



**Universidad Veracruzana**  
**Universidad Veracruzana**

**Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias**

**Región Poza Rica-Tuxpan**

Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros

**“Diagnóstico ecológico de las dunas costeras de Barra de San Agustín en el municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Veracruz”**

Tesis para obtener el grado de Maestra en  
**MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS**

**Presenta:**

**Biol. Jessica Zamora Gutiérrez**

Directora:

Dra. Laura Lucero Álvarez Molina

Asesor:

Mtro. Agustín de Jesús Basáñez Muñoz

2022

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”



Universidad Veracruzana

Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Región Poza Rica-Tuxpan

Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros

*“Diagnóstico ecológico de las dunas costeras de Barra de San Agustín en el municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Veracruz”*

Tesis para obtener el grado de Maestra en

MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

Presenta:

Biol. Jessica Zamora Gutiérrez

Director:

Dra. Laura Lucero Álvarez Molina:

Asesor:

Mtro. Agustín de Jesús Basáñez Muñoz

CDMX a 1 de julio de 2021.

Estimado Mtro. Basáñez,  
Coordinador de la Maestría

Por medio de la presente me permito informarle que el trabajo de tesis titulado *“Diagnóstico ecológico de las dunas costeras de Barra de San Agustín en el municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Veracruz”* que presenta la alumna Jessica Zamora Gutiérrez inscrita en la maestría de Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros, puede ser evaluado por el comité lector.

Quedando al pendiente de cualquier comentario me despido dejándole un cordial saludo.

Atentamente



Dra. Laura Lucero Alvarez-Molina



Universidad Veracruzana  
Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias/ Poza Rica – Tuxpan

Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz. 23 de marzo de 2022

**Mtro. Agustín de Jesús Basáñez Muñoz**

**Coordinador de la Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros**

**Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias**

**Universidad Veracruzana**

**P r e s e n t e .**

**ASUNTO: Aprobación de tesis de Jéssica Zamora Gutiérrez**

Por este conducto le comunico mi aprobación para la tesis de Maestría en Manejo de Ecosistema Marinos y Costeros titulada “Diagnóstico ecológico de las dunas costeras de Barra de San Agustín en el municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Veracruz”, que presenta la Biól. JÉSSICA ZAMORA GUTIÉRREZ para que continúe con sus trámites de titulación.

Atentamente

Dra. Consuelo Domínguez Barradas  
Docente T.C. Titular C  
Encargada del Herbario de la FCByA



A quien corresponda

ASUNTO: Aprobación de tesis de Jessica Zamora Gutiérrez

Samborondón-Ecuador, 11 de marzo de 2022.

A través de la presente, comunico mi voto aprobatorio para la tesis de Maestría en Manejo de Ecosistema Marinos y Costeros titulada “Diagnóstico ecológico de las dunas costeras de Barra de San Agustín en el municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Veracruz”, presentada por la Biól. Jessica Zamora Gutiérrez.

Atentamente

Natalia Molina Moreira, Ph.D

Docente Investigadora de la Universidad Espiritu Santo-Ecuador

Directora del Programa Biodiversidad Sostenible del Manglar al coral 2021-2050

<https://www.uees.edu.ec/investigacion/investigadores.php#>

Contacto: [natimolina@uees.edu.ec](mailto:natimolina@uees.edu.ec) 0997436674

CC. 1708691611

# Universidad Autónoma de Baja California

"2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California"

## FACULTAD DE CIENCIAS

Ensenada B.C., 08 de marzo 2022.

ASUNTO: Aprobación de tesis de Biol. Jessica Zamora Gutiérrez

**A QUIEN CORRESPONDA**

**PRESENTE.-**

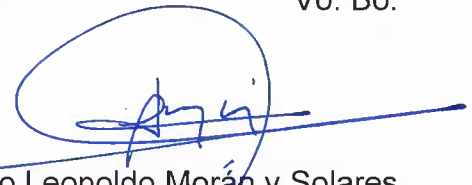
A través de este conducto comunico mi voto aprobatorio para la tesis de Maestría en Manejo de Ecosistema Marinos y Costeros titulada "Diagnóstico ecológico de las dunas costeras de Barra de San Agustín en el municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Veracruz" presentada por la Biol. Jessica Zamora Gutiérrez.

ATENTAMENTE



Dra. Martha Ileana Espejel Carbajal  
Profesora-investigadora Titular C Tiempo completo

Vo. Bo.



Dr. Alberto Leopoldo Morán y Solares  
DIRECTOR

## **DEDICATORIA**

**Para Dios por siempre sostenerme...**

**Para mi esposo Marco Borjas por siempre apoyarme...**

**Para mi Madre por amarme...**

## **Agradecimientos**

A la Dra. Laura Lucero Alvarez Molina y al Mtro. Agustín de Jesús Basáñez  
Muñoz

Por su tiempo, apoyo y conocimiento necesario que me dedicaron para  
completar mi formación.

### **A mi comisión revisora**

Dra. Consuelo Domínguez Barradas, Dra. Martha Ileana Espejel Carbajal y  
Dra. Martha Natalia Molina Moreira

por su valioso tiempo en la revisión del documento, y

por sus observaciones que hicieron del trabajo un mejor escrito.

### **Por el apoyo otorgado**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgar la  
beca que fue utilizada para estudiar la Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos  
y Costeros.

### **A mis compañeros**

Por el aprendizaje juntos y la amistad que nació.



# Índice

I. INTRODUCCIÓN.....	6
II. ANTECEDENTES.....	9
III. OBJETIVOS.....	13
3.1 General.....	13
3.2 Particulares.....	13
IV. ÁREA DE ESTUDIO.....	14
V. MATERIAL Y MÉTODOS.....	17
5.1 Estructura y composición florística.....	17
5.2 Análisis de datos.....	19
5.2.1 Frecuencia.....	19
5.2.2 Cobertura para herbáceas y arbustos.....	19
5.3 Índices para evaluar diversidad alfa.....	20
5.3.1 Índice de Valor de Importancia (IVI).....	20
5.3.2 Índice de diversidad de Shannon-Weiner.....	20
5.3.3 Coeficiente de similitud de Jaccard.....	21
5.4 Zonificación de la playa y dunas costeras.....	21
5.5 Evaluación del estado de conservación.....	22
5.5.1 Índice ecológico como interpretación del estado de conservación.....	22
Cuadro 1. Clases para determinar el estado de conservación con valores que oscilan entre 0-1.....	23

NIVEL DE CONSERVACIÓN .....	23
ALTA.....	23
MEDIA.....	23
BAJA .....	23
VALORES .....	23
1.00 – 0.67 .....	23
0.66 – 0.34 .....	23
0.33 – 0 .....	23
5.4.2 Indicador composicional.....	23
5.4.3 Indicador estructural .....	24
5.4.4 Indicador funcional.....	25
5.6 Análisis estadístico .....	26
5.6.1 Diversidad.....	26
VI. RESULTADOS .....	27
6.1 Listado florístico .....	27
6.2 Eficiencia del muestreo .....	29
6.3 Índices y atributos ecológicos .....	30
6.3.1. Riqueza específica .....	30
6.3.3. Cobertura.....	31
6.4 Índice de Valor de Importancia .....	32
6.5 Índice de Shannon-Wiener .....	34
6.6 Coeficiente de similitud de Jaccard .....	34

6.7. Zonificación y distribución de la vegetación de la playa arenosa y dunas costeras .	35
6.8 Evaluación del estado de conservación.....	39
6.8.1 Índice ecológico como interpretación del estado de conservación .....	39
VII.DISCUSIÓN .....	42
7.1. Riqueza .....	42
7.2 Cobertura .....	45
7.3 Zonificación .....	45
7.4 Índice ecológico.....	47
VIII. CONCLUSIONES.....	51
IX. APLICACIÓN AL MANEJO .....	53
IX. BIBLIOGRAFÍA .....	57

# **Diagnóstico ecológico de las dunas costeras de Barra de San Agustín en el municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Veracruz**

**Jessica Zamora Gutiérrez**

## **Resumen**

El manejo adecuado de las zonas costeras requiere de herramientas que permitan detectar procesos degradantes en los ecosistemas. Los indicadores ecológicos responden adecuadamente a esta necesidad en dunas costeras. Para tal fin se realizó un diagnóstico ecológico en las dunas costeras de la Barra de San Agustín en el municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios en Veracruz. Se establecieron en total 30 sitios de muestreo divididos en 6 (transectos) y un total de 600 cuadros de 2x2 por cada muestreo. La composición florística se registró en los 3 kilómetros de la línea de costa de la barra de San Agustín. En cada transecto se ubicaron 100 cuadros de 2 x 2 m, que se utilizó para estimaciones de estructura, abundancia e identidad taxonómica de la comunidad vegetal. En total se registraron 18 familias, 32 géneros y 34 especies. Las familias con mayor riqueza fueron: Asteraceae y Poaceae. El estrato herbáceo obtuvo la mayor riqueza (92.6%) seguido del estrato arbustivo (7.4%). Con el fin de brindar elementos para la toma de decisiones en futuros programas de manejo, se evalúa el estado de conservación a través de un índice ecológico, donde mediante el control de un conjunto de parámetros y variables representativas se seleccionaron tres indicadores ecológicos, cada uno con atributos importantes: indicador estructural, indicador composicional e indicador funcional.

**Palabras clave:** dunas costeras, comunidad vegetal, indicadores ecológicos.

# I. INTRODUCCIÓN

México es un país rico en ecosistemas, donde las zonas costeras albergan una gran diversidad biológica que proporciona grandes beneficios biológicos, geológicos, ecológicos y socioeconómicos (Martínez, et al. 2004; Cervantes-Rosas, et al. 2020). Son zonas con alta productividad para diferentes formas de vida, representando un gran dinamismo entre factores bióticos y abióticos (Moreno-Casasola, 2006a; Fenu, et. al. 2012). Los recursos naturales que brinda el litoral costero y sus comunidades de vegetación han ayudado al desarrollo de diferentes culturas a lo largo de los años, llegando a ser hoy en día zonas económicas muy importantes para la recreación y turismo, así como en la urbanización costera (Moreno-Casasola, 2010).

Dentro de los ecosistemas costeros se encuentran las playas y las dunas costeras. Las playas son ambientes de alta energía y oleaje intenso que moviliza el sedimento, donde se mueven partículas de arena de diferentes tamaños que producen los depósitos de arena (Moreno-Casasola, 2004a; 2006b).

Cuando la arena de una playa se encuentra susceptible a ser transportada por el viento, se originan acumulaciones de ésta a manera de montículos, que son llamados dunas, los cuales pueden alcanzar alturas desde menos de un metro hasta varios cientos (Hesp, et. al. 2005; Martínez, 2012). Estos ecosistemas son el resultado de la interacción entre la tolerancia de las especies a la acumulación de arena, velocidad del viento, aspersion salina y la heterogeneidad ambiental (Moreno-Casasola, 2010; Álvarez-Molina, et al. 2012; Reyes-Ortiz, 2014). Además de su importante significado recreativo, belleza escénica y el alto valor cultural que tienen las playas y las dunas costeras, se agrega la contribución a la investigación y conocimiento (Jiménez-Orocio, et al. 2015).

Las dunas costeras proporcionan diferentes servicios ecosistémicos (Mendoza-González, et al. 2012). Funcionan como barreras naturales de protección

ante fenómenos hidrometeorológicos e inundaciones; son ecosistemas clave para la recarga de acuíferos y amortiguan la intrusión salina. Son hábitat de especies endémicas o en alguna categoría de riesgo y tienen un valor estético y cultural (SEMARNART, 2013; Moreno-Casasola, et al. 2014; DOF., 2019).

La comunidad vegetal de las playas arenosas y de las dunas costeras tiene una estructura variada y compleja (Moreno-Casasola, 1988). Son el hogar de numerosas especies, resaltando la importancia de que actúan como agente estabilizador de dunas ayudando a compactar la arena (Martínez, 2008). Un factor importante para el establecimiento de flora es la latitud y la altitud, estos dos componentes marcan la diferencia en su distribución geográfica y de las regiones climáticas donde se encuentran (Hesp, 1991; Castillo-Campos, et al. 2011).

La pérdida de hábitat y fragmentación se han convertido en las más importantes amenazas para el mantenimiento y conservación de la biodiversidad en la naturaleza (Piñar-Álvarez, et al. 2017; Puig, et al. 2017).

Conocer y analizar la importancia de estos ecosistemas, conlleva a reconocer el gran deterioro ambiental y pérdidas graves de especies significativas. Las actividades humanas dentro de estos ecosistemas como la distribución de la población, plantaciones, potreros, minería y turismo están provocando deterioros irreversibles afectando su desarrollo saludable (Maun, 2009; Rodríguez-Revelo, et al. 2020). Por otra parte, la introducción de especies exóticas que llegan a convertirse en especies invasoras está desplazando a especies nativas, un ejemplo es el pasto privilegio (*Panicum maximum*) utilizado para forrajeo (Rodríguez-Medina, et al. 2017; Gallego-Fernández, et al. 2019).

Teniendo en cuenta que los ecosistemas costeros están siendo modificados y perturbados constantemente, surge la necesidad de proteger estas zonas. Por lo anterior, es importante tener información actualizada de las zonas costeras, ya que los estudios de caracterización y diagnósticos ambientales han contribuido al mejoramiento del buen manejo integral costero. Aunado a lo anterior, se realizó

este estudio de diagnóstico ecológico para evaluar el estado de conservación de un área determinada de la playa y dunas costeras en el centro del estado de Veracruz como base para futuros planes de manejo en el área.

## II. ANTECEDENTES

Las playas arenosas están consideradas como las más ampliamente distribuidas a lo largo de las costas mexicanas (CONABIO, 2020). Estas se constituyen por una acumulación de sedimentos de origen mineral o biológico. La longitud de las dunas costeras es muy variable, ya que puede alcanzar los 40-50 m de altura y varios kilómetros de extensión, hasta alturas menos de 1 m (Martínez, et al. 2014). En México existen aproximadamente 800,000 ha de dunas costeras, distribuidas alrededor del 80 % del litoral costero mexicano (Espejel, et al. 2015).

La costa veracruzana tiene una gran diversidad, sus playas arenosas, bajas y acumulativas abarcan más del 90% del litoral costero (López-Portillo, et al. 2011); estos ecosistemas característicos por su representación y belleza forman microambientes con distintas especies vegetales importantes (Moreno-Casasola 1982; Hesp, et al. 2011;).

El estado veracruzano cuenta con una riqueza de 654 especies de plantas de dunas costeras; de las cuales 18 son especies endémicas de Veracruz y 81 son especies típicas de la zona costera (Moreno-Casasola, 2004; 2010; Castillo y Moreno-Casasola, 1996; 1998; Moreno-Casasola, et al. 2011; Reyes-Ortiz et al. 2017). Una de las principales especies en Veracruz presentes en los sistemas dunares son las especies de la familia Poaceae (Martínez, et al. 2014), como *Uniola paniculata* siendo de mayor importancia por su aporte como agente estabilizador (Tovar-Montalvo, et al. 2020).

Dentro de las dunas costeras, cuando la cobertura vegetal aumenta la arena se compacta y la duna se va estabilizando (Espejel, et al. 2004; 2019). Cuando el sistema de dunas se comienza a estabilizar, se entra en una etapa de sucesión ecológica, donde las plantas pioneras propician mejores condiciones ambientales para que se establezcan nuevas especies y las comunidades que se encuentren alrededor, influirán para mejorar las condiciones físicas del ambiente y así aumentar la riqueza florística (Moreno-Casasola, et al. 2006; Álvarez-Molina, 2012).



Las plantas herbáceas forman parte de la vegetación pionera de las dunas costeras, donde inician una colonización en la arena desnuda para la fijación del sistema dunar, tales como *Croton punctatus*, *Palafoxia lindenii* y *Chamaecrista chamaecristoides* (Lonard y Judd, 2009; Álvarez-Molina, et al. 2013; Espejel, et al. 2017), siendo estas dos últimas especies endémicas de Veracruz (Ellis y Martínez-Bello, 2010; Gómez-Pompa, et al. 2010).

Los sistemas de dunas experimentan una progresión cíclica (procesos que avanzan y se repiten cada cierto tiempo) a través de fases de movilidad y fases de estabilidad durante largos períodos de tiempo y con el desarrollo de la vegetación el sustrato se estabiliza, permitiendo un proceso de sucesión, donde inicialmente predomina una cubierta herbácea o de arbustos bajos (Moreno-Casasola y Vázquez, 2006; Jones, et al. 2010). Esto puede usarse para evaluar los cambios en la estructura comunitaria a través del tiempo (Moreno-Casasola y Espejel, 1986; Martínez, et al. 2001; Alvarez-Molina, et al. 2012).

La determinación de estructura, distribución y riqueza de especies vegetales presentes en los sistemas dunares es de gran importancia para caracterizar y proporcionar un diagnóstico ambiental de estos ecosistemas. Reyes-Ortiz, et al. (2017), en la costa de Tuxpan, Veracruz utilizaron diferentes técnicas para obtener diversidad, riqueza y estructura de las especies florísticas, donde obtuvieron datos de vulnerabilidad de la zona costera.

Diferentes autores como Moreno-Casasola (1986; 1988; 2004a; 2006b), Espejel (1984), Espejel y Jiménez-Orocio (2015; 2017), Castillo y Moreno-Casasola (1996; 1998), y Martínez (2008; 2012), han realizado diferentes estudios sobre la distribución y clasificación de la vegetación de las playas y dunas costeras en el Golfo de México donde se distinguen diferencias en la presencia de especies de playa, dunas embrionarias y frontales, dunas activas, hondonadas y dunas estabilizadas. Aunado a lo anterior, la topografía y el grado de estabilización de la duna costera estará condicionada a la vegetación presente y al aporte de arena (erosión o depositación) (Alvarez-Molina 2012).

Collantes-Chávez-Costa, et al. (2019) publicaron un estudio de composición, estructura y diversidad que se realizó en la isla de Cozumel, teniendo esta zona una de las vegetaciones costeras más conservadas y amenazadas del Caribe.

Caso, et al. (2004) publican el libro “Diagnóstico ambiental del Golfo de México”, donde la principal información del libro es sobre la toma de decisiones para prevenir, reducir y controlar la degradación del medio marino y costero, la forma de mantener y mejorar las condiciones y capacidades productivas, como identificar problemas y áreas en los que hace falta investigación científica y tecnológica, y promover el manejo integrado y el desarrollo sostenible de las áreas costeras y el ambiente marino del Golfo de México.

Cabrera-Hernández, et al. (2012) trabajaron en las playas de Tulum para caracterizar y realizar un diagnóstico físico-ambiental de este ecosistema costero, en su trabajo se presenta una descripción de los rasgos físico-geográficos de las playas, identificando los principales problemas ambientales que las afectan, para finalmente esbozar los lineamientos generales que permiten continuar con un Programa de Manejo integrado costero.

La Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) en (2014) realizaron un trabajo sobre el diagnóstico general de las dunas costeras de México, mencionan por cada estado costero las características ecológicas, el porcentaje de superficie que ocupa cada tipo de duna y su grado de conservación. De acuerdo con los autores, en Veracruz predominan las dunas en condiciones regulares y muy malas. En estado regular de conservación se encuentra el 8%, en mal estado el 87% y en muy mal estado el 5% (Martínez, et al. 2014).

Espejel, et al. (2004), elaboraron un índice ecológico para la zona costera del norte de Baja California, que puede interpretarse para evaluar el estado de conservación a través de la vegetación del litoral costero, utilizó diversos criterios de

importancia de las plantas para seleccionar tres indicadores ecológicos, los cuales calculan atributos importantes para la evaluación del estado de conservación.

Simón-Zarzoso, et al. (2013) hacen una propuesta para la evaluación de un hábitat, mencionando que es necesario que en cada región biogeográfica se caractericen los factores que describen un hábitat natural: área de distribución, estructura, función y especies típicas. Así mismo, hace uso de la aplicación de indicadores, con el objetivo de conocer el grado de presión sobre el área y la probabilidad de que se produzcan nuevos cambios en el futuro.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 General**

- Realizar un diagnóstico ecológico de la playa arenosa y dunas costeras de la Barra de San Agustín en el municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Veracruz.

#### **3.2 Particulares**

- Determinar la estructura y composición florística en la playa arenosa y dunas de la Barra de San Agustín, Veracruz.
- Zonificar la playa arenosa y dunas costeras de la Barra de San Agustín, Veracruz.
- Determinar el estado de conservación mediante el cálculo del índice ecológico para la playa arenosa y dunas de la Barra de San Agustín, Veracruz.

## **IV. ÁREA DE ESTUDIO**

El municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios se localiza en el centro del estado de Veracruz. De acuerdo con su posición en el mapa de la República Mexicana, dicho municipio se encuentra entre las coordenadas 96°45'35.64"W y 19°31'55.92"N (INEGI, 2010).

El territorio de Alto Lucero pertenece a la Provincia fisiográfica Eje Neovolcánico y a la Subprovincia fisiográfica de Chiconquiaco. Hidrológicamente el municipio se encuentra dividido en dos mitades, la mitad norte forma parte de la Región hidrológica Tuxpan-Nautla y a la Cuenca del río Nautla y otros y la mitad sur a la Región hidrológica Papaloapan y a la Cuenca del río Jamapa y otros (Municipio de Alto Lucero, 2019).

El tipo de clima predominante es el Cálido subhúmedo con lluvias en verano en la costa y toda la zona sur del municipio; la temperatura media anual que se registra en la zona costera va de los 14 a los 26°C, la precipitación promedio anual para la zona costera y central es de 1 200 a 1 500 mm y 1 500 a 2 000 mm, respectivamente (INEGI, 2009; Municipio de Alto Lucero, 2019).



**Figura 1.** Localización geográfica de la Barra de San Agustín en el municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Veracruz.

La Barra de San Agustín pertenece al municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios en el estado de Veracruz. En esta zona se extienden las costas bajas arenosas con campos muy extensos de dunas. Las dunas de esta área son embrionarias, fijas, y estables, alcanzando una extensión de hasta un kilómetro o más a partir del primer cordón de dunas y una altura de uno hasta 15 metros aproximadamente (Moreno-Casasola 2004; 2006b).

Las dunas costeras de la Barra de San Agustín se ubican sobre una línea de costa de 3 kilómetros y se encuentran dentro de las 77 hectáreas de territorio privado, desde la desembocadura de la laguna de San Agustín en el municipio de Vega de Alatorre hasta la localidad de Santa Ana (Figura 1). La laguna de San Agustín (19° 55' y 19° 56' de latitud norte y los meridianos 96° 30' y 96° 35'), se comunica con el Golfo de México a través de la Barra de San Agustín teniendo su desembocadura

sobre la línea de costa de la Barra (Velázquez; **Error! Marcador no definido.**, 1990). El acceso a la Barra de San Agustín está restringido, por lo tanto, se solicitó el permiso a los copropietarios del predio para acceder al área y poder realizar visitas y estudios por el tiempo necesario.

La playa se encuentra a un kilómetro y medio aproximadamente alejado de la carretera (zona de acceso para llegar a las dunas). La amplitud de esta playa varía entre 13 y 70 m aproximadamente. El tránsito vehicular es imposible, debido al difícil acceso a la playa, a excepción de las cuatrimotos y recorridos a pie.

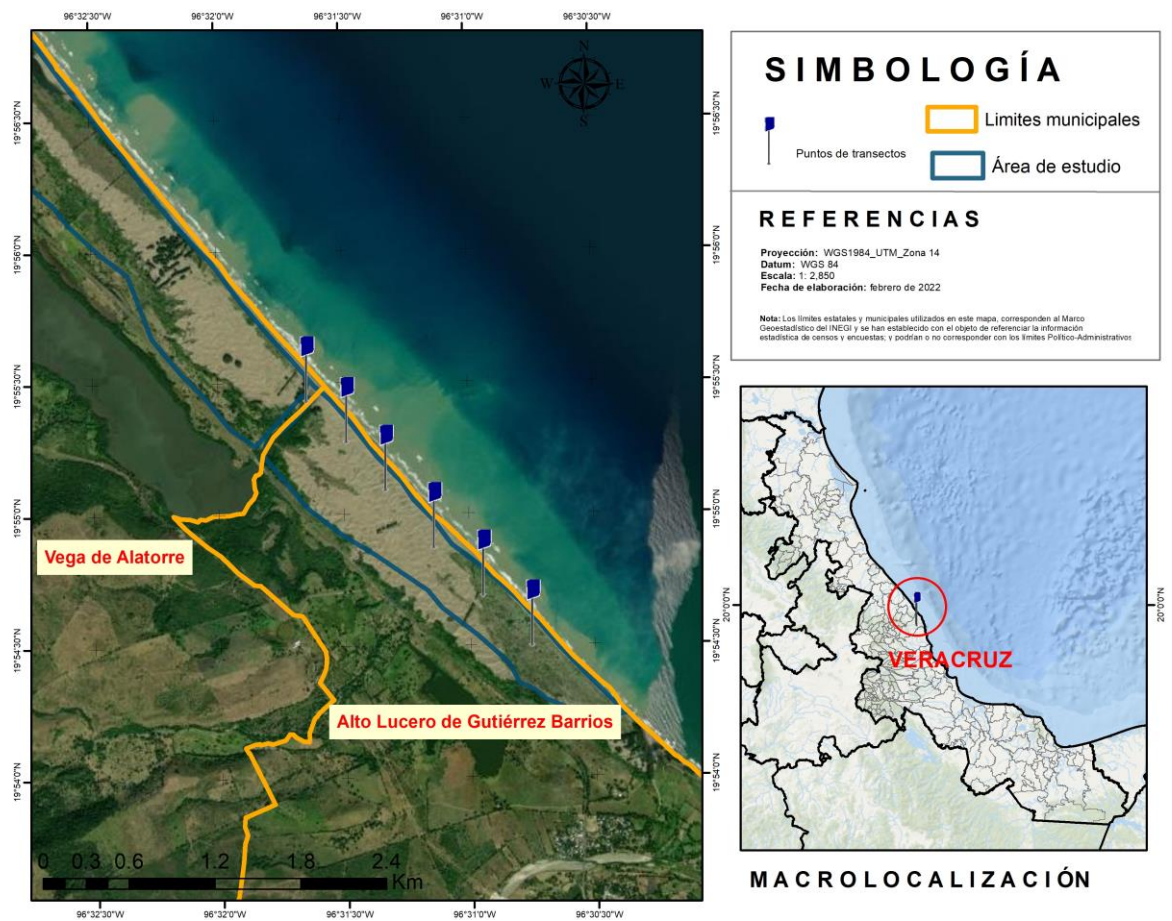
## **V. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **5.1 Estructura y composición florística**

Para realizar el presente estudio se realizaron 5 muestreos en la playa arenosa y dunas costeras de la Barra de San Agustín, Veracruz durante los meses de febrero, julio y octubre del año 2020, febrero y mayo del año 2021. Las temporadas presentes en Veracruz son: nortes de septiembre-abril, lluvias de junio-noviembre y secas corresponde a abril-junio, es importante también mencionar el evento climático “la canícula” (sequía por 40 días), que ocurre en julio-agosto, fecha en que se realizó el segundo muestreo (Protección civil de Veracruz, 2020, 2021).

Se establecieron seis transectos ubicados perpendicularmente a la línea de costa con una separación de 500m entre cada uno y de 200m de longitud (Figura 2). En cada transecto se ubicaron 100 cuadros de 2 x 2 m. La composición florística se registró en los tres kilómetros de la línea de costa de la barra de San Agustín. Dentro de cada cuadro se identificaron las especies de plantas presentes y se estimó su frecuencia, abundancia y cobertura vegetal. Las especies desconocidas se colectaron en prensa botánica y posteriormente fueron herborizadas de acuerdo con la técnica de Gaviño, et al. (2007) para posteriormente ser identificadas en el herbario de la Universidad Veracruzana.





**Fig. 2.** Ubicación geográfica de los transectos en la Barra de San Agustín.

Se realizó un listado florístico con las especies registradas, donde se utilizó el Sistema de Clasificación de Angiosperm Phylogeny Group (APG), (2003, 2009, 2016). Las especies registradas fueron identificadas a través de las bases de datos del Herbario Nacional de México (MEXU), International Plant Names Index (IPNI) y el Herbario del Jardín Botánico de Missouri (Tropicos). Al mismo tiempo se consultó literatura sintaxonómica relevante para el tipo de vegetación, como guías de campo para plantas y catálogos (Knopf, 2001; Chan-Vermont, et al. 2002; Zamora, 2018).

## 5.2 Análisis de datos

Se describen atributos ecológicos que son útiles para la caracterización de la comunidad de vegetación presente en la zona.

### 5.2.1 Frecuencia

La frecuencia relativa representa la relación de los registros absolutos de la presencia de una especie en los sub-transectos o sub-cuadrantes, en relación con el número total de registros para todas las especies (Mostacedo, 2000). La siguiente fórmula se utilizó para la frecuencia relativa:

$$FR = (ai/A)*100$$

Donde:

$a_i$  = número de apariciones de una determinada especie

$A$  = número de apariciones de todas las especies.

### 5.2.2 Cobertura para herbáceas y arbustos

Se estimó la cobertura total de la vegetación, así como la cobertura relativa por medio de cuadrantes de 2 x 2 m, utilizando muestreo sistemático para su distribución. Se utilizó la siguiente fórmula para calcular la cobertura relativa ( $Cr$ ) de las especies registradas en los cuadrantes:

$$Cr = (Ni/Nt) x 100$$

Donde:

$N_i$  = Número de registros de plantas de cierta forma de vida.

$N_t$  = Número total de registros de todas las plantas

### **5.3 Índices para evaluar diversidad alfa**

Se describen los métodos para evaluar la diversidad de especies ( $\alpha$ ) basados en la cuantificación del número de especies presentes y en la estructura de la comunidad. Los datos se analizaron mediante el programa Estimates versión 9.1. Para medir la diversidad alfa, se describen los índices utilizados. También se calculó el índice de valor de importancia para cada especie (Moreno, et al. 2011; Ortiz-Reyes, 2014).

#### **5.3.1 Índice de Valor de Importancia (IVI)**

Es un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en sitios mezclados, fue desarrollado por Curtis & McIntosh (1951).

Se calculó el IVI por especie con la siguiente formula:

$$IVI = [(F+C) / 2] \times 100$$

IVI = Índice de Valor de Importancia

F: Frecuencia relativa

C: Cobertura relativa

#### **5.3.2 Índice de diversidad de Shannon-Weiner**

Este índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa.

Conceptualmente es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad (Reyes-Ortiz, et al. 2014).

Este índice se define como:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Dónde:

$p_i$  = es la proporción de individuos en el total de la muestra que pertenecen a la especie  $i$ ,

$\ln$  = es el logaritmo natural de  $p_i$ .

### 5.3.3 Coeficiente de similitud de Jaccard

El índice de similitud de Jaccard utiliza con datos cualitativos de presencia y ausencia de especies o números binarios (Chao, et al. 2005). Se representa por medio de un dendrograma y se calcula de la siguiente manera:

$$IJ = \frac{c}{a+b-c}$$

Dónde

$a$  = número de especies presentes en el sitio A

$b$  = número de especies presentes en el sitio B

$c$  = número de especies presentes en ambos sitios A y B

## 5.4 Zonificación de la playa y dunas costeras

Una característica común de las dunas costeras es su heterogeneidad topográfica y ambiental ya que su grado de movilidad dependerá de la cubierta

vegetal que tenga (Moreno-Casasola, 2006a). La vegetación de estos ecosistemas se forma por diferentes comunidades como: especies pioneras, pastizales, matorrales, selvas y bosques, vegetación de humedales y acuática; la composición de estas especies se encuentra bajo ciertas características que las hace tolerantes a condiciones extremas de las dunas costeras, donde su estructura puede ser baja o alta, abierta o cerrada, espinosa o inerme (SEMARNART, 2013; Martínez, et al. 2014).

El análisis de distribución de vegetación y zonificación del área se realizó con base a la caracterización y el diagnóstico inicial. Se analizaron las formas de vida predominantes a lo largo de los sitios de muestreo para identificar las dunas más dinámicas con procesos de sucesión, con especies endémicas o belleza paisajística (Moreno-Casasola, 2004); de igual manera se tomó en cuenta la categorización de estas: playa, duna embrionaria, primaria, secundaria y la presencia y temporalidad de las lagunas interdunarias (SEMARNART, 2013).

La zonificación ayudó a determinar la distribución de la vegetación, la delimitación y tipificación de las cubiertas del área. Para realizar la zonación de la Barra de San Agustín, Veracruz se describen las características de los 6 sitios de muestreo dentro de la zona de estudio.

## **5.5 Evaluación del estado de conservación**

### **5.5.1 Índice ecológico como interpretación del estado de conservación**

La evaluación del estado de conservación de los sistemas costeros y de su vulnerabilidad habitualmente se realiza mediante el control de un conjunto de parámetros o variables representativas (Martínez, et al. 2004; Espejel, et al. 2004; Moreno-Casasola, 2004; Monserrat, 2010).

Para realizar el diagnóstico ecológico mediante la vegetación en la playa arenosa y dunas costeras de la Barra de San Agustín, Ver., se utilizó el índice ecológico elaborado por Espejel et. al. (2004). Para realizar la evaluación del diagnóstico ecológico se utilizaron tres indicadores, cada uno con atributos importantes los cuales son:

- Indicador composicional
- Indicador estructural
- Indicador funcional.

El índice ecológico se calcula con cada resultado de los indicadores los cuales son normalizados, de esta manera se crean tres clases para la interpretación del estado de conservación: Alta, media y baja; donde los valores otorgados oscilan entre 0 y 1.00 (Cuadro 1).

<b>Cuadro 1.</b> Clases para determinar el estado de conservación con valores que oscilan entre 0-1			
<b>NIVEL DE CONSERVACIÓN</b>	ALTA	MEDIA	BAJA
<b>VALORES</b>	1.00 – 0.67	0.66 – 0.34	0.33 – 0

#### 5.4.2 Indicador composicional

El indicador composicional está basado en la proporción de especies nativas y especies exóticas, expresado de la siguiente manera (Espejel, et al. 2004):

$$Ic = \frac{n_j / Nn}{e_j / Ne}$$

Donde:

Ic =indicador composicional

ni =especies nativas por sitio i,

ei =especies exóticas por sitio i,

Nn =número total de especies nativas en la región o zona

Ne =número total de especies exóticas por sitio

#### **5.4.3 Indicador estructural**

El indicador estructural está basado en la proporción de las formas de vida, se expresa de la siguiente manera (Espejel, et al. 2004):

$$Is = (s_j / Ns) + (d_j / Nd) + (p_j / Np) + (h_j / Nh) + (v_j / Nv)$$

Donde:

Is =indicador estructural

si =número de arbustos por sitio

Ns = número total de arbustos por sitio

di = número de formas desérticas por sitio

Nd = número total de formas desérticas

pi = número total de herbáceas postradas por sitio

Np = número total de herbáceas postradas

hi = número total de herbáceas erectas por sitio

Nh = número total de herbáceas erectas

vi = número total de enredaderas por sitio

Nv = número total de enredaderas

#### 5.4.4 Indicador funcional

El indicador funcional está relacionado con la proporción de leguminosas, especies fijadoras de nitrógeno, pubescencia que representa la resistencia a la aridez y suculentas que muestran la adaptación a la salinidad (Espejel, et al. 2004). El indicador se calcula de la siguiente manera:

$$If = (pu_j / Npu) + (su_j / Nsu) + (nf_j / Nnf)$$

Donde:

If = indicador funcional

pu<sub>i</sub> = número de especie pubescentes por sitio

Npu = número total de especies pubescentes

su<sub>i</sub> = número total de especies suculentas por sitio

Nsu = número total de especies suculentas

nf<sub>i</sub> = número de especies fijadoras de nitrógeno por sitio

Nnf = número total de especies fijadoras de nitrógeno



## **5.6 Análisis estadístico**

### **5.6.1 Diversidad**

Para definir la existencia de diferencias en los valores de riqueza y cobertura entre sitios se realizó un análisis de varianza de una vía con un nivel de confianza de 95% entre sitios de muestreo, para esto se utilizó el programa ESTIMATES (versión 9.1).

## VI. RESULTADOS

### 6.1 Listado florístico

La flora de la playa arenosa y dunas costeras de la Barra de San Agustín, estuvo representada por 18 familias, 32 géneros y 34 especies. Las familias con mayor riqueza fueron: Asteraceae y Fabaceae con seis especies cada una y Poaceae con cinco. El estrato herbáceo obtuvo la mayor riqueza con 28 especies (92.6%) seguido del estrato arbustivo con solamente cinco especies (7.4%) (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Lista de especies registradas a lo largo de los 6 transectos en Barra de San Agustín. Se dividió el listado en Familia, género y especie. Los autores se abreviaron de acuerdo con Brummit y Powell (1992).

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
Aizoaceae	<i>Sesuvium</i>	<i>portulacastrum</i> (L.) L.
Araliaceae	<i>Hydrocotyle</i>	<i>bonariensis</i> Lam
Asteraceae	<i>Bidens</i>	<i>alba</i> (L.) DC.
	<i>Borrichia</i>	<i>frutescens</i> (L.) DC.
	<i>Erigeron</i>	<i>myrionactis</i> Small
	<i>Palafoxia</i>	<i>lindenii</i> A. Gray
	<i>Pectis</i>	<i>postrata</i> Cav.
		<i>arenaria</i> Benth.
Cactaceae	<i>Opuntia</i>	<i>stricta</i> (Haw.) Haw.
Casuarinaceae	<i>Casuarina</i>	<i>equisetifolia</i> L.
Chrysobalanaceae	<i>Chrysobalanus</i>	<i>icaco</i> L.

Commelinaceae	<i>Commelina</i>	<i>erecta</i> var. <i>angustifolia</i> (Michx.) Fernald
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i>	<i>imperati</i> (Vahl) Griseb. <i>pes-caprae</i> (L.) R. Br.
Cyperaceae	<i>Fimbristylis</i> <i>Rhynchospora</i>	<i>cymosa</i> R. Br. <i>nervosa</i> (Vahl) Boeck.
Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>punctatus</i> Jacq.
Fabaceae	<i>Chamaecrista</i> <i>Canavalia</i> <i>Caesalpinia</i> <i>Crotalaria</i> <i>Macroptilium</i> <i>Mimosa</i>	<i>chamaecristoides</i> (Collad) Greene <i>rosea</i> (Sw.) DC. <i>bonduc</i> (L.) Roxb. <i>incana</i> L. <i>atropurpureum</i> (Moc. & Sessé ex DC.) Urb <i>pudica</i> L.
Iridaceae	<i>Sisyrinchium</i>	<i>biforme</i> E.P. Bicknell.
Orchidacea	<i>Zeuxine</i>	<i>strateumatica</i> (L.) Schltr.
Poaceae	<i>Ammophila</i> <i>Cenchrus</i> <i>Cynodon</i> <i>Sporobolus</i> <i>Schizachyrium</i>	<i>arenaria</i> (L.) Link <i>echinatus</i> L. <i>dactylon</i> (L.) Pers. <i>virginicus</i> (L.) Kunth <i>scoparium</i> (Michx.) Nash
Onagraceae	<i>Oenothera</i>	<i>drummondii</i> Hook.
Rubiaceae	<i>Randia</i>	<i>laetevirens</i> Standl.

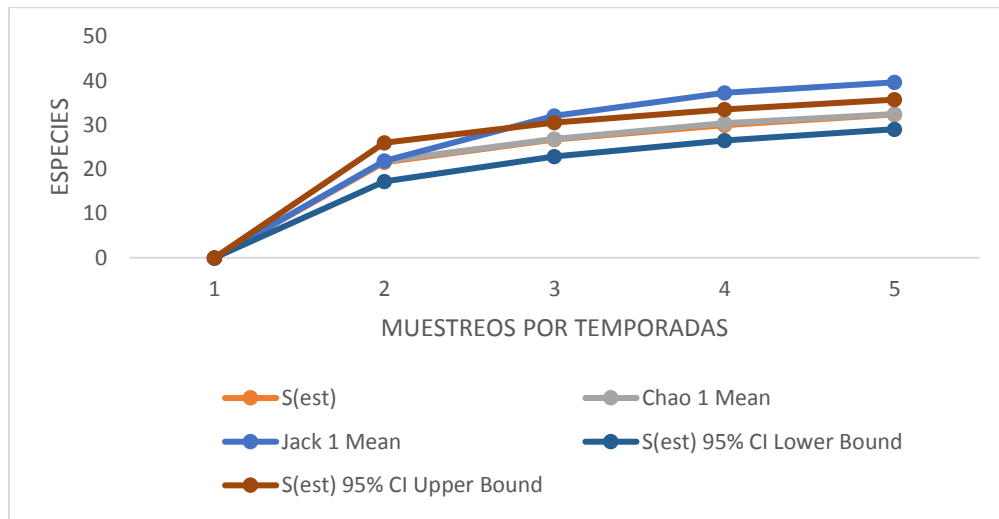
Santalaceae	<i>Phoradendron</i>	<i>sp.</i>
Verbenaceae	<i>Phyla</i>	<i>nodiflora</i> (L.) Greene



**Figura 3.** Especies registradas en la playa de la Barra de San Agustín en temporada de lluvias, nortes y secas 2020-2021. **A.** *Palafoxia lindenbergii*. **B.** *Ipomoea imperati*. **C.** *Ipomoea pes-caprae*. **D.** *Chamaecrista chamaecristoides*.

## 6.2 Eficiencia del muestreo

La curva de acumulación de especies muestra una tendencia a la asíntota, es decir, que el esfuerzo de muestreo es suficiente para representar el número de especies presentes en las dunas costeras, a través de los estimadores, Jackknife 1 y Chao 1, (Figura 4).

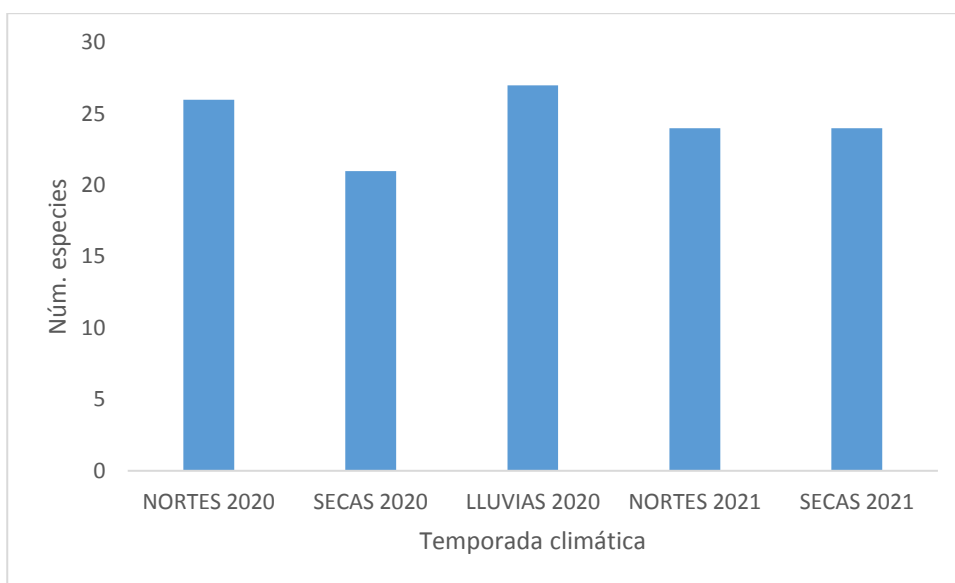


**Figura 4.** Valores de riqueza esperada con los estimadores Jacknife I y Chao I, en el área de estudio en temporada de nortes, secas y lluvias 2020-2021

## 6.3 Índices y atributos ecológicos

### 6.3.1. Riqueza específica

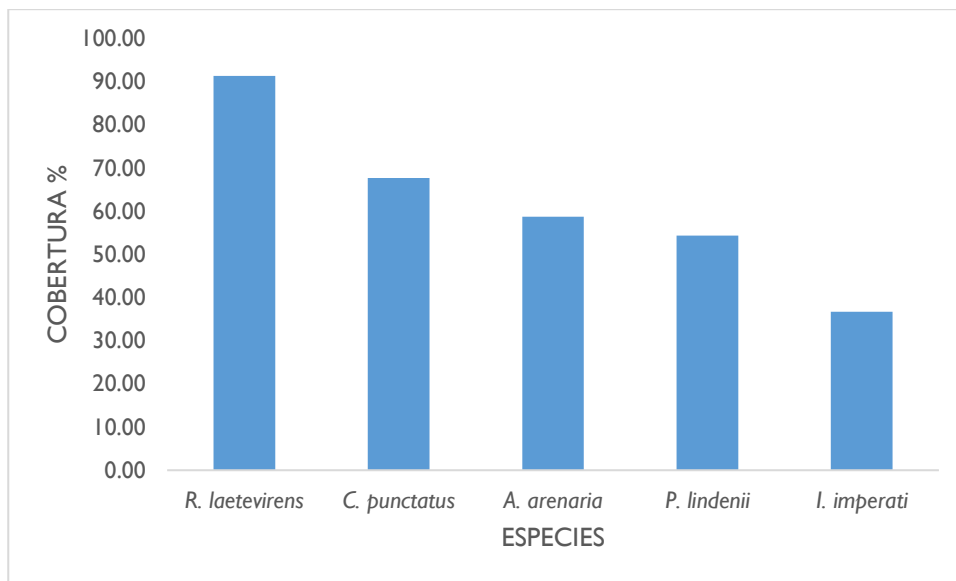
La riqueza en las dunas costeras de la Barra de San Agustín es de 34 especies. La temporada con mayor riqueza fue en lluvias-2020 con 27 especies mientras que secas-2020 obtuvo la minoría de especies con 21 (figura 5).



**Figura 5.** Riqueza de especies registrada en el periodo 2020-2021

### 6.3.3. Cobertura

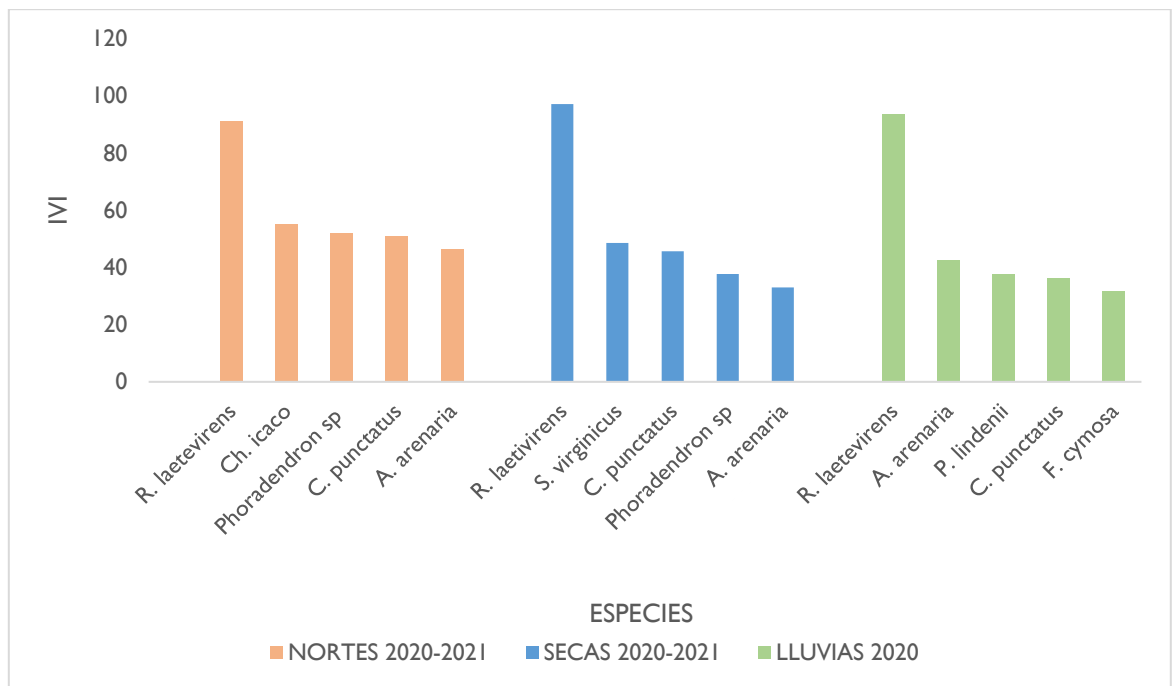
La cobertura vegetal en la playa arenosa y dunas de la Barra de San Agustín, Veracruz, presentó el mayor valor dentro de la temporada de nortes-2020 (22.10), mientras que los valores más bajos corresponden a nortes-2021 (17.43) (Cuadro 3). Para la cobertura relativa se estableció que la especie *Randia laetevirens* tiene una mayor cobertura (91.31) seguida de *Croton punctatus* (67.70) y *Amophila arenaria* (58.71) (figura 6).



**Figura 6.** Cobertura relativa de las cinco principales especies de las dunas costeras registradas en la Barra de San Agustín.

#### 6.4 Índice de Valor de Importancia

El mayor porcentaje de las especies dominantes en el sistema de dunas de acuerdo a su valor de importancia (IVI) se encuentra en la temporada de lluvias-2020, mientras que los valores más bajos corresponden a secas-2020. *Randia laetevirens* (97.0) con su valor más alto, seguido de *Chysobalanus icaco* (55.0) y *Phoradendron sp* (52.00) (Figura 7).



**Figura 7.** Índice de Valor de Importancia de la vegetación de las dunas costeras en el área de estudio en temporada de nortes, secas y lluvias 2020-2021.

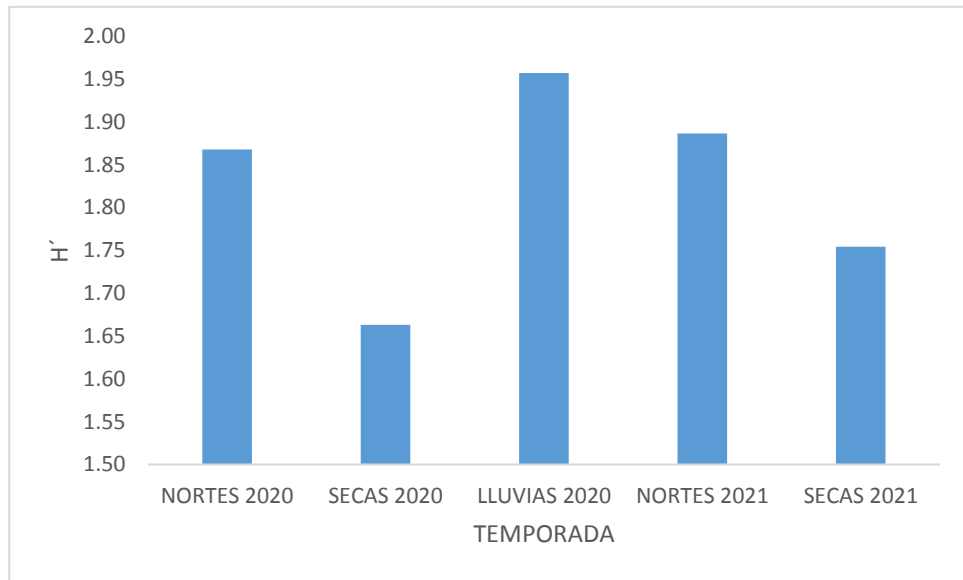
**Cuadro 3.** Comparación de la riqueza y cobertura de las especies entre las diferentes temporadas climáticas muestreadas en los años 2020 y 2021

TEMPORADA	RIQUEZA		COBERTURA	
	2020	2021	2020	2021
NORTES	26	25	22.1	17.43
SECAS	23	24	19.77	18.82
LLUVIAS	27		21.85	



## 6.5 Índice de Shannon-Wiener

El índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) fue más alto en temporada de lluvias con un valor de 1.96 mientras que el valor más bajo se registró en secas del 2020 con 1.66 (Figura 8).



**Figura 8.** Índice de diversidad de Shannon y Weiner ( $H'$ ), en el área de estudio en temporada de nortes, secas y lluvias 2020-2021

## 6.6 Coeficiente de similitud de Jaccard

El análisis de similitud de Jaccard arrojó una similitud entre las temporadas de secas y nortes ambas del año 2021 con un 79%. Mientras que en temporada de secas 2020-2021 se muestra una similitud del 50%. (Cuadro 4).

<b>Cuadro 4.</b> Similitud de Jaccard de la vegetación en las dunas costeras en Barra de San Agustín, Veracruz.					
	NORTES 2020	SECAS 2020	LLUVIAS 2020	NORTES 2021	SECAS 2021
NORTES 2020		0.59	0.62	0.61	0.55
SECAS 2020	0.59		0.60	0.65	0.52
LLUVIAS	0.62	0.60		0.68	0.61
NORTES 2021	0.61	0.65	0.68		0.79
SECAS 2021	0.55	0.52	0.61	0.79	

### **6.7. Zonificación y distribución de la vegetación de la playa arenosa y dunas costeras**

La Barra de San Agustín es una playa con un extenso cordón de dunas embrionarias, seguido de un campo de dunas móviles y semimóviles con parches de vegetación de especies como *C. punctatus* y *P. lindennii*, esta última siendo especie endémica del estado de Veracruz. Se observó que la zona de playa tiene el mismo patrón en todos los transectos: comienzan las pioneras *I. pes-capre*, *I. imperati* y *S. portulacastrum*. Al sur del área de estudio se encuentran dunas estabilizadas con arbustos como *R. laetevirens* y *Ch. icaco*. La altura máxima de la vegetación es de 2 metros y generalmente se presentan dos estratos: herbáceo y arbustivo (Figura 12). La laguna de San Agustín tiene desembocadura dentro de la línea de costa de la zona. Las características encontradas se analizaron y se describen a continuación:

**Sitio 1.** Se encuentra colindando a 200 metros de la desembocadura al mar de la laguna de San Agustín. Las especies que se localizan en la zona de playa son: *I. pes-capre*, *I. imperati* y *P. lindennii*, mismas que comienzan a colonizar la duna. Detrás de la duna embrionaria se observan vegetación de pastizal, con especies que

la caracterizan como: *A. arenaria*, *Sporobolus virginicus* y *Cenchrus echinatus*. Tierra dentro hasta 100 m se encuentra la hondonada (zona baja donde el suelo esta húmedo y en temporada de lluvias llega aflorar el manto freático), aquí se desarrollan comunidades de: *Hydrocotyle bonariensis*, *Lippia nodiflora* y *Fimbristylis cymosa* entre otras. Más adelante de las especies antes mencionadas (80 metros), se observa una sucesión donde comienzan a aparecer especies arbustivas y arbóreas como *R. laetevirens*, *Chysobalanus icaco* y *Casuarina equisetifolia* (Figura 9). Este sitio representa la mayor riqueza del área.



**Figura 9.** Primer sitio de muestreo en la Barra de San Agustín.

**Sitio 2.** Colinda con la desembocadura de la laguna. Separado por 500 metros de del sitio 1. Se puede observar que la estructura y riqueza de la vegetación es diferente. La zona de playa está constituida por vegetación herbácea como *I. pes-capre*, *I. imperati* y *O. drummondii*. Detrás del primer cordón de dunas se encuentra un campo dunas móviles semifijas con manchones de vegetación de *C. punctatus*, *P. lindennii* y *A. arenaria* (Figura 10).

**Sitio 3.** La vegetación de la playa está dominada por *I. pes-capre* y *S. portulacastrum*. La mayor parte de este transecto es arena desnuda, con dunas móviles que llegan a medir hasta los 10 metros de altura. Se pueden observar por encima de las dunas manchones de vegetación por comunidades de *C. punctatus*, *O. drummondii* y *P. lindennii* (Figura 10).

**Sitio 4.** Las comunidades de vegetación en la zona de playa están constituidas por *I. pes-capre*, *I. imperati*, *P. lindennii* y *S. portulacastrum*; conforme comienza a crecer el nivel de la duna aparecen parches de pasto de *S. virginicus* y *C. equinatus*. Detrás de la duna embrionaria se puede ver una serie de cordones de arena con altura de hasta 10m. En algunas partes de la duna hay vegetación herbácea como *A. arenaria* y *Canavalia rosea* (Figura 10).



**Figura 10.** Sitios de muestreo en la Barra de San Agustín. Sitio 2, **A**; Sitio 3, **B**; Sitio 4, **C**.

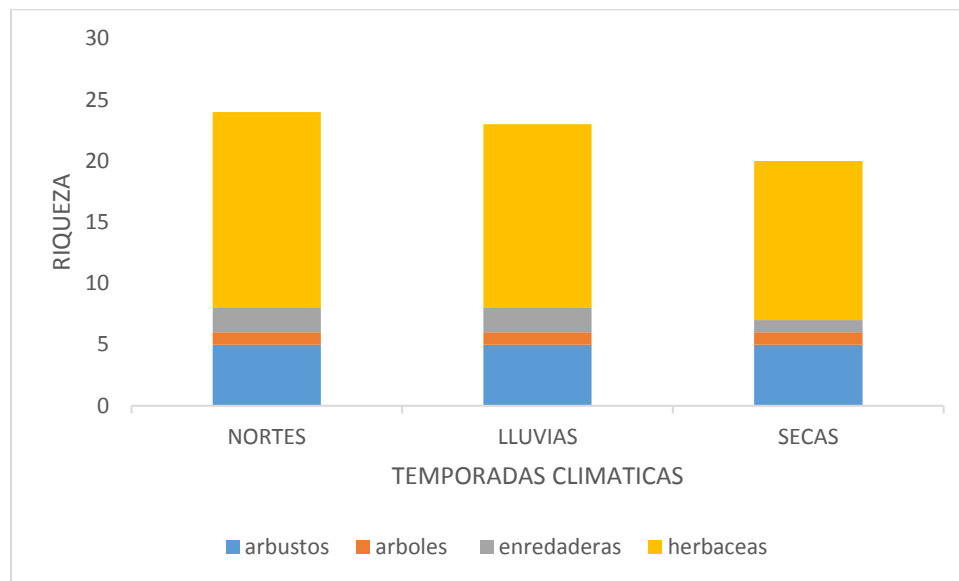
**Sitio 5.** En la zona de playa se encuentran especies pioneras típicas de playa y dunas costeras como lo son *I. pes-capre*, *S. portulacastrum* y algunos pastos como *S. virginicus*. En este sitio se identificó una zona de dunas fijas estabilizadas con especies arbustivas donde la mayor parte de la duna esta colonizada por *R. laetevirens* y *Ch. icaco* (Figura 11).

**Sitio 6.** Al sureste del área de estudio se observa en la zona de playa especies pioneras como *I. pesca-pre*, *P. lindenii* y *C. rosea*. Conforme avanza la vegetación y comienza la duna estabilizada, al igual que el sitio 5, gran parte de la duna se encuentra poblada por *R. laetevirens*; también se encuentran otras especies arbustivas como *Ch. icaco* y *C. punctatus*. En la distribución de la vegetación se pueden ver pastos como *S. virginicus* y *S. scoparium*. Del mar hacia tierra dentro hasta unos 200m se puede observar una vegetación más densa y cerrada con las especies arbustivas mencionadas (Figura 11).

De acuerdo a las temporadas climáticas la variación de la riqueza por estrato no es significativo en lluvias y nortes, solamente se observa una diferencia en época de secas donde la riqueza del estrato herbáceo disminuye (figura 12).



**Figura 11.** Sitios de muestreo en la Barra de San Agustín. **A.** Sitio 5. **B.** Sitio 6.



**Figura 12.** Vegetación representada por estratos en temporada de nortes, lluvias y secas 2020-2021.

## 6.8 Evaluación del estado de conservación

### 6.8.1 Índice ecológico como interpretación del estado de conservación

La composición observada a través del indicador no muestra diferencias en los valores analizados por temporadas (Tabla 1). Las tres temporadas (nortes 2020-2021, secas 2020-2021 y lluvias 2020) reflejan datos donde la vegetación integra la mayoría del total de las especies contadas para nativas y exóticas. El valor obtenido al medir el nivel de conservación del área, dentro de la escala arroja 0.67 lo que indica un nivel alto (Cuadro 1). Este indicador expresa la calidad del área representado por las especies típicas de la región, debido a la vulnerabilidad que pueda presentar por invasión de especies exóticas.

Las características estructurales analizadas por el indicador demuestran que el sitio es homogéneo en las temporadas muestreadas (Cuadro 4). Con estos datos se

observa que las formas de vida de la vegetación del área son muy similares (figura 12). El indicador estructural arrojó 0.38 proyectando un valor medio para las dunas de la Barra de San Agustín.

El indicador funcional representa la sensibilidad al estrés en los sistemas de dunas, como en los fijadores de nitrógeno para sitios pobres en nutrientes (Tabla 1). Este indicador muestra valores altos en temporada de nortes 2020-2021 y lluvias, al contrario de secas 2020 con valor medio de 0.36 en conservación.

Los valores de estos tres indicadores dan el resultado del índice ecológico, y muestran que la Barra de San Agustín tiene un estado de conservación alto (0.72), ya que el área de estudio posee rasgos funcionales claves y características típicas que forman parte de las playas arenosas y dunas costeras de la región del Golfo de México, reflejando una alta calidad en composición, estructura y función de su vegetación.

**Tabla I.** Índice ecológico que muestra la composición, estructura y funcionalidad de la vegetación de playa y dunas costeras en Barra de San Agustín, Veracruz.

	NORTES 2020			SECAS 2020		LLUVIAS 2020		NORTES 2021		SECAS 2021		Valor normalizado
	total de sp por área	total de sp por temporada	indicador	total de sp por temporada	indicador	total de sp por temporada	indicador	total de sp por temporada	indicador	total de sp por temporada	indicador	
<b>COMPOSICIONAL</b>												
Nativas	23	23	1	20	0.87	22	0.96	23	1	22	0.96	
Exóticas	11	2	0.18	5	0.45	1	0.09	1	0.09	2	0.18	
			<b>5.5</b>		<b>1.9</b>		<b>10.5</b>		<b>11.0</b>		<b>5.3</b>	<b>0.67</b>
<b>ESTRUCTURAL</b>												
Arbustos	6	5	0.83	6	1	6	1	6	1	6	1	
Herb. erectas	14	14	1	13	0.93	14	1	14	1	13	0.93	
Herb. postradas	8	8	1	8	1	8	1	8	1	8	1	
Enredaderas	6	6	1	5	0.83	6	1	6	1	6	1	
			<b>3.83</b>		<b>3.76</b>		<b>4</b>		<b>4</b>		<b>3.93</b>	<b>0.38</b>
<b>FUNCIONAL</b>												
Pubescentes	13	13	1	12	0.92	13	1	13	1	13	1	
Suculentas	9	8	0.89	7	0.78	9	1	9	1	9	1	
Fij. Nitrogeno	12	11	0.92	11	0.92	12	1	12	1	12	1	
			<b>2.81</b>		<b>2.62</b>		<b>3</b>		<b>3</b>		<b>3</b>	<b>0.36</b>



## VII.DISCUSIÓN

### 7.1. Riqueza

La vegetación de las playas y dunas costeras son elementos muy importantes en la biodiversidad de estos ecosistemas, ya que estos sitios presentan un gran dinamismo dentro del gradiente mar-tierra (Martínez, 2008, 2014; Moreno-Casasola, 2010).

La barra de San Agustín tiene una riqueza de 34 especies de plantas, entre las cuales se registró una nueva aportación taxonómica para la región: *Zeuxine strateumatica*. La variedad de especies reportadas para este trabajo podría deberse a que estas especies son cosmopolitas y su distribución es amplia para las costas de México, a diferencia de especies endémicas que están limitadas a su región.

De las especies registradas, 20 son propias de la vegetación de playas y dunas costeras de México (Espejel y Jiménez-Orocio, 2015; Espejel, et. al. 2017) y 9 son consideradas parte de matorral costero (Moreno-Casasola, et. al. 2011), además las mismas 9 también son parte de los matorrales y dunas de Yucatán (Torres, et. al. 2010; Gudarrama, et. al. 2018). Asimismo, 30 especies se comparten con la comunidad vegetal de dunas de la Mancha (Moreno-Casasola y Vásquez, 2006). Se comparten 17 especies con las dunas de Isla del Carmen, Campeche (Guadarrama et al., 2014). Para la playa y dunas costeras de Baja California se comparten 14 especies (Rodríguez-Revelo, et. al. 2014; Espejel, et. al. 2017).

En trabajos realizados para el Golfo de México por Moreno-Casasola (1988, 2004a), Moreno-Casasola et. al. (2014), Martínez, et. al. (2014) y Espejel et. al. (2015) se mencionan las especies con distribución más amplia a lo largo de la costa de Veracruz: *S. portulacastrum*, *I. pes-caprae*, *I. imperati*, *C. rosea*, *C. punctatus* y *U. paniculata*. Coincidiendo todas con la descripción realizada recientemente para este trabajo en la Barra de San Agustín. Esta riqueza se debe a que las zonas más

estabilizadas de las dunas están en contacto con comunidades vegetales que se establecen tierra adentro y que abarcan selva, pastizales y matorrales.

Dentro de las especies registradas se encuentran aquellas que son endémicas para Veracruz como *P. lindenii*, esta especie se encuentra distribuida a lo largo del Golfo de México (Alvarez-Molina *et al.*, 2013). Incluso la zona del Pacífico toma importancia por la presencia de especies restringidas y su heterogeneidad ambiental como, *C. chamaecristoides*, ampliando su distribución y convirtiéndose en endémica de México, reportándose poblaciones en el centro y sur del Pacífico (Gómez-Pompa *et al.*, 2010; Moreno-Casasola, 2010; Martínez *et al.* 2014, Espejel *et al.*, 2015, 2017).

Por el contrario, existen especies exóticas que desplazan a las especies nativas y/o endémicas, compitiendo por recursos e interfiriendo con los procesos sucesionales (Martínez, *et al.*, 2001; Álvarez-Molina, 2012) como *C. equisetifolia* (Moreno-Casasola, *et al.* 2013) registrada en Barra de San Agustín. Otras especies reportadas como introducidas en playas y dunas costeras, son: *Commelina erecta*, *Bidens pilosa*, *A. arenaria* y *O. Drummondii*. Esta última especie fue reportada recientemente en las playas de España como especie invasora avanzando por las costas de Australia, China e Israel (Gallego-Fernández, *et al.*, 2019, 2021; Zunzunegui, *et al.*, 2021). En la Barra de San Agustín se puede observar como *O. drummondii* temporada tras temporada su abundancia tiende a incrementarse.

También es importante mencionar la presencia de la orquídea *Z. strateumatica*, ya que, siendo nativa de Afganistán, su distribución ha avanzado hacia otros continentes, incluyendo a América, donde se ha registrado en E.U.A, caribe y Brasil, en este último introducida como planta de ornato (Neto, *et al.* 2011; Vélez-Gavilán J., 2020). Aunque *Z. strateumatica* no es actualmente invasora, se considera como una especie potencialmente al gremio debido a su éxito de naturalización, gran producción de semilla y asociación con hongos micorrízicos, además, se presenta como una especie oportunista en sitios perturbados donde la vegetación puede estar

en un proceso natural de sucesión (CABI, 2021). Su introducción en distintos países se ha dado por pastos importados, suelo utilizado para jardinería o por medio de aves. La barra de San Agustín siendo una zona conservada, se deduce que la presencia de esta orquídea en costas veracruzanas se deba a la dispersión de semillas por aves migratorias, ya que actualmente no existe mención ni registro de esta planta en listados florísticos en costas mexicanas.

En la playa de la Barra de San Agustín se registraron únicamente dos especies exóticas, *C. equisetifolia*, especie nativa de Australia introducida en México en los años 80' como cortina rompevientos y estabilizadora de dunas (Nee, 1984; CONABIO, 2021). En el área de estudio también es utilizada para delimitar la zona. La segunda especie exótica es la orquídea *Z. Strateumatica*. En comparación con las especies exóticas y nativas de San Agustín la diferencia de riqueza registrada es muy alta, ya que la mayoría de las especies de esta playa son nativas, endémicas y típicas de playas y dunas costeras. Este dato es muy importante ya que conociendo las especies exóticas se puede predecir cambios en la vegetación, para efectos de restauración o conservación.

De acuerdo a lo anterior, es importante recalcar el valor de las especies registradas de cada sitio, ya que al desaparecer especies nativas aumentan las probabilidades de una invasión por exóticas, malezas o generalistas, incluso se ha observado en otros casos que cuando la riqueza permanece constante a lo largo de décadas, puede tener lugar algún reemplazo de especies (Santoro *et al.* 2012).

## 7.2 Cobertura

De acuerdo con Alvarez-Molina *et. al.* (2012) la riqueza y diversidad aumenta conforme la cubierta vegetal crece y si esta supera el 60%. Esto se puede ver reflejado en las dunas de San Agustín, en la extensión de cobertura del arbusto *R. laetevirens*, ya que conforme se fueron realizando los muestreos, el número de especies aumentó y por lo tanto su diversidad.

La especie típica de matorrales costeros *R. laetevirens*, obtuvo la mayor cobertura para la zona. Esta especie tiene una cobertura similar en las costas de Yucatán, con la diferencia que, al seleccionar los sitios de muestreo, en Yucatán se eligieron de acuerdo al grado de perturbación de la vegetación de la duna costera (Torres et al., 2010), además se encuentran en Áreas Naturales Protegidas como Ría Lagartos y Ría Celestún, mientras que en la Barra de San Agustín se utilizó un muestreo sistemático que permitió ubicar los sitios a lo largo de la playa, sin tomar en cuenta el estado de conservación de cada uno.

Otra especie con amplia cobertura dentro del área es *C. punctatus*. Esta especie tiene una distribución por todo el país, se establece principalmente en dunas de mayor altura, en un área de transición donde las dunas móviles se vuelven más estables y los movimientos de arena disminuyen, se considera una especie importante como estabilizadora de sustrato (Lonard y Judd, 2009). En la Barra de San Agustín se pueden encontrar manchones de este arbusto por encima de las dunas, su cobertura fue 67.70% para los sitios muestreados.

## 7.3 Zonificación

Un aspecto importante dentro de las comunidades de vegetación, es la diversidad de formas biológicas, que caracterizan a las dunas por región costera o por tipo de vegetación. Sin embargo, también se describen las comunidades vegetales,

comenzando por pioneras, donde dominan rastreras, pastos o arbustos, seguida de pastizales y matorrales, encontrando tierra adentro selvas y bosques (Moreno-Casasola et. al. 2014).

La Barra de San Agustín únicamente está representada en su mayor extensión por herbáceas y arbustos. La zona de playa se comienza a colonizar por rastreras como *I. pes-capre*, *I. imperati*, *C. rosea* y *S. portulacastrum*. Además de ser pioneras de dunas, diferentes trabajos han permitido reconocer que las especies colonizadoras también son fijadoras de nutrientes y pueden facilitar el establecimiento de otras especies, generando condiciones óptimas y tolerantes para otras plantas (Jimenez-Orocio, 2014). En las dunas costeras es posible distinguir especies de plantas que son fundamentales para el establecimiento de otras, lo cual determina la diversidad y afecta directamente la funcionalidad de estos ecosistemas (Martínez et. al. 2012, 2014).

Es interesante notar que la primera franja de playa y dunas embrionarias son parecidas en todo el país, ya que comparten las mismas especies colonizadoras y constructoras de dunas. Este patrón se puede observar en las costas de: Veracruz, Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Tabasco, Tamaulipas, e incluso en el Golfo de Baja California (Martínez et. al. 2014).

El sitio uno al compararlo con los sitios cinco y seis, tiene una diferencia en el tipo de vegetación, ya que este se encuentra junto a la desembocadura de la laguna de San Agustín, presenta características particulares de pastizal, con especies como *A. arenaria*, *C. echinatus*, *S. virginicus*, a diferencia de los sitios cinco y seis que conforme crece la duna se establece vegetación de matorral con especies como *R. laetevirens*, *Ch. icaco* y una especie del género *Phoradendron*. Jimenez-Orocio et. al (2014) mencionan un trabajo que se realizó en costas veracruzanas, donde se estudió *Phoradendron sp.* y su asociación con árboles y arbustos de las dunas, asentando que *R. laetevirens* es el principal hospedero para esta especie. Según estos autores, esto

podría estar determinado por la ubicación de la especie en los matorrales, el tiempo de exposición y la forma del arbusto. Este dato es relevante ya que en la Barra de San Agustín, *Phorandendron sp.* se registró únicamente en los sitios cinco y seis donde el 90% de la cobertura vegetal estaba dominada por *R. laetevirens*.

Uno de los estratos vegetales mejor representado en la Barra de San Agustín fueron las herbáceas las cuales tienen la mayor riqueza (82.3%). Martínez-Adriano *et. al.* (2016) en un estudio para La Mancha reportaron datos similares, donde la mayoría de las especies registradas para el área son hierbas. Es importante tener en cuenta que cuando los factores ambientales se vuelven menos severos, la competencia probablemente juega un papel más importante.

Estudiar la distribución de las especies de las dunas costeras es importante, porque esta se puede ver afectada en áreas específicas, causando estragos en la conservación del ecosistema costero. De igual forma, se sugiere proponer medidas para el cuidado y protección de esos sitios, los cuales podrían contener características ambientales propicias para el mantenimiento de la biodiversidad costera, y de esta manera mitigar posibles daños a consecuencia de perturbaciones climáticas o humanas.

## **7.4 Índice ecológico**

Diagnosticar el nivel de conservación de un área no es común en estudios florísticos, este es el primer estudio para las playas y dunas de Veracruz que valora la conservación a través de su vegetación.

Se evaluó el estado de conservación de la Barra de San Agustín utilizando el mismo índice ecológico usado en las costas de Baja California por Espejel *et. al.* (2014), donde sus resultados fueron muy diferentes a los que se obtuvieron en San

Agustín. En este trabajo, los datos demostraron que es una playa con un nivel de conservación muy alto, en comparación del norte de Baja California, donde se estudiaron tres playas y dos de ellas resultaron con un estado de conservación muy bajo.

El indicador composicional está representado por especies nativas y exóticas el cual muestra la calidad del sitio en comparación con la región (Nautla, Veracruz). Para las playas de Punta Banda y el Estuario de Tijuana al norte de Baja California este indicador dio valores bajos, como resultado de una zona perturbada, encontrándose que la mayoría de las especies son exóticas, las cuales desplazan a las especies nativas ocasionando modificaciones en la vegetación típica de las dunas (Espejel et al., 2014). Al contrario, la playa de la Barra de San Agustín en Veracruz, el valor de este indicador es alto, puesto que la mayoría de las especies registradas son nativas y propias de playas arenosas y dunas costeras, todas formando parte de la región, esto podría deberse a que es una playa con un acceso restringido y difícil entrada, por lo cual el turismo y la urbanización aún no forman parte de esta playa. Además, los indicadores de riqueza dan un valor igual a todas las especies, sin embargo, este indicador es muy susceptible, ya que puede manifestar cambios significativos si se llega a combinar con el aumento de otras especies como las exóticas.

Los indicadores de composición y estructura son los más efectivos para medir los primeros cambios del paisaje (Espejel *et. al.* 2014). El indicador estructural en la playa del Socorro en Baja California muestra un valor alto al igual que en la Barra de San Agustín, contrario a Punta Banda y Estuario de Tijuana, donde los valores son muy bajos. Además, es preciso tener presente que los pequeños cambios en la abundancia de especies también pueden conducir a la interrupción de la estructura y función de una comunidad (Del Vecchio *et al.* 2016). En San Agustín la estructura de la comunidad vegetal puede diferenciarse entre la zona de colonizadoras compuesta por herbáceas seguida de arbustos o matorral costero como en las playas y dunas de

Yucatán (Martínez, et. al. 2014; Guadarrama, et. al. 2018; Ovando-Hidalgo, et. al. 2020) a diferencia de Baja California donde la vegetación se combina con especies desérticas (Rodríguez-Revelo, et. al. 2014; Espejel, et. al., 2015, 2017). Este podría ser el motivo de tal diferencia en los estados de conservación de cada sitio.

El indicador funcional refleja el estrés en los sistemas dunares, así como la calidad de nutrientes del suelo; un ejemplo de esto es el uso de especies fijadoras de nitrógeno, como lo hicieron Ferrari & Wall (2004) en costas argentinas para reforestar suelos degradados; al igual que en playas de México, en la Reserva de Ría Lagartos en Yucatán (Leirana-Alcocer & Bautista-Zúñiga, 2014). El indicador puede tener cierta relevancia en los sistemas de dunas al resumir las condiciones propicias para la movilidad de la arena y su vegetación, por lo tanto, estas especies fijadoras de nutrientes muestran la importancia de la funcionalidad para determinar la calidad del suelo.

En la playa del Socorro en Baja California, el indicador funcional mostró un valor alto para conservación, a diferencia de las otras dos playas (Punta Banda y estuario de Tijuana) con valores bajos. La Barra de San Agustín con un valor alto en conservación podría indicar un suelo rico en nutrientes, lo cual se corroboraría esta afirmación realizando un estudio de la composición del sustrato. Por otro lado, en diversos trabajos mencionan que la diversidad funcional, también actúa de manera significativa en la regulación de los procesos de los ecosistemas, lo cual influye en la funcionalidad y la estabilidad de los ecosistemas y su adaptabilidad a cambios futuros (Laurece *et al.* 2010; Del Vecchio *et al.* 2016).

En el monitoreo ecológico a nivel local, los indicadores brindan información esencial con atributos importantes en las variables a medir (Monserrat, 2010; Jorgensen, et. al. 2013). Las variables utilizadas para los indicadores en San Agustín se tomaron de referencia del estudio realizado para Baja California Norte. Es importante mencionar que para este índice ecológico en B.C.N. (Baja California



Norte) se integraron criterios propuestos por Noss (1990, 1997), Dale y Beyeler (2001), para obtener resultados con un accesible y fácil desempeño en la toma de decisiones. Estos indicadores revelan cambios y tendencias en la vegetación, mostrando resultados en alerta temprana. Además, al ser fácilmente observables, pueden proporcionar evidencia fácilmente discernible de procesos para modificación del hábitat (Espejel et al. 2004).

En la Barra de San Agustín se aplicaron las variables derivadas de estos criterios, obteniendo resultados satisfactorios, los cuales reflejan un alto nivel de conservación en el área.

## VIII. CONCLUSIONES

La estructura y la composición florística de la playa arenosa y dunas costeras de la Barra de San Agustín fue caracterizada de acuerdo a los transectos ubicados a largo del litoral costero, se registraron un total de 18 familias, 32 géneros y 34 especies. Las familias con mayor riqueza fueron: Asteraceae y Fabaceae ambas con 6 especies y Poaceae con 5. El estrato herbáceo obtuvo la mayor riqueza con 28 especies (92.6%) seguido del estrato arbustivo con solamente cinco especies (7.4%). Además, se registró una nueva aportación para la vegetación costera de México con la orquídea *Z. strateumatica*.

En la Barra de San Agustín se encuentra un extenso campo de dunas móviles, semimóviles y estabilizadas. La laguna de San Agustín tiene desembocadura hacia el mar, dentro de la línea de costa del área. La playa cumple un patrón en todo el litoral, donde comienzan a colonizar especies como: *I. pes-capre*, *I. imperati* y *S. portulacastrum*. En la cima de las dunas semimóviles podemos encontrar parches de vegetación con algunas especies como: *C. punctatus*, *P. lindennii* y *A. arenaria*. Las dunas estabilizadas se encuentran cubiertas por *R. laetevirens*, *Ch. icaco* y *Phoradendron sp.* La vegetación del área de estudio se divide en dos estratos: herbáceas y arbustos con una altura máxima de 2m.

En las últimas décadas se han propuesto una gran variedad de herramientas para evaluar el estado de conservación de comunidades o ecosistemas. Entre los diversos criterios propuestos, la mayoría de los protocolos sugieren considerar aspectos de extensión, rasgos cualitativos de estructuras, así como de funciones. Sin embargo, los cambios en la función ecológica son difíciles de cuantificar y muchos trabajos visualizando criterios cualitativos. El objetivo de este trabajo fue probar algunos atributos de comunidades vegetales para el diagnóstico del estado de conservación de la playa y dunas costeras. Los atributos elegidos de las especies vegetales ayudaron a distinguir ciertas funciones que desempeña cada especie,

mientras que los cambios estructurales se analizaron comparando la riqueza de especies, la cobertura total de especies, los grupos ecológicos de especies y las formas de crecimiento.

El índice ecológico utilizado para evaluar el estado actual de conservación, se calculó a través de tres indicadores: composicional, estructural y funcional. Los resultados de cada indicador por temporada arrojaron valores altos y medios que demuestran que la Barra de San Agustín es una playa conservada.

Los indicadores ecológicos aplicados a las comunidades de dunas costeras son útiles para la restauración y conservación, ya que muestran una riqueza florística donde se puede observar las variaciones de la vegetación y las tensiones que presenta ante las perturbaciones de impacto e invasión. Cada región tiene atributos que caracterizan los ecosistemas. Por lo tanto, esto sugiere que la capacidad de las variables seleccionadas para identificar cambios está relacionada con la complejidad estructural del tipo de vegetación en evaluación y por ende es recomendable adaptar el índice ecológico de acuerdo a la zona o ecosistema en que se aplicará, modificando variables que puedan proporcionar información de calidad y obtener una herramienta mejorada y útil. Aunado a lo anterior se recomienda complementar la información con documentos que aborden procesos costeros a diversas escalas, incluyendo así ecosistemas cercanos tanto marinos como terrestres.

## **IX. APLICACIÓN AL MANEJO**

Este documento representa una contribución a la gestión de dunas costeras. No obstante, hay que reconocer que para alcanzar el manejo integral de la zona costera se debe considerar la conectividad que existe entre los ecosistemas costeros.

Los usos principales para las playas y dunas son de conservación y recreación (Mendoza-González, et al. 2012). En las dunas, el mayor valor de conservación se asigna a los sistemas que están intactos, sin perturbaciones, con vegetación autóctona bien desarrollada y aquellas dunas semi-móviles con alto intercambio de arena. Además de estas características también debe tenerse en cuenta el impacto en la ecología, funciones y sensibilidades, entre otras, las cuales ayudaran a determinar qué usos y estrategias son las más adecuadas para la playa y dunas y de esta manera poder plantear los posibles escenarios de acuerdo a los usos potenciales del sitio.

En la actualidad el uso mixto de playas y dunas es un tema que los expertos abordan (A. McLachlan et al., 2013). Es posible combinar estas alternativas y poder gestionar para usos polivalentes, comparando los sitios destinados para cada actividad, sin embargo, es importante tener una base para las estrategias de gestión y así seleccionar que áreas o secciones de playa deben ser demarcadas para la conservación y cuales para recreación. Una característica clave de cualquier forma del uso y manejo se realiza a través del control de acceso, que consiste en restringir el acceso espacialmente y / o temporalmente a playas que requieren conservación pero que proporcionan buenos atributos para ser recreativas.

También se debe considerar otros usos y valores de las playas y dunas costeras, así sea un uso muy limitado o mínimo es necesario un manejo y gestión. El uso de playas para fines distintos a la conservación y la recreación puede incluir la pesca, la extracción de arena o asentamientos.

En las últimas décadas se han realizado grandes proyectos para uso de playas y dunas, donde ha sido posible combinar la conservación junto con urbanización y recreación, siendo el objetivo primordial la inversión con el desarrollo sustentable para estar en armonía con el ambiente. Este tipo de desarrollos en la costa están hechos para proteger y dejar que la naturaleza retome su entorno, la fauna regrese a su espacio y la flora siga su paso, utilizado arquitectura modular de bajo impacto, materiales amigables al ecosistema, y distintos programas de protección al ambiente, donde se utiliza solamente un pequeño porcentaje de suelo del total del área para causar el menor impacto posible. Entre este tipo de desarrollos se encuentra el reciente “Diada la Mancha” en el estado de Veracruz, que ha demostrado cumplir con este propósito, que además de brindar servicios de vivienda cerca del mar, se ha planificado de tal manera para conservar la zona. Múltiples proyectos alrededor del mundo muestran la posibilidad de convivir con la naturaleza haciendo uso de sus atributos. Además, este tipo de proyectos impulsan el desarrollo turístico, originando empleos para los habitantes de la zona o de las comunidades aledañas.

Otra opción para desarrollar este sitio de una forma sustentable sería actividades ecoturísticas que tengan bajo impacto con el ambiente. Como ejemplo de buen uso de estas actividades está la Mancha, Veracruz, donde incluso cuentan con ecoguías que además de brindar un discurso a los visitantes sobre el área protegida muestran las distintas actividades que se pueden realizar en este sitio, como paseos en kayak, recorridos a pie por las dunas, paseo por los humedales, avistamiento de aves, entre otras actividades. También, cuenta con un campamento, donde con unas cabañitas para visita, de vacaciones, esparcimiento o uso de manera temporal. Por tanto, es importante identificar las potencialidades del lugar, evaluar los impactos sociales, económicos y ambientales que las actividades puedan desarrollar, además, como se mencionó al principio, al generar empleos también es importante distinguir de qué forma impacta en la calidad y nivel de vida de la gente local. Por otro lado, para poder desarrollar estos proyectos ecoturísticos se necesita la participación, el

compromiso y la aceptación de las comunidades para poder hacerlo a manera de turismo local, para que ellos mismos divulguen y fomente la visita de los ciudadanos aledaños a la zona.

El ecoturismo debe ser una forma de turismo basado en la naturaleza que debe preservar la base de los recursos naturales, fomentar la equidad social y ser económicamente viable y al mismo tiempo deben proveer oportunidades para los visitantes de conectarse con la naturaleza, apreciar y aprender acerca de la ecología, ambientes naturales o de específicos elementos de la naturaleza y la cultura local.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la palabra conservar en su máxima expresión no cumple con los objetivos al desarrollarse en estos proyectos, aunque exista el propósito de un menor impacto, el área presenta una perturbación y alteración de su estado natural, verbigracia, los factores estocásticos que inician perturbaciones locales, aumentando la condición climática y daño antropogénico.

El mantenimiento de este campo de dunas se considera un objetivo de conservación, y desde una perspectiva de conservación, este estudio proporciona información útil para llegar a tal fin, ya que este trabajo se realizó con el objetivo principal de diagnosticar el estado de conservación del área, por lo tanto, dentro del estudio podemos dilucidar que es un ecosistema con un alto valor de conservación ya que tiene especies típicas de la región y dunas conservadas. En virtud de lo estudiado, se recomienda un nuevo uso para el lugar. La mayoría de los trabajos para dunas y playas se queda en investigación de ciencia básica faltándoles incorporar alguna aplicación para la sociedad. En este contexto surge la necesidad de desarrollar proyectos que posibiliten el establecimiento de una base para aprovechar los conocimientos científicos y que sirvan de fundamento para la elaboración de medidas de gestión eficientes, para garantizar la conservación de estos ecosistemas, asegurando su plena funcionalidad. En este caso, el área de estudio siendo un terreno privado con alto grado de conservación se recomendaría como uso más viable un sitio

de investigación para el futuro aprendizaje en la formación de nuevos recursos mexicanos en esta área.

Es importante hacer énfasis que este tipo de estudios sirven para que los poseedores de este tipo de tierras, como las dunas costeras, aprendan y conozcan el gran valor ecológico, cultural y económico que tienen estos ecosistemas, y así mismo hacer conciencia en el uso correcto del suelo, para que sea gestionado sin dañar el hábitat natural.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

### Libros de consulta

- Anwar-Maun, M. (2009). *The Biology of Coastal Sand Dunes*. Oxford University. Press. United States.
- Casarín, R. S., Moreno-Casasola, P., Martínez, M. L., Baldwin, E. M., López-Portillo, J., Lithgow, D., Vázquez, G., Martínez-Martínez, R. E., Ibarra, R. M., Puig, J. I. C., Ramírez-Hernández, & A., Tamborrell, M. B. (2017). *Recomendaciones generales para el manejo de la zona costera*. INECOL.
- Chan-Vermont, C., Rico-Garay, V. y Salvador-Flores, J. (2002). *Guía ilustrada de la flora costera representativa de la península de Yucatán, en: etnoflora Yucatanense, No. 19*. Universidad Autónoma de Yucatán, México.
- Cronquist, A. (1981). *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press.
- Gómez-Pompa, A., Kromer, T., y Castro-Cortés, R. (2010). *Atlas de la flora de Veracruz: un patrimonio natural en peligro*. Gobierno del Estado de Veracruz: Comisión del Estado de Veracruz para la conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución Mexicana: Universidad Veracruzana.
- López-Portillo J., Martínez M. L., Hesp P., H. Santana J. R., Méndez A. P., Vázquez-Reyes V., Aguilar L. R. G., Jiménez-Orocio O. & Delgado S. L. G. (2011). *Atlas de las costas de Veracruz: manglares y dunas*. Universidad Veracruzana.
- Martínez, M. L. (2012). *Las playas y dunas costeras: Un hogar en movimiento*. Fondo de la Cultura Económica. México.
- Martínez, M.L., Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Infante Mata, D. Rodríguez-Revelo, N. & Cruz-González, J.C. (2014). *Diagnóstico de las dunas costeras de México*. CONAFOR.
- Moreno-Casasola, P. (2006b). *Entornos veracruzanos: la costa de La Mancha*. Instituto de Ecología, A.C, Xalapa.
- Moreno-Casasola, P. (2010). *Veracruz: Mar de Arena*. Universidad Veracruzana.
- Mostacedo, B. y Fredericksen, T. S. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal*. BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Nee M. (1984). *Flora de Veracruz, Casuarinacea*. Instituto de Ecología A. C. Centro de Investigaciones Tropicales. México, D.F.
- Rivera-Arriaga, E., Azuz-Adeath I., Cervantes-Rosas O. D., Espinoza-Tenorio A., Silva-Casarín R., Ortega-Rubio A., Botello A. V., y Vega-Serratos B. E. (2020). *Gobernanza y Manejo de las Costas y Mares ante la Incertidumbre: Una Guía para Tomadores de Decisiones*. Universidad Autónoma de Campeche, ricomarp.
- SEMARNAT. (2013). *Manejo de ecosistemas de dunas costeras, criterios ecológicos y estrategias*. Dirección de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial. México.
- Thieret, J., Niering W., & Olmstead N. (2001). *National Audubon Society Field Guide to Wildflowers Eastern Region*. New York.



## Capítulos de libros

- Cabrera, I. A., Pérez, G., Breton, S., Alavez, E. & Lujan A. (2012). Las playas de Tulum en la Riviera maya mexicana: caracterización y diagnóstico como base del manejo integrado costero. En A. Rodríguez-Perea, G.X. Pons, F.X. Roig-Munar, I. A. Martín-Prieto, M. Mir-Gual & J.A. Cabrera (Eds.), *La gestión integrada de playas y dunas: experiencias en Latinoamérica y Europa* (pp. 193-212) Palma de Mallorca. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears.
- Castillo-Campos, G., Avendaño S. & Medina M.E. (2011). Flora y vegetación. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (Ed.), *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado* (pp. 159-176). México. Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C.
- Caso, M., I. Pisanty & Ezcurra, E. (Comp.). (2004). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. SEMARNAT-INE-IE, AC.-Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies 1: 105-136.
- Cervantes-Rosas O. D., Urrea-Mariño U., López-Urban A., Cortina-Segovia S., Ventura Díaz Y. & Quiroz Villanueva E. (2020). Gobernanza y Manejo de las Costas y Mares ante la Incertidumbre. Una Guía para Tomadores de Decisiones. En E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, O.D. Cervantes Rosas, A. Espinoza-Tenorio, R. S. Casarín & A. Ortega-Rubio (Eds.), *Las dunas costeras y ZOFEMAT: un vínculo necesario para fortalecer la gestión de las costas* (pp 331-354), Universidad Autónoma de Campeche, ricomar. DOI: 10.26359/epomex.0120.
- Ellis E.A. & M. Martínez-Bello. (2010). Vegetación y uso de suelo. En: E. Florescano y J. Ortiz-Escamilla (Eds.), *Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz*. (pp. 203-226). Veracruz, México. Gobierno del Estado de Veracruz y Universidad Veracruzana.
- Martínez, M. L., Maun M. A., & Psuty N. P. (2004). The Fragility and Conservation of the World's Coastal Dunes: Geomorphological, Ecological and Socioeconomic Perspectives. In: M.L.Martínez & N.P.Psuty (Eds). *Coastal Dunes, Ecology and Conservation* (pp. 355-370), Nueva York. Springer-Verlag.
- Martínez M L Gallego-Fernández I B. & Hesp P (2013) Coastal Dunes: Human Impact and Need for Restoration. In: M L Martínez I B Gallego-Fernández P A Hesp (Eds) *Restoration of Coastal Dunes*. (pp 1-16) Berlín Heidelberg. Springer Verlag.
- Martínez, M. L., & García-Franco, J. G. (2004). Plant-plant interactions in sand dunes. In: M. L. Martínez, & N. P. Psuty (Eds.). *Coastal Sand Dunes: Ecology and Restoration* (pp. 205-220). Nueva York. Springer Verlag.
- Moreno-Casasola, P. (2004a). Las playas y dunas del golfo de México: Una visión de la situación actual. En: M. Caso, I. Pisanty, E. Escurra (Eds.), *Diagnóstico ambiental del golfo de México* (pp. 491-520), México. Instituto Nacional de Ecología,
- Moreno-Casasola, P. (2004b). A case study of conservation and management of a tropical sand dune system: La Mancha-El Llano. In: M. L. Martínez & N. Psuty. (Eds.), *Coastal sand dunes. Ecology and conservation* (pp. 319-334). Nueva York. Springer Verlag.
- Moreno-Casasola, P. (2006a). Playas y dunas. En: P. Moreno-Casasola, E. Peresbarbosa Rojas y A. C. Travieso-Bello (Eds.), *Estrategia para el manejo costero integral. El enfoque municipal. Vol 1* (pp 82-93), Veracruz de Ignacio de la Llave. Instituto de Ecología, A. C.,

- Moreno-Casasola, P. y Vázquez, G. (2006). Las comunidades de las dunas. En: P. Moreno-Casasola (Ed.). *Entornos Veracruzanos: la costa de La Mancha* (pp. 205-220), Veracruz, México. Instituto de Ecología, A. C.
- Moreno-Casasola, P., Castillo, S. y Martínez, M. L. (2011). Flora de las playas y los ambientes arenosos (dunas) de las costas. En: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). *La Biodiversidad en Veracruz: Estudio del Estado* (pp. 229-238), México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C.
- Moreno-Casasola, P., Martínez, M.L., Castillo-Campos, G., Campos A. (2013). The Impacts on Natural Vegetation Following the Establishment of Exotic Casuarina Plantations. In: M.L. Martínez, J.B. Gallego-Fernández, P. A. Hesp (Eds). *Restoration of Coastal Dunes*. (pp 217-233). Berlín Heidelberg. Springer Verlag.
- Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Infante Mata, D., Rodríguez-Revelo, N., Casillas-Figueroa, F., Castillo-Campos, G., Ferrer Cervantes, M., León de la Luz, J. L., López, R. H., Sánchez E. J., Pale, P., Domínguez, M., Durán R. (2014). Flora y vegetación. En: M. L. Martínez, P. Moreno-Casasola, I. Espejel, O. Jiménez-Orocio, D. Infante-Mata & N. Rodríguez-Revelo (eds.), *Diagnóstico general de las dunas costeras de México*. México. CONAFOR .
- Rodríguez-Revelo, N.; Espejel, I.; Jiménez-Orocio, O., Martínez, M.L.; Infante-Mata, D., & Monroy, R. (2014). Baja California. En: M. L. Martínez, P. Moreno-Casasola, I. Espejel, O. Jiménez-Orocio, D. Infante-Mata & N. Rodríguez-Revelo (eds.), *Diagnóstico general de las dunas costeras de México* (pp. 146-157). México. CONAFOR .
- Simón-Zarzoso, J. C., García-Moral, R., Del Barrio-Escribano, G., Ruiz-Moreno, A., Márquez-Barraso, S., Sanjuán-Martínez, M.E. y Sánchez E. (2013). Medio Costero y Marino. En: J. C. Simón-Zarzoso (Ed.), *Diseño de una metodología para la aplicación de indicadores del estado de conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España* (pp 80-96), Madrid. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

### Publicaciones de artículos

- Alvarez-Molina, L. L., Martínez M. L., Pérez-Maqueo O., Gallego-Fernández J. B. & P. Flores. (2012). Richness, diversity, and rate of primary sucession over 20 year in tropical coastal dunes. *Plant Ecology*, 213, 1597-1608.
- Alvarez-Molina, L. L., Martínez M. L., Lithgow D., Mendoza-González G., Flores P., Ortíz-García S. & P. Moreno-Casasola. (2013). Biological flora of coastal dunes and wetlands: *Palafoxia lindenii* A. Gray. *Journal Coastal Research*, 29(3), 680-693. Doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-12-00146.1.
- APG II. (2003). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 141, 399-436.
- APG III. (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161, 105-121.
- APG IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181, 1-20.
- Castillo, S. & Moreno-Casasola, P. (1996). Sand dune vegetation: an extreme case of species invasion. *Journal of Coastal Conservation*, 2, 13-22.

- Castillo, S. y Moreno-Casasola, P. (1998). Análisis de la flora de dunas costeras del Golfo y Caribe de México. *Acta Botánica Mexicana*, 45, 55-80.
- Collantes-Chávez-Costa A., E. Alanís-Rodríguez, O. Yam-Uicab, C. López-Contreras, T. Sarmiento-Muñoz y Tapia-Muñoz, J.L. (2019). Composition, structure, and diversity of coastal vegetation in the northeastern of Cozumel, Mexico. *Botanical Sciences*, 97 (2), 135-147.
- Del Vecchio S, Slaviero A, Fantinato E, Buffa G. (2016). The use of plant community attributes to detect habitat quality in coastal environments. *AoB PLANTS*. 8: plw040. Doi:10.1093/aobpla/plw040
- Espejel, I. (1984). La vegetación de las dunas costeras de la Península de Yucatán. Análisis florístico del estado de Yucatán. *Biótica*, 9(2), 183-210.
- Espejel, I., Ahumada, B., Cruz, Y., y Heredi-Psutzy, A. (2004). Coastal Vegetation as Indicators for Conservation. En: M. L. Martínez, M. A. Maun, y N. P (eds.), *Coastal Dunes, Ecology and Conservation* (pp. 297-316). Nueva York. Springer Verlag.
- Espejel, I., Jiménez-Oroicio, O. y Peña-Garcillán, P. (2015). Flora de las playas y dunas costeras de México: Proyecto No. HJ007. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias. SNIB-CONABIO, México.
- Espejel, I., Jiménez-Oroicio, O., Castillo-Campos, G., Peña-Garcillán, P., Álvarez, L., Castillo-Argüero, S., Durán, R., Ferrer, M., Infante-Mata, D., Iriarte, S., León de la Luz, J.L., López-Rosas, H., Medel-Narváez, A., Monroy, R., Moreno-Casasola, P., Rebman, P.J., Rodríguez-Revelo, N., Sánchez-Escalante, J. y Vanderplank, S. (2017). Flora en playas y dunas costeras de México. *Acta Botánica Mexicana*, 121, 39-81. DOI: /10.21829/abm121.2017.1290.
- Fenu, G., Carboni, M., Acosta, A., & Bacchetta, G., (2013). Environmental factors influencing coastal vegetation pattern: new insights from the Mediterranean basin. *Folia Geobot*, 48, 493-508.
- Ferrari, A.E., & Wall, L.G. (2004). Utilización de árboles fijadores de nitrógeno para la revegetación de suelos degradados. *Revista de la Facultad de Agronomía*, La Plata, Argentina, 105(2), 63-87.
- Gallego-Fernández, J.B., Martínez, M.L., García-Franco, J.G. & Zunzunegui, M. (2019). The impact on plant communities of an invasive alien herb, *Oenothera drummondii*, varies along the beach-coastal dune gradient. *Flora*, 260, 151-466.
- Guadarrama, P., Salinas-Peba L., García-Bielma M., Endañú-Huerta E., Hernández-Cortés J. y Ramos-Zapata J. A. (2012). Nota sobre la florística y estado de conservación de remanentes de vegetación pionera de duna costera de isla del Carmen, Campeche, México. *Botanical Sciences*, 92(3), 453-456.
- Guadarrama, P., Salinas-Peba L., Chiappa-Carrara, X., y Ramos-Zapata J.A. (2018). Florística, composición y estructura de las comunidades vegetales de la porción occidental de la Reserva Estatal Ciénegas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(2018), 784-805. DOI:10.22201/ib.20078706e.2018.3.1746.
- Hesp, P. A. (1991). Ecological processes and plant adaptations on coastal dunes. *Journal Arid Environmental*, 21, 165-191.
- Hesp, P. A., Martínez, M., Miot da Silva, G., Rodríguez-Revelo, N., Gutiérrez, E., Humanes, A., Láinez, D., Montaña, I., Palacios, V., Quesada, A., Torero, L., González-Trilla, G. & Trochine, C. (2011). Transgressive dune field

- landforms and vegetation associations, Doña Juana, Veracruz, Mexico. *Earth Surf. Process. Landforms*, 36, 285-195.
- Hesp, P.A., Dilenburg, S.R., Barbosa, E.G., Tamazelli, L.J., Ayup-Zoutain, R.N., Esteves, L.S, Gruber, N.L.S., Toldo Jr., E.E., de A. Tabajara, L.L.C., & Clerot, L.C.P. (2005.) Beach ridges, foredunes or transgressive dunefields? Definitions and an examination of the Torres to Tramandai barrier system, Southern Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 77, 493–508.
- Jiménez -Orocio, O., Espejel, I. y Martínez, M.L. (2015). La investigación científica sobre dunas costeras de México: origen, evolución y retos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86, 486-507.
- Jones, M.L.M., Sowerby, A., & Rhind. P.M. (2010). Factors affecting vegetation establishment and development in a sand dune chronosequence at Newborough Warren, North Wales. *J Coast Cons.*, 14, 127-37.
- Jorgensen, S.E., Burkhard, B., & Muller, F. (2013). Twenty volumes of ecological indicators: An accounting short review. *Ecological indicators*, 28(2013), 4-9. DOI:10.1016/j.ecolind.2012.12.018.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113, 363-375.
- Leirana-Alcocer, J.L., Bautista-Zúñiga, F. (2014). Patrones de asociación entre la cobertura vegetal y la calidad del suelo en el matorral costero de la reserva Ría Lagartos, Yucatán. *CienciaUAT*, 8(2),44-53.
- Lonard, R.I., & Judd, F.W. (2009). The biological flora of coastal dunes and wetlands. *Croton punctatus* N. von Jacquin. *Journal of Coastal Research*, 25(1), 23–29.
- Martínez-Adriano, C. A., Aguirre-Jaimes A., Díaz-Castelazo C. (2016). Floristic Survey of Flowering Plants in a Tropical Coastal Ecosystem in Veracruz, México. *Botanical Sciences*. 94 (1): 185-197, 2016 DOI: 10.17129/botsci.272.
- Martínez, M. L., Gallego-Fernández, J. B., García-Franco, J. G., Moctezuma, C., & Jiménez, C.D. (2006). Assessment of coastal dune vulnerability to natural and anthropogenic disturbances along the Gulf of Mexico. *Environmental Conservation*, 33(2), 109-117.
- Martínez, M. L., Vázquez, G., López-Portillo J., Psuty, N. P., García-Franco, J. G., Silveira, T. M., Rodríguez-Revelo, N. A. (2012). Dinámica de un paisaje complejo en la costa de Veracruz. *Investigación ambiental* 4 (1): 151-160.
- Martínez, M. L., Vázquez, G., & Sánchez-Colón, S. (2001). Spatial and temporal variability during primary succession on tropical coastal sand dunes. *Journal of Vegetation Science*, 12, 361-372.
- Martínez M. L., Moreno-Casasola, P. y Rincón, E. (1994). Sobrevivencia y crecimiento de plántulas de un arbusto endémico de dunas costeras ante condiciones de sequía. *Acta Botánica*, 26, 53-62.
- McLachlan A., Defeo O., Jaramillo E., Short D. A. (2013). Sandy beach conservation and recreation: Guidelines for optimising management strategies for multi-purpose use. *Ocean & Coastal Management*. 71 (2013) 256e268.
- Mendoza-González, G., Martínez M. L., Lithgow D., Pérez-Maqueo O., & Simonin P. (2012). Land use change and its effects on the value of ecosystem services along the coast of the Gulf of Mexico. *Ecological Economic*, 82, 23-32.

- Moreno, C. E., Barragán, F. Pineda E. y Pavón, N.P. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 1249-1261.
- Moreno-Casasola, P. (1982). Ecología de la vegetación de dunas costeras: factores físicos. *Biótica*, 7(4), 577-602.
- Moreno-Casasola, P. (1986). Sand movement as a factor in the distribution of plant communities in a coastal dune system. *Vegetatio*, 65, 67-76.
- Moreno-Casasola, P. (1988). Patterns of plant species distribution on Mexican coastal dunes along the Gulf of Mexico. *Journal of Biogeography*, 15, 787-806.
- Moreno-Casasola, P., & Espejel, I. (1986). Classification and ordination of coastal dune vegetation along the Gulf and Caribbean Sea of Mexico. *Vegetatio*, 66, 147-82.
- Ovando-Hidalgo, N., Tun-Garrido, J., Mendoza-González, G., & Parra-Tabla, V. (2020). Efecto del cambio climático en la distribución de especies clave en la vegetación de duna costera en la península de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91(2020), e912-883. DOI: 10.22201/ib.20078706e.2020.91.2883.
- Piñar-Álvarez, M. A., Wojtarowski-Leal, A., y Martínez-Vázquez, M.L. (2017). Dunas costeras en Veracruz, México. Conservación y uso para la cohesión social desde la percepción local. *Región y Cohesión*, 7, 40-68. DOI: 10.3167/reco.2017.070105.
- Rodríguez-Medina, K., P. Moreno-Casasola, P. y Yáñez-Arenas, C. (2017). Efecto de la ganadería y la variación estacional sobre la composición florística y la biomasa vegetal en los humedales de la costa centro oeste del Golfo de México. *Acta Botánica Mexicana*, 119, 79-99.
- Rodríguez-Revelo, N., Espejel, I., Acéves-Calderón, P., Leyva C., Ojeda-Revah, L., y Sánchez-Vázquez, M.A. (2020). Análisis retrospectivo de la duna costera El Socorro, Baja California, México. *Sociedad y Ambiente*, 2007, 65-76. DOI: 10.31840/sya.v0i21.2044.
- Reyes-Ortiz, J. L., González-Gándara, C., Domínguez-Barradas, C. y Cruz-Morales, G.E. (2017). Estructura comunitaria de la vegetación litoral del municipio de Tuxpan, Veracruz. *Polibotánica*, 1405, 27-68.
- Santoro R. Jucker T., Carboni M. y Acosta T.R A. (2012). Patterns of plant community assembly in invaded and non-invaded communities along a natural environmental gradient. *Journal of Vegetation Science*. 23 (2012) 483–494.
- Torres, W., Méndez, M., Dorantes, A. y Durán, R. (2010). Estructura, composición y diversidad del matorral de duna costera en el litoral yucateco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 86, 37-51.
- Tovar-Montalvo, D. A., Medina-Acevedo, M., García-Bielma, M.A. y Guerra-Santos, J.J. (2020). *Uniola paniculata* (Poaceae, Chloridoideae, Unioliinae), nuevo registro para la flora de la Península de Yucatán, México. *Acta Botánica Mexicana*, 127, e1613. DOI: 10.21289/abm127.2020.161.
- Zunzunegui, M., Morales-Sánchez, J. A., Díaz-Barradas, M. C., Gallego-Fernández, J. B. (2021). Different tolerance to salinity of two populations of *Oenothera drummondii* with contrasted biogeographical origin. *Plant Physiology and Biochemistry*. DOI: 10.1016/j.plaphy.2021.03.001.

## Publicaciones recuperadas

- Diario Oficial de la Federación de México. (2019). *Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010*. Secretaria de Medio ambiente y recursos naturales. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019)
- Gallego-Fernández, J.B., Martínez, M.L., & García-Franco, J.G. (2021). La “primavera de la playa” invade. INECOL. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/etica-conflictos-intereses/17-ciencia-hoy/1015-la-primavera-de-playa-invade>
- Martínez, M.L. (2008, agosto). *Dunas costeras*. Investigación y Ciencia. Consultado el 13 septiembre 2020. <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/tica-del-cambio-climtico-467/dunas-costeras-511>.
- Vélez-Gavilán J. (2020). *Zeuxine strateumatica* (soldier's orchid). Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CABI. DOI:10.1079/ISC.86802719.20203483117

## Páginas de consulta

- CABI. (2021). *Invasive Species Compendium*. Consultado el 10 de junio 2021. <https://www.cabi.org/isc/>
- CONABIO. (2021). *Biodiversidad mexicana*. Consultado el 20 de abril de 2021. <http://www.biodiversidad.gob.mx>.
- INEGI. (2009, 2010, 2020). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Consultado el 30 de abril de 2021. <https://www.inegi.org.mx/>.
- INECOL. (2021). *Instituto de Ecología*. Consultado el 20 de abril de 2021. (<https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/>).
- Municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios. (2020). *Datos generales*. Consultado el 14 mayo 2020. <http://www.altolucero.gob.mx/municipio/datos-generales/>.

## Programas y aplicaciones

- Colwell, R. K. (2013). *Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples* (EstimateS, version 9.1.0). [software]. Persistent. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>

## Tesis

Reyes-Ortiz, J. (2014). *Estructura comunitaria de la vegetación litoral del municipio de Tuxpan, Veracruz*. (Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana). [uv.mx/pozarica/mmemc/files/2014/12/Reyes-Ortiz-Jose-Luis.pdf](http://uv.mx/pozarica/mmemc/files/2014/12/Reyes-Ortiz-Jose-Luis.pdf)

Zamora-Gutiérrez, J. (2018). *Taxonomía de la comunidad vegetal herbácea en las playas arenosas de Veracruz*. (Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana). Tuxpan, Veracruz, México.