



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

“ZARAGOZA”

**Germinación de ocho especies de la familia
Fabaceae, bajo diferentes regímenes de
temperatura.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G O

P R E S E N T A :

JORGE CRUZ MEDINA

DIRECTOR: Dra. María Socorro Orozco Almanza

**Adscripción: Unidad de Investigación en Ecología Vegetal, FES Zaragoza,
UNAM.**

MÉXICO, D.F.

Noviembre del 2010





Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por el espacio y oportunidad de desarrollarme integralmente y a la carrera de biólogo, que me brindó una formación completa e interdisciplinaria, en un sentido no solamente académico, sino también cultural y deportivo.

A mi familia, empezando por mi jefesita santa (jaja) Teresa por aguantarme demasiado; a mis hermanos Beto “el consentido” y Charlie “el filósofo” por su amenidad y consejos de hermanos mayores; y a mi papá Gerry. A todos ustedes gracias por su gran apoyo y ¡Qué chido que son MI FAMILIA! ¡LOS AMO!

A mis demás familiares: Los abuelos Chenchó-Pra y Ciri-Carmen y todos los tíos y primos. Gracias por ser el sostén de mi familia.

A los profesores: Dr. Arcadio Monroy Ata, Dra. Socorro Orozco Almanza, Dra. Esther Matiana García Amador, Dr. Eloy Solano Camacho y Biol. Juan Romero Arredondo por revisar y mejorar este trabajo.

A Socorro, Arcadio, Miguel, Bety, Elvia, Montoya, Genaro, Gloria, Castillejos, Rico y demás profesores de los cuales aprendí mucho -no sólo académicamente- en el transcurso de la carrera. Muchas gracias por contribuir en mi formación.

A mis casi hermanos: Adrian (Animal, Toc), Alejandro (Baldo, Calvo, Cebú, etc.), Ángel (Chipi, Orejas, Titi, etc.), Bere, Beto (Betín, Albino), Chucho (Flower), Gaby, Juanito (Pollo, Narciso, Gonzo, etc.), Manuel (Mamer, Labios, Badu, etc.), René (Charrito, Ingastuma), Susana Lulú (Moco seco), Tania (Chapis), Víctor (Pigmeo, Chaparro) y Yessi (Tardus); por ser graciosos, amenos, talentosos, agradables, torpes, alcohólicos (jaja excepto Gaby), alentadores, “paleros” y huleros en cada momento que estoy con ustedes. ¡MUCHAS GRACIAS!

A mis amigos: Alejandra (querer de Nahúm), Alejandro (Chiquilín), Ana Vollbert, Auros, Braulio (I Robot), Carmelo (el salvadoreño), Charly (sí, tú, el que se burló de la gorda cuando se cayó), Cindel, Dioné, Don Beto (el de las tortas), Elizabeth Camacho, Hortensia (la de los licuados), Hugo Romero, Itzamná (bichoss), Ivar, Jesús (Bisbal), Josecito, Laura (Ñoña), Libertad, Lucy, Mari Espe, Mario Barragán, Mitzi, Nahúm (El Bastardo), Noemí, Ofis (también Ñoña), Richie Pascual, Rafa, Raziél, Rey, Reyna, Ricardo (Jaime), Stacy y Valeria por todos esos “agradabilísimos” momentos que hemos pasado. ¡Siempre los recuerdo, viejos y chamakas!

A mis amigos que recuerdo por el fútbol (claro, y que no eran tan buenos como yo): Profesor Leopoldo Cuevas (Polo), Irving, Javo, Paco, Chay, Andrés, Alex (del SMD, que me curaba las lesiones), Juan Carlos, Omar (bambuchas), Pablota, Pacheco, Topo, Tonatiuh (Mijares) y demás.

A Alejandra, Fernando, Gaby (chaparrita), Lili, Mariana, Marlene, Víctor y Yanin (amigos del Inglés), que aunque tengo poco tiempo de conocerlos, me han brindado su amistad.

A Mario Hernández, Miguel, Martha Rocha, Erika y Jaime Aportella (amigos del ine, laboratorio de biología molecular, UAM I).

A las personas que de alguna manera formaron parte de mi formación académica, social y deportiva dentro y fuera de la universidad y se me ha olvidado mencionarlas.

Y por supuesto a DIOS

Todos ustedes han sido parte de mi vida -espero que sigan siéndolo- y han ayudado a ser la persona que soy ahora, de la cual estoy completamente orgulloso. Se los retribuiré cada vez que me necesiten. En verdad ¡GRACIAS!

Jorge Cruz Medina



Contenido

	Página
Resumen	4
I. Introducción	5
II. Antecedentes	
2.1 Semillas	6
2.2 Morfología	6
2.3 Depredación	6
2.4 Germinación	7
2.5 Viabilidad	8
2.6 Longevidad	8
2.7 Latencia y mecanismos para eliminarla	9
2.8 Generalidades	
2.8.1 Género <i>Mimosa</i> L.	10
2.8.2 Género <i>Acacia</i> Mill.	11
2.8.3 Género <i>Prosopis</i> L.	11
III. Descripción de la zona de estudio	13
IV. Justificación	14
V. Hipótesis	15
VI. Objetivos	
6.2 Objetivo general	16
6.2 Objetivos particulares	16
VII. Materiales y métodos	
7.2 Procedencia del germoplasma	17
7.2 Morfología externa e interna de la semilla	17
7.3 Características físicas de la semilla	17
7.4 Prueba de viabilidad con cloruro de 2, 3, 5 trifenil-tetrazolio	18
7.5 Porcentaje de depredación	18
7.6 Germinación bajo condiciones de laboratorio	18
7.7 Germinación en campo	19
7.8 Análisis estadístico y tratamiento de los resultados	19
VIII. Resultados y discusión	
8.1 Morfología de las semillas	21
8.2 Efecto de la depredación de las semillas en su germinación	29
8.3 Germinación de ocho especies bajo cinco regímenes de temperatura <i>Mimosa biuncifera</i> (procedencia González-González, Hgo.)	30

	Página
<i>Mimosa biuncifera</i> (procedencia Parque Ecológico Cubitos, Hgo.)	31
<i>Mimosa luisana</i>	31
<i>Mimosa depauperata</i>	31
<i>Mimosa calcicola</i>	31
<i>Mimosa purpusii</i>	32
<i>Acacia constricta</i>	32
<i>Acacia farnesiana</i>	32
<i>Prosopis laevigata</i>	32
8.4 Germinación de seis especies en campo	38
IX. Conclusiones	43
X. Referencias	44
XI. Anexos	48
XII. Glosario de términos técnicos	51



Cuadros y Figuras

	Página
I. Procedencia del germoplasma	17
II. Germinación en campo	19
III. Atributos generales de las semillas	27
IV. Características de algunas estructuras de las semillas	27
V. Características de algunas estructuras internas de las semillas	28
VI. Características físicas y biológicas de las semillas	28
Fig. 1. Localización de la zona de estudio en campo	13
Fig. 2 Dendograma	22
Fig. 3. Morfología externa de las semillas	24
Fig. 4. Dimensiones de las semillas	25
Fig. 5. Morfología interna de las semillas	26
Fig. 6. Germinación de semillas parasitadas por brúchidos y semillas escarificadas a 25°C	29
Fig. 7. Germinación de las ocho especies bajo condiciones de laboratorio	33
Fig. 8. Germinación bajo condiciones de laboratorio: coeficiente de velocidad y porcentaje de germinación	35
Fig. 9. Germinación de seis especies en campo	39
Fig. 10. Estudio de la germinación de semillas en campo	40
Fig. 11. Germinación en campo: coeficiente de velocidad y porcentaje de germinación	41



Resumen

Especies de la familia Fabaceae como las del género *Mimosa*, *Acacia* y *Prosopis* son leguminosas predominantes en ecosistemas propios de zonas áridas y semiáridas. Estos arbustos se reproducen y desarrollan en condiciones extremas de temperatura y limitantes de agua, en las localidades donde crecen, asimismo son fuente de alimento para diversos animales y en ocasiones son utilizadas como combustible. A pesar de su importancia ecológica y económica, existen pocos estudios en relación con su biología, ecología y potencialidad de uso como elementos susceptibles de utilizarse en programas de restauración. Este trabajo tuvo como objetivo conocer el efecto de la temperatura en la germinación de ocho especies de leguminosas: *Mimosa biuncifera*, *M. luisana*, *M. depauperata*, *M. calcicola*, *M. purpusii*, *Acacia farnesiana*, *A. constricta* y *Prosopis laevigata*, así como el potencial germinativo en semillas parasitadas por insectos de la familia Bruchidae. Se realizaron pruebas de germinación y determinación morfológica (interna y externa) del germoplasma para cada una de las ocho especies, así como de algunas características físico-biológicas. Además, se evaluó la germinación en condiciones de campo bajo dosel y en área abierta para seis de las especies. Para los estudios de germinación se utilizó un grupo de semillas testigo y otro con escarificación mecánica para eliminar latencia física en las semillas. Los resultados indicaron que la morfología externa de las semillas no presenta un patrón determinado en función del género; sin embargo, las ocho especies mostraron una estructura y composición internas similares. El parasitismo por coleópteros tiene un efecto nocivo en la germinación. Para las ocho especies de leguminosas se encontró una temperatura óptima de germinación entre 25 y 35°C; asimismo, la germinación se inhibe en la mayoría de las especies a las temperaturas extremas de 5 y 45°C; a bajas temperaturas las semillas mantienen su viabilidad, mientras que, a temperaturas elevadas se pierde. *Mimosa purpusii* y *Prosopis laevigata* germinan desde 5 a 35°C y desde 5 a 45°C respectivamente, lo que les da la característica de ser especies eurotérmicas (es decir, que germinan en un intervalo de temperaturas amplio). En campo, la germinación se presentó tanto bajo dosel como en áreas abiertas, resultando mayor en las primeras (promedio 80%) y con semillas escarificadas, donde la radiación fotosintéticamente activa (PAR) es hasta cuatro veces menor en comparación a áreas abiertas. Semillas escarificadas presentaron porcentajes de germinación altos bajo condiciones de laboratorio (>80%), en relación con los testigos (promedio <25%). Una testa dura en las semillas de estas especies requiere que sean escarificadas para obtener mejores valores de germinación. Los resultados de este estudio ayudan a comprender algunos factores abióticos que regulan la germinación de leguminosas y crear recomendaciones para la regeneración vegetal con especies nativas en sitios deteriorados mediante la propagación por semillas.

I. INTRODUCCIÓN

En México la vegetación arbustiva forma parte de los matorrales xerófilos de las zonas semisecas (con clima BS); los matorrales son uno de los tipos de vegetación más extensos y diversos, que constituyen el 65% de la superficie del territorio (Rzedowski, 1978). Sin embargo, a pesar de su importancia estos ecosistemas presentan cierto grado de deterioro. Challenger (1998), menciona que las zonas áridas y semiáridas constituyen uno de los ecosistemas mexicanos con mayor riesgo de desaparecer, debido a la expansión de la agricultura, el sobrepastoreo del ganado introducido y el crecimiento de la población humana entre otros factores.

Muchas especies perennes y anuales que habitan en esta zonas presentan como única estrategia reproductiva la propagación sexual, las cuales requieren cumplir ciertas características intrínsecas (viabilidad y latencia) así como extrínsecas (factores ambientales) para germinar, lo que dificulta el desarrollo de la vegetación; sin embargo, especies de la familia Fabaceae como las del género *Mimosa* constituyen un ejemplo de plantas que han colonizado con éxito estas zonas (Orozco, 2003).

Es necesario entender los mecanismos que permitan la germinación de las semillas para una mejor optimización en la utilización de esta estrategia reproductiva. La germinación exitosa de una semilla depende de la calidad del germoplasma, el tamaño y peso de la semilla, su viabilidad, los mecanismos de latencia que posee, las tasas de depredación y los requerimientos específicos de luz, temperatura y humedad (Bewley y Black, 1994).

A pesar de la gran importancia de las especies del género *Mimosa*, como proveedoras de muchos usos y servicios, éstas han tenido poca atención, como muchas otras leguminosas en las zonas áridas y semiáridas de México (Camargo-Ricalde *et al.*, 2001). Uno de los problemas relacionados con la falta de estudios ecológicos en las leguminosas, es la dificultad para la obtención de plántulas a partir de semillas (Orozco, 2003). De aquí la necesidad de generar información en esta área prioritaria para los trabajos prácticos de propagación vegetal.

Por lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo responder las siguientes preguntas: ¿Cuál es la potencialidad germinativa de las semillas depredadas de ocho especies de leguminosas? ¿Cuál es el efecto de la temperatura en la germinación? ¿Las especies germinan en el campo, tanto bajo el dosel como en área abierta?



II. ANTECEDENTES

2.1 Semillas

Una semilla es una estructura que se compone de un embrión, del tejido nutrimental para el embrión (endospermo) y de una cubierta externa. En términos generales, la semilla es la fase del ciclo biológico de la planta que está mejor adaptada para resistir condiciones ambientales adversas y su función es originar un nuevo individuo, propiciar la manifestación del genoma perpetuando la especie a la que pertenece, aun bajo condiciones ambientales desfavorables, y permitir su dispersión a nuevos hábitats. Las semillas proceden de los primordios o rudimentos seminales de la flor (óvulos), una vez fecundadas y maduradas las ovocélulas (Grime *et al.*, 1981).

Para que la semilla cumpla con su función es necesario que el embrión se transforme en una plántula que sea capaz de desarrollarse y crecer, para finalmente poder convertirse en un individuo adulto. Todo ello comprende una serie de procesos metabólicos y morfogenéticos que comienzan con la germinación, la cual, para que tenga lugar, es necesario se presenten una serie de condiciones ambientales favorables.

2.2 Morfología de las semillas

La morfología en biología se refiere a la forma, estructura y configuración de un organismo, esto incluye los aspectos de la apariencia externa (forma, estructura, color, modelo, entre otros) así como la forma y disposición de las partes internas del mismo (Scagel *et al.*, 1987).

Los caracteres morfológicos y anatómicos de las semillas han sido considerados de importancia taxonómica, sobre todo a nivel de la superficie seminal donde para la mayoría de las especies se muestra un patrón estructural constante, como lo señalan los trabajos de Gunn (1981). Muchas de estas características permiten establecer relaciones de órdenes adaptativo-ecológicas, fisiológicas y evolutivas. Así también, existen resultados que indican la importancia de utilizar las características morfológicas de las semillas (tanto internas como externas) en los estudios botánicos, pues, además de contribuir a la resolución de problemas taxonómicos (niveles taxonómicos superiores a especie), permiten obtener información de interés para la identificación en etapas tempranas de desarrollo de la planta (Ubierno y Lapp, 2007).

2.3 Depredación de las semillas

La depredación de semillas también denominada granivoría, es un tipo de interacción planta-animal en el que granívoros (depredadores) se alimentan de las semillas de plantas como la principal o exclusiva fuente de alimento, en muchos casos dejando las semillas dañadas y no viables (Janzen, 1971). Este evento se considera como un importante factor limitante del éxito reproductivo de las plantas y puede ser causada por pequeños mamíferos, aves o insectos, y ocurrir antes o después de la dispersión de las semillas; variando su intensidad entre especies, poblaciones e individuos. Son muchos los elementos que influyen y modifican estas interacciones entre plantas y animales, ya sea cualitativa o

cuantitativamente (historia de vida de las especies involucradas, factores ambientales locales, composición de la comunidad en la cual se hallen las especies, entre otros) (Armella, 1990).

En general, la acción depredadora de los granívoros puede llegar a alterar la cantidad de semillas en el suelo e influir en la densidad y la composición de especies de plantas (Janzen, 1971), así pues, es importante identificar como afectan las diferentes interacciones depredador/semilla en la germinación debido a que la depredación puede ser parcial (lo que en ocasiones pudiera servir como un mecanismo de escarificación) o total.

2.4 Germinación

La germinación es el proceso fisiológico por medio del cual se reinicia el crecimiento del embrión, comienza con la imbibición de agua por parte de la semilla y termina cuando emerge la radícula (Bewley y Black, 1994), morfológicamente implica que el embrión se transforme en plántula y no dependa del tejido de reserva para su supervivencia.

El primer paso para la germinación es la imbibición, por la semilla, de grandes cantidades de agua. Esto va seguido de una activación enzimática, del comienzo de un rápido aumento de la velocidad de respiración y del inicio de la síntesis protoplásmica. La cantidad de alimento almacenado disminuye a medida que la digestión y la respiración continúan. Con la imbibición de agua, la liberación de energía y el comienzo de los procesos de crecimiento, el embrión se hace demasiado grande para la cubierta seminal; aparecen hendiduras en ésta, y el ápice de la radícula emerge (Fuller, 1974).

Los factores y condiciones específicas necesarias para que la germinación tenga lugar aún no se conocen del todo para muchas especies, sin embargo, se generalizan en condiciones intrínsecas o propias de la semilla y condiciones extrínsecas o ambientales. Las condiciones intrínsecas son viabilidad de la semilla (el embrión debe estar vivo, generalmente tiene el mínimo contenido de humedad y de actividad metabólica) y fin de la quiescencia (la semilla debe haber alcanzado la madurez morfológica y fisiológica). Entre las condiciones extrínsecas se encuentra la humedad (la semilla debe disponer de agua suficiente para embeberse), temperatura (debe estar dentro de los límites necesarios a la especie, generalmente entre 10 y 30°C), oxígeno (suficiencia y una composición gaseosa similar a las de las primeras capas de la biosfera) y radiación (en la mayoría de las especies estimula la germinación, aunque en un grupo reducido la inhibe) (Moreno, 1984).

De los factores mencionados, la humedad, la luz y la temperatura son determinantes del proceso germinativo. La radiación controla la germinación mediante una reacción fotoquímica reversible, que implica la respuesta del pigmento Fitocromo en la semilla a longitudes de onda específicas (660–730 nm aproximadamente). La radiación fotosintéticamente activa (PAR) abarca casi por completo este intervalo de longitudes de onda y se refiere al número de fotones incidentes por unidad de área y tiempo provenientes exclusivamente dentro de la banda 400-700 nm, ya que, como su nombre lo indica, sólo las radiaciones que están compuestas por estas longitudes de onda son las utilizadas en el



proceso fotosintético y representan alrededor del 50% de la radiación total procedente del sol (Coombs *et al.*, 1988).

Por otro lado, cuando la humedad no es limitante, tanto la tasa como el porcentaje de germinación son controlados por la temperatura. Para cada especie existe un intervalo de temperaturas dentro del cual el proceso de germinación puede completarse en un tiempo razonable. Para fines prácticos es importante identificar dicho intervalo, y al mismo tiempo las temperaturas mínima (por debajo de la cual la germinación no es visible por un tiempo razonable), máxima (por encima de la cual no hay germinación) y óptima de germinación (a la cual germina el mayor número de semillas en un período de tiempo mínimo) (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1975).

Como la temperatura óptima de germinación es generalmente muy variable entre especies e incluso entre cultivares de una misma especie, resulta de interés determinar las temperaturas y los requerimientos de luz para la germinación de semillas con fines de estandarizar pruebas de laboratorio, y establecer las condiciones adecuadas de siembra según las áreas geográficas donde la especie puede establecerse exitosamente (Reynolds y Thompson, 1973).

Trabajos realizados por Covell *et al.* (1986), Orozco-Segovia y Vazquez-Yeñez (1989) y Orozco (2003), involucran el efecto de la temperatura en la germinación de las leguminosas. Éste último registra temperaturas óptimas entre 20 y 35°C para el caso de cuatro especies del género *Mimosa* distribuidas en el estado de Querétaro en México.

2.5 Viabilidad de las semillas

La semilla en proceso de muerte se caracteriza por una declinación gradual del vigor, en áreas localizadas de la cubierta pueden aparecer necrosis o lesiones, aunque la diferencia entre la semilla viva y muerta no siempre es notoria. La viabilidad puede expresarse como el porcentaje de germinación potencial, que marca el número máximo de plántulas producidas por un número dado de semillas; son características adicionales de alta calidad, la germinación rápida, el crecimiento vigoroso de las plántulas y un aspecto normal de ellas (Hartman y Kester, 2002).

El vigor de las semillas y de las plántulas son atributos importantes de calidad pero pueden ser algo difícil de medir. El porcentaje bajo, la tasa baja de germinación y vigor reducido, con frecuencia están asociados. La baja germinación puede deberse a las propiedades genéticas de los cultivares, desarrollo incompleto de la planta, daños durante la cosecha, procesamiento inadecuado, enfermedades, envejecimiento y almacenamiento inapropiado. Por lo general la pérdida de viabilidad va precedida por un periodo de declinación del vigor (Karssen, 1981).

2.6 Longevidad de las semillas

Las semillas sufren un proceso de envejecimiento que culmina con la muerte. Particularmente algunas plantas características de climas áridos y semiáridos tienen semillas con una vida larga que las hacen diferentes a las semillas de las plantas tropicales o hábitats húmedos, las cuales presentan una

longevidad muy corta (semillas recalcitrantes). Algunas semillas de leguminosas incluyendo algunas especies de la subfamilia Mimosoidae presentan una mayor longevidad (semillas ortodoxas), sin embargo, bajo condiciones *in situ* la longevidad no es tan larga como *ex situ* (Orozco, 2003). La longevidad de las semillas almacenadas se ve influida por la temperatura, humedad y presión del oxígeno. Un contenido de humedad, temperatura y presión de oxígeno bajos en la semilla y diferentes a las condiciones de almacenamiento favorecen su longevidad (Jiménez, 1990).

Willian (1991) menciona la distinción de semillas de las plantas vasculares en dos tipos: 1) Recalcitrantes, aquellas semillas que no pueden vivir si se les seca más allá de un contenido de humedad relativamente alto (con frecuencia en el intervalo de 20 y 50% peso húmedo) y que no toleran el almacenamiento durante largos periodos; y 2) Ortodoxas, las cuales pueden contener un contenido de humedad bajo, alrededor de un 5% (peso húmedo) y pueden almacenarse perfectamente a temperaturas bajas inferiores a 0°C durante largo tiempo.

Algunos cambios fisiológicos durante el almacenamiento se producen en los tejidos celulares y pueden estar asociados con el envejecimiento fisiológico, entre ellos, pérdida de reservas nutricias debido a la respiración, acumulación de subproductos de la respiración que son tóxicos o inhibidores del crecimiento, pérdida de actividad en los sistemas enzimáticos; pérdida de capacidad en las moléculas proteicas desecadas para recombinarse y formar moléculas protoplasmática activas en una rehidratación ulterior, deterioro en las membranas semipermeables, peroxidación de los lípidos lo que produce radicales libres, los cuales reaccionan con otros componentes de la célula y los dañan; y alteración en el ADN nuclear, que produce mutaciones genéticas y daños fisiológicos (Salisbury y Ross, 2000).

2.7 Latencia y mecanismos para eliminarla

La germinación de especies de zonas áridas es difícil, ya que existen una variedad de mecanismos que regulan la germinación; una muy importante es la latencia de semillas. En la naturaleza la latencia sirve para proteger a las semillas de condiciones desfavorables del medio ambiente y permite la supervivencia del delicado y joven embrión. Scagel *et al.* (1987) llama latencia al estado fisiológico durante el cual el embrión de una semilla no crece ni germina, cuando las condiciones ambientales son desfavorables para la germinación.

La latencia varía según la latitud, la procedencia y también de un año a otro en semillas producidas del mismo progenitor. Existe también la latencia diferencial dentro de la misma especie y lote, de manera que la germinación se escalona a lo largo de un periodo más o menos prolongado. La latencia diferencial y la germinación escalonada son una forma de protección frente al riesgo de que la cosecha entera de semillas sea destruida por alguna catástrofe climática o por una sola plaga (Baskin y Baskin, 1998).

En forma natural diversos factores externos pueden actuar con mayor o menor rapidez para poner fin a la latencia de la cubierta seminal. Entre estos factores figura la alternancia de calor y frío, la alternancia



de condiciones húmedas y secas, el fuego y la actividad animal como organismos del suelo, termes y otros insectos, además de hongos (Bewley y Black, 1994).

La latencia puede ser de distintos tipos y a veces la misma semilla puede presentar más de uno. La clasificación más sencilla distingue entre latencia exógena o del pericarpo/cubierta seminal; latencia endógena o del embrión y latencia combinada, en la que la latencia afecta al mismo tiempo a la cubierta seminal y al embrión. Las semillas de algunas especies poseen una cubierta dura y cutinizada que impide totalmente la imbibición del agua y a veces también el intercambio de gases; sin ellos, es imposible la reanudación del crecimiento embrionario y la germinación. Esta latencia física de la cubierta se da sobre todo en especies adaptadas a las alternancias de estaciones secas y húmedas. Este tipo de latencia se presenta en varios géneros de leguminosas como *Acacia*, *Prosopis*, *Cerotonia*, *Robinia*, *Albazzia* y *Cassia* (Orozco-Segovia, 1991).

Bajo condiciones naturales las semillas con cubiertas impermeables o muy duras, no pueden germinar hasta que la cubierta se ha ablandado. El ablandamiento puede resultar de la acción de descomposición parcial al pasar a través del tracto digestivo de algún animal, de cambios en la estructura coloidal de las paredes celulares causadas por el humedecimiento y el secado repetidos, por la ruptura mecánica de las células por congelamiento y deshielo, soluciones químicas o a causa cualquier combinación para acelerar artificialmente el proceso germinativo. La finalidad de los tratamientos físicos o biológicos de la cubierta es ablandar, perforar, rasgar, abrir la cubierta para hacerla permeable sin dañar al embrión y al endospermo que está en su interior. Todo tratamiento que reduce la impermeabilidad de la cubierta se denomina escarificación (Camacho, 1994). Las semillas de las leguminosas generalmente requieren escarificación física o química para ser liberadas de la latencia (Orozco, 2003).

2.8 Generalidades

2.8.1 Género *Mimosa* L.

El género *Mimosa* (Mimosoideae) comprende 650 géneros y alrededor de 18 000 especies. Este género es principalmente americano, 90% de sus especies se encuentran desde sur de Estados Unidos hasta la Argentina y 10% restante en Asia, África y Australia. En México se distribuyen de 104 a 110 especies, de éstas el 31% son utilizadas de diversas formas por comunidades rurales e indígenas a lo largo del territorio nacional. Se considera que el país es el segundo centro de diversidad del género después de Brasil con 22% de las especies, 62 de ellas (60%) endémicas (Camargo-Ricalde *et al.*, 2001).

Las especies de este género presentan una alta funcionalidad bajo condiciones de sequía (ya que tienen raíces profundas), a la sincronización en el crecimiento y reproducción durante el breve período húmedo anual. El género *Mimosa* es importante dentro de los ecosistemas debido al desarrollo de nódulos fijadores de nitrógeno en sus raíces al asociarse con bacterias del género *Rhizobium*, que le da la capacidad de enriquecer el suelo.

Las especies del género *Mimosa* son utilizadas en diferentes formas: como cerca viva, combustible (leña y carbón), comestible, forraje para ganado caprino y ovino, material para construcción, medicinal,

nectarífera, ornamental, ceremonial (Tabasco), peletería por el alto contenido de taninos y como implemento agrícola (Aguilar-Contreras *et al.*, 1994).

2.8.2 Género *Acacia* Mill.

El género *Acacia* (Mimosoideae) comprende alrededor de 1250 especies a nivel mundial. *Acacia* es un género nativo de Australia, pero se distribuye en África, Asia y América. En México es el segundo género de Mimosoideae mejor representado con 85 especies de las cuales 46 son endémicas (Camargo-Ricalde *et al.*, 2001).

El género *Acacia* es de vital importancia en la economía rural de muchas zonas áridas y semiáridas del mundo por su gran resistencia a la sequía, a la salinidad y alcalinidad presente en el suelo. Por la resistencia a los suelos poco drenados, constituyen un excelente alimento para los animales en época de sequía y son utilizadas en la actualidad en Australia como cortinas rompedoras (*Acacia melanoxylon*). Las características que le permiten habitar en zonas áridas son sus hojas pequeñas y caducifolias que le proporcionan una baja transpiración, poseen espinas, enormes raíces y ramificaciones abundantes creando bajo sus copas las llamadas islas de fertilidad, es decir, zonas de mayor acumulación de nutrimentos y en los que existe más sombra, temperaturas menos elevadas y mayor disponibilidad de agua y materia orgánica, haciéndolas especies nodrizas. Son empleadas como fuente para la extracción de gomas de alta calidad (*Acacia senegal*), cuyos componentes químicos son utilizados en perfumería, además, como rehabilitadores de ambientes forestales. Algunas semillas del género *Acacia* tienen gran valor nutritivo y se hace mención que pueden ser utilizadas como alimento para el ser humano (Harwood, 1994).

En México sus vainas son utilizadas para obtener tintas, además de ser alimento para el ganado. *Acacia farnesiana* conocida como huizache, tiene gran demanda por las propiedades aromáticas de flores, de ellas se extrae su esencia para la fabricación de pomadas aromáticas. Sus flores son utilizadas como infusiones para los casos de dispepsia, disentería, dolor de cabeza, inflamaciones de la piel y membrana mucosa, en caso de diabetes y dolor de riñones (Aguilar-Contreras *et al.*, 1994).

2.8.3 Género *Prosopis* L.

El género *Prosopis* contiene 44 especies, de las cuales 10 se encuentran en México sus poblaciones se distribuyen en el sur, centro y norte de América, África y Asia. Es el mezquite típico del centro y sur de México (altiplanicie, depresión del Balsas y planicie costera nororiental). En cuanto a su morfología y afinidades ecológicas no se trata de una entidad uniforme debido a la plasticidad fenotípica manifestada de un sitio a otro o de un año al siguiente. Esto es, en un extremo se encuentran plantas de tierra caliente, creciendo en climas semi-húmedos; mientras que, en otras poblaciones prosperan en altitudes próximas a 2500 m, y hacia el norte forman parte de matorrales xerófilos, donde la precipitación apenas llega a 300 mm en promedio (Rzedowski, 1978).

En algunos lugares las especies del género *Prosopis* y *Acacia* se han utilizado con fines de reforestación en zonas áridas y semiáridas, así como para fijar arenas movedizas por la propiedad que tienen las raíces de extenderse y penetrar a gran profundidad, contribuyen a la estabilización del suelo, ayudan



en la fijación del nitrógeno, soporta suelos con poco drenaje, escasez de agua, poca fertilidad del suelo y un alto contenido de salinidad (Salas, 2003).

Es una planta de gran valor e importancia para muchas comunidades rurales, ya que se utiliza en la elaboración de cercar vivas, leña, elaboración de muebles y artesanías, la obtención de taninos se emplean para curtir pieles y astringente en la medicina tradicional, tintes, obtención de miel a partir de las flores, las vainas son utilizadas como forraje para el ganado, de sus exudados se obtiene una goma con propiedades semejantes a la goma arábica, misma que se utiliza para la elaboración de dulces, pastas en la industria farmacéutica y alimentaría para dar viscosidad a diversas mezclas y para fijar aromas (Gómez *et al.*, 1970).

III. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El trabajo se realizó tanto en condiciones de laboratorio como en campo. La fase de laboratorio se llevó a cabo en la Unidad de Ecología Vegetal en el laboratorio 8 de la UMIEZ (Unidad Multidisciplinaria de Investigación Experimental) campo 2 de la FES Zaragoza. La zona de estudio en campo fue en el Área Nacional Protegida (ANP) Parque Ecológico Cubitos, el cual se ubica al suroeste de la ciudad de Pachuca en el estado de Hidalgo, y se localiza dentro de los 20° 05' y 20° 07' latitud norte 98° 43' y 98° 45' longitud oeste, con una superficie de 132 hectáreas (Fig.1).

El clima de la zona esta determinado por el patrón general de circulación atmosférica que caracteriza a esta latitud, el cual es acentuado por la orografía. Su clima es seco templado BS1 k (w) w" (l') G y seco semi-cálido BS0 k (w) w" (l') G, con temperatura media anual de 16 y 20°C y 550 mm de precipitación media anual concentrada en los meses de junio a septiembre, con un período de sequía de 6 a 8 meses (García, 2004).

La vegetación es del tipo matorral xerófilo, representado por árboles de talla baja (< 15 m), espinosos, abundan las leguminosas, que en algunas partes llegan a formar agrupaciones con géneros como *Mimosas*, *Prosopis* y *Flourensia*; matorral crascicaule con géneros como *Opuntia* y *Myrtillocactus*; y un matorral desértico rosetófilo representado por los géneros *Agave* y *Yucca* (Rzedowzki, 1978).



Figura 1. Localización de la zona de estudio en campo.



IV. JUSTIFICACIÓN

Es conocido que el proceso de germinación de la semilla es determinante en la posterior formación de la planta, resultando en un buen crecimiento y un adecuado desarrollo de la misma, sólo si las condiciones brindadas a la semilla en germinación fueron óptimas. No obstante, la poca bibliografía existente se refiere generalmente a familias como Compositae, siendo necesaria la generación de información en relación con otras familias importantes en las zonas semiáridas por su abundancia, tales como Fabaceae, Cactaceae y Poaceae. En el caso específico de las especies a trabajar de la familia Fabaceae, no se han estudiado las características físicas de la semilla, viabilidad, depredación y el efecto de la temperatura en su germinación, por lo que este trabajo de investigación básica pretende evaluar estos aspectos de su biología, así como diferentes intervalos de temperatura para su germinación.

V. HIPÓTESIS

La temperatura óptima de germinación de las ocho especies bajo estudio, oscilará entre 25 -35°C, lo cual está determinado por las temperaturas medias mensuales y anuales en las zonas semisecas de México.



VI. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la temperatura en la germinación de ocho especies de la familia Fabaceae: *Mimosa biuncifera* Benth., *Mimosa luisana* Brandegee, *Mimosa depauperata* Benth., *Mimosa calcicola* B.L.Rob., *Mimosa purpusii* Brandegee, *Acacia constricta* Benth., *Acacia farnesiana* Wall. y *Prosopis laevigata* M.C.Johnst.

6.2 Objetivos particulares

Describir las estructuras morfológicas externas e internas de las semillas de las ocho especies.

Determinar las características físicas de las semillas como largo, ancho, grosor, peso de la semilla, peso de la testa, peso del embrión.

Determinar la viabilidad de las semillas.

Determinar el porcentaje de depredación por brúchidos y su relación con la germinación.

Evaluar la germinación (porcentaje y velocidad) bajo cinco regímenes de temperatura (5, 15, 25, 35 y 45°C).

Evaluar la germinación de semillas en campo bajo dosel y en área abierta.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Procedencia del germoplasma

El germoplasma fue recolectado por el personal de la Unidad de Investigación en Ecología Vegetal de la FES Zaragoza y corresponde a diferentes zonas semisecas de los estados de Hidalgo y Puebla (Cuadro I).

Cuadro I Procedencia del germoplasma

Especie	Localidad	Coordenadas geográficas	Altitud (m)	Fecha de colecta
<i>Mimosa biuncifera</i>	a) 2.1 km al NE de González-González, Hidalgo	20° 24' 34" N; 98° 58' 32" W	2089	Oct-02
	b) Parque Ecológico Cubitos, Hidalgo	20° 06' 33" N; 98° 45' 00" W	2409	Ago-06
<i>Mimosa luisana</i>	3.4 km al sur de Coxcatlán, Puebla	18° 14' 24" N; 97° 07' 09" W	2251	Nov-02
<i>Mimosa depauperata</i>	El Rincón, Hidalgo	20° 16' 19" N; 98° 54' 34" W	2053	Oct-05
<i>Mimosa calcicola</i>	Cristo Rey, 3 km al sur de la Carretera Tehuacán-Puebla, Puebla	18° 28' 19" N; 97° 27' 51" W	1260	Nov-06
<i>Mimosa purpusii</i>	2.6 km al SE de Puente Cañada Morelos, Puebla	18° 45' 52" N; 97° 28' 09" W	2271	Sep-06
<i>Acacia constricta</i>	Jardín Botánico de Zapotitlán, Puebla	18° 19' 48" N; 97° 27' 16" W	1064	Nov-07
<i>Acacia farnesiana</i>	2.1 km al NE de González-González, Hidalgo	20° 24' 34" N; 98° 58' 32" W	2089	Abr-08
<i>Prosopis laevigata</i>	El Rincón, Hidalgo	20° 16' 13" N; 98° 54' 76" W	2034	Ago-07

7.2 Morfología externa e interna de la semilla

Para la caracterización morfológica de las semillas se trabajó con ayuda de un microscopio estereoscópico visualizando con uno y dos aumentos (1x y 2x) un lote de 10 semillas para cada una de las especies, obteniendo datos como: unidad de dispersión, color, superficie de la testa, forma (descrita por la geometría plana largo/ancho) y forma tridimensional de acuerdo con Font Quer (1982), Calderón y Espinoza (1997) y la tabla de colores de Munsell para suelos (Anónimo, 1992). Así también se tomaron las siguientes medidas del embrión: largo (se midió con referencia al eje radícula-ápice del cotiledón), ancho (perpendicular al eje utilizado para el largo del embrión), largo del eje (medido desde el epicótilo hasta la radícula) y ancho del eje (medido de manera perpendicular al largo del eje del embrión). Para ello se realizó una imbibición previa de las semillas durante 24 horas para facilitar la separación de ambos cotiledones. En cuanto a la morfología interna de las semillas se determinaron características como presencia de endospermo; tamaño, posición, forma y tipo del embrión y vernación (Martin, 1946, citado por Niembro, 1988).

7.3 Características físicas de la semilla

Se utilizó un lote de 100 semillas por especie y en cada uno se determinaron con un Vernier las medidas en milímetros de: largo (tomando como referencia el eje del embrión), ancho (registrado en la parte más ancha de la semilla) y grosor (registrado en la parte más angosta de la semilla) (Anexo 1). También se determinó para un lote de 50 semillas por especie: peso en gramos de la semilla fresca y embebida (durante 24 horas) utilizando una balanza analítica (precisión $\pm .0000$ g); finalmente, los pesos de la testa y del embrión, en un lote de 50 semillas remojadas previamente durante 24 horas (para facilitar la separación del embrión y su cubierta seminal) y se procedió a pesar cada estructura



por separado. Es importante mencionar que el peso de la semilla fresca es diferente al de la semilla embebida, pues existe una significativa absorción de agua por parte del germoplasma.

7.4 Prueba de viabilidad

Se tomaron 15 semillas por cada especie (previamente embebidas durante 24 horas), se cortaron longitudinalmente y se colocaron en cajas Petri de 40 ml, aplicando una o dos gotas de solución de cloruro de 2, 3, 5 trifenil-tetrazolio al 0.1% por semilla en la parte del tejido expuesto (embrión). Las cajas se taparon y cubrieron por completo con papel, evitando la entrada de luz. Se realizaron tres réplicas por especie. Se dejó actuar la solución de cloruro de trifenil-tetrazolio durante 24 horas para después obtener el porcentaje de viabilidad promedio de las semillas, identificando las viables como aquellas con una completa y buena tinción color magenta, particularmente del embrión.

7.5 Porcentaje de depredación

Se tomó un lote de 25 semillas para obtener el porcentaje de depredación por coleópteros de la familia Bruchidae mediante la observación de las semillas con ayuda de un microscopio estereoscópico, analizando la superficie de la semilla donde es distintivo y reconocible el orificio producido por estos insectos. Se realizaron cuatro repeticiones para cada especie y se obtuvo el valor promedio. Para conocer la relación depredación/germinación se utilizó por especie un grupo de 80 semillas depredadas (dividido en cuatro réplicas de 20 semillas cada uno) y se pusieron a germinar del mismo modo y a la temperatura óptima obtenida según las pruebas realizadas en el apartado 7.6.

7.6 Germinación bajo condiciones de laboratorio

Para probar los diferentes intervalos térmicos en la germinación, las semillas se desinfectaron y realizaron tratamientos pregerminativos de escarificación mecánica para eliminar la latencia impuesta por la cubierta dura de estas leguminosas (una pequeña incisión del lado opuesto al embrión) y se obtuvo un grupo de 80 semillas, el cual se dividió en cuatro réplicas de 20 semillas cada uno. Cada réplica se puso a germinar en cajas Petri de 40 ml con agar bacteriológico al 1% como sustrato, para posteriormente incubarlas en condiciones constantes de temperatura y humedad. Se utilizó un conjunto de 80 semillas sin escarificar como testigo que, al igual que las semillas con tratamiento, se dividió en cuatro repeticiones de 20 semillas cada uno y se pusieron a germinar utilizando el mismo medio de cultivo. Ambas muestras de semillas (tratamiento y testigo) tuvieron un fotoperiodo de 12 horas luz y 12 horas de oscuridad dentro de una cámara de germinación (incubadora FRIOCEL vol. 111). Se realizó el mismo procedimiento para las diferentes temperaturas: 5, 15, 25, 35 y 45°C. El porcentaje de germinación se evaluó diariamente. Se consideró como semilla germinada aquella cuya radícula había emergido y tenía una longitud de 1mm (Bewley y Black, 1994).

7.7 Germinación en campo

Sólo se evaluó la germinación en campo de las especies cuya disponibilidad de semilla fue suficiente. Previo a la siembra, las semillas se desinfectaron y escarificaron mecánicamente, de la misma manera como se describió en la parte de laboratorio.

La siembra se realizó en cajas Petri utilizando agar bacteriológico como sustrato. El número de muestra para cada especie varió debido al número de semillas disponibles, así como también el número de repeticiones fue diferente para cada especie (Cuadro II). El mismo día de la siembra, las semillas se llevaron al sitio de trabajo en campo.

Para cada especie, un lote con sus respectivas repeticiones, se colocó bajo el dosel de cuatro individuos de *Mimosa biuncifera* y otro lote igual, en las áreas abiertas. Cada especie contó con un testigo (semillas sin escarificar) con el mismo número de repeticiones que los tratamientos (Cuadro II). Se evaluó la Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) bajo el dosel y en las áreas abiertas (zonas interarbustivas) con un ceptómetro Decagon Devices Inc., durante los días que duró la prueba y cada tercer día se evaluó el número de semillas germinadas para cada tratamiento y repetición.

Cuadro II Germinación en campo

Especie	Número de semillas por caja	Número de repeticiones	
		Bajo Dosel	Área Abierta
<i>Mimosa biuncifera</i> (González-González, Hgo.)	15	3 testigo, 3 tratamiento	3 testigo, 3 tratamiento
<i>Mimosa luisana</i>	20	4 testigo, 4 tratamiento	4 testigo, 4 tratamiento
<i>Mimosa depauperata</i>	20	4 testigo, 4 tratamiento	4 testigo, 4 tratamiento
<i>Mimosa calcicola</i>	20	4 testigo, 4 tratamiento	4 testigo, 4 tratamiento
<i>Acacia constricta</i>	10	3 testigo, 3 tratamiento	3 testigo, 3 tratamiento
<i>Acacia farnesiana</i>	15	3 testigo, 3 tratamiento	3 testigo, 3 tratamiento
<i>Prosopis laevigata</i>	15	3 testigo, 3 tratamiento	3 testigo, 3 tratamiento

7.8 Análisis estadístico y tratamiento de los resultados

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa Statgraphics Plus 5.0. Las variables largo, ancho, grosor y peso de la semilla, testa y embrión se analizaron con un ANOVA al azar con varias repeticiones (n=100 para el caso de largo, ancho y grosor y n=50 para el peso de la semilla, testa y embrión) y las medias se compararon por la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) (Snedecor y Cochran, 1971).

De las características morfológicas, físicas y biológicas de las semillas, se tomaron 7 características cualitativas y 13 cuantitativas (Anexos 3 y 4) y se les aplicó un análisis Cluster con la finalidad de realizar un análisis comparativo entre las especies y con los resultados se construyó un dendrograma (Fig. 2).

Para los datos obtenidos de germinación tanto en condiciones de laboratorio (incluidas las pruebas de germinación en semillas depredadas) como en campo (bajo dosel y área abierta), se calculó su



porcentaje (para cada repetición particularmente, tanto del testigo como los tratamientos). Estos datos de germinación obtenidos en porcentaje se transformaron por la función $\arcsen\sqrt{x}$ y después se analizaron con un ANOVA de dos factores (temperatura y tratamiento respectivamente) con cuatro repeticiones y las medias se compararon por Tukey ($\alpha \leq 0.05$) para cada una de las especies (Snedecor y Cochran, 1971).

Se calculó el coeficiente de velocidad de germinación (CV) de Kotowski y se graficaron los resultados por especie, comparando los valores obtenidos tanto en laboratorio como en campo (González-Zertuche y Orozco-Segovia, 1996).

$$CV = \frac{\sum n_i}{\sum (n_i t_i)} 100$$

Donde
ni= número de semillas germinadas el día i
ti= número de días desde la siembra

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 Morfología de las semillas

La morfología externa de las semillas estudiadas se describió de acuerdo a la terminología del Diccionario de Botánica (Font Quer, 1982), el Manual de Identificación de Semillas de Maleza (Calderón y Espinoza, 1997) y la tabla de colores de Munsell para suelos (Anónimo, 1992). Esta información es presentada para cada una de las ocho especies en las Figuras 3 y 4, y Cuadros III y IV. Es importante señalar que para las características evaluadas en este trabajo, solamente algunas de las especies son comparables con la literatura, debido a la carencia de información.

En relación a los parámetros evaluados para la morfología interna de las semillas, no existe un patrón definido para las medidas de éstos, sin embargo, se presentó total similitud en composición y disposición de las estructuras internas como cotiledones, eje del embrión, endospermo, entre otros (Fig. 5).

En cuanto a la posición y forma del embrión, las ocho especies pertenecen a la división axial, subdivisión folial. Este tipo de embriones se caracterizan por estar ubicados en el eje central de la semilla, siendo el eje del embrión recto, además de presentar los cotiledones expandidos (Cuadro V) y rodeados de endospermo. Los embriones son inversos, ya que presentan los cotiledones rectos y gruesos, los que cubren por completo al pequeño hipocótilo (Niembro, 1988) (Anexo 2).

El dendograma resultante del análisis de conglomerados o análisis Cluster, expresó la sucesión de uniones que fueron hechas entre grupos de semillas (conglomerados) con base a los estados de las características que fueron utilizadas (Anexos 3 y 4).

De acuerdo al análisis realizado, se pueden identificar tres conglomerados o grupos (Fig. 2). En orden de similitud, el primer conglomerado está formado por *Mimosa biuncifera* (procedente del Parque Ecológico Cubitos, Hgo.) y *Mimosa purpusii* (las cuales comparten semejanza en nueve de las características evaluadas); con una posterior asociación de *M. biuncifera* (procedente de González-González, Hgo.) y *Acacia constricta* respectivamente (Fig. 2). Las cuatro especies que componen este grupo comparten total similitud en la forma obovada, forma tridimensional ovoboide, ápice redondeado, forma del hilo elíptica y presencia de micrópilo; además existe similitud en grosor reducido (<1.76 mm), viabilidad baja (excepto *A. constricta* con ca. 80%), peso de embrión medio (de 0.018 a 0.025 g) y ancho del eje del embrión medio (de 1.118 a 1.28 mm).

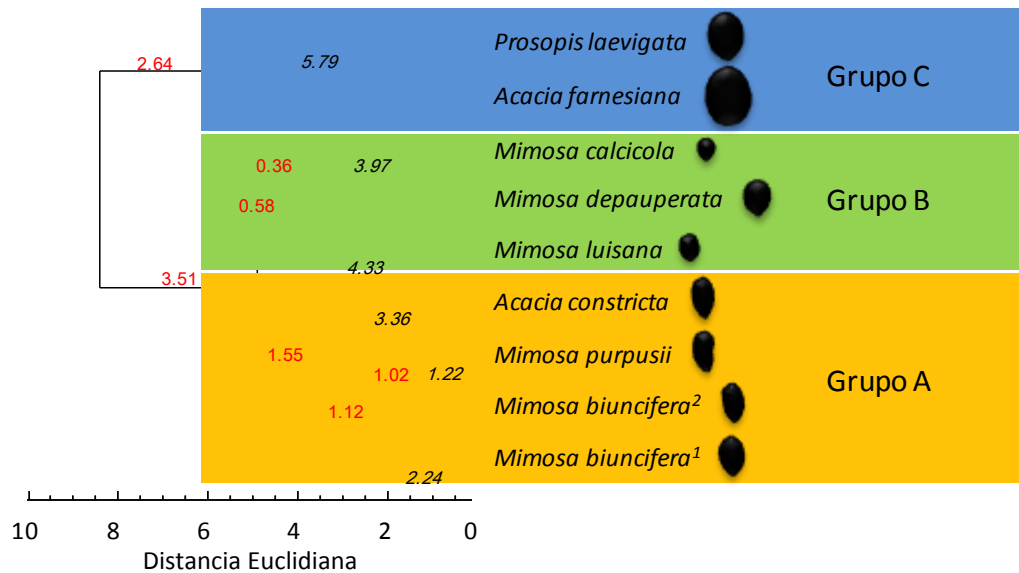


Figura 2. Dendrograma resultante del análisis Cluster (*group average method, euclidian distance*) para 20 características de las semillas de las ocho especies de leguminosas.

Los números en rojo indican la distancia euclidiana entre un conglomerado previo y su conglomerado más próximo, mientras que los números en negro muestran la distancia euclidiana a la que los conglomerados son unidos. Entre menor sea la distancia euclidiana, mayor es la similitud entre conglomerados.

¹ Procedencia González-González, Hgo. ² Procedencia Parque Ecológico Cubitos, Hgo.

El segundo grupo está constituido por *Mimosa depauperata* y *Mimosa calcicola* presentando los mismos estados de carácter en cuanto a superficie, ápice, forma del hilo, viabilidad y largo del embrión (Cuadros III y VI). *Mimosa luisana* completa el grupo (Fig. 2) compartiendo cinco características con las demás especies: superficie pulverulenta, forma del hilo elíptica, depredación baja (<11%), largo de semilla pequeño (de 2.729 a 3.503 mm) y largo del embrión pequeño (de 4.48 a 4.99 mm); en menor proporción de similitud se encuentra la viabilidad alta (95.3%, excepto para *M. luisana* con ca. 80%). A su vez, las semillas de *M. depauperata* y *M. luisana* presentaron semejanza para la forma tridimensional (casi esférica) y presencia de rafe.

En el tercer conglomerado se encuentran las semillas de *Acacia farnesiana* y *Prosopis laevigata* (Fig. 2), que, morfológicamente poseen un ápice redondeado, presencia de micrópilo y ausencia de rafe. De los caracteres físico-biológicos el ancho de semilla (de 4.737 a 4.747 mm), depredación (de 57 a 59%) y ancho del embrión (de 6.04 a 6.44 mm) y del eje del embrión (1.69 mm) exhiben total similitud en ambas especies, pues presentan los máximos evaluados. Asimismo, comparten viabilidad media (de 84.3 a 88.73%).

Estas especies poseen caracteres únicos que las distinguen entre si y de las demás. Entre ellos se encuentra la forma elíptica y forma tridimensional elipsoide para *A. farnesiana* y forma del hilo circular en el caso de *P. laevigata*. El grosor, largo y pesos (fresco, de la testa y del embrión) son únicos para ambas especies.

Es primordial enfatizar que la finalidad de este análisis fue realizar una interpretación práctica de algunos caracteres biológicos de las semillas y no es aplicable para establecer alguna clasificación taxonómica, la cual requiere además un estudio molecular.

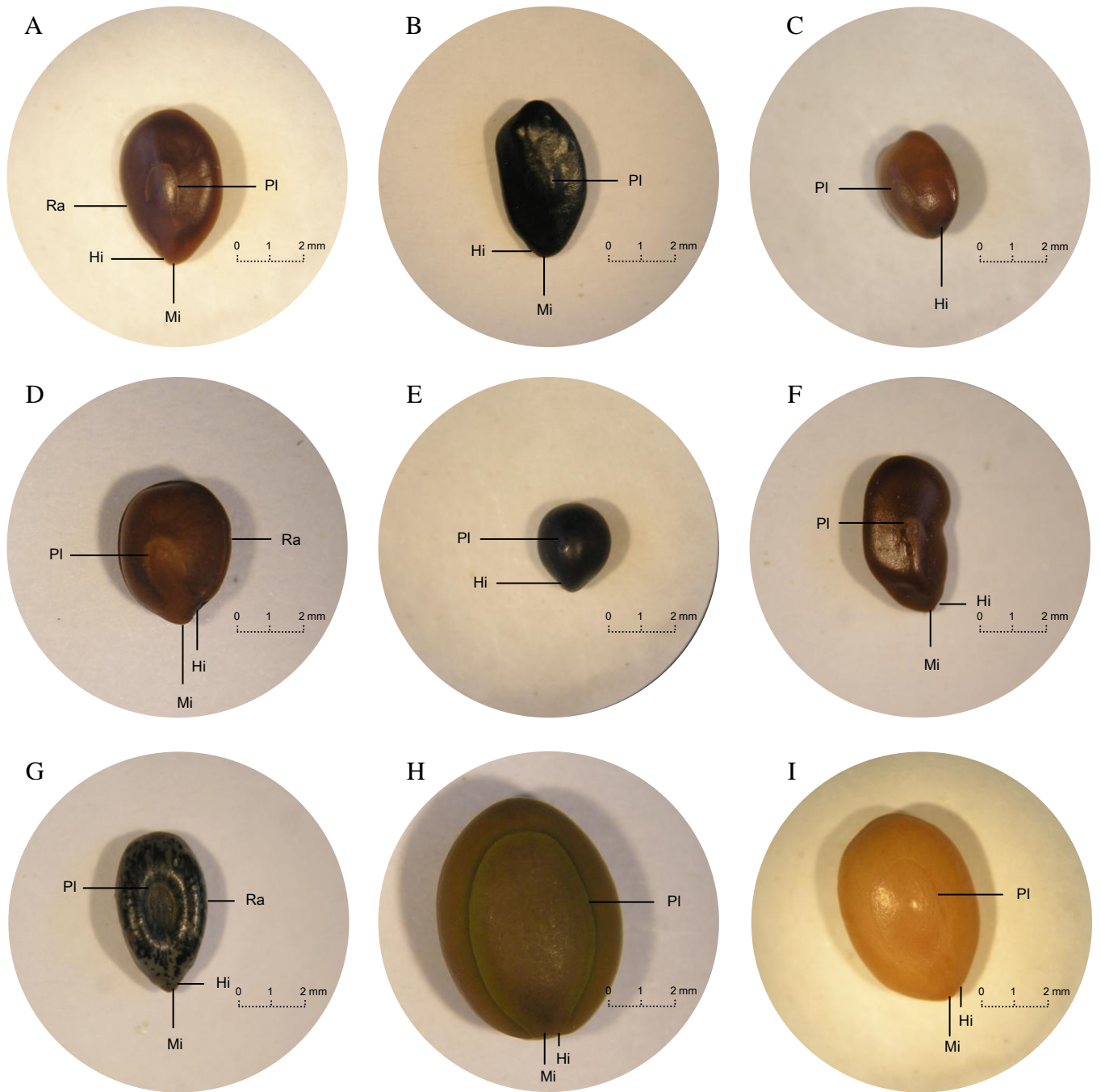


Figura 3. Morfología externa de las semillas de A) *Mimosa biuncifera* (procedencia González-González, Hgo.), B) *Mimosa biuncifera* (procedencia Parque Ecológico Cubitos, Hgo.), C) *Mimosa luisana*, D) *Mimosa depauperata*, E) *Mimosa calcicola*, F) *Mimosa purpusii*, G) *Acacia constricta*, H) *Acacia farnesiana* y I) *Prosopis laevigata*.

Hi. Hilo, Mi. Micrópilo, PI. Pleurograma, Ra. Rafe.

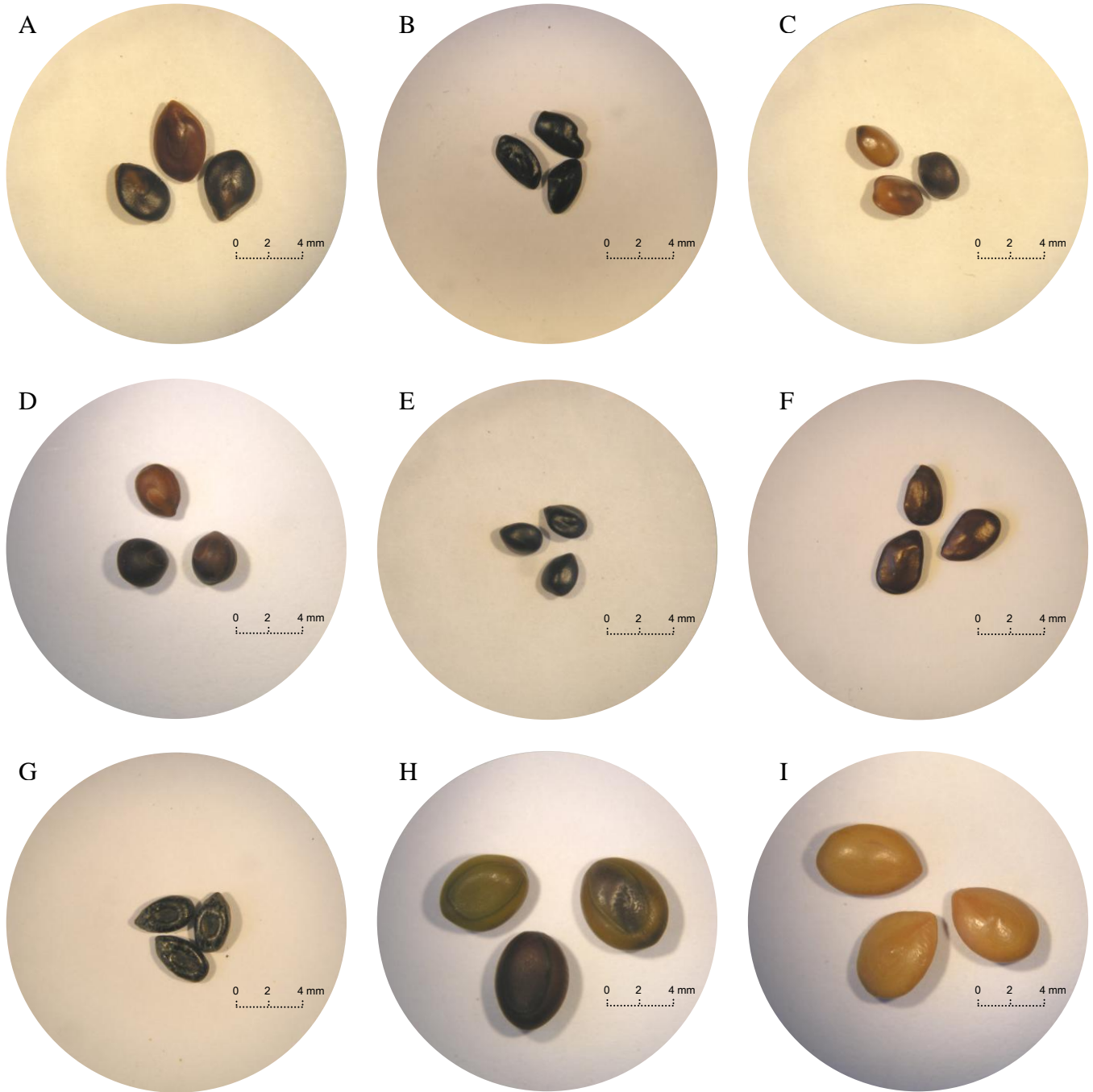


Figura 4. Dimensiones de las semillas de A) *Mimosa biuncifera* (procedencia González-González, Hgo.), B) *Mimosa biuncifera* (procedencia Parque Ecológico Cubitos, Hgo.), C) *Mimosa luisana*, D) *Mimosa depauperata*, E) *Mimosa calcicola*, F) *Mimosa purpusii*, G) *Acacia constricta*, H) *Acacia farnesiana* y I) *Prosopis laevigata*.

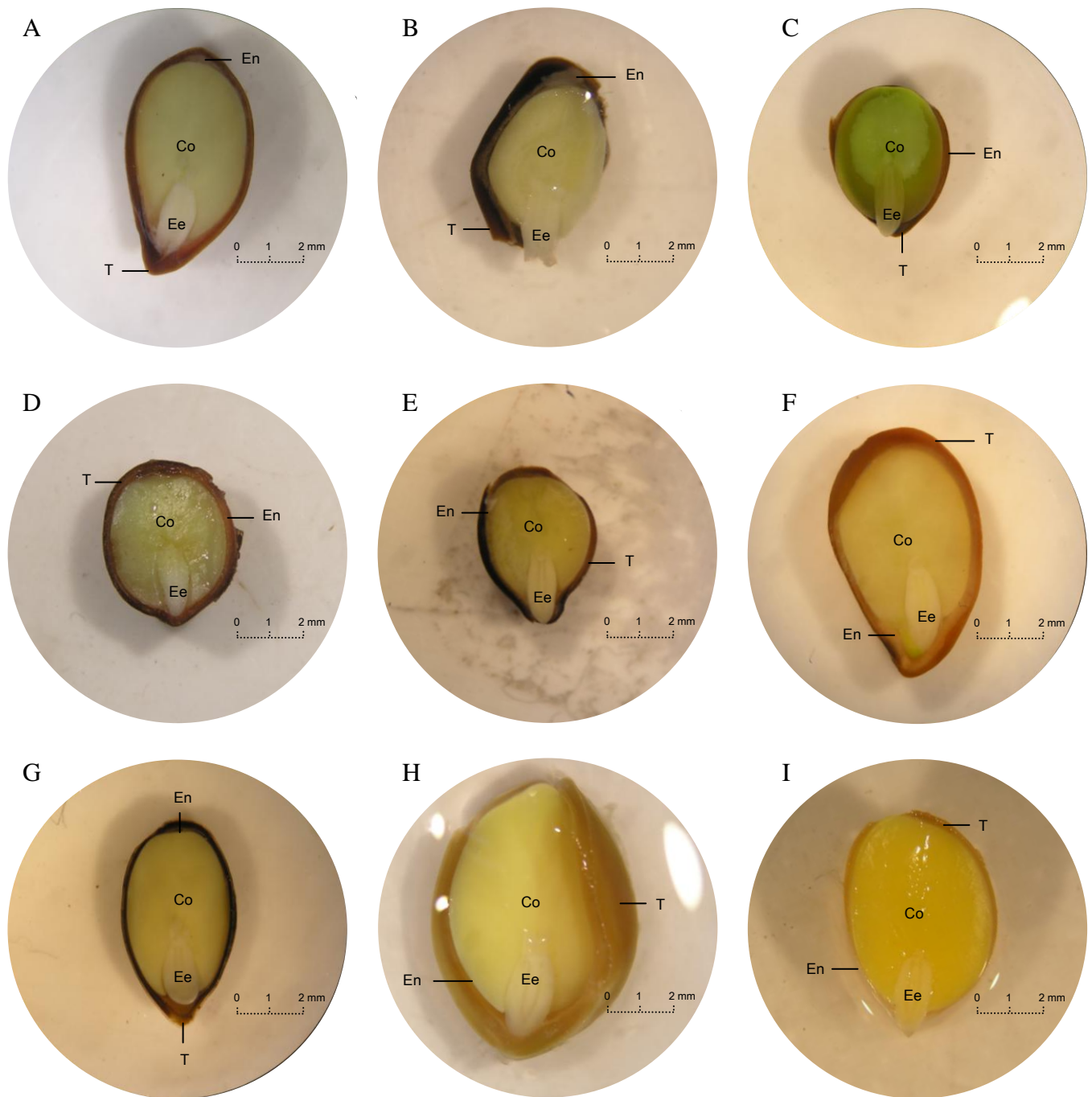


Figura 5. Morfología interna de las semillas de A) *Mimosa biuncifera* (procedencia González-González, Hgo.), B) *Mimosa biuncifera* (procedencia Parque Ecológico Cubitos, Hgo.), C) *Mimosa luisana*, D) *Mimosa depauperata*, E) *Mimosa calcicola*, F) *Mimosa purpusii*, G) *Acacia constricta*, H) *Acacia farnesiana* y I) *Prosopis laevigata*.

Co. Cotiledón, Ee. Eje del embrión, En. Endospermo, T. Testa (cubierta seminal).



Cuadro III Atributos generales de las semillas de las ocho especies

Especie	Unidad de dispersión	Tamaño (mm) largo x ancho	Proporción de tamaño (aprox.)	MORFOLOGÍA EXTERNA			
				Color *	Forma (largo/ancho)	Forma tridimensional ▼	Superficie
<i>M. biuncifera</i> ¹	Vaina/semilla	4.537 x 2.989	1.5 : 1	negro a pardo oscuro	Obovada	Obovoide (ligeramente comprimida)	Pulverulenta
<i>M. biuncifera</i> ²	Vaina/semilla	4.765 x 2.83	1.75 : 1	negro	Obovada	Obovoide (ligeramente comprimida)	Pulverulenta
<i>M. luisana</i>	Vaina/semilla	3.503 x 2.793	1.25 : 1	pardo muy oscuro a pardo amarillento	Ampliamente obovada	Casi esférica	Pulverulenta
<i>M. depauperata</i>	Vaina/semilla	3.464 x 3.152	1 : 1	negro a pardo oscuro	Muy ampliamente obovada	Casi esférica	Pulverulenta
<i>M. calcicola</i>	Vaina/semilla	2.729 x 2.407	1.25 : 1	negro	Ampliamente obovada	Casi esférica (ligeramente comprimida)	Pulverulenta
<i>M. purpusii</i>	Vaina/semilla	5.127 x 3.111	1.75 : 1	pardo muy oscuro	Obovada	Obovoide (ligeramente comprimida)	Pulverulenta
<i>A. constricta</i>	Vaina/semilla	5.017 x 2.814	1.75 : 1	negro / gris claro	Obovada	Obovoide (ligeramente comprimida)	Foveolada
<i>A. farnesiana</i>	Vaina/semilla	5.912 x 4.747	1.25 : 1	oliva a pardo amarillento oscuro	Ampliamente elíptica	Elipsoide	Pulverulenta
<i>P. laevigata</i>	Vaina/semilla	6.477 x 4.737	1.25 : 1	pardo amarillento oscuro a pardo amarillento	Ampliamente obovada	Obovoide (ligeramente comprimida)	Foveolada

* Colores basados en la tabla de Munsell para suelos. Anexo 5.

▼ Las descripciones entre paréntesis para la Forma tridimensional indican características vistas desde el plano lateral.

Cuadro IV Características de algunas estructuras de las semillas de las ocho especies

Especie	Observaciones
<i>M. biuncifera</i> ¹	Pleurograma abierto, ápice redondeado, hilo pequeño con forma elíptica y posición basal-lateral, micrópilo en posición basal, rafe en posición lateral
<i>M. biuncifera</i> ²	Pleurograma abierto, ápice redondeado, hilo pequeño con forma elíptica y posición basal-lateral, micrópilo en posición basal, no se distingue rafe
<i>M. luisana</i>	Pleurograma abierto, ápice agudo, hilo pequeño con forma elíptica y posición basal-lateral, no se distingue micrópilo, rafe en posición lateral
<i>M. depauperata</i>	Pleurograma abierto, ápice redondeado, hilo pequeño con forma elíptica y posición basal-lateral, micrópilo en posición basal, rafe en posición lateral
<i>M. calcicola</i>	Pleurograma abierto, ápice redondeado, hilo pequeño con forma elíptica y posición basal-lateral, no se distingue micrópilo y no se distingue rafe
<i>M. purpusii</i>	Pleurograma abierto, ápice redondeado, hilo pequeño con forma elíptica y posición basal-lateral, micrópilo en posición basal, no se distingue rafe
<i>A. constricta</i>	Pleurograma abierto, ápice redondeado, hilo pequeño con forma elíptica y posición basal-lateral, micrópilo en posición basal, rafe en posición lateral
<i>A. farnesiana</i>	Pleurograma abierto, ápice redondeado, hilo pequeño con forma estrechamente elíptica y posición basal-lateral, micrópilo en posición basal, no se distingue rafe
<i>P. laevigata</i>	Pleurograma abierto, ápice redondeado, hilo pequeño con forma circular y posición basal-lateral, micrópilo en posición basal, no se distingue rafe

¹ Procedencia González-González, Hgo.

² Procedencia Parque Ecológico Cubitos, Hgo.

Cuadro V Características de algunas estructuras internas de las ocho especies

Especie	Posición del endospermo	MORFOLOGÍA INTERNA			
		Tamaño del embrión*	Posición y forma del embrión	Tipo de embrión	Vernación**
<i>M. biuncifera</i> ¹	Lateral	Total	Axial, folial	Inverso	Recta
<i>M. biuncifera</i> ²	Lateral	Total	Axial, folial	Inverso	Recta
<i>M. luisana</i>	Lateral	Total	Axial, folial	Inverso	Recta
<i>M. depauperata</i>	Lateral	Total	Axial, folial	Inverso	Recta
<i>M. calcicola</i>	Lateral	Total	Axial, folial	Inverso	Recta
<i>M. purpusii</i>	Lateral	Total	Axial, folial	Inverso	Recta
<i>A. constricta</i>	Lateral	Total	Axial, folial	Inverso	Recta
<i>A. farnesiana</i>	Lateral	Total	Axial, folial	Inverso	Recta
<i>P. laevigata</i>	Lateral	Total	Axial, folial	Inverso	Recta

* Medido en base a la relación tamaño del embrión/tamaño del endospermo (Martin, 1946).

**Vernación: disposición o postura que presentan los cotiledones dentro de la semilla.

Cuadro VI Características físicas y biológicas de las semillas de las ocho especies

Carácter	<i>M. biuncifera</i> ¹	<i>M. biuncifera</i> ²	<i>M. luisana</i>	<i>M. depauperata</i>	<i>M. calcicola</i>	<i>M. purpusii</i>	<i>A. constricta</i>	<i>A. farnesiana</i>	<i>P. laevigata</i>
Largo (mm)	4.537 ± 0.435 e	4.765 ± 0.435 d	3.503 ± 0.423 f	3.464 ± 0.254 f	2.729 ± 0.287 g	5.127 ± 0.561 c	5.017 ± 0.531 c	5.912 ± 0.429 b	6.477 ± 0.608 a
Ancho (mm)	2.989 ± 0.479 c	2.83 ± 0.375 d	2.793 ± 0.301 d	3.191 ± 0.241 b	2.407 ± 0.211 e	3.111 ± 0.348 bc	2.814 ± 0.37 d	4.747 ± 0.427 a	4.737 ± 0.432 a
Grosor (mm)	1.757 ± 0.18 f	1.741 ± 0.249 f	2.47 ± 0.313 d	2.953 ± 0.232 b	1.878 ± 0.213 e	1.641 ± 0.145 g	1.663 ± 0.23 fg	3.365 ± 0.341 a	2.842 ± 0.216 c
Peso fresco (g)	0.011 ± 0.003 e	0.009 ± 0.002 f	0.012 ± 0.002 e	0.016 ± 0.004 c	0.007 ± 0.002 g	0.014 ± 0.004 d	0.016 ± 0.004 c	0.065 ± 0.011 a	0.042 ± 0.008 b
Depredación (%)	45 ± 11.49 ab	37 ± 3.83 ab	11 ± 5.03 cd	11 ± 6.83 cd	6 ± 5.16 d	25 ± 6.0 bc	26 ± 9.52 bc	57 ± 16.12 a	59 ± 10.0 a
Viabilidad (%)	66.63 ± 6.65 b	66.63 ± 6.65 b	79.97 ± 6.65 ab	95.33 ± 4.04 a	95.33 ± 4.04 a	68.83 ± 3.87 b	79.93 ± 11.55 ab	84.33 ± 7.51 ab	88.73 ± 3.7 ab
Peso de semilla embebida (g)	0.034 ± 0.004 d	0.032 ± 0.007 de	0.025 ± 0.004 e	0.041 ± 0.007 c	0.019 ± 0.004 f	0.031 ± 0.007 de	0.029 ± 0.009 de	0.183 ± 0.026 a	0.087 ± 0.011 b
* Peso de embrión (g)	0.025 ± .004 c	0.021 ± 0.006 cd	0.014 ± 0.002 e	0.023 ± 0.004 c	0.011 ± 0.002 f	0.018 ± 0.005 d	0.024 ± 0.009 c	0.082 ± 0.012 a	0.056 ± 0.007 b
* Peso de testa (g)	0.009 ± 0.03 e	0.011 ± 0.002 d	0.012 ± 0.003 d	0.018 ± 0.004 c	0.008 ± 0.003 e	0.013 ± 0.006 d	0.005 ± 0.002 f	0.101 ± 0.019 a	0.038 ± 0.005 b
* Largo de embrión (mm)	6.21 ± 0.736 cd	6.191 ± 0.762 cd	4.636 ± 0.277 e	4.99 ± 0.321 e	4.48 ± 0.382 e	6.89 ± 0.603 c	5.6 ± 0.578 d	9.21 ± 0.647 a	8.43 ± 0.397 b
* Ancho de embrión (mm)	3.25 ± 0.246 c	3.073 ± 0.341 cd	3.018 ± 0.147 cd	3.972 ± 0.403 b	2.73 ± 0.211 d	3.23 ± 0.267 c	2.873 ± 0.233 d	6.44 ± 0.472 a	6.04 ± 0.675 a
* Largo de eje del embrión (mm)	2.75 ± 0.363 bc	2.727 ± 0.215 bc	2.427 ± 0.341 cd	2.79 ± 0.412 bc	2.620 ± 0.297 c	2.97 ± 0.598 b	2.391 ± 0.27 d	3.61 ± 0.367 a	3.15 ± 0.36 b
* Ancho de eje del embrión (mm)	1.28 ± 0.092 b	1.118 ± 0.125 c	1.109 ± 0.151 c	1.33 ± 0.149 b	1.19 ± 0.099 bc	1.21 ± 0.137 bc	1.173 ± 0.11 bc	1.69 ± 0.145 a	1.69 ± 0.145 a

* Características cuantificadas a partir de la semilla embebida durante 24h.

¹ Procedencia González-González, Hgo.

² Procedencia Parque Ecológico Cubitos, Hgo.

Las letras minúsculas diferentes indican significancia estadística (p≤0.05).



8.2 Efecto de la depredación de las semillas en su germinación

Las semillas representan una fuente fácilmente accesible de nutrientes potenciales para la mayoría de sus depredadores, ya que a menudo contienen altas concentraciones de proteínas y aceites (Barclay y Earle, 1974) en comparación con las partes vegetativas de la planta, debido a ello no es sorprendente que muchos grupos de animales se hayan especializado para obtener de ellas su principal fuente de alimento incluyendo gran cantidad de insectos (Fenner y Thompson, 2005). Las ocho especies de leguminosas estudiadas presentaron depredación de sus semillas en función de la especie. Los mayores valores de depredación se obtuvieron en *Prosopis laevigata* y *Acacia farnesiana* (59 y 57% respectivamente), mientras que, los más bajos se registraron en *Mimosa calcicola*, *Mimosa luisana* y *Mimosa depauperata* (6, 11 y 11% respectivamente) (Cuadro VI). Se encontró similitud estadística en cuanto al porcentaje de depredación para las semillas de *Mimosa biuncifera* procedentes de ambas localidades (Cuadro VI). Wiegand *et al.* (1999), menciona que los brúchidos (aunque en pocos casos) pueden mejorar la germinación en especies del género *Acacia*, donde la salida del coleóptero provoca una perforación en la cubierta seminal, facilitando la imbibición de la semilla y acortando el tiempo de germinación. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio muestran que la depredación en las semillas es un factor letal para el embrión, que resulta en la pérdida del potencial germinativo de las semillas de las ocho especies de leguminosas (Fig. 6).

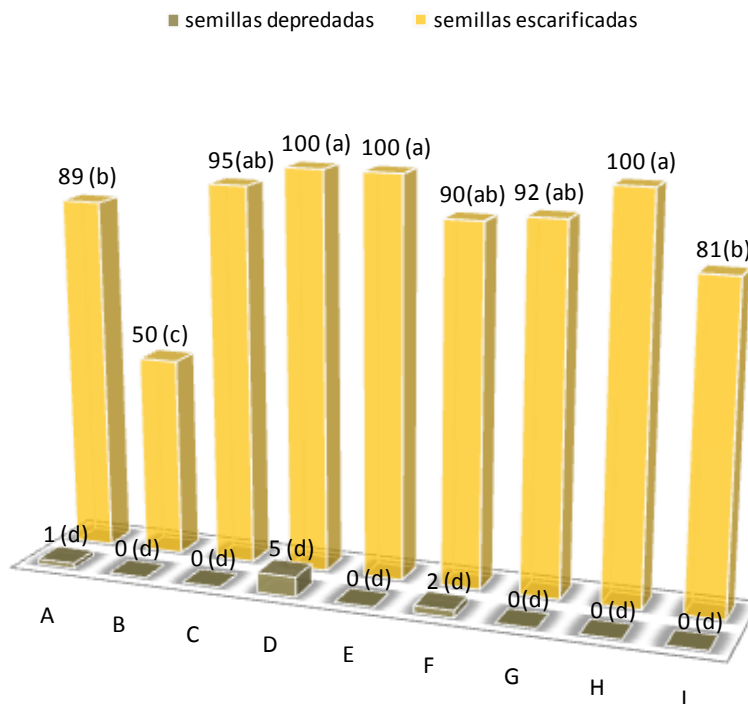


Figura 6. Germinación de semillas parasitadas por brúchidos y semillas escarificadas, a 25°C y 12 horas de fotoperiodo. A) *Mimosa biuncifera* (procedencia González-González, Hgo.), B) *Mimosa biuncifera* (procedencia Parque Ecológico Cubitos, Hgo.), C) *Mimosa luisana*, D) *Mimosa depauperata*, E) *Mimosa calcicola*, F) *Mimosa purpusii*, G) *Acacia constricta*, H) *Acacia farnesiana* y I) *Prosopis laevigata*.

Los números indican el porcentaje de germinación.

Las letras minúsculas diferentes indican significancia estadística ($p \leq 0.05$).

8.3 Germinación de las ocho especies bajo cinco regímenes de temperatura

Las semillas escarificadas de las ocho especies de leguminosas muestran altos porcentajes de germinación ($\geq 80\%$) en un rango de temperatura de 25 a 35°C, excepto *Mimosa biuncifera* (procedente del Parque Ecológico Cubitos, Hgo.) en ambas temperaturas ($\leq 50\%$) y *Mimosa purpusii* a 35°C ($< 60\%$). En contraste, las semillas sin escarificar presentaron porcentajes bajos de germinación a esas mismas temperaturas ($\leq 35\%$), excepto *Prosopis laevigata* (51 y 68% de germinación a 25 y 35°C respectivamente) y *M. biuncifera* (procedente del Parque Ecológico cubitos, Hgo.) con ca. 40% de semillas germinadas a 25°C.

Es importante mencionar que la cubierta seminal de las especies estudiadas (y de la mayoría de las semillas que presentan latencia física) contienen una capa empalizada de células lignificadas compuesta por sustancias repelentes al agua, que impide la imbibición de la semilla y protege al embrión de los efectos provocados por condiciones ambientales desfavorables (Baskin y Baskin, 1998; Teketay, 1998). La presencia de esta testa dura requiere que las semillas sean escarificadas para mejorar sus porcentajes de germinación.

Los mayores porcentajes de germinación se presentaron a 25°C para todas las especies del género *Mimosa* y para *Acacia constricta*; mientras que, para *P. laevigata* y *Acacia farnesiana* la mejor temperatura de germinación fue a 35°C. Cabe mencionar que en el caso de *M. purpusii*, el intervalo de temperatura en el que las semillas germinaron va desde 5 a 35°C y para *P. laevigata* de 5 a 45°C, lo que les da la característica de ser especies euri térmicas (es decir, que germinan en un intervalo de temperaturas amplio); para las demás especies la germinación fue nula a bajas y altas temperaturas. Sin embargo, al hacer un análisis de las semillas no germinadas se observó que el 94% de éstas estaban firmes a la temperatura de 5°C, es decir, eran semillas vivas (sin signos evidentes de descomposición) que se embebieron pero no germinaron, como respuesta a las condiciones no óptimas a las que fueron expuestas (Camacho, 1994). A 45°C el promedio de semillas muertas fue de 98%, donde las semillas se muestran embebidas con signos evidentes de descomposición, como deshacerse al ser tocadas y exudación de líquidos viscosos (Camacho, 1994), sin embargo, al comparar el porcentaje de viabilidad de las semillas antes de someterlas a la prueba de germinación (Cuadro VI), se puede considerar que existe algún factor causante de la mortandad de las mismas, como lo puede ser la infestación por hongos, pues las condiciones de temperatura y sustrato son adecuadas para su propagación.

Las semillas de *Mimosa biuncifera* (procedencia González-González, Hgo.) germinaron en un intervalo de temperaturas de 15 a 35°C; la temperatura a 35°C produjo los mejores resultados en cuanto al coeficiente de velocidad de germinación (31.89 para las semillas escarificadas y 32.53 para las semillas testigo, Fig. 8A), sin embargo, la temperatura en donde se obtuvieron los mejores porcentajes de germinación fue a 25°C con el 88.75% para las semillas escarificadas y 22.5% para las semillas testigo, por lo que se puede decir que la temperatura óptima de germinación para esta especie se encuentra entre 25 y 35°C. No se obtuvo germinación en las temperaturas extremas 5 y 45°C. Las semillas requieren de una escarificación mecánica para germinar, ya que de lo contrario, independientemente de la temperatura, ésta se reduce significativamente (del 65 hasta el 70%) (Fig. 7A).



En *Mimosa biuncifera* (procedencia Parque Ecológico Cubitos, Hgo.) las semillas germinaron en un intervalo de temperaturas de 15 a 35°C; la temperatura óptima de germinación para esta especie fue de 25°C donde el coeficiente de velocidad (CV) fue de 28.6 y se obtuvo un 50% de germinación desde el cuarto día después de la siembra para las semillas escarificadas, mientras que para las semillas testigo se obtuvo un porcentaje final de germinación de 38.3% y un CV de 23.7. No se obtuvo germinación en las temperaturas extremas 5 y 45°C. Las semillas requieren de una escarificación mecánica para germinar, ya que de lo contrario, independientemente de la temperatura, ésta se reduce significativamente (del 11.7 hasta el 28.3%) (Fig. 7B y 8B).

A pesar de que el intervalo de germinación fue de 15 a 35°C para el germoplasma de ambas procedencias de *M. biuncifera* y se tienen los mismos valores de viabilidad (66.6%), los resultados muestran un comportamiento diferente en respuesta al porcentaje de germinación final. Mientras que para *M. biuncifera* procedente de González-González registró valores por encima del 80% para las semillas escarificadas, para *M. biuncifera* procedente del Parque Ecológico Cubitos los porcentajes fueron menores a 50. Así también existió una mejor respuesta en tiempo de germinación (coeficiente de velocidad) a 35°C para el germoplasma procedente de González-González y a 25°C para las semillas procedentes del Parque Ecológico Cubitos.

De acuerdo con Turesson (1992), la selección natural ocurre en los diferentes sitios donde una especie crece, lo que resulta en una diferenciación genotípica local y propone el término “ecotipo” como el nombre para el producto genotípico que se desarrolla en un hábitat particular. El resultado de la diferenciación ecotípica es que la variación entre especies está correlacionada con las diferencias de hábitats. Así pues, se puede decir que los factores ambientales provocan la diferencia en el comportamiento germinativo entre las semillas de *M. biuncifera* para ambas localidades.

Las semillas de *Mimosa luisana* germinaron en un intervalo de temperaturas de 15 a 35°C; la temperatura óptima de germinación para esta especie fue de 25°C donde el CV fue de 54.9 y se obtuvo un 92.5% de germinación desde el tercer día y un 95% al séptimo día después de la siembra para las semillas escarificadas, mientras que para las semillas testigo se obtuvo un porcentaje final del 27.5% y un CV de 33.6. No se obtuvo germinación en las temperaturas extremas 5 y 45°C. Las semillas requieren de una escarificación mecánica para germinar, ya que de lo contrario, independientemente de la temperatura, ésta se reduce significativamente (del 56.3 hasta el 72.5%) (Fig. 7C y 8C).

Las semillas de *Mimosa depauperata* germinaron en un intervalo de temperaturas de 15 a 35°C; la temperatura óptima de germinación para esta especie fue de 25°C donde el CV fue de 51.5 y se obtuvo un 95% de germinación desde el segundo día y se obtiene el 100% al cuarto día después de la siembra para las semillas escarificadas, mientras que para las semillas testigo se obtuvo un porcentaje final del 35% y un CV de 11.9. No se obtuvo germinación en las temperaturas extremas 5 y 45°C. Las semillas requieren de una escarificación mecánica para germinar, ya que de lo contrario, independientemente de la temperatura, ésta se reduce significativamente (del 62.5 hasta el 83.75%) (Fig. 7D y 8D).

En *Mimosa calcicola* las semillas germinaron en un intervalo de temperaturas de 15 a 35°C; la temperatura a 35°C produjo mejores resultados en cuanto al coeficiente de velocidad de germinación

(65.63 para las semillas escarificadas y 26.22 para las semillas testigo, Fig. 8E), sin embargo, la temperatura en donde se obtuvieron los mejores porcentajes de germinación es a 25°C con el 100% para las semillas escarificadas y 12.5% para las semillas testigo, por lo que se puede decir que la temperatura óptima de germinación para esta especie se encuentra entre 25 y 35°C. No se obtuvo germinación en las temperaturas extremas 5 y 45°C. Las semillas requieren de una escarificación mecánica para germinar, ya que de lo contrario, independientemente de la temperatura, ésta se reduce significativamente (del 83.75 hasta el 91.25%) (Fig. 7E).

Las semillas de *Mimosa purpusii* germinaron en un intervalo de temperaturas de 5 a 35°C; la temperatura óptima de germinación para esta especie fue de 25°C donde el CV fue de 34.8 y se obtuvo un 90% germinación desde el quinto día después de la siembra para las semillas escarificadas, mientras que para las semillas testigo se obtuvo un porcentaje final del 18.3% y un CV de 22.6. No se obtuvo germinación a la temperatura extrema de 45°C, mientras que, a 5°C la germinación comenzó hasta 14 días después de haber realizado la incubación. Las semillas requieren de una escarificación mecánica para germinar, ya que de lo contrario, independientemente de la temperatura, ésta se reduce significativamente (del 18.33 hasta el 71.67%) (Fig. 7F y 8F).

En las semillas de *Acacia constricta* la germinación se obtuvo en un intervalo de temperaturas de 15 a 35°C; la temperatura óptima de germinación para esta especie fue de 25°C donde el CV fue de 74.7 y se obtuvo un 76.6% de germinación desde el primer día después de la incubación y se obtiene el 91.6% al cuarto día después de la siembra para las semillas escarificadas, mientras que, para las semillas testigo se obtuvo un porcentaje final del 23.3% y un CV de 30.8. No se obtuvo germinación en las temperaturas extremas 5 y 45°C. Las semillas requieren de una escarificación mecánica para germinar, ya que de lo contrario, independientemente de la temperatura, ésta se reduce significativamente (del 58.33 hasta el 75%) (Fig. 7G y 8G).

Las semillas de *Acacia farnesiana* germinaron en un intervalo de temperaturas de 15 a 35°C; la temperatura óptima de germinación para esta especie fue de 35°C donde el CV fue de 39.3 y se obtuvo un 75% de germinación desde el tercer día y se obtiene el 90% al octavo día después de la siembra para las semillas escarificadas, mientras que para las semillas testigo se obtuvo un porcentaje final del 25% y un CV de 10. No se obtuvo germinación en las temperaturas extremas 5 y 45°C. Las semillas requieren de una escarificación mecánica para germinar, ya que de lo contrario, independientemente de la temperatura, ésta se reduce significativamente (del 65 hasta el 97.5%) (Fig. 7H y 8H).

En *Prosopis laevigata* las semillas germinaron en un intervalo de temperaturas de 5 a 45°C; la temperatura óptima de germinación para esta especie fue de 35°C donde el CV fue de 73.2 y se obtuvo un 78.75% de germinación desde el segundo día y se obtiene el 82.5% al sexto día después de la siembra para las semillas escarificadas, mientras que para las semillas testigo se obtuvo un porcentaje final de 67.5% y un CV de 18.3. La germinación se abatió drásticamente a 5°C donde se obtuvo un 13.75% de germinación para el grupo escarificado, del mismo modo, a 45°C donde se logró el 6.25 y 8.75% de semillas germinadas para el grupo escarificado y el testigo respectivamente. Únicamente para el grupo testigo a 5°C no se obtuvieron valores de germinación. Las semillas requieren de una escarificación mecánica para germinar, ya que de lo contrario, independientemente de la temperatura, ésta se reduce significativamente (del 15 hasta el 67.5%, excepto a 45°C) (Fig. 7I y 8I).

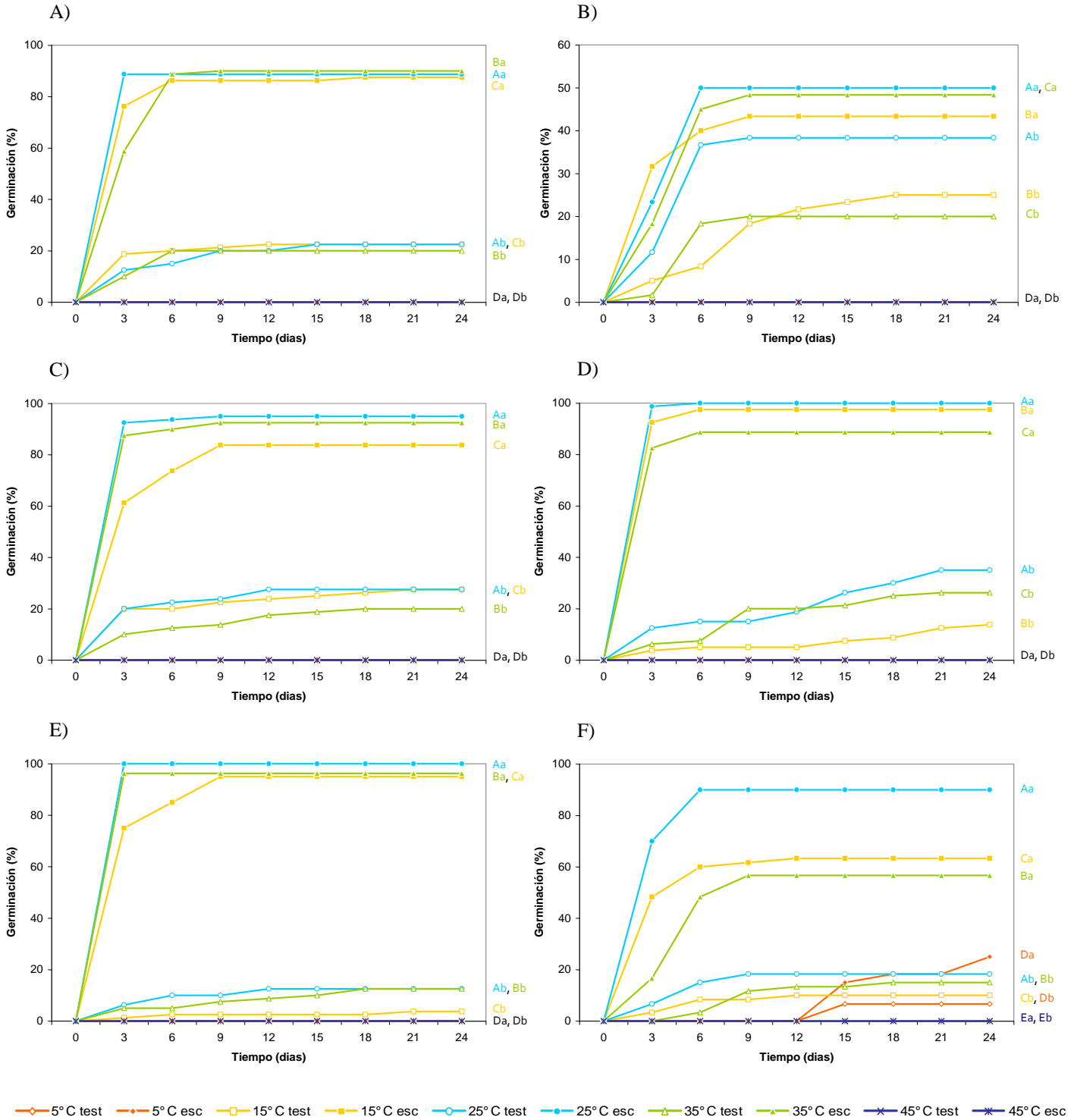


Figura 7. Germinación de semillas de A) *Mimosa biuncifera* (procedencia González-González, Hgo.), B) *Mimosa biuncifera* (procedencia Parque Ecológico Cubitos, Hgo.), C) *Mimosa luisana*, D) *Mimosa depauperata*, E) *Mimosa calcicola* y F) *Mimosa purpusii*, bajo el efecto de cinco temperaturas constantes y fotoperiodo de 12 horas.

test. semillas testigo (no escarificadas), esc. semillas escarificadas.

Las letras mayúsculas diferentes indican significancia estadística entre temperaturas y las letras minúsculas diferentes indican significancia estadística entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

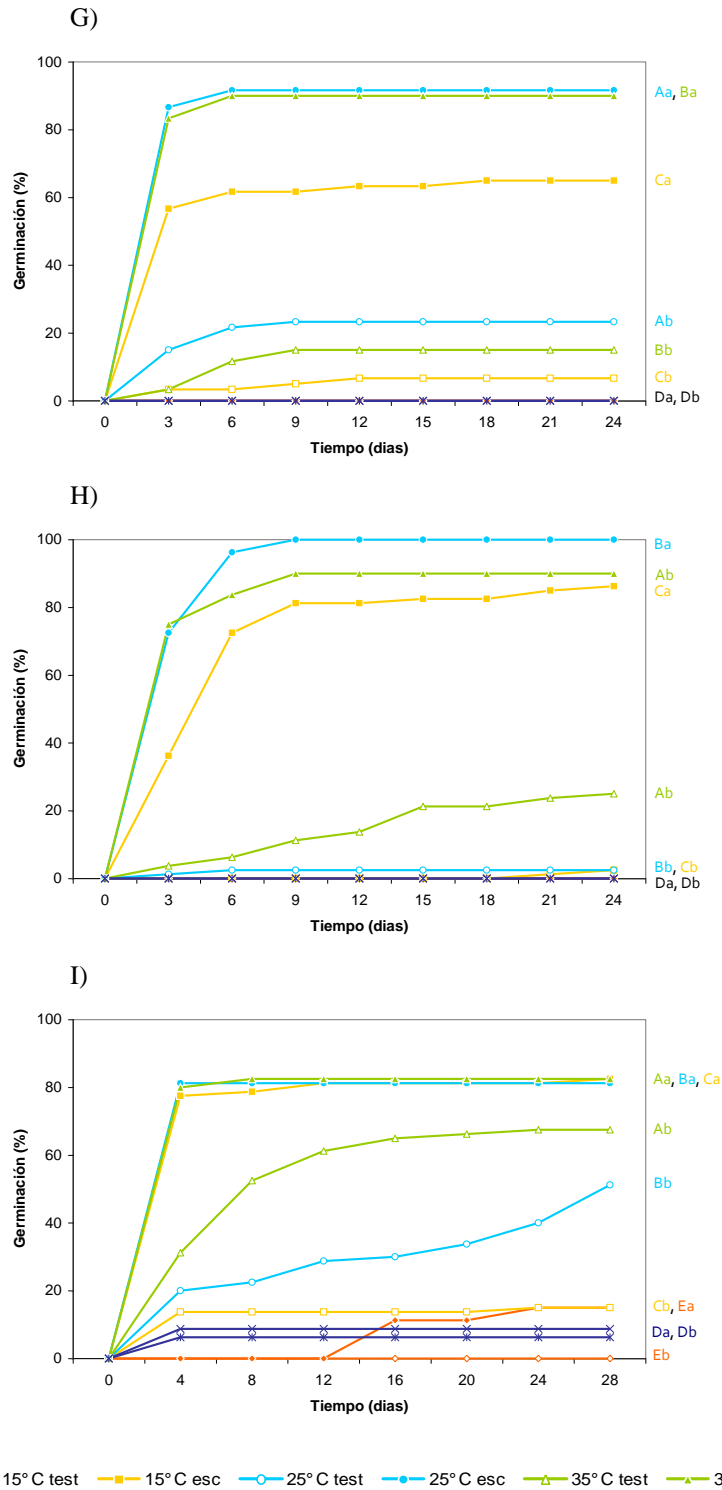


Figura 7 cont. Germinación de semillas de G) *Acacia constricta*, H) *Acacia farnesiana* y I) *Prosopis laevigata* bajo el efecto de cinco temperaturas constantes y fotoperiodo de 12 horas. test. semillas testigo (no escarificadas), esc. semillas escarificadas. Las letras mayúsculas diferentes indican significancia estadística entre temperaturas y las letras minúsculas diferentes indican significancia estadística entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

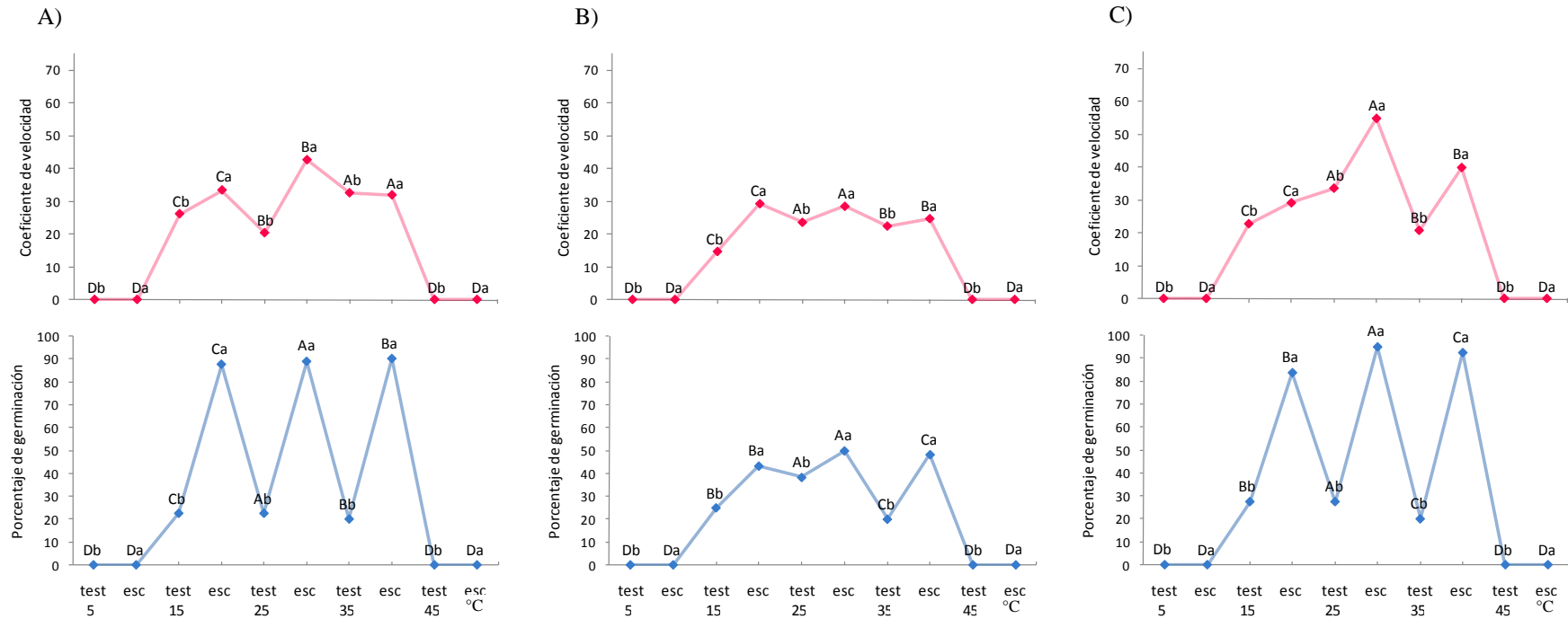


Figura 8. Coeficiente de velocidad germinativo (Kotowski, 1926) y porcentaje de germinación de A) *Mimosa biuncifera* (procedencia González-González, Hgo.), B) *Mimosa biuncifera* (procedencia Parque Ecológico Cubitos, Hgo.) y C) *Mimosa luisana* evaluado para las cinco temperaturas. test. semillas testigo (no escarificadas), esc. semillas escarificadas. Las letras mayúsculas diferentes indican significancia estadística entre temperaturas y las letras minúsculas diferentes indican significancia estadística entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

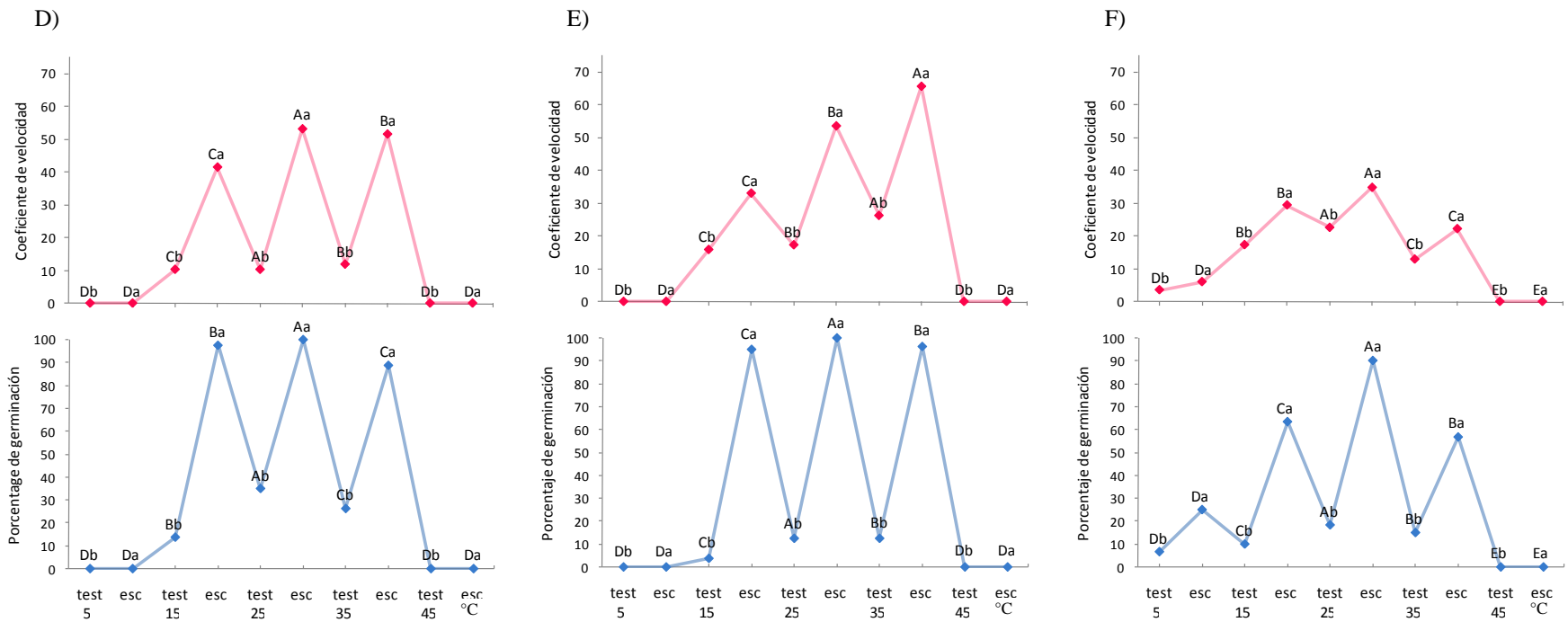


Figura 8 cont. Coeficiente de velocidad germinativo (Kotowski, 1926) y porcentaje de germinación de D) *Mimosa depauperata*, E) *Mimosa calcicola* y F) *Mimosa purpusii* evaluado para las cinco temperaturas.

test. semillas testigo (no escarificadas), esc. semillas escarificadas.

Las letras mayúsculas diferentes indican significancia estadística entre temperaturas y las letras minúsculas diferentes indican significancia estadística entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

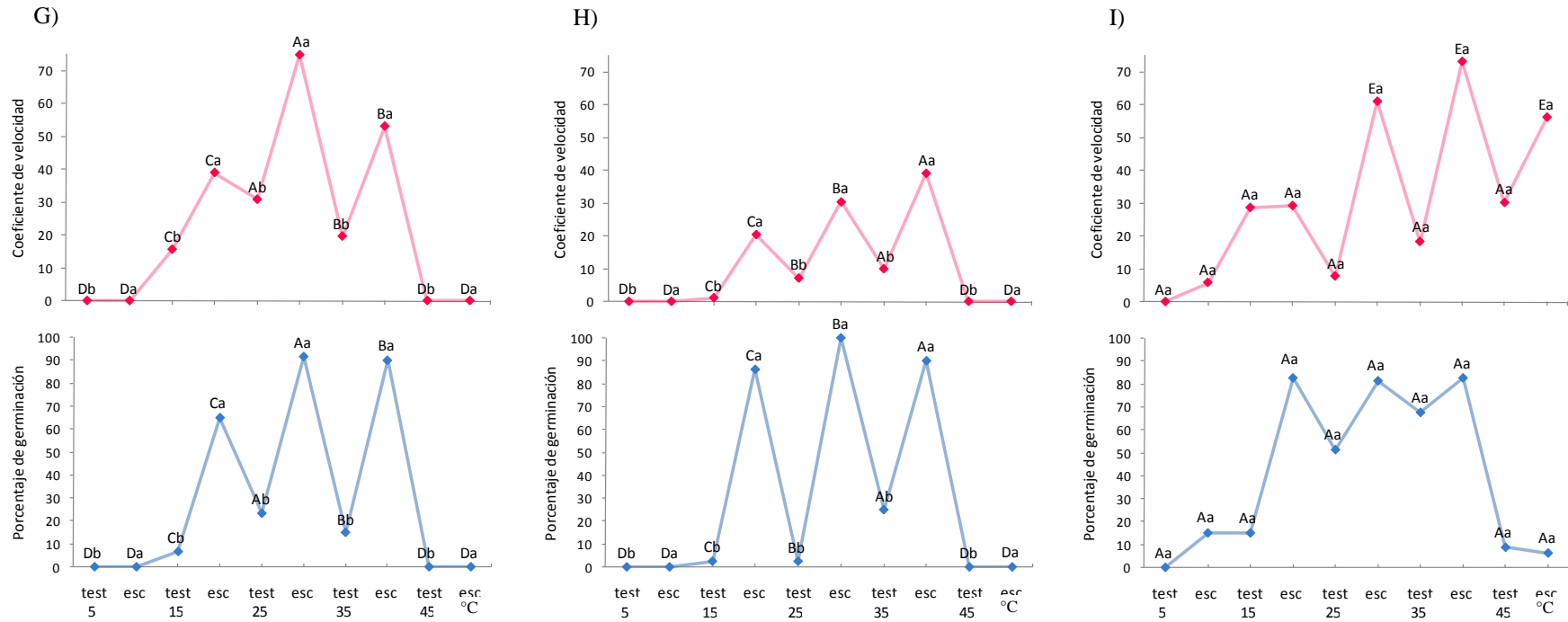


Figura 8 cont. Coeficiente de velocidad germinativo (Kotowski, 1926) y porcentaje de germinación de G) *Acacia constricta*, H) *Acacia farnesiana* y I) *Prosopis laevigata* evaluado para las cinco temperaturas. test. semillas testigo (no escarificadas), esc. semillas escarificadas. Las letras mayúsculas diferentes indican significancia estadística entre temperaturas y las letras minúsculas diferentes indican significancia estadística entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

8.4 Germinación de seis especies en campo

De la misma forma que para las pruebas realizadas en laboratorio, las especies trabajadas en campo presentaron mejores porcentajes de germinación cuando se llevó a cabo la escarificación de las semillas. Los porcentajes de germinación de las semillas colocadas en área abierta fueron muy bajos (<23%), independientemente de si fueron o no tratadas con escarificación mecánica; para las semillas sin escarificar colocadas bajo dosel también se presentaron valores de germinación bajos (<17%), excepto para *Prosopis laevigata* (67%), mientras que para las semillas con tratamiento pregerminativo y colocadas bajo dosel se obtuvieron porcentajes de germinación mayores al 73%, excepto para *Acacia farnesiana* (49%), alcanzando éste máximo entre el sexto y noveno día después de la siembra (Fig. 9). Sólo las semillas de *P. laevigata* continuaron germinando hasta el día 12, mientras que, las de *Mimosa biuncifera* alcanzaron su porcentaje máximo de germinación a partir del día 15 después de la siembra. El índice de Kotowski manifestó que estadísticamente se obtiene una mejor respuesta en tiempo de germinación para las semillas colocadas bajo dosel y con tratamiento pregerminativo independientemente de la especie trabajada, aunque cabe señalar que los valores obtenidos son bajos (<32) (Fig. 11).

Se evaluó la radiación fotosintéticamente activa (PAR por sus siglas en inglés) como un indicador para conocer la cantidad de radiación en áreas abiertas y bajo dosel. Es importante mencionar que la literatura indica que la germinación de semillas de varias especies ocurre entre las longitudes de onda del ultravioleta e infrarrojo. La medición de PAR es un indicador para conocer cuantitativamente su incidencia en las pruebas realizadas en campo.

Los resultados obtenidos confirman que, al igual que en condiciones de laboratorio, las semillas pierden su viabilidad a altas temperaturas como las registradas en zonas interarbustivas (máxima temperatura registrada: 43.7°C), donde la radiación fotosintéticamente activa (PAR) se incrementa hasta 4.3 veces más en relación con las áreas bajo el dosel (Fig. 9). Para tener una noción de estos valores de PAR, Coombs *et al.* (1988) indica que con luz diurna (a pleno sol), la PAR es de $1800 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, mientras que, con luz difusa (nublado) el valor es de $200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Anexo 6); así también, se realizó la medición de la PAR dentro de la incubadora FRIOCEL vol. 111 del laboratorio, la cual fue de $47 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (misma intensidad de luz en la que se llevaron a cabo todas las pruebas).

Finalmente, es importante enfatizar que de acuerdo a los resultados obtenidos tanto en campo como en laboratorio, las altas temperaturas (e incluso factores externos como infestación por hongos) afectaron de manera negativa la germinación de estas especies; no así la alta incidencia de radiación (PAR), ya que no se obtuvo germinación de semillas para la mayoría de las especies dichas temperaturas, incluso con valores de PAR bajos como los presentados en laboratorio.

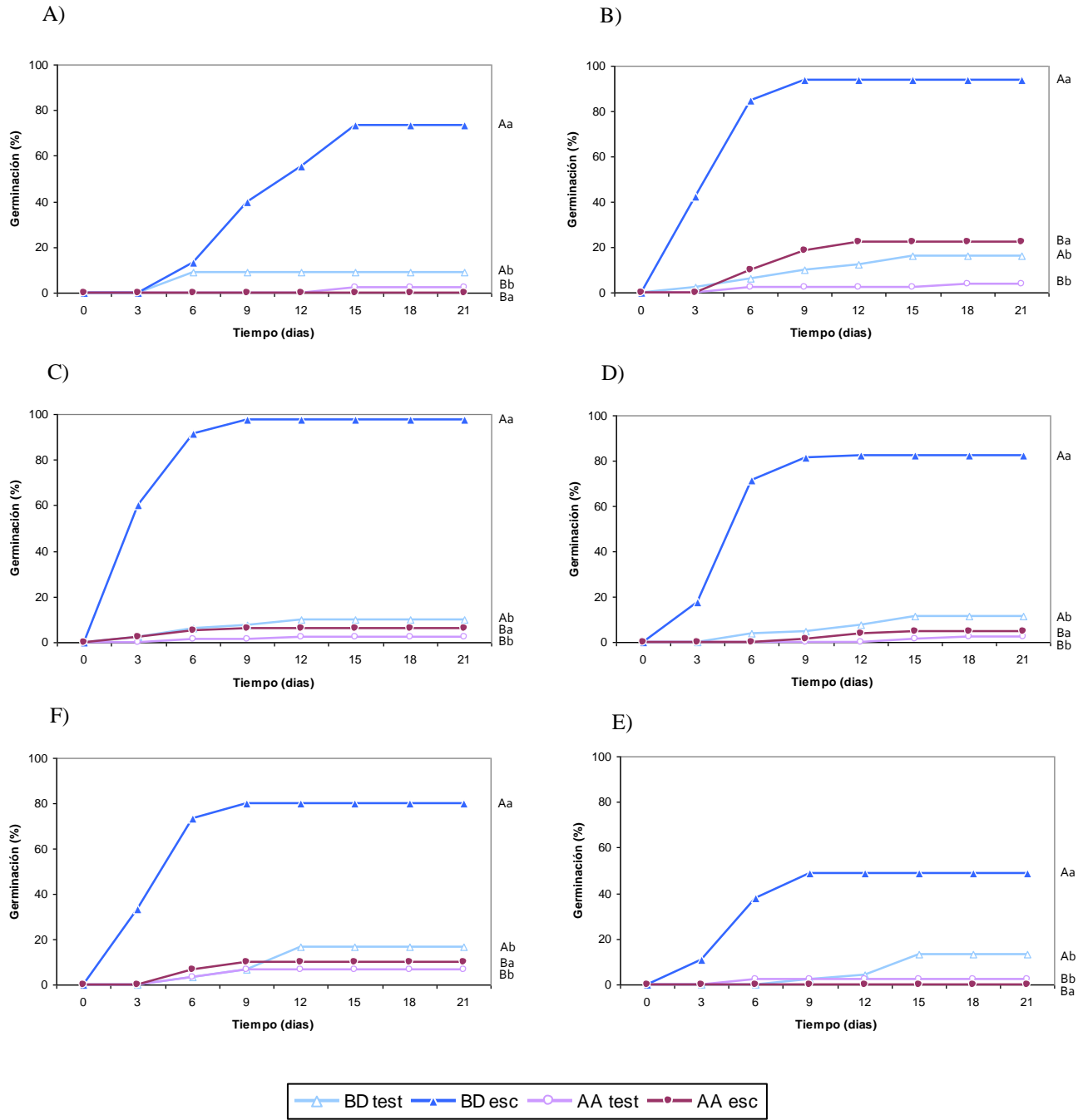


Figura 9. Germinación de semillas en campo de A) *Mimosa biuncifera* (procedencia González-González, Hgo.), B) *Mimosa luisana*, C) *Mimosa depauperata*, D) *Mimosa calcicola*, E) *Acacia constricta* y F) *Acacia farnesiana*.

BD. Bajo dosel, AA. Área abierta, test. semillas testigo (no escarificadas), esc. semillas escarificadas.

Las letras mayúsculas diferentes indican significancia estadística entre zonas y las letras minúsculas diferentes indican significancia estadística entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

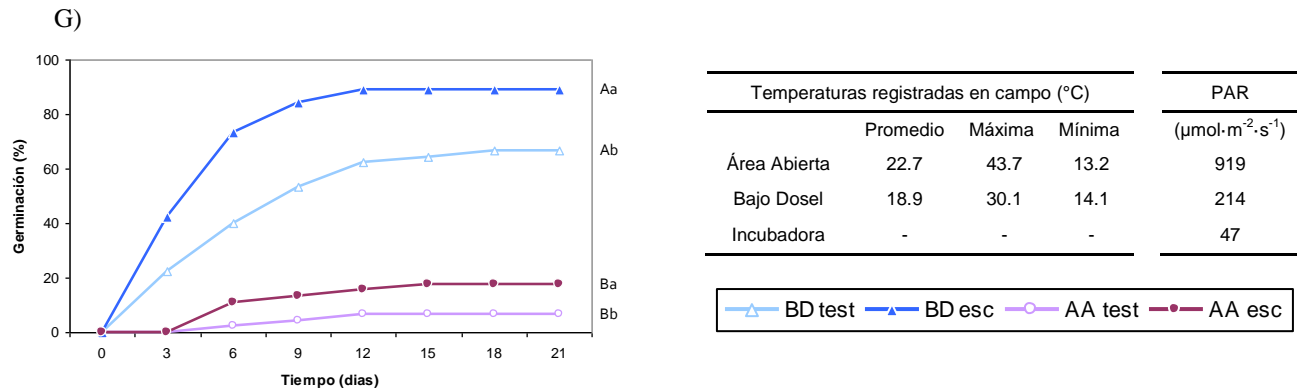


Figura 9 cont. Germinación de semillas en campo de G) *Prosopis laevigata*.

BD. Bajo dosel, AA. Área abierta, test. semillas testigo (no escarificadas), esc. semillas escarificadas.

Las letras mayúsculas diferentes indican significancia estadística entre zonas y las letras minúsculas diferentes indican significancia estadística entre tratamientos ($p \leq 0.05$).



Figura 10. Estudio de la germinación de semillas en campo bajo dosel y área abierta.

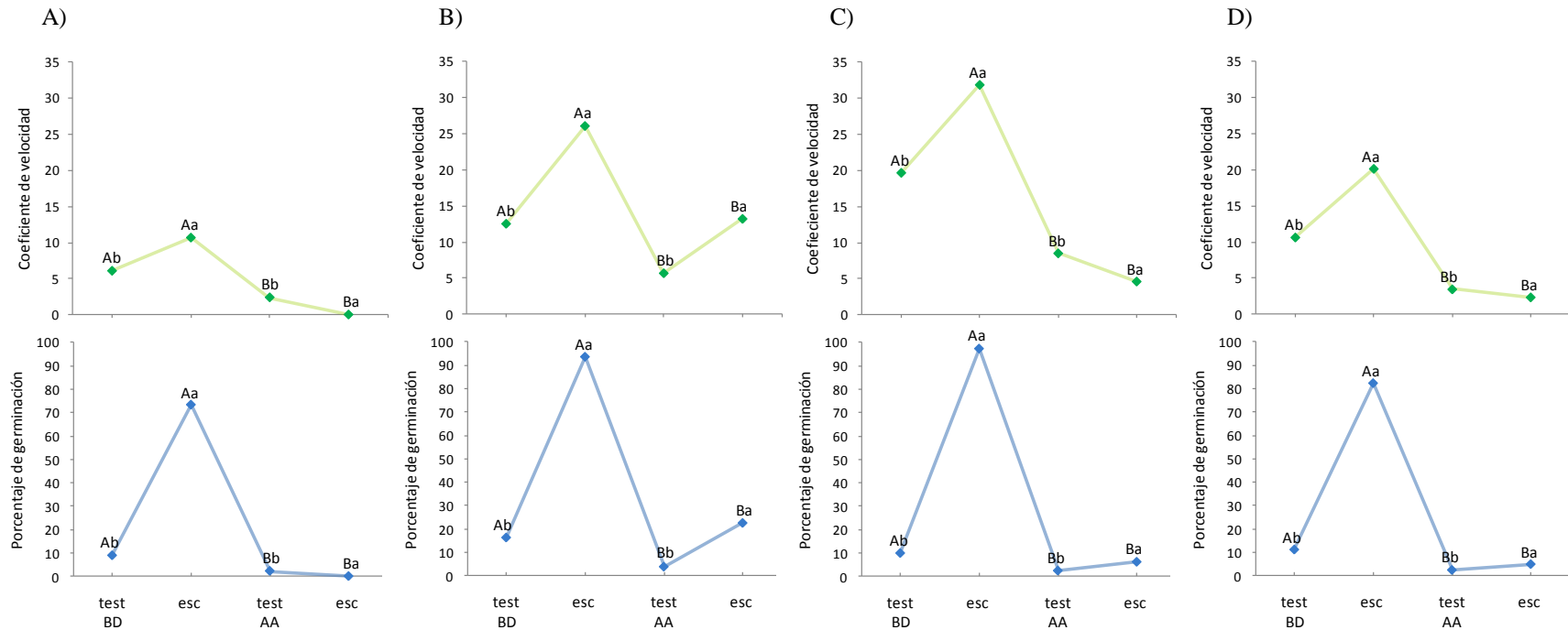


Figura 11. Coeficiente de velocidad germinativo (Kotowski, 1926) y porcentaje de germinación de A) *Mimosa biuncifera* (procedencia González-González, Hgo.), B) *Mimosa luisana*, C) *Mimosa depauperata* y D) *Mimosa calcicola* evaluados en campo. BD. Bajo dosel, AA. Área abierta, test. semillas testigo (no escarificadas), esc. semillas escarificadas. Las letras mayúsculas diferentes indican significancia estadística entre zonas y las letras minúsculas diferentes indican significancia estadística entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

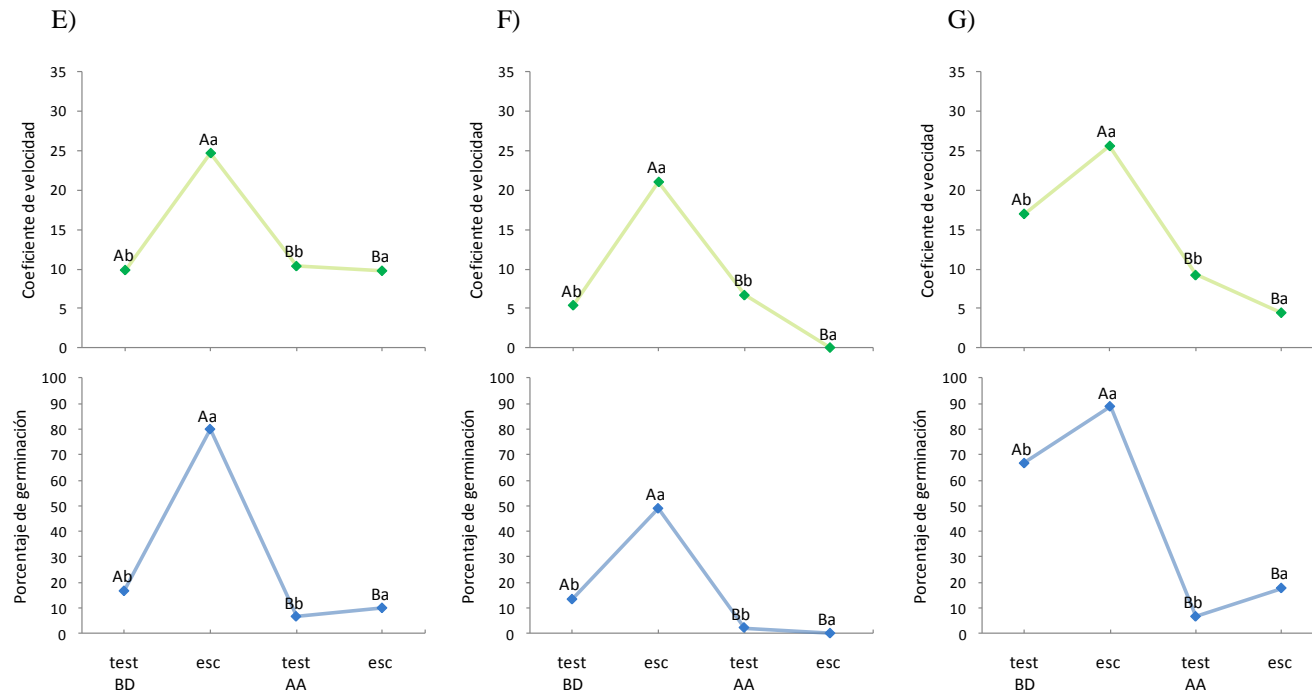


Figura 11 cont. Coeficiente de velocidad germinativo (Kotowski, 1926) y porcentaje de germinación de E) *Acacia constricta*, F) *Acacia farnesiana* y G) *Prosopis laevigata* evaluados en campo.

BD. Bajo dosel, AA. Área abierta, test. semillas testigo (no escarificadas), esc. semillas escarificadas.

Las letras mayúsculas diferentes indican significancia estadística entre zonas y las letras minúsculas diferentes indican significancia estadística entre tratamientos ($p \leq 0.05$).



IX. CONCLUSIONES

Las ocho especies de leguminosas presentan diferencias en los parámetros evaluados (físicos, morfológicos y biológicos). No obstante, se pueden agrupar en función de similitud en tres grupos: I) *Mimosa biuncifera* (procedente de ambas localidades), *Mimosa purpusii* y *Acacia constricta*, donde comparten ocho de las características; II) *Mimosa calcicola*, *Mimosa depauperata* y *Mimosa luisana* presentan similitud en cinco de los caracteres evaluados; y III) *Acacia farnesiana* y *Prosopis laevigata* exhiben similitud en ocho de las características. El tamaño, peso y el color de las semillas es un carácter distintivo a nivel de especie y género. Por otro lado, en todas las especies estudiadas es evidente la presencia de una cubierta seminal gruesa (la cual adaptativamente es una barrera para humedades edáficas escasas), así como un pleurograma e hilo conspicuos. La morfología interna de las semillas no presentó diferencias entre las especies en cuanto a disposición y composición, es decir, todas presentan un embrión de tamaño total, de tipo inverso, cotiledones rectos y gruesos que ocupan casi la totalidad de la cavidad interna y endospermo rodeando completamente al embrión.

La depredación es un factor letal para la viabilidad de las semillas de las ocho especies ya que afecta significativamente su potencial germinativo. Las ocho especies presentaron valores diferenciales de viabilidad (desde 66 hasta 95 %) y temperatura de germinación óptima (entre 25 y 35°). La escarificación mecánica de las semillas de las ocho especies incrementa en un 60% la germinación; esto debido a que dicho mecanismo elimina la latencia física impuesta por la cubierta dura, permitiendo la imbibición de la semilla.

Las ocho especies germinan entre 15 y 35°C; sin embargo las temperaturas extremas (5 y 45°C) afectan el potencial germinativo en función de la especie. *P. laevigata* germina desde 5 hasta 45°C y *Mimosa purpusii* entre 15 y 45°C y las demás especies no germinan a estas temperaturas, manteniendo su viabilidad a bajas temperaturas y perdiéndola a altas temperaturas.

En campo se presentó una tendencia similar a la del laboratorio en relación con una mayor germinación en semillas escarificadas. En general las seis especies estudiadas en campo presentaron el mismo patrón: mayor germinación bajo dosel que en área abierta. Aunque las semillas de las ocho especies germinan en un intervalo amplio de PAR ($47-919 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), no significa que sean fotoblásticas (característico de especies anuales). Así también, sería conveniente evaluar el efecto de la radiación en la germinación, pues los resultados aquí vertidos muestran baja germinación a altas intensidades de PAR (zonas interarbustivas).

De las ocho especies *P. laevigata* es la que presenta un mayor potencial para germinar y establecerse en zonas degradadas debido a sus amplios intervalos de temperatura para germinar. Así también especies como *Mimosa luisana*, *Mimosa depauperata* y *Acacia constricta* pueden ser de gran utilidad, ya que presentan altos porcentajes de germinación en un reducido periodo tanto en condiciones controladas como en campo, además de que son escasamente parasitadas por brúchidos en comparación con las demás especies estudiadas.



X. REFERENCIAS

- Aguilar-Contreras A., J. R. Camacho, S. Chino, P. Jácquez y M. E. López, 1994. Plantas medicinales del herbario del IMSS. Cuadros básicos por aparatos y sistemas del cuerpo humano. Instituto Mexicano del Seguro Social. México D.F. 218 pp.
- Anónimo. 1992. Munsell Soil Color Charts. Editorial Macbeth. New York.
- Armella, V. M. A. 1990. Depredación predispersión de semillas en la barranca de Metztlán. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 95 pp.
- Barclay, A. S. y F. R. Earle. 1974. Chemical analysis of seeds III. Oil and protein content of 1253 species. *Economic Botany* 28: 178-236.
- Baskin, C. C. y M. J. Baskin. 1998. *Seeds ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Academic Press. San Diego. E.U.A. 666 pp.
- Bewley, D. J. y M. Black. 1994. *Seeds physiology of development and germination*. Plenum Press. New York. 420 pp.
- Calderón, O. y F. Espinosa. 1997. Manual de identificación de semillas de maleza: Claves, descripciones e ilustraciones de 74 especies de importancia fitosanitaria. Dirección General de Sanidad Vegetal. 112 pp.
- Camacho, M. F. 1994. *Dormición de Semilla; Causas y Tratamientos* Editorial Trillas. México D.F. 125 pp.
- Camargo-Ricalde, S. L., R. Grether, A. Martínez-Bernal, V. García-García y S. Barrios-del-Rosal. 2001. Especies útiles del género *Mimosa* (Fabaceae-Mimosoideae) en México. *Sociedad Botánica de México*. 68: 33-44.
- Camargo-Ricalde, S. L., S. S. Dhillon y V. García-García. 2004. Phenology, and seed production and germination of seven endemic *Mimosa* species (Fabaceae-Mimosoideae) of the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Journal of Arid Environment*. 58: 423-437.
- Coombs, J., D. O. Hall, S. P. Long y J. M. O. Scurlock. 1988. *Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad*. Editorial Futura. Colegio de Posgraduados, Chapingo, Estado de México. 258 pp.
- Covell, S., R. H. Ellis, E. H. Roberts y R. J. Summerfield. 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain Legumes: A comparison of chickpea, lentil, soybean and cowpea at constant temperatures. Department of Agriculture and Horticulture, and Plant Environment Laboratory. University of Reading Earley Gate. U.K Glasgow. Vol. 5:705-715.

- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Conabio. México D.F. 847 pp.
- Fenner, M. y K. Thompson. 2005. The ecology of seeds. Cambridge University Press. U.K. 250 pp.
- Font Quer, P. 1982. Diccionario de botánica. 8ª reimpresión. Editorial Labor, S. A. Barcelona. 1244 pp.
- Fuller, H. H. 1974. Botánica general. Editorial Interamericana, S.A. de C. V. México D.F. 512 pp.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. Serie Libros, Núm. 6. México D.F. 90 pp.
- Gómez, L. P., P. J. Signoret, y M. C. Abuín. 1970. Mezquites y huizaches. Ediciones del Instituto Mexicano de Recursos Renovables A. C. México. 192 pp.
- Grime, J. P., G. Mason, A. V. Curtis, J. Rodean, S. R. Band, M. A. Mowforth, A. M. Nealy y S. Shaw. 1981. A Comparative study of germination characteristics in local flora. *Journal of Ecology*. 69: 1017-1059.
- Gunn, C.R. 1981. Seeds of Leguminosae. In R.M. Polhill, and P.H. Raven, (eds.). *Advances in legume systematics*. 2: 913-925.
- González-Zertuche A. M. L. y A. Orozco-Segovia. 1996. Métodos de análisis de datos de la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 58: 37-52.
- Hartmann, T. H. y E. D. Kester. 2002. Propagación de las plantas principios y prácticas. Editorial Continental. México D.F. 880 pp.
- Harwood, C. E. 1994. Human food potential of the seeds of some Australian dry-zone *Acacia* species. *Journal of Environments* 27: 27-35.
- Janzen, D. H. 1971. Seed predation by animals. *Annual Review of Ecology and Systematics* 2: 465-492.
- Jiménez, M. A. 1990. Semillas forrajeras para la siembra. Univesidad Autónoma de Chapingo. Editorial Celsa Cosío Ruiz. Chapingo, Estado de México.
- Karsen, C. M. 1981. Environmental conditions and endogenous mechanism involved in secondary Dormancy of Seeds. *Jour. Bot.* 29: 45-64.
- Kotowski, F. 1926. Temperature relation to germination of vegetable seed. *Proc. Arm. Soc. Hortic. Sci.* 23: 176-184.
- Martin, A. C. 1946. The comparative internal morphology of seeds. *Amer. Midl. Natur.* 36: 513-660.



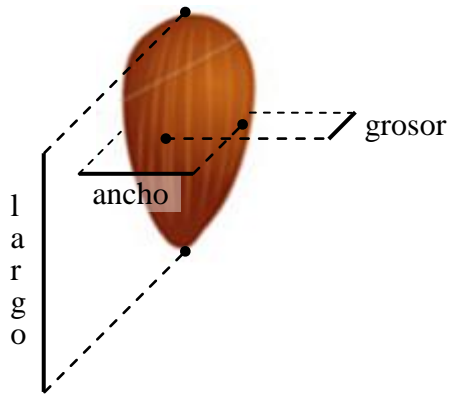
- Mayer, A. M y A. Poljakoff –Mayber. 1975. The germination of seeds. In: Wareing P.F and A.Y. Galston (General Editors), Second Edition. 5: 21-45.
- Moreno, M. E. 1984. Análisis físicos y biológicos de semillas agrícolas. UNAM. México. 179- 184.
- Niembro, A. 1988. Semillas de árboles y arbustos, ontogenia y estructura. Editorial Limusa. México D.F. 368 pp.
- Orozco-Segovia, A.D.L. 1991. Latencia de semillas: una Interpretación desde el punto de vista de fisiología ecológica. Bol. Soc. Bot. 52:1.
- Orozco-Segovia, A. D. L. y C. Vazquez-Yeñez. 1989. Light effect on seed germination. in *Piper L. Acta Ecológica* 10: 123-146.
- Orozco, A. M. S. 2003. Ecología funcional de cuatro especies del género *Mimosa* (leguminosae) en la cuenca del río Estórax; en el Estado de Querétaro. Tesis doctoral México. Universidad Autónoma Metropolitana. México D.F. 248 pp.
- Reynolds, T. y P.A. Thompson. 1973. Effects of kinetin, gibberellins and abscisic acid on the germination of lettuce (*Lactuca sativa*). *Physiologia Plantarum* 28: 516-522.
- Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Editorial Limusa. 6ta reimpresión. México D.F. 433 pp.
- Salas, G. C. E. 2003. Emergencia y desarrollo de plántulas de Mezquite [*Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl ex Willd.)M. C. Johnst] bajo gradientes de mezclas salinas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 63 pp.
- Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 2000. Fisiología de las plantas. Editorial Paraninfo. Madrid, España. 988 pp.
- Scagel, R. F., R. J. Bandoni, R. J. Maze, G. E. Rouse, W. B. Schofield y J. R. Stein. 1987. El reino vegetal. Editorial Omega. Barcelona, España. 659 pp.
- Snedecor, G. W. y Cochran, W. G. 1971. Métodos estadísticos. Editorial C. E. C. S. A. México D.F. 703 pp.
- Teketay, D. 1998. Germination of *Acacia origena*, *A. pilispina* and *Pterolobium stellatumin* response to different pre-sowing seed treatments, temperature and light. *J. Arid Environ.*, 38: 551-560.
- Turesson, G. 1992. The species and the variety as ecological units. *Hereditas* 3: 100-113.
- Ubierno, P. y Lapp, M. 2007. Caracterización morfológica de semillas de algunas especies de los géneros *Cassia* L. y *Senna* Mill. (Leguminosae Juss.). *Revista de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia*. 24: 426-441.

Wiegand, K., F. Jeltsch y D. Ward. 1999. Analysis of the population dynamics of *Acacia* trees in the Negev desert, Israel with a spatially-explicit computer simulation model. *Ecological Modelling* 117: 203-224.

Willian, R. L. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales, con especial referencia a los trópicos. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 502 pp.



Anexo 1. Toma de mediciones en la semilla



Anexo 2. Clasificación de los distintos tipos de embriones
(Martin, 1946; citado por Niembro, 1988)

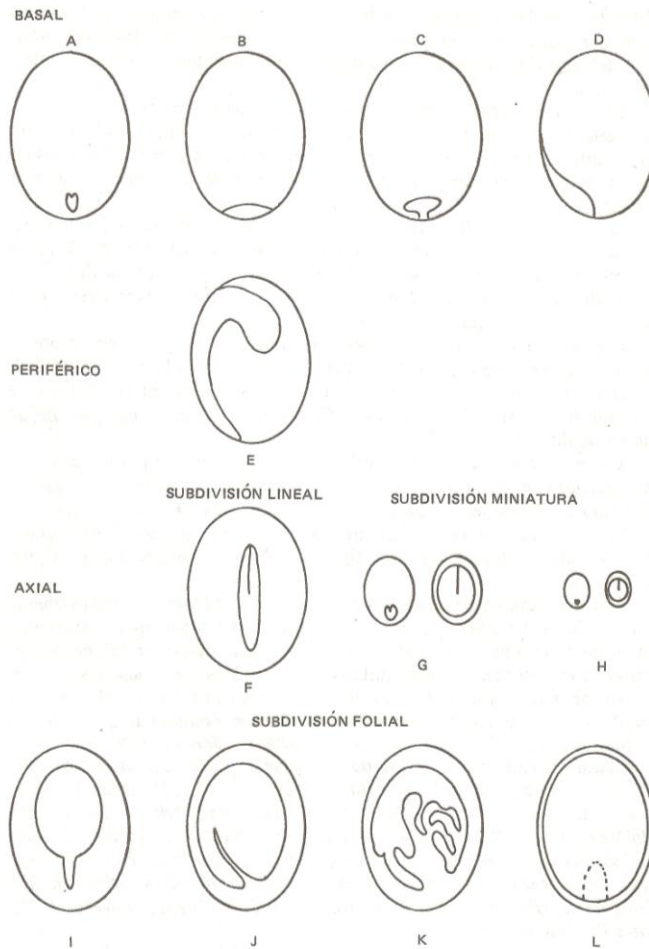


Figura 57. Clasificación de los distintos tipos de embriones de acuerdo con Martin (1946), explicaciones en el texto. A, embrión rudimentario; B, embrión ancho; C, embrión capitado; D, embrión lateral; E, embrión periférico; F, embrión lineal; G, embrión enano; H, embrión diminuto; I, embrión espatulado; J, embrión doblado; K, embrión plegado y L, embrión inverso.

Anexo 3. Características morfológicas, físicas y biológicas, y variaciones (estados) empleados para la construcción de la matriz de similitudes en las ocho especies de leguminosas

Característica	Estado	Característica	Estado
A. Forma	1. Obovada	H. Largo (mm)*	-
	2. Ampliamente obovada		-
	3. Muy ampliamente obovada	I. Ancho (mm)*	-
	4. Ampliamente elíptica		-
B. Forma tridimensional	1. Obovoide (ligeramente comprimida)	J. Grosor (mm)*	-
	2. Casi esférica	K. Peso fresco (g)*	-
	3. Casi esférica (ligeramente comprimida)		-
	4. Elipsoide	L. Depredación (%)*	-
C. Superficie	1. Pulverulenta	M. Viabilidad (%)*	-
	2. Foveolada	N. Capacidad de imbibición (g)* [▼]	-
D. Ápice	1. Redondeado		O. Peso de embrión (g)*
	2. Agudo	-	
E. Forma del Hilo	1. Elíptica	P. Peso de testa (g)*	-
	2. Estrechamente elíptica	Q. Largo del embrión (mm)*	-
	3. Circular		-
F. Micrópilo	1. Presencia	R. Ancho del embrión (mm)*	-
	2. Ausencia	S. Largo del eje del embrión (mm)*	-
G. Rafe	1. Presencia		T. Ancho del eje del embrión (mm)*
	2. Ausencia	-	

* Caracteres cualitativos. Ver matriz de datos para conocer el estado del carácter.

[▼] Medido como la cantidad de agua que absorbe la semilla.

Anexo 4. Matriz de similitudes en las ocho especies de leguminosas

Especie	Características																			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
<i>Mimosa biuncifera</i> ¹	1	1	1	1	1	1	1	4.537	2.989	1.757	0.011	45	66.63	0.023	0.025	0.009	6.21	3.25	2.75	1.28
<i>Mimosa biuncifera</i> ²	1	1	1	1	1	1	2	4.765	2.83	1.741	0.009	37	66.63	0.023	0.021	0.011	6.191	3.073	2.727	1.118
<i>Mimosa luisana</i>	2	2	1	2	1	2	1	3.503	2.793	2.47	0.012	11	79.97	0.013	0.014	0.012	4.636	3.018	2.427	1.109
<i>Mimosa depauperata</i>	3	2	1	1	1	1	1	3.464	3.152	2.953	0.016	11	95.33	0.025	0.023	0.018	4.99	3.7	2.79	1.33
<i>Mimosa calcicola</i>	2	3	1	1	1	2	2	2.729	2.407	1.878	0.007	6	95.33	0.012	0.011	0.008	4.48	2.73	2.62	1.19
<i>Mimosa purpusii</i>	1	1	1	1	1	1	2	5.127	3.111	1.641	0.014	25	68.83	0.017	0.018	0.013	6.89	3.23	2.97	1.21
<i>Acacia constricta</i>	1	1	2	1	1	1	1	5.17	2.814	1.663	0.016	26	79.93	0.013	0.024	0.005	5.6	2.873	2.391	1.173
<i>Acacia farnesiana</i>	4	4	1	1	2	1	2	5.912	4.747	3.365	0.065	57	84.33	0.118	0.082	0.101	9.21	6.44	3.61	1.69
<i>Prosopis laevigata</i>	2	1	2	1	3	1	2	6.477	4.737	2.842	0.042	59	88.73	0.045	0.056	0.032	8.43	6.04	3.15	1.69

¹ Procedencia González-González, Hgo.

² Procedencia Parque Ecológico Cubitos, Hgo.



Anexo 5. Colores basados en la tabla de Munsell para suelos
(Anónimo, 1992)

Especie	Color
<i>Mimosa biuncifera</i> ¹	negro 7.5YR 2.5/1 a pardo oscuro 7.5YR 3/3
<i>Mimosa biuncifera</i> ²	negro gley N 2.5/
<i>Mimosa luisana</i>	pardo muy oscuro 10YR 2/2 a pardo amarillento 10YR 5/8
<i>Mimosa depauperata</i>	negro 7.5YR 2.5/1 a pardo oscuro 7.5YR 3/4
<i>Mimosa calcicola</i>	negro gley N 2.5/ a negro 7.5YR 2.5/1
<i>Mimosa purpusii</i>	pardo muy oscuro 7.5 YR 2.5/3
<i>Acacia constricta</i>	negro gley N 2.5/ con pequeñas manchas gris claro gley N 7/
<i>Acacia farnesiana</i>	oliva 5Y 4/3 a pardo amarillento oscuro 10YR 3/6
<i>Prosopis laevigata</i>	pardo amarillento oscuro 10YR 4/4 a pardo amarillento 10YR 5/8

¹ Procedencia González-González, Hgo.

² Procedencia Parque Ecológico Cubitos, Hgo.

Anexo 6. Factores de conversión aproximados para luz
(Coombs *et al.*, 1988)

Luz diurna, a pleno sol:	
950 W m ⁻²	= 1.36 cal cm ⁻² min ⁻¹ ≈ 95,000 lux
de ésta, la PAR + (400-700 nm) es ≈ 1800 μmol de fotones m ⁻² s ⁻¹	
≈ 399 W m ⁻²	= 0.572 cal cm ⁻² min ⁻¹ = 42 % del total
por lo tanto 1 W m ⁻² (total) ≈ 1.895 μmol m ⁻² s ⁻¹ (PAR).	
Luz difusa azul:	
72 W m ⁻²	= 0.103 cal cm ⁻² min ⁻¹ ≈ 9000 lux
de ésta, la PAR es ≈ 200 μmol de fotones m ⁻² s ⁻¹	
≈ 45 W m ⁻²	= 0.065 cal cm ⁻² min ⁻¹ = 63 %
por lo tanto 1 W m ⁻² (total) ≈ 2.778 μmol m ⁻² s ⁻¹ (PAR).	

Glosario de términos técnicos

Ápice. Vértice superior.

Cotiledón. La primera o cada una de las primeras hojas de la planta que se forman en el embrión de los antófitos (plantas con flores).

Embrión. Rudimento del esporofito, cuando la ovocélula, después de fecundada, ha constituido un cuerpo primordial de células diploides. En el caso de los antófitos, constituye un primordio de la planta, que aparece en él ya esbozada en sus partes fundamentales: raíz, tallo, hojas y reservas, ya sea en los cotiledones del propio embrión o en tejidos nutricios adyacentes.

Endospermo. Tejido de reserva de las semillas, formado en el saco embrional como consecuencia de la unión del núcleo secundario del mismo con un núcleo espermático procedente del tubo polínico. Es un tejido triploide que puede ser digerido total o parcialmente por el embrión al germinar la semilla.

Epicótilo. Extremo apical del eje embrional que se forma por arriba de los cotiledones, o, de otra manera, el primer entrenudo que forma la plúmula al desarrollarse. A este término se opone *hipocótilo*.

Forma Obovada. De forma inversamente ovada, con el ápice más amplio que la base. Los términos *ampliamente/muy ampliamente obovada* se refieren a que existe una mayor amplitud en el ancho de la forma, pero sin perder su geometría característica.

Forma Elíptica. En forma de elipse; redondeado o curvado y de mayor dimensión en la parte central de la estructura. El término *ampliamente elíptica* se refiere a que existe una mayor amplitud en el ancho de la forma, pero sin perder su geometría característica.

Hilo. Aréola de la superficie del rudimento seminal. En la semilla ya desprendida constituye una cicatriz de forma diversa, correspondiente a la unión de del episperma (cubierta seminal) con el funículo o la placenta.

Imbibición. Acción de embeber o embeberse y sus efectos. En germinación, en un sentido amplio, la semilla absorbe otro cuerpo líquido (comúnmente agua).

Micrópilo. En los rudimentos seminales, abertura que, a modo de canalículo, dejan en el ápice de los mismos el tegumento o los tegumentos.

Pleurograma. Línea a modo de resalto que sigue el contorno de la rafe y la antirrafe y que se abre o no en el extremo hilar. Es común en las semillas de algunos miembros de mimosáceas y caesalpiniáceas principalmente.

Quiescencia. Estado no activo de una semilla en la cual el único requerimiento para su germinación es agua y oxígeno.

Radícula. Extremo inferior del eje embrionario; corresponde al sistema radical.

Rafe. Línea en resalto a modo de costura que se observa en el borde de muchos rudimentos seminales, y aun más tarde en la semilla, y que proviene de la soldadura del funículo con dichos rudimentos cuando éstos son anátropos. La rafe recorre, pues, el borde del rudimento seminal desde el hilo hasta el ápice geométrico del mismo.

Superficie Fovoleada. Dícese de las superficies que presentan grabaduras en forma de pequeños hoyuelos, como se ve en muchas semillas.

Superficie Pulverulenta. Aplícase a las superficies como cubiertas de diminuto polvillo.