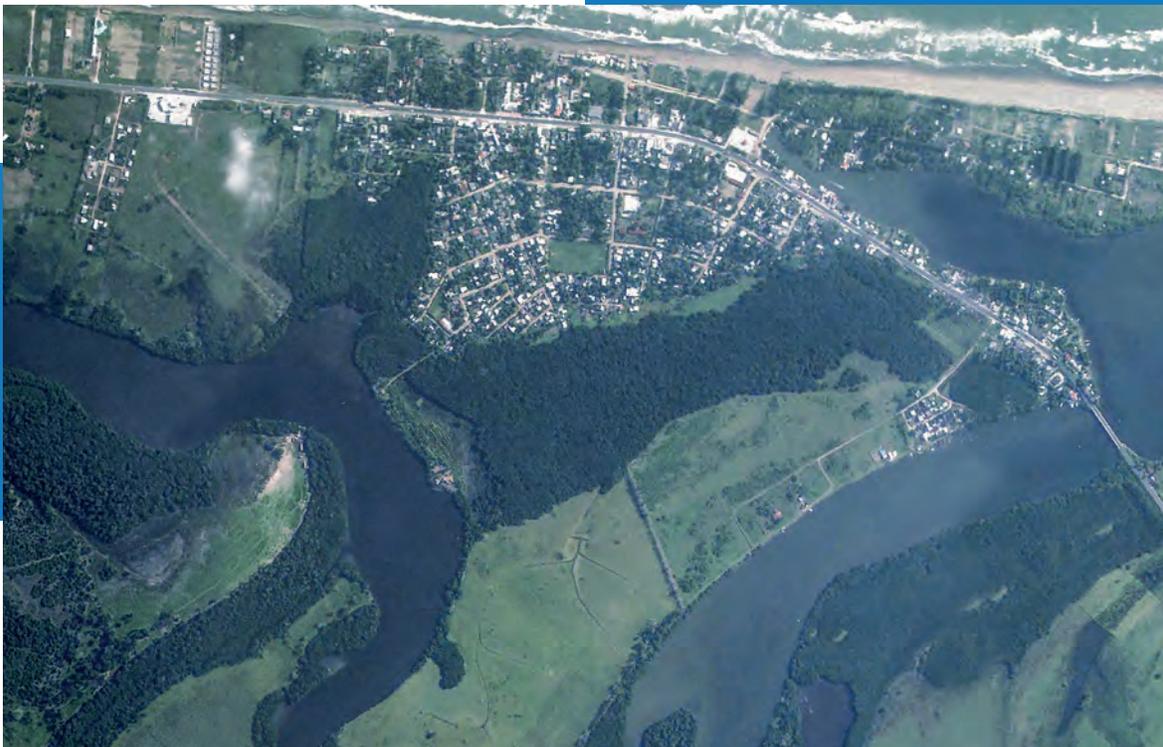


LA ZONA COSTERA DEL MUNICIPIO **TECOLUTLA**

Patricia Moreno-Casasola
Debora Lithgow
Ma. Luisa Martínez
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
TECOLUTLA

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: 978-607-7579-94-6

Abril, 2020

LA ZONA COSTERA DEL MUNICIPIO TECOLUTLA

ISBN: 978-607-7579-94-6

Patricia Moreno Casasola
Debora Lithgow
Ma. Luisa Martínez
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:

Moreno-Casasola, P., Lithgow, D., Martínez, M.L.,
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 Tecolutla*. INECOL. 77pp.

El cuidado editorial de la obra *La zona costera del
municipio Tecolutla* 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. 15** **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. 39** **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 esteros
- Pág. 55** **CAPÍTULO 4. CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y PRESERVACIÓN DE ECOSISTEMAS COSTEROS**
Playas y dunas costeras
Manglares
Humedales
Esteros
- Pág. 61** **CAPÍTULO 5. DIAGNÓSTICO Y ZONIFICACIÓN**
Manejo de la zona marina, playa, manglares, humedales de agua dulce y esteros
Resumen de recomendaciones de manejo relevantes
- Pág. 75** **BIBLIOGRAFÍA**

I Capítulo 1.

ASPECTOS GENERALES

I CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA

El municipio de Tecolutla se ubica en la región centro-norte de la costa del estado de Veracruz. Las coordenadas extremas de la zona costera estudiada son: 20°35'57.41" N, 97°7'56.65" W; 20°34'44.30" N, 97°10'33.80" W; 20°14'24.35" N, 96°47'12.22" W y 20°16'17.04" N, 96°52'48.03" W. La franja costera de Tecolutla limita al norte con el municipio de Papantla, al sur con San Rafael, al este con el Golfo de México, al oeste con Gutiérrez Zamora y continúa con el mismo municipio de Tecolutla. El litoral se extiende por 54.04 km. Esta zona de la costa veracruzana cuenta con ciento once poblaciones rurales y una urbana llamada Tecolutla (Figura 1). Este municipio está dividido en seis celdas litorales que se presentan en la Figura 2.

POBLACIÓN, GRADO DE MARGINACIÓN, VIVIENDAS

El municipio de Tecolutla tiene 259,126 habitantes con una densidad poblacional de 46.9 hab/km².

El índice de desarrollo humano (IDH) es considerado como medio (0.7695). 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: proporción de población en situación de pobreza (46.2% nacional vs 77% municipal) y proporción de la población en pobreza extrema (10.4% nacional vs 29.8% municipal).

El 98.3% de los habitantes del municipio de Tecolutla tiene al menos una carencia social y 64.9% tiene tres o más carencias. Destaca que la gran mayoría de la población (90.7%) carece de acceso a la seguridad social. Al mismo tiempo, el 77.4% de los habitantes tiene ingresos inferiores a la línea de bienestar, el 41.6% tiene ingresos inferiores al bienestar mínimo, el 38.3% carece de acceso a servicios de salud, el 40.88% habita en viviendas con algún nivel de hacinamiento, el 70.9% carece de agua entubada y el 11.9% de la población de 15 años o más es analfabeta (www.inegi.gob.mx).



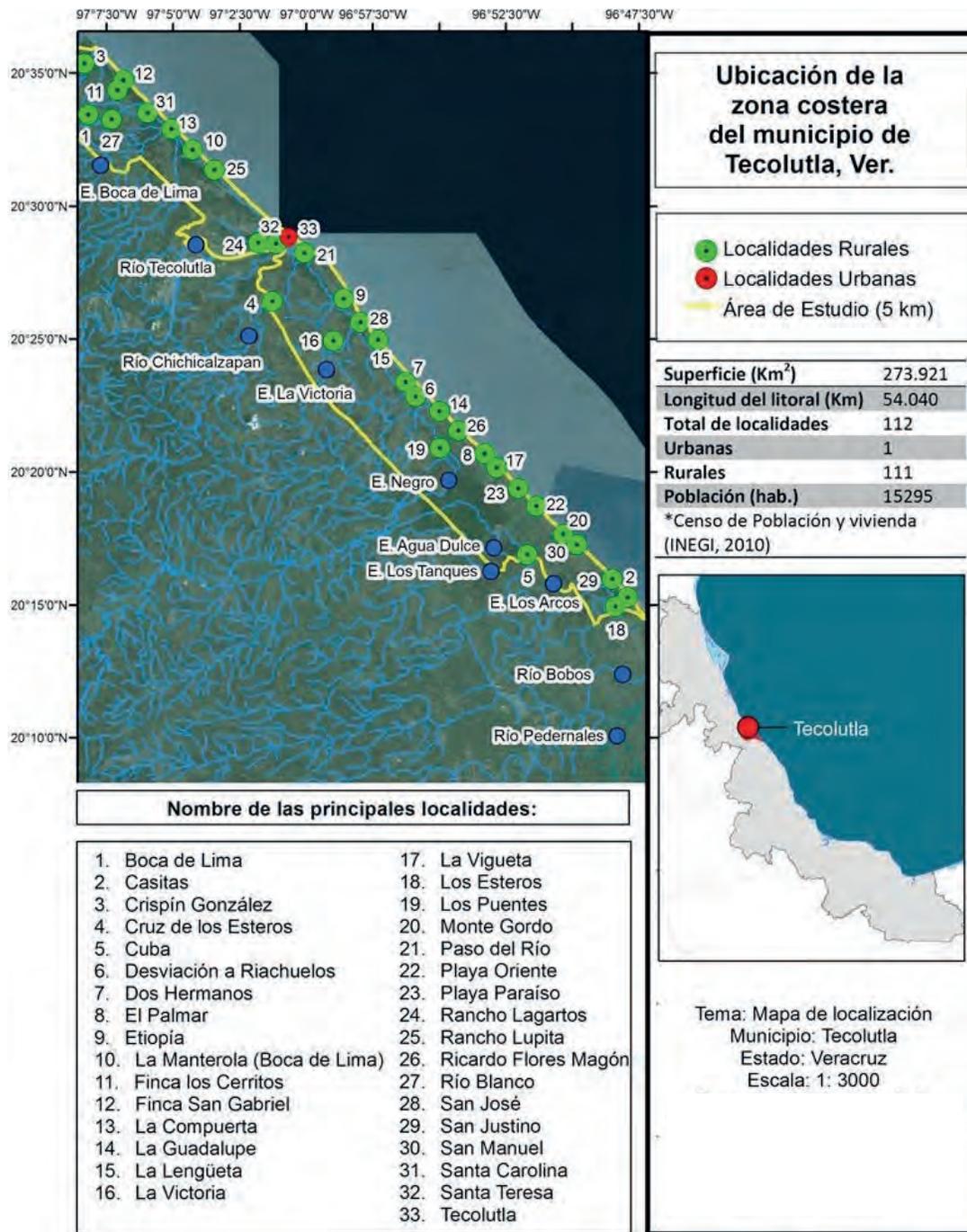


Figura 1. Delimitación del municipio y ubicación de la zona costera del municipio de Tecolutla.

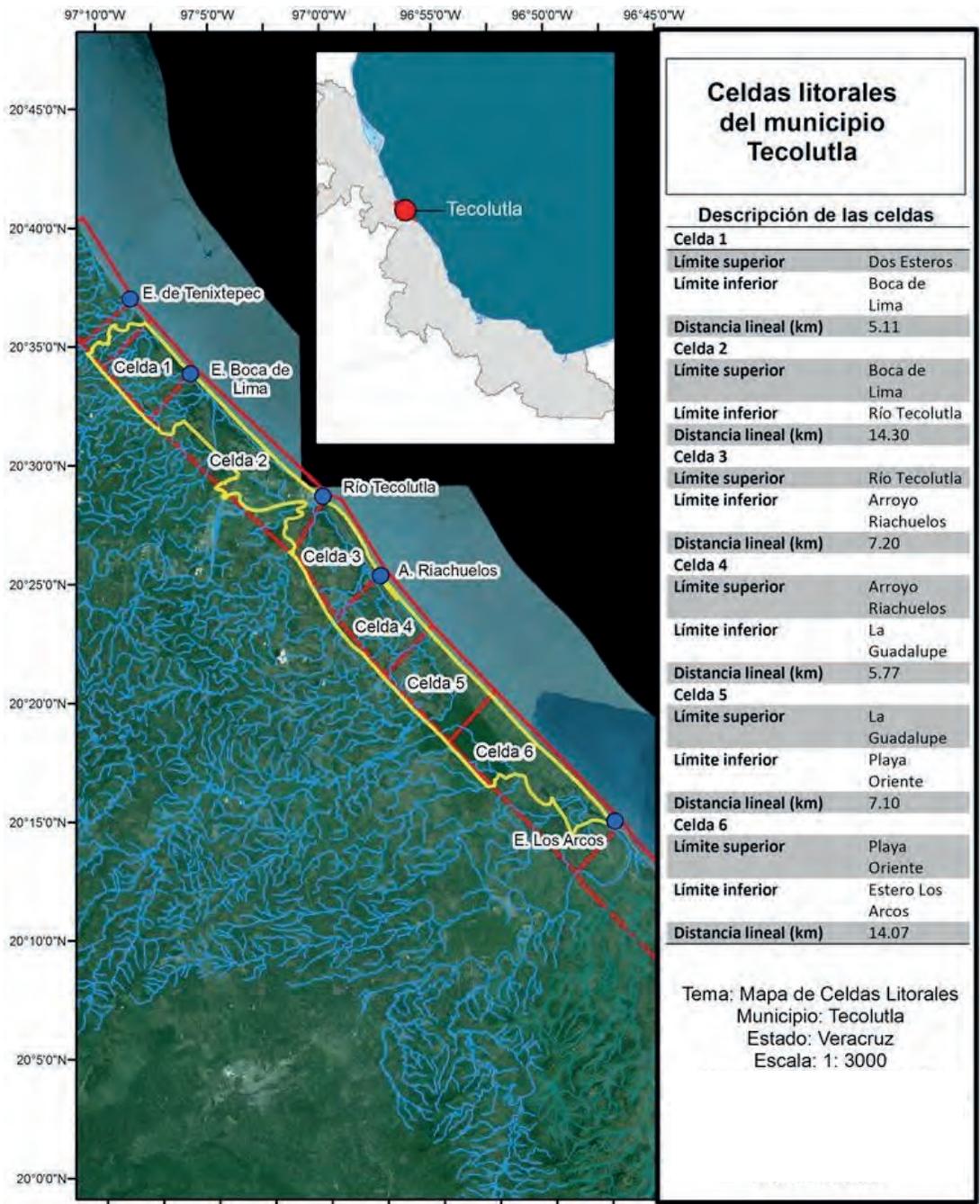


Figura 2. Celdas litorales del municipio de Tecolutla. La línea amarilla indica el tramo de costa analizada y las líneas rojas indican las celdas litorales delimitadas.

POBLACIONES RURALES Y URBANAS EN LA ZONA COSTERA

De acuerdo con la actualización del Censo poblacional hecho por el INEGI en el 2015, en la franja costera de 5 km solo se encuentran las siguientes localidades rurales: Alfonso Gómez, Ángel Sosa Santiago, Antonio Liahut Roussel, Antonio Martínez, Antonio Meléndez, Arroyo Cafetal, Barra Boca de Lima, Boca de Lima, Campo Hidalgo, Can Cún, Casitas, Cinco Letras, Ciriaco Méndez Martagón, Colonia Palmas del Mar, Copalar (Centro Genético), Crispín González, Cruz de los Esteros, Cuatro Ciénegas, Cuba, Desviación a Hueytepec, Desviación a Riachuelos, Dos Caminos, Dos Hermanos, Ejido el Pital, Ejido la Perla, Ejido San Marcos, El Abanico, El Alvaradeño, El Baño, El Capricho, El Carbón, El Carmen, El Churumbel, El Cristo, El Deseo, El Edén, El Embarcadero, El Encanto, El Esfuerzo, El Inicio, El Milagro, El Ostional, El Palmar, El Paraíso,

El Patrón, El Porvenir, El Puma, El Respiro (El Chaparral), El Sábalo (Club de Pesca), El Veintidós, El Zapato, Engordadora las Américas, Ernesto García, Estación Nueve, Etiopía, Eufrosina, Finca Alfonso Pascual, Finca Charito, Finca del Cuarenta y Cuatro, Finca el Establo, Finca la Manterola (Boca de Lima), Finca los Cerritos, Finca los Mangos, Finca Mabel Santés, Finca Mirasol, Finca Monterrey, Finca Rigoberto Haros, Finca San Adán Hermanos Varandica, Finca San Gabriel, Finca Santa Elena, Fracción las Palmas, Fraternidad Antorchista, Hermanos Córdoba, Hermanos García, Huerto el Triunfo, Hugo Capelini, Isla de Doña María, José Huerta (El Edén), Juan Arambulo Hernández, La Compuerta, La Gloria, La Guadalupe, La Isla, La Lengüeta, La Victoria, La Vigüeta, La Yola, Lagartos, Las Gemelas, Las Grillas, Las Lomas, Las Palmas, Lázaro Cárdenas (Riachuelos), Loma Alta, Los Amigos, Los Caracoles, Los Este-



Ciénaga del Fuerte, Tecolutla. Fotografía: Gerardo Sánchez V.

ros, Los Leones (Las Palmas), Los Mangos, Los Pinos, Los Puentes, Lucía Zárate, Luis Zárate, Manantial, Marbella, Marcos Reza, Mata Coyotes, Mauricio Méndez Martagón, Mil Cien, Monte Gordo, Narno Capelini, Palo Hueco, Paso del Río, Pez Uno, Placeres, Plan de Ayala, Playa la Jaiba, Playa Oriente, Playa Paraíso, Quinta Niña, Rancho California, Rancho Lagartos, Rancho Lupita, Rancho Mezacapa, Rancho Moscú, Ricardo Flores Magón, Rincón Tropical, Río Blanco, San Antonio, San Carlos, San José, San Justino, San Luis, San Manuel, Santa Carolina, Santa Higinia, Santa Mónica, Santa Rosa, Santa Teresa, Taydé Méndez Martagón, Torre Molino, Triple A, Vista Hermosa (El Aguacate).

Tecolutla es la única localidad urbana del municipio.

ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

Los datos presentados en esta sección sobre la producción agrícola y pecuaria del municipio de Tecolutla corresponden al año 2015.

En Tecolutla, se dedican 11,412.5 ha a la agricultura (SIAP 2015). De esta superficie, el 100% es agricultura de temporal. En 2015 se cosechó el 96% de la superficie sembrada con un valor de mercado estimado en \$223,590,000. Uno de los principales cultivos del municipio y en especial de la zona costera es la naranja.

A nivel municipal se tienen destinadas 6,786 ha para dicho cultivo, y en el mercado, esta producción tiene un valor de \$127,638,000. Otros productos sembrados en Tecolutla son: maíz (2,000 ha), limón (621 ha) y plátano (295 ha).

La producción ganadera incluye la producción de carne en canal de: bovino



La naranja es uno de los principales cultivos de la zona costera de Tecolutla. Fotografía: César MR, CC BY 2.0

(2,890 ton), gallináceas (121 ton), porcino (442 ton), y guajolotes (9 ton). Además, tienen una producción importante de leche de bovino (9,314 l), huevo para plato (235 ton), miel (59 ton) y cera en greña (2 ton). El municipio posee 2,537 cuartos registrados para hospedaje temporal en 126 hoteles y se estima que en el año 2010 recibieron a 222,262 turistas que se hospedaron en establecimientos registrados (www.inegi.gob.mx). |



La ganadería es una actividad económica relevante en Tecolutla. Fotografía: Arias, F.J. CC BY-SA 3.0

I Capítulo 2.

CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO

I DINÁMICA MARINA

A partir del re-análisis de la base de datos de viento y oleaje realizado por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (Silva *et al.*, 2008; Ruiz *et al.*, 2009), se determinaron 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 extremo) y periodos de oleaje de todo el registro (T). Dichos valores se presentan en la Figura 3.

También en la Figura 3, se presentan las rosas de viento y oleaje anuales y estacionales correspondientes a los meses de: invierno (1-3), primavera (4-6), verano (7-9) y otoño (10-12).

En dicha figura, se observa que la dirección e intensidad de los vientos más persistentes varía a lo largo del año. En cuanto a la dirección se refiere, y en orden de importancia, los vientos más persistentes provienen de los sectores: noreste, nor noreste, este noreste y norte. En menor medida, dichos vientos provienen de los sectores este, este sur- este y sur sureste. La intensidad varía estacionalmente, presentándose los vientos más fuertes durante los meses correspondientes al otoño e invierno (desde los sectores norte y nor noreste). En cambio, los vientos menos intensos se presentan en los meses correspondientes a la primavera.

En cuanto al oleaje se refiere, 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. Esto se debe a que durante dichas estaciones arriban los vientos del norte. Excepcionalmente, durante el verano, se presentan oleajes intensos que están asociados a fenómenos de tormentas y huracanes.

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



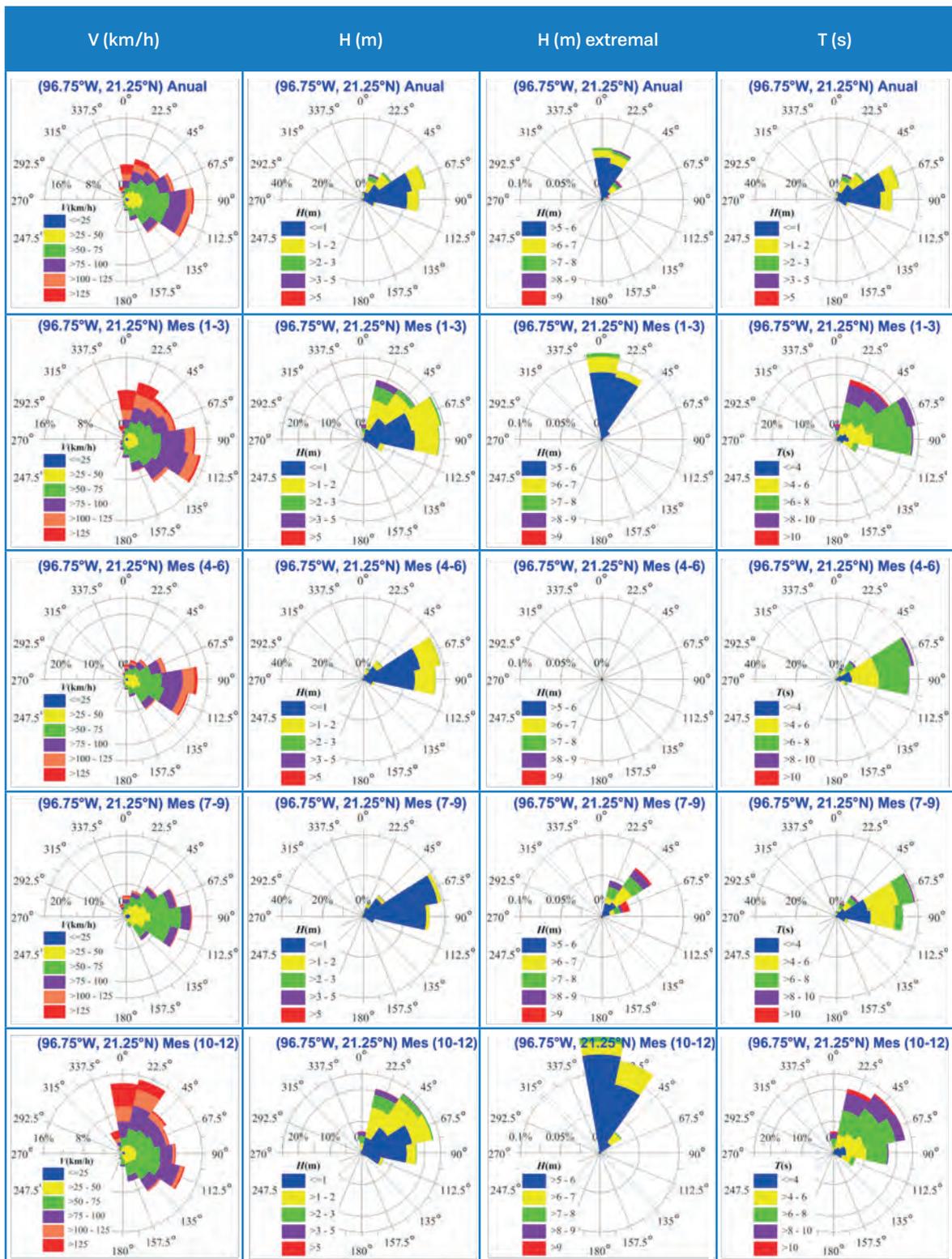


Figura 3. Rosa de viento y oleaje anual estacional.

Por su parte, el periodo de oleaje reinante es de alrededor de los 8 segundos durante la mayor parte del año. Este periodo cambia ligeramente en verano cuando es del orden de los 7 segundos. Así mismo, 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 Tecolutla se localizan en Tuxpan (97°20'48" W, 20°57'12" N) y Veracruz (96°07'51" W, 19°12'03" N).

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

Pleamar Máxima Registrada	1.06 m
Nivel de Pleamar Media Superior	0.47 m
Nivel de Pleamar Media	0.44 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	-0.48 m

Aplicando una interpolación lineal, los valores de los planos de marea para todo el municipio de Tecolutla se presentan en el Cuadro 1.

Cabe señalar que para determinar 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). El alcance máximo por el ascenso de las olas (*runup*) se calculó empleando las relaciones propuestas por Stockdon *et al.* (2006).

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 de dicho periodo así como el alcance máximo del oleaje se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. 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	0.19	0.03	1.21
5	0.32	0.12	1.34
10	0.44	0.18	1.48
15	0.52	0.21	1.56
20	0.58	0.23	1.60
25	0.62	0.24	1.62
30	0.66	0.25	1.64
40	0.71	0.27	1.67
50	0.75	0.29	1.69
100	0.87	0.33	1.73

I CARACTERÍSTICAS DE LAS PLAYAS

La zona costera del municipio de Tecolutla tiene una elevación promedio de 8.74 msnm, las mayores elevaciones se encuentran en la zona norte alcanzando los 75.00 msnm, correspondientes a los perfiles 2 y 3 (Figura 4a–4f). 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 cantidad de arena que se ha acumulado en la zona para formar los sistemas de dunas presentes (Figura 5).

Tecolutla está conformado por seis celdas litorales (Figura 2). La primera celda, limita al norte con la desembocadura de Dos Esteros y al sur con la desembocadura del arroyo Boca de Lima y tiene una longitud de 5.11 km.

La segunda celda limita al sur con la desembocadura del río Tecolutla y tiene una longitud de 14.30 km. La tercera celda limita al sur con la desembocadura del arroyo Riachuelos y tiene una longitud de 7.20 km. La cuarta celda limita al sur con la desembocadura del arroyo La Guadalupe y tiene una longitud de 5.77 km. La quinta celda limita al sur con Playa Oriente y tiene una longitud de 7.10 km. Y la sexta celda limita al sur con la desembocadura del río Nautla y con el Estero Los Arcos teniendo una longitud de 14.07 km.

La costa está alineada de norte a sur. En ella se encuentran sistemas de dunas alimentadas por sedimentos transportados, principalmente por viento desde las playas ubicadas al norte. El alineamiento general de la costa es de norte a sur. En la costa de este municipio se encuentran sistemas de dunas que son alimentados por sedimentos, transportados principalmente por el viento, provenientes de las playas ubicadas al norte de dichos sistemas.



Estructura de protección costera en la desembocadura del río Tecolutla. Fotografía: Alejandro Linares García, CC3

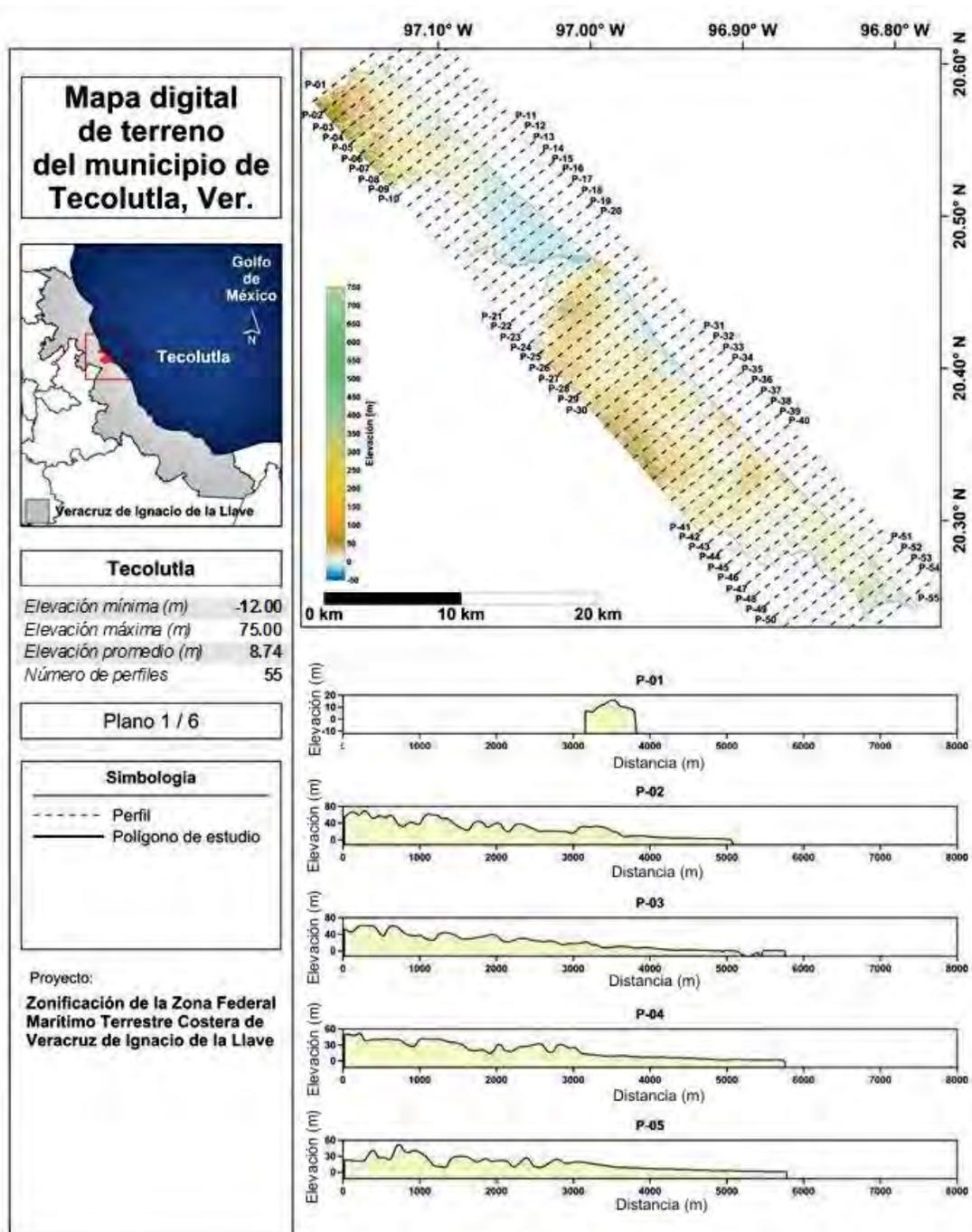


Figura 4a. Mapa digital del terreno y perfiles del terreno (1 a 5) que abarcan los sistemas de dunas y parte de la zona plana que los bordean hacia tierra adentro. La distancia representa la distancia desde el límite marcado en tierra.

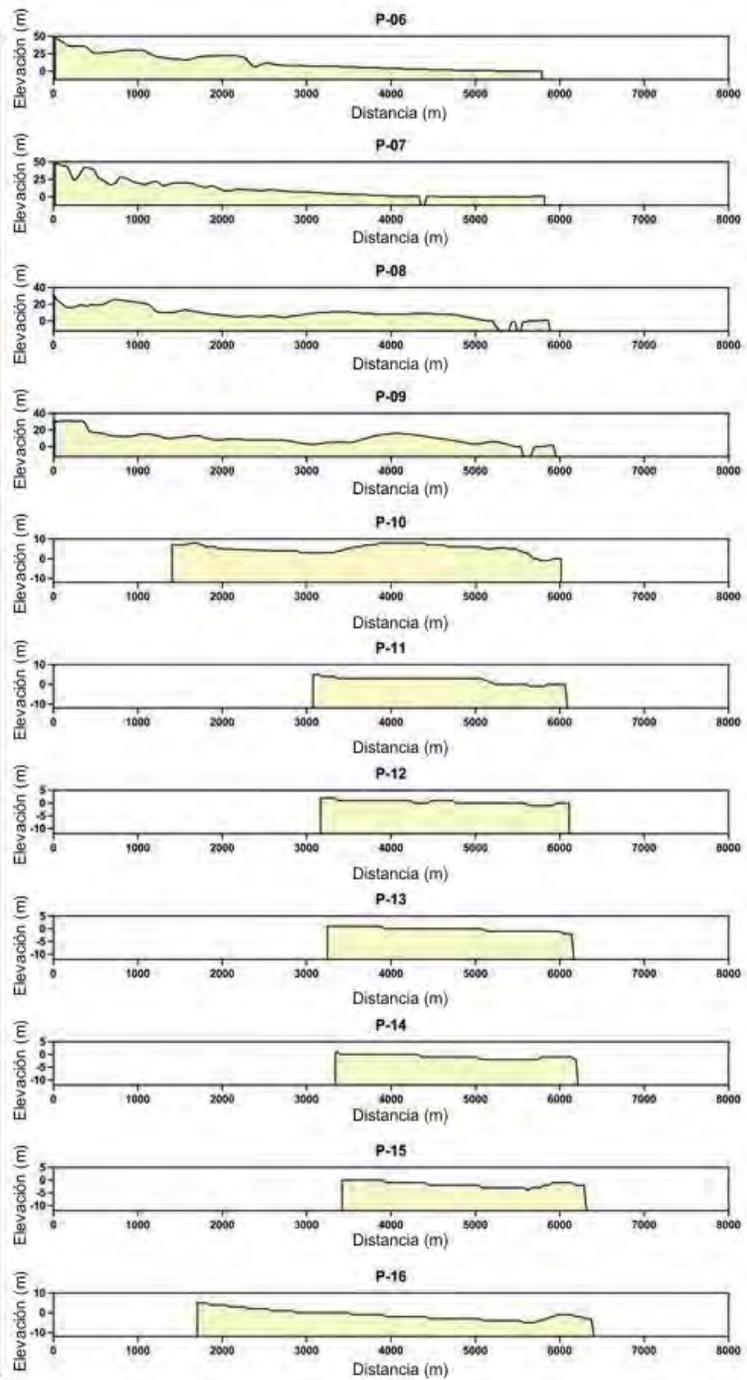
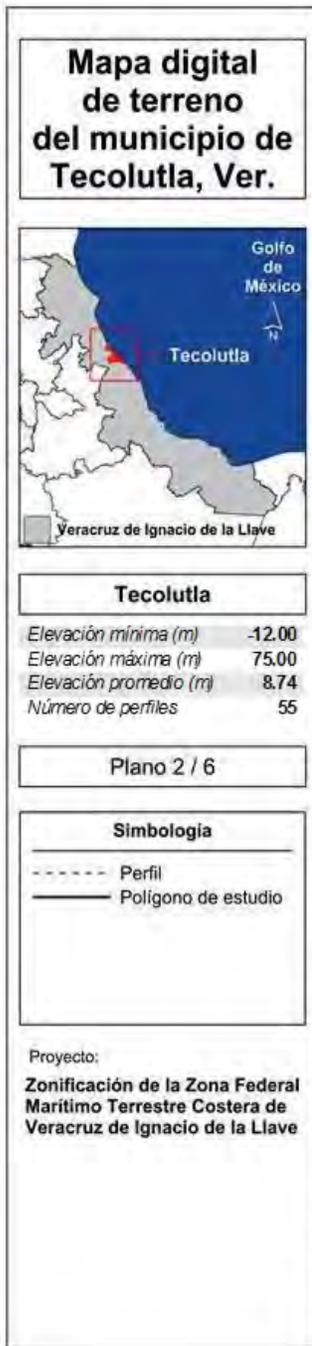


Figura 4b. Mapa digital del terreno y perfiles del terreno (6 a 16) que abarcan los sistemas de dunas y parte de la zona plana que los bordean hacia tierra adentro. La distancia representa la distancia desde el límite marcado en tierra.

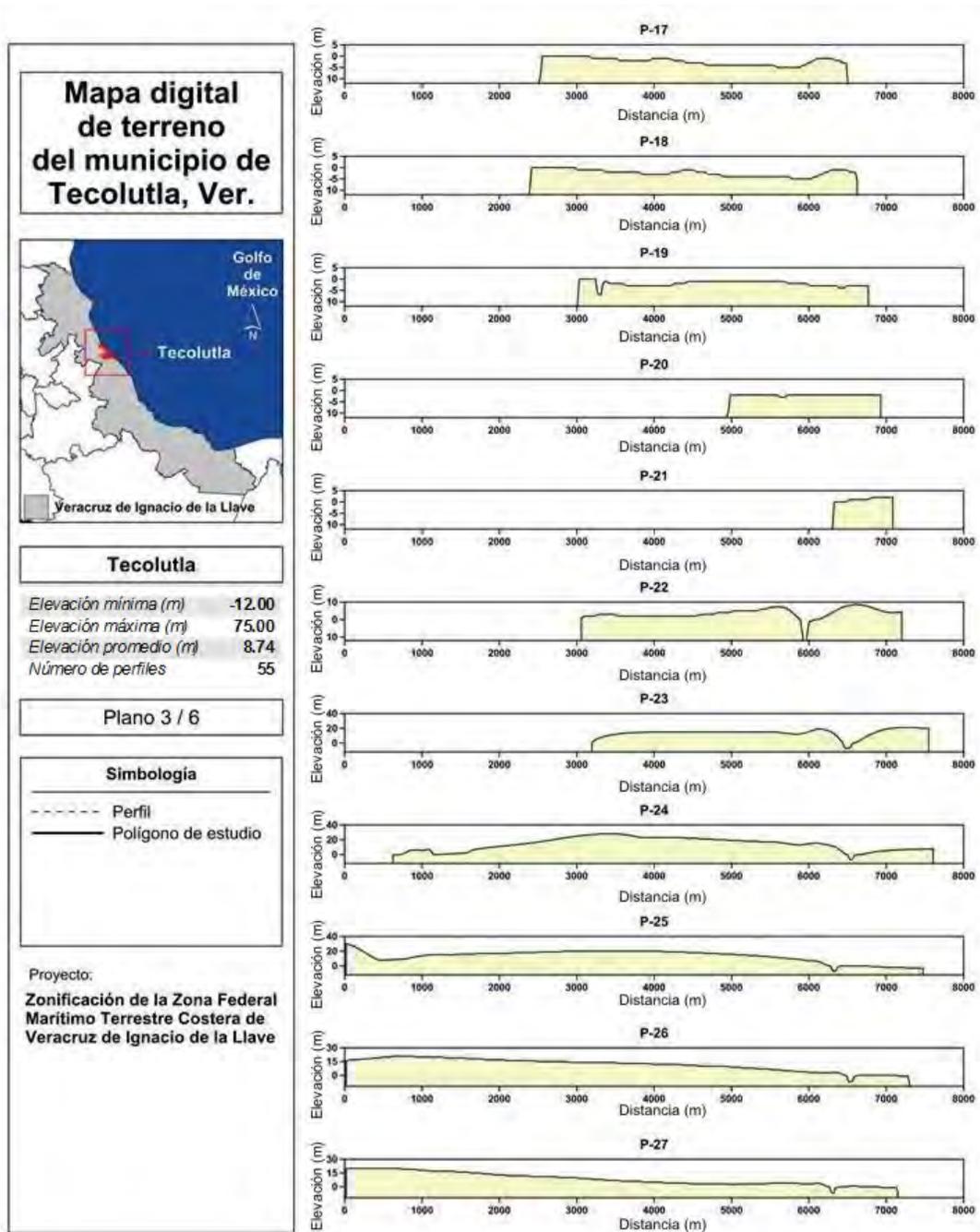


Figura 4c. Mapa digital del terreno y perfiles del terreno (17 a 27) que abarcan los sistemas de dunas y parte de la zona plana que los bordean hacia tierra adentro. La distancia representa la distancia desde el limite marcado en tierra..

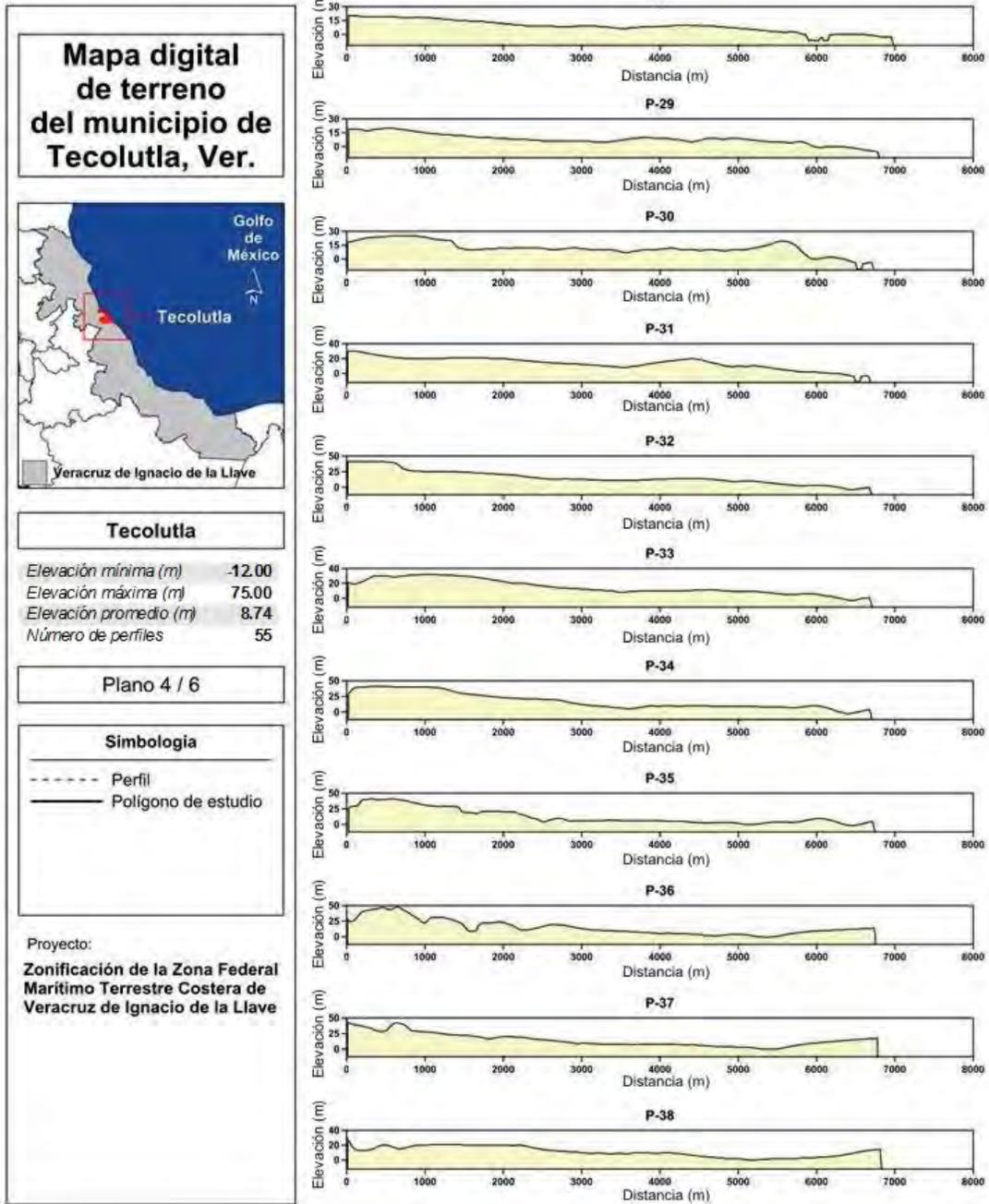


Figura 4d. Mapa digital del terreno y perfiles del terreno (28 a 38) que abarcan los sistemas de dunas y parte de la zona plana que los bordean hacia tierra adentro. La distancia representa la distancia desde el limite marcado en tierra.

Mapa digital de terreno del municipio de Tecolutla, Ver.



Tecolutla

Elevación mínima (m) -12.00
 Elevación máxima (m) 75.00
 Elevación promedio (m) 8.74
 Número de perfiles 55

Plano 5 / 6

Simbología

--- Perfil
 — Polígono de estudio

Proyecto:
Zonificación de la Zona Federal Marítimo Terrestre Costera de Veracruz de Ignacio de la Llave

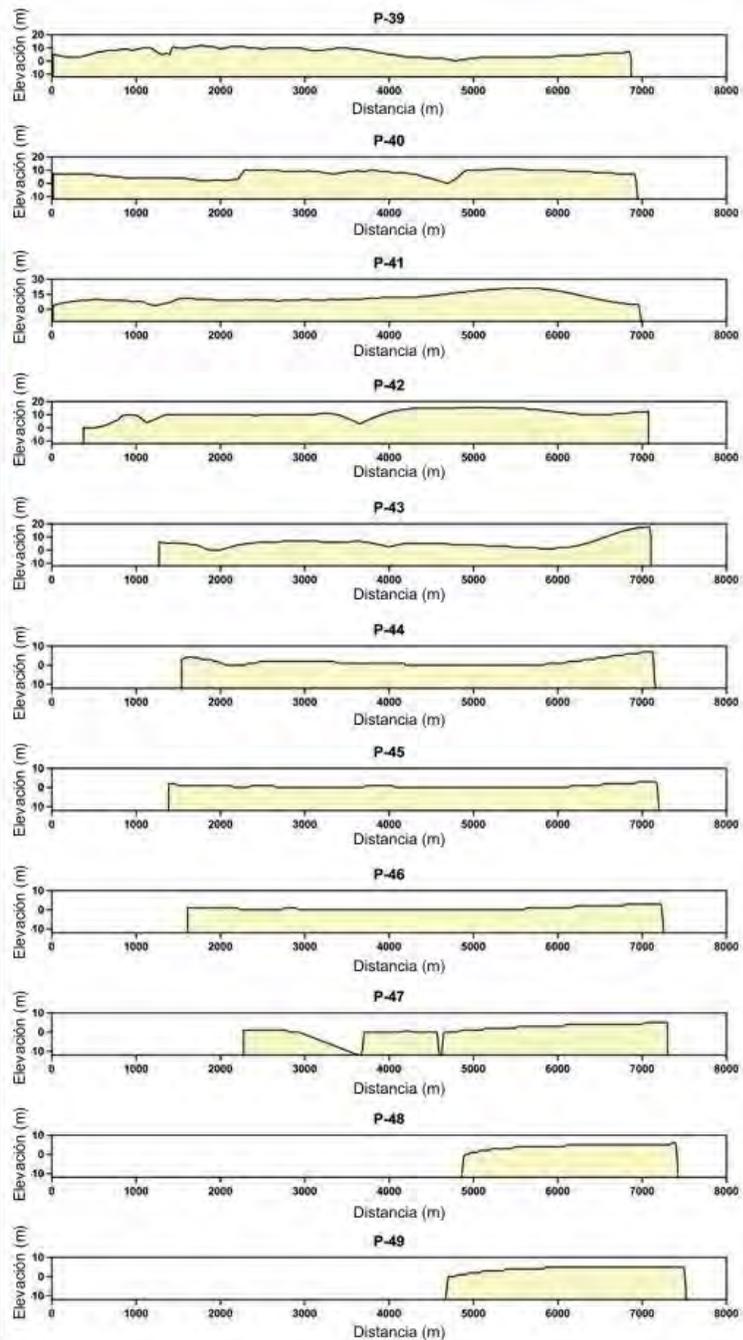


Figura 4e. Mapa digital del terreno y perfiles del terreno (39 a 49) que abarcan los sistemas de dunas y parte de la zona plana que los bordean hacia tierra adentro. La distancia representa la distancia desde el limite marcado en tierra.

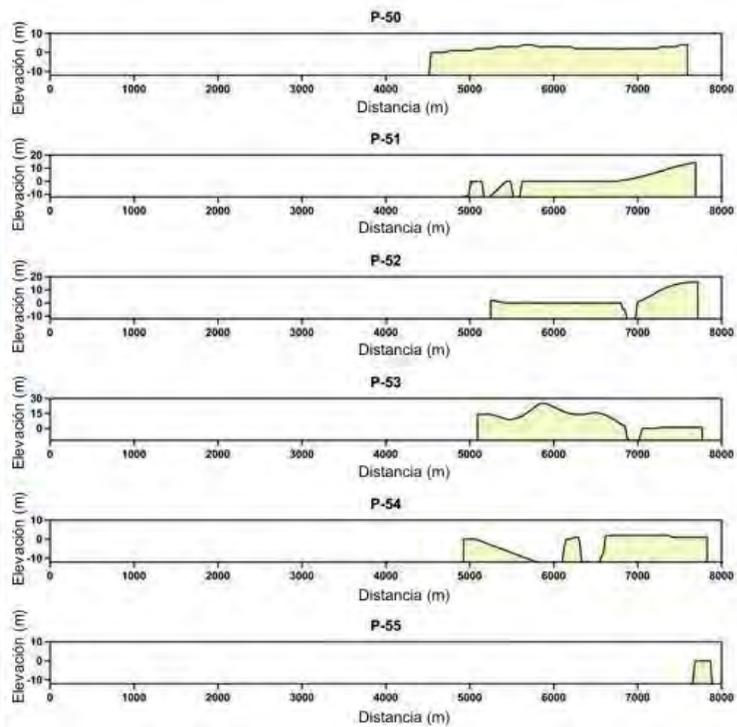
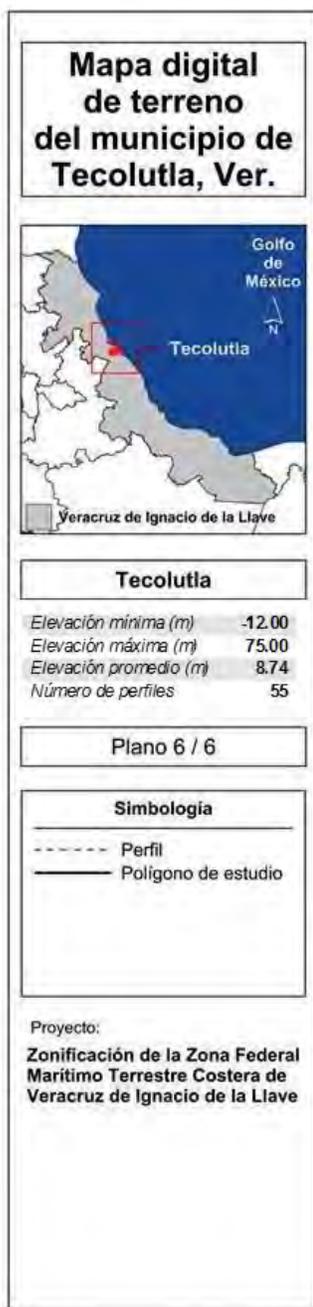


Figura 4f. Mapa digital del terreno y perfiles del terreno (50 a 55) que abarcan los sistemas de dunas y parte de la zona plana que los bordean hacia tierra adentro. La distancia representa la distancia desde el límite marcado en tierra.

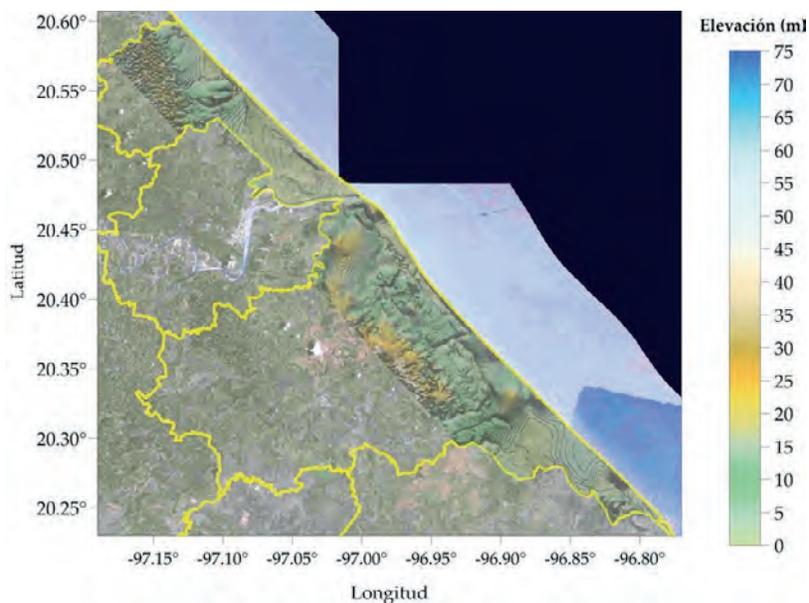


Figura 5. Relieve del terreno del municipio de Tecolutla. Se muestran las mayores elevaciones en color azul y las zonas más bajas en beige.

En total, la línea de costa cubre una distancia de 54 km. Cabe mencionar que a lo largo de la costa de este municipio se presenta una evolución de forma pulsante en donde la playa seca reduce su área con oleajes muy intensos y se reconstituye con condiciones de oleaje débil. Si las calmas persisten, el sedimento más fino se queda en la franja más elevada de la zona lavado. Posteriormente, en condiciones de marea baja, el sedimento se seca y el viento es capaz de transportarlo. Este transporte se da mayormente en el sentido de los vientos dominantes. Para caracterizar las arenas de las playas de Tecolutla se tomaron muestras de sedimentos a lo largo de los perfiles de las playas Tecolutla Norte, Tecolutla Sur, Playa La Jaiba, Playa Riachuelos, La Vigueta, Playa Paraíso, Casitas 1, Casitas 2, Casitas 3 y Casitas 4 (Figura 6).

El muestreo fue realizado de acuerdo al esquema mostrado en la Figura 7 y el

análisis mecánico de los sedimentos se realizó de acuerdo a la metodología utilizada por Alcérreca *et al.* (2013).

La zona de sotavento 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. 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.

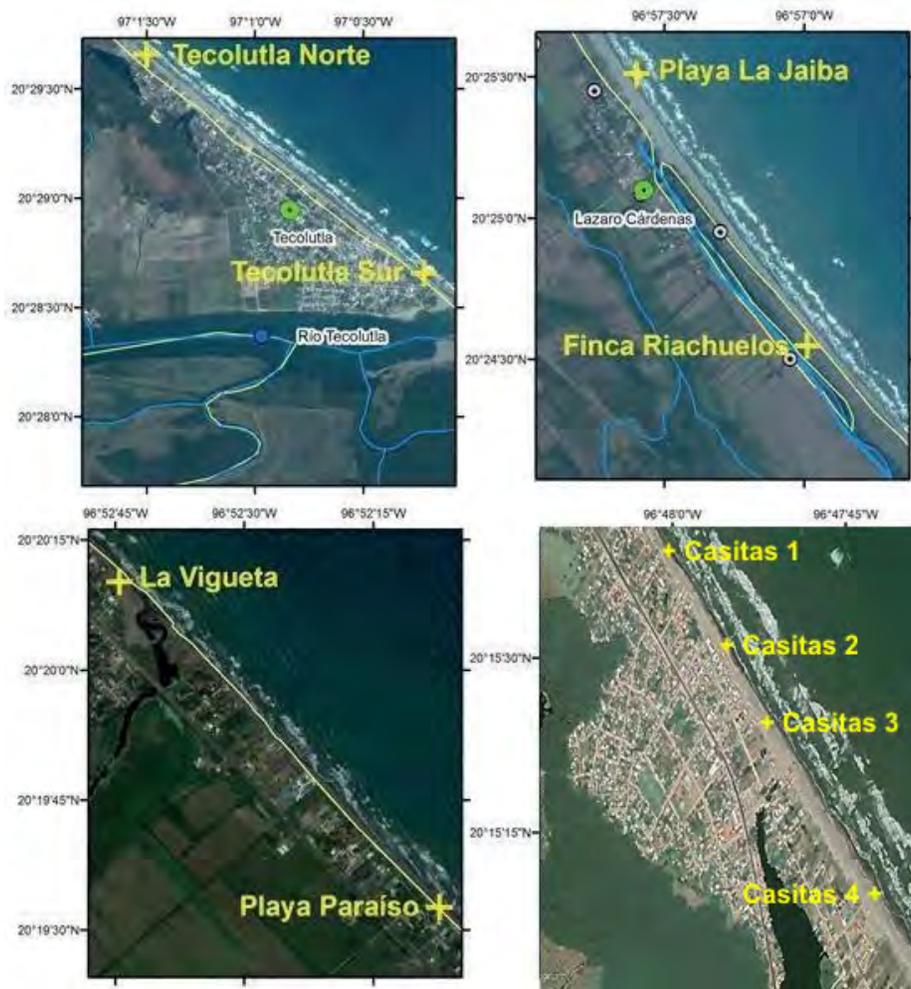


Figura 6. Localización de los sitios de muestreo de arenas.

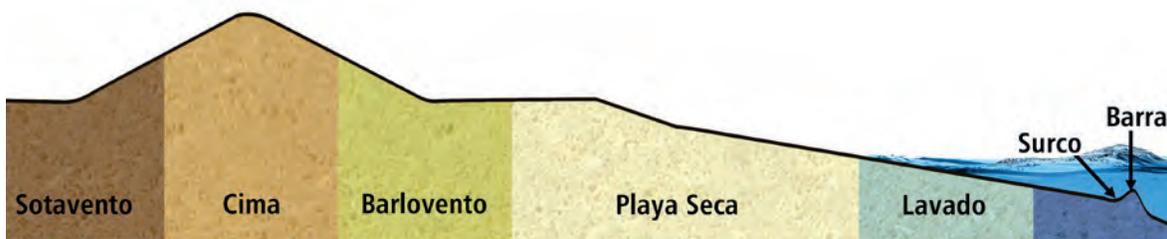


Figura 7. Zonas del perfil de playa.

En lo que respecta a la caracterización de los parámetros geométricos medios de los sedimentos de las playas de Tecolutla, se presentan en el Cuadro 3. De acuerdo a estos resultados se puede concluir lo siguiente:

- En general, las playas de Tecolutla presentan sedimentos finos a medios en la parte sumergida y seca de la playa. Lo anterior, indica que es una zona con oleaje 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. Destaca que en la zona de influencia de la desembocadura del arroyo Riachuelos se presentan las arenas más gruesas llegando a diámetros de 0.45 mm.

- Por otro lado, los valores de redondez, esfericidad y factor de forma revelan que las partículas se encuentran bien redondeadas y esféricas, resultado de intensos procesos de abrasión.

- Comparando los diferentes parámetros geométricos se puede resumir que el sedimento viaja de norte hacia el sur (de Tecolutla hacia Casitas), es decir que las fuentes de sedimento para las cuatro playas provienen del norte.

En cuanto a los escurrimientos, el principal aporte fluvial proviene del río Tecolutla (Figura 8) pero la zona costera de Tecolutla tiene influencia de otros ríos perennes. En la zona norte recibe la influencia de tres escurrimientos llamados: Dos Esteros, Tenixtepec y Boca de Lima. En cambio, en la zona sur del río Tecolutla se encuentran ríos y arroyos de menor magnitud como el río Chichicalzapan así como numerosos esteros como La Victoria, El Negro, Agua Dulce, Los Tanques y Los Arcos. Una parti-

cularidad del río Tecolutla es que tiene una amplia planicie de inundación donde se forman extensas zonas de humedales estuarinos y de agua dulce.

Dentro de la zona de estudio no existen estaciones hidrométricas y solo cuenta con tres estaciones climatológicas, de las cuales una se encuentra suspendida. El clima de este municipio corresponde a cálido húmedo con lluvias en verano y a cálido subhúmedo con lluvias en verano. La precipitación media anual es de 1500 mm, un escurrimiento medio anual de 6,095 millones de m³ y una temperatura media anual de 25 °C.

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 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.

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.

Cuadro 3. Parámetros geométricos medios de las arenas en las playas de Tecolutla.

Zona	Diámetro D ₅₀ (mm)				Redondez (Symm)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Barra	0.238	0.445	0.332	0.239	0.870	0.871	0.873	0.877
Surco	-	-	-	-	-	-	-	-
Lavado	0.232	0.410	0.323	0.449	0.865	0.876	0.883	0.873
Playa Seca	0.220	0.312	0.244	0.251	0.881	0.885	0.880	0.882
Barlovento	0.219	0.243	0.323	-	0.872	0.883	0.877	-
Cima	-	0.223	-	-	-	0.881	-	-
Sotavento	-	0.220	-	-	-	0.880	-	-

Zona	Esfericidad (SPHT)				Factor de forma			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Barra	0.833	0.800	0.824	0.843	0.707	0.668	0.699	0.706
Surco	-	-	-	-	-	-	-	-
Lavado	0.829	0.815	0.842	0.815	0.714	0.673	0.703	0.677
Playa Seca	0.860	0.842	0.852	0.851	0.728	0.698	0.719	0.708
Barlovento	0.840	0.852	0.828	-	0.722	0.713	0.697	-
Cima	-	0.854	-	-	-	0.721	-	-
Sotavento	-	0.852	-	-	-	0.720	-	-

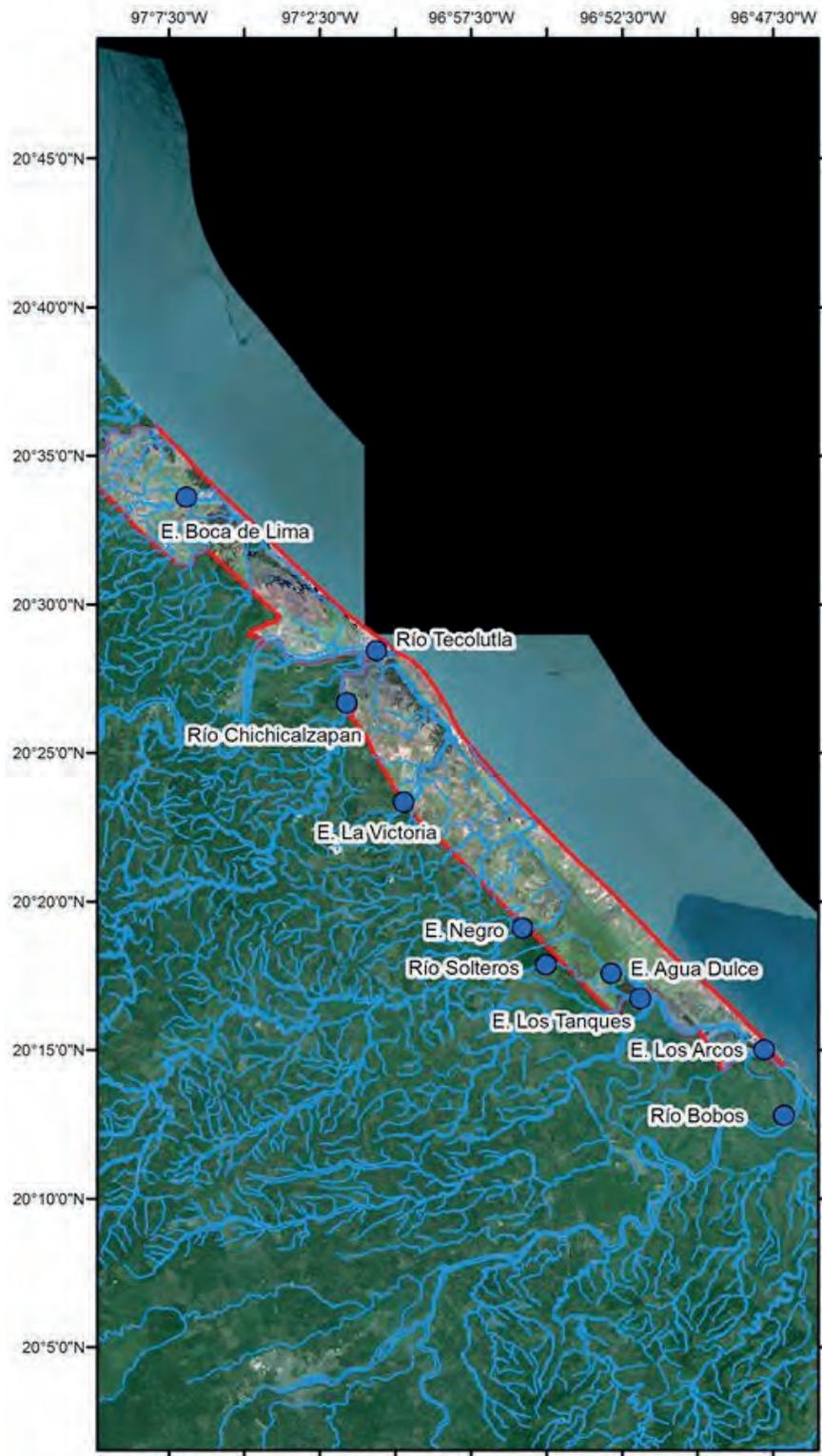


Figura 8. Aportes pluviales ubicados dentro de la zona de estudio del municipio de Tecolutla.

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 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.

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 éste se evalúa el grado que difiere una partícula de una esfera.

ALTERACIONES EN LAS FUENTES DE SEDIMENTO

Hasta el momento, no se han construido presas en Tecolutla (www.conagua.presas.mx). Sin embargo, existen 9 presas construidas en otros municipios cuyos escurrimientos aguas abajo descargan en la costa de este municipio influenciando su dinámica sedimentaria (Figura 9). Estas presas fueron construidas entre 1903 (La Laguna) y 2005 (Santa Sofía). Los represamientos antes mencionados tienen el potencial de retener sedimentos, impidiendo su llegada a la costa. La reducción en la cantidad de sedimentos por represamientos se considera una de las principales razones de la erosión de las playas, ya que finalmente se cuenta cada vez con menos sedimentos para alimentarlas (Bird, 1996).

En cuanto a las obras civiles ubicadas en la costa solo se localizó una escollera



Atardecer en litoral veracruzano. Fotografía: José Franco

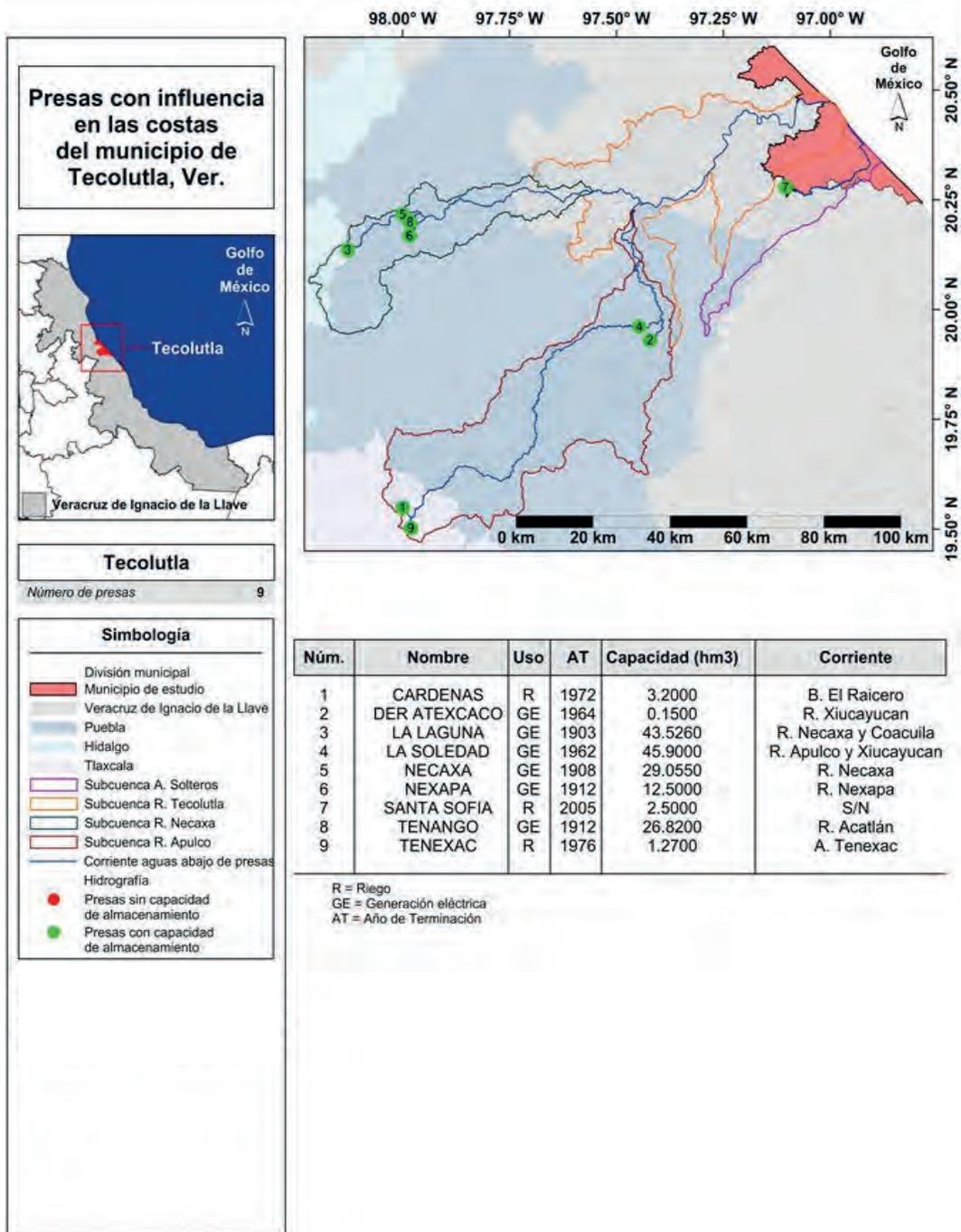


Figura 9. Presas con influencia en el municipio de Tecolutla.

en la desembocadura del río Tecolutla (Figura 10). La fecha de construcción de la primera escollera se desconoce. Sin embargo, la actual es una reconstrucción de la anterior ya que esa fue destruida por las fuertes marejadas asociadas al huracán Stan. La obra fue realizada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en el período 2005-2007. También se contruyó un muelle en la margen izquierda del río, y se reforzó esta orilla con sacos de cemento. Este muelle permite que Tecolutla tenga condiciones de puerto con capacidad de recibir lanchas de grandes dimensiones. Este puerto es usado por PEMEX para mover al personal que trabaja en las plataformas petroleras (OIMT-INECOL s/a). La playa de la cabecera municipal se ha estado erosionando desde hace algunos años, afectando a los hoteles más antiguos. Por lo anterior, existe un programa de alimentación artificial de playas que ha permitido recuperar parcialmente la playa cerca de la escollera.

Para comprobar las tendencias erosivas de la costa se realizó un análisis de la evolución espacio-temporal de la línea de costa. En la Figura 11 y Figura 12 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 acreción, con zonas puntuales de erosión en los perfiles 16, 23 y 24 (Figura 4).

El primero, está ubicado en el punto de unión de las desembocaduras de un estero junto con el del extremo norte de la del río Tecolutla. Los últimos dos puntos se encuentran al sur de la escollera. En cuanto a la tasa de erosión, las mayores variaciones se presentan en el perfil 16, que corresponde a la desembocadura de uno de los esteros asociados al Río Tecolutla.



Figura 10. Obras costeras en la costa del municipio de Tecolutla: En el cuadro verde se muestra el aspecto de la escollera ubicada en la desembocadura del río Tecolutla en el año 2014. En el cuadro rojo se muestra el muelle del lado norte del río Tecolutla.

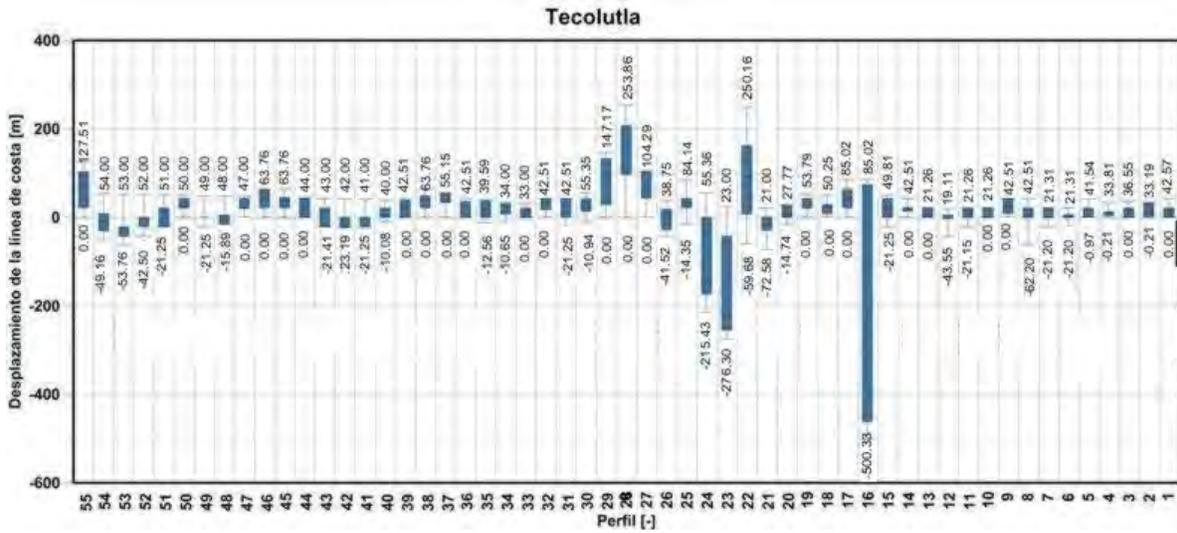


Figura 11. Desplazamiento de la línea de costa en los perfiles indicados en la Figura 4 para el municipio de Tecolutla (de izquierda a derecha: sur a norte). Se observa que la costa del municipio es muy dinámica y que, en general, se encuentra estable. En algunas regiones se presentan procesos de acreción como en los perfiles 29, 28 y 21. Por otro lado, los sitios con mayor erosión son los perfiles 23, 16 y 24.

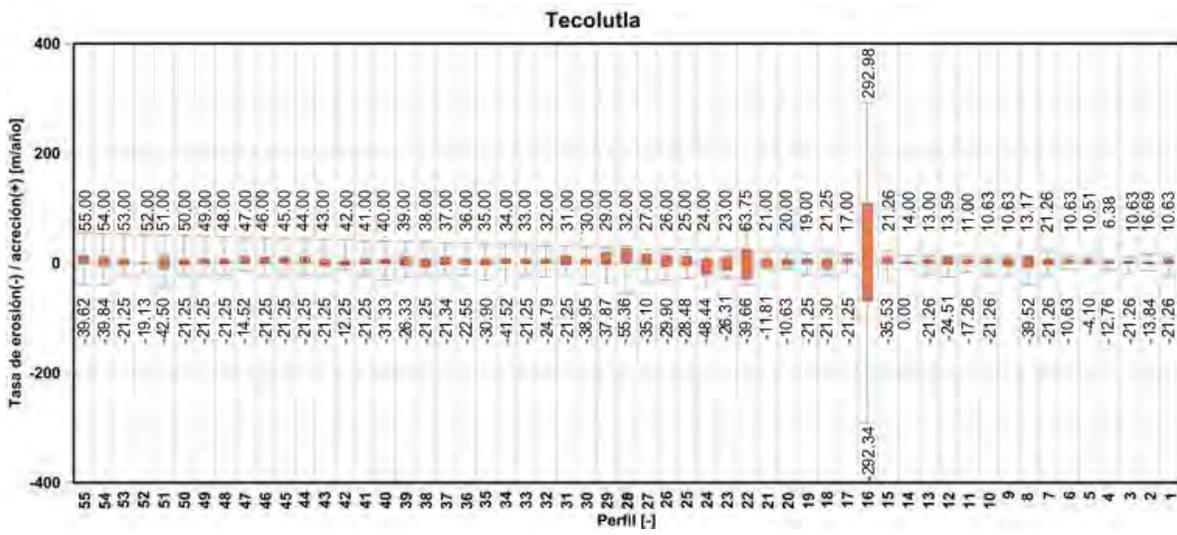


Figura 12. Tasa de erosión / acreción de la línea de costa en los perfiles indicados en la Figura 4 para el municipio de Tecolutla (de izquierda a derecha: sur a norte).

En general, el problema de erosión se encuentra localizado en los puntos mencionados y, en menor medida, al sur del municipio. El desplazamiento de la línea de costa varía desde los 253 m hasta los -500 m, con tasas de erosión desde los 64m/año hasta tasas de acreción de 293 m/año.

En resumen, la costa de Tecolutla se encuentra estable con tendencia a la acreción y con zonas puntuales de erosión.

ASPECTOS RELEVANTES EN LA DINÁMICA SEDIMENTARIA

De acuerdo a los resultados obtenidos:

1. Durante los meses del otoño e invierno se deben tener precauciones para actividades marítimas (construcciones, baño, 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.

3. Los sistemas de dunas se encuentran al sur de la desembocadura del río Tecolutla. Aunque en su mayoría son semi-móviles, están alimentados por arena que es transportada por el viento. Ocasionalmente, bajo condiciones de tormenta, el oleaje superpuesto al aumento del nivel del mar (marea de tormenta y marea meteorológica) provocan derrumbes en la base de las dunas que le dan continuidad al transporte de sedimentos de las playas ubicadas en esta sección de la costa de Tecolutla.

4. La situación general de la costa del municipio es estable con tendencia a la acreción y con puntos definidos de

erosión importante que tienen desplazamientos que llegan a superar los 500 m de retroceso anual (Figura 12). Esta situación debe considerarse ante la decisión de construir infraestructura frente al litoral.

5. El aporte de sedimentos fluviales probablemente se ha reducido debido a la construcción de presas en las cuencas que suministran sedimentos a las playas del municipio.



Estructura de protección en Tecolutla. Fotografía: Alejandro Linares García. CC BY-SA 3.0



Playa de Tecolutla. Fotografía: Adam Jones CC BY-SA 2.0

I 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).

El municipio de Tecolutla cuenta con grandes extensiones de dunas que pertenecen al sistema Tecolutla-Vega de Alatorre. Las dunas de este municipio suman un total de 7,780 ha y se extienden por cerca de 65 km a lo largo de la línea de costa entre los municipios de Tecolutla, Nautla y Vega de Alatorre. La parte más ancha de este sistema se extiende hasta 2.5 km tierra adentro desde la línea de costa. Diversas poblaciones se ubican en esta región, tales como Nautla, El Laurel, Playa Navarro, Playa Lechuguillas y la Barreta. En particular, las dunas costeras ubicadas en el municipio de Tecolutla suman una superficie total de 4,292 ha y se caracterizan por ser planicies de dunas frontales (Cuadro 4).

Las dunas frontales abarcan toda la superficie de dunas del municipio de Tecolutla (Cuadro 4) y se localizan a lo largo de prácticamente toda la costa del municipio, con la excepción de la zona norte (Figura 13). El desarrollo urbano y turístico, así como las actividades agropecuarias

son las actividades económicas predominantes sobre las dunas costeras. Todas las dunas se encuentran cubiertas por vegetación, por lo que el movimiento de la arena es prácticamente nulo.

El estado de conservación de las dunas de Tecolutla es variado y abarca desde Regular hasta Muy malo (Cuadro 4). En general, en el municipio predominan las dunas en condiciones de malas.

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. El estado de conservación de las dunas costeras de Tecolutla es deteriorado y abarca desde Regular hasta Muy malo (Cuadro 4). En general en el municipio predominan las dunas en condiciones malas (Figura 14) y están ausentes las dunas en buen estado de conservación.

Sin duda, las dunas del municipio están expuestas a impactos humanos diversos, que incluyen actividades agropecuarias, caminos, caseríos y asentamientos. Estas condiciones reducen la calidad del grado de conservación de las dunas de Tecolutla (Figura 14). El 8% de las dunas del municipio se encuentran en un estado de conservación regular, el 70% en estado malo y el 22% en estado muy malo. |

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

Tipo de duna	Movilidad	Estado de conservación					Total municipal
		Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy malo	
Duna frontal	Estabilizada			336.81	3,025.44	929.87	4,292.12
Total municipal				336.81	3,025.44	929.87	4,292.12

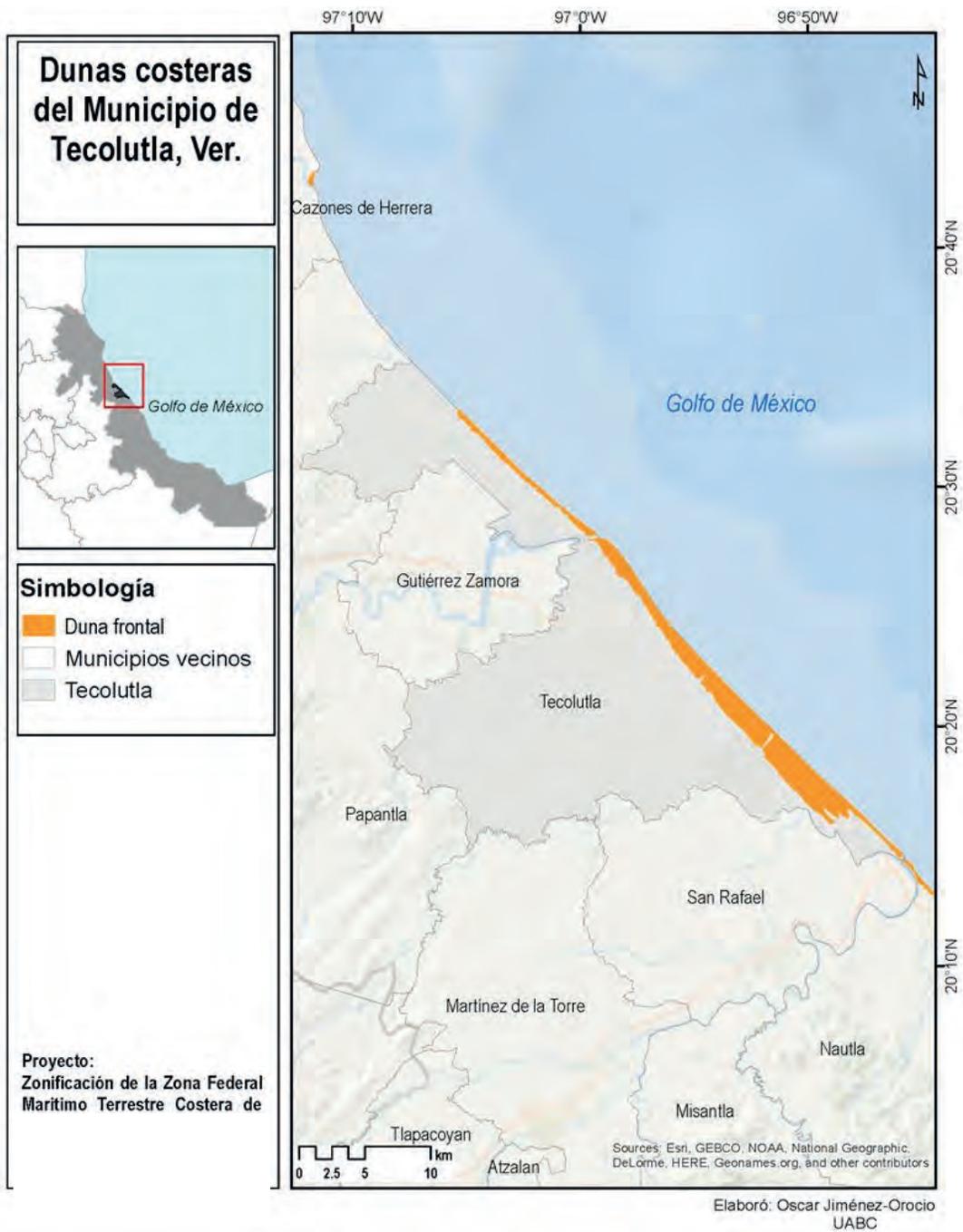


Figura 13. Tipos de dunas costeras presentes en el municipio de Tecolutla.

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

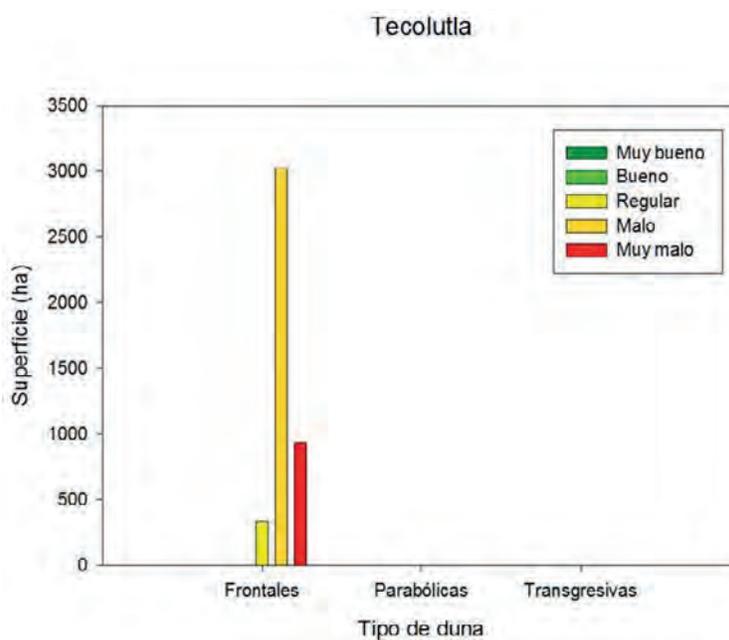


Figura 14. Estado de conservación por tipo de duna presente en el municipio de Tecolutla.



Playa y construcciones sobre dunas en Tecolutla. Fotografía: Alejandro Linares García, CC BY-SA 3.0

I Capítulo 3.

CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA BIÓTICO

I TIPOS DE VEGETACIÓN

La franja litoral de Tecolutla está deforestada y fragmentada, solo queda poco más de la tercera parte (8,869.09 ha, 38.79%) de vegetación natural (Figura 15).

Esta vegetación incluye 1,911.71 ha de manglares (8.36%), 2,880.59 ha de selva baja y mediana (12.60%) y 4,076.79 ha de dunas costeras (17.83%). Una característica peculiar de esta zona es la presencia de selva sobre dunas costeras, que abarca 180.84 ha (0.79% de la franja costera). Es importante señalar que el tipo de vegetación denominado en el mapa como “manglar” puede estar conjuntando manglares y selvas inundables en una sola categoría, debido a que es muy difícil distinguir entre estos dos ecosistemas a partir de

imágenes satelitales. Bajo “otros tipos de vegetación” también quedan englobados los humedales de agua dulce.

En el municipio existen cinco esteros, el Estero Boca de Lima y el Estero Tecolutla (ambos compartidos con Gutiérrez Zamora), el Estero Tenixtepec (compartido con Papantla), el Estero Ciénega del Fuerte (compartido con San Rafael) y el Estero Casitas o Nautla (compartido con San Rafael y con Nautla), las porciones de estos cuerpos de agua que le corresponden al municipio de Tecolutla cubren una extensión de 802.71 ha (Figura 8).

I ESPECIES VEGETALES DE LA ZONA COSTERA (PLAYAS Y DUNAS COSTERAS)

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 las dunas costeras del estado 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.*,



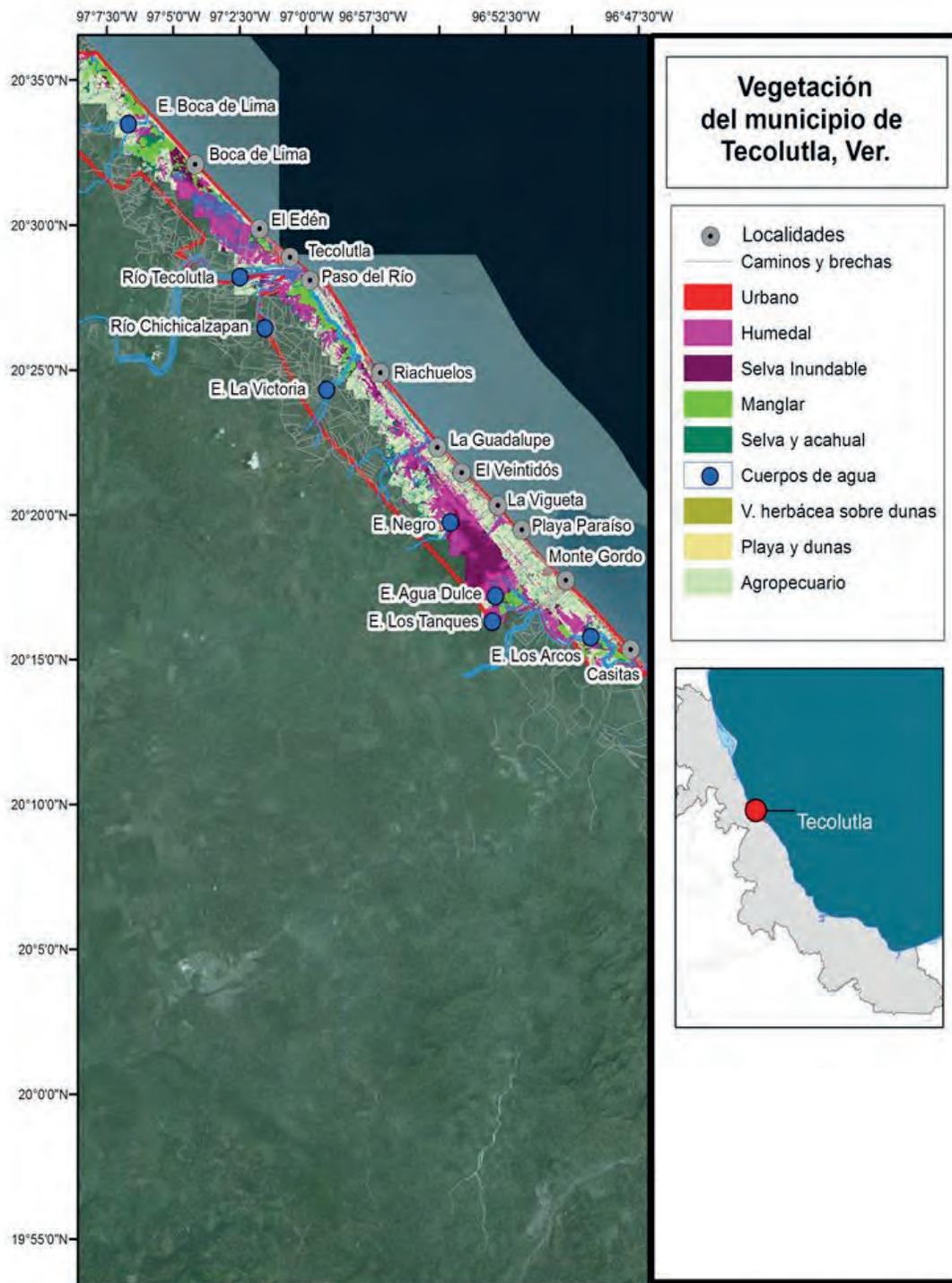


Figura 15. Tipos de vegetación en la zona costera de 5 km de ancho desde la línea de costa, del municipio de Tecolutla.

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 141 especies vegetales representativas de playas y dunas costeras, pertenecientes a 46 familias.

Algunas plantas abundantes en la playa y dunas de esta zona son: el clavelillo de mar (*Palafoxia lindenii*), la verdolaga de playa (*Sesuvium portulacastrum*), el copachí (*Croton punctatus*), la lenteja de arena (*Chamaecrista chamaecristoides*), el cascabel (*Crotalaria incana*), el frijol de playa (*Canavalia rosea*) y la riñonina (*Ipomoea pes-caprae*). Además hay plantaciones de especies exóticas como la palma de coco (*Cocos nucifera*) y el pino de mar (*Casuarina equisetifolia*).

En la zona costera de Tecolutla se han registrado a *Chamaecrista chamaecristoides* y *Citharexylum ellipticum*, dos especies endémicas de México (Moreno-Casasola *et al.*, 2011; Nash y Nee, 1984, respectivamente), así como a *Palafoxia lindenii*, especie endémica de Veracruz y Tabasco (Moreno-Casasola *et al.*, 2011) y a *Florestina liebmannii*, especie endémica de Veracruz (Villareal *et al.*, 2008). *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* y *Rhizophora mangle* se consideran amenazadas; otras 12 especies son consideradas en riesgo menor y *Rhynchospora rugosa* es categorizada como en peligro.

Las características particulares de las especies vegetales representativas de playas y dunas más importantes en la costa de Tecolutla se presentan en el Cuadro 6.

Se consideró a las especies bajo alguna categoría de riesgo tanto a nivel nacional (NOM-059-SEMARNAT-2010) como glo-

bal (IUCN), 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.



Croton punctatus. Fotografía: Josh*m CC BY-NC-SA 2.0

En el Cuadro 6 se muestran seis columnas. En dichas columnas se encuentran la familia a la que pertenece cada especie, su nombre común, su 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 están los tipos de vegetación en los que se puede encontrar cada especie, basados en la propuesta de Rzedowski (2006).

En la quinta columna se indican 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 tipos de vegetación, como bosques caducifolios, humedales o pastizales.

Finalmente, se muestra el estatus de protección bajo el que se encuentra cada especie. El estatus de conservación hace referencia a tres fuentes: 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 CITES (I, II, III, para ver descripción de las categorías visitar www.cites.org).



Lenteja de arena (*Chamaecrista chamaecristoides*). Fotografía: José García-Franco

Cuadro 6. Listado de especies vegetales más importantes registradas a la fecha, que crecen principalmente en manglares, playas y dunas del municipio de Tecolutla. 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)
Bombacaceae	Apompo (<i>Paqaira aquatica</i>)	 Árbol	Manglar, Selva inundable	C, O	
Burseraceae	Palo mulato (<i>Bursera simaruba</i> *)	 Árbol	Matorral de duna costera, Pastizal de dunas costeras, Bosque tropical caducifolio	C, O	
Cactaceae	Nopal tunero costero (<i>Opuntia stricta</i>)	 Suculenta	Matorral de duna costera, Bosque tropical caducifolio	C	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 liebmanni</i>)	 Hierba	Dunas, Pastizal, Potrero	C, S	
	Clavelillo de mar (<i>Palafoxia lindeni</i>)	 Hierba	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)
	Coquillo amarillo (<i>Cyperus esculentus</i>)	 Hierba	Playa, Pastizal, Vegetación herbácea de humedales, Bosque ribereño, Cultivos, Ruderal	C, S	IUCN (LC)
	Coquillo rojo (<i>Cyperus rotundus</i>)	 Hierba	Pastizal, Vegetación herbácea de humedales, Bosque tropical caducifolio, Bosque ribereño, Ruderal	O	IUCN (LC)
	Cebollín (<i>Eleocharis geniculata</i>)	 Hierba	Playa, Vegetación herbácea de humedales, Selva inundable, Bosque tropical perennifolio, Bosque ribereño	C, O	IUCN (LC)
	No se conoce (<i>Rhynchospora rugosa</i>)	 Hierba	Vegetación herbácea de humedales	S	IUCN (EN)
Leguminosae	Lenteja de arena (<i>Chamaecrista chamaecristoides</i>)	 Hierba	Dunas	C	
	Frijolillo (<i>Rhynchosia minima</i>)	 Trepadora	Matorral de duna costera, Manglar, Pastizal, Bosque tropical perennifolio	C, S	IUCN (LC)
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	

CONTINÚA >>

Menyanthaceae	No se conoce (<i>Nymphoides indica</i>)	 Hierba	Vegetación herbácea de humedales	O	IUCN (LC)
Moraceae	Ramón, ojoche (<i>Brosimum alicastrum</i> *)	 Árbol	Matorral de duna costera, Bosque tropical caducifolio, Bosque tropical subcaducifolio, Bosque tropical perennifolio, Bosque de encino	C, O	
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)
Polygonaceae	Uvero de costa (<i>Coccoloba uvifera</i> *)	 Árbol	Playa	C	
Pteridaceae	Helecho de playa (<i>Acrostichum danaeifolium</i>)	 Arbusto	Vegetación herbácea de humedales, Bosque tropical caducifolio, Palmar	O	IUCN (LC)
Rhizophoraceae	Mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>)	 Árbol	Manglar	C	NOM (A) IUCN (LC)
Rubiaceae	Oreja de ratón, perlilla (<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)
Verbenaceae	Laurel cimarrón (<i>Citharexylum berlandieri</i>)	 Árbol  Arbusto,	Playa, Matorral de duna costera, Bosque tropical caducifolio	C, O	
	No se conoce (<i>Citharexylum ellipticum</i>)	 Arbusto	Matorral de duna costera, Pastizal de dunas costeras, Manglar	C	



Riñonina de mar (*Ipomoea pes-caprae*). Fotografía: Marisa Martínez

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 cinco sistemas de manglares en el municipio: el Estero Boca de Lima (compartido con Gutiérrez Zamora), el Estero Tenixtepec (compartido con Papantla), el Estero Tecolutla (compartido con Gutiérrez Zamora), el Estero Ciénega del Fuerte (compartido con San Rafael) y el Estero Casitas o Nautla (compartido con San Rafael y con Nautla).

Estero Boca de Lima: se localiza al norte de Gutiérrez Zamora y de Tecolutla, a 14 km al norte de la desembocadura del río Tecolutla. Al noreste del estero se ubican las localidades rurales Boca de Lima y Rancho Santa Rosa; en el norte se ubican la Finca de Los Cerritos, Barra Boca de Lima, y al sur Rancho Lupita. El sistema se encuentra rodeado de terrenos agropecuarios y humedales herbáceos de agua dulce dominados por popales (*Pontederia sagittata*) y espadañales (*Spartina alterniflora*). Este sistema recibe agua de una extensa red de arroyos que confluyen en torno a tres corrientes principales que se comunican al mar a través de una sola boca en contacto permanente con el Golfo de México.

El ecosistema de manglar se encuentra fragmentado pero en la boca se pueden observar fragmentos con asociaciones entre *Laguncularia racemosa* (mangle

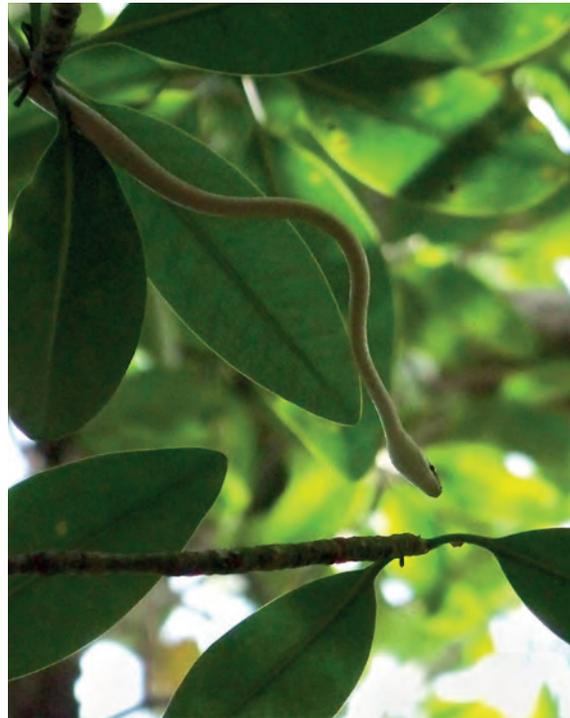
blanco) y *Avicennia germinans* (mangle negro), en zonas asociadas con cuerpos de agua perennes se encuentran bosques monoespecíficos de *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), en las zonas con mayor salinidad dominan los bosques monoespecíficos de *Avicennia germinans* (mangle negro) y en la zona de influencia de mareas se encuentra la asociación de *Rhizophora mangle* (mangle rojo) con *Avicennia germinans* (mangle negro).



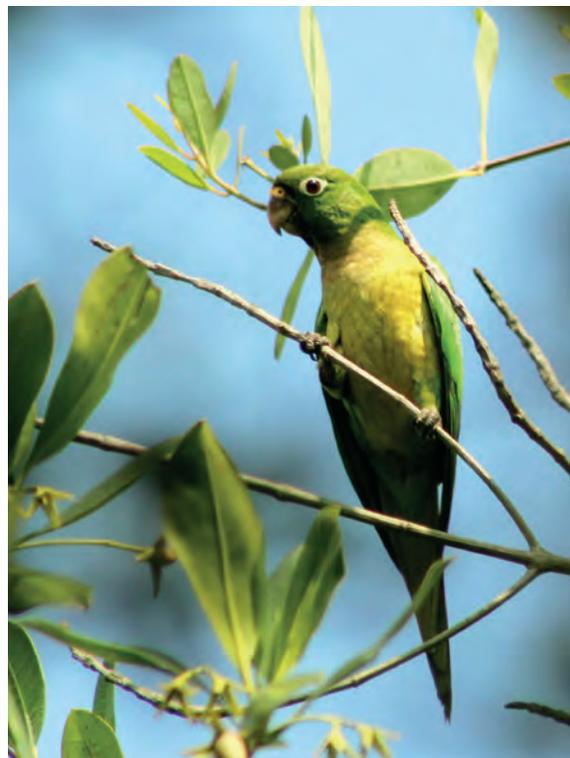
Almejas en raíces de mangle. Fotografía: Mariana Bravo

Estero Tenixtepec: está entre los límites municipales de Papantla y Tecolutla. Las localidades más cercanas son: al norte Los Reyes (Barra de Tenixtepec) y Santuario María Isabel; al oeste se encuentran las localidades El Aguacate, Vista Hermosa y Las Palmas, al sur colinda con Finca los Cerritos y al este con el Golfo de México. Este sistema de manglar se localiza dentro de la Región Marina Prioritaria Tecolutla (RMP-48) y la Región Hidrológica Prioritaria Río Tecolutla (RHP-76). Al igual que en los otros bosques de mangle de la zona, se pueden encontrar manchones mono-específicos *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), así como bosques mixtos de *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Avicennia germinans* (mangle negro) en la zona interna del sistema. Algunos manchones de *Rhizophora mangle* (mangle rojo) se pueden encontrar en los contornos de los cauces de las corrientes.

Estero Tecolutla: se localiza entre los municipios de Tecolutla y Gutiérrez Zamora. Al oeste encontramos las localidades de Finca de 44 y Cruz de los Esteros; al sureste se localizan las localidades de Etiopía, San José y Lázaro Cárdenas. Este sistema está conformado por tres zonas de manglar con diversos grados de fragmentación que a su vez están asociados a corrientes de agua conectadas al río Tecolutla. Los manglares de la ribera norte están en la cercanía de la zona urbana de la población de Tecolutla por lo que tienen un mayor grado de fragmentación. Sin embargo, este estero es de gran importancia para la conservación de la biodiversidad y forma parte de la Región Marina Prioritaria Tecolutla (RMP-48), de la Región Hidrológica Prioritaria Río Tecolutla



Serpiente en mangle. Fotografía: Jorge López-Portillo



Perico en mangle. Fotografía: Jorge López-Portillo

(RHP-76) así como del Área de Importancia para la Conservación de las Aves Tecolutla (AICA-10). Las comunidades de manglar que se pueden observar incluyen bosques monoespecíficos de *Rhizophora mangle* (mangle rojo) de 8 a 10 m de altura, que crecen cerca del cuerpo de agua y de la zona de influencia de marea sobre suelos pantanosos muy poco consolidados. En zonas interiores y a las orillas de los cauces se encuentran bosques monoespecíficos de *Avicennia germinans* (mangle negro) de 12 m de altura.

Estos bosques tienen la peculiaridad de poseer un sotobosque con una cobertura cercana al 100% del helecho *Acrostichum aureum* que llega a alcanzar hasta 2.5 m de altura. Ciénega del Fuerte: se localiza en los municipios de San Rafael y Tecolutla, a unos 10 km de la boca del Estero Casitas, afluente del río Nautla y a

1.5 km en dirección oeste de las localidades de Viguetas y Casitas. Recibe escurrimientos superficiales de diversos arroyos y escorrentías así como de aguas freáticas que afloran en el área del estero. El manglar se presenta como una sola unidad asociada a pequeños fragmentos a los lados de la corriente principal del estero. Se advierte una zonación de vegetación vinculada a la intrusión de agua de mar a través de las corrientes del estero. Es así como en las zonas con alta salinidad dominan bosques monoespecíficos de *Avicennia germinans* (mangle negro). Por otro lado, en las zonas más continentales del estero hay un ecotono entre selva inundable y manglar Figura 15 con especies como apompo (*Pachira aquatica*) y corcho o anona (*Annona glabra*) e individuos aislados de manglar, principalmente de *Laguncularia racemosa*.



Flores de mangle. Fotografía: Carmen Martínez

El estero es importante para la conservación y pertenece a la Región Marina Prioritaria Tecolutla (RMP-48) y a la Región Hidrológica Prioritaria Río Tecolutla (RHP-76). Estero Casitas (también conocido como Estero Nautla): se localiza en la desembocadura del Río Bobos, en los límites de los municipios San Rafael, Tecolutla y Nautla. En su ribera sur se encuentra la población de Nautla y a 1.5 km de la desembocadura, sobre la ribera norte, se ubica la población de Casitas. El estero está conformado por los escurrimientos del Estero Tres Bocas y del río Nautla así como los aportes marinos, que penetran al sistema a través de las mareas por la desembocadura del río. A lo largo del sistema, los manglares se encuentran de forma fragmentada. La mayor parte del manglar se ubica alrededor del cauce del río Nautla y en la porción central del lado oeste del sistema, al margen del estero Tres Bocas. Las características del relieve

del sitio generan cambios continuos en los niveles de inundación diaria por lo que la vegetación presenta fisonomías muy heterogéneas. En la zona cercana a la barra de Nautla se pueden encontrar bosques monoespecíficos de mangle blanco y en la parte más continental se encuentran bosques mixtos de *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Avicennia germinans* (mangle negro).

I CARACTERIZACIÓN DE HUMEDALES

Los humedales de agua dulce en Tecolutla incluyen humedales arbóreos así como humedales herbáceos.

En cuanto a los humedales arbóreos se refiere, se encuentra la mayor extensión de selvas inundables de todo el estado de Veracruz. La selva inundable de Tecolutla



Orquídea en mangle. Fotografía: Jorge López-Portillo

se encuentra fragmentada siendo la reserva Ciénega del Fuerte el principal relicto de este tipo de vegetación (Figura 15). De menor extensión pero de igual importancia, se encuentran manchones de selva inundable en La Victoria y en Riachuelos (Figura 16).

También, en forma de árboles aislados de *Pachira aquatica*, podemos encontrar relictos de selvas en los potreros inundables. Estos árboles sirven como corredor para especies de selva. Además, favorecen la restauración de esta comunidad al servir como banco de semillas y conexión entre fragmentos de selva más grandes o mejor conservados.

En el Cuadro 7 se muestran las principales características (densidad absoluta (indiv/ha), área basal (m²/ha) y valor de importancia) de las especies de selva inundable presentes en la reserva estatal de Ciénega del Fuerte.



Annona glabra. Fotografía: Alex Popovkin CC BY 2.0



Figura 16. Selva inundable dominada por *Pachira aquatica* en Ciénega del Fuerte, Tecolutla, Ver. Fotografía: Gerardo Sánchez Vigil

Cuadro 7. Valores de densidad absoluta, área basal y valor de importancia de las principales especies arbóreas de Ciénega del Fuerte (tomado de Infante *et al.*, 2011).

Especie	Densidad absoluta (individuos/ha)	Área basal (m ² /ha)	Valor de importancia (%)
<i>Pachira aquatica</i>	410	46.7	103.61
<i>Zygia latifolia</i> (antes <i>Pithecellobium latifolium</i>)	410	3.62	44.8
<i>Pristimera celastroides</i> (antes <i>Hippocratea celastroides</i>)	370	3.9	42.9
<i>Ardisia revoluta</i>	160	4.04	16.9
<i>Attalea rostrata</i> (antes <i>Attalea liebmannii</i>)	70	0.06	16.5
<i>Ficus insipida</i> subsp. <i>insipida</i>	20	9.61	16.4
<i>Dalbergia brownei</i>	70	0.41	11.8
<i>Trophis racemosa</i>	60	2.35	5.7
<i>Parathesis psychotrioides</i>	30	0.26	5.4
<i>Ficus maxima</i>	10	0.02	2.3
El resto de las especies (10)	140	0.17	30.1
Total	1750	71.15	300

Es importante resaltar que algunas especies de lianas (*Pristimera celastroides*, antes *Hippocratea celastroides*, y *Dalbergia brownei*) son parte de la comunidad de la selva inundable. Sin embargo, las lianas son poco abundantes cuando la selva está en buen estado de conservación. El incremento significativo de estas plantas es indicador de perturbaciones (naturales o antropogénicas). Este fenómeno se presenta en Ciénega del Fuerte y fue desencadenado por el impacto de varios huracanes en la región, así como por la tala hormiga de árboles maderables de la selva inundable. Actualmente, las lianas aumentaron en tal medida que cubren áreas extensas de selva y con frecuencia los árboles sobre los que trepan se derrumban (Figura 17).

Por otro lado, los humedales herbáceos más comunes en Tecolutla son los

tulares aunque también se pueden encontrar popales, hondonadas con vegetación flotante o enraizada de hojas flotantes así como zonas de pastizales inundables que han sido convertidas en potreros. Los tulares se encuentran en las orillas de los esteros o en lagunetas por lo que con frecuencia colindan con manglares.

La principal especie dominante es *Typha domingensis* con especies asociadas como el helecho *Acrostichum* sp., el papiro *Cyperus giganteus*, algunas trepadoras como *Dalbergia brownei* e *Ipomoea* spp., el zarzal *Mimosa pigra* y algunos árboles de apompo (*Pachira aquatica*) y de corcho (*Annona glabra*) (Figura 18).

Los popales se suelen encontrar en las orillas de los tulares, en regiones donde el suelo se encuentra saturado o en las zonas más inundables de potreros. Las especies más comunes en los popales de este

municipio son: *Pontederia sagittata*, *Sagittaria lancifolia*, *Thalia geniculata*, *Fimbristylis* sp., *Cyperus articulatus*, *Eleocharis mutata*, *Eleocharis interstincta* y *Eleocharis geniculata*.

Los humedales localizados en hondonadas o donde se forman pequeños ojos de agua están constituidos por especies acuáticas como: *Nymphaea ampla*, *Nymphoides indica*, *Salvinia* sp., *Ludwigia octovalvis*, *Pistia stratiotes*.

Los humedales herbáceos cercanos a algún afluente de agua, ya sea río, canal o laguneta están constituidos por manchones de popales de *Pontederia sagittata* combinada con *Sagittaria lancifolia*, *Hydrocotyle bonariensis*, *Crinum erubescens*, *Eleocharis mutata*, *Eleocharis interstincta* entre otras especies (Figura 18).

Cabe señalar que en este municipio suelen utilizarse algunas especies de selva inundable como cerca viva para dividir los potreros inundables. La principal especie utilizada como cerca viva es el apompo (*Pachira aquatica*) que a su vez es la especie dominante en las selvas inundables de la región. Por lo anterior, los árboles de esta especie que se encuentran aislados en potreros inundables pueden usarse como indicadores de que ahí había una selva inundable, muchas veces combinada con manglar, que fue talada para meter ganado. Otras plantas que son dejadas cuando un humedal es transformado en potrero son las palmas. Trabajos realizados sobre el uso de recursos en la zona, muestran que las palmas, especialmente *Attalea butyracea*, siguen teniendo gran importancia para los pobladores y son un recurso económico potencial (González Marín *et al.*, 2012).



Figura 17. Planta trepadora *Dalbergia brownei*. Fotografía: Reinaldo Aguilar, CC BY-NC-SA 2.0



Figura 18. La fotografía de arriba muestra una *Mimosa pigra* y la fotografía de abajo un popal en Ciénaga del Fuerte. Fotografía: USDA Forest Service, Dominio público.

I CARACTERIZACIÓN DE ESTEROS

Existen tres esteros: el estero cercano a la población La Vigüeta y La Guadalupe, y el Estero Tecolutla (Figura 8).

Estos sistemas presentaron una salinidad muy baja (0.3 a 4.4‰), lo que sugiere una fuerte influencia de agua dulce en los sitios de muestreo, normalmente ubicados cerca de la boca (Figura 19a).

En el sistema de La Vigüeta se registró una baja concentración de oxígeno (5.2 mg/L), lo que sugiere que puede haber una alta descomposición de materia orgánica y detritus. En contraste, tanto en el sistema de La Guadalupe como en el Estero Tecolutla se midieron mayores concentraciones de oxígeno (6.8 y 10.2 mg/L respectivamente) indicando que el oxígeno no es limitante para la biota. En congruencia con los sistemas costeros influenciados por agua marina, el pH fluctuó alre-

dedor de 8 (Figura 19b, c). Con respecto a los nutrientes, los tres sistemas presentan altas concentraciones de nitratos (Figura 19d), considerando que los valores normales de nitratos en este tipo de sistemas va de 5 a 10 μM . La menor concentración de nitratos se encontró en La Vigüeta (24.7 μM) mientras que en La Guadalupe y en el Estero Tecolutla, se registraron concentraciones cinco veces más altas (>100 μM).

El amonio y el fósforo total también tuvieron concentraciones un poco altas (>6 μM) (Figura 19e-f), aunque los valores más frecuentes son entre 5 y 10 μM de amonio y de 5 a 10 μM en este tipo de sistemas en Veracruz (Contreras *et al.* 1996) (Figuras. 19 e, f). Estos resultados sugieren un aporte importante de nutrientes provenientes de fertilizantes, ya que hay un alto porcentaje de uso de suelo para agricultura (50%) (Figura 15). |



Raíces de manglar. Fotografía: Jorge López-Portillo

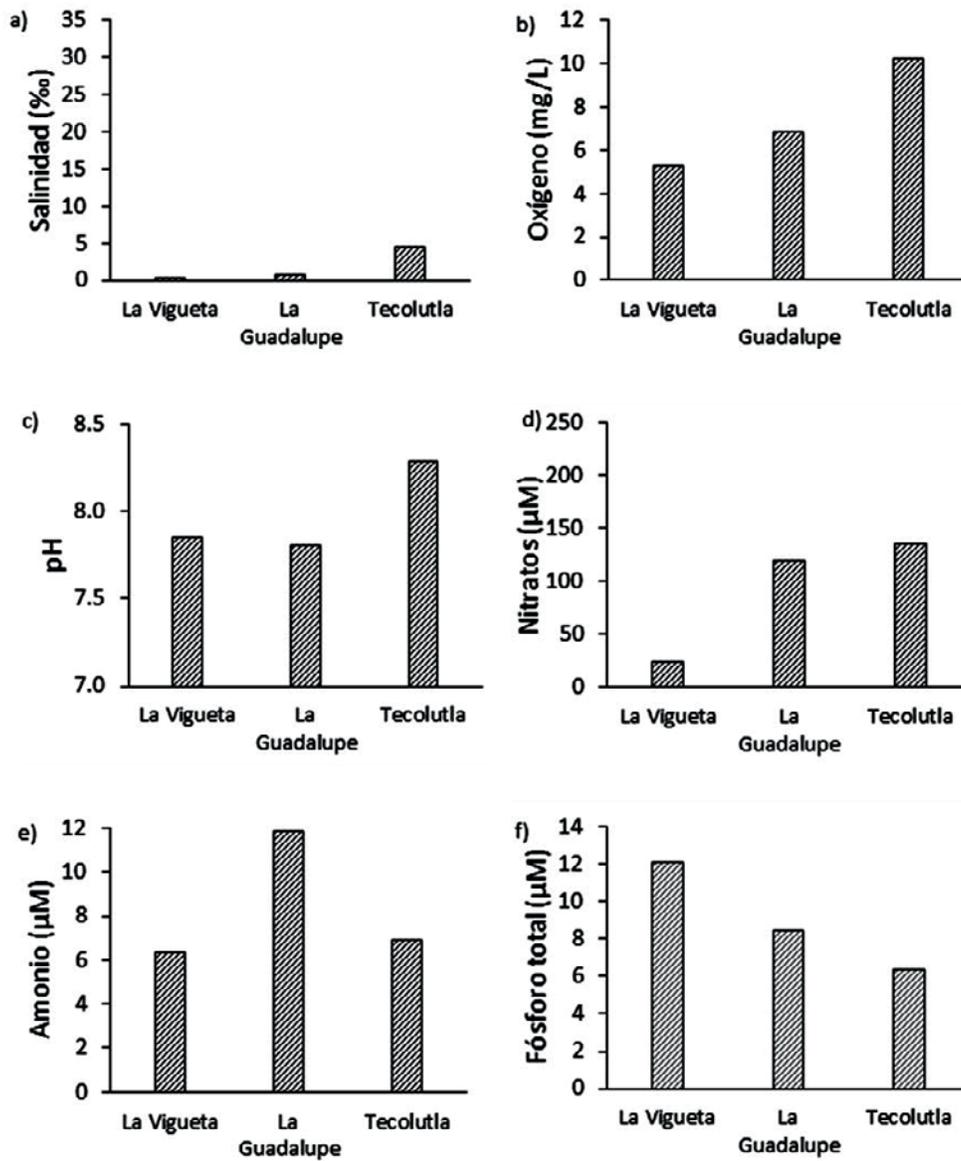


Figura 19. Valores promedio de salinidad (a), oxígeno (b), pH (c), nitratos (d), amonio (e) y fósforo total (f) en los esteros cerca de las poblaciones de La Vigueta y La Guadalupe así como en el Estero Tecolutla.



La Victoria, Tecolutla. Fotografía: Gerardo Sánchez V.

I Capítulo 4.

CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y PRESERVACIÓN DE ECOSISTEMAS COSTEROS

I PLAYAS Y DUNAS COSTERAS

En general, se considera que las dunas del municipio de Tecolutla están en mal estado de conservación (Figura 20). Además, los cálculos indican que las playas presentan una vulnerabilidad alta (Martínez *et al.*, 2014), sobre todo en lo referente a los procesos geomorfológicos y de dinámica sedimentaria en respuesta al impacto de tormentas y huracanes (Martínez *et al.*, 2006). Si bien, las corrientes que se generan por el oleaje y el efecto del viento son los principales factores que controlan la dinámica

sedimentaria de las playas y dunas de este municipio, la acelerada pérdida de cobertura vegetal natural hacia usos de suelo agropecuarios es una de las principales amenazas. Además, no debe soslayarse el efecto nocivo de las estructuras marítimo costeras que se han construido (López-Portillo *et al.*, 2011). Por otro lado, el índice Re-Duna igualmente revela una heterogeneidad en las condiciones de conservación de las playas de esta zona (Lithgow *et al.*, 2015).

Uno de los sitios que presenta mayor degradación y vulnerabilidad es la zona de Playa Oriente. En este sitio se recomienda implementar actividades de rehabilitación, que impliquen la recuperación del funcionamiento del sistema, aunque necesite de un mantenimiento periódico. En contraste, en la zona de Riachuelos y Tecolutla existen fragmentos bien conservados por lo que las acciones recomendadas son dirigidas a la conservación, aunque en otras zonas de dichas localidades hace falta restaurar. En estas zonas los factores endógenos y abióticos son de gran relevancia. Lo anterior significa que para conservar la integridad de la zona es necesario mantener la dinámica sedimentaria y los procesos geomorfológicos naturales.





Liberación de tortugas en Tecolutla. Fotografía: Marisa Martínez

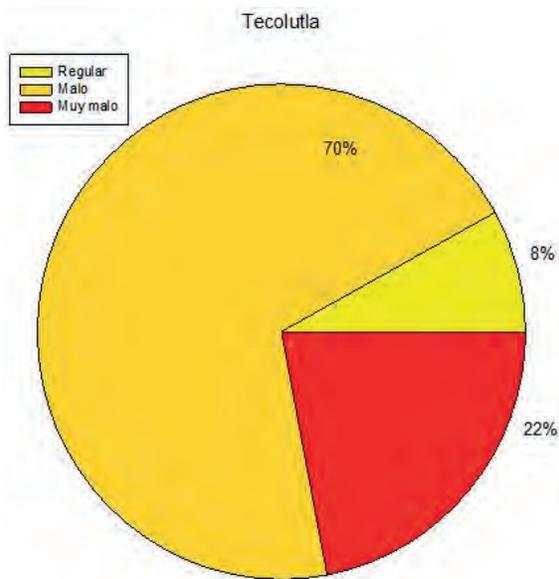


Figura 20. Estado de conservación de las dunas costeras del municipio de Tecolutla, con base en el diagnóstico de Martínez *et al.* (2014). Resalta que menos de la décima parte de las dunas se encuentran en un estado de conservación regular y el restante en estado malo o muy malo.

La vulnerabilidad de las dunas costeras de esta zona hace necesaria la restricción de las actividades llevadas a cabo sobre ellas. También, se debe evitar cualquier obra perpendicular a la costa que pueda modificar el patrón de transporte sedimentario.

El sistema de dunas llamado “Tecolutla-Vega de Alatorre” tiene una alta prioridad para la conservación y se encuentra incluido dentro de la Región Marina Prioritaria Tecolutla (RMP-48); la Región Hidrológica Prioritaria Río Tecolutla (RHP-76), así como en el Área de Importancia para la Conservación de Aves Tecolutla (AICA-10).

Finalmente, las playas de Tecolutla son zona de desove de tortugas marinas. En consecuencia, se han realizado esfuerzos para su protección y conservación como el establecimiento del Campamento Tortuguero Vida Milenaria A. C.

I MANGLARES

La conservación de los sistemas de manglar que se localizan en este municipio (Esteros Boca de Lima, Tenixtepec, Tecolutla, Ciénega del Fuerte y Casitas o Nautla) está amenazada por los cambios de uso de suelo hacia actividades agropecuarias y actividades turísticas, así como la sobreexplotación de madera. La integridad del manglar de Ciénega del Fuerte, además, se ve amenazada por la expansión de la mancha urbana (López-Portillo *et al.*, 2011).

Los Esteros de Tenixtepec, Tecolutla y Ciénega del Fuerte se encuentran en la Región Marina Prioritaria Tecolutla (RMP-48); la Región Hidrológica Prioritaria Río Tecolutla (RHP-76), así como en el Área de Importancia para la Conservación de Aves Tecolutla (AICA-10).



Atracadero en el Estero Nautla. Fotografía: Daniel Fierro Esquivel, CC BY-NC-ND 2.0

I HUMEDALES

La conservación de humedales de agua dulce debe ser una prioridad estatal y nacional por su alta biodiversidad y por los servicios ecosistémicos que proporcionan. En especial, la selva inundable y los humedales herbáceos como los popales, almacenan cantidades considerables de carbono. Ejemplo de ello son los datos de la Figura 21 producto del trabajo de Campos *et al.* (2011). En este sentido, Hernández *et al.* (2015), Marín-Muñiz *et al.* (2011, 2014 y 2015) también han descrito los humedales de Tecolutla y encontraron que la transformación de las selvas inundables y de los humedales herbáceos a potreros incrementa las emisiones de bióxido de carbono y metano a la atmósfera.



Humedal herbáceo entre potreros. Fotografía: Roberto Monroy

En este sentido, Campos *et al.* (2011) reportan que la cantidad de agua que se almacena en los suelos de este tipo de humedales equivale a siete veces su peso (Figura 22). Esta característica muestra que proveen el servicio ecosistémico de protección durante inundaciones al comportarse como una esponja. Este servicio se ve disminuido cuando existe compactación del terreno ya sea por la tala de la selva inundable y/o por la transformación a otros usos de suelo como a zonas agropecuarias (Robledo-Ruiz, 2013).

Un ejemplo de la importancia del servicio ecosistémico de protección contra inundaciones que prestan los humedales de agua dulce se puede observar en la costa de Tecolutla, específicamente en el desarrollo turístico de Costa Esmeralda y en la propia localidad de Tecolutla. Ambos lugares se encuentran en la franja costera de dunas frontales en donde el manto freático es muy superficial. Además, esta zona está bordeada por humedales de agua dulce y están dentro de la planicie de inundación del río Tecolutla.

En estos lugares, el agua que baja de manera sub-superficial por la cuenca del Río Tecolutla aflora y se desborda en la planicie de inundación de dicho río. Sin embargo, el agua desbordada se almacena en los humedales y se va liberando lentamente hacia el agua subterránea evitando grandes avenidas que podrían dañar la infraestructura de las localidades mencionadas, como reservorio y alimentador de agua a los mantos freáticos impidiendo la penetración de la cuña salina. El incremento en la penetración de la cuña salina puede salinizar los mantos afectando la provisión de agua potable y la producción agrícola de la zona.

La Reserva Ciénega del Fuerte juega un papel fundamental para la protección de las poblaciones costeras. Sin embargo, a pesar de su estatus como espacio natural protegido, ésta fue repartida por la Reforma agraria, lo que ha generado constantes problemas de tala y reducción de su área (Robledo Ruiz, 2013).

En síntesis, la protección de los poblados y desarrollos turísticos dependen en

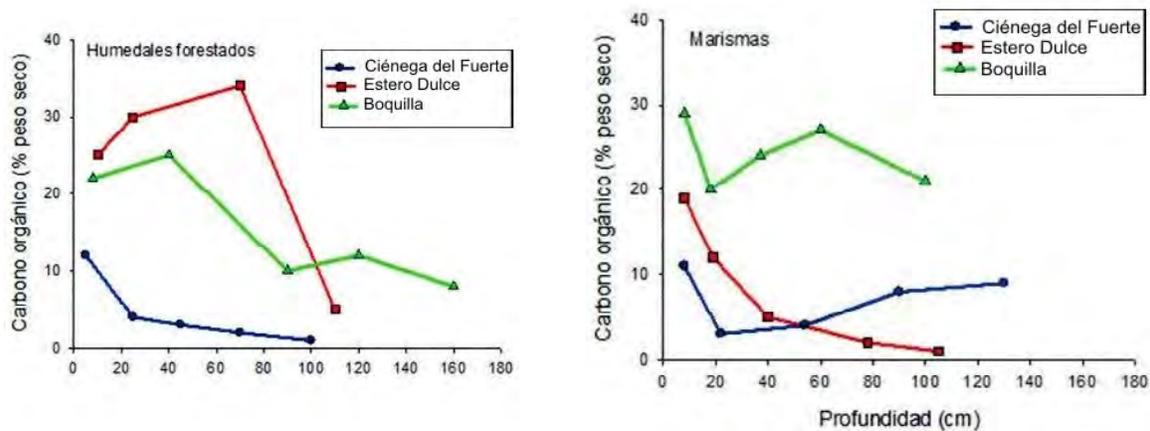


Figura 21. Contenido de carbono orgánico en el suelo de selvas inundables y de popales/tulares. (Tomado de Campos *et al.*, 2011).

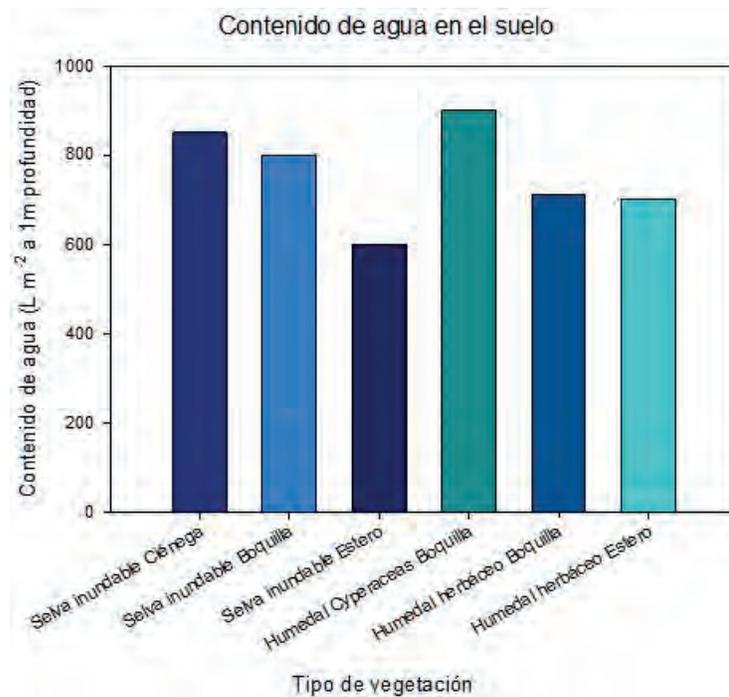


Figura 22. Contenido de agua en el suelo de las selvas inundables y de los popales/tulares. Ambos tipos de ecosistemas son capaces de almacenar grandes cantidades. Los sitios de Ciénega y Estero Dulce se ubican en el municipio de Tecolutla (tomado de Campos *et al.*, 2011).

gran medida de la salud de los humedales arbóreos y herbáceos. Esto se debe a que la planicie de inundación del río Tecolutla es sumamente dinámica y los humedales son los receptores del agua de desborde y del agua subterránea que baja de la sierra por las lluvias tanto de la temporada de lluvias como de las tormentas tropicales y huracanes. Un ejemplo del dinamismo de esta planicie es el cambio de ubicación de la barra de Riachuelos a La Guadalupe, donde su ubica actualmente, y las nuevas bocas que se crearon a lo largo de Costa Esmeralda después de los huracanes y lluvias a finales de la década de los 90s. En esta década también se pudieron constatar la fuerza y magnitud de las inundaciones que pueden ocurrir en la zona.

ESTEROS

Los tres esteros de este municipio (La Viqueta, La Guadalupe y Tecolutla) tienen poca influencia marina por lo que su salinidad es baja. Por otro lado, los análisis del agua indican que existe un aporte de nutrientes importante hacia el agua de los esteros que probablemente provienen de los fertilizantes que se utilizan en las actividades de agricultura, ya que hay un alto porcentaje de uso de suelo dedicado a la agricultura (50%). La reforestación de las orillas de los esteros puede contribuir a la mitigación de este problema. |



Estero Agua Dulce. Fotografía: Gerardo Sánchez V.

I Capítulo 5.

DIAGNÓSTICO Y ZONIFICACIÓN

La costa del municipio de Tecolutla puede ser dividida en seis celdas litorales, esta división facilita la planeación y favorece la implementación de acciones de manejo integral. Las celdas fueron delimitadas de acuerdo con sus características físicas, geomorfológicas y biológicas. Además, las problemáticas dentro de cada celda son comunes y, en consecuencia, se pueden elegir acciones estratégicas para lograr mantener la diversidad y servicios ecosistémicos de cada sitio.

Si bien, a lo largo de la franja costera del municipio se llevan a cabo diversas actividades productivas como la agricultura y la ganadería, las actividades económicas más importantes, por la derrama económica producida, están relacionadas con el sector turístico, especialmente el turismo nacional.

El manejo deficiente de las actividades asociadas al sector turístico junto con otros factores relacionados con la falta de planeación territorial han originado algunos de los retos ambientales y socioeconómicos más importantes en la zona. Debido a lo anterior, se recomienda la transición paulatina hacia un modelo de desarrollo sustentable enfocado en lograr el equilibrio entre el desarrollo de actividades como el turismo y la conservación, en la restauración del equilibrio dinámico del litoral así como en la conservación de los valores geomorfológicos y ecológicos de la zona.

Además, dentro de los planes de manejo, se deben priorizar acciones para la conservación y restauración de las dunas frontales, los manglares, selvas inundables y humedales herbáceos de la zona. En el Cuadro 8 se muestran las principales características de este municipio y en el Cuadro 9 se muestran, a manera de semáforo, los usos para los que esta costa puede ser apta y no apta.

En el Cuadro 8 se presenta la información sinóptica del municipio de Tecolutla, donde se destacan algunas recomendaciones generales para el municipio. Los detalles se explican a lo largo del texto.



Cuadro 8. Síntesis diagnóstica de la zona costera del municipio de Tecolutla, Ver.

OBSERVACIONES

En general, la costa del municipio se encuentra en proceso de acreción, con zonas puntuales de erosión. El problema de erosión se va incrementando de norte a sur con desplazamientos de la línea de costa desde los 12 m hasta los 500 m, con tasas de erosión desde los 19 m/año hasta de 293 m/año. El transporte predominante de sedimentos es de tipo longitudinal con dirección de norte hacia el sur.

Al norte de la boca del río (celda 1 y 2) , se observan procesos de retroceso de playa de aproximadamente 100 m. Mientras que al centro y sur (celda 3, 4, 5 y 6) se observan procesos de progresión de playa de entre 120 a 300 m.

En esta zona han impactado varios huracanes y tormentas tropicales produciendo fuertes inundaciones.

Dentro de otros criterios de priorización de la biodiversidad, las celdas de este municipio forman parte de diversos sitios prioritarios como:

Sitio prioritario para la conservación de los ambientes costeros y oceánicos de México, considerado en la categoría de importante (Humedales Costeros del Río Tecolutla y Bajos Negros).

Región marina prioritaria Tecolutla (RMP-48).

Región hidrológica prioritaria Río Tecolutla (RHP-76).

Área de importancia para la conservación de las aves Tecolutla (AICA-10).

Es zona de arribo de tortugas marinas por lo que hay un campamento tortuguero en la Celda 3.

Área para la conservación de las aves Ciénega del Fuerte de Anaya.

Área para la conservación de las aves Río Nautla.

Región hidrológica prioritaria Ciénega del Fuerte de Anaya.

Región hidrológica prioritaria Río Nautla.

DUNAS

En la Celda 1 ocupan un área pequeña.

En la Celda 2 los campos de dunas frontales están cubiertos por asentamientos urbanos, especialmente en la zona sur de la celda.

En la Celda 3, 4, 5 y 6: Los campos de dunas frontales están antropizados, cubiertos por cultivos, algunos poblados y caminos.

CONTINÚA >>

OBSERVACIONES

MANGLARES

Celda 1, Celda 2 y Celda 3 forman parte del Sitio de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica Boca de Lima y Tecolutla.

En los últimos 30 años el manglar no ha sufrido cambios significativos. Sin embargo, sus límites están en constante presión por las actividades agropecuarias.

Los manglares de esta zona son hábitat para el cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi*).

Los manglares de esta zona son áreas de crianza de especies como camarón, ostión y almeja. Además es una zona de reproducción y alimentación de delfines y tortugas.

Celda 4:

1. Los manglares de esta celda forman parte de lo Sitio de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica Tecolutla.

2. Durante los últimos 30 años la cobertura de manglar en esta celda ha incrementado, principalmente en los márgenes del río.

3. Los manglares de esta zona son áreas de crianza de especies como camarón, ostión y almeja.

4. Es una zona de reproducción y alimentación de delfines y tortugas.

5. Los manglares de esta área albergan poblaciones de aves residentes acuáticas y son sitio de hibernación y paso de aves migratorias.

6. Es una zona de desarrollo y protección para el cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi*).

Celda 5:

La cobertura de manglar en esta celda, principalmente al norte en Ciénega del Fuerte, está mezclada con áreas de selva baja inundable.

Las actividades agrícolas pecuarias en la zona han sido el principal factor de presión y cambio de los manglares y otras coberturas naturales.

HUMEDALES DE AGUA DULCE, ARBÓREOS Y HERBÁCEOS

El humedal forma parte de la planicie de inundación del Río Tecolutla por lo que es una zona baja, muy inundable cada año. En temporada de huracanes y tormentas tropicales recibe grandes cantidades de agua subsuperficial así como por desborde de los ríos. De ahí la presencia de grandes extensiones de humedales de agua dulce, aunque ahora estén transformados en potreros.

CONTINÚA >>

OBSERVACIONES

Proporciona servicios muy importantes como son: regulación de los picos de inundación, almacén de carbono, depuración del agua arrastrada de zonas agropecuarias y contención de la cuña salina. Es fundamental conservar estos servicios para protección de la población, así como para favorecer un desarrollo turístico sustentable que beneficie a la población.

Cuadro 9. Semáforo de acciones para la zona costera del municipio de Tecolutla.

		CELDA 1, 2, 3, 4	CELDA 5, 6
SEMÁFORO DE ACCIONES		Alto. Zona muy vulnerable ante eventos de cambio climático. Zona de alta densidad poblacional con problemas de erosión fuertes, cuyo desarrollo sobre la playa se ha detenido por una salida temporal de agua. Los permisos en la zona aún sin construir deben tener fuertes restricciones debido a la vulnerabilidad.	Alto. Zona muy vulnerable ante eventos de cambio climático. Zona de desarrollo turístico de playa, de densidad poblacional media con problemas de erosión fuertes, que requiere medidas de restauración. Los permisos en la zona aún sin construir deben tener fuertes restricciones debido a la vulnerabilidad.
VALORES	Geomorfológicos	Alto. Planicies de inundación del río Bobos (Nautla) y Tecolutla con una formación muy importante de humedales.	Alto. Planicies de inundación del río Bobos (Nautla) y Tecolutla con una formación muy importante de humedales, sumamente dinámicos, con cambios en la localización de bocas, apertura de nuevas bocas.
	Ecológicos	Grandes extensiones de manglares y humedales sobre todo herbáceos de agua dulce, cuerpos de agua someros.	ANP estatal Ciénaga del Fuerte, grandes extensiones de manglares y humedales de agua dulce.
PROBLEMÁTICA	Cultural	Desarrollo turístico costero de baja y media densidad. Ha habido impactos fuertes de huracanes sin embargo, no hay cultura de prevención ante eventos climáticos.	Desarrollo turístico costero de baja y media densidad. Ha habido impactos fuertes de huracanes sin embargo, no hay cultura de prevención ante eventos climáticos.
	Erosión	Alta erosión. Hay presas que retienen sedimentos y más al norte ya no hay grades sistemas de dunas que aporten arena por viento, hasta Tamiahua.	Alta erosión. Hay presas que retienen sedimentos y más al norte ya no hay grades sistemas de dunas que aporten arena por viento, hasta Tamiahua.
	Asentamientos afectados	Tecolutla.	Casitas, Costa Esmeralda, y poblaciones como Flores Magón.
	Infraestructura de Protección	Escollera y relleno artificial de playas, hay mucha actividad de lanchas con muelles pequeños.	No se encontró infraestructura de protección. Hay mucha actividad de lanchas con muelles pequeños.

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

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 y durante huracanes.
- 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.

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.

ZONA DE PLAYA

ACTIVIDADES ECONÓMICAS ACTUALES:

Restaurantes rústicos y permanentes, abundante hotelería, asentamientos urbanos.

ACTIVIDADES ECONÓMICAS POTENCIALES:

Hay playas y zonas de dunas con potencial de desarrollo de densidad baja y media, pero debe ser bajo normas estrictas de construcción que garanticen la conservación de la playa y den vida al proyecto por varias decenas de años a pesar de la alta erosión que existe. 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 a lo largo de los 54.04 km.
- En virtud que el litoral está constituido por playas de arena, las nuevas construcciones deben hacerse sobre pilotes de acuerdo a los niveles de desplante mínimos establecidos en este documento.
- Se permite construcción de infraestructura de madera o material degradable y piloteadas (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 estas dunas. (Silva *et al.* 2017)
- 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, se permite la construcción de infraestructura solo si la pendiente del terreno es menor a 20° a una distancia de 100 metros de la cresta del primer cordón de dunas.
- Establecer accesos a la playa e inscribirlos en actas en el cabildo municipal. Esto reviste gran importancia debido a que se están formando zonas extensas donde no hay paso a la playa, convirtiéndolas en privadas.
- Establecer programa de trabajo con los hoteleros de Costa Esmeralda para eliminar estructuras de protección que causan erosión en predios vecinos y buscar una solución común a los problemas de erosión.
- Establecer con el municipio un plan de desarrollo municipal para potenciar el desarrollo turístico sustentable que incluya la protección de dunas y de humedales y reglas de construcción.

CONTINÚA >>

ZONA DE PLAYA

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.
- No permitir la introducción de especies exóticas e invasoras.
- No se permite el tránsito vehicular por la playa, ni estacionarse en la misma.
- No se permite el 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.
- Se permite investigación y monitoreo.
- El ecoturismo y construcciones turísticas de baja densidad sobre pilotes son deseables.

PROTECCIÓN:

Las playas de anidación de tortugas marinas se deben de proteger conforme a la NOM-162-SEMARNAT-2012.

MANGLARES

ACTIVIDADES ECONÓMICAS ACTUALES:

Pesca.

ACTIVIDADES ECONÓMICAS POTENCIALES:

Ecoturismo.

MANEJO-APTO:

- Construcción de caminos y/o carreteras con pasos de agua frecuentes y de preferencia sobre pilotes.
- Se permite el establecimiento de embarcaderos rústicos.
- UMAs para extracción de materiales para artesanías, construcción, crianza de especies acuáticas, etc. cuando exista el permiso por parte de SEMARNAT.

MANEJO-NO APTO:

- Cambio de uso de suelo, eliminando el ecosistema original.
- Introducción de especies exóticas e invasoras.

CONTINÚA >>

MANGLARES

- Establecimiento de caminos que obstruyan el flujo de agua que alimenta a los manglares y humedales de la zona.
- En zonas de manglar (actual o pasada) no se permite la construcción de infraestructura permanente.

RESTAURACIÓN

Propiciar esta actividad cuando sea necesario con uso de especies nativas.

CONSERVACIÓN

- Se permite investigación y monitoreo.
- Se permite ecoturismo y construcciones turísticas de baja densidad sobre pilotes.
- Se deben impulsar acciones de restauración del manglar en las zonas donde se requieren.

PROTECCIÓN

Evitar la tala de manglares, ya que protegen contra las inundaciones y son sumideros de carbono.

HUMEDALES DE AGUA DULCE

ACTIVIDADES ECONÓMICAS ACTUALES:

Pastoreo.

ACTIVIDADES ECONÓMICAS POTENCIALES:

Ecoturismo, pastoreo de baja densidad (una cabeza por hectárea).
Creación de UMAs de especies acuáticas.

MANEJO-APTO:

- Impulsar la delimitación de los humedales por parte de CONAGUA haciendo público el resolutivo.
- Accesos peatonales 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.

CONTINÚA >>

HUMEDALES DE AGUA DULCE

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.

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.

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 ríos.

PROTECCIÓN:

Se debe promover el constituir los humedales arbóreos (manglares y selvas) y herbáceos en áreas naturales protegidas.

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.

RESTAURACIÓN:

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

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.

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. Municipio cuya costa es relativamente estable, con desplazamientos de la línea de costa menores a los 5 m/año. Las zonas de mayor erosión muy intensa se ubican en la desembocadura del río y al sur de la escollera.
2. Las dunas costeras de este municipio están en un alto grado de degradación, por lo que se recomienda hacer un diagnóstico detallado para determinar las zonas con mayor necesidad y posibilidad de ser restauradas. Con la recuperación de las dunas se empieza a capturar área, lo que puede favorecer la protección de la costa contra la erosión.
3. Es una zona donde es posible desarrollar actividades turísticas.
4. 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 en Silva *et al*, 2017. .
5. Para recuperar la dinámica natural del transporte de sedimentos en el sistema playero:
 - a) En relación al transporte inducido por el oleaje: A partir de estudios de dinámica litoral que se desarrollen entre las autoridades correspondientes y la academia, evaluar el impacto real de la escollera construida en la desembocadura del río Tecolutla. Valorar el eventual retiro de la escollera que está reteniendo sedimentos en el margen norte del río Tecolutla y está transfiriendo el problema de erosión a la parte sur, poniendo en riesgo a la ciudad de Tecolutla.

MANGLARES

1. Delimitar la zona federal considerando que los 20 m de distancia deben ser a partir del nivel máximo de embalse del 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 este 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).

ESTEROS

1. Los resultados obtenidos sugieren un estado de eutrofización alto en el estero Tecolutla que puede estar relacionado con el uso de suelo en la cuenca, ya que se registra un 50% del territorio dedicado a la agricultura.
2. Es importante hacer un monitoreo a largo plazo para determinar la calidad del agua y posteriormente hacer propuestas para su saneamiento.
3. La reforestación de las orillas de los ríos y esteros contribuye al mejoramiento de la calidad del agua, ya que la vegetación retiene fertilizantes y sedimentos.
4. Se sugiere también el tratamiento de aguas urbanas antes de que lleguen a los ríos para evitar el aporte de aguas domésticas, industriales, etc. que contribuyen a la contaminación de los cuerpos de agua.
5. 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 contaminantes hacia los ríos para poder determinar cuál es el estado de conservación de estos sistemas.

HUMEDALES

El municipio está totalmente rodeado por humedales, debido a los ríos caudalosos que drenan tanto en sus bordes como en la propia ciudad de Tecolutla. Adicionalmente, la alta incidencia de tormentas tropicales y huracanes, ha derivado en grandes inundaciones en la zona. Durante esta temporada, las lluvias que se forman en la sierra, bajan de manera sub-superficial en grandes cantidades de agua hacia la planicie costera. Por tanto, estos humedales de agua dulce funcionan como almacenes de agua, protegiendo los asentamientos poblacionales y turísticos sobre las dunas y playa.

1. Se recomienda impulsar la formación de áreas naturales protegidas con estos humedales debido a los servicios ecosistémicos que brindan.
2. No deben permitirse las construcciones sobre zona de humedales, ya que ponen en riesgo de inundación a las personas y la infraestructura.
3. Se deben analizar las necesidades y posibilidades de restauración de los humedales herbáceos y manglares de la zona.
4. Se debe mantener el régimen hídrico de los humedales para evitar inundaciones hacia zonas que antes no se inundaban.

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.
- Bird, E.C.F. 1996. *Coastal erosion and rising-sea-level*. En: Milliman, J.D., y Haq, B.U. (Eds.). *Sea-level rise and coastal subsidence*. Kluwer Academic Publishers, 87-103 pp.
- 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.
- Carranza González, E. 2002. *Rafflesiaceae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo 107. Instituto de Ecología, A. C. Pátzcuaro, Michoacán, 13 pp.
- Castillo, S., y Moreno-Casasola, P. 1996. *Coastal sand dune vegetation: an extreme case of species invasion*. Journal of Coastal Conservation, 2: 12-22.
- 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.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). Disponible en: www.coneval.gob.mx/Medicion/MP/Paginas/Medicion-de-la-pobreza-municipal-2010.aspx,
- Contreras, F., Castañeda, O., Torres-Alvarado, R., y Gutiérrez, F. 1996. *Nutrientes en 39 lagunas costeras mexicanas*. Revista de Biología Tropical, 44: 417-425.
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies (CITES). Disponible en: <http://checklist.cites.org/#/es>
- García-Franco, J.G. 1996. *Distribución de epífitas vasculares en matorrales costeros de Veracruz, México*. Acta Botánica Mexicana, 37:1-9.
- González-Marín, R.M., Moreno-Casasola, P., y Orellana, P. 2012. *Palm use and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, Mexico*. Environment, Development and Sustainability, 14: 541-555.
- Hernández, M.E., Marín-Muñiz, J.L., Moreno-Casasola, P., y Vázquez, V. 2015. *Comparing soil carbon pools and carbon gas fluxes in coastal forested wetlands and flooded grasslands in Veracruz, Mexico*. International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem services & Management, 11: 5-16.
- 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.
- International Union for Conservation of Nature (IUCN). Red list of threatened species. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/>
- Lithgow, D., Martínez, M.L., y Gallego-Fernández, J.B. 2015. *The "ReDune" 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., Vázquez-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.
- Marín-Muñiz, J.L., Hernández Alarcón, M.E., y Moreno-Casasola, P. 2011. *Secuestro de carbono en suelos de humedales costeros de agua dulce en Veracruz*. Tropical and subtro-

- pical Agroecosystems, 13:365-372.
- Marín-Muñiz, J.L., Hernández Alarcón, M.E., y Moreno-Casasola, P. 2014. *Comparing carbón sequestration in coastal freshwater wetlands with different geomorphic features and plant communities in Veracruz, Mexico*. Plant and Soil, 378: 189-203.
- Marín-Muñiz, J.L., Hernández Alarcón, M.E., y Moreno-Casasola, P. 2015. *Greenhouse gas emissions from coastal freshwater wetlands in Veracruz Mexico: Effect of plant community and seasonal dynamics*. Atmospheric Environment, 107:107-117.
- 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. Guadalajara, 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. 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.
- Nash, D.L., y Nee, M. 1984. *Verbena-ceae. Flora de Veracruz*. Fascículo 41. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz, 53 pp.
- Peralta-Peláez, L.A., y Moreno-Casasola, P. 2009. *Composición florística y diversidad de la vegetación de humedales en los lagos inter-dunarios 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.
- Robledo Ruíz, A. 2013. *Análisis de los servicios mitigación de impactos por tormentas y huracanes que proporcionan los humedales de Ciénega del Fuerte para Tecolutla, Veracruz*. Facultad de Ingeniería Química. Maestría en Ciencias Ambientales. Universidad Veracruzana. Xalapa. Ver, 42 pp.
- 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, C. R., Moreno-Casasola, P., Martínez, M.L., Mendoza, B. E., López-Portillo, J., Lithgow, D., Vázquez, H. G., Martínez, M. R. E., Monroy, I. R., Cáceres, P. J. I, Ramírez, H. A., Boy, T. M., 2017. Recomendaciones generales para el manejo de la zona costera. Disponible en:
- 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., Ruíz, 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.
- Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP). 2015. Resumen del estado de cultivos cíclicos y perennes. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp. Consultado el: 15/08/17
- Stockdon, H.F., Holman, R.A., Howd, P.A. y Sallenger, A.H. 2006. *Empirical parameterization of setup, swash, and runup*. *Coastal Engineering*, 53: 88-573.
- The Plant List, 2013 v.1.1 (www.theplantlist.org).
- 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.
- 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, 383-358 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 JO84. CONABIO. Instituto de Ecología, UNAM.
- Villarreal J.A., Villaseñor J.L. y Medina R. 2008. *Compositae*. Tribu Heleneae. 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., Martinelli L., Bagli S., Galiatsotou P., y Eftimova P. 2014. *Flood and erosion at open beaches in a changing climate*. *Coastal Engineering*, 76-50 :87.

El municipio de Tecolutla 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 (54 km) y 5 km de ancho; se encuentran 111 poblaciones rurales y una localidad urbana.

La costa de Tecolutla se encuentra estable con tendencia a la acreción y con zonas puntuales de erosión (Ej. La playa de la cabecera municipal). El municipio cuenta con grandes extensiones de dunas que pertenecen al sistema Tecolutla-Vega de Alatorre. La vegetación de la zona costera se encuentra fragmentada aunque aún se conservan manglares, humedales herbáceos, vegetación de dunas costeras así como fragmentos de selva inundable, selva baja y selva mediana.

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: 978-607-7579-94-6

