

LA ZONA COSTERA DEL MUNICIPIO SAN ANDRÉS TUXTLA, VERACRUZ

M. Luisa Martínez
Oscar Jiménez-Orocio
Rodolfo Silva
Valeria Chávez
Cesia Jaqueline Cruz Ramírez
Gabriela Vázquez
Jorge López-Portillo
Patricia Moreno-Casasola
Gabriela Mendoza-González
José G. García-Franco
Gonzalo Castillo-Campos
Debora Lithgow



LA ZONA COSTERA DEL MUNICIPIO

SAN ANDRÉS

TUXTLA, VERACRUZ

Primera Edición 2024

D.R. © 2024 Instituto de Ecología, A.C. (INECOL)
Carretera antigua a Coatepec, No. 351,
El Haya, Xalapa, Veracruz, C.P. 91073, México
<http://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/>

ISBN: 978-607-8833-16-0

DOI: [10.21829/978-607-8833-16-0](https://doi.org/10.21829/978-607-8833-16-0)

Esta publicación fue financiada por el Consejo Veracruzano de Investigación y Desarrollo Tecnológico dentro del proyecto: “Fortalecimiento del Sistema de monitoreo de Prevención de Riesgos y Desastres de la Secretaría de Protección Civil del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave”. El trabajo se realizó bajo la supervisión de la Secretaría de Protección Civil del Estado de Veracruz en contrato con el Instituto de Ecología A.C. que desarrolló el proyecto: “Análisis de la erosión y propuestas para promover la resiliencia en las costas de Veracruz”.

Mayo, 2024

LA ZONA COSTERA DEL MUNICIPIO SAN ANDRÉS TUXTLA, VERACRUZ

ISBN: 978-607-8833-16-0

Autores:

M. Luisa Martínez - Instituto de Ecología, A.C., INECOL
Oscar Jiménez-Orocio - Universidad Autónoma de Baja California
Rodolfo Silva - Instituto de Ingeniería, UNAM
Valeria Chávez - Instituto de Ingeniería, UNAM
Cesia Jaqueline Cruz Ramírez - Instituto de Ingeniería, UNAM
Gabriela Vázquez - Instituto de Ecología, A.C., INECOL
Jorge López-Portillo - Instituto de Ecología, A.C., INECOL
Patricia Moreno-Casasola - Instituto de Ecología, A.C., INECOL
Gabriela Mendoza-González - Instituto de Ecología, UNAM
José G. García-Franco - Instituto de Ecología, A.C., INECOL
Gonzalo Castillo-Campos - Instituto de Ecología, A.C., INECOL
Debora Lithgow - Instituto de Ecología, A.C., INECOL

Autores de correspondencia por tema:

Caracterización del medio físico:

Rodolfo Silva - rsilvac@iingen.unam.mx

Dunas costeras:

M. Luisa Martínez - marisa.martinez@inecol.mx

Manglares:

Jorge López Portillo - jorge.lopez.portillo@inecol.mx

Humedales:

Patricia Moreno-Casasola - patricia.moreno@inecol.mx

Lagunas costeras:

Gabriela Vázquez - gabriela.vazquez@inecol.mx

Publicación en línea: DOI en trámite

Forma sugerida de citar este libro:

Martínez ML, Jiménez-Orocio O, Silva R, Chávez V, Cruz C, Vázquez G, López-Portillo J, Moreno-Casasola P, Mendoza-González G, García-Franco JG, Castillo-Campos G, Lithgow D. 2024. *La zona costera del municipio San Andrés Tuxtla, Veracruz*. INECOL, Veracruz, 66 pp.

El cuidado editorial de la obra *La zona costera del municipio San Andrés Tuxtla, Veracruz* estuvo a cargo del Instituto de Ecología, A.C. (INECOL), Xalapa, Ver., México.

En portada: Montepío. Fotografía: Vinisa Romero

Diseño: Vinisa Romero - vinisadrive@gmail.com

Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT)

Dra. María Elena Álvarez-Buylla Roces

Directora General de CONAHCYT

Dr. José Alejandro Díaz Méndez

Unidad de Articulación Sectorial y Regional, CONAHCYT



Instituto de Ecología, A.C. (INECOL)

Dr. Héctor Armando Contreras Hernández

Director General, INECOL

Dr. Gerardo Mata Montes de Oca

Secretario Académico, INECOL

Dr. Oscar Luis Briones Villareal

Secretario de Posgrado, INECOL

Dra. Betsabé Ruiz Guerra

Secretaria Técnica, INECOL

Dra. Indra Morandín Ahuerma

Directora de Administración, INECOL



Secretaría de Protección Civil de Veracruz de Ignacio de la Llave

Ing. Cuitláhuac García Jiménez

Gobernador Constitucional del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, Coordinador del Sistema Estatal de Protección Civil y Presidente del Consejo Estatal de Protección Civil

Dra. Guadalupe Osorno Maldonado

Secretaria de Protección Civil y Secretaria Ejecutiva del Consejo Estatal de Protección Civil

Lic. Alma Angélica Fuertes Jara

Directora General de Prevención de Riesgo de Desastres

Dr. Saúl Miranda Alonso

*Subdirector de Estudios y Pronósticos Meteorológicos
Coordinador del Proyecto*

Actualización

Febrero, 2024



CONTENIDO

PÁG. 11 **CAPÍTULO 1. ASPECTOS GENERALES**

- Caracterización socioeconómica
- Población, grado de marginación, viviendas
- Poblaciones rurales y urbanas en la zona costera
- Actividades productivas

PÁG. 16 **CAPÍTULO 2. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO**

- Dinámica marina
- Características de la costa
- Infraestructura y alteraciones en las fuentes de sedimento
- Aspectos relevantes en la dinámica sedimentaria

PÁG. 34 **CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA BIÓTICO**

- Tipos de vegetación
- Las dunas costeras
- Especies vegetales de la zona costera
- Distribución y extensión de manglares
- Caracterización de humedales
- Caracterización de lagunas costeras
- Caracterización de los arrecifes de coral

PÁG. 53 **CAPÍTULO 4. CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y PRESERVACIÓN DE ECOSISTEMAS COSTEROS**

- Playas y dunas costeras
- Humedales

PÁG. 56 **CAPÍTULO 5. DIAGNÓSTICO Y ZONIFICACIÓN**

- Manejo de la zona marina, playa y humedales de agua dulce
- Resumen de recomendaciones de manejo relevantes

PÁG. 64 **BIBLIOGRAFÍA**

Capítulo 1.

ASPECTOS GENERALES

CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA

San Andrés Tuxtla se localiza entre las coordenadas 18° 42' 54.9" N y 18° 12' 39.5" S de latitud; y -95° 26' 44.7" O y -95° 02' 59" E de longitud. El municipio de San Andrés Tuxtla limita al norte con el Golfo de México; al oeste con los municipios de Ángel R. Cabada y

Santiago Tuxtla; al sur con los municipios de Isla y Hueyapan de Ocampo; y al este con el municipio de Catemaco y Hueyapan de Ocampo. Su superficie abarca 953 km², lo que representa el 1.2 % del total de la superficie del estado (Figura 1). El litoral de San Andrés Tuxtla suma alrededor de 40 km de línea de costa abierta, 5.3 % del total del estado.

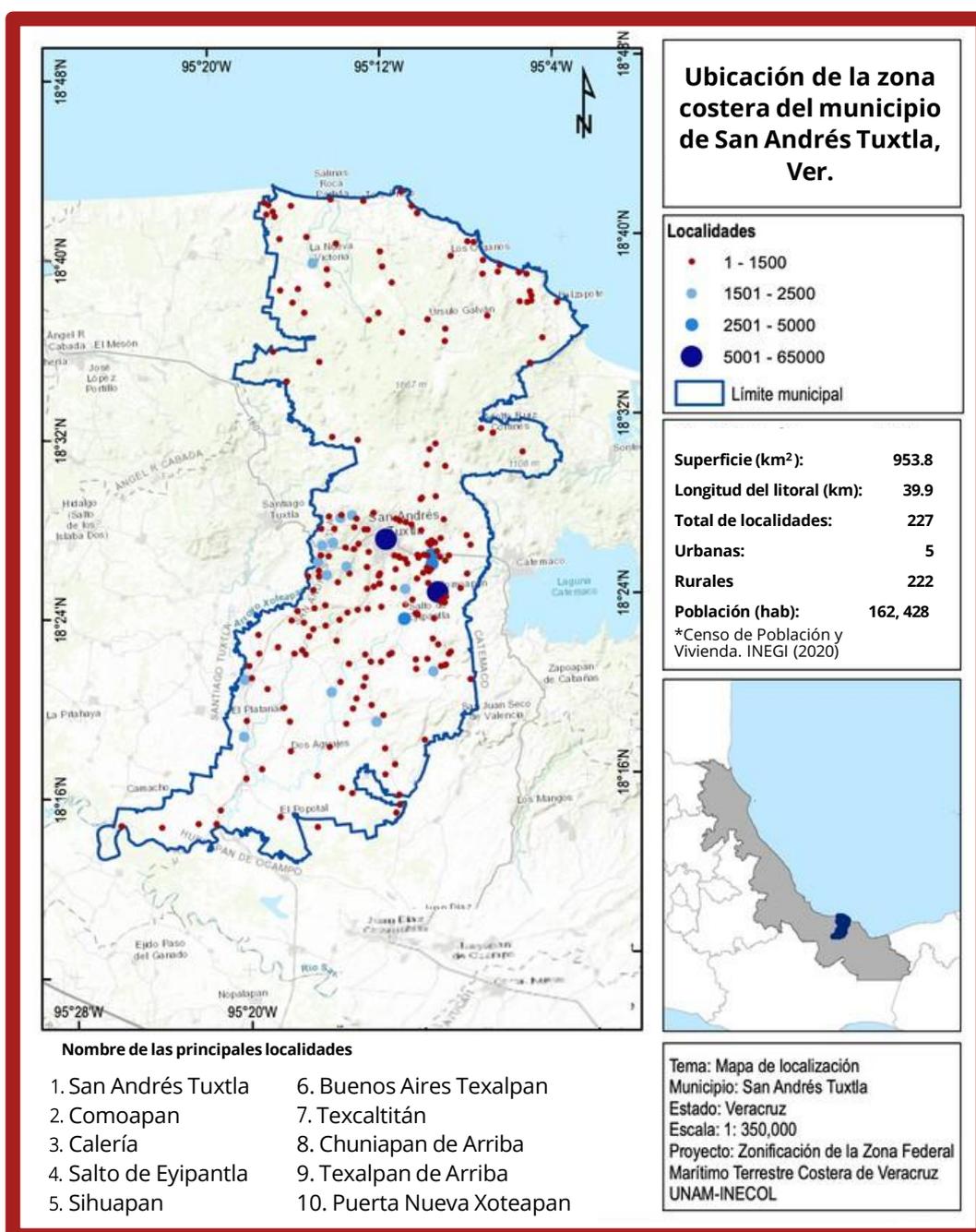


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz.

POBLACIÓN, GRADO DE MARGINACIÓN, VIVIENDAS

El municipio de San Andrés Tuxtla cuenta con 227 localidades que en conjunto albergan 162,428 habitantes (INEGI, 2020). Las principales localidades son: San Andrés Tuxtla (cabecera municipal), Comoapan, Calería, Salto de Eyipantla, y Sihuapan. La densidad poblacional del municipio es de 170.4 hab/km². De acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), para el 2020 el índice de marginación fue de 53.7, considerado como "Medio"; con alta cohesión social (Índice de GINI de 0.358). Según los indicadores de pobreza (CONEVAL, 2020), el municipio

presenta un desempeño (79.3), alto grado de pobreza, muy por encima de la media nacional (46.3), y superior de la media estatal (57.6); porcentaje medio de pobreza extrema (31.4 %) y rezago educativo del 36.9 %. El 83 % de la población tiene ingresos inferiores a la línea de bienestar, el 61 % presenta tres carencias (salud, alimentación y vivienda), el 45.3 % carece de acceso a una alimentación adecuada y suficiente. El 92.8 % tiene al menos una carencia. El 48.2 % de la población carece de servicios de salud, y el 80 % carece de acceso a seguridad social (Figura 2). El 15.8 % de la población mayores de 14 años son analfabetas.

Indicadores seleccionados de pobreza en San Andrés Tuxtla, Ver. 2020

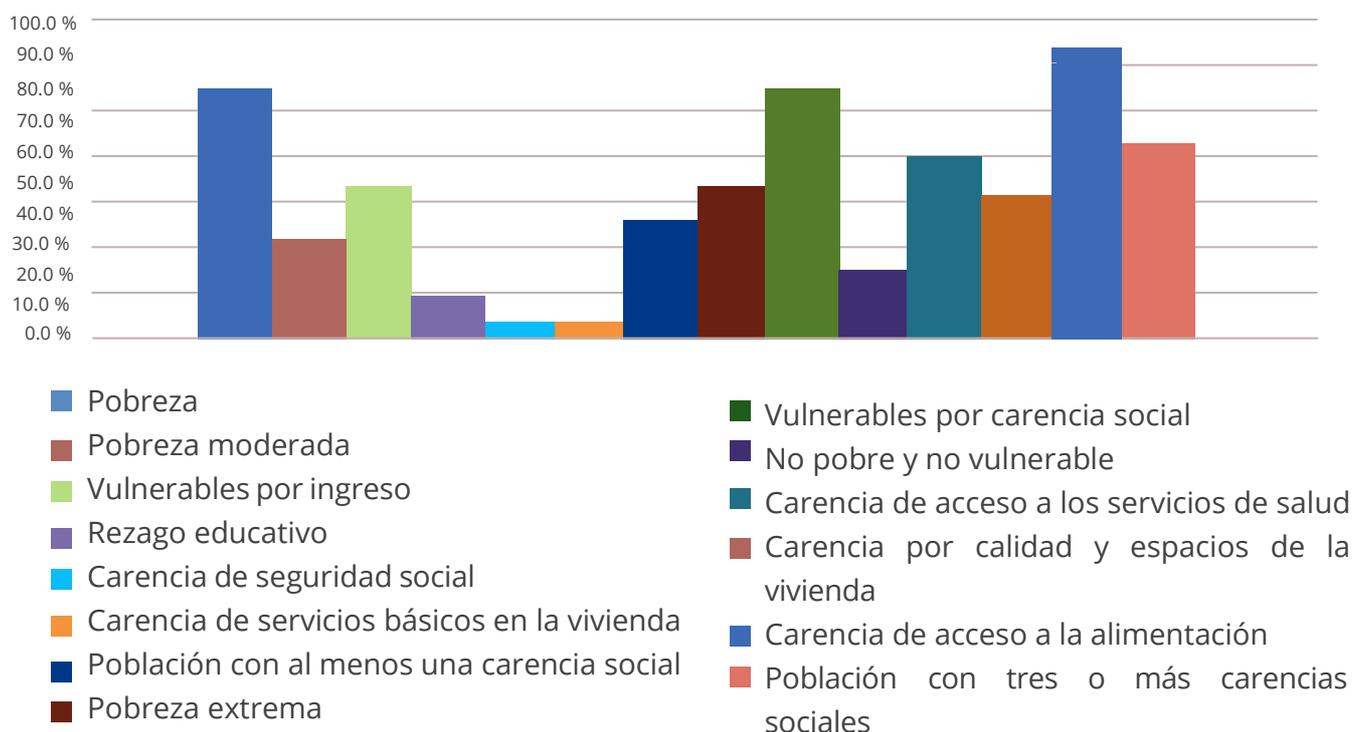


Figura 2. Indicadores de pobreza para el municipio de San Andrés Tuxtla, Ver. (CONEVAL 2020).

POBLACIONES RURALES Y URBANAS EN LA ZONA COSTERA

El municipio de San Andrés Tuxtla alberga 227 localidades; cinco localidades consideradas como urbanas (más de 2,500 habitantes): San Andrés Tuxtla (64,445 hab), Comoapan (5,426 hab), Calería (4,066 hab), Salto de Eyipantla (4,008 hab) y Sihuapan (3,803 hab). Las localidades restantes están catalogadas como rurales, ya que cuentan con menos de 2,500 habitantes. De estas últimas, seis tienen más de 2,000 habitantes; 25 tienen entre 1,000 y 2,000 habitantes, 20 tienen entre 500 y 1,000 habitantes; 52 tienen entre 100 y 500 habitantes y las 118 restantes corresponden a localidades rurales de menos de 100 habitantes (Figura 1), es decir, el 52 % del total de las localidades de municipio.

La franja costera (franja de 5 km tierra adentro) del municipio ocupa el 15 % del territorio municipal (Cuadro 1). En esta franja se encuentran 32 localidades. En la zona inmediata a la línea de costa, hasta los 500 m tierra adentro, se ubican 11 localidades rurales, que en conjunto albergan 3,596 habitantes. En la zona intermedia, entre los 500 y 1,000 m de la línea de costa, se encuentran 3 localidades (85 habitantes). Después de los 1,000 m y hasta los 5,000 m se encuentran 18 localidades, todas rurales. De estas localidades (en la franja costera), la de mayor población tiene 865 habitantes (Salinas Roca Partida). En total, hay 32 localidades, dentro de la franja costera, que suman 5,190 habitantes (3.2 % del total de la población del municipio). La población con mayor número de habitantes es la cabecera municipal, y se localiza a aproximadamente 25 km (en línea recta) de la línea de costa.



Cuadro 1. Localidades ubicadas en la franja costera. Elaboración propia; Fuente: Censo de Población y Vivienda, 2020.

Distancia a la línea de costa					
0 a 500 m		de 501 a 1000 m		de 1001 a 5000 m	
Nombre de Localidad	Población	Nombre de Localidad	Población	Nombre de Localidad	Población
Salinas Roca Partida	865	Las Delicias	65	San Juan de la Gloria	478
Costa de Oro (Arroyo de Oro)	472	Cascada las Gemelas	16	Los Manantiales	371
Playa Hermosa	425	Adolfo Ruiz Cortines Dos	4	Los Órganos	249
Arroyo de Liza	412			Salvador Díaz Mirón (El Salto Huatusco)	158
Balzapote	407			La Aurora	94
Toro Prieto	397			Laguna Escondida	44
Dos de Abril (Montepío Chiquito)	287			Adolfo Ruiz Cortines	35
Montepío	188			Los Monigotes	18
Revolución	136			El Cocal	14
Faro Roca Partida	5			La Joya	12
Rancho la Ponderosa	2			Montepío (Los Palacios)	8
				El Zapotal	6
				Adolfo Ruiz Cortines (La Floreña)	5
				Las Rositas (Los Palacios)	5
				María José	5
				Los Lagunes	3
				Finca Villa Cariño	2
				La Piedad	2
<i>No. de localidades</i>	<i>4</i>		<i>7</i>		<i>78</i>
<i>Total población</i>	<i>80</i>		<i>85</i>		<i>7,631</i>

ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

Agricultura.

La superficie sembrada en el municipio es de 24,120 hectáreas (241.2 km²) que corresponden al 25.2 % del total de la superficie municipal. El principal tipo de cultivo es el maíz (16, 701 ha) con un valor de producción de alrededor de 182 millones de pesos. Además, se tienen registradas 647 ha de superficie sembrada de Tabaco y 925 ha de caña de azúcar (SADER, 2021).

Ganadería.

La superficie destinada para la actividad ganadera es de 52,597 ha (525.9 km²), el 55 % de la superficie total del municipio. El principal tipo de ganado producido es el bovino con 5,316 ton, seguido de la producción avícola (1,072 ton), porcina (826 ton) y ovina (58.6 ton). El valor de la producción ganadera es de 375.2 millones de pesos anuales, de los cuales el 76 % corresponden a la producción de bovinos. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción ganadera del municipio de San Andrés Tuxtla, Ver. Datos de SAGARPA, 2013.

	Prod. (ton o miles de litros)	Prod. en pie (Ton)	Precio prom. (\$/kg)	Precio prom. en pie(\$/kg)	Valor de la producción (Miles \$)	Valor de la prod. en pie (Miles \$)	Peso promedio en canal (kg)	Peso promedio en pie (kg)	Número de Cabezas
Bovino-Carne	2,895.19	5,316.96	74.99	36.07	217,114.70	191,799.96	239.79	440.36	12,074
Bovino-Leche	8,492.28	0	8	0	67,938.20	0	0	0	0
Porcino-Carne	645.71	825.99	54.28	36.98	35,048.72	30,547.74	75.6	96.71	8,541
Ovino-Carne	30.06	58.64	70.66	35.63	2,123.84	2,089.59	18.45	36	1,629
Ave-Carne	821.54	1,072.41	41.4	29.97	34,014.49	32,139.03	1.7	2.22	483,653
Guajolote-Carne	19.97	25.75	46.35	34.6	925.51	890.77	4.69	6.05	4,257
Ave-Huevo	602.09	0	29.93	0	18,020.85	0	0	0	0
TOTAL	13,506.84	7,299.75	325.61	173.25	375,186.31	257,467.09	340.23	581.34	510,154.00

Servicios y turismo.

Al 2018 (DENUE, 2018), el municipio cuenta con 516 establecimientos de servicios de preparación de comida y 29 establecimientos de hospedaje, que disponen aproximadamente de 500 cuartos. No se presenta información sobre el origen de los turistas que se hospedan en el municipio. Dada sus características orográficas e hidrográficas, en el municipio se pueden observar diferentes ecosistemas a través del gradiente altitudinal, que abarca desde costas rocosas y arenosas, selva alta

perennifolia y bosque mesófilo de montaña; para finalizar en la sierra de Los Tuxtlas. En esta región, el atractivo principal es la cascada de El Salto de Eyipantla (ubicada a 12 km de la cabecera municipal), además de ríos y arroyos, asociados a la cascada, los cuales son utilizados como balnearios. En la franja costera, los principales atractivos turísticos son las playas Salinas, Roca Partida, Toro Prieto, Arroyo de Lisa, Costa de Oro, Playa Hermosa, Los Órganos, Dos de Abril, Monte Pío y Balzapote.

■ Capítulo 2.

CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO

■ DINÁMICA MARINA

La costa del Municipio de San Andrés Tuxtla se puede dividir en cinco celdas litorales que tienen una longitud de 40.02 km y se muestran en la Figura 3. La primera celda, limita al oeste con la estructura sur de la desembocadura del río Papaloapan-Laguna de Alvarado y al este con el promontorio rocoso ($18^{\circ} 42' 24.75''$ N, $95^{\circ} 11' 8.42''$ O) llamado "Punta roca partida". Esta celda tiene una longitud lineal aproximada de 12.2 km y es alimentada en este municipio, por los sedimentos de los ríos Gachapa, Salinas, Manantiales y Toro Prieto. En la desembocadura de estos ríos se forman barras de arena que sufren los mayores cambios en la línea de costa de acuerdo con la temporalidad. Sus playas son abiertas con una orientación de oeste a este, con la formación de algunos cordones dunares y vegetación de las dunas.

El transporte de sedimentos reinante y dominante ocurre de este a oeste y su equilibrio dinámico se ha conservado.

Este segmento de playa tiene forma de bahía abierta con una orientación oeste-este. La segunda celda (Figura 3), en la zona oeste limita con "Punta roca partida", mientras que al este con el promontorio ubicado junto a la localidad de Playa Hermosa ($18^{\circ} 40' 21.35''$ N, $95^{\circ} 7' 50.45''$ O), con una longitud lineal de 9.2 km. Los ríos De Liza y De Oro son la principal fuente sedimentaria de esta celda.

Durante la época de estiaje, ante la ausencia de corrientes en la dirección tierra-mar, las bocanas de los ríos se cierran paulatinamente al formarse una barra arenosa. Esta barra crece en la dirección de las corrientes inducidas por el oleaje con una rapidez que es función de la intensidad de las corrientes longitudinales a la playa. En épocas de lluvias, el proceso naturalmente se revierte, la barra se abre cuando se presenta un nivel más alto en los cauces (en relación con el nivel del mar) y por efectos de filtración del agua a través de los sedimentos se produce una licuefacción de la mezcla agua-sedimento, lo cual induce un transporte muy rápido de dicho material en forma suspendida.

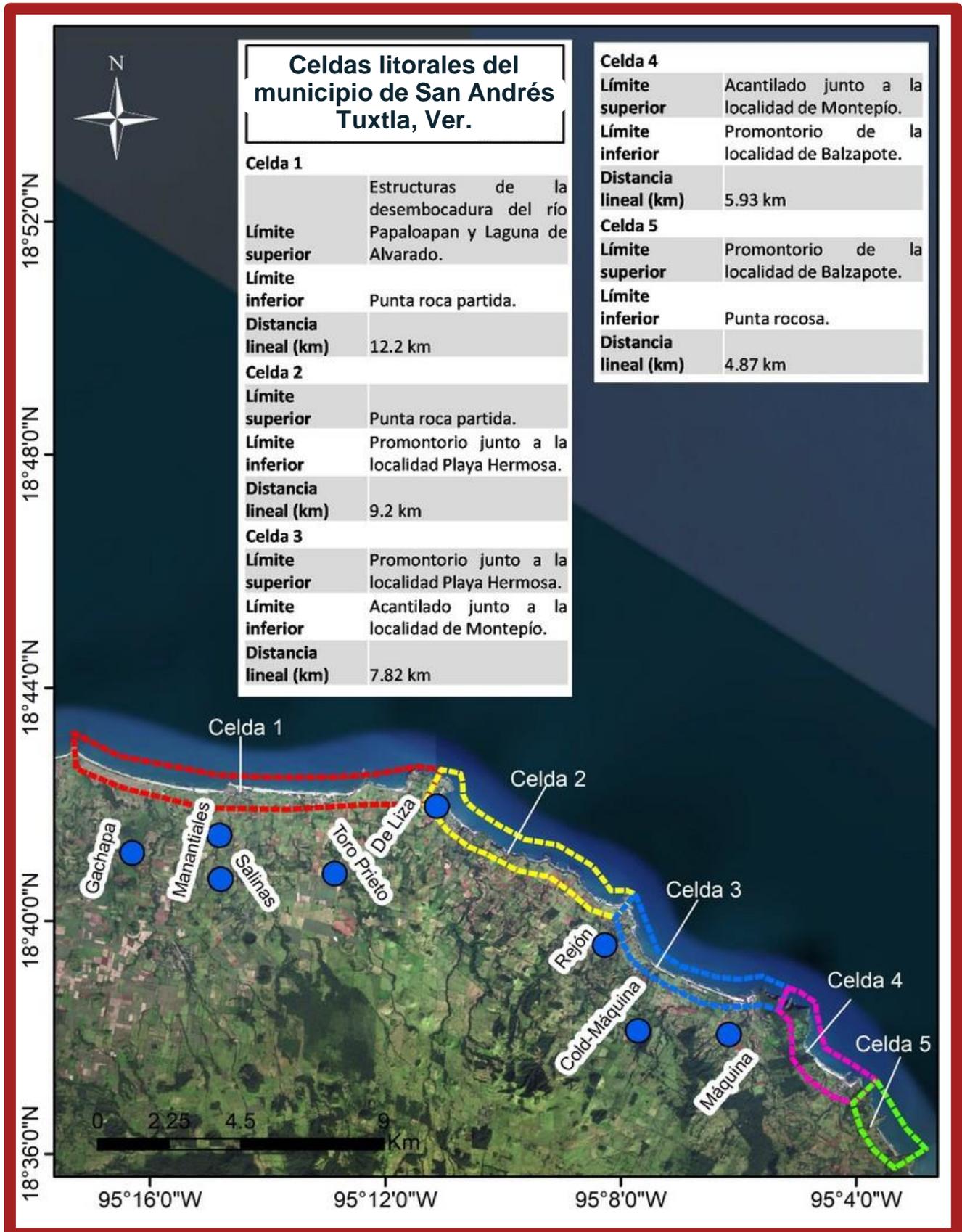


Figura 3. Celdas litorales del municipio de San Andrés Tuxtla. La línea roja indica el tramo de costa analizado.

La tercera celda (Figura 3) tiene como límites tanto el promontorio ubicado junto a Playa Hermosa como el acantilado que se encuentra junto a la localidad de Montepío (18° 38' 36.66" N, 95° 5' 15.32" O) con una longitud lineal de 7.82 km. Esta celda tiene como fuentes de sedimentos los ríos Rejón, Río Cold-Máquina y Río Máquina, formando barras de arena que basculan de acuerdo con la temporalidad. Esta alimentación mantiene sus playas.

La cuarta celda (Figura 3), tiene como límite el acantilado este de la localidad de Montepío, mientras que hacia el sur limita con el promontorio de la localidad de Balzapote (18° 37' 6.30" N, 95° 3' 48.63" O); y tiene una longitud lineal de 5.93 km. El río dos de abril desemboca en esta celda, formando barras de arena intermitentes que se modifican en la dirección de las corrientes litorales.

La quinta celda (Figura 3), colinda al noroeste con el promontorio ubicado junto a la localidad de Montepío, mientras que al sur con una punta rocosa (18° 35' 54.97" N, 95° 3' 1.83" O). Tiene una longitud aproximada de 4.87 km y presenta dos playas encajadas con vegetación densa.

A partir del re-análisis de la base de datos de viento y oleaje (1948-2010) realizado por el Instituto de Ingeniería blanco

de la Universidad Nacional Autónoma de México (Silva *et al.* 2008; Ruiz *et al.* 2009), en la Figura 4 se muestran las rosas de viento y oleaje en periodos anuales y estacionales. Las columnas representan las 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). Las filas de arriba a abajo muestran las rosas correspondientes al análisis: anual, invierno (enero-marzo), primavera (abril-junio), verano (julio-septiembre) y otoño (octubre-diciembre). Cabe señalar que la base de datos utilizada 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: noreste, nor noreste, este noreste y norte. En menor medida, los vientos provienen de los sectores este, 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 de todo el año.

Del registro analizado anualmente, los oleajes más persistentes arriban con componente noreste. Sin embargo, los oleajes más intensos arriban con componente del norte, particularmente durante los meses del otoño e invierno (asociados a vientos del norte) y excepcionalmente durante los meses de verano (asociados a huracanes).

Durante el año, el periodo de oleaje reinante es de alrededor de los 8 segundos, con excepción del verano cuando es del orden de los 7 segundos. Los meses correspondientes a la primavera están caracterizados por calmas.

De acuerdo con los datos publicados por la Secretaría de Marina, los dos mareógrafos más próximos a San Andrés Tuxtla están localizados en Alvarado (95° 58' 56" O, 19° 03' 55" N) y Coatzacoalcos (94° 25' 09" O, 18° 07' 32" N). Aplicando una interpolación lineal, los valores de los planos de marea para San Andrés Tuxtla se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Planos de mareas referidos al Nivel de Bajamar Media Inferior (m).

Pleamar Máxima Registrada	1.18
Nivel de Pleamar Media Superior	0.42
Nivel de Pleamar Media	0.39
Nivel Medio del Mar	0.28
Nivel de Bajamar Media	0.12
Nivel de Bajamar Media Inferior	0.00
Bajamar Mínima Registrada	-0.52

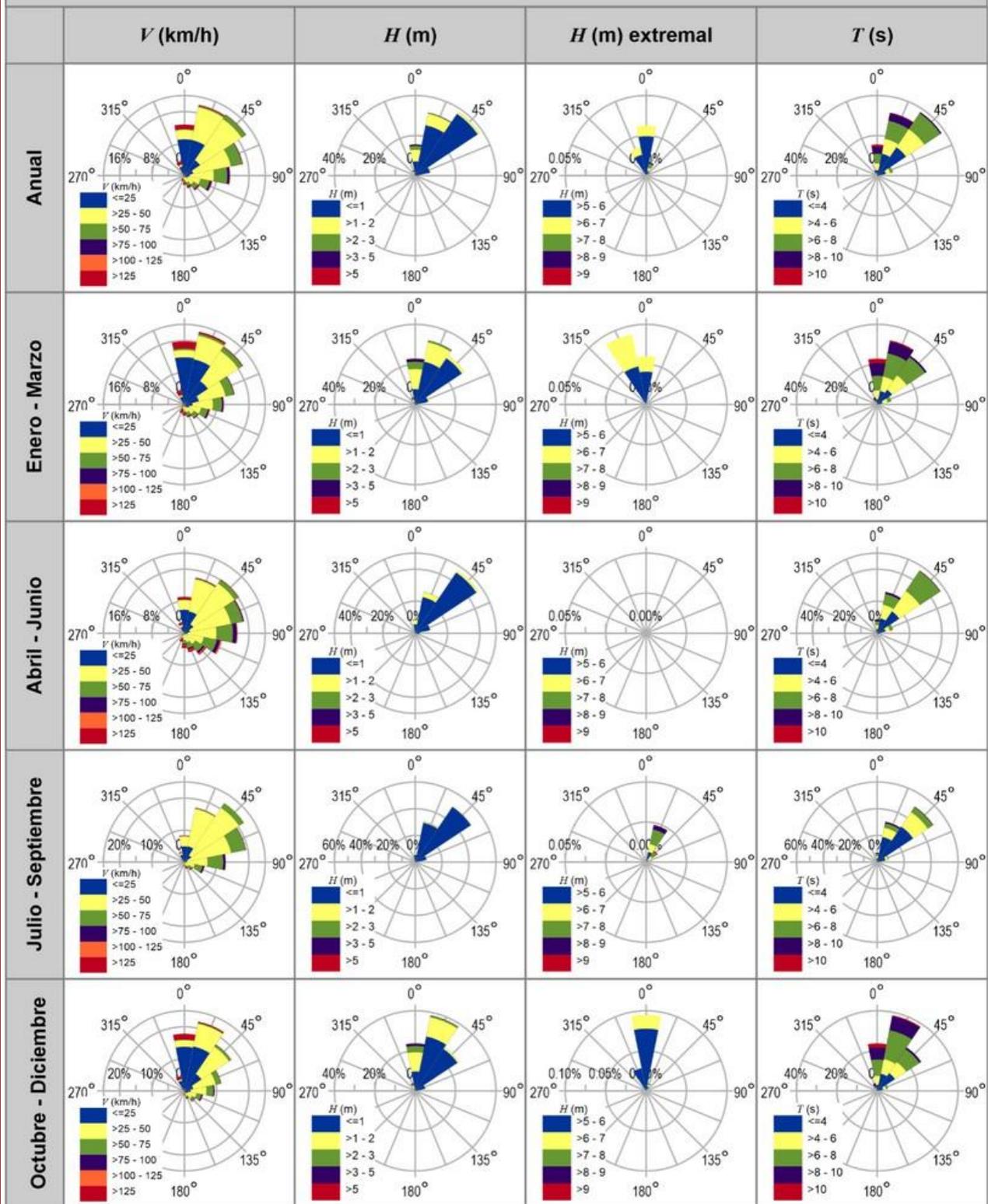
Para la determinación de los niveles de sobreelevación por viento, se utilizó la base de datos del Atlas de Clima Marítimo de la Vertiente Atlántica Mexicana (Silva *et al.* 2008). Las sobreelevaciones por viento se calcularon de acuerdo con Bautista *et al.* (2003), Posada *et al.* (2011) y Trifonova *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 4.

Cuadro 4. Sobreelevación del nivel del mar por la acción del viento, gradiente de presiones atmosféricas y oleaje (m).

Periodo de retorno en años	Sobreelevación por viento	Sobreelevación por presiones atmosféricas	Alcance máximo del oleaje
2	0.03	0.02	1.17
5	0.06	0.10	1.28
10	0.11	0.15	1.39
15	0.13	0.18	1.45
20	0.14	0.20	1.48
25	0.15	0.21	1.50
30	0.16	0.22	1.51
40	0.17	0.24	1.53
50	0.18	0.25	1.55
100	0.20	0.30	1.61

Municipio San Andrés Tuxtla (94.50°W, 18.75°N)



CARACTERÍSTICAS DE LA COSTA

El municipio de San Andrés Tuxtla tiene una elevación promedio de 217.5 m s.n.m. y las mayores elevaciones se encuentran en la zona central alcanzando los 841 m s.n.m. (Figura 5) (franja de 7 km), correspondiente al perfil 28 (Figura 6a- 6e).

Los perfiles que se muestran en dichas figuras 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 enorme cantidad de arena que se ha acumulado en la zona para formar dunas (Figura 5).

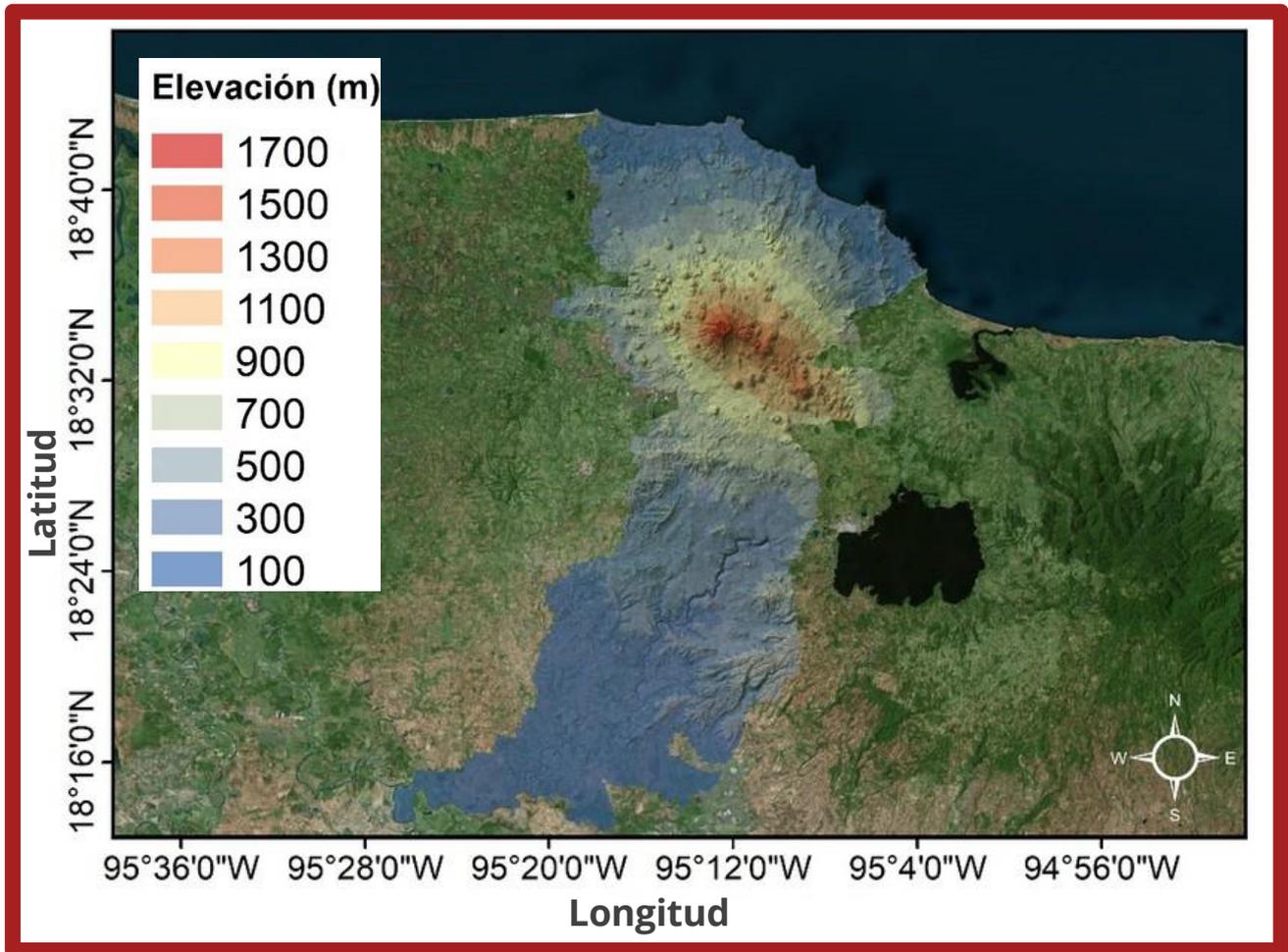


Figura 5. Relieve del terreno en el municipio de San Andrés Tuxtla. Se muestran las mayores elevaciones en color rojo y las zonas más bajas en azul.

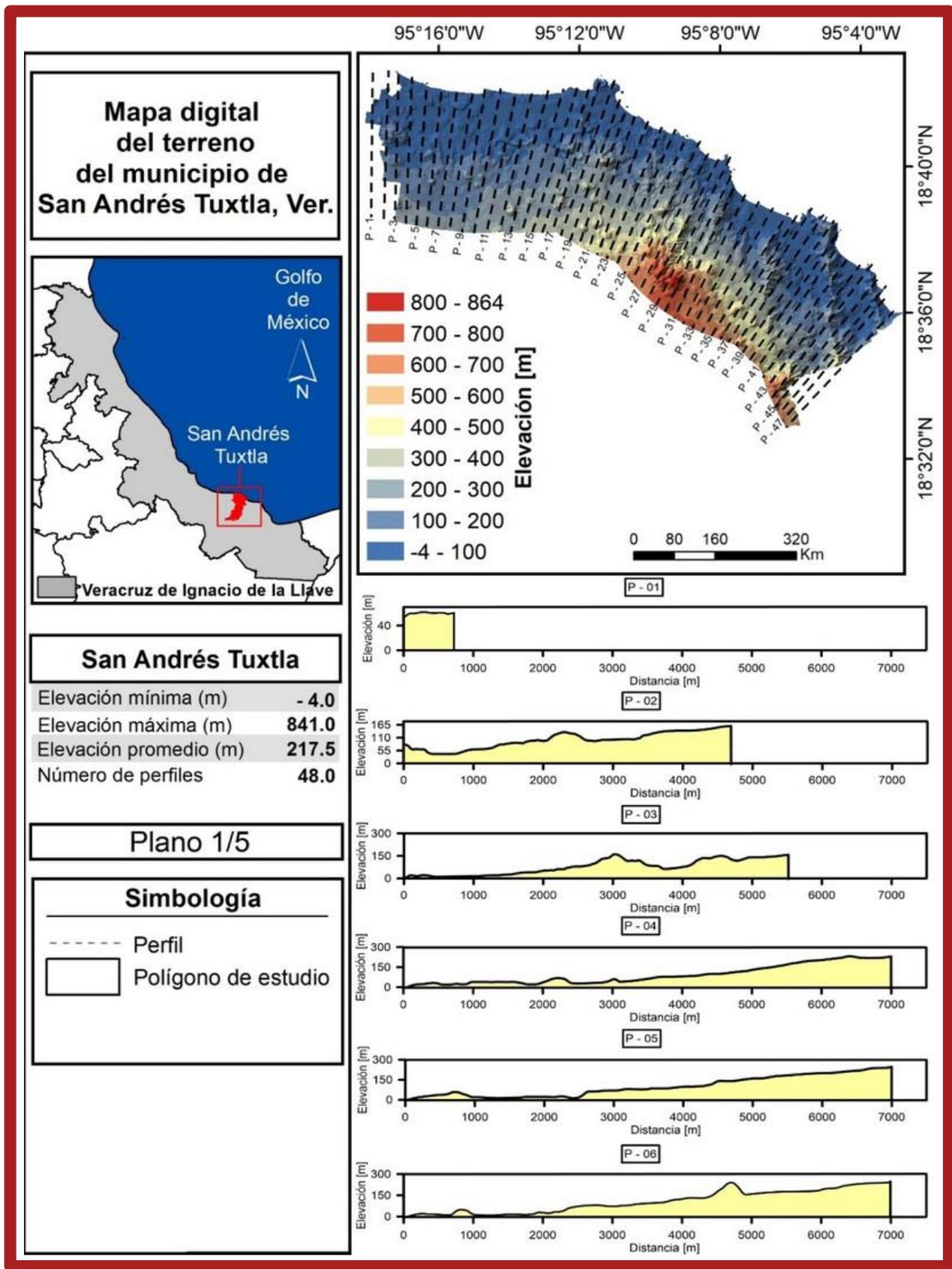


Figura 6a. Mapa digital del terreno y perfiles del terreno (1 a 6) que abarcan el sistema de dunas y parte de la zona plana que lo bordea hacia tierra adentro. La distancia es referente a la longitud de los perfiles. Los perfiles pertenecen a la celda litoral 1.

Mapa digital del terreno del municipio de San Andrés Tuxtla, Ver.



San Andrés Tuxtla

Elevación mínima (m)	- 4.0
Elevación máxima (m)	841.0
Elevación promedio (m)	217.5
Número de perfiles	48.0

Plano 2/5

Simbología

- Perfil
- Polígono de estudio

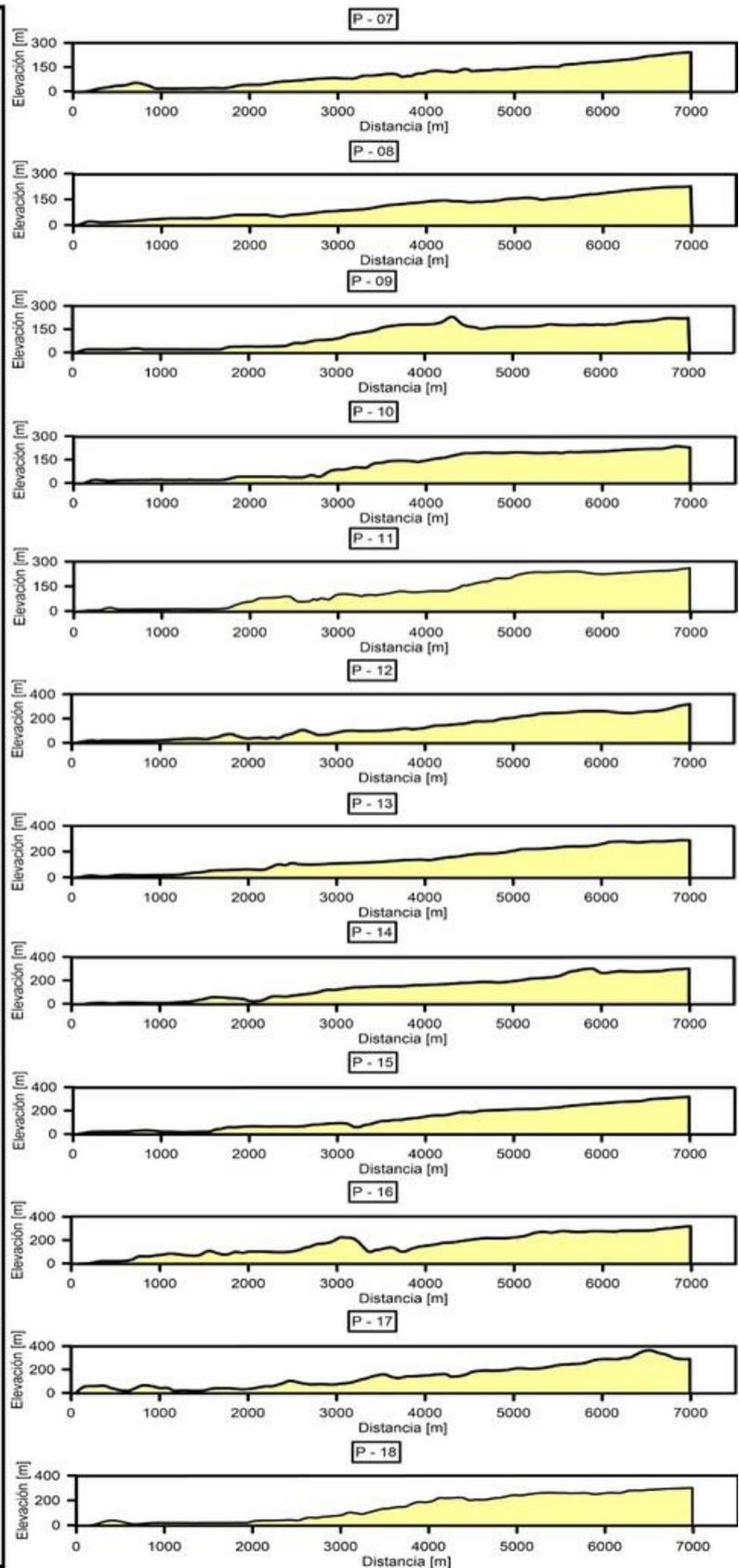


Figura 6b. Perfiles del terreno (7 al 18) que abarcan el sistema de dunas y parte de la zona plana que lo bordea hacia tierra adentro. La distancia representa la distancia desde el límite marcado en tierra. Los perfiles pertenecen a la celda litoral 1.

Mapa digital del terreno del municipio de San Andrés Tuxtla, Ver.



San Andrés Tuxtla

Elevación mínima (m)	- 4.0
Elevación máxima (m)	841.0
Elevación promedio (m)	217.5
Número de perfiles	48.0

Plano 3/5

Simbología

- Perfil
- Polígono de estudio

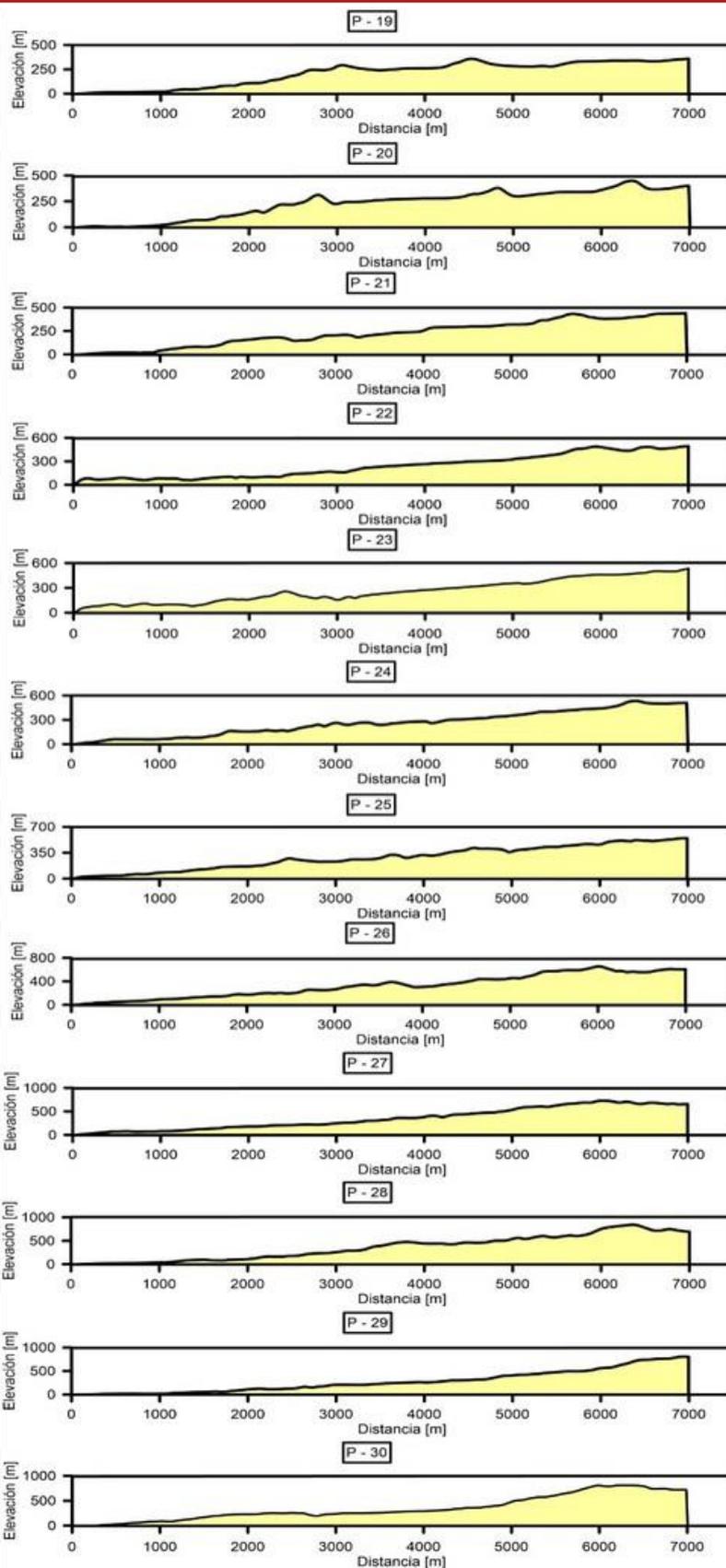


Figura 6c. Perfiles del terreno (19 al 30) que abarcan el sistema de dunas y parte de la zona plana que lo bordea hacia tierra adentro. La distancia representa la distancia desde el límite marcado en tierra. Los perfiles pertenecen a la celda litoral 2.

Mapa digital del terreno del municipio de San Andrés Tuxtla, Ver.



San Andrés Tuxtla

Elevación mínima (m)	- 4.0
Elevación máxima (m)	841.0
Elevación promedio (m)	217.5
Número de perfiles	48.0

Plano 4/5

Simbología

-----	Perfil
□	Polígono de estudio

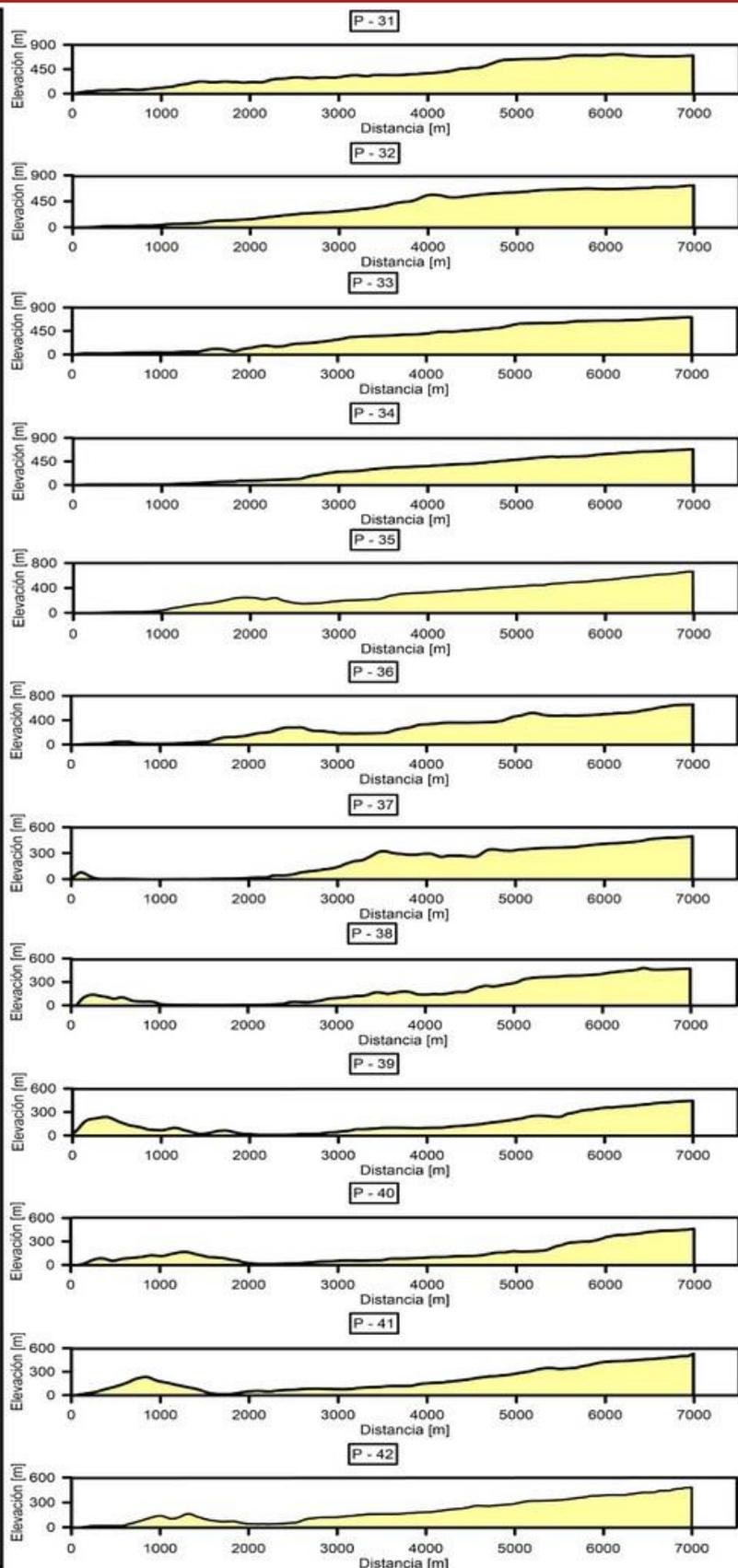


Figura 6d. Perfiles del terreno (31 al 42) que abarcan el sistema de dunas y parte de la zona plana que lo bordea hacia tierra adentro. La distancia representa la distancia desde el límite marcado en tierra. Del perfil 31 al 39 corresponden a la celda 3, y del 40 al 42 a la celda 4.

Mapa digital del terreno del municipio de San Andrés Tuxtla, Ver.



San Andrés Tuxtla

Elevación mínima (m)	- 4.0
Elevación máxima (m)	841.0
Elevación promedio (m)	217.5
Número de perfiles	48.0

Plano 5/5

Simbología

- Perfil
- Polígono de estudio

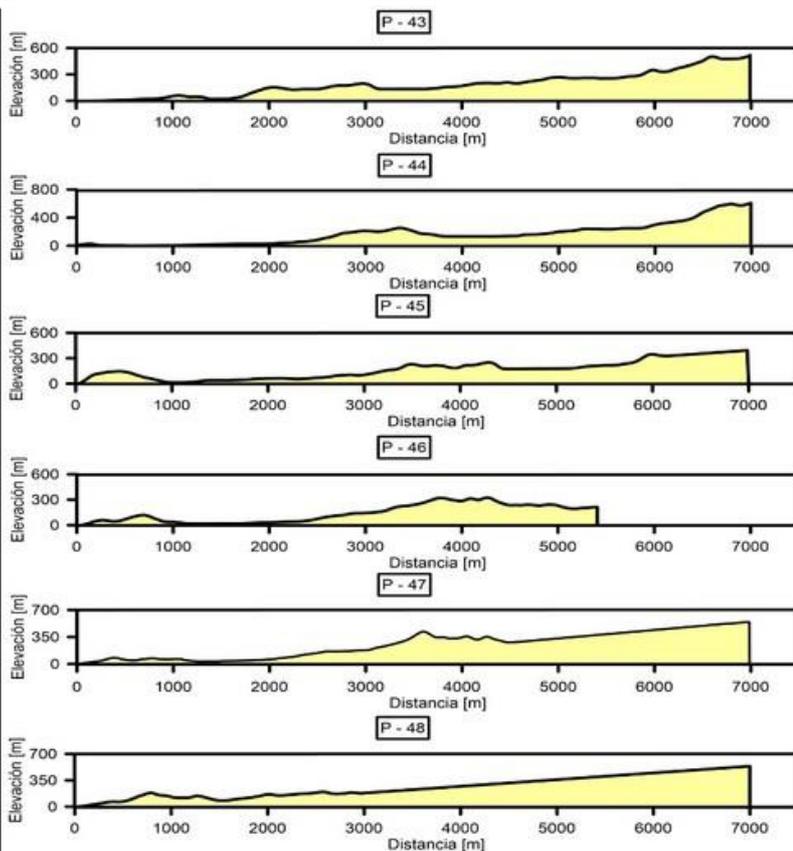


Figura 6e. Perfiles del terreno (43 al 48) que abarcan el sistema de dunas y parte de la zona plana que lo bordea hacia tierra adentro. La distancia representa la distancia desde el límite marcado en tierra. Los perfiles 43 y 44 pertenecen a la celda litoral 4, y del 45 al 48 a la celda 5.

En total, la línea de costa cubre una distancia de 40.02 km. Para caracterizar las arenas de las playas de San Andrés Tuxtla se tomaron muestras de sedimentos a lo largo del perfil de playa (Figura 7) de acuerdo con el esquema mostrado en la Figura 8. La zona de sotavento corresponde a la parte posterior de la duna, y se encuentra protegida del embate directo de los vientos que chocan con la duna. La cima es la porción superior de la duna. 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. 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. El surco se encuentra en la sección sumergida del perfil junto antes de presentarse la barra del perfil, la cual ofrece las condiciones de someramiento para la rotura y disipación de la energía del oleaje (Figura 8).

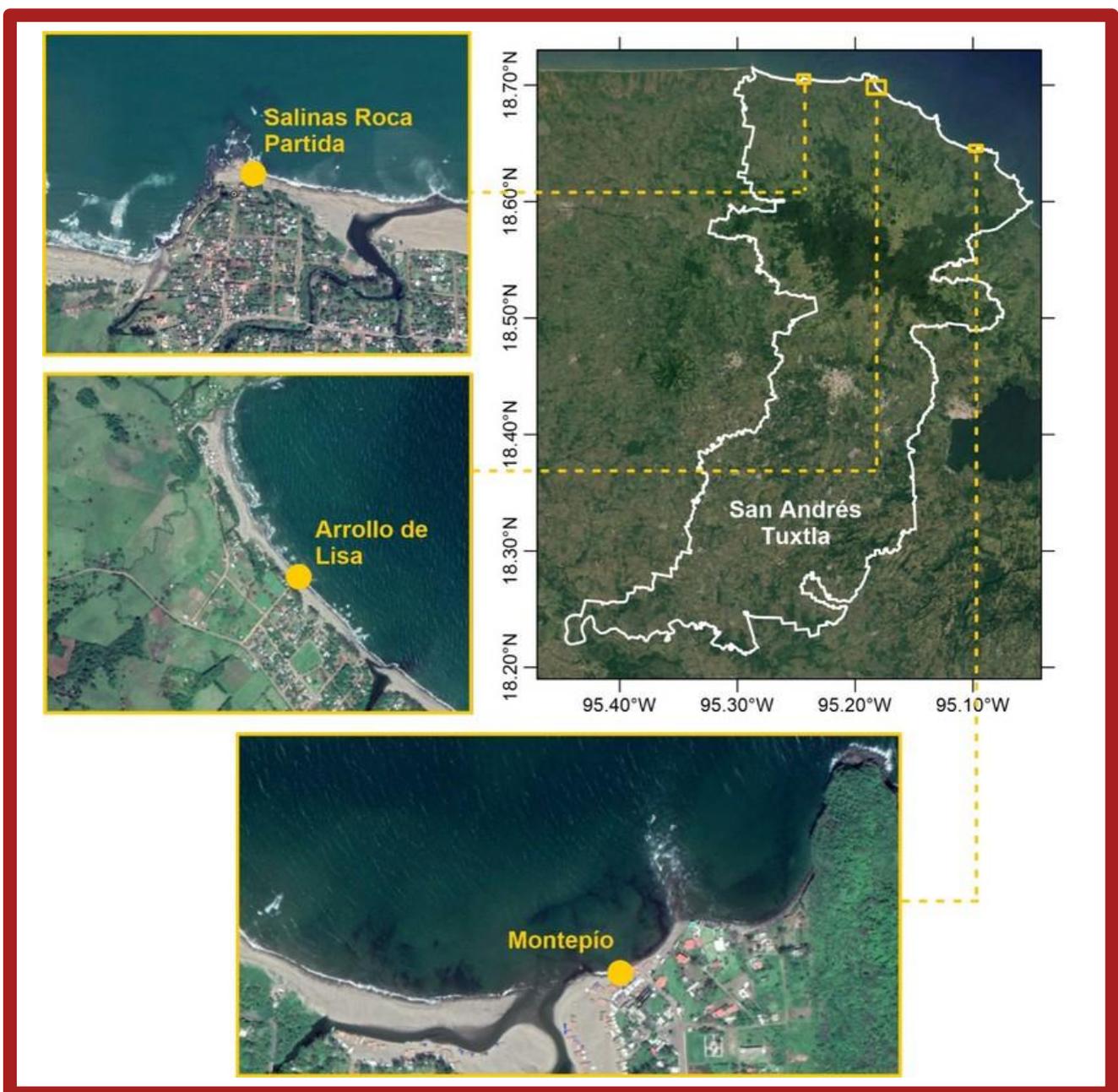


Figura 7. Localización de los sitios de muestreo de arenas.

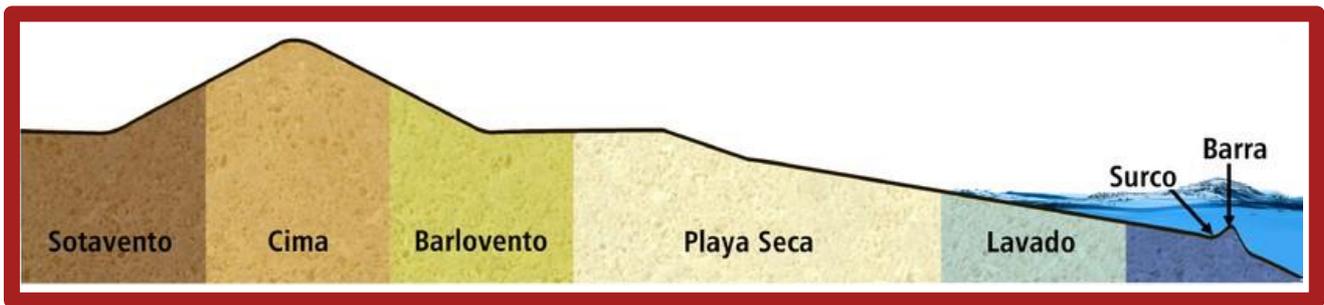


Figura 8. Zonas del perfil de playa consideradas en el muestreo de sedimentos.

El análisis de los sedimentos se realizó por medio del Sistema de análisis granulométrico por imágenes CAMSIZER de la firma Retsch Technology, el cual realiza el análisis estadístico de la muestra en función del número de partículas detectadas o del volumen de la muestra. De acuerdo a los resultados (Cuadro 5), se puede concluir lo siguiente:

La playa de Salinas Roca Partida presenta sedimentos gruesos y muy gruesos en la parte sumergida de su perfil, arenas medias en la zona de lavado y en la playa seca.

A diferencia de las arenas en Arrollo de Lisa que son medias en todo el perfil, y en Montepío, que son finas. Esto indica que el oleaje es más energético en Salinas Roca Partida que en Arrollo de Lisa y que en Montepío.

En todas las muestras los valores de redondez y esfericidad son altos, lo cual revela que las partículas se encuentran bien redondeadas y esféricas. Comparando los diferentes parámetros geométricos se puede presumir que el sedimento viaja de norte a sur.

Cuadro 5. Parámetros geométricos medios y densidad de las arenas en las playas de Salinas Roca Partida (1), Arrollo de Lisa (2) y Montepío (3).

Zona	Diámetro D50 (mm)			Redondez (Symm)			Esfericidad (SPHT)			Densidad (g/cm ³)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Barra												
Surco	0.646	0.448		0.892	0.890		0.860	0.851		2.809	3.031	
Lavado	1.249	0.477	0.210	0.900	0.888	0.858	0.875	0.848	0.812	2.798	2.978	2.033
Playa Seca	0.484	0.373	0.201	0.890	0.890	0.868	0.853	0.849	0.833	2.729	3.180	2.022
Barlovento	0.256	0.263	0.197	0.888	0.888	0.845	0.860	0.856	0.800	2.475	2.747	2.149
Cima		0.319			0.855			0.786			1.582	
Sotavento												

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. Cuando se trata de partículas en suspensión, la forma (superficie de las partículas) de los granos debe ser vista 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. Progresivamente, entre más diferente sea la forma a la de una esfera significa un aumento progresivo de la superficie sin cambio de volumen y, por lo tanto, también una disminución de la velocidad de sedimentación del sólido. Las partículas menos esféricas son las que tienen una mayor capacidad de estar en suspensión.

4. 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

p

y 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.

5. 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 relacionada 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, ya que las esquinas se desgastan por abrasión con otras partículas.

6. 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.

En cuanto a los escurrimientos, los principales son los ríos perennes: Gachapa, Salinas, Manantiales, Toro Prieto, De Liza, De Oro, Rejón, Cold-Máquina y Máquina (Figura 9). En general, los ríos que nacen en las partes altas de la vertiente del volcán de San Martín son intermitentes, debido al suelo poroso. Se vuelven permanentes en las elevaciones medias (entre 300 y 400 m s.n.m.), con caudales muy variables. Los lagos de agua dulce asociados a los cráteres son muy frecuentes en la zona de influencia de este volcán (Favila-Vázquez, 2016).

Dentro del municipio de San Andrés Tuxtla, se localizan tres estaciones climatológicas, de las cuales dos se encuentran operando (30185 y 30302) y una suspendida (30146), de acuerdo con la Información Estadística Climatológica de la CONAGUA. Por otro lado, de acuerdo con el Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS), en el municipio existe una estación hidrométrica en el río Comoapan (Comoapan, 28168). El clima de este municipio corresponde a un cálido

subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (33 %), cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (32 %), cálido húmedo con lluvias todo el año (24 %), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (7 %) y semicálido húmedo con lluvias todo el año (4 %). El rango de precipitación es de 1,100 - 4,600 mm, y el de temperatura de 18 - 28°C, según el Sistema de Información Municipal del Gobierno del Estado de Veracruz (2019).



Figura 9. Ríos perennes e intermitentes del municipio de San Andrés Tuxtla.

INFRAESTRUCTURA Y ALTERACIONES EN LAS FUENTES DE SEDIMENTO

En este municipio no hay presas con influencia en la zona costera y solo se detectó la presencia de un espigón de 300 m de longitud en la localidad de Balzapote (18° 37' 3.92" N, 95° 4' 18.72" O). A lo largo de la costa, el transporte predominante de sedimentos es de tipo longitudinal con dirección de este hacia el oeste (Figura 6). En todas las playas de este municipio con orientación oeste-este, se presenta una alimentación de arena hacia los sistemas dunares inducido por el efecto combinado de deposición sedimentaria en la zona de lavado por el oleaje; cuando la marea baja, el sol seca los sedimentos y es entonces que inicia el transporte de las arenas por el efecto del viento. Este material sedimentario viaja tierra adentro, una proporción importante de él queda atrapado en la vegetación y se fija por el efecto de esta. El sedimento que no queda atrapado es capaz de viajar hacia diferentes zonas y alimenta otras playas reingresando de nuevo al sistema de transporte de sedimentos marítimo-costero. 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. Considerando que en general, el sistema está poco alterado se menciona lo siguiente:

- ♦ La región de los Tuxtlas, no tiene ríos que se puedan considerar navegables, excepto por canoas y kayaks (Catemaco, 2020). Este municipio presenta la mayor cantidad de predios o unidades agrarias integrados a la Reserva Natural de los Tuxtlas (Gómez, 2003). El fuerte impacto ganadero y agrícola, y la sobreexplotación de recursos naturales de parte de los residentes, aún cuando es catalogado como un Área Natural Protegida, altera la dinámica de los sedimentos (Vázquez-Torres *et al.* 2010), considerando también que los ríos de este municipio se encuentran perturbados por los asentamientos cercanos (Vázquez *et al.* 2002).
- ♦ La costa de San Andrés Tuxtla se conforma por playas arenosas encajadas divididas por acantilados o puntas rocosas.
- ♦ El volcán de San Martín ubicado en este municipio genera depósitos de lahar formados por flujos hipercontrados y flujos de detritos, distribuidos en la zona serrana (SEDESOL, 2011).

Para comprobar las tendencias erosivas se realizó un análisis de la evolución espacio-temporal de la línea de costa. En la Figura 10 y la Figura 11 se muestran las gráficas del desplazamiento de la línea de costa y las tasas de erosión y acreción, respectivamente, calculadas a partir de la digitalización de la línea de costa de imágenes satelitales de Google Earth. Los años analizados fueron

2010, 2012, 2013 y 2019 para el perfil del 1 al 6, 2005, 2010, 2013 y 2019 para el perfil del 7 al 20, 2005, 2010 y 2019 para el perfil del 21 al 26, y 2003, 2005, 2012 y 2019 para el perfil del 27 al 48. Se utilizó el anterior método debido a que no se encontraron las imágenes satelitales con los mismos años al realizar la digitalización de las líneas de costa.

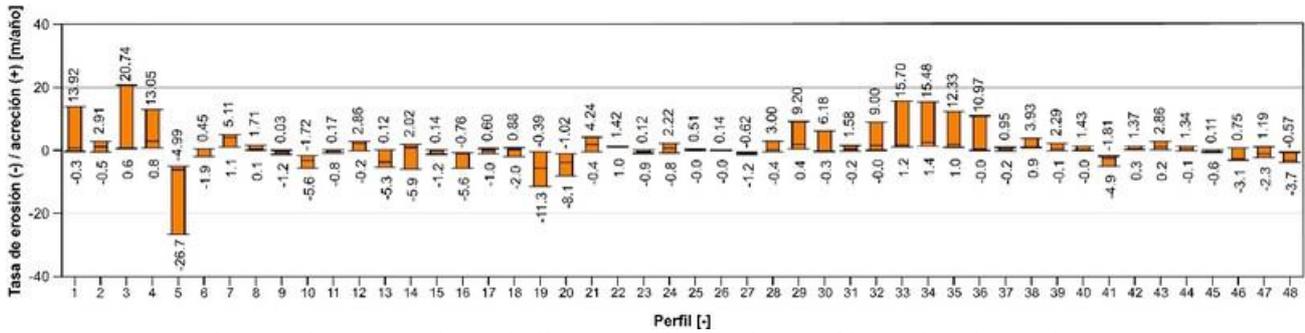


Figura 10. Tasa de erosión / acreción de la línea de costa en los perfiles indicados en la Figura 6 para el municipio de San Andrés Tuxtla.

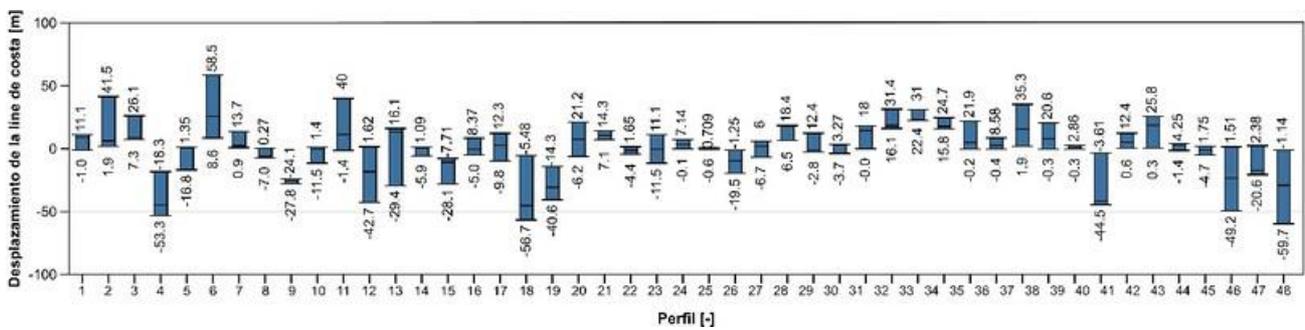


Figura 11. Desplazamiento de la línea de costa en los perfiles indicados en la Figura 6 para el Municipio de San Andrés Tuxtla.

Se observa que, en general, la costa del municipio se encuentra en proceso muy próximo al equilibrio dinámico. En cuanto a la tasa de erosión, los mayores valores se presentan en los perfiles 5, 19 y 20 que corresponden a variaciones en la costa y en el caso del perfil 20, a la desembocadura del arroyo de Oro (Figura 9). La mayor erosión está en el perfil 48 con 59.7 m de retroceso de línea de costa. Por otro lado, las mayores variaciones

se presentan en el perfil 6 que corresponde con el lado oeste de la desembocadura del río Gachapa en donde la playa ha crecido 58.5 m. En general, las tasas de erosión van desde los 0.1 m/año hasta los 26.7 m/año. En resumen, los desplazamientos de la línea de costa del municipio de San Andrés Tuxtla indican desplazamientos tanto de erosión como de acreción por efecto de la dirección del oleaje.

Se observa que, en general, la costa del municipio se encuentra en proceso muy próximo al equilibrio dinámico. En cuanto a la tasa de erosión, los mayores valores se presentan en los perfiles 5, 19 y 20 que corresponden a variaciones en la costa y en el caso del perfil 20, a la desembocadura del arroyo de Oro (Figura 9). La mayor erosión está en el perfil 48 con 59.7 m de retroceso de línea de costa. Por otro lado, las mayores variaciones se presentan en el perfil 6 que corresponde con el lado oeste de la desembocadura del río Gachapa en donde la playa ha crecido 58.5 m. En general, las tasas de erosión van desde los 0.1 m/año hasta los 26.7 m/año. En resumen, los desplazamientos de la línea de costa del municipio de San Andrés Tuxtla indican desplazamientos tanto de erosión como de acreción por efecto de la dirección del oleaje.

ASPECTOS RELEVANTES EN LA DINÁMICA SEDIMENTARIA

De acuerdo con los resultados obtenidos:

1. Durante los meses del otoño e invierno se deben tener precauciones para actividades recreativas en playa y mar (nado, construcciones, etc.) y eventualmente durante el verano (cuando se presentan los huracanes).
2. El oleaje induce un transporte de sedimentos reinante de norte hacia el sur del litoral.
3. No se recomienda la construcción de más obras civiles que modifiquen la dinámica natural del transporte de sedimentos. La alteración de dicha dinámica influiría drásticamente en la alimentación de sedimentos de las playas corriente abajo.



Capítulo 3.

CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA BIÓTICO

TIPOS DE VEGETACIÓN

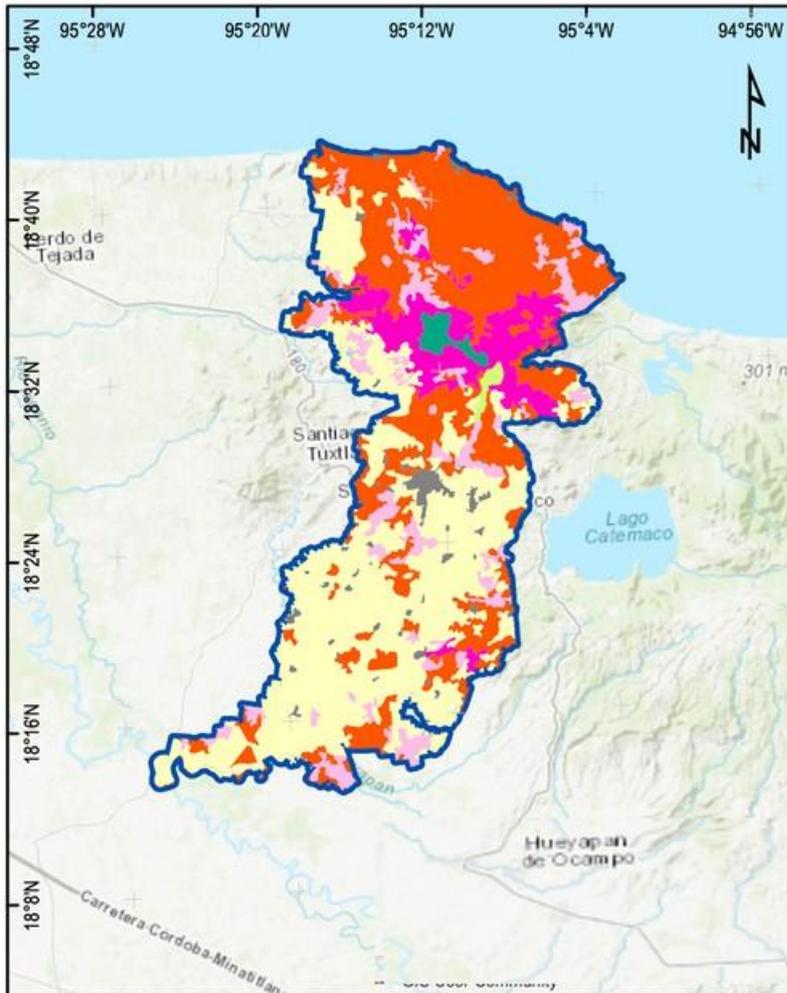
De acuerdo con el INEGI (2013), el 79.11 % de la superficie del municipio es utilizada por actividades agropecuarias. La agricultura ocupa alrededor del 42 %. Aunque por muy poco (menos del 6 %), el cultivo de pastizales es el segundo principal uso con 35.43 % de la superficie del municipio. Como se mencionó anteriormente, las localidades presentes en el municipio son de poca población por lo que la superficie ocupada por asentamientos humanos, en conjunto

con la zona urbana, apenas supera el 2.08 % de la superficie total. Respecto al 20.89 % de vegetación natural, está compuesta principalmente por algunos fragmentos de selva alta perennifolia y otros tantos de vegetación secundaria, arbórea y arbustiva, de selva alta (Cuadro 6). En la figura 12 se puede observar un parche de bosque mesófilo de montaña en el centro del municipio.

En la franja costera, la distribución de los tipos de uso de suelo y vegetación no es diferente al resto del municipio; cerca del 89 % de la superficie municipal es utilizada para actividades agropecuarias; principalmente pastizal cultivado (ganadería). Aquí, la vegetación natural está representada por parches aislados de vegetación secundaria de selva alta.

Cuadro 6. Superficie ocupada por los diferentes tipos de usos de suelo a nivel municipal y en la franja costera.

Tipo de uso de suelo	% superficie municipal	% superficie en franja costera
Transformado		
Agricultura de temporal	41.60	7.10
Pastizal cultivado	35.43	80.69
Asentamientos humanos	2.08	0.93
Total transformado	79.11	88.22
Natural		
Bosque mesófilo de montaña	1.13	
Selva alta perennifolia	9.55	0.25
Vegetación secundaria de selva alta perennifolia	9.65	4.10
Vegetación secundaria de Bosque mesófilo de montaña	0.47	0.0
Cuerpo de agua	0.09	0.22
Total natural	20.89	11.28



Uso de Suelo y Vegetación del municipio de San Andrés Tuxtla, Ver

Superficie (km ²):	953.8
Longitud del litoral (km):	39.9
Total de localidades:	227
Urbanas:	5
Rurales:	222
Población (hab):	162,428

*Censo de Población y Vivienda. INEGI (2020)

Uso de suelo y vegetación

- Bosque mesófilo de montaña
- Cuerpo de agua
- Selva alta perennifolia
- Vegetación secundaria de bosque mesófilo de montaña
- Vegetación secundaria de selva alta perennifolia
- Agricultura de temporal
- Pastizal cultivado
- Asentamientos humanos

* Uso de Suelo y Vegetación Serie VII
INEGI (2018)



Tema: Uso de suelo y Vegetación
Municipio: San Andrés Tuxtla
Estado: Veracruz
Escala: 1: 400,000
Proyecto: Zonificación de la Zona Federal Marítimo Terrestre Costera de Veracruz
UNAM-INECOL

Figura 12. Distribución de los usos de suelos y tipos de vegetación del municipio de San Andrés Tuxtla, Ver.

LAS DUNAS COSTERAS

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

De acuerdo con la clasificación de dunas costeras de Jiménez-Orocio *et al.* (2015), se estima que la superficie de dunas costeras del municipio de San Andrés Tuxtla suma alrededor de 3.2 km²; principalmente de dunas parabólicas estabilizadas (Figura 13). Las dunas costeras presentes están totalmente cubiertas de vegetación; actualmente la vegetación que cubre las dunas es pastizal cultivado. Las dunas costeras se localizan en el extremo noroeste, entre las localidades de Punta Puntilla (Límites con el municipio de Ángel R. Cabada) y Punta Roca Partida. Las dunas consisten en una playa arenosa,

relativamente ancha (alrededor de 100 m), seguido de un estrecho cordón de dunas frontales, vegetada que no exceden los 50 m de anchura, y termina en dunas parabólicas con orientación noroeste-sureste (Figura 14). El límite entre las dunas costeras y los lomeríos bajos, tierra adentro, es dibujado por un borde de vegetación. La desembocadura de los ríos Gachapa, Salinas y los Arroyos La Tortuga y Oro, entre otros dividen la playa en fragmentos a lo largo de litoral de esta zona. Así mismo, en algunos casos, forman los límites entre las dunas costeras y otras geoformas. La presencia de estas corrientes de agua permite una constante reconfiguración del frente de playa; dinámica sedimentaria alta. El resto de la costa del municipio es principalmente rocosa, con playas asociadas a pequeñas bahías; sin registro de dunas costeras de importancia.



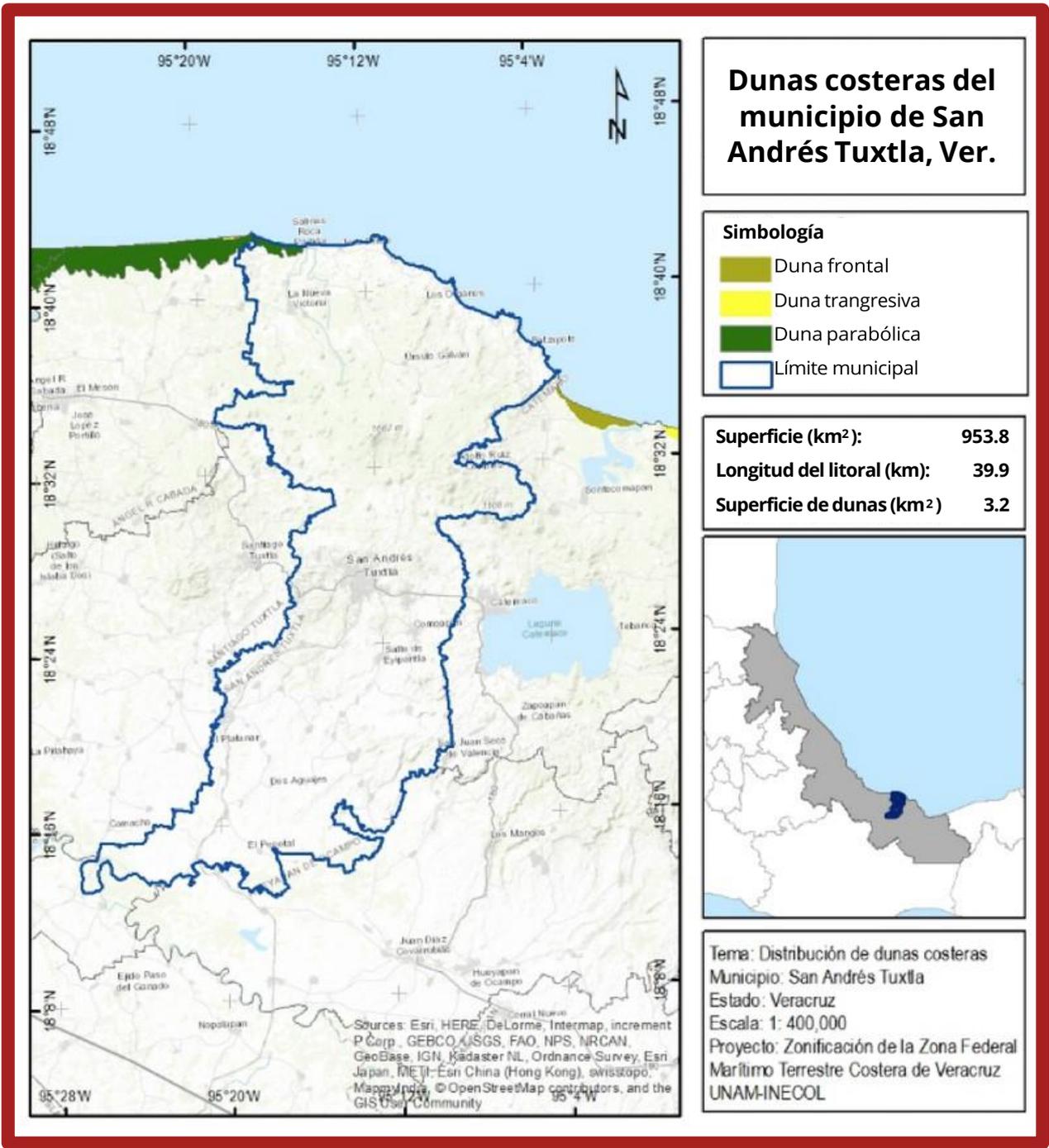


Figura 13. Distribución y tipos de dunas costeras en el municipio de San Andrés Tuxtla, Ver.

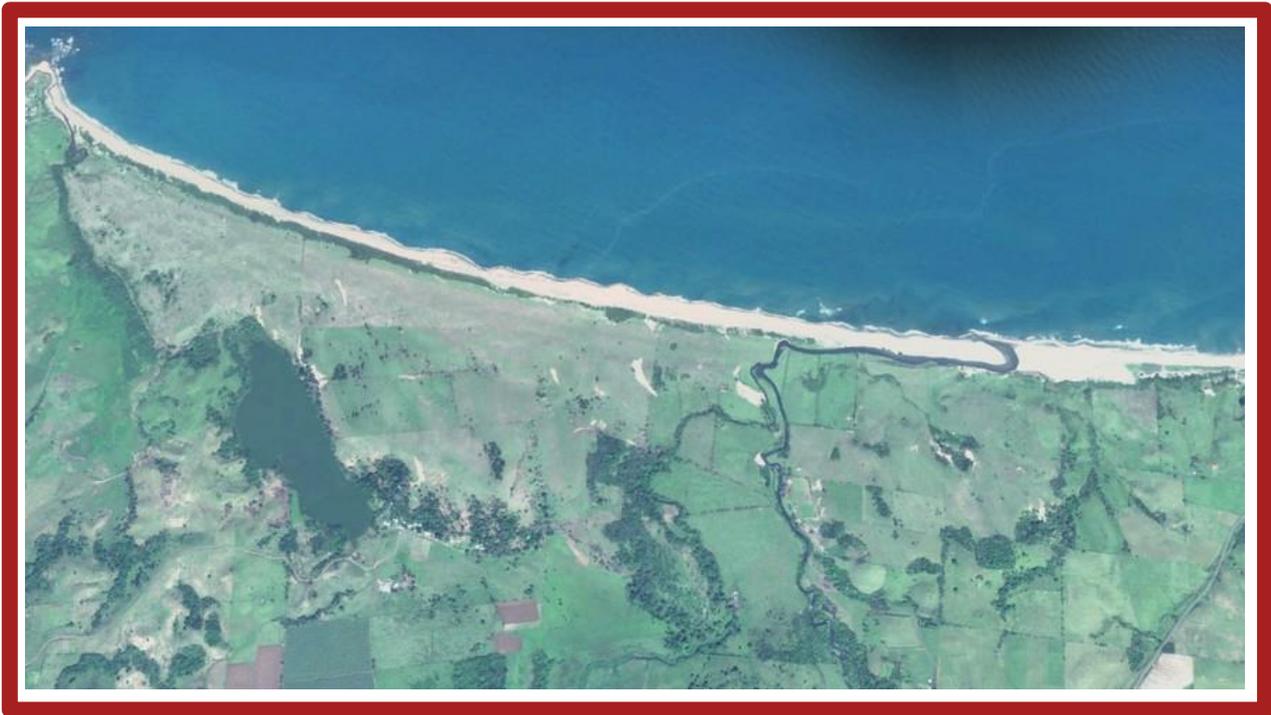
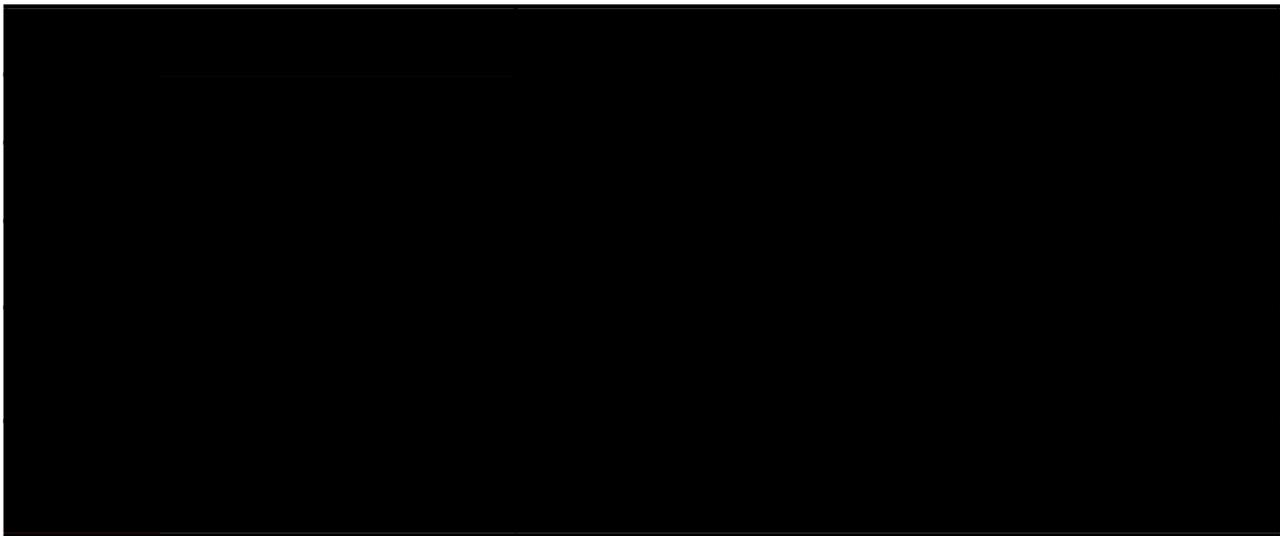


Figura 14. Dunas costeras de forma parabólica de San Andrés Tuxtla, Ver.

Para determinar el estado de conservación de las dunas costeras del municipio se hizo una clasificación cualitativa de cinco categorías que se describen a continuación (Cuadro 7). Los datos indican que las dunas parabólicas son las más abundantes y que éstas

están en un estado de conservación considerado como malo (Figura 15, Cuadro 8). Estas condiciones, disminuyen los servicios ambientales que prestan las dunas al sistema costero del municipio y aumentan la vulnerabilidad de la costa al impacto de fenómenos naturales (p.ej., meteorológicos).

Cuadro 7. Características de los diferentes estados de conservación en que fueron clasificadas las dunas costeras de México.



Cuadro 8. Superficie (ha) que ocupa cada una de las categorías del estado de conservación de los distintos tipos de dunas del municipio de San Andrés Tuxtla, Ver.

Tipos de dunas	Movilidad (Fija/Móvil)	Estado de conservación (Superficie ha)					Total
		Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy malo	
Duna parabólica	Estabilizada	-	-	-	320.05	-	320.05
%	100	-	-	-	100	-	100

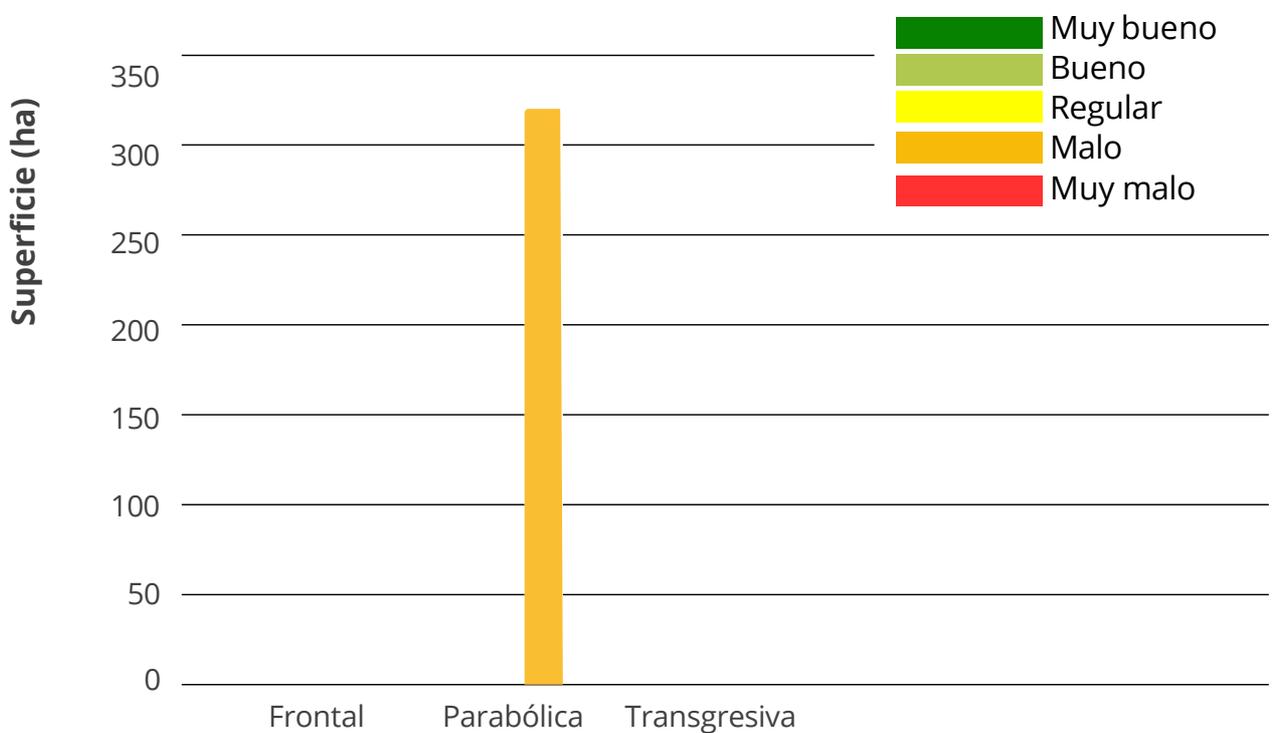


Figura 15. Estado de conservación por tipo de duna presente en el municipio de San Andrés Tuxtla, Ver.

ESPECIES VEGETALES DE LA ZONA COSTERA

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, Martínez *et al.* 2014; Moreno-Casasola *et al.* 2015) se tienen registradas 916 especies vegetales representativas de playas y dunas costeras. Muchas de ellas se reconocen como amenazadas, sujetas a protección especial o bien que son endémicas.

Algunas de las plantas abundantes en la playa y dunas de esta zona son: *Pachira aquatica*, *Asclepias curassavica*, *Cyperus*

articulatus, *Eleocharis elegans*, *Citharexylum ellipticum*, *Pontederia sagittata*, *Momordica charantia*, *Jacquinia aurantiaca*, *Syngonium podophyllum*, *Randia aculeata*, *Souroubea loczyi*, *Byrsonima crassifolia*, *Hibiscus pernambucensis*, *Tournefortia hirsutissima*, *Vigna luteola*, *Ficus apollinaris*, *Cordia stenoclada*, *Coccoloba barbadensis*, *Crotalaria incana*, *Commelina erecta*, *Passiflora ciliata*, *Heliotropium indicum*, *Epaltes mexicana*, *Stachytarpheta jamaicensis*, *Castilla elastica*, *Capsicum annum*, *Guarea glabra*, *Trophis mexicana*, *Hamelia patens*, *Chiococca coriácea* y *Tournefortia glabra*.

En el Cuadro 9 se muestran seis columnas en donde se encuentran la familia a la que pertenece cada especie, el nombre común, el nombre científico y la forma biológica. La forma biológica fue determinada a partir de Castillo y Moreno-Casasola (1998) y Moreno-Casasola *et al.* (2011). En la cuarta columna se encuentran los tipos de vegetación en los que se puede encontrar cada especie, basados en Rzedowski (2006).

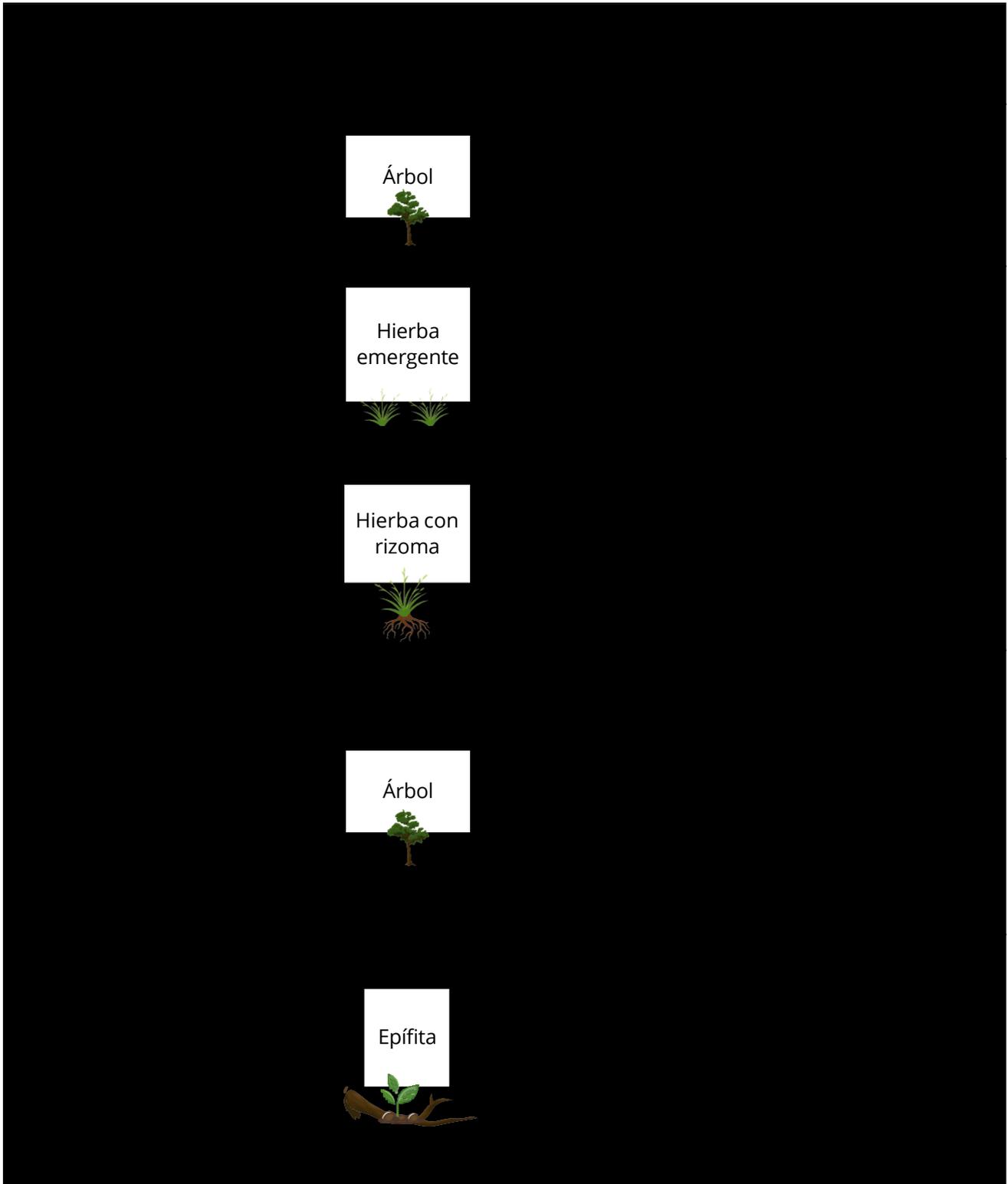


En la quinta columna se clasificaron las especies que pueden encontrarse en playas, dunas primarias o secundarias, así como aquellas especies encontradas en otros tipos de ecosistemas, diferente a las dunas, pero costeros. Esta clasificación se hizo con base en los patrones de distribución de las especies 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 o bien con crecimiento secundario, y O= especies distribuidas tierra adentro pero características de otros tipo de vegetación, como bosques caducifolios, humedales o pastizales.

Finalmente, en la última columna del cuadro 9, se muestra el estatus de protección de cada especie. El estatus de conservación hace referencia a tres fuentes de información: NOM-059-2010 (P= en peligro de extinción; A= Amenazada; Pr= Sujeta a protección especial); IUCN (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) y Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres CITES (I, II, III, para ver descripción de las categorías visitar www.cites.org).



Cuadro 9. Listado de especies vegetales más importantes registradas a la fecha, que crecen principalmente en las playas, dunas y humedales del municipio de San Andrés Tuxtla. Los nombres comunes se basaron en distintas fuentes de información del sitio web de la CONABIO. 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 o bien con crecimiento secundario, y O= especies distribuidas tierra adentro, pero características de otro tipo de vegetación, como bosques caducifolios, humedales o pastizales.



Árbol



Hierba



Hierba



Hierba



Hierba



Hierba



Hierba



Árbol



Arbusto



Hierba



Árbol



Árbol



Árbol



Árbol





Hierba



Hierba



Árbol



Hierba



Arbusto



Arbusto



DISTRIBUCIÓN Y EXTENSIÓN DE MANGLARES

El municipio de San Andrés Tuxtla no tiene registro de vegetación de manglar.

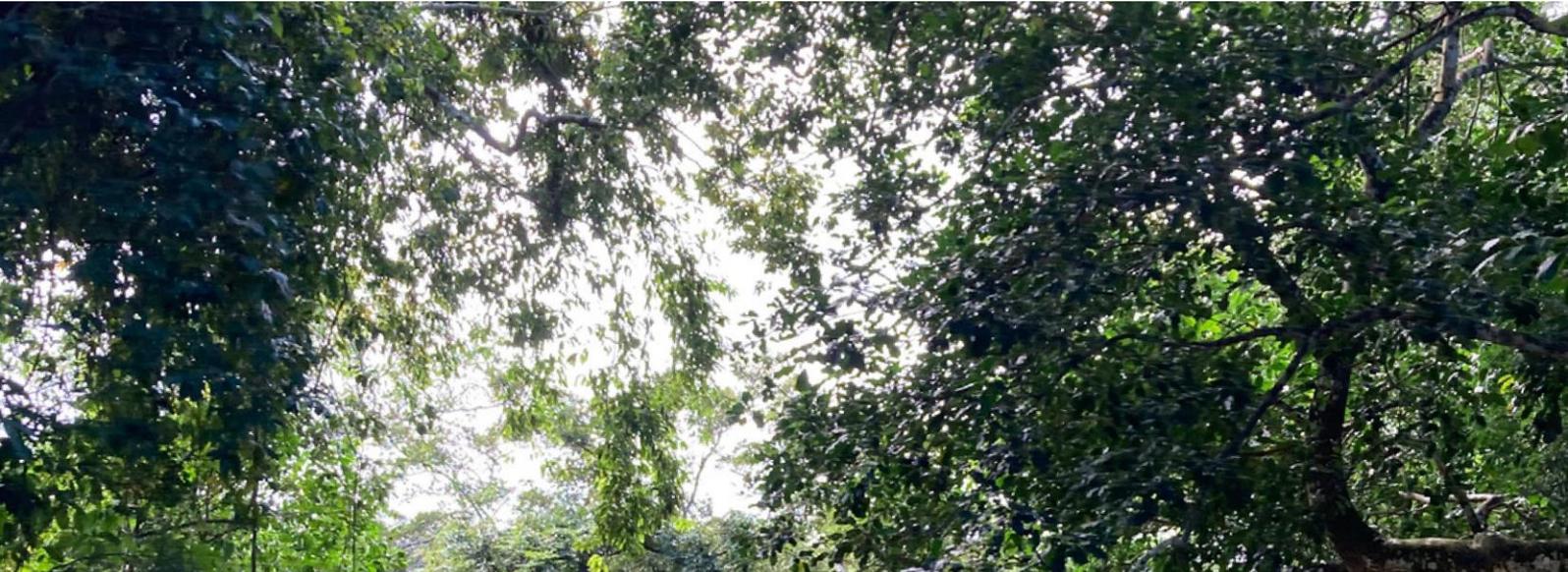
CARACTERIZACIÓN DE HUMEDALES

Los humedales están asociados a cuerpos de aguas permanentes como Laguna la Delicia, Estero Montepío, Laguna los Manantiales, Laguna Escondida, Laguna el Zacatal. Además de

vegetación riparia asociada a corrientes de agua permanentes e intermitentes como el Río Gachapa, R. Salinas, Río Cold.; Arroyo la Tortuga, A. de Oro, A. de Liza, A. los Órganos, A. Regón, A. la Rosalía, A. San Martín, Estero Salinas, entre otros.

CARACTERIZACIÓN DE LAGUNAS COSTERAS

En el Municipio no existen lagunas costeras. Por esta razón no se presenta información de la calidad del agua ni de fitoplancton.



CARACTERIZACIÓN DE ARRECIFES DE CORAL

Los arrecifes que se ubican en las costas de San Andrés Tuxtlas pertenecen al sistema arrecifal Los Tuxtlas (Figura 16). Este sistema arrecifal consiste en 32 pequeñas formaciones de coral, formado por sustrato rocoso sobre los cuales crecen las colonias coralinas. Al municipio de San Andrés Tuxtla le corresponden 15 “parches” arrecifales: Punta Puntilla, Isla El Terrón, La Ensenada, Playa Escondida, La Poza, Armita1, Armita 2, La Herradura, Playa Hermosa, Montepío Costero, Montepío Poza, Punta Sábalo, Muelle Balzapote, Las Cruces (Punta Balzapote) y Punta Playita (Ortiz-Lozano *et al.* 2013). Aunque no existe mucha literatura científica sobre la condición de estos arrecifes, Ortiz-Lozano *et al.* (2013), mencionan que los principales disturbios, derivado de actividades

antrópicas, a los que están sujetos los arrecifes son: fragmentación y reducción del área arrecifal, disminución de moluscos y reducción de la talla de peces de importancia comercial. Así como contaminación por agroquímicos, desechos industriales (petrolera), coliformes fecales e introducción de especies exóticas invasivas. Algunas de las especies de corales registradas para el sistema arrecifal de los Tuxtlas son: *Acropora cervicornis*, *A. palmata*, *Agaricia agaricites*, *A. fragilis*, *Colpophyllia natans*, *Diploria clivosa*, *D. strigosa*, *Manicina areolata*, *Mussa angulosa*, *Mycetophyllia daniana*, *M. ferox*, *M. lamarckiana*, *Scolymia cubensis*, *Madracis decactis*, *Montastraea annularis*, *M. cavernosa*, *M. faveolata*, *M. franksi*, *Oculina difusa*, *O. varicosa*, *Porites astreoides*, *P. colonensis*, *P. divaricata*, *P. furcata*, *P. porites*, *Siderastrea radians*, *S. sidérea* y *Stephanocoenia intercepta*.

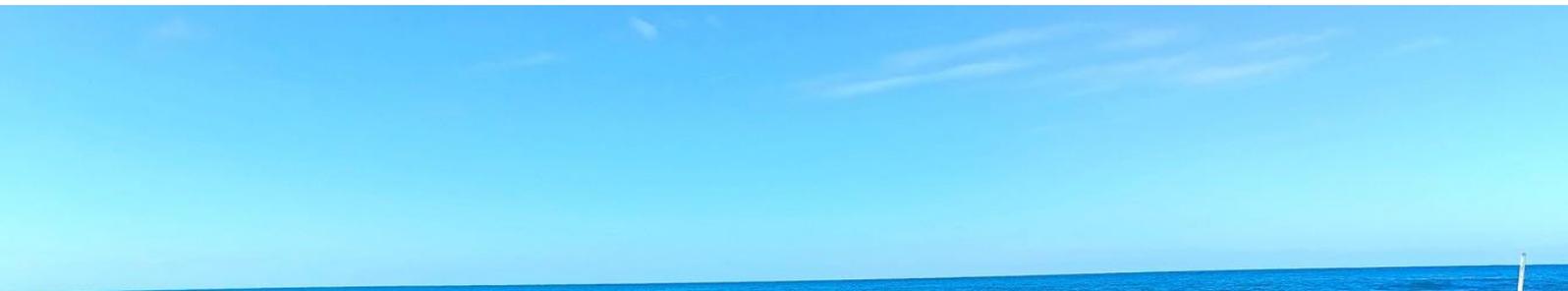




Figura 16. Distribución de los arrecifes del Sistema Arrecifal Los Tuxtlas, correspondientes al municipio de San Andrés Tuxtla, Ver.



Capítulo 4.

CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y PRESERVACIÓN DE ECOSISTEMAS COSTEROS

Esta región se encuentra dentro de la Región Terrestre Prioritaria (RTP 131), Sierra de Los Tuxtlas-Laguna del Ostión, la Región Hidrológica Prioritaria 80. Los Tuxtlas, Región Prioritaria Marina (RPM-51) Los Tuxtlas y el AICA SE-04 Los Tuxtlas.

El municipio de San Andrés Tuxtla forma parte de Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz,

además de contener los sitios Ramsar (no. 1342) Manglares y Humedales de la Laguna de Sontecomapan.

PLAYAS Y DUNAS COSTERAS

Los disturbios y los asentamientos humanos son pocos y escasos, tratándose de pequeñas comunidades aledañas a la barra de Sontecomapan. En esta zona no se han realizado estudios para determinar la vulnerabilidad de la costa (López-Portillo *et al.* 2011). En general, se considera que la mayoría de las dunas del municipio de San Andrés Tuxtla están en un estado de conservación malo (Figura 17).

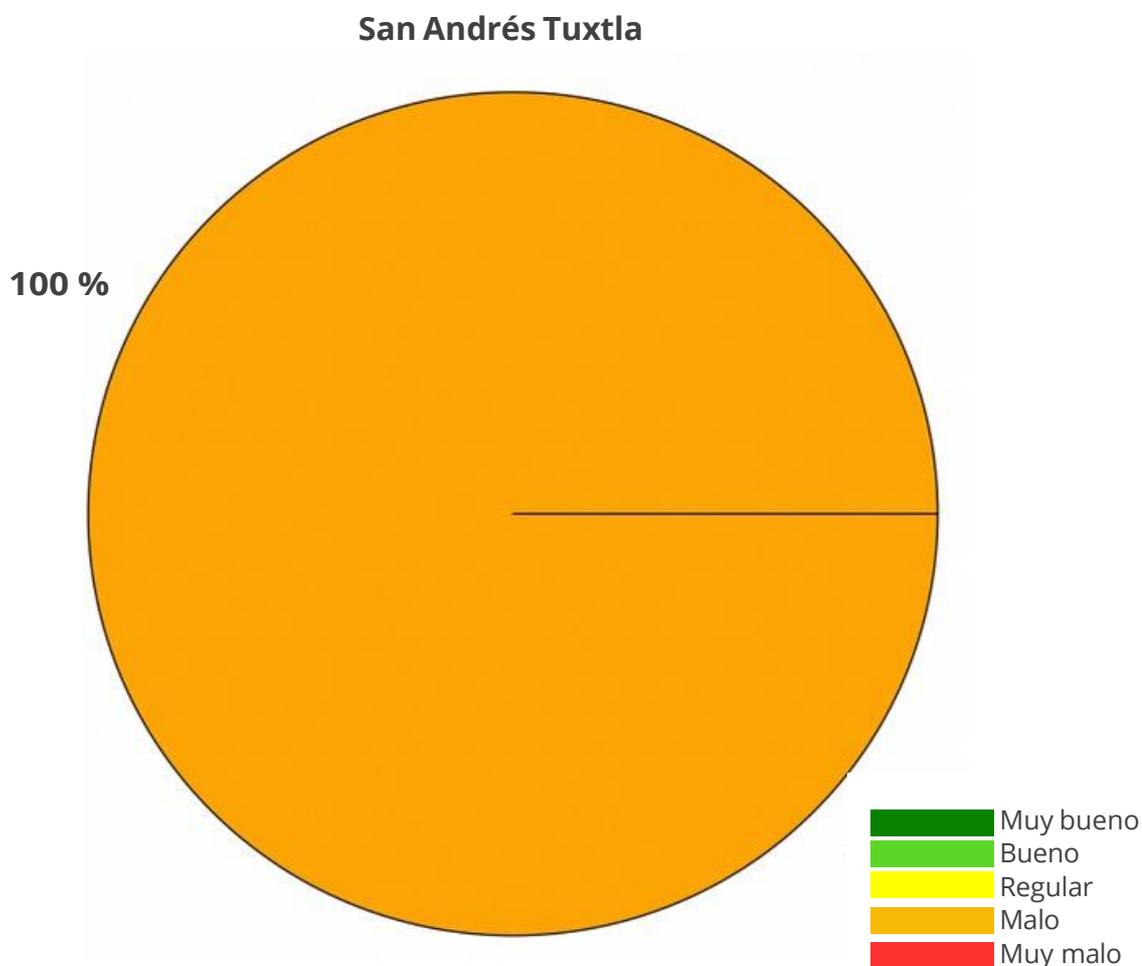


Figura 17. Estado de conservación de las dunas costeras del municipio de San Andrés Tuxtla, con base en el diagnóstico de Martínez *et al.* (2014).

Por la extensión del sistema de dunas parabólicas y presencia de bosque tropical lluvioso sobre las dunas, se puede considerar a los sistemas de dunas de San Andrés Tuxtla como una joya geomorfológica y ecológica de las costas veracruzanas y de México. En este municipio, al igual que en el resto del estado, se concentran muchas dunas parabólicas. El estado de Veracruz concentra cerca del 80 % de las dunas costeras parabólicas del país.

Por otro lado, la riqueza biológica que se presenta en este ambiente es reconocida de manera que esta zona ha sido incluida dentro de una de las cinco

Regiones Terrestres Prioritarias (RTP 131, Sierra de Los Tuxtlas Lagunas del Ostión) para la conservación en la zona costera del estado y en la Región Marina Prioritaria (RMP51, Los Tuxtlas) para la conservación. Así mismo, se ha nominado como Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA SE-04). Por último, se encuentra uno de los nueve sitios Ramsar del estado (no. 1342 Manglares y humedales de Sontecomapan).

Por último, el índice Re-Dune (Ver Apéndice con la descripción de los métodos utilizados) indica que existe heterogeneidad en estos sistemas de dunas (Lithgow *et al.* 2015).



HUMEDALES

Igual que los manglares, la conservación de los humedales de agua dulce debe ser una prioridad estatal y nacional. Es extensamente aceptado que los humedales proveen servicios ecosistémicos importantes. Son sumamente productivos y presentan una biodiversidad alta. En este municipio, estos ecosistemas son importantes por sus aportes en nutrientes a las pesquerías de la Laguna de Sontecomapan, y como zonas de alimentación de aves migratorias y residentes. Esta laguna forma parte del sitio Ramsar 1342 y fue decretado en 2004.

La laguna de Sontecomapan se ha visto amenazada debido a actividades agropecuarias, por la afectación en hidrología por el azolve de afluentes, la

invasión de especies secundarias en áreas desmontadas y de pastos introducidos en áreas azolvadas, y así como la extracción de madera.

No obstante, existe deterioro de los humedales debido a la ganadería. El pisoteo compacta el suelo, degrada la materia orgánica, se libera metano y CO², se pierden servicios ecosistémicos importantes como hábitats de flora y fauna, zonas de alimentación de aves, se reducen los nutrientes a los cuerpos de agua, se reduce capacidad de atenuación del cambio climático entre otros. Es necesario instrumentar como parte del plan de manejo del sitio Ramsar acuerdos con los dueños para un desarrollo sustentable que permita un bienestar de la población y la conservación de los ecosistemas y sus servicios ambientales.



■ Capítulo 5.

DIAGNÓSTICO Y ZONIFICACIÓN

En el Cuadro 10 se muestra un resumen de las principales características del municipio de San Andrés Tuxtla. En términos generales, y de acuerdo con las características físicas, geomorfológicas y

biológicas descritas en este documento, la costa del municipio de San Andrés Tuxtla se puede zonificar en diferentes regiones. Estas regiones fueron seleccionadas porque tienen problemáticas y acciones recomendables contrastantes (Cuadro 11).

Cuadro 10. Síntesis diagnóstica de la zona costera del municipio de San Andrés Tuxtla, Ver.

OBSERVACIONES

- ◆ Este municipio está conformado por 5 celdas litorales.
- ◆ El transporte de sedimentos predominante ocurre de este a oeste.
- ◆ El estado de conservación de las dunas de esta región se considera malo.
- ◆ Una parte del complejo de humedales fue decretada como sitio Ramsar 1342 con una extensión de 8,921 ha el 2 de febrero de 2004.
- ◆ Existen en el municipio humedales de agua dulce, arbóreos y herbáceos.
- ◆ El sistema de dunas cuenta principalmente con campos de dunas parabólicas.
- ◆ El paisaje de ecosistemas costeros está sumamente interconectado y tiene un alto valor paisajístico por la presencia de selva tropical y por sus servicios ecosistémicos.

Cuadro 11. Se muestran a manera de semáforo los usos para los que esta costa puede ser apta y no apta, así como la problemática y las acciones recomendables. Nota: El equilibrio de la zona costera se refiere a la ocurrencia de procesos de erosión o acreción, y no necesariamente se relaciona con el deterioro ambiental. Por ejemplo, puede haber una zona con erosión donde los ecosistemas estén bien conservados.

SEMÁFORO DE ACCIONES		Zona Este	Zona Oeste
		Actividades y permisos altamente restringidos.	Actividades y permisos moderadamente restringidos.
VALORES	GEOMORFOLÓGICOS	Alta restricción: zona de grandes extensiones de dunas que amortiguan el impacto de tormentas.	Alto: El mal estado de conservación de las dunas requiere implementar mejores estrategias de manejo.
	ECOLÓGICOS	Alta: Baja cobertura vegetal con especies endémicas. Contiene relictos de selva y matorral costero sobre dunas.	Alta: Baja cobertura vegetal con especies endémicas de México.
PROBLEMÁTICA	EROSIÓN	Baja: la mayor parte de la costa se encuentra en un equilibrio dinámico estable.	Celda estable con pocos desplazamientos en la costa.
	ASENTAMIENTOS AFECTADOS	Bajo: No hay poblados.	Bajo: No hay poblados.
	INFRAESTRUCTURA DE PROTECCIÓN	No existe.	No existe.

MANEJO DE LA ZONA MARINA, PLAYA, DUNAS Y HUMEDALES DE AGUA DULCE

Las recomendaciones generales para el manejo de la zona marina, playa, dunas parabólicas, humedales de agua dulce y lagunas costeras se detallan en el volumen B ("Recomendaciones generales

para el manejo de la zona costera"). Además, a continuación, se enlistan 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 o en presencia de ciclones tropicales.
- ◆ Se permiten deportes acuáticos. Si se construye un muelle, éste debe estar piloteado en toda su extensión.
- ◆ Se debe establecer un plan de manejo de pesca responsable y sustentable acordado con las cooperativas.
- ◆ Buceo en zona arrecifal.

MANEJO - NO APTO:

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

RESTAURACIÓN:

- ◆ Analizar las zonas de arrecifes que requieren acciones de restauración, e implementarlas.
- ◆ Restaurar las playas erosionadas.

CONSERVACIÓN:

- ◆ Se debe poner atención a la conservación y protección de las especies endémicas y amenazadas presentes en la zona. Se deben impulsar los refugios pesqueros.

PROTECCIÓN:

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

ZONA DE PLAYA

ACTIVIDADES ECONÓMICAS ACTUALES:

- ◆ Restaurantes rústicos y permanentes, hotelería, asentamientos urbanos.

ACTIVIDADES ECONÓMICAS POTENCIALES:

- ◆ Restaurantes móviles sobre la playa y deportes de playa.

MANEJO - APTO

- ◆ Delimitar la zona bajo administración de ZOFEMAT (Zona Federal Marítimo Terrestre) tomando en cuenta las tasas de erosión y haciendo público el resolutivo.
- ◆ Se permite construcción de infraestructura de material degradable y piloteadas (p.ej.: casas tipo palafito o andadores) por detrás de la cara posterior del primer cordón y evitando la invasión sobre la corona o cresta de las dunas.
- ◆ Se procurará que la orientación de las construcciones disminuya la superficie de choque del viento. Se recomienda orientarlas en sentido que genere la mínima resistencia al viento (norte-sur).
- ◆ Establecer accesos a la playa e inscribirlos 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, superficie considerada bajo administración federal. Sin embargo, las actuales condiciones de elevación del nivel del mar llevan a considerar que se debe construir 20 m por atrás del primer cordón de dunas.
- ◆ Introducción de especies exóticas e invasoras.
- ◆ Tránsito vehicular por la playa o estacionarse en la playa o dunas.
- ◆ Aplanamiento de la playa.

CONSERVACIÓN Y/O RESTAURACIÓN

- ◆ La playa debe ser conservada 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.

PROTECCIÓN

- ◆ La diversidad de formas de dunas, la presencia de dunas parabólicas y las especies endémicas requieren ser protegidas, por el valor geomorfológico y ecológico.

DUNAS PARABÓLICAS

ACTIVIDADES ECONÓMICAS ACTUALES:

- ♦ Ecoturismo, ganadería de baja densidad, agricultura en zonas específicas.

ACTIVIDADES ECONÓMICAS POTENCIALES:

- ♦ Pastoreo bajo plan de manejo, turismo sustentable, ecoturismo.

MANEJO - APTO

- ♦ Se permite 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 no ponga en riesgo su estabilidad.

RESTAURACIÓN:

- ♦ Proyecto de restauración y recuperación de dunas.

CONSERVACIÓN:

- ♦ Zona con alto valor geo-ecológico, que debe permanecer inalterada por el establecimiento de infraestructura permanente o temporal o cualquier tipo de actividad que ponga en peligro su riqueza.
- ♦ Se permite ecoturismo y construcciones turísticas de baja densidad sobre pilotes.
- ♦ Establecer con SEDEMA y con CONANP un área protegida en la zona de mayor riqueza geomorfológica y botánica.
- ♦ Se debe priorizar la conservación de los campos de dunas que alimentan la playa donde se desarrollan actividades turísticas y protegen de los vientos del norte.

HUMEDALES DE AGUA DULCE

ACTIVIDADES ECONÓMICAS ACTUALES:

- ◆ Pastoreo de baja densidad.

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 interrumpen los flujos de agua.
- ◆ Caminos y/o carreteras con pasos de agua frecuente y sobre pilotes.
- ◆ Creación de humedales artificiales para limpiar el agua.
- ◆ Creación con las comunidades de UMAs para extracción de materiales para artesanías, construcción, reproducción de fauna, entre otras, siempre y 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.
- ◆ Vertido de contaminantes industriales, aguas negras, desechos de granjas.
- ◆ Introducción de especies exóticas e invasoras.
- ◆ Establecimiento de caminos que obstruyan el flujo de agua que alimenta a manglares y humedales de la zona.
- ◆ No se permite la construcción de infraestructura permanente en zonas de humedales (actual o pasada).
- ◆ Restringir el uso de agroquímicos en cultivos y zonas de pastoreo ubicadas sobre humedales.

RESTAURACIÓN

- ◆ Se deben impulsar acciones de restauración de selvas inundables, popales y tulares en las zonas degradadas, sobre todo cerca de poblaciones donde coadyuvan a su protección.
- ◆ Restaurar los fragmentos de selva inundable.

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.

PROTECCIÓN

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

RESUMEN DE RECOMENDACIONES DE MANEJO RELEVANTES

RECOMENDACIONES GENERALES

- ◆ No introducir especies exóticas ni invasoras.
- ◆ Facilitar actividades de investigación y monitoreo.
- ◆ Regular y controlar los cambios de uso de suelo y la pérdida de ecosistemas naturales.
- ◆ Fortalecer y fomentar actividades de educación ambiental.
- ◆ Deben mantenerse los flujos de sedimentos y de agua a través de puentes o tubos anchos, para el buen funcionamiento de los ecosistemas naturales. Los arroyos no deben bloquearse con bordos o pasos de ganado que impidan la libre circulación del agua.
- ◆ No se permite ningún tipo de construcción temporal y/o permanente en el campo de dunas parabólicas, debido a los riesgos para la infraestructura y la población.
- ◆ Las construcciones sobre la playa deben cimentarse sobre pilotes.
- ◆ Los manglares y otros humedales arbóreos y herbáceos 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.
- ◆ Debe evitarse que se des sequen o rellenen los humedales de la zona.

BIBLIOGRAFÍA

- ♦ Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) de la CONAGUA Recuperado de <https://app.conagua.gob.mx/bandas/>
- ♦ Bautista, G., Silva, R., & Salles, P. 2003. Predicción de marea de tormenta generada por ciclones tropicales. *Revista de Ingeniería Hidráulica*, 18, 5-19 pp.
- ♦ Castillo, S., y Moreno-Casasola, P. 1996. Coastal sand dune vegetation: an extreme case of species invasion. *Journal of Coastal Conservation*, 2, 13-22 pp.
- ♦ 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 pp.
- ♦ 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.
- ♦ Catemaco. 2020. Rivers, Dams and Watersheds. Recuperado de <http://www.catemaco.info/geo/rios.html>
- ♦ CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). 2020. Indicadores de pobreza, pobreza por ingresos, rezago social y gini 2020 (municipal). Recuperado de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/indicadores-de-pobreza-pobreza-por-ingresos-rezago-social-y-gini-2010-municipal>
- ♦ DENUÉ. 2018. Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2018, Información para la actualización e incorporación de unidades económicas al DENUÉ. Datos a noviembre de 2018. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/341>
- ♦ Estadística Climatológica de la CONAGUA Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/es/cimatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>
- ♦ Favila-Vázquez, M., 2016. Veredas de mar y río. Navegación prehispánica y colonial en Los Tuxtlas, Veracruz. Universidad Nacional Autónoma de México, 288 pp.
- ♦ García-Franco, J.G. 1996. Distribución de epífitas vasculares en matorrales costeros de Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana*, 37, 1-9 pp.
- ♦ Gómez F. J., 2003. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. 16 pp. Recuperado de http://www.conanp.gob.mx/conanp/dominios/ramsar/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Veracruz/Manglares_y_Humedales_de_la_Laguna_de_Sontecomapan/Manglares%20y%20Humedales%20de%20la%20Laguna%20de%20Sontecomapan.pdf
- ♦ INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2020. Censo de Población y Vivienda 2020. Recuperado de <https://censo2020.mx>
- ♦ INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2013. Uso de Suelo y Vegetación. Serie V 1:250 000. INEGI-Dirección General de Geografía.
- ♦ Jiménez-Orocio, O., P. Hesp, M.L. Martínez, I. Espejel y P. Moreno-Casasola. 2015. Tipos de dunas. En M.L. Martínez, P. Moreno-Casasola, I. Espejel, O. Jiménez-Orocio, D. Infante-Mata y N. Rodríguez-Revelo (Eds.), *Diagnóstico general de las DC de México México*, D.F.: Comisión Nacional Forestal, 27-48 pp.
- ♦ Lithgow, D., Martínez, M.L., y Gallego-Fernández, J.B. 2015. The "Re-Dune" index (Restoration of coastal Dunes Index) to assess the need and viability of coastal dune restoration. *Ecological Indicators*, 49, 178-187 pp.
- ♦ 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.
- ♦ 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. Guadalajara, Jalisco, 350 pp.
- ♦ Moreno-Casasola, P., Castillo-Argüero, S., y Martínez, 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*. Comisión 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.

- 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 pp.
- 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., 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 pp.
- Ortiz-Lozano L., H. Pérez-España, A. Granados-Barba, C. González-Gándara, A. Gutiérrez-Velázquez y J. Martos. 2013. The Reef Corridor of the Southwest Gulf of Mexico: Challenges for its management and conservation. *Ocean and Coastal Research*, 86, 22-32 pp.
- Peralta-Peláez, L.A., y Moreno-Casasola, P. 2009. Composición florística y diversidad de la vegetación de humedales en los lagos interduanarios de Veracruz. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 85, 89-99 pp.
- Posada-Vanegas, G., Durán-Valdez, G., Silva-Casarín, R., Maya-Magaña, M. E., & Salinas-Prieto, J. A. 2011. Vulnerability to coastal flooding induced by tropical cyclones. *Coastal engineering proceedings*, 32, 19-19 pp.
- 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 pp.
- Ruiz-Martínez, G., Silva-Casarín, R., Pérez-Romero, D. M., Posada-Vanegas, G., & Bautista-Godínez, E. G. 2009. Modelo híbrido para la caracterización del oleaje. *Ingeniería hidráulica en México*, 24(3), 5-22 pp.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, 504 pp.
- SADER, 2021. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Recuperado de <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacion-ng-161430>
- SEDESOL, 2011. Atlas de riesgos naturales del municipio de Lerdo de Tejada, Veracruz, 2011. H. Ayuntamiento Lerdo de Tejada, 64 pp. Recuperado de http://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFMunicipales/2011/vr_30097_AR_LERDO_TEJADA.pdf
- Silva, R. 2005. Análisis y descripción estadística del oleaje. Instituto de Ingeniería. Instituto de Ingeniería, UNAM, México, 177 pp.
- Silva, R., Govaere, G., Salles, P., Bautista, G., & Díaz, G. 2002. Oceanographic vulnerability to hurricanes on the Mexican coast. In *Coastal Engineering*, 39-51 pp.
- Silva, R., Ruíz, G., Posada, G., Pérez, D., Rivillas, G., Espinal, J., & Mendoza, E. 2008. Atlas de clima marítimo de la vertiente Atlántica Mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México, 1500 pp.
- Sistema de Información Municipal del Gobierno del Estado de Veracruz. 2019. Recuperado de <http://ceieg.veracruz.gob.mx/2019/05/09/cuadernillos-municipales-2019/>
- Stockdon, H. F., Holman, R. A., Howd, P. A., & Sallenger Jr, A. H. 2006. Empirical parameterization of setup, swash, and runup. *Coastal engineering*, 53:7, 573-588 pp.
- 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. *Interciencia*, 30, 12-18 pp.
- Trifonova, E., Valchev, N., Keremedchiev, S., Kotsev, I., Eftimova, O., 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., & 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, G., Díaz Pardo, E., Doadrio, I., De Sostoa, A., Madrigal, R., Legaria, L., Landgrave, R., Rangel, G. y A. Gutiérrez. 2002. Diversidad y distribución de las comunidades de fitoplancton y peces de ríos y lagunas del volcán San Martín de la reserva de la biósfera Los Tuxtlas. Instituto de Ecología A.C. Informe final SNIB-CONABIO. Proyecto No. S022. México, D.F.
- Vázquez-Torres, S. M., Carvajal Hernández, C. I., & Aquino Zapata, A. M. (2010). *Áreas naturales protegidas*, 26 pp.
- Villatoro, M., Silva, R., Méndez, F., Zanuttigh, B., Shunqi, P., Trifonova, E., Losada, I., Izaguirre, C., Simmonds, D., Reeve, D., Mendoza, E., Martinelli, L., Bagli, S., Galiatsotou, P., & Eftimova, P. 2014. Flood and erosion at open beaches in a changing climate. *Coastal Engineering*, 87, 50-76 pp.

La costa del municipio de San Andrés Tuxtla tiene una extensión de 40 km. Sus costas se dividen en 5 celdas litorales. Sus playas son abiertas con una orientación de este a oeste y la formación de algunos cordones dunares con vegetación de dunas. Las playas arenosas están encajadas en acantilados o puntas rocosas. El municipio tiene una elevación promedio de 217.5 m s.n.m. y las mayores elevaciones se encuentran en la zona central alcanzando los 841 m s.n.m. Diferentes ríos aportan sedimentos a las costas de este municipio: Gachapa, Salinas, Manantiales, Toro Prieto, De Liza, De Oro, Rejón, Cold-Máquina, Máquina, y 2 de abril.

El transporte predominante de sedimentos es de tipo longitudinal con dirección de este a oeste. En este municipio no hay presas con influencia en la zona costera. Solamente se detectó la presencia de un espigón de 300 m de longitud en la localidad de Balzapote.

El municipio se caracteriza por presentar principalmente dunas parabólicas estabilizadas, es decir, están cubiertas de vegetación. Su estado de conservación es malo, ya que diversas actividades agropecuarias se llevan a cabo sobre las mismas. El municipio no tiene registro de vegetación de manglar ni de lagunas costeras. Los humedales de agua dulce son arbóreos y herbáceos y están asociados a cuerpos de agua permanentes como la Laguna la Delicia, el Estero Montepío, la Laguna los Manantiales, Laguna Escondida, Laguna el Zacatal. Además de vegetación riparia asociada a corrientes de agua permanentes e intermitentes como el Río Gachapa, R. Salinas, Río Cold.; Arroyo la Tortuga, A. de Oro, A. de Liza, A. los Órganos, A. Regón, A. la Rosalía, A. San Martín, Estero Salinas, entre otros. Una parte del complejo de humedales fue decretada como sitio Ramsar 1342 con una extensión de 8,921 ha el 2 de febrero de 2004.

Los arrecifes que se encuentran en las costas de San Andrés Tuxtla pertenecen al sistema arrecifal Los Tuxtlas y contiene 32 pequeñas formaciones de coral. En general, el estado de conservación de la zona costera de San Andrés Tuxtla es de regular a malo, con pérdida de vegetación natural para actividades agropecuarias principalmente.

Las acciones de restauración, conservación, protección y manejo sostenible deben ser prioritarias, sobre todo considerando que el paisaje de ecosistemas está fuertemente interconectado y que tiene un alto valor ecológico y paisajístico por la presencia de selva tropical.



ISBN: 978-607-8833-16-0

