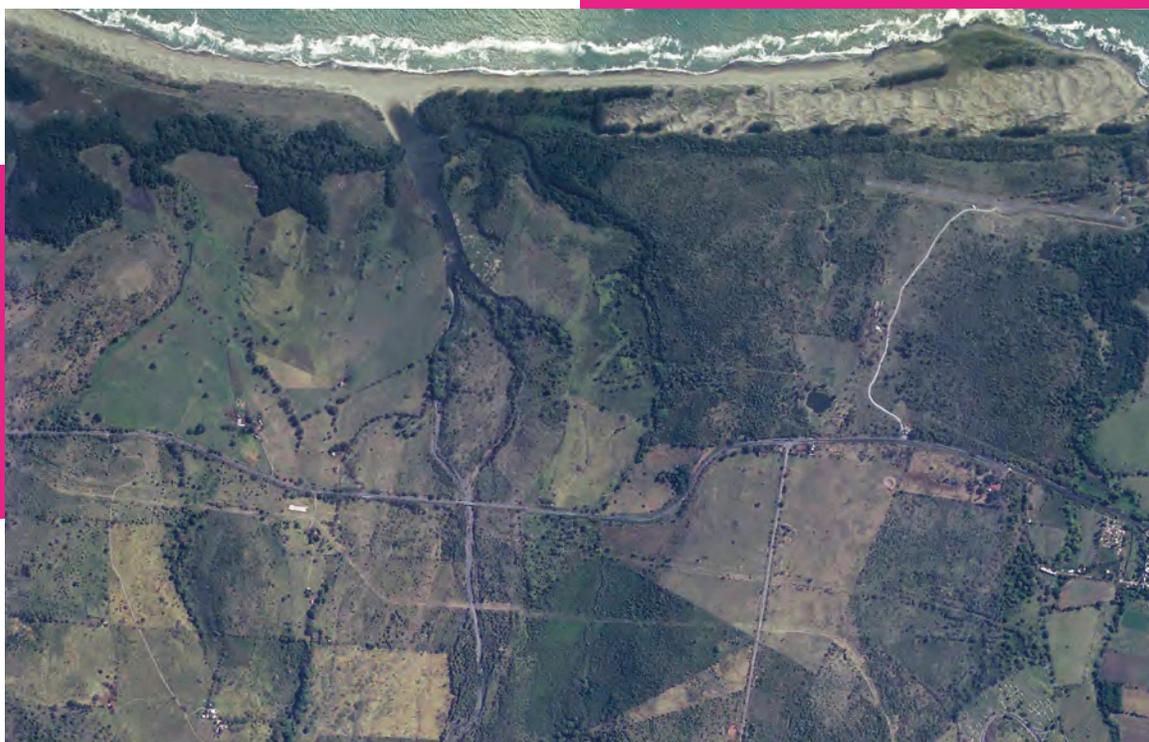


LA ZONA COSTERA DEL MUNICIPIO **ALTO LUCERO**

Ma. Luisa Martínez
Patricia Moreno-Casasola
Debora Lithgow
Rubí E. Martínez Martínez
Rodolfo Silva Casarín
Gabriela Vázquez
Jorge López-Portillo
Edgar Mendoza Baldwin
Roberto Monroy Ibarra
Mariana Boy Tamborrell
Jorge Iván Cáceres Puig
Arturo Ramírez Hernández



LA ZONA COSTERA DEL MUNICIPIO
ALTO LUCERO

Primera Edición 2020

D.R. © 2020 Instituto de Ecología, A.C.
Carretera antigua a Coatepec no. 351,
El Haya, Xalapa, Veracruz 91073, México
<http://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/>

ISBN: 978-607-7579-96-0

Julio, 2020

LA ZONA COSTERA DEL MUNICIPIO ALTO LUCERO

ISBN: 978-607-7579-96-0

Ma. Luisa Martínez
Patricia Moreno Casasola
Debora Lithgow
Rubí Esmeralda Martínez Martínez
Rodolfo Silva Casarín
Gabriela Vázquez
Jorge López-Portillo
Edgar Mendoza Baldwin
Roberto Monroy Ibarra
Mariana Boy Tamborrell
Jorge Iván Cáceres Puig
Arturo Ramírez Hernández

Publicación en línea:

<http://www.inecol.mx/inecol/libros>

Forma sugerida para citar este libro:

Martínez, M.L., Moreno-Casasola, P., Lithgow, D.,
Martínez-Martínez, R.E., Silva, R., Vázquez, G.,
López-Portillo, J., Mendoza, E., Monroy-Ibarra, R.,
Boy-Tamborell, M., Cáceres-Puig, J.I., Ramírez-
Hernández, A., 2020. *La zona costera del municipio
Alto Lucero*. INECOL. 73pp.

El cuidado editorial de la obra *La zona costera del
municipio Alto Lucero* estuvo a cargo de la Unidad
de Promoción y Comunicación del Instituto de
Ingeniería, de la Universidad Nacional Autónoma
de México (IIUNAM), Ciudad Universitaria, C.P.
04510, México, Ciudad de México.

Unidad de Promoción y Comunicación del IIUNAM.
Israel Chávez Reséndiz

Diseño:

Natalia Cristel Gómez Cabral Oscar Daniel López
Marín

Fotografía de portada:

Imagen Satelital Quickbird. Veracruz, México.
Digital Globe, Gtt ImagIng, S.A. de C. V. Formato:
TIFF. Longmont, Colorado: Digital Globe, 2014

I CONTENIDO

- Pág. 9** **CAPÍTULO 1. ASPECTOS GENERALES**
Caracterización socioeconómica
 Población, grado de marginación, viviendas
 Poblaciones rurales y urbanas en la zona costera
 Actividades productivas
- Pág. 17** **CAPÍTULO 2. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO**
Dinámica marina
Características de las playas
Alteraciones en las fuentes de sedimento
Aspectos relevantes en la dinámica sedimentaria
Las dunas costeras
- Pág. 35** **CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA BIÓTICO**
Tipos de vegetación
Especies vegetales de la zona costera (playas y dunas costeras)
Distribución y extensión de manglares
Caracterización de humedales
Caracterización de lagunas costeras
- Pág. 53** **CAPÍTULO 4. CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y PRESERVACIÓN DE ECOSISTEMAS COSTEROS**
Playas y dunas costeras
Manglares
Humedales
Lagunas costeras y esteros
- Pág. 59** **CAPÍTULO 5. DIAGNÓSTICO Y ZONIFICACIÓN**
Manejo de la zona marina, playa, manglares y humedales de agua dulce
Resumen de recomendaciones de manejo relevantes
- Pág. 73** **BIBLIOGRAFÍA**

I Capítulo 1.

ASPECTOS GENERALES

I CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA

El municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios se ubica en la región central de la costa de Veracruz. Las coordenadas extremas de la zona costera estudiada son: 19°55'29.72" N, 96°31'36.67" W; 19°52'35.51" N, 96°32'42.62" W; 19°42'25.81" N; 96°24'28.09" W y 19°43'36.79" N, 96°27'14.92" W. La franja costera de Alto Lucero limita al norte con Vega de Alatorre, al sur con Actopan, al este con el Golfo de México, al oeste con Vega de Alatorre y continúa con el mismo municipio de Actopan. El litoral se extiende por 33.325 km que se dividieron en 17 celdas (Figura 2a a Figura 2d).

Esta zona de la costa veracruzana cuenta con 55 poblaciones rurales y una urbana llamada Palma Sola (Figura 1).

POBLACIÓN, GRADO DE MARGINACIÓN, VIVIENDAS

El municipio de Alto Lucero tiene 28,017 habitantes y todos viven en localidades rurales (menos de 5,000 habitantes) con una densidad poblacional de 43.2 hab/km². El índice de desarrollo humano (IDH) es considerado como medio (0.7487). Sin embargo, de acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social o CONEVAL (2010), el municipio tiene un desempeño inferior a la media nacional en los indicadores: población en situación de pobreza (46.2% nacional vs. 67.2% municipal) y población vulnerable por carencias sociales (28.7% nacional vs. 28.8% municipal). Es así como el 95.9% de los habitantes tiene al menos una carencia social y 53.4% tiene tres o más carencias. Destaca que el 86.7% de la población carece de acceso a la seguridad social, el 68.7% tiene ingresos inferiores a la línea de bienestar, el 27.9% tiene ingresos inferiores al bienestar mínimo, el 71.8% carece de acceso a servicios de salud, el 33.33% habita en viviendas con algún nivel de hacinamiento, el 4.67% carece de agua entubada y el 18.61% de la población de 15 años o más es analfabeta (www.inegi.gob.mx). La única localidad urbana es Palma Sola.



POBLACIONES RURALES Y URBANAS EN LA ZONA COSTERA

De acuerdo con la actualización del Censo poblacional hecho por el INEGI en el 2013, en la franja costera de 5 km solo se encuentran las siguientes localidades rurales: Arroyo Agrio, Arroyo Azul, Atotonilco, Boca Andrea, Boca de Loma, Boca de Ovejas, Boquilla de Oro, Buenos Aires, Corralillo, Desviación las Hayas, El Arroyito, El Caño, El Desafío, El Ensueño, El Mirador, El Morro, El Pital, El Platanar, El Progreso, El Recuerdo, El Rosario, El Uvero, El Vergel, Entrada a Vainilla, La Barbechera de Santa Ana, La Carolina, La Defensa (La Tumba), La Gloria, La Granja, La Loma, La Lomita, La Maravilla, La Nueva Esperanza, La Pedrera, La Quibracha, La Soledad, La Vaqueta, Laguna Verde (Campamento de Supervisores), Las Bellacas, Las Palmitas, Lindavista, Loma de Co-

yote, Los Carriles, Los Robles, Manantiales, Marruecos, Mata de Caña, Miramar, Monte Calvario, Monte Carmelo, Monte de Oro, Naranjos, Nueva Villa, Ojo de Agua, Paso de Limón, Plan del Río, Playa Palma Sola, Potrero Alto, Punta Delgada, Rafael Loman Aguilar, Roca Mar, San Agustín, San Francisco, Santa Ana, Santander, Tepetztlán (Las Torres), Tía Martha, Vainilla y Veracruz de México.

ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

Los datos más recientes sobre la producción agrícola y pecuaria del municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios son del año 2013 por lo que los datos presentados en esta sección corresponden a ese año (INEGI, 2013).

En este municipio, se dedican 7,073.71 ha a la agricultura (SIAP 2013).



La caña de azúcar es el principal cultivo de la zona costera de Alto Lucero Gutiérrez Barrios. Fotografía: CCO 1.0 Univer-sal (CC01.0)

La agricultura de riego ocupa el 5% (346.50 ha) y la agricultura de temporal el 95% (6,727.21 ha) de la superficie sembrada. En 2013 se cosechó el 100% de la superficie sembrada con un valor de mercado estimado en \$131,649 000.00.

Uno de los principales cultivos del municipio y en especial de la zona costera es la caña de azúcar. A nivel municipal se tienen destinadas 48 ha para dicho cultivo y esta producción tiene un valor en el mercado de \$3,128,000.00. Otros productos sembrados en Alto Lucero son: maíz (2,299 ha), jitomate (443 ha), frijol (299 ha), chile verde (93 ha).

La producción ganadera incluye la producción de carne en canal de: bovino (4,109.949 ton), porcino (241 ton), gallináceas (75 ton), ovino (27 ton), guajolotes (3 ton), caprino (4 ton). Además, tienen una producción importante de leche de bovino (6,675,000 l), de huevo para plato (104 ton) y de miel (12 ton).

El municipio posee 146 cuartos registrados para hospedaje temporal en 6 hoteles aunque no se tiene registro del número de visitantes por año (www.inegi.gob.mx). |



Jitomates frescos y maduros. Fotografía: Xanyssel CC BY-SA 4.0



El Guajolote es uno de los principales productos del municipio. Fotografía: CC0 1.0 Universal (CC0 1.0)



Figura 1. Ubicación de la zona costera del municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios.

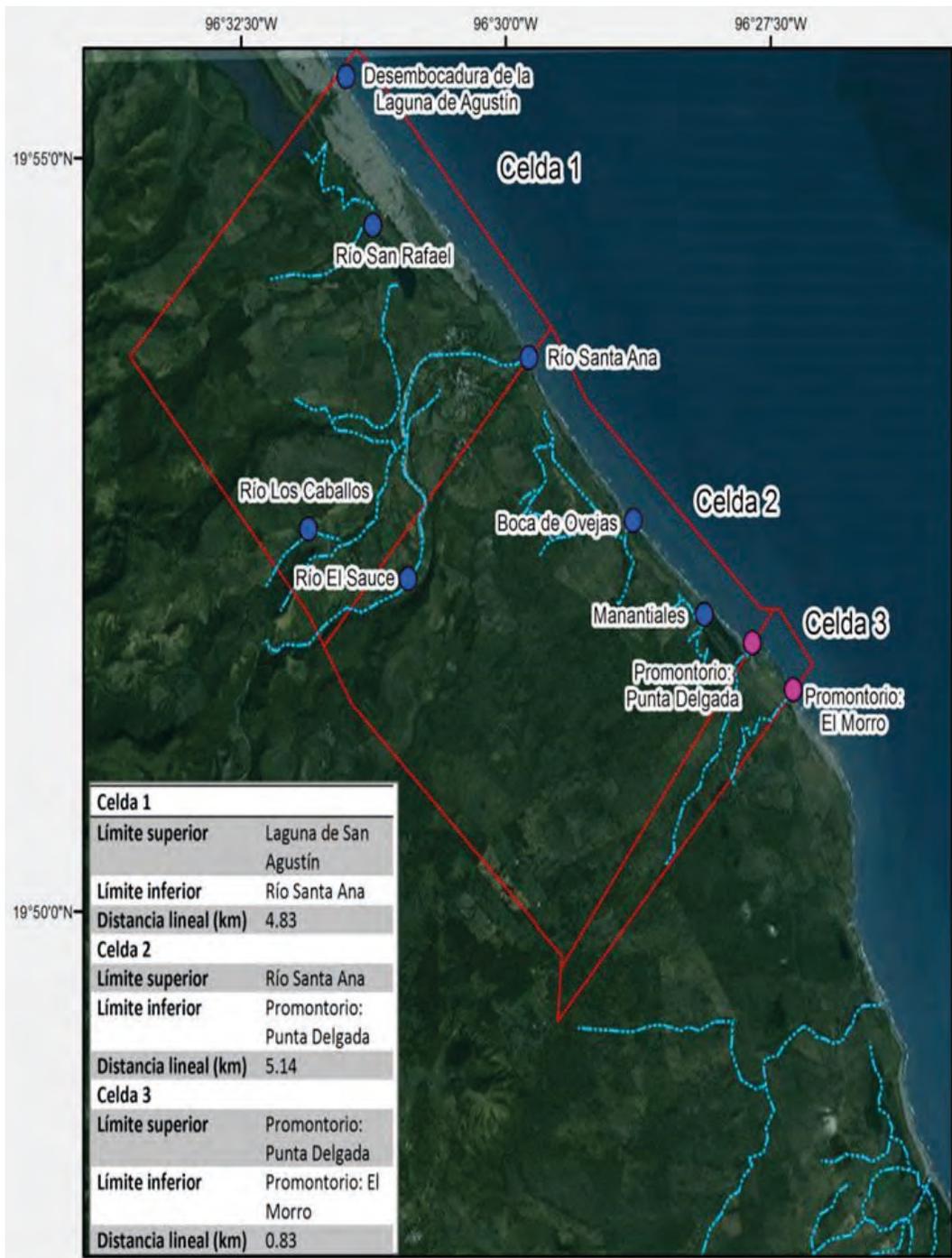


Figura 2a. Celdas litorales 1 a 3 del municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios. La línea roja indica el tramo de costa analizado.

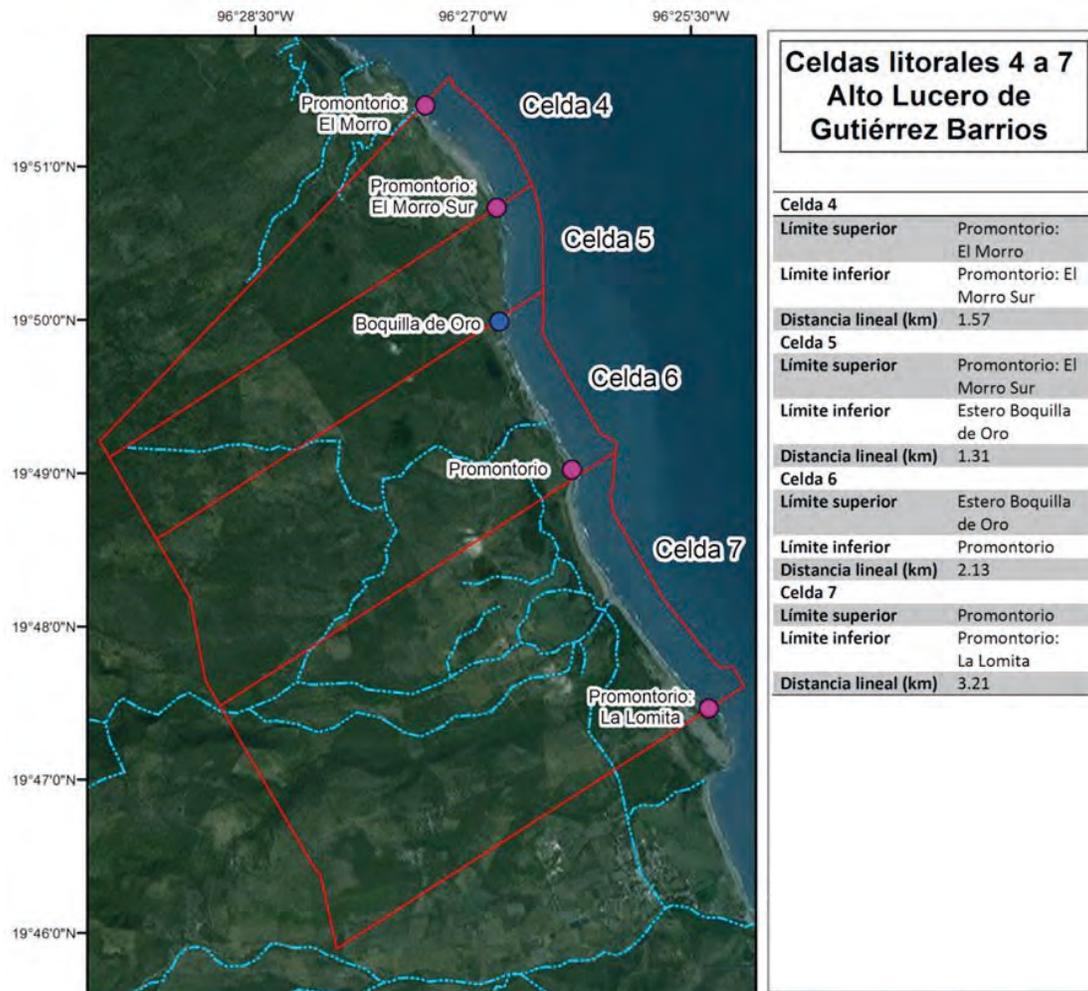


Figura 2b. Celdas litorales 4 a 7 del municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios. La línea roja indica el tramo de costa analizado.

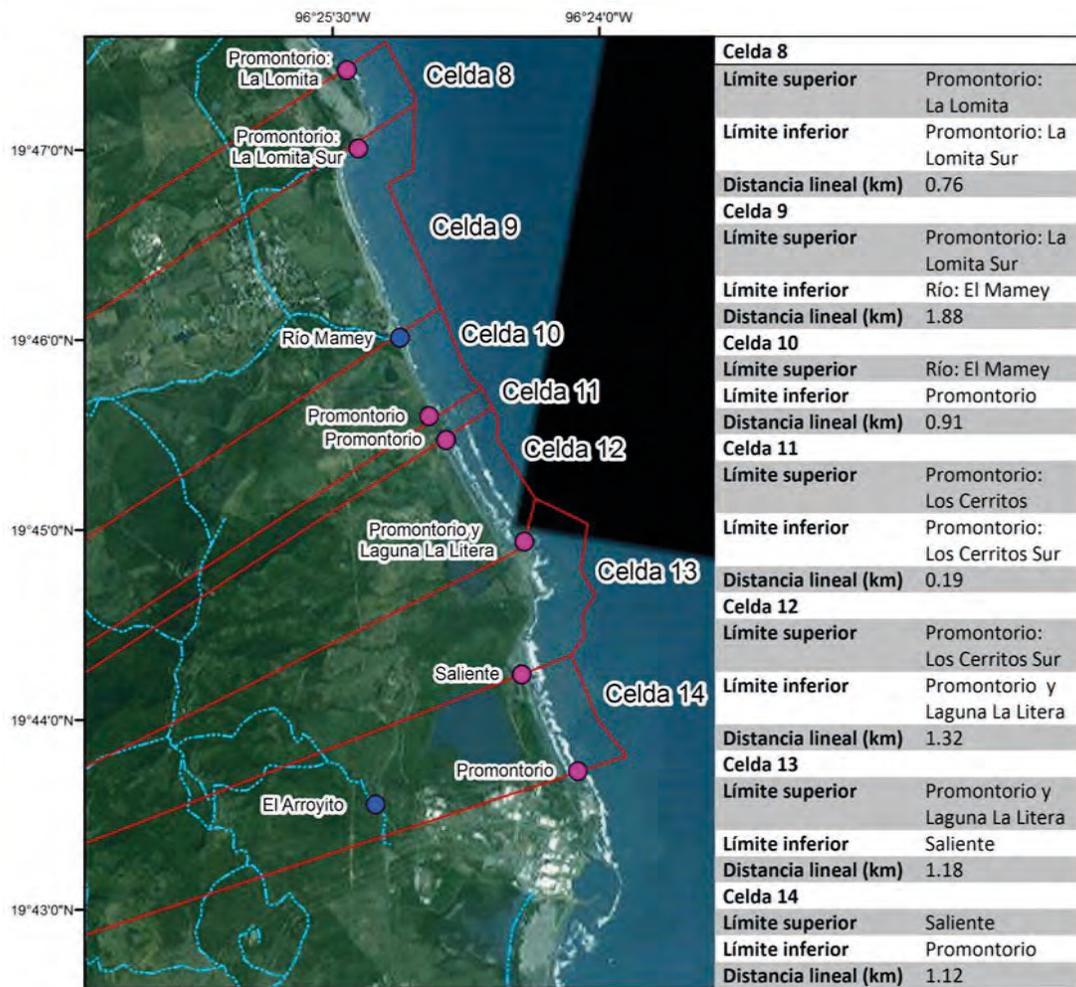


Figura 2c. Celdas litorales 8 a 14 del municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios. La línea roja indica el tramo de costa analizado.

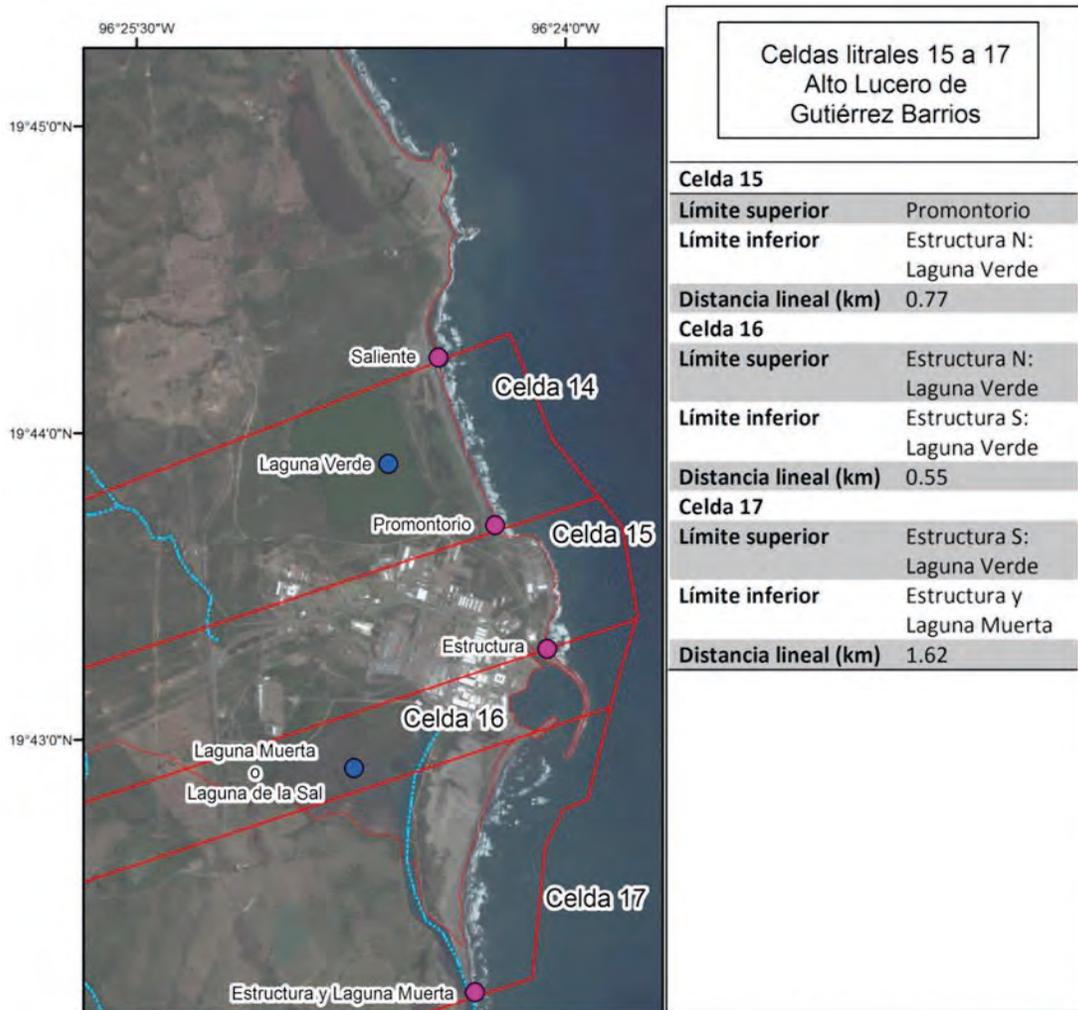


Figura 2d. Celdas litrales 15 a 17 del municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios. La línea roja indica el tramo de costa analizado.

I Capítulo 2.

CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO

I DINÁMICA MARINA

A partir del re-análisis de la base de datos de viento y oleaje (1948-2010) realizado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (Silva *et al.*, 2008; Ruiz *et al.*, 2009), se obtuvo la descripción de la dinámica marina del sitio.

En la Figura 3 se presenta, por columnas de izquierda a derecha, las rosas de: velocidades de viento de todo el registro (V), alturas de ola considerando todo el registro (H), alturas de ola que superaron el umbral de los 5 m (H Extremal) y periodos de oleaje de todo el registro (T). En las filas de la Figura 3, se presentan las rosas correspondientes al análisis: anual y estacional de los meses correspondientes, invierno (1-3), primavera (4-6) verano (7-9) y otoño (10-12).

Cabe señalar que la base de datos contiene información de clima marítimo espaciada una hora desde el primero de enero de 1949 al 31 de diciembre de 2010.

En orden de importancia, a lo largo del año, los vientos más persistentes provienen de los sectores: Este noreste, Noreste, Nor-Noreste y Este. En menor medida provienen de los sectores Norte, Este-Sureste y Sur-Sureste. Durante los meses correspondientes al otoño e invierno se presentan los vientos más intensos provenientes de los sectores Norte y Nor-Noreste. En los meses correspondientes a la primavera es cuando se presentan los episodios menos intensos a lo largo del año.

Del registro analizado, anualmente los oleajes más persistentes arriban con componente Este-Noreste. Sin embargo, los oleajes más intensos arriban con componente del Norte. El oleaje es particularmente intenso durante los meses del otoño e invierno (asociados a vientos del Norte) y excepcionalmente durante el verano (asociados a huracanes). Durante el año, el periodo de oleaje reinante es de alrededor de los ocho segundos, con excepción del verano cuando es de siete segundos. Los meses correspondientes a la primavera están caracterizados por calmas.



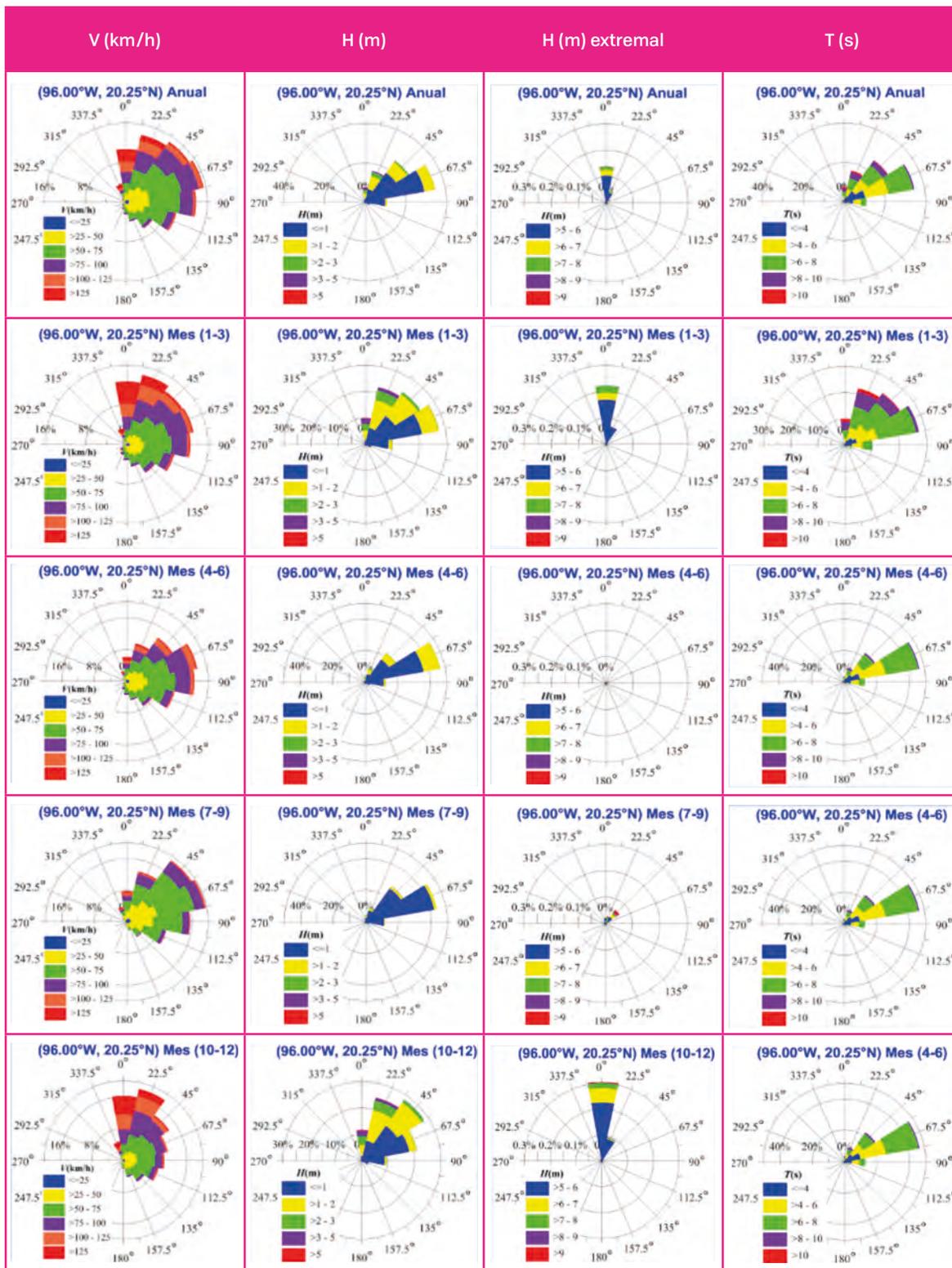


Figura 3. Rosas de viento y oleaje anual y estacional.

De acuerdo a los datos publicados por la Secretaría de Marina los dos mareógrafos más próximos a Alto Lucero están localizados en Tuxpan ($97^{\circ}20'48''$ W, $20^{\circ}57'12''$ N) y Veracruz ($96^{\circ}07'51''$ W, $19^{\circ}12'03''$ N). Aplicando una interpolación lineal, los valores de los planos de marea para Alto Lucero se presentan en el Cuadro 1.

Para la determinación de los niveles de sobre-elevación por viento, se utilizó la base de datos del Atlas de Clima Marítimo de la Vertiente Atlántica Mexicana (Silva *et al.*, 2008). Las sobre-elevaciones por viento se calcularon de acuerdo con Bautista *et al.* (2003), Posada *et al.* (2011) y Trifonova *et al.* (2014), por gradiente de presión atmosférica se utilizó la metodología de Silva *et al.* (2002) y Ruiz *et al.* (2009), alcance máximo por el ascenso de las olas (*runup*) empleando las relaciones propuestas por Stockdon *et al.* (2006). Para la estimación de los niveles de inundación asociados a diferentes periodos de retorno se emplearon las metodologías descritas en Silva (2005) y Villatoro *et al.* (2014). Los resultados se presentan en el Cuadro 2.



Olas rompiendo. Fotografía: Public Domain, CC0 1.0

Cuadro 1. Planos de mareas referidos al Nivel de Bajamar Media Inferior.

Pleamar Máxima Registrada	1.08 m
Nivel de Pleamar Media Superior	0.46 m
Nivel de Pleamar Media	0.43 m
Nivel Medio del Mar	0.28 m
Nivel de Bajamar Media	0.13 m
Nivel de Bajamar Media Inferior	0.00 m
Bajamar Mínima Registrada	-0.49 m

Cuadro 2. Sobre-elevación del nivel del mar por la acción del viento, gradiente de presiones atmosféricas y oleaje (m).

Periodo de retorno en años	Sobre-elevación por viento	Sobre-elevación por presiones atmosféricas	Alcance máximo del oleaje
2	0.08	0.03	1.27
5	0.17	0.12	1.40
10	0.25	0.17	1.47
15	0.3	0.20	1.51
20	0.34	0.22	1.54
25	0.37	0.24	1.58
30	0.39	0.25	1.62
40	0.43	0.27	1.66
50	0.46	0.28	1.70
100	0.56	0.32	1.80

I CARACTERÍSTICAS DE LAS PLAYAS

El municipio de Alto Lucero tiene una elevación promedio de 125.42 msnm, y las mayores elevaciones se encuentran en el centro alcanzando los 712.3 msnm, correspondiente al perfil 11 (Figura 4a). Los perfiles que se muestran en las figuras 4a-c se extienden a lo largo de siete kilómetros tierra adentro y muestran una topografía muy heterogénea que da lugar a hábitats muy distintos para flora y fauna. Ello también muestra de manera indirecta la cantidad de arena que se ha acumulado en la zona para formar dunas (Figura 5).

La zona costera cuenta con 17 celdas litorales de tamaño muy variable.

La primera celda limita al Norte con la boca de la laguna San Agustín y al Sur con la desembocadura del río Santa Ana (también conocido como Los Caballos), tiene una longitud lineal de 4.63 km.

La segunda celda limita al Sur con la cara Norte del promontorio rocoso Punta Delgada y tiene una longitud de 5.14 km.

La tercera celda tiene 0.83 km de longitud, abarca la mayor parte de Punta Delgada y colinda con el extremo Norte del promontorio conocido como El Morro.

La cuarta celda abarca el promontorio El Morro y tiene una longitud de 1.57 km.

La quinta celda limita al Sur con el Estero Boquilla de Oro y tiene una longitud de 1.31 km.

La sexta celda limita al Sur con un promontorio rocoso y tiene una longitud de 2.13 km.

La séptima celda limita al Sur con el promontorio rocoso La Lomita y tiene una longitud de 3.21 km.

La octava celda abarca al promontorio La Lomita, tiene una longitud de 0.76 km.

La novena celda limita al Sur con el río El Mamey que desemboca en el poblado Palma Sola, tiene una longitud de 1.88 km.

La décima celda limita al Sur con el inicio del promontorio rocoso Los Cerritos y tiene una longitud de 0.91 km.

La onceava celda limita al sur con el final del promontorio Los Cerritos y tiene una longitud de 0.19 km.

La doceava celda limita al sur con el inicio de un promontorio rocoso y con la desembocadura de la laguna La Litera, tiene una longitud de 1.32 km.

La treceava celda limita al sur con una saliente arenosa y tiene 1.18 km.

La catorceava celda limita al sur con el inicio de un promontorio al Sureste de la laguna Verde, tiene una longitud de 1.12 km.

La quinceava celda limita al sur con la estructura Norte de la nucleoelectrica Laguna Verde y tiene 0.077 km.

La dieciseisava celda limita al Sur con la siguiente estructura de la nucleoelectrica y tiene una longitud de 0.55 km.

La diecisieteava celda limita al Sur con la estructura del canal de descarga de la nucleoelectrica sobre la Laguna Muerta o Laguna de La Sal y tiene 1.62 km. Esta estructura evita que la boca de la Laguna Muerta se cierre, acumula sedimento en el Norte y tiene el potencial de causar erosión en la siguiente celda al Sur. Sin embargo, el transporte de sedimentos se hace artificialmente de Norte a Sur, manteniendo su equilibrio dinámico. Los sedimentos se incrementan por los dragados de la propia planta, que depositan los sedimentos en la siguiente celda que pertenece a Actopan.

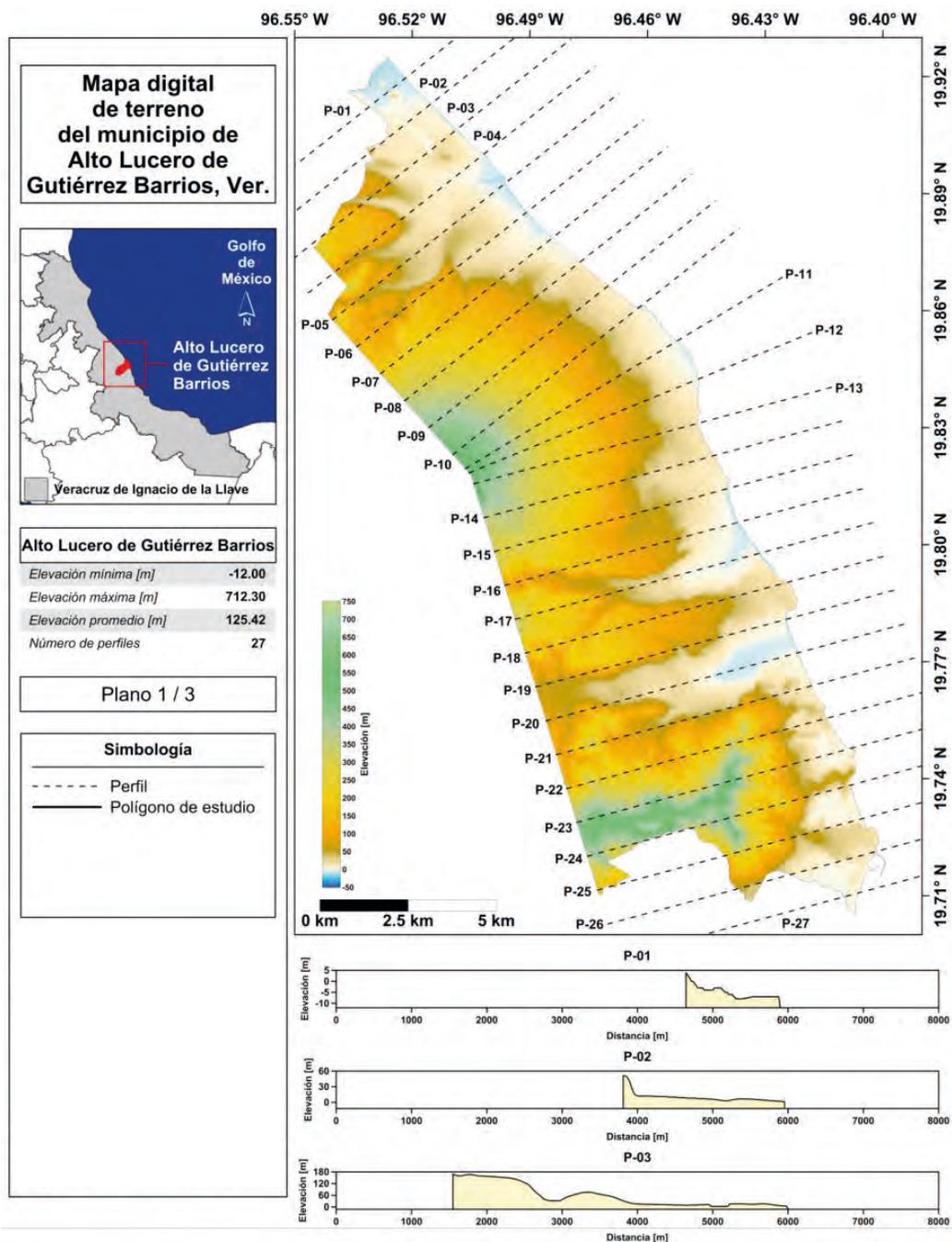


Figura 4a. Mapa digital del terreno y perfiles del terreno (1 a 3) que abarcan los distintos rasgos topográficos. El eje X (Distancia m) representa la longitud del perfil analizado desde la línea de costa hacia tierra adentro.

Mapa digital de terreno del municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Ver.



Alto Lucero de Gutiérrez Barrios	
Elevación mínima [m]	-12.00
Elevación máxima [m]	712.30
Elevación promedio [m]	125.42
Número de perfiles	27

Plano 2 / 3

Simbología

--- Perfil

— Polígono de estudio

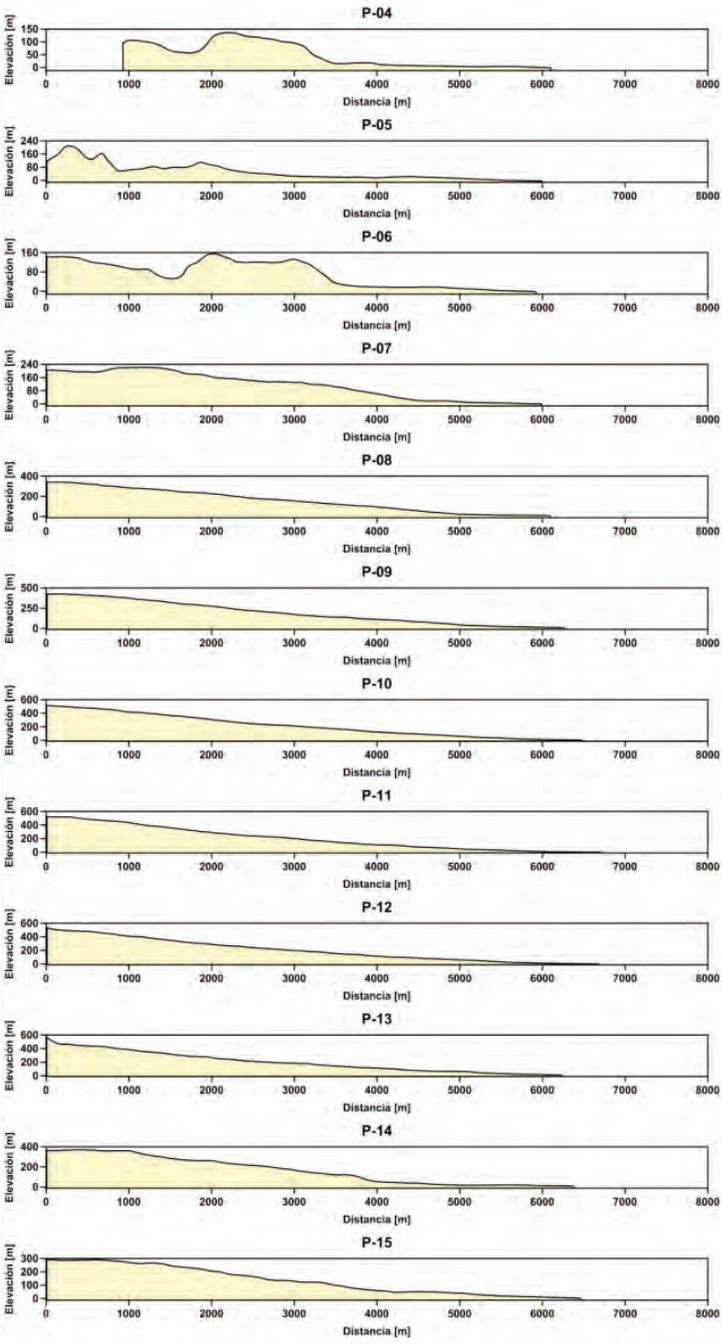


Figura 4b. Perfiles del terreno (4 a 15) de Alto Lucero. El eje X (Distancia m) representa la longitud del perfil analizado desde la línea de costa hacia tierra adentro.

Mapa digital de terreno del municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Ver.



Alto Lucero de Gutiérrez Barrios

Elevación mínima [m]	-12.00
Elevación máxima [m]	712.30
Elevación promedio [m]	125.42
Número de perfiles	27

Plano 3 / 3

Simbología

- - - Perfil
- Polígono de estudio

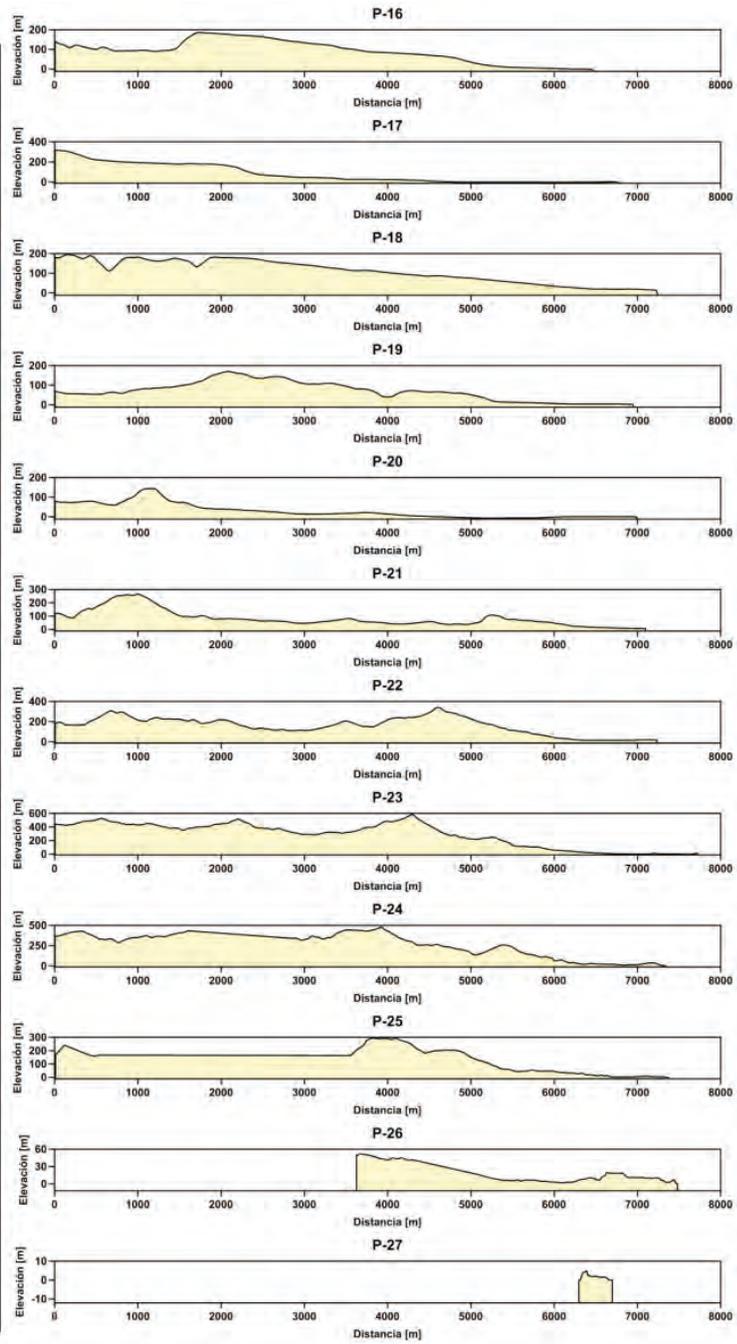


Figura 4c. Perfiles del terreno (27-16). El eje X (Distancia m) representa la longitud del perfil analizado desde la línea de costa hacia tierra adentro.

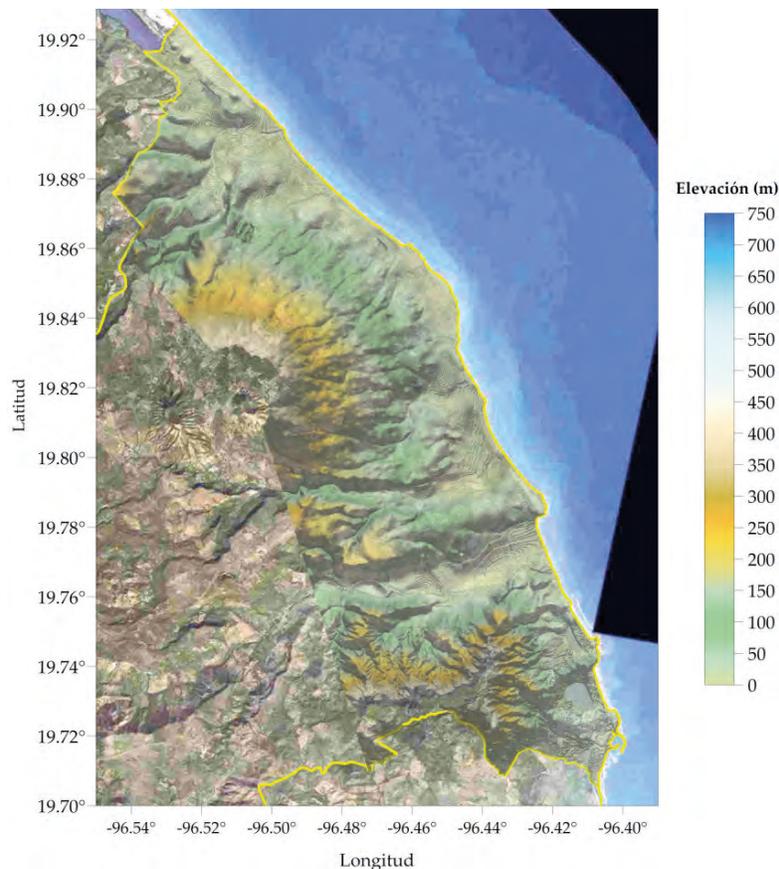


Figura 5. Relieve del terreno del municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios. Se muestran las mayores elevaciones en color azul y las zonas más bajas en beige.

Para caracterizar las arenas de las playas de Alto Lucero se tomaron muestras de sedimentos a lo largo de los perfiles de la playa (Figura 6) de acuerdo al esquema mostrado en la Figura 7 y que es descrito más adelante. El análisis mecánico de los sedimentos se realizó de acuerdo a la metodología utilizada por Alcerreca *et al.* (2013).

La zona de sotavento (Figura 7) corresponde a la parte posterior de la duna, y se encuentra protegida del embate directo de los vientos que chocan contra la duna. La cima es la porción superior de la duna. En cambio, el barlovento es la parte frontal

de la duna y recibe el impacto directo del viento.

La playa seca es la porción del perfil de playa que en condiciones de calma permanece sin la influencia de los agentes marinos. En contraste, la zona de lavado es la porción del perfil de playa en la que ocurre el ascenso y descenso de los movimientos oscilatorios del oleaje. Por su parte, el surco se encuentra en la sección sumergida del perfil justo antes de presentarse la barra del perfil. La barra, ofrece las condiciones de someramiento necesarias para la rotura y disipación de la energía del oleaje.

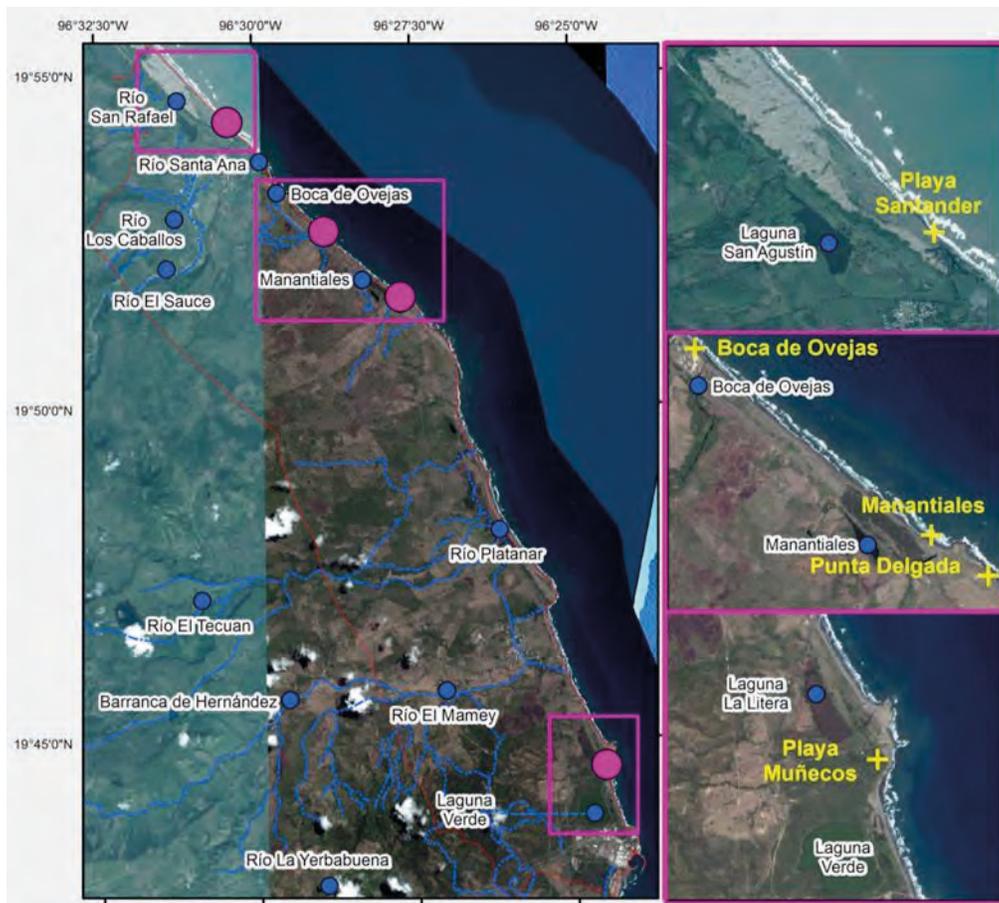


Figura 6. Localización de los sitios de muestreo de arenas. En el caso de Alto Lucero se muestreó en Playa Santander, Boca de Ovejas, Manantiales, Punta Delgada y el último sitio fue denominado Playa Muñecos aunque se encuentra al sur de dicha playa (rocosa) y al norte de la Laguna Verde.

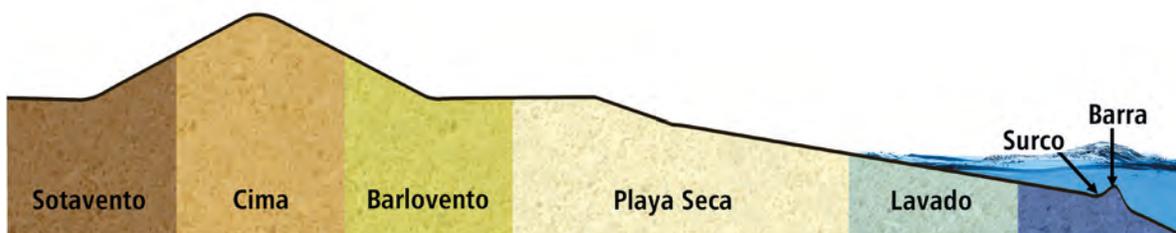


Figura 7. Zonas del perfil de playa consideradas en el muestreo de sedimentos.

En lo que respecta a la caracterización de los parámetros geométricos medios de los sedimentos de las playas de Alto Lucero se presentan en el Cuadro 3. Los sedimentos de la zona de estudio tienen las siguientes características promedio para las zonas de sotavento, cima, barlovento, playa seca, zona de lavado, surco y barra: un D50 de 0.199 mm, una esfericidad de 0.806 SPHT, un factor de forma de 0.711 b/l3 y una redondez de 0.855 symm.

De acuerdo a estos resultados se puede concluir lo siguiente:

- Las playas de este municipio presentan sedimentos medios en la parte sumergida del perfil, arenas de medias a finas en la playa seca y medias en la zona de la duna frontal, lo cual indica que es una zona con oleaje muy energético y que el sedimento que llega a la zona de lavado y playa seca es transportado desde la zona sumergida hacia la zona de dunas. Al mismo tiempo, los valores de redondez, esfericidad y factor de forma revelan que las partículas se encuentran bien redondeadas y esféricas, lo que significa intensos procesos de abrasión.

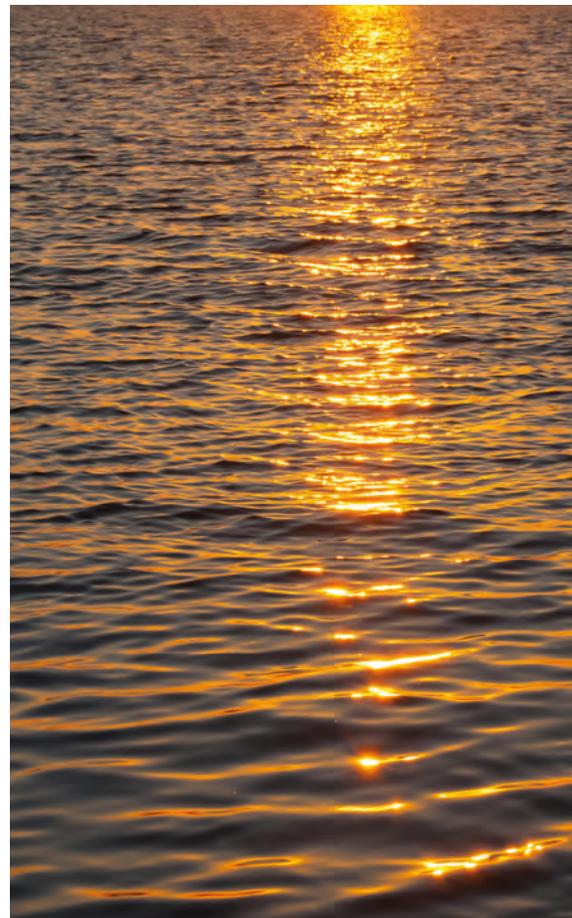
- Comparando los diferentes parámetros geométricos se puede presumir que el sedimento viaja de Norte hacia el Sur, es decir las fuentes de sedimento para estas playas proviene del Norte.

En cuanto a los escurrimientos, Nautla cuenta con numerosos arroyos superficiales y solo algunos ríos como los ríos San Rafael, Santa Ana o Caballos, El Sauce, Platanar, Mamey y Yerbabuena (Figura 1).

En este municipio se encuentran dos lagunas costeras y esteros: Laguna Muerta (también conocida como Laguna Hedion-

da y Laguna de la Sal) y la Laguna de San Agustín (compartida con el municipio de Vega de Alatorre). También se encuentra numerosos esteros tales como Boquilla de Oro, Boquilla de Piedra y El Ensueño.

Este municipio no cuenta con estaciones hidrométricas y solo existen dos estaciones climatológicas. Las estaciones antes mencionadas se encuentran suspendidas. El clima de la región corresponde a un cálido tropical húmedo con una precipitación media anual de 1017.7 mm, un escurrimiento medio anual de 506 millones de m³ y una temperatura media anual de 25.8 °C.



Mar en calma. Fotografía: Yahir Merlín

Cuadro 3. Parámetros geométricos medios de las arenas en las playas de Vega de Alatorre.

Zona	Diámetro D ₅₀ (mm)				Redondez (Symm)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Barra	-	0.366	0.316	0.232	-	0.875	0.862	0.851
Surco	-	-	-	-	-	-	-	-
Lavado	0.449	0.289	0.289	0.252	0.883	0.879	0.864	0.842
Playa Seca	0.310	0.270	0.239	0.212	0.884	0.883	0.881	0.847
Barlovento	0.295	0.291	0.237	0.266	0.885	0.887	0.883	0.860
Cima	0.297	0.287	0.222	0.239	0.871	0.882	0.869	0.860
Sotavento	0.273	-	0.230	0.216	0.879	-	0.884	0.881

Zona	Esfericidad (SPHT)				Factor de forma			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Barra	-	0.823	0.809	0.800	-	0.689	0.687	0.694
Surco	-	-	-	-	-	-	-	-
Lavado	0.819	0.843	0.812	0.780	0.7684	0.706	0.690	0.693
Playa Seca	0.847	0.847	0.849	0.807	0.703	0.704	0.712	0.708
Barlovento	0.850	0.851	0.857	0.809	0.706	0.702	0.716	0.702
Cima	0.816	0.846	0.813	0.823	0.691	0.712	0.707	0.708
Sotavento	0.840	-	0.860	0.862	0.707	-	0.722	0.728

Notas en cuanto al sedimento:

1. Los criterios para clasificar una partícula de arena son: Arena muy gruesa (1-2 mm), arena gruesa (0.5-1.0 mm), arena media (0.25-0.5 mm), arena fina (0.125-0.25 mm) y arena muy fina (0.0625-0.125 mm).

2. Un sedimento puede presentar diferentes formas (esférica, cilíndrica, cúbica, etc.). El transporte de sedimentos por viento, oleaje o corrientes implica la rodadura, saltación y suspensión de las partículas.

3. La forma esférica es un factor determinante en la clasificación de las partículas en la tracción por arrastre, ya que las partículas esféricas ruedan más rápido

que las no esféricas. Cuando se trata de partículas transportadas por arrastre la esfera es la forma que genera menos resistencia al flujo, por lo tanto puede ser tomado como un estándar de comparación. Las partículas más esféricas son las que tienen un mayor transporte de arrastre.

4. Cuando se trata de partículas en suspensión, la forma (superficie de las partículas) de los granos debe ser visto desde otro ángulo. Una esfera tiene el mayor volumen relativo con el área de superficie más pequeña y, por lo tanto, tiene una velocidad de sedimentación mayor que cualquier otra forma del mismo volumen y densidad.

Entre más diferente sea la forma de una partícula a la de una esfera, significa un aumento progresivo de la superficie sin cambio de volumen. Por lo tanto, también implica una disminución de la velocidad de sedimentación del sólido. Estas características son de gran importancia porque las partículas menos esféricas son las que tienen una mayor capacidad de estar en suspensión.

5. Un sólido puede poseer un grado máximo de redondez en sus aristas sin tener la forma de una esfera, o tener un alto grado de esfericidad y no redondez cuando las aristas son muy agudas. Es decir, la esfericidad es independiente de la redondez y mide que tan esférica o alargada es la forma de una partícula. Una partícula con mayor redondez y sin aristas está más desgastada y por tanto ha viajado distancias mayores o bien ha estado sujeta a mayor energía de transporte.

6. La redondez de las partículas sedimentarias es un atributo especial asociada al desgaste y la disolución. La redondez es reducida cuando las partículas se fracturan o fragmentan. Por lo tanto, un alto grado de redondez está en ocasiones relacionado con las condiciones de desgaste en relación con su tamaño, dureza, y resistencia. Sin embargo, normalmente se asocia con la distancia transportada de la partícula, porque las esquinas se desgastan por abrasión con otras partículas.

7. El valor de esfericidad expresa la forma, mientras que el valor de redondez da una relación resumida con cierto detalle de las características de las aristas de una partícula.

8. El factor de forma es un parámetro complementario a la redondez y esfericidad. Con este parámetro se evalúa el grado que difiere una partícula de una esfera.



Costa Rocosa, Alto Lucero. Fotografía: Gerardo Sánchez V.

I ALTERACIONES EN LAS FUENTES DE SEDIMENTO

Hasta el momento, en Alto Lucero de Gutiérrez Barrios no existen presas de ningún tipo (CONAGUA) y no tiene influencia de presas ubicadas en otros municipios.

En esta zona no se detectó la existencia de obras civiles en la costa, con excepción del canal de descarga de la Central Nucleoeléctrica de Laguna Verde. Si bien esta estructura, en conjunto con las obras que conforman el canal de llamada de dichas instalaciones, interrumpen el transporte de sedimentos, artificialmente es compensado con los trabajos de trasvase (*by-pass*) de arena que regularmente realiza la CFE.

A lo largo de la costa el transporte predominante de sedimentos es de tipo longitudinal con dirección de Norte hacia el Sur (Figura 6). En todas las playas de este municipio con orientación Noreste-Suroeste se presenta una alimentación de arena hacia los distintos sistemas dunares inducido por el efecto combinado de deposición sedimentaria en la zona de lavado por el efecto combinado del gran número de arroyos y el oleaje. Después de que el sedimento es depositado en la zona de lavado, la marea baja y el sol seca los sedimentos permitiendo que sean movidos por el viento. Este material sedimentario viaja tierra adentro en donde una proporción importante de él queda atrapado en la vegetación fijándose por efecto de la misma. El sedimento que no queda atrapado es capaz de viajar hacia el Sur y alimenta otras playas reingresando de nuevo al sistema de transporte de sedimentos marítimo-costero. La orientación de las playas por las cuales reingresa el sedimento es de Noroeste-Sureste hasta



Río al sur de Laguna Verde. Fotografía: Michael Tsutsui, CC BY-SA 3.0

la última celda en donde se encuentran las estructuras de la nucleoeléctrica. El posible déficit de arena en los sistemas playa-duna de la zona se debe a los cambios de uso de suelo y al establecimiento de vegetación que muchas veces es introducida para disminuir el movimiento de la arena.

Para comprobar la dinámica de la costa se realizó un análisis de la evolución espacio-temporal de la línea de costa. En la Figura 8 y Figura 9 se muestran gráficas del desplazamiento de la línea de costa y la tasa de erosión, respectivamente, calculadas a partir de la digitalización de la línea de costa de imágenes satelitales Landsat de los años 1986, 1993, 2000, 2005, 2007, 2010, 2011, 2013 y 2015. Se observa que en general la costa del municipio se encuentra en proceso de erosión siendo mayor el

retroceso de la línea de costa en los perfiles 9 y 14 (Figura 4b). En cuanto a la tasa de erosión, las mayores variaciones se presentan en el perfil 23. En general, el problema de erosión se va incrementando de Norte a Sur con desplazamientos de la línea de costa desde los 10 m hasta los 50 m, con tasas de erosión menores a los 40 m/año. Por otro lado, también se presentan

procesos de acreción de más de 150 m en los perfiles 23 y 27. El último relacionado con las estructuras de protección construidas por la nucleoelectrica.

En resumen, los desplazamientos de la línea de costa del municipio de Alto Lucero indican una predominancia hacia la erosión, aunque en la mayoría de las celdas también ha habido un proceso de acreción.

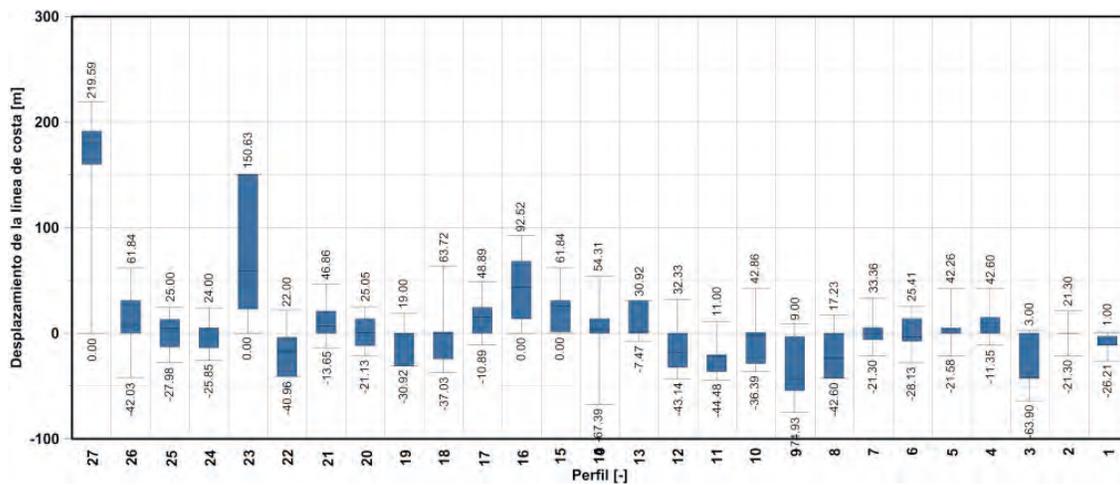


Figura 8. Desplazamiento de la línea de costa en los perfiles indicados en la Figura 4 para el municipio de Alto Lucero (de izquierda a derecha: sur a norte).

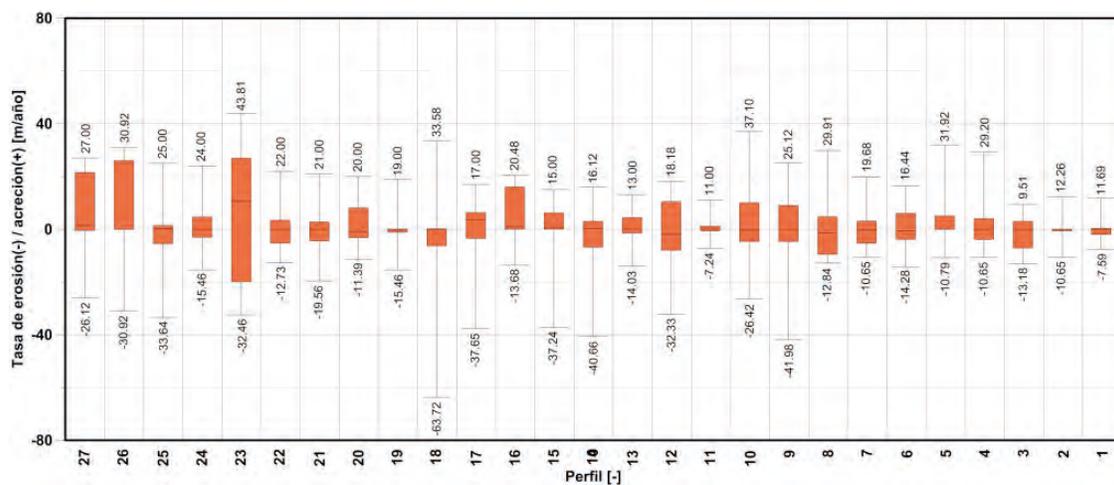


Figura 9. Tasa de erosión / acreción de la línea de costa en los perfiles indicados en la Figura 4 para el municipio de Alto Lucero (de izquierda a derecha: Sur a Norte). En general, el problema de erosión se va incrementando de Norte a Sur.

I ASPECTOS RELEVANTES EN LA DINÁMICA SEDIMENTARIA

De acuerdo a los resultados obtenidos:

1. Durante los meses del otoño e invierno se deben tener precauciones especiales en actividades marítimas (baño, construcciones, etc.) y eventualmente durante el verano (cuando se presentan los huracanes).

2. El oleaje induce un transporte de sedimentos que va de Norte a Sur en casi todos los meses del año.

3. Los sistemas dunares de Alto Lucero están alimentados por arena que es transportada por el oleaje y el viento. Ocasionalmente, bajo condiciones de tormenta, el oleaje superpuesto al aumento del nivel del mar (marea de tormenta y marea meteorológica) provoca derrumbes en la base de las dunas que le dan continuidad al transporte de sedimentos de las playas ubicadas en la sección Norte de la costa de este municipio.

I LAS DUNAS COSTERAS

La descripción de la distribución de las dunas se basa en los trabajos de López-Portillo *et al.* (2011) y Martínez *et al.* (2014).

Alto Lucero de Gutierrez Barrios, contiene fragmentos con grandes extensiones de dunas costeras que suman 417 ha. Las dunas de este municipio pueden extenderse hasta 0.8 km tierra adentro y superan los 20 m de altura. La mayoría de las dunas del son transgresivas (270 ha), aunque también existen dunas frontales (Cuadro 4). Por otro lado, destaca que, a diferencia de otros municipios, las dunas parabólicas están ausentes.

Las dunas frontales se encuentran en la zona Norte del municipio (Figura 10) y cubren una superficie relativamente pequeña (35% de todas las dunas de Alto Lucero). Estas dunas están cubiertas por vegetación herbácea y arbustiva natural (pastizales y matorrales costeros). Por lo tanto, la arena no está en movimiento.



Dunas cubiertas de "pino de mar" en Punta Delgada, Alto Lucero. Fotografía: Gerardo Sánchez V.

Cuadro 4. Superficie (ha) que ocupa cada una de las categorías del estado de conservación de los distintos tipos de dunas del municipio de Alto Lucero.

Tipo de duna	Movilidad	Estado de conservación					Total municipal
		Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy malo	
Duna frontal	Estabilizada			70.06		76.27	146.33
	Total			70.06		76.27	146.33
Transgresiva	Semimóviles	24.16	95.22				119.38
	Móvil	110.08	41.04				151.12
	Total	134.24	136.26				270.5
Total municipal		134.24	136.26	70.06		76.27	416.83

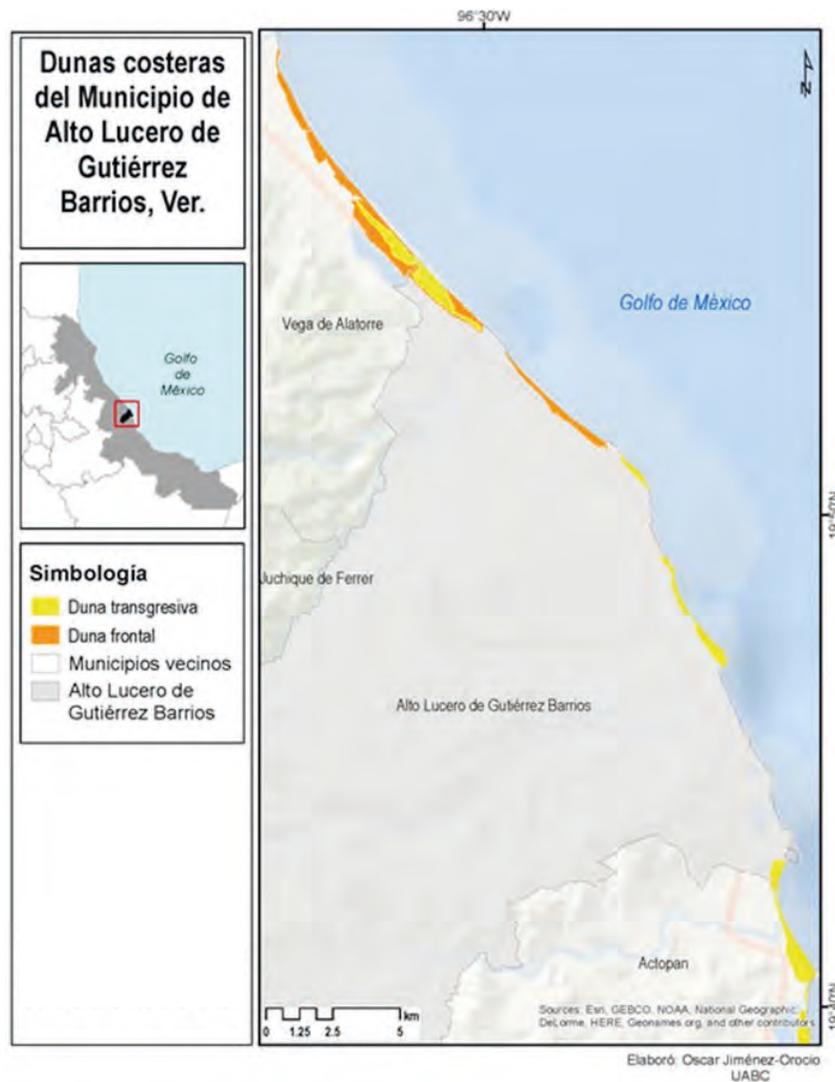


Figura 10. Tipos de dunas costeras presentes en el municipio de Alto Lucero.

La arena de las dunas frontales se moviliza cuando pierde la cubierta vegetal por efectos naturales (Ej. el impacto de alguna tormenta) o por efectos antropogénicos (Ej. pastoreo).

Las dunas transgresivas están en la zona Centro y Sur del área de estudio (Figura 10) y representan el 65% de las dunas del municipio. Alrededor de la mitad de dichas dunas están cubiertas parcialmente de vegetación por lo que la arena tiene movilidad moderada. Las dunas transgresivas restantes carecen de vegetación y la arena es muy móvil (Cuadro 4).

El estado de conservación de las dunas de Alto Lucero es variado, abarcando desde muy bueno hasta muy malo (Figura 11). Las únicas dunas en estado de conservación muy bueno y bueno son las transgresivas. En contraste, el estado de conservación de las dunas frontales, que son las más escasas, va de regular a muy malo (Cuadro 4; Figura 11).

Para determinar el estado de conservación de las dunas costeras del municipio se hizo una clasificación cualitativa de cinco categorías (Cuadro 5) que se describen a continuación.

Sin duda, las dunas del municipio están expuestas a impactos humanos diversos, que incluyen actividades agropecuarias, caminos, caseríos y asentamientos. Estas condiciones reducen el grado de conservación de las dunas (Figura 11).

Como se dijo anteriormente, las únicas dunas conservadas de este municipio son las transgresivas, mientras que las frontales están fuertemente impactadas.

Dentro de las dunas transgresivas, aquellas que son móviles se encuentran en mejor estado de conservación. Probablemente, la diferencia en el grado de conservación se debe a la dificultad que representa construir sobre este tipo de dunas ya que se presentan fuertes procesos de erosión y deposición de arena que limita y encarece las obras.

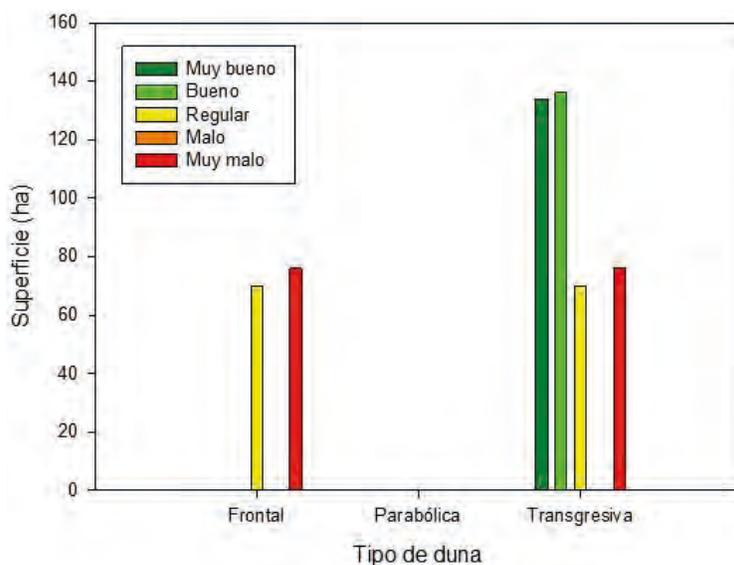


Figura 11. Extensión y nivel de conservación de las dunas costeras de Alto Lucero.

Cuadro 5. Características de los diferentes estados de conservación en que fueron clasificadas las dunas costeras de México.

Estado de conservación	Características
Muy bueno	Natural, sin disturbios aparentes
Bueno	Fragmentado por carreteras, brechas, accesos
Regular	Presencia de actividades agropecuarias
Malo	Actividades agropecuarias acompañadas por asentamientos humanos dispersos
Muy malo	Totalmente antropizado, con asentamientos urbanos en más del 75% de la superficie

Se han descrito tres sistemas de dunas en el municipio de Alto Lucero: Tecolutla-Vega Alatorre (compartido con los municipios de Tecolutla, Nautla y Vega de Alatorre), San Agustín y Laguna Verde (compartido con Laguna Verde).

Las dunas de la región conocida como Tecolutla-Vega de Alatorre abarcan los municipios de Tecolutla, Nautla, Vega de Alatorre y Alto Lucero. Diversas poblaciones se ubican en esta región, tales como Nautla, El Laurel, Playa Navarro, Playa Lechuguillas y la Barreta. Este sistema ocupa una superficie de 7,780 ha y se extienden por cerca de 65km a lo largo de la línea de costa y 2.5km tierra adentro. En las inmediaciones de Rancho Chico y Santander las dunas carecen de vegetación y por ello la arena presenta una gran movilidad.

El sistema de San Agustín se localiza entre los municipios de Vega de Alatorre y Alto Lucero. Algunas poblaciones que se encuentran en las cercanías de estas dunas son: La Barreta y Playa Lechuguillas, Barra de San Agustín, Barra de Sata Ana, Potrero Alto y Punta Lomilla. Este sistema de dunas transgresivas abarca una superficie de 192 ha, a lo largo de 37 km de costa y 800 m tierra adentro.

En las inmediaciones de la laguna de San Agustín las dunas carecen de vegetación o ésta tiene baja cobertura, por ello la arena tiene gran movilidad, lo cual forma parte de la naturaleza dinámica de este sistema.

Las dunas de Laguna Verde se localizan en las cercanías de la laguna del mismo nombre, entre Alto Lucero y Actopan. Existen dos poblaciones cercanas: Boca Andrea y El Llano de Villa. Las dunas cubren 272 ha, en 14.7 km de costa, y se extienden 400 m tierra adentro. En la zona más septentrional de este sistema, existen dunas transgresivas fijas y las más móviles están en el Centro-Sur. También, al Sur de Villa Rica se encuentra un tómbolo (Figura 12). La vulnerabilidad de esta zona se considera moderada, sobre todo debido al impacto de eventos hidrometeorológicos extremos. Excepto en las inmediaciones de la nucleoelectrica, el impacto de las actividades humanas es bajo.

Además, en la costa hay zonas rocosas al ser los puntos donde el Eje Neovolcánico Transversal llega al mar. Por ejemplo, Punta Delgada, El Morro, La Lomita, Los Cerritos, Playa Los Muñecos y en la celda 15, correspondiente a las instalaciones de Laguna Verde. |

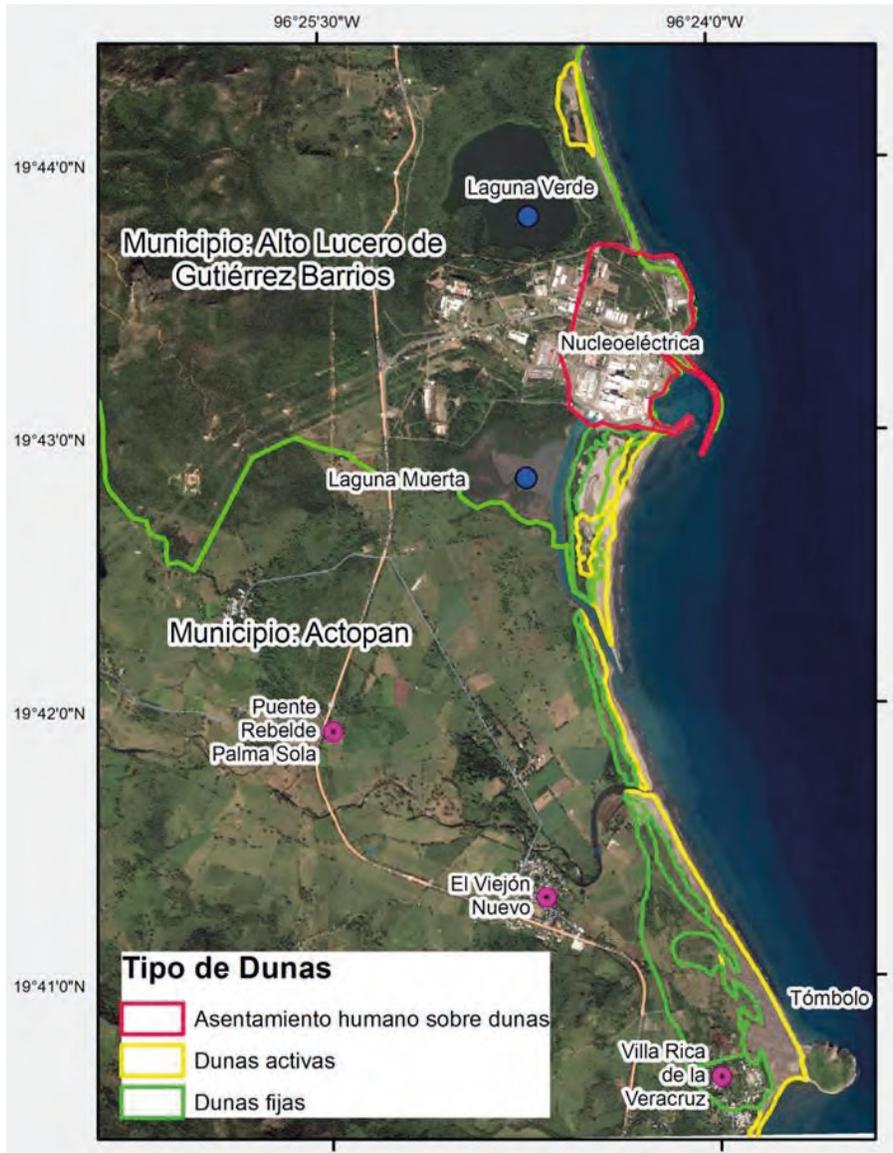


Figura 12. Sistema de dunas que abarca desde Laguna Verde hasta Villa Rica, el promontorio rocoso es conocido como el Tómbolo.



Villa Rica desde la zona arqueológica de Quiahuitlan. Fotografía: Gengiskanhg, CC BY-SA 2.5

I Capítulo 3.

CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA BIÓTICO

En la base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la Comisión Nacional para la Conservación y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), así como en la literatura donde se describe y analiza la vegetación de las playas y dunas costeras de Veracruz (Moreno-Casasola *et al.* (1982); García-Franco (1996); Castillo y Moreno-Casasola (1996; 1998); Moreno-Casasola *et al.* (1998); Priego-Santander *et al.* (2003); Travieso-Bello *et al.* (2005); Castillo-Campos y Travieso-Bello (2006); Peralta-Peláez y Moreno-Casasola (2009); Moreno-Casasola *et al.* (2010); Infante *et al.* (2011); Martínez *et al.* (2014) y Moreno-Casasola *et al.* (2015)) se tienen registradas 253 especies vegetales representativas de playas y dunas costeras, per-

tenecientes a 63 familias. Muchas de ellas se reconocen como amenazadas, sujetas a protección especial o bien que son endémicas (Cuadro 6).

Algunas plantas abundantes en la playa y dunas de esta zona son la verdolaga de playa (*Sesuvium portulacastrum*), el copa-chí o croton de médano (*Croton punctatus*), la lenteja de arena (*Chamaecrista chamaecristoides*), el haba de playa o gallito de playa, (*Canavalia rosea*) y la riñonina (*Ipomoea pes-caprae*). También hay plantaciones de especies exóticas como la palma de coco (*Cocos nucifera*) y el pino de mar (*Casuarina equisetifolia*).

En las dunas de Alto Lucero existen manchones con vegetación tipo matorral costero con árboles como el quebracho o palo amarillo (*Diphysa americana* -antes *Diphysa robinoides*-). En las dunas móviles la planta endémica *Chamaecrista chamaecristoides* es abundante y da inicio a la formación de dunas y fijación de la arena. Otras plantas consideradas como formadoras de dunas son *Citharexylum ellipticum*, *Croton punctatus* y *Palafoxia lindenbergii*.

En la zona costera de Alto Lucero se han encontrado cinco especies consideradas como amenazadas (*Handroanthus chrysanthus*, antes *Tabebuia chrysantha*,



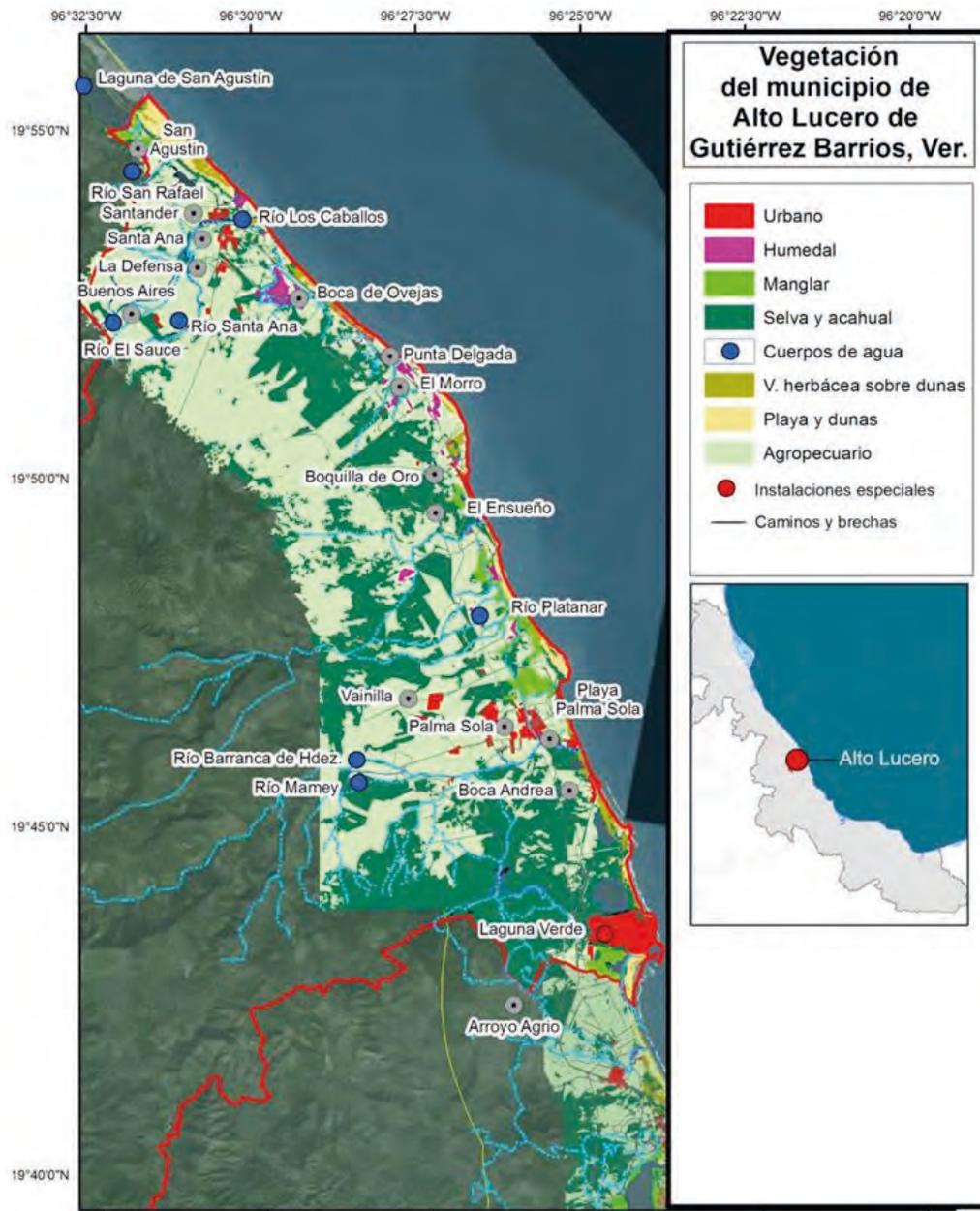


Figura 13. Tipos de vegetación en la zona costera de 5 km de ancho desde la línea de costa, del municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios.

Avicennia germinans, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*), dos en peligro de extinción (*Melocactus curvispinus* y *Dioon edule*) y una sujeta a protección especial (*Cedrela odorata*). También existen diversas especies endémicas en la zona. Las plantas endémicas de México que forman parte de los ecosistemas de la zona costera de Alto Luce-ro son: *Acacia sphaerocephala* (Sousa *et al.*, 2001), *Chamaecrista chamaecristoides* (Moreno-Casasola *et al.*, 2011), *Solanum tridynamum* (Nee, 1993) y *Dioon edule* (Vovides *et al.*, 1983). *Florestina liebmanii* es endémica de Veracruz (Villarreal *et al.*, 2008) y *Palafoxia lindenii* es endémica de Veracruz y Tabasco (Moreno-Casasola *et al.*, 2011). Las características particulares de estas especies amenazadas y endémicas se presentan en la Cuadro 6.

Se consideró a las especies bajo alguna categoría de riesgo tanto a nivel nacional (NOM-059-SEMARNAT-2010) como global (IUCN Red List of threatened species; www.iucnredlist.org/search), aquellas especies amparadas contra su explotación excesiva debido al comercio internacional (CITES), las especies de árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación (marcados con un asterisco *; Vázquez-Yanes *et al.*, 1999-proyecto J084 CONABIO) así como las especies con un rango de distribución restringido (endemismo). Se indican la familia, forma biológica, hábitat, tipo de vegetación y estatus (NOM-059-SEMARNAT-2010, IUCN y CITES). Los criterios para los nombres y estado taxonómico de las especies se siguieron con base en lo presentado en The Plant List, 2013 v. 1.1 (www.theplantlist.org).

En el Cuadro 6 se muestran seis columnas. En las primeras tres se encuentran familia, nombres (común y científico) y forma biológica de cada especie (con base en Castillo y Moreno-Casasola 1998 y Moreno-Casasola *et al.* 2011).

En las columnas cuarta y quinta, se muestran los tipos de vegetación donde son comunes (con base en Rzedowski, 2006) y en la parte de los sistemas playaduna suelen encontrarse (playas, dunas primarias o secundarias) así como aquellas especies de otros tipos de ecosistemas costeros, diferentes a las dunas. Esta clasificación se hizo con base en los patrones de distribución de las especies propuesto por Castillo y Moreno-Casasola (1996): C= especies con una distribución predominantemente costera tales como dunas, marismas o manglares; S= especies distribuidas tierra adentro y frecuentemente encontradas en áreas perturbadas tales como orillas de camino, campos abandonados y O= especies características de otros tipos de vegetación, como humedales o pastizales.

Finalmente, se muestra el estatus de protección de cada especie. Este estatus hace referencia a tres fuentes. La NOM-059-2010 con las categorías: P= en peligro de extinción; A= amenazada; Pr= sujeta a protección especial. La IUCN con categorías como: EX= extinta; EW= extinta en medio silvestre; CR= en peligro crítico; EN= en peligro; VU= vulnerable; NT= casi amenazada; LR/nt= menor riesgo, casi amenazada; LR/cd= menor riesgo, dependiente de la conservación; LR/lc= menor riesgo, menor preocupación; LC= preocupación menor; DD= datos insuficientes. El CITES que clasifica a las especies en tres categorías (I, II, III).

Cuadro 6. Listado de especies vegetales más importantes registradas a la fecha, que crecen principalmente en manglares, playas y dunas del municipio de Alto Lucero. Los nombres comunes se basaron en distintas fuentes de información del sitio web de la CONABIO.

Familia	Nombre común (Especie)	Forma Biológica	Tipo de vegetación	Vegetación de dunas	Estatus de Protección
Acanthaceae	Mangle negro (<i>Avicennia germinans</i>)	 Árbol	Manglar	C	NOM (A) IUCN (LC)
Annonaceae	Anona (<i>Annona glabra</i>)	 Árbol	Manglar, Selva inundable	C, O	
Bignoniaceae	Amapa, roble, guayacán (<i>Handroanthus chrysanthus</i>) antes <i>Tabebuia chrysantha</i>	 Árbol	Matorral de duna costera, Bosque tropical caducifolio, Bosque tropical perennifolio, Vegetación secundaria, Cultivos	C, S	NOM (A)
	Palo de rosa (<i>Tabebuia rosea</i> *)	 Árbol	Matorral de duna costera, Bosque tropical caducifolio		
	Tronadora, mazorca (<i>Tecoma stans</i> *)	 Árbol	Matorral de duna costera, Pastizal de dunas costeras, Bosque tropical caducifolio	C, S	
Bombacaceae	Apompo (<i>Paqira aquatica</i>)	 Árbol	Manglar, Selva inundable	C, O	
Bromeliaceae	Tencho (<i>Tillandsia limbata</i>)	 Epífita	Matorral de duna costera, Manglar, Vegetación herbácea de humedales, Bosque tropical caducifolio, Potrero	C, O	IUCN (LC)
Burseraceae	Palo mulato (<i>Bursera simaruba</i> *)	 Árbol	Matorral de duna costera, Pastizal de dunas costeras, Bosque tropical caducifolio	C, O	
Cactaceae	Cactus melón, biznaga (<i>Melocactus curvispinus</i>)	 Suculenta	Dunas, Matorral de duna costera, Bosque tropical caducifolio	C, S	NOM (P) IUCN (LC) CITES (II)
Combretaceae	Mangle botoncillo (<i>Conocarpus erectus</i>)	 Árbol	Manglar, Playa, Vegetación herbácea de humedales	C, O	NOM (A) IUCN (LC)
	Mangle blanco (<i>Laguncularia racemosa</i>)	 Árbol	Manglar	C	NOM (A) IUCN (LC)
Commelinaceae	Espuelita, mataliz (<i>Commelina erecta</i>)	 Hierba	Dunas, Matorral de duna costera, Pastizal de dunas costeras, Pastizal, Bosque tropical caducifolio, Bosque ribereño, Bosque tropical perennifolio, Ruderal, Vegetación secundaria, Potrero	C, S	IUCN (LC)
Compositae	No se conoce (<i>Florestina liebmannii</i>)	 Arbusto	Dunas, Pastizal, Potrero	C, S	
	Clavelillo de mar (<i>Palafoxia lindeni</i>)	 Arbusto	Dunas, Matorral de duna costera, Pastizal de dunas costeras	C	
Cyperaceae	Chintul (<i>Cyperus articulatus</i>)	 Hierba	Dunas, Manglar, Vegetación herbácea de humedales, Bosque tropical caducifolio, Bosque tropical perennifolio, Pastizal, Potrero, Ruderal	C, O	IUCN (LC)
	No se conoce (<i>Fimbristylis cymosa</i>)	 Hierba	Playa, Dunas, Matorral de duna costera, Pastizal de dunas costeras, Vegetación herbácea de humedales	C, O	IUCN (LC)
Cytinaceae	Flor de tierra (<i>Bdallophytum americanum</i>)	 Hierba	Matorral de duna costera, Bosque tropical caducifolio	C, O	

CONTINÚA >>

Familia	Nombre común (Especie)	Forma Biológica	Tipo de vegetación	Vegetación de dunas	Estatus de Protección
Leguminosae	Huizache (<i>Acacia farnesiana</i> *)	 Árbol	Matorral de duna costera, Pastizal de dunas costeras, Pastizal, Bosque tropical caducifolio, Bosque tropical subcaducifolio, Bosque ribereño	C, S	
	Cornezuelo, zubin (<i>Acacia sphaerocephala</i>)	 Árbol, Arbusto	Matorral de duna costera	C, O	
	Lenteja de arena (<i>Chamaecrista chamaecristoides</i>)	 Arbusto	Dunas	C	
	No se conoce (<i>Dalea scandens</i>)	 Hierba	Pastizal, Acahual	S	IUCN (LC)
	Cuachepil, Guachipilin (<i>Diphysa carthagensis</i>)	 Árbol	Matorral de duna costera, Bosque tropical caducifolio	C, O	IUCN (LC)
	Flor de gallito (<i>Diphysa americana</i>) antes <i>Diphysa robinoides</i>	 Árbol	Matorral de duna costera, Bosque tropical caducifolio	C, O	
	Guanacaste, orejón (<i>Enterolobium cyclocarpum</i> *)	 Árbol	Matorral de duna costera, Bosque tropical caducifolio	C, O	
	Cacahuananche (<i>Giricidia sepium</i> *)	 Árbol, Arbusto	Matorral de duna costera, Pastizal de dunas costeras, Bosque tropical caducifolio, Bosque tropical subcaducifolio, Bosque tropical perennifolio, Bosque ribereño, Bosque de encino, Ruderal, Pastizal, Potrero	C, S	
	Acotope (<i>Inga punctata</i>)	 Árbol	Matorral de duna costera, Cultivos	C, O	IUCN (LC)
	Sensitiva, dormilona (<i>Mimosa pudica</i>)	 Hierba	Pastizal, Vegetación herbácea de humedales, Potrero, Ruderal, Cultivos	C, O	IUCN (LC)
	Guamúchil (<i>Pithecellobium dulce</i> *)	 Árbol	Matorral de duna costera, Pastizal de dunas costeras, Bosque tropical caducifolio, Bosque ribereño	C, O	IUCN (LC)
	Frijolillo (<i>Rhynchosia minima</i>)	 Trepadora	Matorral de duna costera, Manglar, Pastizal, Bosque tropical perennifolio	C, S	
Malpighiaceae	Nanche, Nance (<i>Byrsonima crassifolia</i> *)	 Árbol	Matorral de duna costera, Bosque tropical caducifolio	C, O	
Malvaceae	Bellota de guásamo (<i>Guazuma ulmifolia</i> *)	 Árbol, Arbusto	Matorral de duna costera, Pastizal de dunas costeras, Bosque tropical caducifolio, Bosque tropical perennifolio, Pastizal, Bosque ribereño	C, S	
Meliaceae	Cedro, cedro colorado (<i>Cedrela odorata</i> *)	 Árbol	Matorral de duna costera, Bosque tropical caducifolio, Bosque tropical subcaducifolio, Bosque tropical perennifolio, Palmar, Potrero, Vegetación secundaria	C, O	NOM (Pr) IUCN (VU) CITES (III)
Moraceae	Amate, amatillo (<i>Ficus pertusa</i>)	 Árbol	Manglar, Selva inundable, Bosque tropical caducifolio	C, O	
Myrtaceae	Guayaba dulce (<i>Psidium guajava</i> *)	 Árbol	Matorral de duna costera, Bosque tropical caducifolio, Bosque tropical perennifolio, Bosque de encino, Bosque ribereño, Palmar, Pastizal, Ruderal, Potrero, Cultivos, Vegetación secundaria	C, S	

CONTINÚA >>

Familia	Nombre común (Especie)	Forma Biológica	Tipo de vegetación	Vegetación de dunas	Estatus de Protección
Onagraceae	Cangá, clavo (<i>Ludwigia octovalvis</i>)	 Hierba	Playa, Manglar, Vegetación herbácea de humedales, Bosque ribereño, Potrero	C, O	IUCN (LC)
Orchidaceae	Dama de noche (<i>Brassavola nodosa</i>)	 Hierba	Matorral de duna costera, Manglar, Bosque tropical caducifolio	C, S	CITES (II)
Poaceae	Tres aristas curvado (<i>Aristida purpurea</i>)	 Hierba amacollada	Pastizal	S	IUCN (LC)
	Carrizo, bambú (<i>Lasiacis divaricata</i>)	 Hierba amacollada	Pastizal, Bosque tropical caducifolio	O	IUCN (LC)
	No se conoce (<i>Panicum repens</i>)	 Hierba amacollada	Manglar, Matorral de duna costera, Pastizal de dunas costeras, Vegetación herbácea de humedales	C, O	IUCN (LC)
Rhizophoraceae	Mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>)	 Árbol	Manglar	C	NOM (A) IUCN (LC)
Rubiaceae	Oreja de ratón, perilla (<i>Chiococca alba</i>)	 Arbusto	Playa, Matorral de duna costera, Pastizal de dunas costeras, Bosque tropical caducifolio, Bosque tropical subcaducifolio, Bosque tropical perennifolio, Bosque ribereño	C, O	IUCN (LC)
Solanaceae	Berenjena, necachane (<i>Solanum tridynamum</i>)	 Arbusto	Matorral de duna costera, Pastizal de dunas costeras, Pastizal, Manglar, Bosque tropical caducifolio, Bosque ribereño, Acahual, Ruderal	C, S	
Verbenaceae	Laurel cimarrón (<i>Citharexylum berlandieri</i>)	 Árbol, Arbusto	Matorral de duna costera, Playa, Bosque tropical caducifolio	C, O	
Zamiaceae	Chamal (<i>Dioon edule</i>)	 Arbusto	Matorral de duna costera, Bosque tropical caducifolio, Bosque de encino	C, O	NOM (P) IUCN (NT) CITES (II)

I DISTRIBUCIÓN Y EXTENSIÓN DE MANGLARES

La descripción de los manglares de la zona de estudio se basa en el trabajo de López-Portillo *et al.* (2011) y la de las dunas en los trabajos de López-Portillo *et al.* (2011) y Martínez *et al.* (2014). Es importante resaltar que es posible que existan selvas inundables mezcladas con manglares.

Se han descrito cuatro sistemas de manglares en el municipio: Estero Laguna Muerta (abarca también el municipio de Actopan), Laguna de San Agustín (abarca también al municipio de Vega de Alatorre), Estero Boquilla de Oro, Estero El Ensueño y Estero Boquillas.

El Estero Laguna Muerta cubre 52.9 ha. Se localiza en Punta Limón, en el kilómetro 40 de la carretera federal 180, y a 2.4 km al Norte de El Viejón, dentro de los terrenos ocupados por las instalaciones de

la central nucleoelectrónica Laguna Verde. Este manglar solo tiene un fragmento, ubicado en una planicie lacuno-palustre muy baja y plana. Aquí se desarrollan bosques monoespecíficos de *Avicennia germinans* (mangle negro) de alturas bajas (6-8 m de altura) o muy bajas (2-5 m), con crecimientos multicaules desde la base. También se forman fragmentos con asociaciones de *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) con *Avicennia*.

La Laguna de San Agustín se localiza entre los municipios de Alto Lucero y Vega de Alatorre a 3.6 km al Norte del poblado de Santa Anta y a 12.2 km al Sureste del estero Laguna Grande y Laguna Chica. El manglar de esta laguna cubre 120 ha. Las poblaciones cercanas a este sistema son Rancho Chico, Rancho Nuevo y El Crucero. La laguna es paralela a la línea de costa con una orientación de Noroeste a Suroeste. El bosque de manglar crece en forma conti-



Pato descansando en manglar. Fotografía: Jorge López-Portillo

nua alrededor del embalse y solo es interrumpido por la Carretera Federal 180. Este sistema queda comprendido dentro de la Región Terrestre Prioritaria Encinares Tropicales (RTP-104). Las comunidades asociadas al cuerpo lagunar son una selva baja inundable, un bosque de *Avicennia germinans* (mangle negro) con alturas promedio de 15 m y un bosque monoespecífico de *Rhizophora mangle* (mangle rojo).

Los esteros Boquilla de Oro y El Ensueño se ubican en el límite costero Suroeste de la formación volcánica Los Atlixcos. Al Norte del estero Boquillas se encuentra la localidad del mismo nombre y al Sur se localiza la localidad El Ensueño. Estos manglares cubren 119.8 ha. Al Sur de estos sistemas se encuentra Palma Sola que es la única localidad urbana del municipio. El ecosistema de manglar se encuentra dividido en dos fragmentos. El primero tiene una orientación paralela al cordón de dunas y tiene una comunidad dominada por *Rhizophora mangle* (mangle rojo) en partes cercanas al espejo de agua así como bosques monoespecíficos de *Avicennia germinans* (mangle negro). Por otro lado, en las partes más altas del estero se encuentran asociaciones de *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Conocarpus erectus* (botoncillo) así como fragmentos de bosque dominados por *Laguncularia racemosa* (mangle blanco). El segundo fragmento se ubica en una zona de acumulación de arena y cuenta con asociaciones entre *Rhizophora mangle* (mangle rojo) y *Avicennia germinans* (mangle negro); de *Avicennia germinans* (mangle negro) con *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y

en las zonas más alejadas del espejo de agua se encuentran bosques bajos de *Conocarpus erectus* (botoncillo).

El Estero Boquillas se ubica al Sur de la población con el mismo nombre y al norte de El Ensueño. Es un bosque de manglar pequeño que cubre 11.8 ha que posee fragmentos monoespecíficos de *Rhizophora mangle* (mangle rojo) y de *Avicennia germinans* (mangle negro) que rodean el cuerpo de agua así como fragmentos dominados por *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y asociaciones de *Avicennia germinans* (mangle negro) con *Conocarpus erectus* (botoncillo).



Cocodrilo en el manglar. Fotografía: Jorge López-Portillo

I CARACTERIZACIÓN DE HUMEDALES

En la zona hay humedales de agua dulce, tanto arbóreos como herbáceos que forman manchones aislados debido al carácter rocoso de la planicie costera de este municipio. Al mismo tiempo, los humedales herbáceos se encuentran rodeados por terrenos agropecuarios. En estos terrenos se encuentran relictos de popales, tulares y pastizales inundables.

Laguna cercana a Playa Muñecos: Entre los humedales herbáceos que se pueden encontrar están los tulares de *Typha domingensis* (Figura 14). En estas comunidades la salinidad puede alcanzar hasta 5 ppm.

El Morro: Otro tipo de humedal herbáceo en la zona son los tulares que cuentan con individuos aislados de árboles de selva inundable (*Pachira aquatica*, *Salix humboldtiana*) y con especies características de popales (*Sagittaria lancifolia*, *Pontederia sagittata*, *Hydrocotyle bonariensis* y *Thalia geniculata*) en las orillas (Figura 14).

El Platanar: Los humedales herbáceos se pueden formar en depresiones del terreno, ya sea que éstas se mantengan inundadas de manera intermitente o permanente. En estas depresiones se establecen popales dominados por *Crinum erubescens* y por el helecho *Acrostichum* sp. (Figura 15). En este sitio también se establecen popales alrededor de los tulares aunque no forman grandes extensiones. Por otro lado, en las depresiones que se mantienen con agua permanente como algunas zonas de El Platanar, los espejos de agua se encuentran cubiertos por lechuguilla (*Pistia stratiotes*) y rodeados de tular o con manchones en el centro (Figura 16).



Figura 14. Humedales herbáceos. En la figura de arriba se muestra un tular de *Typha domingensis* (Fotografía: Stan Shebs, CC BY-SA 3.0); en la figura de abajo se muestra una *Sagittaria* sp., especie típica de popal encontrada frecuentemente en los tulares de la región (Fotografía: US Department of Agriculture, Public Domain).



Figura 15. En la figura de arriba se muestran tres especies de humedal herbáceo. La primera y la segunda son nativas, *Crinum erubescens* (Fotografía: Franz Xaver, CC BY-SA 3.0), una *Pontederia sagittata* (Fotografía: Meneerke bloem, CC BY-SA 3.0) y la tercera, *Pistia stratiotes* (Fotografía: Dinesh Valke, CC BY-SA 2.0). Estas especies suelen formar manchones en lo popales de Boquilla de Piedras.

En Alto Lucero predominan los pastizales secos y no los pastizales inundables. Sin embargo, hacia el norte del municipio comienzan a aparecer y son considerados como otro tipo de humedal herbáceo. En esta zona del municipio también es común la existencia de pastizales inundables transformados en potreros, mismos que tienen restos de selvas inundables. Estas selvas inundables también se encuentran bordeando zonas de manglar en varios lugares del municipio.

Los humedales arbóreos como las selvas inundables se encuentran muy deteriorados en todo el estado de Veracruz. Sin embargo, aún se pueden encontrar algunos relictos en pequeños cuerpos de agua y arroyos. Algunas especies de selva inundable que se encuentran en este municipio son: *Annona glabra*, *Inga vera*, *Tabebuia rosea*, *Pachira aquatica*, *Coccoloba* spp., varias especies de higueras (*Ficus* spp.), los helechos *Acrostichum* spp. así como individuos aislados de *Salix humboldtiana* en las orillas de los arroyos.

Boquilla de Piedras: Esta es una zona importante de vegetación de humedales arbóreos y herbáceos. En este sitio, las principales especies arbóreas son *Ficus* sp., el roble *Tabebuia rosea*, *Annona glabra* y *Salix humboldtiana*. Además, se pueden encontrar algunas plantas herbáceas que son características de estos ecosistemas como: *Pontederia sagittata*, *Hydrocotyle bonariensis*, *Xanthosoma robustum* y casi al llegar a la boca también se puede encontrar *Coccoloba* sp. y la ciperácea *Scirpus* sp. (Figura 17a-b).

Arroyo cercano al Morro: En este sitio se encuentran relictos de vegetación de humedales tanto arbóreos como herbáceos.



Figura 16. Depresiones de agua permanente cubiertas por lechuguilla o repollito (*Pista stratiotes*). Fotografía: Fabiana Hernández, CC-BY-SA-4.0.



Figura 17a. Árboles comunes en los relictos de vegetación riparia y selvas inundables. En la figura de la izquierda se muestra un árbol de *Salix humboldtiana* (Fotografía: Dick Culbert, CC-BY-SA-2.0.), especie frecuentemente acompañada de *Ficus sp.* en Boquilla de Piedras. En la figura de la derecha, se muestra un fruto de *Paqira aquatica* (Fotografía: Hans Hillewaert, CC-BYSA-2.0), árbol común en relictos de selva en el arroyo El Morro.

Entre las especies arbóreas podemos encontrar *Pachira aquatica*, *Tabebuia rosea*, *Ficus* sp., *Coccoloba* sp. e *Inga vera*. En cuanto a las especies herbáceas, en esta zona abundan *Crinum erubescens* y *Pontederia sagittata* (Figura 17a-b). Cabe mencionar que la salinidad no sobrepasa 1 ppm en ninguna de las comunidades de humedal antes mencionadas.

El Estero Boquilla de Oro: Este sitio mantiene una selva inundable dominada por varias especies de higueras, siendo la principal *Ficus pertusa* (Figura 18). De todas las selvas inundables presentes en Alto Luce-ro, la que se encuentra en este estero es la que menor tiempo de inundación presenta. Sin embargo es una zona importante, pues funciona como sumidero de carbono (Campos *et al.* 2011) y almacén de agua en el suelo.



Figura 17b. Árbol de *Tabebuia rosea* (Fotografía: Scott Zona, CCBYSA-2.0), especie común en el arroyo El Morro.



Figura 18. Selva inundable en Boquilla de Oro. En la imagen se muestra un árbol de *Ficus pertusa* y otras higueras, especies típicas de selvas inundables. Fotografía: Patricia Moreno-Casasola

I CARACTERIZACIÓN DE LAGUNAS COSTERAS

En Alto Lucero existen dos lagunas costeras que tienen un tamaño considerable, la laguna de San Agustín (compartida con Vega de Alatorre) y la Laguna Verde o Laguna de la Sal (compartida con Actopan). Entre ambas lagunas cubren 218.30 ha. Cabe señalar que la Laguna Muerta o Laguna de la Sal fue totalmente transformada por la construcción de la planta nucleoelectrónica Laguna Verde, por lo que no se consideró en este análisis.

Laguna de San Agustín se encuentra entre dos municipios: Alto Lucero y Vega de Alatorre, a 3.6 km al norte del poblado de Santa Ana y a 12.2 km al sureste del estero Laguna Grande y Laguna Chica. Esta laguna es paralela a la línea de la costa y tiene una orientación de noroeste a sureste. La laguna recibe aportes de agua dulce mediante escorrentías del terreno y por medio de diversos arroyos. Se conecta al mar a través de una boca estrecha que se cierra durante la temporada de nortes. La conexión se restablece durante la temporada de lluvias. Es en esta temporada cuando el agua del embalse alcanza altura suficiente para romper la barra arenosa. En las ocasiones que esto no sucede de manera natural, los pescadores la abren artificialmente. Los sitios de muestreo de la laguna de San Agustín se encuentran en la Figura 19.

Por su salinidad media (22.6‰) se puede considerar un sistema estuarino (10 a 20‰). Como en todas las lagunas costeras, se registran los valores más altos de salinidad en la zona cercana a la boca (sitios 1, 2 y 3) y los más bajos en la zona de influencia de agua dulce (sitios 4 y 5) (Figura

20a). Toda la laguna se encuentra bien oxigenada, y con un pH cercano a 8 (Figura 20b, c). En el caso de los nitratos se registró la mayor concentración en los sitios con influencia de agua dulce (sitios 4 y 5), pero dentro de los valores normales en las lagunas costeras (≈ 5 a $7 \mu\text{M}$, Contreras *et al.*, 1996) (Figura 20d). En el caso del amonio, el intervalo promedio de lagunas costeras fluctúa entre los 5 y los $10 \mu\text{M}$ (Contreras *et al.*, 1996) y en esta laguna fluctuó entre 4.1 y $12.6 \mu\text{M}$. La zona con mayor concentración de amonio fue la cercana a la boca (Figura 20). Finalmente, el fósforo total varió entre 9.5 y $12.5 \mu\text{M}$, el promedio de lagunas costeras varía entre 5 y $10 \mu\text{M}$ (Contreras *et al.*, 1996). Todos estos valores sugieren que la laguna de San Agustín está eutrofizada. Sin embargo, estos resultados corresponden a la época de secas. Debido a que estos ecosistemas tienen una amplia variabilidad en el tiempo y el espacio, se sugiere la implementación de un monitoreo que incluya otras épocas del año, principalmente la época de lluvias.

La Laguna Verde se localiza en el kilómetro 42.5 de la carretera federal Cardel-Nautla, en la localidad denominada Punta Limón. La laguna abarca una superficie aproximada de 56 ha. Esta laguna no tiene conexión con el mar y su coloración verde es indicadora de una gran cantidad de algas verdes.

Estos resultados sugieren que los esteros de Palma Sola y El Ensueño tienen mejor calidad de agua que los de Boca de Ovejas y Santa Ana. Esto puede estar relacionado con el uso de suelo. Palma Sola se encuentra en una matriz del paisaje en donde el uso de suelo más común es el pastizal (50%) y la vegetación secundaria

(36%); mientras que la agricultura (8%) y los asentamientos humanos fueron muy bajos (Figura 13). En cambio, en Boca de Ovejas y Santa Ana, las altas concentraciones de nutrientes pueden estar relacionadas con un mayor porcentaje de uso de suelo dedicado a la agricultura (18%) ya que con frecuencia se utilizan fertilizantes que escurren a los ríos y terminan en las lagunas (Figura 13).

Además, en este municipio se encuentran sistemas estuarinos pequeños cercanos a poblaciones. Ejemplos de estos esteros cercanos a poblados son: el estero de Palma Sola, del poblado El Ensueño, el estero de Boca de Ovejas y el de Santa Ana (Figura 21).

En época de secas, estos sistemas son oligohalinos (0.24 a 6.6‰) debido a una alta influencia de agua dulce (Figura 22a).

Solo en el estero Boquilla, cercano al poblado El Ensueño, se registró una salinidad de 13.5 ‰. Dicha salinidad se debe a que tiene una mayor influencia del mar.

Los sistemas de Palma Sola, El Ensueño y Santa Ana estuvieron bien oxigenados (>7 mg/L) (Figura 22b). En contraste, en el estero de Boca de Ovejas se registró una concentración baja de oxígeno (3.8 mg/L).

Esta baja concentración de oxígeno sugiere la presencia de materia orgánica en descomposición que puede provenir de los sistemas agrícolas y poblados cercanos.

El pH de los sistemas Palma Sola, El Ensueño y Santa Ana fue mayor a 7, como se espera en este tipo de sistemas. Sin embargo, los esteros de Palma Sola y El Ensueño registraron los valores más básicos, posiblemente, por la influencia marina (Figura 22c).



Cuerpo de agua en Alto Lucero. Fotografía: Gerardo Sánchez Vigil

Las concentraciones de nutrientes en el agua varían de un sistema estuarino a otro. Por ejemplo, en Palma Sola y El Ensueño, se encontraron concentraciones bajas de nitratos (8.6 y 0 μM), amonio (4.5 y 7.5 μM) y fósforo total (4.4 y 2.3 μM). En contraste, en Boca de Ovejas y Santa Ana se registraron mayores niveles de concentración de nitratos (52.5 y 58.3 μM); amonio (11.23 y 8.5 μM); y fósforo total (7.71 y 12.29 μM) (Figura 22d, e, f).

La Laguna Muerta o Laguna de la Sal se localiza en el km 40 de la carretera federal 180, en Punta Limón, dentro de los terrenos ocupados por las instalaciones de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde, de la Comisión Federal de Electricidad y a 2.4 km de El Viejón. La mayor parte de las aportaciones de agua de esta laguna proviene de la planta nucleoeléctrica y actualmente se conecta al mar a través de un canal artificial. |



Figura 19. Sitos de muestreo de parámetros físicoquímicos en la laguna de San Agustín.

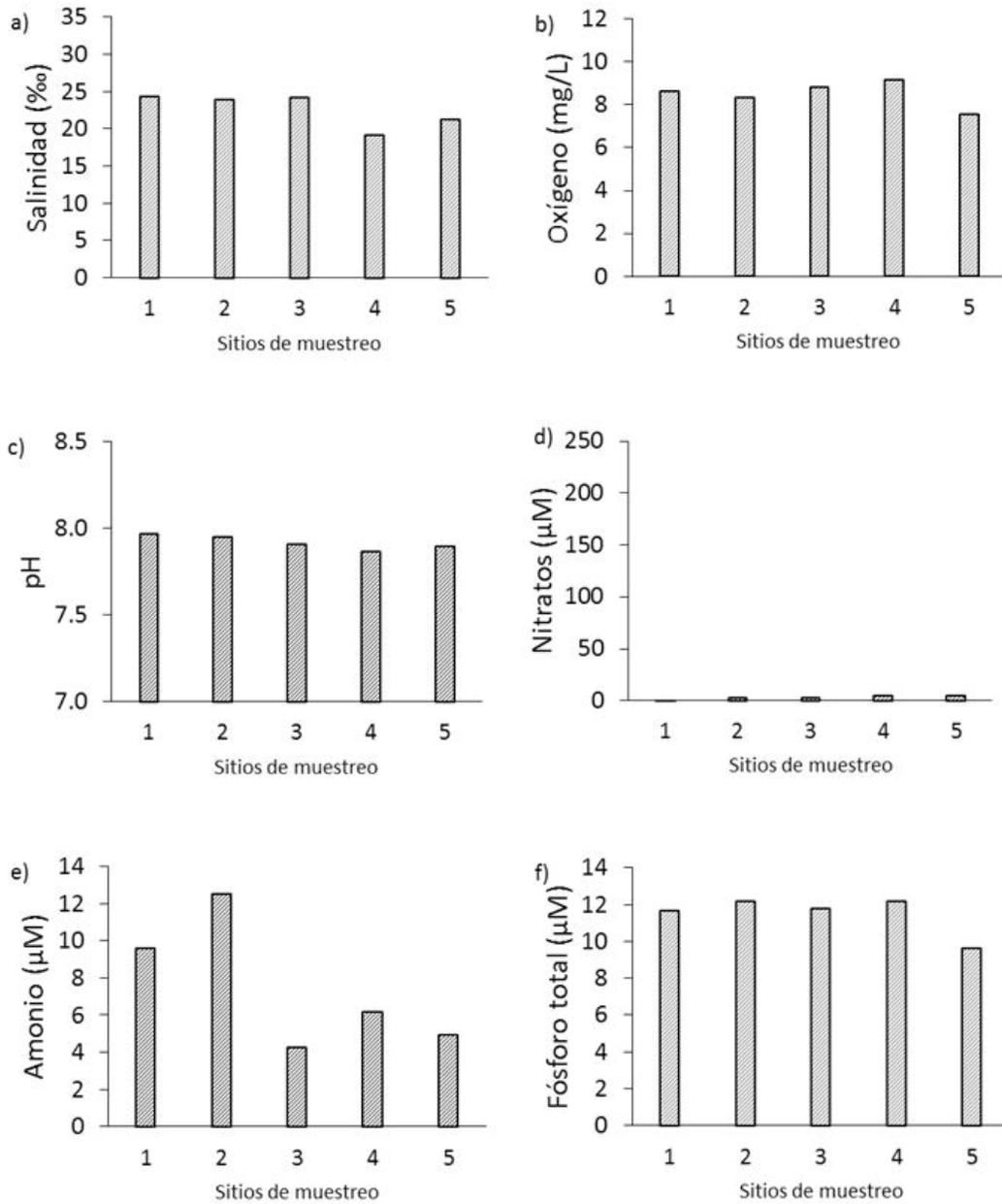


Figura 20. Valores promedio de salinidad (a), oxígeno disuelto (b), pH (c), nitratos (d), amonio (e) y fósforo total (f) en la laguna de San Agustín.

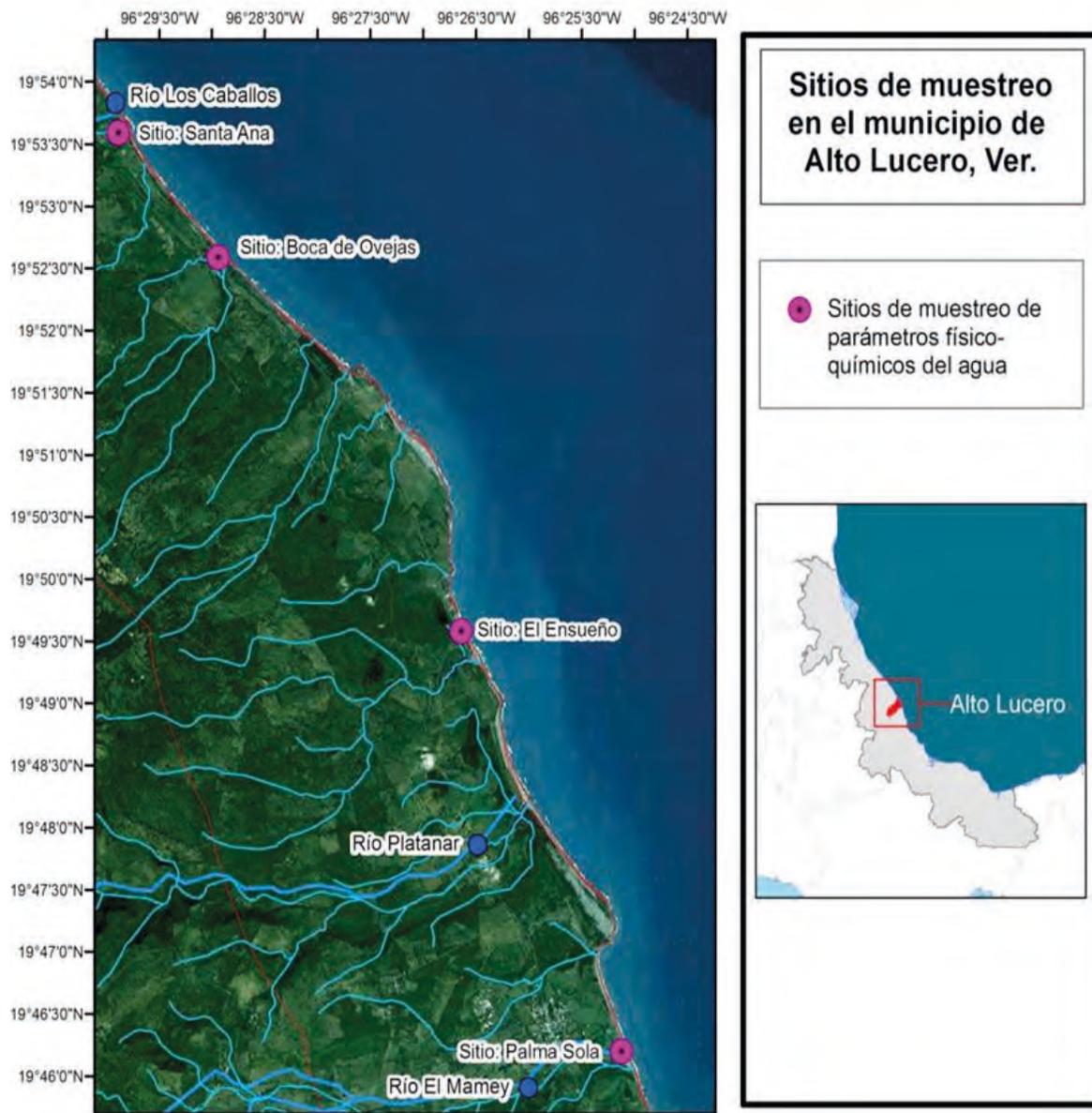


Figura 21. Ubicación de los sitios de estudio en cada sistema estuarino cercano a Palma Sola (a), El Ensueño (b) y Boca de Ovejas y Santa Ana (c)..

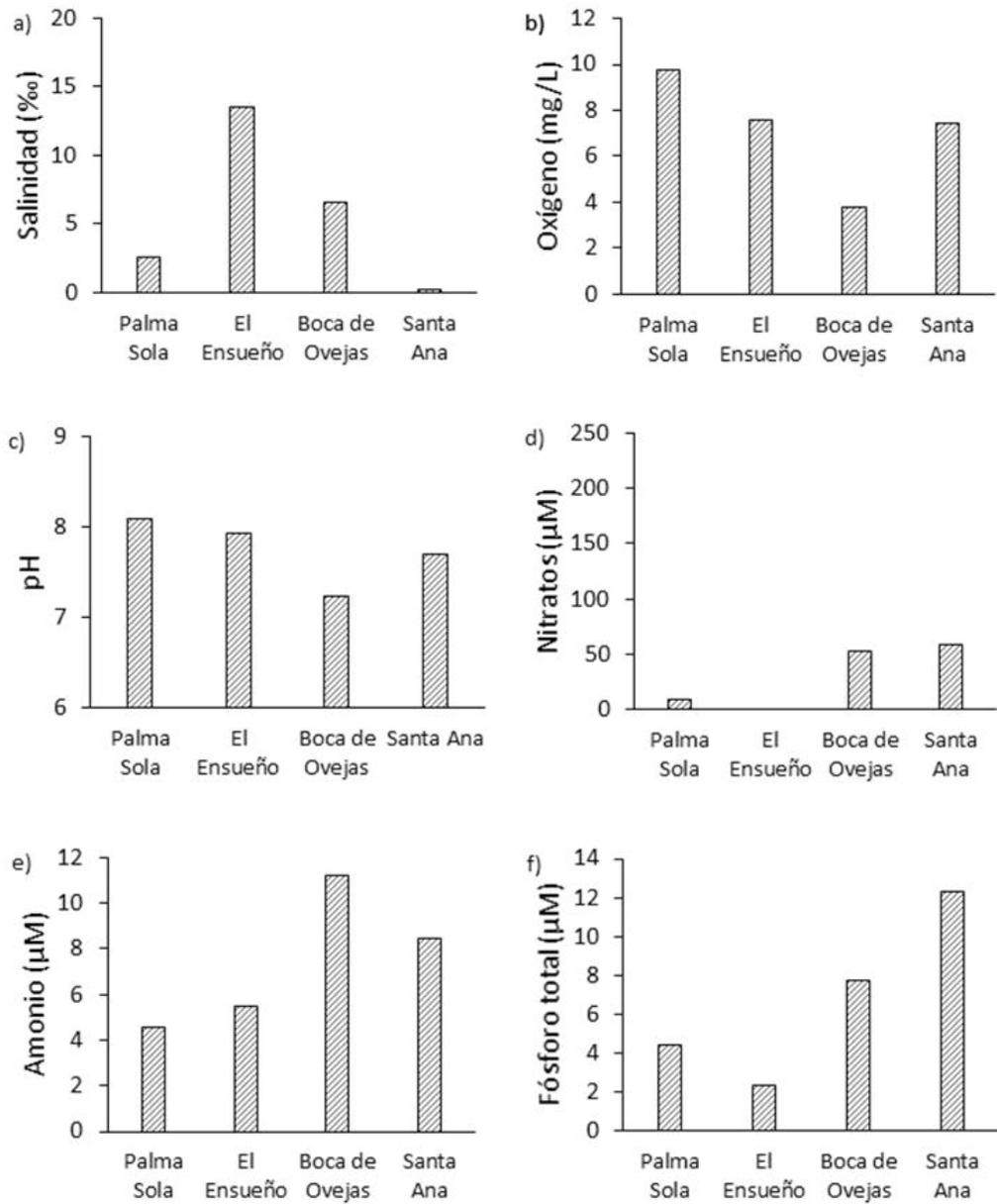


Figura 22. Valores promedio de salinidad (a), oxígeno disuelto (b), pH (c), nitratos (d), amonio (e) y fósforo total (f), de los esteros cercanos a los poblados de Palma Sola, El Ensueño, Boca de Ovejas y Santa Ana.

I Capítulo 4.

CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y PRESERVACIÓN DE ECOSISTEMAS COSTEROS

Esta región está incluida en diferentes zonas sujetas a protección especial: Región Terrestre Prioritaria Encinares tropicales de la planicie costera veracruzana (RTP-104), Región Terrestre Prioritaria Dunas Costeras del Centro de Veracruz (RTP-123), así como en la Región Prioritaria Marina Laguna Verde-Antón Lizardo (RPM-49). Se ubica al norte del Área de Importancia para la Conservación de las Aves nombrada Centro de Investigaciones Costeras la Mancha (CICOLMA) (AICA-149) y además es parte del sitio Ramsar La Mancha-El Llano (1336).

I PLAYAS Y DUNAS COSTERAS

Es importante delimitar la zona bajo administración de la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT), tomando en cuenta las tasas de erosión costera, los valores de la zona y hacer público el resolutivo.

Las dunas de Alto Lucero se consideran como una zona de gran vulnerabilidad frente a procesos hidrometeorológicos naturales (Ej. huracanes, marejadas) y también a la influencia de las actividades humanas (Martínez *et al.*, 2006).

En este municipio resalta el caso de las dunas de San Agustín, en donde las actividades humanas son escasas, por lo que tienen poco impacto. Sin embargo, este sistema de dunas está en registro porque de todas las zonas de la costa veracruzana que cuentan con dunas costeras, las dunas de Alto Lucero son las únicas que carecen por completo de denominación especial o prioritaria para su cuidado y conservación.

El índice Re-Duna indica las siguientes acciones para distintos puntos de las playas y dunas de este municipio: en Santander y Punta Delgada la conservación y en Boca de Ovejas la restauración (Lithgow *et al.*, 2015).



En Boca de Ovejas se observa un impacto humano relativamente alto. Dicho impacto se debe, principalmente, a las actividades turísticas y a la ubicación de infraestructura hotelera sobre las dunas. La invasión y fijación de las dunas ha limitado la dinámica natural de los sedimentos de la playa y con ello se han generando procesos de erosión severa.

En general, se considera que las dunas del municipio de Alto Lucero están en un buen estado de conservación ya que más del 60% fueron diagnosticadas con estatus de muy bueno a bueno (Figura 23). Solamente el 17% de las dunas de este municipio se consideran en un estado de conservación regular y el 18% muy malo (Martínez *et al.*, 2014). La dinámica de las dunas transgresivas sin vegetación hace que las actividades en esta zona deban restringirse a infraestructura removible y evitar cualquier obra perpendicular a la costa que modifique el patrón de transporte sedimentario.

El índice de vulnerabilidad es bajo (Martínez *et al.*, 2006). El oleaje, el efecto del viento y los numerosos arroyos que desembocan en el mar son los principales factores que controlan la dinámica sedimentaria. Aunque las amenazas principales son los cambios de uso de suelo para actividades agropecuarias y ganaderas (potreros), no debe soslayarse el efecto nocivo de las estructuras marítimo costeras que se han construido (López-Portillo *et al.*, 2011).

Los campos de dunas costeras transgresivas móviles y semimóviles del municipio de Alto Lucero se presentan de manera fragmentada a lo largo de la línea de costa. Estos campos deben conservarse ya que son los bancos de arena a partir de la cual se nutren las playas.

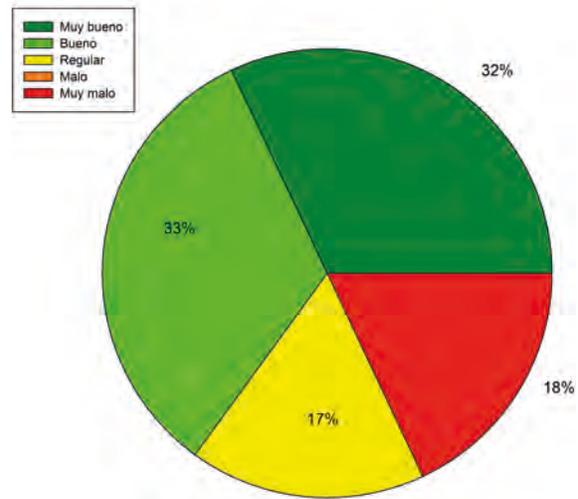


Figura 23. Estado de conservación de las dunas costeras del municipio de Alto Lucero, con base en el diagnóstico de Martínez *et al.* (2014).



Especies comunes de las playas y dunas frontales de la región. Arriba se muestra un Gavilán de Cooper (Fotografía: Roberto Monroy, CC BY-SA 2.0) y abajo una *Ipomoea pes-caprae* (Fotografía: Leonora Enking, CC BY-SA 2.0)

I MANGLARES

La conservación de los sistemas de manglar que se localizan en este municipio (Laguna Muerta, Laguna de San Agustín, Boquilla de Oro, El Ensueño y Boquillas) es una acción prioritaria. Dichos sistemas están amenazados por diferentes procesos. En los casos de los Esteros El Ensueño y Boquillas, están amenazados por los cambios de uso de suelo hacia actividades agropecuarias, así como la sobre-explotación de madera (López-Portillo *et al.*, 2011).

Esta región tiene un alto valor para la conservación y está incluida en diferentes zonas sujetas a protección especial: Regiones Terrestres Prioritarias Encinares Tropicales de la Planicie Costera Veracruzana (RTP-104) y Dunas Costeras del Centro de Veracruz (RTP-123), así como la Región Prioritarias Marina Laguna Verde-Antón Lizardo (RPM-49).

Se ubica al norte del Área de Importancia para la Conservación de las Aves nombrada Centro de Investigaciones Costeras la Mancha (CICOLMA) (AICA-149) y además es parte del sitio Ramsar La Mancha-El Llano (1336).

I HUMEDALES

Las selvas inundables que aún se encuentran en la zona están amenazadas por el crecimiento de los terrenos ganaderos. Solo quedan pequeños manchones bordeando los manglares o formando pequeños manchones en depresiones.

La selva inundable de higueras, donde predomina *Ficus pertusa*, es uno de los tipos de vegetación más amenazados y que necesitan más acciones de conservación y recuperación. Esta selva se encuentra, principalmente, en el estero de Boquilla de Oro.



Aguiluilla gris (*Asturina nitida*) de Alto Lucero. Fotografía: Roberto Monroy, CC BY-NC-SA 2.0

Uno de los principales motivos por los cuales la selva inundable de higueras es el tipo de humedal arbóreo que más se ha taldado, es su periodo natural de inundación. Esto se debe a que permanece inundada solamente dos o tres meses al año. Por lo anterior, ha sido fácilmente convertida en potrero.

En selvas inundables, la densidad aparente del perfil de suelo, hasta 1.60 m de profundidad, oscila entre 0.26 y 0.52 o sea que son suelos muy porosos y almacenan cerca de 800 L m⁻². Esto equivale a almacenar entre 7 y 8 veces su peso en agua (Figura 24).

La cantidad de carbono almacenado en el suelo (Figura 25) en promedio es de 52 kg m⁻² (Campos *et al.*, 2011). Ello habla de una importante función ambiental de secuestro de carbono y almacenamiento de agua, ayudando a mitigar inundaciones durante huracanes o tormentas tropicales. Esto cobra importancia en escenarios de cambio climático.

La vegetación riparia, formada por selvas inundables a los lados de los arroyos, tiene gran importancia pues mantiene los flujos de agua. Sin embargo, este es uno de los tipos de humedales que más se han taldado en el país, por lo que su conservación es urgente.

En Alto Lucero aún se conserva una representación de las principales especies de dicha selva como *Pachira aquatica*, *Annona glabra*, *Inga vera* y diversas higueras (*Ficus spp.*).

La conservación y restauración de las selvas inundables también tendría un papel clave para la fauna pues son corredores que ayudan a mantener la biodiversidad de la región.

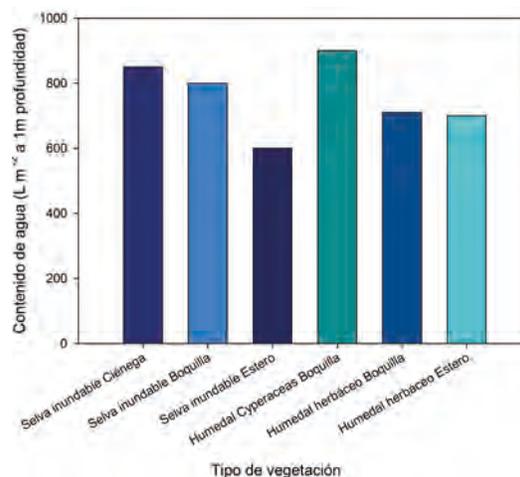


Figura 24. Contenido de agua en el suelo de las selvas inundables y de los popales/tulares. Ambos tipos de ecosistemas son capaces de almacenar grandes cantidades (tomado de Campos *et al.*, 2011).

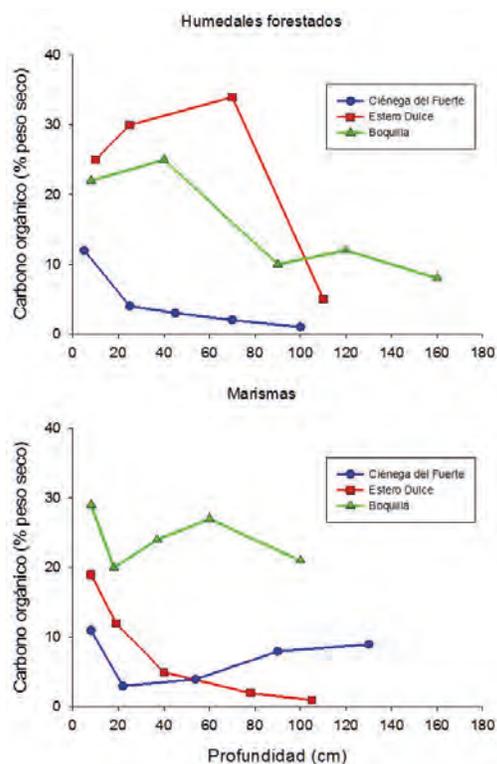


Figura 25. Contenido de carbono en los suelos de selvas inundables y de popales/tulares. Se muestra que el sitio Boquilla de Oro tiene altos contenidos de carbono (tomado de Campos *et al.*, 2011).

I LAGUNAS COSTERAS Y ESTEROS

Laguna de San Agustín: Los análisis mostrados en el presente documento sugieren que la laguna está eutrofizada. Sin embargo, estos resultados corresponden a la época de secas, por lo que habría que hacer un monitoreo en otras épocas del año, principalmente en lluvias, ya que estos ecosistemas tienen una amplia variabilidad en el tiempo y el espacio.

Laguna Verde: Esta laguna no tiene conexión con el mar y su coloración verde es indicadora de una gran cantidad de microalgas. Posiblemente se encuentre eutrofizada.

Laguna Muerta: La mayor parte de las aportaciones de agua de esta laguna provienen de la planta nucleoelectrónica Laguna Verde y actualmente se conecta al mar a

través de un canal artificial. Es posible que esté amenazada por contaminación de esta planta nucleoelectrónica.

Esteros de Palma Sola y El Ensueño: Los resultados aquí presentados sugieren que estos esteros tienen mejor calidad del agua que los de Boca de Ovejas y Santa Ana. La diferencia en la calidad del agua puede estar relacionada con el uso de suelo del paisaje circundante. |



Potrero cercano a un cuerpo de agua en Alto Lucero. Fotografía: Gerardo Sánchez Vigil



Ibis blanco (*Eudocimus albus*) en poterero que bordea cuerpo de agua. Fotografía: Roberto Monroy (CC BY-NC-SA 2.0)

I Capítulo 5.

DIAGNÓSTICO Y ZONIFICACIÓN

El municipio de Alto Lucero presenta una costa muy irregular con varias desembocaduras de ríos, bocas lagunares, promontorios rocosos y estructuras artificiales que hacen que contenga un total de 17 celdas litorales (Figura 2a-d).

El transporte de sedimentos en la costa es predominante hacia el Sur con algunas regiones de transporte transversal dirigido a tierra, tanto por viento como por el oleaje (Figura 6).

El municipio tiene playas tanto de arena como rocosas. Aunado a lo anterior, la línea de costa es heterogénea ya que cuenta con tramos rectos, curvos y encajados.

La ocupación de la costa es poca y, con excepción de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde, tiene baja densidad de población con solo algunas localidades rurales y caseríos.

Se recomienda privilegiar la conservación en las zonas de dunas móviles y mantener la ocupación de playas arenosas.

En lo general, las actividades en este municipio se recomiendan de muy baja densidad y de carácter sustentable. Estas acciones deben estar enfocadas en la conservación y en la restauración del equilibrio dinámico litoral así como en la conservación de los valores ecológicos existentes en la zona.

Se debe priorizar la conservación y restauración de los humedales, especialmente de las selvas inundables así como el control de la calidad del agua en las lagunas y esteros del municipio.

En el Cuadro 7 se muestra un resumen de las principales características de este municipio y en el Cuadro 8 se muestran a manera de semáforo los usos para los que esta costa puede ser apta y no apta.

En términos generales, y de acuerdo con las características físicas, geomorfológicas y biológicas, la costa de Alto Lucero se puede zonificar en seis regiones. Estas regiones comparten las problemáticas y las acciones recomendables son contrastantes. Abajo se detallan estas recomendaciones a nivel de cada ecosistema analizado.



Cuadro 7. Síntesis diagnóstica de la zona costera del municipio de Alto Lucero, Ver.

OBSERVACIONES

- Los procesos erosivos en la costa se deben al cambio de uso de suelo.
- También se cuenta con zonas de acreción.
- El transporte predominante de sedimentos es de Norte a Sur.
- En este municipio se intercalan celdas con playas arenosas y con costas rocosas, las cuales aportan sedimentos a las playas. Este municipio junto con la zona de Los Tuxtlas, son las únicas regiones de Veracruz con playas rocosas.
- En la zona Sur de este municipio se ubica la central nucleoelectrónica Laguna Verde, por lo que no se recomienda promover el desarrollo de asentamientos humanos en estas celdas.
- En la zona Norte del municipio hay zonas de playas intercaladas con zonas rocosas con un desarrollo turístico muy incipiente.
- En las playas de la central nucleoelectrónica se produce desove de tortugas. Además hay un campo tortuguero en Lechuguillas y otro en Santander.

Cuadro 8. Semáforo de acciones para la zona costera del municipio de Alto Lucero.

SEMÁFORO DE ACCIONES		CELDA 1, 4, 8, 12, 15	CELDA 11, 13, 17	CELDA 2, 16
		Actividades y permisos altamente restringidos.	Actividades y permisos altamente restringidos.	Actividades y permisos con regulación moderada.
VALORES	Geomorfológicos	Alto. Zona de grandes extensiones de dunas móviles, y en particular la Celda 8 es un sistema de dunas con el litoral formado por acantilados, lo cual lo hace muy particular.	Zonas de playa arenosa y rocosa, dunas frontales y promontorios.	Media. Zona de dunas semimóviles con algunos humedales en la parte posterior.
	Ecológicos	Medio. Baja cobertura vegetal, con especies endémicas de México. Celda 1 con laguna interdunaria.	Zona altamente vulnerable por ser el área de influencia de la nucleoeléctrica Laguna Verde.	Medio. Baja cobertura vegetal en las dunas, con especies endémicas de México.
PROBLEMÁTICA	Erosión	En la zona hay transporte de arena por viento por lo que estas dunas son una fuente importante. Costa estable con erosión casi nula.	En la zona hay transporte de arena por viento por lo que estas dunas son una fuente importante. Celda estable con poco desplazamiento de la costa.	Celda estable con poco desplazamiento de la costa.
	Asentamientos afectados	Baja. No hay poblados.	Baja. No hay poblados.	Baja. No hay poblados.
	Infraestructura de Protección	Nulo	Muy alta. Por la presencia de estructuras de Laguna Verde y por el dragado permanente de arena.	Nulo
SEMÁFORO DE ACCIONES		CELDA 6, 7, 14	CELDA 3, 5	CELDA 9, 10
		Actividades y permisos con regulación moderada.	Actividades y permisos con regulación moderada específicamente sobre densidad y ubicación de construcciones.	Actividades y permisos con regulación moderada específicamente sobre densidad y ubicación de construcciones.
VALORES	Geomorfológicos	Media. Zona de dunas semimóviles y zonas inundables en la parte posterior.	Bajo. Litoral rocoso.	Bajo. Litoral arenoso con playas rectas con dunas frontales estabilizadas.
	Ecológicos	Medio. Para las dunas, con baja cobertura vegetal, con especies endémicas de México Alta. Para los humedales salobres y de agua dulce bien conservados paralelos a la costa bordeando las dunas.	Baja. Matorrales aislados.	Baja. Dunas estabilizadas con pastos y algunos matorrales aislados.
PROBLEMÁTICA	Erosión	Celda con procesos erosivos moderados.	La celda 3 tiene procesos de acumulación y la celda 5 procesos de erosión muy bajos.	Celdas estables con procesos de erosión muy bajos.
	Asentamientos afectados	Baja. Muy pocos caseríos.	Casi no hay construcciones.	Baja densidad de asentamientos turísticos, cerca de la ciudad de Palma Sola.
	Infraestructura de Protección	Nulo	Nulo	Nulo

I MANEJO DE LA ZONA MARINA, PLAYA, MANGLARES Y HUMEDALES DE AGUA DULCE

Las recomendaciones para el manejo de la zona marina, playa, manglares, humedales de agua dulce, lagunas costeras y esteros se enlistan a continuación. Se hace énfasis en algunas recomendaciones particulares para cada uno de los ecosistemas costeros presentes en el municipio. Se detallan las acciones de manejo que son consideradas como aptas y no aptas para la zona.

ZONA MARINA

ACTIVIDADES ECONÓMICAS ACTUALES:

Pesca extractiva.

ACTIVIDADES ECONÓMICAS POTENCIALES:

Deportes acuáticos, cultivo parcial de fauna de interés comercial como pulpos, ecoturismo, pesca deportiva.

MANEJO - APTO:

- Apto para nadar, con precauciones en invierno.
- Se permiten deportes acuáticos. Si se construye un muelle este debe estar piloteado en toda su extensión.
- Se debe establecer un plan de manejo de pesca responsable y sustentable acordado con la cooperativa.
- Buceo en zona arrecifal.

MANEJO - NO APTO:

No se permite la construcción de espigones, escolleras, muelles de madera, puertos. Se debe monitorear el funcionamiento de los rompeolas y buscar alternativas para recuperar la playa, que pueden incluir hasta la reubicación o retiro de infraestructura.

PROTECCIÓN:

La zona del arrecife requiere un manejo adecuado para garantizar su protección.

ZONA DE PLAYA Y DUNAS FRONTALES

ACTIVIDADES ECONÓMICAS ACTUALES:

Restaurantes rústicos y permanentes, asentamientos urbanos.

ACTIVIDADES ECONÓMICAS POTENCIALES:

Proyecto de restauración de playas, restaurantes móviles sobre la playa y deportes de playa.

MANEJO - APTO:

- Delimitar la zona bajo administración de ZOFEMAT tomando en cuenta tasas de erosión y haciendo público el resolutivo.
- El litoral está constituido por playas de arena por lo que las nuevas construcciones deben hacerse sobre pilotes.
- La construcción de infraestructura debe ser de madera, piloteada (Ej: casas tipo palafito o andadores), detrás de la cara posterior del primer cordón de dunas y sin invadir la corona o cresta.
- Se procurará que la orientación de las construcciones disminuya la superficie de choque del viento, con base en los estudios de vientos correspondientes. Se recomienda orientarlas en sentido que genere la mínima resistencia al viento (norte-sur).
- Cuando se utilice cimentación directa para edificar cualquier construcción. Dicha cimentación solo se puede establecer si la pendiente del terreno es menor a 20° a una distancia de 100 metros de la cresta del primer cordón de dunas.
- Debe garantizarse el acceso a la playa, por ejemplo, por accesos que deben ser inscritos en actas en el cabildo municipal.

MANEJO - NO APTO:

- Debido a la presencia de erosión, la playa no es apta para construcción en los primeros 20 m de zona federal y se recomienda que las construcciones se hagan sobre pilotes.
- Introducción de especies exóticas e invasoras.
- Tránsito vehicular por la playa o estacionarse en la misma.
- Aplanamiento de la playa.

CONSERVACIÓN Y/O RESTAURACIÓN:

- La playa debe ser conservada y restaurada cuando sea necesario para proteger tanto a los ecosistemas como a los habitantes.

INVESTIGACIÓN Y MONITOREO:

- El ecoturismo y construcciones turísticas de baja densidad sobre pilotes son deseables.

DUNAS TRANSGRESIVAS Y PARABÓLICAS

ACTIVIDADES ECONÓMICAS ACTUALES:

- Vehículos 4x4 sin permisos ni control de número, área. etc.
- Pastoreo.

ACTIVIDADES ECONÓMICAS POTENCIALES:

Club de vehículos 4x4, pastoreo, turismo sustentable, ecoturismo, deportes sobre arena. Se requiere un plan de manejo que incluya la capacidad de carga de todas las actividades anteriores.

MANEJO - APTO:

- Los vehículos 4x4 solo se permitirán en un área designada para ello oficialmente, a través de convenios municipio-clubs deportivos y estableciendo un pago para obras de restauración de dunas.
- El establecimiento de estructuras temporales como camastros y casas de campaña para actividades de ecoturismo.

MANEJO - NO APTO:

En dunas mayores a 6 m de altura con cobertura vegetal menor al 90% no se debe permitir la construcción de infraestructura temporal o permanente, que ponga en riesgo su estabilidad.

CONSERVACIÓN:

- Zona con alto valor geo-ecológico, debe prevenirse la alteración por infraestructuras o actividades que pongan en peligro su riqueza.
- Conservación de las dunas mediante un plan de manejo que incluya la zonificación y estudio de capacidad de carga para cada actividad, incluyendo deportivas y pastoreo, así como el decreto de conservación de la otra zona para proporcionar protección natural y sedimentos a la playa e infraestructura de ese trecho.
- Se permite ecoturismo y construcciones turísticas de baja densidad.

RESTAURACIÓN:

- Proyecto de restauración de dunas como parte del plan de manejo de la actividad de vehículos 4x4 y motocicletas.

PROTECCIÓN:

- Establecer conjuntamente con SEDEMA y CONANP un área protegida en la zona de mayor riqueza geomorfológica y ecológica; incluyendo las hondonadas que son zona de anidación y descanso de aves.
- Se debe priorizar la conservación de los campos dunares que alimentan la playa donde se desarrollan actividades turísticas y protegen de los vientos del norte.

HUMEDALES DE AGUA DULCE

ACTIVIDADES ECONÓMICAS ACTUALES:

Pastoreo.

ACTIVIDADES ECONÓMICAS POTENCIALES:

Ecoturismo, pastoreo de baja densidad (una cabeza por hectárea).

MANEJO - APTO:

- Impulsar la delimitación de los humedales por parte de CONAGUA haciendo público el resolutivo.
- Accesos por medio de pasarelas que no interrumpan los flujos de agua.
- Caminos y/o carreteras con pasos de agua frecuentes y sobre pilotes.
- Creación de humedales artificiales para limpiar el agua.
- UMAs para extracción de materiales para artesanías, construcción, etc. cuando exista el permiso por parte de SEMARNAT.
- Ganadería de baja intensidad (una cabeza por hectárea), sin modificar la hidrología o composición florística del humedal.

MANEJO - NO APTO:

- Construcción de drenajes que dessequen humedales, canalización, o relleno de humedales.
- Introducción de especies exóticas e invasoras.
- Establecimiento de caminos que obstruyan el flujo de agua que alimenta a manglares y humedales de la zona.
- En zonas de humedales (actual o pasada) no se permite la construcción de infraestructura permanente.
- Uso de agroquímicos en cultivos y zonas de pastoreo ubicadas sobre humedales.

CONSERVACIÓN:

- Promover la investigación y monitoreo que permitan proveer información para la toma de decisiones.
- Ecoturismo y construcciones turísticas de baja densidad sobre pilotes.
- Promover la reforestación con especies nativas en la orilla de los ríos.

RESTAURACIÓN:

- Se deben impulsar acciones de restauración de selvas inundables, popales y tulares en las zonas donde están degradados.
- Recuperar el gradiente manglar-selva inundable.

PROTECCIÓN:

Se deben proteger los últimos relictos de selva inundable que existen en este municipio.

LAGUNAS COSTERAS Y ESTEROS

ACTIVIDADES ECONÓMICAS ACTUALES:

Pesca.

ACTIVIDADES ECONÓMICAS POTENCIALES:

Pesca, acuacultura, ecoturismo.

MANEJO - APTO:

- Delimitar la zona bajo administración de ZOFEMAT haciendo público el resolutivo.
- Pesca en lagunas y canales, por ejemplo de camarón de río.
- UMAs de tortugas de agua dulce, cocodrilos y otras especies silvestres de humedales.
- Establecimiento de embarcaderos rústicos.
- Establecimiento de actividades de acuacultura con tratamiento de agua de desecho con niveles de calidad de agua de acuerdo con la normatividad vigente.

MANEJO - NO APTO:

- Modificación permanente de la dinámica de apertura de la boca, a menos que se demuestre mediante un estudio de modelación del intercambio de agua y sedimentos.
 - Dragado de cuerpos de agua, a menos que se demuestre la necesidad por medio del estudio ambiental correspondiente.
 - Desagüe de aguas residuales de ningún tipo sin tratamiento previo.
- Introducción de especies exóticas e invasoras.

CONSERVACIÓN:

- Promover la investigación y monitoreo que permitan proveer información para la toma de decisiones.
- Ecoturismo y construcciones turísticas de baja densidad sobre pilotes.
- Riego por goteo en las orillas.
- Se debe impulsar conjuntamente con CONAGUA la depuración del agua, evitando el vertimiento de aguas negras en los ríos y arroyos que desembocan en la costa.
- Conjuntamente con CONAGUA se deben desazolvar los canales de navegación en el estero y el río, para dar vida al mismo, tanto económica como de recreación.
- La apertura o cierre de las barras deben ser de acuerdo con su dinámica natural.

RESTAURACIÓN:

- Se deben impulsar acciones de restauración de pastos marinos y calidad de agua en las zonas donde se requiere.

I RESUMEN DE RECOMENDACIONES DE MANEJO RELEVANTES

RECOMENDACIONES GENERALES

1. No introducir especies exóticas ni invasoras.
2. Facilitar actividades de investigación y monitoreo.
3. Regular y controlar los cambios de uso de suelo y la pérdida de ecosistemas naturales.
4. Fortalecer y fomentar actividades de educación ambiental

De acuerdo al análisis realizado:

PLAYAS Y DUNAS COSTERAS

1. Las construcciones sobre las playas deben estar cimentadas sobre pilotes: (a) si son temporales su desplante deben estar coronado a 3.83 m sobre el Nivel de Bajamar Media Inferior, y (b) si son permanentes a 4.23 m sobre el Nivel de Bajamar Media Inferior. Ver la Volumen B Recomendaciones Generales y los resultados del apartado “Dinámica marina” de este documento.
2. Las dunas transgresivas de este municipio en general se encuentran en un buen estado de conservación. Se recomienda mantener esta tendencia.
3. En caso del desarrollo de polos turísticos, se deben conservar las dunas móviles ya que por un lado ofrecen importantes servicios ambientales como la belleza escénica, la recreación y la protección contra tormentas; y por otro lado, porque la alta movilidad del sustrato pone en riesgo a la infraestructura.

MANGLARES

1. Delimitar la zona federal considerando que los 20 m de distancia deben ser a partir del nivel máximo de embalse de la laguna, el estuario u otro cuerpo de agua.
2. Cualquier obra o intervención debe comprometerse a mantener el flujo hídrico desde y hacia el manglar.
3. Evitar el desmonte de los manglares en las colindancias con los potreros.
4. Evitar la ampliación de los potreros a costa de los manglares colindantes.
5. Recuperar la cobertura vegetal original en sitios perturbados. Reforestar las orillas de ríos, lagunas y esteros para recuperar y mantener o mejorar la calidad del agua.
6. Integrar a las comunidades locales a los proyectos de rehabilitación hidráulica y de restauración de manglar.
7. No verter aguas negras o grises en el cuerpo de agua sin haberlas tratado previamente. Promover la instalación de una infraestructura para el tratamiento de las aguas y desechos sólidos que sea proporcional al tamaño de los asentamientos humanos para dar atención adecuada a esta problemática, pues puede convertirse en un problema crónico.
8. Evitar las modificaciones artificiales en el flujo de sedimentos.
9. Realizar solo pesca de bajo impacto y promover la construcción de muelles de calidad que permitan el libre flujo de agua.
10. Fortalecer la legislación relativa a la protección de flora y fauna en los manglares (por ejemplo, prohibir la cacería o la colecta de organismos que suelen venderse ilegalmente, como pericos o serpientes).

HUMEDALES

1. Este municipio forma parte del Eje Neovolcánico por lo que los humedales no son abundantes. Se forman en el borde entre las dunas y las tierras bajas de la planicie costera.
2. Es una zona con un flujo subsuperficial importante proveniente de los escurrimientos de la sierra y la infiltración del agua de lluvia en las zonas de dunas. Lo anterior favorece la aparición de afloramientos del manto freático y la formación de humedales. Además, el flujo subsuperficial es lo que da vida y mantiene no solo a los humedales de agua dulce, sino también al manglar. Por lo tanto se debe evitar que los asentamientos constituyan a través de sus cimientos, muros que impidan el paso del agua. Este manejo debe hacerse mediante reglas de densidad y de construcción, en función de la zona.
3. Los humedales y manglares limpian el agua de escurrimiento y mantienen la calidad de agua de las lagunas costeras, tanto para las pesquerías, la vida silvestre y la recreación. Por tanto las construcciones en humedales, cuando se permiten, deben ser sobre pilotes.
4. Se debe evitar el uso y propagación del fuego en los humedales herbáceos y/o su desecación, o relleno.
5. Los humedales herbáceos de mayor valor se encuentran en una laguna interdunaria rodeada de humedales herbáceos, que es usada por aves migratorias por lo que se recomienda su conservación.
6. Los humedales arbóreos de mayor importancia se encuentran en los esteros de algunos ríos y son aquellos en los que aún se encuentran especies representativas de selva inundable.

LAGUNAS COSTERAS Y ESTEROS

1. La laguna de San Agustín muestra indicios de contaminación debido a su concentración de nutrientes relativamente elevada. Por lo anterior, está eutrofizada. Se debe hacer un monitoreo anual para tener un mejor diagnóstico y a partir de éste implementar las acciones necesarias para mejorar la calidad del agua.
2. Los esteros de Palma Sola y El Ensueño tienen mejor calidad del agua que los de Boca de Ovejas y Santa Ana. Estos últimos tienen altas concentraciones de nutrientes que pueden estar relacionadas con las descargas de aguas residuales de las poblaciones cercanas, y también por los aportes que reciben de cuenca arriba. El cambio de uso del suelo también afecta la calidad del agua, por lo que sería recomendable reforestar las orillas de los ríos que drenan hacia estos esteros. La vegetación ribereña tiene diferentes funciones, entre ellas retener sedimentos y nutrientes. Estas acciones ayudarían a reducir la cantidad de sedimentos que podrían llegar a los sistemas provocando su azolvamiento, así como se reducirían también la cantidad de nutrientes que pueden acelerar su eutrofización y contaminación por pesticidas.
3. En los sistemas estuarinos, puede haber variaciones estacionales de los nutrientes y en general pueden registrarse altas concentraciones sobre todo en época de lluvias y en cuencas con altos porcentajes de uso de suelo dedicado a la agricultura y/o con zonas urbanas. De tal forma, se recomienda realizar un monitoreo en el tiempo, para determinar las concentraciones de nutrientes principalmente en el periodo de lluvias, cuando aumenta el arrastre de sedimentos y otros elementos hacia los ríos para poder determinar cuál es el estado de conservación de estos sistemas.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcérreca, J. C., Silva, R., y Mendoza, E. 2013. *Simplified settling velocity formula for calcareous sand*. Journal of Hydraulic Research, 51: 215-219.
- Bautista, G., Silva, R., y Salles, P. 2003. *Predicción de marea de tormenta generada por ciclones tropicales*. Revista de Ingeniería Hidráulica, 18: 5-19.
- Campos, A., Hernández, M. E., Moreno-Casasola, P., Cejudo, E. E., Robledo, R. A., y Infante-Mata, D. 2011. *Soil water retention and carbon pools in tropical forested wetlands and marshes of the Gulf of Mexico*. Hydrological Sciences Journal, 56: 1388-1406.
- Castillo, S., y Moreno-Casasola, P. 1996. *Coastal 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 litoral atlántico de México*. Acta Botánica Mexicana, 45: 55-80.
- Castillo-Campos, G., y Travieso-Bello, A.C. 2006. La flora. En: Moreno-Casasola P. (Ed.). *Entornos veracruzanos: la costa de La Mancha*. Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, 171-204 pp.
- Contreras, F., Castañeda, O., Torres-Alvarado, R., y Gutiérrez, F. 1996. *trientes en 39 lagunas costeras mexicanas*. Revista de Biología Tropical, 44: 417-425.
- García-Franco, J. G. 1996. *Distribución de epífitas vasculares en matorrales costeros de Veracruz, México*. Acta Botánica Mexicana, 37: 1-9.
- INEGI. 2010. *Censo de Población. "Vivienda 2010"*. Resultados definitivos. México (2011).
- Infante Mata, D., Moreno-Casasola, P., Madero Vega, C., Castillo-Campos, G., y Warner, B. G. 2011. *Floristic composition and soil characteristics tropical freshwater forested wetlands of Veracruz on the coastal plain of the Gulf of Mexico*. Forest Ecology and Management, 262: 1514-1531.
- Lithgow, D., Martínez, M. L., y Gallego-Fernández, J. B. 2015. *The "Red Dune" index (Restoration of coastal Dunes Index) to assess the need and viability of coastal dune restoration*. Ecological indicators, 49: 178-187.
- López-Portillo, J., Martínez, M. L., Hesp, P. A., Hernández Santana, J. R., Vásquez-Reyes, V. M., Gómez Aguilar, L. R., Méndez Linares, A. P., Jiménez-Orocio, O. A., y Gachuz Delgado, S. 2011. *Atlas de las costas de Veracruz: manglares y dunas*. Secretaría de Educación y Cultura del estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, 248 pp.
- Martínez, M. L., Gallego-Fernández, J. B., García-Franco, J. G., Moctezuma, C., y Jiménez, C. D. 2006. *Assessment of coastal dune vulnerability to natural and anthropogenic disturbances along the Gulf of México*. Environmental Conservation, 33: 109-117.
- Martínez, M. L., Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Infante Mata, D., y Rodríguez-Revelo, N. 2014. *Diagnóstico de las dunas costeras de México*. CONAFOR. Guadaluajara, Jalisco, 350 pp.
- Moreno-Casasola, P., Van Der Maarel, E., Castillo-Argüero, S., Huesca, M.L., y Pisanty-Baruch, I. 1982. *Ecología de la vegetación de dunas costeras: estructura y composición en el Morro de La Mancha, Ver. I. Biótica*, 7: 491-526.
- Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Castillo-Argüero, S., Castillo-Campos, G., Durán, R., Pérez-Navarro, J. J., León, J. L., Olmsted, I., y Trejo-Torres, J. 1998. *Flora de los ambientes arenosos y rocosos de las costas de México*. En: Halffter, G. E. (Ed.). *Diversidad Biológica de Iberoamérica*. Vol. II. Acta Zoológica Mexicana, nueva serie. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz, 177-258 pp.
- Moreno-Casasola, P., Cejudo-Espinosa, E., Capistrán-Barradas, A., Infante Mata, D., López-Rosas, H., Castillo-Campos, G., Pale-Pale, J., y Campos-Cascaredo, A. 2010. *Composición florística, diversidad y ecología de humedales herbáceos emergentes en la planicie costera central de Veracruz, México*. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 87: 29-50.
- Moreno-Casasola, P., Castillo-Argüero, S., y Martínez-Vázquez, M. L. 2011. *Flora de las playas y los ambientes arenosos (dunas) de las costas*. En: Cruz-Angón, A. (Ed.). *La biodiversidad en Veracruz: estudio de estado*. Co-

- misión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A. C. México, 229-238 pp.*
- Moreno-Casasola, P., Castillo Campos, G., Infante Mata, D.M., Cázares Hernández, E., Aguirre León, G., González-García, F. y Gerwert Navarro, M. 2015. *Plantas y animales de las costas de Veracruz. Una guía ilustrada*. Colección Veracruz Siglo XXI. Serie Patrimonio Natural. Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Educación y Cultura del Estado de Veracruz. Universidad Veracruzana, 542 pp.
- Nee, M. 1993. Solanaceae II. *Flora de Veracruz*. Fascículo 72. Instituto de Ecología, A. C. University of California. Xalapa, Veracruz, 158 pp.
- Peralta-Peláez, L.A., y Moreno-Casasola, P. 2009. *Composición florística y diversidad de la vegetación de humedales en los lagos interdunarios de Veracruz*. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 85: 89-99.
- Posada-Vanegas, G., Durán-Valdez, G., Silva-Casarín, R., Maya-Magaña, M.E., y Salinas-Prieto, J.A. 2011. *Vulnerability to coastal flooding induced by tropical cyclones*. Coastal Engineering Proceedings, 1:19.
- Priego-Santander, A., Moreno-Casasola, P., Palacio Prieto, J.L., López-Portillo, J., y Geissert, D. 2003. *Relación entre la heterogeneidad del paisaje y la riqueza de especies de flora en cuencas costeras del estado de Veracruz, México*. Investigaciones Geográficas, 52: 31-52.
- Ruiz, G., Silva, R., Pérez, D.M., Posadas, G., y Bautista, E.G. 2009. *Modelo híbrido para la caracterización del oleaje*. Tecnología y Ciencias del Agua, 24: 5-22.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, 504 pp.
- Silva, R., Govaere, G., Salles, P., Bautista, G., y Díaz, G. 2002. *Oceanographic vulnerability to hurricanes on the Mexican coast*. ASCE, Coastal Engineering, 39-51 pp.
- Silva, R. 2005. *Análisis y descripción estadística del oleaje*. Instituto de Ingeniería, UNAM, México, 177 pp.
- Silva, R., Ruiz, G., Posada, G., Pérez, D., Rivillas, G., Espinal, J., y Mendoza, E. 2008. *Atlas de clima marítimo de la vertiente Atlántica Mexicana*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sousa, M., Ricker, M., y Hernández, H.M. 2001. *Tree species of the family Leguminosae in Mexico*. Harvard Papers in Botany, 6: 339-365.
- Stockdon, H.F., Holman, R.A., Howd, P.A., y Sallenger, A.H. 2006. *Empirical parameterization of setup, swash, and runup*. Coastal Engineering, 53: 573-88.
- Travieso-Bello, A.C., Moreno-Casasola, P., y Campos, A. 2005. *Efecto de diferentes manejos pecuarios sobre el suelo y la vegetación en humedales transformados a pastizales*. Inter-ciencia, 30: 12-18.
- Trifonova, E., Valchev, N., Keremedchiev, S., Kotsev, I., Eftimova, P., Todorova, V., Konsulova, T., Doncheva, V., Flipova, M., Vergiev, S., Petkov, J., Nikolaev, R., de Vries, W., Silva, R., Andreeva, N., Galiatsotou, P., Kirilova, D., Krestenitis, Y., Polonsky, A., Androulidakis, I., Kombiadou, K., Weisse, R., Mendoza, E., Durán, G., Karambas, T., Koftis, T., Prinos, P., Kuznetsov, S., y Saprykina, Y. 2014. *Mitigating flood and erosion risk using sediment management for a touristic city: Varna, Bulgaria*. En: Zanuttigh, B., Nicholls, R., Vanderlinden, J.P., Thompson, R., y Burcharth, H. (Eds.). *Coastal risk management in a changing climate*. Elsevier, 358-383 pp.
- Vázquez-Yanes, C., Batis Muñoz, A.I., Alcocer Silva, M.I., Gual Díaz, M., y Sánchez Dirzo, C. 1999. *Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO. Instituto de Ecología, UNAM.
- Villarreal, J.A., Villaseñor, J.L., y Medina, R. 2008. *Compositae. Tribu Heleniaceae. Flora de Veracruz*. Fascículo 143. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, 70 pp.
- Villatoro, M., Silva, R., Méndez, F., Zanuttigh, B., Shunqi, P., Trifonova, E., Losada, I., Izaguirre, C., Simmonds, D., Reeve, D., Mendoza, E., Martineelli, L., Bagli, S., Galiatsotou, P., y Eftimova, P. 2014. *Flood and erosion at open beaches in a changing climate*. Coastal Engineering, 87: 50-76.
- Vovides, A.P., Rees, J.D., y Vázquez-Torres, M. 1983. *Zamiaceae. Flora de Veracruz*. Fascículo 26 INIREB, Xalapa, Veracruz, México, 31 pp.

El municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios se localiza en la región central de la costa del estado de Veracruz. En la zona costera de este municipio, considerada como una franja que abarca todo el frente litoral (33.3 km) y 5 km de ancho; se encuentran 55 poblaciones rurales y una localidad urbana.

La costa de Alto Lucero tiene zonas de erosión y otras de acreción. El municipio cuenta con grandes extensiones de dunas. La vegetación de la zona costera se encuentra medianamente fragmentada y aún se conservan manglares, humedales herbáceos, vegetación de dunas costeras así como fragmentos importantes de selva inundable, selva baja y selva mediana. Una peculiaridad de este municipio es que cuenta con selvas sobre dunas.

En este estudio se presenta la caracterización socioeconómica (grado de marginación, principales actividades productivas, etc.) así como la descripción del medio físico (dinámica marina, aspectos relevantes de la dinámica sedimentaria) y de los ecosistemas (vegetación de dunas, humedales, manglares, esteros) presentes en la zona costera del municipio. Además, se proponen medidas de manejo orientadas en garantizar la conservación de sus ecosistemas así como la provisión de servicios clave para las poblaciones que habitan la zona.



ISBN: 978-607-7579-96-0

