



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

**Efecto del polimorfismo seminal en la germinación  
de especies de la Sierra de Taxco-Huautla**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**B I Ó L O G A**

**P R E S E N T A**

**JESSICA ESTEFANÍA MARTÍNEZ FLORES**



Directora de tesis:  
**M. en C. Balbina Vázquez Benítez**  
CIUDAD DE MÉXICO      2017



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

“ZARAGOZA”

DIRECCIÓN

**JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
PRESENTE.**

Comunico a usted que la alumna **MARTÍNEZ FLORES JESSICA ESTEFANIA**, con número de cuenta **309283548**, de la carrera de Biología, se le ha fijado el día **05 de septiembre de 2017** a las **11:00 hrs.**, para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

- PRESIDENTE** Dr. CARLOS CASTILLEJOS CRUZ
- VOCAL** M. en C. BALBINA VÁZQUEZ BENÍTEZ
- SECRETARIO** Biól. JUAN ROMERO ARREDONDO
- SUPLENTE** Dra. ANA MARÍA SORIANO MARTÍNEZ
- SUPLENTE** Biól. LEONARDO ULISES GUZMÁN CRUZ



El título de la tesis que presenta es: **Efecto del polimorfismo seminal en la germinación de especies de la Sierra de Taxco-Huautla.**

Opción de titulación: Tesis.

Agradeceré por anticipado su aceptación y hago propia la ocasión para saludarle.

**ATENTAMENTE**  
**“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”**  
Ciudad de México, a 20 de junio de 2017

**DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NÚÑEZ**  
DIRECTOR

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA  
DIRECCIÓN

RECIBÍ  
OFICINA DE EXÁMENES  
PROFESIONALES Y DE GRADO

VO. BO.  
M. en C. ARMANDO CERVANTES SANDOVAL  
JEFE DE CARRERA



## AGRADECIMIENTOS

A la máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por implementar mi enseñanza, mis conocimientos, y en general mis habilidades como alumno y futuro profesionalista desde que entre en sus instalaciones, gracias al arduo trabajo de los profesores que he tenido desde que pise el primer aula de clases.

Al Programa de Becas para Proyectos de Investigación para la UNAM, Egresados de Alto Rendimiento, por el apoyo económico proporcionado para la elaboración de la presente tesis que lleva de título << Efecto del polimorfismo seminal en las especies de la Sierra de Taxco-Huautla>>.

A la Maestra en Ciencias Balbina Vázquez Benítez, al permitirme trabajar con ella, guiarme en todo momento para la elaboración de la tesis y por el tiempo en campo, en el invernadero, como en el salón de clases. Por compartir sus conocimientos con sus alumnos, con humildad, de lo más simple a lo más complejo, y ayudarme con todas las correcciones necesarias, para que este trabajo mejorara en calidad. Además de enseñarme que no es necesario hablar inadecuadamente para expresar inconformidades y que para obtener mejores resultados hay que dar un mayor esfuerzo.

Al Biólogo Ulises, por proporcionarme la ayuda en la elaboración la presente tesis, en compartirme parte de sus conocimientos sobre flora (muchas veces desde lo básico), como experiencias, consejos y ayudarme a resolver tantas dudas que tuve.

Al Doctor Carlos Castillejos Cruz y al Biólogo Juan Romero Arredondo, por enriquecer este trabajo con sus valiosas aportaciones, explicaciones y paciencia, Y a la Doctora Ana María Soriano Martínez por ayudarme en avanzar en mi proceso de titulación.



## DEDICATORIA

A Jehová por la vida que me ha permitido disfrutar hasta el día de hoy, por ser mi guía, mi protección, mi regocijo, mi todo, por permitirme saber que nunca estaré sola, aunque no haya alguien físicamente a mi lado, por enseñarme que el amor verdadero no necesita la presencia física para sentirlo.

A mi madre por el gran esfuerzo físico que ha hecho desde siempre, por nunca rendirse, por siempre sacar fuerzas de la nada, y continuar, por darnos lo mejor cada día, por dejar su juventud, su salud a un lado, y siempre mostrar tanta responsabilidad, y cambiar aunque de seguro es difícil ser madre joven, por esforzarse por cambiar tanto, y permitirnos tener muchos animales en la casa que también nos dejan un marca en el corazón al convivir con esos hermosos seres vivos, que siempre nos sorprenden.

A mi padre, porque se ha equivocado mucho, y aunque le cuesta trabajo ser diferente, se esfuerza poco a poco, también por enseñarme a defenderme, no dejarme de nadie y por enseñarme a ser fuerte.

A mi manitos Julio César Tadeo, mi hermano favorito, porque no tengo otro (tu sabes que es broma), gracias por revivir cada día esa parte joven que tengo, por darme tantos abrazos cada vez que lloro, por cuidarme y preocuparte tanto por mi cada vez que me duele algo, por aguantarme cuando estoy estresada, por ser tan lindo, cariñoso con todo ser vivo. Sé que es difícil para ti crecer, pero sólo te puedo decir que el esfuerzo vale la pena, y que tú que tienes la oportunidad de estudiar, ¡aprovéchala!

A mis abuelitos paternos: Catalina y Leandro, y maternos: Francisco e Imelda, por cuidarme con tanto cariño y entrega, a mi abuelita por criarme en el puesto, pese a los fríos, yo fui feliz, gracias por darme tu tiempo, tu cariño, tu amor, tus cuidados, tu protección en todo momento, los quiero mucho.

A Fernando Benjamín por enseñarme a ser independiente, por el cariño, querer, confianza, fidelidad, que me has brindado, por cantarme, por verme bonita, aún con moquitos en la nariz. A decir verdad, ha sido difícil el paso de los años, como este camino que has tomado, pero te sigues esforzando, me has aceptado, pese a que he ido cambiando, y soy tan impredecible como siempre. Tan solo quiero decirte que continúes día a día dando lo mejor de ti, no por nadie, simplemente porque eres capaz de hacerlo.



A mis tías: Mónica, Pati, Tabis; a mis primos tan divertidos: Monse, Jatzi, Enrique (Kikin: tú que siempre me animabas, al preguntarme:- ¿Cuándo te vas a titular?), Uri, Josesito, Dana, Zimri, Brigitte, y a toda mi familia, gracias por ser un apoyo incondicional, por sus sabios consejos, momentos de juego, tantos chistes y por hacer los momentos más gratos. A Julia Segura, gracias por escuchar mis dudas, inquietudes, problemas, y brindarme consejos con cariño y neutralidad.

A mis amigos que he hecho con el paso del tiempo: a Cecilia Itzel, Aurora, Uzziel, Pablo Gabriel Bautista, Lidia. A mis amigos de la universidad: a Luis Beto, Luis Badillo, Adson, Fer, Venus, Mariana, Jenni Vidal, Cecilia Chávez, Anita, Jessica Toscano, Erandy y Leticia (que nunca pude estar peleada contigo más de unas horas y siempre fuiste mi acompañante en campo, en mis lágrimas, sollozos...), por todos aquellos momentos en clases, en estrés, en campo, jugando, han sido para mí un gran apoyo, en mi crecimiento. También a mis amigos que hice en el servicio Social, Ninfa, José Luis y Jenni.

“Trabajando como lo hacía, más bien por amor a su arte que por enriquecerse...”  
(Arthur Conan Doyle)

“Y cuando la tormenta de arena haya pasado, tú no comprenderás cómo has logrado cruzarla con vida. ¡No! Ni siquiera estarás seguro de que la tormenta haya cesado de verdad. Pero una cosa sí quedará clara. Y es que la persona que surja de la tormenta no será la misma persona que penetró en ella.” (Kafka a la orilla del mar)

“Detrás de lo que creemos conocer de sobra se esconde una cantidad equivalente de desconocimiento. La comprensión no es más que un conjunto de equívocos...” (Sputnik, mi amor)



## Contenido

CONTENIDO DE CUADROS .....	v
CONTENIDO DE FIGURAS.....	vi
<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	3
Polimorfismo seminal.....	3
Estructuras de dispersión vegetal .....	7
Germinación .....	8
Latencia .....	9
Sierra de Taxco-Huautla.....	11
<b>HIPÓTESIS</b> .....	12
<b>OBJETIVOS</b> .....	12
Objetivos particulares .....	12
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	13
Área de estudio.....	13
Sitios de muestreo.....	13
Recolecta de material biológico.....	16
Caracterización cualitativa de la unidad de dispersión .....	17
Caracterización cuantitativa de la unidad de dispersión .....	17
Viabilidad .....	18
Germinación .....	18
Comprobación de latencia.....	20
<b>RESULTADOS</b> .....	20
Recolecta de material biológico.....	20
Caracterización cualitativa de la unidad de dispersión.....	21
Caracterización cuantitativa de la unidad de dispersión .....	25
Viabilidad .....	32
Germinación .....	37
Germinación del polimorfismo seminal cualitativo .....	37
Germinación del polimorfismo seminal cuantitativo.....	41
Comprobación de latencia seminal.....	46
<b>DISCUSIÓN</b> .....	47
<b>CONCLUSIONES</b> .....	53
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	54



## CONTENIDO DE CUADROS

	<b>Página</b>
Sitios de muestreo en la Sierra de Taxco-Huautla .....	<b>14</b>
Especies en relación con el tipo de hábito y vegetación en que se colectaron. BTC= bosque tropical caducifolio, BMM= bosque mesófilo de montaña, VAS= vegetación acuática y subacuática.....	<b>21</b>
Caracterización seminal de las especies colectadas.....	<b>22</b>
Polimorfismo seminal en forma .....	<b>23</b>
Polimorfismo seminal en color. ....	<b>24</b>
Estados de carácter para los rasgos cuantitativos obtenidos a partir del estimador de densidad de kernel gaussiano.....	<b>25</b>
Estados de carácter para tamaño en largo de la semilla obtenidos a partir de los estimadores de densidad por kernel gaussiano. ....	<b>27</b>
Estados de carácter para tamaño en ancho de la semilla obtenido a partir de los estimadores de densidad por kernel gaussiano. ....	<b>28</b>
Resumen de la presencia de polimorfismo en las especies colectadas. ....	<b>31</b>
Patrones de tinción para viabilidad en diferentes especies con polimorfismo en color.....	<b>33</b>
Patrones de tinción para viabilidad en diferentes especies con polimorfismo en tamaño.....	<b>35</b>





## CONTENIDO DE FIGURAS

### Página

Localización de los sitios de muestreo en una porción de la Sierra de Taxco-Huautla. ....	15
a) Recolecta, b) beneficio y c) resguardo de las unidades de dispersión de las especies <i>Stemmadenia pubescens</i> y <i>Porophyllum ruderale</i> var. <i>macrocephalum</i> . 16	
Semillas de a) <i>Taxodium mucronatum</i> y b) <i>Passiflora porphyretica</i> . ....	17
Prueba de germinación a) semillas de <i>Caesalpinia pulcherrima</i> ; b) aspecto de la prueba de germinación con repeticiones; c) semillas germinadas de <i>Indigofera suffruticosa</i> ; y d) semilla germinada de <i>Caesalpinia pulcherrima</i> . ....	19
Estimador de densidad por kernel gaussiano con amplitud de banda de 0.0319 y 0.0239 (mitad de los valores óptimos) para el largo y el ancho de la semilla de <i>Acaciella angustissima</i> . ....	25
Frecuencia de los estados de carácter para el largo y ancho de las semillas. Los colores de las barras indican la familia botánica. ....	30
Patrones de tinción en los embriones de: a) <i>Caesalpinia pulcherrima</i> (100%; 50% y sin coloración), b) <i>Hamelia patens</i> (100%, 50% y coloración pálida) y c) <i>Arisaema macrospatum</i> (100%, y sin coloración). ....	32
Patrones de tinción en a) <i>Porophyllum ruderale</i> var. <i>macrocephallum</i> (100% y coloración nula) y b) <i>Stemmadenia pubescens</i> (100%, 50% y coloración pálida). 34	
Germinación acumulada en <i>Stemmadenia pubescens</i> , <i>Arisaema macrospatum</i> , <i>Hamelia patens</i> , <i>Indigofera suffruticosa</i> y <i>Caesalpinia pulcherrima</i> . ....	39
Gráficos de cajas y bigote para la germinación de cuatro especies con polimorfismo en color ( <i>Arisaema macrospatum</i> , <i>Caesalpinia pulcherrima</i> , <i>Hamelia patens</i> y <i>Stemmadenia pubescens</i> ). ....	40
Germinación acumulada en <i>Acaciella angustissima</i> (ancho y largo), <i>Indigofera suffruticosa</i> , <i>Passiflora porphyretica</i> , <i>Stemmadenia pubescens</i> , <i>Sida rhombifolia</i> y <i>Senna uniflora</i> , indicando los dos intervalos en tamaño. ....	43
Gráficos de cajas y bigote para la germinación de tres especies con polimorfismo en tamaño ( <i>Passiflora porphyretica</i> , <i>Porophyllum ruderale</i> var. <i>macrocephallum</i> y <i>Stemmadenia pubescens</i> ). ....	45
Germinación acumulada con pre tratamiento germinativo en <i>Acaciella angustissima</i> en ancho y largo. ....	46
Gráficos de cajas y bigote para la germinación con tratamiento pregerminativo en <i>Acaciella angustissima</i> (ancho y largo seminal). ....	47



## RESUMEN

El polimorfismo o heteromorfismo seminal es el atributo que tienen determinadas especies vegetales de producir diásporas o semillas con variaciones en forma, tamaño, color o estructuras externas que pueden impactar en los procesos de dispersión, latencia, germinación o desarrollo plántular. La variación puede abarcar hasta un 50% en una especie y está condicionado genéticamente. Su estudio se ha enfocado particularmente en el efecto en la germinación. El objetivo de este estudio fue identificar la presencia de polimorfismo seminal en especies de la Sierra de Taxco-Huautla, y posteriormente determinar su relación con la germinación. La colecta de diásporas y semillas se realizó en la época de secas, en frutos maduros de tres ejemplares por especie. Las estructuras colectadas fueron beneficiadas de acuerdo a las características de dehiscencia o indehiscencia del fruto. La caracterización seminal cualitativa se realizó por inspección visual y los caracteres cuantitativos se establecieron mediante el estimador de densidad de kernel (*EDK's*). La identificación de polimorfismo, se determinó con la presencia de dos o más estados de carácter. Las especies polimórficas se agruparon en categorías de color y de tamaño que fueron sometidas a pruebas de viabilidad bioquímica y de germinación, también se comprobó la existencia de latencia. Las diferencias en la prueba de germinación fueron evaluadas mediante la Prueba *W* de Mann Whitney y *t* de *student*. Se colectó un total de 18 especies, todas las especies presentan polimorfismo en tamaño seminal y 10 de ellas presentan polimorfismo en color o forma. La viabilidad fue menor en *Passiflora porphyretica* y *Stemmadenia pubescens* entre 50 y 55%, y mayor en *Acaciella angustissima*, *Arisaema macrospatum*, *Porophyllum ruderale* y *Sida rhombifolia* con 100%. Las especies con latencia fueron *Acaciella angustissima*, *Indigofera suffruticosa*, *Sida rhombifolia* y *Senna uniflora*. Se registraron diferencias estadísticamente significativas en la germinación con relación al color en *Stemmadenia pubescens*. Las semillas oscuras tuvieron un menor porcentaje de germinación, posiblemente debido a que el color pardo oscuro está relacionado con la presencia de antocianinas, glúcidos, taninos condensados o flavonoides que suelen funcionar como inhibidores o retardadores germinativos. Aunque también se relaciona con una mayor madurez y una alta germinación como en *Hamelia patens* y *Caesalpinia pulcherrima*. En *Arisaema macrospatum*, el polimorfismo en color no influye en la germinación. En *Acacia angustissima*, *Porophyllum ruderale* var. *macrocephallum* y *Passiflora porphyretica*, el mayor tamaño se relacionó con una germinación alta, posiblemente por una mayor cantidad de reservas, aunque las semillas pequeñas de *Stemmadenia pubescens*, poseen la capacidad de poder germinar en menor tiempo por una rápida imbibición. Por tal razón la variación del tamaño o color en las especies estudiadas no siempre se relaciona con la germinación ya que este proceso depende de varios factores intrínsecos como ambientales.



## INTRODUCCIÓN

El polimorfismo o también conocido como heteromorfismo seminal es la producción de semillas o diásporas por parte de una especie que difieren en color, tamaño, forma, y estructuras externas que pueden intervenir en los procesos de dispersión, latencia, germinación o desarrollo plántular (Marañón, 1987; Ortiz, 1992; Luzuriaga *et al.*, 2005; Wei *et al.*, 2007; Baskin & Baskin, 2014). El polimorfismo seminal suele ser resultado de la variación floral que a su vez está condicionado genéticamente (Sánchez-Rendón *et al.*, 1997; Sánchez-Rendón *et al.*, 2002).

La interacción del desarrollo vegetal con el ambiente, específicamente con factores como la nutrición mineral, la calidad y cantidad de luz afecta la morfología de las semillas (Tenorio-Galindo *et al.*, 2008). Los factores ambientales promueven respuestas diferenciales en los procesos fisiológicos y pueden modular la respuesta de diversas proteínas transcritas, dando como resultado variaciones en rasgos morfológicos de las semillas. Las variaciones en semillas o frutos favorecen la exploración de diversas condiciones ecológicas e incrementa las posibilidades de establecimiento (Luzuriaga *et al.*, 2005), ya sea porque estos rasgos se relacionan directamente con la dispersión de las semillas y/o frutos, o con la capacidad de escapar a la depredación (Sánchez-Rendón *et al.*, 1997).

El polimorfismo explica mecanismos de adaptación en las estrategias de vida en las plantas (Wei *et al.*, 2007), debido a que las variaciones en la morfología y fisiología seminal, presentan altas implicaciones adaptativas, para su supervivencia, determinadas por el genotipo y el ambiente parental en el que se desarrollan. El heteromorfismo seminal podría variar hasta en un 50% en una sola especie (Tenorio-Galindo *et al.*, 2008), e influir en el grado de latencia de las semillas, en la formación de banco de semillas, y sobre todo en la tasa de germinación (Luzuriaga *et al.*, 2005), en esta última de una manera positiva (Sánchez-Rendón *et al.*, 2002). Esto es de suma importancia pues la germinación, es el proceso primordial para el establecimiento de las plantas (Doria, 2010).

El heteromorfismo seminal es frecuente en especies que crecen en hábitats muy alterados por la acción humana y especies anuales que habitan en ambientes impredecibles o sujetos a cambios abióticos continuos (Sánchez-Rendón *et al.*, 2002; Luzuriaga *et al.*, 2005; Wei *et al.*, 2007); constituye un mecanismo



importante en el establecimiento y regeneración de las especies (Sánchez-Rendón *et al.*, 1997; Granados & López, 2001; Castillo *et al.*, 2002; Smith *et al.*, 2010; Rubio-Licona *et al.*, 2011). Por lo cual es necesario estudiar la posible relación existente entre las características externas de las diásporas o semillas, como el tamaño, el peso, el color, la forma, o las variaciones en el tamaño del embrión o de las reservas nutricionales en relación con la capacidad germinativa. Debido a que aproximadamente el 95% de mortalidad vegetal ocurre durante las etapas de germinación y desarrollo plántular (Granados & López, 2001), se requiere conocer el papel que tienen las variaciones morfológicas de las semillas en la germinación. La aplicación de esta información es esencial en los programas de reforestación en especial con especies nativas (Smith *et al.*, 2010).

## MARCO TEÓRICO

### Polimorfismo seminal

El polimorfismo seminal puede operar de manera diferencial en la germinación (Smith *et al.*, 2010) y en el desarrollo plántular, al proporcionar de manera distinta los nutrientes necesarios para el desarrollo de estos procesos en ambientes cambiantes y en situaciones de alta densidad de plántulas, que promueven la competencia intraespecífica y se produzca altas tasas de mortalidad (Marañón, 1987; Sánchez-Rendón *et al.*, 2002). En la naturaleza es frecuente observar heteromorfismo críptico u oculto, donde la forma y la germinación cambian de manera gradual dentro del fruto por las diferentes condiciones nutrimentales ya sea entre frutos que están en diferentes ramas, o en distintos microambientes (Sánchez-Rendón *et al.*, 2002).

El polimorfismo seminal se relaciona con la sinapospemia, que es la facultad de dispersar diferentes semillas en la misma diáspora (Marañón, 1987). Este proceso es frecuente en especies que crecen en ambientes abiertos (especies pioneras) o con alguna restricción severa de alguna condición ambiental que afecte el desarrollo vegetal. Generalmente, las especies pioneras, producen semillas de talla menor que favorecen su establecimiento, en contraste con aquellas plantas no pioneras que crecen en sitios sombreados y desarrollan semillas de mayor talla (Dalling, 2002; Sánchez-Rendón *et al.*, 2013). Estas



variaciones en el tamaño seminal, se observan dentro de la planta, más que en las poblaciones, aunque sin duda las variaciones entre poblaciones son respuesta de la diferencia en microambientes, de la genética, o por el tamaño de la planta con relación a las diásporas (Garrido *et al.*, 2005).

Tenorio-Galindo *et al.* (2008) indicaron que las semillas grandes de *Cecropia obtusifolia* germinan en mayor cantidad y vigor que las semillas pequeñas, al contener las primeras, altas concentraciones de nitrógeno, fósforo, potasio y carbono (Sánchez-Rendón *et al.*, 2002; Venudevan & Srimathi, 2013), esta condición nutrimental permite producir plántulas con una alta tolerancia a condiciones de estrés. Sin embargo las plántulas de semillas pequeñas tienen una alta producción de biomasa y velocidad de crecimiento en sitios donde los recursos son limitados (Sánchez-Rendón *et al.*, 2013).

Las semillas de tamaño pequeño tienden a desarrollar plántulas más sensibles a condiciones desfavorables, y una forma de compensar esa vulnerabilidad es aumentar la probabilidad de establecimiento al ampliar la producción seminal, o contar con una alta dispersión, o un rápido desarrollo (Granados & López, 2001). Los embriones con cotiledones fotosintéticos facilitan que la plántula tenga una alta tasa de crecimiento (Dalling, 2002; Sánchez-Rendón *et al.*, 2013).

Garrido *et al.*, (2005) señalaron que *Helleborus foetidus* presenta altas variaciones en el tamaño de sus semillas, que se ven afectadas por la cantidad de recursos que llegan a las flores debido a su posición en la planta. Asimismo, los autores encontraron que a nivel de carpelo, existe repartición diferencial de recursos que son canalizados a la formación de semillas. Así, el peso de las semillas se ve afectado cuando aumentan en número. A nivel de población, la variabilidad en el tamaño seminal se debe a los procesos de polinización y del microambiente en cada planta.

En ocasiones, la variabilidad seminal se debe a las condiciones ambientales en que se desarrolla la planta, por ejemplo, en zonas de sequía, la capacidad de retención de humedad en el suelo, es el factor determinante en el tamaño seminal (Granados & López, 2001). Aunque Dalling (2002) indica que si existe escasez de algún recurso, la planta madre tiende a sacrificar la cantidad de semillas, antes que el tamaño.



El tamaño seminal es un factor del que depende la colonización de los claros en el bosque o la sobrevivencia en los sitios con sombra (Núñez-Farfán, 1985), pero también se relaciona con la cantidad y calidad de reservas alimenticias que el embrión dispone (Castillo *et al.*, 2002). La producción de diásporas de diferentes tamaños en una planta varía hasta en dieciséis veces sin afectar la viabilidad (Dalling, 2002). La variabilidad en el tamaño de las diásporas, se ha estudiado en diferentes especies, por ejemplo en encinos que después de la germinación, las plántulas incrementan su tamaño debido a los nutrimentos contenidos en los cotiledones y les confiere una ventaja para establecerse en condiciones de estrés ambiental (Rubio-Licona *et al.*, 2011).

Granados y López (2001), señalan que el tamaño de las diásporas se relaciona con la dispersión en tiempo y espacio. En primera instancia las semillas de tamaño menor son capaces de dispersarse en tiempo, al tener mecanismos eficientes para mantenerse en reposo, formando bancos de semillas en el suelo y protegerse por una cubierta seminal dura.

Marañón (1987) mencionó que el dimorfismo en tamaño de *Aegilops neglecta*, le confiere una ventaja en la germinación a las semillas grandes, al germinar primero y producir nuevas plántulas, en cambio las diásporas chicas, que permanecen enterradas, germinan en el siguiente ciclo, sirviendo así de reserva en el suelo. Si las condiciones de producción son escasas en el siguiente ciclo, le permitirá a la especie recuperar la población con el reservorio contenido en el suelo.

Sánchez-Rendón *et al.*, (1997) señalaron que existe una diversidad de comportamiento germinativo asociado al heteromorfismo en tamaño de las semillas de *Mastichodendron foetidissimum* que le permiten sobrevivir y adaptarse en ambientes cambiantes, en donde las semillas con mayor peso y un mejor estado nutricional, tienen un porcentaje de germinación superior. Lo mismo sucede con *Calophyllum pinetorum*, cuyas semillas grandes germinan en menor tiempo y producen plántulas más vigorosas, en cambio las semillas pequeñas germinan en condiciones más favorables y se extienden en el tiempo o espacio debido a su germinación tardía (Sánchez-Rendón *et al.*, 2002). La germinación de semillas grandes del doble de tamaño que las semillas pequeñas de *Cecropia obtusifolia* presentaron un mayor alargamiento en las plántulas, con mayores



probabilidades de sobrevivir y emerger desde mayores profundidades en el suelo (Tenorio-Galindo *et al.*, 2008).

Huerta-Paniagua y Rodríguez-Trejo (2011) concluyeron que las semillas grandes de *Quercus rugosa* poseen un mayor porcentaje y velocidad germinativa en comparación con las medianas y chicas, aunque destacan que no en todos los ambientes las semillas de mayor talla germinan en menor tiempo, ya que en zonas áridas las semillas chicas de *Astrophytum myriostigma* germinan con mayor rapidez, lo que podría estar relacionado con la capacidad de absorber agua, en estos ambientes limitados de humedad o bien ser una estrategia de las semillas grandes de permanecer por varios años en el banco de semillas.

Valadez-Gutiérrez *et al.* (2011) encontraron que en los primeros híbridos experimentales de sorgo (*Sorghum bicolor*) adaptadas a los Valles Altos Centrales de México, tenían una lenta emergencia plántular, debido al tamaño pequeño de las semillas. Pero mediante cruza, se obtuvieron semillas grandes que mostraron una rápida emergencia plántular.

El polimorfismo en color, también puede influir en la capacidad germinativa (Tenorio-Galindo *et al.*, 2008), por los componentes fenólicos presentes en la cubierta seminal, y por el contenido y distribución de otros pigmentos. La cantidad y presencia de glúcidos, taninos condensados y flavonoides que le confieren un color a la cubierta seminal también influyen en la germinación de forma individual o conjunta. Las coloraciones pardo oscuras a negras de la cubierta seminal están asociadas con mayores concentraciones de taninos y flavonoides que dificultan la germinación (Doucet & Cavers, 1997). Doucet & Cavers (1997) señalaron que las semillas de colores pálidos, son las primeras en germinar. De esta forma las variaciones en color de la cubierta seminal, se interpretan como una estrategia para producir semillas que puedan germinar en un intervalo más amplio de condiciones ambientales (Tenorio-Galindo *et al.*, 2008). Los mismos autores mencionan que las semillas de *Cirsium vulgare* varían en el color seminal, desde color blanco, pálido, intermedio, oscuro y totalmente oscuro, y la respuesta germinativa fue mayor en las semillas claras en comparación con las semillas oscuras.

Smith *et al.*, (2010), señalaron que *Ormosia* produce semillas bicolors (rojas y negras) y rojas como una estrategia ecológica o adaptativa, únicamente



las semillas bicolors son tóxicas y no son atacadas por depredadores. Asimismo, estos autores indicaron que en *Platylobium formosum*, las semillas de color negro presentan mayor latencia que las de color anaranjado. Boyle & Hladun (2005) evaluaron el efecto del color en semillas de *Baptisia australis* sobre la germinación, encontraron que las semillas claras con mayor tamaño presentaban mayor latencia a diferencia de las semillas oscuras. Marañón (1987) encontró que en *Aegilopsis neglecta*, las diásporas grandes y claras, germinaron rápidamente, a diferencia de las diásporas pequeñas y oscuras, que germinaron lentamente.

Tenorio-Galindo *et al.* (2008) encontraron que el color de la testa en *Cecropia obtusifolia* influye de manera positiva en el germinación en distintos ambientes. En ambientes con altas temperaturas las semillas chicas de color pardo oscuro presentan mayor germinación, en ambientes cálidos la germinación es mayor con las semillas grandes de color pardo claro y en ambientes templados la germinación se favorece por las semillas grandes de color pardo oscuro. Los mismos autores mencionan que en *Atriplex inflata*, las semillas claras no necesitan algún tratamiento pregerminativo, en comparación con las de color oscuro. Asimismo Brittan (1971) mostró que en *Thysanotus tuberosus*, la diferencia en el color seminal entre negro y marrón se debe a un adelgazamiento de la testa y este polimorfismo no produce diferencias germinativas.

### **Estructuras de dispersión vegetal**

La diáspora hace referencia no solamente a las unidades constituidas por un embrión y estructuras derivadas del ovario o del óvulo sino también alude a todas las unidades de diseminación, como frutos enteros (indehiscentes), infrutescencias, lomentos, fragmentos de frutos o propágulos vegetativos que pueden desplazarse para que la planta llegue a nuevos sitios, lejos de la planta madre (propagación) (Granados & López, 2001; Castillo *et al.*, 2002). El término diáspora proviene del griego *diaspeiro*, que significa diseminar. También se utilizan expresiones como gémulo, propágulo, mígrulo o cora (Castillo, 1995) para hacer referencia a la estructura que acompaña al embrión o embriones, que la planta utiliza para dispersarse (González, 2009; Rodríguez *et al.*, 2009). La diáspora posee una serie de características morfológicas que acompañan al síndrome de dispersión y determinan el tipo de agente dispersor. El tipo de





dispersión constituye un proceso que relaciona a las diásporas con la germinación y el establecimiento de las plantas (Castillo, 1995). Martínez *et al.* (2009), mencionan que las diásporas son el conjunto de frutos y semillas, resultados de la reproducción sexual en angiospermas y gimnospermas. Se componen por la semilla y el embrión, en el interior de un fruto o no, y algunas veces incluye partes modificadas del perianto.

Otras unidades de dispersión que también funcionan como unidades de diseminación, germinación y de latencia, son semillas botánicas constituidas por un embrión diferenciado a partir del desarrollo del cigoto, sustancias de reserva o tejido de almacenamiento que se producen por lo general de la división de la célula inicial del endospermo o desarrollo de la nucela y una cubierta seminal coloquialmente llamada testa que se origina a partir de los tegumentos del óvulo (Cronquist, 1971).

La semilla botánica como unidad de dispersión se define como un ovulo maduro fecundado. Su principal función es resguardar la información genética diferente del nuevo esporofito y para ello cuenta con una cubierta seminal que protege al embrión (Castillo *et al.*, 2002; Rodríguez *et al.*, 2009; Rubio-Licona *et al.*, 2011), de patógenos o depredadores diversos, así como de las condiciones desecantes del medio ambiente (Castillo *et al.*, 2002; Dalling, 2002).

La unidad seminal es la fase más relevante en el ciclo de vida para las plantas vasculares superiores (Smith *et al.*, 2010) terrestres y acuáticas, al renovar y regular la dinámica poblacional de los vegetales.

### **Germinación**

La germinación es primordial para la continuidad y presencia de las comunidades vegetales. Cuando las diásporas llegan a sitios adecuados, germinan y si las condiciones del ambiente lo permiten, se desarrollan las siguientes etapas de crecimiento y la planta se establece (Castillo *et al.*, 2002).

La germinación se define, como la reanudación del crecimiento del embrión, paralizado en las últimas fases de maduración de la semilla (Doria, 2010). El periodo comprendido entre la germinación y el desarrollo plantular, es el más vulnerable y el que genera una mayor mortalidad (Granados & López, 2001). El proceso de germinación está regulado internamente por la madurez y viabilidad



del embrión y externamente por la humedad, temperatura, luz y concentración de oxígeno del ambiente (Doria, 2010; Smith *et al.*, 2010; Barragán, 2016).

En la germinación es posible distinguir las siguientes etapas. *La imbibición*, seguida por la *activación metabólica* en la que se produce la síntesis proteica y la activación de respiración mitocondrial. Posteriormente la *preparación para el alargamiento celular* donde se completa la actividad mitocondrial y la síntesis proteica, ocurre una hidrólisis de proteínas que se almacenaran, se agranda el sistema vascular, entre otros procesos, y por último la *emergencia radicular* en la que se acidifica la pared celular (Smith *et al.*, 2010), y se produce la elongación celular que rompe la cubierta seminal y emerge la radícula (Doria, 2010).

El proceso germinativo se puede retardar por una baja capacidad de absorción de agua por parte de la semilla, inmadurez fisiológica del embrión y la presencia de factores químicos que controlan de manera endógena la germinación (Dalling, 2002).

### **Latencia**

Cuando la semilla o diáspora es dispersada puede encontrarse en dos estados denominados quiescencia (endolatenia) o latencia (ectolatenia), que dependen de las características del ambiente o de la diáspora misma. Las semillas en estado quiescente germinan cuando las condiciones del ambiente son apropiadas para que se lleve a cabo este proceso. En cambio en la latencia, las semillas no germinan a pesar de contar con una amplia humedad externa, temperatura dentro del rango asociado con el proceso fisiológico (10 a 30° C), condiciones atmosféricas propias de suelo con buena aeración o simplemente en la superficie de suelo, luz y oxígeno necesarios para la germinación, sino que dependen de factores relacionados con la estructura de la semillas, como cubiertas duras o impermeables al agua y gases o condiciones de inmadurez del embrión, sustancias inhibitoras de la germinación (Bonner & Galston, 1967; Salisbury & Ross, 1994; Castillo *et al.*, 2002; Doria, 2010), o una cubierta seminal resistente mecánicamente a la expansión del embrión, o a los cambios fisiológicos en un embrión desarrollado (maduración posterior) (Cronquist, 1971).

A menudo los inhibidores en las semillas impiden la germinación por lo que se deben lavar, para eliminarlos. Los inhibidores se relacionan con complejos de



cianuro, sustancias liberadas de amoníaco o aceites de mostaza, o con otros compuestos orgánicos que contienen lactonas no saturadas, ácidos orgánicos, alcaloides, aceites esenciales y compuestos fenólicos. En el caso del ácido abscísico (ABA), que está presente en las semillas con latencia, desaparece antes de que se interrumpa dicha latencia (Salisbury & Ross, 1994). El papel que posee la fitohormona ABA incrementa durante la formación de las semillas, y funciona como un estimulante y productor de proteínas de reservas germinales, y al mismo tiempo evita que la germinación se produzca prematuramente (Evert, 2008).

El letargo o latencia seminal se considera como un reajuste de la planta hacia el ambiente, para garantizar que la germinación se lleve a cabo cuando las condiciones externas sean aptas tanto para el crecimiento como para el establecimiento de la plántula (Bonner & Galston, 1967). La latencia es un mecanismo que regula la germinación y es común en especies pioneras (Núñez-Farfán, 1985). La latencia contribuye a la formación de bancos de semillas, aunque la permanencia en el estado de latencia y posteriormente la germinación, dependerá de la viabilidad que tengan (Castillo *et al.*, 2002).

De acuerdo con Castillo *et al.* (2002), se puede distinguir diferentes tipos de latencia, que deben ser eliminados para que inicie la germinación, entre ellos se encuentra la latencia *primaria* que se caracteriza por la presencia de una cubierta seminal impermeable al agua, que debe ser lixiviada o perforada; la latencia *química* donde existen sustancias inhibitoras de la germinación; la latencia *morfológica* presente cuando el embrión no se ha formado por completo; la latencia *fisiológica* en la que además de tener una cubierta seminal permeable a los gases, hay bloqueos metabólicos en el embrión; y la latencia *secundaria* que es cuando se prolonga la latencia fisiológica o el estado de quiescencia, por enterramiento sin que la semilla reciba algún estímulo para germinar.

Nikolaeva en 1977, citado en Baskin & Baskin, 1998, divide a la latencia en endógena, que a su vez incluye a la latencia fisiológica, morfológica y morfofisiológica, y la latencia exógena, que comprende a la latencia física, química y mecánica.

La latencia se puede romper con diversos tratamientos que emulan las condiciones de dispersión de las semillas. En los casos donde la cubierta seminal es gruesa, se requieren procesos que la ablanden, rompan o debiliten. Entre los



tratamientos más frecuentes para romper la latencia se encuentra la escarificación y remojo de la cubierta seminal, la hidrólisis con ácido clorhídrico o sulfúrico concentrado, la estratificación en cálido o en frío y la aplicación de hormonas vegetales (Doria, 2010; Smith *et al.*, 2010; Baskin & Baskin, 1998).

### **Sierra de Taxco-Huautla**

La Sierra de Taxco-Huautla está constituida por la Sierra de Taxco, considerada como un área natural protegida (ANP) de carácter estatal y por la Sierra de Huautla, esta última decretada como Reserva de la Biosfera (REBIOSH), en 1999 en el Diario Oficial de la Federación, debido a la relevancia de la biodiversidad de la región y sobre todo para proteger los últimos reductos de la selva baja caducifolia (DOF, 2007).

La Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), ha catalogado a la Sierra de Taxco-Huautla como una Región Terrestre Prioritaria (RTP 120). Esta región tiene una alta integridad ecológica y funcional con una marcada riqueza específica en plantas, en las que destacan los copales, copalillo, amate amarillo, palo zopilote y el órgano de mezcala; y en animales, como la guacamaya verde, escorpiones, leoncillo, además de una marcada riqueza de mariposas (Arriaga *et al.*, 2000). Se han registrado 63 especies de anfibios, 66 especies de mamíferos, ocho especies de peces y 108 de aves (DOF, 2007).

La Sierra de Taxco-Huautla presenta una alta diversidad ecosistémica, en donde el 41% de la vegetación corresponde a la selva baja caducifolia, seguida de un 33% por bosque de encino, también existe vegetación de pino, pino-encino, parches pequeños de mesófilo y zacatonal alpino (Arriaga *et al.*, 2000). Estos ecosistema brindan a los habitantes del sur y del sureste del estado de Morelos, norte de Guerrero y de la cuenca de los ríos Mexcala y Balsas servicios ambientales, desde las aguas de uso potable o agrícola provenientes de los escurrimientos subterráneos y superficiales (DOF, 2007). El agua para riego es especialmente importante ya que el 16% de uso de suelo corresponde a la agricultura (Arriaga *et al.*, 2000).



## **HIPÓTESIS**

Si las semillas presentan polimorfismo en tamaño, se espera que las más grandes tengan un mayor porcentaje de germinación que las semillas de menor tamaño, al contar las primeras con mayor cantidad de nutrimentos almacenados en las sustancias de reserva o en el embrión.

Si las semillas presentan polimorfismo en color se espera obtener menores porcentajes de germinación en las semillas de colores oscuros en relación con las semillas de colores claros, debido a que los colores oscuros están relacionados con la presencia y mayores concentraciones de flavonoides, pigmentos, taninos y glúcidos frecuentemente relacionados con la inhibición de la germinación.

## **OBJETIVOS**

Determinar si las especies colectadas en la Sierra de Taxco-Huautla, presentan polimorfismo seminal.

Establecer mediante un análisis estadístico, si existe relación entre el polimorfismo seminal y la respuesta germinativa en las especies polimórficas.

### **Objetivos particulares**

Caracterizar morfológicamente las diásporas o semillas colectadas en la Sierra de Taxco-Huautla.

Identificar la presencia de polimorfismo seminal en las especies.

Determinar la viabilidad de las semillas o diásporas recolectadas que presenten polimorfismo.

Comprobar la presencia de latencia en las especies polimórficas.

Establecer la posible relación del polimorfismo seminal con la capacidad germinativa.



## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio se encuentra en una porción de la Sierra de Taxco-Huautla, la cual se localiza en una latitud N de 18°18'32" a 18°52'21", con una longitud W de 98°48'49" a 100°09'00" (Arriaga *et al.*, 2000). La colecta del material biológico se llevó a cabo en la parte norte del estado de Guerrero, en los municipios de Taxco de Alarcón y Pilcaya (Figura 1). La zona Norte del estado de Guerrero presenta un clima semicálido, subhúmedo con lluvias en verano, poca oscilación térmica y canícula. El tipo de vegetación varía del bosque tropical caducifolio, bosque de coníferas, bosque mesófilo de montaña, algunas proporciones de bosque de galería, y en mayor parte el bosque de *Quercus* asociado con coníferas (Martínez *et al.*, 2004).

El municipio de Taxco de Alarcón, presenta un clima templado subhúmedo a semicálido subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2009a). Martínez *et al.* (2004), reportan para la Sierra de Taxco cinco tipos de vegetación, bosque tropical caducifolio, bosque de galería, bosque de *Quercus*, bosque de coníferas y bosque mesófilo de montaña. El municipio de Pilcaya presenta un clima semicálido subhúmedo, a cálido subhúmedo (INEGI, 2009 b).

### Sitios de muestreo

La colecta de material biológico se realizó en siete sitios (cuadro 1 y figura 1), cuatro en el municipio de Taxco de Alarcón y tres en el municipio de Pilcaya. En Taxco de Alarcón, las localidades muestreadas fueron *Agua Escondida*, en las coordenadas 18°35'12"N, 99°39'21" W, a una altitud 2406 m con vegetación de bosque de *Quercus*-coníferas; *La Cascada de Cacalotenango*, en las coordenadas 18° 33' 26" N, 99° 39' 33" W, a una altitud de 1945 m con vegetación de bosque mesófilo de montaña; *Las Granadas*, a 10 km de la localidad Casino de la Unión, se encuentra en las coordenadas: 18° 34' 30" N, 99° 30' 36" W, altitud de 1334 m y con vegetación de bosque tropical caducifolio; y por último *Los Cajones*, en las coordenadas 18° 34' 57" N y 99° 38' 24" W, altitud 2370 m y vegetación de bosque de *Quercus*-coníferas.

En el segundo municipio se muestreó en las localidades *entronque a Piedras Negras, del camino nuevo Tetipac-Pilcaya*, en las coordenadas 18°42'55"



N, 99° 39' 10" W, altitud de 1372 m, y vegetación de bosque tropical caducifolio; la localidad 5 km de Cacahuamilpa, Carretera MEX. 55 Toluca-Cacahuamilpa-Taxco, a 18° 41' 20" N, 99° 31' 29" W, altitud de 1450 m y vegetación de bosque tropical caducifolio; y el Camino viejo de Tetipac a Pilcaya, carretera de la desviación a El Despoblado, 18°42'54" N, 99° 40' 27" W, altitud de 1360 m, y vegetación de bosque de galería.

Para determinar el tipo de vegetación de cada localidad se estableció de acuerdo a la composición florística de la zona, con base a Rzedowski (2006). En total se distinguieron los siguientes cuatro tipos de vegetación: bosque tropical caducifolio, bosque mesófilo de montaña, vegetación acuática y subacuática (bosque de galería) y bosque de Quercus-coníferas. Martínez *et al.* (2004), reportan para su zona de estudio que la Sierra de Taxco, predomina el bosque de *Quercus* asociado con coníferas, pero también es posible encontrar bosque tropical caducifolio, bosque de coníferas, bosque mesófilo de montaña, y algunos manchones de bosque de galería.

Cuadro 1. Sitios de muestreo en la Sierra de Taxco-Huautla

Número de localidad	Localidad	Municipio
1	Agua Escondida	Taxco de Alarcón
2	La Cascada de Cacalotenango	
3	Las Granadas	
4	Los Cajones	
5	entronque a Piedras Negras, del camino nuevo Tetipac-Pilcaya	Pilcaya
6	5 km de Cacahuamilpa, carretera MEX. 55 Toluca-Cacahuamilpa-Taxco. Entre Cacahuamilpa y Piedras Negras	
7	camino viejo de Tetipac a Pilcaya, carretera de la desviación a El Despoblado	

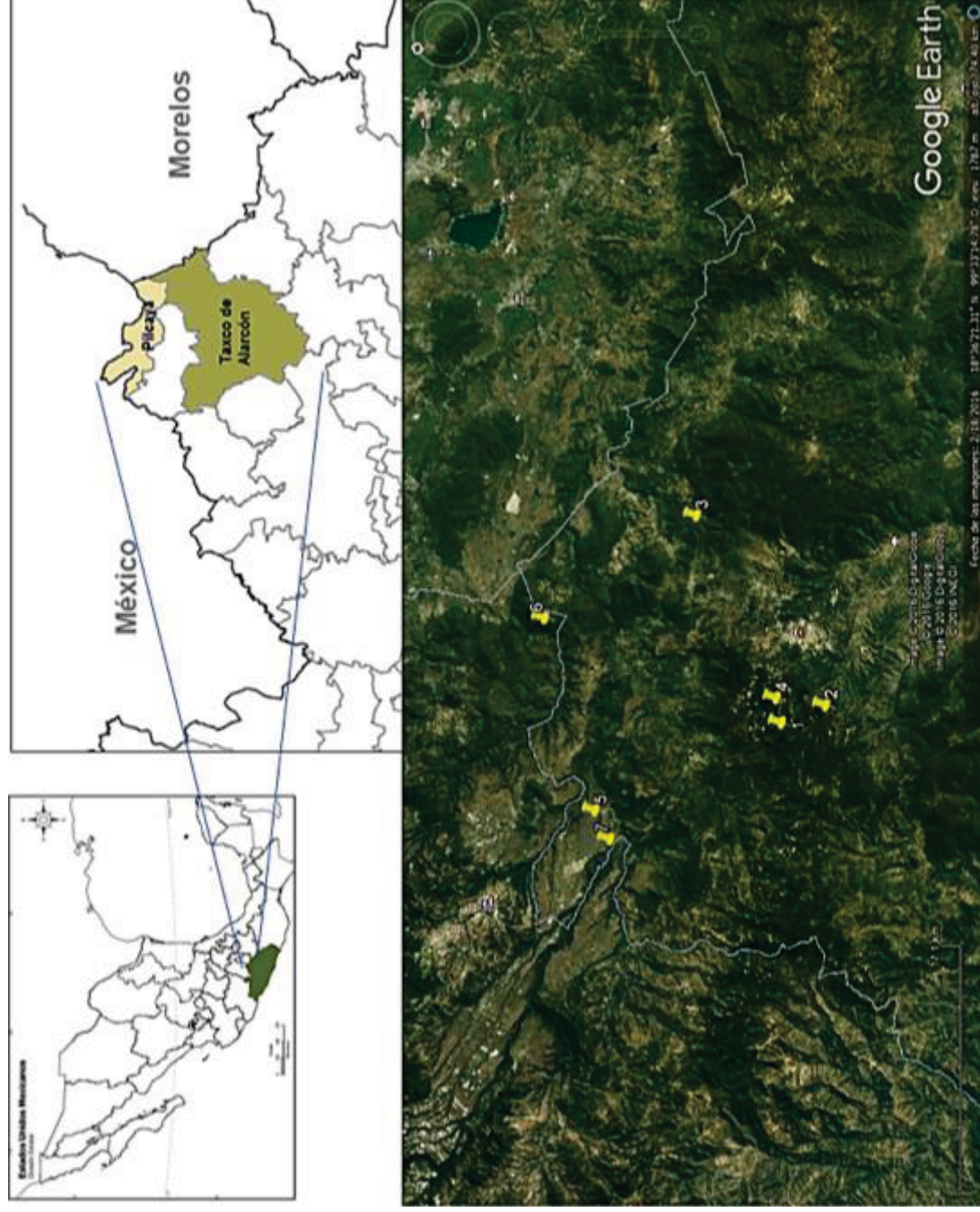


Figura 1. Localización de los sitios de muestreo en una porción de la Sierra de Taxco-Huautla.



## Recolecta de material biológico

Durante el periodo de agosto a noviembre se realizaron tres salidas a los diferentes sitios de muestreo. La colecta de frutos maduros, se realizó de al menos tres ejemplares por especie sin exceder más del 30 por ciento de la producción por individuo, para extraer semillas o diásporas, pero se consideró solo a las especies que tuvieran un número considerable mayor a 500 semillas o diásporas. Los frutos recolectados se colocaron en bolsas de papel estraza, se etiquetaron y se trasladaron al laboratorio del invernadero, en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Posteriormente se extrajeron las semillas o diásporas, que se beneficiaron y colocaron en frascos transparentes debidamente etiquetados, con el nombre de la especie, fecha de colecta y localidad (figura 2).

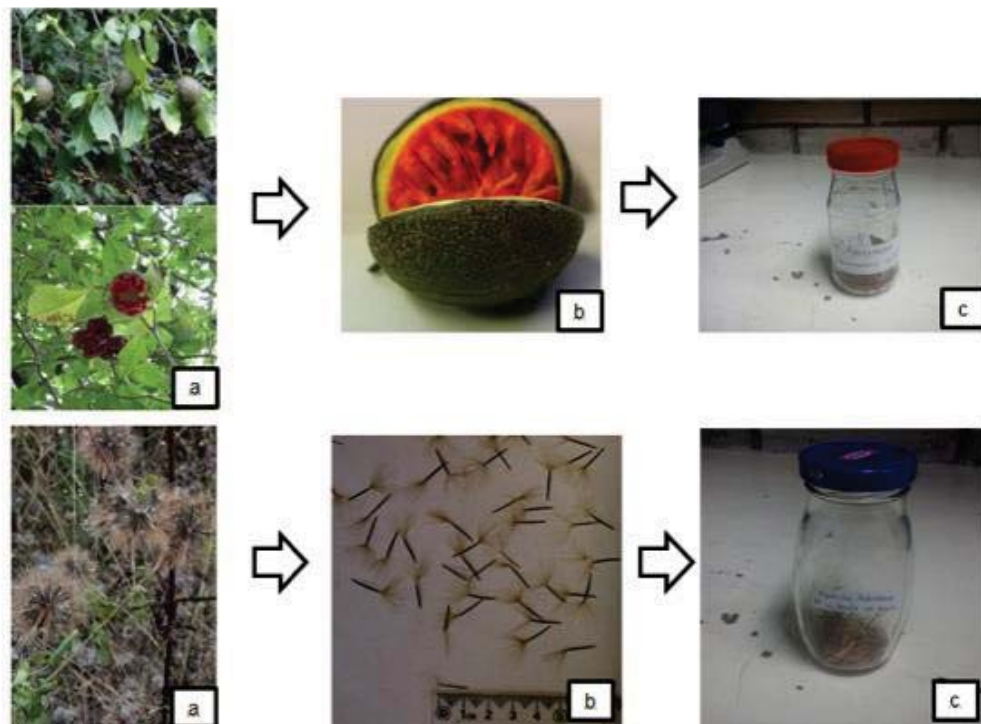


Figura 2. a) Recolecta, b) beneficio y c) resguardo de las unidades de dispersión de las especies *Stemmadenia pubescens* y *Porophyllum ruderale* var. *macrocephalum*.

Asimismo se recolectaron al menos tres ejemplares de cada una de las especies que tenían frutos o semillas maduras para su determinación taxonómica, misma que se hizo empleando diversas claves contenidas en literatura especializada tales como, los fascículos de la Flora de Guerrero y de la Flora del Bajío y de regiones adyacentes, la colecta y determinación se realizó en el laboratorio del invernadero. Los ejemplares

recolectados fueron herborizados, determinados y depositados en el herbario FEZA de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

### **Caracterización cualitativa de la unidad de dispersión**

Para la caracterización seminal se formaron en cada especie, lotes de 40 diásporas o semillas al azar, con al menos una repetición por muestra. En los caracteres morfológicos cualitativos como la forma y la superficie de las diásporas o semillas, se determinó siguiendo los calificativos contenidos en el Glosario Botánico Ilustrado de Moreno (1984). Para el color seminal se examinó visualmente cada una de las muestras a analizar.

### **Caracterización cuantitativa de la unidad de dispersión**

Para los caracteres morfológicos cuantitativos, se fotografiaron las diásporas y semillas con una escala de referencia (figura 3) y con el software AxioVision Rel. 4.8., se midió el largo y ancho seminal, y se expresaron en milímetros (mm). Posteriormente la distribución de los datos de largo y ancho de las diásporas y semillas se analizaron por medio de los estimadores de densidad por kernel (*EDK's*), con ayuda de los algoritmos computarizados (Salgado-Ugarte, 2013) para el programa estadístico Stata (versión 11.0). Utilizando la mitad de la banda óptima de Silverman (1986) para kernel gaussiano, se obtuvo una distribución multimodal, que permitió conocer las diferentes modas. Para identificar los límites de cada intervalo, se procedió a utilizar la estimación de máximos (modas) y mínimos (antimodas) de frecuencia (Salgado-Ugarte *et al*, 2005; Ortiz-Martínez *et al.*, 2013), cada intervalo resultante se consideró como un estado de carácter.



Figura 3. Semillas de a) *Taxodium mucronatum* y b) *Passiflora porphyretica*.



Con base a la caracterización seminal cualitativa y cuantitativa, se estableció si una especie presentó polimorfismo con dos o más estados de carácter en tamaño, color o forma. Posteriormente para las especies polimórficas, se expresaron las frecuencias en porcentaje de los estados de carácter en forma y color.

### **Viabilidad**

Se llevó a cabo una prueba bioquímica de viabilidad mediante el empleo del 2, 3, 5-trifenil tetrazolio (TTC). Se hicieron lotes de 10 a 20 diásporas o semillas polimórficas dependiendo de la disponibilidad seminal por especie. Las diásporas se remojaron durante 24 horas, para facilitar un corte longitudinal y exponer al embrión a la solución TTC al 1% durante 24 horas en oscuridad, a temperatura ambiente. Transcurrido el tiempo, las semillas y diásporas se enjuagaron con agua destilada y se observaron en el microscopio estereoscópico. Se dibujó y registró la frecuencia de cada uno de los patrones de tinción observados para cada especie. El porcentaje de viabilidad se calculó como el número de embriones teñidos de rojo o rosa intenso en la mayor parte del embrión o particularmente en la radícula y en el epicotilo entre el total de las diásporas o semillas empleadas en la prueba multiplicada por 100.

### **Germinación**

La prueba de germinación se llevó a cabo solo en las especies polimórficas con estados de carácter cualitativo en color, y en algunas especies con estados de carácter cuantitativo en tamaño. Debido a que todas las especies presentaron más de dos estados de carácter en tamaño, se analizó el papel que tiene el polimorfismo en la germinación solo en algunas especies formando dos categorías de tamaño a partir del promedio muestral: semillas chicas  $<\bar{X}$  y semillas grandes  $>\bar{X}$ .

Las diásporas y semillas polimórficas se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio (NaClO), preparada con 5 mL de cloro comercial disueltos en 1 L de agua potable a la que se le agregaron dos gotas de jabón líquido, con la finalidad de romper la tensión superficial y permitir que el desinfectante penetrara en los resquicios de la cubierta seminal. Las semillas y diásporas permanecieron en contacto con la solución desinfectante durante 20 minutos o más si la textura de la cubierta seminal no era lisa, posteriormente se enjuagaron de tres a cuatro veces con agua potable y una última vez con agua destilada.

Las diásporas y semillas desinfestadas y catalogadas de acuerdo al polimorfismo seminal que presentaron, se dividieron en sublotes de 20 a 30, de acuerdo a la disponibilidad de las mismas. Cada uno de los sublotes se colocaron en cajas Petri que contenían una capa de algodón estéril y papel filtro, sobre éste se depositaron las semillas o diásporas desinfestadas y se cubrieron con otra capa de papel filtro (figura 4). Las pruebas de germinación se hicieron con dos repeticiones. Las cajas se regaron con agua potable y se cuidó que a lo largo del proceso de germinación conservaran la humedad a capacidad de campo. Se colocaron en un sitio sombreado en el invernadero, con temperaturas que fluctuaban entre 18 a 35°C. Se consideró como indicador de la germinación la emergencia de la radícula (Granados & López, 2001). Con los datos obtenidos se trazó una curva de germinación acumulada para posteriormente compararla con la germinación derivada de los tratamientos pregerminativos. La formación de una asíntota en la gráfica de germinación fue indicativa del término de este proceso. El porcentaje de germinación se obtuvo con la fórmula

$$\% \text{ germinación} = \frac{\text{número de unidades de dispersión germinadas}}{\text{total de unidades de dispersión por muestra}}$$



Figura 4. Prueba de germinación a) semillas de *Caesalpinia pulcherrima*; b) aspecto de la prueba de germinación con repeticiones; c) semillas germinadas de *Indigofera suffruticosa*; y d) semilla germinada de *Caesalpinia pulcherrima*.



Para conocer la posible relación que tiene el polimorfismo de las semillas o diásporas en el color o el tamaño con la germinación, se sometieron a un análisis estadístico los datos obtenidos de los porcentajes de germinación en los diferentes estados de carácter. En los datos con una distribución no normal se utilizó el equivalente no paramétrico de la prueba *t* de student, la Prueba *W* de Mann Whitney (Wilcoxon) y para los datos con distribución normal se empleó la prueba paramétrica *t* de student.

### **Comprobación de latencia**

La presencia de latencia, se comprobó mediante un tratamiento de escarificación mecánica en aquellas especies cuya disponibilidad de semillas permitió este ensayo. Se procedió a realizar un corte en la testa, con la finalidad de permitir la entrada de agua al interior de la semilla. Las semillas desinfectadas con cloro al 5 por ciento, se colocaron en cajas que contenían una capa de algodón con papel filtro humedecido. Se colocaron en el invernadero a temperaturas superiores a 18°C. La germinación se evaluó con la emergencia de la radícula. Los porcentajes de germinación obtenidos fueron comparados con los de la prueba de germinación.

## **RESULTADOS**

### **Recolecta de material biológico**

Se obtuvieron diásporas de 18 especies, pertenecientes a 11 familias distribuidas en cuatro tipos de vegetación. La mayoría de las especies recolectadas (11) se distribuyen en el bosque tropical caducifolio (cuadro 2). La mayoría de las especies colectadas tienen un hábito de crecimiento que corresponde a árboles con el 33.3 por ciento, seguido por los bejucos con 22.2 por ciento, luego arbustos y herbáceas con 16.6 por ciento y por último está el hábito de sufrútice con 5.5 por ciento. Las especies que presentaron como unidad de dispersión a semillas botánicas fueron 15 y 3 especies correspondieron a una diáspora.



Cuadro 2. Especies en relación con el tipo de hábito y vegetación en que se colectaron. BTC= bosque tropical caducifolio, BMM= bosque mesófilo de montaña, VAS= vegetación acuática y subacuática.

FAMILIA	ESPECIE	AUTOR	HABITO	TIPO DE VEGETACIÓN	UNIDAD DE DISPERSIÓN
Annonaceae	<i>Annona squamosa</i>	L.	árbol	BTC	semilla
Apocynaceae	<i>Stemmadenia pubescens</i>	Benth.	árbol	BTC	semilla
Araceae	<i>Arisaema macrospatum</i>	Benth.	herbácea	BMM	semilla
Asteraceae	<i>Porophyllum ruderale var. macrocephalum</i>	(DC.) Cronquist.	herbácea	BTC	aquenio
Bignoniaceae	<i>Amphilophium paniculatum</i>	(L.) Kunth.	bejuco	BTC	semilla
Bignoniaceae	<i>Pithecoctenium crucigerum</i>	(L.) A. H. Gentry	bejuco	VAS	semilla
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i>	Mill.	árbol	Bosque de <i>Quercus</i> -coníferas	semilla
Cupressaceae	<i>Taxodium mucronatum</i>	Ten.	árbol	VAS	semilla
Fabaceae	<i>Acaciella angustissima</i>	(Mill.) Britt. & Rose	árbol	BTC	semilla
Fabaceae	<i>Indigofera suffruticosa</i>	Mill.	arbusto	BTC	semilla
Fabaceae	<i>Senna uniflora</i>	(Mill.) H. S. Irwin et Barneby	herbácea	BTC	semilla
Fabaceae	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	(L.) Sw.	arbusto	BTC	semilla
Malvaceae	<i>Heliocarpus americanus</i>	L.	árbol	BTC	aquenio múltiple
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>	L.	sufrutice	BMM	semilla
Passifloraceae	<i>Passiflora porphyretica</i>	Mast.	bejuco	BMM	semilla
Passifloraceae	<i>Passiflora exsudans</i>	Zucc.	bejuco	Bosque <i>Quercus</i> -coníferas	semilla
Rubiaceae	<i>Hamelia patens</i>	Jacq.	arbusto	BTC	semilla
Sapindaceae	<i>Serjania trifoliolata</i>	Radlk.	bejuco	BTC	sámara

### Cateterización cualitativa de la unidad de dispersión

En el cuadro 3, se observan las características para los rasgos cualitativos. El rasgo que no varió en las especies, es el tipo de superficie. En el tipo de forma, el 61.1 por ciento de las diásporas y semillas presentaron un estado de carácter redondeado. El 27.7 por ciento mostró de dos a tres estados de carácter, como *Hamelia patens*, *Annona squamosa*, *Stemmadenia pubescens*, *Cupressus lusitanica* y *Taxodium mucronatum* (cuadro 3). La mayoría de las especies presentaron semillas o diásporas








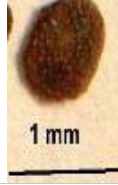




con coloraciones pardas. El 27.7 por ciento tuvo dos estados de carácter para este rasgo (cuadro 3).

Cuadro 3. Caracterización seminal de las especies colectadas.

Especie	Color	Forma	Superficie
<i>Acaciella angustissima</i>	pardo oscuro con moteado blanquecino	obovoide	liso
<i>Amphilophium paniculatum</i>	pardo	períptero	diáspora indumentada
<i>Annona squamosa</i>	pardo	1) obovoide 2) cuasi esferoide	liso
<i>Arisaema macrospatum</i>	1) amarillo rojizo 2) amarillo grisáceo	globoso	rugoso
<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	1) verdoso 2) pardo	obovoide	liso
<i>Cupressus lusitanica</i>	pardo rojizo	1) cuasi comprimido 2) anguloso	pustulado
<i>Hamelia patens</i>	1) pardo rojizo 2) pardo oscuro	1) anguloso 2) cuasi esferoide 3) cuasi elipsoide	alveolado
<i>Heliocarpus americanus</i>	pardo	ovoide	liso
<i>Indigofera suffruticosa</i>	1) verdoso claro 2) verdoso oscuro	cilíndrico	liso
<i>Passiflora exsudans</i>	pardo verdoso	ovoide	alveolado
<i>Passiflora porphyretica</i>	negro	ovoide	surcado
<i>Pithecoctenium crucigerum</i>	amarillento	períptero	hialino a membranoso
<i>Porophyllum ruderale</i> var. <i>macrocephalum</i>	negro	cuasi setiforme	estrigoso
<i>Senna uniflora</i>	pardo verdoso	romboide	liso
<i>Serjania trifoliolata</i>	pardo	alado	diáspora indumentada
<i>Sida rhombifolia</i>	negro	cuasi obovoide	liso
<i>Stemmadenia pubescens</i>	1) pardo amarillento 2) pardo oscuro	1) cuasi elipsoide 2) cuasi falciforme	corrugado
<i>Taxodium mucronatum</i>	pardo rojizo	1) anguloso 2) cuasi elipsoide	rugulado

En los cuadros 4 y 5 se observan las especies polimórficas en color y forma, con la respectiva frecuencia expresada en porcentaje en cada estado de carácter. En *Annona squamosa* la forma predominante fue obovoide, en *Cupressus lusitanica* fue *cuasi* comprimida, en *Hamelia patens* fue angulosa, en *Stemmadenia pubescens* fue *cuasi* elipsoides y en *Taxodium mucronatum* fue angulosa (cuadro 4). En *Arisaema macrospatum* dominó el color amarillo grisáceo, en *S. pubescens* fue el color pardo oscuro, en *Caesalpinia pulcherrima* fue el color pardo, en *Indigofera suffruticosa* fue el color verde oscuro y en *H. patens* fue el color pardo rojizo (cuadro 5).

Cuadro 4. Polimorfismo seminal en forma

Especie	Forma	
<p><i>Annona squamosa</i></p> 	<p>obovoide (97.5%)</p>	 <p><i>cuasi</i> esferoide (2.5%)</p>
<p><i>Cupressus lusitanica</i></p> 	<p>anguloso (12.5%)</p>	 <p><i>cuasi</i> comprimido irregular (87.5%)</p>
<p><i>Hamelia patens</i></p> 	<p>anguloso (72.5%)</p>	 <p><i>cuasi</i> elipsoide (27.5%)</p>
<p><i>Stemmadenia pubescens</i></p> 	<p><i>cuasi</i> elipsoide (67.5%)</p>	 <p><i>cuasi</i> falciforme (32.5%)</p>
<p><i>Taxodium mucronatum</i></p> 	<p>anguloso (77.5%)</p>	 <p>casi elipsoide irregular (22.5%)</p>



Cuadro 5. Polimorfismo seminal en color.

Especie	Estado de carácter y frecuencia (%)	Imagen	
<b><i>Arisaema macrospathum</i></b>	a) amarillo rojizo (40%) b) amarillo grisáceo (60%)		
<b><i>Stemmadenia pubescens</i></b>	a) pardo amarillento (45%) b) pardo oscuro (55%)		
<b><i>Caesalpinia pulcherrima</i></b>	a) pardo (57.5%) b) verdoso (42.5%)		
<b><i>Indigofera suffruticosa</i></b>	a) verdoso claro (45%) b) verdoso oscuro (55%)		
<b><i>Hamelia patens</i></b>	a) pardo rojizo (67.5%) b) pardo oscuro (32.5%)		

### Caracterización cuantitativa de la unidad de dispersión

El estimador de densidad por kernel gaussiano mostró diferentes máximos y mínimos de frecuencia en los caracteres cuantitativos para las distintas especies. Por ejemplo en *Acaciella angustissima* se formaron siete máximos de frecuencias separadas por antimodas para largo de la semilla y ocho para ancho (figura 5 y cuadro 6), lo cual refleja que la especie presenta en total siete estados de carácter para largo de la semilla y ocho para ancho.

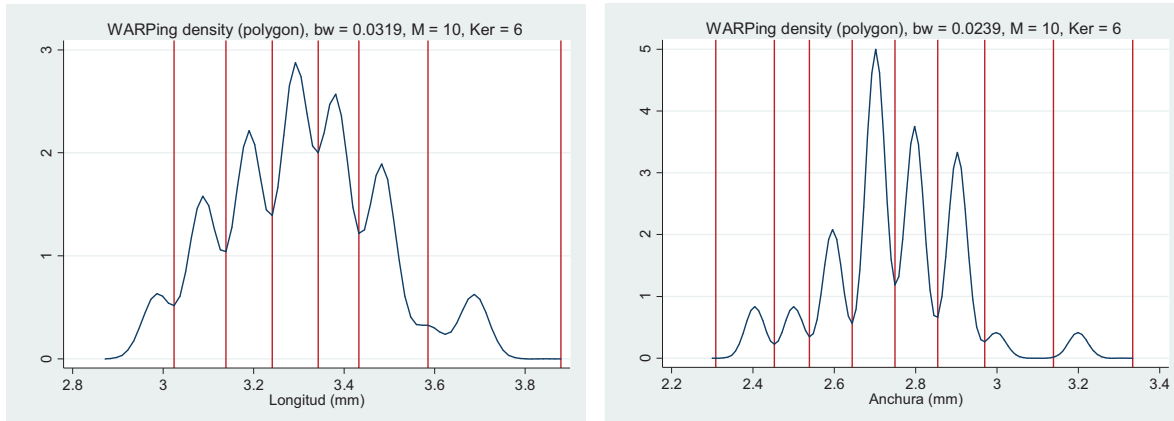


Figura 5. Estimador de densidad por kernel gaussiano con amplitud de banda de 0.0319 y 0.0239 (mitad de los valores óptimos) para el largo y el ancho de la semilla de *Acaciella angustissima*.

Cuadro 6. Estados de carácter para los rasgos cuantitativos obtenidos a partir del estimador de densidad de kernel gaussiano.

Antimodas en la estimación de densidad/frecuencia en longitud		Antimodas en la estimación de densidad/frecuencia en anchura	
Antimoda (1)	3.0241	Antimoda (1)	2.3088
Antimoda (2)	3.1390	Antimoda (2)	2.4525
Antimoda (3)	3.2410	Antimoda (3)	2.5387
Antimoda (4)	3.3431	Antimoda (4)	2.6441
Antimoda (5)	3.4324	Antimoda (5)	2.7495
Antimoda (6)	3.5728	Antimoda (6)	2.8548
Antimoda (7)	3.6238	Antimoda (7)	2.9698
Antimoda (8)	3.8790	Antimoda (8)	3.1039
		Antimoda (9)	3.3338



En los cuadros 7 y 8 se observa que las especies presentan como mínimo tres estados de carácter para el largo y dos estados de carácter para el ancho de la semilla. En la figura 6, se observa que las especies con un mayor número de estados de carácter en largo de las diásporas fueron *Acaciella angustissima* (Fabaceae) y *Heliocarpus americanus* (Malvaceae) con 11 por ciento, y seis especies que representan 33.3 por ciento presentaron tres estados de carácter. La especie con mayor número de estados de carácter para ancho de la diáspora fue *A. angustissima* seguida de *H. americanus*, *Passiflora porphyretica*, *Serjania trifoliolata*, *Sida rhombifolia*, entre otras y la especie con sólo dos estados de carácter que representa el 5.6 por ciento fue *Caesalpinia pulcherrima*. De tal manera que en el ancho de las semillas y diásporas se encontró el mayor número de estados de carácter, con ocho en *A. angustissima*.

Cuadro 7. Estados de carácter para tamaño en **largo** de la semilla obtenidos a partir de los estimadores de densidad por kernel gaussiano.

Especie	Estados de carácter	Intervalos a partir de los EDKs				
<i>Acaciella angustissima</i>	7	(2.9 a 3.02]	(3.02 a 3.14]	(3.14 a 3.24]	(3.24 a 3.34]	(3.34 a 3.43]
		(3.43 a 3.59]	(3.59 a 3.78]			
<i>Amphilophium paniculatum</i>	5	(23.50 a 28.23]	(28.23 a 32.16]	(32.16 a 39.66]	(39.66 a 43.60]	(43.60 a 47.4]
		(11.30 a 13.65]	(13.65 a 19.56]	(19.56 a 24.40]		
<i>Annona squamosa</i>	3	(3.42 a 4.33]	(3.33 a 4.50]	(4.50 a 4.87]		
<i>Arisaema macrospathum</i>	3	(8.66 a 9.94]	(9.94 a 10.51]	(10.51 a 11.30]		
<i>Cupressus lusitanica</i>	3	(2.0 a 3.28]	(3.28 a 3.91]	(3.91 a 5.40]		
<i>Hamelia patens</i>	6	(0.90 a 1.04]	(1.04 a 1.13]	(1.13 a 1.24]	(1.24 a 1.35]	(1.35 a 1.45]
		(1.45 a 1.56]				
<i>Heliocarpus americanus</i>	7	(1.87 a 2.07]	(2.07 a 2.27]	(2.27 a 2.43]	(2.43 a 2.55]	(2.55 a 2.65]
		(2.65 a 2.84]	(2.84 a 3.02]			
<i>Indigofera suffruticosa</i>	4	(1.33 a 1.53]	(1.53 a 2.03]	(2.03 a 2.40]	(2.40 a 2.73]	
<i>Passiflora exsudans</i>	3	(3.96 a 4.18]	(4.18 a 4.80]	(4.80 a 5.33]		
		(2.53 a 2.69]	(2.69 a 2.84]	(2.8432 a 2.94]	(2.94 a 3.05]	(3.05 a 3.15]
<i>Passiflora porphyretica</i>	6	(3.15 a 3.28]				
<i>Pithecoctenium crucigerum</i>	4	(45.2 a 56.87]	(56.87 a 75.55]	(75.55 a 85.73]	(85.73 a 95.5]	



Cuadro 7. (Continuación) Estados de carácter para tamaño en **largo** de la semilla obtenidos a partir de los estimadores de densidad por kernel gaussiano.

Especie	Estados de carácter	Intervalos a partir de los EDKs			
<i>Porophyllum ruderale</i> <i>var. macrocephalum</i>	6	(9.55 a 10.07]	(10.07 a 10.64]	(10.64 a 10.99]	(10.99 a 11.64]
		(12.48 a 13.15]			(11.64 a 12.48]
<i>Senna uniflora</i>	4	(2.53 a 2.79]	(2.79 a 3.09]	(3.09 a 3.46]	(3.46 a 3.88]
<i>Serjania trifoliolata</i>	3	(16.65 a 18.09]	(18.09 a 21.45]	(21.45 a 22.80]	
<i>Sida rhombifolia</i>	5	(1.56 a 1.73]	(1.73 a 1.85]	(1.85 a 1.95]	(1.95 a 2.05]
<i>Stemmadenia pubescens</i>	6	(8.90 a 9.56]	(9.56 a 10.05]	(10.05 a 10.99]	(10.99 a 12.01]
		(12.41 a 19.97]			(12.01 a 12.41]
<i>Taxodium mucronatum</i>	4	(3.85 a 5.11]	(5.11 a 6.55]	(6.55 a 7.06]	(7.06 a 8.65]

Cuadro 8. Estados de carácter para tamaño en **ancho** de la semilla obtenido a partir de los estimadores de densidad por kernel gaussiano.

Especie	Estados de carácter	Intervalos a partir de los EDKs			
<i>Acaciella angustissima</i>	8	(2.33 a 2.45]	(2.45 a 2.54]	(2.54 a 2.64]	(2.64 a 2.75]
		(2.85 a 2.97]	(2.97 a 3.10]	(3.1039 a 3.26]	(2.75 a 2.85]
<i>Amphilophium paniculatum</i>	4	(7.50 a 9.91]	(9.91 a 12.33]	(12.33 a 13.98]	(13.98 a 16.10]
<i>Annona squamosa</i>	4	(9.20 a 11.23]	(11.23 a 11.89]	(11.89 a 13.40]	(13.40 a 14.6]
<i>Arisaema macrospathum</i>	3	(3.15 a 3.77]	(3.7755 a 4.0659]	(4.0659 a 4.46]	

Cuadro 8. (Continuación) Estados de carácter para tamaño en **ancho** de la semilla obtenido a partir de los estimadores de densidad por kernel gaussiano

Especie	Estados de carácter	Intervalos a partir de los EDKs					
		(1.40 a 1.92]	(1.92 a 2.77]	(2.77 a 3.04]	(3.04 a 4.20]	(4.20 a 4.95]	
<i>Cupressus lusitanica</i>	5	(1.40 a 1.92]	(1.92 a 2.77]	(2.77 a 3.04]	(3.04 a 4.20]	(4.20 a 4.95]	
<i>Hamelia patens</i>	5	(0.55 a 0.65]	(0.65 a 0.75]	(0.75 a 0.85]	(0.85 a 0.95]	(0.95 a 1.06]	
<i>Heliocarpus americanus</i>	7	(1.10 a 1.30]	(1.30 a 1.50]	(1.50 a 1.63]	(1.63 a 1.75]	(1.75 a 1.85]	
		(1.85 a 1.96]	(1.9650 a 2.19]				
<i>Indigofera suffruticosa</i>	5	(1.33 a 1.45]	(1.45 a 1.54]	(1.54 a 1.65]	(1.65 a 1.75]	(1.75 a 1.86]	
<i>Passiflora exsudans</i>	3	(3.45 a 3.93]	(3.93 a 4.61]	(4.61 a 5.00]			
<i>Passiflora porphyretica</i>	6	(1.94 a 2.04]	(2.04 a 2.14]	(2.14 a 2.25]	(2.25 a 2.35]	(2.35 a 2.45]	
		(2.45 a 2.54]					
<i>Pithecoctenium crucigerum</i>	5	(22.5 a 24.31]	(24.31 a 26.80]	(26.80 a 30.24]	(30.24 a 37.13]	(37.13 a 40.4]	
<i>Porophyllum ruderale</i> var. <i>macrocephalum</i>	5	(0.45 a 0.53]	(0.53 a 0.64]	(0.64 a 0.75]	(0.75 a 0.85]	(0.85 a 0.94]	
<i>Senna uniflora</i>	4	(1.58 a 1.77]	(1.77 a 2.03]	(2.03 a 2.30]	(2.30 a 2.72]		
<i>Serjania trifoliolata</i>	6	(5.75 a 6.43]	(6.43 a 7.43]	(7.43 a 8.08]	(8.08 a 8.50]	(8.50 a 8.96]	
		(8.96 a 9.56]					
<i>Sida rhombifolia</i>	6	(1.56 a 1.65]	(1.65 a 1.75]	(1.75 a 1.85]	(1.85 a 1.95]	(1.95 a 2.05]	
		(2.05 a 2.15]					
<i>Stemmadenia pubescens</i>	5	(3.63 a 3.89]	(3.89 a 4.29]	(4.29 a 4.60]	(4.60 a 5.18]	(5.18 a 5.56]	
<i>Taxodium mucronatum</i>	4	(2.10 a 3.02]	(3.02 a 3.53]	(3.53 a 4.83]	(4.83 a 5.44]		

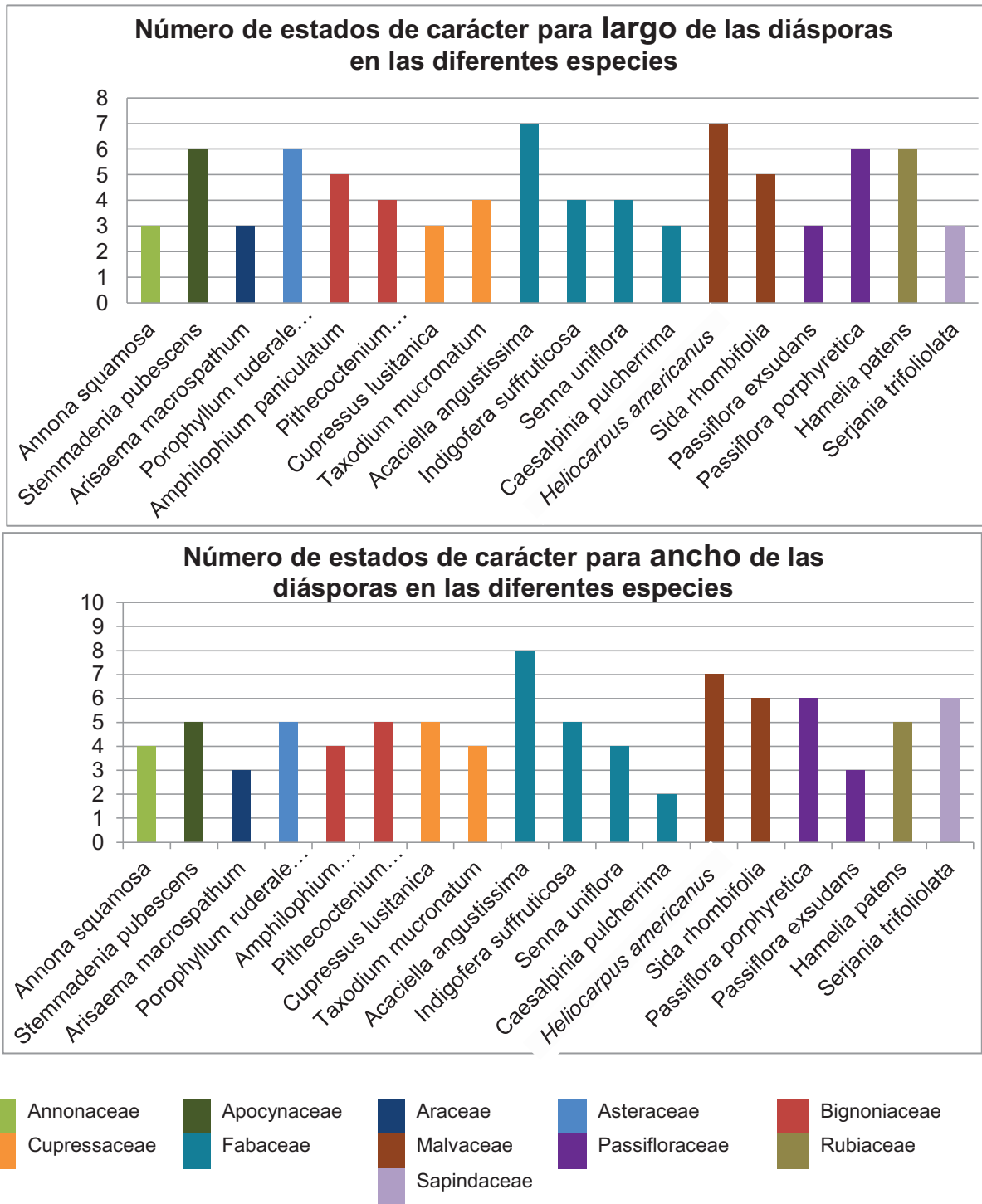


Figura 6. Frecuencia de los estados de carácter para el largo y ancho de las semillas. Los colores de las barras indican la familia botánica.



En el cuadro 9, se observa que las 18 especies presentan un tipo de polimorfismo seminal. El tipo de polimorfismo que se presenta con mayor frecuencia, es en el tamaño, y sólo cinco especies presentan polimorfismo en la forma o en el color. Asimismo, se observó que *Hamelia patens* y *Stemmadenia pubescens* presenta polimorfismo en forma, color o tamaño. En *Annona squamosa*, *Cupressus lusitanica* y *Taxodium mucronatum*, el polimorfismo se encuentra en el tamaño y la forma, y en *Arisaema macrospatum*, *Caesalpinia pulcherrima* e *Indigofera suffruticosa* las semillas presentaron polimorfismo en el color y el tamaño.

Cuadro 9. Resumen de la presencia de polimorfismo en las especies colectadas.

Especie	Tipo de polimorfismo	Estado de carácter			
		Forma	Color	Tamaño	
				Largo	Ancho
<i>Acaciella angustissima</i>	tamaño	-	-	7	8
<i>Amphilophium paniculatum</i>	tamaño	-	-	5	4
<i>Annona squamosa</i>	forma/tamaño	2	-	3	4
<i>Arisaema macrospatum</i>	color/tamaño	-	2	3	3
<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	color/tamaño	-	2	3	2
<i>Cupressus lusitanica</i>	forma/tamaño	2	-	3	5
<i>Hamelia patens</i>	forma/color/tamaño	3	2	6	5
<i>Heliocarpus americanus</i>	tamaño	-	-	7	7
<i>Indigofera suffruticosa</i>	color/tamaño	-	2	4	5
<i>Passiflora exsudans</i>	tamaño	-	-	3	3
<i>Passiflora porphyretica</i>	tamaño	-	-	6	6
<i>Pithecoctenium crucigerum</i>	tamaño	-	-	4	5
<i>Porophyllum ruderale</i> var. <i>macrocephalum</i>	tamaño	-	-	6	5
<i>Senna uniflora</i>	tamaño	-	-	4	4
<i>Serjania trifoliolata</i>	tamaño	-	-	3	6
<i>Sida rhombifolia</i>	tamaño	-	-	5	6
<i>Stemmadenia pubescens</i>	forma/color/tamaño	2	2	6	5
<i>Taxodium mucronatum</i>	forma/tamaño	2	-	4	4

El símbolo (-), indica la usencia de polimorfismo en las unidades de dispersión.



## Viabilidad

En la prueba bioquímica de viabilidad mediante la técnica 2, 3, 5- trifenil tetrazolio (TTC), se obtuvieron diferentes patrones de tinción por especie (figura 7), que se agruparon en cuatro categorías, 100 por ciento de tinción en la cavidad seminal o diáspora, con color rojo intenso, 50 por ciento de tinción con color rojo intenso, coloración total o parcial rosada pálida y sin coloración.

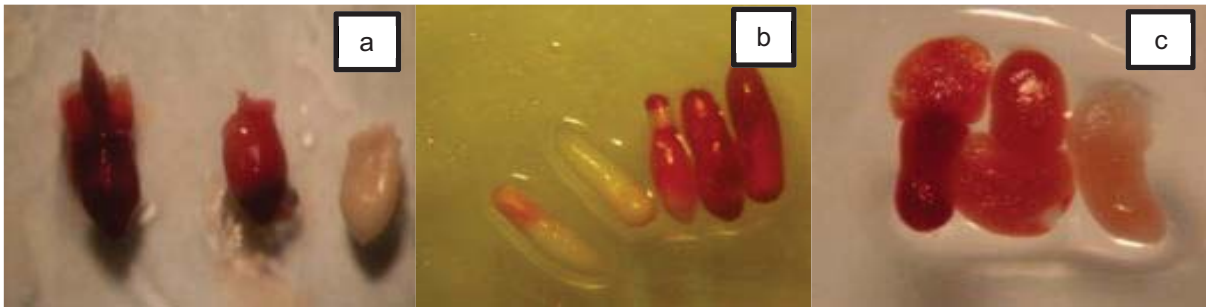






Figura 7. Patrones de tinción en los embriones de: a) *Caesalpinia pulcherrima* (100%; 50% y sin coloración), b) *Hamelia patens* (100%, 50% y coloración pálida) y c) *Arisaema macrospatum* (100%, y sin coloración).

En el cuadro 10, se observa el porcentaje de viabilidad en los diferentes colores de las semillas para cada una de las especies. No se registraron semillas vanas. Los porcentajes de semillas inviables variaron en función del patrón de coloración y de la especie, así en *Arisaema macrospatum* se registró el 10 por ciento de semillas inviables que correspondieron a una coloración seminal de tono amarillento rojizo. En *Hamelia patens*, el 15 por ciento de las semillas inviables tuvo una coloración pardo rojiza y pardo oscuro, en *Caesalpinia pulcherrima*, un 13.3 por ciento de las semillas con una coloración verdosa y el 6.6 por ciento con un color pardo, fueron consideradas inviables, mientras que en *Indigofera suffruticosa* el 20 por ciento de las semillas con coloración verde claro y 13.3 por ciento de las semillas de color verdoso oscuro fueron inviables y en *Stemmadenia pubescens* el 50 por ciento de las semillas fueron inviables con tonos pardo amarillento y 45 por ciento tuvieron un color pardo oscuro.

Cuadro 10. Patrones de tinción para viabilidad en diferentes especies con polimorfismo en color.

ESPECIE	ESTADO DE CARÁCTER	PATRONES DE TINCIÓN				VIABILIDAD (%)	GERMINACIÓN (%)
		100%	50%	PÁLIDA	NULA		
<i>Arisaema macrospathum</i>	amarillo rojizo					90	100
<i>Arisaema macrospathum</i>	amarillo grisáceo	100%	0%	0%	0%	100	96.7
<i>Hamelia patens</i>	pardo rojizo	45%	40%	15%	0%	85	58.9
<i>Hamelia patens</i>	pardo oscuro	40%	45%	15%	0%	85	76.7
<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	verdoso	73.3%	13.3%	0%	13.3%	86.6	82.2
<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	pardo	33.3%	60%	0%	6.7%	93.3	92.2
<i>Indigofera suffruticosa</i>	verdoso claro	26.7%	53.3%	0%	20%	80	20.0
<i>Indigofera suffruticosa</i>	verdoso oscuro	46.7%	40%	0%	13.3%	86.7	8.9
<i>Stemmadenia pubescens</i>	pardo amarillento	50%	0%	50%	0%	50	73.3
<i>Stemmadenia pubescens</i>	pardo oscuro	25%	30%	45%	0%	55	37.8

Como se observa en el cuadro 11, los estados de carácter para tamaño reflejan distintos porcentajes de viabilidad entre las especies (figura 8). Las especies con mayores porcentajes de viabilidad fueron *Acaciella angustissima* para los cuatro estados de carácter, *Porophyllum ruderale* var. *macrocephallum*, *Sida rhombifolia* y *Senna uniflora* para sus dos estados de carácter. El porcentaje de viabilidad más bajo que corresponden al 50 por ciento lo presentó *Stemmadenia pubescens* en el estado de carácter de 4.41 a  $\pm 4.9$  mm.

En *Acaciella angustissima* no se observaron semillas inviables en los estados de carácter del largo o del ancho de las mismas. En *Indigofera suffruticosa* el porcentaje de semillas inviables fue del 10 por ciento para el intervalo de tamaño 1.4 a  $\pm 1$ .mm y del 30 por ciento para el estado de carácter de 1.61 a  $\pm 1.8$  mm, en *Passiflora porphyretica* las semillas inviables corresponden al 45 por ciento en ambos estados de carácter. En *Porophyllum ruderale* var. *macrocephallum* fue del 5 por ciento para el estado de carácter de 0.5 a  $\pm 0.7$  mm y para el estado de carácter de 0.71 a  $\pm 0.9$  mm no hubo inviabilidad. En *Stemmadenia pubescens* el 30 por ciento de las semillas fueron inviables para el estado de carácter de 3.8 a  $\pm 4.40$  mm y el 50 por ciento para el estado de carácter de 4.41 a  $\pm 4.9$  mm. En *Sida rhombifolia* el largo y el ancho de las semillas, no presentaron inviabilidad. *Senna uniflora* tuvo un porcentaje de semillas inviables del 13.3 por ciento para el tamaño de 1.7 a 2.2 mm y del cero por ciento para el tamaño 2.21 a 2.6 mm.

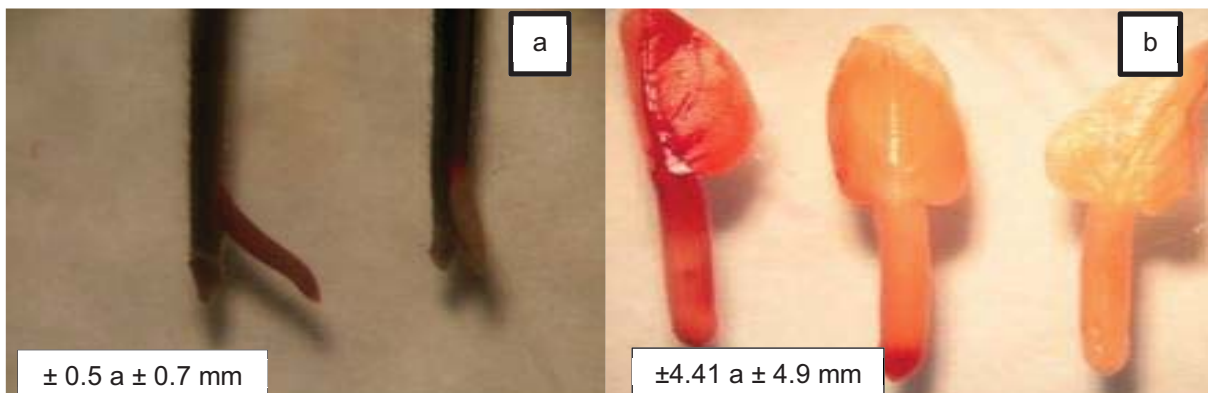






Figura 8. Patrones de tinción en a) *Porophyllum ruderale* var. *macrocephallum* (100% y coloración nula) y b) *Stemmadenia pubescens* (100%, 50% y coloración pálida).


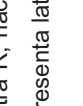




Cuadro 11. Patrones de tinción para viabilidad en diferentes especies con polimorfismo en tamaño.

ESPECIE	ESTADO DE CARÁCTER (milímetros)	PATRONES DE TINCIÓN				VIABILIDAD (%)	GERMINACIÓN (%)	COMPROBACIÓN DE LATENCIA (%)
		100%	50%	PÁLIDA	NULA			
<i>Acaciella angustissima</i>	(A) ( $\pm 2.4$ a $\pm 2.7$ )					100.0	4.4	75.0
<i>Acaciella angustissima</i>	(B) ( $\pm 2.71$ a $\pm 3.2$ )	86.7%	13.3%	0%	0%	100.0	1.1	97.5%
<i>Acaciella angustissima</i>	(C) ( $\pm 3.0$ a $\pm 3.3$ )	73.3%	26.7%	0%	0%	100.0	0.0	100.0
<i>Acaciella angustissima</i>	(D) ( $\pm 3.31$ a $\pm 3.7$ )	33.3%	66.7%	0%	0%	100.0	1.1	92.5
<i>Indigofera suffruticosa</i>	( $\pm 1.4$ a $\pm 1.6$ )	25%	65%	0%	10%	90.0	3.3	R
<i>Indigofera suffruticosa</i>	( $\pm 1.61$ a $\pm 1.8$ )	30%	40%	0%	30%	70.0	21.1	R
<i>Passiflora porphyretica</i>	( $\pm 2.0$ a $\pm 2.2$ )	55%	0%	40%	5%	55.0	41.7	NP
<i>Passiflora porphyretica</i>	( $\pm 2.21$ a $\pm 2.5$ )	55%	0%	45%	0%	55.0	55.0	NP
<i>Porophyllum ruderale</i> var. <i>macrocephallum</i>	( $\pm 0.5$ a $\pm 0.7$ )	80%	5%	10%	5%	95.0	95.0	NP
<i>Porophyllum ruderale</i> var. <i>macrocephallum</i>	( $\pm 0.71$ a $\pm 0.9$ )	90%	0%	10%	0%	100.0	100.0	NP
<i>Stemmadenia pubescens</i>	( $\pm 3.8$ a $\pm 4.40$ )	10%	60%	30%	0%	70.0	80.0	NP



Cuadro 11. (Continuación) Patrones de tinción para viabilidad en diferentes especies con polimorfismo en tamaño.

ESPECIE	ESTADO DE CARÁCTER (milímetros)	PATRONES DE TINCIÓN				VIABILIDAD (%)	GERMINACIÓN (%)	COMPROBACIÓN DE LATENCIA (%)
		100%	50%	PALIDA	NULA			
								
<i>Stemmadenia pubescens</i>	(±4.41 a ±4.9)	20%	30%	50%	0%	50.0	54.4	NP
<i>Sida rhombifolia</i>	(±1.6 a ±1.9)	100%	0%	0%	0%	100.0	1.7	R
<i>Sida rhombifolia</i>	(±1.91 a ±2.1)	100%	0%	0%	0%	100.0	13.3	R
<i>Senna uniflora</i>	(±1.7 a ±2.2)	60%	20%	6.7%	13.3%	86.7	36.7	R
<i>Senna uniflora</i>	(±2.21 a ±2.6)	53.3%	46.7%	0%	0%	100.0	7.8	R

La columna de comprobación de latencia indica las especies que presentan una posible latencia en las semillas, sin embargo la letra R, hace referencia que en futuras propagaciones requiere aplicarse un tratamiento pregerminativo que propicie la germinación y las letras NP, indican que no presenta latencia.



## Germinación

### Germinación del polimorfismo seminal cualitativo

En el cuadro 11 se observa que el mayor porcentaje de germinación puede variar en función del color o no. El mayor porcentaje germinativo se alcanzó en ambos estados de carácter en *Arisaema macrospatum*, mientras que el menor porcentaje de germinación fue en *Indigofera suffruticosa*.

En *Arisaema macrospatum* la germinación inició en el día 11 para ambos estados de carácter seminal. Los porcentajes germinativos fueron de 96.7 y 100 por ciento respectivamente. La germinación concluyó a los 44 días para las semillas de color amarillo grisáceas y a los 42 días para las de color amarillo rojizas (figura 9). Con base a la Prueba *W* de Mann Whitney (Wilcoxon), y un nivel de confianza del 0.95, no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de los estados de carácter (figura 10). Por lo tanto en *A. macrospatum*, el polimorfismo que tienen las semillas en el color no se relaciona con la germinación.

En *Caesalpinia pulcherrima* la germinación en las semillas con el estado de carácter de color verde inició en el día tres y alcanzó un porcentaje de 82.2 por ciento, mientras que las semillas de color pardo germinaron a partir del día dos y obtuvieron un porcentaje de germinación del 92.2 por ciento. Las semillas de color verde terminaron de germinar hasta el día 49, en tanto que las semillas pardas concluyeron el día 43 (figura 9). La aplicación de la Prueba *W* de Mann Whitney (Wilcoxon), con un nivel de confianza del 95%, indicó que hay diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de ambos estados de carácter cualitativos (figura 10). Por lo tanto en esta especie, el color pardo influye de manera positiva en el proceso germinativo.

En *Hamelia patens* las semillas de color pardo oscuro iniciaron la germinación en el día ocho y terminó en el día 17, con un porcentaje de germinación de 76.7 por ciento. En las semillas con el estado de carácter pardo rojizo, la germinación inicio en el día ocho y termino el día 30 con un porcentaje germinativo de 58.9 por ciento (figura 9). La Prueba *W* de Mann Whitney (Wilcoxon), con un nivel de confianza del 95%, mostró que existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas entre los dos estados de



carácter (figura 10). Por tal razón, el polimorfismo que tienen las semillas de *H. patens* en el color afecta el proceso germinativo, favoreciendo la germinación en las semillas más oscuras.

En *Stemmadenia pubescens* la germinación en las semillas de color pardo amarillento empezó en el día 13 y cesó en el día 43, aunque al final de la prueba alcanzó un porcentaje germinativo del 73.3 por ciento. En las semillas de color pardo oscuro, la germinación inició en el día 12 y terminó en el día 44 con un porcentaje de germinación de 37.8 por ciento (figura 9). La Prueba *W* de Mann Whitney (Wilcoxon), con un nivel de confianza del 0.95, determinó que existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de los dos estados de carácter (figura 10). Por lo tanto, el polimorfismo que tiene la especie en el color seminal afecta el proceso germinativo, favoreciendo el color claro de las semillas.

Para *Indigofera suffruticosa* la germinación inició en las semillas de color verdoso oscuro en el día dos y terminó en el día 30, se alcanzó un porcentaje germinativo del 8.9 por ciento, aunque la viabilidad fue de 86.7 por ciento (figura 9). En las semillas de color verde claro de la misma especie, la germinación comenzó en el día dos y terminó en el día 31, con un porcentaje del 20 por ciento, con una viabilidad del 80 por ciento, lo cual indica que posiblemente presenta latencia seminal.

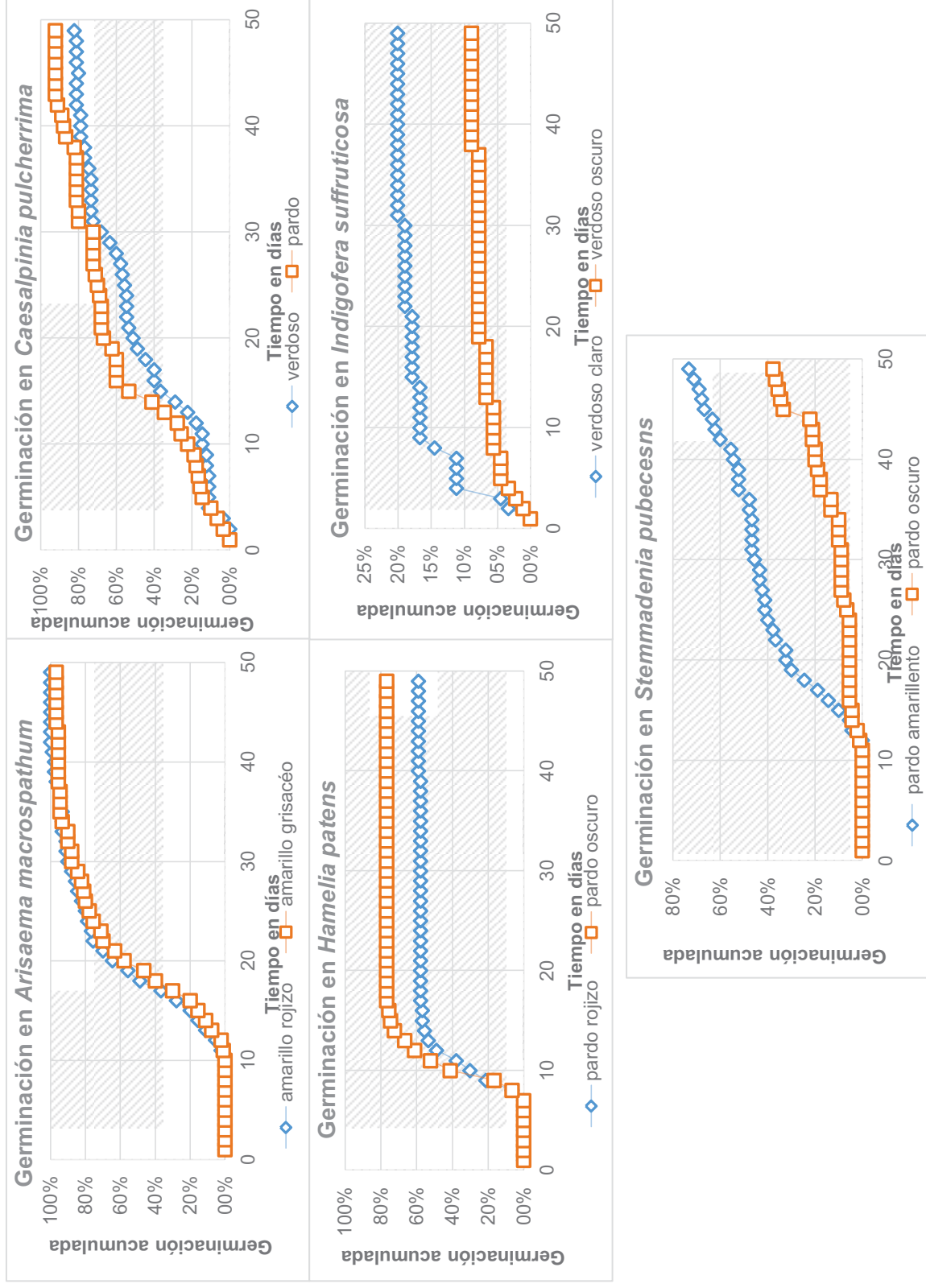


Figura 9. Germinación acumulada en *Stemmadenia pubescens*, *Arisaema macrospathum*, *Hamelia patens*, *Indigofera suffruticosa* y *Caesalpinia pulcherrima*.



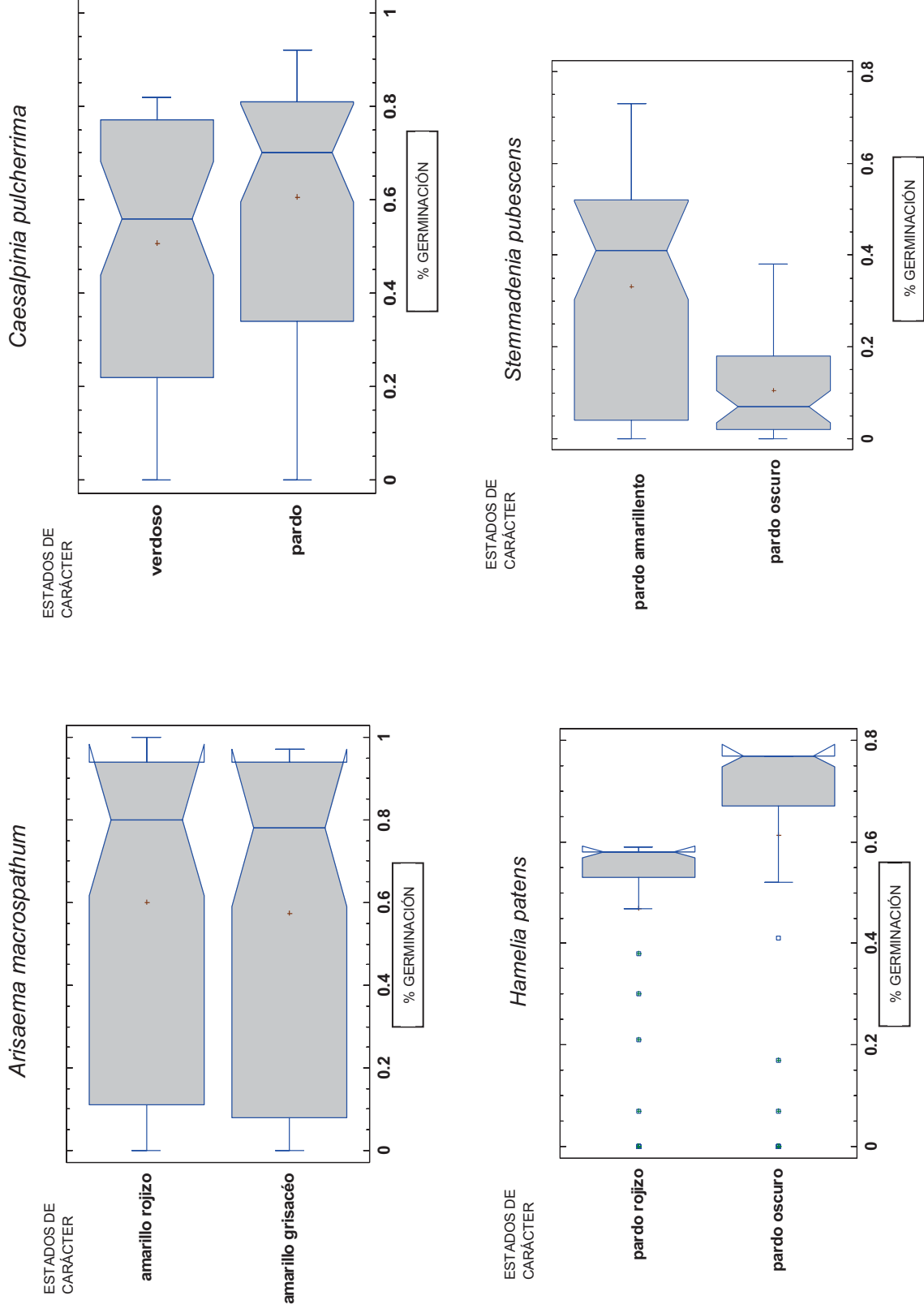


Figura 10. Gráficos de cajas y bigote para la germinación de cuatro especies con polimorfismo en color (*Arisaema macrospathum*, *Caesalpinia pulcherrima*, *Hamelia patens* y *Stemmadenia pubescens*).



### Germinación del polimorfismo seminal cuantitativo

En el cuadro 12, se observa que la especie con mayor porcentaje de germinación fue *Porophyllum ruderale* var. *macrocephallum* en el estado de carácter de 0.71 a  $\pm 0.9$  con 100 por ciento, y las especies con menor porcentaje germinativo fueron los diferentes estados de carácter en *Acaciella angustissima*, denominados A, B, C y D. En (A) fue de 4.4 por ciento, en (B) fue de 1.1 por ciento, en (C) de 0 por ciento, y en (D) fue de 1.1 por ciento. En *Indigofera suffruticosa* se alcanzó un porcentaje de germinación de 3.3 por ciento para el tamaño de 1.4 a 1.6 mm y de 21.1 por ciento para el tamaño de 1.61 a 1.8 mm. En *Senna uniflora* el porcentaje de germinación fue del 36.7 por ciento para el tamaño de 1.7 a 2.2 mm y del 7.8 por ciento para el tamaño de 2.21 a 2.6 mm y para *Sida rhombifolia* fue 1.7 por ciento para el tamaño de 1.6 a 1.9 mm y de 13.3 por ciento para el tamaño de 1.91 a 2.1 mm.

En *Passiflora porphyretica* la germinación inició en las semillas de tamaño 2.0 a 2.2 mm en el día seis y terminó en el día 39 con un porcentaje de germinación del 41.7 por ciento. En las semillas de tamaño 2.21 a 2.5 mm, la germinación comenzó al segundo día y acabó en el día 46 con un porcentaje de germinación del 55 por ciento (figura 11). Con base a la Prueba *W* de Mann Whitney (Wilcoxon), y un nivel de confianza del 0.95, existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de categorías en tamaño. Estas diferencias se aprecian en los diagramas de caja y bigote asimétricos, donde no coinciden las medias (figura 12). Por lo tanto las semillas grandes ( $> \bar{X}$ ) de *P. porphyretica*, influyen de manera positiva en la germinación.

En *Porophyllum ruderale* var. *macrocephallum* la germinación comenzó en las diásporas de tamaño 0.5 a 0.7 mm al siguiente día después de la siembra y terminó en el día 11, con un porcentaje de germinación del 95 por ciento. Para las diásporas de tamaño 0.71 a 0.9 mm la germinación comenzó en el día uno y terminó en el día dos, se alcanzó un porcentaje germinativo del 100 por ciento (figura 11). La Prueba *W* de Mann Whitney (Wilcoxon), con un nivel de confianza de 95%, determinó que existen diferencias estadísticamente significativas entre los estados de carácter de tamaño. En los diagramas de caja y bigote asimétricos, se observa la asimetría y falta de coincidencia en las medias (figura 12). Por lo tanto



las semillas grandes ( $> \bar{X}$ ) de *P. ruderale* var. *macrocephallum*, influyen de manera positiva en la germinación.

En *Stemmadenia pubescens* la germinación en las semillas de tamaño 3.8 a 4.40 mm inició en el día 11 y terminó en el día 42, con una germinación del 80 por ciento. En las semillas de tamaño 4.41 a 4.9 mm la germinación comenzó al día 12 y terminó en el día 39 y se alcanzó un porcentaje germinativo del 54.4 por ciento (figura 11). Con base a la Prueba *W* de Mann Whitney (Wilcoxon), con un nivel de confianza de 0.95, se establecen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de los dos estados de carácter. Los diagramas de caja y bigote de los dos estados de carácter, son asimétricos (figura 12) e indican que hay diferencias entre ambas categorías. Por tal razón las semillas grandes ( $> \bar{X}$ ) de *S. pubescens* favorecen a la germinación.

En *Sida rhombifolia* la germinación en las semillas de tamaño de 1.6 a 1.9 mm inició en el día dos y terminó en ese mismo día, con un porcentaje de germinación del 1.7 por ciento. En las semillas de tamaño de 1.91 a 2.1 mm también inició la germinación en el día dos, y terminó en el día 31, con un porcentaje de germinación del 13.3 por ciento (figura 11). En *Indigofera suffruticosa* la germinación de las semillas de tamaño de 1.4 a 1.6 mm inició en el día tres y terminó en el día ocho, con un porcentaje de germinación del 3.3 por ciento. En el tamaño de 1.61 a 1.8 mm inició la germinación en el día dos y terminó en el día 16, alcanzó un porcentaje de germinación del 21.2 por ciento (figura 11). Para *Senna uniflora* la germinación de las semillas de tamaño de 1.7 a 2.2 mm inició en el día dos, terminó en el día 44 y alcanzó un porcentaje germinativo del 36.7 por ciento. Las semillas de tamaño de 2.21 a 2.6 mm iniciaron la germinación en el día siete y terminó en el día 46, con un porcentaje germinativo del 7.8 por ciento (figura 11).

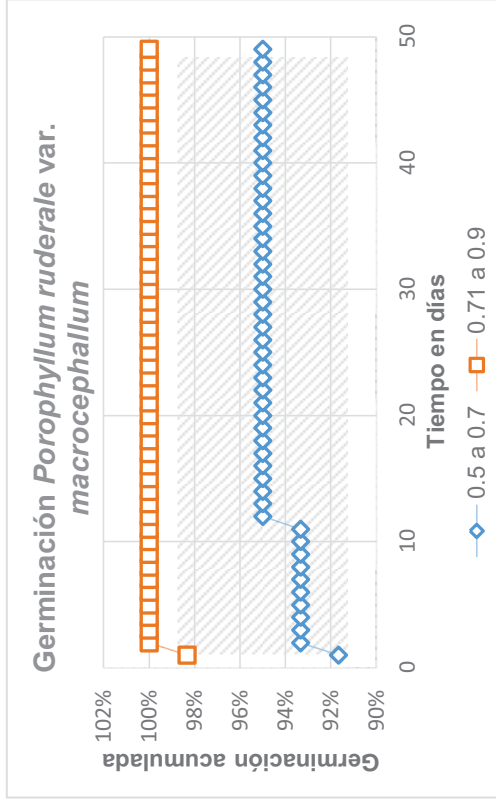
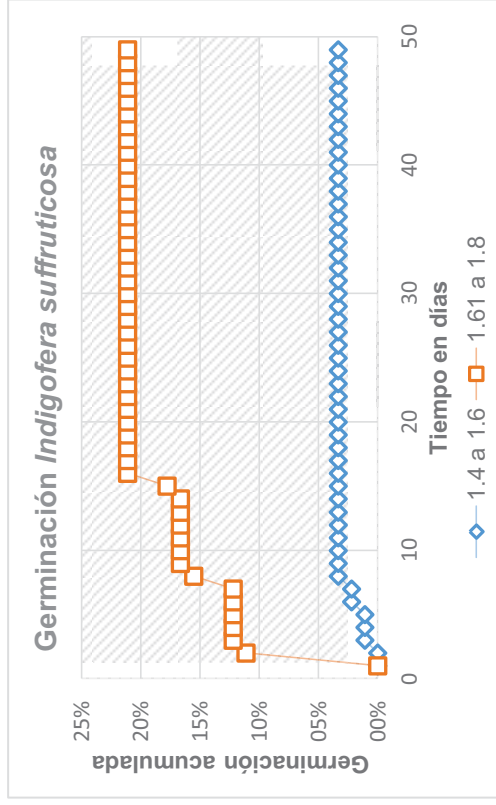
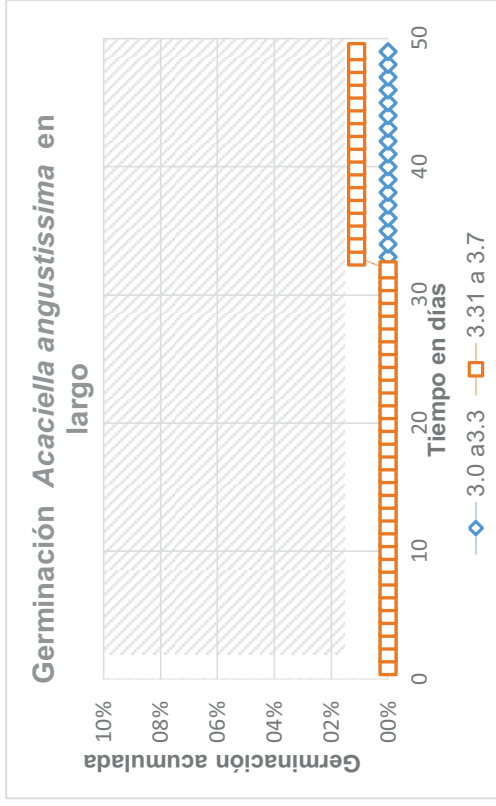
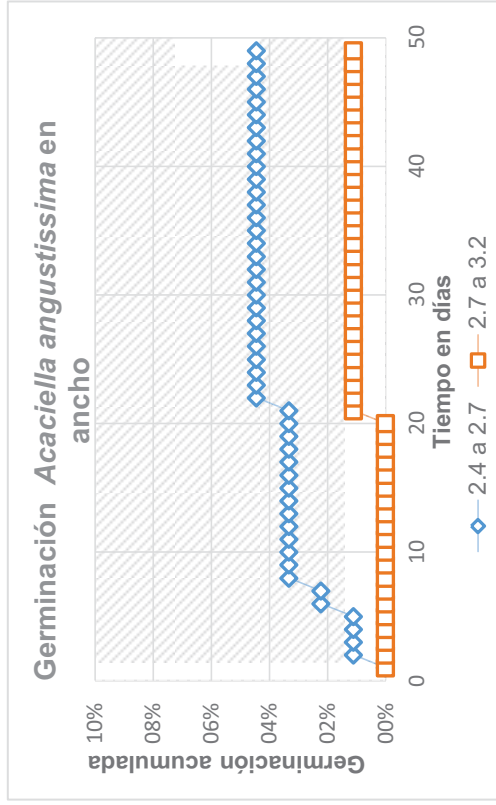


Figura 11. Germinación acumulada en *Acaciella angustissima* (ancho y largo), *Indigofera suffruticosa*, *Passiflora porphyretica*, *Stermadenia pubescens*, *Sida rhombifolia* y *Senna uniflora*, indicando los dos intervalos en tamaño.

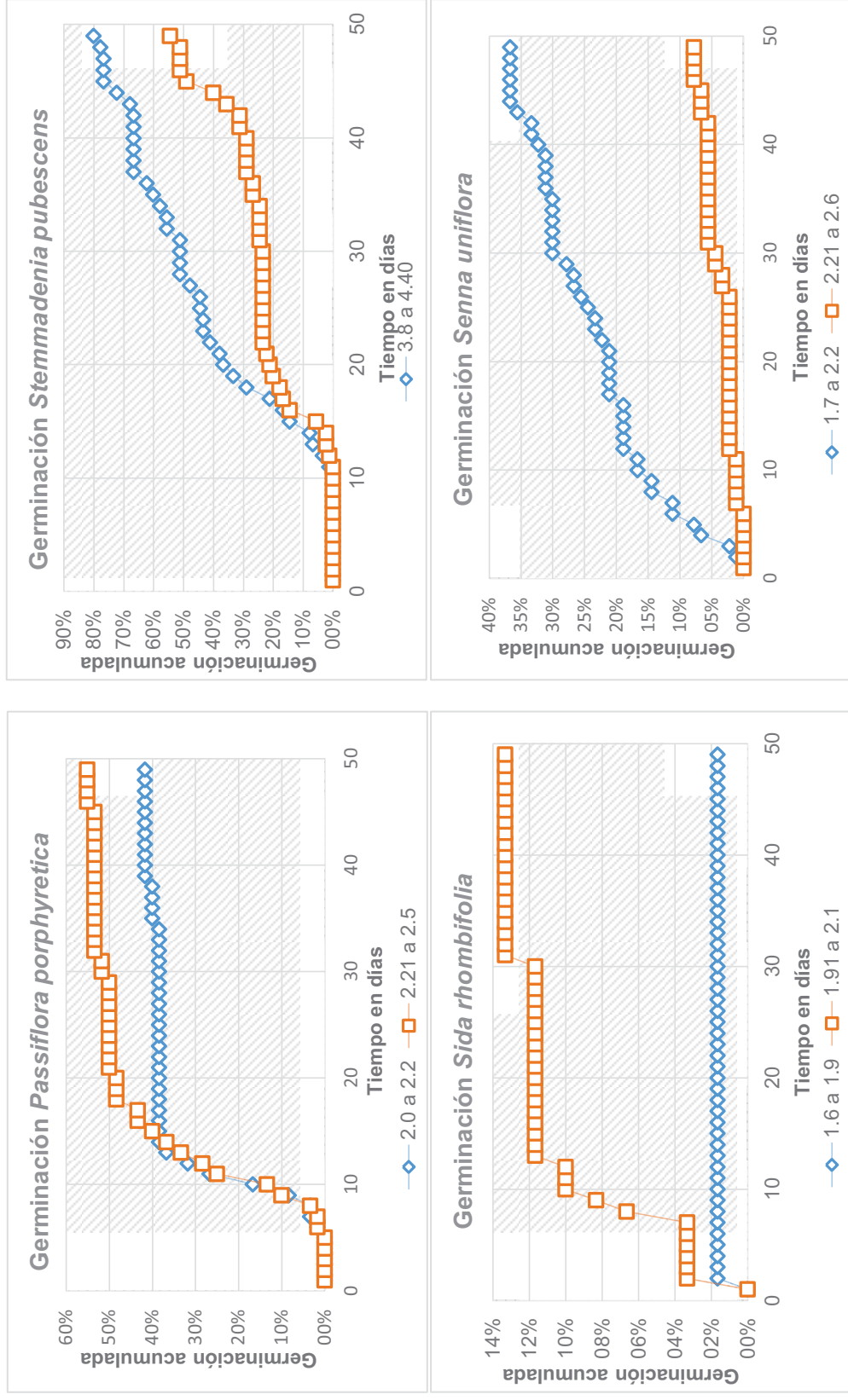
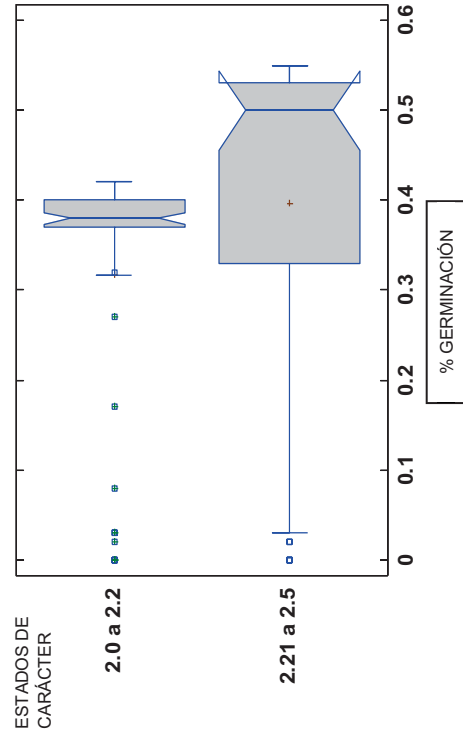
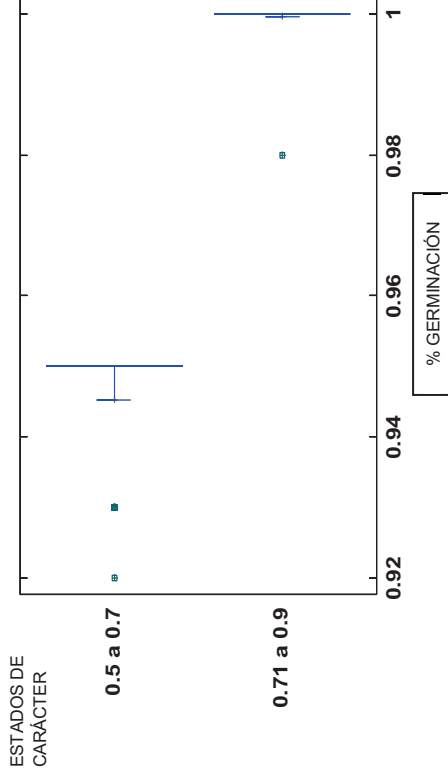


Figura 11 (Continuación). Germinación acumulada en *Acaciella angustissima* (ancho y largo), *Indigofera suffruticosa*, *Passiflora porphyretica*, *Stemmadenia pubescens*, *Sida rhombifolia* y *Senna uniflora*, indicando los dos intervalos en tamaño.

*Passiflora porphyretica*



*Porophyllum ruderale* var. *macrocephallum*



*Stemmadenia pubescens*

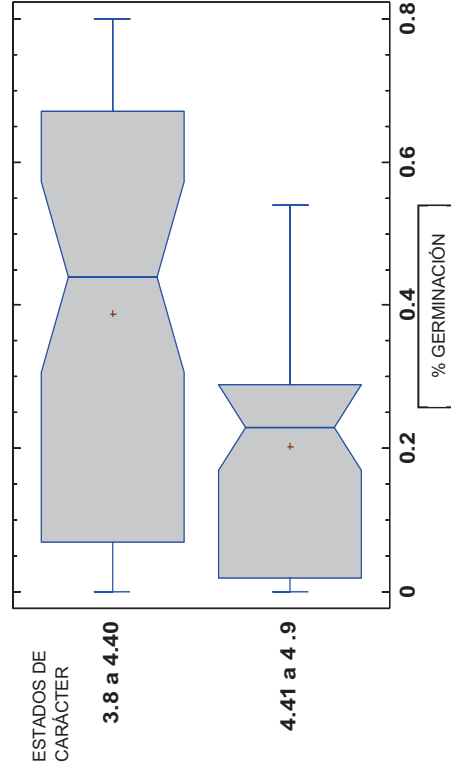


Figura 12. Gráficos de cajas y bigote para la germinación de tres especies con polimorfismo en tamaño (*Passiflora porphyretica*, *Porophyllum ruderale* var. *macrocephallum* y *Stemmadenia pubescens*).

### Comprobación de latencia seminal

La presencia de latencia física fue comprobada en *Acaciella angustissima* en largo y ancho de las semillas. La latencia se rompió una vez que las semillas se trataron mediante escarificación mecánica y el porcentaje de germinación varió entre 75 y 100 por ciento. En el cuadro 11, se observa que *Indigofera suffruticosa*, *Sida rhombifolia* y *Senna uniflora* tienen una baja germinación.

Con la escarificación mecánica en *Acaciella angustissima*, la germinación inició en el primer día posterior a la siembra en los cuatro tamaños A, B, C y D (figura 13). En el tamaño A la germinación terminó en el día ocho y alcanzó un porcentaje germinativo del 75 por ciento. La germinación en el tamaño B cesó al día diez con un porcentaje en la germinación del 97.5 por ciento. En el tamaño C la germinación concluyó al día siete y alcanzó un porcentaje en la germinación del 100 por ciento y en el tamaño D la germinación terminó en el día siete con un porcentaje en la germinación del 92.5 por ciento (figura 13).

La aplicación de una prueba de *t* de *student* con un nivel de confianza de 0.95, indicó que existen diferencias estadísticamente significativas entre los estados de carácter en el ancho de la semilla, por lo que las semillas más anchas, influyen en la germinación, mientras las semillas más largas no impactan en la germinación (figura 14).

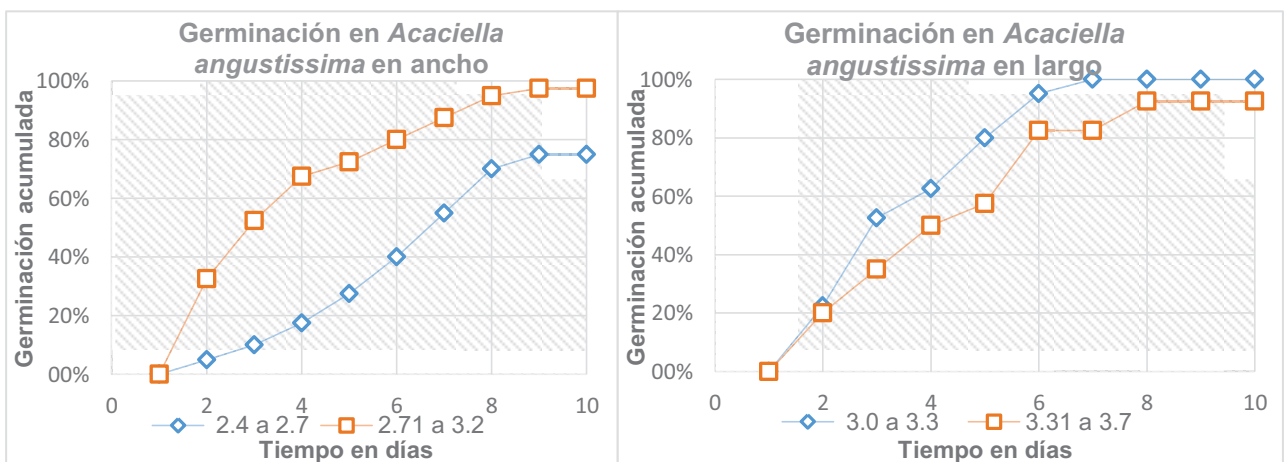


Figura 13. Germinación acumulada con pre tratamiento germinativo en *Acaciella angustissima* en ancho y largo.

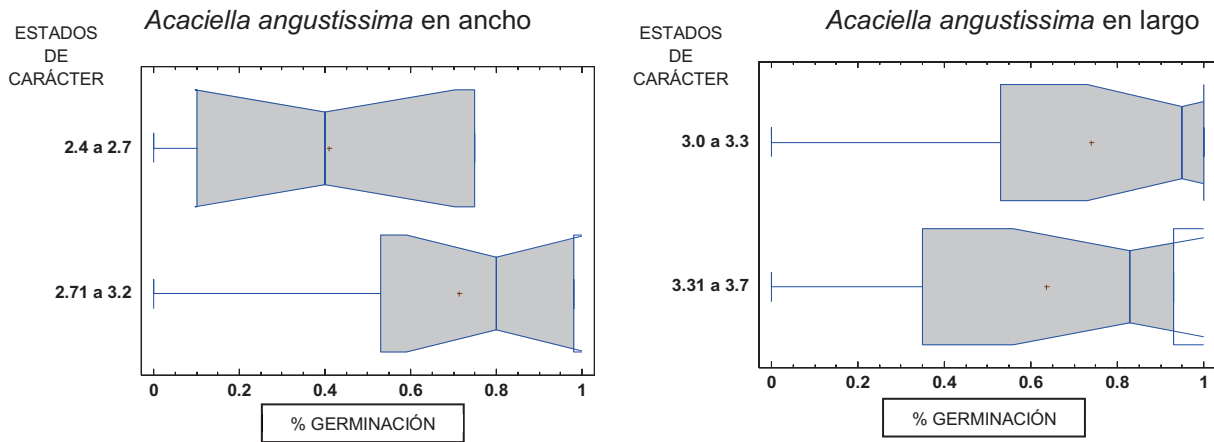


Figura 14. Gráficos de cajas y bigote para la germinación con tratamiento pregerminativo en *Acaciella angustissima* (ancho y largo seminal).

## DISCUSIÓN

La forma seminal frecuentemente se relaciona con el sitio en que se desarrolla la diáspora dentro del ovario (Stuppy, 2012). De acuerdo a Dalling (2002), las formas redondeadas en las semillas sobreviven en lapsos de tiempo mayores que las semillas con formas angulares. Asimismo la forma en las semilla influye en la absorción de agua ya que determina el grado de contacto entre ésta con el suelo (Montejo *et al.*, 2014). El 16.6 por ciento de las especies con hábito de bejuco, presentaron semillas provistas de un ala, la cual le permite dispersarse por medio del viento (Smith *et al.*, 2010) y colonizar sitios diferentes a su lugar de origen y de esta manera evitan la competencia con la planta madre y exploran nuevos sitios para aumentar la distribución y el tamaño de la población (Stuppy, 2012). Granados y López, (2001) señalan que en Betulaceae, Bignoniaceae y Pinaceae presentan disemínulos alados, que les permite amortiguar la velocidad de descenso.

Las características morfológicas de la cubierta seminal intervienen en la integridad y en la germinación de las semillas (Pascualides & Ateca, 2013). Un carácter que influye en el proceso de germinación es la superficie seminal. En *Arisaema macrospatum*, *Hamelia patens*, *Porophyllum ruderale* var. *macrocephallum* y *Stemmadenia pubescens* con un porcentaje de viabilidad mínimo al 80 por ciento, se relacionan con este argumento cualitativo, ya que las





superficies tuberculadas o con indumentos, como se presenta en las cuatro especies propician la entrada de agua a las semillas (Montejo *et al.*, 2014), y por ende favorecen la germinación. Aunque los autores anteriores también mencionan que las superficies lisas, como las que presenta *Acaciella angustissima*, *Caesalpinia pulcherrima*, *Indigofera suffruticosa*, *Senna uniflora*, *Sida rhombifolia* retardan el acceso del agua al interior de las diásporas, y con ello vuelven lento el proceso de germinación, aunque la emergencia radicular inició entre el primero y séptimo día, la germinación en general fue lenta, además estas especies (*A. angustissima*, *I. suffruticosa*, *S. uniflora* y *S. rhombifolia*.) presentaron la latencia física que contribuye a una germinación baja.

Un factor que suele afectar a la germinación es la latencia. Baskin & Baskin (2014a) señalaron que varias especies de Fabaceae y Malvaceae presentan latencia física debida a su cubierta seminal que impide la entrada de gases o agua a las diásporas, y es un factor determinante en la germinación (Granados & López, 2001; Ayala-Herrada *et al.*, 2010). En este sentido las especies *Acaciella angustissima*, *Indigofera suffruticosa* y *Senna uniflora* son Fabaceae y *Sida rhombifolia* es una Malvaceae. Smith *et al.*, (2010), indicaron que el género *Acacia* presenta latencia y sus semillas se conservan viables durante largos periodos de tiempo. Al igual que en otras especies de leguminosas, la impermeabilidad de la cubierta seminal se asocia a la desecación y endurecimiento de las semillas durante la maduración. La dureza de la testa evita la entrada de agua o de gases. En condiciones naturales, la cubierta seminal es desgastada por la abrasión mecánica de las partículas del suelo o por la interacción entre la temperatura y la acción microbiana (Salisbury & Ross, 1994; Pavón *et al.*, 2011) o por el paso de las semillas en el tracto digestivo de ciertos animales. En este estudio se comprobó que *Acaciella angustissima* presentó latencia debida a la cubierta seminal y que ésta fue rota a través de escarificación mecánica. Pavón *et al.* (2011) señalaron que la latencia en *Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera* se rompe por escarificación mecánica, como para otras especies de *Mimosa*. Lo mismo se corrobora con otro estudio en la especie *Acaciella angustissima* cuya latencia se elimina mediante escarificación mecánica, por remojo de las semillas durante 4 minutos en agua a temperatura de 80°C seguida de remojo en agua a temperatura



ambiente por 24 horas y la inmersión por 12 horas en agua fría (Sánchez-Martínez *et al.*, 2011).

En relación al polimorfismo, este se observa frecuentemente en la familia Asteraceae, que suele producir más de dos tipos de diásporas que difieren en tamaño o requerimiento germinativo (Marañón, 1987). Stuppy (2012), menciona que en Brassicaceae, Caryophyllaceae, Papaveraceae y Fabaceae, se producen semillas que difieren en morfología, por ejemplo *Ononis sicula* se presenta este fenómeno de polimorfismo en las semillas en relación al color, tamaño, peso y permeabilidad en el agua. En este sentido *Porophyllum ruderale* var. *macrocephallum* pertenece a la familia Asteraceae, y *Acaciella angustissima*, *Caesalpinia pulcherrima*, *Indigofera suffruticosa* y *Senna uniflora*, pertenecen a la familia Fabaceae.

Los compuestos que le dan color a la testa seminal pueden intervenir en la germinación. Las antocianinas, glúcidos, taninos condensados y flavonoides, se encuentran en mayor cantidad en las diásporas de coloración oscura y propician que la germinación ocurra lentamente en comparación con las diásporas claras (Doucet & Cavers, 1997; Tenorio-Galindo *et al.*, 2008). Pascualides & Ateca (2013) mencionan que existe una relación entre el color de las semillas de fabáceas con respecto a la viabilidad, el vigor, la composición química y dureza de la cubierta de las semillas y los patrones de imbibición durante el proceso germinativo (Planchuelo & Carreras, 2011).

Las diferencias germinativas registradas en *Caesalpinia pulcherrima* y *Hamelia patens* entre las semillas de colores claros y oscuros, donde la mayor germinación se obtiene en semillas oscuras, posiblemente se relaciona con el hecho de que el color oscuro es propio de las semillas maduras que están en condiciones fisiológicas de germinar (Marañón, 1987; Doria 2010). Boyle & Hladun (2005), señalaron que las semillas de *Baptisia australis* de colores más claros poseen mayor latencia que las semillas de coloración más oscura, esta latencia se relaciona con la posible maduración de las semillas. Sin embargo, también existe la opción de que el polimorfismo en color no sea un factor que influya en el proceso germinativo, como en *Arisaema macrospatum*.



En relación con el tamaño de las diásporas se pueden encontrar distintos tamaños en una población, dentro de una misma planta, o dentro de un mismo fruto, sin importar que las semillas sean relativamente pequeñas, pueden presentar hasta dos tamaños como ocurre en *Astrophytum myriostigma* (Sánchez-Salas *et al.*, 2006). Ayala-Cordero y colaboradores (2004), indicaron que la variación del tamaño de las diásporas se presenta en especies sin importar el hábito e influye en la supervivencia de las plántulas. El tamaño seminal también repercute en el establecimiento y sobrevivencia de los individuos, al determinar su éxito o fracaso de las especies en un hábitat en particular (Granados & López, 2001). El tamaño de las semillas implica variaciones en la masa del embrión y en las reservas nutricionales (Dalling, 2002; Sánchez-Rendón *et al.*, 2002). Las diferencias en el tamaño del embrión o en las reservas contenidas en las semillas también está relacionado con las condiciones ambientales en que se encontró la planta madre durante la formación de las diásporas (Granados & López, 2001). Alatorre-Cobos & Rodríguez-Trejo (2009), mencionan que la variación en el tamaño seminal, le confiere a las plantas mayores probabilidades de germinar en distintas condiciones ambientales. En árboles tropicales se ha observado que los factores microclimáticos y macroclimáticos afectan el tamaño y fisiología de las semillas, donde la condición determinante para el establecimiento de las plántulas es la luz (Sánchez-Rendón *et al.*, 2009). Igualmente se considera que las especies al encontrarse bajo presión de selección, probablemente propician un incremento en las reservas de las semillas y en el contenido de nutrimentos para apresurar el crecimiento inicial de las raíces y por consiguiente tener un establecimiento exitoso de las plántulas jóvenes (Leishman & Westoby, 1994; Sánchez-Rendón *et al.*, 2009).

Venudevan & Srimathi (2013), mencionaron que un mayor tamaño seminal no sólo se relaciona con una mayor cantidad de reservas nutricionales, sino también con una regulación enzimática distinta, como el comportamiento observado en *Aegle marmelos* donde notaron una mayor actividad de  $\alpha$ -amilasa y otras hidrolasas que participan en la germinación, para obtener un rápido uso del almidón (Bonner & Galston, 1967) a glucosa (Salisbury & Ross, 1994). Así, el tamaño de las diásporas le brinda la ventaja a las semillas grandes de tener mayor



probabilidad de germinar (Leishman & Westoby, 1994; Granados & López, 2001). En este estudio, las semillas de mayor tamaño de *Passiflora porphyretica*, *Acaciella angustissima* y *Porophyllum ruderale* var. *macrocephallum* tuvieron los porcentajes de germinación más altos y en las dos últimas especies en menor tiempo, lo cual concuerda con lo propuesto por Venudevan y Srimathi (2013). La elevada velocidad germinativa apoyaría el rápido establecimiento de plántulas y la permanencia de la población en un ambiente determinado (Huerta-Paniagua & Rodríguez-Trejo, 2011). Leishman y Westoby (1994), indicaron que el éxito de las plántulas jóvenes provenientes de semillas pequeñas, al ser menos robustas que las procedentes de semillas grandes que provocan ante el impacto de la lluvia que sean desprendidas del suelo y se vuelvan más vulnerables. Sin embargo, las plántulas derivadas de semillas grandes puedan permanecer en el suelo, y tener una menor mortalidad post-emergencia.

Otra ventaja que poseen las semillas grandes es que consiguen emerger desde mayores profundidades (Dalling, 2002) en el suelo, donde los niveles de humedad son más favorables para la germinación y pueden sobrevivir ante condiciones de baja humedad (Leishman & Westoby, 1994). Sánchez-Rendón *et al.* (2002), indicaron que en algunas especies la rápida germinación es una ventaja al proporcionarle la capacidad de escapar de la depredación, al contar con mayor oportunidad de sobrevivir como plántula que como posible alimento de un depredador de semillas o escapar de patógenos seminales. Aunque los autores anteriores indican que las semillas de menor tamaño de *Calophyllum pinetorum* presentan valores mayores de latencia embrionaria, a diferencia de las semillas grandes.

En *Desmodium paniculatum*, una mayor cantidad de reservas seminales produce plántulas de mayor tamaño, con mejor resistencia a la sequía, raíces más largas y mayor tasa de crecimiento posterior a la emergencia (Granados & López, 2001). Leishman y Westoby (1994), mencionan que para tolerar las condiciones de desecación durante el desarrollo plántular se debe contar con células pequeñas con paredes celulares gruesas para reducir el estrés mecánico y un aumento de la concentración osmótica del contenido celular, lo que conlleva a un gasto energético alto y una baja tasa fotosintética, por lo que un mayor tamaño seminal,



le brinda grandes reservas a la planta y la capacidad de tolerar el bajo contenido de humedad en el suelo. Por lo tanto, el tamaño grande en las semillas, asociado con la tasa de crecimiento relativo lento y la tolerancia a la sequía puede permitir que una plántula persista durante períodos de tiempo más largos a niveles bajos de humedad en el suelo. Sin embargo el proceso germinativo también se relaciona con la capacidad que tienen las semillas de menor tamaño de embeberse en menor tiempo y desencadenar la germinación,—como ocurre en las semillas *Stemmadenia pubescens* de menor tamaño. Además, las semillas pequeñas son capaces de penetrar por pequeñas grietas en el suelo, y permanecer en micrositios con mayor humedad (Sánchez-Salas *et al.*, 2006). Pascualides y Ateca (2013), indicaron que las semillas pequeñas de *Glycine max* germinaron más rápidamente probablemente porque requieren de menor cantidad de agua para germinar. Marañón (1987), menciona que en especies dimórficas, las semillas chicas con alta dispersión germinan rápidamente, en comparación con las semillas grandes con germinación retrasada. Igualmente el tamaño chico en las semillas tiene una ventaja al contar con menor tiempo para desarrollarse y frecuentemente ser más longevas (Granados & López, 2001). En árboles de *Virola surinamensis* los individuos procedentes de semillas chicas, presentan mayor tasa de remoción por aves frugívoras, en comparación de los que proceden de semillas grandes, facilitando así su dispersión y disminuyendo su tasa de mortalidad (Dalling, 2002).

En especies con polimorfismo en tamaño de las semillas, las más pequeñas forman bancos de semillas en el suelo y pueden evitar la depredación y ser capaces de sobrevivir a una mayor cantidad de micrositios (Ayala-Cordero *et al.*, 2004) y de esta manera pueden ser más exitosas. En *Chamaedorea elegans* las semillas pequeñas y medianas exhibieron una alta germinación en contraste de las semillas grandes (Alatorre-Cobos & Rodríguez-Trejo, 2009), y en *Astrophytum myriostigma* las semillas pequeñas igualmente alcanzaron mayor germinación que las de mayor tamaño (Sánchez-Salas *et al.*, 2006).

Sin embargo aunque en una especie exista variabilidad de tamaño, no siempre se relaciona con la germinación (Smith *et al.*, 2010), ya que este proceso depende de varios factores intrínsecos como ambientales. La dependencia o no con la germinación estará en función de varios rasgos morfológicos y de su



interacción con el ambiente específico de su depositación final. Pascualides y Ateca (2013) indicaron que el tamaño en *Crotalaria juncea* por sí sólo no es un factor que tenga mayor incidencia en la germinación.

## CONCLUSIONES

- ❖ En algunos casos el polimorfismo que muestran las especies en el tamaño de las diásporas o semillas no determina que alcancen una mayor germinación, sólo en las especies *Passiflora porphyretica*, *Porophyllum ruderale* var. *macrocephallum* y *Acaciella angustissima*.
- ❖ Las cubiertas seminales de colores más claros, no siempre se relacionan con un alto porcentaje germinativo, como ocurre en *Stemmadenia pubescens*, sino también dependen de varios factores intrínsecos como ambientales.



## LITERATURA CITADA

- Alatorre-Cobos, J. & Rodríguez-Trejo, D.A., (2009). Concentración de carbohidratos y peso fresco durante la germinación de *Chamaedorea elegans* Mart. y factores que la afectan. *Rev Chapingo Ser Cie* 15:73-79.
- Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez & E. Loa (coordinadores). (2000). Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México.
- Ayala-Herrada, L., Villafañe-Cruz, M., Pinacho-López, B., Arroyo-Ledezma, J. & Magaña-Sevilla, H. (2010). Escarificación de semillas de *Indigofera hirsuta* (Linneaus), *Canavalia marítima* (Thouars) y *Crotalaria longirostrata* (Hook). *Rev Fac Agron LUZ* 27:433-446.
- Ayala-Cordero, G., Terrazas, T., López-Mata, L. & Trejo, C. (2004). Variación en el tamaño y peso de la semilla y su relación con la germinación en una población de *Stenocereus beneckeii*. *Interciencia* 29:692-697.
- Barragán, M. S. M. (2016). Emergencia y crecimiento de plántulas de *Pinus cembroides* en condiciones postincendio. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, México.
- Baskin, C. & Baskin, J. (1998). Types of Seed Dormancy. En: Baskin, C. & Baskin (eds.). *Seeds: Ecology, Biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Academy Press. San Diego, California. pp. 27-47.
- Baskin, C. & Baskin, J. (2014). Variation in seed dormancy and germination within and between individuals and populations of species. En: Baskin, C. & Baskin (eds.). *Seeds Ecology, Biogeography, and evolution of dormancy and germination*. 2a ed. Academy Press. San Diego, California. pp. 352-362.
- Bonner, J. & Galston, A. W. (1967). *Principios de Fisiología Vegetal*. 5a ed. Ediciones Aguilar. Madrid.
- Boyle, T. H. & Hladun, K. (2005). Influence of seed size, testa color, scarification method, and immersion in cool or hot water on germination of *Baptisia australis* (L.) R. Br. *Seeds. HortScience* 40: 1846-1849.



- Brittan, N. H. (1971). Short communications. Seed colour polymorphism in *Thysanotus tuberosus* R. BR. *Aust J Biol Sci* 24: 1341-1345.
- Castillo, F. A. A. (1995). Movimiento de diásporas de cinco especies herbáceas de vegetación secundaria, con distintos síndromes de dispersión, hacía una selva húmeda. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Castillo, A. S., Guadarrama, C. P, Martínez-Orea, Y., Mendoza-Hernández, P. E., Núñez-Castillo, O., Romero-Romero, M. & Sánchez-Gallén, I. (2002). Diásporas del Pedregal de San Ángel. Facultad de Ciencias: UNAM. México.
- Cronquist, A. (1971). Introducción a la Botánica. 2da. Edición. México: Compañía Editorial Continental.
- Dalling, J. W. (2002). Ecología de semillas. En Guariguata, R. M. & Kattan, H. G. (eds.). Ecología y conservación de los Bosques Neotropicales. Libro Universitario Regional. Cartago, Costa Rica. Pp. 345-376.
- Dof.gob.mx. (2007). Diario Oficial de la Federación (DOF). (2007). Recuperado en: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5007798&fecha=27/11/2007&print=true](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5007798&fecha=27/11/2007&print=true). [consulta 25-09-2016].
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales* 31: 74-85.
- Doucet, C. & Cavers, B. P. (1997). Induced dormancy and color polymorphism in seeds of the bull thistle *Cirsium vulgare* (Savi.) Ten. *Seed Sci. Res.* 7: 399-407.
- Evert, R. F. (2008). Esau Anatomía Vegetal. Meristemas, células y tejidos de las plantas: su estructura, función y desarrollo. 3a edición. Ediciones Omega. Barcelona.
- Garrido, J. L., Rey, P. J. & Herrera, C. M. (2005). Fuentes de variación en el tamaño de la semilla de la herbácea perenne *Helleborus foetidus* L. (Ranunculaceae). *Anales Inst. Bot. Cavanilles* 62:115-125.
- González, J. (2009). Glosario Botánico. En: Flora Digital de la Selva. Organización para Estudios Tropicales. Recuperado en: <http://sura.ots.ac.cr/florula4>.





- Granados, S. D. & López, R. G. F. (2001). Ecología de Poblaciones Vegetales. Universidad de Chapingo. México, Texcoco.
- Huerta-Paniagua, R. & Rodríguez-Trejo, D. A. (2011). Efecto del tamaño de semilla y la temperatura en la germinación de *Quercus rugosa* Née. *Rev Chapingo Ser Cie* 17:179-187.
- INEGI. (2009a). Taxco de Alarcón, Guerrero. Clave geoestadística 12055. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.
- INEGI. (2009b). Pilcaya, Guerrero. Clave geoestadística 12049. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.
- Leishman, M. & Westoby, M. (1994). The role of seed size in seedling establishment in dry soil condition—Experimental evidence for semi-arid species. *J. Ecol.* 82: 249-258.
- Luzuriaga, L. A., Escudero, A. & Pérez-García F. (2005). Environmental maternal effects on seed morphology and germination in *Sinapis arvensis* (Cruciferae). *Weed Res* 46:163-174.
- Marañón, T. (1987). Ecología del polimorfismo somático de semillas y la sinaptospermia en *Aegilops neglecta* Req. Bertol. *Anales Inst. Bot. Cavanilles* 44:97-107.
- Martínez, G. M., Cruz, D. R., Castrejón, R. J. F., Valencia, Á. S., Jiménez, R. J. & Ruiz-Jiménez, C. A. (2004). Flora Vascular de la porción guerrerense de la Sierra de Taxco, Guerrero, México. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Bot.* 75:105-189.
- Martínez, O. Y., Castillo, A. S. & Guadarrama, C. P. (2009). La dispersión de frutos y semillas y la dinámica de comunidades. *Ciencias* 96: 38-41.
- Montejó, V. L. A., Muñoz, B. C., Sánchez, J. A. & Gamboa, A. (2014). Variabilidad seminal entre las especies de un bosque siempreverde tropical de la Sierra del Rosario, Cuba. *Bosque* 35:37-47.
- Moreno, P. N. (1984). Glosario botánico ilustrado. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz.



- Núñez-Farfán, J. S. (1985). Aspectos ecológicos de especies pioneras en una selva húmeda de México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Ortiz, G. S. (1992). Heteromorfismo en semillas de *Palafoxia lindenii* A. Gray, una especie endémica de las dunas costeras del Golfo de México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Ortiz-Martínez, E. L., Velasco de León, P., Salgado-Ugarte, I. H. & Silva-Pineda, A. (2013). Clasificación del área foliar de las gimnospermas fósiles de la zona norte de Oaxaca, México. *Rev. Mex. Cienc. Geol.* 30:150-158.
- Pascualides, A. L. & Ateca, N. S. (2013). Germinación y vigor de morfotipos de *Crotalaria juncea* L. (Fabaceae). *Phyton (Buenos Aires)* 82:313-319.
- Pavón, P. N., Batallo-Santos, J. & Pérez-Pérez, C. (2011). Germinación y establecimiento de *Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera* (Fabaceae-Mimosoideae). *Revista Mex. Biodivers.* 82:653-661.
- Planchuelo, A. M. & Carreras, M. E. (2011). Evaluación de la diversidad morfológica en *Crotalaria incana* L. (Fabaceae, Faboideae), una leguminosa silvestre de valor forrajero. *AgriScientia* 28:39-49.
- Rzedowski, J., (2006). Vegetación de México. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Rodríguez, V. J., Sinaca, C. P. & Jamangapé, G. G. (2009). Frutos y semillas de árboles tropicales de México. INE-SEMARNAT. México, D.F.
- Rubio-Licona, L. E., Romero-Rangel, S., Rojas-Zenteno E. C., Durán-Díaz, A. & Gutiérrez-Guzmán J. C. (2011). Variación del tamaño de frutos y semillas en siete especies de encino (*Quercus*, Fagaceae). *Polibotánica* 32:135-151.
- Salgado-Ugarte, I. H., Gómez-Márquez, J.L. & Peña-Mendoza, B., (2005), Métodos actualizados para análisis de datos biológicos-pesqueros: UNAM, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, México. 240 pp.
- Salgado-Ugarte, I. H., (2013). Métodos estadísticos exploratorios y confirmatorios para análisis de datos. Un enfoque biométrico. Libro de texto, F.E.S. Zaragoza y DGAPA, UNAM. Cd. 299 p.



- Salisbury, F. B. & Ross, C. W. (1994). Fisiología Vegetal. México: Grupo Editorial Iberoamericana.
- Sánchez-Martínez, E., Hernández, O. J. G., Hernández, M. M. M., Maruri, A. B., Torres, G. L. E. & Chávez, M. R. (2011). Técnicas para propagación de especies nativas clave para la forestación, la reforestación y la restauración en el municipio de Querétaro y su área de influencia. Santiago de Querétaro, Qro., México: CONCYTEQ.
- Sánchez-Rendón, J. A., Montejo, V. L. A. & Hernández, M. L. (2013). Efectos del tamaño de la semilla y la herbivoría sobre el establecimiento de plántulas arbóreas en diferentes suelos. *Ci. Biol. Acad. Ci. Cuba* 3: 1-29.
- Sánchez-Rendón, J. A., Muñoz, B. & Montejo, L. (2009). Rasgos de semillas de árboles en un bosque siempreverde tropical de la Sierra del Rosario, Cuba. *Pastos y Forrajes* 32:1-20.
- Sánchez-Rendón, J. A., Muñoz, B., Orta, R., Calvo, E. & Herrera, R. (1997). Correlación entre el heteromorfismo somático y la respuesta germinativa de semillas de *Mastichodendron Foetidissimum* (Jacq.) Cronq. *Acta Botánica Mexicana* 38:1-7.
- Sánchez-Rendón, J. A., Muñoz, G. B., Remis, C. Y. & Torres, A. Y. (2002). Correlación entre el tamaño de la semilla, la dormancia, la germinación y el vigor de las plántulas de *Calophyllum pinetorum*. *Revista Jard. Bot. Nac. Univ. Habana* 23:75-84.
- Sánchez-Salas, J., Flores, J. & Martínez-García, E. (2006). Efecto del tamaño de semilla en la germinación de *Astrophytum myriostigma* Lemaire. (Cactaceae). *Interciencia* 31: 371-375.
- Silverman, B. W. (1986). Density estimation for statistics and data analysis. London: Chapman & Hall.
- Smith, T. M., Wang, P. B. S. & Msanga, P. H. (2010). Dormancia y Germinación. En: Vozzo, J. A. (ed.). Manual de Semillas de árboles Tropicales. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio Forestal. Washington. Pp.157-182.
- Stuppy, W. (2012). An introduction to the morphology and anatomy of seed. Royal Botanic Gardens, Kew: Millennium seed bank partnership Kew.



- Tenorio-Galindo, G., Rodríguez-Trejo, D. A. & López-Ríos, G. (2008). Efecto del tamaño y color de la semilla en la germinación de *Cecropia obtusifolia* Bertol (Cecropia). *Agrociencia* 42: 585-593.
- Valadez-Gutiérrez, J., Mendoza-Onofre, L. E., Castillo-González, F., Córdova-Téllez, L. & Mendoza-Castillo, M. del C. (2011). Selección por tamaño de semillas y su efecto en la germinación de semillas y vigor de plántulas de líneas mantenedoras de sorgo. *Agrociencia* 45:893-909.
- Venudevan, B. & Srimathi, P. (2013). Influence of seed polymorphism on physical, physiological and biochemical seed quality characters of endangered medicinal tree Bael (*Aegle marmelos* (L.) Corr.). *Sci. Res. Essays* 8:1413-1419.
- Wei, Y., Dong, M. & Huang, Z. (2007). Seed polymorphism, dormancy and germination of *Salsola affinis* (Chenopodiaceae), a dominant desert annual inhabiting the Junggar Basin of Xinjiang, China. *Aust. J. Bot.* 55: 464-470.