



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**PRODUCCIÓN DE PROPÁGULOS Y PRODUCTIVIDAD  
DE TRES ESPECIES DE MANGLE EN SEIS DIFERENTES  
ZONAS EN EL ESTERO DE URÍAS Y LAS CABRAS,  
SINALOA, MÉXICO.**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIÓLOGA

PRESENTA

**DULCE LAURA FLORES RAMÍREZ**

DIRECTOR DE TESIS:

**DR. FRANCISCO JAVIER FLORES VERDUGO**

INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA.  
UNIDAD ACADÉMICA MAZATLÁN.

ASESOR INTERNO:

**DR. CARLOS CASTILLEJOS CRUZ**



CIUDAD DE MÉXICO, 2021



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **Dedicatoria**

A mi mamá, Carolina Ramírez Gutiérrez.

Mami no tengo palabras para agradecerte todo lo que has hecho por mí, gracias por ser mi soporte, en todos los sentidos, por protegerme, aconsejarme, acompañarme y apoyarme en todas mis decisiones. Te agradezco por brindarme el amor más puro y bonito que jamás podría haber deseado, por ser quien me alienta a ir por más, por siempre permitirme hacer lo que me gusta, por priorizarme, por escuchar mis problemas, ideas, enojos y felicidad. Por desvelarte conmigo y quedarte despierta siempre que he estado enferma. Te debo la vida más de una vez y sólo espero poder retribuirte un poco de todo lo que me has dado. Te amo mucho. Por favor cuídate para que me sigas durando mucho más.

A mi papá, Celestino Flores Cárdenas†

Papi muchas gracias por todo tu amor, por desvelarte a mi lado cuando tenía tarea, por cuidarme y por preocuparte por mí, por alentarme a estudiar y hacer lo que me apasiona, por ver documentales infinitos conmigo, por todas tus bromas y risas para siempre sacarme una sonrisa, gracias por brindarme tu apoyo, por jamás imponerme nada, por darme libertad y tu confianza absoluta, por elegirme ante todas las cosas, por enseñarme sobre bondad y generosidad. Por abrir tu corazón a mi enojado ser y brindarme tu calma. Estoy segura que siempre me cuidas. Quisiera que estuvieras conmigo ahora. Te amo mucho, te pienso y extraño todos los días. Nos volveremos a encontrar más que en sueños.

Les debo todo, y les amo con todo mi corazón mamá y papá.

---

A mi familia: Mara, Estefanía, Karim, gracias por acompañarme y darme un poquito de ustedes en forma de pláticas, risas y abrazos. A mi Quetza y mi Negro por darme su cariño y suavidad, por brindarme muchos momentos en los que pude sentirme tranquila y feliz.

Cachorros Tefanía y Karim les agradezco especialmente porque cada día aprendo mucho de ustedes, son mi fuerza e inspiración para poder dejar un mundo mejor. Espero que lo pueda lograr.

---

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por brindarme un espacio en sus instalaciones para poder realizar mis estudios de licenciatura y acercarme a una de mis más grandes pasiones que es la biología. Agradezco También al Laboratorio de Ecosistemas Costeros del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de Mazatlán y a toda la comunidad de dicha unidad que siempre estuvo dispuesta a ayudarme amablemente.

Mil gracias doc, Francisco Flores y a su apreciable familia por abrirme las puertas de su laboratorio y de su hogar, porque pude sentirme segura y feliz mientras estuve realizando mi tesis, por supuesto le agradezco enormemente el que pudiera compartirme sus experiencias y conocimientos, además del apoyo económico que facilitó mi estancia en Mazatlán. Gracias.

Agradezco también al Dr. Carlos Castillejos por su acompañamiento desde el inicio de este proyecto, sin el cual no hubiera podido empezar ni culminar, sus mentorías y correcciones hicieron posible este trabajo, ¡muchas gracias!

A mis sinodales. Maestro German Calva, muchas gracias por su apoyo, su acompañamiento y las correcciones que hicieron posible mi tesis, al igual que a la maestra Sonia Rojas que además fue mi profesora en tercer y cuarto semestre con la que pude descubrir mi gusto e interés por la botánica, ¡muchas gracias maestra! Además, por su puesto, de agradecer a la Dra. Alejandrina Ávila por sus aportaciones a este trabajo y su amable disposición para realizarlas.

A la profesora Elaine Schaff por enseñarme pacientemente y cuidarme como a una más de sus hijas, la quiero mucho maestra. ¡Gracias!

Al equipo del lab de Ecosistemas Costeros; Eleni, Luis, Perla y Gaby, sin ustedes tampoco habría sido posible este trabajo, ¡muchas gracias morrillas!

---

A mis bebés apestosos:

Sandrits muchas gracias por todo, por esas platicas de regreso en el camión, por ser mi confidente y mejor amiga durante toda la carrera, por alentarme a seguir con más y dejar a un lado mis miedos, por escucharme, por explicarme temas de fauna que desconozco y ayudarme en los exámenes (a estudiar, obvio), pero sobre todo, por estar en el momento más culero de mi vida, por acompañarme y brindarme un refugio en el cual pude sentirme tranquila, por abrirme las puertas de tu casa y de tu familia de la cuál puedo sentirme parte, agradezco a la vida por haberte puesto en mi camino, muchas gracias también a tu familia, por todo su apoyo y cariño, les quiero mucho.

A Fers, gracias bebé por todas nuestras charlas científicas, por brindarme tu cariño de diferentes formas (como cuando te quedaste en mi casa junto con San, cuando no podía caminar jiji), gracias también por estar a mi lado cuando pasó lo de mi papi y gracias por siempre estar dispuesta a escucharme y brindarme tu apoyo, también muchas gracias a tu familia por brindarme asilo cuando la Zaragoza se inundaba o cuando iba a Tepeji, ¡te quiero mucho mucho Fertss!

A los castrosos de Iván y Jair, gracias por su cariño y amistad, por todas esas risas y viajes juntos, por sus platicas científicas, musicales y cinéfilas, por ser el mejor equipo y por hacerme sentir segura a su lado ¡Los quiero mucho bebés! A Tete, Denise y Sofi por siempre estar a mi lado, escucharme, ser compañía y refugio en momentos de total caos, ¡las quiero muchísimo! Gracias morritas.

*“La vida es una unión simbiótica y cooperativa que permite triunfar a los que se asocian”*

*-Lynn Margulis*

---

Las múltiples presiones sobre la biodiversidad han puesto en peligro la permanencia de muchas de las especies de las cuáles dependemos y con las cuales coexistimos desde hace millones de años. La vida de todos los organismos, tal y cómo la conocemos depende de las acciones que tomemos hoy. Comuniquemos afectiva y efectivamente nuestros conocimientos para que lleguen a más personas.

Incluyamos a todas, incluyamos a todos.

Ihcuac tlahtolli ye miqui,  
mochi tlamantli in cemanahuac,  
teotl, atoyatl,  
yolcame, cuauhtin ihuan xihuitl  
ayocmo nemililoh, ayocmo tenehualoh,  
tlachializtica ihuan caquiliztica  
ayocmo nemih.

Ihcuac tlahtolli ye miqui,  
occequintin ye omiqueh  
ihuan miec huel miquizqueh.

Tezcatl maniz puztecqui,  
netzatzililiztli icehuallo  
cemihcac necahualoh:  
totlacayo motolinia.

*Ihcuac tlahtolli ye miqui – Miguel León-Portilla*

---

# Contenido

Resumen .....	1
1. Introducción.....	3
1.1 Humedales.....	4
1.2 ¿Qué son los manglares? .....	5
1.3 ¿Cómo son los manglares?.....	7
1.4 Problemática .....	10
1.5 Las especies en México .....	11
2. Antecedentes .....	18
3. Justificación.....	20
4. Preguntas de investigación.....	21
5. Hipótesis .....	21
6. Objetivos .....	22
7. Método.....	23
7.1 Descripción de las áreas de estudio:.....	23
7.1.1 Mazatlán.....	24
7.1.2 Las cabras .....	24
7.2 Trabajo de campo .....	25
7.2.1 Ubicación de los sitios de muestreo y características.....	25
7.2.2 Recolectas.....	28
7.3 Análisis de datos.....	29
7.3.1 Estimación de producción de propágulos .....	29

---



7.3.2 Estimación del porcentaje de propágulos establecidos teóricamente en los diferentes bosques.....	29
7.3.3 Estimación de producción de hojarasca y productividad.....	30
7.3.4 Comparaciones de producción de propágulos y hojarasca .....	30
7.3.5 Porcentaje de propágulos en la caída de hojarasca en cada sitio. ....	31
8. Resultados y discusión.....	32
8.1 Estimación de la cantidad de propágulos en todos los sitios.....	32
8.2 Comparación de la producción de propágulos entre sitios con similar condición hidrológica.....	34
8.2.1 Comparación entre los bosques de Urías.....	34
8.2.2 Comparación entre los bosques de Las Cabras. ....	36
8.3 Comparación de producción de propágulos entre todos los sitios, mes por mes. ....	37
8.4 ¿La producción de propágulos es suficiente? .....	39
8.5 Porcentaje de propágulos en la caída de hojarasca en cada sitio.....	42
8.6 Estimación de la producción de hojarasca y productividad (PPN).....	47
8.7 Comparación de producción de hojarasca entre sitios con similar condición hidrológica .....	48
8.7.1 Comparación entre los sitios de Urías. ....	48
8.7.2 Comparación entre los sitios de Las Cabras.....	50
8.8 Comparación de producción de hojarasca entre todos los sitios mes por mes .....	51
9. Conclusiones.....	54
10. Referencias.....	56

---

## Resumen

Los manglares son ecosistemas de alta importancia para la humanidad debido a los múltiples servicios ecosistémicos que proporcionan. Sin embargo, la pérdida y degradación de estas áreas a causa de actividades antropogénicas dificultan la forma en la que las comunidades arbóreas realizan las diversas funciones de las que se beneficia la humanidad. La restauración del ecosistema manglar depende de múltiples factores y conocer la autoecología de las especies en las zonas específicas donde se desarrollan es de vital importancia para el éxito de la misma. En este sentido, para conocer si la producción de propágulos de bosques monoespecíficos de las especies de mangle negro (*Avicennia germinans*), rojo (*Rhizophora mangle*) y blanco (*Laguncularia racemosa*) son suficientes como para disponer de ellos en futuros proyectos de restauración, se realizó una evaluación de la cantidad de propágulos producidos así como de su productividad de hojarasca dentro del periodo de lluvias, donde además se compararon en dos humedales de manglar del sur de Sinaloa con comportamientos hidrológicos diferentes: Un humedal con marcada influencia de mareas (Estero de Urías, Mazatlán) y un humedal con escasa influencia de mareas (Marismas Las Cabras, Escuinapa). En el estero de Urías se seleccionaron 4 sitios correspondiendo al sitio **A** un bosque monoespecífico de *A. germinans*, sitio **B** bosque monoespecífico de *R. mangle*, sitio **C** bosque monoespecífico de *L. racemosa* y **D** también monoespecífico de *L. racemosa* pero restaurado. En el humedal de las Cabras se seleccionaron dos tipos de

bosque: Sitio **1** bosque mixto de *A. germinans* y *L. racemosa* con influencia de agua dulce y sitio **2** mixto de *A. germinans* y *L. racemosa* sin influencia de agua dulce.

En cada sitio se instalaron 10 canastillas de 0.25 m<sup>2</sup> de marco de madera y tela de mosquitero y se obtuvo el aporte mensual de propágulos y hojarasca, que posteriormente se comparó para obtener las diferencias significativas. La producción de propágulos muestra un mayor aporte en el mes de mayor precipitación (septiembre) para los sitios **A** (bosque monoespecífico de *A. germinans*), **B** (bosque monoespecífico de *R. mangle*) **1** (bosque mixto con predominancia de *A. germinans* con influencia de agua dulce) y **2** (bosque mixto con predominancia de *A. germinans*, sin influencia de agua dulce), mientras que los sitios **C** y **D** (sitios de bosque monoespecífico de *L. racemosa*) muestran el mayor aporte en el mes de octubre. Para los sitios **A**, **B**, **1** y **2** se encontraron diferencias significativas en la producción de propágulos, sin embargo, se considera necesario repetir las comparaciones entre estos sitios para confirmar si existe una correlación positiva entre la producción de propágulos y el tipo de aporte hidrológico sin la influencia de fenómenos meteorológicos. Dentro del estero de Urías se comparó la producción de propágulos y producción primaria entre dos bosques monoespecíficos de *L. racemosa* (sitio **C** y **D**) que se diferencian por el hecho de que el sitio **D** es bosque restaurado con lo que se obtuvo que no existen diferencias significativas, esto ayuda a comprobar la eficacia de la restauración de bosques en cuanto a su productividad y capacidad para crear descendencia.

## 1. Introducción

El ecosistema manglar se desarrolla ampliamente a lo largo de las costas tropicales de los continentes, los mangles forman comunidades arbóreas resilientes con adaptaciones únicas para poder soportar las variaciones intermareales. Actualmente se reconocen alrededor de 73 especies e híbridos de mangles en el mundo (Spalding, 2010), con adaptaciones similares no filogenéticamente relacionadas; Rico-Gray (1993) sugiere que el origen de los manglares sucedió dentro del periodo Paleógeno, hace aproximadamente 65 millones de años, teniendo diferentes centros de origen. Estas comunidades arbóreas son altamente biodiversas, pero lamentablemente están expuestas a una enorme presión antropogénica que ha ido incrementando a través de los años. Para inicios del siglo XXI ya se habían perdido aproximadamente un tercio de los manglares del mundo (Nias y Mooney, 2000) y en México se calcula que la tasa de pérdida anual es de aproximadamente 2.5% (Valderrama-Landeros *et al.*, 2017).

Cuando las comunidades de manglares sufren alguna perturbación, ya sea por causas antropogénicas o naturales, la recuperación suele ser lenta (cuando es posible) y en algunas ocasiones requerirá de esfuerzos para su restauración. Esta recuperación natural o inducida estará afectada por diversos factores como, la hidrología del sitio, la erosión del suelo o la disponibilidad de nutrientes. A sí mismo el porcentaje de sobrevivencia de los propágulos en el medio natural es muy bajo (Agraz-Hernández, 1999) y la colonización de las especies de manglares se ve limitada si la fuente de propágulos es escasa (McKee *et al.*, 2007; Teutli-Hernández *et al.*, 2017).

A partir del reconocimiento de estos ecosistemas como grandes proveedores de servicios ecosistémicos, múltiples acciones encaminadas a su conservación y restauración se han llevado a cabo, en los diferentes países donde estos se desarrollan. Sin embargo, el desconocimiento de las especies objetivo en el entorno específico donde se desarrollan, puede llevar al fracaso de los proyectos de restauración en manglares (Lewis, 2005), que no solo conlleva a grandes pérdidas de tiempo, esfuerzo y dinero, sino que también al incumplimiento de los objetivos y acuerdos internacionales de los que México hace parte como, la Convención sobre los Humedales (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2010), el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y las metas de la Agenda 2030 para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) por mencionar algunos; establecidos para lograr la conservación y recuperación de los ecosistemas, la protección de las costas, la mitigación de los efectos del cambio climático y el desarrollo sostenible.

## 1.1 Humedales

De acuerdo con la Secretaría de la Convención de Ramsar (2003), los humedales se definen como aquellas zonas donde el agua es el principal factor regulador del medio y la respectiva biota asociada a él. Los humedales se encuentran donde la tierra está cubierta por aguas, donde la profundidad en marea baja no excede los seis metros, estos pueden estar permanente o estacionalmente inundados. Entre los humedales continentales se incluyen marismas, charcas, lagos, ríos, llanuras de inundación y pantanos. En los humedales costeros se incluyen marismas, estuarios, manglares,

albuferas o lagunas litorales e incluso arrecifes de coral. Además, los estanques piscícolas, arrozales y salinas se consideran como humedales artificiales. (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006).

En el Golfo de California los humedales costeros son especialmente importantes ya que, al estar localizados en una región árida, ayudan a mitigar las condiciones climáticas extremas, por lo que además son importantes fuentes de refugio y alimento para la fauna que se encuentra en los ecosistemas terrestres cercanos (Carrera *et al.*, 2003).

## 1.2 ¿Qué son los manglares?

Los manglares son un importante ecosistema que se distribuye en toda la banda intertropical del planeta y cubre aproximadamente una superficie de 20 millones de hectáreas (FAO, 2007). Son comunidades arbóreas que sostienen la biodiversidad de los ecosistemas costeros tropicales, en los humedales boscosos intermareales y áreas de influencia tierra adentro. En el año 2015 se registraron 775,555 ha de manglares en las costas mexicanas, con una pérdida de superficie de casi el 2.5% anual, producto de las acciones antrópicas que acrecientan las amenazas y riesgos naturales sobre estos ecosistemas (Valderrama-Landeros *et al.*, 2017).

Los manglares son formaciones vegetales en las que predominan distintas especies de árboles conocidas comúnmente como mangles. Se desarrollan en las planicies costeras de los trópicos húmedos, principalmente alrededor de esteros y

lagunas costeras, cerca de las desembocaduras de ríos y arroyos, por lo que representan una transición entre los ecosistemas terrestres y marinos. En el mundo se conocen 65 especies de mangle, distribuidas en 22 géneros y 16 familias no genéticamente relacionadas (Kathiresan y Bingham, 2001), por lo cual se infiere que sus adaptaciones ecológicas para vivir en ambientes salobres y de inundación fueron adquiridas por convergencia evolutiva (Ellison *et al.*, 1999).

Los manglares son ecosistemas costeros que se encuentran entre los más valiosos en el mundo por los diferentes y significativos servicios ecosistémicos que proporcionan, como los servicios de regulación, que son importantes por brindar hábitats ideales para la crianza, reproducción y protección para muchas especies acuáticas y terrestres en los que destacan peces, moluscos y crustáceos de interés comercial, así como aves, reptiles, poríferos, anfibios e incluso grandes mamíferos como manatíes (*Trichechus manatus*) o jaguares (*Panthera onca*); especies que a su vez se encuentran en alguna categoría de protección en normas mexicanas e internacionales, secuestran grandes cantidades de dióxido de carbono y protegen las líneas de costa de la erosión del suelo así como de diversos fenómenos hidrometeorológicos (Camacho *et al.*, 2014). Proporcionan también servicios de provisión, ya que los árboles sirven de suministro de recursos forestales a comunidades locales, los cuales utilizan la madera en la elaboración de implementos agrícolas y en la construcción de postes y muebles. Se conoce también que algunas partes de la especie de *Rhizophora mangle* son empleadas en el curtido de pieles, también los extractos de algunas especies de manglares se han utilizado para diversos

fines medicinales ya que tienen una variedad de actividades antibacterianas, antiherpéticas y antihelmínticas (Kandil *et al.*, 2004); asimismo *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* son conocidas como especies melíferas.

Además de la importancia transitoria que tienen entre el ecosistema terrestre y marino, contribuyen al intercambio de energía entre estos dos sistemas por lo que se les considera verdaderos ecotonos, conservando características ecológicas propias (Aburto-Oropeza *et al.*, 2008; Alongi, 2009; Mendoza-Morales *et al.*, 2016).

La marea, redistribuye constantemente la materia orgánica producida por los manglares, donde una parte de la hojarasca se queda dentro del sistema y es reciclada en el interior de los bosques (Kristensen *et al.*, 2008); mientras que otra parte es exportada hacia la zona marina como detritus (Flores-Verdugo, 1989; Lee, 1995; Wolanski, 1995; Twilley y Day, 1999; Orihuela-Belmonte *et al.*, 2004). Los detritos componen un importante recurso para las redes tróficas de los humedales, representando la principal fuente de energía para la producción heterotrófica en las lagunas costeras, (Flores-Verdugo *et al.*, 1987). Los aportes de hojarasca pueden ser transportados lejos de su lugar de origen a través de las corrientes oceánicas, beneficiando a un volumen mayor que el de la laguna costera.

### 1.3 ¿Cómo son los manglares?

Este grupo de plantas presenta características especiales para vivir en ambientes salinos y estar sujetos a inundaciones estacionales principalmente por las mareas. Dentro de las



adaptaciones más definidas de esta vegetación se encuentra su tolerancia a la alta salinidad y a suelos anegados (Olguín *et al.*, 2007), para ello los árboles más especializados desarrollan un sistema de raíces modificadas como las raíces aéreas; un eficaz sistema que les permite realizar oxigenación de las raíces y su entorno inmediato, ya que los sustratos del suelo en el que se establecen los manglares son de condiciones anaeróbicas (Lugo y Snedaker, 1974).

Las raíces de zanco son otra importante característica, éstas son raíces aéreas ramificadas, que se originan en la base del tallo y en las ramas inferiores, sirven para dar soporte y estabilidad, están presentes en géneros como *Rhizophora* (Tomlinson, 1986). Los neumatóforos son otro tipo de raíz modificada, que presenta geotropismo negativo, las raíces son erectas y son una forma de extensión ascendente del sistema radicular subterráneo, presentan un aerénquima y su función principal es la del intercambio gaseoso. Diversos autores (Wolanski *et al.*, 1996; Quartel *et al.*, 2007; Gedan *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2014; Kamal *et al.*, 2017) coinciden en atribuirle a este complejo sistema de raíces muchos de los grandes servicios ambientales de los que se habla frecuentemente de los manglares, como la acumulación de sedimentos y por ende la captura de carbono, el soporte de comunidades complejas de algas, el amortiguamiento de la costa ante los eventos hidrológicos adversos, así como las zonas de refugio y crianza para diferentes especies marinas.

La viviparidad en los manglares es otra importante estrategia que les proporciona cierta ventaja en su establecimiento (Rabinowitz, 1978). Al no poseer un periodo de latencia, los embriones de la semilla siguen su desarrollo, aun cuando estos se encuentran en la planta madre o dispersándose, por lo que las unidades de dispersión de los manglares son conocidos como propágulos y no como semillas (Tomlinson, 1986).

La capacidad de las plantas para crecer y completar su ciclo de vida en un sustrato que contiene altas concentraciones de sal se le conoce como tolerancia a la salinidad. Los manglares son especies halófitas que tienen varios mecanismos de tolerancia a la salinidad que varían dependiendo de la especie (Pelozo *et al.*, 2016). Algunos mecanismos de tolerancia a la salinidad incluyen la capacidad de excluirla, acumularla o excretarla. Las especies que excluyen la sal evitan que ingrese a las membranas de sus raíces, las acumuladoras, llevan la sal a sus hojas más viejas para que en la senescencia sean desechadas y las excretoras poseen unas glándulas especializadas en las hojas llamadas *glándulas de sal*. Al estar expuestos a la salinidad de los ecosistemas marinos, los manglares necesitan ciertas adaptaciones para mantener su equilibrio hídrico, estas adaptaciones pueden ser equiparables a las que surgen en condiciones xerófilas. (Twilley y Day, 2012). Es común que estas especies se desarrollen asociadas formando comunidades mixtas caracterizadas por la dominancia de alguna de ellas en función de sus requerimientos y resistencia a la salinidad y a la inundación (Flores-Verdugo *et al.*, 2015).

#### 1.4 Problemática

La distribución de manglares a nivel global ha perdido cobertura en los últimos 50 años. A pesar de los múltiples servicios ecosistémicos que brindan, el descenso mundial sigue, mayoritariamente por causas antrópicas como el acelerado crecimiento de la población, la urbanización o la expansión de la acuicultura y agricultura, el bloqueo total o parcial de venas y esteros para la construcción de carreteras, presas y canales, entre otras (Alongi, 2002; Giri *et al.*, 2014; Chen *et al.*, 2017; Pham, *et al.*, 2018). La gran pérdida ha dejado a los manglares degradados y altamente fragmentados en todo el mundo (Giri *et al.*, 2010, Hamilton y Casey, 2016) esto provoca que puedan tener un potencial limitado para realizar servicios ecosistémicos en el futuro (Koch *et al.*, 2009; Duncan *et al.*, 2016).

Distintos estudios a nivel internacional han señalado que la recuperación de un manglar que ha sido dañado puede tomar muchos años cuando ello es posible; sin embargo, en muchas ocasiones la pérdida es total e irreparable (FAO, 2003; Duke *et al.*, 2007). Por lo anterior es de vital importancia estudiar el efecto que tiene la perturbación antrópica (como la deforestación, descarga de agua residual, camaronicultura, asentamientos humanos irregulares) y por factores naturales (como huracanes, azolvamiento, plagas) en la regeneración de los manglares y cuáles son las estrategias más viables para recuperar la estructura y condiciones naturales de esta comunidad.

## 1.5 Las especies en México

México ocupa un lugar privilegiado entre los primeros cinco países del mundo con mayor extensión de este ecosistema (CONABIO, 2009) (figura 1). En el país se encuentran distribuidas tanto en la costa pacífico como la del atlántico seis especies de mangle, de los cuales cuatro son predominantes: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle negro (*Avicennia germinans*), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*); *Avicennia bicolor* y *Rhizophora harrisonii* únicamente tienen presencia en los estados de Oaxaca y Chiapas (Rico-Gray, 1981).



Figura 1. Distribución y extensión actual de los manglares en México, producto de la clasificación de datos SPOT (2003-2007).

Las cuatro especies predominantes están enlistadas en la NOM-059 SEMARNAT-2010 como sujetas a protección especial y también se encuentran en la Lista roja de la IUCN (Polidoro *et al.*, 2010) debido a que están amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, dispersión, crecimiento y reproducción. A continuación, se muestran las características propias de las especies de estudio.

### ***Avicennia germinans* (L.) L.**

Comúnmente conocido como "mangle negro", *A. germinans* es un árbol perteneciente a la familia Acanthaceae. Crece en las regiones tropical y subtropicales de América, tanto en las costas atlánticas como en las del pacífico, también se distribuye en la costa atlántica de África tropical.

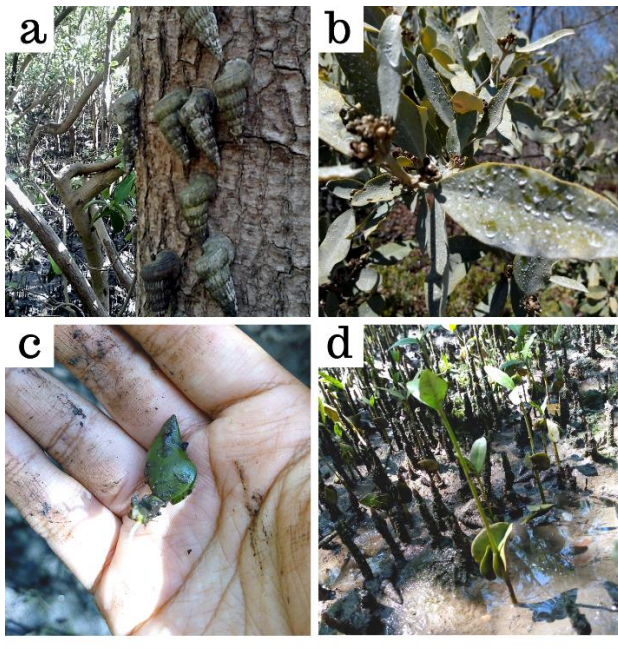


Figura 2. *Avicennia germinans*: **a**, corteza; **b** hojas con cristales de sal; **c**, propágulo durante la dispersión y **d** plántula con cotiledones unidos.

El nombre de mangle negro se refiere al color de su corteza marrón oscuro (fig. 2a) y del duramen, es una especie perennifolia, monoica, de 2 a 10 metros de altura y hasta 60 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP) sus raíces tienen geotropismo negativo (presencia de neumatóforos). Las hojas comúnmente las recubren pequeños cristales de sal (fig. 2b), debido a que

poseen glándulas excretoras de sal. Son de forma elíptica u oblonga y se disponen de manera opuesta, son gruesas y de consistencia coriácea. Cada una mide de 3 a 15 cm de largo por 1 a 4 cm de ancho, están sostenidas de un peciolo.

Los propágulos son boyantes y tolerantes a la sal, son oblongos y miden de medio a 3 cm de largo, el pericarpio se pierde con facilidad, el hipocótilo se alarga y forma las raíces, los cotiledones se abren en forma de mariposa (fig. 2d) (Rabinowitz, 1978).

Fisiológicamente es una especie excretora, excluyente y acumuladora de sal (Parida y Jha, 2010) y es principalmente melitófila, las flores se organizan en inflorescencias axilares, son de color blanco o amarillentas.

### ***Rhizophora mangle* L.**

Se distribuye en la costa occidental de África, las costas oriental y occidental de América del Sur y Central y en el sur de Florida. En 1902 fue introducida a Hawái como una estrategia de estabilización de la costa (Krauss y Allen, 2003).

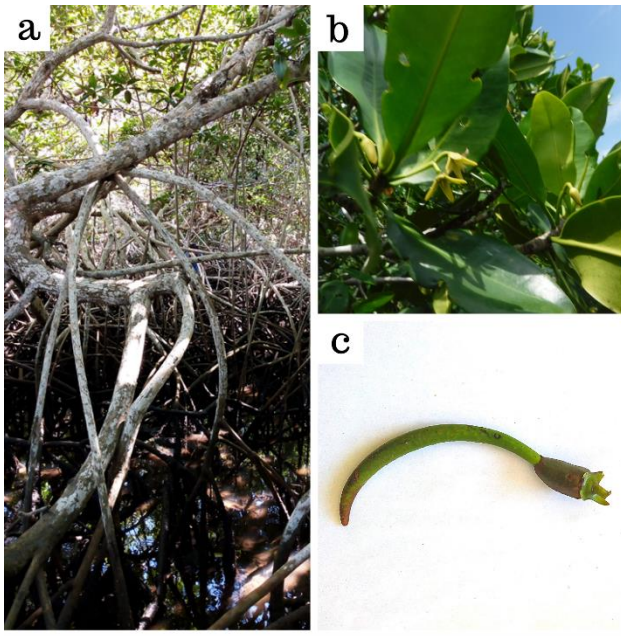


Figura 3. *Rhizophora mangle*: **a**, raíces de zanco; **b**, hojas e inflorescencias y **c**, propágulo aún unido con el fruto (marrón oscuro).

Comúnmente se le conoce como “mangle rojo” pertenece a la familia Rhizophoraceae. Es un árbol perennifolio con una corteza color oliva con manchas grisáceas, tornándose rojiza en el interior. En las partes que se encuentran sumergidas forma lenticelas, presenta neumatóforos y raíces de zanco. Su copa es redondeada las hojas se encuentran aglomeradas en las puntas de las ramas,

son hojas simples, pecioladas, oblongas, de hasta 13 cm de largo por 5 cm de ancho, coriáceas y lisas; verde oscuras en el haz y verde claro en el envés (fig. 3b).

*R. mangle* es una especie hermafrodita, anemófila. Sus flores están dispuestas en inflorescencias simples con 2 o 3 flores sostenidas en pedúnculos, con cuatro sépalos son persistentes y cuatro pétalos no persistentes. Los propágulos son alargados a veces curvos, cuando caen del árbol madre suelen tener entre 8 y 24 cm de longitud de la cual

el 90% es hipocótilo (Gill y Tomlinson, 1971). Los cotiledones, fusionados en un anillo, quedan atrás en la fruta cuando comienza la dispersión (Rabinowitz, 1978). Son notablemente resistentes y con una alta capacidad de flotar, pueden permanecer hasta un año flotando hasta su establecimiento como plántula.

Fisiológicamente, es excluidora de sal, con un mecanismo de ultrafiltración en las membranas celulares de las raíces (Tomlinson, 1986). Presenta características xeromórficas que ayudan a controlar la pérdida de agua en niveles de salinidad altos por ejemplo la presencia de una hipodermis y cutícula gruesa en las hojas (Silva *et al.*, 2016). Desde la etapa inicial del propágulo hasta su crecimiento como plántula, Stern y Voigt (1959) demostraron que *R. mangle* es tolerante a salinidades de hasta 35 ppt.



### ***Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn.**

Es una especie perteneciente a la familia Combretaceae. Es nativa de las costas de África occidental desde Senegal hasta Camerún; se encuentra también en la costa atlántica de América, desde Florida hasta el sur Brasil; y en la costa del Pacífico desde México hasta el noroeste de Perú, incluyendo las Islas Galápagos. Coloniza fácilmente sitios alterados, donde puede formar rodales casi puros (Tomlinson, 1986).

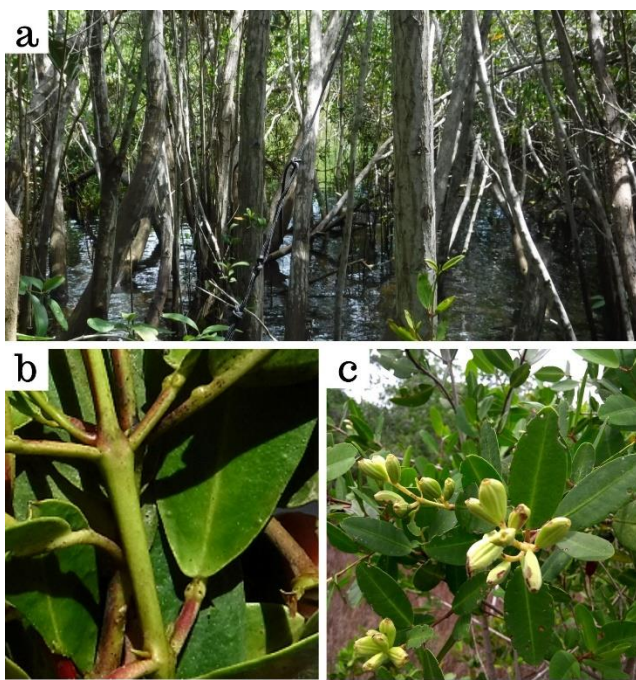


Figura 4. *Laguncularia racemosa*: **a**, comunidad joven (se observa la corteza); **b**, nectarios ubicados en el peciolo y **c**, frutos.

Comúnmente se le conoce como "mangle blanco". Es un árbol que llega a medir hasta de 20 m de largo y de 40 cm DAP aproximadamente. Las hojas son simples, opuestas, y entre 4 y 10 cm de largo. Las partes superior e inferior de las hojas son de color verde claro con un exterior grueso, coriáceas, ligeramente suculentas y lisas, las hojas poseen glándulas de sal, las

cuales aumentan la tasa de secreción a medida que el suelo aumenta de salinidad (Sobrado, 2004). Sobre el peciolo se encuentran dos nectarios extraflorales (fig. 4) que atraen periódicamente diferentes insectos (Francini y Rovati, 2011).

Es una especie androdioica, entomófila (Landry y Rathcke, 2012), sus flores crecen en panículas terminales, los pétalos son de color blanco a blanco verdoso. Los propágulos de *L. racemosa* son pequeños y aplanados, ovoides-elipsoides. Son de color verde y cuando caen del árbol parental se vuelven marrones. Las plántulas presentan una alta mortalidad (Pelozo *et al.*, 2016). Fisiológicamente *Laguncularia racemosa* es una especie acumuladora y excretora de sal.

## 2. Antecedentes

Para la subsistencia de los manglares Craighead (1971) mencionó que es necesaria la propagación de propágulos y la incorporación de plántulas en el sistema, por lo que conocer la fenología de los mangles es importante para entender los patrones de distribución y abundancia.

La problemática que ronda a muchos de los ecosistemas de los que los humanos obtenemos servicios y recursos naturales se ve incrementada ante el aumento de la temperatura global. En las próximas décadas se prevé un incremento en el nivel del mar y de la intensidad y frecuencia de los fenómenos meteorológicos, lo cual aumentará la vulnerabilidad de los humedales y con ello el desarrollo costero (Yáñez– Arancibia *et al.*, 1998; Batllori *et al.*, 2006).

Conocer la ecología de los humedales, así como crear acciones de monitoreo a largo plazo permitirán evaluar los ecosistemas para una mejor gestión de los recursos naturales, (Febles-Patrón *et al.*, 2009) así como la toma de decisiones informada. Para que las restauraciones sean exitosas Lewis (2005) considera de vital importancia el conocimiento de la autoecología (ecología individual de las especies) de manglares, además resalta la necesidad de la comprensión de los patrones de reproducción y distribución de los propágulos.

Flores-Verdugo y colaboradores (1992) aportaron información sobre los manglares de la costa del Pacífico mexicano incluyendo aspectos sobre su extensión,

distribución, estructura, hojarasca y detritus. Mencionan que incluso en las zonas con climas áridas la productividad es alta, y de gran importancia, tanto para el propio ecosistema de manglar como para las zonas costeras adyacentes, ya que, gracias a la hojarasca convertida en detritus se ven beneficiadas las redes tróficas acuáticas.

Agraz-Hernández (1999) realizó su tesis de doctorado sobre la reforestación experimental de manglares en dos ecosistemas lagunares de México, la primera área ubicada en el Estero de Urías, en el municipio de Mazatlán, Sinaloa y la segunda en Boca Cegada, Nayarit. En este estudio se establecieron condiciones óptimas para el crecimiento de propágulos de manglares. También menciona que la extracción de propágulos para los programas de reforestación supone un costo menor en comparación al del establecimiento de un vivero para obtención de plántulas, además, la plantación resulta más fácil, sin embargo, las plántulas al tener un cierto grado de desarrollo representan una mayor probabilidad de éxito en su establecimiento.

Guzmán (2018) mediante su tesis de maestría aportó información importante respecto al estado de eutrofización y su relación con los bosques de manglar en el estero de Urías. Mediante el establecimiento de estaciones de monitoreo encuentra que, en términos generales, este sistema lagunar sobre pasa los valores establecidos por los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89, por lo que se le considera un sistema eutrofizado, debido a la alta actividad antropogénica. Sin embargo, los bosques de manglar se encuentran en buen estado de conservación. También menciona que los

mayores aportes de hojarasca sucedieron en la época de lluvias, sus datos mostraron una marcada estacionalidad en la producción de propágulos, a diferencia de los bosques tropicales con lluvias frecuentes.

### **3. Justificación**

En los ambientes de manglar que han sufrido perturbaciones, la colonización sucede naturalmente (Bosire *et al.*, 2008) sin embargo, debido a las alteraciones antropogénicas del ecosistema, los bosques de manglar necesitan ser restaurados, por lo que es necesario comprender la autoecología de las especies de manglares objetivo. La información sobre el funcionamiento del ecosistema, como las interacciones específicas entre las especies y sus recursos, rara vez es considerada en los proyectos de restauración (Nordström *et al.*, 2015). Además, es escasa la información al respecto de la dinámica reproductiva de las distintas especies de mangle en zonas áridas o semi-áridas. En diferentes estudios (Reye-Chargoy y Tovilla Hernández, 2002; Lema *et al.*, 2003) se menciona la recolecta de un gran número de propágulos sin antes haber realizado investigaciones sobre su producción anual o temporal, dado que el porcentaje de sobrevivencia en el medio natural es muy bajo y depende de varios factores como la luz, salinidad e hidroperíodo, se considera importante conocer la cantidad de propágulos que se produce en los bosques de manglar antes de ser colectados, por lo que el presente estudio pretende aportar información sobre la producción de propágulos en manglares distribuidos en zonas semi-áridas, para comprender el

funcionamiento de estos ecosistemas y tener una visión más amplia acerca de la producción de los propágulos con base en la especie y las condiciones hidrológicas de los sitios.

Por otro lado, la materia orgánica producida en el manglar representa un subsidio para muchas redes tróficas, terrestres y costeras, dentro de las cuales destacan especies de interés comercial, por lo que monitorear el aporte de hojarasca puede brindar información acerca de la productividad de los sistemas y si es que en estos ocurren cambios a través del tiempo.

#### **4. Preguntas de investigación**

¿La producción de propágulos de las especies *Avicennia germinans*, *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* serán tan abundantes que permitan disponer de estos para su propagación en viveros y así tenerles disponibles para la reforestación de zonas degradadas de manglar?

¿La productividad de los bosques estará en función del tipo de aporte de agua en los sitios?

#### **5. Hipótesis**

En las localidades de trabajo, la producción de propágulos es lo suficientemente abundante, por lo tanto, se podrá disponer de un buen número de propágulos para ser utilizadas en futuros proyectos de reforestación, tanto de áreas dañadas por actividades

antrópicas como por fenómenos naturales; además, se espera que existan diferencias significativas de las producciones de propágulos y hojarasca entre los sitios con diferentes condiciones hidrológicas.

## **6. Objetivos**

### General

Estimar si los propágulos de *Avicennia germinans*, *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* pueden ser recolectados sin afectar la repoblación natural, para utilizarlos en futuros proyectos de reforestación, y al mismo tiempo evaluar la producción de propágulos y productividad de *Avicennia germinans*, *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* en los seis sitios de muestreo ubicados el Estero de Urías y las Cabras, Sinaloa durante el periodo de lluvias.

### Particulares

1. Comparar las producciones de propágulos y hojarasca de los sitios con condiciones hidrológicas diferentes.
2. Comparar las producciones de propágulos y hojarasca de los sitios con condiciones hidrológicas similares.
3. Comparar las producciones de propágulos y hojarasca entre todos los sitios en cada uno de los meses que abarcó la época de lluvias/ temporada de dispersión.

4. Conocer los aportes mensuales de hojarasca, en cada sitio de muestreo.

## 7. Método

### 7.1 Descripción de las áreas de estudio:

El presente estudio se realizó en el municipio de Mazatlán y Escuinapa pertenecientes al sur del estado de Sinaloa, cuya ubicación se encuentra en la región pacifico norte de México (figura 5).

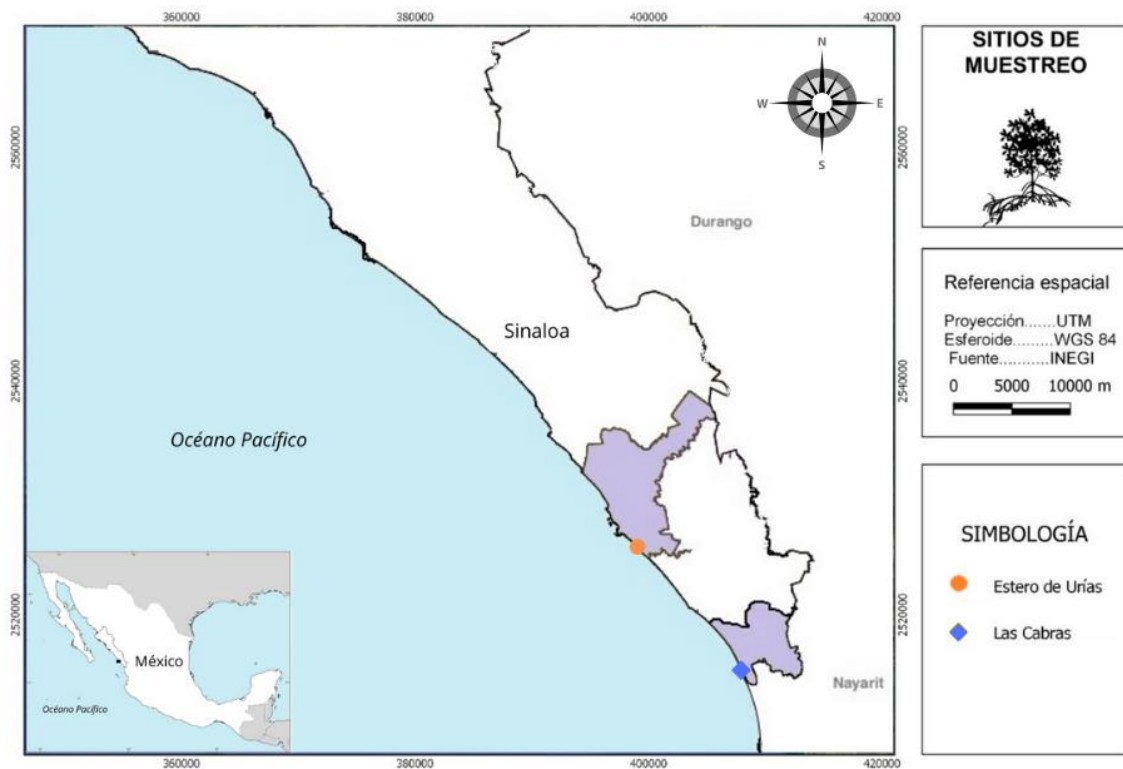


Figura 5. Ubicación del municipio de Escuinapa en México.



### 7.1.1 Mazatlán

La primera localidad se encuentra en el sistema estuarino de Urías, ubicado al sur del municipio de Mazatlán entre los 23° 09' y 23° 12' de latitud norte y los 106° 18' y 106° 25' de longitud oeste. Tiene aproximadamente 18 km<sup>2</sup> de superficie, un perímetro de litoral de 23 km, el ancho varía entre 0.1 km y 1.13 km, la boca tiene un ancho de 150 m y una profundidad promedio de 12 m.

El estero de Urías es una laguna costera de barrera de poca profundidad, con comunicación libre y permanente con el mar y con aportes de agua dulce muy reducidos de los escurrimientos provenientes de la sierra madre occidental y de un complejo sistema de esteros (Caimán, Pichichines, Confite y Barón). La temperatura media anual varía de 24° a 26° C, la salinidad se observa en un rango de 33 a 38 ups (unidades prácticas de salinidad), tomando como promedio 35 ups para el otoño y 34 ups para el invierno. La precipitación anual total, que ocurre principalmente en los meses de julio y septiembre va de 800 a 1000 mm (INEGI, 2009). El sistema presenta tres especies de mangle: mangle rojo (*R. mangle*), mangle blanco (*A. germinans*), y mangle negro (*L. racemosa*) (Monroy-Torres *et al.*, 2014).

### 7.1.2 Las cabras

La localidad de las Cabras se ubica en el municipio de Escuinapa dentro de un predio (CIP-FONATUR) de 2, 700 hectáreas y está constituido principalmente por hectáreas de una llanura (en más del 80%) de cordones litorales del cuaternario reciente con algunos

humedales interdunarios, una playa y duna de arena. Se localiza al sur del estado, entre los meridianos 10° 26' 17" y 105° 55' 15" longitud Oeste de Greenwich y los paralelos 22° 28' 00" y 22° 57' 10" latitud Norte, junto con el municipio de Rosario determina la frontera política de Sinaloa con el estado de Nayarit, el municipio de se encuentra a 5 msnm

La marisma de Las Cabras presenta una distribución característica de regiones lagunares de zonas semiáridas de México, una zona de marismas con presencia de vegetación halófila, manglar matorral disperso y de matorral denso (< 2 m de altura), además de una estrecha franja de manglar tipo borde (< 7 m de altura). También presenta remanentes de selva mediana caducifolia y algunos manchones de manglar tipo ribereño. Cabe destacar que en esta región se localiza en el límite septentrional de distribución del Pacífico de América de la única selva mediana del estado de Sinaloa. El tipo de clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw), la temperatura media anual es de 26° C; la máxima es de 42°C y la precipitación total anual varía entre 700 y 1,000 mm.

## 7.2 Trabajo de campo

### *7.2.1 Ubicación de los sitios de muestreo y características.*

Los sitios de muestreo que se exponen en la figura 6 corresponden al estero de Urías y los que aparecen en la figura 7 corresponden a Escuinapa. El sitio **A** es un bosque mono específico de la especie *Avicennia germinans*, en el sitio **B** la especie dominante

es *Rhizophora mangle* y en los sitios **C** y **D** domina la especie *Laguncularia racemosa*, cabe mencionar que el sitio **D** es una zona de manglar restaurado. Los sitios **1** y **2** se encuentran en el municipio de Escuinapa en las marismas de Las Cabras (figura 7), ambos sitios son bosques mixtos de las especies de *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*, el sitio **1** tiene un aporte de agua dulce proveniente de una laguna interdunaria dónde el aporte es escaso pero constante, mientras que el sitio **2** tiene aporte de agua salobre proveniente de una marisma.



Figura 6. Sitios de muestreo A, B, C y D marcados con puntos correspondientes al estero de Urías, Mazatlán Sinaloa, México. INEGI 2018.



Figura 7. Sitios de muestreo 1 y 2 marcados con rombos correspondientes a las Cabras, Escuinapa, Sinaloa, México. INEGI 2018.

### 7.2.2 Recolectas

Las recolectas de propágulos y hojarasca (Figura 8b) se realizaron mensualmente a partir de agosto del 2018 a noviembre del 2018 (época reproductiva de las especies) siguiendo el método propuesto por Brown (1984). Para evaluar la cantidad de propágulos y de materia orgánica producida (hojarasca) se utilizaron 10 canastas recolectoras de madera (figura 8a) de 0.5 m X 0.5 m con malla plástica (0.25 m<sup>2</sup>) de 1x1 mm de luz, suspendidas entre el follaje de manera aleatoria en cada uno de los sitios (A, B, C, D, 1 y 2).

El material fue recolectado en bolsas de papel estraza (figura 8b) rotuladas con los datos correspondientes al lugar y fecha de muestreo, separando el material en hojas, ramas, flores, misceláneos y propágulos). Los propágulos fueron contados por canasta y

promediados por sitio, posteriormente fueron transportados al laboratorio para ser secados en un horno de convección a 70°C marca *National Appliance* (figura 8c), hasta obtener el peso seco constante (Barreiro-Güemes, 1999).

Aproximadamente a los 7 días



Figura 8. Recolecta de hojarasca y propágulos; a, colocación de colectores; b, colecta de materia orgánica; c, secado y d, pesado de materia orgánica.

posteriores se pesaron en una balanza marca *OHAUS* (figura 8d) de 0.01 g de sensibilidad.

### 7.3 Análisis de datos

#### *7.3.1 Estimación de producción de propágulos*

Para determinar la producción anual por hectárea se realizó el conteo de propágulos por canasta y se estimó el promedio para cada sitio por mes, posteriormente se sumaron las producciones mensuales de éstos, se multiplicaron por 4 y después por 10,000 y así obtener la producción de propágulos por hectárea por tipo de bosque durante la temporada de producción de propágulos (agosto a noviembre).

#### *7.3.2 Estimación del porcentaje de propágulos establecidos teóricamente en los diferentes bosques.*

Para conocer si los propágulos removidos para su uso para reforestación en los seis diferentes bosques pueden ser recolectados sin afectar la repoblación natural se realizó una relación cantidad de propágulos producidos por hectárea en cada tipo de bosque con la densidad total de árboles por hectárea de cada sitio, sacando el porcentaje de propágulos que se llegan a establecer teóricamente.

La densidad de árboles se obtuvo por medio de datos de Flores-de-Santiago y Flores-Verdugo del 2017 (com. Pers).

### 7.3.3 Estimación de producción de hojarasca y productividad.

Los datos recabados del peso seco de hojarasca por cada sitio se multiplicaron por 4 para obtener el peso seco en  $\text{g m}^{-2}$ , estos se sumaron por mes para obtenerlo en  $\text{g m}^{-2}\text{mes}^{-1}$  y posteriormente se sumaron los valores de los meses para obtener el peso total por la temporada de producción de propágulos. Conociendo que los valores de transformados a unidades de carbono son equivalentes, se utilizó la siguiente expresión propuesta por Dawes, 1998 para conocer la productividad de los sitios de muestreo.

$$\text{Peso seco de los componentes g } 0.24 \text{ m}^{-2} \text{ mes}^{-1} = \text{Hojarasca como carbono (PPN)}$$

### 7.3.4 Comparaciones de producción de propágulos y hojarasca

Para comparar la producción de propágulos y de hojarasca entre los diferentes sitios de muestreo, se realizaron pruebas de normalidad y después se procedió a realizar análisis de varianza con una prueba ANOVA o en los casos que fuera requerido la prueba de Kruskal-Wallis.

Las comparaciones entre sitios se llevaron a cabo de la siguiente manera:

1. Entre los bosques con influencia de mareas; un bosque monoespecífico de manglar rojo (*R. mangle*), un bosque monoespecífico de manglar negro (*A. germinans*), un bosque monoespecífico de manglar blanco (*L. racemosa*) y un bosque restaurado de manglar blanco. Todos dentro del estero de Urías.

2. Entre dos bosques mixtos de manglar blanco y negro (*L. racemosa* y *A. germinans*) con poca influencia de mareas ubicados en Las Cabras.
3. Entre bosques de manglar con influencia de mareas (estero de Urías) *vs* con influencia marginal de mareas (Las cabras), mes por mes.

#### *7.3.5 Porcentaje de propágulos en la caída de hojarasca en cada sitio.*

Adicionalmente se graficaron mensualmente los aportes de cada componente de la hojarasca con la finalidad de conocer el porcentaje en peso seco de los propágulos que abarca en la producción de la hojarasca.



## 8. Resultados y discusión

### 8.1 Estimación de la cantidad de propágulos en todos los sitios.

Para determinar la producción anual de propágulos por hectárea se sumaron las producciones mensuales, que corresponden a la temporada de lluvias (agosto-noviembre). En el cuadro 1 se puede observar los datos obtenidos del conteo de propágulos, donde se han agrupado en las columnas los datos referentes a cada sitio y en las filas se encuentran los meses. El sitio **A** corresponde al bosque monoespecífico de *A. germinans*, el sitio **B** al bosque monoespecífico de *R. mangle*, los sitios **C** y **D** son bosques monoespecíficos de *L. racemosa*, sin embargo, el sitio **D** es un bosque restaurado, todos ellos ubicados en el estero de Urías. Los sitios **1** y **2** corresponden a bosques mixtos donde la especie predominante es *A. germinans*, ambos bosques ubicados en Las Cabras.

Cuadro 1. Producción mensual de propágulos por hectárea y sitio (A, B, C, D, 1 y 2).

	<b>A</b> Urías <i>A. germinans</i>	<b>B</b> Urías <i>R. mangle</i>	<b>C</b> Urías <i>L. racemosa</i>	<b>D</b> Urías <i>L. racemosa</i>	<b>1</b> Las Cabras Mixto	<b>2</b> Las Cabras Mixto
<b>Agosto</b>	435,556	5,000	0	70,000	102,857	57,143
<b>Septiembre</b>	857,333	30,000	30,000	130,000	1,108,571	548,000
<b>Octubre</b>	685,000	5,000	50,000	180,000	0	6,666
<b>Noviembre</b>	30,000	5,714	50,000	50,000	0	/
<b>Total de propágulos ha<sup>-1</sup> anual<sup>-1</sup></b>	2,007,889	45,714	130,000	430,000	1,211,428	611,810

El sitio **A** que pertenece a un bosque monoespecífico de *Avicennia germinans* produjo un total de 2,007,889 propágulos ha<sup>-1</sup> anual<sup>-1</sup> encontrándose dentro de los valores estándar que otros autores han reportado para el mismo sitio (cuadro 2). La alta producción de *A. germinans* se puede explicar por el tipo de polinización que sucede principalmente a través de insectos (entomófila); cabe mencionar que en este sitio se observaron varios panales de abejas y avispas.

Cuadro 2. Producción de propágulos ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de *A. germinans* en el sitio A en diferentes años.

<b>Año</b>	<b>Propágulos ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup></b>	<b>Autor</b>
1997	2,754,146	Agraz-Hernández, 1999
2016	2,346,666	Guzmán, 2018
2017	1,379,000	Díaz, 2019
2018	2,007,889	Este estudio

En contraste, el sitio **B** que pertenece al bosque monoespecífico de *Rhizophora mangle*, produjo un total de 45,714 propágulos ha<sup>-1</sup> anual<sup>-1</sup>, representando el valor más bajo para todos los sitios, sin embargo, se observó una mayor cantidad de propágulos en la periferia del bosque, esto posiblemente se deba a que esta especie es polinizada por el viento por lo que en la zona interna la oportunidad del intercambio del polen sea menor.

8.2 Comparación de la producción de propágulos entre sitios con similar condición hidrológica.

Los bosques de manglar ubicados en el estero de Urías (**A**, **B**, **C** y **D**) presentan las características de manglares tipo borde (Guzmán, 2018), estos bosques se encuentran sometidos a una fluctuación constante en el nivel del agua, ya sea por la influencia de las mareas, o en menor proporción por los aportes de agua dulce de las zonas adyacentes.

Por otro lado, los bosques ubicados en Las Cabras (**1** y **2**) tienen aportes de agua limitados debido a que la mayor parte del año carecen de la influencia de las mareas; donde para el sitio 1 existe la presencia de agua dulce proveniente de una laguna interdunaria, mientras que para el sitio 2 el mayor aporte de agua proviene de una marisma, por lo que la salinidad es mayor.

Considerando lo anterior se hace hincapié en las diferencias en los aportes de agua entre los diferentes sitios, por lo que se realizaron comparaciones entre los bosques con similar condición hidrológica.

### *8.2.1 Comparación entre los bosques de Urías*

Para conocer si la producción de propágulos de los bosques de Urías fue significativamente diferente se realizó una comparación entre los sitios **A**, **B**, **C** y **D** correspondientes a la época de lluvias (de agosto a noviembre). Primero con la prueba de Shapiro-Wilk se encontró un *valor – P* igual a 0.1 por lo que se rechaza la idea de que

los datos provienen de una distribución normal. Debido a que el análisis de varianza no es aplicable por el incumplimiento de los supuestos del modelo, se procedió a realizar la prueba Kruskal-Wallis donde se obtuvo un *valor de P*=1.43025E-10 lo que indica diferencias significativas.

Con la prueba Bonferroni se comprobó entre cuales sitios existe una diferencia significativa. La prueba arrojó 3 pares de sitios que son estadísticamente diferentes, señalados en color rojo en el cuadro 3.

Cuadro 3. Prueba Bonferroni donde se comparan por pares los sitios del estero de Urías.

Contraste	Sig	Diferencia	+/- Límites
<b>A - B</b>	*	44.5404	21.4776
<b>A - C</b>	*	44.1029	21.4776
<b>A - D</b>		17.6029	26.4371
<b>B - C</b>		-0.4375	21.8006
<b>B - D</b>	*	-26.9375	26.7002
<b>C - D</b>		-26.5	26.7002

El \* indica una diferencia significativa.

El sitio **A** pertenece al bosque de *Avicennia germinans*, el sitio **B** a la especie *Rhizophora mangle*, el **C** a un bosque de *Laguncularia racemosa* y el **D** a un bosque restaurado de *Laguncularia racemosa*, todos ubicados en el estero de Urías con el mismo tipo de aporte de agua. A pesar de que los 4 bosques tienen el mismo aporte de agua y frecuencia de mareas se puede observar que existen diferencias significativas entre la cantidad de propágulos producidos.

Los sitios que presentaron diferencias significativas fueron **A-B** (*A. germinans* y *R. mangle*), **A-C** (*A. germinans* y *L. racemosa*) y **B-D** (*R. mangle* y el bosque de *L. racemosa* restaurado). Los resultados concuerdan con lo esperado puesto que en el cuadro 1 se pone en evidencia que el mayor aporte de propágulos fue del sitio A (*Avicennia germinans*) por lo que se esperaban diferencias significativas con más de un sitio.

En los sitios **C** y **D** no se encontraron diferencias significativas. Ambos son bosques que están conformados por la especie *Laguncularia racemosa* y presentan las mismas condiciones hidrológicas, pero difieren debido a que el sitio **D** es un bosque restaurado.

En un estudio sobre la funcionalidad de los manglares realizado por Bosire y colaboradores en el 2008 indican que los manglares restaurados pueden llegar a niveles equivalentes a los de los bosques naturales, coincidiendo con lo encontrado en este estudio.

### *8.2.2 Comparación entre los bosques de Las Cabras.*

Los bosques **1** y **2** situados en las cabras presentan características similares en cuanto a su estructura y dominancia de especies, sin embargo, el aporte de agua difiere entre ambos sitios por lo que se esperaba que la cantidad de propágulos también fuera diferente. Con la finalidad de comprobar si existen diferencias significativas en las producciones de propágulos entre ambos sitios se realizó la prueba de Kruskal-Wallis

(cuadro 4) donde se encontró que el *valor-P* es igual a 0.484278, por lo tanto, se determinó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos sitios.

Cuadro 4. Prueba de Kruskal-Wallis para datos por sitio (sitio **1** = bosque mixto con influencia de una laguna interdunaria, sitio **2** = bosque mixto con influencia de una marisma).

SITIO	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	21	21.119
2	23	23.7609

Estadístico = 0.489212 Valor-P = 0.484278

8.3 Comparación de producción de propágulos entre todos los sitios, mes por mes.

Debido a que la producción de propágulos presentó variaciones con respecto a los meses y al tipo de bosque, se realizó una comparación entre los sitios en cada uno de los meses del periodo de producción de propágulos (agosto, septiembre, octubre y noviembre). Los datos se trabajaron mes por mes con la prueba Kruskal-Wallis y se encuentran agrupados en el cuadro 5. Se obtuvo que para los meses de agosto, septiembre y octubre existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo, mientras que en el mes de noviembre no hay diferencias significativas en la producción de propágulos entre los diferentes sitios. Para los meses de agosto, septiembre y octubre se realizó la prueba Bonferroni que compara por pares los sitios con diferencias significativas (cuadro 6).

Cuadro 5. Prueba de Kruskal-Wallis el 95% de confianza para los meses de producción de propágulos.

Mes	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
valor – P	0.000408118	4.0998E-06	4.6281E-05	0.1808

Cuadro 6. Comparaciones por pares entre los tres meses donde se obtuvieron diferencias significativas utilizando la prueba Bonferroni con un 95% de confianza.

Mes	Agosto	Septiembre	Octubre
Pares de Sitios	A-B	A-B	A-B
	A-C	A-C	A-C
		1-B	1-A
		1-C	2-A
		2-C	

La producción de propágulos muestra un mayor aporte en el mes de septiembre para los sitios **A, B, 1 Y 2**, mientras que los sitios **C y D** (sitios de bosque monoespecífico de *L. racemosa*) muestran el mayor aporte en el mes de octubre. El sitio D no difiere contra ningún otro sitio por lo que se asume que las producciones de propágulos se mantienen constantes. Según datos del Servicio Meteorológico Nacional de la CONAGUA el mes de mayor precipitación en el estado de Sinaloa para el 2018 fue el mes de septiembre (cuadro 7). Coincidiendo con lo encontrado en el presente estudio, Tovilla y Orihuela en el 2002 reportan que la mayor producción de propágulos de *R. mangle* en una laguna costera del estado de Guerrero, sucede en la época de lluvias. Agraz-Hernández y colaboradores (2011) indican que la mayor producción de propágulos de *A. germinans* en Veracruz, sucede en el mes de septiembre mientras que para la especie *R. mangle* en agosto y septiembre (para la estación norte). Estudios

realizados por Guzmán (2018) en el estero de Urías coinciden con septiembre como el mes en el que existe un mayor aporte de propágulos al bosque.

La baja producción de propágulos en Las Cabras en los dos últimos meses posiblemente se debe a las condiciones de estrés relacionadas con la hipersalinidad del sistema (falta de mareas) y por el impacto del huracán Willa (tocando tierra en el sur de Sinaloa el 24 de octubre de 2018).

Cuadro 7. Producción de propágulos por mes/ha<sup>-1</sup> y precipitación del estado de Sinaloa (CONAGUA, 2018).

Mes	Precipitación (mm)	Propágulos sitio A	Propágulos sitio B	Propágulos sitio C	Propágulos sitio D	Propágulos sitio 1	Propágulos sitio 2
Agosto	291.1	435,555	5,000	0	70,000	102,857	57,142
Septiembre	320.4	857,333	30,000	30,000	130,000	1,108,571	548,000
Octubre	70.5	68,5000	5,000	50,000	180,000	0	6,666
Noviembre	5.6	30,000	5,714	50,000	50,000	0	/

#### 8.4 ¿La producción de propágulos es suficiente?

El establecimiento y la supervivencia de los propágulos se ve afectado por las diferentes presiones que existen en el ambiente como la depredación, la competencia interespecífica, así como el hidroperíodo y la salinidad del suelo (Delgado *et al.*, 2001), por lo que el porcentaje que se llega a establecer es muy bajo, aunado a esto, la producción de propágulos en zonas áridas o semiáridas se ve restringida a un corto



periodo de tiempo. Para conocer si la producción de propágulos en los sitios de estudio resulta suficiente como para poder disponer de un porcentaje de ellos y ser utilizados en proyectos de reforestación, se relacionó la cantidad de propágulos producida por hectárea con la densidad total de árboles por hectárea (cuadro 8).

Cuadro 8. Relación en porcentaje de densidad total/ha de fustes con la producción de propágulos ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

Sitio	Tipo de bosque	*Densidad fustes/ha Total	*Densidad fustes/ha Excluyendo < 9 cm de circunferencia	Propágulos ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	Relación %	
Urías	A	<i>A. germinans</i> monoespecífico	4,300	4,200	2,007,889	0.21±0.20
	B	<i>R. mangle</i> monoespecífico	1,800	1,800	45,714	3.93
	C	<i>L. racemosa</i> monoespecífico	14,600	9,000	130,000	11.23±6.92
	D	<i>L. racemosa</i> restaurado	ND	3,500	430,000	0.81
Las Cabras	1	<i>A. germinans</i> y <i>L. racemosa</i> mixto	ND	2,300	1,211,428	0.18
	2	<i>A. germinans</i> y <i>L. racemosa</i> mixto	ND	2,800	611,810	0.45

\*Indica datos obtenidos de Flores-de-Santiago y Flores-Verdugo (2017).

A pesar de que el sitio **A** (*A. germinans*) mantuvo la producción más alta con respecto a los demás bosques, la proporción de propágulos que lograría establecerse de forma natural corresponde únicamente alrededor del 0.2% de los propágulos, para el sitio **B** (*R. mangle*) el 3.9%, para el sitio **C** del 11.23 al 6.92%, para el sitio **D**, el 0.81%.

Para los sitios de las cabras el sitio **1** presenta el porcentaje más bajo con 0.18 % y el sitio **2** con 0.45%.

El agua como en todos los organismos juega un papel muy importante ya que se encarga de regular ciertas funciones metabólicas que le permite a las especies mantener un balance hídrico adecuado. Aunado a esto, en los humedales, el hidroperíodo regula importantes condiciones físicas y químicas que afectan directamente a las características del suelo, tales como la salinidad, la acumulación y distribución de la materia orgánica, la anaerobiosis y la disponibilidad de nutrientes (Flores-Verdugo *et. al*, 2007). Al comparar los datos obtenidos de Las Cabras, se puede observar que el porcentaje de establecimiento en el sitio 2 es ligeramente mayor que al del sitio 1. El sitio 1 se encuentra dentro de una marisma y el sitio 2 tiene un aporte constante de agua dulce proveniente de una laguna interdunaria, por lo que su menor porcentaje se le atribuye a la influencia del estrés hídrico, dado que el espejo de agua solo se manifiesta en una corta temporada.

Con el supuesto de que la densidad de árboles encontrada sean los propágulos establecidos, se puede afirmar que aproximadamente del 0.18% al 11.23% de los propágulos producidos logra conformar un bosque de manglar. Como anteriormente se mencionaba los propágulos que logran establecerse en condiciones naturales son muy pocos, por lo que con base en la relación de producción de propágulos ha/densidad ha, se presume que aproximadamente el 88% de ellos no logra establecerse y

eventualmente se incorpora a la red trófica del detritus en el ecosistema y/o son exportados a las zonas adyacentes, algunos ya sobresaturados de propágulos así como fuera del humedal hacia el mar con una significativa pérdida que muere en las playas expuestas a oleaje y una parte hacia otros sitios con potencial de colonización.

#### 8.5 Porcentaje de propágulos en la caída de hojarasca en cada sitio.

De acuerdo con los datos obtenidos para la hojarasca, el sitio **A** (*A. germinans*) ubicado en el estero de Urías produjo un total de hojarasca de 299.37 g m<sup>-2</sup> (ver cuadro 9) en la temporada de caída de propágulos (de agosto a noviembre), del cual el 44.27% del peso estuvo representado por el peso de los propágulos. En la figura 9 se pueden apreciar las variaciones porcentuales que tuvo la producción de propágulos en cada mes. Por otra parte, el sitio **1** ubicado en Las Cabras (bosque mixto de *A. germinans* y *L. racemosa* con predominancia de *A. germinans*) produjo un total de 677.67 g m<sup>-2</sup> de hojarasca, donde el 8.1% corresponde a los propágulos de la especie *A. germinans* y solamente el 1.2% a los propágulos de *L. racemosa*, en la figura 10 se puede observar el porcentaje que ocupa cada componente. El sitio **2** (bosque mixto de *A. germinans* y *L. racemosa* con predominancia de *A. germinans*) ubicado también en Las Cabras tuvo una producción de 535.57 g m<sup>-2</sup> de hojarasca, la especie *A. germinans* aportó el 1.67% y la especie *L. racemosa* aportó el 2.17%, como se puede observar en la figura 11, septiembre registró la mayor contribución de propágulos.

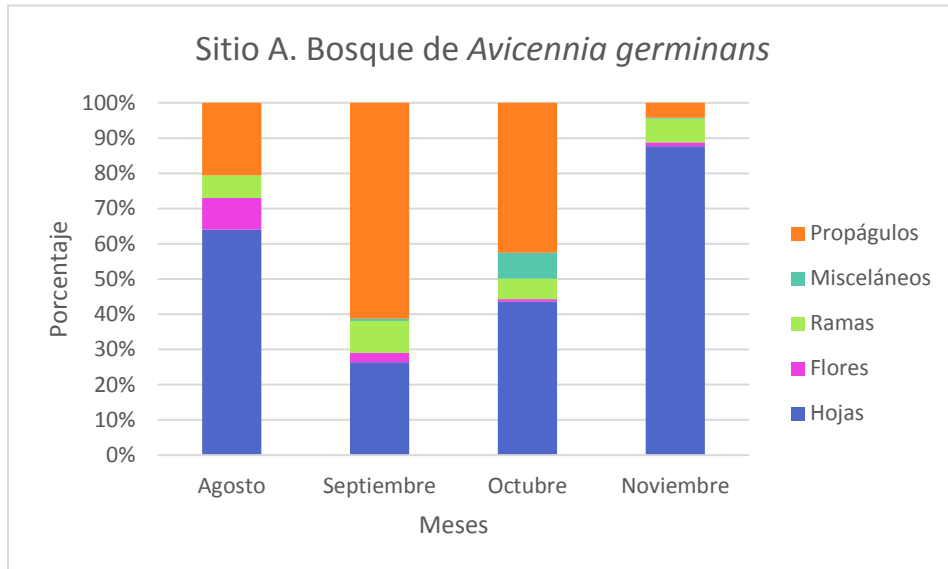


Figura 9. Producción de hojarasca del sitio **A** (*A. germinans*) de Urías.

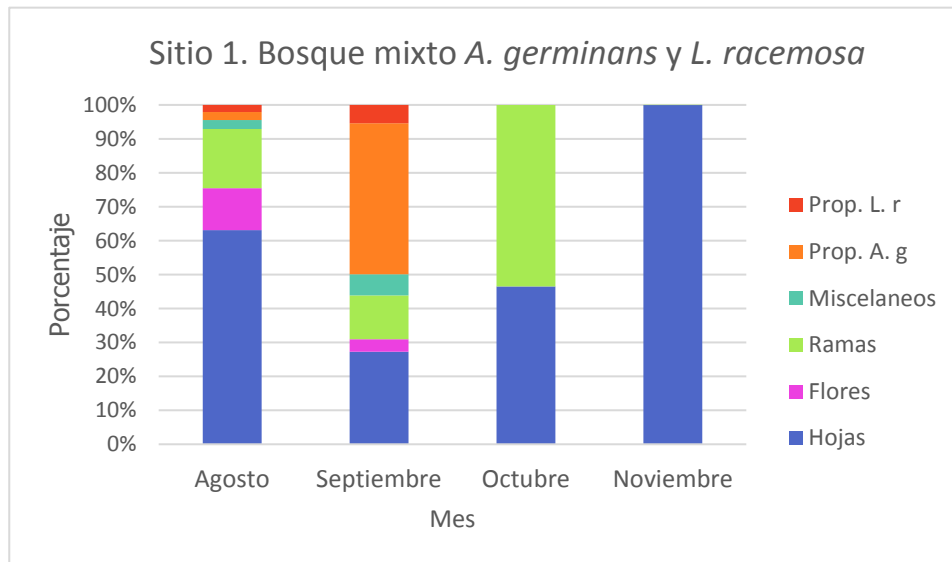


Figura 10. Producción de hojarasca del sitio **1** (*A. germinans* y *L. racemosa*) ubicado en Las Cabras.

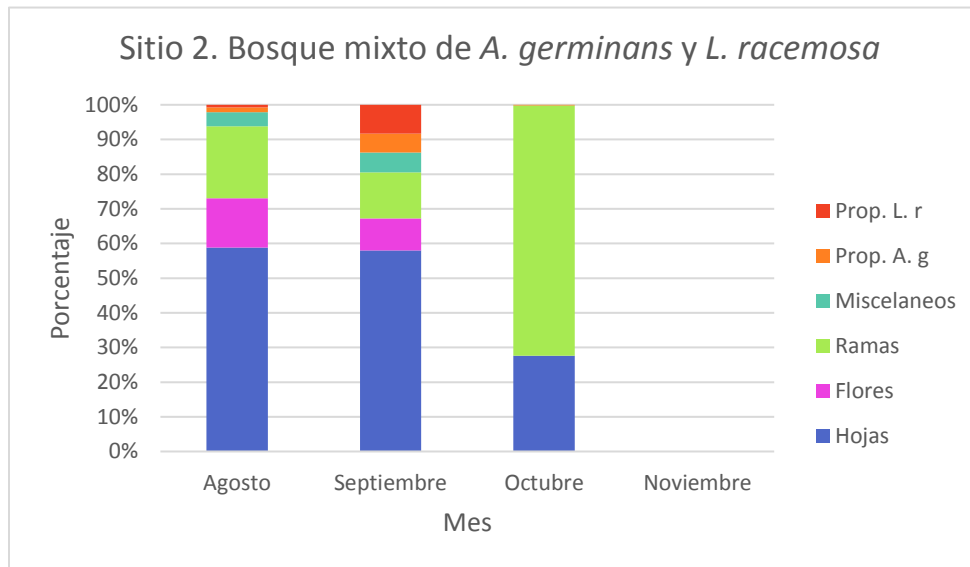


Figura 11. Producción de hojarasca del sitio 2 (*A. germinans* y *L. racemosa*) ubicado en Las Cabras.

El sitio **B** (bosque de *R. mangle*) produjo un total de 635.07 g m<sup>-2</sup> (ver cuadro 9) de hojarasca, de los cuales los propágulos sólo aportaron el 7.74% del peso en la temporada. La mayor contribución al peso se da por medio de las hojas, las cuales siempre se mantienen por arriba del 50% como se puede observar en la figura 12. De los 4 sitios estudiados en el estero de Urías, el sitio **B** fue el que mayor favoreció la producción de hojarasca y por lo tanto productividad primaria en el sistema. También se nota que el porcentaje de flores es mayor a diferencia de los otros sitios, en este sitio el 13% del total peso es representado por este componente, lo que podría indicar que haya propágulos rezagados (fuera de la temporada) en este sistema. Sin embargo el porcentaje de flores que llega a formar propágulos es muy bajo, sólo alrededor del 13% de las flores logra formarlos así como lo indica un estudio realizado por Tarcila y Machado (2014) en bosques de esta misma especie en Brasil.

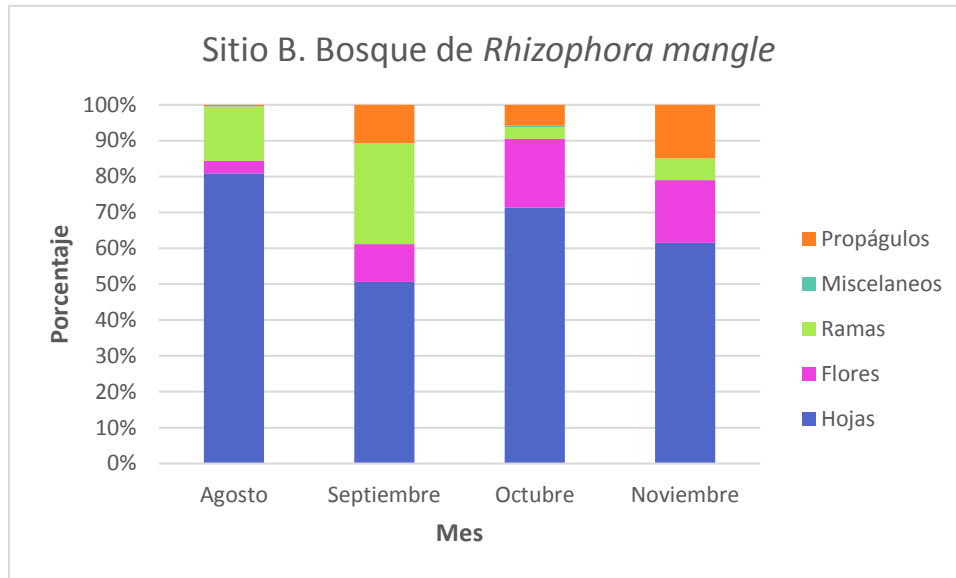


Figura 12. Producción de hojarasca del sitio **B**, (*R. mangle*) de Urías.

El sitio **C** (bosque de *L. racemosa*) tuvo un total de 312.31 g m<sup>-2</sup> de hojarasca (ver cuadro 9), representando el valor más bajo dentro de todos los sitios estudiados. El porcentaje que ocupa el peso de los propágulos también es el valor más bajo encontrado entre todos los sitios, aportando solamente el 2.82% del valor total de la hojarasca, el mayor aporte de los mismos sucede en el mes de octubre, cómo se puede observar en la figura 13.

El sitio **D** es el bosque restaurado de *L. racemosa* que mostró un mayor aporte en el peso de hojarasca que el sitio C, teniendo un total de 459.01 g m<sup>-2</sup> (ver cuadro 9), donde el componente principal fue el de las hojas, así como se puede observar en la figura 12. El porcentaje correspondiente al de los propágulos es del 3.8%, estos valores ligeramente mayores aseveran lo encontrado por Bosire y colaboradores (2008) (ver punto 8.2).

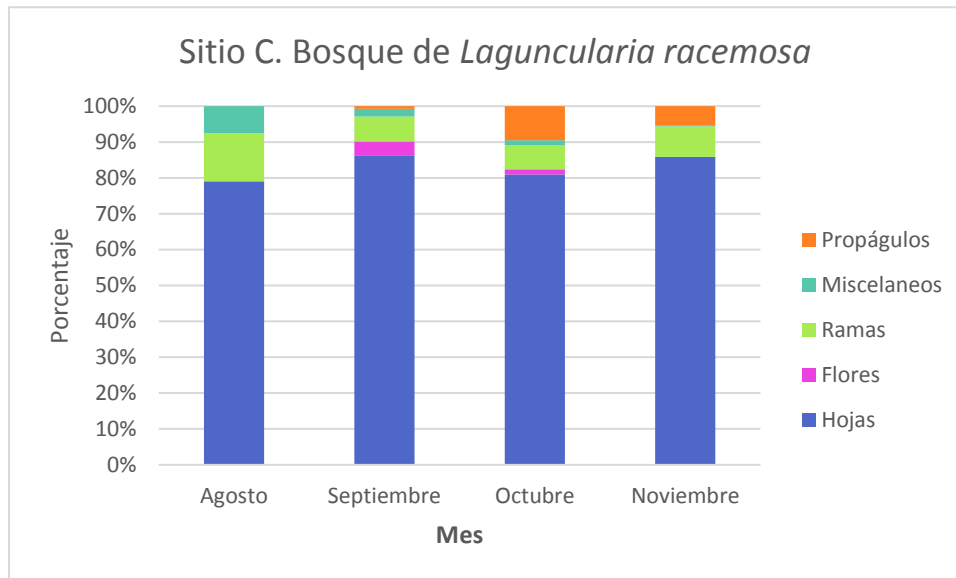


Figura 13. Producción de hojarasca del sitio **C**, (*L. racemosa*) de Urías.

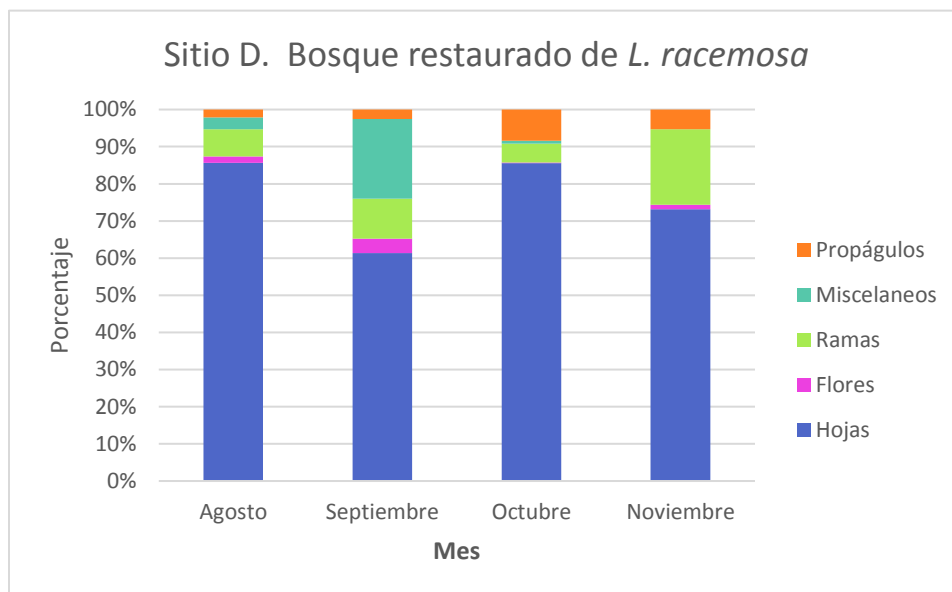


Figura 12. Producción de hojarasca del sitio **D**, (bosque restaurado de *L. racemosa*) de Urías.

### 8.6 Estimación de la producción de hojarasca y productividad (PPN)

Los valores de producción de hojarasca por sitio y por mes se encuentran agrupados en el cuadro 9, donde los valores de producción primaria neta (PPN) están representados en  $\text{g m}^{-2} \text{mes}^{-1}$  y posteriormente fueron sumados para conocer el total por temporada. En la última fila se encuentra la productividad total de la temporada, donde los valores de PPN fueron transformados a unidades de carbono equivalente ( $\text{g C}$ ) con la siguiente fórmula (Dawes, 1998):

$$\text{Hojarasca como carbono (PPN)} = \text{Peso seco de los componentes g} (2.4^{-1})$$

Cuadro 9. Producción promedio de hojarasca ( $\text{g m}^{-2} \text{temporada}^{-1}$ ) y productividad ( $\text{g C m}^{-2} \text{temporada}^{-1}$ ) del periodo de caída de propágulos de todos los sitios (A, B, C y D).

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Agosto</b>	68.66	139.85	109.90	129.80	81.43	80.45
<b>Septiembre</b>	140.00	273.75	111.80	202.40	120.22	80.32
<b>Octubre</b>	72.85	140.85	76.41	94.81	453.20	374.80
<b>Noviembre</b>	17.85	80.62	14.20	32.00	22.81	/
<b>Total <math>\text{g m}^{-2} \text{temporada}^{-1}</math></b>	299.37	635.07	312.31	459.01	677.67	535.57
<b>Total <math>\text{g C m}^{-2} \text{temporada}^{-1}</math></b>	<b>124.75</b>	<b>264.61</b>	<b>130.13</b>	<b>191.25</b>	<b>282.36</b>	<b>223.15</b>

El sitio con mayor productividad para los sitios seleccionados en Urías (A, B, C y D) fue el sitio **B**, donde se localiza un bosque monoespecífico de la especie *Rhizophora mangle*. Mientras que para Las Cabras fue el sitio **1**, que corresponde a un bosque de manglar mixto donde la especie dominante es *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* se encuentra en menor proporción. En el mes de octubre se puede observar



un incremento elevado en la caída de hojarasca en los sitios **1** y **2**, esto debido a que el 24 de octubre del 2018 el huracán “Willa” impactó las costas de Sinaloa y Jalisco afectado principalmente a Escuinapa, municipio donde se ubican dos de los sitios de muestreo. Por el mismo motivo se perdieron las canastas recolectoras del sitio **2**.

## 8.7 Comparación de producción de hojarasca entre sitios con similar condición hidrológica

### 8.7.1 Comparación entre los sitios de Urías.

Para conocer si durante la época de lluvias entre los bosques de Urías existen producciones de hojarasca significativamente diferentes, primero se realizó la prueba de Shapiro-Wilk con el 95% de confianza, donde se encontró un *valor – P* igual a 2.4869E-14 por lo que se rechaza la idea de que los datos provienen de una distribución normal. Después se procedió a realizar la prueba Kruskal-Wallis (cuadro 10) donde se obtuvo un *valor de -P=* 0.0000763164 lo que indica diferencias significativas entre los sitios ubicados en el estero de Urías.

Cuadro 10. Prueba de Kruskal-Wallis para los datos de hojarasca en la temporada de lluvias, en los sitios de Urías.

SITIO	Tamaño Muestra	Rango Promedio
<b>A</b>	34	41.5735
<b>B</b>	31	76.6129
<b>C</b>	30	48.3
<b>D</b>	16	61.1563

Estadístico = 21.6723 Valor-P = 0.0000763164

Posteriormente los valores de cada sitio fueron comparados por pares, para saber entre que sitios existe una diferencia significativa. Se utilizó la prueba de Bonferroni con un nivel del 95% de confianza, donde se encontraron que los pares de dos sitios son estadísticamente diferentes, los cuales se indican marcados con asterisco rojo en el cuadro 11.

Cuadro 11. Prueba Bonferroni donde se comparan por pares los sitios del estero de Urías.

Contraste	Sig	Diferencia	+/- Límites
<b>A - B</b>	*	-35.0394	21.0879
<b>A - C</b>		-6.72647	21.271
<b>A - D</b>		-19.5827	25.7444
<b>B - C</b>	*	28.3129	21.7481
<b>B - D</b>		15.4567	26.14
<b>C - D</b>		-12.8563	26.2879

\* Indica una diferencia significativa.

Se observa que las diferencias se encuentran entre el par A-B (*A. germinans* vs *R. mangle*) y B-C (*R. mangle* vs *L. racemosa*), con esto se demuestra estadísticamente que el sitio B mantiene producciones contrastantes tanto con A como con C, concordando con lo reportado por Félix-Pico y colaboradores (2006) en un estudio en bosques de *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle* con condiciones similares ubicados en el estuario El Conchalito La Paz, Baja California Sur, encontraron que el mayor aporte de hojarasca proviene de la especie *R. mangle*, mientras que el menor aporte pertenece a la especie *A. germinans*. Agraz-Hernández y colaboradores (2011) en la laguna de La Mancha, Veracruz, al comparar tres sitios en los que existen las tres especies de manglar descritas

en este estudio (*A. germinans*, *R. mangle* y *L. racemosa*) encontraron que la mayor contribución de hojarasca para dos de los sitios fue de la especie *R. mangle*, mientras que en el sitio restante la mayor contribución fue de *A. germinans*.

### 8.7.2 Comparación entre los sitios de Las Cabras.

Para conocer si los datos provienen de una distribución normal se realizó la prueba de Shapiro-Wilk con el 95% de confianza, donde se encontró un *valor – P* igual a 2.60054E-10 por lo que se rechaza la idea de que los datos provienen de una distribución normal, con lo que se procedió a realizar la prueba Kruskal-Wallis con el 95% de confianza (cuadro 12) donde se obtuvo un *valor de -P=* 0.538382 indicando que no existen diferencias significativas entre los sitios ubicados en Las Cabras durante el periodo de lluvias.

Cuadro 12. Prueba de Kruskal-Wallis para los datos de hojarasca en la temporada de lluvias, en los sitios de Las Cabras.

SITIO	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	28	24.8393
2	23	27.413

Estadístico = 0.378545 Valor-P = 0.538382

Los sitios ubicados en Las Cabras son geográficamente cercanos, por lo tanto, sometidos a similares condiciones (como a la alta evaporación y fenómenos meteorológicos), pero con diferencias en cuanto al aporte de agua, con lo que se esperaba encontrar diferencias entre la producción de hojarasca, sin embargo, mediante

esta prueba se obtuvo que estas diferencias no son significativas, por lo tanto, se puede decir que las producciones de hojarasca son similares.

8.8 Comparación de producción de hojarasca entre todos los sitios mes por mes  
 Como se pudo observar en el cuadro 1, las fluctuaciones de caída de hojarasca fueron diferentes no solo entre los sitios, sino que también entre los meses de la temporada de producción de propágulos (agosto, septiembre, octubre y noviembre). Para conocer si estas diferencias fueron significativamente diferentes se realizaron pruebas de normalidad (cuadro 13) y posteriormente se realizaron análisis para datos paramétricos o no paramétricos, según fuese el caso, los resultados se encuentran agrupados en el cuadro 14 y 15.

Cuadro 13. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk con 95% de confianza para hojarasca, en los meses de la época de luvias.

Mes	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
<b>valor – P</b>	0.0638508	0.00000230145	0.00000188724	0.00000238051

Cuadro 14. Prueba ANOVA con 95% de confianza para el mes de agosto, entre todos los sitios.

Mes	Agosto
<b>valor – P</b>	0.0061

Cuadro 15. Prueba de Kruskal-Wallis con 95% de confianza para hojarasca, de los meses septiembre, octubre y noviembre.

Mes	Septiembre	Octubre	Noviembre
<b>valor – P</b>	0.000549947	0.0000138094	0.0000296223

Al realizar las comparaciones utilizando ANOVA o Kruskal-Wallis (según fue el caso) se obtuvo que existen diferencias significativas entre todos los meses que abarcó el estudio, por lo que se realizó la prueba Bonferroni con un nivel del 95% de confianza para saber entre que sitios existen diferencias significativas, los datos se encuentran agrupados en el siguiente cuadro.

Cuadro 16. Datos agrupados obtenidos de la prueba Bonferroni, para determinar diferencias entre sitios, en cada mes.

Comparaciones por pares	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
	1 - B	2 - B	1 - A	1 - B
	2 - B		1 - C	A - B
	A - B		2 - A	B - C
	A - C		2 - C	
	A - D			

Las pruebas paramétricas y no paramétricas para los datos muestran una diferencia significativa en la caída de hojarasca entre los diferentes sitios y entre los meses. Para los bosques de Urías septiembre fue el mes de mayor aporte, mientras que para los bosques mixtos de Las Cabras se encontró que el mes de mayor aporte de hojarasca fue octubre, coincidiendo con la llegada del huracán Willa a Escuinapa. Por otra parte, concordando con lo encontrado por otros autores, las comparaciones sugieren que la especie que mayor aporta hojarasca al sistema, es *Rhizophora mangle*, como se demuestra en el cuadro 8. El sitio **B** aparece repetidamente en los meses de agosto, septiembre y noviembre, esto debido a que fue la especie con mayor aporte en

estos meses, mientras que el sitio **A** (bosque monoespecífico de *A. germinans*) se presenta también repetidamente debido a que fue el de menor producción.

La caída de hojarasca depende de distintos factores entre ellos las condiciones físicas y químicas del suelo, el hidroperíodo, la estructura forestal, los aportes de agua dulce, las mareas, la temperatura y las interacciones biológicas del sistema (López-Medellín y Ezcurra, 2012). Así mismo, los fenómenos meteorológicos juegan un papel importante ya que promueven el recambio foliar y una alta productividad por la caída de hojarasca en los sistemas (Conner *et al.*, 1989; Flores-Verdugo *et al.*, 1992). Así como se pudo observar en los cuadros 9 y 16, las producciones de los sitios **1** y **2** (bosques mixtos de Las Cabras) se mantienen relativamente bajas, y en el mes de octubre la producción sube abruptamente debido al desprendimiento de materia orgánica por el paso del huracán. Con esto se sugiere que el huracán Willa tuvo una influencia positiva en la caída de hojarasca en los sitios **1** y **2**.

## 9. Conclusiones

Esta investigación aporta datos para la comprensión de la fenología del ecosistema manglar en zonas semiáridas del estado de Sinaloa. Durante el presente estudio se encontró que la producción de propágulos de *Avicennia germinans*, *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* en los diferentes sitios dónde se estudiaron, es suficiente como para disponer de un elevado número de éstos para su recolecta y utilización en proyectos de restauración de manglares.

Por otra parte, la biomasa que ocupan los propágulos en la hojarasca se limita a cuatro meses y el porcentaje que ocupa en estos meses es menor al 50% por lo que la extracción de propágulos tampoco resultaría una gran pérdida en la biomasa anual para el ecosistema.

Estadísticamente se confirma que existen diferencias significativas de producción de propágulos y hojarasca en los sitios con las mismas especies y diferentes condiciones hidrológicas, como con la especie *Avicennia germinans* que se encuentra en los sitios **A** (en Urías), **1** y **2** (en Las Cabras) mismas que se le atribuyen al tipo de aporte de agua, pero principalmente a la ocurrencia del huracán Willa. Se considera necesario repetir las comparaciones entre estos sitios en la posterioridad para confirmar si existe una correlación positiva entre el aporte de materia orgánica y el tipo de aporte hidrológico sin la influencia de fenómenos meteorológicos. Debido a que también se encontraron diferencias significativas en los sitios con presencia de la especie *Laguncularia racemosa*

en el sitio **C** y **D**, (dentro del estero de Urías) con respecto a los sitios **1** y **2** (dentro de Las Cabras), no se puede asumir como verdadero debido a que los bosques mixtos (sitio **1** y **2**) cuentan con muy poca presencia de la especie *L. racemosa*; lo interesante para esta especie es que no existen diferencias significativas en la producción de propágulos y productividad primaria entre el sitio **C** (que es un bosque monoespecífico restaurado) y el sitio **D** esto ayuda a comprobar la eficacia de la restauración de bosques en cuanto a productividad primaria y capacidad para crear descendencia (producción de propágulos).

Se reconoce que es necesario profundizar en el análisis de otros factores que estén ligados a los meses de producción de propágulos y también se recomienda un estudio de colonización natural *in situ* como su exportación a otros sitios para definir más claramente la mortalidad natural.

Para lograr una correcta gestión de los ecosistemas es necesario tomar decisiones informadas con datos actualizados, por lo que es necesario continuar con los monitoreos locales de las diferentes comunidades de manglares en México.



## 10. Referencias

- Aburto-Oropeza, O., Ezcurra, E., Danemann, G., Valdez, V., Murray, J. y Sala, E. (2008). Mangroves in the Gulf of California Increase Fishery Yields. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(30), 10456-10459. DOI: 10.1073/pnas.0804601105
- Agraz-Hernández, C. M. (1999). *Reforestación experimental de manglares en ecosistemas lagunares estuarinos de la costa noroccidental de México*. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Agraz-Hernández, C. M., Zaragoza, C., Iriarte-Vivar, S., Flores-Verdugo, F. J. y Moreno-Casasola, P. (2011). Forest structure, productivity and species phenology of mangroves in the La Mancha lagoon in the Atlantic coast of Mexico. *Wetlands Ecology and Management*, 19, 273-293.
- Alongi, D. M. (2002). Present State and Future of the World's Mangrove Forests. *Environmental Conservation*, 29, 331-349. DOI: 10.1017/S0376892902000231.
- Alongi, D. M. (2009). *The Energetics of Mangrove Forests*. New York: Springer, Dordrecht.
- Barreiro-Güemes, M. T. (1999). Aporte de hojarasca y renovación foliar del manglar en un sistema estuarino del Sureste de México. *Revista de Biología Tropical*, 47(4), 729-737.
- Batllore-Sampedro, E., González-Piedra, J. I., Díaz-Sosa, J. y Febles-Patrón J. L. (2006). Caracterización hidrológica de la región costera noroccidental del estado de Yucatán, México. *Investigaciones Geográficas*, 59: 74-92.
- Bosire, J. O., Dahdouh-Guebas, F., Walton, M., Corona, B. I., Lewis, R. R., Field, C., Kairo, J. y Koedam, K. (2008). Functionality of restored mangroves: A review. *Aquatic Botany*. 89, 251-259. DOI: 10.1016/j.aquabot.2008.03.010.
- Brown, M. (1984). *Mangroves litter production and dynamics*. En: Snedaker S. C. y Snedaker J.G.(Eds.). *The Mangroves ecosystem: research methods*. Unesco SCOR, p: 231-237.
- Camacho, V., Ruiz-Luna, A., Ghermandi, A., Berlanga-Robles, C. y Nunes, P. (2014). Effects of Land Use Changes on the Ecosystem Service Values of Coastal Wetlands. *Environmental Management*, 54(4), 852-864. DOI: 10.1007/s00267-014-0332-9
- Carrera, E., De la Fuente, G., Moreno, A., Leal-Nares, O. (2003). *Inventario y Clasificación de Humedales en México. Parte 1*. México: Ducks Unlimited de México, A. C.

- Chen, B., Xiao, X., Li, X., Pan, L., Doughty, R., Ma, J., Dong, J., Qin, Y., Zhao, B., Wu, Z., Sun, R., Lan, G., Xie, G., Clinton, N. y Giri, C. (2017). A mangrove forest map of China in 2015: Analysis of time series Landsat 7/8 and Sentinel-1A imagery in Google Earth Engine cloud computing platform. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 131, 104-120. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2017.07.011
- CONABIO (2009). *Manglares de México: Extensión y distribución*. 2ª ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 99 pp.
- Conner, W. H., Day, J. W., Baumann, R. H. y Randall, M. (1989). Influence of hurricanes on coastal ecosystems along the northern Gulf of Mexico. *Wetlands Ecology and Management*, 1, 45-56. DOI: 10.1007/BF00177889
- Craighead, F. C. (1971). *The trees of South Florida. Vol. I: The natural environments and their succession*. University of Miami Press, Coral Gables, Florida, U.S.A.
- Dawes, C. J. (1998). *Marine Botany. 2nd edition*. J.Wiley & Sons, New York, 480 pp.
- Day, J. W., Yáñez-Arancibia, A., Kemp, W. M. y Crump, B. C. (2012). Introduction to Estuarine Ecology. En *Estuarine Ecology* (eds J.W. Day, B.C. Crump, W.M. Kemp and A. Yáñez-Arancibia). DOI: 10.1002/9781118412787.ch1
- Delgado, P., Hensel, P.F, Jiménez, J.A. y Day, J.W. (2001). The importance of propagule establishment and physical factors in mangrove distributional patterns in a Costa Rican estuary. *Aquatic Botany*, 71, 157-178. DOI: 10.1016/S0304-3770(01)00188-7
- Díaz, L. L. A. (2019). Crecimiento de manglar en vivero y transplante de *Salix* en tres condiciones de salinidad: primera etapa. Tesis de maestría, México: ICML, UNAM.
- Duke, N. C., Meynecke J. O., Dittmann, S., Ellison, A. M., Anger, K., Berger, U., Cannicci, S., Diele, K., Ewel, K. C., Field, C. D., Koedam, N., Lee, S. Y., Marchand, C., Nordhaus, I. y DahdouhGuebas, F. (2007). A World Without Mangroves. *Science*, 317, 41 – 42. DOI: 10.1126/science.317.5834.41b
- Duncan, C., Primavera, J. H., Pettorelli, N., Thompson, J.R., Loma, R. J. A. y Koldewey H. J. (2016). Rehabilitating mangrove ecosystem services: A case study on the relative benefits of abandoned pond reversion from Panay Island, Philippines. *Marine Pollution Bulletin*, 109, 772-782. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.05.049
- Ellison, A. M., Farnsworth, E. J., y Merkt, R. E. (1999). Origins of mangrove ecosystems and the mangrove biodiversity anomaly. *Global Ecology and Biogeography*, 8(2), 95–115. DOI: 10.1046/j.1466-822X.1999.00126.x

- FAO (2003). Status and trends in mangrove area extent worldwide. En: Wilkie, M. L., Fortuna, S., editors. Forest resources assessment. Working PaperNo. 63. Forest Resources Division. Rome. [www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file¼/docrep/007/j1533e/J1533E109.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file¼/docrep/007/j1533e/J1533E109.htm).
- FAO (2007). *Los manglares de América del Norte y de América Central 1980-2005. Informes nacionales*. Forest Resources Assessment Programme 137. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Félix-Pico, E.F., Holguín-Quiñones, O. E., Hernández-Herrera. A. y Flores-Verdugo, F. J. (2006). Producción primaria de los mangles del estero El Conchalito en Bahía de La Paz (Baja California Sur, México). *Ciencias Marinas*, 32, 53–63.
- Febles–Patrón, J. L., Novelo, J. y Batllori-Sampedro, E. (2009). Pruebas de reforestación de mangle en una ciénaga costera semiárida de Yucatán, México. *Madera bosques*, 15(3), 65-86.
- Flores-Verdugo, F. J., Day, J. W. y Briseño-Dueñas, R. (1987). Structure, litterfall, decomposition and detritus dynamics of mangroves in a Mexican lagoon with an ephemeral inlet. *Marine Ecology Progress Series*, 35, 83-90. DOI: 10.3354/meps035083
- Flores-Verdugo, F. J. (1989). *Algunos aspectos sobre la ecología, uso e importancia de los ecosistemas de manglar*. Cap. 2:21-56. En Rosa Vélez, J. De la y F. González-Farías (eds.). Temas de Oceanografía Biológica en México. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada. 337 pp.
- Flores-Verdugo, F. J., González-Farías, F., Zamorano, D.S. y Ramírez-García. P. (1992). Mangrove Ecosystems of the Pacific Coast of Mexico: Distribution, Structure, Litterfall, and Detritus Dynamics. En: U. Seelinger, Ed., Coastal Plant Communities of Latin America, Academic Press Inc., San Diego. pp. 269-288. DOI: 10.1016/B978-0-08-092567-7.50023-4
- Flores-Verdugo., Moreno-Casasola, P., Agraz-Hernández, C. M., López-Rosas, H., Benítez-Pardo, D. y Travieso-Bello, A. C. (2007). La topografía y el hidropérido: dos factores que condicionan la restauración de los humedales costeros. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 80, 33-47.
- Flores-Verdugo, F. J., Zebadua-Penagos, F. y Flores-de-Santiago, F. (2015). Assessing the influence of artificially constructed channels in the growth of afforested black mangrove (*Avicennia germinans*) within an arid coastal region. *Journal of Environmental Management*, 160, 113-120. DOI: 10.1016/j.jenvman.2015.06.024

- Francini, R. y Rovati, E. (2011). Seasonal Extrafloral Nectar Production by *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn (Combretaceae) in Southeast Brazil. *International Journal of Botany*, 7(1), 122-125 DOI: 10.3923/ijb.2011.122.125
- Gedan, K. B., Kirwan, M. L., Wolanski, E., Barbier, E. B. y Silliman B. R. (2011). The present and future role of coastal wetland vegetation in protecting shorelines: answering recent challenges to the paradigm. *Climatic Change*, 106: 7–29.
- Gill, A. y Tomlinson, P. (1971). Studies on the Growth of Red Mangrove (*Rhizophora mangle* L.) 3. Phenology of the Shoot. *Biotropica*, 3(2), 109-124. DOI: 10.2307/2989815
- Giri, C., Jordan, L., Sawaid, A., Mani M., Faissal-Mueen, Q., Pengra, B. y Thau, D. (2014). Distribution and dynamics of mangrove forests of South Asia. *Journal of environmental management*, 148, 101-111. DOI: 10.1016/j.jenvman.2014.01.020
- Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L. L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., Masek, J. y Duke, N. (2010). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), 154-159. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2010.00584.x
- Gúzman, R. L. O. (2018). *Nutrientes, distribución, estructura y productividad de ecosistemas de manglar y otros humedales naturales, perturbados y restaurados en Urías, sur de Sinaloa*. Tesis de maestría. México: ICML., UNAM.
- Hamilton, S. y Casey, D. (2016). Creation of a high spatiotemporal resolution global database of continuous mangrove forest cover for the 21st Century (CGMFC-21). *Global Ecology and Biogeography*, 25, 729-738. DOI: 10.1111/geb.12449
- INEGI. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Mazatlán, Sinaloa. 2020, de INEGI. Sitio web: [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/25/25012.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/25/25012.pdf)
- Kamal, S., Warken, J., Bakhtiyari, M. y Lee, S. Y. (2017). Sediment distribution in shallow estuaries at fine scale: in situ evidence of the effects of three-dimensional structural complexity of mangrove pneumatophores. *Hydrobiologia*, 803, 121–132.
- Kandil, F. E., Grace, M. H., Seigler, D. S. y Cheeseman J. M. (2004). Polyphenolics in *Rhizophora mangle* L. leaves and their changes during leaf development and senescence. *Trees*, 18, 518–528. DOI: 10.1007/s00468-004-0337-8
- Kathiresan, K., y Bingham, B. L. (2001). Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 40, 81–251. DOI: 10.1016/S0065-2881(01)40003-4

- Koch, E. W., Barbier, E. B., Silliman, B. R., Reed, D.J., Perillo, G. M. E., Hacker, S. D., Granek, E. F., Primavera, J. H., Muthiga, N., Polasky, S., Halpern, B. S., Kennedy, C. J., Kappel, C. V. y Wolanski, E. (2009). Non-linearity in ecosystem services: temporal and spatial variability in coastal protection. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7, 29-37. DOI: 10.1890/080126
- Krauss, K. W., y Allen, J. A. (2003). Influences of salinity and shade on seedling photosynthesis and growth of two mangrove species, *Rhizophora mangle* and *Bruguiera sexangula*, introduced to Hawaii. *Aquatic Botany*, 77, 311-324. DOI: 10.1016/j.aquabot.2003.08.004
- Kristensen, E., Bouillon, S., Dittmar, T. y Marchand, C. (2008). Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: a review. *Aquatic Botany*, 89(2), 201-219. DOI: 10.1016/j.aquabot.2007.12.005
- Landry, C. y Rathcke, B. (2012). Insect visitation rates and foraging patterns differ in androdioecious and hermaphrodite-only populations of *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) in Florida. *Journal of Tropical Ecology*, 28(4), 343-351. DOI: 10.1017/S0266467412000296
- Lee, S. Y., Primavera, J.H., Dahdouh-Guebas, F., McKee, K., Bosire, J. O., Cannicci, S., Diele, K., Fromard, F., Koedam, Nico., Marchand. C., Mendelssohn, I., Mukherjee, N. y Record, S. (2014). Ecological role and services of tropical mangrove ecosystems: a reassessment. *Global Ecology and Biogeography*, 23, 726–743.
- Lee, S.Y. (1995). Mangrove outwelling: a review. *Hydrobiologia*. 295, 203- 212.
- Lema, V. L. F., Polanía, V. J. y Urrego-Giraldo, L. E. (2003). Dispersión y establecimiento de las especies de mangle del río Ranchería en el periodo de máxima fructificación. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 27 (102), 93-103.
- Lewis, R. R. (2005). Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests. *Ecological Engineering*, 24(4),403-418. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2004.10.003
- López-Medellín, X. y Ezcurra, E. (2012). The productivity of mangroves in northwestern Mexico: A meta-analysis of current data. *Journal of Coastal Conservation*, 16, 399–403. DOI: 16. 10.1007/s11852-012-0210-7
- Lugo, A. E. y Snedaker, S. C. (1974). The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5, 39-64. DOI: 10.1146/annurev.es.05.110174.000351
- McKee, K. L., Rooth, J. E. y Feller, I. C. 2007. Mangrove recruitment after forest disturbance is facilitated by herbaceous species common to the Caribbean Region. *Ecological Applications*, 17, 1678–1693.

- Mendoza-Morales, A. J., González-Sansón, G. y Aguilar-Betancourt, C. (2016). Spatial and temporal mangrove litter production in Barra de Navidad lagoon, Jalisco, México. *Revista de Biología Tropical*, 64(1), 259-273. DOI: 10.15517/rbt.v64i1.19237
- Monroy-Torres, M., Flores-Verdugo, F. y Flores-de-Santiago, F. (2014). Growth of three subtropical mangrove species in response to varying hydroperiod in an experimental tank. *Ciencias Marinas*, 40(4), 263-275. DOI: 10.7773/cm.v40i4.2455
- Nias, R. y Mooney J. R. (2000). Endangered Ecosystems. En Levin S. A. (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity*. San Diego, CA: Academic Press.
- Nordström, M. C., Demopoulos, A. W. J., Whitcraft, C. R., Rismondo, A., McMillan, P., Gonzalez, J. P., y Levin, L. A. (2015). Food web heterogeneity and succession in created saltmarshes. *Journal of Applied Ecology*, 52(5), 1343–1354. DOI: 10.1111/1365-2664.12473
- Olguín, E. J., Hernández, M. E. y Sánchez-Galván, G. (2007). Hydrocarbon mangroves pollution and bioremediation, phytoremediation and restoration strategies. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 23(3), 139-154.
- Orihuela-Belmonte, D. E., Tovilla-Hernández, C., M. Vester, H. F. y Álvarez-Legorreta, T. (2004). Flujo de materia en un manglar de la costa de Chiapas México. *Madera y Bosques*, 10(3), 45-61. DOI: 10.21829/myb.2004.1031266
- Parida, A. K. y Jha, B. (2010). Salt tolerance mechanisms in mangroves: A review. *Trees*, 24(2), 199-217. DOI: 10.1007/s00468-010-0417-x
- Pelozo, A., Boeger, M. R., Sereneski-de-Lima, C. y Soffiatti, P. (2016). Leaf morphological strategies of seedlings and saplings of *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae), *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) and *Avicennia schaueriana* (Acanthaceae) from Southern Brazil. *Revista de biología tropical*, 64, 321-333. DOI: 10.15517/rbt.v64i1.17923.
- Pham, T. D., Kaida, N., Yoshino, K., Nguyen, X. H., Nguyen, H. T. y Bui, D. T. (2018). Willingness to pay for mangrove restoration in the context of climate change in the Cat Ba biosphere reserve, Vietnam. *Ocean & Coastal Management*, 163, 269-277. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2018.07.005
- Polidoro, B. A., Carpenter, K. E., Collins, L., Duke, N. C., Ellison, A. M., Ellison, J. C., Farnsworth, J., Fernando, E. S., Kathiresan, K., Koedam, N. E., Livingstone, S. R., Miyagi, T., Moore, G., Nam, V. N., Ong, J. E., Primavera, J. H., Sanciangco, J. C., Salmo III, S. G., Sukardjo, S., Wang, Y. y Yong, J. W. (2010). The Loss of Species:

Mangrove Extinction Risk and Geographic Areas of Global Concern. *PLOS ONE*, 5(4), e10095. DOI: 10.1371/journal.pone.0010095.

Quartel, S., Kroon, A., Augustinus, P.G.E.F., Van-Santen, P. y Tri, N.H. (2007). Wave attenuation in coastal mangroves in the Red River Delta, Vietnam. *Journal of Asian Earth Sciences*, 29, 576–584.

Rabinowitz, D. (1978). Dispersal Properties of Mangrove Propagules. *Biotropica*, 10(1), 47-57. DOI: 10.2307/2388105

Reyes-Chargoy, M. A. y Tovilla-Hernández, C. (2002). Restauración de áreas alteradas de manglar con *Rhizophora mangle* en la Costa de Chiapas. *Madera y Bosques*, 8, 103-114.

Rico-Gray, V. (1981). *Rhizophora harrisonii*. (Rhizophoraceae), un nuevo registro para las costas de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 41, 163-165. DOI: 10.17129/botsci.1253

Rico-Gray, V. (1993). Origen y rutas de dispersión de los mangles: una revisión con énfasis en las especies de América. *Acta Botánica Mexicana*, 25, 1-13. DOI: 10.21829/abm25.1993.678

Secretaría de la Convención de Ramsar (2003). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)*, 4a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).

Secretaría de la Convención de Ramsar (2010). *Políticas Nacionales de Humedales Elaboración y aplicación de Políticas Nacionales de Humedales*. (4ª ed., Vol. 2). Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).

SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Silva, C., Silva, M., Ferreira, L., Leite, K. y Silva, L. (2016). Aspectos morfológicos e anatômicos das folhas de *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae) sob diferentes condições de luz. *Revista de Biologia Neotropical*, 12(2), 74-80. DOI: 10.5216/rbn.v12i2.33405

Sobrado, M. (2004). Influence of external salinity on the osmolality of xylem sap, leaf tissue and leaf gland secretion of the mangrove *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. *Trees*, 18: 422-427. DOI: 10.1007/s00468-004-0320-4

- Spalding, M. (2010). *World atlas of mangroves*. M. Spalding, M. Kainuma y L. Collins (Eds.), En: Capital natural de México. DOI: 10.4324/9781849776608.
- Stern, W., y Voigt, G. (1959). Effect of Salt Concentration on Growth of Red Mangrove in Culture. *Botanical Gazette*, 121(1), 36-39.
- Tarcila, L. N. y Machado, I. C. (2014). Wind pollination and propagule formation in *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae): resource or pollination limitation?. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 86(1), 229-238. DOI: 10.1590/0001-37652014101712
- Teutli-Hernández, C., Herrera-Silveira, J. A., Comínb, F. y Menéndez, L. M. (2017). Nurse species could facilitate the recruitment of mangrove seedlings after hydrological rehabilitation. *Ecological Engineering*, 130, 263-270. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2017.07.030
- Tomlinson, P. B. (1986). *The Botany of Mangroves*. Cambridge University. <https://www.cambridge.org/>
- Tovilla-Hernández, C. & Orihuela-Belmonte, D. (2002). Supervivencia de *Rhizophora mangle* L. en el manglar de Barra de Tecoaapa, Guerrero, México. *Madera y Bosques*, 8, 89-102.
- Twilley, R. R. y Day, J. W. 1999. *The productivity and nutrient cycling of mangrove ecosystem*. pp. 127-151. En: Yáñez-Aranciba, A. y Lara-Dominguez, A.L. (Eds.). Ecosistemas de Manglar en America Tropical. Instituto de Ecología, A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA
- Twilley, R. R. y Day, J. W. (2012). *Mangrove Wetlands*. En Estuarine Ecology (eds Day, J. W., Crump, B. C., Kemp, W. M. y Yáñez-Arancibia, A.) DOI: 10.1002/9781118412787.ch7
- Valderrama-Landeros, L. H., Rodríguez-Zúñiga, M. T., Troche-Souza, C., Velázquez-Salazar, S., Villeda-Chávez, E., Alcántara-Maya, J. A., Vázquez-Balderas B., Cruz-López, M. I. y Ressler, R. (2017). *Manglares de México: actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo 1970/1980–2015*. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Wolanski, E. (1995). Transport of sediment in mangrove swamps. *Hidrobiologia*, 295, 31-42.
- Wolanski, E., Huan, N. N., Nhan, N. H. y Thuy, N. N. (1996). Fine sediment dynamics in the Mekong River Estuary, Vietnam. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 43: 565–582.



Yáñez–Arancibia A., Twilley R. y Lara–Domínguez, A. L. (1998). Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. *Madera y Bosques*, 4(2), 3–19.

Yáñez-Arancibia, A., Day, J. W., Twilley, R. R. y Day, R. H. (2014). Manglares: ecosistema centinela frente al cambio climático, Golfo de México. *Madera y bosques*, 20, 39-75.