



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“Estudio sobre la propagación por semilla de
una especie (*Senna septentrionalis* (Viv.) H.
Irwin & Barneby) en peligro de desaparición del
Pedregal de San Ángel.”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

PRESENTA

MANUEL ARTURO LÓPEZ HERNÁNDEZ

Director de Tesis:

INGENIERO AGRÓNOMO ESPECIALISTA EN FITOTECNIA

FRANCISCO CAMACHO MORFÍN



**2009
Facultad de Ciencias
UNAM**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

“Estudio sobre la propagación por semilla de una especie (*Senna septentrionalis* (Viv.) H. Irwin & Barneby) en peligro de desaparición del Pedregal de San Ángel.”

Manuel Arturo López Hernández

2009

Hoja de Datos del Jurado

| | |
|--|--|
| <p>1. Datos del alumno Apellido paterno: Apellido materno: Nombre (s) Teléfono: Universidad: Facultad o escuela: Carrera: No. de cuenta:</p> | <p>1. Datos del alumno López Hernández Manuel Arturo 56 33 06 08 Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ciencias Biología 097127257</p> |
| <p>2. Datos del tutor Grado Nombre(s) Apellido paterno: Apellido materno:</p> | <p>2. Datos del tutor Ingeniero Agrónomo Francisco Camacho Morfin</p> |
| <p>3. Datos del sinodal 1 Grado Nombre (s) Apellido paterno Apellido materno</p> | <p>3. Datos del sinodal 1 M. en C. Carlos Mallén Rivera</p> |
| <p>4. Datos del sinodal 1 Grado Nombre (s) Apellido paterno Apellido materno</p> | <p>4. Datos del sinodal 1 M. en C. Jaime Jiménez Ramírez</p> |
| <p>5. Datos del sinodal 1 Grado Nombre (s) Apellido paterno Apellido materno</p> | <p>5. Datos del sinodal 1 M. en C. Efraín Velasco Bautista</p> |
| <p>6. Datos del sinodal 1 Grado Nombre (s) Apellido paterno Apellido materno</p> | <p>6. Datos del sinodal 1 M. en C. Verónica del Pilar Reyero Hernández</p> |
| <p>7. Datos del trabajo escrito. Título: No. de páginas: Año:</p> | <p>7. Datos del trabajo escrito. "Estudio sobre la propagación por semilla de una especie (<i>Senna septentrionalis</i> (Viv.) H. Irwin & Barneby) en peligro de desaparición del Pedregal de San Ángel." 65 2009</p> |

DEDICATORIAS

A mi papá, Marco Antonio López Díaz y a mi mamá, Susana R. Hernández Salinas por darme la oportunidad de vivir y conocer el mundo, por todas sus enseñanzas, su cariño, por siempre estar conmigo, gracias por todo.

A mis hermanos, Marco y Miguel y a la memoria de mis abuelos, Roberto Luis López Palacios y Maria Elena Díaz Galicia.

A Huitzil Namiba Zimbawe Ávila Morales, mi más profundo agradecimiento por tu Ser, por tu comprensión y por acompañarme en este viaje - vuelo, sin tí no podría haber realizado esto, gracias por todo.

A Mario Ávila Montoya y a Ma. Elena Vidal y a Tonalli A. Morales por su amistad y apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Ciencias y a todos los docentes que ayudaron a mi formación, gracias a todos los amigos que me acompañaron en las etapas de mi educación.

Gracias a la Bióloga y artista Huitzil Namibia Zimbabwe Ávila Morales por todos sus consejos y paciencia, gracias por aportar tu arte a esta obra, gracias por compartir tu talento.

Gracias a mis sinodales por su paciencia y observaciones y todo el apoyo que me brindaron para poder llevar a termino este trabajo.

Agradecimientos especiales al Ingeniero Agrónomo Francisco Camacho Morfin por todo su apoyo y dirección, ya que gracias a él, se inicio y se concluyó este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------------|
| INDICE DE CONTENIDO | Pág. iii |
| INDICE DE CUADROS | vi |
| INDICE DE FIGURAS | vii |
| | |
| 1. RESUMEN | 1 |
| | |
| 2. INTRODUCCION | 2 |
| | |
| 3. ANTECEDENTES | 4 |
| | |
| 3.1 Origen. | 4 |
| | |
| 3.1.1 Ubicación. | 6 |
| 3.1.2 Clima y Vegetación de la Reserva del Pedregal. | 7 |
| 3.1.3 Declaratoria. | 8 |
| 3.1.4 Problemática. | 9 |
| 3.2 Aspectos generales del Género <i>Senna</i> . | 9 |
| | |
| 3.2.1 Taxonomía de <i>Senna septentrionalis</i> . | 11 |
| 3.2.2 Sinonimias. | 12 |
| 3.2.3 Nombres comunes. | 13 |
| 3.2.4 Etimología de la especie | 13 |
| 3.2.5 Descripción de la especie. | 14 |
| 3.3 Fenología. | 19 |
| | |
| 3.4 Distribución y hábitat. | 20 |
| | |
| | 21 |
| 3.5 Importancia. | |

| | |
|--|-----------|
| 3.6 Anatomía de semillas. | 22 |
| 3.7 Semillas impermeables. | 23 |
| 3.8 Tratamientos para romper la impermeabilidad. | 24 |
| 3.8.1 Efecto del agua caliente sobre la germinación. | 24 |
| 3.8.2 Efecto de ácido sulfúrico sobre la germinación. | 25 |
| 3.8.3 Escarificación mecánica. | 25 |
| 3.8.4 Tratamientos para estimular la germinación de semillas impermeables de plantas del Género <i>Senna</i> . | 26 |
| 4. OBJETIVOS | 27 |
| 4.1 General. | 27 |
| 4.2 Particulares. | 27 |
| 4.3 Hipótesis. | 27 |
| 5. MATERIALES Y METODO | 28 |
| 5.1 Sitio del Experimento. | 28 |
| 5.2 Material Biológico. | 28 |
| 5.3 Tratamientos Evaluados y tamaño de muestra | 30 |
| 5.3.1 Tratamiento con ácido. | 32 |
| 5.3.2 Tratamiento con agua caliente. | 33 |
| 5.4 Unidad Experimental. | 33 |
| 5.5 Sustrato. | 34 |
| 5.6 Siembra. | 35 |
| 5.7 Diseño experimental. | 35 |
| 5.8 Condiciones de incubación. | 35 |

| | |
|--|-----------|
| 5.9 Obtención de datos. | 35 |
| 5.9.1 Cálculo de índices para evaluar la emergencia (VARIABLES DE RESPUESTA). | 36 |
| 5.9.2 Análisis estadístico. | 39 |
| 5.9.3 Estudio del efecto de los tratamientos en laboratorio. | 39 |
| 6. RESULTADOS | 41 |
| 6.1 Significancia de factores e interacción en el experimento en invernadero | 41 |
| 6.1.2 Índice Maguire. | 42 |
| 6.1.3 Porcentaje de germinación. | 45 |
| 6.1.4 Tiempo medio de germinación. | 47 |
| 6.1.5 Prueba de imbibición y estado de las semillas al final de la incubación en laboratorio. | 48 |
| 7. DISCUSIÓN | 50 |
| 8. CONCLUSIONES | 53 |
| 9. ANEXOS | 55 |
| 9.1 Anexo I. Datos de cada unidad experimental y datos de cada fecha de evaluación. | 55 |
| 10. BIBLIOGRAFÍA | 58 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Tratamientos evaluados en el experimento factorial realizado. | 31 |
| Cuadro 2. Características físico-químicas del suelo usado en el experimento en vivero. | 34 |
| Cuadro 3. Probabilidad de F calculada para factores e interacción en la germinación de <i>S. septentrionalis</i> . | 42 |
| Cuadro 4. Efecto de la preparación pregerminativa y la procedencia sobre el índice Maguire en semillas de <i>S. septentrionalis</i> (transformado a raíz cuadrada). | 44 |
| Cuadro 5. Efecto de la preparación pregerminativa y la procedencia sobre el porcentaje de germinación de semillas de <i>S. septentrionalis</i> (transformado a raíz cuadrada). | 46 |
| Cuadro 6. Efecto de la preparación pregerminativa y la procedencia sobre el tiempo medio de germinación en semillas de <i>Senna septentrionalis</i> transformados a raíz cuadrada. | 47 |
| Cuadro 7. Efecto de la prueba de imbibición tras 48 hrs. en semillas de <i>S. septentrionalis</i> sometidas a diferentes tratamientos. | 48 |
| Cuadro 8. Resultado de las pruebas de laboratorio por tratamientos, germinación total, semillas impermeables y semillas embebidas. | 49 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Uso de <i>Senna septentrionalis</i> como ornamental en Ciudad Universitaria. | 3 |
| Figura 2. Mapa que indica la extensión del derrame del Xitle y ubicación de C. U. a) Huitzil Namibia Zimbawe Ávila Morales. b) Rzedowski. | 4 |
| Figura 3. Foto satelital que indica la extensión del derrame del Xitle y ubicación de C. U. | 5 |
| Figura 4. Fotografía satelital de las áreas verdes de Ciudad Universitaria. | 6 |
| Figura 5. Fotografía satelital de la REPSA. | 7 |
| Figura 6. Arbusto de <i>S. septentrionalis</i> con vainas en la parte trasera del Amoxcalli. | 14 |
| Figura 7. Arbusto de <i>S. septentrionalis</i> , complejo “E” de la Facultad de Química, mostrando tallo sometido a poda. | 14 |
| Figura 8. Hojas de <i>S. septentrionalis</i> , ejemplar encontrado en la parte trasera del Amoxcalli, biblioteca de la Facultad de Ciencias. | 15 |
| Figura 9. Flores de <i>S. septentrionalis</i> de Ciudad Universitaria. | 16 |
| Figura 10. Foto de vainas de <i>S. septentrionalis</i> encontradas en C. U. mostrando un ápice puntiagudo y un ápice redondeado. | 17 |
| Figura 11. a) Foto de vainas en arbustos de <i>S. septentrionalis</i> con ápice redondeado y b) puntiagudo de C. U. | 17 |
| Figura 12. a) Ilustración de vainas de <i>S. septentrionalis</i> con ápice redondeado y puntiagudo de C.U. (ilustración de Huitzil N. Z. Ávila Morales) y b) ilustración de <i>S. septentrionalis</i> de Rzedowski | 18 |
| Figura 13. a) Semilla de <i>S. septentrionalis</i> mostrando su tamaño. b) Semillas de <i>S. septentrionalis</i> . | 18 |
| Figura 14. Extracción de semilla. | 19 |
| Figura 15. Testa y embrión. | 24 |

| | |
|---|----|
| Figura 16. a) <i>S. septentrionales</i> en la parte trasera de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias “Amoxcalli”. b) <i>S. septentrionalis</i> complejo “E” de la Facultad de Química. | 29 |
| Figura 17. Sitio de colecta de semillas de <i>Senna septentrionalis</i> en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campo II. | 29 |
| Figura 18. Muestra de vainas de <i>Senna septentrionalis</i> colectadas. | 30 |
| Figura 19. a) Escarificación manual por lijado en la zona opuesta a la radícula; y b) Semillas que muestran la escarificación en la testa. | 31 |
| Figura 20. Muestra de las bolsas de malla de mosquitero de plástico con 25 semillas de <i>S. septentrionalis</i> . | 32 |
| Figura 21. Unidades experimentales para siembra de semillas de <i>S. septentrionalis</i> . | 33 |
| Figura 22. a) Efecto del tratamiento de ácido sulfúrico sobre el tegumento de semillas de <i>Senna septentrionalis</i> , comparado con b) semillas sin tratamiento. | 43 |
| Figura 23. Prueba de imbibición. a) Semillas de <i>S. septentrionalis</i> sin tratamiento pregerminativo. b) Semillas de <i>S. septentrionalis</i> escarificadas. | 50 |
| Figura 24. Semillas germinadas en papel filtro. | 52 |

I. RESUMEN

México es un país con alta biodiversidad que se encuentra entre las naciones con pérdida acelerada de sus recursos, su capital, el Distrito Federal se fundó en una cuenca lacustre que actualmente es una de las ciudades más pobladas a nivel mundial que presenta grandes problemas ambientales; en él dentro de Ciudad universitaria se ubica la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel incorporada a fines del año 2008 al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, con categoría de Monumento Nacional por su importancia al ser una zona relicto para la biodiversidad del D.F. que cuenta con gran cantidad de especies, algunas endémicas, otras, raras, amenazadas o en peligro de extinción; como *Senna septentrionalis* (Viviani) Irwin & Barneby, que está en peligro de desaparecer de dicha área. El presente trabajo se realizó para obtener información que facilite su propagación por semilla, con el apoyo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias ubicado en los Viveros de Coyoacán, D.F., se realizó un estudio que combinó fuentes de semillas (Ciudad Universitaria y la Facultad de Estudios Superiores campus Zaragoza) con preparaciones pregerminativas (inmersión en agua caliente a 72, 82 y 92° C por 6 minutos, ácido sulfúrico concentrado a 30, 60, y 75 minutos, escarificación manual, y un testigo intacto). De los 16 tratamientos resultantes, se hicieron cuatro repeticiones con 25 semillas, que se sembraron en bolsas de polietileno con tierra y arena de río (1:1); el experimento factorial se instaló en invernadero, donde la temperatura del aire tuvo una media de 22°C. Con los conteos periódicos de plántulas emergidas durante 30 días, se determinó: porcentaje, índice de Maguire y tiempo medio de germinación. En el análisis de varianza el coeficiente de variación se redujo con transformación raíz cuadrada en las dos primeras variables, donde el efecto de los factores no fue independiente, por lo que se compararon todos los tratamientos entre sí mediante la pruebas de Tukey al 0.05; para el tiempo medio de germinación las diferencias solo se debieron a la preparación pregerminativa. Con ácido sulfúrico, sin diferencias significativas debidas a la duración de la inmersión, se tuvieron emergencias superiores al 80%, y junto con la escarificación manual se supero significativamente al testigo intacto en ambas fuentes de semillas. El agua caliente produjo en general baja emergencia, de acuerdo con pruebas de laboratorio esto se debió a que a 72 y 82° C no se eliminó la impermeabilidad de la testa, con 92° C sí, pero junto con ello se perdió la viabilidad, ya que las semillas se pudrieron durante la incubación.

II. INTRODUCCION

Al sur de la Ciudad de México se ubica la Ciudad Universitaria (CU) perteneciente a la UNAM en cuyo entorno se encuentra la Reserva Ecológica "El Pedregal de San Ángel" (REPSA) caracterizada por presentar una asociación vegetal que fue estudiada y finalmente denominada por Rzedowski (1954) como *Senecionetum praecosis*, en referencia a *Senecio (=Pittocaulon) praecox*, que es conocido como matorral de palo loco (*Senecio praecox*) especie a la cual debe su nombre (Castillo *et al*; 2004).

El matorral de palo loco es un ecosistema único que cuenta con una gran diversidad biológica, (fúngica, de vida silvestre, y de plantas), está caracterizado por presentar cerca de 350 especies, entre ellas el palo loco (*Senecio praecox* (Cav.) DC.), los tepozanes (*Buddleja* spp.), los tabaquillos (*Wigandia ureas Urb.*), los copales (*Bursera* spp.), un gran número de especies herbáceas, incluso plantas endémicas del Pedregal, como *Mammillaria haageana san-angelensis* (Sánchez-Mej.) D.R.Hunt, conocida como biznaga de chilito, etc. o *Bletia urbana* (Dressler) que es una orquídea terrestre que está en peligro de extinción. Todas las especies que configuran la REPSA la posicionan como su último refugio sobre todo ante el crecimiento del área urbana de la Ciudad de México y su impacto ambiental (REPSA, 2007; Juárez y Cano, 2007; Sandoval, 2006).

La especie *Senna septentrionalis* (Viviani) Irwin & Barneby presenta poblaciones reducidas de difícil localización en el Valle de México, Rzedowski, la reportó en el Pedregal de San Ángel hace 55 años Rojo (1994), Castillo *et al*; (2004) no encontraron a *Senna septentrionalis* en el Pedregal aunque recientemente se detectaron ejemplares de esta especie dentro de Ciudad Universitaria (Cano *et al*; 2008) en las nuevas áreas que se anexaron a las ya establecidas de la REPSA, detrás del museo Universum en la zona suroriente de la reserva. Se sabe que por la dinámica de Ciudad Universitaria muchas especies han ido desapareciendo lo que las ha llevado estar en vías de extinción en la REPSA, entendiéndose por extinción, el fin de un linaje o taxón, o la desaparición de los últimos ejemplares o individuos de una especie, en un hábitat o biota determinada (Castillo *et al*; 2004). Benítez (2006) la reporta como planta amenazada, de acuerdo a la NOM.-059-ECOL (2001).

Es importante rescatar *Senna septentrionalis* ya que forma parte de un ecosistema único, y además cuenta con posibilidades de usarse como planta para reforestación y jardinería en el D.F. (Figura 1), de acuerdo a nuevas propuestas de manejo de áreas verdes que promueven un cambio en diseño del paisaje para el tratamiento de especies nativas “no solo para recobrar parte de la naturaleza perdida en las ciudades, sino para reforzar el carácter conferido por el medio natural al lugar de asentamiento de los poblados” (Camacho, 2003).



Figura 1. Uso de *Senna septentrionalis* como ornamental en Ciudad Universitaria. Anexo “E” de la Facultad de Química. Fuente: Del autor.

Por esto es que en el presente trabajo se evaluaron diferentes tratamientos para estimular una germinación óptima de *Senna septentrionalis* con el fin de poder aprovechar el germoplasma remanente de esta especie en el Pedregal de una forma eficiente, y así evitar su desaparición de este hábitat tan peculiar, al proponer un tratamiento óptimo de germinación de semillas de *Senna septentrionalis* para la obtención de plantas útiles para reforestación, y en este caso proponer una posterior reintroducción de esta especie.

3.1.1 Ubicación

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (Figuras 4, y 5), se encuentra ubicada dentro de terrenos de la Universidad Nacional Autónoma de México al suroeste de la Ciudad de México, Distrito Federal en la Delegación Coyoacán con las coordenadas 19° 17' N, 99° 11' O (REPSA, 2007).



Figura 4. Fotografía satelital de las áreas verdes de Ciudad Universitaria. Fuente: Imagen de google maps (b), (21 dic. 2008).

(*Senecionetum praecocis*, *Quercetum rugosae fruticosum*,) **ARBORETUM** (*Quercetum centralis lavosum*, *Quercetum rugosae crassipedis*, *Pinetum hartwegii* y *Pinetum teocote*). De estas asociaciones, es la comunidad **FRUTICETUM** *Senecionetum praecocis* la más extendida en el Pedregal, y cuenta con especies características como *Senecio praecox* (Cav.) DC, *Schinus molle* Hort. ex Engl., *Wigandia* spp., *Montanoa tomentosa* Cerv; *Asclepias linaria* (Cav.), *Plumbago pulchella* Boiss; *Brickellia veronicaefolia* (HBK) Gray *Cassia laevigata* (Willd), etc; cubre la parte baja del mismo con un suelo escaso, es en esta asociación donde se reporta la presencia de *Senna septentrionalis* (Viviani) Irwin & Barneby, reconocida anteriormente como *Cassia laevigata* (Willd).

Rzedowski (1954) menciona que la vegetación del Pedregal se encuentra entre dos zonas de vegetación mayores que son la de bosque montano y subalpino (región húmeda de barrancas de la Mesa central) y la de matorrales semiáridos del altiplano (equivalente a la región templada seca de las planicies del sur y al mezquite - pastizal).

3.1.3 Declaratoria

La reserva del pedregal de San Ángel se formo el 30 de octubre de 1983 ante la necesidad de proteger este ecosistema y la biodiversidad que en el habita del peligro de desaparecer por la modificación del hábitat, cambio de uso de suelo, introducción de especies, crecimiento de las ciudad, incendios disminución de su extensión, etc., posteriormente se modificó su situación el 20 de agosto de 1990, el 13 de diciembre de 1996 y el 13 de enero de 1997. El 3 de junio de 2005 se cambió su extensión y se publicó un acuerdo en el que se rezonificó, delimitó e incrementó la zona de la reserva ecológica del Pedregal de San Ángel, acuerdo actualmente vigente propuesto por el rector De la Fuente, en el cual la Reserva Ecológica quedó integrada por tres áreas de protección estricta o zonas núcleo, que cuentan con un total de 171.14 hectáreas, y 13 de uso restringido para protección ambiental o zona de amortiguamiento, con 66.19 hectáreas. El 24 de noviembre de 2008 se anunció la incorporación de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, en la categoría de Monumento Nacional (REPSA, 2007; De la Fuente, 2005; Gaceta UNAM, 2008).

3.1.4 Problemática

La Reserva Ecológica pese a ser una zona protegida esta siendo deteriorada continuamente por distintos factores con la consecuente pérdida de biodiversidad para el Distrito Federal y para el país por lo que persiste la amenaza de su desaparición por lo que es urgente proteger este delicado ecosistema. *Senna septentrionalis* es un especie rara en el Distrito Federal y en la Reserva del Pedregal incluso se ha llegado a reportar como ausente; sin embargo, en 2005 ha aparecido nuevamente en los registros de este sitio por lo que ante la necesidad de protección de la reserva se hace necesario un rescate de las poblaciones de *Senna septentrionalis* que aún quedan, (se desconoce su extensión) y por lo tanto es necesario optimizar la semilla mediante prácticas adecuadas de manejo y siembra para producir la mayor cantidad de plantas útiles para reforestación en vivero.

3.2 Aspectos generales del Género *Senna*

El Género *Senna* es de amplia distribución, está formado por casi 260 especies, de las cuales la mayoría se encuentran en zonas tropicales y subtropicales principalmente en el continente Americano, raramente en áreas frías (Calderón y Rzedowski, 1997; Bianco y Kraus, 1997). Estas plantas presentan diferentes usos, varias especies son cultivadas por sus vistosas flores como ornamentales, muchas se emplean también como medicinales, otras sirven como forraje, etc; además se registran como componentes comunes de zonas áridas.

En el continente Americano es característico de zonas áridas de México y otros países; ya sea nativa o introducida algunas de sus especies sobreviven desde el norte y centro de nuestro país hasta América del Sur (Calderón y Rzedowski, 1997; Castillo *et al*; 2004). De acuerdo a Lorenzo, 1959; Bailey, 1958; Standley, 1926; Calderón y Rzedowski, 1997; Barreto, 1999 y Camacho, 2003, se trata de árboles, arbustos o hierbas, rara vez trepadoras, a menudo fétidas al estrujarse, las hojas son paripinnadas, en ocasiones bifolioladas, raro ausentes, con frecuencia provistas de glándula(s) en el raquis o sobre el peciolo. Nectarios extraflorales a menudo globosos, claviformes o fusiformes con inflorescencias axilares, racimosas o paniculadas. Los racimos generalmente son multifloros, o bien, las flores solitarias o agrupadas por pocas, pedicelos sin bractéolas. La flor es hermafrodita, con cáliz compuesto por cinco sépalos imbricados, verdes o

coloreados todos iguales o gradualmente desiguales. Con corola cigomorfa, o en ocasiones irregular con uno de los pétalos conspicuamente modificado, de cinco pétalos (en todas las especies americanas) amarilla, rara vez blanca, el vexilar casi siempre interno. El androceo en común es cigomorfo, con diez estambres, diversificado en tres grupos: tres adaxiales estaminoidales (sin filamento del estambre), cuatro medianos y tres abaxiales mayores, a veces los diez fértiles y subiguales, de dehiscencia poricida o por breves fisuras apicales. Pistilo céntrico, estigma puntiforme o dilatado, a menudo ciliolado, ovario por lo común con numerosos óvulos. Cuentan con un fruto en forma de vaina o legumbre aplanada a rolliza o angulosa, a veces alada, sus valvas papiráceas a leñosas, dehiscente a lo largo de ambas suturas, o bien, indehiscente, a menudo transversalmente septada; semillas con frecuencia areoladas, dispuestas con su dimensión más larga paralela a las valvas o a los septos de los frutos, dispuestas transversalmente, comprimidas, rara vez tetrágonas, subcilíndricas, se pueden considerar que en general integran la unidad de dispersión.

Algunas de las especies de *Senna* reportadas en México por autores como Calderón y Rzedowski, 1997; Avendaño y Flores, 1999, son las siguientes:

- Senna didymobotrya* (Fresen.) Irwin & Barneby, Mem. N. Y. Bot. Gard. 35: 467. 1982.
Senna multiglandulosa (Jacq.) Irwin & Barneby, Mem. N. Y. Bot. Gard. 35: 357.1982.
Senna septemtrionalis (Viviani) Irwin & Barneby, Mem. N. Y. Bot. Gard. 35: 365. 1982.
Senna arida (Rose) Irwin & Barneby, Mem. N. Y. Bot. Gard. 35: 275. 1982.
Senna atomaria (L.) Irwin & Barneby, Mem. N. Y. Bot. Gard. 35: 588. 1982.
Senna crotalarioides (Kunth) Irwin & Barneby, Phytologia 44: 499. 1979.
Senna demissa (Rose) Irwin & Barneby, Phytologia 44: 499. 1979.
Senna foetidissima (G. Don) Irwin & Barneby, Mem. N. Y. Bot. Gard. 35: 262. 1982.
Senna guatemalensis (Donn. Smith) Irwin & Barneby, Mem. N. Y. Bot. Gard. 35:302. 1982.
Senna guatemalensis var. *hidalgensis* Irwin & Barneby, Mem. N. Y. Bot. Gard. 35: 305. 1982.
Senna hirsuta (L.) Irwin & Barneby, Phytologia 44: 499. 1979.
Senna hirsuta var. *glaberrima* (Jones) Irwin & Barneby, Phytologia 44: 449.1979.
Senna hirsuta var. *hirta* Irwin & Barneby, Mem. N. Y. Bot. Gard. 35: 433. 1982.
Senna mensicola (Irwin & Barneby) Irwin & Barneby, Phytologia 44: 500. 1979.
Senna obtusifolia (L.) Irwin & Barneby, Mem. N. Y. Bot. Gard. 35: 252. 1982.

Senna pallida (Vahl) Irwin & Barneby, Mem. N. Y. Bot. Gard. 35: 531. 1982.
Senna pallida (Vahl) Irwin & Barneby var. *pallida*. 1982.
Senna polyantha (Colladon) Irwin & Barneby, Mem. N. Y. Bot. Gard. 35: 448.1982.
Senna racemosa (Mill.) Irwin & Barneby, Mem. N. Y. Bot. Gard. 35: 580. 1982.
Senna racemosa var. *moctezumae* Irwin & Barneby, Mem. N. Y. Bot. Gard. 35:583. 1982.
Senna uniflora (Mill.) Irwin & Barneby, Mem. N. Y. Bot. Gard. 35: 258. 1982.
Senna wislizeni (A. Gray) Irwin & Barneby, Phytologia 44: 500. 1979.
Senna wislizeni var. *painteri* (Britt.) Irwin & Barneby, Phytologia 44: 500. 1979.
Senna occidentalis (L.) Link -- Handbuch [Link] 2: 140. 1833.
Senna uniflora (Mill.) H.S.Irwin & Barneby -- Mem. New York Bot. Gard. 35: 258. 1982.
Senna bicapsularis (L.) Roxb. var. *bicapsularis*.
Senna lindheimeriana (Scheele) Irwin & Barneby.

3.2.1 Taxonomía de *Senna septentrionalis*

De acuerdo con el ITIS, 2007.

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género : *Senna* P. Mill.

Especie: *Senna septentrionalis* (Viviani) Irwin & Barneby

3.2.2 Sinonimias

De acuerdo con las siguientes fuentes IPNI (2004), ITIS (2007); e ILDIS (2008), *Senna septentrionalis* ha recibido los siguientes nombres:

Senna septemtrionalis (Viv.) H.S.Irwin & Barneby. Mem. New York Bot. Gard. 35:365.1982.

Cassia septemtrionalis Viv. Elench. Pl. (Viviani) 14. 1802.

Cassia laevigata Willd. Enumeratio Plantarum Horti Regii Botanici Berolinensis 1809.

Chamaesaracha laevigata (Willd.) Pittier rd. Conf. Interam. Agric. Caracas 376. 1945.

Adipera laevigata Britton & Rose Sci. Surv. Porto Rico & Virgin Islands 5: 371. 1924.

Adipera laevigata (Willd.) Britton & Rose.

Chamaesenna laevigata (Willd.) Pittier.

Cassia elegans Voigt -- in Syll. Ratisb. ii. (1828) 55.

Cassia aurata Roxb.

Cassia elegans Kunth

Cassia floribunda sensu auct.

Cassia floribunda sensu Brenan

Casia laevigata Willd. var. *floribunda* sensu Ghesq.

Cassia quadrangularis Zoll. & Moritzi

Cassia septemtrionalis Viv.

Cassia septentrionalis Zuccagni

Cassia septentrionalis Sessé & Moc.

Cassia septentrionalis Viv.

Cassia vernicosa Clos

Chamaecasia laevigata

Chamaefistula laevigata G. Don

Senna aurata Roxb.

3.2.3 Nombres comunes:

Retama o "retamo" (Veracruz, Durango, Oaxaca), caca de gato, café del país (Veracruz, Oaxaca), duerme de noche (Durango), hierba del zopilote, hedionda macho, bricho, café cimarrón, cafecillo, frijolillo, candelilla, chatalhuich, retama del país, yencapatzin. "sen del país" "hierba hedionda macho" (Puerto Rico); "frijolillo" en Guatemala y Honduras, en las antillas Brusca, en Estados Unidos Arsenic Bush, Dooley Weed, Smooth *Senna*, Yellow Shower, en Alemania Glatte *Senna*, en las Islas Fiji mosimosi, naseni karakarawa, winivinkau, en la India Hill *Senna*, en Hawai kalamona, kolomona, en Madagascar Tsotsorinangatra y Voandranomainty (Avendaño y Flores,1999; Calderón, y Rzedowski, 1997; Grijalva, 2005; Standley, 1926; ITIS, 2007; ILDIS, 2008; Camacho, 2003).

3.2.4 Etimología de la especie

El uso del nombre científico *Senna septentrionalis*, con preferencia al de *Senna septemtrionalis*; a pesar de que ambos se registran como correctos (ITIS, 2007), obedece a que "*septentrionalis*" es un término latino que significa "del norte" y "*septemtrionalis*" es una deformación del mismo, por lo que el vocablo correcto es "*septentrionalis*" (Payet, I. 2000).

3.2.5 Descripción de la especie

De acuerdo a Calderón y Rzedowski, 1997; Bailey, 1958; Lorenzo, 1959; Camacho, 2003 y Bianco y Graus, 1997:

Arbusto o árbol hermafrodita de dos hasta cuatro (6.5) m de altura, glabro, tallos cilíndricos, huecos (Figura 6).



Figura 6. Arbusto de *Senna septentrionalis* con vainas en la parte trasera del Amoxcalli biblioteca de la Facultad de Ciencias. Fuente: Del autor.

Ramas angulosas (Figura 7).



Figura 7. Arbusto de *Senna septentrionalis*, complejo "E" de la Facultad de Química, mostrando tallo sometido a poda. Fuente: Del autor.

Hojas glabras de 10 a 12.4 cm, peciolo de dos a siete cm, estípulas linear-lanceoladas, de tres a siete mm de largo, caducas, raquis foliar de dos a diez cm de largo, glándulas a veces presentes entre todos los pares de foliolos, normalmente ausentes entre el último par, de 0.5 a 2 mm de largo, foliolos tres ó 4(5) pares, lanceolados a (anchamente) ovados, de 3.5 a 10.5 cm de largo y de 1.1 a 3.5 cm de ancho, ápice acuminado a caudado, margen entero, base redondeada a cuneada, por lo general poco asimétrica, nervadura media en posición central, glabros (Figura 8).



Figura 8. Hojas de *Senna septentrionalis*, ejemplar encontrado en la parte trasera del Amoxcalli, biblioteca de la Facultad de Ciencias. Fuente: Del autor.

Inflorescencia en racimos axilares en general más cortos que sus hojas, a veces los distales forman una panícula terminal, pedúnculos hasta de seis cm de largo, ejes florales hasta de dos cm de largo, de dos a trece flores, pedicelos de 1.2 a 2.5 cm de largo (Figura 9).



Figura 9. Flores de *Senna septentrionalis* de Ciudad Universitaria. Fuente: Del autor.

Sépalos muy desiguales, ovado-elípticos a oblongo-obovados o suborbiculares, de cuatro a diez mm de largo, redondeados a obtusos en el ápice (Figura 9).

Pétalos amarillos, el abaxial anchamente obovado a obovado-flabelado y emarginado en el ápice, los demás obovados u oblanceolados y redondeados en el ápice, de diez a dieciséis mm de largo, glabros (Figura 9).

Estambres fértiles seis ó siete, el central de los abaxiales con filamento más corto y antera (a menudo estéril) de 4.5 a 5.5 mm de largo, los restantes dos con filamentos filiformes de siete a once mm de largo y anteras lanceoladas, arqueadas, de 5.5 a 7.5 mm de largo, truncadas en el ápice y prolongadas de un lado para formar una especie de copa, en la base de la cual se localizan los dos poros, las cuatro anteras centrales oblongas, erectas, de 3.6 a 4.5 mm de largo, con un pico oblicuamente truncado en el ápice.

Ovario glabro, estilo de 2.6 a 4.3 mm de largo.

Fruto una vaina cilíndrica a cuadrangular, curvada, bivalvado, color verde a café, con los márgenes más claros a lo largo de las suturas sobre un estípite de 2.5 a 5 mm de largo, de seis a 10.5 cm de largo y 0.8 a 1.1 cm de diámetro, rectas con 1 o 2 líneas de dehiscencia o indehisciente, negruzca en la madurez. Vaina internamente septada. En cuanto a la descripción de la vaina hay inconsistencias, Rzedowski y Rzedowski (2001) la

describen con un ápice redondeado y en la figura correspondiente a la descripción la muestra con un ápice en punta; los ejemplares encontrados en Ciudad Universitaria presentan ambas características un ápice puntiagudo y otras un ápice redondeado (Figura 10, 11 y 12).



Figura 10. Foto de vainas de *Senna septentrionalis* encontradas en Ciudad Universitaria mostrando un ápice puntiagudo y un ápice redondeado. Fuente: Del autor.



Figura 11. a) Foto de vainas en arbustos de *Senna septentrionalis* con ápice redondeado y b) puntiagudo en arbusto de Ciudad Universitaria. Fuente: Del autor.

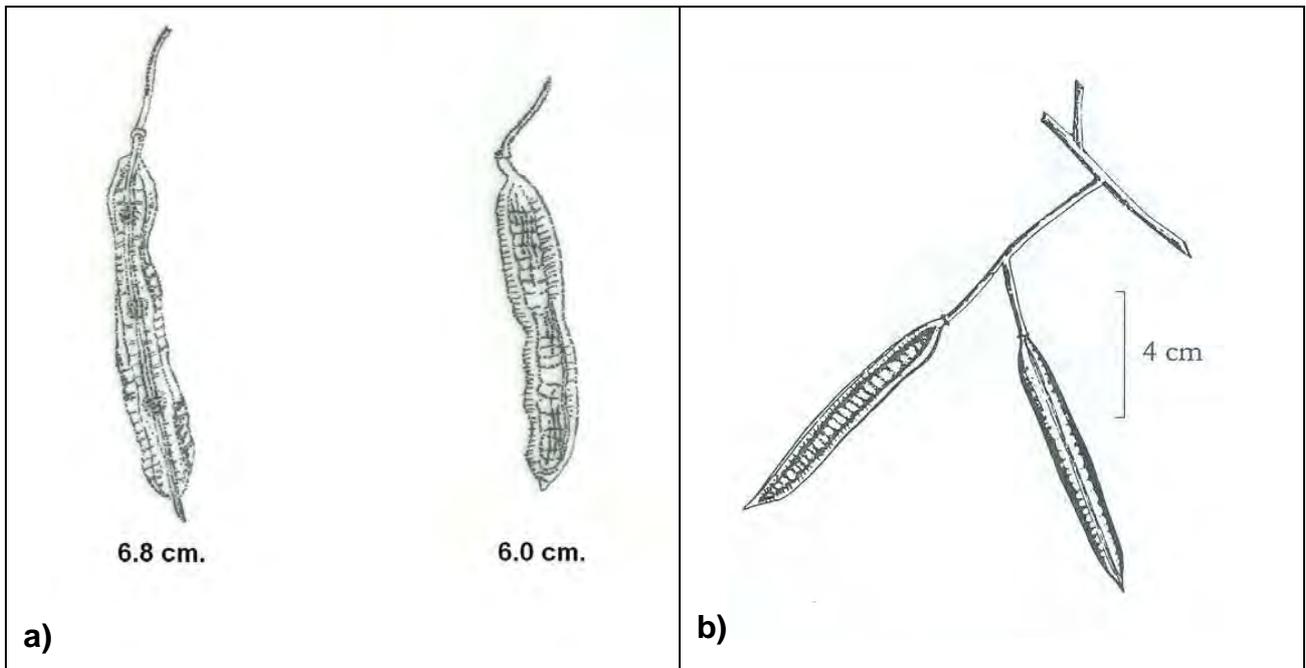


Figura 12. a) Ilustración de vainas de *Senna septentrionalis* con ápice redondeado y puntiagudo en Ciudad Universitaria. b) ilustración de *Senna septentrionalis*. Fuente: a) Ilustración de Huitzil N. Z. Ávila Morales y b) Ilustración de Rzedowski, 2001.

Semillas 62 a 80, según Terrones *et al* (2004), 25 a 40 encontradas por el autor, algo obovoides, comprimidas, de 3.6 a 4.9 mm de largo, cafés u oliváceas, lisas o muy finamente oveoladas. Se reporta que en promedio *Senna septentrionalis* presenta 100,000 semillas por kilo (Terrones *et al*; 2004). Datos obtenidos por el autor indican de 46,784 a 50,761 unidades por kilo (Figura 13).

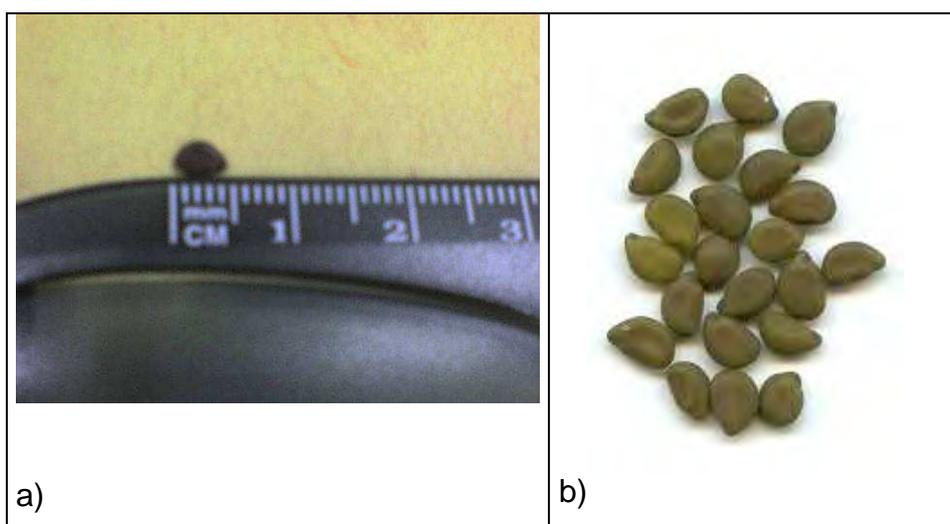


Figura 13. a) Semilla de *Senna septentrionalis* mostrando su tamaño. b) Semillas de *Senna septentrionalis*. Fuente: Del autor.

3.3 Fenología

La especie florece de mayo a octubre; se puede considerar que la semilla de esta especie es su unidad de dispersión. Para la colecta de semilla se reporta que la mejor época es de agosto a febrero; la forma más común para su obtención es desprender los frutos de las ramas, se recomienda sacudir las ramas, recogiendo los frutos con plásticos extendidos bajo el árbol, en el suelo, según Camacho (2003) (Figura 14). Los frutos se secan o se dejan secar y las semillas se extraen de los mismos triturándolas, los restos de las vainas se separan por soplado, o por inmersión en agua, ya que este proceso separa la basura que flota de las semillas que se hunden. Posteriormente se deben secar para evitar que se pudran. Si no se van a usar las semillas inmediatamente se recomienda guardarlas en frascos cerrados a temperatura ambiente o en refrigeración si se va a dejar pasar un lapso de tiempo grande hasta su uso, se debe controlar la humedad para evitar la pudrición de las semillas.



Figura 14. Extracción de semilla. Fuente: Del autor.

3.4 Distribución y hábitat

Esta planta es de amplia distribución en las zonas tropicales de ambos hemisferios. Se encuentra en México, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, Colombia, Perú, Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, El Salvador, en Jamaica y en Puerto Rico es introducida, Cuba, en República Dominicana es introducida, Barbados, Martinica, África (introducida en Burundi, Camerún, Guinea Ecuatorial, Etiopía, Ghana, Kenya, Malawi, Mozambique, Nigeria, Rwanda, Sierra Leona, Sudáfrica, Swazilandia, Tanzania, Uganda, Zaire, Zambia, Zimbabwe), Asia (introducida en Malasia, India, Java, Nepal, Pakistán, Península Malaya, Sri Lanka, Sumatra, Vietnam, y nativa de Sulawesi), en los Andes, en Australia (introducida en Norfolk I y nativa de Papua Nueva Guinea), en Madagascar es introducida, en las islas del océano Pacífico de Hawai, Fiji, Kermadec, Nueva Zelanda (Norte) y Tonga es introducida (Barreto, 1999; ITIS, 2007; ILDIS, 2008; Standley, 1926; Camacho, 2003).

La distribución en México comprende los Estados de Nuevo León, Tamaulipas, Sinaloa, Durango, San Luis Potosí, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Michoacán, Hidalgo, México, Puebla, Veracruz, Oaxaca, Chiapas, y Rzedowski reportó en 1954 la presencia de poblaciones de *Senna septentrionalis* en el Pedregal de San Ángel y más recientemente Zenón Cano *et al* también la encontraron en 2005-2006 en las zonas que se agregaron a la reserva (Rzedowski, 1954; Cano *et al.* 2008; Avendaño *et al.* 1999; Grijalva, 2005; Camacho, 2003, Saavedra *et al.* 2007).

La planta es de hábitat tropical aunque se adecua bien a otras condiciones, requieren pleno sol, típicas de zonas áridas por lo que toleran sequías y heladas; esta especie se encuentra en distintos hábitats como comunidades de la selva baja caducifolia (bosque tropical caducifolio), forma parte de bosques de encinos y de coníferas, o es integrante de comunidades de bosques mesófilos de montaña pero más frecuentemente en las comunidades secundarias derivadas, penetrando a menudo a ambientes ruderales. Se llega a asociar con matorrales espinosos y xerófilos, sobre laderas pedregosas o terrenos planos perturbados en altitudes de 1100 a 2450. Se adapta bien en suelos profundos y fértiles a suelos someros, calizos, arenosos pedregosos, y suelos salinos (Terrones, *et al.* 2004).

3.5. Importancia

El principal uso de esta planta por su vistosa floración es ornamental, las semillas se llegan a utilizar como un sustituto de café, presenta niveles altos de ácidos grasos insaturados y otras características que son deseables en nutrición, se aprovechan por sus propiedades laxantes desde tiempos prehispánicos, y en algunas regiones, como un emenagogo, algunas partes se usan para preparar una cocción que sirve para bajar la hinchazón y la calentura así mismo alivia dolores oticos, alopecia, dolencias biliares, cólera, uso expectorante, purgativa, uso oftálmico, etc., con el tallo se fabrican herramientas, o se hace leña junto con las ramas; como forraje es consumida por el ganado, muy útil durante la etapa de secas, aunque al parecer es tóxica para el ganado equino y también para los cerdos; esta planta presenta un gran potencial en apicultura ya que por su extensa floración tiene gran producción de néctar por lo que atraen a las abejas y a otros insectos (atrae polinizadores) favoreciendo la polinización de campos de cultivo, también ayuda a la formación de suelos evitando su erosión ya que sus hojas y vainas se van depositando en el suelo lo que paulatinamente va originando una capa orgánica de importancia considerable, ayudan a la infiltración de agua de lluvia, etc. (Aranda *et al*;1999; Avendaño y Flores, 1999; Pugalenti, 2004; Standley, 1926; Terrones *et al*; 2004; Elizondo *et al*; 2004; Viegas *et al*; 2006; FAO, 2008; Camacho, 2003).

Senna septentrionalis no crece desmesuradamente, puede formarse como arbusto para la reforestación de áreas urbanas al mejorar el suelo y evitar su erosión, con ella se logran conformar setos vivos y en general se adapta bien a lugares erosionados. En especial se recomienda para la reforestación del Pedregal de San Ángel ante la disminución de sus poblaciones (Camacho, 2003; Terrones *et al*; 2004).

3.6 Anatomía de semillas

Las semillas incluyen el embrión, alrededor se encuentra el endospermo, el perispermo y la testa o tegumentos (Figura 15). Contienen reservas alimenticias para nutrir al embrión durante su desarrollo, para que se establezca la planta. Después de que se da la fertilización el desarrollo de la semilla se inicia y el embrión se alimenta de la parte de reserva alimenticia del óvulo, el perispermo y el endospermo para lograr su maduración, por lo que el endospermo de *Senna septentrionalis* como en otras leguminosas prácticamente desaparece durante la maduración del embrión, resultando un desarrollo del mismo muy diferenciado y dominante, en general la cadena de eventos que se dispara cuando el óvulo fue fertilizado deben terminar con la formación de un fruto maduro que contenga semillas capaces de germinar por si solas, es decir maduras, aunque la capacidad de germinar puede ser detenida momentáneamente por diversas causas, una de ellas es la estructura de la testa (Lars, 2000; Derek, 1997; Camacho, 1994a; Kelly *et al*; 1992).



Figura 15. Testa y embrión. Fuente: Del autor.

En leguminosas la testa puede estar formada por una capa externa consistente en una o dos cutículas y una capa interna constituida por células engrosadas de macroesclerénquima en empalizada y bajo esta capa otra de células de osteoesclerénquima seguida al interior por un parénquima compacto sobre los tejidos nutritivos, dicha disposición anatómica por lo general impide el paso del agua hacia el embrión, por lo cual se les cita como semillas impermeables o duras, en estas, una característica más es que el micrópilo debe estar obturado y en algunas el hilio esta formado por dos capas sobrepuestas de macroesclerénquima (Camacho, 1994a).

3.7 Semillas impermeables

La germinación se ve afectada por dos factores: La presencia de semillas vanas, que son las que carecen de embrión y que en algunas especies su presencia puede superar al 50%, y mecanismos inhibitorios de la germinación (Camacho, 2003).

El mecanismo de dormición es un proceso que tiene gran importancia ecológica y económica y se puede definir como la inhibición del proceso germinativo lo cual puede deberse a diversas causas, se mencionan en general tres mecanismos que actúan promoviendo la dormición, la testa (que sea impermeable al agua y o a gases, que impida el desarrollo del embrión, etc), inhibidores químicos como los reguladores de crecimiento, etc. y la morfología misma de la semilla que puede presentar embriones pequeños o inmaduros; sin embargo, en la mayoría de los casos es una cuestión multifactorial, es decir puede ser debida a aspectos morfológicos y fisiológicos (Camacho, 1994a; Sutter, 2001; Kelly *et al*; 1992).

La dormición física derivada de la impermeabilidad de la testa al agua, es un fenómeno recurrente en una gran cantidad de leguminosas, por lo que se sospechó su presencia en *Senna septentrionalis*, lo que provoca que no germinen de forma óptima lo que en general el consenso indica que es debido a la presencia de una testa impermeable (Camacho, 1994a; Sutter, 2001; Kelly *et al*; 1992).

Si estas semillas se colectan antes de que maduren de forma total y se siembran en un lapso de tiempo corto o se almacenan en un ambiente con alta humedad se evita que se produzca la impermeabilidad, ya que esta se forma durante la desecación de las mismas (Camacho, 1994a; Terrones *et al*; 2004).

3.8 Tratamientos para romper la impermeabilidad

Los impedimentos para la germinación se eliminan naturalmente poco a poco o por algún factor ambiental, que varía dependiendo del tipo de semilla que se trate, por ejemplo entre algunas leguminosas la temperatura es un factor que influye en la germinación, ya sea alta o baja, por lo que la dormición física puede eliminarse naturalmente por temperatura y humedad, además de por otros factores como abrasión, microbios, el paso a través del tracto digestivo de algunos animales, etc.

En las leguminosas este fenómeno se elimina artificialmente con tratamientos como la inmersión en agua caliente por intervalos variados de periodos o la inmersión en ácido sulfúrico concentrado industrial, seguido por lavado en agua corriente (Camacho, 1994a; Terrones *et al*; 2004; Lars, 2000).

3.8.1 Efecto del agua caliente sobre la germinación.

Esta crea una tensión que separa las células de macroesclerida siendo más efectivo si las semillas se sumergen en el líquido en vez de calentarlas junto con el mismo, siendo preferible una inmersión rápida para evitar daño al embrión. En algunas semillas que presentan un tegumento delgado puede ser afectado el embrión por el calor por lo que los rangos de exposición al agua caliente varían en duración dependiendo de la especie de que se trate, la ventaja de este tratamiento es que esteriliza la superficie de las semillas (Lars, 2000; Camacho, 1994a).

Este tratamiento se realiza por vertimientos directos del agua caliente a las semillas o por inmersión que puede ser larga (25, 66,245 min 24 horas o más) o corta (tres a seis min). Una variante es el calentamiento en seco que consiste en calentar las semillas sobre una superficie térmica o dentro de un horno si se enfrían inmediatamente aumenta la germinación en general. El proceso inverso también es efectivo y consiste en someterlas a temperaturas por abajo de los 0° C (generalmente en seco).

Un ejemplo de esto son los resultados obtenidos por Ramírez y Camacho (1997) donde reportan que en algunas especies como, *Erythrina americana*, *Enterolobium cyclocarpium*, *Leucaena leucocephala* y *Prosopis juliflora* el tratamiento de agua caliente a 75° C por tres minutos elimina el problema de la impermeabilidad, mientras que en otras especies se requiere de temperaturas de ebullición, como en *Delonix regia*. En algunas como

Acacia cyanophylla el agua caliente es inefectiva, pues a bajas temperaturas no tiene efecto y en altas temperaturas mata a las semillas (Camacho, 1994a; Ramírez y Camacho, 1987).

3.8.2 Efecto de ácido sulfúrico sobre la germinación

El ácido sulfúrico tipo industrial es el de uso más común, como alternativa a este se encuentran los productos cáusticos, el empleo de estas sustancias implica riesgos por lo que debe realizarse con precaución. El ácido quema el tegumento de las semillas disolviendo las puntas de las macroesclereidas, lo que expone los lúmenes de las células facilitando la absorción de agua, esto funciona en las leguminosas y en otros grupos; sin embargo este método no se debe aplicar en semillas muy permeables ya que puede haber daño al embrión. Es común usar el ácido por 15 a 26 min empleando el método de la pila, que consiste en colocar las semillas en pila sobre una superficie resistente al producto a usarse, en general el ácido que se vierte sobre la misma con ayuda de una pala, se voltea y revuelve uniformemente, al término del tratamiento se lava las semillas con agua corriente por lo menos durante diez minutos. Otro procedimiento consiste en la inmersión en ácido de las semillas en una canastilla resistente, (puede ser de tela de mosquitero), por distintos lapsos de tiempo (25, 66, 73 ó 169 min.), pasado el tiempo requerido la canastilla se levanta unos segundos para drenar el ácido, lavando con agua corriente, si no se usan inmediatamente conviene secar y almacenar las semillas (Camacho, 1994a; Lars, S. 2000).

3.8.3 Escarificación mecánica.

Este método consiste en raspar, quebrar o perforar las cubiertas de las semillas manualmente o con aparatos para romper su impermeabilidad. El raspado manual con lija (abrasión) o la perforación manual con algún instrumento como un cautín son muy efectivas si se evita la región de la radícula, aunque son objetivamente aplicables a sólo pequeñas cantidades de semillas, ya que el proceso es manual, semilla por semilla. Si se emplea algún aparato para quebrar la semillas, el riesgo es que se quiebren más de lo deseado, haciéndolas inservibles (Camacho, 1994a; Lars, 2000).

3.8.4 Tratamientos para estimular la germinación de semillas impermeables de plantas del Género *Senna*

Diversos autores han reportado tratamientos para estimular la germinación de semillas impermeables, entre los cuales se reportan algunos específicos para plantas de este Género, por ejemplo, Teketay (1996) realizó pruebas de germinación para semillas de *Senna bicapsularis*, *Senna didymobotrya*, *Senna multiglandulosa*, *Senna occidentalis* y *Senna septemtrionalis* encontrando que estas semillas poseen latencia porque poseen una testa gruesa que impide la germinación por lo cual aplicó diversos tratamientos encontrando que las semillas tratadas con ácido sulfúrico durante 60 minutos presentaron el mayor porcentaje de germinación 95-100%; Godínez y Flores (1999) también aplicaron tratamiento con ácido sulfúrico a *Senna occidentalis* pero al contrario de Teketay (1996) este tratamiento no incremento la germinación y obtuvieron una germinación inferior al 60%; por otro lado Camacho (2003) reporta que la inmersión en agua caliente a 75° C por 6 minutos favorece la germinación así como la inmersión en ácido sulfúrico concentrado por una hora; Terrones *et al*; (2004) reportan como tratamiento para especies de este Género, *Senna multiglandulosa*, *Senna hirsuta* var. *glaberrina*, *Senna septemtrionalis* y *Senna wislizeni* car. *painteri* el remojo en agua a temperatura ambiente durante 24 horas.

IV. OBJETIVOS

4.1 General

- Identificar el tratamiento pregerminativo que incremente la germinación de semillas de *Senna septentrionalis*.

4.2 Particulares

- Evaluar el efecto de temperaturas y duración del tratamiento, con agua caliente.
- Evaluar el efecto de la duración del tratamiento, con ácido sulfúrico reactivo.
- Evaluar el efecto de la escarificación mecánica
- Determinar el tiempo de germinación de las semillas de *Senna septentrionalis*.

4.3 Hipótesis

Como en otras especies del Género *Senna*, las semillas de *Senna septentrionalis*, presentan impermeabilidad, por lo que requieren un método que la elimine para una germinación eficiente.

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 Sitio del Experimento

El presente trabajo se realizó bajo condiciones de invernadero en el Laboratorio de Semillas Forestales del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y mejoramiento de Ecosistemas Forestales del Instituto Nacional de Investigación Forestal Agrícola y Pecuarias ubicado en los Viveros de Coyoacán, D.F. Se registraron temperaturas que presentaron una media de 22° C, con un promedio de máxima de 28° C y una mínima 14° C, con temperaturas extremas de 32° C y 14° C dentro del invernadero.

5.2 Material Biológico

Las semillas requeridas tuvieron el mismo origen, que es el Pedregal de San Ángel, pero se obtuvieron de dos fuentes diferentes durante enero del 2008:

- a) Se recorrieron áreas de Ciudad Universitaria, en la Delegación Coyoacán, D.F. donde aún existiera vegetación nativa, como resultado de esto, se detectó la presencia de arbustos de *Senna septentrionalis* en la parte trasera de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias “Amoxcalli” y en el complejo “E” de la Facultad de Química (Figura 16).
- b) En la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campo II (Iztapalapa, D.F.) se detectó la presencia de ejemplares de *Senna septentrionalis*, los cuales se originaron de un trabajo de propagación de plantas del pedregal de San Ángel (Rojas y Ramos, 1995) y que fueron sembrados en las áreas verdes del Campo II hacia 1995 (Figura 17).



Figura 16. a) *Senna septentrionalis* la parte trasera de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias “Amoxcalli”. b) *Senna septentrionalis* complejo “E” de la Facultad de Química. Fuente: Del autor.



Figura 17. Sitio de colecta de semillas de *Senna septentrionalis* en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campo II. Fuente: Del autor.

En ambas localidades, se procedió a coleccionar las vainas secas manualmente (Figura 18), para luego molerlas manualmente y por soplado separar las semillas de los restos del fruto.



Figura 18. Muestra de vainas de *Senna septentrionalis* coleccionadas. Fuente: Del autor.

5.3 Tratamientos evaluados y tamaño de muestra.

Fueron 16 tratamientos, que se definieron con base en todas las combinaciones posibles de los siguientes factores:

- a) La procedencia de la semilla con dos niveles (CU y Zaragoza).
- b) La preparación pregerminativa, con ocho niveles:
 - 1) un testigo sin preparación;
 - 2) escarificado: se lijó la cubierta manualmente en el sitio opuesto al que se encuentra la radícula (Figura 19),
 - 3, 4, 5) Inmersión en ácido sulfúrico concentrado tipo reactivo por 30, 60 y 75 min,
 - 6, 7 y 8) inmersión en agua caliente por 6 minutos a temperaturas de 72, 82, y 92 °C.

Como resultado de lo anterior se obtuvo un diseño de tratamientos factorial $2 \times 8 = 16$. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en el experimento factorial realizado.

| Preparación Pregerminativa | Nombre del tratamiento | Duración |
|--|------------------------|----------|
| Ácido Sulfúrico | Inmersión corta | 30 min. |
| | Inmersión mediana | 60 min. |
| | Inmersión larga | 75 min. |
| Inmersión en Agua | Caliente 72° c | 6 min. |
| | Muy caliente 82° c | 6 min. |
| | En ebullición 92° c | 6 min. |
| Lijado manual en el sitio opuesto al que se encuentra la radícula. | Testigo escarificado | ----- |
| Testigo | Sin preparación | ----- |

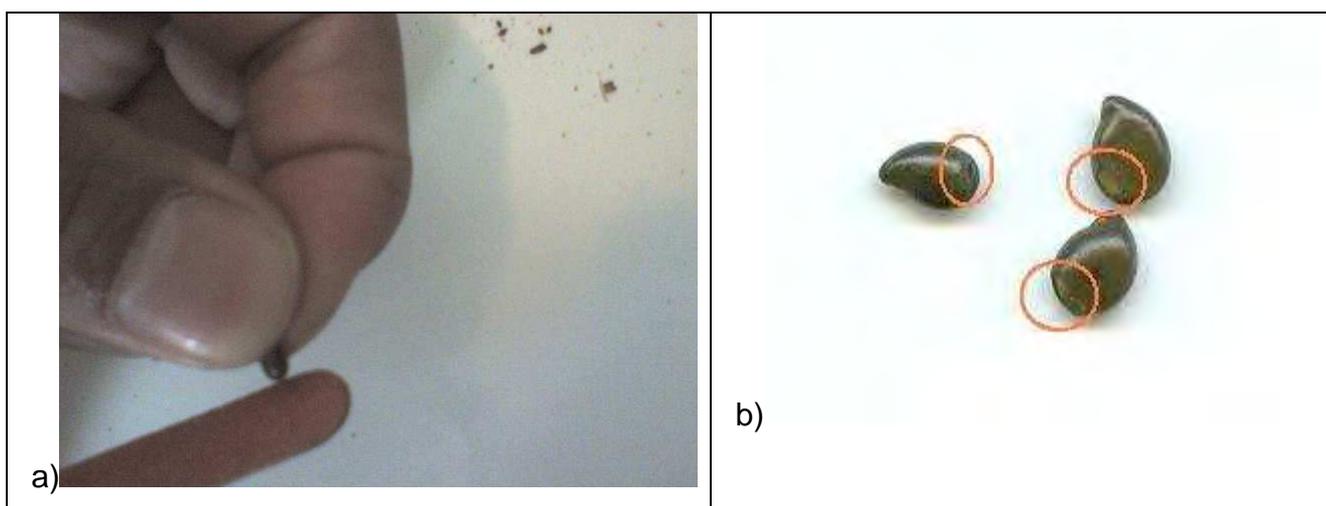


Figura 19. a) Escarificación manual por lijado en la zona opuesta a la radícula; y b) Semillas que muestran la escarificación en la testa. Fuente: Del autor.

Debido a que no se disponía de una gran cantidad de semillas de ambas fuentes, se decidió usar 25 de ellas como muestra básica para conformar la unidad experimental, dicha cantidad ha sido empleada por otros autores como (Ramírez y Camacho, 1987; Godínez, Flores, 1999), cada muestra se colocó en una bolsa de malla de mosquitero, y el conjunto en un frasco que se almacenó en seco a temperatura ambiente ($\pm 21^{\circ} \text{C}$) hasta su empleo en el experimento, cinco meses más tarde (junio 2008).

5.3.1 Tratamiento con ácido

Siguiendo a Camacho (1994a), las semillas a tratar se colocaron dentro de las bolsas de malla de mosquitero de plástico, que contenían 25 semillas cada una, (Figura 20) se colocaron dentro de un recipiente de plástico resistente al ácido; al final se llenó con ácido sulfúrico concentrado tipo reactivo 98%, dejando las bolsas dentro del recipiente el tiempo asignado.



Figura 20. Muestra de las bolsas de malla de mosquitero de plástico con 25 semillas de *Senna septentrionalis*. Fuente: Del autor

Para disponer de cuatro repeticiones verdaderas, se usaron cuatro recipientes en cada uno de los cuales se colocaron tres bolsas de malla con 25 semillas cada uno, conforme cumplieron su tiempo de inmersión se extrajeron las bolsas y se procedió a lavarlas en agua corriente durante 10 min.

5.3.2 Tratamiento con Agua Caliente

Como en el caso anterior las semillas a tratar se colocaron dentro de bolsas de plástico de malla de mosquitero, en grupos de 25 semillas. De acuerdo con Ramírez y Camacho (1987), se calentó el agua en un recipiente de metal sobre una parrilla con resistencia eléctrica midiendo y regulando la temperatura con un termómetro colocado en el agua de manera que no tocara ni las paredes ni el fondo del recipiente metálico, una vez alcanzada la temperatura requerida se realizó la inmersión de las bolsas de malla con las semillas el tiempo establecido.

Para obtener repeticiones verdaderas de cada temperatura, el tratamiento por seis minutos, se realizó independientemente para cada bolsa de malla.

Los tratamientos descritos incluyeron dentro de su diseño factorial, un tratamiento que funcionó como testigo, el cual consiste en la combinación de no hacer la inmersión en ácido, no realizar el tratamiento con agua caliente ni la escarificación manual.

5.4 Unidad Experimental

Cada unidad experimental consistió en una bolsa de polietileno de color negro con medidas de 20 cm de diámetro por 20 cm de altura, llena de una mezcla de tierra negra de monte y arena de río (1:1) hasta dos cm antes del borde, en cada una de ellas se sembraron 25 semillas de *Senna septentrionalis* (Figura 21).



Figura 21. Unidades experimentales para la siembra de semillas de *Senna septentrionalis*. Fuente: Del autor.

5.5 Sustrato

Para llenar las bolsas que constituyeron las unidades experimentales, se empleó una mezcla de arena de río y tierra de monte, en una relación volumétrica 1:1. Este sustrato tuvo una textura franco arcillosa limosa, con un pH casi neutro.

Cuadro 2. Características físico-químicas del suelo usado en el experimento en vivero.

| Determinación | Valores |
|---|-------------------------|
| Densidad aparente (g/cm ³) | 1.38 |
| Textura | Franco arcillosa limosa |
| Arena (%) | 68.88 |
| Limo (%) | 22.82 |
| Arcilla (%) | 8.30 |
| pH en agua (1:2) | 6.90 |
| Materia orgánica (%) | 5.15 |
| Fósforo aprov.(ppm) | 5.54 |
| CaCO ₂ (%) | 0.30 |
| CIC (me/100 g) | 55.60 |
| Ca (me/100 g) | 1.18 |
| Mg (me/100 g) | 0.00 |
| Na (me/100 g) | 0.71 |
| K (me/100 g) | 0.48 |
| Cond. eléct.(mmhos/cm) | 0.59 |
| pH pasta | 6.80 |
| Cantidad de agua en el suelo a saturación (%) | 56.00 |

Fuente: Laboratorio de edafología Facultad de Ciencias, UNAM.

5.6 Siembra

Se Inició aplicando un riego pesado con una regadera con una boquilla de orificios finos posteriormente se colocaron las 25 semillas en arreglo de círculos concéntricos, para facilitar la emergencia las semillas se cubrieron con una capa de 1 cm de grosor de gravilla de dacita (grava para construcción) con agregados de 0.5 cm. de diámetro (Figura 21).

5.7 Diseño Experimental

El experimento realizado fue un arreglo factorial 2 X 8, el mismo estuvo constituido por dieciséis tratamientos con cuatro repeticiones. Las sesenta y cuatro bolsas empleadas se distribuyeron con un diseño completamente al azar, sobre una mesa de malla colocada dentro de un invernadero. Por lo tanto se tuvo un experimento factorial 2 x 8 distribuido al azar con arreglo combinatorio, es decir no hubo parcelas divididas (Reyes, 1978).

5.8 Condiciones de Incubación

Durante los siguientes treinta días después de la siembra se realizaron riegos periódicos es decir cada dos días con una regadera de orificios finos para evitar que el agua desenterrara las semillas. Acompañado a esto se tomaron lecturas de temperaturas dentro del invernadero, las cuales se midieron mediante un termómetro de máxima y mínima colgado a 1.5 cm del suelo colocando. Durante el período de observación la temperatura tuvo una media de 22°C, con un promedio de máxima de 28° C y una mínima 14°C, con temperaturas extremas de 32 y 14°C.

5.9 Obtención de datos.

Cada tercer día durante un mes, se contó las plántulas emergidas, las cuales deberían de sobresalir cuando menos 1.0 cm. del suelo, es decir que mostraran el gancho de emergencia. Con el fin de que los datos tomados correspondieran a la emergencia total obtenida hasta cada evaluación, los individuos muertos y los que presentaron síntomas de estrangulamiento, se marcaron con palillos de plástico antes de que se perdiera su ubicación.

Las anotaciones correspondientes al total de plántulas emergidas por unidad experimental hasta una evaluación, se hicieron en un cuadro de doble entrada como recomendad Morales y Camacho, (1985) en el que el primer renglón tenía los datos de cada unidad experimental, y la primera columna contenía los datos referentes a cada fecha de evaluación (Anexo I).

5.9.1 Cálculo de índices para evaluar la emergencia (Variables de Respuesta).

Para facilitar la presentación de los índices empleados en el estudio numérico de la emergencia, se usó la siguiente simbología tomada de Camacho (1994b) donde:

i = Número de evaluación realizada, puede tener valores desde 0 en la anterior al inicio de la emergencia, hasta "e" que sería la cantidad total durante el experimento.

A_i = Emergencia acumulada (total) obtenida en la evaluación número " i ", corresponde a los datos tomados durante el experimento.

$G_i = A_i - A_{(i-1)}$, corresponde a la emergencia sencilla en la evaluación número " i ".

T_i = tiempo transcurrido desde la siembra hasta la evaluación número " i ".

$P_i = (T_i + T_{(i+1)})/2$, indica el punto medio del tiempo transcurrido hasta dos evaluaciones sucesivas.

A continuación se presentan las fórmulas empleadas en el estudio numérico de la emergencia, las cuales se tomaron de Morales y Camacho (1985), Camacho (1994 b) y González y Orozco (1996).

a) Porcentaje de emergencia final: Evalúa la relación existente entre el total de plantas obtenidas y el total de semillas sembradas:

$$CG = (A_e \times 100) / M$$

Donde:

CG = Capacidad de emergencia.

A_e = Emergencia acumulada hasta la última evaluación.

M = Muestra evaluada, lo que corresponde al total de semillas sembradas.

Este índice tiene un enorme valor práctico, ya tiene el potencial de servir como un indicador de la calidad de las semillas germinadas, también se usa en el cálculo de necesidades de semillas para siembra. Al ser un índice particular no toma en cuenta el tiempo y uniformidad de emergencia por lo que no debe usarse como el único indicador de la calidad de ésta.

b) Tiempo de emergencia: Indica el lapso que le toma a las semillas para convertirse en plántulas, se usa el tiempo medio de emergencia (TMG) para evaluarlo considerando todos los datos tomados.

$$\text{TMG} = \text{SPG} / \text{SG}$$

Donde:

TMG = Tiempo medio de emergencia.

SPG = Suma puntos medios por emergencias sencillas =

$$= P_1 \times G_1 + P_2 \times G_2 \dots P_e \times G_e$$

SG = Suma de las emergencias sencillas = $G_1 + G_2 \dots + G_e$

Este índice es de gran valor para la planificación de las fechas de transplante, aclareo y resiembra. Al ser menor su valor indica que la emergencia es más veloz, los cultivos se establecen mejor y aprovechan mejor el tiempo de crecimiento. El tiempo de emergencia, va a señalar el punto central del lapso en que ocurre ésta, por lo que no indica el momento en que todas las plántulas emergen.

c) Valor de emergencia: Se utiliza como apoyo a los índices anteriores, ya que pondera estos en un solo valor numérico que permite evaluar la calidad de emergencia usando el índice de Maguire (1962), para realizar esto:

$$MG = (G_1/T_1 + G_2/T_2 \dots\dots + G_n/T_n) \times 100 / M$$

Donde:

MG = Valor de emergencia o índice de Maguire.

G_i = Emergencia sencilla en la evaluación número "i".

T_i = Tiempo transcurrido desde la siembra hasta la evaluación número "i".

M = Cantidad de semillas sembradas.

n = número total de evaluaciones o conteos realizados

El total acumulado de las tasas de emergencia sencilla respecto al tiempo es representado por esta fórmula como explican Parraguirre y Camacho (1992), al aplicarla se obtienen valores que van de cero, al no haber emergencia, a 100 cuando todas las semillas emergen en la primera unidad de tiempo evaluada; por lo que al aumentar el valor del índice de Maguire, aumenta la calidad de emergencia, y se da en menos tiempo.

Este índice es útil porque permite hacer comparaciones estadísticas objetivas de la calidad de germinación, sin embargo al obtenerse valores abstractos se requiere complementarlos con los datos referentes a capacidad, tiempo y uniformidad de emergencia. Este índice presenta la cualidad de ser índice un abstracto por lo que su valor práctico para comparaciones se mantiene aunque se aplique transformaciones que se usan para cumplir supuestos de esta técnica estadística, básicamente la homocedasticidad o igualdad de varianzas (Camacho, 1990; Little y Jackson, 1985).

5.9.2 Análisis estadístico

Para cada variable de respuesta se llevo a cabo un análisis de varianza para el experimento bifactorial 2x8 con cuatro repeticiones con diseño completamente al azar. Con el fin de mejorar el ajuste a los supuestos de esta técnica matemática, cuando el coeficiente de variación superó al 20 %, se realizó la transformación a raíz cuadrada, logaritmo y arco seno en caso de proporciones, al final se eligió la que produjera el menor coeficiente de variación (Reyes, 1978; Little y Jackson, 1985).

Del tiempo medio de germinación, hubo algunas repeticiones que no produjeron plántulas, a las que correspondería asignar un valor indeterminado, ya que no se puede asignar cero, pues se desconoce si pudieran germinar después de terminado el experimento o nunca hacerlo.

Como el valor indeterminado no se puede someter a análisis de varianza, siguiendo a Bravo (1998) y Velásquez (2002) este se efectuó eliminando los niveles para cada factor donde la germinación no se realizó. También se llevo a cabo el análisis para el diseño al azar con distinto número de repeticiones empleando todos los datos disponibles.

Para la separación de medias se uso la prueba de Tukey al 0.05 aplicada de acuerdo con la significancia de la interacción (Reyes, 1978), en caso de que fuera necesario aplicar una transformación, en el mismo cuadro se presentan los datos obtenidos y los transformados seguidos de su agrupación de medias.

5.9.3 Estudio del efecto de los tratamientos en laboratorio.

Posteriormente se realizó una nueva colecta de semillas dentro de C.U, (Coyoacán, D. F.) en la Facultad de Ciencias, durante junio de 2008, estas semillas se dividieron en muestras de 100 unidades a las cuales se aplicó los mismos tratamientos que se especificaron en la sección 5.3, es decir un testigo sin preparación; escarificado manual, Inmersión en ácido sulfúrico concentrado tipo reactivo por 30, 60 y 75 min. e inmersión en agua caliente por 6 minutos a temperaturas de 72, 82, y 92 °C,

Posteriormente se colocaron en un litro de agua dentro de frascos marcados con los tratamientos correspondientes; a las 48 hrs. se contó la cantidad de semillas embebidas. Finalmente con estas semillas se realizó una siembra en laboratorio entre toallas de papel filtro, donde fueron incubadas a temperatura ambiente (máxima 27° C y mínima 21° C)

durante 12 días, al termino de los cuales siguiendo a Ramírez y Camacho (1987) y las recomendaciones de Camacho (1994) se contaron semillas germinadas, embebidas, y duras, con el fin de comparar los resultados obtenidos en suelo con los de un periodo de incubación en laboratorio.

VI. RESULTADOS

6.1 Significancia de factores e interacción en el experimento en invernadero

Los factores procedencia y preparación pregerminativa tuvieron un efecto significativo lo mismo que la interacción, pues la única excepción fue el tiempo medio de germinación para el primer factor (Cuadro 3).

Los coeficientes de variación para el índice de Maguire y el porcentaje de germinación fueron cercanos al 30%, por lo que se aplicó una transformación con raíz cuadrada reduciéndolo, lo que no ocurrió con el arcoseno. El tiempo medio de germinación fue aceptable, ya que tuvo un valor menor al 20%.

Por lo tanto las pruebas de medias se llevaron a cabo sobre datos transformados a raíz cuadrada para el índice de Maguire y el porcentaje de germinación, variables en las que los efectos de los factores no fueron independientes, por lo que la comparación de medias se hizo comparando todos los tratamientos entre sí.

Para el tiempo medio de germinación se efectuó el análisis del experimento para comparar los todos los tratamientos entre sí, el estudio del experimento factorial indicó que las diferencias solo se debieron al tipo de preparaciones pregerminativas, pero cabe recordar que para hacerlo se eliminaron algunos tratamientos, lo que no ocurrió con la primera opción.

Cuadro 3. Probabilidad de F calculada para factores e interacción en la germinación de *Senna septentrionalis*.

| Fuente de variación | Maguire | Raíz Maguire | Porcentaje | Raíz Porcentaje | Arcoseno Raíz de porcentaje | Tiempo medio de germinación ¹ . |
|----------------------------|----------|--------------|------------|-----------------|-----------------------------|--|
| Procedencia | 0.002 ** | 0.009 ** | 0.000** | 0.001** | 0.000** | 0.088 ns |
| Preparación pregerminativa | 0.000 ** | 0.000** | 0.000** | 0.000** | 0.000** | 0.004 ** |
| Interacción | 0.003 ** | 0.000** | 0.000** | 0.000** | 0.000** | 0.262 ns |
| Coef. de variación | 31.22 | 11.80 | 29.35 | 16.03 | 25.96 | 11.12 |

*: Significativo al 0.05, **: Significativo al 0.01 y ns: No significativo

6.1.2 Índice Maguire

El valor mínimo en esta variable se obtuvo en ambas procedencias en el testigo que se agrupó con Agua caliente a 72° y 82°, mientras que en la procedencia FES-Zaragoza el mínimo fue Agua caliente a 92°, en agrupación con el testigo y con Agua caliente a 72° coincidiendo las agrupaciones donde estos mínimos estuvieron contenidos.

En la procedencia Ciudad Universitaria los resultados fueron similares, solo ácido sulfúrico concentrado a 30 difirió significativamente del máximo.

El incremento en la intensidad del tratamiento en el caso del agua caliente y la procedencia Ciudad Universitaria, no tuvo efecto, ya que las medias obtenidas en los tres niveles probados no difieren estadísticamente entre sí, aunque con respecto al testigo, solo las preparaciones pregerminativas 72° y 82° son similares estadísticamente, mientras que la preparación pregerminativa a 92° tuvo diferente agrupación y mayor germinación que el testigo.

En la procedencia FES-Zaragoza el incremento en la intensidad del tratamiento no tuvo el mismo efecto, ya que solamente los tratamientos Agua caliente a 72° y 92° son similares estadísticamente al testigo, mientras que el tratamiento Agua caliente a 82° presentó un

aumento en la germinación con respecto a ambos, de los cuales es diferente estadísticamente al presentar diferente agrupación.

Con respecto al tratamiento pregerminativo ácido sulfúrico (Figura 22) concentrado el incremento en la intensidad del mismo solo tuvo efecto con respecto al tratamiento escarificado manual ya que 30 minutos produjo menor calidad germinativa, como efecto del tratamiento ácido sulfúrico se produjo un desprendimiento de una capa fina de la testa.



Figura 22. a) Efecto del tratamiento de ácido sulfúrico sobre el tegumento de semillas de *Senna septentrionalis*, comparado con b) semillas sin tratamiento. Fuente: Del autor.

En la procedencia FES-Zaragoza el incremento en la intensidad de este tratamiento no hubo efecto ya que fueron similares estadísticamente entre si y con la escarificación manual.

Cuadro 4. Efecto de la preparación pregerminativa y la procedencia sobre el **índice Maguire** en semillas de *Senna septentrionalis* (transformado a raíz cuadrada).

| Procedencia | Preparación pregerminativa | Duración en minutos | Maguire | Maguire transformado a raíz cuadrada |
|----------------------|----------------------------|---------------------|---------|--------------------------------------|
| Ciudad Universitaria | Agua caliente 72° | 6.0 | 0.49 | 1.22 fg |
| Ciudad Universitaria | Agua caliente 82° | 6.0 | 1.28 | 1.50 efg |
| Ciudad Universitaria | Agua caliente 92° | 6.0 | 2.16 | 1.76 def |
| Ciudad Universitaria | Acido sulfúrico conc | 30.0 | 7.20 | 2.19 bcd |
| Ciudad Universitaria | Acido sulfúrico conc | 60.0 | 3.87 | 2.55 abc |
| Ciudad Universitaria | Acido sulfúrico conc | 75.0 | 5.63 | 2.77 ab |
| Ciudad Universitaria | Escarificación manual | ----- | 6.69 | 2.85 a |
| Ciudad Universitaria | Testigo | ----- | 0.27 | 1.12 g |
| FES-Zaragoza | Agua caliente 72° | 6.0 | 0.64 | 1.27 fg |
| FES-Zaragoza | Agua caliente 82° | 6.0 | 2.86 | 1.96 cde |
| FES-Zaragoza | Agua caliente 92° | 6.0 | 0.00 | 1 g |
| FES-Zaragoza | Acido sulfúrico conc | 30.0 | 8.13 | 2.79 ab |
| FES-Zaragoza | Acido sulfúrico conc | 60.0 | 6.84 | 3.07 a |
| FES-Zaragoza | Acido sulfúrico conc | 75.0 | 8.48 | 3.07 a |
| FES-Zaragoza | Escarificación manual | ----- | 8.47 | 3.00 a |
| FES-Zaragoza | Testigo | ----- | 0.29 | 1.13 fg |

Las medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre si.

6.1.3 Porcentaje de germinación:

El máximo en ambas procedencias ocurrió con el pregerminativo escarificación manual superando significativamente al testigo que coincidió con la mínima calidad germinativa. Los mayores porcentajes superaron al 40% de germinación llegando hasta el 89% como se muestra en el Cuadro 5.

En la procedencia Ciudad Universitaria se tuvo la mejor germinación en las preparaciones pregerminativas escarificación manual, y ácido sulfúrico concentrado sin importar el tiempo, la procedencia FES-Zaragoza coincidió con ese comportamiento aunque también incluyó agua caliente a 82° C.

En ambas procedencias el mínimo se presentó en el testigo y agua caliente a 72°, en la procedencia Ciudad Universitaria también incluyó agua caliente a 82° y 92° C; mientras que en la procedencia FES-Zaragoza incluyó el tratamiento de mayor temperatura, 92° C.

El incremento en la intensidad en el tratamiento con Agua caliente de la procedencia Ciudad Universitaria no tuvo efecto al no diferir significativamente entre sí, mientras que en la procedencia FES-Zaragoza hubo un aumento de la germinación de 72° a 82° pero disminuyó a 92°.

Por otro lado, el incrementar la intensidad del tratamiento ácido sulfúrico concentrado en ambas procedencias, no tuvo efecto, ya que los tratamientos son estadísticamente similares entre sí y con escarificación manual.

Cuadro 5. Efecto de la preparación pregerminativa y la procedencia sobre el **Porcentaje de germinación** de semillas de *Senna septentrionalis* (transformado a raíz cuadrada).

| Procedencia | Preparación pregerminativa | Duración en minutos | Porcentaje de Germinación % | Porcentaje de Germinación transformado a raíz cuadrada |
|----------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------|--|
| Ciudad Universitaria | Agua caliente 72° | 6.0 | 6 | 2.62 def |
| Ciudad Universitaria | Agua caliente 82° | 6.0 | 16 | 3.93 de |
| Ciudad Universitaria | Agua caliente 92° | 6.0 | 24 | 4.89 cd |
| Ciudad Universitaria | Acido sulfúrico conc | 30.0 | 40 | 7.35 ab |
| Ciudad Universitaria | Acido sulfúrico conc | 60.0 | 53 | 6.35 bc |
| Ciudad Universitaria | Acido sulfúrico conc | 75.0 | 64 | 7.24 ab |
| Ciudad Universitaria | Escarificación manual | ----- | 54 | 8.06 ab |
| Ciudad Universitaria | Testigo | ----- | 3 | 1.81 ef |
| FES-Zaragoza | Agua caliente 72° | 6.0 | 7 | 2.78 def |
| FES-Zaragoza | Agua caliente 82° | 6.0 | 41 | 6.44 bc |
| FES-Zaragoza | Agua caliente 92° | 6.0 | 0 | 1.00 f |
| FES-Zaragoza | Acido sulfúrico conc | 30.0 | 83 | 9.14 a |
| FES-Zaragoza | Acido sulfúrico conc | 60.0 | 74 | 8.60 ab |
| FES-Zaragoza | Acido sulfúrico conc | 75.0 | 86 | 9.31 a |
| FES-Zaragoza | Escarificación manual | ----- | 89 | 9.47 a |
| FES-Zaragoza | Testigo | ----- | 3 | 1.93 ef |

Las medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre si.

6.1.4 Tiempo medio de germinación

Los mayores lapsos requeridos para la germinación superaron los diez días, y se presentaron en ambas procedencias en los tratamientos de agua caliente, el menor tiempo de germinación se registró en el tratamiento ácido sulfúrico por 30 minutos con un valor aproximado a 3 días; aunque hubo diferencias significativas entre estos extremos, la mayoría de los tratamientos no difiere significativamente de ambos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Efecto de la preparación pregerminativa y la procedencia sobre tiempo medio de germinación en semillas de *Senna septentrionalis* transformados a raíz cuadrada.

| Procedencia | Preparación pregerminativa | Duración en minutos | Días medios | Días medios transformado a raíz cuadrada |
|----------------------|----------------------------|---------------------|-------------|--|
| Ciudad Universitaria | Agua caliente 72° | 6.0 | 12.75 | 3.68 a |
| Ciudad Universitaria | Agua caliente 82° | 6.0 | 11.64 | 3.54 ab |
| Ciudad Universitaria | Acido sulfúrico conc. | 30.0 | 5.90 | 2.63 b |
| Ciudad Universitaria | Acido sulfúrico conc. | 60.0 | 10.24 | 3.35 ab |
| Ciudad Universitaria | Acido sulfúrico conc. | 75.0 | 8.58 | 3.09 ab |
| Ciudad Universitaria | Escarificación manual | ----- | 9.05 | 3.16 ab |
| FES-Zaragoza | Agua caliente 72° | 6.0 | 11.5 | 3.44 ab |
| FES-Zaragoza | Agua caliente 82° | 6.0 | 14.14 | 3.88 a |
| FES-Zaragoza | Acido sulfúrico conc | 30.0 | 9.92 | 3.29 ab |
| FES-Zaragoza | Acido sulfúrico conc | 60.0 | 10.35 | 3.37 ab |
| FES-Zaragoza | Acido sulfúrico conc | 75.0 | 9.64 | 3.26 ab |
| FES-Zaragoza | Escarificación manual | ----- | 10.02 | 3.32 ab |

Las medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre si.

6.1.5 Prueba de imbibición y estado de las semillas al final de la incubación en laboratorio

Durante junio de 2008 como resultado de las pruebas de laboratorio realizadas se encontró que las semillas sin tratamiento (testigo) prácticamente no se embebieron tras 48 horas de remojo, que menos del 30% de las tratadas con agua caliente a 72° C y 82° C se embebieron y en el resto la cantidad de semillas que no se embebieron fue inferior al 33%, con excepción de las tratadas con ácido sulfúrico 30 min. que fue menor al 40 % (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto de la prueba de imbibición tras 48 hrs. en semillas de *S. septentrionalis* sometidas a diferentes tratamientos.

| Muestra | Tratamiento | Semillas impermeables | Semillas embebidas |
|---------|----------------------------------|-----------------------|--------------------|
| 1 | Agua caliente 72° C 6 min. | 84 | 16 |
| 2 | Agua caliente 82° C 6 min. | 72 | 27 |
| 3 | Agua caliente 92° C 6 min. | 30 | 70 |
| 4 | Escarificado | 0 | 100 |
| 5 | Acido sulfúrico conc. 30 min. | 39 | 61 |
| 6 | Acido sulfúrico conc. 60 min. | 2 | 98 |
| 7 | Acido sulfúrico conc. 75 min. | 0 | 100 |
| 8 | Testigo | 91 | 8 |

Dentro de la subsiguiente prueba de germinación (cuadro 8), el testigo la presentó muy baja ya que la mayoría de las semillas fueron duras (impermeables), en los tratamientos de agua caliente la mayoría de las semillas se murieron o fueron impermeables, ya que no germinaron, en los tratamientos con ácido sulfúrico se encontró que las semillas duras disminuían en relación inversa con el tiempo de exposición al ácido, también incrementando la germinación.

Cuadro 8. Resultado de las pruebas de laboratorio por tratamientos, germinación total, semillas impermeables y semillas embebidas.

| Tratamiento | Germinación total | Semillas impermeables | Semillas embebidas | Semillas podridas |
|---------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|
| Agua caliente 72° c | 8 | 75 | 2 | 15 |
| Agua caliente 82° c | 9 | 50 | 39 | 2 |
| Agua caliente 92° c | 0 | 6 | 87 | 7 |
| Escarificado | 63 | 0 | 27 | 10 |
| Ácido sulfúrico 30 | 58 | 18 | 24 | 0 |
| Ácido sulfúrico 60 | 81 | 0 | 19 | 0 |
| Ácido sulfúrico 75 | 91 | 0 | 9 | 0 |
| Testigo | 1 | 88 | 9 | 2 |

VII. DISCUSIÓN

Las semillas que fueron usadas en el experimento fueron obtenidas de dos fuentes: a) Ciudad Universitaria, donde fueron colectadas de arbustos silvestres, es decir no recibían cuidado alguno por parte de lo encargados de las áreas verdes (el ejemplar de *Senna septentrionalis* que fue observado en C. U. y que presenta evidencia clara de manejo, no fue tomado en cuenta para colecta de semillas), y b) la Facultad de Estudios Superiores Plantel Zaragoza, donde los arbustos de donde se colectó semilla se encontraban ubicados en zonas donde es claro el cuidado de las áreas verdes, por lo que, tomando en cuenta lo anterior podemos considerar una división de las semillas correspondiente a una procedencia silvestre (Ciudad Universitaria), y una procedencia de cultivadas (F. E. S. Zaragoza).

Bajo estos términos según los resultados obtenidos se encontró que las semillas correspondientes a ambas procedencias presentan una cubierta impermeable la cual es necesario dañar o eliminar para favorecer la emergencia, por lo que la simple inmersión en agua no es efectiva, contrario a lo que afirma Terrones y colaboradores (2004). Ya que en pruebas de imbibición realizadas por el autor (Figura 23), se encontró que las semillas intactas prácticamente no se embebieron.

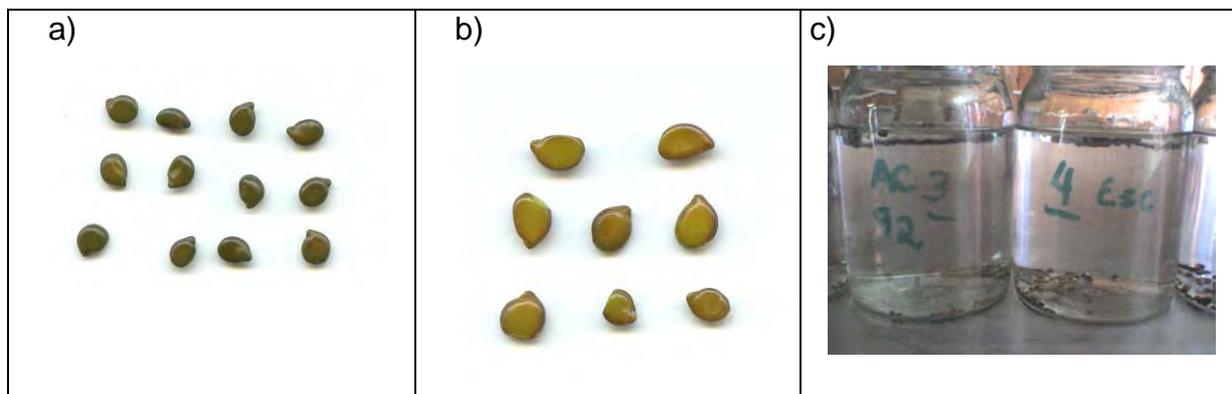


Figura 23. Prueba de imbibición, a) Semillas de *Senna septentrionalis* sin tratamiento pregerminativo tras 48 horas de remojo, se muestran igual que al inicio de la prueba, no perdieron su impermeabilidad, no absorbieron agua, b) Semillas de *Senna septentrionalis* tratadas con escarificación manual después de 48 horas de remojo, perdieron su impermeabilidad, absorbiendo agua, se muestran hinchadas; c) Semillas sumergidas en agua para prueba de imbibición. Fuente: Del autor.

Como era de esperarse se encontró que la menor emergencia se presentó en el testigo, sin embargo también los tratamientos de agua caliente tuvieron una emergencia baja cuando se esperaba que agua caliente a 72° C se encontrara en los tratamientos más efectivos, Camacho (2003) reporta que la inmersión en agua caliente a 75° C por 6 minutos favorece la germinación, en apoyo a esto último, se encontró que sólo en la procedencia Zaragoza el tratamiento Agua caliente a 82° C tuvo un incremento en la emergencia. Por lo que pudiera haber una diferencia entre las semillas obtenidas de plantas cultivadas a las obtenidas de plantas silvestres.

La mejor emergencia se presentó en ambas procedencias en los tratamientos con ácido sulfúrico junto con la escarificación manual, no habiendo una diferencia significativa en la duración del tratamiento con ácido (tiempo de inmersión), cuando se ha reportado que lo ideal es inmersión durante 60 minutos (Teketay, 1996; Camacho, 2003).

Lo anterior se comprueba al observar que los mejores porcentajes de germinación en ambas procedencias correspondieron a los tratamientos de ácido sulfúrico concentrado sin importar el tiempo de inmersión seguidos de agua caliente a 82° C, también es de notar que hubo mayor porcentaje de germinación nuevamente en las semillas provenientes de plantas cultivadas, en cuanto al tiempo de germinación, este no varió significativamente ni en las procedencias ni en los tratamientos, el lapso requerido para la emergencia se encuentra entre la primera y segunda semana a partir de la siembra.

Con respecto a las pruebas de laboratorio el testigo presentó una baja germinación que se encuentra directamente relacionada con un gran porcentaje de semillas duras o impermeables.

Las semillas que fueron tratadas con agua caliente a 72 y 82° c de igual forma presentaron baja germinación que estuvo relacionada con la persistencia de la impermeabilidad de las mismas, mientras que a 92° la baja germinación se relaciona con la muerte del embrión ya que las semillas en su mayoría se embebieron pero fue nula la germinación.

En el tratamiento escarificado manual se encontró que se eliminó la impermeabilidad de la testa ya que todas las semillas se embebieron y se tuvo una germinación total de un poco más de la mitad de las semillas.

El tratamiento ácido sulfúrico presento una mejor germinación (Figura 24) conforme se aumentó el tiempo de exposición al ácido sulfúrico, alcanzando su mayor porcentaje en el tratamiento a 75 minutos.

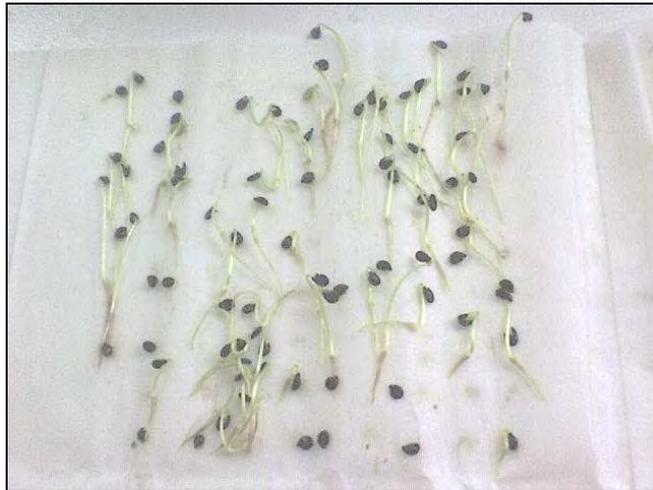


Figura 24. Semillas germinadas en papel filtro. Fuente: Del autor.

VIII. CONCLUSIONES

I) De los resultados obtenidos durante el experimento se puede concluir que una ventaja presente en este trabajo es que se usaron dos procedencias con características diferentes como fuente de semillas, lo que permitió evaluar el comportamiento de las semillas en condiciones silvestres y de cultivo, lo que al parecer hasta la fecha de la escritura de este trabajo no se ha reportado, además de contar con pruebas de laboratorio para comparar los resultados de la germinación en suelo con los de una germinación en laboratorio. Lo anteriormente indicado obedece a que al parecer hay una diferencia significativa entre las semillas que se obtuvieron de plantas cultivadas en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza y las silvestres obtenidas de Ciudad Universitaria, esta diferencia se observa en la mejor respuesta a los tratamientos por parte de las primeras ya que estas tuvieron una mejor germinación en porcentaje y tiempo, lo que se podría deber a el manejo de jardinería que se da en las áreas verdes de la F.E.S. Zaragoza, al haber menor competencia con otras plantas (espacio, luz), menor cantidad de plagas (bruquidos, gorgojos de las leguminosas), mayor disponibilidad de agua (riegos constantes), poda, etc, que pudieron haber resultado en que estas semillas tuvieran una mejor calidad que las de Ciudad Universitaria.

II) Se puede observar una escala para comparar el efecto de los tratamientos en la que las semillas sin tratamiento (testigo) son las que presentan los índices y porcentajes más bajos de germinación, seguidos por los tratamientos de agua caliente a 72° C y 92° C (a 82° C la germinación aumento), los tratamientos de ácido sulfúrico con la mejor germinación sin contar finalmente a la escarificación manual que presenta el ideal en cuanto a tiempo y porcentaje de germinación.

III) De lo anterior se puede deducir que la escarificación manual es el mejor tratamiento pregerminativo en esta especie, si embargo esto solo se debe tomar en cuenta cuando la cantidad de semillas a tratar sea mínima ya que el aplicar este tratamiento implica una fuerte inversión en tiempo si el tratamiento se hace semilla por semilla, por otro lado si se hace con máquinas puede haber pérdida importante de semillas por daño mecánico si la persona que lo realiza no esta capacitada adecuadamente como indican Lars, (2000) y Camacho (1994a).

IV) Hay coincidencia con los resultados presentados por Teketay (1996) y Camacho (2003) que afirman que el tratamiento con ácido sulfúrico por tiempos de 60 minutos favorece la germinación de esta especie aunque no se llegaron a los porcentajes presentados por Teketay mayores al 95 %, si se obtuvieron porcentajes mayores al 60% reportados por Álvarez y Flores (2000), esto último en las semillas provenientes de la F.E.S. Zaragoza, también se encontró que el menor tiempo de germinación se registro en el tratamiento ácido sulfúrico por 30 minutos con un valor aproximado a 3 días independientemente del origen de la procedencia.

Estas conclusiones son apoyadas por los resultados obtenidos en laboratorio de las siembras en papel filtro que indicaron que el tratamiento ácido sulfúrico presento una mayor germinación comparada con los otros tratamientos, alcanzando su mayor porcentaje en el tratamiento a 75 minutos.

V) Por esto se concluye que el ideal en cuanto a tratamiento pregerminativo se encuentra en el ácido sulfúrico que si se puede aplicar a grandes cantidades de semillas, siempre con las precauciones debidas por el riesgo que implica trabajar con sustancias corrosivas por lo que se recomienda la aplicación de este tratamiento para facilitar la propagación por semilla de esta especie y de esa manera poder obtener plantas en vivero útiles para llevar a cabo la reforestación del Pedregal evitando la desaparición de esta especie en esta zona (Lars, 2000; Camacho, 1994a).

IX. ANEXOS

9.1 Anexo I.

Datos de cada unidad experimental, y datos de cada fecha de evaluación.

| Fecha de siembra <i>Senna septentrionalis</i> | | | | 23 | 26- | 30- | 1- | 5- | 7- | 9- | 11- | 15- | 19- |
|--|---|---|----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | | Mayo | May | May | Jun |
| | | | | | 26 | 30 | 1 | 5 | 7 | 9 | 11 | 15 | 19 |
| | | | | 3 | 7 | 9 | 13 | 15 | 17 | 19 | 23 | 27 | |
| 1 | U | T | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | U | A | 82 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | Z | A | 82 | 0 | 0 | 1 | 5 | 5 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 4 | Z | T | | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | Z | S | 75 | 0 | 0 | 17 | 21 | 23 | 24 | 24 | 25 | 25 | 25 |
| 6 | Z | A | 92 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | Z | A | 82 | 0 | 0 | 0 | 5 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 |
| 8 | U | A | 92 | 0 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 9 | Z | S | 60 | 0 | 0 | 8 | 14 | 16 | 18 | 18 | 19 | 19 | 19 |
| 10 | U | S | 30 | 0 | 2 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 11 | U | S | 75 | 0 | 6 | 11 | 15 | 15 | 15 | 15 | 16 | 16 | 16 |
| 12 | U | S | 75 | 0 | 5 | 12 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 13 | Z | E | | 0 | 0 | 13 | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 18 |
| 14 | Z | T | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | U | A | 82 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 16 | Z | S | 30 | 0 | 0 | 8 | 14 | 15 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| 17 | U | S | 60 | 0 | 3 | 13 | 18 | 18 | 20 | 20 | 20 | 21 | 21 |
| 18 | U | A | 82 | 0 | 0 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 7 | 8 | 8 |
| 19 | U | T | | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 | U | S | 75 | 0 | 3 | 10 | 13 | 14 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 |
| 21 | Z | E | | 0 | 1 | 4 | 10 | 13 | 15 | 15 | 18 | 18 | 18 |
| 22 | U | E | | 0 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 23 | Z | S | 60 | 0 | 1 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 24 | U | S | 30 | 0 | 1 | 8 | 11 | 11 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 |
| 25 | Z | S | 60 | 0 | 0 | 20 | 24 | 24 | 24 | 24 | 25 | 25 | 25 |

continúa

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 26 | Z | A | 92 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | U | S | 30 | 0 | 1 | 8 | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 |
| 28 | U | A | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 29 | Z | S | 75 | 0 | 0 | 17 | 21 | 21 | 23 | 23 | 23 | 23 | 24 |
| 30 | U | E | | 0 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 31 | U | S | 60 | 0 | 3 | 12 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| 32 | Z | S | 75 | 0 | 0 | 7 | 20 | 21 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 33 | Z | S | 30 | 0 | 0 | 8 | 14 | 14 | 18 | 18 | 19 | 19 | 19 |
| 34 | U | T | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 35 | U | A | 92 | 0 | 0 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 36 | Z | T | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 37 | U | E | | 0 | 12 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| 38 | Z | A | 82 | 0 | 0 | 4 | 7 | 7 | 7 | 8 | 10 | 10 | 10 |
| 39 | Z | E | | 0 | 0 | 22 | 23 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| 40 | U | A | 72 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 41 | Z | A | 92 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 42 | U | T | | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 43 | Z | A | 72 | 0 | 0 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 44 | Z | S | 60 | 0 | 0 | 16 | 21 | 21 | 21 | 21 | 22 | 22 | 22 |
| 45 | U | A | 92 | 0 | 1 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 10 | 10 | 10 |
| 46 | U | A | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 47 | U | S | 75 | 0 | 1 | 10 | 14 | 14 | 15 | 15 | 16 | 16 | 16 |
| 48 | U | S | 60 | 0 | 0 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 49 | U | A | 92 | 0 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 7 | 7 | 7 |
| 50 | Z | A | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 51 | U | A | 82 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 52 | Z | A | 92 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 53 | U | S | 30 | 0 | 0 | 4 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 54 | Z | S | 30 | 0 | 0 | 10 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| 55 | Z | S | 75 | 0 | 1 | 13 | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 18 | 18 |
| 56 | Z | A | 82 | 0 | 0 | 2 | 5 | 5 | 6 | 8 | 11 | 14 | 14 |
| 57 | Z | A | 72 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

continúa Anexo 1

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 58 | Z | E | | 0 | 0 | 18 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| 59 | Z | T | | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 60 | Z | A | 72 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 61 | Z | S | 30 | 0 | 0 | 17 | 19 | 20 | 22 | 22 | 25 | 25 |
| 62 | U | E | | 0 | 13 | 16 | 17 | 17 | 19 | 19 | 19 | 19 |
| 63 | U | A | 72 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 64 | U | S | 60 | 0 | 2 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 |

| Sigla | Significado | |
|-------|------------------------|--|
| U | CU | 4 Repeticiones por tratamiento con 25 semillas c/u. |
| Z | Zaragoza | |
| A | Agua caliente | |
| S | Ácido | |
| E | Escarificado manual | |
| T | Testigo | |

| Tratamiento | Duración |
|-----------------------|----------------------------------|
| Acido sulfúrico conc. | 30 min. |
| Acido sulfúrico conc. | 60 min. |
| Acido sulfúrico conc. | 75 min. |
| Agua caliente | 72° 6 min. |
| Agua caliente | 82° 6 min. |
| Agua caliente | 92° 6 min. (punto de ebullición) |
| Escarificado manual | |
| Testigo | |

X. BIBLIOGRAFIA

- Aranda, M., Gual, D. M., Monroy, V. O; Carmen, L., Velásquez, A. 1999. Aspectos etnoecológicos: aprovechamiento de la flora y fauna silvestres en el sur de la Cuenca de México. En Velázquez A, Romero, F. (Comps.) Biodiversidad de la región de montaña del sur de la Cuenca de México. UAM-Secretaría del Medio Ambiente. México. pp. 264-283. Disponible en:
<http://www.ciga.unam.mx/investigadores/zacatucho/PDF/613Capitulos%20en%20Libros/6131Nacionales/6131-14.pdf>
- Avendaño, S. y J. S. Flores. 1999. Registro de plantas tóxicas para ganado en el estado de Veracruz. *Revista Veterinaria México*. 30(1): 79-94. Disponible en:
<http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/revvetmex/a1999/rvmv30n1/rvm30111.pdf>
- Bailey, L. H. 1958. *The Standard Cyclopedia of Horticulture* by L. H. Bailey. New York. The Macmillan Company. Seventeenth Printing, p.680
- Barreto, A. 1999. Las leguminosas (Fabaceae) de Cuba, I. Subfamilia Caesalpinioideae. *Collectanea Botanica* 24:67-68. Disponible en:
<http://bibdigital.rjb.csic.es/spa/>
- Benítez, E. y Molina E. 2006. En: Dr. Vázquez G. L. M. (Coord), Red de Ornamentales. Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la alimentación y la Agricultura. Red De Ornamentales. Plan estratégico. Coed.SAGARPA-SNICS, Universidad Autónoma del Estado de México y Sociedad Mexicana de Fitogenética. México. 69 p. Disponible en:
<http://www.uaemex.mx/ornamentalesred/red-symposium1.pdf>
- Bianco, C.A. y Kraus, T. A. 1997. Observaciones sobre las especies de *Senna* (Leguminosae-Caesalpinioideae) del sur de la Provincia de Córdoba. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina. Instituto Argentino de Investigación de las Zonas Áridas. Mendoza, Argentina. En *Multequina*, número 006: pp.33-47. Disponible en:
<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=42800605>

- Bravo, T. F. J. 1998. Evaluación de dos posiciones de siembra de semillas de palo dulce (“*Eysenhardtia polystachya*”) en dos sustratos y profundidades de siembra. Tesis Profesional de Ingeniero Agrícola. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. México. 46 p.
- Calderón de R. D. B., G. y Rzedowski R., J. 1997. Familia Leguminosae, Subfamilia Caesalpinoidea. Flora del bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 51. Instituto de ecología. A.C. Patzcuaro Mich.
- Camacho, M. F. 1994a. Dormición de Semillas; causas y tratamientos. Ed. Trillas. México. 125 p.
- Camacho, M. F. 1994b. Pruebas de germinación y viabilidad Semillas Forestales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, División Forestal. Centro de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. Publicación especial. México, D.F. Número 2. P.p. 109 – 117.
- Camacho, M. F. 2003. Arbustos para la reforestación del Distrito Federal. Folleto para Productores No. 8. SAGARPA INIFAP-CENID-COMEF. México. 125 p.
- Cano, S. Z., Castillo, S., Martínez, Y., y Orozco, S. 2008. Análisis de la riqueza vegetal y el valor de conservación de tres áreas incorporadas a la reserva ecológica del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal (México), A.C. número 82. D.F. México. Pág. 1-14. Disponible en:
<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57708201>
- Cano, S. Z. y Meave J. 1996. Sucesión primaria en derrames volcánicos: el caso del Xitle. En: Ciencias. México. Pág. 41:58-68. Disponible en:
<http://www.ejournal.unam.mx/cns/no41/CNS04107.pdf>

- Castillo, S., Montes, G., Romero, M. A., Martínez Y., Guadarrama, P., Sánchez I., y Núñez, O. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la reserva ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F., México). En: Boletín de la Sociedad Botánica de México. A.C. junio, D.F. México. número 74. Pág. 51-7
Disponible en:
<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57707404>
- De la fuente, J. R. 2005. Acuerdo por el que se rezonifica, delimita e incrementa la zona de la reserva ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. En gaceta Unam, México. Pág. 14-15, 19-21. Disponible en:
http://www.reservaecologica.unam.mx/download/REPSA_Acuerdo_020605.pdf
- Derek, B. J. 1997. Seed Germination and Dormancy. The Plant Cell, Vol. 9, 1055-1066, July 1997. Disponible en:
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/picrender.fcgi?artid=156979&blobtype=pdf>
- Elizondo, M. G., Enríquez, L. I., González, E. M., Flores, T. J. 2004. Plantas medicinales del estado de Durango y zonas aledañas. CIIDIR Durango. I.P.N. México. Pp.210.
- Espinosa, J. 1979. Leguminosae. En: Rzedowski, J. y Rzedowski G. C. (ed.) Flora Fanerogámica del Valle de México Vol. I. CECSA. México, D. F. pp. 287-290.
- FAO, 2008. Sistema de información de los recursos del pienso. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Dirección de Producción y Sanidad Animal. Grupo de Recursos del Pienso. Consultado, 2008. Disponible en:
<http://www.fao.org/Ag/aga/AGAP/FRG/AFRIS/espanol/Document/Tfeed8/Data/372.HTM>
- Gaceta UNAM. 2008. Órgano informativo de la Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, 27 de noviembre de 2008. Número 4,120. Disponible en:
<http://www.dgcs.unam.mx/gacetaweb/historico.html>

- Godínez, H. y Flores, M. A. 1999. Germinación de semillas de 32 especies de plantas de la costa de Guerrero: Su utilidad para la restauración ecológica. Instituto de Ecología, UNAM, y Departamento de Botánica, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN México, D.F. En POLIBOTÁNICA Núm. 11:1-19, 1999. Disponible en:
<http://www.herbario.encb.ipn.mx/pb/pdf/pb11/germinacionsemillas.pdf>
- Google maps. a, b. Disponible en:
<http://maps.google.com>.
- González, Z. L. y Orozco, S. A. 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. En: Boletín de la Sociedad Botánica de México. 58. 15-30. Centro de Ecología UNAM.
- Grijalva, P. A. 2005. Flora útil etnobotánica de Nicaragua. 1a ed. Managua: MARENA. p 111.
- ILDIS, 2008. International Legume Database & Information Service. The ILDIS Coordinating Centre is in the School of Biological Sciences at the University of Reading, UK. Disponible en:
<http://www.ildis.org/>
- IPNI, 2004-2009. The International Plant Names Index. Disponible en:
<http://www.ipni.org/>
- ITIS, 2007. The Integrated Taxonomic Information System. ITIS Standard Report. Disponible en:
<http://www.itis.gov/>
- Juárez, S. y Cano, S. Z. 2007. El cuarto elemento y los seres vivos: ecología del fuego. En *Ciencias* 85:4-12.

- Lars, S. 2000. Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed. Chapter 2: Seed biology, development and ecology, Chapter 9. Dormancy and pretreatment. Disponible en:
http://en.sl.life.ku.dk/upload/chapter2_001.pdf
http://www.sl.life.ku.dk/dfsc/Extensionstudy/013%20Guide%20to%20Handling%20of%20Tropical%20and%20Subtropical%20Forest%20Seed/chapter9_001.pdf
- Little, M. T. y Jackson, H. F. 1985. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Ed. Trillas México Pp 125 – 143.
- Lorenzo, R. P. 1959. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad de Buenos Aires. Vol. 1 Descripción de las plantas cultivadas. E D ACM E S. A. C.I. Buenos Aires. Pp. 463,465.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination - Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, Madison, 2:176-177.
- Morales, V. G. y Camacho, M. F. 1985. Formato y recomendaciones para evaluar germinación. Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales México (México), Ago 1984. Publicación Especial - INIF (México).(Abr 1985). no. 48. p. 123-138.
- Nelly, K. M; Van S. J. y W.E. Bell. 1992. Seed coat structure and dormancy. Plant Growth Regulation 11:201-209, 1992.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Diario Oficial de la Federación, 13 de febrero de 2002, México.
- Parraguirre, L, J. F. C. y Camacho M, F. 1992. Velocidad de germinación de veintiún especies forestales tropicales. Ciencia Forestal en México. 17 (72):3-26.
- Payet, I. 2000. Numerales y morfología léxica: del latín al español actual. Departamento de filología española. Facultad de Letras. Universidad Autónoma de Barcelona. Disponible en:
<http://www.tesisenxarxa.net/TDX-1026101-112843/>

- Pugalenti, M., Vadivel, V., Gurumoorthi, P. y K. Janardhanan. 2004. Comparative nutritional evaluation of little known legumes, *Tamarindus indica*, *Erythrina indica* and *Sesbania bispinosa*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 4:107-123. Disponible en:
<http://www.uady.mx/~veterina/publicaciones/journal/Revista/2004-/pugal38.pdf>
- Ramírez, O. G. y Camacho M. F. 1987. Tratamiento de semillas latentes de plantas de importancia económica. *Biología y otras ciencias*. *Biología* Vol. 16:1-4 1986-1987.
- REPSA, 2007. Portal de la Reserva Ecológica Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México. Coordinación de la Investigación Científica. Fecha de actualización: 31/01/2007 Consulta: 2008. Disponible en:
http://www.cic-ctic.unam.mx:31101/reserva_ecologica
- Reyes, C. P. 1978. Water impermeable seed dormancy. *The Botanical review* 44(3): 365 a 396.
- Rojas, Ma. de J. y Ramos, G. R. 1995. "Estudios en propagación de seis especies nativas de la reserva ecológica del Pedregal de San Angel, como alternativa para la recuperación de la zona". Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores "Zaragoza". 89 pp.
- Rojo, A. (Comp.) 1994. Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Rzedowski, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México). En: Rojo A. Ed. *Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo*, pp. 9-65. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores, 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª ed., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), 1406 pp.

- Saavedra, M., Martínez, M. y D. de S., M. 2007. Mapas de distribución de la familia Fabaceae en la zona conurbada de Querétaro. En: Sandoval Aboytes L. (Coord). Memorias del Programa Verano de la Ciencia 2007. Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales, Licenciatura en Biología. No. 52. Disponible en:
http://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias2007/50_6UAQSaavedraMarin.pdf
- Sandoval, E. 2006. Desarrollo simbiótico de *Bletia urbana*. En: Boletín Tiorquídeas. Asociación Costarricense De Orquideología. 12 Pp. Disponible en:
http://www.tiorquideas.com/boletines_anteriores.htm
- Standley, P. C. 1926. Trees and shrubs of Mexico. Contributions from the United States National Herbarium. By Paul C. Standley. Smithsonian Institution United States National Museum. Vol. 23. Washington Government printing office.
- Sutter, E. 2001. Seed dormancy. University of California, Davis campus. Lectures: 5. Seed dormancy. Disponible en:
<http://trc.ucdavis.edu/egsutter/plb171/>
- Terrones, R, T. del R. L., González, S. C. y Ríos, R. S.A. 2004. Arbustivas nativas de uso múltiple en Guanajuato. Libro Técnico No. 2, INIFAP, Campo Experimental Bajío, Celaya, Gto., México. 216 p. ISBN 968-5580-63.4
- Teketay, D. The effect of different pre-sowing seed treatments, temperature and light on the germination of five Senna species from Ethiopia. 1996. New Forests 11:155-171, 1996. Disponible en:
<http://www.springerlink.com/content/g19m11724645p855/fulltext.pdf?page=1>
- Velásquez, S. A. 2002. Tratamiento físico-químico para estimulación en semillas de mezquite (*Prosopis laevigata* H&B. ex willd) M.C.Johnston) con endocarpio. Tesis Profesional de Ingeniero Agrícola. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. México. 94 p.

- Viegas, J. C, *et al.* 2006. Aspectos químicos, biológicos e etnofarmacológicos do gênero *Cassia*. *Quim. Nova*, 29:6:1279-1286. Disponível em:
<http://quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2006/vol29n6/24-RV05195.pdf>