

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

Germinación en vivero de zaya (*Amoreuxia palmatifida* DC.), una especie amenazada y con potencial como nuevo cultivo para las zonas áridas de Sonora, México

TESIS

JESÚS MARTIN LOPEZ DESSENS

JUNIO DE 2017

Repositorio Institucional UNISON



“El saber de mis hijos
hará mi grandeza”



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

Germinación en vivero de zaya (*Amoreuxia palmatifida* DC.), una especie amenazada y con potencial como nuevo cultivo para las zonas áridas de Sonora, México

TESIS

JESÚS MARTIN LOPEZ DESSENS

JUNIO DE 2017

Germinación en vivero de zaya (*Amoreuxia palmatifida* DC.), una especie amenazada y con potencial como nuevo cultivo para las zonas áridas de Sonora, México

TESIS

Sometida a la consideración del

Departamento de Agricultura y Ganadería

de la

Universidad de Sonora

Por

Jesús Martín López Dessens

Como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo

Junio de 2017

Esta tesis fue realizada bajo la dirección del consejo particular, aprobada y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

INGENIERO AGRÓNOMO

CONSEJO PARTICULAR:

DIRECTOR:



DR. HERNÁN CELAYA MICHEL

ASESOR:



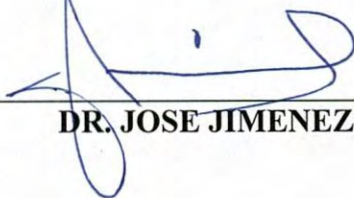
DR. MIGUEL ÁNGEL BARRERA SILVA

ASESOR:



DR. ANDRÉS OCHOA MEZA

SUPLENTE:



DR. JOSÉ JIMÉNEZ LEÓN

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por darme la oportunidad de crecer en mi vocación y por darme las fuerzas para terminar mis estudios.

A MI FAMILIA

A todos y cada uno desde mi padre Rubén López Gonzáles hasta mi último hijo Jesús Martín López Amparano.

A MI DIRECTOR

Hernan Celaya Michel, por su apoyo recibido y el acompañamiento de mi trabajo de tesis; también por sus consejos no solamente de director, sino como de un amigo sincero.

A MIS AMIGOS

Gracias por el apoyo recibido y apoyarme en la realización de este proyecto y sobre todo por compartir su amistad.

A MIS MAESTROS

Jesús Anaya Islas, Jorge Luis Sánchez Briceño, Rene Molina Bravo, por su gran disposición y apoyo a lo largo de mi carrera, puesto que estuvieron al pendiente en la realización de este proyecto.

A MI DEPARTAMENTO

Departamento de Agricultura y Ganadería por haberme propiciado el espacio para conocer las cualidades que se necesita en el trabajo agronómico, dentro del área profesional.

CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS	v
RESUMEN	vi
INTRODUCCIÓN	1
LITERATURA REVISADA	3
Situación actual de los recursos naturales a nivel global	3
El Desierto Sonorense y sus plantas nativas	9
Usos de los recursos naturales de Sonora	11
<i>Amoreuxia palmatifida</i>	16
Germinación de semillas de plantas	17
Métodos para romper la latencia y acelerar la germinación	20
Estratificación	20
Lixiviación de inhibidores	21
Escarificación	21
Remojado en agua	22
MATERIALES Y MÉTODOS	23
Sitio de estudio	23
Tratamientos de germinación	23
Análisis Estadístico	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
Germinación de semillas de zaya	26
Producción de semillas en condiciones naturales y silvestres	27
Estimación de la producción de semillas de zaya por hectárea	28
Otros usos de la zaya	29
CONCLUSIONES	32
LITERATURA CITADA	33

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	Pag.
Cuadro 1. Distribución, usos de suelo y población de las zonas áridas a escala mundial (Reynolds <i>et al.</i> , 2005)	5
Cuadro 2. Algunos efectos de la agricultura, la ganadería, la actividad forestal y la pesca en los servicios ecosistémicos (FAO, 2006)	7
Cuadro 3. Plantas de Sonora en la lista de la Norma Oficial NOM-O59-SEMARNAT-2010 (Modificado de: Van Devender <i>et al.</i> , 2010)	14
Cuadro 4. Plantas de Sonora en el listado de especies del gobierno de Estados Unidos (Modificado de: Van Devender <i>et al.</i> , 2010)	15
Cuadro 5. Numero de semillas por cápsula de zaya de poblaciones silvestres y de plantas cultivadas en vivero.	29
Cuadro 6. Cantidad y peso de semillas de zaya de poblaciones silvestres y de plantas cultivadas en vivero.	29
Figura 1. Divisiones del Desierto Sonorense (Shreve, 1951).	10
Figura 2. Plantas de zaya obtenidas de la germinación de semillas, con malla protectora contra herbívoros.	24
Figura 3. Tubérculos obtenidos a partir de semilla de zaya	25
Figura 4. Germinación de zaya (<i>Amoreuxia palmatifida</i>) bajo diferentes tratamientos	26
Figura 5. Flor de zaya siendo polinizada por abejas	30
Figura 6. Planta con flor de zaya, cultivada en jardín botánico DAG - Unison	30
Figura 7. Poblaciones naturales de zaya en terreno semi perturbado sobre la carretera a Bahía de Kino, Hermosillo Sonora México	31

RESUMEN

Las necesidades de alimento de la población humana van en aumento, y la degradación de ecosistemas también, en ese sentido, la seguridad alimentaria se ve amenazada. Recuperar especies en riesgo de ecosistemas naturales e incluso contar con un nuevo cultivo puede aportar para cubrir dicha demanda de alimento. La zaya (*Amoreuxia palmatifida* DC.) ha servido de alimento antes y después de la llegada de los colonizadores europeos en varios estados del noroeste de México y suroeste de los Estados Unidos. Hace más de cien años hay autores recomendando a la zaya como una planta nativa con potencial de ser cultivada, uno de los problemas a superar ha sido su dificultad para germinar de sus semillas, y el desconocimiento de aspectos agronómicos de esta planta. Actualmente la zaya está en estatus de riesgo dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, por lo cual es importante conocer aspectos, que puedan ayudar a programas de manejo para recuperar las poblaciones naturales de esta especie. En este estudio se evaluaron tratamientos de germinación de las semillas de zaya. Encontramos que semillas escarificadas físicamente mediante el lijado fueron las únicas que germinaron, en comparación con tratamientos de remojo por 24 h y adición de agua hirviendo. Estimaciones en base a nuestros resultados nos arrojan un resultado de 428kg de semilla por hectárea, como posible rendimiento si se cultivara la zaya de manera comercial. Con estos resultados se puede ver la factibilidad de multiplicar esta especie en vivero y obtener propágulos para su reincorporación a terrenos degradados. Es necesario continuar investigando más aspectos ecológicos y agronómicos de la zaya, una planta con gran potencial de alimentación animal, humana, de uso ornamental y posible uso medicinal.

Palabras claves: *Uso de la Biodiversidad; Flora; Desierto Sonorense; Tamaqui,*

INTRODUCCIÓN

La población humana tiene retos importantes en materia de seguridad alimentaria. En el mundo 795 millones de personas que carecen de los alimentos necesarios para disfrutar de una vida activa y saludable (FAO, FIDA y PMA, 2015). Esto hace más retador el objetivo de la reducción del hambre, ante escenarios de cambio climático global, aunado con las tendencias mundiales de pérdida de la biodiversidad, degradación de ecosistemas y sus servicios (UNCCD, 1994; MEA, 2005).

Desde tiempos de nuestros antepasados, se utilizaban plantas silvestres como fuente de alimentos (Gentry, 1963), no es la excepción para el Desierto Sonorense, donde los primeros pobladores consumían muchas de las plantas nativas (Felger y Moser, 1976). Entre ellas destaca la zaya (*Amoreuxia palmatifida*) de la cual los nativos de Sonora consumían flores, frutos, semillas y raíces tuberosas (Felger y Moser, 1976).

Adicionalmente la zaya (*Amoreuxia palmatifida*) sirvió para la alimentación humana de los primeros colonizadores europeos en Baja California (Aschmann, 1959; Gentry, 1963), Sonora (Watson, 1889; Beals, 1945; Felger y Moser 1976), Chihuahua y Sinaloa (Palmer, 1878; Havard, 1895), reconocida como una planta de gran potencial ornamental y de alimentación para la humanidad (Gentry 1959; Hodgson, 2001; Yetman y Van Devender, 2001).

Varios autores han mencionado la necesidad de investigar el potencial de la zaya como un nuevo cultivo (Gentry 1959; Hodgson, 2001; Yetman y Van Devender, 2001) y al estar en la NOM-059-SEMARNAT-2010, para su recuperación en terrenos naturales (Van Devender *et al.*, 2010). Una de las limitantes del estudio y cultivo de esta planta es la germinación de sus semillas, documentada como difícil y un reto a superar (Hodgson, 2001).

En este trabajo se pretende tener una primera aproximación sobre como germinar las semillas de zaya; que aporte conocimiento útil para su recuperación en terrenos naturales y como un posible nuevo cultivo, con potencial de alimento de ganado y humano, además de otros usos potenciales como el ornamental y el medicinal.

LITERATURA REVISADA

Situación actual de los recursos naturales a nivel global

La población humana ha hecho uso de los recursos naturales desde tiempos antiguos, sin embargo, últimamente está provocando un ritmo jamás conocido de transformación de los sistemas naturales y degradación de los terrenos (Lindenmayer y Fischer, 2006). Actualmente y hacia el futuro, la humanidad tiene retos importantes en materia de seguridad alimentaria por la cantidad de alimento requerido para alimentar a la creciente población, por la degradación de los terrenos y por el cambio climático global (FAO, 2006).

En el mundo se reportan 795 millones de personas que carecen de los alimentos necesarios para disfrutar de una vida activa y saludable (FAO, FIDA y PMA, 2015). Las necesidades crecientes de alimento de la población deben saciarse con las actividades productivas donde se aprovechan los recursos naturales, ahí una pregunta importante es ¿Cuál es el estatus de los recursos naturales y sus ecosistemas?. Un ejemplo, considerando sólo entre los años 2000 y 2005 se estima que se perdió una media anual de cobertura forestal de 130,000 km², en su mayoría con fines ganaderos, agrícolas y por la urbanización (FAO, 2006). Destaca entonces, que la pérdida y fragmentación de hábitats estén entre las principales causas de pérdida de biodiversidad a escala planetaria (FAO, FIDA y PMA, 2015).

Varias instancias han reconocido desde hace tiempo que gran parte del planeta se está degradando y llegando a un estatus de daño, de dificultad de recuperación en el tiempo o de gran cantidad de recursos económicos necesarios para revertirlo, denominándolo desertificación (UNCCD, 1994; MEA, 2005).

La desertificación consiste en la degradación de la tierra en zonas áridas, semi-áridas y áridas sub-húmedas. La degradación de tierra es el resultado de diferentes factores tales como variaciones climáticas, actividades humanas, específicamente las complejas interacciones entre los factores físicos, biológicos, políticos, socio-culturales y económicos. La degradación de tierra puede ocurrir en cualquier lugar, pero sólo cuando ocurre en áreas áridas, semi-áridas y áridas subhúmedas se denomina desertificación (UNCCD, 1994).

Las zonas áridas cubren casi el 40% de la superficie terrestre (incluyen zonas áridas, semiáridas y sub húmedo seco; Tabla 1) y en ellas vive el 37% de la población mundial (Reynolds *et al.*, 2005). En esta superficie los matorrales son dominantes con el 24%, seguido de zonas de cultivo con el 20%, y 15% de zonas esteparias, herbazales 13%, bosques 8% y zonas urbanas con 3%. Se desconoce con precisión la superficie afectada por la desertificación, sin embargo, organismos oficiales estiman que el 70% de toda la superficie ocupada por las zonas áridas está afectada por la desertificación (UNCCD, 2000). Estas estimaciones son alarmantes por la extensión mundial que puede estar ante degradación y desertificación.

Cuadro 1. Distribución, usos de suelo y población de las zonas áridas a escala mundial (Reynolds *et al.*, 2005).

a. Distribución de las zonas áridas (millones de ha)					
	Árido	Semiárido	Seco-subhúmedo	% sobre el total de z. áridas	% sobre total área continental
Asia	625.7	693.4	352.7	31.7	46
África	503.5	513.8	268.7	31.9	66
Europa	11.0	105.2	183.5	4.9	32
América del Sur	44.5	264.5	207.0	8.8	31
América del Norte	81.5	419.4	231.5	12.0	34
Oceanía	303.0	309.0	51.3	10.8	75
Totales	1569.2	2305.3	1294.7	5169.2	47.2
b. Distribución de las zonas áridas (Miles de km ²)					
	Árido	Semiárido	Seco-subhúmedo	Totales	% sobre total área continental
Matorrales	6834	5344	499	12677	24
Cultivos	469	5299	4747	10515	20
Formaciones abiertas	834	4018	3026	7878	15
Herbazales	1808	4728	649	7185	13
Bosques	114	1402	2839	4355	8
Zonas urbanas	257	818	658	1733	3
Otras	5594	2130	1491	9215	17
Totales	15910	23739	13909	53558	100
c. Distribución de la población humana (millones de habitantes)					
	Árido	Semiárido	Seco-subhúmedo	Totales	Población que vive en zonas áridas (%)
Asia (incluye Rusia)	161554	625411	657899	1444906	42
África	40503	117649	109370	267563	41
Europa	629	28716	111216	140586	25
América del sur	6331	46852	33777	86990	30
América del norte	6257	41013	12030	59323	23
América central y Caribe	6494	12888	12312	31719	25
Oceanía	275	1342	5318	6960	25
Totales	222043	872871	941922	2038047	37

La degradación del terreno y la desertificación se encuentran entre los principales problemas a los que se enfrentan las zonas de clima árido, semiárido y seco-subhúmedo

(Reynolds y Stafford Smith, 2002), han sido descritas por las Naciones Unidas como uno de los aspectos del cambio global más importantes (UNCCD, 1994). Como prueba de su importancia, la desertificación, al igual que el cambio global y la biodiversidad, son objeto de una convención internacional de la ONU, la Convención para la Lucha contra la Desertificación.

No todos los efectos de las actividades productivas son negativos, es muy importante destacar que también existen efectos positivos de estas actividades que contribuyen sobre los servicios de los ecosistemas (Tabla 2; FAO, 2006). Los servicios ecosistémicos son los beneficios que la naturaleza proporciona a la sociedad y al medio ambiente, donde la biodiversidad, es decir, la diversidad existente entre los organismos vivos, es esencial para la función de los ecosistemas y para que estos presten sus servicios (Chapin *et al.*, 2002).

La evaluación de los ecosistemas del milenio (MEA, 2005), clasifican los servicios de los ecosistemas como de provisión, culturales y de regulación. Los servicios de provisión incluyen la obtención de alimentos por ejemplo de cultivos, de ganado, de alimentos silvestres, etc., además de la obtención de agua, fibra y recursos genéticos, estos últimos de la biodiversidad de plantas y otros seres vivos de los ecosistemas naturales (Chapin *et al.*, 2002). Los culturales están ligados a la recreación, al ecoturismo, a los valores espirituales y estéticos. Los servicios de regulación están ligados al clima, aire, agua, además de la regulación de riesgos naturales (MEA, 2005).

Cuadro 2. Algunos efectos de la agricultura, la ganadería, la actividad forestal y la pesca en los servicios ecosistémicos (FAO, 2006).

Efectos positivos	Efectos negativos
La agricultura proporciona hábitats a las especies silvestres y crea paisajes con valor estético	Los plaguicidas, así como la homogeneización del paisaje, pueden reducir la polinización natural
Los bosques ayudan a mantener ecosistemas acuáticos saludables y proporcionan fuentes fiables de agua limpia	La deforestación y la ordenación deficiente pueden hacer aumentar las inundaciones y los corrimientos de tierras durante los ciclones
Los excrementos animales pueden ser una fuente importante de nutrientes y de dispersión de semillas y pueden mantener la fertilidad de los suelos en los pastizales	El exceso de excrementos animales y su gestión deficiente pueden conllevar la contaminación del agua y poner en peligro la biodiversidad acuática
La acuicultura sostenible e integrada puede mejorar la función de protección contra inundaciones que ejercen los manglares	La pesca excesiva tiene consecuencias devastadoras en las comunidades de los océanos, puesto que desestabiliza la cadena alimentaria y destruye los hábitats naturales de numerosas especies acuáticas

En las últimas décadas, la humanidad ha transformado los ecosistemas más rápida y extensamente que en ningún otro período de tiempo de la historia, para cubrir las demandas crecientes de alimentos, agua dulce, madera, fibra y combustibles (MEA, 2005). Esta transformación del planeta ha aportado considerables beneficios netos para el bienestar humano y el desarrollo económico (UNCCD, 1994).

Además los problemas principales relacionados con nuestro uso de los recursos naturales, la mayoría de los aprovechamientos están siendo de manera no sostenible (Chapin *et al.*, 2002), cambiando el funcionamiento de los ecosistemas (Celaya *et al.*, 2015), están aumentando la probabilidad de cambios acelerados, abruptos y potencialmente irreversibles y la degradación de los servicios de los ecosistemas está contribuyendo al aumento de las desigualdades y disparidades entre los grupos de personas, lo que, en ocasiones, es el principal factor causante de la pobreza y del conflicto social (MEA, 2005).

La Evaluación de Ecosistemas del Milenio, arroja cuatro conclusiones principales, que nos dan una idea de la situación global de los ecosistemas y sus servicios que nos prestan actualmente y su posible situación futura (MEA, 2005):

“Conclusión nº 1: En los últimos 50 años, los seres humanos han transformado los ecosistemas más rápida y extensamente que en ningún otro período de tiempo comparable de la historia humana, en gran parte para resolver rápidamente las demandas crecientes de alimento, agua dulce, madera, fibra y combustible. Esto ha generado una pérdida considerable y en gran medida irreversible de la diversidad de la vida sobre la Tierra”.

“Conclusión nº 2: Los cambios realizados en los ecosistemas han contribuido a obtener considerables beneficios netos en el bienestar humano y el desarrollo económico, pero estos beneficios se han obtenido con crecientes costos consistentes en la degradación de muchos servicios de los ecosistemas, un mayor riesgo de cambios no lineales, y la acentuación de la pobreza de algunos grupos de personas. Estos problemas, si no se los aborda, harán disminuir considerablemente los beneficios que las generaciones venideras obtengan de los ecosistemas”.

“Conclusión nº 3: La degradación de los servicios de los ecosistemas podría empeorar considerablemente durante la primera mitad del presente siglo y ser un obstáculo para la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio”.

“Conclusión nº 4: El desafío de revertir la degradación de los ecosistemas y al mismo tiempo satisfacer las mayores demandas de sus servicios puede ser parcialmente resuelto en algunos de los escenarios considerados por la Evaluación, pero ello requiere que se introduzcan cambios significativos en las políticas, instituciones y prácticas, cambios que actualmente no están en marcha. Existen muchas opciones para conservar o fortalecer servicios específicos de los ecosistemas de forma que se reduzcan las elecciones negativas que nos veamos obligados a hacer o que se ofrezcan sinergias positivas con otros servicios de los ecosistemas”.

En un tiempo relativamente corto la vegetación de México ha sufrido extensas alteraciones antrópicas. Muy pocas áreas del territorio nacional contienen aún comunidades ecológicas inalteradas. La huella de la deforestación, las quemadas de monte, el sobrepastoreo y sus consecuencias sobre la vegetación y el suelo fértil están a la vista en casi cualquier paisaje del país. Ante esta situación de tan graves consecuencias sobre la productividad del campo y la conservación de la biodiversidad, surge como una prioridad inaplazable el comenzar a desarrollar procedimientos para revertir este terrible deterioro de una manera inteligente (Vázquez *et al.*, 1999).

Un recurso fundamental para lograr lo anterior lo constituyen las especies vegetales herbáceas y leñosas nativas que tengan la potencialidad de crecer en zonas profundamente alteradas y que, con el tiempo, permitan la recuperación de la fertilidad del suelo, un microclima y un ciclo hidrológico similares a los originales y el restablecimiento al menos en parte de la flora y fauna nativa que aún sobrevive en algunos sitios.

El Desierto Sonorense y sus plantas nativas

El Desierto Sonorense comprende un área de 310,000 km² sobre la mayor parte del estado de Sonora y de la península de Baja California (Figura 1), junto con las islas del Mar de Cortés, en México, así como en la mitad sur de Arizona y el extremo sureste de California, en Estados Unidos (Shreve, 1951); cuenta con siete divisiones, las cuales fueron reconocidas por Forrest Shreve en 1951 (Figura 1): 1. Valle del Bajo Colorado, 2. Tierras Altas de Arizona, 3. Llanos de Sonora, 4. Pies de Monte de Sonora, 5. Costas Centrales del Golfo, 6. Región de Vizcaíno y 7. Región de Magdalena. Existe una gran diversidad de plantas en las divisiones del desierto sonorense, usadas principalmente por la ganadería (Camou, 1990) y con potencial de varios usos para la humanidad como alimenticio, medicinal, ornamental, etc. (Felger y Moser, 1976). Con estas especies los humanos han estado íntimamente vinculados, y han sido actores trascendentales respecto a los cambios que han experimentado. En el continente americano, el hombre

ha coexistido durante los últimos 15 mil años, con especies vegetales, animales, fúngicas y microbianas de distintos ecosistemas, mediante relaciones que tienen que ver con el alimento, el vestuario, la habitación, la salud y otros aspectos (Sánchez, 2005).

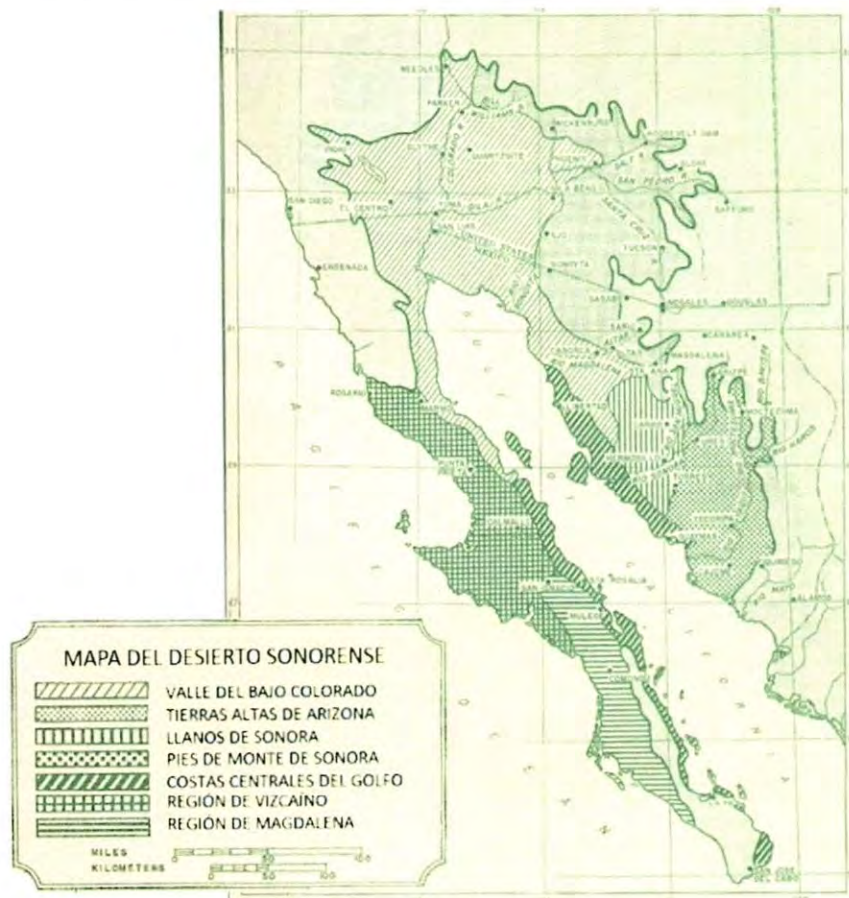


Figura 1. Divisiones del Desierto Sonorense (Shreve, 1951).

Las condiciones para el desarrollo de plantas en el Desierto Sonorense están limitadas por la disponibilidad de agua (Noy-Meir, 1973), disponibilidad de nutrientes (García-Moya y McKell, 1970; Chapin *et al.*, 2002) y por interacciones como la facilitación (Hernández, 2006); sin embargo, existe una amplia diversidad de formas de

vida vegetal como zacates y hierbas, árboles y arbustos, cactáceas, y plantas con raíces tuberosas entre otras (Whitford, 2002).

El Desierto Sonorense destaca por su gran diversidad de plantas, estimada en 3300 especies vegetales, de las cuales la mitad son endémicas (Hernández, 2006). La vegetación del Desierto Sonorense, aún tiene mucho potencial de estudio, en varios temas para proveer de satisfactores a la humanidad (Philips y Comus, 2000). La conservación de la biodiversidad de plantas está ligada a la conservación de los ecosistemas naturales (Whitford, 2002), el cual ha sufrido deterioro por actividades humanas como la ganadería y la minería (Van Devender *et al.*, 2010).

Usos de los recursos naturales de Sonora

Algunos de los usos de los recursos naturales de Sonora, en su parte árida y semiárida, han sido el pastoreo extensivo, la cosecha de leña, la agricultura de riego, los desmontes para establecer praderas de buffel y establecimiento de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (Castellanos *et al.*, 2010). El pastoreo extensivo es una forma de ganadería que data de siglos de utilización en Sonora, se desconoce su efecto en la biodiversidad de plantas nativas (Bryant *et al.*, 1990; Camou, 1990; 1998; Castellanos *et al.*, 2010), pero hay indicadores de cambios en reservorios de agua y nitrógeno del suelo al eliminar la mayor parte de la vegetación natural de ranchos ganaderos (Celaya *et al.*, 2015).

Como parte de la actividad ganadera en busca de tener más comida para alimentar al ganado, en 1957 se introdujo al estado de Sonora, México, el zacate buffel (*Pennisetum ciliare* (L.) Link; = *Cenchrus ciliaris* L.), una especie originaria de África y Asia, se establece por desmontes, en sabanas dominadas por el zacate y árboles remanentes (Patrocipis, 1995). Se estima que 1.6 millones de hectáreas han sido desmontadas y sembradas con este zacate en el estado de Sonora (Búrquez *et al.*, 2002).

El uso de elementos de la biodiversidad implica alteración de los ecosistemas

locales. Mientras los grupos humanos fueron pequeños y nómadas, quizá la restauración no fue una preocupación para ellos pues, eventualmente, podrían pasar lapsos largos antes de que el grupo volviera a cazar y recolectar en un mismo sitio. Pero con el advenimiento de la agricultura, que ocurrió en varias partes del mundo, la vida se hizo más sedentaria y probablemente el uso de muchos recursos silvestres se intensificó localmente. Esto generó una nueva preocupación: la necesidad de dar algún tipo de mantenimiento al entorno natural cercano, para evitar que otros recursos, particularmente los no cultivables, como caza, leña, frutos silvestres, juncos para cestería y otros, se agotaran (Sánchez, 2005). Numerosos ejemplos de grupos indígenas en América muestran que éstos desarrollaron prácticas de manejo para restaurar, en alguna medida, los daños causados por el propio uso de las tierras y sus recursos bióticos. (Nabhan, 2003; Fowler *et al.*, 2003).

Tan antigua como esto es la noción intuitiva de la restauración ecológica. Los efectos sobre la conservación en los ecosistemas de Sonora por actividades ganaderas se desconocen (Búrquez *et al.*, 2002), sin embargo, el establecimiento de sabanas de buffel modifica de manera más evidente la biodiversidad por la eliminación de la cubierta vegetal inicial (Van Devender *et al.*, 2010). Las sabanas de buffel han mostrado resultados negativos, poniendo en duda la sustentabilidad de esta práctica ganadera (Castellanos *et al.*, 2010; Celaya *et al.*, 2015).

La sucesión ecológica en algunas áreas sembradas con buffel ha llevado a que especies naturales regresen y colonicen con el paso de los años, estas especies han recibido el nombre de "invasoras" (Patrocipés, 1995), algunas de las especies mencionadas como pioneras en la sucesión son el chírahui (*Acacia cochliacantha*), rama blanca (*Encelia farinosa*), vinorama (*Acacia farnesiana*), uña de gato (*Mimosa laxiflora*), romerillo (*Baccharis sarothroides*), gobernadora (*Larrea tridentata*), chicura (*Ambrosia ambrosioides*), el pintapan (*Abutilon abutiloides*), choya (*Opuntia sp.*) y mezquite (*Prosopis juliflora*; Patrocipés, 1995; Philips y Comus, 2000). Sin embargo muchas especies no regresan rápidamente, incluso se pone en riesgo su conservación y

algunas de ellas están en la lista de plantas en riesgo NOM-059-SEMARNAT-2010 (Van Devender *et al.*, 2010).

Por otro lado, finalmente se ha generalizado la percepción de que los seres humanos debemos considerarnos, sin duda, parte actuante dentro de los procesos que ocurren en los ecosistemas, lo cual es especialmente relevante por la intensidad, extensión y recurrencia de los disturbios que logramos ocasionar y que suelen exceder, con mucho, a los que causan otros agentes bióticos (Sánchez, 2005).

El estado de Sonora cuenta con 3237 especies de plantas nativas (Van Devender *et al.*, 2010). Se desconoce mucho de estas especies, en lo relativo a sus usos potenciales, su función e impacto en el ecosistema y su estatus actual de conservación (Castellanos *et al.*, 2010). Algo de los que si se conoce, es que ya varias especies de Sonora están incluidas en alguna categoría de riesgo (Tabla 2). Muy conocido el caso del palo fierro (*Olneya tesota*) y algunas cactáceas. Menos conocido es el caso de *Amoreuxia palmatifida*, que está sujeta a protección especial en México, pero que contrariamente en los EUA no se encuentra enlistada como amenazada (Tabla 3), allí otra especie del mismo género es la que se considera bajo riesgo, la especie *Amoreuxia gonzalezii* (Van Devender *et al.*, 2010).

Cuadro 3. Plantas de Sonora en la lista de la Norma Oficial NOM-O59- SEMARNAT-2010 (Modificado de: Van Devender *et al.*, 2010).

<i>P (Peligro de Extinción)</i>	<i>A (Amenazada)</i>	<i>Pr (Protección especial)</i>
<i>Dioon edule</i>	<i>Agave parviflora</i>	<i>Abies concolor</i>
<i>Eichhornia azurea</i>	<i>Agave polianthiflora</i>	<i>Amoreuxia palmatifida</i>
<i>Echinomastus erectocentrus</i>	<i>Echinocereus lauii</i>	<i>Avicennia germinans</i>
<i>Litsea glaucescens</i>	<i>Echinomastus intertextus</i>	<i>Brahea nitida</i>
<i>Selaginella porphyrospora</i>	<i>Erythea aculeata</i>	<i>Conocarpus erecta</i>
<i>Tilia mexicana</i>	<i>Galium pilosum</i>	<i>Crusea coronata</i>
	<i>Hamatocactus uncinatus</i>	<i>Cupressus lusitanica</i>
	<i>Juglans major</i>	<i>Echinocereus bristolii</i>
	<i>Lilium parryi</i>	<i>Echinocereus leucanthus</i>
	<i>Psilotum complanatum</i>	<i>Echinocereus stoloniferus</i>
	<i>Rumex orthoneurus</i>	<i>Echinocereus subinermis</i>
	<i>Smilacina racemosa</i>	<i>Ferocactus cylindraceus</i>
	<i>Smilacina stellata</i>	<i>Guaiacum coulteri</i>
	<i>Tabebuia palmeri</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>
	<i>Tabebuia chrysantha</i>	<i>Mammillaria boolii</i>
	<i>Thermopsis montana</i>	<i>Mammillaria hertrichiana</i>
	<i>Trifolium wormskioldii</i>	<i>Mammillaria johnstonii</i>
		<i>Mammillaria marksiana</i>
		<i>Mammillaria miegiana</i>
		<i>Mammillaria saboae</i>
		<i>Mammillaria yaquensis</i>
		<i>Manfreda planifolia</i>
		<i>Olneya tesota</i>
		<i>Oserya coulteriana</i>
		<i>Ostrya virginiana</i>
		<i>Peniocereus greggii</i>
		<i>Peniocereus marianus</i>
		<i>Pinus flexilis/P. reflexa</i>
		<i>Rhizophora mangle</i>
		<i>Sabal uresana</i>
		<i>Tripsacum zopilotense</i>
		<i>Yucca grandiflora</i>
		<i>Zigadenus virescens</i>

Cuadro 4. Plantas de Sonora en el listado de especies del gobierno de Estados Unidos (Modificado de: Van Devender *et al.*, 2010).

<i>E (Peligro de Extinción)</i>	<i>C (Candidato para la Lista)</i>	<i>SC (Especie de Preocupación)</i>
<i>Coryphantha robustispina</i> <i>var. robustispina</i>	<i>Astragalus hypoxylus</i>	<i>Abutilon parishii</i>
<i>Echinocactus</i> <i>horizontalonius</i> <i>var.</i> <i>nicholii</i>	<i>Echinomastus</i> <i>erectocentrus</i> <i>var.</i> <i>acunensis</i>	<i>Agave parviflora</i> <i>var.</i> <i>parviflora</i>
<i>Lilaeopsis schaffneriana</i> <i>var. recurva</i>		<i>Amsonia grandiflora</i>
		<i>Amoreuxia gonzalezii</i>
		<i>Browallia eludens</i>
		<i>Cleome multicaulis</i>
		<i>Coryphantha recurvata</i>
		<i>Coursetia glabella</i>
		<i>Cryptantha ganderi</i>
		<i>Dalea tentaculoides</i>
		<i>Echinomastus erectocentrus</i> <i>var. erectocentrus</i>
		<i>Euphorbia platysperma</i>
		<i>Graptopetalum bartramii</i>
		<i>Heterotheca rutteri</i>
		<i>Hieracium pringlei</i>
		<i>Lilium parryi</i>
		<i>Lupinus huachucanus</i>
		<i>Macropodium supinum</i>
		<i>Metastelma mexicanum</i>
		<i>Pectis imberbis</i>
		<i>Phemeranthus marginatus</i>
		<i>Pholisma sonorae</i>

Es muy importante conocer más acerca de las especies de plantas presentes en las categorías de riesgo de SEMARNAT, para en base a ello, poder hacer un uso sostenible de los recursos naturales y a la vez conservar estas especies de las que aún desconocemos mucho de sus usos potenciales (Castellanos *et al.*, 2010; Sánchez, 2005). En este sentido, uno de los puntos establecidos en la reciente Estrategia Nacional para la Conservación Vegetal (CONABIO, 2012) es el uso y aprovechamiento de especies silvestres comestibles que puedan contribuir a las comunidades rurales.

Amoreuxia palmatifida

Nuestros antepasados utilizaron las plantas silvestres como fuente de alimentos (Gentry, 1963). En el Desierto Sonorense, los primeros pobladores consumían muchas de las plantas nativas (Felger y Moser, 1976). Entre ellas destaca la zaya (*Amoreuxia palmatifida*) de la cual nativos de Sonora consumían flores, frutos, semillas y raíces tuberosas (Felger y Moser, 1976).

La zaya es una planta que ha servido para la alimentación humana en Baja California (Aschmann, 1959; Gentry, 1963), Sonora (Watson, 1889; Beals, 1945; Felger y Moser 1976, 1985), Chihuahua y Sinaloa (Palmer 1878; Havard, 1895;), El género *Amoreuxia* se caracteriza por sus raíces almidonosas y comestibles, similar a la papa, cualidad que ha sido aprovechada en diversas comunidades indígenas y rurales en Sinaloa, Sonora y Arizona (Arizona Game and Fish Department, 2011; Castro-Montoya, 2012).

Se pueden consumir todas las partes de la zaya, como sus raíces tuberosas, hojas, flores frutos y semillas (Hodgson, 1989, 1993), además era usada como sustituto de café por tribus indígenas (Gentry, 1963). Aunque su contenido bromatológico ha sido poco descrito en la literatura, es reconocida como una planta de gran potencial alimenticio y aun ornamental para la humanidad (Gentry, 1959; Hodgson, 2001; Yetman y Van Devender, 2001), reportándose desde tiempos antiguos que grupos indígenas de Arizona consumían zaya de un sabor ligeramente amargo (Palmer, 1878).

Muchos autores hablan de la zaya, la mayoría hace una descripción de la planta e incluyen su distribución geográfica otros más hablan de propiedades comestibles para humanos (Kearney y Peebles, 1942; 1960; Martin *et al.*, 1998; Hodgson, 2001; Yetman y Van Devender, 2001; Schmid y Spellenberg, 2003) y para animales (Yetman y Van Devender, 2001; Hodgson, 2001), de su uso potencial como planta ornamental

(Maldonado e Ibarra, 2004), de la dificultad de germinación de su semilla (Hodgson, 2001), y de la falta de conocimiento sobre como cultivarla (Yetman y Van Devender, 2001; Hodgson, 2001), asimismo, diversos autores ven tanto potencial en la planta que recomiendan investigar sobre como domesticarla y cultivarla (Yetman y Van Devender, 2001; Hodgson, 2001).

Varios autores recomiendan investigar el potencial de *Amoreuxia* como un nuevo cultivo (Gentry, 1959; Hodgson, 2001; Yetman y Van Devender, 2001). La germinación de semillas de zaya se menciona como difícil y un reto a superar (Hodgson, 2001). Gentry (1959) plantó semillas y nunca observó germinación alguna, similar a lo visto por Aschmann (1959).

La zaya crece en 20 estados de la república mexicana (Maldonado e Ibarra, 2004), y hay pocos estudios sobre el consumo de zaya actual, en varios municipios de Sinaloa actualmente se recolecta y vende como alimento regional de temporada de verano (Castro Montoya, *et al.*, 2012). Hace falta contar con información de propagación de especies de importancia económica o en riesgo, como algunas incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Germinación de semillas de plantas

Se denomina germinación al acto por el cual la semilla en estado de vida latente entra de pronto en actividad y origina una nueva planta (Mayer y Poljakoff, 1963). La germinación de las semillas, en general, inicia con los proceso de absorción de agua por las semillas secas y termina con la elongación del eje embrionario y la salida de la radícula (Herrera *et al.*, 2006). En condiciones naturales la germinación no se desencadena hasta que la semilla ha sido transportada hasta un medio favorable por alguno de los agentes de dispersión, como el viento, el agua o animales e incluso que ha llevado una escarificación (Gutterman, 2012).

Cada especie de planta puede tener condiciones diferentes para germinar una temperatura determinada. Algunas semillas necesitan pasar por un período de dormancia y, después de éste, también un tiempo determinado de exposición a la luz para iniciar la germinación (Mayer y Poljakoff, 1963).

Para que la semilla logre germinar y pueda formar una nueva planta, es necesario que el embrión se transforme en una plántula, que sea capaz de valerse por sí misma y, posteriormente convertirse en una planta adulta. Todo ello comprende una serie de procesos metabólicos y morfogénéticos cuyo resultado final es la germinación de las semillas (Gutterman, 2012).

Existen varios tipos de semillas en cuanto a su tiempo de germinación, como las recalcitrantes, incapaces a sobrevivir a una desecación completa, por lo cual deben germinar pronto, una vez que maduran; y las ortodoxas, que sí pueden permanecer mucho tiempo viables (Herrera *et al.*, 2006). Muchas de las semillas de las regiones tropicales y subtropicales son recalcitrantes, sin embargo la estacionalidad marcada de otras regiones como las zonas áridas pudo haber justificado la evolución hacia mecanismos de sobrevivencia de las semillas.

Si la germinación se produce tras una lluvia pasajera, la plántula resultante puede morir al cabo de unos días por falta de agua (Whitford, 2002). De ahí que muchas semillas se recubran con sustancias que inhiben la germinación. Cuando las lluvias son más persistentes, el agua acaba disolviendo o arrastrando estas sustancias garantizando el nacimiento en un suelo suficientemente húmedo (Gutterman, 2012).

Las semillas de muchas plantas anuales de los desiertos se mantienen viables por varios años, su germinación es inhibida por simple dormancia durante la época fría y seca o una dormancia extendida por varios años (Whitford, 2002; Gutterman, 2012).

Muchas semillas pueden desarrollar cierto grado de latencia cercano al momento de la cosecha. Esta latencia puede ser debida a diversas causas, como barreras físicas causadas por tegumentos, brácteas, glumas, pericarpio, testa u otra estructura; o bien por

aspectos fisiológicos relacionados con el embrión, por presencia de inhibidores o como sucede en muchos casos, una combinación de factores (Mayer y Poljakoff, 1963).

Para que la germinación de las semillas se lleve a cabo, es necesario que se den una serie de condiciones favorables como contar con un sustrato húmedo, suficiente disponibilidad de oxígeno que permita la respiración aerobia y, una temperatura adecuada para los distintos procesos metabólicos y para el desarrollo de la plántula (Gutterman, 2012).

La absorción de agua por la semilla es un paso muy importante y que desencadena una secuencia de cambios metabólicos, que incluyen la respiración, la síntesis proteica y la movilización de reservas (Herrera *et al.*, 2006). A su vez la división y el alargamiento celular en el embrión provocan la rotura de las cubiertas seminales, que generalmente se produce por la emergencia de la radícula (Mayer y Poljakoff, 1963).

En el proceso de germinación podemos distinguir tres fases, la de hidratación, con la absorción de agua es el primer paso de la germinación, sin el cual el proceso de germinación no puede darse (Herrera *et al.*, 2006). La segunda fase representa el verdadero proceso de la germinación, donde, se producen las transformaciones metabólicas, necesarias para el desarrollo de la plántula, y la absorción de agua se reduce (Gutterman, 2012). La tercera fase es de crecimiento, y se asocia con la emergencia de la radícula, la absorción de agua vuelve a aumentar, así como la actividad metabólica respiratoria (Mayer y Poljakoff, 1963).

En las dos primeras fases de la germinación los procesos son reversibles, a partir de la tercera fase, la de crecimiento, se entra en una situación fisiológica irreversible. La semilla que haya superado la fase de germinación tendrá que pasar a la fase de crecimiento y originar una plántula, o de lo contrario morirá (Herrera *et al.*, 2006).

Los factores físicos que afectan la latencia de las semillas son causados generalmente por cubiertas impermeables de la semilla, por contar con una cubierta dura

e impermeable evita que el oxígeno, la luz y el agua, esenciales para la germinación, penetren en la semilla (Mayer y Poljakoff, 1963). Esta clase de semillas tiene una mayor vida de almacenamiento, ya que las partes internas de la semilla se conservan hasta que se presentan condiciones favorables para la germinación. Mientras que los factores fisiológicos como la presencia de inhibidores químicos en la semilla, son otra forma de inducción de latencia (Herrera *et al.*, 2006). Algunas especies requieren un período de reposo para que se active el proceso de germinación. Durante este último tiempo ocurren cambios fisiológicos, producción de hormonas y enzimas, absorción de agua y hay intercambio gaseoso (Gutterman, 2012).

Métodos para romper la latencia y acelerar la germinación

Las semillas de muchas especies de plantas germinan enseguida cuando se las somete a unas condiciones de humedad y temperatura favorables, muchas otras especies poseen un determinado grado de latencia de la semilla (Seeber y Agpaoa, 1976). Cuando la latencia es fuerte, la regeneración artificial exige de manera esencial alguna forma de tratamiento previo de la semilla, a fin de obtener una tasa de germinación razonablemente alta en poco tiempo (FAO, 2006).

Estratificación

Este método consiste en exponer la semilla a un medio húmedo y temperaturas entre 4 y 7°C durante un período de uno a tres meses, aunque algunas especies requieren períodos mayores. Muchas semillas que están en estado silvestre pasan por esta condición naturalmente (Goor y Barney, 1976). Generalmente durante la estratificación se produce en el embrión una disminución de inhibidores y aumento de los promotores (Seeber y Agpaoa, 1976). Muchas semillas que se encuentran en estado silvestre pasan por esas condiciones naturalmente (Goor y Barney, 1976).

Lixiviación de inhibidores

Los inhibidores químicos pueden eliminarse macerando las semillas en agua, de esta manera se eliminan los que están justamente debajo de la testa. En algunos casos los métodos de remojo en agua tienen un efecto de lixiviación de inhibidores (Nisa y Qadir, 1969).

Escarificación

El revestimiento de las semillas que muestran latencia mecánica es grueso, duro y resistente al crecimiento del embrión, pero, a diferencia de las “semillas duras” que son características de la latencia física, es permeable a los líquidos (Seeber y Agpaoa, 1976). Los tratamientos enérgicos, como la aplicación de agua hirviendo o ácido, que pueden ser eficaces para superar la latencia física, traspasarían la cubierta de las semillas que tienen latencia mecánica y matarían los embriones (Gordon y Rowe, 1982). Por su parte Hartmann y Kester (1974), dicen que el objeto de la escarificación mecánica es modificar las cubiertas duras e impermeables de las semillas aunque es probable que durante la cosecha, extracción y limpiado de las semillas se efectuó cierta escarificación; en la mayoría de semillas de cubierta dura la germinación se mejora con un tratamiento artificial adicional. La remoción de las cubiertas de las semillas permite la germinación del embrión.

Uno de los métodos físicos más sencillos y directos consiste en cortar, perforar o abrir un pequeño orificio en la cubierta de cada semilla antes de sembrarla (Goor y Barney, 1976). También quitando por completo la cubierta se obtiene una germinación mejor que abriendo una hendidura en ella (Seeber y Agpaoa, 1976). Puede utilizarse también papel de lija para reducir el grosor de la cubierta por abrasión, en Pakistán, el papel de lija resultó el tratamiento más eficaz para aumentar y acelerar la germinación en varias especies de cubierta dura (Nisa y Qadir, 1969). El tratamiento manual de las semillas una por una es un procedimiento lento, pero si se dispone de mano de obra, resulta seguro y eficaz.

Algunas plantas se ven beneficiadas con la dispersión de sus semillas por los animales, como el género *Prosopis*, por ejemplo, donde el ganado mejora su germinación y establecimiento al dispersarlas, escarificando sus semillas al pasar por su tracto digestivo (Cox *et al.*, 1993).

Remojado en agua

Algunas semillas que tienen poca germinación pueden responder bien al remojado durante 24 horas en agua a temperatura ambiente (Kemp, 1975). Esto puede deberse a una imbibición más rápida que la que puede obtenerse en un semillero humedecido. En algunas especies está recomendado aplicar este tratamiento después de la escarificación manual, mecánica o con ácido (Seeber y Agpaoa 1976).

Algunas plantas se ven beneficiadas con la dispersión de sus semillas por los animales, como el género *Prosopis*, por ejemplo, donde el ganado mejora su germinación y establecimiento al dispersarlas, escarificando sus semillas e hidratándolas a la vez, al pasar por su tracto digestivo (Cox *et al.*, 1993).

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El área de estudio se ubica en el municipio de Hermosillo, Sonora, dentro del Desierto Sonorense. El clima es muy seco muy cálido y cálido, la temperatura media anual es de 25.2 °C, las temperaturas máximas se registra en el mes de junio y las mínimas se registran en febrero. La precipitación media anual es de 378 mm (de 1986 a 2013), con lluvias principalmente durante el monzón de verano entre los meses de julio y agosto (INEGI, 2014).

El sitio de estudio fue el campo experimental del Departamento de Agricultura y Ganadería (DAG) de la Universidad de Sonora que cuenta con 244 hectáreas de extensión en las coordenadas 29°00'55'' latitud Norte y 110°07'59'' longitud Oeste. La vegetación original predominante fue matorral, pero ha sido transformada a terrenos agrícolas y áreas desmontadas para pastoreo del ganado bovino. Para el presente trabajo se obtuvo el permiso de colecta de la SEMARNAT y posteriormente se colectaron semillas de zaya (*Amoreuxia palmatifida*) del campo agrícola del DAG, donde se encontraban como malezas en áreas de cultivos agrícolas y en áreas con vegetación natural. Se sometieron a tratamientos de germinación y propagación en el vivero del DAG en septiembre del 2016.

Tratamientos de germinación

Se tomaron 10 semillas para cada uno de los siguientes tratamientos: 1) Control, se sembró la semilla sin alteraciones o tratamientos en macetas de tierra de 20 cm de alto y 10 cm de diámetro; 2) Lijado, se lijaron las semillas frotándolas manualmente con lija fina durante 30 repeticiones y se sembraron; 3) Agua, se remojaron las semillas durante

24 horas y se sembraron; 4) Lijado, posteriormente agua durante 24 horas y se sembraron; 5) se pusieron en agua hirviendo, luego se dejaron 24 horas en agua a temperatura ambiente y después se sembraron; 6) Primero se lijaron, luego se pusieron en agua hirviendo y finalmente se dejaron 24 horas en agua, para luego sembrarlas. Cada semilla fue sembrada en macetas de 1.5 litros de volumen con tierra del área agrícola del campo agrícola y experimental. Se alojaron las macetas bajo malla sombra (Figura 2), y se colocó protección contra herbívoros para prevenir el daño por forrajeo.



Figura 2. Plantas de zaya obtenidas de la germinación de semillas, con malla protectora contra herbívoros.

Las semillas y tubérculos (Figura 3) obtenidos de las plantas de zaya obtenidas con la germinación inicial, se pesaron de manera individual en una balanza analítica marca Ohaus de 110 gramos de capacidad.



Figura 3. Tubérculos obtenidos a partir de semilla de zaya.

Análisis Estadístico

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con los programas JMP versión 10 (SAS Institute, 2000). Con los datos de germinación se hizo un análisis de contingencia con la prueba de ji cuadrada (Infante y Zarate de Lara, 2000). El resto de la información se contrastó mediante análisis de varianzas. La prueba *a posteriori* utilizada fue Tukey. En todos los casos se estableció una significancia estadística menor o igual al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Germinación de semillas de zaya

Analizando los resultados de germinación de las semillas de zaya, los tratamientos que incluyeron el lijado de la semilla fueron los únicos donde se observó germinación. El 73% de las semillas lijadas de zaya evaluadas germinaron, mientras que las semillas que no fueron lijadas no germinaron 0% ($\chi^2 = 34.73$, valor $p < 0.0001$). Los resultados detallados se muestran en la tabla x, donde se puede apreciar que solo la combinación de tratamientos donde estuvo involucrada la escarificación física de las semillas mediante el lijado presentó germinación de las semillas.

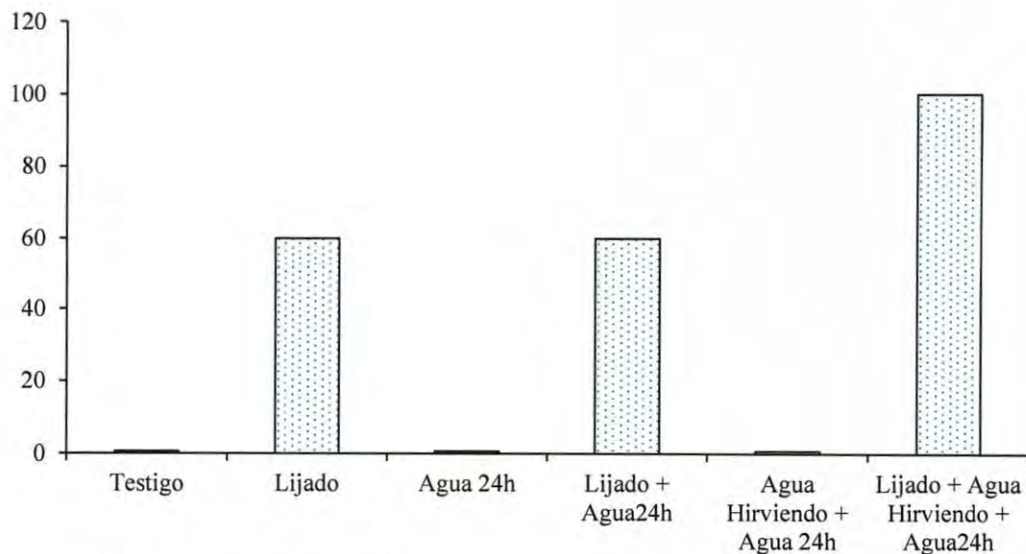


Figura 4. Germinación de zaya (*Amoreuxia palmatifida*) bajo diferentes tratamientos

De las semillas que germinaron, la mayoría (68%) lo hicieron antes de 9 días de la siembra, y a partir de los 16 días de sembradas no hubo más eventos de ese tipo. Se presentó un 13.6% de mortalidad de las plántulas dentro de las primeras semanas de cultivo.

Nuestros resultados coinciden con la literatura sobre la dificultad de germinación de la zaya (Gentry, 1959; Aschmann, 1959; Hodgson, 2001), sin embargo aportan evidencia sobre el beneficio de escarificar físicamente la semilla para obtener germinación. Al igual que en los resultados de Nisa y Qadir (1969), el lijado de semillas favoreció la germinación.

Los tubérculos obtenidos (Figura 3) presentaron un peso promedio de 8.01 gramos, con un intervalo de confianza al 95% de 5.73 a 10.30 gramos, lo cual fue obtenido en dos meses de desarrollo de la planta, mismo que se detuvo con el cambio estacional, en el otoño. Aun así, algunas plantas presentaron floración y producción de semilla. Se recomienda para futuros trabajos el extender el periodo de desarrollo de la planta sembrándola en la primavera, incluir tratamientos donde la planta pueda explorar más su sistema radicular y comprar el desarrollo de la zaya con exposición directa al sol, ya que en nuestro caso se tuvo bajo sombreadero, entre otras alternativas para maximizar el desarrollo de la planta y su productividad.

Producción de semillas en condiciones naturales y silvestres

De las poblaciones silvestres de zaya en el DAG, de donde se colectaron semillas para su germinación encontramos que tenían en promedio 18.54 semillas por capsula mientras que las capsulas producidas por las plantas cultivadas tuvieron solo 14.58 semillas, siendo una diferencia estadísticamente significativa al 5% (Cuadro 5). En nuestro trabajo contábamos con una población pequeña de plantas de zaya y en la naturaleza se observan densidades mayores en los parches con zaya, esto pudo haber afectado la coincidencia de flores y la oportunidad de polinización, que llevara a producir menos semillas por capsula.

Cuadro 5. Numero de semillas por cápsula de zaya de poblaciones silvestres y de plantas cultivadas en vivero.

Semillas	Media (semillas)	Desviación Estándar	95% Inferior	95% Superior
Silvestres	18.54	7.62	17.23	19.85 a
Cultivadas	14.58	5.65	12.20	16.97 b

$p < 0.0165$

Sin embargo en la comparación de los pesos de las semillas silvestres y cultivadas (Cuadro 5), no se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el peso de las semillas.

Cuadro 6. Cantidad y peso de semillas de zaya de poblaciones silvestres y de plantas cultivadas en vivero.

Tipo	Numero	Media (gr)	DE	95% Inferior	95% Superior
Silvestre	15	0.037	0.004	0.035	0.039 a
Cultivada	15	0.037	0.005	0.035	0.040 a

Estimación de la producción de semillas de zaya por hectárea

En Navojoa, Sonora, Gentry (1959) encontró de 8 a 24 frutos por planta de zaya. Asumiendo solo 10 frutos por planta y relacionando a nuestros resultados de número de semillas por capsula y el peso de la semilla, tenemos (10 capsulas por planta * 18.54 semillas por capsula * 0.037 gramos por semilla = 6.86 g de semilla por planta).

Asumiendo un espacio de 0.4m por planta de zaya tenemos ($0.4 * 0.4 = 0.16 \text{ m}^2$ por planta; $10,000 \text{ m}^2 / 0.16 = 62,500$ plantas de zaya por hectárea) por 6.86 g de semilla por planta = 428 kg de semilla por hectárea, valor menor a lo estimado por otros autores (2000 libras por acre; Gentry, 1959 citado por Hodgson, 2001). Sin embargo en condiciones cultivadas se podría pensar que la productividad podría ser mayor a las condiciones silvestres.

Faltaría por investigar varios aspectos del cultivo en vivero o en condiciones agrícolas que le permitieran a la planta contar con más espacio de suelo para su desarrollo y evaluar la productividad de biomasa y semillas de zaya ante ese escenario.

Otros usos de la zaya

La zaya es una planta amenazada probablemente por la sobreutilización de los recursos naturales, donde se puede haber exacerbado el problema con el sobrepastoreo, lo cual lo concluimos basado en observaciones de campo en nuestra área de estudio y cerca de ella, encontramos poblaciones de zaya resguardadas en áreas donde no hay pastoreo (Figura 7). Es de notar además que una parte muy importante de la biodiversidad de México no se halla dentro de los límites de las reservas ecológicas y otros tipos de áreas protegidas.

Con nuestros resultados, podemos visualizar elementos para futuros planes de mejora de hábitat y recuperación de esta especie, mediante la propagación en vivero o jardín botánico y la reincorporación a áreas degradadas. La importancia a nivel ecosistema de contar con zaya, quizás aún no esté bien estudiada, pero pudieran ser futuras líneas de investigación el ver su impacto relativo sobre insectos (Figura 5) como las abejas u hormigas, y fauna como jabalíes, tortugas, etc. (Yetman y Van Devender, 2001; Hodgson, 2001). Además de su papel en el funcionamiento de los ecosistemas y reservorios de nutrientes y agua del suelo, que le confieran mayor resiliencia al ecosistema (Celaya y Castellanos, 2011; Celaya *et al.*, 2015).

Adicionalmente la flor de la zaya es muy bella (Figura 6), tanto a nivel individual, como el los parches que forma a nivel paisaje (Figura 7), y podría ser utilizada como una planta de uso ornamental, tal como ha sido mencionado por varios autores (Gentry 1959; Hodgson, 2001; Yetman y Van Devender, 2001).



Figura 5. Flor de zaya siendo polinizada por abejas.



Figura 6. Planta con flor de zaya, cultivada en jardín botánico DAG - Unison.



Figura 7. Poblaciones naturales de zaya en terreno semi perturbado sobre la carretera a Bahía de Kino, Hermosillo Sonora México.

CONCLUSIONES

La escarificación física de la semilla de zaya, mediante el lijado, ayudó a incrementar su germinación, es necesario investigar otros métodos de escarificación física para estas semillas.

Habiendo superado la dificultad de la germinación, la zaya podría convertirse en un nuevo cultivo ya sea con fines de alimentación humana, animal, ornamental o quizás hasta medicinal, pero hace falta continuar con los estudios sobre esta especie.

La producción de semilla de zaya como un nuevo cultivo, podría ser cercana a los 428 kg de semilla por hectárea.

Es factible recuperar en el corto plazo, poblaciones naturales a partir del cultivo en vivero de plantas de zaya, obtener propágulos y multiplicarla para incorporarla a ecosistemas degradados.

LITERATURA CITADA

- Arizona Game and Fish Department. 2011. *Amoreuxia gonzalezii*. Heritage Data Management System. Disponible en http://www.azgfd.gov/w_c/edits/documents/Amorgonz.fo.pdf
- Aschmann, H. 1959. The Central Desert of Baja California: Demography and Ecology. University of California Press, Berkeley.
- Beals, R. L. 1945. The contemporary culture of the Cahita Indians (Vol. 142). US Government Printing Office.
- Bryant, N. A., L. F. Johnson, A. J. Brazel, R. C. Balling, C. F. Hutchinson y L. R. Beck. 1990. Measuring the effect of overgrazing in the Sonoran Desert. *Climatic Change*, 17: 243-264.
- Búrquez, A. M. Miller, y A. Martínez-Yrizar. 2002. Mexican grasslands, thornscrub and the transformation of the Sonoran desert by invasive exotic buffelgrass (*Pennisetum ciliare*). p. 126-146. *En*: Tellman, B. (ed.). *Invasive Species in Sonoran Desert Communities*. University of Arizona Press. Tucson.
- Camou Healy, E. 1990. Sonora: una ganadería para la exportación. *Revista de El Colegio de Sonora* 2: 126-132.
- Camou Healy, E. 1998. De rancheros, poquiteros, orejanos y criollos: los productores ganaderos de Sonora y el mercado internacional. El Colegio de Michoacán AC. CIAD, Zamora, Michoacán, México.
- Castellanos, A. E., L. C. Bravo, G. W. Koch, J. M. Llano, D. López, R. Méndez, J. C. Rodríguez, J. R. Romo, T. Sisk y G. Yanes. 2010. Impactos ecológicos por el uso del terreno en el funcionamiento de ecosistemas áridos y semi-áridos de Sonora. *En*: F. Molina-Freaner, T. R. Van Devender (eds.). *Diversidad Biológica del Estado de Sonora*. CONABIO - UNAM., Hermosillo Sonora, México.
- Castro-Montoya, J. A. C., Barreras, R. A. Z., Aguilar, P. S., Lozoya, M. R., Camacho, F. R. B., y Camacho, O. B. El consumo de la zaya (*Amoreuxia spp*) una tradición cultural de la región del Évora en el estado de Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*. Quinta Época. Año XVI. Volumen 30. Enero-junio del 2012.
- Celaya-Michel, H., y Castellanos-Villegas, A. E. 2011. Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 343-356.

- Celaya-Michel H., F.G. Oliva, J.C. Rodríguez, y A.E. Castellanos-Villegas. 2015. Cambios en el almacenamiento de nitrógeno y agua en el suelo de un matorral desértico transformado a sabana de buffel (*Pennisetum ciliare* (L.) Link). *Terra Latinoamericana*, 33(1), 79-94.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2012. Estrategia mexicana para la conservación vegetal, 2012-2030. México, D. F. p. 23-24.
- Cox, J. R., de Alba-Avila, A., Rice, R. W. y Cox, J. N. 1993. Biological and physical factor influencing *Acacia constricta* and *Prosopis velutina* establishment in the Sonora Desert. *Journal of Range Management*, 46: 43-48.
- Chapin, F.S., P.A. Matson y H.A. Mooney. 2002. Principles of terrestrial ecosystem ecology. Springer New York. 202-211 p.
- FAO, FIDA y PMA. 2015. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2015. Cumplimiento de los objetivos internacionales para 2015 en relación con el hambre: balance de los desiguales progresos. Roma, FAO.
- FAO. 2006. Global forest resources assessment 2005: progress towards sustainable forest management. Forestry Paper 147. Available from: <http://www.fao.org> (accessed October 2007). United Nations Food and Agriculture Organization (FAO), Rome.
- Felger, R. S., y Moser, M. B. 1976. Seri Indian food plants: desert subsistence without agriculture. *Ecology of food and nutrition*, 5(1), 13-27.
- Fowler, C. S., P. Esteves, G. Goad, B. Helmer y K. Watterson. 2003. Caring for the Trees: Restoring Timbisha Shoshone Land Management Practices in Death Valley National Park. *Ecological Restoration* 21(4):302-306.
- García-Moya, E. y C.M. McKell. 1970. Contribution of shrubs to the nitrogen economy of a desert-wash plant community. *Ecology*, 51: 81-88.
- Gentry, H. S. 1963. The Wariho Indians of Sonora-Chihuahua: An ethnographic survey. *Anthropological Papers*, No. 63, Bureau of American Ethnology Bulletin 186: 61-144, pls. 28-38. U.S. Printing Office, Washington, D.C.
- Gentry, H. S. 1959. Economic crops for arid lands. Unpublished manuscript, copy deposited at Desert Botanical Garden. Phoenix, Ariz.
- Goor, A.Y. y C.W. Barney. 1976. Forest tree planting in arid zones (2a. Ed.) Ronald Press, Nueva York.
- Gutterman, Y. 2012. Seed germination in desert plants. Springer Science & Business Media.

- Hartmann H. y D.E. Kester, 1994. Propagación de Plantas: principios y prácticas, CECSA, México, D. F., 760 pp.
- Havard, V. 1895. Food plants of the North American Indians. Bulletin of the Torrey Botanical Club, 22(3), 98-123.
- Hernández, H. M. 2006. La vida en los desiertos mexicanos. Fondo de Cultura Económica. México D.F. México. 63-82 p.
- Herrera, J., R. Alizaga, E. Guevara y V. Jiménez. 2006. Germinación y crecimiento de la planta. *En*: Villalobos R. E. (Ed.): Fisiología de la producción de los cultivos tropicales. Volumen IV. Editorial Universidad de Costa Rica. San José. 7-42 pp.
- Hodgson, W. C. 1989, A tale of two saiyas: conserving plant lore and gene pools. *Agave*. 3(3):12-14.
- Hodgson, W. C. 2001. Food plants of the Sonoran Desert. University of Arizona Press.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2014. Anuario estadístico y geográfico de Sonora 2014. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. 611 p. www.inegi.org.mx.
- Infante G., S., y Zarate de Lara, G. P. 2000. Métodos estadísticos: un enfoque interdisciplinario. Sexta reimpression. Editorial Trillas. México.
- Kearney, T. H., y R.H. Peebles. 1942. Flowering plants and ferns of Arizona (No. 423). US Dept. of Agriculture.
- Kearney, T.H., y R.H. Peebles. 1960. Arizona flora. Univ of California Press.
- Kemp, R.H. 1975. Seed collection: temporary storage and transport, documentation, training, safety and supervision. En Report on FAO/DANIDA Training Course on Forest Seed Collection and Handling. Vol. II. FAO, Roma.
- Lindenmayer, D.B, y J. Fischer. 2006. Habitat fragmentation and landscape change. Island Press, Washington D.C. USA.
- Maldonado, M. C., y L.V. Ibarra. 2004. Usos y Nombres Comunes de las Especies de Cochlospermaceae en México. *Etnobiología*, 4(1): 73-88.
- Martin P.S., D. Yetman, M. Fishbein, P. Jenkins, T.R. van Devender y R.K. Wilson. 1998. Gentry's Río Mayo Plants. The tropical deciduous forest and environs of northwest Mexico. University of Arizona Press, Tucson
- Mayer, A. M., y A. Poljakoff-Mayber. 1986. The germination of seeds. Pergamon Press. 244 pp.

- MEA, 2005. Ecosystems and Human Well-Being: Desertification Synthesis. World Resources Institute, Washington, D.C.
- Nabhan, G. P. 2003. Destruction of an ancient indigenous cultural landscape: An Epitaph from Organ Pipe Cactus National Monument. *Ecological Restoration* 21(4): 290-295.
- Nisa, S. H. y S.A. Qadir. 1969. Seed germination of common cultivated trees, shrubs and some wild grasses. *Pakistan J. of Forestry* 19 (2): 195–220.
- Noy-Meir, I. 1973. Desert ecosystems: environment and producers. *Annual review of ecology and systematics*, 4: 25-51.
- Palmer, E. 1878. Plants used by the Indians of the United States. *The American Naturalist* 12(9), 593-606, 646-655.
- Patrocipis. 1995. Guía práctica para el establecimiento, manejo y utilización de zacate buffel. Patronato de Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora A.C. Hermosillo, Sonora, 9 p.
- Philips, S. J. y P. W. Comus. 2000. A natural history of the Sonoran Desert. Arizona-Sonora Desert Press. Tucson. 277-278 p.
- Reynolds, J. F., F.T. Maestre, E. Huber-Sannwald, J. Herrick, y P.R. Kemp. 2005. Aspectos socioeconómicos y biofísicos de la desertificación. *Revista Ecosistemas* 14(3).
- Reynolds, J. F. y D. M. Stafford Smith. 2002. Do humans cause deserts? 1-21 p. En: Reynolds J. F. y Stafford Smith D. M. (Eds.), *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?* Dahlem Workshop Report 88, Dahlem University Press, Berlin.
- Sánchez O. 2005. Restauración ecológica: algunos conceptos, postulados y debates al inicio del siglo XXI. *En: Sánchez O., E. Peters, R. Márquez-Huitzil, E. Vega, G. Portales, M. Valdez y D. Azuara (Eds). Temas sobre restauración ecológica. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, U.S. Fish & Wildlife Service, Unidos para la Conservación, A.C.*
- SAS Institute. 2000. SAS statistical software. Version 5. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- Schmid, R., y R. Spellenberg. 2003. Sonoran Desert Wildflowers: A field guide to common species of the Sonoran Desert, including Anza-Borrego Desert State Park, Saguaro National Park, Organ Pipe Cactus National Monument, Ironwood Forest National Monument, and the Sonoran Portions of Joshua Tree National Park.

- Seeber, G. y Agpaoa, A. 1976. Forest Tree Seeds. En Manual of Reforestation Erosion Control for the Philippines, 473–535. German Agency for Technical Cooperation, Eschborn.
- Shreve, F. 1951. Vegetation of the Sonoran Desert. Carnegie Institution of Washington Publication no. 591. Washington, D.C.
- UNCCD. 1994. United Nations Convention to combat desertification in countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa. A/AC.241/27, Paris.
- UNCCD. 2000. Fact Sheet 2: The Causes of Desertification. United Nations Secretariat of the Convention to Combat Desertification. Disponible en <http://www.unccd.int/publicinfo/factsheets/showFS.php?number=2>.
- Van Devender, T.R., R.S. Felger, M. Fishbein, F.E. Molina-Freaner, J.J. Sánchez-Escalante y A.L. Reina-Guerrero. 2010. Biodiversidad de las plantas vasculares. *En*: F.E. Molina-Freaner y T.R. Van Devender, eds. Diversidad biológica de Sonora. UNAM, México, pp. 229-261.
- Vázquez Y.C., A.I. Bátiz, M.I. Alcocer, S.M. GUAL y C. Sánchez. 1999. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación, Instituto de Ecología, UNAM.-Conabio, México, D.F., 311 pp.
- Watson, S. 1889. Contributions to American botany. I. Upon a collection of plants made by Edward Palmer in 1887 about Guaymas, Mexico, at Muleje and Los Angeles Bay in Lower California, and on the island of San Pedro Martir in the Gulf of California. Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences 24:36-82.
- Whitford, W. G. 2002. Ecology of desert systems. Academic Press. 258-266 y 288 p.
- Yetman, D., y T. Van Devender. 2001. Mayo ethnobotany: land, history, and traditional knowledge in northwest Mexico. Univ of California Press.