



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Reproducción por semilla de *Calliandra grandiflora* (L'Hér.)
Benth. de una población silvestre del Parque Memorial,
Naucalpan, Estado de México, México

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G A

P R E S E N T A

Huitzil Namibia Zimbabwe Avila Morales



DIRECTOR DE TESIS:

Ing. Agr. Francisco Camacho Morfin

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016



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.



Calliandra Shade (The Cappuccino Song). Ian Anderson.

*I sit in judgement on the market square.
i have my favourite table and i have my chair.
natives are friendly and the sun flies high.
all kinds of crazy waiters ? they go drifting by.
Come, sit with me and take decaf designer coffee.
come, laugh and listen as the ragamuffin children play.
lame dog and a black cat, now, they shuffle in the shadows.
you got cappuccino lip on a short skirt day.
Hours last forever in the calliandra shade.
conversation going nowhere and yet, everywhere.
kick off those sad shoes and let the bare toes tingle.
slip off the shoulder strap: loosen the thick black hair.
Electric afternoon and shrill cellphones are mating.
lame dog is dreaming, dreaming of a better life
where bed is fluffy pillows, table scraps are filet mignon
flicked indiscretely by the lazy waiter's knife.*

A mis padres:

Por encaminarme a seguir mis proyectos, por ser mis primeros maestros, por su
cariño

Mario Avila Montoya (pintor y escultor) por sensibilizarme y encauzarme al
naturalismo y al arte

María Elena Morales Vidal (enfermera y psiquiatra) por enseñarme el valor de
la disciplina y el método científico

A todos los que me estiman y vieron en mí potencial para la Biología, que me
impulsaron en este proceso (familia y amigos; profesores y compañeros con
quiénes compartí la carrera de Biología)

A Calliandra grandiflora

A la Ecología de México

AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ciencias.

A todos y cada uno de mis sinodales por su invaluable revisión, comprensión y comentarios para la conclusión de este escrito de tesis.

Al Dr. Ricardo Noguera por años de enseñanza, amistad y convivencia.

Al Mtro. Ramiro Durán por ser un apoyo moral importante en la culminación de mi proceso como profesional de la biología.

A la Dra. Susana Valencia por su revisión, simpatía y consejos académicos.

A la Dra. Sonia Vázquez por su asesoría, comentarios, sensibilidad para este camino.

Al Ing. Fco. Camacho por toda su paciencia, enseñanzas y guía para esta investigación, por contagiarme aún más al magnífico mundo de las plantas.

Agradecimientos especiales:

A la artista plástica y Dra. En Humanidades y Artes Marisol Gutiérrez por años de amistad, consejos y enseñanzas.

Al biólogo Manuel López por años de amistad, enseñanzas, por su apoyo en este y otros proyectos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN	
ANTECEDENTES	
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Importancia de Fabaceae	1
1.2 Generalidades del género <i>Calliandra</i>	2
1.2.1 Nombres comunes y científico de la especie	3
1.2.1.1 Descripción de la especie	4
1.2.1.2 Usos e importancia de <i>Calliandra grandiflora</i>	8
1.3 Distribución de <i>Calliandra grandiflora</i>	9
1.4 Fenología	10
1.5 Justificación	12
1.5.1 Objetivos	12
1.5.1.1 Hipótesis	12
CAPÍTULO II. ÁREA DE ESTUDIO Y CONSIDERACIONES SOBRE LA ESPECIE	13
2.1 Ubicación geográfica	13
2.2 Clima.	14
2.3 Propagación	14
2.4 Problemática de la especie	15
2.5 Semillas impermeables	16
2.6 Método de Bramlett (1977), antecedentes para las fórmulas propuestas en <i>Calliandra grandiflora</i>	17
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODO	19
3.1. Sitio de colecta	19
3.2 Material biológico	20
3.2.1 Cuantificación de los frutos en los arbustos	20
3.2.2 Obtención de vainas	20
3.2.2.1 Muestreo para realizar las mediciones en las vainas	20
3.2.2.2 Clasificación de los lóculos presentes en las vainas	21
3.2.2.3 Clasificación de las semillas	22
3.2.2.4 Tamaño de las semillas	23
3.3 Procesamiento de las vainas para extraer a las semillas que se emplearon para las pruebas de germinación	23
3.3.1 Condiciones generales para las pruebas de germinación en laboratorio	24
3.3.1.1 Desarrollo de las pruebas de germinación	26
3.3.2.2 Tiempo medio de germinación	28
3.4 Análisis estadístico	29
3.4.1 Fórmulas obtenidas a partir del análisis de las vainas de <i>Calliandra grandiflora</i>	30

CAPÍTULO IV. RESULTADOS	31
4.1 Cuantificación de arbustos, ramas, vaina, y semilla	31
4.1.1 Tamaño de las vainas	31
4.1.2 Cuantificación y clasificación de los tipos de semillas de <i>Calliandra grandiflora</i>	31
4.1.3 Tamaño de las semillas	36
4.2 Pruebas de germinación	37
4.2.1 Germinación en semilla madura intacta y verde	
4.2.2 Germinación en las categorías de semilla madura intacta y semilla madura perforada.	37
4.2.3 Reconocimiento de las semillas maduras intactas impermeables en las pruebas de germinación.	38
4.2.4 Porcentaje de germinación en las semillas maduras impermeables escarificadas.	39
4.2.5 Efecto del Tiempo Medio de Germinación en los tipos de semilla	40
4.2.6 Pruebas de imbibición en los tratamientos.	40
4.3 Resultados de las fórmulas para la especie de <i>Calliandra grandiflora</i>	41
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN	43
5.1 Clasificación de los lóculos y su importancia	43
5.2 Clasificación de los tipos de semilla	44
5.3 Pruebas de imbibición	44
5.4 Tiempo medio de germinación en las categorías de semilla	45
5.5 Pruebas de germinación	45
5.5.1 Prueba uno de germinación contrastar semilla verde y madura intacta	45
5.5.2 Prueba dos de germinación contrastar semilla madura intacta y semilla madura perforada	46
5.5.3 Reconocimiento de las semillas maduras intactas impermeables en las pruebas de germinación	47
5.5.4 Porcentaje de germinación en las semillas impermeables escarificadas	48
5.6 Análisis de las fórmulas para <i>Calliandra grandiflora</i>	48
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES	49
REFERENCIAS	51
ANEXOS	62

RESUMEN

Se realizó una colecta de una población silvestre de *Calliandra grandiflora* (L'Hér.) Benth. (Leguminosae, Mimosoideae) en el Parque Memorial Los Cipreses, Naucalpan, Estado de México, a mediados de septiembre 2010, de un transecto de 110.5 m. donde se examinaron a 40 arbustos, las ramas reproductivas y la disponibilidad total de vaina, a la que posteriormente se le extrajeron las vainas y semillas para las pruebas de germinación en laboratorio, con la intención de conocer el potencial de producción de semilla y la germinación de la especie.

Se emplearon los conceptos del método de Bramlett (1977), adecuándolos en fórmulas matemáticas a partir de los cuales se realizaría el análisis para potencial de semilla (lóculos), la eficiencia de vaina, semilla, y germinación. Se hizo una clasificación de los lóculos de las vainas basándose en el mismo autor.

Se elaboró una clasificación visual (organoléptica) de los diferentes tipos de semilla presentes en las vainas de la especie, esto dió como resultado los porcentajes de coincidencia. Las semillas se colectaron en la misma temporada.

Para las pruebas de germinación se consideraron a tres tipos de semilla por su desarrollo y características morfológicas en verde, madura intacta, y madura perforada (siempre que se mencione perforada se refiere a forrajada por larva de insecto), (Camacho, 2011). Posteriormente, se identificó a otro tipo de semilla clave, las semillas impermeables, que representaron un banco de germoplasma para la especie.

Las pruebas estadísticas de Ji cuadrada arrojaron los resultados del potencial de germinación de la especie; en la primer prueba verdes versus madura intacta, hubo significancia; en la segunda prueba madura intacta contra madura perforada la Ji cuadrada no fue significativa; y para el tercer caso se identificó a la variable oculta que no germinó y que no era podrida, las semillas impermeables; de este hecho se obtuvo una Ji cuadrada significativa, reconociendo además la Paradoja de Simpson.

ANTECEDENTES

México es un país megadiverso, el quinto a nivel mundial con alrededor del 10-12% de la diversidad del planeta, su biodiversidad está representada por: genes, especies y ecosistemas (SEMARNAP 1999; INE, 2007; CONABIO, 2008 b).

El número total de especies conocidas oscila entre 180 000 y 216 000 del total mundial (SEMARNAT, 2003; Llorente y Ocegueda, 2008).

En cuanto a riqueza de especies, número y porcentaje ocupa el 5º lugar en plantas con 21,989-23,424 especies, el 3º en mamíferos (12.21% con 535 especies), el 11º en aves (11.82% con 1,096 spp) , el 2º en reptiles (el 9.76% con 804 spp), el 5º en anfibios (el 7.55% con 361 spp); y el primer lugar en cactáceas; con respecto a la diversidad de insectos es tan grande que se tiene reportado a penas el 5.23% con 47,853 spp aunque se estima puede ascender a las 100 000 spp. Con respecto a los endemismos se estima para plantas vasculares el 52%, anfibios (64%), reptiles (50%), mamíferos (30%), aves (9-25%), y peces el 10% (Conabio, 2008a; SNIB-CONABIO, 2008; Semarnat, 2003, 2013).

Calliandra grandiflora es una leguminosa del orden de las Fabales subfamilia Mimosoideae, es una especie mexicana, en el presente trabajo se propone la propagación por semilla de la especie en áreas donde es silvestre y en zonas urbanas como en el D.F. lo anterior conlleva considerar el manejo ecológico de las especies nativas en sus áreas de distribución naturales, en vez de introducir especies exóticas o foráneas (Palmer, *et al.*, 1998; Shelton, 2000; Camacho, 2011).

Se tomó muestra de una población silvestre dentro del Panteón Memorial, Naucalpan Estado de México, en septiembre del 2010.

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia de Fabaceae

Fabaceae (Leguminosae) pertenece al orden de las Fabales, son plantas que se presentan en forma de hierbas, arbustos o árboles. Crecen en zonas tropicales en regiones cálidas o templadas, y se piensa que fueron originarias del trópico; tienen una distribución cosmopolita. La familia comprende tres subfamilias Papilionoidae, Mimosoidae y Caesalpinoidae (Macqueen y Hernández, 1997; Postgate, 1998; Estrada y Martínez, 2004).

Fabaceae tiene aproximadamente 674 géneros y entre 16.000 a 19.000 especies (Burns, *et al.*, 1998; Postgate, 1998; IAPT, 2006). Es el segundo taxón más diverso en México, y su riqueza en especies ha sido reportada para casi todos los tipos de vegetación del país (Estrada y Martínez, 2004).

Las leguminosas son un importante recurso florístico y ecosistémico porque mantienen la composición y la estructura de una comunidad (Moreno, 1996).

Otras de las características más notorias de las leguminosas son la impermeabilidad de sus semillas (Moreno, 1996; Palmer *et al.*, 1998; Baskin *et al.*, 2000; Camacho, 2000), son formadoras de nódulos para fijación de nitrógeno, principalmente en *Papilionoidae*, una cuarta parte de las *Mimosoidae* y relativamente pocos del *Caesalpinoidae* (Postgate, 1998).

En agricultura se recomiendan por su alta producción de semilla, crecimiento inicial fácil y rápido, compiten contra las malezas; forman banco de semillas, forman islas de fertilidad, son pioneras en los ecosistemas, participan en la recuperación y rehabilitación de comunidades vegetales perturbadas, evitan la erosión compactando el terreno con sus raíces, las especies leñosas han sido empleadas ampliamente para forrajeo y leña (Gutteridge y Shelton, 1998; López *et al.*, 2000; Shelton, 2000; López, 2009).

De todas las especies de leguminosas conocidas actualmente; se reconoce que menos del 50% han sido explotadas para fines agrícolas, de las cuales únicamente alrededor de siete se utilizan regularmente para la agricultura para consumo humano p.e trébol, alfalfa,

chícharo, habas, lentejas, cacahuete, soya, jícama y frijol (Burns, *et al.*, 1998; Postgate, 1998). De lo anterior la importancia de continuar haciendo los estudios de las especies silvestres para su domesticación y para poder extender su uso (Shelton, 2000; López, 2009) por mencionar algunos casos están *Senna septentrionalis*, *Gliricidia sepium*, *Acacia farnesiana*, *Prosopis* spp, *Sesbania grandiflora*, *Erythrina* spp, *Enterolobium cyclocarpum*, *Inga* spp, *Leucaena leucocephala* (Hernández, 1991; Vázquez *et al.*, 1999; Shelton, 2000; López, *et al.*, 2000; López, 2009).

Existen otros usos como son dentro de la industria en la preparación de colorantes como el añil o índigo a partir de *Indigofera suffruticosa*, e *I. tinctoria*; en la preparación de la goma arábiga *Acacia senegal*, *A. glaucophylla*, *A. abyssinica* empleadas para actividades pictóricas artísticas; en la preparación de bebidas, para el uso textil con las retamas, en la extracción de perfumes y taninos; en herbolaria hay un uso medicinal extendido de algunas de las especies. Es extenso su empleo que también va a lo ornamental, forestal y ecológico (Burkart, 1959; Shelton, 2000; Leython y Jáuregui, 2008) y en la rehabilitación florística urbana (Camacho, 2003, 2011).

1.2 Generalidades del género *Calliandra*

El nombre común para las especies del género es plumero, plumerillo o cabello de ángel (Burkart, 1987; Macqueen y Hernández, 1997).

El género *Calliandra* se ubica en la tribu *Ingeae* de las leguminosas mimosoideas (Macqueen y Hernández, 1997; Palmer *et al.*, 1998; Rzedowski, 2001). Tiene amplia distribución de poblaciones y especies, se encuentran en regiones tropicales, subtropicales, áridas y semiáridas (Bailey, 1958; Macqueen, 1997; Palmer *et al.*, 1998; Rzedowski, 2001; Leython y Jáuregui, 2008) se le considera nativo del continente americano (Macqueen y Hernández, 1997). Se calcula que hay 135 especies aproximadamente para el género (Macqueen y Hernández, 1997; Estrada y Martínez, 2004; Leython y Jáuregui, 2008; Andrade *et al.*, 2012).

En México se encuentran reportadas las siguientes especies según MacQueen y Hernández (1997); Andrade, *et al.* (2012); Trópicos, (2011).

C. calothyrsus Meins., *C. grandiflora* (L'Hér) Benth., *C. houstoniana* (Mill.) Standl., *C. juzepczukii* Standl., *C. longipedicellata* (McVaugh) MacQueen & H.M. Hernández., *C. palmeri* S. Watson., *C. physocalyx* H.M. Hern. & M. Sousa., *C. eriophylla* Benth., *C. formosa* (Kunth) Benth. *C. conferta* Benth. *C. erythrocephala* H.M. Hern. & M. Sousa.

El uso generalizado de las diferentes especies del género se ha venido dando en países como Venezuela y otros países de Asia y África dónde se emplean para forrajeo de ganado, en programas agroforestales y en cultivos ornamentales (MacQueen y Hernández, 1997; Palmer, *et al.*, 1998; Leython y Jáuregui, 2008).

1.2.1 Nombres comunes y científico de la especie

Dentro de la literatura encontramos los siguientes nombres comunes para *Calliandra grandiflora*: Cola de tijereta, Cabello de ángel, Cabeza de Ángel, Barba de León, Pelo de ángel, en términos autóctonos de México se le conoce como: Tzonxóchitl (también se le da este nombre a *C. houstoniana*); en Chiapas: Ch' ich' niz (tzeltal); Tzotz tzotz ch'ich ni (dialecto guatemalteco). En Costa Rica se le conoce como carboncillo (Martínez, 1979; Quesada, 1995; Rzedowsky y Rzedowski, 2001; BDMTM-UNAM, 2009; Conabio 2009a).

La etimología para el género es griega “*kallos*” = hermoso y “*andros*” = masculino, haciendo referencia a los estambres rojos brillantes. El nombre para la especie viene del latín **grandiflora**: que significa "con flores grandes" (Estrada y Martínez, 2004).

El nombre científico para la especie estudiada es ***Calliandra grandiflora* (L'Hér.) Benth.** (ILDIS, 2010; GRIN, 2011; ITIS 2011; Tropicos. Org, 2011).

1.2.1.1 Descripción de la especie

De acuerdo a Bailey (1958), Macqueen y Hernández (1997), Rzedowski y Rzedowski (2001), BDMTM-UNAM (2009).

Arbusto. De 2-4 m de alto, varias ramas, pubescentes oscuras negras, tricomas intercalados cafés, blancos, ferrugíneos (Figura 1a).

Hojas. De 15 cm o más largas, bipinnadas 6-14-22-26, pecioladas 4-7-11-14 mm de largo pilosas, raquis 60-87-147-270 mm de largo, piloso, foliolos 15-24-45-53 pares por pinna linear-oblongos, casi rectos, membranosos, glabros o algo pubescentes en el envés. Estípulas, lanceoladas y pequeñas. Color verde esmeralda encendido en examen organoléptico (Figura 1b).

Inflorescencias. Terminales en umbelas, de 20 cm de longitud, de 4-5 flores por umbela, pediceladas. Color café por las vellosidades, flor rosado-blanco (Figura 1d).

Cáliz. De 1-3 mm de largo, rígida membranosa a coriácea, densamente piloso blanco, negro o ferruginoso, con dientes triangulares de 1.5 mm de largo (Figura 2a).

Corola. Abierta campanulada de 10-12 mm de largo, dura membranosa a coriácea, densamente pilosa, con lóbulos de 3-9 mm de largo, capítulos dispuestos en racimos terminales (Figura 2b).

Ovario. De 3-4 mm de longitud, sésiles cortos blancos, estilo de 7.5-8.5 cm de longitud, estigma discoidal.

Estambres. Numerosos, de rojo brillante a rojo-púrpura, de 6.5-7.5 cm de longitud (Figura 1d).

Vaina. En los ejemplares se encontró en promedio 10 cm de largo por 1.40 de ancho, densamente pilosas, linear-oblongas, agudas, frecuentemente rostradas, semileñosas, con margen engrosado, ápice obtuso o redondeado y rostrado, base cuneada (Figura 1c).

Vellosidades. En laboratorio en el microscopio estereoscópico se identificaron tanto en vaina como en la flor tricomas de la misma densidad de pubescencia, el color de los tricomas de la flor es café intercalado con blanco, en las vainas tricomas café-ferruginoso intercalado con negro, características diagnósticas de la especie (Figura 2c).

Semilla: Semillas ovadas, de 6-10 mm de largo por 3-5mm de ancho, de 8-10 por vaina; cafés oscuras moteadas en tono amarillo las maduras, los abortos color negro, las arrugadas y verdes, color verde claro (Figura 2d).

Cromosomas: n=11

La figura 3 es una ilustración de *C. grandiflora*, mostrando botones florales pilosos, estambres rojizos, vainas pubescentes y hojas bipinnadas.



Figura 1. a) arbusto. b) hoja bipinnada. c) vainas. d) inflorescencias (círculo amarillo); estambres (flecha negra).



Figura 2. a) cáliz b) corola y c) vellosidades en vaina (Vistas al microscopio estereoscópico con un objetivo zoom del .67 y .80); d) semillas (Foto Gerardo Cervantes, cámara fotográfica).

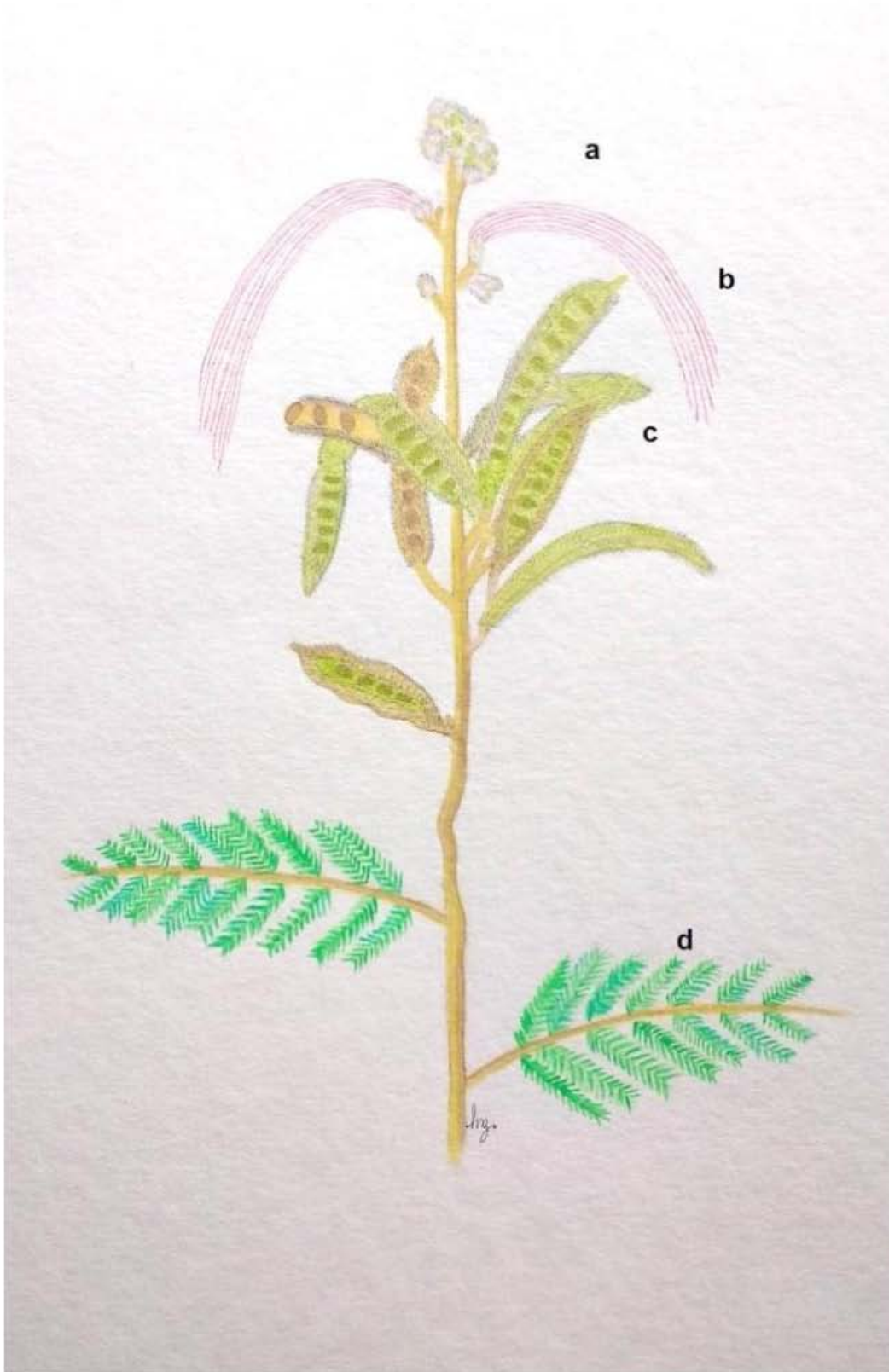


Figura 3. Ilustración de *Calliandra grandiflora*, se muestran: a) botones florales pilosos b) numerosos estambres rojizos, c) vainas pubescentes con margen engrosado y d) hojas bipinnadas.

1.2.1.2 Usos e importancia de *Calliandra grandiflora*

El uso generalizado de las diferentes especies del género debido a su similitud morfológica se ha venido dando en países como Venezuela, en otros países de Asia y África dónde se emplean y reportan como gran potencial maderable (p.e, leña), de forrajeo de ganado, en programas agroforestales, y en cultivos ornamentales (Macqueen y Hernández, 1997; Palmer *et al.*, 1998; Leython y Jáuregui, 2008). *Calliandra grandiflora* tiene reportados diferentes usos etnobotánicos como medicinales que a continuación se mencionan (Postgate, 1998; Hernández, 1991; Palmer *et al.*, 1998; Shelton, 2000; Andrade *et al.*, 2012; BDMTM, 2009; Waizel y Martínez; 2011), sin embargo ello requiere de mayores estudios químicos y farmacológicos que confirmen la seguridad y efectividad de su empleo (Leython y Jáuregui, 2008; BDMTM-UNAM, 2009).

En medicina tradicional se considera a *C. grandiflora* una “planta caliente” actualmente se han corroborado el uso de ésta especie para algunos padecimientos periodontales en Chiapas, como son los dientes flojos (en Puebla se recomienda para fortalecer la dentadura); también se recomienda colocarla en cavidades de piezas dentales infectadas o masticar las partes jóvenes de la planta, raíces, corteza, vainas, hojas y ramas apicales. (BDMTM-UNAM, 2009; Castañeda, 2003). En otras especies del género como lo es *Calliandra californica*, Benth; se han encontrado flavonoides con actividad antimicrobiana (Waizel y Martínez, 2011); otros usos que se le han dado a la planta son: en Tlaxcala para lavados vaginales; en Guerrero, para “rasgaduras durante el parto”. También se acostumbra como antipirético o se hacen preparados para lavar la cabeza para las canas y evitar la caída del cabello. Se ha reportado que las raíces de ésta planta han sido utilizadas para ciertas enfermedades oculares. Asimismo, se ha empleado para problemas de digestión y diarrea, funciona como emetocatórtico; puede emplearse como bactericida y aplicarse como antiséptico. Se dice que la corteza de la raíz tiene efectos astringentes o irritantes y no debe usarse en personas padecen afecciones gastrointestinales; puede emplearse como colagogo, para la gastroenteritis y como antipalúdico. Algunos autores como Castañeda (2003) la refieren como “tóxica” pero no especifican de qué manera o qué parte de la planta, sólo menciona que es parte del conocimiento tradicional. (BDMTM-UNAM, 2009). *Calliandra grandiflora*, se ha recomendado como una planta ornamental para la reforestación dentro del Distrito Federal y alrededores (Camacho, com.pers 2010).

1.3 Distribución de *Calliandra grandiflora*

La especie es originaria de América tropical, de sitios entre los 200 hasta los 2500 msnm. Tiene una distribución de norte a sur de México, se encuentra en los estados de Chihuahua, Sinaloa, Durango, San Luis Potosí, Nuevo León, Tamaulipas, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero, en el centro del país en Hidalgo, Morelos, Querétaro, Guanajuato, Estado de México, Tlaxcala y Puebla; Oaxaca, sur Chiapas, también hay poblaciones en Centroamérica en El Salvador, Guatemala, y Honduras (Macqueen y Hernández, 1997; Palmer *et al.*, 1998; GRIN, 2001; Andrade *et al.*, 2012; ILDIS, 2010). En el Valle de México se encuentra entre los 2250 y los 2500 m de altitud, en lugares de pastizal, matorral y bosque de pino y encino. Existe en los municipios y delegaciones de Villa Nicolás Romero, Tepotzotlán a Tlalpan, Iztapaluca, Amecameca, (Macqueen y Hernández, 1997; Rzedowski y Rzedowski, 2001). Crece asociada a bosques tropicales caducifolio y perennifolio, mesófilo de montaña bosques de pino-encino (Macqueen y Hernández, 1997; BDMTM-UNAM, 2009), (Ver Figura 4).



Figura 4. Distribución de *C. grandiflora* (L'Hér.) Benth. en México.

La población estudiada se ubicó en Naucalpan de Juárez, Estado de México, a una altitud de 220 msnm (INAFED, 2010). El material de herbario que sirve como referencia está depositado en la colección del herbario de la Facultad de Ciencias con **Folio: 154747** (Figura 5).



Figura 5. Ejemplar de *Calliandra grandiflora* para el herbario de la Facultad de Ciencias, UNAM. **Folio: 154747.**

1.4 Fenología

Macqueen y Hernández (1997), mencionan que la especie florea durante todo el año, aunque su pico de floración se da entre mayo y noviembre, y la producción de semilla se da entre julio y enero. La planta presenta antesis nocturna, es decir las flores abren durante la tarde-noche y se marchitan al amanecer (Macqueen y Hernández, 1997; Andrade, *et al.*, 2012).

En este trabajo se reporta la presencia de corola incluyendo a los estambres rojos, así como a las vainas con semilla sin abrir aún durante los meses de septiembre a noviembre, en la localidad estudiada.

La abertura de las vainas dehiscentes en campo se dió durante los meses de septiembre a octubre. Las vainas tienen un margen engrosado, esto sugiere que facilita la acción mecánica de la liberación de las semillas, se observó que al asolear las legumbres durante algún tiempo, entre un tamiz se permitía la liberación de las semillas, por tanto se piensa que el calor estimula la dehiscencia. Se identificó que la planta tira las hojas al inicio de la temporada de secas y con las heladas de la región estudiada (noviembre-febrero). Asimismo se observó dentro de la fenología de *C. grandiflora* que los individuos presentaron un follaje que rebrotó y floreció durante el estiaje (octubre-mayo) descrito para el Edo. Méx, aunque se observó en el mes de octubre. (CCVM, 2011).

Se reporta como color normal el rojo brillante para los estambres en la especie, así para Macqueen y Hernández, (1997) también pudiera llegarse a encontrar rosas o blanco, según la zona geográfica donde se encuentre la planta; por lo que será importante considerar que la variación de las plantas tiene que ver con el tipo de hábitat y la distribución de la planta, además usualmente el pelo del botón floral y de la vaina son del mismo tipo (Macqueen y Hernández, 1997).

Hernández (1991) indica la importancia de considerar las relaciones interespecíficas de las especies del género como sucede con *Calliandra calothyrsus*¹, donde se debe tomar en cuenta qué tipo el visitante floral y la actividad de éste con la planta, ya que ello influye en la producción de la semilla, debido a que esta puede variar de acuerdo a la disponibilidad de los polinizadores y si se efectúa o no la polinización. Este es un tema que queda abierto para posteriores estudios dentro la biología reproductiva de la planta y de sus relaciones ecológicas y evolutivas con sus polinizadores. También, se reportan aves polinizadoras para *C. grandiflora* pertenecientes a la familia *Trochilidae*; entre las que destacan *Hylocharis leucotis* (colibrí Orejiblanco), *Cynanthus latirostris* (colibrí pico ancho) y *Amazilia beryllina* (colibrí Berilo); Carrillo, (1995), Conabio, (2008a), Arizmendi y Berlanga, (2014).

¹ Nativa del noroeste de Panamá hasta el sur de México, entre los 8 ° -16 ° N. Introducido en Indonesia en 1936 y más tarde a muchos otros países tropicales, especialmente en el sudeste asiático. Disponible en [surhttp://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Gbase/data/pf000470.htm](http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Gbase/data/pf000470.htm) (Consultado 27/3/2016).

1.5 Justificación

Hasta el momento de ésta investigación no se había el porcentaje de producción de semillas y su porcentaje de germinación.

Dado que se desconoce cómo se reproduce la especie se pretende un acercamiento en el estudio de las condiciones de la semilla, de su germinación y de su propagación.

1.5.1 Objetivos

El objetivo general es encontrar el potencial de semilla y la eficiencia de germinación de una muestra de población silvestre de *C. grandiflora* (L'Hér.) Benth. tomada de Naucalpan, Estado de México.

Los objetivos particulares son:

- Conocer el tiempo medio de la germinación de las semillas.
- Evaluar a las semillas impermeables y su porcentaje de germinación.

1.5.1.1 Hipótesis

Dado que la producción de semillas de *C. grandiflora* parece ser bajo en las condiciones silvestres en las que se halló a la especie, se espera poca germinación, sin embargo, habría que observar a la porción de las semillas impermeables encontradas en dicha población y ver el porcentaje total.

CAPÍTULO II. ÁREA DE ESTUDIO Y CONSIDERACIONES SOBRE LA ESPECIE

2.1 Ubicación geográfica

El Parque Memorial Los Cipreses se encuentra en el Estado de México en el Municipio de Naucalpan de Juárez, localizado a una Latitud norte de 19° 28' 26.169" y una Longitud oeste de -99° 17' 10.4526", alrededor de los 2400 m.s.n.m. (Figura 6. Googlemaps, 2013).

El área fue plantada con eucaliptos hacia 1938 y formó parte del área original del Parque Nacional de Los Remedios (Vargas, 1984, 1997; Mayen, 2006). Desde los años 1960 hay recomendaciones de usar la vegetación nativa del lugar para la reforestación (Mitastein, 1963).

El área de colecta se encontraba deforestada y erosionada, condición que al parecer viene ocurriendo desde hace tiempo atrás, el sustrato presentaba la roca madre expuesta, con toba volcánica, conocida localmente como tepetate (Figura 6, 7).



Figura 6. Acercamiento del área de colecta del material biológico. Fuente: Google maps, 2013.



Figura 7. Mapa del Parque Memorial en Naucalpan Estado de México.

Enseguida se enlistan los nombres de las áreas y se señala en rojo la zona de colecta: 1 J. La Loma, 2 J. Valle de Paz, 3 J. De la Iglesia, 4 J. De la Esperanza, 5. J. Loma del Cedro, 6. J. Las Flores, 7. El Pinar, 8. J. Fuente en Cruz, 9. J. Los Apóstoles, 10. J. El Rocío, 11. J. El Arroyo, 12. J. Juniperos, 13. J. Los Encinos, 14. **J. El Buen Pastor**, 15. J. Alamos Plateados, 16. J. Monte Olivito, 17. J. La Cascada, 18. J. Eucaliptos, 19. J. Las tulias, 20. J. Fuente de las Palomas, 21. J. Cruz de Piedra, A. Administración. B. Iglesia. Fuente: Mapa colocado en la administración del panteón.

2.2 Clima. García (1973) refirió para ésta zona que las estaciones son de clima C(w) w₀bi'g, templado subhúmedo con temperatura media anual entre 12° C y 18° C, con lluvias de verano con menos del 10% de lluvia invernal respecto a la anual; subisotermal y marcha anual de las temperaturas tipo Gangues, con el mes más cálido antes del solsticio de verano.

2.3 Propagación

Las semillas de *C. grandiflora* presenta una liberación rápida de la semilla por la dehiscencia explosiva de sus vainas; por lo que si se quiere cosechar, tiene que ser antes de este tipo de dispersión para que no haya pérdida de semillas (Macqueen y Hernández 1997; Palmer *et al.*, 1998; Leython y Jáuregui, 2008).

La producción de semillas en las especies del género pueden presentar cantidades importantes de semilla inmadura, además de que se sospecha que si hay falta de polinizadores esto puede limitar la producción de semillas (Palmer *et al.*, 1998).

Para Palmer *et al.*, (1998) existen similitudes entre las especies del género, sin embargo, todas las especies son distintas, algunas pueden hibridizar y otras tienen intermediarios, por tanto, sin embargo, se les puede dar un enfoque similar en cuanto a los usos de la planta (Macqueen y Hernández, 1997; Palmer *et al.*, 1998). Sin embargo, habría que comprobar si en las demás especies del género, existe esa diversidad de tipos de semilla determinados en este trabajo para *C. grandiflora*, así como un estudio los porcentajes de germinación de las categorías de semilla en cada especie del género, particularmente en las semillas impermeables escarificadas.

2.4 Problemática de la especie

En las semillas de *C. grandiflora* se observó depredación de larvas de brúquido, aunque también se vió deterioro por hongos antes o durante la época de lluvias. Lo mismo sucede en *C. calothyrsus* se le ha reportado ataques de plagas y enfermedades causados por insectos como *Pachnoda ehippiata* que se alimenta de las flores, frutos y follaje provocando el aborto floral y una producción pobre de semillas (Palmer *et al.*, 1998).

La depredación por brúquidos (espermófagos) que presenta *C. grandiflora* fue demasiada, casi toda la vaina con semilla estaba infestada por esta larva como se observó en campo, y aún en laboratorio salieron larvas. (Solorio, *et al.*, 2004; Yus *et al.*, 2007; De la Cruz *et al.*, 2013; Ramírez-Serrano, *et al.*, 2013; Romero *et al.*, 2014).

La especie es depredada por insectos, se observó también hojas forrajeadas por una especie de oruga y las semillas por larva de brúquido, así mismo se observó la infestación por hongos. Sobre ésta larva se piensa que probablemente pertenecía a la familia *Curculionidae* (Costa *et al.*, 1988; Stehr, 1991).² (Figura 8).

² Planteamiento realizado junto con el Dr. Martín Leonel (2011) del Instituto de Biología UNAM en observación al microscopio sobre una de las larvas de brúquido de la muestra.



Figura 8. a) Se muestran larvas depredadoras en la vaina b) muestra de larvas que se encontraron en vainas. c) semillas germinadas muestran daño previo por larva en cotiledones. d) vaina que muestra en lóculos semillas necrosadas quizás por hongo.

2.5 Semillas impermeables

La especie presentó una porción de semillas impermeables, así que si no se presentan las condiciones necesarias para la estimulación de la germinación, permanecen latentes, tampoco se conoce la viabilidad³ de las semillas después de determinado tiempo. En este trabajo se considera a la testa como la responsable de la impermeabilidad en semillas de *C. grandiflora*. Se aplicó escarificación manual en la testa en semillas de *C. grandiflora*, para romper la latencia en las semillas impermeables, estas semillas presentaron cubierta dura, lisa y cutinizada (Camacho, 1994 a,b; 2000; Schmidt, 2000; Navarro, 2003; Baskin y Baskin, 1998; Baskin, *et al.*, 2000; Baskin y Baskin, 2004a,b; Camacho, 2011)⁴.

Una vez hecha la escarificación, la semilla se embebe rápido, se reblandece y se ajusta al sustrato humedecido para su germinación; así, es aconsejable seguir con la siembra para obtener la capacidad germinativa de la especie (Camacho, 1994 a,b; 2000b; Schmidt, 2000; Navarro 2003). En este trabajo se escarificó pero no se requirió de ningún tratamiento adicional para promover la germinación de las semillas. También fue

sumamente importante identificar el remanente de las semillas impermeables, que como se observó posteriormente presentaron un alto porcentaje de germinación (Figura 9).

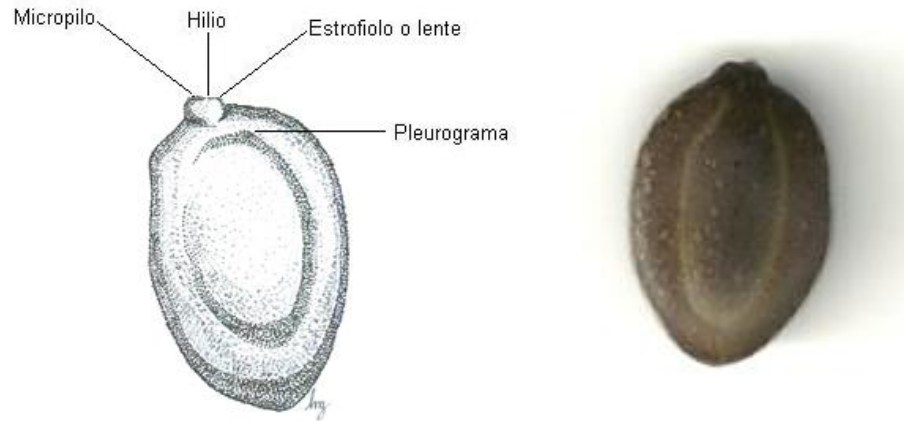


Figura 9. a) Estructuras externas de la semilla que facilitan el rompimiento de la impermeabilidad.
b) Pleurograma de *C. grandiflora*.

³ Entendiéndose en este contexto como viabilidad a los individuos vivos de una población de semillas con potencial y orientación embriológica y fisicoquímica para el desarrollo de los embriones y para formar plantas adultas; es un concepto amplio que incluye la idea del vigor y la germinación entre otros (Camacho, 2011). En otros términos se trata de la capacidad de germinar que tienen las semillas en condiciones normales ambientales adecuadas para originar las plántulas (Camacho, 2011).

⁴ Existen varios tratamientos para eliminar la dormición física o latencia que están diseñados para desgastar o debilitar la testa impermeable sin dañar al embrión, ni al endospermo, ni a la radícula (Camacho, 1994 a,b; Camacho, 2000; Díaz, *et al.*, 1994; CATIE 2000; Schmidt, 2000; Juárez, *et al.*, 2001; Navarro, 2003; López, 2009).

2.6 Método de Bramlett (1977), antecedentes para las fórmulas propuestas en *Calliandra grandiflora*

Bramlett (1977), realizó estudios para poder estimar el potencial de producción de semilleros en huertos en un área del sur de EUA de semillas de los conos de pino, para ello propuso una serie de fórmulas y variables independientes para estimar la eficiencia del cono, de semilla, la extracción de semilla de los conos y la germinación. Identificó a las semillas con posible capacidad para germinar y a las semillas vanas como pérdida de semillas; siendo esto último sumamente importante para Bramlett, para que haya medidas de control para prevenir o reducir las pérdidas de semillas y por tanto de plántulas.

Otros autores que han estudiado la eficiencia reproductiva usando la metodología de Bramlett (1977) para pino son Flores, *et al.* (2005), quienes reconocieron en poblaciones naturales de *Picea mexicana* (especie en peligro de extinción) que hay un alto índice de endogamia, baja producción de semilla y alta proporción de óvulos abortados así como variaciones significativas en la proporción de éstos tipos de semillas y modificaciones en los indicadores reproductivos de la conífera; a su vez estudiaron el peso de las semillas y su eficiencia reproductiva, observando que las poblaciones aisladas tenían mayores niveles de consanguineidad y que esto generaba una menor capacidad reproductiva además de las condiciones ambientales que pudieron influir en los indicadores reproductivos de ésta especie. De ésta forma, el potencial productivo de este estudio con *Picea mexicana* está relacionado con la fragmentación de poblaciones pequeñas, problemas de polinización, escasa dispersión y un alto grado de autofecundación así como el aumento de las semillas vanas.

Para Ponce y Bautista (2008) según la metodología y el examen radiográfico de semillas de *Pseudotsuga macrolepis*, encontraron que la especie presentaba baja eficiencia en las semillas, bajos porcentajes de semillas llenas y de germinación, endogamia, pérdida de semilla alta, además de que también influyó el año de la extracción, que no fue semillero; entre algunos otros factores que limitaron el potencial productivo de ésta especie.

Por estas razones y dada la extensa documentación, se consideró a Bramlett (1977) para modificar sus fórmulas adaptándolas a *C. grandiflora* a modo de identificar el potencial productivo de la semilla desde caracterización de los tipos de semilla, incluyendo a las impermeables, hasta considerando a todas las variables de las pruebas de germinación y parámetros utilizados en la especie.

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Sitio de colecta

La colecta del material biológico se realizó en el Parque Memorial de Los Cipreses, Naucalpan, Estado de México donde se ubicó una población silvestre de *C. grandiflora* a la cual se le realizó un transecto que midió 110.5 metros de longitud, se consideró a todos los arbustos presentes en dicho transecto a los cuales de manera sistemática se les tomó la tercer rama reproductiva y las vainas presentes en dichas ramas; así sucesivamente hasta terminar el manchón de plantas que quedaron dentro del transecto. (Figura 10).

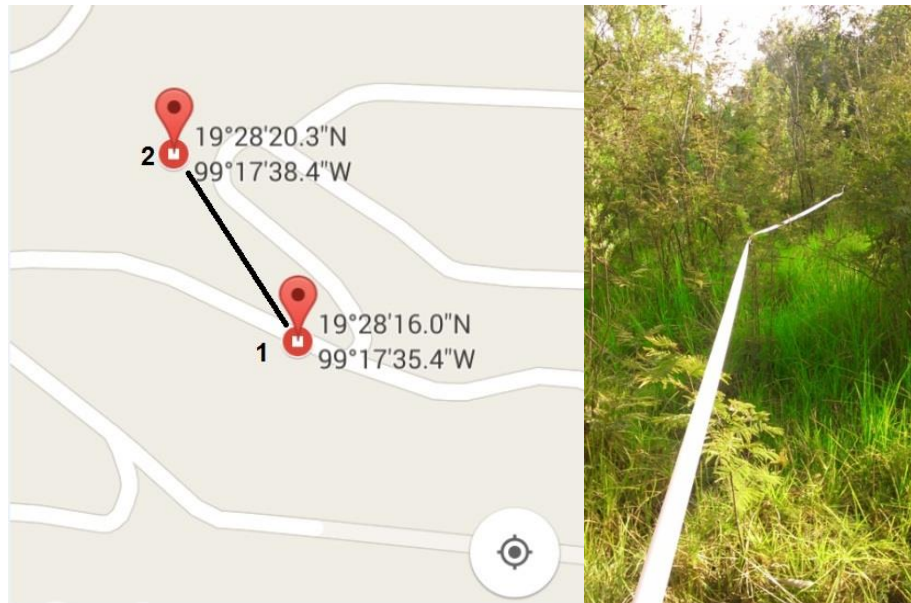


Figura 10. Se muestra el transecto de la zona de colecta, Parque Memorial, Naucalpan, Estado de México.

3.2 Material biológico

El terreno contaba aproximadamente con unas 300 plantas de *C. grandiflora* (L'Hér.) Benth. que estaban dispersas sobre el suelo tepetatoso; al parecer recién removido para la construcción de terrazas, la vegetación de la zona incluía pasto kikuyo *Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.), Morrone (ITIS, 2013), antes *Penissetum clandestinum* (Hochst. ex Chiov.), que es una planta introducida de África a México (Wolff, 1999; CONABIO, 2009c; FAO, 2012; ITIS, 2013), también se encontraron como estrato arbóreo y arbustivo a eucaliptos y otras leguminosas.

3.2.1 Cuantificación de los frutos en los arbustos

Para evaluar el número de ramas totales presentes en cada arbusto, de ramas con vainas y el número de vaina por rama, se realizó un muestreo sistemático que siguió el transecto realizado con dirección de norte a sur en el que se buscó incluir a la mayoría de los individuos de la población, los datos se tomaron cada cuatro individuos hasta alcanzar 40 arbustos que fueron los presentes en el transecto en ese momento.

3.2.2 Obtención de vainas

Siguiendo el esquema de muestreo anterior se cosechó un total de unas 800 vainas obtenidas de los 40 arbustos presentes en el transecto, a mediados de septiembre del 2010, donde se cortaron con tijeras de poda las ramas con vaina (presentes por rama reproductiva en promedio fueron de 7 a 8 vainas).

3.2.2.1 Muestreo para realizar las mediciones en las vainas

Se tomó una muestra de 50 ejemplares de vainas del total de la población colectada, que de manera sistemática se fueron eligiendo a los individuos contando del 1 al 7 y obteniendo a cada séptima vaina como integrante para dicha muestra, a esta muestra se le midió el largo x ancho de la vaina; cada una de estas vainas se le colocó de manera individual en una bolsa de papel estraza numerada del número 1 y así sucesivamente hasta llegar a la vaina número 50, este material se puso a secar en una habitación orientada al sur, en donde se alcanzaron temperaturas alrededor de los 25-27°C. Una vez

efectuada la dehiscencia de la muestra de 50 vainas se le clasificaron los lóculos y las semillas presentes. Una vez realizadas las evaluaciones todo el material se regresó íntegro a su bolsa de papel rotulado.

3.2.2.2 Clasificación de los lóculos presentes en las vainas

Los espacios o huecos formados donde se podían desarrollar las semillas se consideraron como un lóculo completo cuando este estaba definido por ambos lados de la vaina, así de acuerdo con el desarrollo del lóculo era la posibilidad de la formación de la semilla. Se realizó la siguiente clasificación:

A.- Lóculo sin expansión: Cuando no había hueco o espacio, se veía liso. No se formaba semilla.

B.- Lóculo con expansión parcial: Cuando en una de las láminas de la vaina se formaba una cavidad, pero en la otra no. No se formaba semilla.

C.- Lóculo con expansión total: Cuando ambas láminas de la legumbre tienen la cavidad donde se deposita la semilla, donde había la formación completa de lóculos en ambos lados de la vaina embonaba una semilla por tanto su posible formación. (Figura 11).

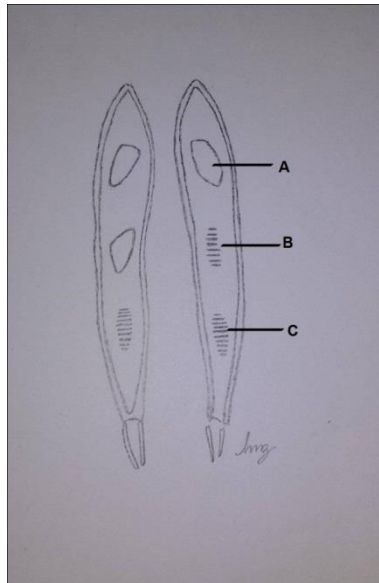


Figura 11. Clasificación de los lóculos: A. con expansión total (con huecos en ambos lados de la vaina). B. con expansión parcial (con hueco de un lado sin hueco del otro). C. sin expansión (sin huecos sólo esbozados o totalmente planos).

3.2.2.3 Clasificación de las semillas

Se establecieron las categorías o tipos de semillas obtenidos de una muestra de 50 vainas de *C. grandiflora*, y se propuso la siguiente clasificación por examen visual u organoléptico (Camacho, 2011). (Cuadro 1) .

Cuadro 1. Clasificación propuesta para las semillas de *Calliandra grandiflora*

Semilla madura intacta	Se veían desarrolladas completas, al tacto se sentían llenas, no presentaban perforaciones, malformaciones o daño visible. Semillas permeables, embeben en un lapso de tres días sobre sustrato húmedo, lo cual se evidenció por el aumento de volumen de la semilla. Presentan pleurograma casi cerrado muy visible. Tienden a ser homogéneas en sus medidas (largo, ancho y grosor), el color de este tipo de semillas es café oscuro. La semilla madura sin daño en esta clasificación es de dos tipos intacta o impermeable.
Semilla madura intacta impermeable	Presenta una testa brillante y al tacto se siente muy dura, de tamaño más pequeño y de color café más oscuro que la madura intacta, no se aprecia el pleurograma, no presenta ninguna lesión visible; estas semillas no embeben en un sustrato húmedo ni cambian de volumen, al menos que se les escarifique o dañe la testa.
Semilla madura perforada por larva de insecto	Es la semilla madura bien desarrollada pero que se encontró perforada con ausencia o presencia de larva de insecto, al parecer de brúquido de la familia <i>Curculionidae</i> . Devorada en su interior.
Semilla verde	Semilla pequeña de color verde claro, que no se siente llena, ni firme al tacto; la mayoría se rompen se sienten endebles, algunas están arrugadas.
Semilla arrugada	Semilla seca, se aprecia deshidratada, de ahí que se vea arrugada, algunas se sienten duras al tacto a diferencia de las verdes, otras se deshacen, color verde claro.
Semilla abortada	Semilla inmadura, extremadamente pequeña, al tacto muy blanda. De color negro.
Semilla dañada por hongo	Semilla con aparente crecimiento hifal, con daño en todo el interior de la semilla en endospermo y embrión.
Semilla colapsada o necrótica	Semilla incompleta sólo se percibe polvillo dentro del lóculo de la vaina.

3.2.2.4 Tamaño de las semillas

De las 50 semillas maduras intactas obtenidas de forma sistemática se tomaron medidas del Vernier, largo, ancho y grosor en centímetros, para posteriormente obtener los promedios.

3.3 Procesamiento de las vainas para extraer a las semillas que se emplearon para las pruebas de germinación

Se realizó la extracción masiva de las semillas, de la muestra aproximada de las 800 vainas, para ello se pusieron a secar las vainas entre dos tamices de mosquitero, para que ocurriera la dehiscencia explosiva, sin que se perdiera la semilla y ésta quedara contenida entre los dos tamices. Transcurridas dos semanas las vainas que no abrieron por sí mismas, se partieron de manera manual para la extracción de semillas, todas las vainas se encontraron en el mismo estadio de desarrollo dada la temporada de formación de las mismas al momento de la colecta (Figura 12).



Figura 12. a) Secado de las vainas, b) tamiz de mosquitero retiene las semillas tras la dehiscencia mecánica de las vainas.

Únicamente se almacenaron las semillas que se podían sostener sin deshacerse al tacto; es decir que las semillas con hongo y las necróticas se quedaron en las vainas. Las semillas extraídas se colocaron en un recipiente de plástico hermético, para posteriormente llevarlo a un refrigerador a 2° C para preservarlas y evitar un mayor daño por las larvas de insecto contenidas en muchas de ellas.

3.3.1 Condiciones generales para la realización de las pruebas de germinación en laboratorio

Se realizaron una serie de experimentos en secuencia utilizando el material obtenido en la extracción masiva de semillas, considerando únicamente a las categorías de semillas verdes, maduras intactas, y maduras perforadas; ya que el resto evidentemente no estaban desarrolladas o se encontraban deterioradas.

Todas las siembras se hicieron entre hojas de papel filtro de poro mediano, humedecidas con agua corriente (Moreno, 1996). Los tipos de semilla representan un tipo de tratamiento, así dependiendo de la disponibilidad de las semillas, se realizaron en los experimentos de tres a seis repeticiones para el mismo tratamiento.

Para cada siembra se usaron 50 semillas las cuales se acomodaron en línea recta formando un cuadro, equidistantes a un centímetro entre sí, sobre la hoja de papel filtro (Figura 13); con el micrópilo hacia abajo. Después se taparon con otro papel, y para que no se salieran de la parte inferior las dos capas se doblaron formando una pestaña de un centímetro de altura. Finalmente las hojas se enrollaron flojamente y los rollos así obtenidos se introdujeron en un frasco de vidrio de boca ancha de un litro de capacidad, al que se le añadió agua corriente a 2 cm de altura, esta técnica de siembra en laboratorio se le conoce como “siembra entre hojas de papel” (Moreno, 1996).



Figura 13. a) Siembra de 5 semillas por línea hasta cubrir 50 en total, b) arreglo de 50 semillas cubierto con papel filtro, c) armando el rollo de papel con semilla para la prueba de germinación, d) rollo humedecido para germinación de semillas y e) frasco con rollos para imbibición.

Para cada experimento los tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en los frascos colocando en cada uno un máximo de tres rollos a los cuales se les humedeció con agua corriente dejando 2 cm de agua corriente por frasco y cubriéndolos con un plástico para evitar que se secan las semillas (Figura 13e). Finalmente se rotularon cada una de las unidades experimentales, escribiendo con bolígrafo sobre el papel filtro los siguientes datos: fecha, tipo de semilla y tratamiento realizado. La incubación se realizó en una cámara de crecimiento para cultivos de tejidos ajustada a una temperatura promedio de 22° C, sin luz. El período de observación de las siembras duró poco más de un mes aproximadamente. La siembras iniciaron el 14 de octubre 2010 y la observación de todas las pruebas de germinación duró hasta el 22 de noviembre del 2010, el conteo de las semillas germinadas se revisaron cada tercer día, las cuales deberían tener por mínimo una radícula de 1 cm de longitud, y se regaron con agua corriente con un rociador cada vez que se revisaron (Figura 14).



Figura 14. Germinación. Se muestra la raíz emergiendo de la semilla de *C. grandiflora*.

Al final del periodo de incubación se contaron también las semillas podridas y las impermeables. Las primeras tenían como características: el ablandamiento excesivo, mal olor, exudar líquidos color naranja-amarillento, y aparente presencia de micelio, por lo que se descartaron por no ser viables; en contraste, las semillas impermeables eran duras, de color café oscuro, se veían brillantes, y no embebieron, por lo que no cambiaron de tamaño después de la siembra, además al oprimirlas no se aplastaron (Camacho, 2011).

3.3.1.1 Desarrollo de las pruebas de germinación

En todos los tratamientos se tomó el peso inicial de la muestra con una balanza analítica para su posterior siembra. Las pruebas de germinación consistieron en embeber a las semillas en agua para ver cuáles germinaban sin necesidad de un pretratamiento germinativo, al día siguiente, se les volvió a tomar el peso a estas semillas, secándolas previamente de manera superficial con un papel absorbente, para determinar la imbibición (Camacho, 2011). Las semillas se sembraron nuevamente en su papel filtro para determinar el tiempo medio de germinación, por cada tratamiento se tomó un lote de 50 semillas, y dependiendo de su disponibilidad se realizaron las repeticiones correspondientes para cada tratamiento o tipo de semilla. Las siembras se revisaron cada tercer día.

1) Germinación de semillas maduras intactas y semillas verdes. Para determinar cuál de las categorías de semilla era capaz de germinar, se evaluaron dos tipos de semilla: la

madura intacta y la verde. Para cada tratamiento hubo una repetición considerada como testigo, y otra como prueba de escarificación; por lo que se realizaron cuatro repeticiones, dos por cada variable experimental.

2) Germinación de las semillas maduras intactas y maduras perforadas. La población total fue de 600 semillas, cada mitad por cada una de las categorías representó 300 semillas. Fue necesario reconocer el efecto del ataque de las larvas sobre la semilla, para favorecer el desarrollo de la planta; por lo que se realizó la siembra utilizando 6 repeticiones por tratamiento. En ambos tratamientos el tiempo medio de germinación fue de 3 días aproximadamente. Se consideró como testigo a las maduras intactas no perforadas.

3) Identificación de las semillas maduras intactas impermeables. En el momento de la siembra y la imbibición de las semillas, algunas de ellas fueron distintas a las maduras intactas y a las perforadas, este nuevo tipo se examinó al momento de las pruebas de germinación encontrando que permanecieron duras al tacto es decir que no absorbieron agua y por lo tanto no reblandecieron. Por lo que se consideraron como otra categoría de semillas a las que se les nombró como impermeables, se les secó superficialmente con un papel absorbente y se les pesó antes y después de someterlas a escarificación para ver si absorbían agua o no para saber cuánto absorbían de agua, de esta manera las semillas impermeables mostraron una proporción diferente al de las otras, y un comportamiento representativo observado en las pruebas estadísticas.

4) Efecto de la escarificación sobre la imbibición de las semillas impermeables. Considerando a Baskin (2000) y a López (2009), se realizó la prueba de imbibición donde los tratamientos fueron: semilla madura intacta, semilla madura perforada, y semilla madura intacta impermeable; cada uno de ellos tenían testigo y prueba de escarificación, provenientes de la prueba anterior. La escarificación consistió en lijar la testa de la semilla del lado opuesto a donde crece la radícula; posterior a ello, se sembraron para incubarlas otra semana (Figura 15).



Figura 15. a) Escarificación manual con lija en semillas impermeables. b) Semillas impermeables escarificadas después de la imbibición y de la determinación de su peso.

3.3.1.2 Tiempo medio de germinación

El tiempo medio de germinación se refiere al tiempo que tardan en germinar los distintos tipos de semilla desde que se siembran, y representa un promedio o una media (Camacho, 2011).

Con los datos obtenidos en los conteos se determinó el tiempo medio de germinación, para el análisis estadístico, de acuerdo con la siguiente fórmula (Camacho, 2011).

$$\text{TMG} = \text{SPiGi} / \text{SGi}.$$

Donde:

TMG = Tiempo medio de germinación.

S= sumatoria

Pi= puntos medios del i'ésimo⁶ conteo al anterior.

Gi= germinación registrada en el i'ésimo conteo.

⁶ iésimo: Se refiere al conteo de datos de una muestra o población, no implica ninguna operación (Infante y Zárate, 1990).

3.4 Análisis estadístico

El estadístico empleado para todos los cálculos de este trabajo fue el paquete SAS (Statistical Analysis System).

Para las mediciones dimensionales de la semilla se determinó la media, la varianza, y el coeficiente de variación. La germinación es una variable binomial (germina o no germina), y se realizaron las pruebas de Ji cuadrada utilizando cuadros de contingencia que tenían en la vertical a los tratamientos utilizados (tipos de semilla) y en la horizontal a las variables de germinadas y no germinadas cuando trató de cuadros de 2X2.

Cuando se distinguieron a las semillas impermeables, éstas representaron una tercer variable o categoría, no considerada hasta el momento y así el cuadro de contingencia se dividió en uno de 2x3; revelando el fenómeno estadístico conocido como La Paradoja de Simpson o efecto Yule-Simpson, descubierta por Karl Pearson en 1899, que se refiere a cuando hay dos variables diferentes que interactúan ocultando una nueva variable, y así surge una tercer variable que replantea el esquema de estudio (Simpson, 1951; Blyth, 1972; Agresti, 1997; Milton, 2001; Pavlides y Perlman, 2009; Sheskin; 2011).

La hipótesis de independencia de las variables comparadas se probó con un alfa de 0.05 calculando la significancia observada respectiva (Milton, 2001; Celis de la Rosa, 2004; Walpole, 2012).

3.4.1 Fórmulas obtenidas a partir del análisis de las vainas de *C. grandiflora*

Con la finalidad de saber qué tan eficientes son los tipos de semilla y su germinación, se realizaron las fórmulas correspondientes para detectar el potencial de desarrollo de semilla y la eficiencia de germinación de acuerdo a los diferentes tipos de semilla detectados en este trabajo. Cuadro 2.

1.- **Potencial de semilla.** Representado por el número total de lóculos.

2.- **Eficiencia de vaina.** Es el número total de semillas por vaina (que aparentemente están desarrolladas porque se excluyen por obriedad a los abortos, o las que presentan un daño grave) por 100 entre el potencial de semilla.

3.- **Eficiencia de semilla.** Trata del número total de semilla madura intacta más el número de semilla madura perforada entre el número total de semillas desarrolladas para germinación (excepto los abortos) por 100.

4.- **Eficiencia de la germinación.** Se encontraron semillas impermeables que al ponerlas a germinar resultó un alto potencial de germinación, por lo tanto, tal aspecto sí se incluyó en éste trabajo, realizándose la ecuación correspondiente. Que es el número de semilla madura intacta por la germinación total de semilla madura intacta e impermeable escarificada; más el número de las semillas maduras perforadas por la germinación de las semillas maduras perforadas, por 100; entre la semilla madura intacta más la semilla madura perforada.

Cuadro 2. Indicadores clave obtenidos a partir del análisis de las vainas de *C. grandiflora*, de una población silvestre del panteón Memorial, Estado de México.

Parámetro	Fórmula y sus literales correspondientes
Potencial de semilla	Número total de lóculos
Eficiencia de vaina	$\text{Núm total de semilla viable} \times 100 / \text{Potencial de Semilla}$
Eficiencia de semilla	$\text{Semilla madura impermeable} + \text{semilla madura perforada} / \text{Núm total de semilla viable} \times 100$
Eficiencia de germinación	$\text{Semilla madura impermeable} \times 0.4467 + \text{semilla madura perforada} \times 0.3333 \times 100 / \text{semilla madura intacta} + \text{semilla madura perforada}$

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1 Cuantificación de arbustos, ramas, vaina, y semilla

Por arbusto se encontraron cuatro ramas en promedio, la mitad presentaron vainas; además por rama hubo un promedio de ocho vainas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Presencia de tallos reproductivos en una población silvestre de *C. grandiflora*.

Variable	Media	Desv. estándar	Coef. de Var (%)
Ramas por arbusto	4.05	2.35	58.02
Ramas con vainas	2.21	1.09	49.32
Vaina por rama	7.98	4.84	60.65

4.1.1 Tamaño de las vainas

Los promedios del tamaño en las vainas son de 10 cm de longitud por 1.5 cm de ancho aproximadamente. Con la presencia de unos ocho lóculos con expansión total o formados completos por vaina; y con menos de un lóculo sin expansión o no desarrollado, hacia alguno de los lados de la legumbre. Presentó un coeficiente de variación cercano al 25% excepto para los lóculos no formados totalmente (sin expansión total o parcial) donde la desviación estándar superó a la media (Cuadro 4).

Cuadro 4. Promedio de las medidas de las vainas de *Calliandra grandiflora*.

<i>Calliandra grandiflora</i>	VAINA			
Total Semillas 50 vainas	Largo (cm)	Ancho (cm)	Número de lóculos	Lóculo sin expansión
Promedio	10.3	1.40	8.04	0.48
Desviación estándar	2.53	0.34	2.96	0.91
Coef. de Variación (%)	24.53	24.34	36.82	189.58

4.1.2 Cuantificación y clasificación de los tipos de semillas de *Calliandra grandiflora*

Se obtuvo una muestra de 50 vainas obtenidas de la cosecha total de las vainas, y se les extrajeron las semillas contenidas; se obtuvo el promedio de la coincidencia de los

diferentes tipos de esta semillas y se les realizó una clasificación por examen visual (Cuadro 5).

Cuadro 5. Promedio de los distintos tipos de semilla en *Calliandra grandiflora*.

VARIABLES	Número total de semillas	Semilla madura intacta	Semilla madura perforada	Semilla verde	Semilla arrugada	Semilla abortada	Semilla con hongo	Semilla necrótica
Promedios	7.3	0.98	1.84	0.34	1.42	1.84	0.24	0.72
Desviación Estándar	2.8	1.02	1.86	1.15	1.77	1.86	0.72	1.41
Coef.Var. %	38.37	104.08	100.85	339.32	124.92	100.85	298.33	196.5
Porcentaje final del total de las semillas	100	13.42	25.21	4.66	19.45	25.21	3.29	9.86

A continuación se desglosa el porcentaje de la coincidencia de cada categoría de semilla (Figura 16):

- 1) Las categorías de semilla abortada y semilla madura perforada fueron las más abundantes de la colecta; la suma de ambas representó casi el 50% del total de las semillas.
- 2) Seguidas por la semilla arrugada y la semilla madura intacta, ésta última apenas un poco mayor al 10%.
- 3) Para concluir, los casos menos frecuentes en orden de mayor a menor fueron: necrótica, verde, y con hongo; con un porcentaje total aproximado del 17%.

Si observamos estos resultados los tipos de semilla madura intacta, madura perforada y verde que en conjunto representan el 42% eran los más probables para germinación dadas sus características morfológicas y que no aparentaban algún daño visible; en contraste con los tipos de semilla restantes que representaron un porcentaje mayor al 50% arrugada, abortada, necrótica o con hongo que evidentemente no eran aptas para pruebas de germinación.

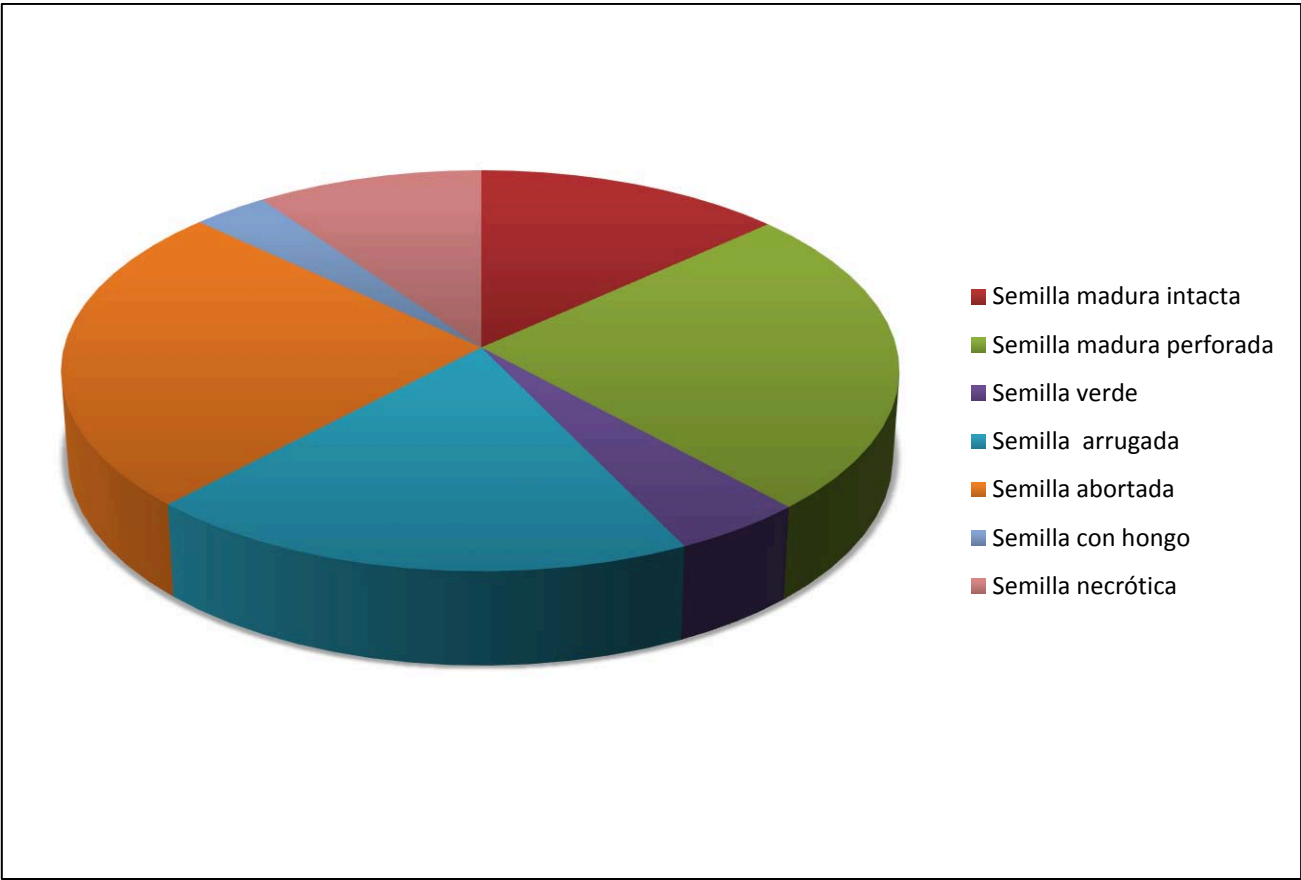

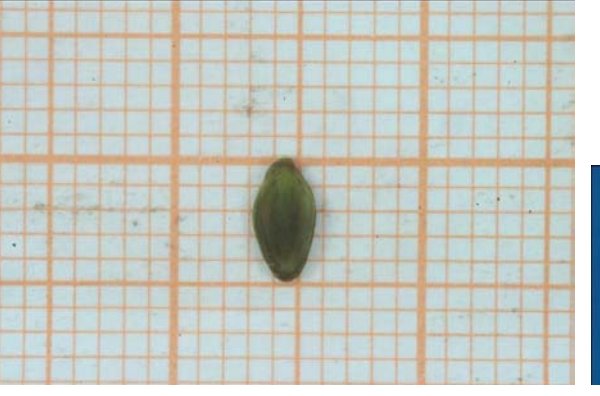








Figura 16. Gráfica que muestra la coincidencia de los tipos de semilla de *Calliandra grandiflora*.

Cuadro 6. Clasificación de semillas de *Calliandra grandiflora*. Fotos: Gerardo Cervantes.

Madura intacta		
Verde		
Abortada		

<p>Perforada</p>		
<p>Arrugada</p>		
<p>Dañada por hongo</p>		
<p>Colapsada o necrótica</p>		



4.1.3 Tamaño de las semillas

Las semillas presentaron variedad en tamaño y formas. Se les midió el largo, ancho y grosor en centímetros. En general fueron ovoides aplanadas, de casi un centímetro de longitud, medio centímetro de ancho y un grosor de 0.2 cm. (Cuadro 7). Como parte del diagnóstico taxonómico del género y de *C. grandiflora* es notable el pleurograma, que es una línea en forma de “U” o herradura, en ésta especie es de casi un 90% cerrada (Cuadro 7).

Cuadro 7. Dimensiones de las semillas maduras intactas de *Calliandra grandiflora* colectadas en el Parque Memorial, Naucalpan, Estado de México.

Semilla Madura Intacta	Largo (cm)	Ancho (cm)	Grosor (cm)
Promedio	0.77	0.48	0.16
Desviación estándar	0.13	0.09	0.05
Coefficiente de Variación (%)	16.88	18.75	31.25

4.2 Pruebas de germinación

Las pruebas de germinación dependieron de la disponibilidad de los diferentes tipos de las semillas, es decir, en cada una de las categorías de semillas consideradas para las pruebas de germinación se les nombró como tratamientos y dependiendo de estos se realizaron de tres a seis repeticiones por tratamiento, según el caso.

Así, tratamiento representó cada tipo distinto de semilla clasificado en este trabajo que se usaron en las siembras: verdes, maduras intactas, maduras perforadas e impermeables. El testigo representa el lote de semilla al que no se le escarificó y la prueba de escarificación representa el lote de semillas a las que se les escarificó.

4.2.1 Germinación en semilla madura intacta y verde

En la primera siembra se tomaron las categorías de semilla verde y madura intacta. La siembra se revisó cada tercer día encontrando que maduras intactas germinaron desde los primeros días tanto para testigo como para la prueba de escarificación, obteniéndose una germinación del 26% de germinación del total de la muestra; no germinó el 74%. Con respecto a la categoría de semillas verdes tanto en testigo como en prueba de escarificación no germinó ninguna es decir se obtuvo 0% de germinación, por lo tanto ninguna de las semillas verdes fue efectiva para la siembra. La prueba de Ji cuadrada fue significativa para ambos tratamientos. (Cuadro 8).

Cuadro 8. Estado de las siembras al final de la prueba de germinación en semilla madura intacta y semilla verde.

	Germinadas	No germinadas
Semilla madura intacta	13	37
Semilla verde	0	50
Probabilidad de X^2 igual o mayor	0.00011084 *	
*= significativo		

4.2.2 Germinación en las categorías de semilla madura intacta y semilla perforada

La germinación para ambos tipos de semilla fue similar, su porcentaje fue una tercera parte, y se observó una Ji cuadrada que indica que no hubo una diferencia significativa entre ambos tratamientos (Cuadro 9).

Cuadro 9. Germinación de *Calliandra grandiflora* en relación con el forrajeo de larvas que atacan a las semillas.

Tipo /Estado	Germinadas	No germinadas
Semilla madura intacta	116 (38.67 %)	184 (61.33%)
Semilla madura perforada	100 (33.33%)	200 (66.66%)
Probabilidad de X^2 igual o mayor	0.174 n.s.	
n.s= no significativo		

4.2.3 Reconocimiento de las semillas maduras intactas impermeables en las pruebas de germinación

La Paradoja de Simpson representa un fenómeno en el cambio de las relaciones estadísticas entre dos variables (numéricas o cualitativas) en subpoblaciones, cuando éstas subpoblaciones están agregadas y analizadas como una población, es decir, cuando se controla el efecto de una tercera variable. Así de alguna manera matemática se esconde una variable, que se disfraza con las otras dos y surge una tercera, el fenómeno consiste en que no se distinguen hasta que se desmiembran o disgregan los elementos y muestran un tercer evento (Simpson, 1951; Blyth, 1972; Hua, 2004; Hernán *et al.*, 2011; Contreras, *et al.*, 2014).

En nuestro estudio se tuvieron que dividir las no germinadas en dos condiciones: las semillas podridas y las semillas impermeables; así resultó ser que el cuadro anterior de 2x2 se transformaba en un cuadro de 2x3 (Simpson, 1951; Blyth, 1972; Agresti, 1997; Milton, 2001; Hua, 2004; Hernán *et al.*, 2011; Sheskin; 2011; Contreras, *et al.*, 2014).

Al considerar el valor de germinación de las semillas impermeables, se obtuvo un resultado distinto, se obtuvo una Ji cuadrada significativa (cuadro 10) que propone una paradoja de Simpson (Simpson, 1951; Blyth, 1972; Agresti, 1997; Milton, 2001; Hua, 2004; Contreras, *et al.*, 2014; Sheskin; 2011).

Cuadro 10. Estado de las semillas al final de la incubación en relación con la evidencia de forrajeo de la larva.

		No germinadas	
Tipo/Estado	Germinadas	Impermeables	Podridas
Semilla madura intacta	49	20	81
Semilla madura perforada	50	0	100
Probabilidad de tener una X^2 igual o mayor a la calculada considerando germinadas y no germinadas (impermeables + podridas). Cuadro 2X2.		0.90228 n.s	
Probabilidad de tener una X^2 igual o mayor a la calculada considerando germinadas, impermeables y podridas. Cuadro 2X3.		0.00002 *	
n.s= no significativo *= significativo			

4.2.4 Porcentaje de germinación en las semillas maduras impermeables escarificadas

A continuación se observó que las semillas maduras intactas impermeables tuvieron un alto porcentaje de germinación, una vez que se escarificaron; entonces al considerar los anteriores resultados de la germinación de las semillas maduras intactas, se aumentó a un 45% de la germinación total (Cuadro 11).

Cuadro 11. Porcentaje de germinación considerando a las semillas maduras intactas impermeables escarificadas de *Calliandra grandiflora*.

Tipo de Semilla	Porcentaje de germinación	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)
Semilla madura intacta impermeable escarificada	88.89	19.24	21.64
Total de germinación de semilla madura intacta + semilla madura intacta escarificada	44.67	7.57	16.94

4.2.5 Efecto del Tiempo Medio de Germinación en los tipos de semilla

El tiempo medio de germinación en las semillas representa una media o promedio en que las semillas tardaron en germinar.

Se encontró que para la semilla madura el promedio fue de 3 días, y para la perforada (por larva) fue de dos días (Cuadro 12).

Cuadro 12. Tiempo medio a la germinación en relación al tipo de semilla: madura intacta y madura perforada de *Calliandra grandiflora*.

Tipo de semilla	Tiempo medio (días)	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)	Porcentaje de germinación	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)
Semilla madura intacta	3.44	0.45	13.08	32.67	8.08	24.73
Semilla madura perforada	2.61	0.10	3.83	33.33	11.02	33.06

4.2.6 Pruebas de imbibición en los tratamientos

Las semillas maduras intactas presentaron un incremento de tamaño, y del peso fue de casi el doble al final de embeberse; en cambio, en las semillas maduras intactas impermeables no aumentaron de peso sino hasta después de la escarificación con un 50%; así también las semillas perforadas mostraron el doble al peso inicial (Cuadro 13).

Cuadro 13. Efecto de la exposición a la humedad de el peso para tres tipos de semilla de *C. grandiflora* que germinaron en las siembras con y sin escarificación.

		Peso promedio por semilla		
Tipo de Semilla	Número de Semillas	Peso inicial (gr)	Peso final (gr)	Peso final en relación porcentual con el peso inicial
Semilla madura intacta	150	0.055	0.100	181.82
Semilla madura perforada	150	0.049	0.103	210.20
Semilla madura intacta impermeable	20	0.204	0.204	100
Semilla madura intacta impermeable con escarificación	20	0.204	0.305	149.51

4.3 Resultados de las fórmulas para la especie de *Calliandra grandiflora*

El potencial de semilla se refiere al número total de lóculos de las vainas corresponde realmente al espacio donde se desarrollaban o no los óvulos (número de óvulos) de *C. grandiflora* y éste fue representativo para la producción de los distintos tipos de semilla y su porcentaje de aparición.

La producción de la vaina fue mayor al 60% con respecto a la eficiencia de semilla que alcanzó el 50%, en cuanto a la eficiencia de germinación ésta fue algo menor del 50% es decir fue de 37-40%, pero al agregar el porcentaje de las semillas maduras intactas impermeables con escarificación éste subió al 45% (Cuadro 14).

Cuadro 14. Indicadores clave obtenidos del análisis de las vainas de *C. grandiflora*, en una población silvestre del Panteón Memorial, Los Cipreses, Naucalpan, Estado de México.

Parámetro	Resultados
Potencial de semilla	Número total de lóculos es de 408
Eficiencia de vaina	66.91% de semilla
Eficiencia de semilla	50.18% de utilidad
Eficiencia de germinación	37.37 a un 40% de germinación de semilla madura intacta, agregando las semillas maduras intactas impermeables escarificadas sube a un 45% aproximadamente.

CAPÍTULO V DISCUSIÓN

La población silvestre *Calliandra grandiflora* colectada del Parque Memorial, Naucalpan, Estado de México, creció sobre suelo de tepetate (Mitastein, 1963) junto a plantaciones de eucalipto, que inhiben el crecimiento de otras especies por alelopatía; la población de *C. grandiflora* se encontró reducida por el cambio de uso de suelo de construcción de terrazas, y el deficiente manejo de la erosión de la tierra en dicho lugar; se propone que para futuros estudios, la especie pudiera usarse para contrastar la erosión encontrada en el área debido a la aparente adaptación a medios alterados siempre y cuando se vigile que la planta no se convierta en una plaga o maleza (Palmer, *et al.*, 1998; Shelton; 2000). Asimismo se observaron manchones de la especie en los bordes de la carretera de dicha zona. También se han encontrado poblaciones en lugares basálticos en el Pedregal de C.U., y se han sembrado ejemplares para su estudio dentro de la Facultad de Ciencias de la UNAM⁵.

El manejo de especies de leguminosas en jardinería y reforestación está desarrollado y es bastante conocido (López, *et al.*, 2000; Shelton, 2000). Por ejemplo Leython (2007) plantea el uso ornamental de *Calliandra falcata*, *C. purpurea*, *C. houstoniana*, *C. riparia*, *C. antioquiae*, y *C. guildinguii* para cultivos de Venezuela y en nuestro país encontramos uso ornamental de *Senna septentrionalis* (leguminosa) dentro de Ciudad Universitaria y en los jardines del campus de la ENEP Zaragoza (López, com.pers. 2010).

5.1 Clasificación de los lóculos y su importancia

Se clasificaron los lóculos, con la intención de entender el comportamiento de la producción de la semilla dentro de las vainas; así el lóculo representó la posibilidad de formación y desarrollo de una semilla; y su ausencia o formación incompleta indicó la no producción de la semilla en ese espacio vacío. De lo anterior se dedujeron dos condiciones: a) que los lóculos sin expansión no completaron el desarrollo de sus semillas; y b) la presencia de cantidades variables de semilla. (Bramlett, 1977).

⁵ Disponible en:

http://biologia.fciencias.unam.mx/plantasvasculares/ArbolesArbustosFCiencias/Angiospermas/calliandra_grandiflora.html

En los ejemplares estudiados se encontraron vainas con presencia de 0 a 11 semillas pudiendo llegar hasta 12 tomando en cuenta el número de lóculos contabilizados para las mismas.

5.2 Clasificación de los tipos de semilla

Las semillas se colectaron en una misma localidad, en una misma fecha y temporada, a mediados de septiembre del 2010, es común que varíe la semilla y sucede a menudo en poblaciones silvestres (Hernández, 1991; Bray, 1998; Gutteridge y Shelton, 1998; Fenner, 2000; Flores, *et al.* 2005; Leython y Jáuregui, 2008; FAO, 2012, 2013). Dicho lo anterior, se encontró que hubo diferentes tipos de semilla en una misma vaina; de igual manera se encontraron semillas del mismo tipo en una misma vaina.

La clasificación fue por estudio organoléptico como ya se ha demostrado, es una manera rápida y óptima de diferenciar por características visuales y de tacto a las semillas (Camacho, 2011). Los tipos de semilla fueron: madura intacta, verde, arrugada, aborto, perforada por larva, necróticas e impermeables. Lo anterior definió qué proporciones de semilla hay en las vainas y pretende ser una herramienta idónea para la distinción de los tipos de semilla; así como cuáles se recomiendan para la germinación, qué semillas pueden germinar y cuáles se consideran como vanas (Camacho, 2011).

5.3 Pruebas de imbibición

Se encontraron diferencias entre los pesos iniciales y los finales para las tres categorías de semilla empleadas: madura intacta, madura perforada y madura impermeable; en testigos y prueba de escarificación.

El mayor peso lo obtuvo la semilla perforada, le siguió la madura intacta. La semilla impermeable no embebió en las pruebas, hasta que se le escarificó aumentó un 50%.

Se observó también que la semilla verde fue la única categoría de semilla que no embebió el testigo y que al escarificarse la mayoría se rompió por lo tanto se desechó esta categoría porque representaron una condición de semilla vana.

Será pertinente contemplar la disponibilidad de agua en la propagación por semilla ya sea en laboratorio o en cultivos.

5.4 Tiempo medio de germinación en las categorías de semilla

En las que no hubo daño en la testa fue de 3 días, y en semillas perforadas (por larva) fue más rápido de dos días. Esto es importante para conocer el promedio de germinación en semillas sin daño aparente de la testa, y semillas evidentemente dañadas en su testa y así poder tener cultivos más controlados.

5.5 Pruebas de germinación

Hasta el momento de esta investigación no se ha reportado la eficiencia de semilla y de germinación para la especie. De acuerdo a lo reportado los actuales estudios de germinación del género *Calliandra* no mencionan que las semillas tengan dificultades para germinar, sin embargo de la totalidad de la población de semillas de *C. grandiflora* el 45% germinó y el 55% no germinó. Esto nos da una idea de las presiones selectivas a las que se enfrentaba la especie, en específico en dicha localidad así como la trascendencia de su estudio por propagación por semilla.

Los resultados de las Ji cuadradas nos demostraron qué tipo de semilla es la más conveniente para la siembra, al valorarse tres categorías de semillas con posibilidad para germinar: verdes, maduras, perforadas y posteriormente las impermeables; para cada caso se les consideró el testigo y el la prueba de escarificación manual. Por otra parte hay que considerar que muchas de las semillas tanto testigo como escarificadas en las pruebas de germinación se pudrieron, es decir hubo poco porcentaje de germinación en cada prueba.

5.5.1 Prueba uno de germinación contrastar semilla verde y madura intacta

La coincidencia de semilla verde fue de 4.6% frente a la madura de 10% y se utilizaron 100 semillas para testigos y 100 para tratamiento (escarificación).

Se observó que la coincidencia encontró porque la semilla verde obtuvo el no germinó 100% en ninguna de las dos condiciones (testigo y tratamiento de escarificación), por lo tanto en la éstas semillas fueron totalmente vanas al no germinar; siendo que se ha reportado para otras especies de leguminosas comerciales que sus semillas inmaduras o

verdes pueden germinar como lo es *Pisum sativum*, *Delonix regia* (Bojer) Raf. y *Lens culinaris* Medik esta última tiene una gran producción de semilla (Sanabria *et al.*, 2004; Conafor, 2013; FAO, 2013).

En cambio para la categoría de semilla madura intacta se obtuvo un 26% de germinación y de semillas no germinadas fue más de la mitad (74%), en tratamiento final de escarificación. Ambas categorías de semilla presentaron porcentajes altos de no germinación, sin embargo la prueba de Ji cuadrada fue significativa para ambos tratamientos o tipos de semilla.

5.5.2 Prueba dos de germinación contrastar semilla madura intacta y semilla madura perforada

Con respecto a la condición madura intacta y madura perforada se demostró que las variables no difirieron porque su Ji cuadrada no fue significativa (Cuadro 9); obteniendo para ambas categorías de semilla un porcentaje de germinación similar, es decir de una tercera parte (el 30%) del total y el restante 60% fue de no germinación. Sin embargo, las semillas perforadas mostraron mayor variación frente a las maduras intactas.

Como se hizo en la prueba anterior se tomó en cuenta la disponibilidad del tipo de semilla y partiendo de ese hecho se hicieron las repeticiones considerando 150 semillas, para cada lote es decir uno para testigo y otro para tratamiento de escarificación; dando un total de 300 de semillas por tratamiento de maduras intactas y 300 maduras perforadas.

El porcentaje de aparición de las perforadas por forrajeo de larva de brúquido fue de un 25% al igual que el de las abortadas, ambas condiciones fueron el mayor porcentaje de la muestra total de semillas. Por lo que las perforadas se consideraron para otra prueba de germinación por su coincidencia y posible relevancia por ser un factor decisivo en la germinación de la planta, dado que dicha condición hace ver las consecuentes estrategias reproductivas de *Calliandra grandiflora*.

Con respecto a las semillas perforadas se encontró que en ellas fue más fácil la entrada del agua, se sospechó que hubo una mayor estimulación del embrión, aunque muchas de ellas al embeberse se pudrieron, siendo ésta una de las causas por las que no hubo más

germinación; gracias al tipo interacción entre larva y semilla, no se necesitó escarificar, por lo tanto se piensa que la estrategia favoreció a la planta cuando la larva no devoraba todo el endospermo y al embrión de la semilla, ayudando así a romper la latencia de las semillas y así favoreciendo la germinación de la especie.

Sin embargo, es posible que el bajo potencial de eficiencia de semilla se deba al ataque de los brúquidos, es decir el forrajeo al parecer sí pudo llegar a afectar las cantidades de semilla desarrollada o madura, si llega a tratarse de una plaga de larvas que dañen los embriones; también se identificaron escasos individuos con depredación del lado del crecimiento de la radícula, esto impidió drásticamente cualquier crecimiento (Solorio, *et al.*, 2004; Medel, *et al.*, 2009).

5.5.3 Reconocimiento de las semillas maduras intactas impermeables en las pruebas de germinación

Del cuadro de contingencia 2x2 anterior se obtuvo una Ji cuadrada no significativa, los porcentajes de germinación fueron para madura intacta 32.66%, y para perforada fue un 33.33%; el porcentaje de no germinación fue alto, así la variable de no germinadas se tuvo que dividir en dos eventos las semillas podridas 54% y se identificó un sobrante de semillas maduras intactas que no embebió, ni se pudrió, se les nombró semillas impermeables que representaron un 13.33 % de aparición en dicha muestra.

Fue entonces que se replanteó el experimento colocándo a las semillas maduras impermeables como otro tratamiento o categoría de semilla no contemplado hasta ese momento y aparecieron como una tercer variable (Simpson, 1951; Blyth, 1972; Agresti y Finlay, 1997; Baskin y Baskin, 1998; 2000; 2004 a,b Moore, 2000; Milton, 2001; Hua, 2004; Sheskin; 2011).

Se les realizó prueba de escarificación a la testa para romper la latencia de las semillas impermeables y el cuadro se convirtió en una tabla de contingencia de 2X3 que identificó una Paradoja de Simpson con una Ji cuadrada significativa.

5.5.4 Porcentaje de germinación en las semillas impermeables escarificadas

Del cuadro anterior de 2X3 estas semillas impermeables presentaron un alto porcentaje de germinación, que fue del 90% al escarificarse.

Así al sumar el porcentaje de germinación de las semillas impermeables con el total de germinación de la semilla madura intacta que era del 40%, aumentó a un 45%; ello demostró que este remanente fue sumamente importante para la especie y para la eficiencia de germinación total de la muestra (Baskin *et al.*, 2004 a, b; Camacho, 2011).

El reconocer la Paradoja de Simpson en este trabajo fue importante porque ayudó a esclarecer el comportamiento y la división de las semillas maduras intactas en podridas e impermeables (Simpson, 1951; Blyth, 1972; Agresti y Finlay, 1997; Moore, 2000; Milton, 2001; Hua, 2004; Sheskin; 2011).

Ecológicamente hablando la especie asegura su supervivencia a largo plazo, las semillas impermeables son capaces de permanecer en el suelo por largo tiempo sin germinar formando un banco de germoplasma (Baskin y Baskin, 1998; Baskin, *et al.*, 2000; Fenner, 2000; De Souza, *et al.*, 2006; Baskin y Baskin, 2004 a, b).

5.6 Análisis de las fórmulas para *Calliandra grandiflora*

Los parámetros representaron la cantidad y calidad producida de vaina y semilla para la germinación. Estos fueron cuatro fórmulas que hasta el momento de este reporte nadie había propuesto para la especie.

Donde el potencial de semilla representó el número total de lóculos que fue de 408 de huecos dónde podría haber la formación de una semilla, la eficiencia de vaina representó el total de semilla presente en la vaina (66.91%), la eficiencia de semilla se refirió al porcentaje total de semilla para sembrar, es decir, toda la que pudo germinar; total de semilla madura intacta, madura impermeable escarificada y perforadas excluyendo a los abortos; para este parámetro fue el 50%; y por último la eficiencia de germinación de la especie, finalmente la eficiencia de germinación en las semillas maduras que fue de un 38% sumando la germinación de la semilla madura impermeable escarificada subió a un 45%. (Ver anexo).

CAPÍTULO VI CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se demuestra la importancia de la procedencia silvestre de las semillas de *Calliandra grandiflora*, del reconocimiento de este hecho, se hizo una clasificación de los diferentes tipos de semilla de *C. grandiflora*, colectados en la misma temporada; también fue necesario reconocer y clasificar la segmentación de los lóculos, dado que esto tiene que ver con la calidad de la semilla, su formación y desarrollo.

La especie presentó poca vaina y semilla; a diferencia de lo reportado para otras especies de leguminosas que tienen gran cantidad de vaina y semilla, como son *Prosopis sp.* (Galera, 2000; BDMTM, 2009; Conabio, 2014) y de *Senna septentrionalis* (López, 2009); así como sucede en otras familias como Sapindaceae con *Dodonaea viscosa* L. Jacq. (Conabio, 2009b; Conafor, 2014).

La mayoría de la semilla colectada venía muy dañada, lo que más abundó en porcentaje fueron abortos (25.21%) y depredación por brúquidos (25.21%), seguido por seca o arrugada (19.45%), semillas necrosadas (9.86%); semilla verde (4.66%); semilla con hongo (3.29%); y en contraste sólo se obtuvo el 13.42% de semilla madura intacta la visiblemente no afectada; lo que al parecer hasta la fecha de la escritura de éste trabajo no se había reportado, por lo cual no existía ningún estudio sobre la calidad, producción y germinación de las semillas de *Calliandra grandiflora*.

Dada la primer prueba de germinación (semilla verde y madura), los únicos tipos de semilla o tratamientos considerados para las siembras fueron: las maduras intactas, las perforadas y posteriormente las impermeables, cuando se identificaron.

Así los porcentajes de germinación fueron los siguientes: para la primer prueba la semilla verde obtuvo 0% de germinación (ni una sola semilla germinó, ni se embebió) por lo tanto se descartó en las siguientes pruebas, se contrastó con maduras intactas que obtuvieron un 26%; la Ji cuadrada fue significativa dado que un tratamiento logró germinar y el otro no.

La segunda prueba fue semilla madura intacta vs la perforada ambos obtuvieron una tercera parte, es decir un 30% aproximadamente, obtuvieron una Ji cuadrada no significativa, dada las semejanzas en los porcentajes. Dicho lo anterior, ambos tipos de semilla deberán considerarse para la propagación por semilla de la especie. Debe

hacerse mención también de que la depredación por larva de brúquido fue de importancia dado que se observó severo daño en casi toda la muestra de semilla colectada, por un lado puede ayudar a romper la latencia en las semillas, pero por otro lado también puede afectar grandes cantidades de semilla impidiendo su buen desarrollo y/o su germinación. Se deben revisar las relaciones antagonistas entre la leguminosa y el brúquido, así como sus posibles interacciones ecológicas.

La tercer prueba, identificó una porción de semillas que no se pudrieron, pero tampoco embebieron y por tanto no germinaron, se les nombró como semillas impermeables. De este hecho se manifestó la importancia de la división de la condición de no germinadas en dos: las semillas impermeables y podridas. Al surgir una nueva variable o tratamiento (tipo de semilla), se transformó la tabla de contingencia de 2X2 a una tabla de contingencia 2X3, evidenciando la Paradoja de Simpson, y de esta manera para estas variables se obtuvo una Ji cuadrada significativa. Así las impermeables representaron un aporte que provocó significancia al observar más de cerca el evento de no germinación y se hizo una división más fina (Moore, 2000; Hua, 2004; Camacho, 2011).

Por otra parte cabe resaltar que las semillas impermeables representaron un alto porcentaje de germinación del 88%; y aumentaron de esta manera el porcentaje final de semillas maduras intactas al 45%; por lo tanto estas semillas deberán considerarse en los programas de recolección siendo clave para la especie, como remanente o banco de germoplasma.

Por último, se recomienda para aquellos interesados en la propagación por semilla de *Calliandra grandiflora* consideren las cuatro fórmulas o parámetros clave presentados en éste trabajo, ya que permiten resolver de manera práctica el potencial de semilla, la eficiencia de vaina, la eficiencia de semilla y la eficiencia de germinación de esta especie.

REFERENCIAS

- Agresti, A. y Finlay, B. (1997). *Statistical Methods for the Social Sciences*. 3^o. Ed. Universidad de Michigan, U.S.A. Pp 706.
- Andrade, *et al.* (2012). Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología. UNAM. México. Disponible en:
http://www.ibiologia.unam.mx/barra/publicaciones/floras_tehuacan/F109.pdf
- Aponte, Y. y Jáuregui, D. (2004). Reproductive capacity: Formation of fruits and seeds in *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener and *Passiflora cincinnata* Mast. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21(4), 354-362. Recuperado en 01 de diciembre de 2016, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182004000400005&lng=es&tlng=en
- Arizmendi, M.C. y H. Berlanga (2014). Colibríes de México y Norteamérica. Hummingbirds of Mexico and North America. Conabio. México. 160 pp. Disponible en:
http://www.biodiversidad.gob.mx/Difusion/pdf/colibries_mexico_y_norteamerica.pdf
- Bailey, L.H. 1958. *The standard cyclopedia of horticulture*. Vol I. A-E. New Cork. The Macmillan Company. Pp 1200.
- Baskin, J. M. and Baskin, C. C. (2004a). A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*. 14: 1-16.
- (2004b). Classification, Biogeography, and Phylogenetic Relationships of Seed Dormancy Classification, biogeography, and phylogenetic relationships of seed dormancy. In: Smith R.D., Dickie J.B., Linington S.L., Pritchard H.W. & Probert R.J. (eds). *Seed conservation: turning science into practice*. Kew: Royal Botanic Gardens, Capítulo 28 Kew. p 518-544.
 - (1998). *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. San Diego, Academic Press. p 666.

Baskin, J. M, et al. (2000). Taxonomy, ecology and evolution of physical dormancy in seeds. *Plant Species Biology* 15: 139-152.

BDMTM (2009). Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana. UNAM. Disponible en: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=&id=7029>

Blyth, C.R. (1972). On Simpson's Paradox and the Sure-Thing Principle. *Journal of the American Statistical Association*, Vol.67, No. 338, 364-366. Disponible en: <http://www.stat.cmu.edu/~fienberg/Statistics36-756/Blyth-JASA-1972.pdf>

Bray, R.A. (1998). Diversity within Tropical Tree and Shrub Legumes. En: Gutteridge R. C. and Shelton, H. M. 1998. Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. The Tropical Grassland Society of Australia. Department of Agriculture The University of Queensland Australia.

Disponible en: <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Publicat/Guttshel/x5556e0d.htm#Calliandra>

Bramlett, L. D. (1977). Efficiency of seed production in southern pine seed orchards. *Proceedings of the Thirteenth Lake States Forest Tree Improvement Conference*; Gen. Tech. Rep. NC-50. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station. p 17-25.

Burkart, A. Leguminosas. En: Dimitri, M. (1987). *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Tomo I. Descripción de plantas cultivadas. Editorial ACME S.A.C.I., Buenos Aires. P 467-538.

Burns, R.M, Mosquera, M.S y Whitmore, J.L. (1998). Useful trees of the tropical region of North America. Washington, DC. Pp 547.

Camacho, M. F. (2011). Dormición de semillas causas y tratamientos. 2ª ed. Trillas. México. Pp 232.

- (2003). Arbustos para la reforestación del Distrito Federal. Folleto para productores No. 8. SAGARPA INIFAP-CENID-COMEF. México. Pp 34.

- (2000). Dormición y quiescencia en el manejo de las semillas forestales. Gaceta de la Red Mexicana de Germoplasma Forestal. SEMARNAP. Núm 4. P 7-22.
- (1994a) . Dormición de semillas; causas y tratamientos. Ed. Trillas. México. Pp 125.
- (1994b). "Pruebas de germinación y de viabilidad". En: Semillas Forestales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. Publicación Especial No. 2. México. P 110-118.

Castañeda, D. S. (2003). Uso de la vegetación forestal fanerogámica de San Miguel Pipillola, Tlaxcala, México. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Estado De México.pp. 98-99.

Castillo. S *et al.* (2002). Diásporas del Pedregal de San Ángel. Facultad de Ciencias. UNAM. México. Pp 158.

Carrillo, T. C. (1995). El Pedregal de San Ángel. UNAM. México. Pp 177.

http://www.repsa.unam.mx/documentos/Carrillo-Trueba_1995_Pedregal.pdf

CATIE. (2000). Técnicas para la escarificación de semillas forestales. Serie Técnica. Manual Técnico No. 36. CATIEPROSEFOR-DFSC. Turrialba, Costa Rica. p 57.

Conabio (2014). Ficha técnica de *Prosopis juliflora*. Disponible en:

http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/46-legum44m.pdf

- 2013). (b). "*Calliandra calothyrsus*. Ficha informativa" Publicado en: Linnaea. Ein Journal für die Botanik in ihremganzen Umfange. 21:251-252. 1848. Disponible en:

http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/40-legum11m.pdf

- (2009a). Ficha informativa. *Calliandra houstoniana*. Disponible Online en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/mimosaceae/calliandra-houstoniana/fichas/ficha.htm>
- (2009b). Ficha técnica de *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/sapindaceae/dodonaea-viscosa/fichas/ficha.htm>
- (2009c). Ficha informativa. *Pennisetum clandestinum* Disponible Online en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/pennisetum-clandestinum/fichas/ficha.htm>
- (2008a.) Aves mx.net. Consultado (2013). Disponible en: <http://www.averaves.org/>
- (2008b). Disponible en http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/doctos/db_mexico.html

Conafor (2014). Ficha técnica de *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/918Dodonaea%20viscosa%20.pdf>

- (2013). *Delonix regia* (Bojer) Raf. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/913Delonix%20regia%20.pdf>

Consejo de Cuenca del Valle de México (CCVM). Consultado (2011). Disponible en: <http://cuencavalledemexico.com/informacion/estatal/estado-de-mexico/medio-natural/>

Contreras, *et al.* Consultado (2014). La paradoja de Simpson. Universidad de Granada. Disponible en: <http://www.ugr.es/~batanero/pages/ARTICULOS/S71.pdf>

Costa, E., *et al.* 1988. Larvas de coleóptera Do Brasil. Museu de zoología Universidad de Sao Paulo. Pp 277.

De la Cruz, P. *et al.* (2013). Brúquidos (Coleóptera: Bruchidae) del Estado de Tabasco, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.), 29 (1): 1-95. Disponible en: <http://www1.inecol.edu.mx/azm/AZM29%281%29-2013/29%281%2901-De-la-Cruz-Perez.pdf>

Díaz, Y., Viera, J. y Escobar, A. (1994). Efecto de diferentes métodos de escarificación sobre la germinación en semillas de *Pachecoa venezuelensis*. *Burkart. Agronomía Trop.* 45(4):561-570

Estrada, E. y Martínez, A. (2004). Los géneros de leguminosas del Norte de México. Botanical Research Institute of Texas. USA. SIDA, Botanical Miscellary no. 25. P. 125-130

FAO (2013). *Pisum sativum* L. Disponible en:

<http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/data/pf000493.htm>

- (2012). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FOTOTECA DE ESPECIES DE LOS PASTIZALES. *Pennisetum clandestinum* - photo 2 (Photo). (Última actualización: 09 Jan 2014) Fecha de acceso (23 Nov 2012). Disponible en: <http://data.fao.org/ref/0c7ed41d-a62e-4286-880d-b4e597bd3d2c.html?version=1.0>

Flores, C.L, López J.U, y Vargas J.H (2005). Indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea mexicana*, Martínez. *Agrociencia*, año/vol 39, Núm 001. Colegio de Postgraduados Texcoco, México. Pp 117-126.

Galera, F. M. (2000). Recopilación: Las especies del género *Prosopis* (Algarrobos) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico. Argentina. Disponible en:

<http://www.fao.org/docrep/006/AD314S/AD314S00.HTM>

García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) 2. ed. corr. y aumentada. UNAM. Instituto de Geografía. México. Pp 246.

Gutteridge, R. C. y Shelton H. M. (1998). Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. Department of Agriculture The University of Queensland. Queensland, Australia. Disponible en:

<http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Publicat/Gutt-shel/x5556e00.htm#Contents>

Google maps (2013). <http://goo.gl/maps/BsjN8>

GRIN. (2011). Germplasm Resources Information Network. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service, Beltsville Area. Disponible en:

<http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?409058#syn>

Hernán, *et. al.* (2011). The Simpson's paradox unraveled. *International Journal of Epidemiology*, 40: 780-785.

Hernández, H.M. (1991). Taxonomía, Distribución geográfica y Biología reproductiva de *Calliandra calothyrsus* (Leguminosae, Mimosoideae), una especie con potencial agroforestal. *Anales Inst. Biol. UNAM, Ser. Bot.* 62(2): 121-132.

Hua, Y. (2004). Simpson's Paradox. A Survey of Past, Present and Future Research. University of Pennsylvania. Disponible en:

http://repository.upenn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1014&context=wharton_research_scholars

IAPT (2006). International Association for Plant Taxonomy. Disponible en: http://www.iapt-taxon.org/index_layer.php

ILDIS (2010). Internacional Legume Database & Information Service. Disponible en: <http://www.ildis.org/>

INAFED (2010). Disponible en:

<http://e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM15mexico/index.html>

INE. INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA (2007). Disponible en:

<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/2/int.html>

Infante, G.S y Zárate, G. (1990). *Métodos estadísticos: un enfoque interdisciplinario*. 2ª Ed. Trillas. México. Pp 643.

IPNI, Kewensis (2005). The Internacional Plant Names Index. Disponible en:

<http://www.ipni.org/>

ITIS consultado en (2011- 2013). The Integrated Taxonomic Information System. ITIS Standard Report. Disponible en: <http://www.itis.gov/>

Leython, S. (2007). Nuevo registro de una variedad del género *Calliandra* (Leguminosae: Mimosoideae) para Venezuela. *Ernstia*. vol.17, no.2. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025282742007000200001&lng=es&nrm=iso

Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda. 2008. [Estado del conocimiento de la biota](#), en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 283-322.

López, B.W; Gómez, C; López, M. (2000) Sistemas agroforestales con *Gliricidia sepium* para controlar erosión de los suelos del trópico. Inifap. Sagar. Folleto No. 10. México. Pp 64.

López, H. M. (2009). Estudio sobre la propagación por semilla de una especie (*Senna septentrionalis* (Viv.) H. Irwin & Barneby) en peligro de desaparición del Pedregal de San Ángel. Facultad de Ciencias. UNAM. México. Pp 65.

Macqueen, D.J. and Hernández H.M. (1997). A Revision of *Calliandra* Series *Racemosae* (Leguminosae: Mimosoideae). *Kew Bulletin*. 52(1): 1-50.

Martínez, M. (1979). Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. F.C.E. México. Pp 1209.

Martínez, O.B; Lara, G.G. 2003. Especies vegetales con potencial productivo en las áreas de riego del Edo. Coahuila. Inifap. Publicación especial Núm 2. México. Disponible en: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/418/222.pdf?sequence=1>

Mayen F.J. (2006). Otoncalpulco y Totoltepec, Naucalpan: un ejemplo de arqueología histórica. Instituto Mexiquense de Cultura. Mexico. Pp 124.

Medel, M.R; Aizen & regino Zamora (editores). (2009). Ecología y evolución de interacciones planta-animal. 1ª Ed. Universitaria. Santiago de Chile. (Bicentenario Charles Darwin). Disponible en:

<http://www.unioviado.es/danielgarcia/pdfs/GarciaetalLibroIPA.pdf>

Milton, S, J. (2001). Estadística para biología y ciencias de la salud. 3ª. Ed. Mc Graw-hill-Interamericana. España. Pp 744.

Mitastein S, M. (1963). Estudios ecológicos y edáficos en relación con el problema de reforestación en la zona de Los Remedios, Méx. Tesis (Biólogo) -- UNAM. Fac. de Ciencias México, D.F.

Moore, D. S. (2000). Estadística aplicada básica. 2ª. Ed. Antoni Bosch Editor. España. Pp 874.

Moreno, M.E. (1996). Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología. 3ª edición. UNAM. México. Pp 383.

Museo de las Aves de México. Coahuila. México (2012) Disponible en:

<http://www.museodelasaves.org/206/1/51/126.cfm?ii=89&bid=4&tid=115&id=739>

Navarro, M. (2003). Desempeño fisiológico de las semillas de árboles leguminosos de uso múltiple en el trópico. Pastos y forrajes 26(2): 18.

Palmer, B. *et al.* (1998). *Calliandra calothyrsus*. En Gutteridge R. C. and Shelton, H. M. 1998. Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. The Tropical Grassland Society of Australia. Department of Agriculture The University of Queensland Australia. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/PUBLICAT/Gutt-shel/x5556e09.htm>

Pavlidis y Perlman (2009). How Likely is Simpson's Paradox?. Department of Mechanical Engineering, Frederick University Cyprus, Department of Statistics, University of Washington. Disponible en:

<https://www.stat.washington.edu/research/reports/2009/tr558.pdf>

Ponce, A. M y Bautista, C. H. 2008. Tesis: Análisis de la producción de semillas de *Pseudotsuga macrolepis* Flous., en una plantación establecida en el municipio de Amecameca, Estado de México. Universidad Autónoma de Chapingo. P58.

Postgate, J. (1998). Nitrogen Fixation. University Press, Cambridge. United Kingdom. Pp 112.

Quesada, M.A. (1995). Diccionario histórico del español de Costa Rica. EUNED. Costa Rica. Pp 175.

Ramírez-Serrano, et al., (2013). Brúquidos (coleóptera: Bruchidae) asociados a la leguminosa *Indigofera densiflora*. Acta zoológica Mexicana (n.s.), 29(2): 346-362. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v29n2/v29n2a7.pdf>

Romero, G et al., (2014). Brúquidos (coleoptera: Bruchidae) del estado de Morelos, México. Revista: Acta Zoológica Mexicana (nueva serie) 30(1). Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0065-17372014000100001&script=sci_arttext

Rzedowski, G.C; J. Rzedowski et al., (2001). Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª Ed. Instituto de Ecología, A.C., CONABIO.

Sanabria, D. et al. (2004). Germinación de semillas de las leguminosas arbustivas forrajeras *Cratylia argentea* y *Cassia moschata* sometidas a inmersión en ácido sulfúrico. Bioagro, Barquisimeto, v. 16, n. 3. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612004000300010&lng=es&nrm=iso

Schmidt, L. (2000). Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed. Danida Forest Seed Centre. http://en.sl.life.ku.dk/upload/chapter9_001.pdf

SEMARNAP, (1999). Primera Edición SEMARNAP, Biodiversidad. Disponible en: http://repositorio.ine.gob.mx/ae3/ae_333.72_m495-16.pdf

Shelton, H. M. (2000). Environmental Adaptation of Forage Tree Legumes, en Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. Department of Agriculture The University of Queensland, Australia.

Sheskin, J. D (2011). Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures, 5ª Ed. Chapman and Hall CRC. U.S.A. Pp 1926.

Simpson, E. H. (1951). The Interpretation of Interaction in Contingency Tables. Journal of the Royal Statistical Society, Ser. B 13: pp. 238–241. Disponible en:

<http://www.epidemiology.ch/history/PDF%20bg/Simpson%20EH%201951%20the%20interpretation%20of%20interaction.pdf>

SNIB-CONABIO (2008). Base de datos SNIB-CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/>

Solorio, *et al.* (2004). Evaluación de daños por gorgojo (*Algarobius prosopis* Le Conte) en vainas de mezquite (*Prosopis* spp) de la comarca lagunera. Revista Chapingo Serie Zonas Aridas. 2004. 3:111-114

Souza et al. (2006). Bancos de semillas en el suelo. Agriscientia. 23 (1).

Stehr F.W. (1991). Immature insects. Vol. 2. Department of Entomology. Michigan State University. E.U.A. pp 673.

Tropicos. Org. Missouri Botanical Garden (2011).

Disponible en: <http://www.tropicos.org/Home.aspx>

Vázquez, *et al.* (1999). Árboles mexicanos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Informe final SNIB-Conabio proyecto No. JO84. México, D.F. Disponible en:

<http://es.scribd.com/doc/60583102/Arboles-y-Arbustos-Potencialmente-Valiosos>

Villalobos, S. y Ramírez, N. (2010). Biología reproductiva de *Crotalaria micans* Link (Fabaceae): Especie colonizadora de amplia distribución geográfica. Acta bot. Venezuela. 33 (1): 67-81.

Waizel, B. J. y Martínez, R. I. (2011). Algunas plantas usadas en México en padecimientos periodontales. México. IPN. Rev. ADM. Vol.LXVIII. NO.2. Pp. 73-88. Disponible online:

[http://academia.edu/3234913/Algunas plantas usadas en Mexico en padecimientos periodontales](http://academia.edu/3234913/Algunas_plantas_usadas_en_Mexico_en_padecimientos_periodontales)

Walpole, R.E., Myers R.H., Myers S.L., Keying Ye. 2012. Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. Pearson Educación, México, 2012

Yao Hua Ooi. (2004). Simpson's Paradox – A Survey of Past, Present and Future Research. University of Pennsylvania. Disponible en:

http://repository.upenn.edu/wharton_research_scholars/15/

ANEXO

Desglose de las fórmulas propuestas para encontrar la eficiencia de producción de semilla en *C. grandiflora*.

1) **Potencial de semilla** = representa el número de lóculos encontrados en todas las vainas colectadas en la muestra de las 50 vainas tomadas por muestreo sistemático que fue de 408 lóculos.

2) **Eficiencia de vaina**= Número total de semillas de las 50 vainas y se excluyen los abortos X 100 / potencial de semilla

$$EV = 365 - 92 = 273$$

$$EV = 273 \times 100 = 27300 / 408 = 66.91$$

3) **Eficiencia de semilla** = total de semilla madura intacta + total de semilla madura perforada / núm total de semillas (sin contar los abortos) X 100.

$$ES = 49 + 88 / 273 \times 100 = 137 / 273 \times 100 = 0.5018 \times 100 = 50.18$$

4) **Eficiencia de germinación** = total de semilla madura intacta X porcentaje de germinación de la semilla madura intacta + semilla madura intacta escarificada + porcentaje de semilla madura impermeable escarificada x porcentaje de semilla perforada germinada x 100/137 (suma de 49 + 88, total de semilla madura intacta + porcentaje de germinación de semilla impermeable escarificada).

$$EG = 49 \times 0.4467 + 88 \times 0.3333 \times 100 / 137 = 5121 / 137 = 37.37$$

Tabla de datos. Promedios y porcentajes de los distintos tipos de semilla de *Calliandra grandiflora*, tomados de 50 vainas colectadas por muestreo sistemático en campo de una población silvestre.

n	VAINA		Tipos de loculos				Total loculos	Número de semillas total	SEMILLA						
	cm		Desarrollado	Parcial	sin expansion	Óvulo normal (Semilla madura intacta)			Óvulo verde (Semilla inmadura)	Óvulo abortado (insecto, perforado)	Óvulo depredado (por hongos)	Óvulo dañado (necrótico (polvo))	Óvulo colapsado	Óvulo arrugado	
	Largo (cm)	Ancho													
1	7.7	1.1	8	1	0	9	8	2	0	1	2	0	1	2	
2	6.7	1.3	3	1	0	4	3	2	0	0	0	0	0	1	
3	7	1.3	6	0	1	7	5	1	0	2	2	0	0	0	
4	11	1.2	6	0	1	7	6	0	0	3	0	2	1	0	
5	7.5	1.7	7	0	1	8	7	1	0	0	0	0	0	6	
6	11.5	1.5	10	0	0	10	10	0	0	4	2	0	0	4	
7	7.5	1.3	7	1	0	8	7	0	3	0	0	0	0	4	
8	10.5	1.4	7	0	0	7	7	0	0	7	0	0	0	0	
9	9.7	1.5	8	0	0	8	8	0	0	1	1	0	1	5	
10	14.2	1.4	10	0	0	10	9	3	1	2	0	0	1	2	
11	10.7	1	5	1	0	6	4	0	0	4	0	0	0	0	
12	9.4	1.4	9	0	0	9	9	0	0	1	4	0	0	4	
13	14.5	1.4	11	1	0	12	11	1	1	3	4	0	0	2	
14	14	1.9	11	0	0	11	11	2	1	2	4	0	0	2	
15	11	1.6	12	0	0	12	12	1	0	4	1	1	3	2	
16	12.7	1.6	9	0	0	9	8	0	7	0	0	0	1	0	
17	13	0.9	7	0	1	8	6	1	0	2	2	1	0	0	
18	3.8	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	11	1.8	11	0	0	11	11	3	0	1	4	0	1	2	
20	11.2	1.8	9	1	0	10	9	2	0	2	4	0	0	1	
21	10	1.5	9	0	0	9	9	2	0	3	3	0	1	0	
22	11.5	1.9	10	1	0	11	10	1	3	0	1	0	1	4	
23	12.2	1.2	9	0	1	10	9	2	0	1	1	4	1	0	
24	10.7	1.3	4	1	1	6	4	2	0	1	0	1	0	0	
25	10.8	1.5	10	0	0	10	10	1	0	0	5	0	4	0	
26	12.5	1.6	10	1	0	11	10	1	0	3	0	0	0	6	
27	9.2	1.6	8	0	0	8	7	0	0	4	0	0	0	2	
28	10	1.7	9	1	0	10	9	1	0	3	4	0	0	1	
29	11.5	1.6	11	0	0	11	11	1	0	1	1	0	5	3	
30	7	0.5	5	0	0	5	3	0	0	3	0	0	0	0	
31	7.4	1.2	7	1	0	8	7	0	0	7	0	0	0	0	
32	12	1	5	0	2	7	4	0	0	1	1	0	1	1	
33	11.5	1.4	5	0	0	5	4	0	0	0	1	0	0	3	
34	11.7	1.4	7	0	1	8	7	1	0	3	0	0	3	0	
35	11.5	1.2	5	0	0	5	5	0	0	5	0	0	0	0	
36	11.8	1.5	9	0	0	9	8	1	0	1	5	0	1	0	
37	11.7	1.4	4	0	1	5	3	0	0	1	0	0	2	0	
38	13.3	1.9	8	0	1	9	7	2	0	2	3	0	0	0	
39	4.3	0.7	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	1	
40	11	1.6	12	0	0	12	11	0	0	3	8	0	0	0	
41	10.5	1.9	11	0	0	11	11	0	0	1	3	0	7	0	
42	8.5	1.8	9	0	0	9	8	0	1	1	4	1	0	1	
43	11	1.6	9	0	0	9	8	3	0	1	2	2	0	0	
44	12.7	1.6	9	0	0	9	7	0	0	7	0	0	0	0	
45	7	1	4	0	0	4	4	4	0	0	0	0	0	0	
46	4	0.9	3	0	1	4	3	0	0	0	1	0	0	2	
47	11	1.9	6	0	0	6	7	1	0	2	3	0	1	0	
48	12	1.4	9	1	0	10	9	1	0	1	2	0	0	5	
49	13	1.3	8	0	0	8	8	2	0	0	4	0	0	2	
50	10	1.7	9	0	0	9	9	2	0	2	2	0	0	3	
Suma	515.9	70.4	384	12	12	408	365	49	17	92	88	12	36	71	
Promedios	10.318	1.408	7.68	0.24	0.24	8.16	7.3	0.98	0.34	1.84	1.76	0.24	0.72	1.42	
Desv Tip	2.53	0.34	2.71	0.43	0.48	2.61	2.80	1.02	1.15	1.86	1.89	0.72	1.41	1.77	
Coef Var	24.53	24.34	35.34	179.76	198.49	32.03	38.37	104.06	339.32	100.85	107.41	298.33	196.50	124.92	
Porcentaje en rel total de semillas							100.00	13.42	4.66	25.21	24.11	3.29	9.86	19.45	

365