



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

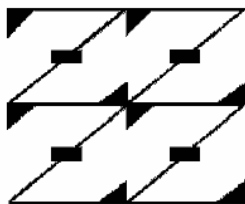
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

Morfología reproductiva
y
germinación
de *Ditaxis heterantha* Zucc., especie
con potencial agroindustrial

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
B I Ó L O G O
P R E S E N T A:

SERGIO HERNÁNDEZ GONZÁLEZ

FES ZARAGOZA
UNAM



LO HUMANO
EJE
DE NUESTRA REFLEXIÓN

DIRECTOR DE TESIS: M. en C. CARLOS CASTILLEJOS CRUZ
MÉXICO, D.F.

NOVIEMBRE 2006



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.

AGREDECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por haberme dado un lugar, permitirme pasar por sus aulas, formarme como un profesionista y propagar los conocimientos.

A través de estas líneas deseo expresar mi más sincera gratitud y respeto al M. en C. Carlos Castillejos Cruz por su dirección, dedicación y paciencia a pesar de mis retrasos y fallas para la realización de este trabajo.

A los miembros del jurado Dr. Eloy Solano Camacho, Dra. Alejandrina G Ávila Ortiz, M. en C. Ramiro Ríos Gómez y a la Dra. Esther Matiana García Amador, quienes revisaron el escrito y lo enriquecieron con su experiencia profesional.

A la M. en C. Adelaida Ocampo por su valiosa colaboración en el trabajo de laboratorio.

Al personal del Herbario FEZA, Biól. Marco A. Hernández Muñoz y Q.F.I. Ma. de la Luz López Martínez, por su apoyo y amistad.

A la Biól. Ma. De los Ángeles Galván Villanueva por sus comentarios de aliento que me sirvieron para terminar este trabajo y sobretodo por su amistad.

A la Biól. Sonia Rojas Chávez por sus palabras de apoyo, amistad y ayuda en el trabajo de impresión.

Al Biól. Héctor Serrano Casas por sus comentarios y sus sugerencias para organizar el trabajo de laboratorio.

A Ana Isabel Ortiz V. Por su colaboración en el trabajo de campo.

Finalmente mis agradecimientos a aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron y nos impulsaron para dar termino a esta tesis.

DEDICATORIA

A mi madre Elvira González que siempre me ha apoyado en las cosas que emprendo.

A mi hija Michelle Itzel que a pesar de ser tan joven, su ejemplo de lucha y ganas de vivir, me han dado un gran motivo para culminar este trabajo.

A mi hijo Leonardo Sergio, que me impulso para alcanzar mis metas y deseo que este trabajo le sirva de ejemplo para que sepa que los sueños se cumplen y él pueda algún día culminar su profesión.

A mi hermana Bertha por su apoyo y comprensión a lo largo de toda mi vida.

A mi familia que de una u otra forma me ha apoyado y fueron un motivo más de estímulo para poder culminar este trabajo.

“Por que el saber nunca termina y el aprender es ilimitado”

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	2
1. ANTECEDENTES	4
1.1 Familia Euphorbiaceae	4
1.2 Género <i>Ditaxis</i>	6
1.3 Morfología reproductiva	9
1.4 Germinación	21
2. OBJETIVOS	31
3. MATERIAL Y MÉTODOS	32
3.1 Trabajo de herbario	32
3.2 Trabajo de Campo	32
3.3 Trabajo de Laboratorio	33
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1 Morfología	36
4.2 Viabilidad y germinación	49
4.3 Crecimiento y germinación	52
5. CONCLUSIONES	60
6. LITERATURA CITADA	61

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Morfología de <i>Ditaxis heterantha</i> Zucc.	38
Figura 2. Inflorescencia de <i>Ditaxis heterantha</i> .	40
Figura 3. Flor masculina.	41
Figura 4. Flor femenina.	42
Figura 5. Frutos de <i>Ditaxis heterantha</i> . A. secuencia del proceso de dehiscencia. B. La flecha señala los restos del pedicelo de las flores masculinas. C. fruto abierto y dividido en tres partes.	43
Figura 6. Morfología de las semillas.	45
Figura 7. Plántula que muestra los restos del endospermo después de la emergencia.	46
Figura 8. Partes de la semilla Partes de la semilla de <i>Ditaxis heterantha</i> . A. cubiertas seminales. B. endospermo. C. embrión.	48
Figura 9. Comparación entre dos embriones de <i>Ditaxis heterantha</i> .	49
Figura 10. Porcentaje de germinación directa en semillas de <i>Ditaxis heterantha</i> .	50
Figura 11. Semillas germinadas en forma directa.	50
Figura 12. Porcentaje de germinación de semillas de <i>Ditaxis heterantha</i> tratadas con NaNO ₃ .	51
Figura 13. Germinación de las semillas bajo el tratamiento con NaNO ₃ .	52
Figura 14. Desarrollo del hipocótilo y primordios de raíces secundarias.	53
Figura 15. Semillas germinadas y transplantadas a condiciones de invernadero.	53
Figura 16. Emergencia de los cotiledones, se observan los remanentes del endospermo unidos al ápice.	54
Figura 17. Plántulas donde se observan los cotiledones desplegados e indicios del vástago con los primeros nomófilos.	55
Figura 18. Plántulas con cotiledones y nomófilos bien desarrollados.	55
Figura 19. Plántulas con 21 días de desarrollo, se observan seis entrenudos y nomófilos con el tamaño promedio de la especie.	56
Figura 20. Plántulas con 35 días de desarrollo, se observa pubescencia en ambas superficies de la hoja y en las partes jóvenes del tallo.	57

RESUMEN

Se describió la morfología reproductiva, germinación y emergencia de *Ditaxis heterantha* (Euphorbiaceae) bajo condiciones de invernadero. Esta especie presenta inflorescencias en formas de racimo, bisexuales, por lo común con una flor femenina en la parte inferior y dos a tres masculinas en la superior. Las flores tanto femeninas como masculinas tienen un disco nectario basal, sépalos y pétalos en número de cinco, y al parecer están adaptadas a la polinización por insectos. Los frutos son cápsulas subglobosas, triloculares de color verde amarillento a pardo claro, con dehiscencia septicida, dorsicida y septífraga. La semilla presenta una testa dura de color pardo oscuro a negro, con endospermo de color amarillo bien desarrollado y un peso promedio de 0.1 g. La germinación alcanza un porcentaje de 95% cuando las semillas son remojadas en agua durante 12 horas y posteriormente introducidas en una disolución de NaNO_3 al 2.5 % durante tres minutos. La germinación es epigea y fanerocotilar, se manifiesta 24 horas después de la siembra, las plántulas presentan cotiledones fotosintéticos y los primeros nomófilos se desarrollan de tres a cinco días después de la germinación. Las plantas jóvenes desarrollan pubescencia en sus hojas, después de 35 días de cultivo.

1. INTRODUCCIÓN

En las zonas áridas y semiáridas de México se concentran poblaciones humanas con un alto grado de marginación y pobreza, mismas que tradicionalmente han aprovechado los escasos recursos de estos ecosistemas, sin embargo, bajo el esquema de producción de las sociedades de consumo, los recursos agua -suelo-planta de estas zonas, no son suficientes para aportar una calidad de vida óptima a los pobladores, lo cual ha propiciado una degradación gradual de estos ambientes, haciéndolos más frágiles y de mayor riesgo a los efectos de la erosión y pérdida de la biodiversidad (Medrano, 2002).

Una alternativa que puede ser viable para estas zonas, es el desarrollo de cultivos de bajos requerimientos hídricos y con potencialidad de mercadeo, en este aspecto, las mayores probabilidades de encontrar cultivos alternativos, están en las especies arbóreas y arbustivas, debido a que el ecosistema es más productivo con los cultivos perennes (González y Camacho, 2000). Tal es el caso de *Ditaxis heterantha*, especie que no requiere de una atención especial en su cultivo, que es capaz de crecer en regiones donde la disponibilidad de agua es baja, los terrenos tienen pendientes pronunciadas y los suelos son someros y pueden tener baja cantidad de nutrimentos. Por otra parte, esta especie ha sido empleada como colorante y saborizante en platillos típicos de la cocina mexicana, debido a que en

sus semillas el endospermo tiene un alto contenido de aceites (ácido linolénico) y carotenos (Sigüenza *et al.*, 2004; Anónimo, 2005), además, según Lugo (2003), alcanza un valor de 35 dólares americanos por kilogramo de semilla en los mercados locales. Por estas razones, en este trabajo se estudió la morfología reproductiva de las plantas y germinación de sus semillas. A este respecto, el estudio de la morfología reproductiva de esta especie es muy importante, pues brinda información valiosa respecto a los agentes polinizadores y procesos de dispersión de las semillas (Bell, 1993; Sultan, 2000). Finalmente, es necesario incrementar el conocimiento al respecto de la biología y la ecología de las diferentes plantas que se pretenden cultivar, en este caso, el estudio de la germinación de *Ditaxis heterantha* se debe tomar en cuenta, ya que este proceso representa una de las etapas más críticas en el establecimiento de la especie (Camargo *et al.*, 2004).

2. ANTECEDENTES

2.1 Familia Euphorbiaceae

La familia Euphorbiaceae es una de las más diversas entre las angiospermas. La constituyen cinco subfamilias, 49 tribus, 317 géneros y cerca de 8100 especies, distribuidas principalmente en zonas tropicales y subtropicales del mundo. Para México se reconocen 50 géneros y 826 especies; de éstas 55.52% son endémicas. Estos números ubican a las euforbiáceas como la sexta familia en importancia nacional atendiendo al número de especies y la cuarta en porcentaje de endemismos, los estados más diversos con más de 100 especies son en orden de importancia, Oaxaca, Veracruz, Chiapas, Jalisco, Guerrero, Michoacán, Sonora, Sinaloa, Puebla, Nayarit y Tamaulipas (Martínez *et al.*, 2002).

Las Euphorbiaceae son dicotiledóneas y pertenecen al orden Euphorbiales, la variación morfológica en la familia es enorme y dificulta su caracterización (Venkata y Ramalakshmi, 1968). Sin embargo, la mayoría de las especies se reconocen por sus flores unisexuales y frecuentemente pequeñas, la presencia de un disco floral, un ovario súpero con tres lóculos, con uno o dos óvulos, y frutos típicamente esquizocarpicos, capsulares, con mericarpos elásticamente dehiscentes. Además, muchas especies tienen látex, hojas con estípulas y varias formas de glándulas (Zomlefer, 1994).

Esta familia incluye plantas de gran importancia económica como: *Hevea brasiliensis* L. de donde se extrae gran parte del caucho comercial, *Manihot esculenta* Crantz ("guacamote, "mandioca", "yuca"), *Ricinus communis* L. ("higuerila"). En algunas especies el látex es venenoso, cáustico o urticante y las semillas con frecuencia tienen propiedades purgantes o son venenosas. De las Euphorbiaceae nativas de México; la especie más sobresaliente es *Euphorbia pulcherrima*, la famosa "noche buena", la planta es propia del bosque tropical caducifolio de la vertiente pacífica, desde Sinaloa a Guatemala; hoy se propaga como ornamental a través de todo el mundo. En menor importancia están *Euphorbia fulgens* Kart. & Klotszch; *E. leucocephala* Lotis y *E. pteroneura* A. Berger, también cultivadas. Otras especies que se cultivan son *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., la "candelilla", como una fuente de cera vegetal, localmente importante en la vertiente pacífica, especialmente en Sinaloa y Sonora, algunas especies de *Croton* son aprovechadas para obtener estacas que se usan en los campos agrícolas (Steinmann, 2002).

Además de las especies ya mencionadas, ninguna otra es de gran trascendencia económica en la actualidad. Sin embargo, tradicionalmente muchas tienen uso medicinal y posiblemente serán de importancia algún día. Aunque las euporbiáceas tienen reputación de ser plantas venenosas, cabe mencionar que dos especies han sido registradas como comestibles: la hoja de *Euphorbia delicatula*

Boiss., que se usan como especia y los tubérculos de *E. macropus* (Klotzsch & Garcke) Boiss., que se mastican como chicle. Además, de *Ditaxis heterantha* especie de la cual hay registros de que las semillas son empleadas como colorantes y saborizantes de diversos platillos de la comida típica mexicana.

2.2 Género *Ditaxis*

Ditaxis Vahl ex A. Jussieu, Euphorb. Gen. 27. 1824. Tipo: *Ditaxis fasciculata* Vahl ex A. Juss. Aphora Nutt., Trans. Amer. Philos. Soc. II. 5:174. 1837. *Serophyton* Benth., Bot. Voy. Sulphur 52. 1844. *Stenonia* Didr., Vidensk. Meddel. Dansk. Naturhist. Foren. Kjobenhavn 1857f:146. 1857. *Paxia* Herter, Fl. Urug. Pl. vasc. 80. 1931. *Paxiuscula* Herter, Revista Sudamer. Bot. 6:92. 1939. *Argythamnia* subg. *Ditaxis* (Vahl ex A. Juss.) Croizat, *J. Arnold. Arbor.* 48:364. 1967.

Hierbas o sufrútices, anuales o perennes, generalmente monoicos, rara vez dioicos; indumento de tricomas malpigiáceos, ocasionalmente simples. Hojas alternas, simples, enteras a serrado dentado, usualmente 3-nervadas; pecíolo presente o ausente; estípulas pequeñas. Inflorescencias en racimos, axilares, las flores estaminadas en los nudos distales, las pistiladas en los nudos proximales. Flor estaminada cortamente pedicelada; sépalos 5; pétalos 5, tan largos o más largos que los sépalos y los estambres; estambres 7-12, generalmente en 2 series de 5, la tercera serie algunas veces representada por 1-5 estaminodios; filamentos

unidos en la base formando una columna larga, ocasionalmente libres o connados sólo en la base; pistilodio ausente. Flor pistilada con pedicelos cortos; sépalos 5(-6); pétalos 5(-6); disco presente; ovario 3-locular, óvulo 1 por lóculo; estilos 3, bifurcados una o dos veces. Fruto una cápsula, 3-lobada; columela persistente. Semillas ovoides, globosas a ovoide-piramidales, reticuladas o flaveoladas; carúncula ausente. Género americano de 40-50 especies distribuidas en las zonas secas. En México se encuentran 17 especies, ocho de las cuales son endémicas. Se distingue por que tiene 7-12 estambres en dos series distintas (Martínez *et al.*, 2002).

El género es propio del Nuevo mundo y se distribuye desde el nivel del mar hasta los 2450 m de altitud, esencialmente entre las latitudes 40° N y 40° S. Este género está cercanamente relacionado con *Argythamnia* y *Chriopetalum*. Algunos autores como Ingram (1980); Mc Vaugh (1995) y Rzedowski y Rzedowski (2001) lo consideran dentro del género *Argythamnia*, sin embargo, de acuerdo con Webster (1994) existen evidencias como la morfología del polen, que los hace diferentes, a este respecto, Radcliffe-Smith (2001) reconoció la cercanía entre *Ditaxis* y *Argythamnia* pero indicó que la presencia de un androceo de 8 a 10 partes y su disposición en dos verticilos además del polen simétrico en forma bilateral presentes en *Ditaxis*, son características importantes para separarlos. Otros

autores como Steinmann (2002) y Martínéz *et al.* (2002) reconocen al género *Ditaxis* como válido.

En forma particular, *Ditaxis heterantha* fue recolectada en Querétaro por Karwinski von Karwin en 1827 (Mc Vaugh,1980) y clasificada por Joseph Zuccarini quien publicó el nombre en 1829. Sin embargo, Müller en 1866 describió y clasificó la misma especie llamándola *Argythamnia heterantha* Müll., hecho que inició la controversia al respecto del nombre válido y que en la actualidad se manifiesta en los herbarios, donde la planta puede encontrarse con ambos nombres.

Ditaxis heterantha es un arbusto endémico de México que se distribuye principalmente en las regiones áridas y semiáridas de los estados de Querétaro, Hidalgo, Guanajuato, Jalisco, Sinaloa y San Luis Potosí, en altitudes que van de los 1600 a los 2000 m y entre los 16°-23° de latitud norte y 99°-136° de longitud oeste. Se le conoce con los nombres comunes de azafrán, azafrancillo (Querétaro) y azafrán de bolita (Jalisco) (Standley, 1924; Martínez, 1937; Vázquez, 2000; Rzedowski y Rzedowski, 2001). En sus semillas, el endospermo tiene color amarillo y alto contenido de aceites y carotenos, al respecto, Sigüenza *et al.* (2004) encontraron que su contenido de aceite es de casi un 39%, donde el principal componente es el ácido linolénico; compuesto al que se le han atribuido propiedades muy importantes para la alimentación humana y que también tiene

innumerables efectos benéficos para la salud, por ejemplo, reducir la cantidad de colesterol, regular el sistema endocrino, entre otros. Por su parte, los colorantes contenidos las semillas pertenecen a la familia de los carotenos, donde el β -caroteno es el más abundante. Agroindustrialmente estas características hacen de la especie una buena alternativa para la producción de aceites y colorantes que podrían ser usados como aditivo para diversos alimentos Lugo (2003).

2.3 Morfología reproductiva

En las angiospermas la función reproductiva se localiza en la flor, en la que se reúnen totalmente o en parte, los elementos sexuales necesarios para llevar a término el proceso reproductivo (Cronquist, 1977; Mauseth, 2003).

a) Flor

La flor es un brote corto de crecimiento limitado, constituido por verticilos de hojas modificadas mismas que son el cáliz, la corola, el androceo y el gineceo. Estos se forman a partir del ápice vegetativo del eje principal o de los ápices correspondientes de las ramas laterales o bien de ambos. En cualquier caso, la formación de la flor representa la culminación de la actividad del meristemo apical (Mauseth, 2003).

Los verticilos florales se dividen en vegetativos y reproductivos, el primero conformado por el cáliz y la corola mismos que tienen la función de protección de los verticilos fértiles y la atracción de polinizadores. Los segundos, son el androceo y el gineceo, los cuales están involucrados en el proceso reproductivo. El androceo esta formado por un conjunto de estambres mientras que el gineceo consta de tres partes: ovario, estilo y estigma. (Rost *et al.*, 1988).

En el ovario se encuentran los óvulos, que son el lugar donde ocurre la megasporogénesis (formación de megasporas). Por su parte, en los estambres, particularmente en las anteras se ubican los sacos polínicos que son la estructura donde se lleva a cabo la microesporogénesis (formación de microesporas o granos de polen).

Comúnmente el óvulo se diferencia en las siguientes partes: la nucela, tejido con células vegetativas y esporógenas, uno o dos tegumentos que envuelven a la nucela y el funículo, filamento por medio del cual el óvulo se una a la placenta.

A la nucela que es la parte central del óvulo, se le suele considerar como el megasporangio. Las megasporas funcionales germinan dentro del megasporangio y dan origen al gametofito femenino o saco embrionario (Esau, 1985).

El saco embrionario maduro esta constituido por siete células: tres antípodas (situadas en el extremo del saco embrionario próximo a la chalaza), dos sinérgidas y la oosfera u ovocélula (situadas estas tres en el extremo próximo del micrópilo), y finalmente. La gran célula en cuyo centro se encuentran los dos núcleos polares. Este tipo de saco embrionario, es el que se encuentra más comúnmente en las angiospermas, pero existen diversas variantes de esta forma típica de desarrollo de las megasporas (Friedman, 2006).

b) Fecundación

Para que se forme la semilla se requiere que un grano de polen alcance el estigma de un gineceo maduro, en donde germina produciendo un tubo polínico, el cual crece a través del estilo y alcanza el saco embrionario, transportando en su interior los dos gametos masculinos.

En la mayoría de las plantas el tubo polínico penetra en el saco embrionario a través del micrópilo. En otras, el tubo se introduce a través de la chalaza. Tras su entrada en el saco embrionario, el tubo polínico penetra por las sinérgidas, destruyendo generalmente una de ellas. Después el extremo del tubo polínico se rompe, liberando en el citoplasma del saco embrionario (o gametofito femenino) los dos núcleos gaméticos masculinos, que en ocasiones, todavía se encuentran

rodeados de restos de su célula vegetativa. Uno de los gametos masculinos se fusiona con la ovocélula y el otro con los núcleos polares (Raghavan, 2003).

Como resultado de la fusión del gameto masculino con la ovocélula se origina el cigoto que más adelante originará al embrión, por otra parte, la fusión del otro gameto masculino con los núcleos polares origina el núcleo primario del endospermo. A este proceso se le conoce como la doble fecundación, la cual ocurre en el inicio de la generación esporofítica de las plantas con flores, proporcionando el estímulo inicial para la transformación del óvulo de las angiospermas en una semilla (Raghavan, 2003).

El embrión es el componente principal de la semilla. El endospermo, la nucela y los tegumentos están subordinados al embrión para mantener esta sucesión. Ellos proveen por una parte, el medio en el cual el cigoto es transformado en el esporofito embrionario, y por otra, un medio confortable para el embrión durante el intervalo entre la madurez y el establecimiento de la nueva planta (Landrum y Stevenson, 1986). Cuando se forma la semilla a partir del óvulo, el ovario se transforma en el fruto, mientras que el estilo y el estigma se degeneran y atrofian, durante la formación del fruto y la semilla (Esau, 1985; Fahn, 1990, Mauseth, 2003).

c) fruto

El fruto botánicamente ha sido definido como un ovario maduro, junto con cualquier estructura que madure con él y que forme una unidad con el mismo. En él se encuentra contenida la semilla hasta que ésta llega a la madurez. El fruto contribuye no sólo a proteger y a proporcionar nutrimentos a las semillas, sino también a la dispersión de las mismas, ya sea en forma activa o pasiva (Font-Quer, 1979; Cronquist, 1977; De Noir *et al.*, 2002).

En el momento de la fertilización el ovario y los óvulos son pequeños. La pared del ovario puede estar dividida en tres capas distintas: una epidermis externa, una epidermis interna y una zona media que consta de varias capas celulares. Generalmente existen tres haces carpelares, uno a cada lado de la sutura ventral y uno del lado dorsal opuesto a ellos. Los tejidos de la pared del ovario experimentan cambios marcados durante su desarrollo, que conducen a la formación y distinción de tres capas en la pared del carpelo en el fruto maduro (Mauseth, 2003).

Inicialmente la pared del ovario consta de células parenquimáticas poco diferenciadas, después de la fecundación, su tejido fundamental permanece relativamente homogéneo y parenquimático o se diferencia en parénquima y esclerénquima. A partir del sistema vascular del gineceo, que existía previamente,

pueden desarrollarse nuevos haces vasculares durante la formación del fruto a partir del tejido parenquimático (Esau, 1985).

La pared del fruto maduro o pericarpio, comúnmente consiste de dos o tres capas distintas exocarpo (capa externa), mesocarpo (capa media) y endocarpo (capa interna). Sin embargo, no es posible observar una clara diferencia histológica entre ellas antes de la maduración del fruto (Cronquist, 1977; Esau, 1985).

La parte externa de la pared del ovario, se diferencia para formar una notable cantidad de tejido parenquimático cuyas células conservan sus protoplastos en el fruto maduro. En el fruto inmaduro la pared es consistente, pero a medida que madura se vuelve más blanda como resultado de una serie de cambios que se producen tanto en el protoplasma, como en la pared de las células parenquimáticas. La maduración de la pared del fruto va acompañada de cambios de coloración. Los frutos inmaduros tienen numerosos cloroplastos en las células más externas y son por consiguiente verdes. La desaparición de la clorofila y el desarrollo de pigmentos carotenoides determinan el paso a coloraciones amarillas, anaranjadas o rojas. Pueden formarse también antocianinas que dan al tejido una coloración roja, púrpura o azul. Estos pigmentos pueden distribuirse por todo el

fruto o quedar reducidos a las partes periféricas del mismo. La epidermis exterior acumula frecuentemente taninos (Fahn, 1990).

Durante la maduración se producen también grandes cambios en cuanto a las sustancias que se encuentran en el fruto, sobre todo con respecto a los hidratos de carbono. Algunos frutos (manzana, pera, plátano, entre otros) acumulan almidón durante la maduración, pero más tarde desaparece mientras la cantidad de azúcares simples aumenta. En los frutos sin almidón de reserva (melocotón, ciruelas y cítricos) el proceso de maduración se caracteriza por que disminuye el contenido de ácido y aumenta el de azúcares.

El endocarpo y exocarpo en muchos frutos se encuentran formados por un sólo estrato de células, mientras el mesocarpo, situado entre ellos está compuesto por un número mayor de capas celulares, que aumentan de tamaño desde la periferia hacia el interior, en la misma dirección las células cambian de forma, desde ovoide con el eje mayor paralelo a la superficie del fruto, a la cilíndrica, con el diámetro más largo en dirección radial. Las células más pequeñas cercanas a la periferia contienen la mayor parte de los cloroplastos en el fruto inmaduro (Cronquist, 1977).

d) Semilla

Las semillas se definen desde el punto de vista botánico como un óvulo maduro, encerrado en un fruto, o desde el punto de vista morfológico el término semilla, puede ser aplicado a óvulos maduros que contienen un embrión en algún estadio de desarrollo (Rost *et al.*, 1988).

La semilla está constituida por tres partes, testa o cubiertas seminales, embrión y endospermo o tejido nutricional, este último procede de la unión de los dos núcleos polares y su posterior fertilización por uno de los núcleos espermáticos procedentes del gametofito masculino; después de madurar (morfológicamente y fisiológicamente) pueden tardar mucho tiempo para germinar, después de dispersarse.

Una nueva planta formada por reproducción sexual, comienza como un embrión dentro de una semilla la cual, cuando madura, es el medio por el cual el nuevo individuo es dispersado. La semilla, por lo tanto, ocupa una posición crítica en la vida de la planta. Los sucesos con los que el nuevo individuo es establecido, en tiempo, el lugar y el vigor del joven vástago, son ampliamente determinados por las funciones fisiológicas y bioquímicas de la semilla, estos sucesos son las respuestas de la semilla al medio ambiente y a las reservas alimenticias, que están disponibles para nutrir a la plántula en los estadios tempranos de crecimiento para

después llegar a ser independiente, como un organismo autótrofo capaz de usar la energía de la luz solar (Bewley y Back, 1994).

Para la formación de la semilla deben ocurrir tres procesos fundamentales: transformación de la ovocélula fecundada o cigoto en embrión, transformación del tegumento o tegumentos del óvulo en la cubierta de la semilla y desarrollo del endospermo (Hartman y Kester, 1982; Fahn, 1990; Duffus y Slaughter, 1985).

e) Cubiertas de la semilla

Los tegumentos del óvulo se transforman en las cubiertas de la semilla, las cuales protegen o inhiben la germinación. De acuerdo con Esau (1985), ambos tegumentos de un óvulo bitégmico forman las cubiertas seminales; sin embargo, en algunas semillas los tegumentos se desintegran durante el desarrollo (Scagel, 1987).

La cubierta de la semilla es importante, con frecuencia es la única barrera protectora entre el embrión y el medio externo (aunque en algunas especies las paredes del fruto, y aún el endospermo, mantienen o proveen un sustituto para esta función de las cubiertas seminales). La naturaleza protectora de la cubierta seminal puede ser atribuida a la presencia de una cutícula externa y otra interna a

menudo impregnada con ceras o grasas, y una o más capas de células con paredes gruesas (Bewley y Black, 1994).

Conforme el óvulo se desarrolla, el tejido de los tegumentos experimenta grandes cambios. El tegumento interno por lo general se reduce y se pierde, mientras que, el externo puede llegar a ser masivo y altamente diferenciado, como una estructura protectora. Histológicamente las cubiertas pueden consistir de pocas o muchas capas, las cuales varían en los diferentes taxa y en su relación con los tegumentos ovulares (Esau, 1985).

Las diferencias que existen entre las especies, en cuanto a la estructura de la cubierta de la semilla, puede deberse al número de tegumentos involucrados en su formación, el espesor de los mismos, destrucción de capas celulares de los tegumentos y absorción de los restos por parte de los otros tejidos en desarrollo de la semilla, depósito de pigmentos, formación de esclerénquima, diferenciación de tricomas en la epidermis, así como a patrones de vascularización y cambios en los tegumentos durante la maduración de la semilla entre otros. Generalmente las capas celulares del tegumento que suelen resultar destruidas en la formación de la cubierta de la semilla, son las más internas y las capas intermedias (Esau, 1985; Rost *et al.*, 1988; Fahn, 1990). En algunas plantas, poseedoras de una nucela

efímera, el tegumento interno se transforma en un tejido nutritivo, el tapete tegumentario (Scagel, 1987).

f) Embrión

El embrión es una planta en miniatura, cuando es madura está completamente diferenciado en radícula, plúmula y uno, dos o más cotiledones (hojas embrionarias), según se trate de plantas monocotiledóneas o dicotiledóneas, respectivamente (Rost *et al.*, 1988; Mauseth, 2003).

La plúmula o yema del vástago consta normalmente de un eje, el epicótilo y posee unos cuantos entrenudos que no se han alargado y algunos primordios foliares. La radícula, consta del meristemo radicular, el cual da lugar a la raíz primaria cuando tiene lugar la germinación. En las gimnospermas y dicotiledóneas este tipo de raíz origina a la raíz axonomorfa con sus ramificaciones características. En las monocotiledóneas, ésta raíz suele desintegrarse durante la fase temprana del crecimiento de la planta, por lo que el sistema radical de la planta madura está conformado de numerosas raíces adventicias. En muchas dicotiledóneas y en las monocotiledóneas primitivas, el cotiledón es un órgano simple que actúa como estructura de reserva (Fahn, 1990).

Los cotiledones presentan una forma semejante a las hojas y después de la germinación funcionan como tales. El cotiledón puede persistir como órgano fotosintético durante la primera etapa de desarrollo, sin embargo, en algunas monocotiledóneas, el cotiledón o parte de él, sirve como el único órgano asimilatorio durante el primer año.

Besnier (1989) citó la clasificación de los embriones propuesta por Martin en 1946, dicho autor hizo una clasificación de la semilla basada en la posición, el tamaño y la forma del embrión. Las categorías básicas son embriones basal, periférico y axial. Los basales, según el tamaño, se clasifican en rudimentario, amplio, capitado y lateral (gramíneas). Los axiales son los más frecuentes, y hay varios tipos según forma y tamaño: lineal, pigmeo, micro, espatulado, doblado, plegado y englobado. Por su parte los periféricos son aquellos donde el embrión presenta cotiledones delgados y rodea al perispermo o endospermo.

g) Endospermo

El endospermo es un tejido de reserva, el cual tiene una función nutricional, reguladora y protectora durante el desarrollo del embrión y posteriormente de la plántula. La función nutricional del endospermo incluye la traslocación de sustancias a partir de las células de la nucela, del tegumento y desde la vacuola central del anterior saco embrionario, transporte de nutrimentos al embrión y

síntesis de algunas otras sustancias (Berger, 2003). Normalmente se desarrolla después de la fecundación y es producto de la triple fusión, es decir, de la unión de dos núcleos polares con un gameto masculino, originando el núcleo primario del endospermo. La importancia de este tejido radica en que juega un papel principal en el desarrollo y mantenimiento de un medio confortable para el crecimiento del embrión.

El inicio de las primeras divisiones del núcleo primario del endospermo y el cigoto es variable, pero normalmente el endospermo comienza a desarrollarse primero (Friedman, 2000). En algunos grupos taxonómicos el tejido de reserva se deriva de los tegumentos y la nucela, parte de la cual puede ser retenida en la semilla y acumular sustancias. Este tipo de tejido es denominado perispermo, el cual puede consistir de una capa simple de células que engloba al embrión y al endospermo. El desarrollo del endospermo difiere según los grupos taxonómicos, distinguiéndose principalmente tres tipos: endospermo nuclear, endospermo celular y endospermo helobial.

2.4 Germinación

a) Germinación

Copeland (1976), indicó que la germinación es la reanudación del crecimiento del embrión y la posterior emergencia de la planta joven. Según Font-Quer (1979), la

germinación es la reanudación de la actividad vital por parte del embrión contenido en una semilla. Por otro lado, Khan (1980) la define como la capacidad de un embrión para reanudar su crecimiento.

De acuerdo con Hartman y Kester (1987), la germinación de una semilla se define como la reanudación del crecimiento activo del embrión que resulta de la ruptura de las cubiertas seminales y la emergencia de una nueva plántula capaz de existencia independiente, la cual comprende una secuencia de cambios bioquímicos, morfológicos y fisiológicos, en los cuales Leopold y Kriedemann (1975) reconocieron los siguientes estadios:

- 1) Imbibición de agua por la semilla seca, ablandamiento de las cubiertas seminales e hidratación del protoplasma. Este proceso es en gran parte físico y ocurre aún en semillas no viables. Como resultado de la absorción de agua se hincha la semilla y sus cubiertas pueden llegar a romperse.

- 2) Actividad celular, que incluye la aparición de enzimas específicas y una elevada tasa respiratoria. Al inicio de la germinación es probable que la giberelina, una hormona vegetal relacionada con el crecimiento celular, desempeñe un papel importante. Cuando la semilla seca embebe agua, aparece en el embrión la giberelina y es traslocada a la capa de aleurona (capa exterior del endospermo),

donde activa a las enzimas. Una de esas enzimas la alfa-amilasa, se trasloca al endospermo y hace que el almidón se convierta en azúcar. En la aleurona aparecen otras enzimas que debilitan las cubiertas de la semilla y permite que pase por ellas la punta de la raíz. La elongación de las células y la emergencia de las raíces son eventos asociados con el inicio de la germinación. También puede ocurrir división celular en un estadio temprano, pero, parece ser independiente de la elongación de las células.

3) Digestión enzimática de los complejos materiales de reserva insolubles (en su mayor parte carbohidratos y grasas, a veces proteínas) a formas solubles que son trasladados a las zonas de crecimiento activo y la asimilación de esas sustancias por las regiones meristemáticas para proporcionar energía necesaria en las actividades celulares y de crecimiento, así como para la formación de nuevos componentes celulares.

4) Emergencia de la plántula mediante el proceso ordinario de división, y crecimiento de nuevas células en los puntos de desarrollo.

Camacho (1994), mencionó que durante la germinación, el embrión adquiere el metabolismo necesario para reiniciar su crecimiento y transcribir las porciones del programa genético que la convertirán en una planta adulta.

La plántula depende de las reservas de la semilla hasta el momento en que las hojas pueden realizar en forma adecuada la fotosíntesis. Existen condiciones intrínsecas que determinan el proceso germinativo. Una semilla sólo podrá germinar si reúne las siguientes características: Tener vitalidad (que no haya pasado el límite de longevidad). Estar normalmente constituida (embrión completo y vivo). Tener tegumentos permeables y que la semilla haya alcanzado su madurez fisiológica.

b) Latencia, letargo o dormancia

Una parte importante de las especies que se propagan por semilla, poseen algún impedimento para la germinación de sus semillas, esto puede deberse a dos causas (Patiño *et al.*, 1983; Willan, 1991): el medio no es favorable para la germinación a causa de una escasa disponibilidad de humedad, aireación o por una temperatura inadecuada. A este tipo de inhibición se le llama quiescencia, o las condiciones del medio son adecuadas, pero la semilla tiene una combinación fisiológica tal que impide su germinación. Este tipo de inhibición se denomina latencia, dormancia o letargo. En la naturaleza, el efecto de esos controles es preservar las semillas y regular la germinación de manera que coincida con períodos del año en que las condiciones naturales son favorables para la supervivencia de las plántulas. En consecuencia, los mecanismos de control de la

germinación existen como una adaptación para la supervivencia natural de las especies.

Estos mecanismos son en particular importantes para plantas que crecen en donde ocurren condiciones ambientales extremas, como en los desiertos o en las regiones frías, en donde las condiciones ambientales, después de la diseminación de las semillas, pueden no ser favorables para la germinación inmediata (Hartmann y Kester, 1994; Willan, 1991).

Para terminar con la latencia, algunas semillas necesitan estar húmedas y a bajas temperaturas por un período de varios meses, esta condición se podría cumplir en lugares donde cae nieve en invierno. En zonas áridas, en ciertas especies, las semillas sólo germinan si se presenta una lluvia lo suficientemente abundante para asegurar el establecimiento de las plántulas. Otras especies requieren de iluminación para germinar, evitando así que el proceso se desarrolle cuando las semillas están enterradas profundamente o bajo sombra intensa (Patiño *et al.*, 1983; Willan, 1991).

En resumen, la latencia de las semillas termina cuando existe algún estímulo ambiental que señale que las condiciones son favorables para el desarrollo de la planta.

c) Tipos de latencia en las semillas

1) Latencia debida a la cubierta de las semillas o exógena

* Latencia física. Característica de un gran número de especies de plantas, en las cuales la testa o secciones endurecidas de otras cubiertas de la semilla son impermeables. El embrión está quiescente, pero se encuentra encerrado dentro de una cubierta impermeable que puede preservar las semillas con bajo contenido de humedad durante varios años, aún con temperaturas elevadas.

* Latencia mecánica. En ésta categoría las cubiertas de las semillas son demasiado duras para permitir que el embrión se expanda durante la germinación. Probablemente éste factor no es la única causa de la latencia, ya en la mayoría de los casos se combina con otros tipos para retardar la germinación.

* Latencia química. Corresponde a la producción y acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación, ya sea en el fruto o en las cubiertas de las semillas (Hartmann y Kester, 1994; Willan, 1991).

2) Latencia morfológica o endógena

Se presenta en aquellas familias de plantas donde el embrión, no se ha desarrollado por completo. Como regla general, el crecimiento del embrión es favorecido por temperaturas altas 20 a 28 °C), pero la respuesta puede ser

complicada por la presencia de otros mecanismos de letargo. Dentro de ésta categoría hay dos grupos: de embrión rudimentario y no desarrollados, los primeros se presentan en semillas cuyo embrión es apenas algo más que un proembrión embebido en un endospermo, al momento de la maduración del fruto. También en el endospermo existen inhibidores químicos de la germinación, que se vuelven en particular activos con altas temperaturas; algunas semillas en la madurez del fruto tienen embriones poco desarrollados, con forma de torpedos, que pueden alcanzar un tamaño de hasta la mitad de la cavidad de la semilla. El crecimiento posterior del embrión se efectúa antes de la germinación (Hartmann y Kester, 1994).

3) Latencia Interna

En muchas especies la latencia es controlada en el interior de los tejidos. En el control interno de la germinación están implicados dos fenómenos separados. El primero es ejercido por la semipermeabilidad de las cubiertas de las semillas, y el segundo es un letargo presente en el embrión que se supera con exposición a enfriamiento en húmedo.

* Fisiológica. Corresponde a aquella en que la germinación es impedida por un mecanismo fisiológico inhibitorio.

* Interno intermedio. Esta latencia es inducida principalmente por las cubiertas de las semillas y los tejidos de almacenamiento circundante. Este es característico de las coníferas.

* Del embrión. Se caracteriza principalmente porque para llegar a la germinación se requiere un período de enfriamiento en húmedo y por la incapacidad del embrión separado de germinar con normalidad.

4) Latencia combinada morfofisiológica

Consiste en la combinación de subdesarrollo del embrión con mecanismos fisiológicos inhibidores fuertes.

* Latencia combinada exógena–endógena. Se denomina así a las diversas combinaciones de latencia de la cubierta o el pericarpio con latencia fisiológica endógena.

d) Tratamientos para eliminar la latencia

1) Estratificación

Consiste en colocar las semillas embebidas de agua, en capas o estratos húmedos, usando como sustrato arena. El período de estratificación varía según la especie. Se utiliza para superar latencias provenientes del embrión, puede ser cálida, si la estratificación se realiza a temperaturas altas (22 a 30 °C) o fría, si la estratificación se realiza a temperaturas bajas (0 a 10 °C).

En el vivero también se puede estratificar empleando el mismo suelo o algún otro sustrato húmedo. La estratificación fría se realiza en invierno y la cálida en verano. (Patiño *et al.*, 1983; Hartmann y Kester, 1994).

2) Escarificación

Es cualquier proceso de romper, rayar, alterar mecánicamente o ablandar las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases. Se clasifican en: mecánica, consiste en raspar la cubierta de las semillas con lijas, limas o quebrarlas con un martillo. Si es a gran escala se utilizan maquinas especiales como tambores giratorios recubiertos en su interior con papel lija, o combinados con arena gruesa o grava, o las semillas se tratan con agua caliente, se colocan las semillas en un recipiente en una proporción de 4 a 5 veces su volumen de agua caliente a temperatura entre 77 y 100 °C. De inmediato se retira la fuente de calor y las semillas se dejan remojar durante 12 a 24 horas en el agua que se va enfriando gradualmente. Las semillas se deben sembrar inmediatamente después del tratamiento. También se pueden tratar con ácido, aquí las semillas secas se colocan en recipientes no metálicos y se cubren con ácido sulfúrico concentrado en proporción de una parte de semilla por dos de ácido. Durante el período de tratamiento las semillas deben agitarse regularmente con el fin de obtener resultados uniformes. El tiempo de tratamiento varía según la especie. Al

final del período de tratamiento se escurre el ácido y las semillas se lavan con agua abundante para quitarles el exceso.

3) Lixiviación

El propósito es remover los inhibidores remojando las semillas en agua corriente o cambiándoles el agua con frecuencia. El tiempo de lixiviación es de 12 a 24 horas.

4) Combinación de tratamientos

Se utiliza en semillas de especies que tienen más de un tipo de letargo.

5) Hormonas y otros estimulantes químicos

Existen compuestos que sirven para estimular la germinación, entre los más usados están: nitrato de potasio, tiourea, etileno, ácido giberélico (GA_3), citocininas, entre otros. Todo este tipo de sustancias se emplean a diferentes concentraciones y tiempos de remojo, dependiendo de la especie.

Con base en lo anterior resulta de gran importancia realizar el tratamiento pregerminativo que se recomienda para cada lote de semillas, ya que así se obtendrán resultados más rápidos y una producción de plantas más homogénea (Hartmann y Kester, 1994).

3. OBJETIVOS

General:

Describir la morfología reproductiva de *Ditaxis heterantha* y estudiar su germinación.

Particulares:

Describir con base en la terminología especializada, las adaptaciones morfológicas de la flor, fruto y semilla de *Ditaxis heterantha*.

Determinar un procedimiento pregerminativo que permita elevar el porcentaje de germinación.

Describir el proceso germinativo.

Describir la morfología de las plántulas.

4. MATERIAL Y METODOS

4.1 Trabajo de herbario:

Se revisaron los herbarios mexicanos: MEXU, ENCB y FEZA para reconocer la morfología general de la especie, distribución geográfica y ecológica, usos, además de sus fechas de floración y fructificación. Con base en esta información, se ubico una zona de recolecta en el estado de Querétaro, municipio de Cadereyta, misma que corresponde a una área semidesértica conocido como "La Peña" del poblado Arrollo Situni ($20^{\circ} 56' 34''$ N , $99^{\circ} 45' 01''$ W).

4.2 Trabajo de campo

Se recolectó material de herbario, flores, frutos y semillas, bajo la metodología tradicional (Chiang y Lot, 1986). Se realizaron observaciones para detectar agentes polinizadores y se examinaron las flores femeninas y masculinas para establecer si maduran al mismo tiempo y se autofecundan. Además se obtuvieron frutos maduros provenientes de diferentes plantas de una población de aproximadamente 50 individuos y se trasladaron al laboratorio para la extracción de las semillas.

4.3 Trabajo de Laboratorio

A todos los ejemplares herborizados, se les midió con ayuda de una regla, vernier y una reglilla micrométrica adaptada en el ocular de un microscopio estereoscópico (Nikon SMZ-2T), el largo, ancho y en su caso diámetro de los tallos, hojas, inflorescencias, flores (cáliz, corola, estambres gineceo), frutos y semillas, para elaborar la descripción de la especie con base en la terminología botánica, al mismo tiempo se realizó la determinación taxonómica, utilizando claves y literatura botánica especializada,

Los frutos recolectados se expusieron al sol dentro de cajas de cartón de 20 x 30 cm para que las semillas se liberaran, posteriormente, se procedió a medir y pesar las semillas con ayuda de un vernier y una balanza analítica (± 0.0001 g) OHAUS modelo AS200. De acuerdo a su peso, agruparon en función de su tamaño, de estos grupos se tomó una muestra compuesta y al azar para proceder a la determinación de la viabilidad mediante la e germinación directa y la prueba del cloruro de tetrazolio (Hartman y Kester, 1994).

a) Pruebas de viabilidad

Se utilizaron 100 semillas divididas en dos lotes, cada uno fue desinfectado con hipoclorito de sodio al 2% durante 30 minutos. Un lote de 50 fue colocado en una solución de cloruro de 2,3,5- trifenil tetrazolio (TTC) al 0.5% con un pH de 7.5

(ISTA, 1985). Después de 24 horas, se inició el registro de las semillas cuyos embriones se tiñeron de color rojo, lo cual indicó que las semillas eran viables. Otro lote fue remojado en agua durante 24 horas y colocado dentro de cajas de petri con un sustrato de algodón para su germinación directa, se les agregó agua destilada para mantenerlas húmedas, se contó el número de semillas germinadas y se registró el tiempo.

b) Tratamientos pregerminativos

Se realizaron en función de los resultados de las pruebas de viabilidad y germinación directa, en este caso, el tratamiento pregerminativo aplicado consistió en remojo con agua destilada a temperatura ambiente (± 20 °C) durante 24 horas y remojo en una solución de NaNO_3 al 2.5 % durante tres minutos.

c) Siembra y porcentaje de germinación

Las semillas fueron sembradas en cajas de petri con sustrato de algodón y regadas con agua destilada. El porcentaje de germinación se calculó dividiendo la cantidad de plántulas producidas, entre el número total de semillas empleadas, por cien, además se midió el tiempo, a partir del día de la siembra hasta la emergencia de la radícula y se construyeron gráficas de germinación acumulada.

e) Emergencia y desarrollo postemergente

Las plántulas obtenidas se transplantaron en macetas de plástico de 15 cm de diámetro y capacidad de un kilogramo de sustrato. El sustrato consistió en una mezcla de arena, grava media, tierra negra y tierra de hoja en proporción 1: 1: 2: 1 y se colocaron en el invernadero.

Una vez que las plántulas iniciaron su crecimiento fueron observadas y medidas diariamente con un vernier y regla para registrar el crecimiento del tallo, hojas y la aparición de la pubescencia en órganos jóvenes, así como cualquier otro cambio morfológico que se presentara y finalmente determinar en forma aproximada su desarrollo.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Morfología

Se describió la morfología general de *Ditaxis heterantha* Zucc. con base en la terminología botánica especializada. Además se analizó la morfología reproductiva para determinar posibles adaptaciones de las flores hacia una polinización mediante insectos (polinización entomófila), y las adaptaciones para la dispersión de las semillas. Con base en las mediciones realizadas y el análisis de la morfología de tallos hojas, inflorescencias, flores (femeninas y masculinas), frutos y semillas, se elaboró la siguiente descripción de la especie.

Ditaxis heterantha Zucc.

Arbustos hasta de 1 a 1.5 m de altura. Rizoma de 15 a 20 cm de largo por 7.0 a 10 cm de ancho, de color amarillo en el interior. Tallos con frecuencia densamente pubescentes con pelos malpigiaceos, sedosos, sobretodo en las ramas jóvenes. Hojas alternas persistentes, simples, estípulas pequeñas de 0.3 a 0.6 cm, pecíolos de 3.0 a 5.0 mm de largo, densamente sedosos a puberulentos, lámina lanceolada-ovadas u orbicular-ovada de 3.2 a 9.0 (11.0) cm de largo por 2.0 a 5.0 (7.0) cm de ancho, base redondeada, ápice obtuso, agudo o acuminado, margen entero o denticulado, haz verde-blanquecino, envés densamente pubescente blanquecino con tres nervaduras evidentes que salen desde la base y tres a seis pares laterales.

Inflorescencia en racimos bisexuales, axilares, sobre un pedúnculo de 1.0 a 2.5 cm de largo que se alargan durante la fructificación hasta 4.0 cm, con una flor femenina en la parte inferior y de 2 a 3 masculinas en la parte superior, brácteas pequeñas, lanceoladas persistentes, pedicelos de menos de 1.0 mm de largo casi sésiles; flores masculinas con 5 sépalos, lanceolados de 2.5 a 3.0 mm de largo, sedosos pubescentes, pétalos 5, unguiculados, de color rosado, pubescentes en el dorso de 2.0 a 2.5 mm de largo, con disco glanduloso disectado, sin estaminodios; flores femeninas con 5 sépalos ovados de 0.6 mm de largo por 0.3 a 0.4 cm de ancho. Sedosos pubescentes en el dorso, pétalos 5, espatulados de color rosado-rojizo de 1.5 a 2.0 mm de largo por 0.5 a 0.6 mm de ancho, ovario glabro, situado sobre un disco glanduloso de 0.5 cm de ancho estilos unidos en la base, tres partidos hacia el ápice con un mechón de pelos malpigiáceos, estigma lobulado crenado; ovario subgloboso de 0.4 cm de diámetro por 2.5 cm de alto. Fruto capsular entero subgloboso, tres lobulado de 1.1 cm de alto por 1.3 cm de ancho, glabro, sépalos y columela persistentes, en la dehiscencia, semillas subglobosas de 6 mm de diámetro, negras a pardo-negruzcas, finamente verrucosas (Fig. 1).

En la literatura botánica especializada, hasta el momento no se había desarrollado una descripción completa de *Ditaxis heterantha*, los únicos antecedentes de la especie fueron publicados por Standley en 1924, autor que solo describió en forma somera algunas características distintivas de la especie.

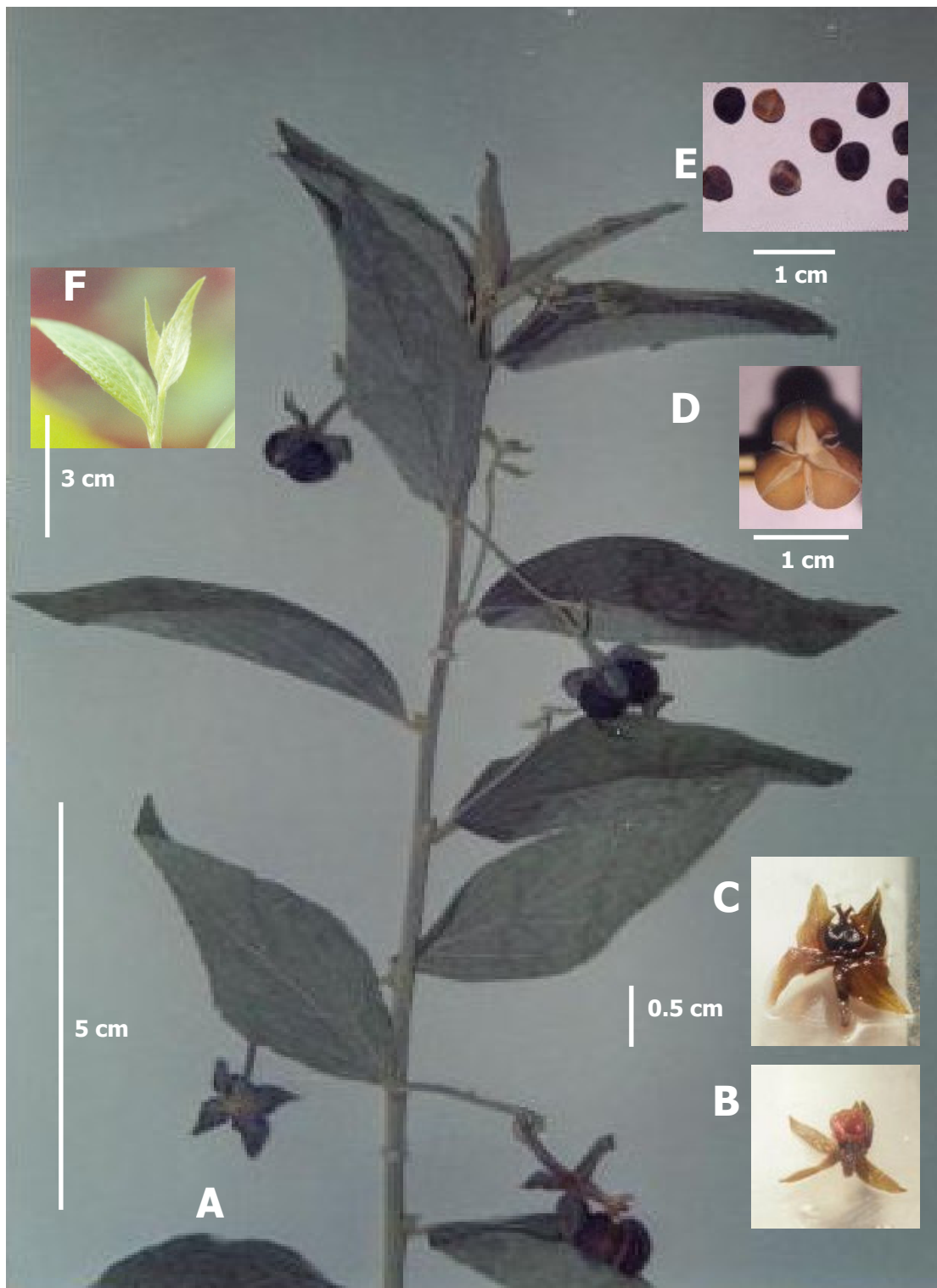


Fig. 1. *Ditaxis heterantha* Zucc. A. Planta adulta con frutos. B. flor masculina. C. flor femenina. D. Fruto. E. Semillas. F. hojas con pubescencia típica.

Según Noura *et al.* (2001), las plantas deben adaptarse a su ambiente, sobretodo en regiones donde existen condiciones extremosas; dichos autores sugieren que las modificaciones morfológicas están encaminadas hacia la sobrevivencia y la reproducción, principalmente en dos aspectos, la polinización y la dispersión de las semillas. Para el caso de *Ditaxis heterantha* no se determinaron polinizadores específicos, pero se observó que las flores fueron visitadas por moscas y abejas. Por otro lado, la estructura de la inflorescencia, así como de las flores femeninas y masculinas al parecer están adaptadas para la polinización mediante insectos.

Al respecto de la polinización, trabajos realizados en diferentes géneros de la familia Euphorbiaceae, muestran que las inflorescencias están adaptadas a la polinización mediante insectos del orden Diptera. (Weberling ,1989). En particular para el género *Croton* Arruda y Sazima (1996) encontraron que las flores eran visitadas y polinizadas por moscas sirfídeas (Diptera:Syrphidae).

También para *Croton* Freitas *et al.* (2001) estudiaron la biología reproductiva, en particular la morfología de los nectarios y observaron 22 tipos diferentes de insectos visitantes, de los cuales 16 eran posibles polinizadores, la mayor parte de ellos pertenecen al orden Hymenoptera con 12 especies donde destacan las abejas (*Apis mellifera*), tres Coleópteros y un lepidóptero. Estos

autores concluyeron que son muy variados los insectos que visitan las flores pero las abejas parecen ser los principales polinizadores.

Inflorescencia.

En *Ditaxis heterantha* las flores están arregladas en racimos axilares, bisexuales, donde las flores masculinas se agrupan en la parte distal de la inflorescencia y la única flor femenina tiene su ubicación en la parte basal. Durante la formación del fruto las flores masculinas, se caen. El número de flores masculinas por inflorescencia es variable y se pueden encontrar agrupadas en conjuntos de 2 a 3. La flor femenina es la primera en abrir y madurar, por su parte, las masculinas abren un día después pero sus anteras todavía no liberan polen, esta circunstancia puede estar encaminada a impedir la autofecundación y hace necesaria la presencia de polinizadores (Fig. 2).



Fig. 2. Inflorescencia de *Ditaxis heterantha*, se observan tres flores masculinas en la parte distal y una femenina en la parte basal.

Flor masculina.

Estas flores son pentámeras, actinomorfas, con forma de copa, miden 4-5 mm de diámetro por 3.5 mm de alto, presentan 5 sépalos, libres, lanceolados, de color verde oscuro, de 0.5 a 3.0 mm de largo, con pubescencia sedosa en la parte adaxial; sus pétalos son libres, unguiculados, de color rojo a rosado oscuro y en su parte dorsal están cubiertos de pelos malpigiáceos de color blanquecino transparente. Los pétalos se insertan en la base de un disco glanduloso disectado que mide 1 mm de alto por 0.7 mm de ancho (cada segmento). Este disco glanduloso es el responsable de la producción de néctar que resulta una recompensa para los insectos polinizadores; el androceo esta conformado por 12 estambres agrupados en dos verticilos, uno encima del otro, aunque esta posición es poco evidente; las anteras son amarillas, basifijas oblongas a orbiculares, con dehiscencia longitudinal. Las flores permanecen abiertas de dos a tres días, proceso que ocurre durante la mañana y dura hasta ya entrada la tarde (Fig. 3).

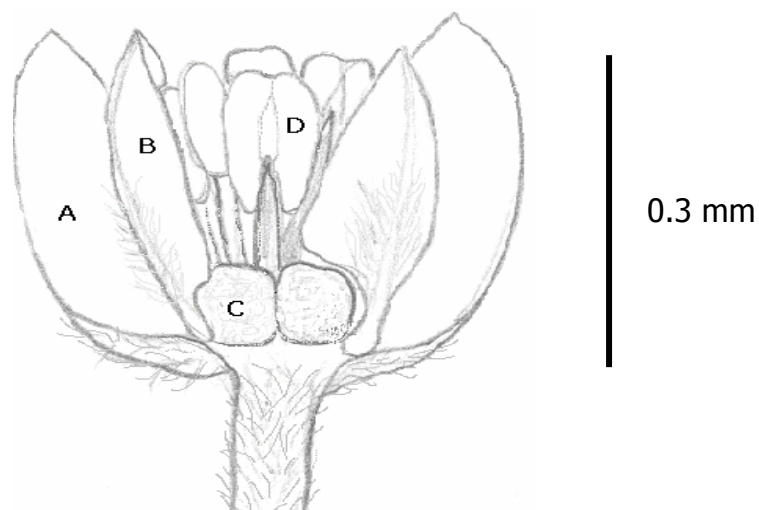


Fig. 3. Flor masculina. A. sépalo. B. pétalo. C. disco glanduloso disectado. D. Estambres.

Flor femenina.

Estas flores son pentámeras, actinomorfas pero a diferencia de la flor masculina, el tamaño es mucho mayor, tiene un diámetro de 7.0 mm y una altura de 6.0 mm, presenta 5 sépalos ovados de 0.6 cm de largo por 0.3 a 0.4 cm de ancho, sedoso pubescentes en el dorso; los pétalos en número de 5, espatulados, reducidos, de 2.0 mm de largo por 0.6 mm de ancho, de color rojizo, con pelos sedosos en la parte externa; el ovario trilobular, subgloboso, glabro, de 0.4 cm de diámetro y 0.25 cm de alto, estigmas fusionados en la base, tripartido en el ápice, con un mechón de pelos malpigiáceos que nacen en la unión de los estilos; estigmas tres, lobulado crenados. El ovario se encuentra sobre un disco basal glanduloso, blanquecino, de 4.5 mm de diámetro por 0.6 mm de alto, esta estructura tiene la función de producir néctar para atraer a los polinizadores. Las flores femeninas abren durante cualquier hora del día y permanecen así de 3 a 4 días. Si son fecundadas, se transforman en fruto y si no, mueren y caen después del sexto día (Fig. 4).

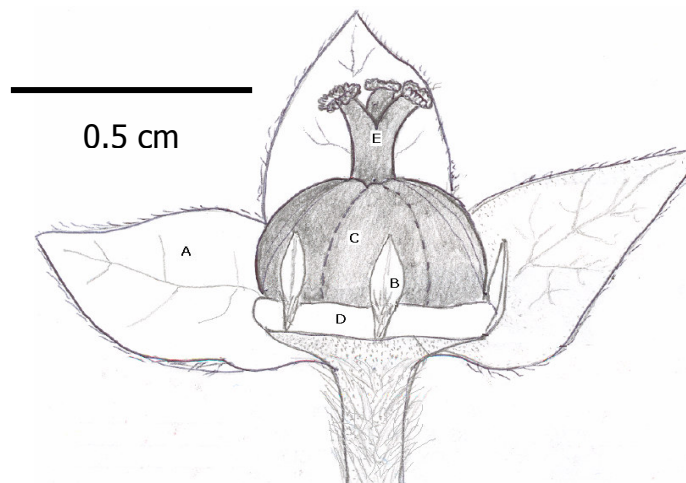


Fig. 4. Flor femenina. A. Sépalos. B. Pétalos. C. Ovario. D. Disco basal glanduloso. E. Estilo.

Fruto.

Los frutos son cápsulas subglobosas, de color verde amarillento a pardo claro, con dehiscencia septicida, dorsicida y septífraga (explosiva), triloculares, con una semilla en cada lóculo; exocarpio membranoso de color pardo amarillento, liso, delgado; el endocarpio es semileñoso y medianamente grueso. En el fruto permanecen los restos del cáliz y un pedúnculo de 0.9 a 1.1 cm de largo, donde es visible la cicatriz del pedicelo de las flores masculinas. En la figura (Fig. 5), se muestra una secuencia donde se observa la dehiscencia y además un fruto con su pedicelo.

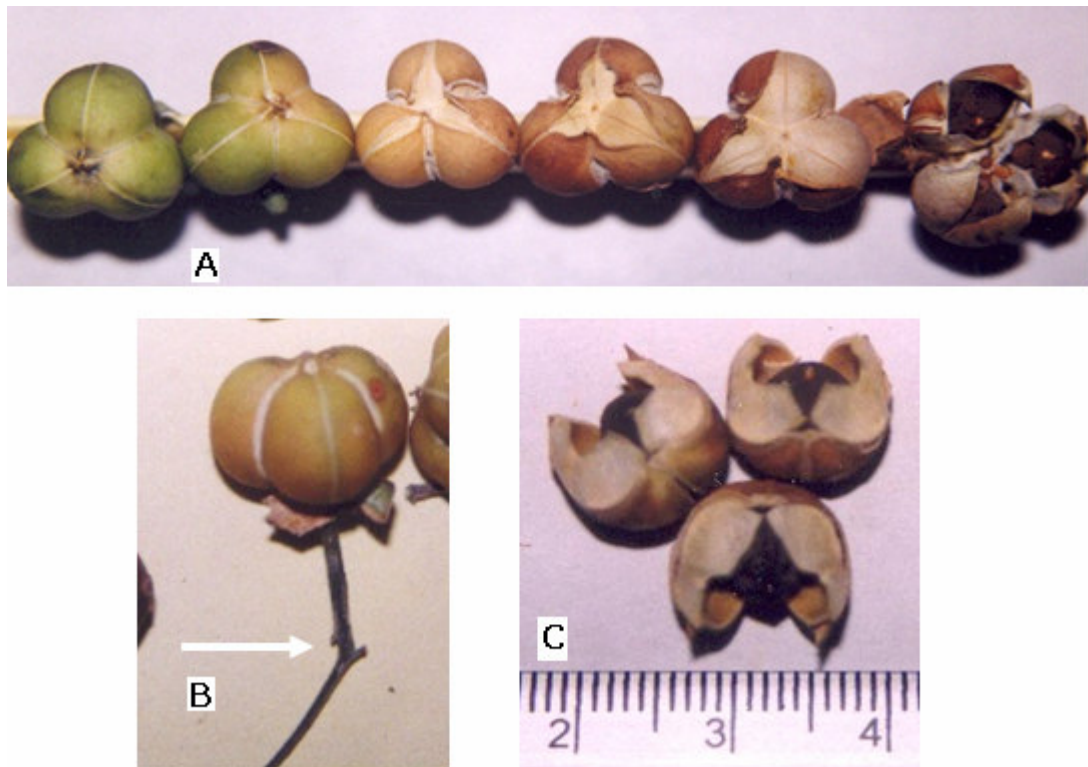


Fig. 5. Frutos de *Ditaxis heterantha*. A. secuencia del proceso de dehiscencia. B. La flecha señala los restos del pedicelo de las flores masculinas. C. fruto abierto y dividido en tres partes.

La dehiscencia explosiva que presenta el fruto de *Ditaxis*, es característica de algunos géneros dentro de la familia Euphorbiaceae y en este caso, funciona como un mecanismo de dispersión autócoro debido a la explosión de los frutos y el lanzamiento balístico de las semillas (Webster, 1994; Barroso *et al.*, 1999; Añez *et al.*, 2005). Este tipo de dehiscencia se presenta debido a que las tensiones que desarrolla el pericarpio al estarse secando conforme el fruto madura, causan que se revienten a lo largo de las líneas más débiles. Los frutos de *Cytisus scoparius* de *Impatiens* y de muchas otras plantas tiene una dehiscencia tan violenta que las semillas pueden ser dispersadas a varios metros por el aire.

Según Cronquist (1977), la dispersión de las semillas, es desde luego, sólo uno de los factores involucrados en la perpetuación de las poblaciones vegetales. Otros factores como la longevidad de la planta, el número de semillas producido cada año, la cantidad de alimento almacenado en la semilla, y la capacidad para competir con otras plantas son también importantes. La distribución y abundancia de las especies están determinadas por el equilibrio de todos los factores, y la deficiencia en un aspecto puede ser compensada por la eficiencia en otros.

Semilla.

Semillas subglobosas de 4 a 6 mm de diámetro, truncadas en la base y agudas en el ápice; testa de color pardo oscuro, casi negra, superficie verrucosa y gruesa,

con una cicatriz longitudinal que la recorre en todo el cuerpo; micrópilo ubicado junto al hilo en la parte apical de la semilla; endospermo de color amarillo, abundante y aceitoso persistente en los primeros estadios de la germinación; presentan una masa de 0.09 a 0.11 gramos (Fig. 6).

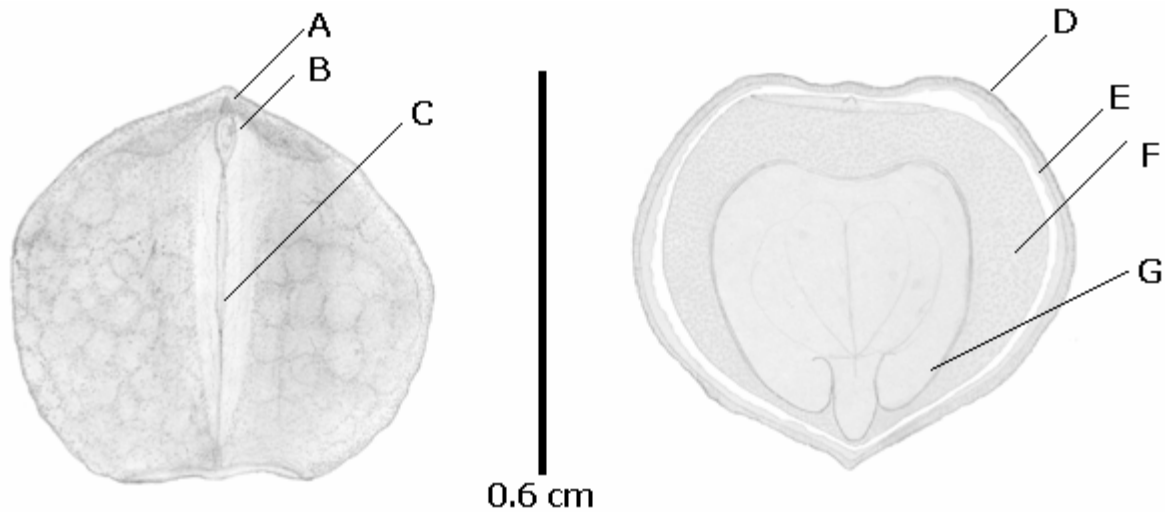


Fig. 6. Morfología de las semillas de *Ditaxis heterantha*. A. Hilo. B. micrópilo. C. Rafe. D. Testa. E. endotesta. F. Endospermo. G. Embrión.

Según Atwater (1980), las semillas se pueden clasificar como endospermicas o no endospermicas. El endospermo cuando es relativamente grande funciona como una fuente de alimento, durante el desarrollo de la semilla, en esta fase el endospermo rodea al embrión y puede ser persistente y relativamente grande hasta que la semilla ha logrado un tamaño y desarrollo considerable. Cuando el embrión acelera su crecimiento, el endospermo es absorbido y el embrión ocupa virtualmente todo el espacio dentro de la semilla. En

el caso de *Ditaxis heterantha*, el endospermo es persistente y actúa como fuente de nutrimentos incluso cuando se ha llevado a cabo la germinación y los cotiledones se desarrollan y comienzan su función fotosintética (Fig. 7).



Fig 7. Plántula que muestra los restos del endospermo (flecha), después de la emergencia.

La morfología exterior de las semillas es extremadamente variable. A esta variabilidad contribuyen tres factores importantes como son, la familia botánica a la que pertenecen las plantas donde se producen estas semillas, tipos de cubiertas exteriores y finalmente tamaño y forma. Del mismo modo, estas características son factores esenciales para la dispersión y aunados al tipo de ambiente donde se desarrollan las plantas; han sido importantes para adoptar un síndrome de dispersión adecuado a cada necesidad (Oakwood *et al.*, 1993). Por ejemplo, en ambientes abiertos y áridos las semillas deben ser ligeras y pequeñas o con estructuras que les permitan sostenerse en el aire (Bansal y Sen, 1981). En pastizales, las semillas o los frutos son por lo común pequeños y pueden presentar

estructuras adherentes como espinas, pelos, picos o ganchos para pegarse al cuerpo de los animales para ser dispersados (Jurado *et al.*, 1991; Morton y Baynes, 1985). En ambientes con vegetación muy abundante y cerrada, las semillas frecuentemente están dentro de frutos carnosos que funcionan como recompensa para los dispersores; bajo estas condiciones las semillas son ingeridas junto con el fruto y pasan hacia fuera a través del tracto alimenticio para ello el endocarpio o cubierta de la semilla debe ser duro o impermeable al agua para que las semillas no germinen inmediatamente a menos que estén sujetas a una acción ablandadora por jugos digestivos, o que la pared exterior se elimine artificialmente o se rompa (Foster y Janson, 1985).

Ditaxis heterantha, se desarrolla en matorrales xerófilos, abiertos, en lugares pedregosos y con pendiente moderada, por esta razón, la forma redonda y el peso de 0.09 a 0.11 g en sus semillas parece ser una adaptación a la dispersión mediante una dehiscencia explosiva, debido a este proceso, las semillas pueden ser lanzadas uno a dos metros de distancia de las plantas madre y después rodar a lugares mas lejanos por acción de la gravedad, la pendiente del terreno y las corrientes de agua cuando llueve. La dispersión por animales no ha sido registrada.

Embrión.

El Embrión es espatulado a ovoide, de 3.1 mm de largo por 2.7 mm de ancho, de color amarillo, glabro; eje embrionario de 1.0 mm de largo por 0.48 mm de ancho, cónico levemente engrosado; cotiledones 2.3 mm de largo por 2.7 mm de ancho, semicirculares, delgados, con base cordada y margen entero (Fig. 8).

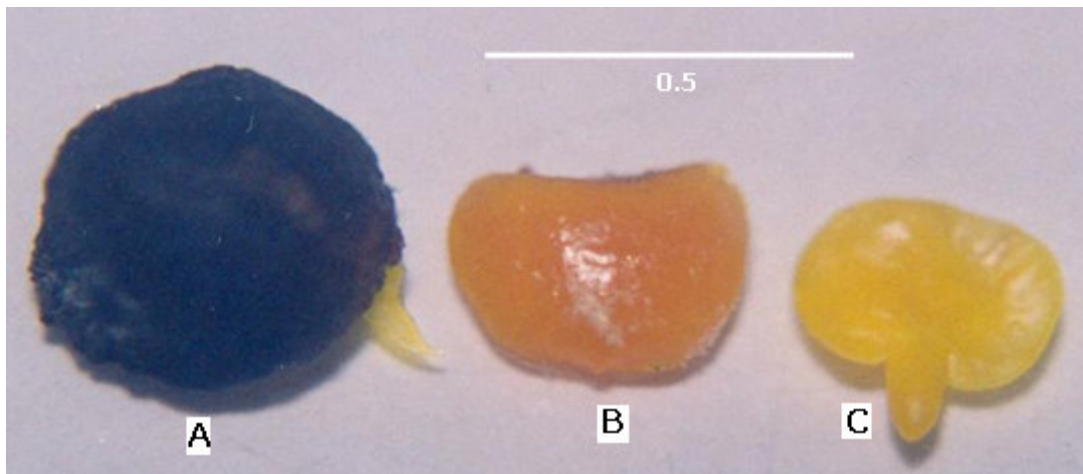


Fig. 8. Partes de la semilla de *Ditaxis heterantha*. A. cubiertas seminales. B. endospermo. C. embrión.

El tamaño y posición del embrión dentro de la semilla son muy variables; estos caracteres pueden tener valor en la clasificación e identificación de la especie, especialmente en semillas de plantas ornamentales y silvestres, poco conocidas por su aspecto exterior. Se distinguen habitualmente tres caracteres principales: tamaño relativo al total de la semilla, posición (periférica o axial) y curvatura (Beisnier, 1989). En *Ditaxis heterantha* el embrión es relativamente

grande, esta embebido dentro del endospermo y puede clasificarse como espatulado.

5.2 Viabilidad y germinación

En las pruebas con cloruro de 2,3,5- trifenil tetrazolio (TTC), se obtuvo un porcentaje de viabilidad del 100% y una calidad de la semilla del 88%, lo anterior calculó al considerar que todos los embriones de las semillas utilizadas (50) se tiñeron de rojo, lo que indicó actividad respiratoria, sin embargo, algunos de ellos (6) estaban colapsados o tenían alguna deformidad, por lo que se consideró que su probabilidad de germinación era baja (Fig. 9).



Fig. 9. Comparación entre dos embriones de *Ditaxis heterantha*, el que se señala con la flecha presentó reacción con el TTC.

El lote que recibió tratamiento con remojo en agua y se sometió a germinación directa, presentó una germinación irregular en cuanto al tiempo y número de semillas germinadas. Sólo germinó el 40% de las semillas y el proceso tardó cerca 23 días, estos resultados se muestran en las figuras 10 y 11.

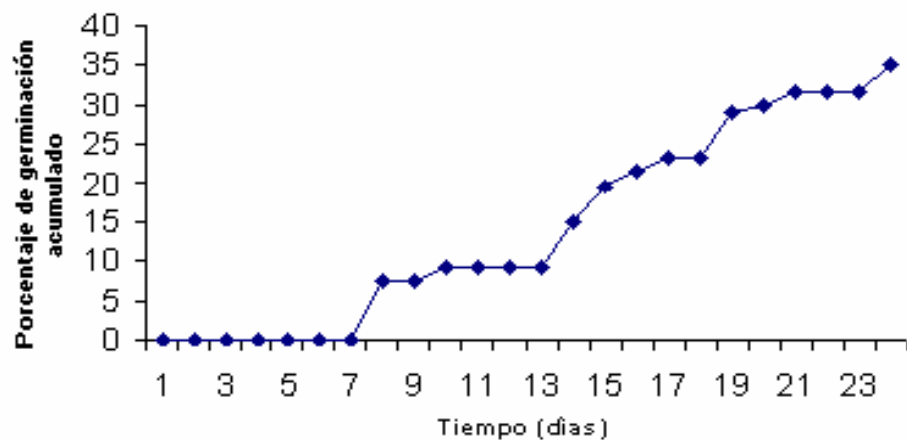


Fig. 10. Porcentaje de germinación directa en semillas de *Ditaxis heterantha*.



Fig. 11. Semillas germinadas en forma directa, el porcentaje fue bajo y la germinación irregular.

Debido a lo anterior y con base en los resultados de la prueba de cloruro de tetrazolio, se consideró que las semillas de *Ditaxis* requieren de algún tipo de tratamiento que favorezca su germinación, para elegir el tratamiento adecuado se consideraron las recomendaciones que se hacen en el manual para la clasificación de semillas y embriones de Atwater (1980). Para el caso de semillas endospermicas y con embrión lineal a espatulado como es el caso de *Ditaxis heterantha*, se eligió el remojo con agua destilada a temperatura ambiente (± 20 °C) durante 24 horas y un remojo en una solución de NaNO_3 al 2.5 % durante tres minutos. Bajo el tratamiento anterior, la germinación fue uniforme e inició 24 horas después y alcanzó el 96% a los 11 días (Figura 12).

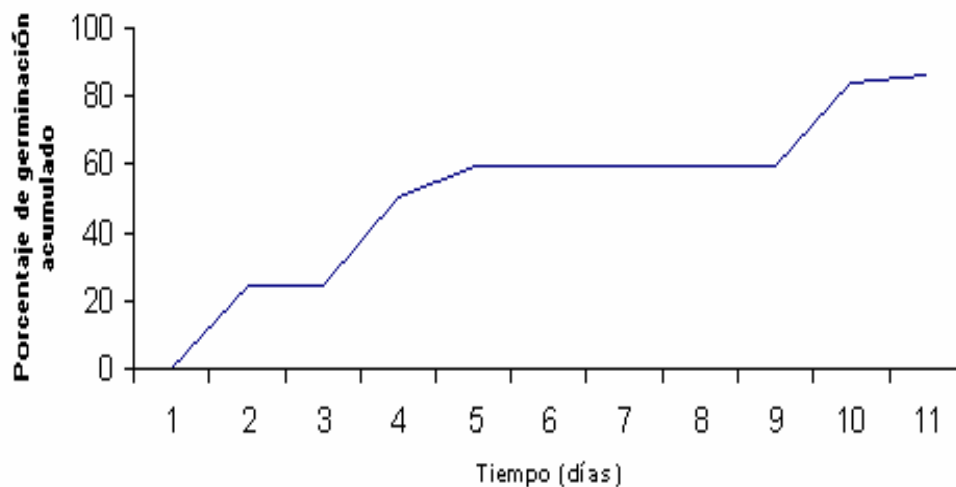


Fig. 12. Porcentaje de germinación de semillas de *ditaxis heterantha* tratadas con NaNO_3 al 100%.

5.3 Germinación y crecimiento

Ditaxis heterantha al igual que casi todas las euforbiáceas presenta germinación epigea y fanerocotilar, es decir, las envolturas y otros residuos seminales quedan dentro del sustrato, al erigirse el hipocótilo (Hayat, 1963; De Smet *et al.*, 1999). La cubierta seminal se rompe en tres partes, y se hace evidente la aparición de la radícula rodeada por el endospermo que en esta fase es abundante y de color amarillo. 48 horas después de la germinación, la radícula presenta una longitud de 1.5 cm en promedio, una coloración blanca y no muestra evidencia de apéndices laterales (Fig. 13).

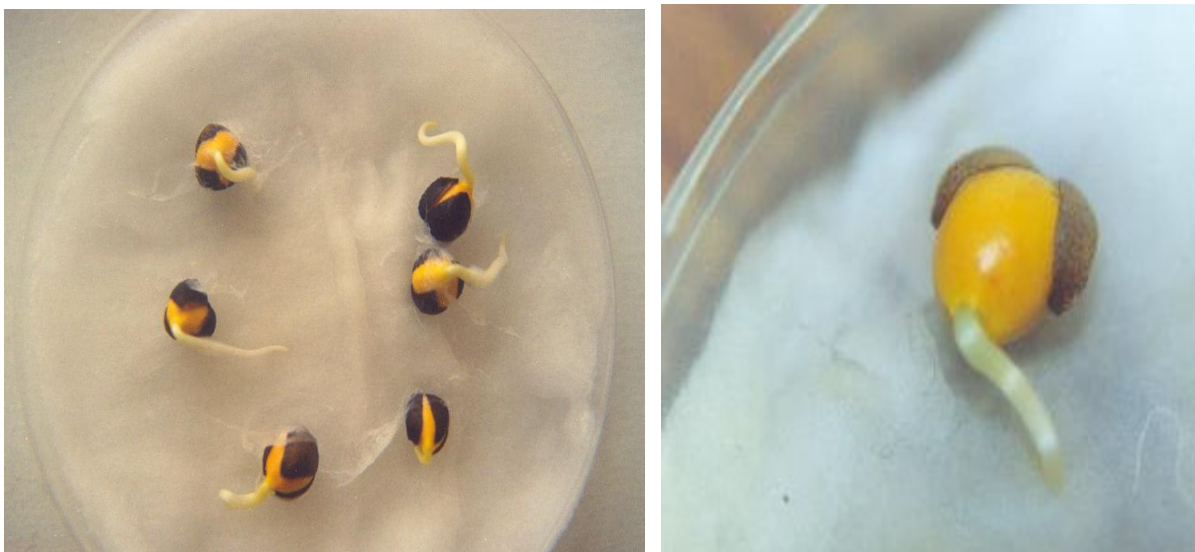


Fig. 13. Germinación de las semillas bajo el tratamiento con NaNO_3 , se observa que la emergencia de la radícula fue homogénea y la testa se abre en tres fracciones.

Al cuarto día después de la germinación (96 horas aproximadamente) el hipocótilo se ha desarrollado y presenta una longitud de 1.5 cm, un color verde claro, y evidencia de las primeras raíces secundarias (Fig. 14).

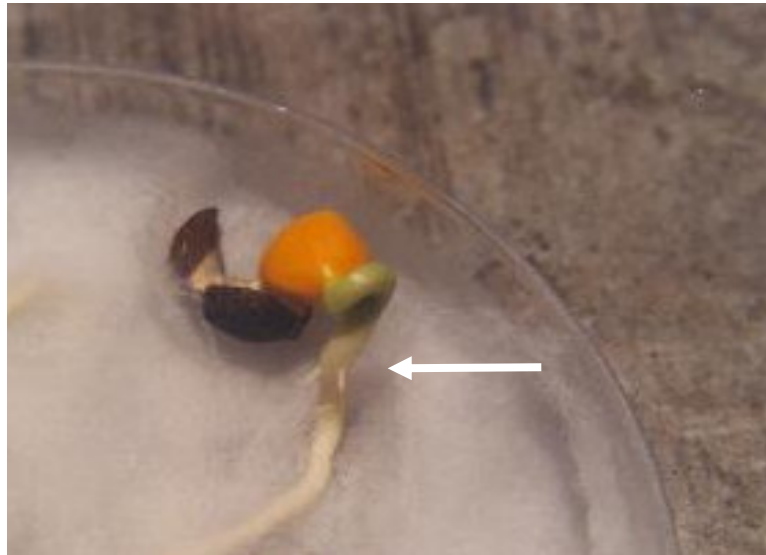


Fig. 14. Desarrollo del hipocótilo y primordios de raíces secundarias (flecha).

En esta fase se realizó el transplante a las macetas y se mantuvieron en condiciones de invernadero, a una temperatura diurna de 28 °C en promedio y de 22 °C durante la noche (Fig. 15).

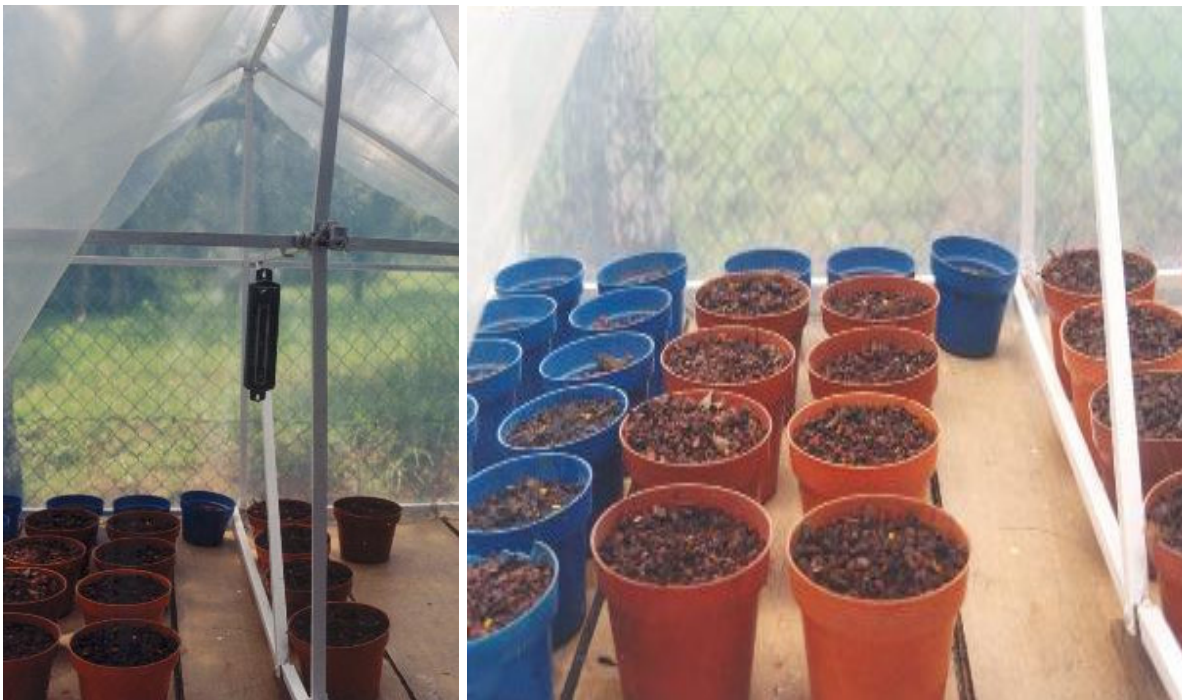


Fig. 15. Semillas germinadas y transplantadas a condiciones de invernadero.

Al tercer día del transplante (168 horas acumuladas) el hipocótilo emerge por arriba del suelo y jala a los cotiledones hacia arriba, estos todavía están cubiertos por un remanente considerable del endospermo. Los cotiledones se abren y extienden considerablemente, se vuelven verdes, y actúan como hojas normales, tienen forma diferente a los nomófilos que en esta fase no han aparecido (estadio cotiledonar) (Fig. 16).



Fig. 16. Emergencia de los cotiledones, se observan los remanentes del endospermo unidos al ápice (flecha).

Transcurridos tres días después de la fase anterior (240 horas acumuladas), los cotiledones miden 1.8 cm de largo por 1.5 cm de ancho, se observa la plúmula con los primordios de los nomófilos (Fig. 17).



Figura 17. Plántulas donde se observan los cotiledones desplegados e indicios del vástago con los primeros nomófilos (flechas).

Dos semanas después de la germinación, aparecen los dos primeros nomófilos y el eje alcanza una longitud de 5 a 8 cm, el primer entrenudo mide 3.4 cm en promedio y los nomófilos presentan la forma característica de la especie, ovado-lanceoladas y tienen 2.7 cm de largo por 1.2 cm de ancho (Fig. 18).



Fig. 18. Plántulas con cotiledones y nomófilos desarrollados (estadio de perfiles).

Tres semanas después, las plántulas alcanzan un tamaño de 20 a 28 cm, presentan 6 entrenudos y las hojas miden 6 cm de longitud y 3.0 cm de ancho (Fig. 19).



Fig 19. Plántulas con 21 días de desarrollo, se observan seis entrenudos y nomófilos con el tamaño promedio de la especie.

A la quinta semana las plántulas alcanzan un tamaño de 30 a 45 cm de altura y las hojas presentan la pubescencia característica de la planta adulta en esta fase se dice que han alcanzado el estadio de nomófilos adultos (Fig. 20).



Fig. 20. Plántulas con 35 días de desarrollo, se observa pubescencia en ambas superficies de la hoja y en las partes jóvenes del tallo.

El estudio de las especies en estadio de plántula es de gran valor debido a que el desarrollo de las mismas sigue un patrón propio de cada familia, género e incluso especie que es preciso conocer para poder apreciar la forma y magnitud con que las características del terreno pueden influir en la germinación y desarrollo posterior de las diferentes especies. Además es importante para investigaciones de ecología, por ejemplo, para conocer intervalos de relevamiento, efectuar censos de vegetación, estudios morfológicos y sistemáticos (Ibarra-Manríquez *et al.*, 2001). En la gran mayoría de los casos, la identificación de las especies es complicada porque la plántula es muy pequeña para presentar nomófilos, o si los presentan, éstos son muy diferentes a los nomófilos del ejemplar adulto. Para la descripción de la plántula se hace indispensable conocer con detalle todo el proceso de germinación y la morfología del embrión. Es importante también considerar la

morfología de las semillas, dado que en muchas especies la cubierta seminal permanece unida a los cotiledones después de que éstos se despliegan (Gartland *et al.*, 1990 y 1991; Orfila, 1995).

Una plántula es una planta que se origina a partir de una semilla y no por propagación vegetativa. En la mayoría de los casos el término "plántula" se refiere a individuos muy jóvenes. En este estudio se describieron 3 estadios de desarrollo de las plántulas, dicha clasificación basada principalmente en los trabajos de Díaz y Ríos (1993), Ricardi *et al.* (1987) y el De Castro-Oliveira y Pereira, (1987). El primer estadio se definió para plántulas que mostraron los cotiledones expuestos y plenamente desarrollados (Fig. 16 y 17), por lo que fue denominado estadio cotiledonar y se presentó tres días posteriores a la germinación, (en este estadio puede o no haber presencia de las primeras hojas verdaderas). El segundo estadio se alcanzó a los 14 días después de la germinación y fue definido para las plántulas que poseían las primeras hojas (prófilos) plenamente desarrolladas (Fig. 18). El tercer estadio fue definido para las plántulas con hojas que presentaban las características definitivas de las hojas adultas y que para la especie estudiada, consistió en la presencia de pubescencia abundante en el envés y el haz, misma que se manifestó después de 35 días de haber germinado las semillas (Fig. 20). El tiempo que se requiere para que las plántulas alcancen los estadios mencionados varía según la especie, por lo tanto, se requiere un minucioso cuidado para

aquellas especies en que las plántulas alcancen los diversos estadios en un tiempo relativamente corto.

6. CONCLUSIONES

Las flores de *Ditaxis Heterantha* al parecer están adaptadas para una polinización mediante insectos voladores. Las semillas de esta especie, están adaptadas para la dispersión autócora y un movimiento posterior propiciado por la pendiente del terreno y las corrientes de agua o aire. *Ditaxis Heterantha* es una especie que presenta germinación epigea y fanerocotilar. Para una germinación óptima, la especie requiere de un remojo en agua y un tratamiento con NaNO_3 .

Este estudio puede ser de importancia como antecedente para otros trabajos sobre la biología de la especie, y poder así proponerla como un cultivo alternativo y viable para los productores de las zonas áridas y semiáridas del País.

7. LITERATURA CITADA

- Anónimo 2005. Glossary of Spanish and Mexican Cooking Terms. www.lomexicano.com/glossary.htm (consultado 10 de septiembre 2005).
- Añez L.A., Coelho M.F., Albuquerque M.C. y Dombroski J. L. 2005. Caracterização morfológica dos frutos, das sementes e do desenvolvimento das plântulas de *Jatropha elliptica* Müll. Arg. (Euphorbiaceae). *Revista Brasileira Botânica* **28**:563-568.
- Arruda V.L.V. y Sazima M. 1996. Flores visitadas por sirfídeos (Diptera: Syrphidae) em mata mesófila de campinas, SP. *Revista Brasileira Botânica* **19**:109-117.
- Atwater B.R. 1980. Germination, dormancy and morphology of the seeds of herbaceous ornamental plants. *Seeds Science and Technology* **8**:523-573.
- Bansal R.P. y Sen D.N. 1981. Dispersal strategies in plants of the Indian Desert. *Journal of Arid Environments* **4**:3-14.
- Barroso M.B., Morin N.P., Peixoto A.L. y Ichaso C. L. 1999. Frutos e sementes. Morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Editora da UFV, Viçosa.
- Bell D.A. 1993. Plant Form. And illustrate guide to flowering plant morphology. Oxford university press.
- Beisnier F. 1989. Semillas biología y tecnología. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Berger F. 2003. Endosperm: the crossroad of seed development. *Current Opinion in plant Biology* **6**:42-50.
- Bewley J.D. y Black M. 1994. Seeds physiology of development and germination. Plenum Press. New York.
- Camacho M.F. 1994. Dormición de semillas causas y tratamientos. Ed. Trillas. México, D.F.
- Camargo S.A., Shircharn S.D. y García-García V. 2004. Phenology and seed production and germination of seven endemic *Mimosa* species of Tehuacan-Cuicatlan Valley Mexico. *Journal of Arid Enviroments* **58**:423-437.

- Casas A., Valiente-Banuet A. y Caballero J. 1998. La domesticación de *Stenocereus stellatus* (Pfeiffer) Riccobono (Cactaceae). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. **62**:129-140.
- Castillo G.A., Garduño M.A., Tover T.L. y Oropeza J. L. 1988. El Curso hídrico del manejo integral de una cuenca semiárida en el estado de Hidalgo. *Agrociencia*. **73**:125-136.
- Copeland L. 1976. Principles of seed science and technology. Burgess Publishing Company. Minneapolis.
- Cronquist A. 1977. Introducción a la botánica, Ed. CECSA. 2ª edición en español. México, D.F.
- Chiang F. y Lot A. 1986. (eds.) Manual de herbario. Consejo Nacional de la Flora de México. México, D.F.
- De Castro-Oliveira E. y Pereira T.S. 1987. Euphorbiaceae: Morfología da germinação de algumas espécies. *Revista Brasileira da Semestres* **9**:9-29.
- De Noir F.A., Bravo S. y Abdala R. 2002. Mecanismos de dispersión de algunas especies de leñosas nativas del Chaco Occidental y Serrano. *Quebracho* **9**:140-150.
- De Smet S., Van Damme P., Scheldeman X. y Romero J. 1999. Seed structure and germination of chirimoya (*Annona chirimola* Mill). *Acta Horticulturae* **497**:269-278.
- Díaz G.J. y Rios T.J. 1993. Identificación de la regeneración natural de árboles tropicales por la morfología de sus estadios iniciales. *Revista Forestal del Perú* **20**:35-61.
- Duffus C. y Slaughter C. 1985. Las semillas y sus usos. Ed. ATG editores. México, D.F.
- Esau K. 1985. Anatomía vegetal. Ed. Omega. Barcelona.
- Esser H.J. 2003. Fruit characters in Malesian Euphorbiaceae. *Telopea* **10**:169-177.
- Estrada L.E. 1984. Exploración Etnobotánica de las plantas Medicinales de México. Semanario de investigación resúmenes. UACH. Texcoco.

- Fahn A. 1990. Plant anatomy. Pergamon Press. London.
- Font-Quer P. 1979. Diccionario de Botánica. Ed. Labor. Barcelona.
- Foster S.A. y Janson C.H. 1985. The relationship between seed size and establishment conditions in tropical woody plants. *Ecology* **66**:773–780.
- Freitas L., Bernardello G., Galetto L. y Paoli A.A. 2001. Nectaries and reproductive biology of *Croton sacopetalus* (Euphorbiaceae). *Botanical journal of the Linnean Society* **136**:267-277.
- Friedman W.E. 2000. Developmental and evolutionary hypotheses for the origin of double fertilization and endosperm. *Life Sciences* **324**:559–567.
- Friedman W.E. 2006. Embryological evidence for developmental lability during early angiosperm evolution. *Nature* **441**:337-340.
- García M. 1994. Rehabilitación de tierras de cultivo abandonadas para la producción de carne en el altiplano central. Folleto técnico No. 1 Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Guadalajara.
- Gartland H.M., Bohren A.V., Muñoz D. y Ottenweller G.F. 1990. Descripción y reconocimiento de las principales especies forestales de la selva misionera en el estado de plántula. *Yvyrareta* **1**:67-90.
- Gartland H.M., Bohren A.V., Muñoz D. y Ottenweller G.F. 1991. Descripción y reconocimiento de las principales especies forestales de la selva misionera en estado de plántula. *Yvyrareta* **2**:70-101.
- González K.V. y Camacho M.F. 2000. Test on growing media for *Eysenhardtia polystachya* a promising species for planting on degraded areas of Mexico. *Seed and Science technology*. **28**:271-275.
- Hartman H.T. y Kester D.E. 1994. Propagación de plantas. Ed. CECSA México, D.F.
- Hayat M. 1963. Morphology of seed germination on seedling of *Annona squamosa*. *Botanical Gazette* **124**:360-362.
- Ibarra-Manríquez G., Ramos M.M. y Oyama K. 2001. Seedling functional types in a lowland rain Forest in Mexico. *American journal of Botany* **88**:1801-1812.

- Ingram J. 1980. The generic limits of *Argythamnia* (Euphorbiaceae) defined. *Gentes Herb* **11**:427-436.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1985. International rules for seed testing. Rules and annexes. 1985, pags. 327-328, 464-483 *In: Seed Science and technology*. Zürich. **13**:299-515.
- Jurado E., Westoby M. y Nelson D. 1991. Diaspore weight, dispersal, growth from and perennality of Central Australian plants. *Journal of Ecology* **80**:417-416.
- Khan A. 1980. The Physiology and Biochemistry of seed dormancy and germination. Elsevier. Amsterdam.
- Landrum L.R. y Stevenson D. 1986. Variability of embryos in Subtribe *Myrtinae* (Myrtaceae). *Systematic Botany* **11**:155-162.
- Leopold A.C. y Kriedemann P.E. 1975. Plant growth and development. *In: Muller S. y Liche P. (editors.)* Mc Graw- Hill. New York.
- Lugo C.E. 2003. Colorantes naturales usos y perspectivas, énfasis alimentario. *La Paleta de la naturaleza* **2**: 66-69.
- Mauseth J.D. 2003. Botany and introduction to plant biology. Jones and Bartlett publishers, Inc. Boston.
- Martínez M. 1937. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Ed. Botas. México, D. F.
- Martínez M. 1959. Plantas útiles de la flora Mexicana. Ed. Botas. México. D. F.
- Martínez G.M., Ramírez J.J., Cruz R., Juárez E., García R., Cervantes A. y Mejía R. 2002. Los géneros de la familia Euphorbiaceae en México. *Anales del Instituto de biología*, Universidad Nacional Autónoma de México, serie botánica **73**:155-281.
- Medrano C.H. 2002. Obtención de un inóculo endomicorrícico nativo para un agostadero semiárido degradado en Santiago de Anaya, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

- Méndez M.D., Flores C., Jaramillo M.E., Orozco F.I. y Lugo C.E. 2004. Chemical composition and current distribution of azáfran de bolita (*Ditaxis heterantha* Zucc; Euphorbiaceae): a food pigment producing plant. *Economyc botany* **58**:530-535.
- Mc Vaugh R. 1980. Karwinski's itineraries in Mexico 1827-1832 and 1841-1843. *Contribution of Michigan Herbarium* **14**:141-152.
- Mc Vaugh R. 1995. Euphorbiacearum sertum Novo-Galicianarum revisarum. *Contribution of Michigan Herbarium* **20**:173-215.
- Morton S.R. y Baynes A. 1985. Small mammal assemblages in arid Australia: A reapraisal. *Australian Mammalogy* **8**:159-169.
- Noura A.S., Martin A. y Puech S. 2001. Inflorescence architecture variability and its possible relationship to environment or age in a Mediterranean species, *Euphorbia nicaeensis* All. (Euphorbiaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* **136**:99-105.
- Oakwood M., Jurado E., Leishman M.R. y Westoby M. 1993. Geographic ranges of plant species in relation to dispersal morphology, growth form and diaspore weight. *Journal of Biogeography* **20**:563-572.
- Orfila E.N. 1995. Frutos, semillas y plántulas de la flora leñosa argentina. Ediciones Sur, Mar de la Plata.
- Patiño F., De La Garza P., Villagómez Y., Talavera I. y Camacho M.F. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. México, D.F. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Subsecretaría Forestal. Boletín Divulgativo N° 63.
- Radcliffe-Smith A. 2001. Genera Euphorbiacearum. Royal Botanical Gardens. Kew, Surrey. London.
- Raghavan V. 2003. Some reflections on double fertilization from its discovery to the present. *New Phytologist* **159**:565-583.
- Ricardi M., Hernández C. y Torres F. 1987. Morfología de plántulas de árboles de los bosques del estado Mérida. Talleres Gráficos de la Universidad de Los Andes. Mérida.
- Rost T.L., Barbour M.G., Thornton R.M., Weier T.E. y Stocking C. R. 1988. Botánica, Introducción a la Biología Vegetal. Ed Limusa México, D.F.

- Rzedowski J. 1978. La Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F.
- Rzedowski 1991. Diversidad y Orígenes de la Flora Fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana* **14**:3-23.
- Rzedowski G.C. y Rzedowski J. 2001. Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología A. C., Centro regional del Bajío. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. México, D. F.
- Scagel R.F.1987. El reino vegetal. Ed. Omega. Barcelona.
- Sigüenza R., Méndez M.D., Jaramillo M.E., y Lugo C.E. 2004. A proposal for an oleoresin extraction process from *Ditaxis heterantha* oilseeds and potential usefulness in semiarid zones. Memorias del International Society of Ethnobiology - Ninth International Congress Department of Anthropology at the University of Kent, Canterbury.
- Standley C.P. 1924. Tree and shrubs of Mexico, Contributions from the United States National Herbarium. Vol. 23. Washington.
- Steinmann V.W. 2002. Diversidad y endemismo de la familia Euphorbiaceae en México. *Acta Botánica Mexicana* **61**:61-93.
- Sultan E.S. 2000. Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. *Trends in plant Science* **12**:537-542.
- Vázquez V. 2000. El azafrán de bolita (*Ditaxis heterantha*) en el norte de Jalisco. Centro Regional Universitario de Occidente (Universidad Autónoma de Chapingo)- CIATEJ. Reporte técnico de un Estudio de campo. Guadalajara.
- Venkata R.C. y Ramalakshmi T. 1968. Floral anatomy of some Euphorbiaceae. I. Non-cyathium taxa. *Journal of Indian Botanical Society* **47**:278-300.
- Weberling F. 1989. Morphology of flowers and inflorescences. Cambridge University Press. Cambridge.
- Webster G.L. 1994. Synopsis of the genera and suprageneric taxa of Euphorbiaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **81**:33-144.
- Whitford W.G. 1986. Pattern and process in desert ecosystem. University of New Mexico- Press. Albuquerque.

- Wiegand K., Jeltsch F. y Ward D. 1999. Analysis of the population dynamics of *Acacia* trees in the negev desert, Israel with a spatially-explicit computer simulation model. *Ecological Modelling* **117**:203-224.
- Willan R.L. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales, estudio con especial referencia a los trópicos. FAO. *Montes* **20**:2-12.
- Zomlefer B.W. 1994. Guide to Flowering Plant Families. The University of North Carolina Press. USA.