	limpias	Presencia de hongos	Presencia de larvas
Sanidad			

#### 6.4 Ensayo de almacenamiento de las semillas de *J. pyrifomis*

Se trabajó con un lote de 42kg de semilla beneficiada de cedro nogal procedente de la reserva Las Cañadas, Municipio de Huatusco, Veracruz. Las características iniciales de las semillas fueron: limpias, sanas y con 12% de contenido de humedad. Para ello, previo a la aplicación de los tratamientos, las semillas se limpiaron de forma manual por fricción bajo agua corriente, para eliminar los restos de pulpa. Posteriormente se les dio un baño de inmersión en una solución de captan 10g/L por media hora, para prevenir el ataque de hongos. Y finalmente se colocaron bajo sombra en condiciones ambientales en rejas de plástico negras (taras) para su secado hasta que alcanzaron el 12% de humedad, afín de evitar la formación de cristales a temperaturas bajas y consecuentemente la muerte de los embriones (Chin, 1998; Serrada, 2000). El contenido de humedad del lote de semillas fue monitoreado diariamente siguiendo la metodología reportada por Ceballos y López (2007). ver Anexo 2.

El 29 de octubre del 2013 se aplicaron los tratamientos de almacenamiento. El ensayo se montó en el laboratorio de Ecología Evolutiva de la Facultad de Biología, tuvo una duración de diez meses. El diseño experimental fue completamente al azar, con un total de 400 semillas por tratamiento (Tabla 5).

Tabla 5. Tratamientos de almacenamiento de semillas de *J. pyriformis*

Clave	Tratamientos	
CFH	Cámara fría en bote hermético a 4°C. Los botes donde se almacenaron las semillas se lavaron y secaron previamente evitando rastros de humedad. Se etiquetaron con fecha y tipo de tratamiento.	
CFA	Cámara fría en bote con aireación a 4°C. Los botes fueron perforados con clavos calientes por los costados para permitir el intercambio de gases. Posteriormente se lavaron, secaron y etiquetaron.	
EA	Capas en arena a temperatura ambiente bajo sombra. Se colocaron las semillas en arena previamente cernida y esterilizada a 15 libras por 15 minutos en autoclave (marca ®). Distribuidas en dos taras en capas.	
ACA	Almacenadas en sacos bajo condiciones de humedad y temperatura bajo sombra. La tabla continúa. Las semillas se almacenaron en un saco de rafia de polipropileno tejido y se dejó en el Laboratorio de E.E. Testigo.	

Al principio del ensayo (27 de octubre del 2013) se tomaron del lote 100 semillas al azar y se sembraron para tener un referente del porcentaje de germinación inicial. Las siguientes siembras se realizaron cada dos meses, previa determinación del contenido de humedad en dos semillas seleccionadas al azar por tratamiento (Ceballos y López, 2007. Anexo 2). El registro del número de semillas germinadas por siembra se llevó a cabo cada tres días por un periodo de cuatro meses.

El diseño experimental para la prueba de germinación fue completamente al azar con cuatro tratamientos, cuatro repeticiones por tratamiento, y una unidad experimental de 25 semillas. Las pruebas de germinación se establecieron en el vivero forestal de la Universidad Veracruzana ubicado en el interior del campus para la cultura, las artes y el deporte (USBI Región Xalapa), a una altitud de 1300 msnm las condiciones de siembra y cuidados culturales se describen a continuación:

La siembra se realizó bajo un sistema tecnificado en tubetes de plástico negro rígido con medidas de 16 cm de alto por 6.1 cm de diámetro y con capacidad de 300 ml, en charolas de germinación con capacidad de 54 tubetes.

El sustrato de siembra fue una mezcla de tierra/tepezil 1:1, el tepezil fue cernido obteniendo las piedras más finas de aproximadamente medio centímetro de diámetro y se combinó con la tierra utilizando una pala obteniendo una mezcla homogénea (Figura 5-a y b). Posteriormente se llenaron los tubetes con esta mezcla (Figura 5-c).

Para prevenir la contaminación de hongos antes de ser sembradas se mantuvieron sumergidas en una solución de captan (10g/L) (Figura 5-d). Las charolas de germinación se colocaron sobre las camas de fierro del vivero, enterrando la semilla a una profundidad similar a la de su altura (Figura 5-e). El cuidado cultural que se tuvo fue el riego hasta la saturación cada vez que fue necesario.



Figura 5. Proceso de siembra: a) mezclado de tierra; b) tierra mezclada; c) llenado de tubetes; d) desinfección de semillas en captan; e) plantación de semillas.

## 6.5 Análisis de datos

Con los datos de inicio y término de las etapas de cada fenofase se elaboró un calendario fenológico. Se describen las fenofases y se señala la condición climática (temperatura y precipitación), inicial de cada fenofase, obtenidas de la Estación Meteorológica Ambiental ubicada en la Facultad de Instrumentación Electrónica y Ciencias Atmosféricas de la UV campus Xalapa. Se presenta la evidencia fotográfica de las distintas etapas fenológicas.

Respecto al beneficiado de los frutos, se compara gráficamente el tiempo de descomposición del mesocarpio entre los tratamientos.

En cuanto al almacenamiento de las semillas se reporta el porcentaje de germinación (PG %) por tratamiento, obtenido con la siguiente fórmula:

$$PG\% = \frac{\text{semillas germinadas}}{\text{semillas sembradas}} * 100$$

Se realizaron gráficos de Series de Tiempo para analizar el comportamiento de la germinación y del contenido de humedad. Para explorar el efecto de cada tratamiento sobre el porcentaje de germinación se aplicó un ANOVA de una vía con el software Statistica v.7.0.

## **7. RESULTADOS**

### **7.1 Estudio fenológico**

El estudio fenológico de *J. pyriformis* se presenta teniendo como referencia de inicio el mes de Enero. De los tres individuos observados únicamente el árbol 2 presentó flores masculinas. El calendario fenológico que se muestra corresponde a este individuo (Tabla 6). Los calendarios fenológicos de los árboles uno y dos se presentan en el Anexo 1.

En el calendario fenológico, cada fenofase observada se distingue con un color y se señala la clave de la etapa correspondiente (Tabla 6). De manera general se observa que la foliación presenta dos periodos, el primero inicia la segunda quincena de enero y finaliza en mayo, la segunda inicia en junio y finaliza en diciembre, La floración femenina y masculina coincide en su aparición, la femenina inicia en febrero y es polinizada en abril, la masculina inicia en febrero y finaliza en marzo. El crecimiento de los frutos inicia en la segunda quincena de abril y finaliza en agosto y la maduración de los frutos comienza en septiembre y finaliza en octubre.



Tabla 6. Calendario fenológico del árbol 2 de *J. pyriformis* localizado sobre la carretera Xalapa-Coatepec.

Fenofase	Año - 2013/ 2014											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Foliación	FO6	FO2	FO4	FO5	FO5	FO1	FO2	FO3	FO4	FO5	FO5	FO6
	FO1	FO3			FO6							
Floración femenina		FF1	FF1	FF3	FF4	FF4	FF4	FF4				
			FF2	FF4								
Floración masculina		FM1	FM2									
		FM2	FM3									
Fructificación									FR1	FR2		



Figura 6. Etapas del desarrollo foliar.

En el inicio de la foliación aparecen las yemas cerradas en las cicatrices foliares de las ramas, estas son de color café pardo, posteriormente la yema se desarrolla, distinguiéndose la hoja de color verde grisáceo y pubescente, más tarde las hojas comienzan a abrirse de color verde claro, se diferencian los folíolos no desenvueltos y se aprecia el peciolo, seguidamente se observan las hojas desplegándose, se disponen de forma alterna e imparipinnadas, lanceoladas y aserruladas de color verde, el peciolo se alarga y se observa el raquis que sostiene las láminas foliares, continúa el desarrollo de las hojas y se aprecia cuando éstas se han desplegado, toman un color verde oscuro, los folíolos están completamente extendidos, el raquis y peciolo presentan tonalidades café claro, al final la hoja cae dejando una cicatriz en la rama (Figura 6). En el inicio de la primera foliación se presenta una temperatura de 15.6°C y una precipitación de 12mm y en la segunda una temperatura de 22.1°C y una precipitación de 172mm (Figura 4). La primera foliación duró cuatro meses y medio y la segunda foliación duró siete meses y medio (Tabla 6).

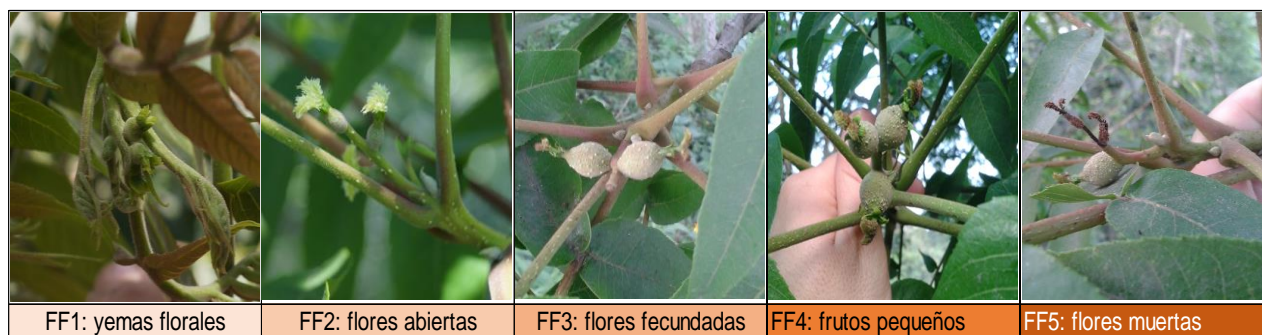


Figura 7. Etapas del desarrollo de flores femeninas.

Se forman las yemas florales dispuestas en los ápices de las ramas, unidas al tallo, de color grisáceo - verde claro, posteriormente las flores se disponen de forma alterna y libres, formando una espiga de tres flores, comienzan a abrir los estigmas plumosos de color amarillo con estilo bifurcado, el pedúnculo floral se alarga y presenta lenticelas, a continuación las flores son fecundadas, los estigmas comienzan a secarse y el ovario se ensancha y se le aprecian lenticelas, a esto le sigue el desarrollo de los ovarios, estos aumentan de tamaño, mantienen un color verde – grisáceo, con abundantes lenticelas verde claro, las flores que no fueron fecundadas se secan (Figura 7). El inicio de la floración femenina presenta una temperatura de 18.7 °C y una precipitación de 14mm (Figura 4), La floración tiene un periodo de dos meses y el crecimiento del fruto cinco meses (Tabla 6).

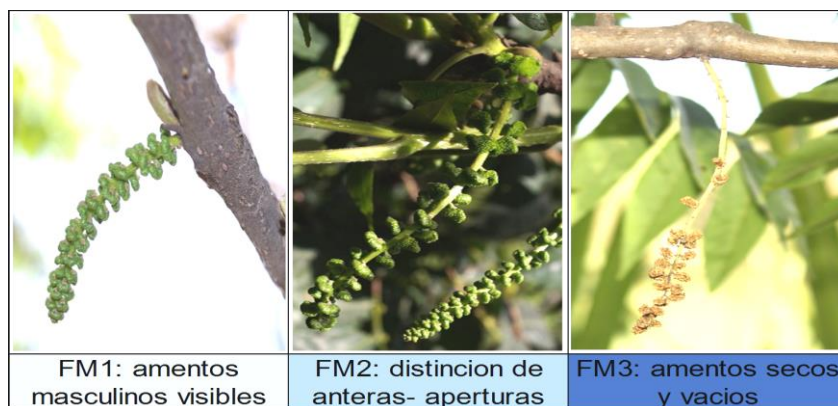


Figura 8. Etapas del desarrollo de las flores masculinas.

Los amentos masculinos aparecen en la cicatrices foliares, cerrados de color verde claro, el pedicelo, raquis y pedúnculo son muy cortos y la superficie estriada, posteriormente se aprecian los estambres de color verde, la distinción y apertura de anteras comienzan de forma centrípeta, el

pedúnculo y raquis se alargan, de color verde claro. Por último, los amentos ya liberaron el polen y están secos y vacíos, de color café (Figura 8). El inicio del periodo de floración presenta una temperatura de 18.7°C y una precipitación de 14mm (Figura 4), el periodo de floración masculina duró dos meses (Tabla 6).

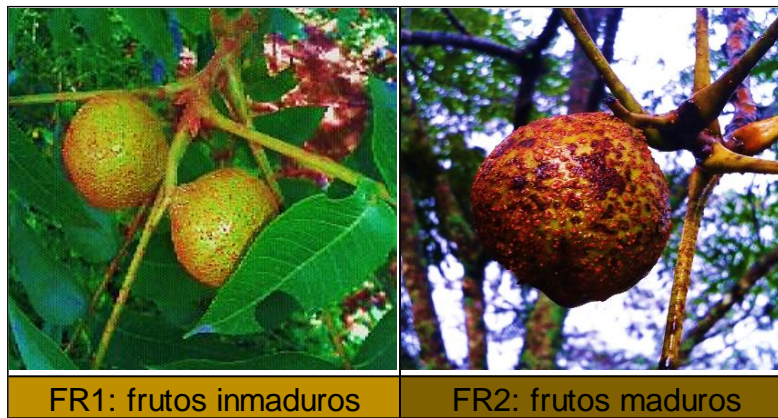


Figura 9. Etapas de maduración del fruto.

Los frutos ya desarrollados pero aún inmaduros presentan una forma esférica y de color verde claro con lenticelas marcadas de color café claro, posteriormente empiezan a madurar lo cual se manifiesta con un cambio de color, con manchas cafés y lenticelas café oscuro, el pedúnculo toma un color café claro para finalmente desprenderse de la rama (Figura 9). El inicio de la maduración de los frutos presenta una temperatura de 21.7 °C y una precipitación de 256mm (Figura 4), el periodo de fructificación duro dos meses (Tabla 6).

## 7.2 Beneficiado del fruto

Para el beneficiado de los frutos se observó que el tratamiento CA alcanzó la etapa cuatro de descomposición del mesocarpio al cuarto día. El despulpado de éstos se realizó fácilmente por fricción sólo agitándolos dentro de la tara en que se encontraban, por lo que se considera el más efectivo (Figura 10). Los frutos se apreciaban negros y fofos, la pulpa estaba deshidratada, se observó la presencia de larvas que no dañaron la testa, (Figura 11).

En el tratamiento IA72 los frutos no alcanzaron la etapa cuatro de descomposición del mesocarpio a las 72 horas que se había establecido. Se dejó por once días, algunos alcanzaron la etapa cuatro, los demás frutos no alcanzaron esta etapa. Se procedió a eliminar la pulpa, para lo cual fue necesario tallarlos en una superficie áspera, presionando con la suela de los zapatos, ya que el mesocarpio estaba aún adherido a la testa de la semilla (Figura 13). Los frutos se apreciaban de color café claro a café oscuro, la pulpa estaba ligeramente blanda a muy blanda, se observó una gran infestación por larvas (Figura 11).

En el tratamiento CT los frutos no alcanzaron la etapa cuatro de descomposición del mesocarpio. Para eliminar la pulpa al igual que con el tratamiento anterior, fue necesario tallarlos en una superficie áspera, presionando con la suela de los zapatos ya que el mesocarpio estaba aún adherido a la testa de la semilla (Figura 10). Los frutos se apreciaban de color café oscuro a negros, la pulpa estaba ligeramente blanda a muy blanda, se observó que los frutos estaban plagados de hongos (Figura 11).

En el tratamiento CTP los frutos alcanzaron la etapa tres de descomposición del mesocarpio. Para remover la pulpa fue necesario utilizar una navaja (Figura 10). Los frutos se apreciaban de un color café claro a café oscuro, la pulpa estaba ligeramente blanda a muy blanda, se observó que los frutos estaban infestados por hongos y larvas (Figura 11).

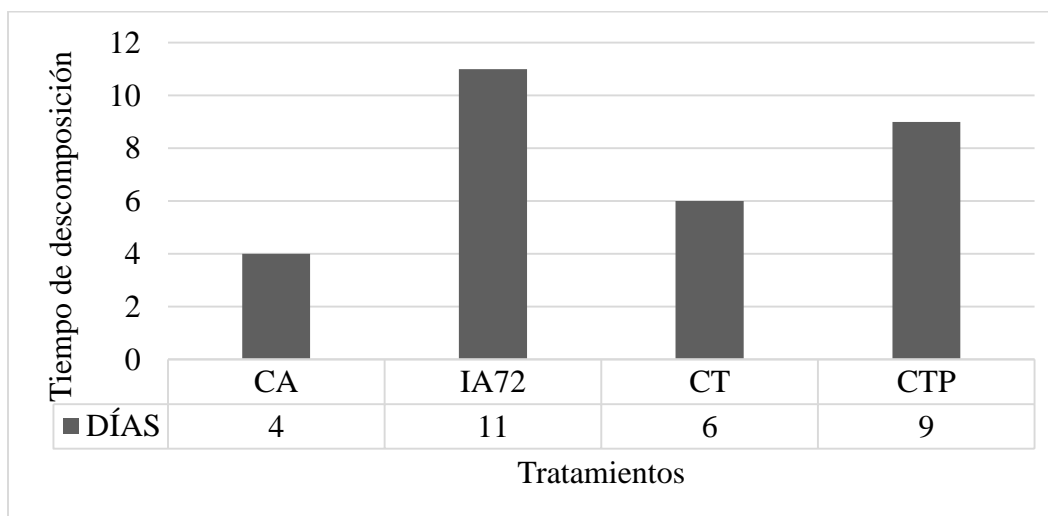


Figura 10. Tiempo de descomposición del mesocarpio por tratamiento.

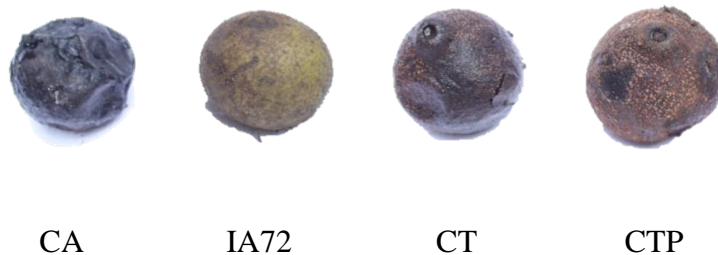


Figura 11. Condición de los frutos en cada tratamiento al finalizar el ensayo de beneficiado

### 7.3 Almacenamiento de semillas

Al inicio del ensayo el porcentaje de germinación (PG %) fue del 73% y se tomó como referente para cada uno de los tratamientos. Los porcentajes de germinación registrados marcan que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos. En la siembra del mes de febrero se obtuvo que  $F(3,12) = 0.4026$  y el valor ( $P > 0.75372$ ), en la siembra del mes de Abril se obtuvo que  $F(3,12) = 33.333$  y el valor ( $P < 0.000001$ ), para la siembra del mes de Junio el valor  $F(3,12) = 0.2846$  y el valor ( $P > 0.83556$ ) y finalmente para la siembra del mes de agosto se obtuvo que el valor  $F(3,12) = 0.8524$  y el valor ( $P > 0.49175$ ).

El tratamiento CFH en la segunda siembra difiere al resto de las medias de los otros tres tratamientos, esto se atribuye a la contaminación por hongos que mostraron las semillas, ya que presentaron escurrimiento de agua al interior del bote donde se encontraban almacenadas, debido a esto existe una diferencia significativa en este tratamiento. Por lo que se puede concluir que el porcentaje de germinación promedio es el mismo en cada uno de los tratamientos para cada siembra, con una confiabilidad del 95% (Figura 12).

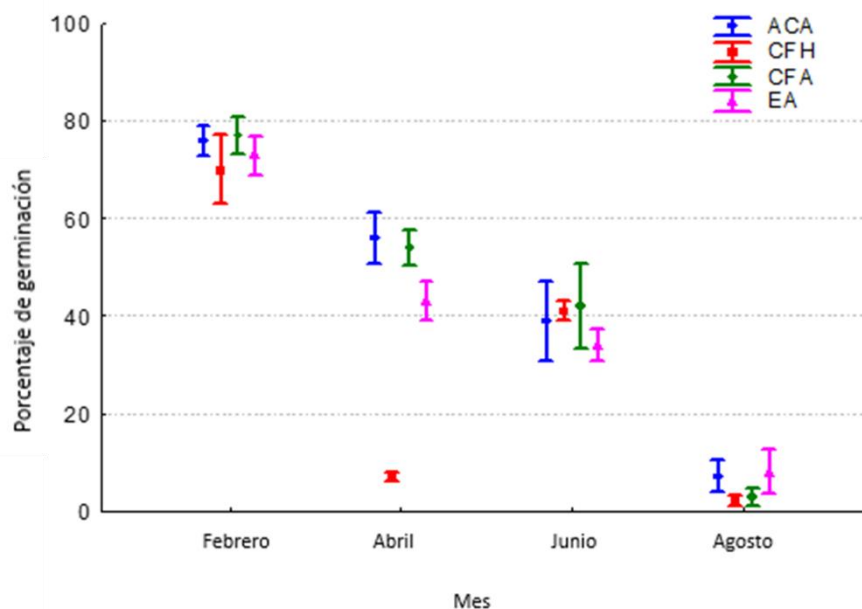


Figura 12. Distribución del porcentaje de germinación en cada siembra.

En todos los tratamientos es notable la disminución constante del PG% en el tiempo (Figura 12, 13).

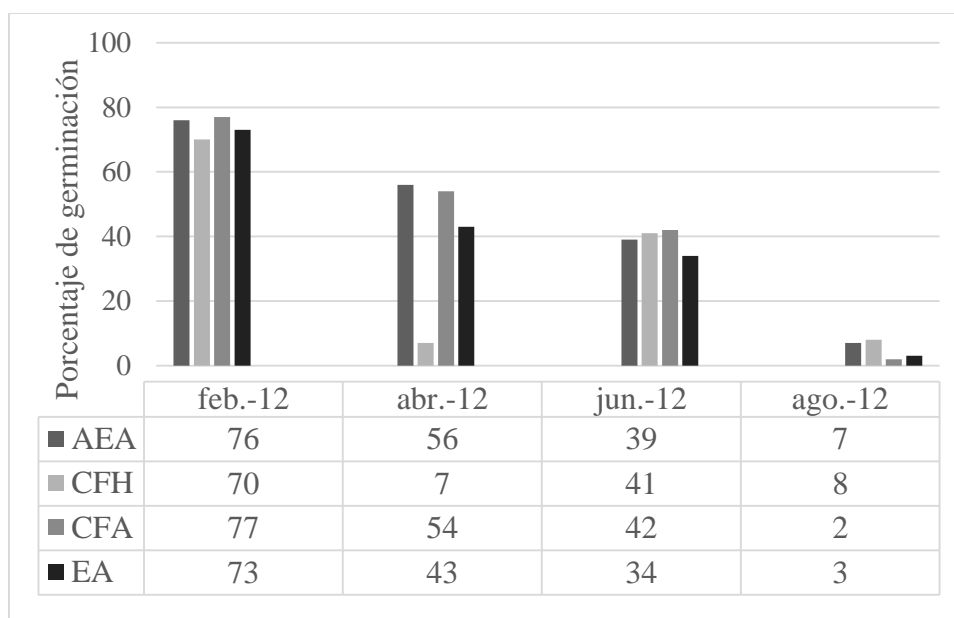


Figura 13. Comportamiento en el tiempo del porcentaje de germinación de las semillas de *J. pyriformis*.

Respecto al porcentaje de humedad (PH%), éste fue del 12% al momento de almacenar las semillas. En la primera siembra se elevó al 13%. En las siembras posteriores varió entre el 7% y

12%, mostrando el valor más elevado (15%) el tratamiento CFH en la tercera siembra (Figura 14).

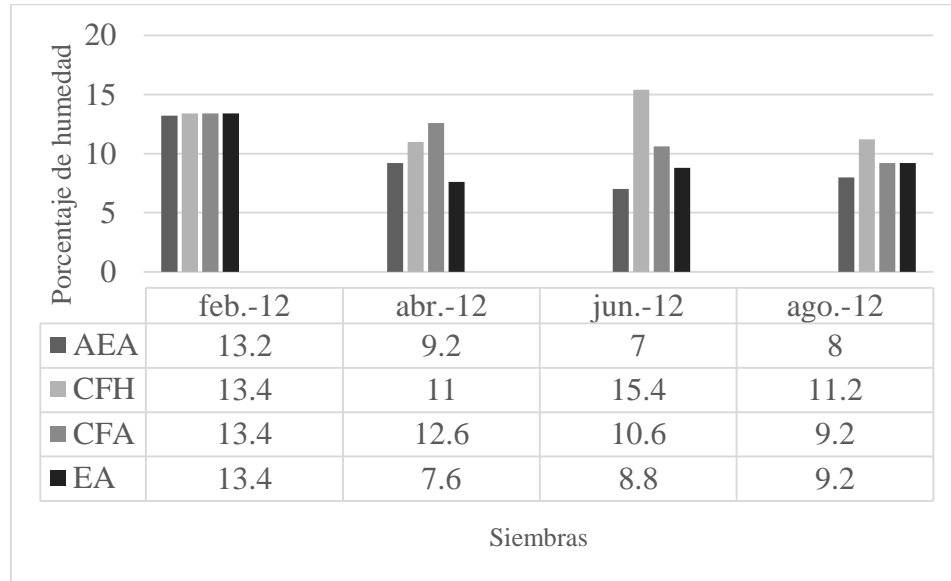


Figura 14. Comportamiento en el tiempo del porcentaje de humedad de las semillas almacenadas.

## 8. DISCUSIÓN

Referente a la **fenología** de la especie como antecedente para *J. pyriformis* L. se cuenta con la referencia de Narave (1983), quien menciona que el periodo de floración ocurre de febrero a marzo, sin embargo no se especifica si la floración es femenina o masculina. Niembro *et al.* (2010) reporta la fructificación entre agosto y septiembre. El conocimiento que aporta este trabajo es de gran relevancia, ya que es el primer estudio que da cuenta con mayor precisión del tiempo de ocurrencia de las distintas fases fenológicas de *J. pyriformis* L. en la localidad de Coatepec Ver.

Se conoce que esta especie es monoica, y presenta un cierto grado de dicogamia (Osuna, 1982; Germain *et al.*, 1999), y en los árboles que específicamente se observaron muestran un comportamiento de protoginia, ya que inició primero la floración masculina.

Respecto a *J. regia* variedad Serr que reporta Brauchi, (2003), dice que la floración masculina comienza y finaliza en septiembre y la femenina comienza su receptividad de septiembre a octubre. Por su parte, Martín (2012) y Rovira (1999) observaron que tres variedades *J. regia* L (Chandler, Frenette y Franquette) inician la floración masculina y femenina en el mes de abril y hasta principios de mayo según la variedad; la flor femenina dura de 15 a 20 días y la flor masculina de 8 a 14 días. Méndez (2000) reporta que para *Juglans neotropica* Diels., tanto la floración femenina como masculina inician en la temporada lluviosa sin especificar los meses. La fructificación de esta especie inicia en junio y finaliza en septiembre, y los frutos se pueden coleccionar en el mes de octubre. Lo anterior muestra que existe una diferencia en las fenofases de las especies y sus variedades, y que es de importancia conocer con más a detalle la ocurrencia de éstas. Según McGranahan y Forde (1985) se requieren más de 18 años de datos para tener una estabilidad predictiva en el calendario fenológico de cualquier especie.

Se puede apreciar que existe una diferencia en la ocurrencia de las fenofases y la duración de las mismas entre los individuos de *J. pyriformis* estudiados (Tabla 6, Anexo 1), lo que en parte refleja la variabilidad del ciclo reproductivo y en particular de los individuos de una población. Debido a esto se requiere profundizar en esta línea de investigación, ya que resulta importante tener conocimientos de las fenofases, enfocado en las poblaciones que se requieran manejar, A fin de tener una predictibilidad más exacta del momento en que se pueden recolectarse las semillas.

En el **ensayo de beneficiado** se tiene como referencia que para los frutos carnosos se necesita un proceso de maduración, para este se requiere que el mesocarpio se descomponga por medio de la fermentación, la adición de ácidos absicicos y la tensión del oxígeno (Favela *et al.*, 1989; Asenjo, s/a).

Como ya se conoce, el principal método de extracción es en inmersión con agua (Trujillo, 1995). En cuanto a *Juglans neotropica* Diels. Méndez (2000) indica que para beneficiar los frutos éstos deben amontonarse y cubrirse con paja húmeda y tierra por un lapso de 25 días aproximadamente, posteriormente se lavan y secan al sol por 2 días. Para *J. pyriformis* se señalan dos métodos de beneficiado (Niembro-Rocas *et al.*, 2010; Acosta, 2011) los cuales difieren del



que resultó ser el más eficiente en el presente trabajo para la eliminación del mesocarpio. Con el tratamiento CA sin la necesidad de un trabajo extra, en un lapso de cuatro días el fruto se observaba negro y fofo y la pulpa deshidratada, lo que facilitó la eliminación del mesocarpio por fricción de manera fácil con sólo agitarlos dentro de la tara en la que se beneficiaron. Como se observa los frutos carnosos de cada especie requieren condiciones específicas para su maduración y la descomposición del mesocarpio para obtener las semillas.

Para el **almacenamiento de las semillas** como señala Iriondo (2001), Magnitskiy y Plaza (2007) junto con Lobo y Medina (2009), el almacenamiento de semillas es una técnica necesaria para el establecimiento de bancos de germoplasma, Harrington (1965) menciona que este método es el más eficiente, económico, seguro, en el que las semillas permanecen viables por largo tiempo y expone que el principio de un buen almacenaje es manteniéndolas secas, enteras, sanas y sin impurezas. Pérez y Pita (2001) indican que hay muchos factores que inciden en la longevidad de la semilla almacenada, y el conocimiento de los métodos de almacenamiento varía de unas especies a otras.

Ceballos y López, (2008) y Piedrahita (2012) señalan que los factores críticos en el almacenamiento son la temperatura, porcentaje de humedad y tipo de almacenamiento. Martínez (2001) indica que la vida de la semilla se duplica por cada 5°C de disminución de temperatura y 1% de reducción en humedad, y que la elección del recipiente para almacenarlas es un aspecto crítico de la conservación, lo que no sucede con *J. pyriformis* ya que se pudo apreciar que estas semillas perdieron humedad y viabilidad consecutivamente durante el almacenamiento.

Reporta Méndez (2000) para *Juglans cinerea*, que las semillas almacenadas en botes herméticos en cámara fría a 3°C mantiene su viabilidad de 3 a 5 años, y para *J. neotropica* Diels. reporta que éstas pierden viabilidad rápidamente en condiciones ambientales. Para *J. pyriformis* Ortiz (2013) reporta un porcentaje de germinación de hasta el 75% cuando las semillas son sembradas después de su recolecta.

Indica Roberts (1973), Berjak y Pammenter (2008) junto con Vozzo (2010) que las semillas ortodoxas adquieren tolerancia a la deshidratación y pueden almacenarse bajo condiciones

específicas. Respecto a la semilla de *J. pyriformis* según Rojas (1995) y Gagliardi *et al.*, (2002) está catalogada como subortodoxa, por la gran cantidad de lípidos y su tolerancia a la desecación y que no pueden ser almacenadas por periodos muy largos. En el presente estudio obtenemos que las semillas sólo permanecieron viables por dos meses durante su almacenamiento, con valores por arriba del 70% de germinación. Para los siguientes meses, se comprobó una disminución constante de este parámetro, como sucede con las semillas recalcitrantes, las cuales son sensibles a la deshidratación y no pueden ser almacenadas como indica Roberts (1973), Berjak y Pammenter (2008) y Vozzo (2010). Por lo que se puede sugerir que las semillas de *J. pyriformis* L. no pertenecen a la clase de las subortodoxas, ya que muestran poca tolerancia a la desecación, podrían ser recalcitrantes.

## 9. CONCLUSIONES

En un año *J. pyriformis* presenta dos periodos de foliación, el primero duro cuatro meses y medio, el segundo duro siete meses y medio. La floración femenina y masculina inicia al mismo tiempo pero presenta cierto grado de protoginia. La primera dura tres meses y la segunda dos. El desarrollo y maduración de los frutos tarda aproximadamente seis meses. La fructificación es anual y asincrónica.

El mesocarpio de los frutos de *J. pyriformis* se descomponen y se seca más rápidamente dejando los frutos en condiciones ambientales bajo sombra y en recipientes aireados (CA). Con este método la semilla se obtiene fácilmente por fricción entre las mismas.

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de almacenamiento probados en las semillas de *J. pyriformis* L. Éstas no pueden ser almacenadas por más de dos meses ya que pierden su viabilidad rápidamente con el paso del tiempo, de acuerdo a éstos resultados podrían ser reclasificadas como recalcitrantes.

## 10. BIBLIOGRAFIA

- Acosta-Hernández, C. C. 2011. Diversidad y estructura genética poblacional de *Julans pyriformis* Liebmann. En dos localidades del centro del estado de Veracruz. Tesis de doctorado. Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada. Universidad Veracruzana.
- Aguilera E. C. 2012. Libro blanco de los recursos fitogenéticos con riesgo de erosión genética de interés para la agricultura y la alimentación en Andalucía/Sevilla. Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación: Dirección General de la Producción Agrícola y Ganadera. pp.204.
- Aguirre R. y Peske, S.T. 1988. Manual para el beneficio de semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- Alia-Tejacal I. Colinas-León M. T. Martínez-Damián M. T. Soto-Hernández M. R. 2002. Factores fisiológicos, bioquímicos y de calidad en frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* Jacq. h.e. Moore & Stearn) durante poscosecha. Revista Chapingo Serie Horticultura No.8 (2): pp. 263-281.
- Almería 2002. Almería Medio Ambiente, ALMEDIAM, El boletín independiente para la conservación y protección de la naturaleza almeriense. URL: <http://www.almediam.org/>. (consultado 5 de Noviembre de 2013).
- Arteaga L. 2007. Fenología y producción de semillas de especies arbóreas maderables en un bosque húmedo montano de Bolivia (PN ANMI Cotapata). Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental [Internet]. 2: 57-68. Fecha de acceso: 24 de noviembre de 2010. Disponible en: <http://www.cedsip.org/PDFs/ARTEAGA.pdf>.
- Arriaga M, V. Cervantes G. V. Vargas M, A. 1994. Manual de reforestación con especies nativas: colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas. SEDESOL. UNAM. México, DF México.
- Asenjo V. J., Morales M. L., Sainz U. R., Tapia H. L., s/a. Producción de alcoholes volátiles durante maduración de los frutos. pp 1-11.
- Baluarté Vásquez, J. R. 1995. Comportamiento fenológico preliminar de cuatro especies forestales de áreas inundables. Folia Amazónica, Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Iquitos, Perú. Vol. 7. pp. 205-217.
- Bello Gx, M. 1983. Estudio fenológico de cinco especies de Pinus en la región de Uruapan, Mich.(México) (Doctoral dissertation, Tesis profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México, DF pp 67).
- Benítez B. G. Pulido-Salas, T. P.; Equihua-Zamora, M. 2004. Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones. Instituto de Ecología A.C, SIGOLFO, CONAFOR. Xalapa, Veracruz, México. pp. 288.

- Berjak P., Pammenter, N. W. 2008. From Avicennia to Zizania: seed recalcitrance in perspective. *Annals of Botany*. Facultad de Ciencias Biológicas y de Conservación de la Universidad de KwaZulu-Natal, Durban, África del Sur. 101 No. 2, pp. 213-228.
- Brauchi U., y Paz, P. 2003. Caracterización del aborto de flores pistiladas en nogal (*Juglans regia*) cv. Serr y reducción mediante la remoción de inflorescencias masculinas.
- Bono Allain D., y Aletá Soler, N. 2009. Evaluación del comportamiento productivo de clones de *Juglans* sp. para la obtención de madera de calidad. In *Congresos Forestales*.
- Ceballos A. J., López, J. A. 2008. Conservación de la calidad de semillas forestales nativas en almacenamiento.
- Chin H. F., 1998. Recalcitrant seeds. A Status Reporte. IBPGR. Roma. Pp. 28.
- Chaine I. Beaubien E.G. 2001. Phenology is a major determinant of tree species range. *Ecol. Lett.* 4: pp500-510.
- Cornú G. J. D. 2014. Tratamientos pregerminativos en semillas de *Juglans pyriformis* Liebmann procedentes de Coacoatzintla, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología Universidad Veracruzana. Xalapa-Enríquez, Veracruz, México.
- CONAFOR. 2008. Expedientes de los proyectos autorizados por el PRODEPLAN 1997-2008. Gerencia Nacional de Plantaciones. PRODEPLAN. Comisión Nacional Forestal. México.
- Cull B W, 1985. Un enfoque de ciclo fenológico de investigación productividad de los cultivos de árboles. En *Seminario sobre Fisiología de la Productividad de Subtropical y Árbol Tropical Fruits* No. 175 pp. 151-156.
- Doria J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31 No. 1.
- Favela E., Huerta S., Roussos S., Olivares G., Nava G., Viniegra G. G., y Gutiérrez M., 1998. Producción de enzimas a partir de pulpa de café y su aplicación en el beneficio húmedo. Depto. Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapalapa. México DF.
- FAO, FLD, Bioversity International. 2007. Conservación y manejo de recursos genéticos forestales. Vol. 3: en plantaciones y bancos de germoplasma (ex situ). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia.
- FAO/IPGRI. 1994. Genebank Standards. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italia. International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Flores V. E. 1999. La Planta estructura y función, Volumen II.
- Gálvez R. C. s/a. Recolección y manejo de semillas forestales en Andalucía. Semillas silvestres, S. L. Laboratorio Agroalimentario de Córdoba. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.

- Gagliardi R. F.; Pacheco G. P.; Valls J. F. M. & E. Mansur. 2002. Germplasm preservation of wild *Arachis* species and axillary buds from in vitro plants. *Biologia Plantarum* No. 45 pp. 353-357.
- Gallo C. Craviotto, R. M. y Arango, M. R. 2006. Casete de Germinación y Sanidad de Semillas: Su uso en la Evaluación de la Calidad de Semillas de Soja. Manfredi: INTA. PRECOP, Disponible en: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/calidad/CaseteGerminacionSanidadSemillas-Soja.asp>. (Consultado el 5 de noviembre del 2014).
- García F. P. Javier G. Jesús M. Antoni M. Juan P. M. Anna T. Pilar V. Miguel V. Vicent C. María G. Hipólito M. 2001. Bases ecológicas para la recolección, almacenamiento y germinación de semillas de especies de uso forestal de la Comunidad Valenciana. Centro de Investigaciones sobre Desertificación. Institut Mediterrani d'Estudis Avançats. Valencia, España.
- Germain E. Prunet J. P. Garcia A. W. 1999. *Le noyer*. Ed. Ctifl. Paris. pp. 279.
- Gutiérrez C. L. y Dorantes L. J. 2004. Especies forestales de uso tradicional del estado de Veracruz. Potencialidades de especies con uso tradicional del estado de Veracruz, como opción para establecer plantaciones forestal es comerciales. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y Universidad Veracruzana (UV).consultado 17 de marzo 2014.
- González A. M. 2001. Morfología de plantas basculares Facultad de Ciencias Agrarias, Sgto. Cabral 2131, Botánica Morfológica, URL: <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema24/24-6fruto.htm#Drupa> (consultado 05 Noviembre del 2014).
- Morales O. E. Herrera T. L. 2009. CEDRO (*Cedrela odorata* L.) Protocolo para su colecta, beneficio y almacenaje. Comisión nacional forestal región XII península de Yucatán. Departamento de conservación y restauración de ecosistemas forestales. Programa de germoplasma forestal estado de Yucatán.
- Granados R. R., Sarabia R. A. A. 2013. Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4 (3), pp. 435-446.
- Hampton J. G. 2001. ¿Qué significa calidad de semillas? *Revista SEED News*. vol. 5, no. 5 Disponible en: [http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed55/artigocapa55\\_esp.shtml](http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed55/artigocapa55_esp.shtml). (Consultado el 5 de noviembre del 2014).
- Harrington J.F. 1965. New theories on the biochemistry of seed aging. *Agron. Abstr.*, Annual Meeting of the American Society of Agronomy. pp.41.
- Harrington J. F. 1972. Seed storage and longevity. *Seed biology*. New York and London, Academic press. pp. 145-245.
- Hernández A. C. C. 2011. Diversidad y estructura Genética Poblacional de *Juglans pyriformis* Liebmann en dos localidades del centro del estado de Veracruz. México: Universidad Veracruzana, Instituto de Biotecnología y Ecología aplicada.

- Hechavarría O. 1998. Aspectos metodológicos sobre la fenología de árboles forestales. Boletín de Mejoramiento genético y de semillas forestales del CATIE. No 20. pp. 15-18.
- Hechavarría Kindelan, D. C. O. 2012. Alteraciones en la época de recolección de frutos de especies forestales por aumento de temperatura en la zona montañosa de Topes de Collantes. Revista Forestal Baracoa, 31, 1.
- Inegi-SEMARNAP. 1997. Estadísticas del medio ambiente.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los estados unidos Mexicanos.
- Iriondo A. J. M. 2001, Conservación de germoplasma de especies raras y amenazadas. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. Prod. Prot. Veg. No. 16 pp. 5-24.
- IAGRICOLA 2013. Fenología: división del período vegetativo. Disponible en: [iagricola.blogspot.mx/2013/11/fenologia-division-del-periodo.html](http://iagricola.blogspot.mx/2013/11/fenologia-division-del-periodo.html). Información Agrícola (Consultado el 27 de noviembre del 2014).
- Jiménez M. J. s/a. CFGM trabajos forestales y de conservación medio natural agrotecnología (Botánica), pp. 1-10.
- Jorge J. Valdéz A. 2001. Conservación de semillas. Material de apoyo a la guía de extensión de técnicas apropiadas para pequeños productores. Proyecto de capacitación y extensión agropecuaria sostenible en áreas rurales de la republica de Panamá.
- Lobo A. M, Medina C. C. I. 2009. Conservación de recursos genéticos de la Agrobiodiversidad como apoyo al desarrollo de sistemas de producción sostenibles. Ciencia y Tecnología agropecuaria. Recursos Genéticos Vegetales. Vol 10. No.1. pp 33-42.
- López Ríos, G. 2009. Ecofisiología de árboles. Depto. publicaciones Universidad autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- Luna Vega M. I. 2003. *Juglans pyriformis*. Taxones del bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental incluidos en la norma oficial mexicana. Herbario FCME, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W025. México. D.F.
- Magnitskiy S. V., Plaza, G. A. 2007. Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles tropicales. Agronomía Colombiana. No. 251. pp 96-103.
- Martín H. I. 2012. Estrategias reproductivas de dos especies de frutos secos: almendro y nogal. Tesis de Doctorado en Biología. Universidad de Lleida. Lleida, España.
- Martínez I. M. 2001. Conservación de recursos fitogenéticos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaria General de Estructuras.

- Mantovani M., A. R. Ruschel, M. Sedrez dos Reis, A. Puchalski, R. O. Nodari. 2003. Fenología reproductiva de especies arbóreas en una formación secundaria da floresta Atlântica. *Rev. Árvore*. No. 27. pp 451-458.
- McGranahan G. H. y H.I. Forde. 1985. Relationship between clone age and selection trait expression in mature walnuts. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110: pp 692-696
- Méndez J. M. 2000. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. No. 41. CATIE.
- Mesén F. 1990. Clasificación de fuentes de producción de semillas forestales. CURSO NACIONAL SOBRE IDENTIFICACION, SELECCIÓN Y MANEJO DE RODALES SEMILLEROS, 93.
- Meza S. R. 2009. Guía para la colecta y beneficio de semilla de mezquite. Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias. Centro de investigación regional noroeste campo experimental todos santos La Paz, B.C.S., México. Folleto para Productores Núm. 2.
- Morellato L. P. C. 1991. Fenología de árboles, arbustos e lianas em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. Tese de doutorado, Universidade de Campinas, Campinas.
- Morellato L. P. C. y Leitão-Filho, H. F. 1992. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil* (L.P.C. Morellato, org.). Editora da Unicamp/Fapesp, Campinas, p. 112-140.
- Morellato L. P. C. Leitão-Filho, H. F. 1996. Reproductive phenology of climbers in a Southeastern Brazilian Forest. *Biotropica* 28: pp 180-191.
- Muncharaz P. M., 2001. El Nogal. Técnicas de cultivo para la producción frutal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 299 pp.
- Narave H. V. 1983. Juglandaceae. Flora de Veracruz. INIREB, Jalapa, Veracruz, México, Fascicle, 31, 30.
- Niembro Rocas, A. 1986. Árboles y Arbustos Útiles de México, Naturales e Introducidos. UACH-LIMUSA, México, DF.
- Niembro R. A., Vázquez T. M. y Sánchez S. O. 2010. Árboles de Veracruz. 100 especies para la reforestación estratégica, México: Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Educación del Estado de Veracruz, Comisión del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave para la conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución, Centro de Investigaciones Tropicales.
- Newstron L.E., Frankie, G.W., Baker, H.G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva. Costa Rica. *Biotropica*. No. 26 pp 141-159.
- Ochoa-Gaona, S., Pérez- Hernández I., De Jong H. J. B. 2008. Fenología reproductiva de las Especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. *Biol. Trop.* 56(2): pp 657-673.

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales. Estudio FAO Montes. Roma, Italia. pp 502.
- Ortiz M. E. 2013. Selección de árboles semilleros de *J. pyriformis* en las poblaciones Naturales de Coatepec y Coacoatzintla, Veracruz. México: Universidad Veracruzana, Facultad de Biología.
- Ospina C. M., Hernández R. J., Aristizabal F. A., Patiño J. N., Salazar J. W. 2003. El Cedro negro: Una especie promisoriosa de la zona cafetera Colombia. Boletín Técnico Cenicafe, 25 pp. 1-40.
- Osuna E. T. 1982. Estudio de la diferenciación floral y la expresión de la dicogamia en la variedad Fuerte de aguacate (*Persea americana* Mill.) en la región de Atlixco, Puebla (Doctoral dissertation, Tesis de Maestría en Ciencias. Especialista en Fruticultura. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx).
- Patiño V. F. 1973. Floración, fructificación y recolección de conos y aspectos sobre semillas de pinos mexicanos. SAG. Vol. X. Bosques y Fauna 10 (4): pp 20-30.
- Patiño V., F. 1975. Producción de semillas forestales. SAG. Vol. XII No. 4. pp 41-45.
- Pérez Camacho I., González-Hernández V. A., Ayala-Garay Ó. J., Carrillo Salazar J. A., Santos G. G. D. L., Peña Lomelí A., Cruz-Crespo E. 2012. Calidad fisiológica de semillas de *Physalis ixocarpa* en función de madurez a cosecha y condiciones de almacenamiento. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 3(1), pp 67-78.
- Pérez G. F., Martínez L. J. 1994. Introducción a la fisiología vegetal. Mundi Prensa Libros SA. Madrid, España.
- Pérez G. F., Pita V. J. M., 2002. Variabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas. Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Biología Vegetal. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Hojas Divulgadas. HD. Madrid. No. 2112.
- Piedrahita E. 2012. Efecto del almacenamiento sobre la viabilidad de la semilla del roble-tabebuia rosea (bertol). Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. Vol. 40, núm. 1.
- Prance G. T., 1997. The Conservation of Botanical Diversity. En: Plant Genetic Conservation. The In Situ Approach. Maxted, N., Ford-Lloyd, B.V., Hawkes, J.G., ed. Chapman & Hall, London, pp. 3-14.
- Preuhler T. A. Bastrup-Birk. E. Beuker. 2006. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests Part IX Phenological Observations. United Nations Economic Commission for Europe Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests. Consultada el 22 de agosto del 2006, (<http://www.metla.fi/eu/icp/phenology/manualpheno.pdf>).
- Rao N. K., Hanson J., Dulloo M. E., Ghosh K. 2007. Manual para el Manejo de Semillas en Bancos de Germoplasma. Manuales para Bancos de Germoplasma. No. 8. Bioversity International.



- Roberts E. H. 1973. La predicción de la vida útil de almacenamiento de las semillas. *Semillas de Ciencia y Tecnología*. No. 1. pp. 499-514.
- Rodríguez C. I., Muñoz de Morales B. 2009. Fenología de *Quercus ilex* L. y *Quercus suber* L. en una dehesa del centro peninsular. Madrid, Madrid: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal.
- Rojas R. F. 1995, Almacenamiento y Manejo de Contenido de Humedad en Semillas Forestales Tropicales: principios y procedimientos, paginas 57-66 in Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, editores. Curso regional sobre recolecta y procesamiento de semillas forestales. Turrialba, Costa Rica.
- Rojo C. 2005. Acondicionamiento osmótico de simientes de girasol (*Helianthus annuus* L.) para el avance de la germinación en siembras precoces para zonas áridas. (en línea) (Tesis de Doctorado). Madrid: Universidad Politécnica. (Consultado: 22/01/2009) Disponible en: <http://oa.upm.es/118/1/TesisCarlosRojo.pdf>.
- Rovira C. M. 1999. Biología floral y polinización en frutos secos y desecados. *Fruticultura profesional*. No. 104. pp 13-20.
- Sarukhán J., Soberón J., 2008. Capital natural de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación (SAGARPA) s/a. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres: Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la federación.
- Serrada R. 2000. Apuntes de Repoblaciones Forestales. FUCOVASA. Madrid.
- Solarte M. E., Insuasty O., Melgarejo L. M. 2010. Calendario fenológico de la guayaba en la hoya del Río Suárez (p 57-82).In: Morales A.L. y L.M. Melgarejo. (Eds.). Desarrollo de productos funcionales promisorios a partir de la guayaba (*Psidium guajava* L.) para el fortalecimiento de la cadena productiva. 125 pp. Bogotá. Colombia.
- Tangüler H. 2014. Traditional Turkish Fermented Cereal Based Products: Tarhana, Boza and Chickpea Bread. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 2(3).
- Torres-Rojo J. M. 2004. Informe Nacional México. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año, 2020.

- Trujillo E. 1995. Manejo de semillas forestales, Guía técnica para el extensionista forestal. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. Manual Técnico No. 17.
- Valera A. S., Arana V. 2011. Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. Serie técnica: “sistemas forestales integrados” sección: “silvicultura en vivero” INTAEEA Bariloche Cuadernillo N°3.
- Vázquez R. J. 2014. Fenología reproductiva de las comunidades vegetales del parque nacional cofre de perote, Veracruz, México. Tesis de Maestría en Ciencias de ecología forestal, Instituto de investigaciones forestales, Xalapa, Veracruz, México.
- Vásquez V. A. 2001. Silvicultura de plantaciones forestales en Colombia, Universidad del Tolima Facultad de Ingeniería Forestal.
- Villasana R. A. A., Suárez de Giménez A. 1997. Estudio fenológico de dieciséis especies forestales presentes en la reserva forestal IMATACA, Edo. Bolívar-Venezuela. Revista Forestal Venezolana No. 41-vol 1. URL: <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/24275>. (Consultado 05 de Noviembre de 2014).
- Vílchez A. B., Chazdon, R. L., Redondo B. Á. 2004. Fenología reproductiva de cinco especies forestales del Bosque Secundario Tropical. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, No. 2. pp 1-10.
- Villers L. Arizpe N., Orellana R., Conde C., Hernández J. 2009. Impactos del cambio climático en la floración y desarrollo del fruto del café en Veracruz, México. Interciencia 34 (5) pp. 322-329.
- Vozzo J. A. 2010. Manual de semillas de árboles tropicales. Departamento de agricultura de los Estados Unidos. Servicio Forestal. E. U. pp 143-155.
- Walter K. S., Gillett H. J. 1998. UICN Lista Roja de plantas amenazadas. UICN.
- Willan R. L. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales. Estudio FAO: Montes (FAO). no. 20-2.
- Williams-Linera G. 2007. El bosque de niebla del centro de Veracruz, ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático. CONABIO Instituto de Ecología A. C., Xalapa, Veracruz, México. 208 pp. Versión electrónica [Http://www.inecol.edu.mx/librobosquedeniebla.pdf](http://www.inecol.edu.mx/librobosquedeniebla.pdf).
- WWF. 2001. Ecoregions GIS database. <http://www.worldwildlife.org/science/data/terreco.cfm>. Downloaded 1 September 2001.

## ANEXOS

### Anexo 2.- Calendarios fenológicos de los árboles 1 y 3.

Tabla 7. Calendario fenológico del árbol 1 de *J. pyriformis*

FENOFASE	AÑO - 2013/ 2014											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Foliación	FO6	FO2	FO4	FO5	FO5	FO6	FO2	FO3	FO4	FO5	FO5	FO6
	FO1	FO3			FO6	FO1						
Floración femenina			FF1	FF3	FF4	FF4	FF4	FF4				
		FF1	FF2	FF4								
Floración masculina												
Fructificación									FR1	FR2		

Tabla 8. Calendario fenológico del árbol 3 de *J. pyriformis*

FENOFASE	AÑO - 2013/ 2014											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Foliación	FO6	FO1/FO2	FO4	FO5	FO5	FO5	FO5	FO6	FO2	FO4	FO5	FO6
	FO1	FO3						FO1	FO3	FO5		
Floración femenina		FF1	FF3	FF3	FF4	FF4	FF4	FF4				
		FF2		FF4								
Floración masculina												
Fructificación									FR1	FR2		

### Anexo 1.- Prueba de Contenido de Humedad

Para determinar el contenido de humedad y lograr el rango establecido, se trituraron dos semillas con un martillo (Figura 15a). Se colectaron 5g de las semillas molidas y se colocaron en una capsula de cerámica (Figura 15b), Ésta se pesó en una balanza analítica, éste se registró como peso húmedo (Ph), posteriormente se llevó a la estufa de laboratorio a una temperatura constante de  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante  $17 \pm 1$  horas (Figura 15c) a continuación se extrajo y nuevamente se pesó (Figura 15d), éste se registró como el peso seco (Ps), con estos datos se realizó una formula con los datos de peso de la capsula, la porción de semillas (5g), Ph. y Ps. (Ceballos y López, 2007).

Se calcula la humedad con la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{\text{Peso humedo}}{\text{Peso seco}} * 100$$



a



b



c



d

Figura 15. Proceso de la prueba de humedad