

LA ZONA COSTERA DEL MUNICIPIO

AGUA DULCE, VERACRUZ

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



LA ZONA COSTERA DEL MUNICIPIO

AGUA DULCE, VERACRUZ

Primera Edición 2024

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

ISBN: 978-607-8833-23-8

DOI: <https://doi.org/10.21829/978-607-8833-23-8>

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

Mayo, 2024

LA ZONA COSTERA DEL MUNICIPIO AGUA DULCE, VERACRUZ

ISBN: 978-607-8833-23-8

Autores:

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

Autores de correspondencia por tema:

Caracterización del medio físico:

Rodolfo Silva - rsilvac@iingen.unam.mx

Dunas costeras:

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

Manglares:

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

Humedales:

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

Lagunas costeras:

Gabriela Vázquez - gabriela.vazquez@inecol.mx

Publicación en línea:

<https://doi.org/10.21829/978-607-8833-23-8>

Forma sugerida de citar este libro:

Silva R, Chávez V, Jiménez-Orocio O, Martínez ML, Cruz C, Vázquez G, López-Portillo J, Moreno-Casasola P, Mendoza-González G, García-Franco JG, Castillo-Campos G, Lithgow D. 2024. *La zona costera del municipio Agua Dulce, Veracruz*. INECOL, Veracruz, 60 pp.

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

En portada: Playa Las Palmitas. Fotografía: Oscar Jiménez-Orocio

Diseño: Vinisa Romero - vinisadrive@gmail.com

Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT)

Dra. María Elena Álvarez-Buylla Roces

Directora General de CONAHCYT

Dr. José Alejandro Díaz Méndez

Unidad de Articulación Sectorial y Regional, CONAHCYT



Instituto de Ecología, A.C. (INECOL)

Dr. Héctor Armando Contreras Hernández

Director General, INECOL

Dr. Gerardo Mata Montes de Oca

Secretario Académico, INECOL

Dr. Oscar Luis Briones Villareal

Secretario de Posgrado, INECOL

Dra. Betsabé Ruiz Guerra

Secretaria Técnica, INECOL

Dra. Indra Morandín Ahuerma

Directora de Administración, INECOL



Secretaría de Protección Civil de Veracruz de Ignacio de la Llave

Ing. Cuitláhuac García Jiménez

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

Dra. Guadalupe Osorno Maldonado

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

Lic. Alma Angélica Fuertes Jara

Directora General de Prevención de Riesgo de Desastres

Dr. Saúl Miranda Alonso

*Subdirector de Estudios y Pronósticos Meteorológicos
Coordinador del Proyecto*

Actualización

Enero, 2024



PC

Secretaría de
Protección Civil



PROTECCIÓN CIVIL
VERACRUZ

CONTENIDO

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

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

PÁG. 17 **CAPÍTULO 2. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO**

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

PÁG. 32 **CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA BIÓTICO**

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

PÁG. 47 **CAPÍTULO 4. CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y PRESERVACIÓN DE ECOSISTEMAS COSTEROS**

- Playas y dunas costeras
- Manglares y otros humedales
- Lagunas costeras y esteros

PÁG. 50 **CAPÍTULO 5. DIAGNÓSTICO Y ZONIFICACIÓN**

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

PÁG. 57 **BIBLIOGRAFÍA**

Capítulo 1.

ASPECTOS GENERALES

CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA

El municipio de Agua Dulce se localiza entre las coordenadas 18° 12' 50.25" N y 17° 57' 57.76" S de latitud; y -94° 16' 56.74" O y -94° 03' 41.04" E de longitud (Figura 1). Limita al norte con el Golfo de México, al sur con el municipio de Las

Choapas, al oeste con los municipios de Coatzacoalcos y Moloacán, y al este con el Estado de Tabasco. La superficie del municipio es de 372 km², lo que representa el 0.47 % del total de la superficie del estado. El litoral de Agua Dulce suma alrededor de 12.24 km de línea de costa abierta, 1.66 % del total del estado; el municipio ocupa el lugar 22 en litoral costero para el estado.

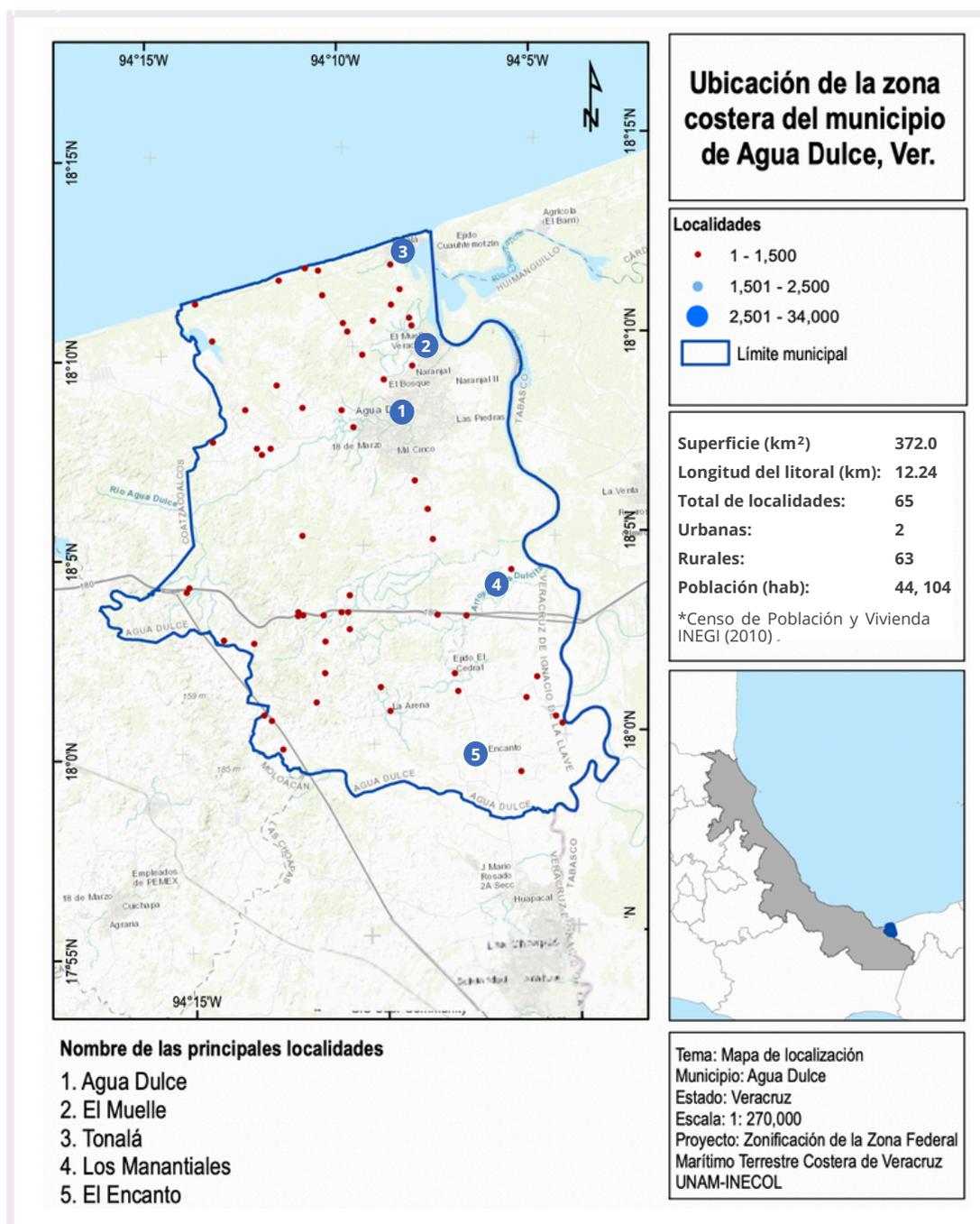


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Agua Dulce, Veracruz.

POBLACIÓN, GRADO DE MARGINACIÓN, VIVIENDAS

El municipio de Agua Dulce cuenta con 65 localidades que en conjunto albergan 44,104 habitantes (INEGI, 2020). Las principales localidades son: Agua Dulce (cabecera municipal), El Muelle, Tonalá, Los Manantiales y Ejido El Encanto. La densidad poblacional del municipio es de 118.6 hab/km² (Figura 1). De acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), para el 2020 el índice de marginación fue de -56.5, considerado como “Bajo” grado de marginación; con baja cohesión social (Índice de GINI de 0.358). Según los indicadores de

pobreza (CONEVAL, 2020) el municipio presenta un índice de pobreza de 52.9, por encima de la media nacional (43.9), y por debajo de la media estatal (60.8); porcentaje medio de pobreza extrema (9.2 %) y rezago educativo del 20.4 %. El 59.9 % de la población tiene ingresos inferiores a la línea de bienestar, el 26.2 % presenta al menos tres carencias (salud, alimentación y vivienda), el 23.2 % carece de acceso a una alimentación adecuada y suficiente y el 76.8 % tiene al menos una carencia. El 22.9 % de la población carece de servicios de salud, y el 57.9 % carece de acceso a seguridad social (Figura 2). El 5.3 % de la población mayor de 14 años es analfabeta.

Indicadores seleccionados de pobreza en Agua Dulce, Ver. 2020

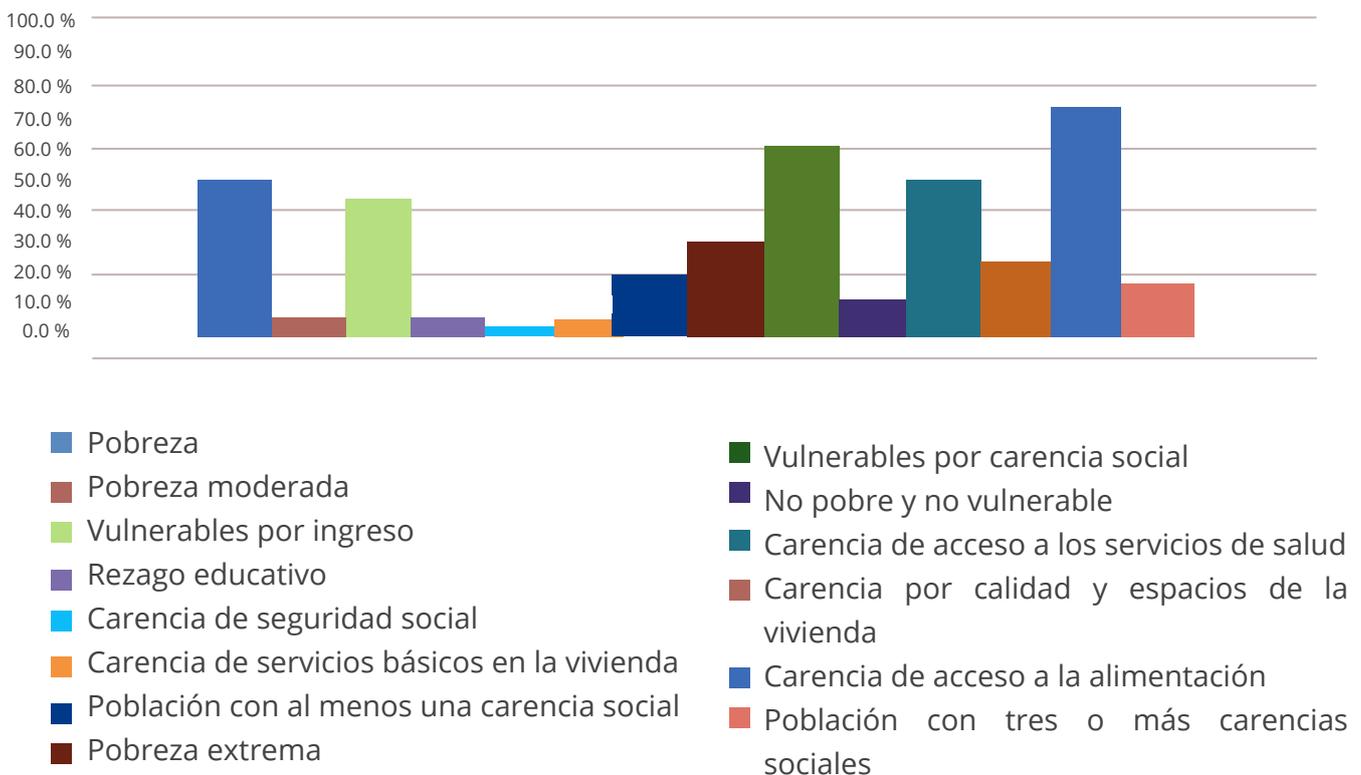


Figura 2. Indicadores de desempeño municipal (Modificado de CONEVAL, 2020).

POBLACIONES RURALES Y URBANAS EN LA ZONA COSTERA

El municipio de Agua Dulce alberga 65 localidades; dos son consideradas como urbanas ya que tienen más de 2,500 habitantes. De las anteriores, la ciudad de Agua Dulce es el mayor centro de población (con 33,986 habitantes), seguida por El Muelle (3,478). Las 63 localidades restantes están catalogadas como rurales, ya que cuentan con menos de 2,500 habitantes. De estas últimas, Tonalá cuenta con 2,081 habitantes; tres localidades tienen entre 500 y 1,000 habitantes, diez tienen entre 100 y 500 habitantes; y las 49 restantes, corresponden a localidades rurales de menos de 100 habitantes (Figura 1).

La franja costera del municipio de Agua Dulce ocupa el 15.4 % del territorio municipal. En esta franja se encuentran 18 localidades.

En la zona inmediata a la línea de costa, hasta los 500 m tierra adentro, se encuentran cinco localidades (2,296 habitantes). Entre los 500 y 1,000 m de distancia a la línea de costa se localiza una localidad (con cuatro habitantes). Después de los 1,000 m y hasta los 5,000 se encuentran 13 localidades (3,859 habitantes). A excepción de El Muelle, todas las localidades ubicadas en la franja costera son rurales. En total, en la franja costera habitan 6,158 personas (14 % del total de la población del municipio) (Cuadro 1). De todas las localidades del municipio, solo Tonalá podría ser considerada estrictamente costera, ya que su economía deriva de actividades pesqueras (Figura 3).

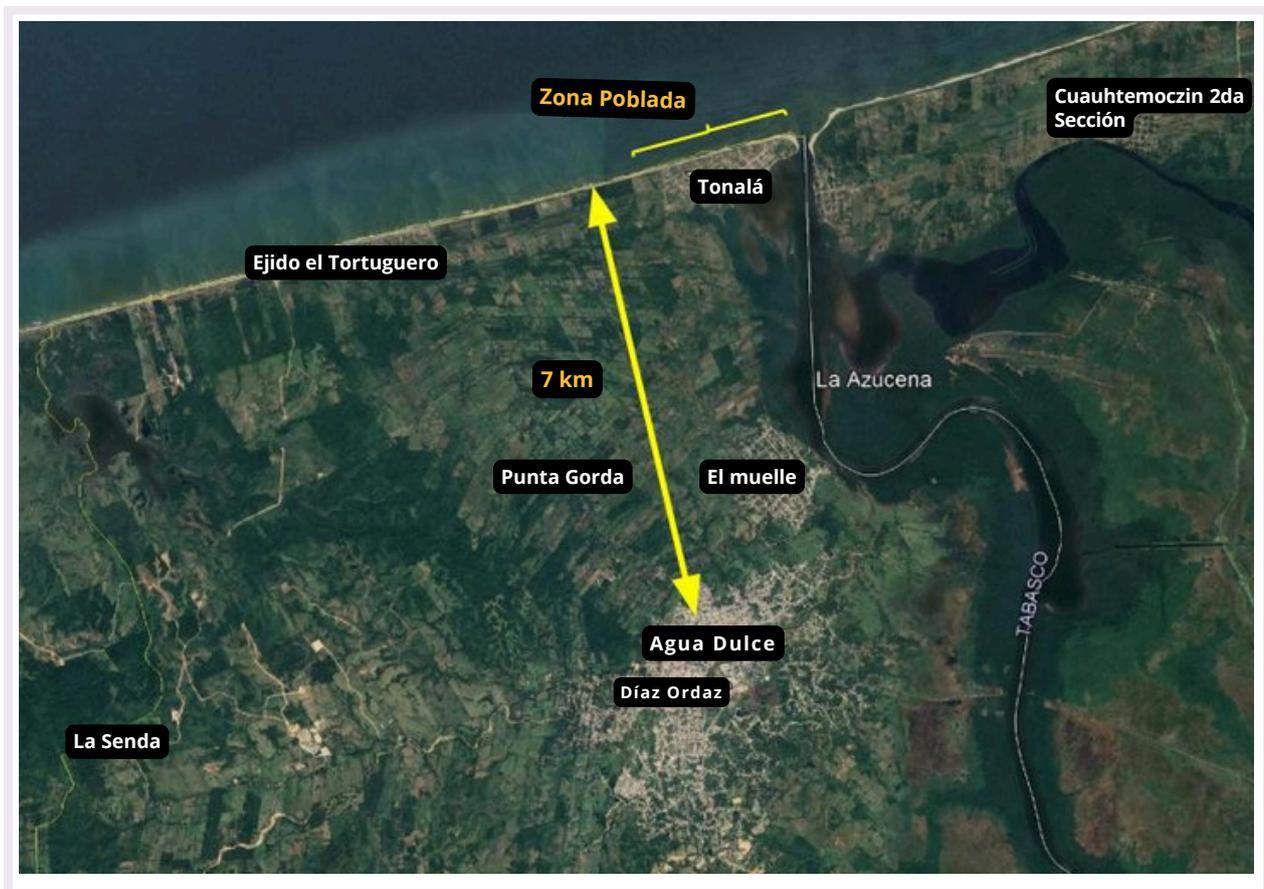


Figura 3. Ubicación del centro de población de Agua Dulce y su cercanía a la línea de costa. La localidad más costera es Tonalá.

Cuadro 1. Localidades ubicadas en la franja costera.

Distancia a la línea de costa					
0 a 500 m		de 501 a 1000 m		de 1001 a 5000 m	
Nombre de Localidad	Población	Nombre de Localidad	Población	Nombre de Localidad	Población
Tonalá	2081			El Muelle	3,478
Ejido el Tortuguero	192			Punta Gorda	158
Las Palmitas	17			El Pueblito	93
El Padrino	5			Ramón Pablo (Ejido Tonalá)	81
Abraham Rivera	1			La Lomita	19
				El Mamey	12
				Los Sáinz	6
				La Divina Providencia	5
				Comepoco	3
				El Barrial	1
				La Providencia	1
				Ruta del Mar	1
				San José	1
<i>No. de localidades</i>	5				13
<i>Total población</i>	2,296				3,859



ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

Agricultura:

La superficie sembrada en el municipio es de 2,414.2 hectáreas (aproximadamente 24 km²) que corresponden al 6.8 % del total de la superficie municipal. El principal tipo de cultivo cosechado es el maíz en grano (1,512 ha) con un valor de producción de alrededor de 16 millones de pesos. También, el municipio cuenta con 780 ha de superficie sembrada con cocotales para el aprovechamiento de copra para producir jabones y velas, entre otros, el cual asciende a 819 toneladas de producción con un valor en el mercado de 4.1 millones de pesos. Además, se siembra, aunque en menor medida, frijol (59 ha), naranja (35.7 ha) y limón (27.5 ha) que en conjunto reportan 2.3 millones de pesos (SADER, 2021).

Ganadería:

La superficie destinada para el cultivo de pastizales, asociado con la actividad ganadera, es el 58.7 % del total del municipio. El principal tipo de producción ganadera en el municipio es la producción de aves de corral con una producción neta de 99,723.8 ton que tiene un valor en el mercado de 2,607.3 millones de pesos anuales. Otro tipo de ganado producido es el bovino con 1,532.3 ton, seguido de la producción porcina (529 ton) y la producción de ganado ovino (140.1 ton). El valor de la producción ganadera (bovino, porcino y ovino) es de 106.1 millones de pesos anuales, de los cuales el 80.2 % de este tipo de ganadería corresponden a la producción de bovinos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción ganadera del municipio de Agua Dulce, Ver. Datos de SAGARPA (2014).

	Prod. (Ton o miles de litros)	Prod. en pie (Ton)	Precio prom. (\$/kg)	Precio promedio en pie (\$/kg)	Valor de la producción (Miles \$)	Valor de la prod. en pie (Miles \$)	Peso promedio en canal (kg)	Peso promedio en pie (kg)	Número de Cabezas
Bovino-Carne	810.7	1,532.3	74.8	35.7	60,627.7	54,620.2	238.6	450.6	3,398
Bovino-Leche	4,093.6	0	6.0	0	24,456.5	0	0	0	0
Porcino-Carne	403.0	529.0	39.5	24.4	15,927.8	12,935.2	84.5	110.9	4,771
Ovino-Carne	72.0	140.6	70.7	32.6	5,090.4	4,582.2	20.7	40.4	3,475
Ave-Carne	76,002.7	99,723.8	34.3	24.8	2,607,285.2	2,473,640.8	2.1	2.7	37,096,088
Guajolote-Carne	26.0	35.1	88	55.6	2,290.5	1,953.6	5.2	7.1	4,966
Ave-Huevo	8.6	0	27.4	0	235.2	0	0	0	0
TOTAL	81,416.7	101,960.7	340.7	173.2	2,715,913.4	2,547,731.9	351.1	612.0	37,112,698

Servicios y turismo: De acuerdo con el Denue, en 2018 el municipio contaba con 214 registros de establecimientos de servicios de preparación de comida y 12 de hospedaje. El origen de los turistas que visitan el municipio es desconocido, sin embargo, datos de la prensa local indican que la mayoría de los turistas son de origen local y regional. El turismo en el municipio es de temporada, principalmente en primavera (semana Santa) y verano. Agua Dulce no cuenta con infraestructura costera ni desarrollos turísticos costeros de gran magnitud. Los prestadores de servicios turísticos se dedican principalmente al servicio de comida (antojitos) en “palapas” en playa Las Palmitas (ubicada a 7 km de la cabecera municipal), playa Tortuguero y Río Tonalá. En esta última localidad sí se encuentran establecimientos permanentes de servicio de comida, al margen del río, y otros servicios como renta y/o paseos en lanchas o para cruzar al vecino estado de Tabasco.



■ Capítulo 2.

CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO

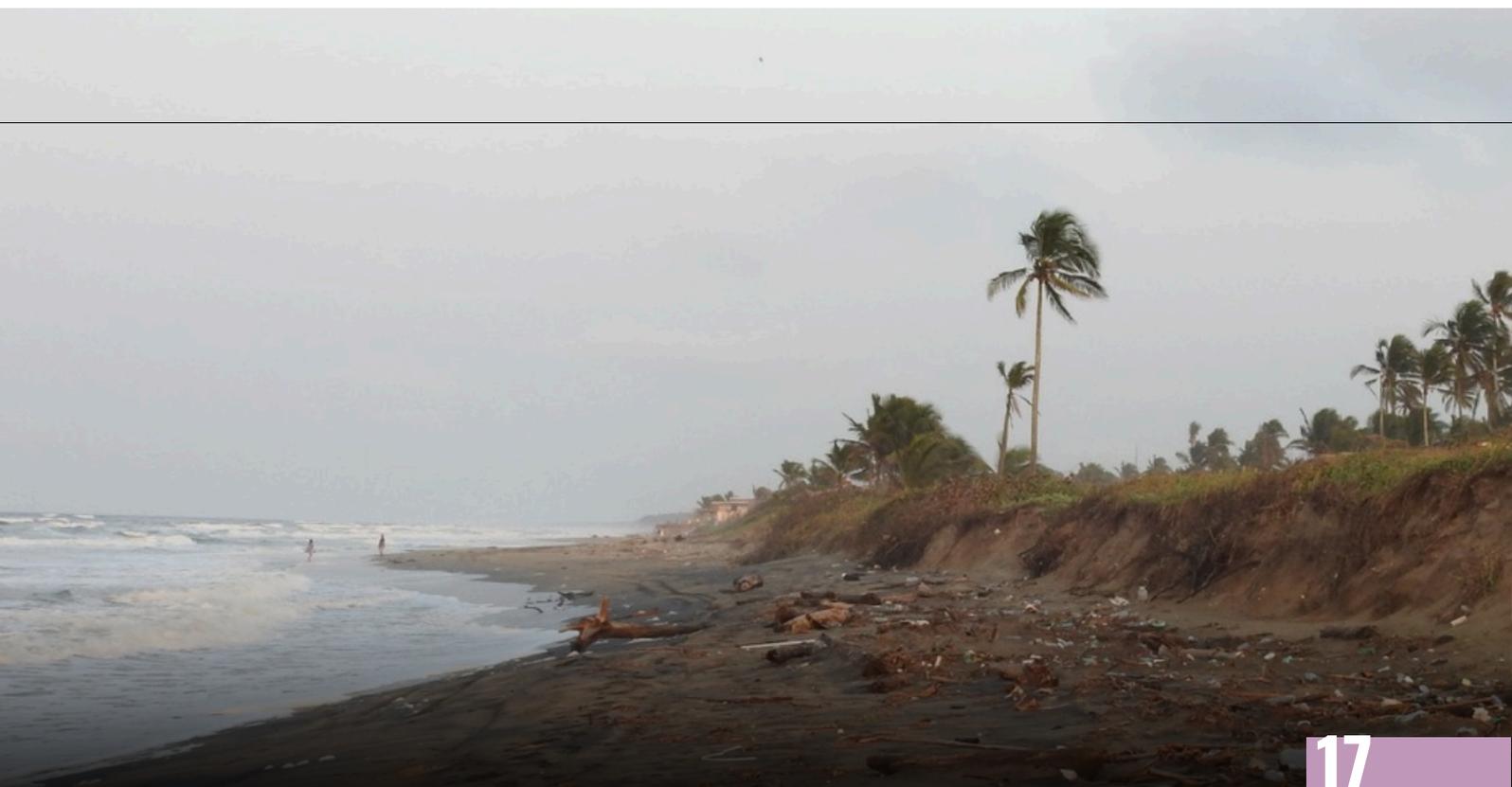
■ DINÁMICA MARINA

A partir del re-análisis de la base de datos de viento y oleaje (1948-2010) realizado por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (Silva *et al.* 2008; Ruiz *et al.* 2009), en la Figura 4 se muestran las rosas de viento y oleaje en periodos anuales y estacionales. Las columnas representan las velocidades de viento de todo el registro (V), alturas de ola considerando todo el registro (H), alturas de ola que superaron el umbral de los 5 m (H extremal) y periodos de oleaje de todo el registro (T). Las filas de arriba a abajo muestran las rosas correspondientes al análisis: anual, invierno (enero-marzo), primavera (abril-junio), verano (julio-septiembre) y otoño (octubre-diciembre). Cabe señalar que la base de datos

utilizada contiene información de clima marítimo espaciada una hora desde el primero de enero de 1949 al 31 de diciembre de 2010.

En orden de importancia, a lo largo del año, los vientos más persistentes provienen de los sectores: noreste, nor noreste, este noreste y norte. En menor medida, los vientos provienen de los sectores este, este sureste y sur sureste. Durante los meses correspondientes al otoño e invierno, se presentan los vientos más intensos provenientes de los sectores norte y nor noreste. En los meses correspondientes a la primavera es cuando se presentan los episodios menos intensos de todo el año.

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



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

De acuerdo con los datos publicados por la Secretaría de Marina, los dos mareógrafos más próximos a Agua Dulce están localizados en Coatzacoalcos, Veracruz (94° 25' 09" O, 18° 07' 32" N) y Dos Bocas, Tabasco (93°11'20" O, 25°25'58" N). Aplicando una interpolación lineal, los valores de los planos de marea para Agua Dulce se presentan en el Cuadro 3.

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

Pleamar Máxima Registrada	1.28
Nivel de Pleamar Media Superior	0.43
Nivel de Pleamar Media	0.40
Nivel Medio del Mar	0.29
Nivel de Bajamar Media	0.14
Nivel de Bajamar Media Inferior	0.00
Bajamar Mínima Registrada	-0.54

Para la determinación de los niveles de sobreelevación por viento, se utilizó la base de datos del Atlas de Clima Marítimo de la Vertiente Atlántica Mexicana (Silva *et al.* 2008).

Las sobreelevaciones por viento se calcularon de acuerdo con Bautista *et al.* (2003), Posada *et al.* (2011) y Trifonova *et al.* (2014), por gradiente de presión atmosférica se utilizó la metodología de Silva *et al.* (2002) y Ruiz *et al.* (2009), alcance máximo por el ascenso de las olas (*runup*) empleando las relaciones propuestas por Stockdon *et al.* (2006).

Para la estimación de los niveles de inundación asociados a diferentes periodos de retorno se emplearon las metodologías descritas en Silva (2005) y Villatoro *et al.* (2014). Los resultados se presentan en el Cuadro 4.

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

Periodo de retorno en años	Sobreelevación por viento	Sobreelevación por presiones atmosféricas	Alcance máximo del oleaje
2	0.04	0.09	1.17
5	0.07	0.21	1.28
10	0.10	0.30	1.39
15	0.11	0.31	1.45
20	0.12	0.32	1.48
25	0.13	0.34	1.50
30	0.12	0.33	1.51
40	0.13	0.34	1.53
50	0.13	0.35	1.55
100	0.15	0.38	1.61

Municipio Agua Dulce (94.50°W, 18.75°N)

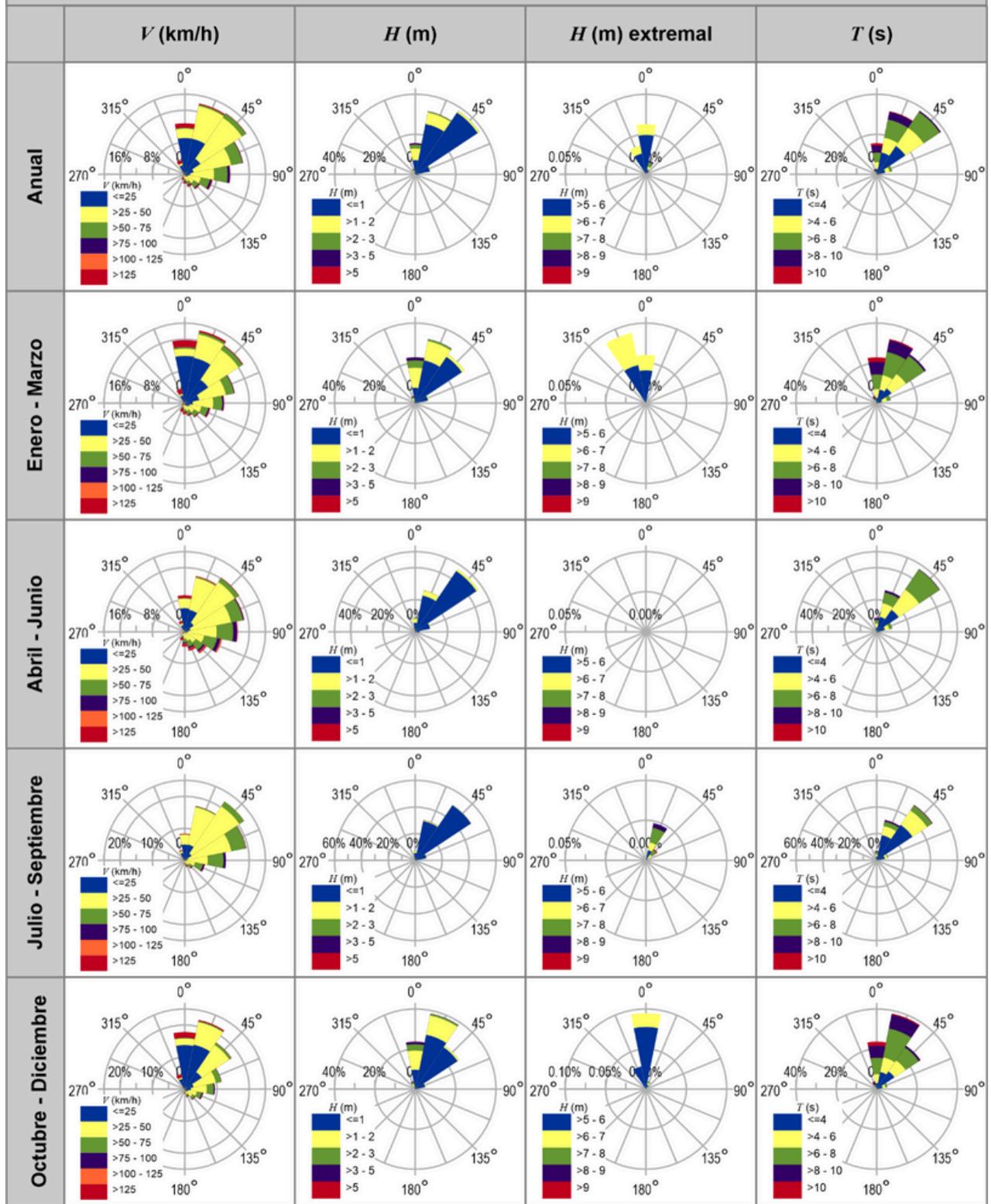


Figura 4. Rosas de viento y oleaje anual y estacional.

CARACTERÍSTICAS DE LA COSTA

El municipio de Agua Dulce tiene una elevación promedio de 13.9 m s.n.m. y las mayores elevaciones se encuentran en la zona central alcanzando los 49.7 m s.n.m. (franja de 7 km) (Figura 5),

correspondiente al perfil 9 (Figura 7a- 7b). 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 arena que se ha acumulado en la zona para formar dunas (Figura 5, 7a).

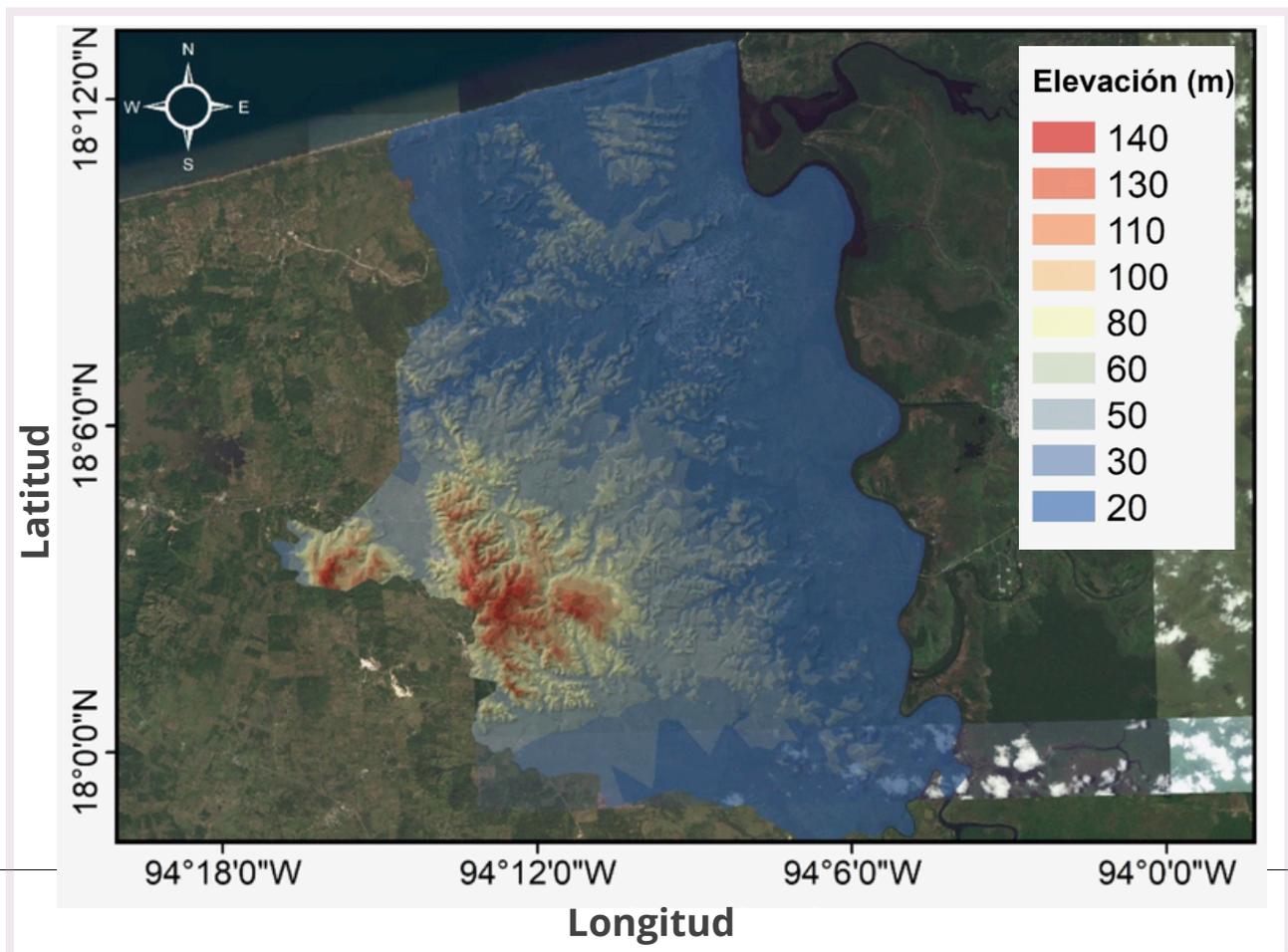


Figura 5. Relieve del terreno en el municipio de Agua Dulce. Se muestran las mayores elevaciones en color rojo y las zonas más bajas en azul.



Agua Dulce es parte de una celda litoral (Figura 6), limita al oeste con la estructura de la desembocadura del río Coatzacoalcos y al sur con la desembocadura del río Tonalá, con una longitud lineal de su litoral de 12.24 km dentro del municipio. El transporte de sedimentos reinante y dominante se da de este a oeste y su equilibrio dinámico se ha conservado. Este segmento de playa es abierta o acumulativa con una orientación oeste-este. Su fuente de sedimentos proviene del río Tonalá,

que sirve como división entre Veracruz y Tabasco. El escurrimiento medio anual de este río se estima en 5,875 millones de metros cúbicos, con una boca aproximada de 100 m de ancho (UV, 1986). SEDESOL (2011), menciona que en la zona costera de Agua Dulce se forman cabos arenosos formados por el depósito de sedimentos del río Tonalá, funcionando como reserva para sus playas. Así mismo, se forman dunas costeras por la acción del viento, las cuales están cubiertas por vegetación total o parcialmente, por lo que la arena tiene un movimiento limitado.

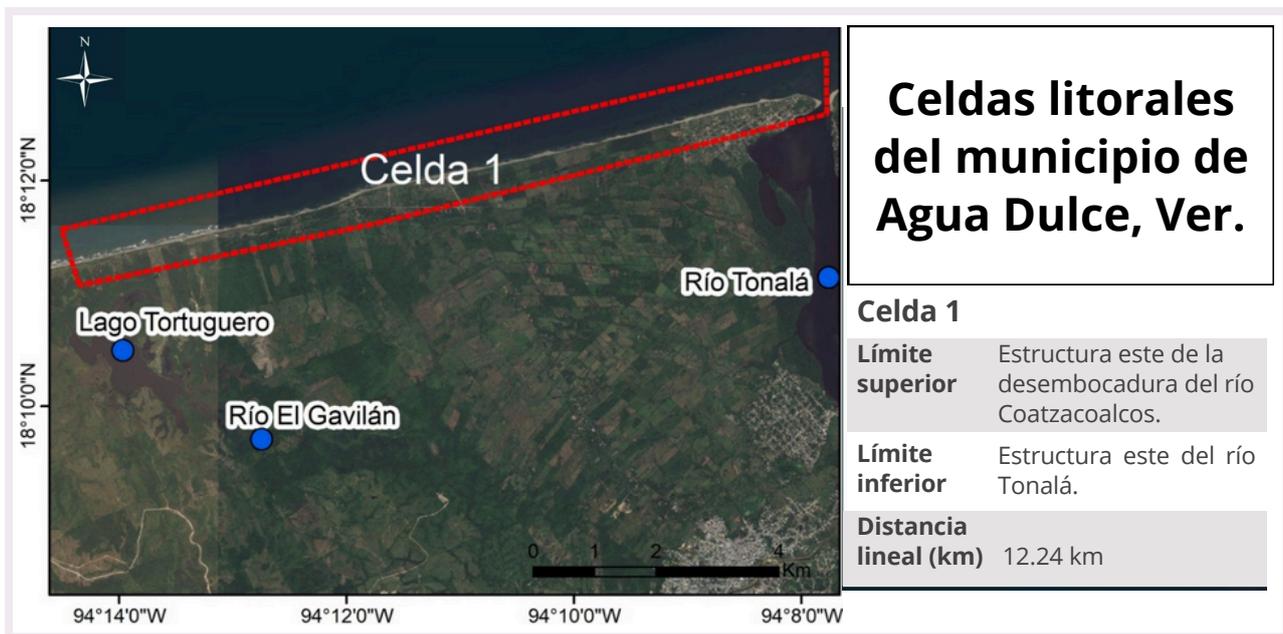
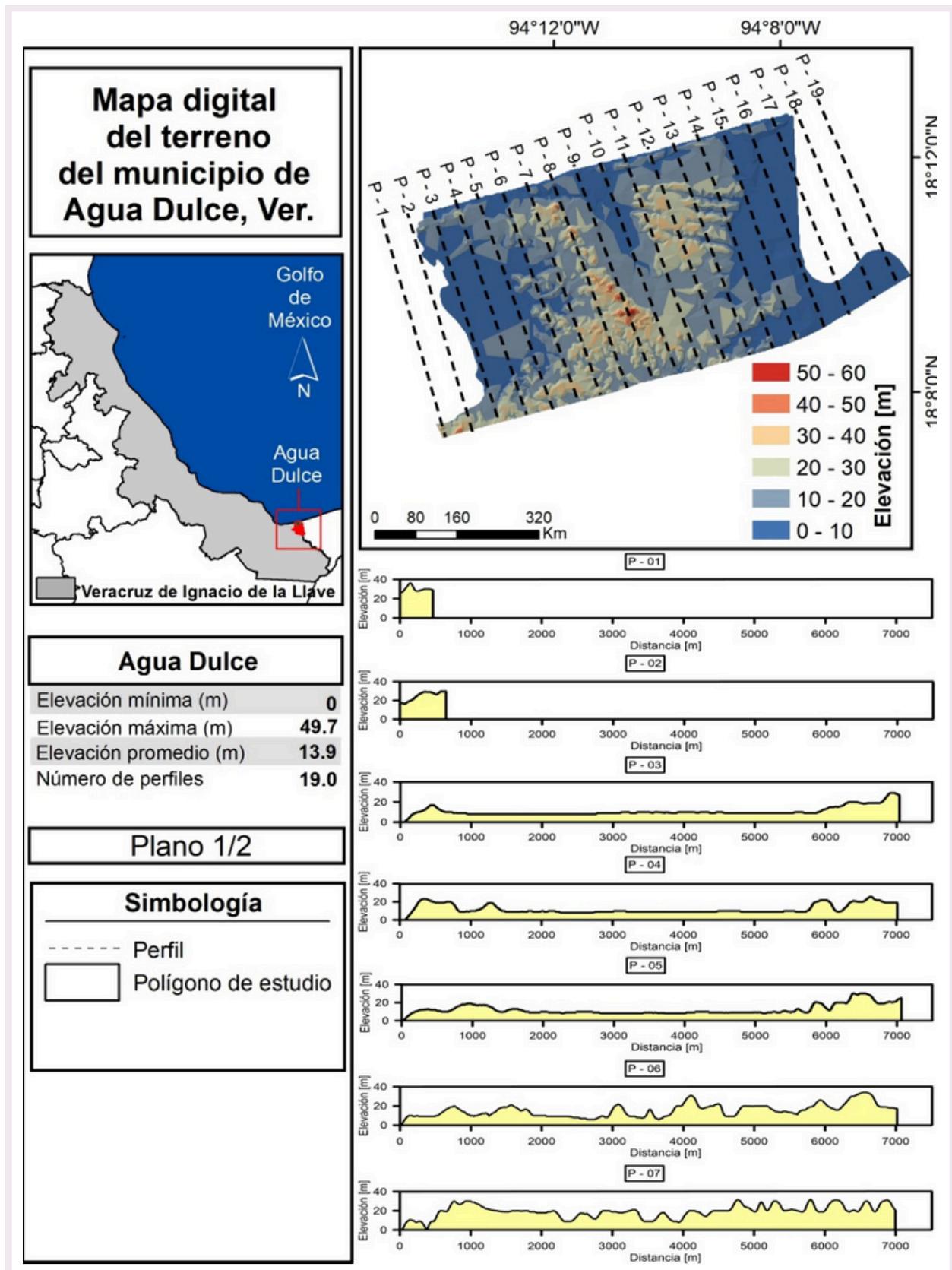


Figura 6. Celdas litorales del municipio de Agua Dulce. La línea roja indica el tramo de costa analizado.





Elevación [m]
P - 01

Elevación [m]
P - 02

Elevación [m]
P - 03

Elevación [m]
P - 04

Elevación [m]
P - 05

Elevación [m]
P - 06

Elevación [m]
P - 07

Figura 7a. Mapa digital del terreno y perfiles del terreno (1 a 17) que abarcan el sistema de dunas y parte de la zona plana que lo bordea hacia tierra adentro. La distancia es referente a la longitud de los perfiles.

Mapa digital del terreno del municipio de Agua Dulce, Ver.



Agua Dulce

Elevación mínima (m)	0
Elevación máxima (m)	49.7
Elevación promedio (m)	13.9
Número de perfiles	19.0

Plano 2/2

Simbología

- Perfil
- Polígono de estudio

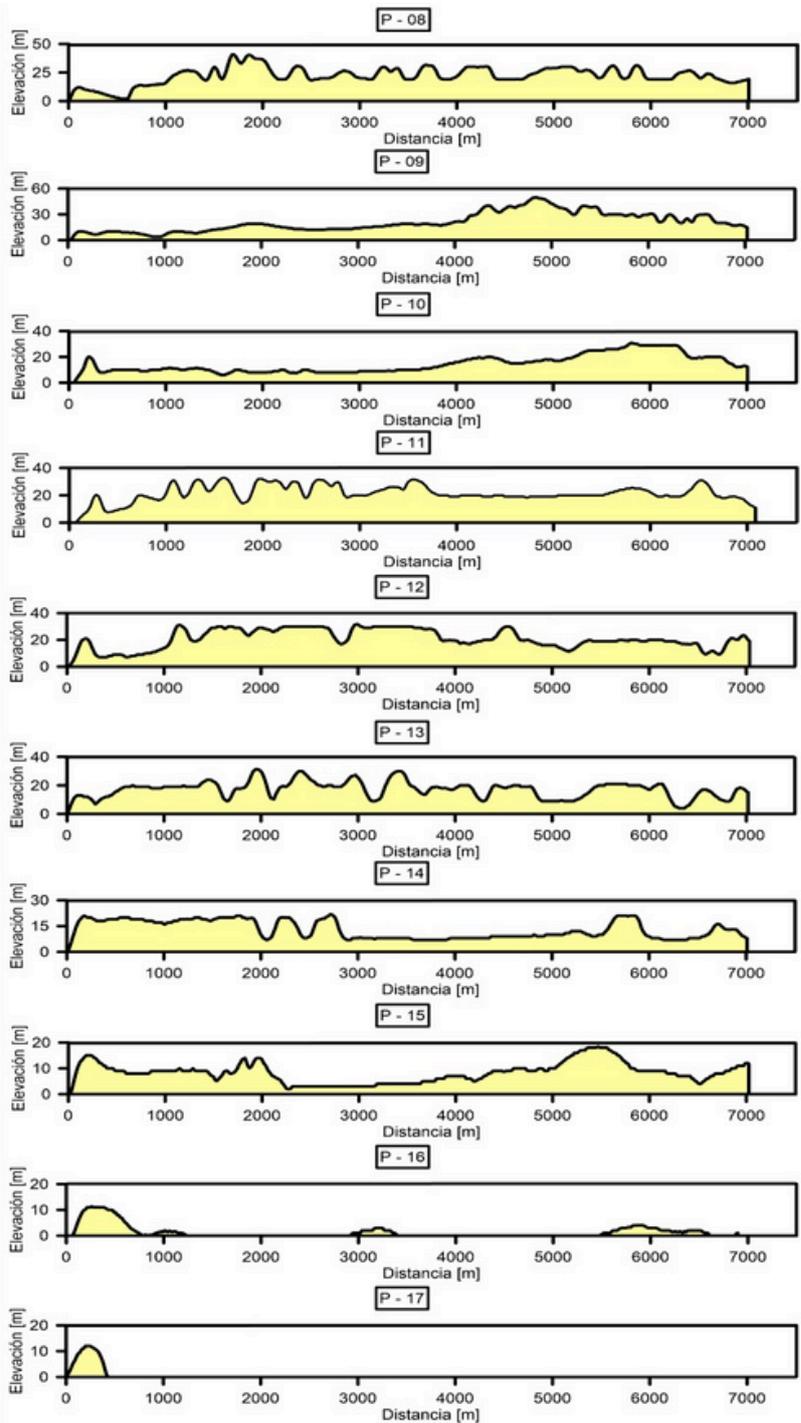


Figura 7b. Perfiles del terreno (8 al 17) que abarcan el sistema de dunas y parte de la zona plana que lo bordea hacia tierra adentro. La distancia representa la distancia desde el límite marcado en tierra.

En total, la línea de costa cubre una distancia de 12.24 km. Para caracterizar las arenas de las playas de Agua Dulce se tomaron muestras de sedimentos a lo largo del perfil de playa (Figura 8) siguiendo el esquema mostrado en la Figura 9. La zona de sotavento corresponde a la parte posterior de la duna, y se encuentra protegida del embate directo de los vientos que chocan con la duna. La cima es la porción superior de la duna. El barlovento es la parte frontal de la duna y recibe el

impacto directo del viento. La playa seca es la porción del perfil de playa que en condiciones de calma permanece sin la influencia de los agentes marinos. La zona de lavado es la porción del perfil de playa en la que ocurre el ascenso y descenso de los movimientos oscilatorios del oleaje. El surco se encuentra en la sección sumergida del perfil junto antes de presentarse la barra del perfil, la cual ofrece las condiciones someras para la rotura y disipación de la energía del oleaje.

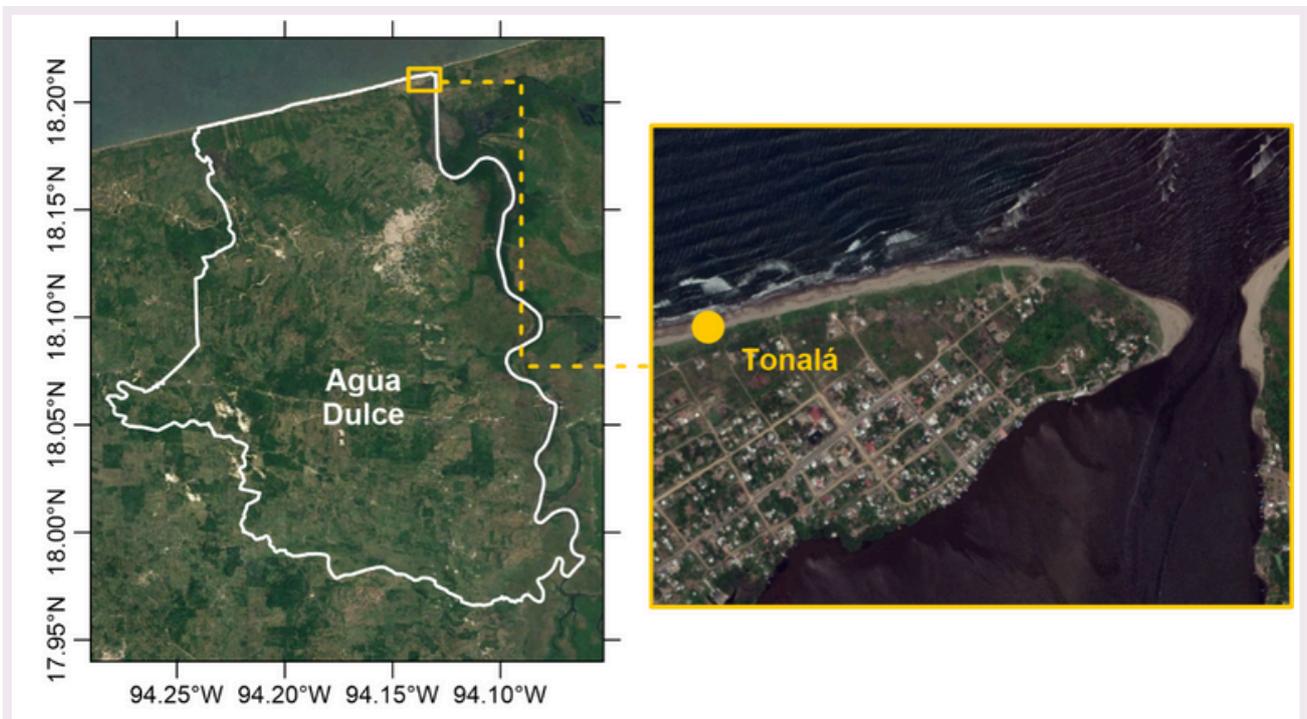


Figura 8. Localización de los sitios de muestreo de arenas.

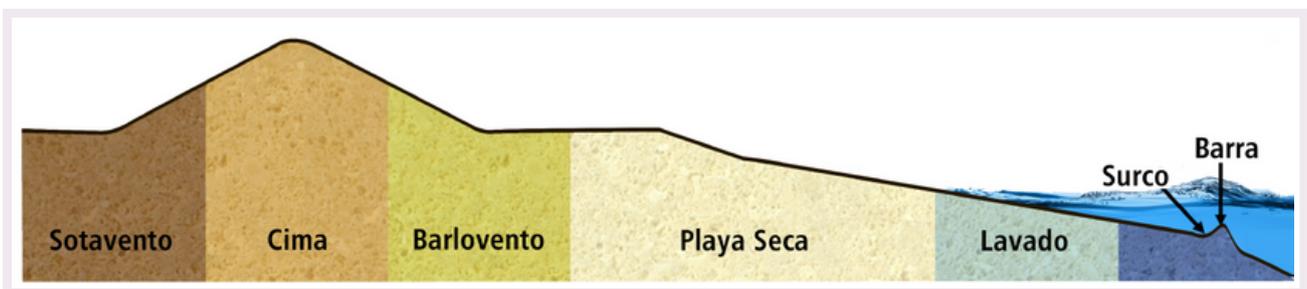


Figura 9. Zonas del perfil de playa consideradas en el muestreo de sedimentos.

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

La playa de Tonalá presenta arenas

medias en la parte sumergida y en la playa seca. La duna varía de arenas medias (barlovento) a finas (cima y sotavento). Los valores de redondez y esfericidad altos, lo cual revela que las partículas se encuentran bien redondeadas y esféricas. Las características geométricas del sedimento indican oleaje energético. Como en cualquier tipo de playa disipativa (con taludes suaves), los sedimentos más finos se acumulan en la playa seca, cima y sotavento de las dunas.

Cuadro 5. Parámetros geométricos medios y densidad de las arenas en las playas.

Zona	Diámetro D50 (mm)	Redondez (Symm)	Esfericidad (SPHT)	Densidad (g/cm ³)
Barra	-	-	-	-
Surco	0.327	0.880	0.836	2.452
Lavado	0.375	0.868	0.811	2.485
Playa Seca	0.288	0.885	0.849	2.487
Barlovento	0.257	0.886	0.855	2.468
Cima	0.213	0.876	0.852	1.678
Sotavento	0.223	0.882	0.856	2.169



Notas en cuanto al sedimento

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

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

3. Cuando se trata de partículas en suspensión, la forma (superficie de las partículas) de los granos debe ser visto desde otro ángulo. Una esfera tiene el mayor volumen relativo con el área de superficie más pequeña y, por lo tanto, tiene una velocidad de sedimentación mayor que cualquier otra forma del mismo volumen y densidad. Progresivamente, entre más diferente sea la forma a la de una esfera significa un aumento progresivo de la superficie sin cambio de volumen y, por lo tanto, también una disminución de la velocidad de sedimentación del sólido. Las partículas menos esféricas son las que tienen una mayor capacidad de estar en suspensión.

4. Un sólido puede poseer un grado máximo de redondez en sus aristas sin tener la forma de una esfera, o tener un alto grado de esfericidad y no redondez cuando las aristas son muy agudas. Es decir, la esfericidad es independiente de la redondez y mide que tan esférica 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.

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

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



En cuanto a los escurrimientos, el principal río es el Tonalá, pero también tiene presencia el río El Gavilán. Los ríos Agua Dulce y el Burro (territorio veracruzano), Zanapa, Blasillo y Chocozapote (territorio tabasqueño) son afluentes del río Tonalá, siendo el río Zanapa el más importante (Figura 10). El río Tonalá con dirección noroeste principalmente, nace con el nombre de río Pedregal y en su curso superior es llamado río Tancochapa. La longitud total de su cauce es de 150 km y forma algunas lagunas cerca de su desembocadura (Florescano y Ortiz, 2010). En la zona costera de este municipio también se ubica la laguna El Tortuguero que tiene comunicación con esteros ubicados a su alrededor. Esta laguna conecta con el mar

y tiene una superficie de 1.2 km² (SEMARNAT, 2020).

Dentro del municipio de Agua Dulce, se localiza una estación climatológica (30005), la cual se encuentra suspendida, de acuerdo con la Información Estadística Climatológica de la CONAGUA. Por otro lado, según el Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS), en el municipio no existen estaciones hidrométricas. El clima de este municipio corresponde a un cálido húmedo con abundantes lluvias en verano. El intervalo de precipitación es de 2000 - 2500 mm, y el de temperatura de 25 - 27 °C, según el Sistema de Información Municipal del Gobierno del Estado de Veracruz (2019).



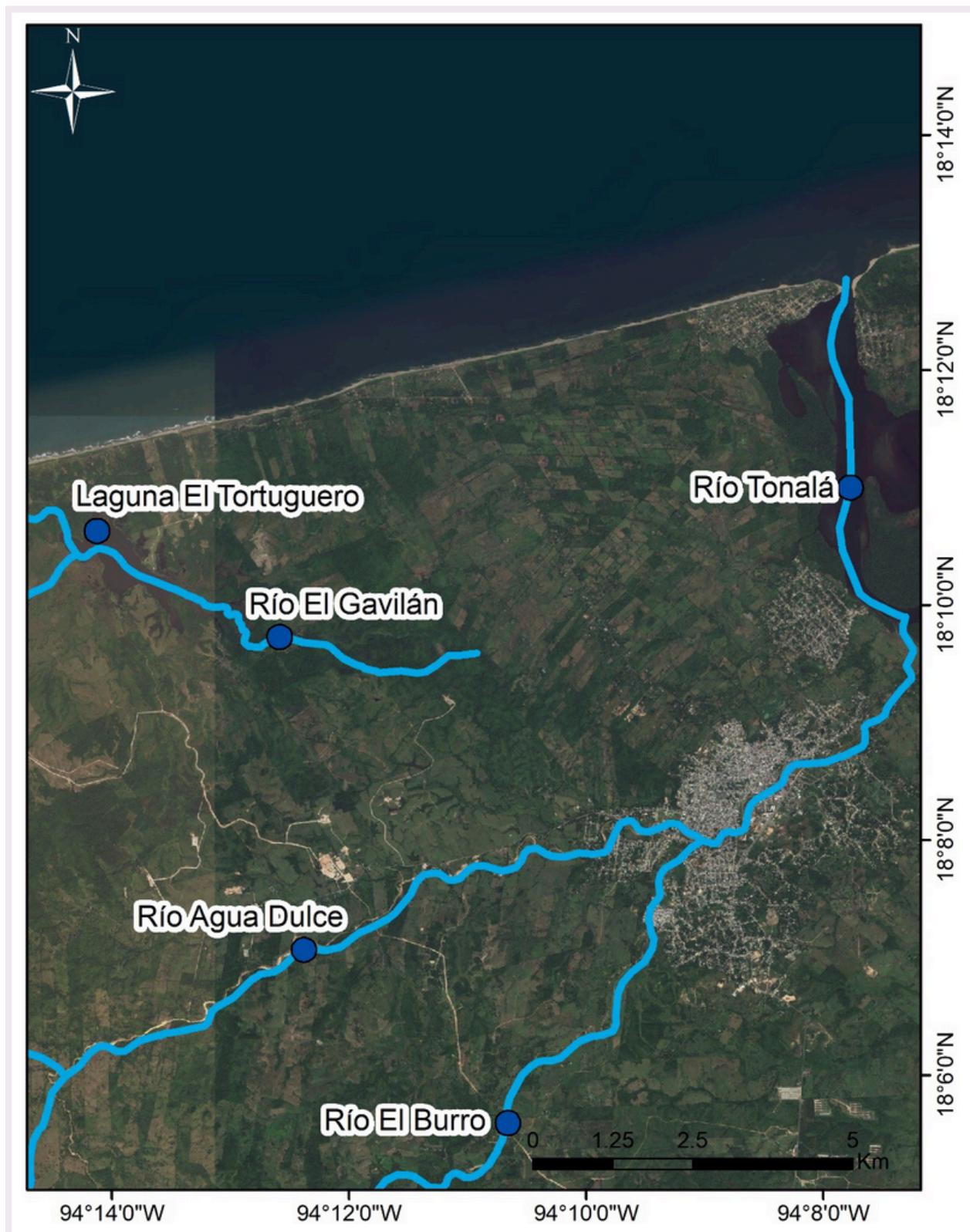


Figura 10. Ríos perennes e intermitentes del municipio de Agua Dulce.

INFRAESTRUCTURA Y ALTERACIONES EN LAS FUENTES DE SEDIMENTO

En este municipio no hay presas con influencia en la zona costera y no se detectó la existencia de obras civiles sobre la costa. Florescano y Ortiz (2010), mencionan que a pesar de la importancia del río Tonalá, no existe ninguna obra hidráulica para aprovechar los recursos hídricos.

A lo largo de la costa, el transporte predominante de sedimentos es de tipo longitudinal con dirección de este hacia el oeste (Figura 7). En todas las playas de este municipio con orientación oeste-este, se presenta una alimentación de arena hacia los sistemas dunares inducido por el efecto combinado de deposición sedimentaria en la zona de lavado por el oleaje; cuando la marea baja, el sol seca los sedimentos y es entonces que inicia el transporte de las arenas por el efecto del viento. Este material sedimentario viaja tierra adentro, una proporción importante de él queda atrapado en la vegetación y se fija por el efecto de esta. El sedimento que no queda atrapado es capaz de viajar hacia el oeste y alimenta

otras playas, reingresando de nuevo al sistema de transporte de sedimentos marítimo-costero. El posible déficit de arena en los sistemas playa-duna de la zona se debe a los cambios de uso de suelo (deforestación) y al establecimiento de vegetación que muchas veces es introducida para disminuir el movimiento de la arena. Considerando que en general el sistema está poco alterado se menciona lo siguiente:

- En el límite este del municipio afloran los suelos tipo palustre relacionados con áreas de constante inundación por el río Tonalá. Desde el punto de vista geológico, este municipio está conformado por suelos profundos no muy compactados (areniscas y suelos eólicos y aluviales) que contribuyen a los aportes de sedimentos en los escurrimientos.
- En los afluentes del río Tonalá (ríos Agua Dulce y El Burro), se registran las zonas de erosión lineal, con el socavamiento y posteriormente, el derrumbe del suelo de las laderas.
- La erosión en cárcavas sobre las laderas de colina en este municipio provoca deslizamientos que desencadena el asolvamiento en el río Agua Dulce y El Burro (SEDESOL, 2011).



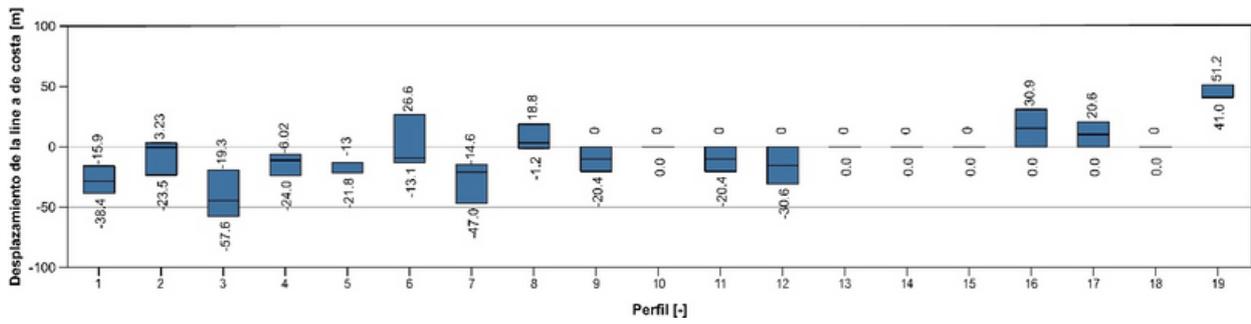


Figura 11. Desplazamiento de la línea de costa en los perfiles indicados en la Figura 7 para el Municipio de Agua Dulce.

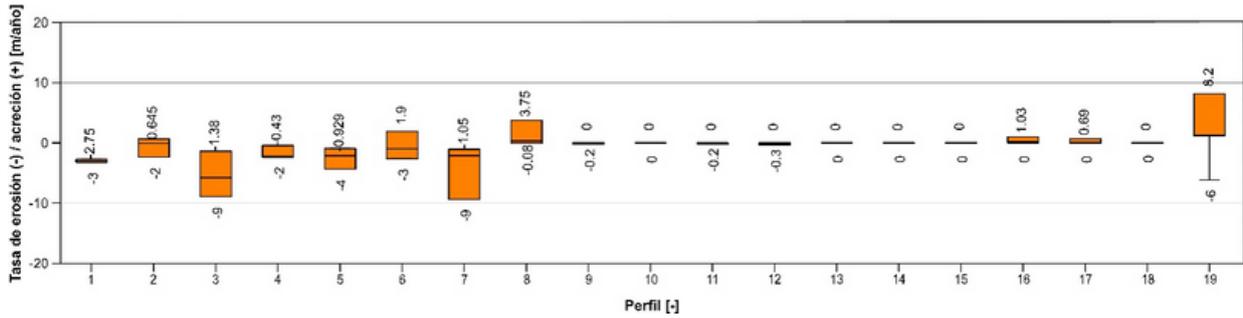


Figura 12. Tasa de erosión / acreción de la línea de costa en los perfiles indicados en la Figura 7 para el municipio de Agua Dulce.



Para comprobar las tendencias erosivas se realizó un análisis de la evolución espacio-temporal de la línea de costa. En las Figuras 11 y 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 de Google Earth. Para el perfil del 1 al 8, se analizaron los años 2005, 2010, 2015 y 2019. Los perfiles del 9 al 19 se calcularon a partir de la digitalización de la línea de costa de imágenes SPOT 5 y fotografías aéreas de los años 1970/81, 2005, 2010 y 2015 (Valderrama *et al.* 2019). El anterior método fue debido a que no se encontraron las imágenes satelitales con los mismos años al realizar la digitalización de las líneas de costa.

Se observa que, en general, la costa del municipio se encuentra en proceso muy próximo al equilibrio dinámico. En cuanto a la tasa de erosión, las mayores variaciones se presentan en el perfil 3, 7 y 9 que corresponden con la basculación de la línea de costa que forma "*surf-shoaling zones*" (Figura 7). La mayor erosión está en el perfil 3 con 57.6 m de retroceso de línea de costa (Figura 11). Por otro lado, las mayores variaciones se presentan en el perfil 19 que corresponde con la playa noreste de la desembocadura del río Tonalá, en donde la playa ha crecido 51.2 m (Figura 11).

En general, las tasas de erosión van desde los 0.08 m/año hasta tasas de erosión de 9 m/año, este último es un valor considerable (Figura 12).

En resumen, los desplazamientos de la línea de costa del municipio de Agua Dulce indican desplazamientos tanto de erosión como de acreción por efecto de la dirección del oleaje.

ASPECTOS RELEVANTES EN LA DINÁMICA SEDIMENTARIA

De acuerdo con los resultados obtenidos:

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



■ Capítulo 3.

CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA BIÓTICO

■ TIPOS DE VEGETACIÓN

De acuerdo con el INEGI (INEGI, 2018), el 71 % de la superficie del municipio es utilizada para actividades agropecuarias. El cultivo de pastizales ocupa el 58.7 % y la agricultura de temporal se desarrolla en alrededor del 9 % del territorio municipal. Por otro lado, los asentamientos humanos, en conjunto con la zona urbana, alcanzan apenas el 3 % del total del municipio. El 29 % de la superficie del municipio conserva sus ecosistemas naturales. La vegetación natural está

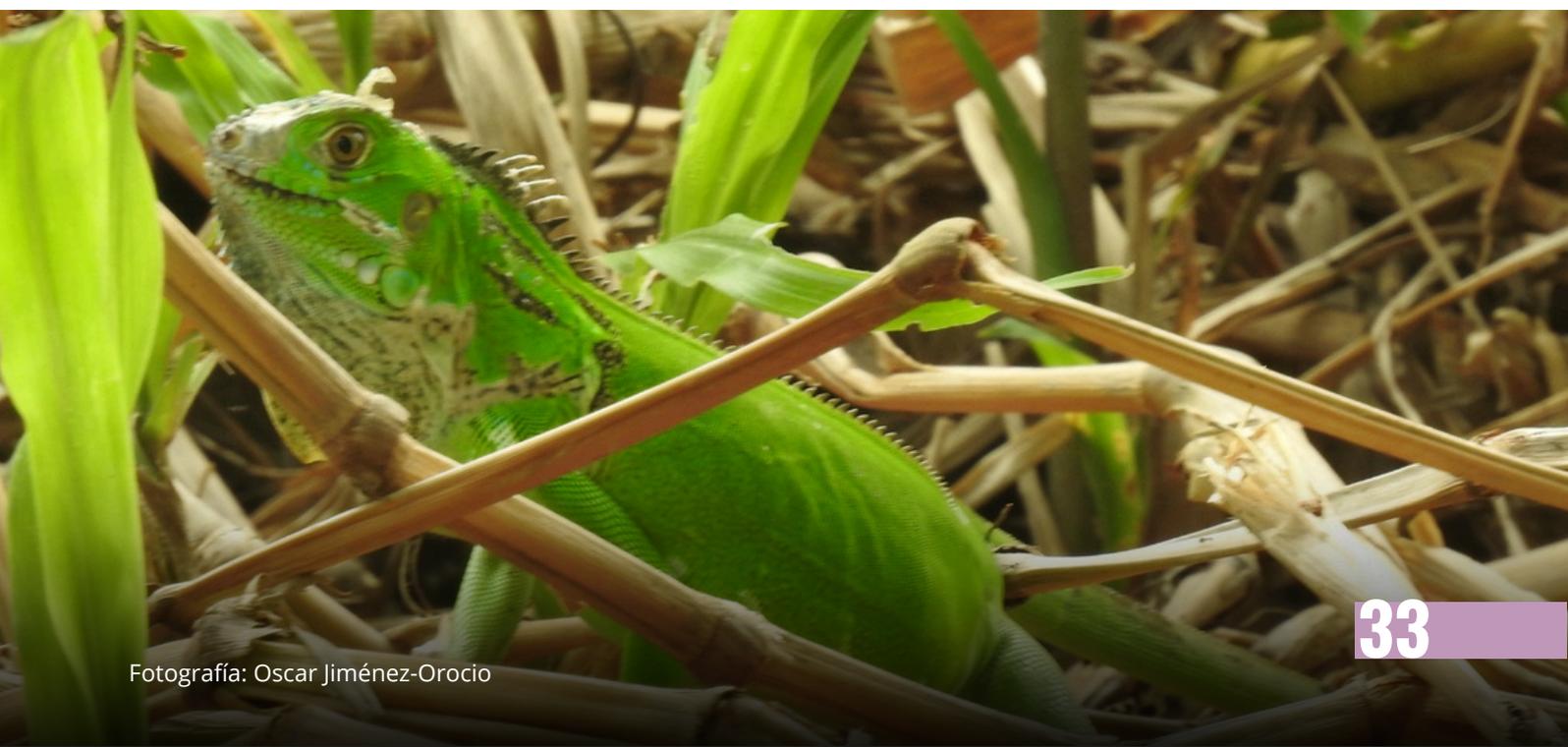
compuesta principalmente por vegetación secundaria de selva alta (17.2 % del total municipal), algunos remanentes de manglar (1.8 %) y tular (6.1 %) (Cuadro 6). Como se observa en la Figura 13, la vegetación secundaria de selva alta se distribuye en fragmentos remanentes, bordeados por pastizales cultivados que limitan su conectividad, mientras que el tular y el manglar se ubican en el extremo este y noreste, al margen del río Tonalá.

En la franja costera la distribución de los tipos de uso de suelo y vegetación es similar a la del territorio municipal. El 73.4 % corresponde a vegetación transformada: cultivo de pastizales agricultura de temporal. El resto de la superficie es principalmente vegetación secundaria arbustiva de selva alta perennifolia (Figura 13).



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

Tipo de uso de suelo	% superficie municipal	% superficie en franja costera
Transformado		
Agricultura de temporal	9.02	32.94
Pastizal cultivado	58.68	37.52
Bosque cultivado	0.22	0.00
Asentamientos humanos	3.06	2.99
Total transformado	70.98	73.44
Natural		
Manglar	1.80	2.92
Popal	0.30	0.00
Tular	6.13	0.64
Vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia	1.04	-
Vegetación secundaria arbórea de manglar	0.12	-
Vegetación secundaria arbustiva de selva alta perennifolia	17.23	16.93
Cuerpo de agua	1.99	6.06
Desprovisto de vegetación	0.41	0.00
Total natural	29.02	26.56



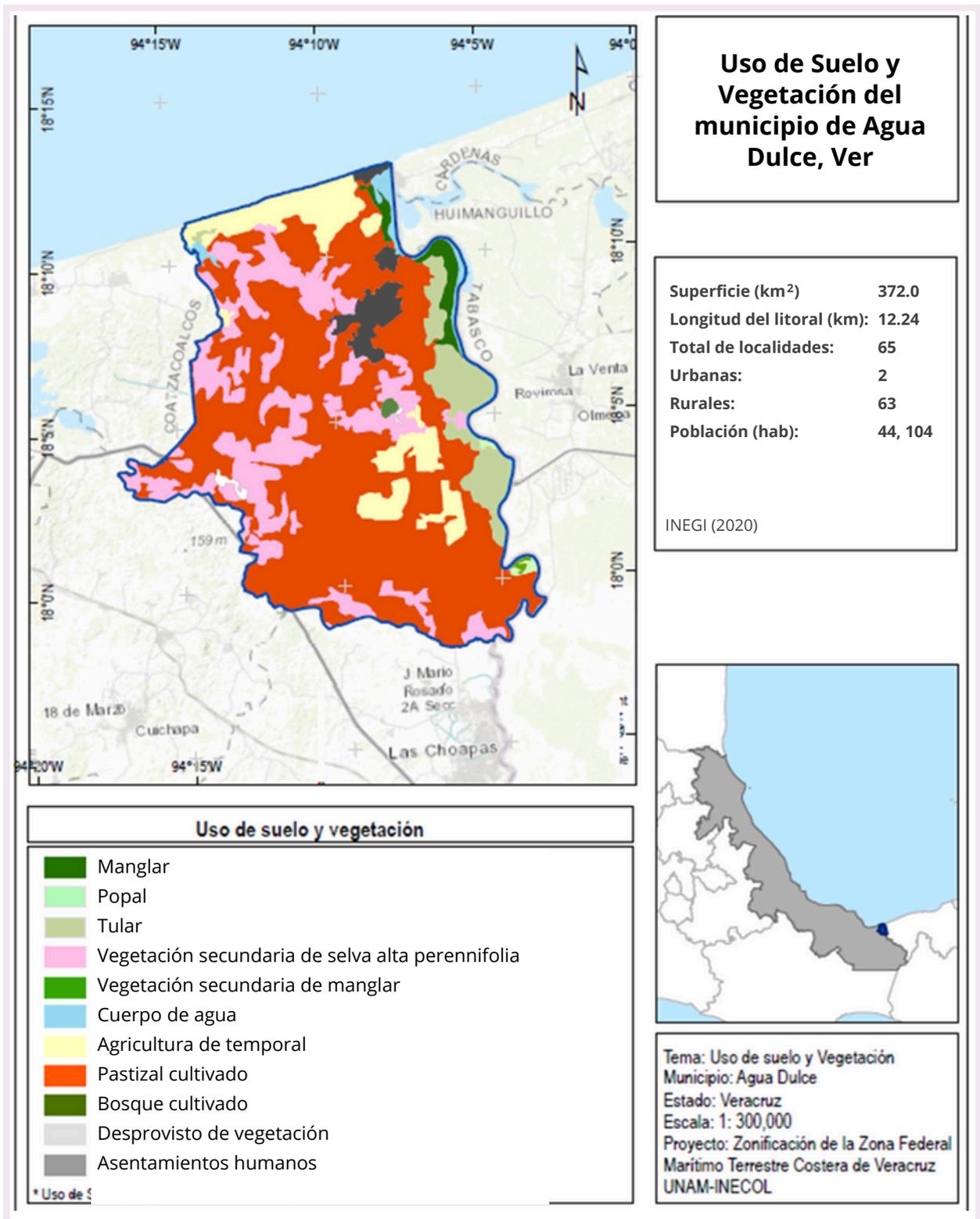


Figura 13. Distribución de los usos de suelos y tipos de vegetación del municipio de Agua Dulce, Ver.

LAS DUNAS COSTERAS

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

De acuerdo con la clasificación de dunas costeras de Jiménez-Orocio *et al.* (2014), en el municipio de Agua Dulce se presentan 623.9 ha de dunas frontales. Las dunas costeras se pueden observar a lo largo de todo el litoral del municipio. Constan de un primer y estrecho cordón de dunas frontales bajas que no superan

los 2 m de altura. Las dunas costeras están cubiertas en por vegetación característica de playa y dunas costeras, sobre todo en el frente de playa. En la cima y parte posterior de la duna crecen pastos exóticos. En promedio, las dunas costeras se extienden hasta 200 m desde la línea de costa. En la porción centro-sureste del litoral se observa una planicie de dunas frontales que puede alcanzar los 800 m de ancho. Esta planicie se trata de terrenos arenosos modificados para el cultivo de cocotales (y asentamientos humanos, en el límite con el río Tonalá) (Figura 14 y 15).

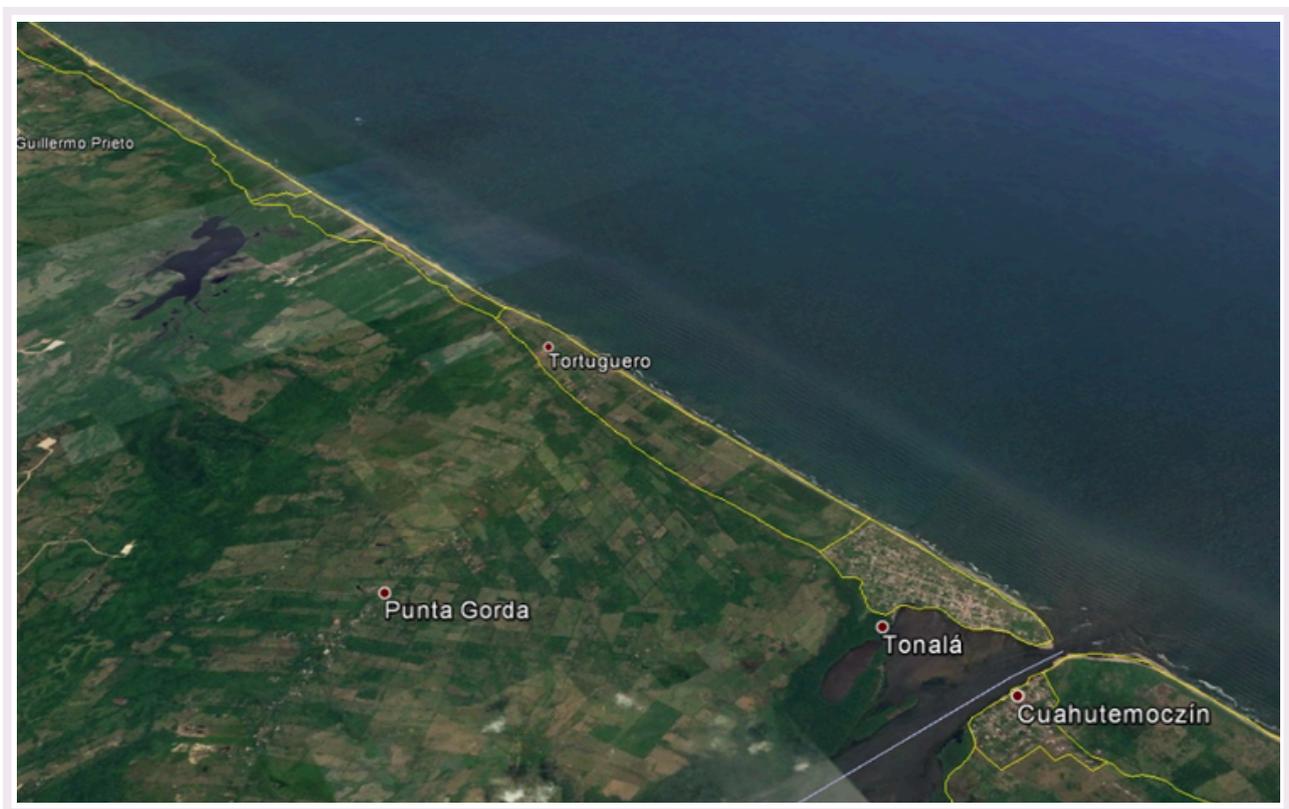


Figura 14. Cobertura de dunas costeras de Agua Dulce (línea amarilla). Planicies de dunas frontales, estabilizadas, altamente perturbadas.

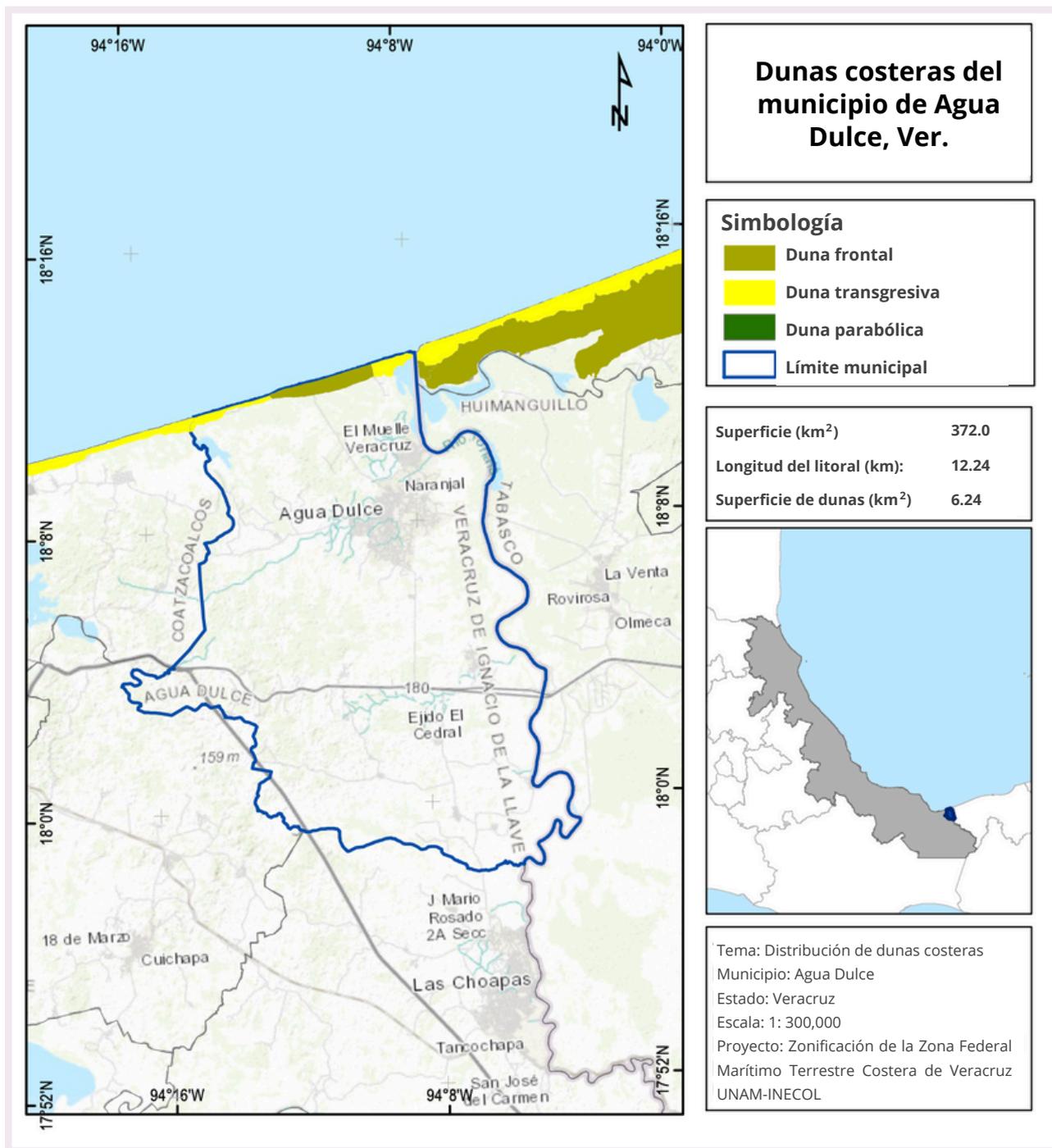


Figura 15. Distribución de dunas costeras en el municipio.



La fragmentación de este sistema de dunas y su uso para actividades agrícolas resulta en un estado de conservación considerado como regular a malo (Cuadro 8, Figura 16). Estas condiciones disminuyen los servicios ambientales que prestan las dunas al sistema costero del municipio, y aumentan la

vulnerabilidad de la costa frente al impacto de fenómenos naturales (p.ej. meteorológicos). Para determinar el estado de conservación de las dunas costeras del municipio se hizo una clasificación cualitativa de cinco categorías (Cuadro 7) que se describen a continuación.

Cuadro 7. Características de los diferentes estados de conservación en los 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 pecuarias
	Malo	Actividades agropecuarias acompañadas por asentamientos humanos dispersos
	Muy malo	Totalmente antropizado, con asentamientos urbanos en más del 75 % de la superficie

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

Tipos de dunas	Movilidad (Fija/Móvil)	Estado de conservación (Superficie ha)					Total
		Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy malo	
Frontal	Estabilizada	-	-	-	356.22	-	356.22
Porcentaje		-	-	-	100	-	100



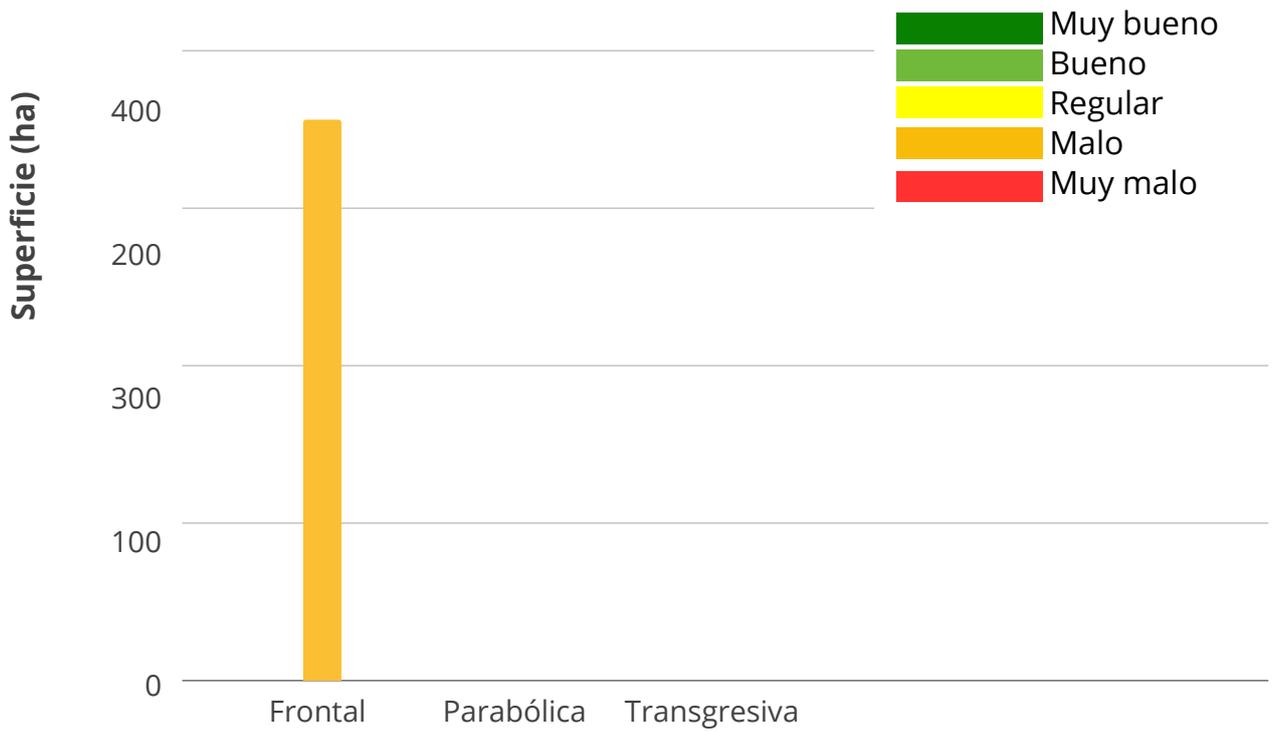


Figura 16. Estado de conservación por tipo de duna presente en el municipio de Agua Dulce, Ver.



ESPECIES VEGETALES DE LA ZONA COSTERA

De acuerdo con la base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la Comisión Nacional para la Conservación y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), así como en la literatura donde se describe y analiza la vegetación de las playas y dunas costeras de Veracruz (Moreno-Casasola *et al.* 1982; García-Franco, 1996; Castillo y Moreno-Casasola, 1996; 1998; Moreno-Casasola *et al.* 1998; Priego-Santander *et al.* 2003; Travieso-Bello *et al.* 2005; Castillo-Campos y Travieso-Bello, 2006; Peralta-Peláez y Moreno-Casasola, 2009; Moreno-Casasola *et al.* 2010, Martínez *et al.* 2014; Moreno-Casasola *et al.* 2015) se tienen registradas 82 especies vegetales representativas de playas y dunas costeras. Muchas de ellas se reconocen como amenazadas, sujetas a protección especial o son endémicas.

En la zona de playas y dunas se encuentra una combinación de vegetación propia de playas y dunas como: *Cyperus compressus*, *Inga punctata*, *Paspalum notatum*, *Pachira aquatica*, *Coccoloba uvifera*, *Psidium guajava*, *Mimosa pigra*. También se pueden encontrar otras especies propias de manglares y humedales como: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Tecoma stans*, entre otras.

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



En la quinta columna se clasificaron las especies que pueden encontrarse en playas, dunas primarias o secundarias, así como aquellas especies encontradas en otros tipos de ecosistemas, diferentes a las dunas, pero costeros. Esta clasificación se hizo con base en los patrones de distribución de las especies propuesto por Castillo y Moreno-Casasola (1996): C= especies con una distribución predominantemente costera tales como dunas, marismas o manglares; S= especies distribuidas tierra adentro y frecuentemente encontradas en áreas perturbadas tales como orillas de camino, campos abandonados o bien con crecimiento secundario, y O= especies distribuidas tierra adentro pero características de otros tipo de vegetación, como bosques caducifolios, humedales o pastizales.

Finalmente, se muestra el estatus de protección de cada especie. El estatus de conservación hace referencia a tres fuentes de información: NOM-059-2010 (P= en peligro de extinción; A= Amenazada; Pr= Sujeta a protección especial); IUCN (EX= Extinta; EW= Extinta en medio silvestre; CR= En peligro crítico; EN= En Peligro; VU= Vulnerable; NT= Casi Amenazada; LR/nt= Menor riesgo, casi amenazada; LR/cd= Menor riesgo, dependiente de la conservación; LR/lc= Menor riesgo, menor preocupación; LC= Preocupación menor; DD= Datos Insuficientes) y Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres CITES (I, II, III, para ver descripción de las categorías visitar www.cites.org).



Cuadro 9. Listado de especies vegetales más importantes registradas a la fecha, que crecen principalmente en las playas y dunas del municipio de Agua Dulce. Los nombres comunes se basaron en distintas fuentes de información del sitio web de la CONABIO. C= especies con una distribución predominantemente costera tales como dunas, marismas o manglares; S= especies distribuidas tierra adentro y frecuentemente encontradas en áreas perturbadas tales como orillas de camino, campos abandonados o bien con crecimiento secundario, y O= especies distribuidas tierra adentro, pero características de otro tipo de vegetación, como bosques caducifolios, humedales o pastizales.

Familia	Nombre común (Especie)	Forma Biológica	Tipo de vegetación	Vegetación de dunas	Estatus de Protección
Acanthaceae	Mangle negro (<i>Avicennia germinans</i>)	Árbol 	Manglar.	C	NOM (A) IUCN (LC)
Annonaceae	Anona (<i>Annona glabra</i>)	Árbol 	Manglar, Selva inundable.	C, O	IUCN (LC)
Bignoniaceae	Tronadora, mazorca (<i>Tecoma stans</i>)	Arbusto 	Matorral de duna costera, Pastizal de dunas costeras, Bosque tropical caducifolio.	C, S	IUCN (LC)
Malvaceae	Apompo (<i>Pachira aquatica</i>)	Árbol 	Manglar, Selva inundable.	C, O	IUCN (LC)
Chrysobalanaceae	Icaco o jicaco (<i>Chrysobalanus icaco</i>)	Árbol pequeño 	Dunas, sobre todo donde hay humedad.	O	IUCN (LC)
Combretaceae	Mangle blanco (<i>Laguncularia racemosa</i>)	Árbol 	Manglar.	C	NOM (A) IUCN (LC)

Familia	Nombre común (Especie)	Forma Biológica	Tipo de vegetación	Vegetación de dunas	Estatus de Protección
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)
Cyperaceae	Ciperácea (<i>Pycnus polystachyos</i>)	Hierba 	Pastizal, Vegetación herbácea de Humedales de agua dulce, Bosque ribereño.	S	IUCN (LC)
Fabaceae	Mucal o junco (<i>Dalbergia brownii</i>)	Arbusto o árbol pequeño, frecuentemente trepador 	Orillas de manglares, Selvas inundables.	C	CITES (II) IUCN (LC)
	Acotope (<i>Inga punctata</i>)	Árbol 	Matorral de duna costera, Cultivos.	C, O	IUCN (LC)

Familia	Nombre común (Especie)	Forma Biológica	Tipo de vegetación	Vegetación de dunas	Estatus de Protección
Myrtaceae	Guayaba dulce (<i>Psidium guajava</i>)	Árbol 	Matorral costero, Bosque tropical caducifolio, Bosque tropical perennifolio, Bosque de encino, Bosque ribereño, Palmar, Pastizal, Ruderal, Potrero, Cultivos, Vegetación secundaria.	C, S	IUCN (LC)
Polygonaceae	Uvero de costa (<i>Coccoloba uvifera</i>)	Árbol 	Playa.	C	IUCN (LC)
Rhizophoraceae	Mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>)	Arbusto 	Manglar.	C	NOM (A) IUCN (LC)
Rubiaceae	Bejuco de verraco, cainca (<i>Chiococca coriacea</i>)	Arbusto 	Playa, Matorral de duna costera, Pastizal de dunas costeras, Bosque tropical caducifolio, Bosque tropical subcaducifolio, Bosque tropical perennifolio, Bosque ribereño.	C, O	Endémica IUCN (DD)

DISTRIBUCIÓN Y EXTENSIÓN DE MANGLARES

En el municipio se encuentra el sistema de manglar Tonalá. Este sistema es compartido con el municipio de Huimanguillo en el estado de Tabasco (López-Portillo *et al.* 2011). La parte correspondiente al municipio de Agua Dulce se extiende sobre 14 km, en el margen oeste del río Tonalá. Los manglares se distribuyen sobre planicies de inundación (dominadas por mareas estacionales en las temporadas de lluvia). El manglar correspondiente al municipio se presenta en dos grandes fragmentos:

el primero entre el ejido Gavilán Norte y la localidad de Tonalá (desembocadura del río al mar), y el segundo desde la localidad de El Naranjal hasta el Ejido Piedras Negras. La distribución de las especies de manglar está asociada a las cercanías con el borde del río (Figura 17), es decir en las cercanías al río domina el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) mientras que en las tierras interiores es común la dominancia del mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle blanco (*Laguncularia racemosa*); aunque también se pueden observar bosques mixtos, con dos o tres especies de mangle (López-Portillo *et al.* 2011).

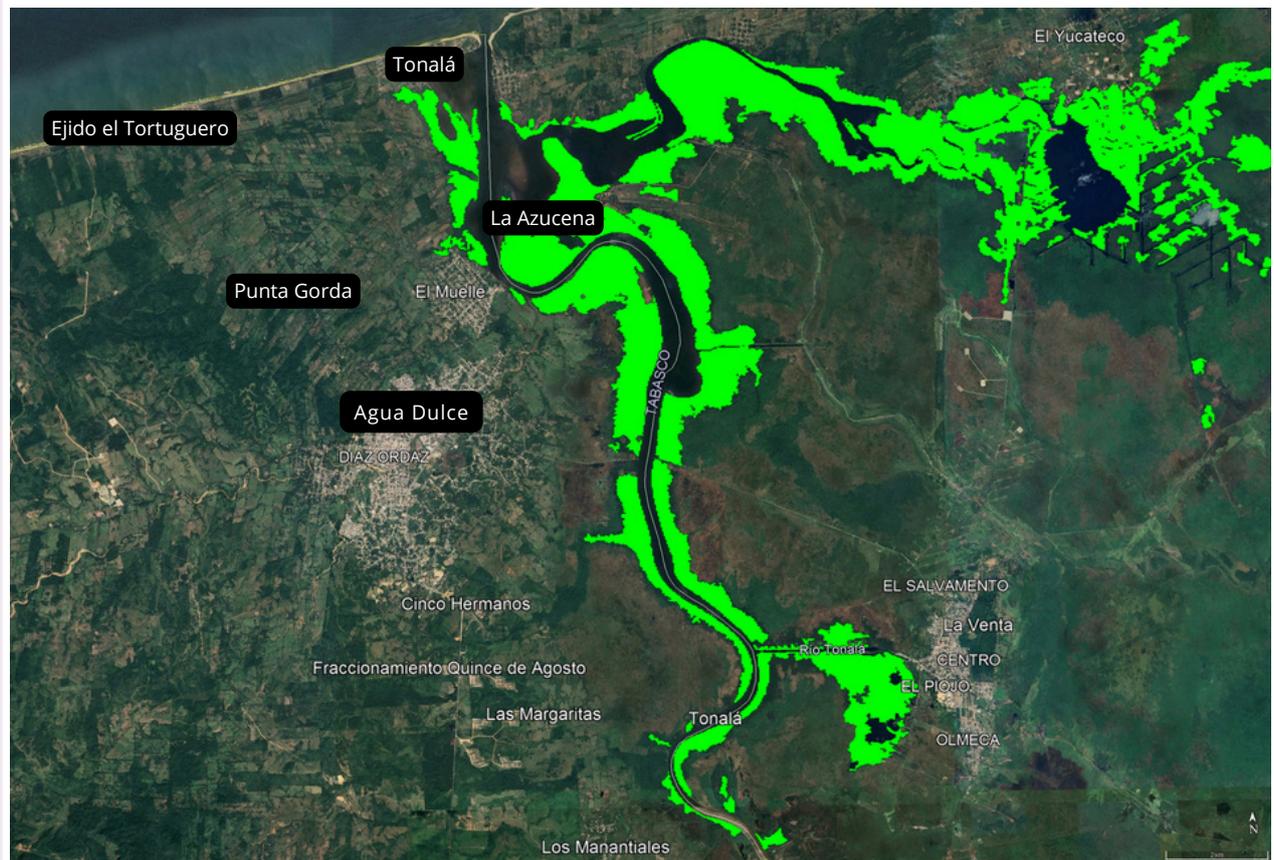


Figura 17. Vista panorámica de los manglares de Tonalá (resaltados en color verde). Fotografía aérea G. Earth; fuente cartográfica: CONABIO, 2015. Línea gris: límite entre el estado de Veracruz (izq.) y el estado de Tabasco (der.).

CARACTERIZACIÓN DE HUMEDALES

Los límites del municipio con el estado de Tabasco están delineados por el Río Tonalá, el principal afluente en el municipio. En los márgenes del río, pertenecientes al municipio, se desarrolla uno de los más importantes humedales de la región (sistema de manglares de Tonalá). Además, en la desembocadura del río se juntan los ríos Tonalá y Chicozapote (Tabasco) que originan el sistema de humedales Tonalá-Chicozapote de importancia ecológica por el establecimiento del sistema de manglar, y otros humedales y zonas de pantanos. Por otro lado, la ciudad de Agua Dulce es “atravesada” por el río Agua Dulce, que se origina en los límites con Coatzacoalcos y desemboca en el Río Tonalá. Otros arroyos de menor caudal son Arroyo el Barrial, Arroyo el Zapotal, Arroyo el Burro y Arroyo el Gavilán (INEGI, 2000). No existen estudios detallados sobre los humedales del municipio de Agua Dulce.

CARACTERIZACIÓN DE LAS LAGUNAS COSTERAS

En el municipio se ubica una laguna conocida como: Laguna el Tortuguero. Por su ubicación, aproximadamente a un kilómetro de la línea de costa, y por su forma, no paralela a la línea de costa, podría no ser considerada costera. Esta laguna está conectada al mar a través del arroyo El Gavilán, el cual desemboca a 5 km del cuerpo de agua. La superficie de la laguna es de 1.2 km² de espejo de agua, pero con un área de influencia de 10 km² (Figura 18) en donde se desarrolla vegetación propia de humedales, como popal, entre otras. La laguna es de importancia ecológica ya que sirve de hábitat para diferentes grupos de flora y fauna, es un importante reservorio de agua dulce y tiene importancia económica para las localidades locales por la práctica de pesca de autoconsumo. No se presenta información de fitoplancton ni de calidad de agua porque no es considerada laguna costera.



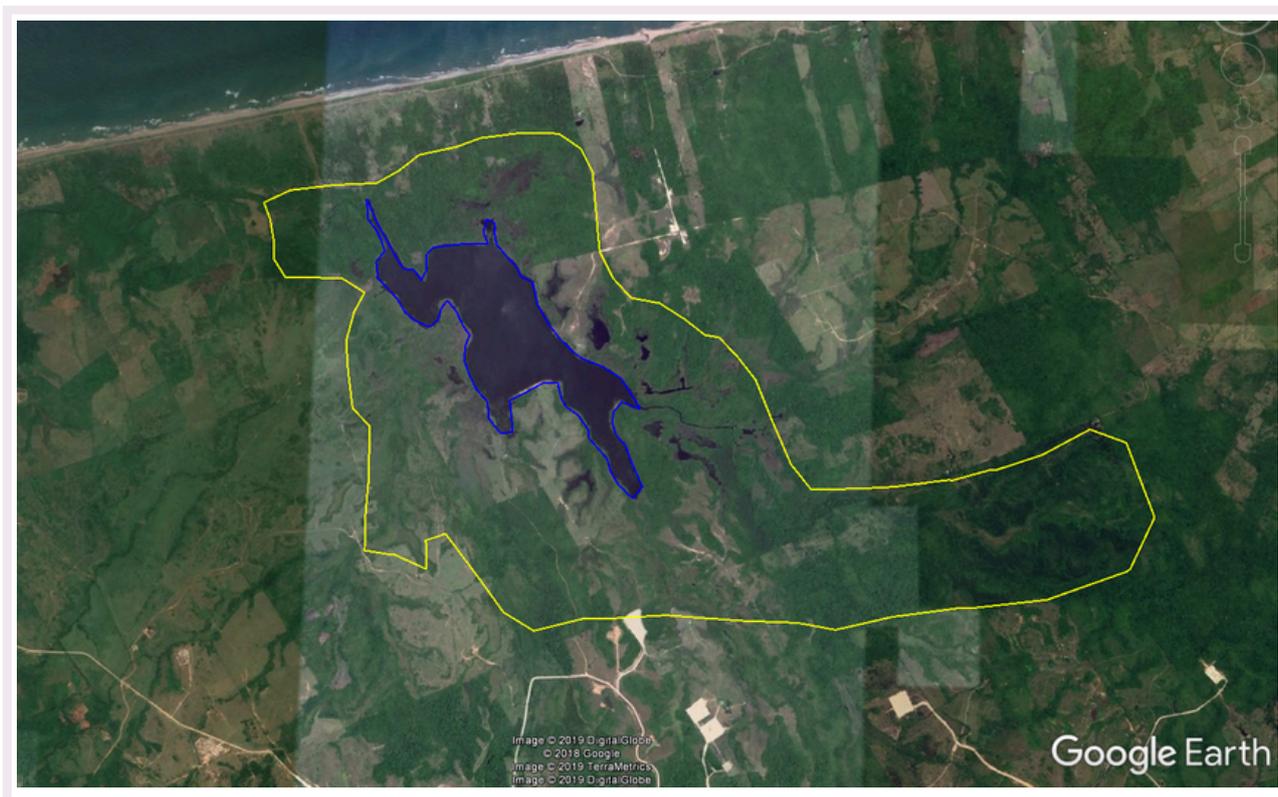
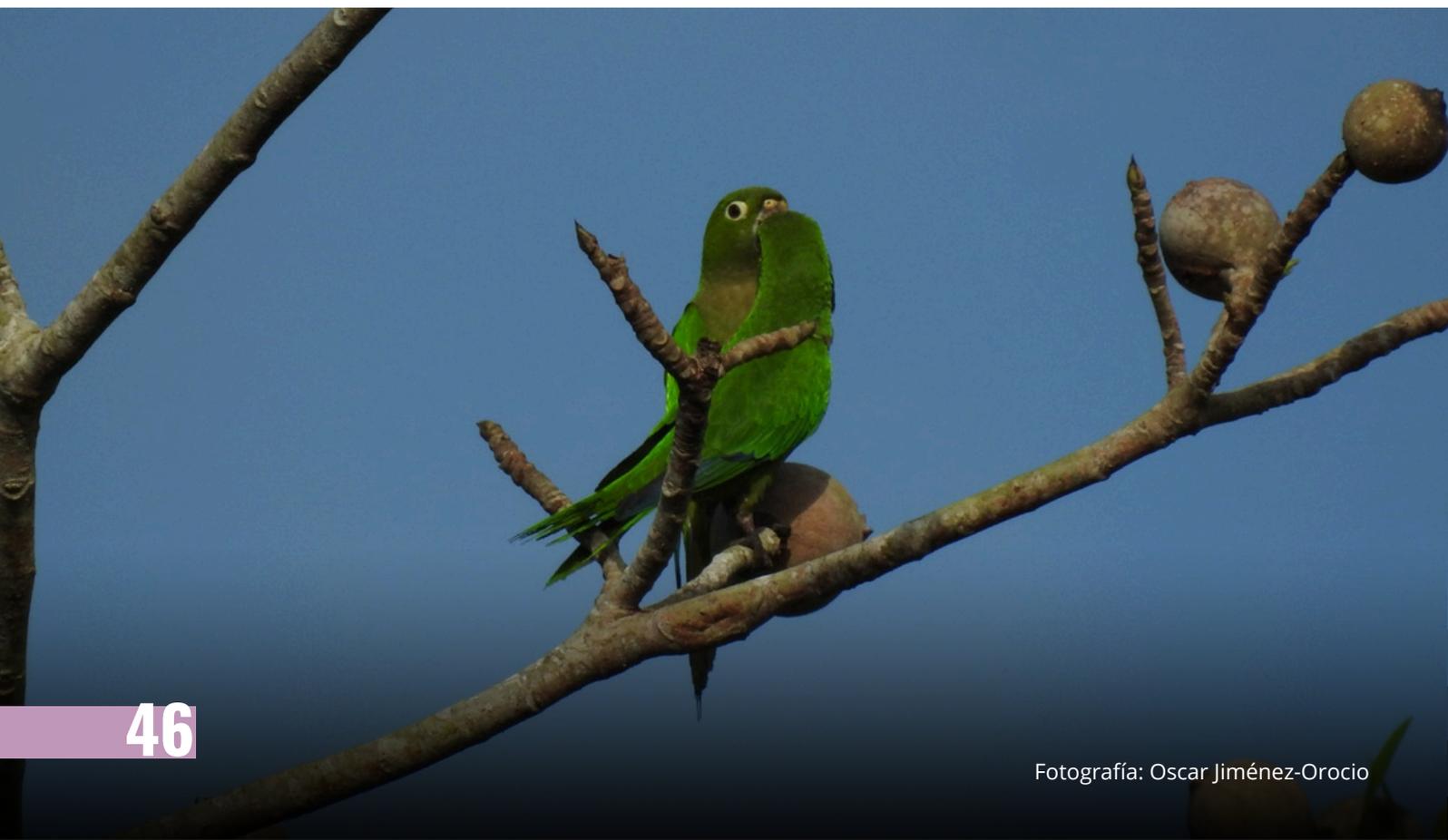


Figura 18. Laguna El Tortuguero. Línea azul: límites del cuerpo de agua; Línea amarilla: área de influencia.

CARACTERIZACIÓN DE ARRECIFES DE CORAL

El municipio no tiene registros documentados de presencia de arrecifes de coral.



■ Capítulo 4.

CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y PRESERVACIÓN DE ECOSISTEMAS COSTEROS

■ PLAYAS Y DUNAS COSTERAS

Las dunas costeras que se observan en esta zona son principalmente frontales, y la vegetación presente las cubre total o parcialmente en su mayoría. Estas dunas se pueden observar a lo largo de todo el litoral del municipio. Los disturbios y los

asentamientos humanos son pocos y dispersos, pero hay numerosas actividades humanas que se realizan sobre las dunas, por lo que se puede decir que, hasta el momento, el sistema se encuentra con un estado de conservación malo (López-Portillo *et al.* 2011) (Figura 19).

La dinámica de las dunas hace que las actividades en esta zona deban restringirse a infraestructura removible y evitar cualquier obra perpendicular a la costa que modifique el patrón de transporte sedimentario.

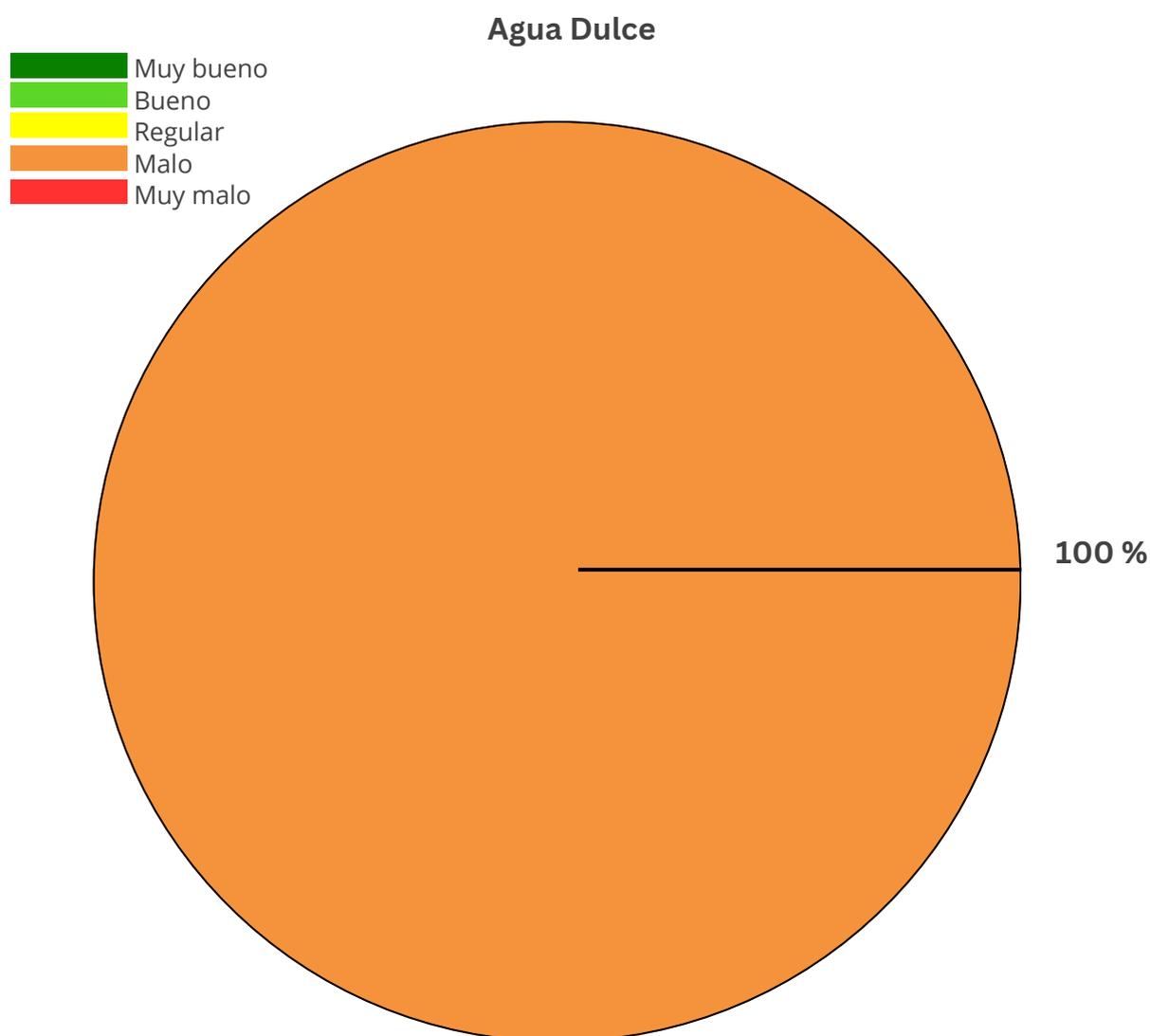


Figura 19. Estado de conservación de las dunas costeras del municipio de Agua Dulce, con base en el diagnóstico de Martínez *et al.* (2014).

MANGLARES Y OTROS HUMEDALES

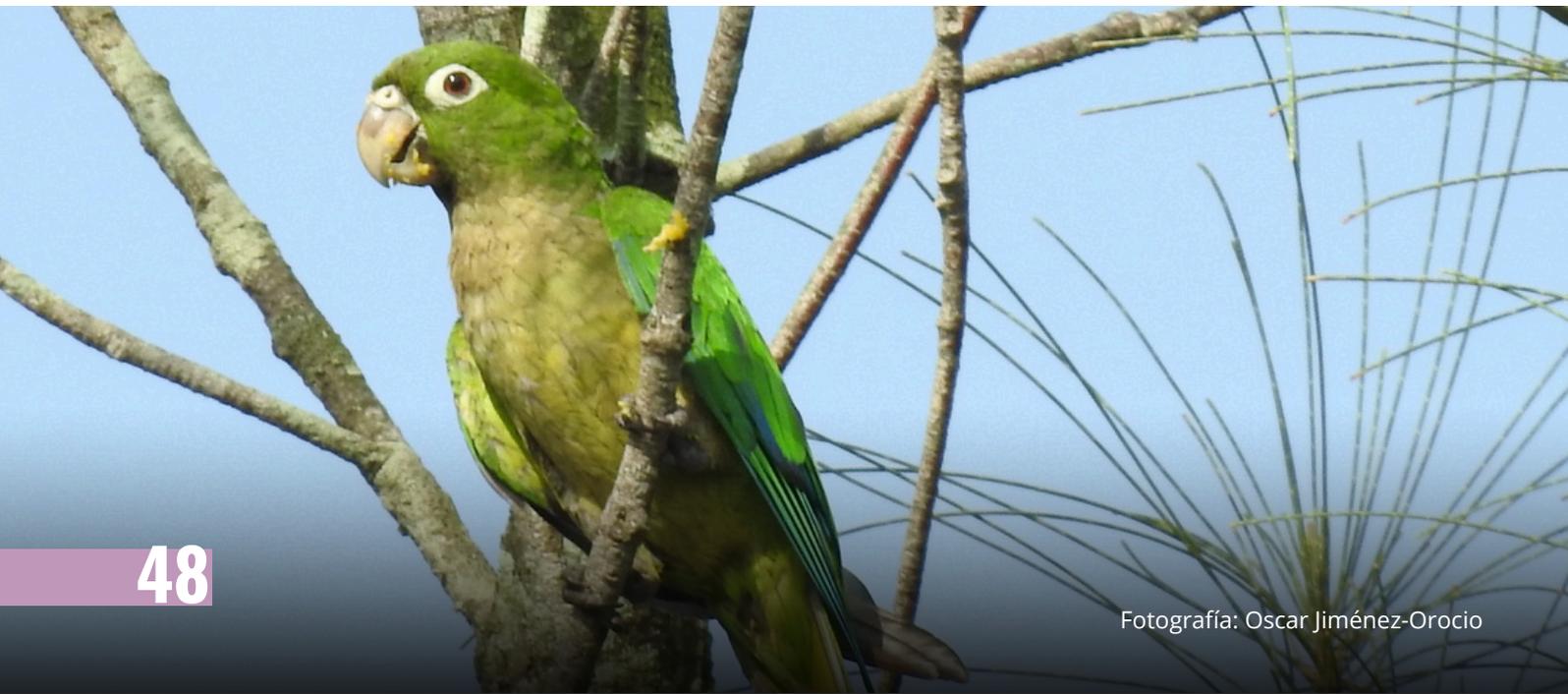
La conservación del sistema de manglar que se localiza en este municipio (Estero Tonalá) está amenazada por el relleno de humedales, la expansión de terrenos agrícolas, la deforestación de manglares, el incremento de áreas para la ganadería extensiva (López-Portillo *et al.* 2011) y la extracción de agua dulce para consumo humano, produciendo mortandad de manglares. Por su riqueza biológica, esta región está incluida dentro de la Región Hidrológica Prioritaria RHP-83 (Arriaga-Cabrera, 2000).

Dentro de esta región se observó un manglar asociado al margen del río constituido por mangle rojo y en el interior asociados a la siguiente vegetación: bosque monoespecífico de *Avicennia germinans*, bosque mixto de *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*; bosque mixto de *Avicennia*, *Laguncularia* y *Rhizophora*, y bosque mixto de *Avicennia* y *Rhizophora*. En esta zona, la especie dominante en la mayoría de las asociaciones de manglar, es el mangle negro (*Avicennia germinans*). La zona de manglar ha sufrido la presión de las actividades

agropecuarias y en algunos de los sitios la cobertura arbórea ha sido sustituido por pastizales de zacate pajón (*Spartina spartinae*).

Es muy importante delimitar la zona bajo administración de ZOFEMAT (Zona Federal Marítimo Terrestre) en los humedales y hacer público el resolutivo. Así mismo, es necesario eliminar contaminantes de los ríos y reforestar las orillas de éstos con manglar (*Rhizophora mangle*) en las zonas más salinas, con tule (*Typha domingensis*) donde es ligeramente salino y con árboles nativos de humedales, selvas inundables y bosques ribereños en las zonas de agua dulce (*Salix humboldtiana*, *Pachira aquatica*, entre otras).

Los humedales de agua dulce han visto su superficie reducida por la transformación en terrenos ganaderos y sobre todo en cultivos de caña. Por los servicios ambientales que proporcionan los humedales, son considerados ecosistemas prioritarios para ser conservados. La desaparición de humedales (entre ellos, los manglares-humedales tropicales de ambientes salinos) derivan en grandes costos a la economía regional y nacional, por los fuertes cambios de la topografía costera (López-Portillo *et al.* 2011).



LAGUNAS COSTERAS Y ESTEROS

El Estero Tonalá perteneciente a este municipio presenta su máximo nivel de inundación durante la temporada de lluvias y por mareas de tormenta durante ciclones tropicales y “nortes”. La influencia marina resulta de penetración de la cuña salina con las mareas y por su cercanía con el mar. La alta heterogeneidad ambiental y amplia extensión de este sistema resulta en una gran diversidad de paisajes, condiciones de hidro-periodos y niveles

de inundación, así como variaciones en la concentración de salinidad. Presenta una salinidad en las aguas profundas de 15 a 75 partes por mil, y de 5 a 20 partes por mil en los sitios inundados.

Una de las principales amenazas son las actividades agropecuarias y uso de la madera de mangle blanco para la construcción de casas y las ramas de mangle rojo para la construcción de artes de pesca que se practica en el río. La reforestación de las orillas de las lagunas puede contribuir a la mitigación de un aporte excesivo de nutrientes.



■ Capítulo 5.

DIAGNÓSTICO Y ZONIFICACIÓN

El municipio de Agua Dulce presenta una costa irregular con promontorios rocosos y playas arenosas que se alimentan por el Estero Tonalá. El transporte de sedimentos en la costa es predominante con dirección este a oeste y su equilibrio dinámico se ha conservado.

Se recomienda privilegiar la conservación en la zona de dunas y mantener baja la ocupación de playas arenosas. En general, las actividades en este municipio se recomiendan de baja intensidad y de

carácter sustentable. Estas acciones deben estar enfocadas en la conservación y restauración del equilibrio dinámico litoral, así como en la conservación de valores ecológicos existentes en la zona. Se debe priorizar la conservación y restauración de los humedales, así como el control de la calidad del agua de la laguna.

En el Cuadro 10, se muestra un resumen de las principales características del municipio y en el Cuadro 11, se muestran a manera de semáforo los usos para los que esta costa puede ser apta y no apta. Abajo se detallan estas recomendaciones a nivel de cada ecosistema analizado.

Cuadro 10. Síntesis diagnóstica de la zona costera del municipio de Agua Dulce, Ver.

OBSERVACIONES

- La costa del municipio se encuentra en un equilibrio dinámico. El problema de erosión se va incrementando de oeste a este. Con tasas de erosión que van desde 0.1 hasta 5 m/año.
- El transporte predominante de sedimentos es de este a oeste.
- En la zona costera de Agua Dulce se forman cabos arenosos formados por el depósito de sedimentos del río Tonalá, que funcionan como reserva para sus playas.
- La superficie de dunas del municipio incluye dunas frontales fijas con vegetación.
- La costa del municipio se encuentra relativamente bien conservada, sin embargo, se considera que la conservación de las dunas costeras es mala.
- Existen en el municipio humedales de agua dulce, arbóreos y herbáceos. Excepto los manglares, el resto se utiliza para cría de ganado, lo cual trae impactos como pérdida de biodiversidad, reducción de la capa orgánica y liberación de metano y CO₂.
- Los suelos son arcillosos, que van desde arcillosos-limosos hasta arcillosos-arenosos.

Cuadro 11. Semáforo de acciones para la zona costera del municipio de Agua Dulce, Ver. Nota: El equilibrio de la zona costera se refiere a la ocurrencia de procesos de erosión o acreción, y no necesariamente se relaciona con el deterioro ambiental. Por ejemplo, puede haber una zona con erosión donde los ecosistemas estén bien conservados.

SEMÁFORO DE ACCIONES		Celdas 1
		Actividades y permisos restringidos para promover la conservación y restauración de los ecosistemas degradados que ofrecen importantes servicios ambientales a la sociedad.
VALORES	GEOMORFOLÓGICOS	Alta restricción: zona con presencia de dunas costeras que amortiguan el impacto de tormentas.
	ECOLÓGICOS	Medio: Baja cobertura vegetal con especies endémicas. Contiene relictos de selva y matorral costero sobre dunas.
PROBLEMÁTICA	EROSIÓN	Baja erosión. La costa se encuentra en equilibrio dinámico.
	ASENTAMIENTOS AFECTADOS	Ninguno.
	INFRAESTRUCTURA DE PROTECCIÓN	Nula.

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

Las recomendaciones generales para el manejo de la zona marina, playa, dunas transgresivas y parabólicas, manglares, humedales de agua dulce y lagunas costeras se detallan en Silva *et al.* (2017).

Además, a continuación, se enlistan algunas recomendaciones particulares para cada uno de los ecosistemas costeros presentes en el municipio. Se detallan las acciones de manejo que son consideradas como aptas y no aptas para la zona.

ZONA MARINA

ACTIVIDADES ECONÓMICAS ACTUALES:

- Pesca extractiva.

ACTIVIDADES ECONÓMICAS POTENCIALES:

- Cultivo parcial de fauna de interés comercial como pulpos, ecoturismo, pesca deportiva.

MANEJO - APTO:

- Apto para nadar, con precauciones en invierno o en presencia de tormentas tropicales.
- 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 y puertos.

CONSERVACIÓN:

- Se debe poner atención a la conservación y protección de las especies endémicas y amenazadas presentes en la zona.

ZONA DE PLAYA

ACTIVIDADES ECONÓMICAS ACTUALES:

- Restaurantes rústicos y permanentes, hotelería, asentamientos urbanos.

ACTIVIDADES ECONÓMICAS POTENCIALES:

- Restaurantes móviles sobre la playa.

MANEJO - APTO:

- Delimitar la zona bajo la administración de ZOFEMAT tomando en cuenta las tasas de erosión y haciendo público el resolutivo.
- Se permite construcción de infraestructura de material degradable y piloteadas (p.ej. casas tipo palafito o andadores) por detrás de la cara posterior del primer cordón y evitando la invasión sobre la corona o cresta de estas dunas.
- Se procurará que la orientación de las construcciones disminuya la superficie de choque del viento.
- Establecer accesos a la playa e inscribirlos en actas en el cabildo municipal.

MANEJO - NO APTO:

- Debido a la presencia de erosión, la playa no es apta para construcción en los primeros 20 m de zona federal.
- Introducción de especies exóticas e invasoras.
- Tránsito vehicular por la playa o estacionarse en la misma.
- Aplanamiento de la playa.

CONSERVACIÓN

- La playa debe ser conservada para proteger tanto a los ecosistemas como a los habitantes.
- Investigación y monitoreo.
- El ecoturismo y construcciones turísticas de baja densidad sobre pilotes son deseables.

PROTECCIÓN

- La presencia de dunas y especies endémicas requieren ser protegidas, por el valor geomorfológico y ecológico.

MANGLARES

ACTIVIDADES ECONÓMICAS ACTUALES:

- Pesca, restauración de manglares.

ACTIVIDADES ECONÓMICAS POTENCIALES:

- Ecoturismo.

MANEJO - APTO:

- Construcción de caminos y/o carreteras con pasos de agua frecuentes o sobre pilotes.
- Impulsar la delimitación de la ZOFEMAT usando los manglares como indicador de influencia marina, haciendo público el resolutivo.
- Accesos por medio de pasarelas que no interrumpen los flujos de agua.
- UMAs para extracción de materiales para artesanías, construcción, crianza de especies acuáticas, etc., esto deberá realizarse siempre y 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.
- Establecimiento de caminos que obstruyan el flujo de agua que alimenta a manglares y humedales de la zona.
- No se permite la construcción de infraestructura permanente.
- Restringir el uso de agroquímicos en cultivos y zonas de pastoreo ubicadas sobre humedales para evitar su paso a manglares y cuerpos lagunares.

RESTAURACIÓN

- Deben identificarse las áreas que necesitan restauración de manglares y uso de especies nativas en las zonas donde están degradados.

CONSERVACIÓN

- Promover la investigación y monitoreo que permitan proveer información para la toma de decisiones.
- Ecoturismo y construcciones turísticas de baja densidad sobre pilotes y andadores elevados.
- Impulsar acciones de restauración del manglar en las zonas donde se requieran.

PROTECCIÓN

- Evitar la tala de manglares y bosques inundables, 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).

MANEJO - APTO:

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

MANEJO - NO APTO:

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

RESTAURACIÓN

- Se deben impulsar acciones de restauración de humedales de agua dulce.

CONSERVACIÓN

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

RECOMENDACIONES GENERALES

- No introducir especies exóticas ni invasoras.
- Facilitar actividades de investigación y monitoreo.
- Regular y controlar los cambios de uso de suelo y la pérdida de ecosistemas naturales.
- Fortalecer y fomentar actividades de educación ambiental.
- Deben mantenerse los flujos de sedimentos y de agua a través de puentes o tubos anchos, para el buen funcionamiento de los ecosistemas naturales. Los arroyos no deben bloquearse con bordos o pasos de ganado que impidan la libre circulación del agua.
- No se permite ningún tipo de construcción temporal y/o permanente sobre las dunas debido a los riesgos para la infraestructura y la población.
- Las construcciones temporales sobre la playa deben cimentarse sobre pilotes.
- Los manglares y otros humedales limpian el agua de escurrimientos y mantienen la calidad de agua de las lagunas costeras, tanto para las pesquerías, la vida silvestre y la recreación. Por tanto, las construcciones en humedales, cuando se permiten, deben ser sobre pilotes.
- Debe evitarse que se des sequen o rellenen los humedales de la zona.

BIBLIOGRAFÍA

- Arriaga-Cabrera, L., Aguilar, V., Alcocer, J., Jiménez, R., Muñoz-López, E., y Vázquez, E. (coord.). 2000. Regiones hidrológicas prioritarias. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Bautista, G., Silva, R., y Salles, P. 2003. Predicción de marea de tormenta generada por ciclones tropicales. *Revista de Ingeniería Hidráulica*, 18: 5-19 pp.
- Castillo, S., y Moreno-Casasola, P. 1996. Coastal sand dune vegetation: an extreme case of species invasion. *Journal of Coastal Conservation*, 2: 13-22 pp.
- Castillo, S., y Moreno-Casasola, P. 1998. Análisis de la flora de dunas costeras del litoral atlántico de México. *Acta Botánica Mexicana*, 45: 55-80 pp.
- Castillo-Campos, G., y Travieso-Bello, A.C. 2006. La flora. En: Moreno-Casasola P. (Ed.). *Entornos veracruzanos: la costa de La Mancha*. Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, 171-204 pp.
- CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). 2020. *Indicadores de pobreza, pobreza por ingresos, rezago social y gini 2020 (municipal)*. Recuperado de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/indicadores-de-pobreza-pobreza-por-ingresos-rezago-social-y-gini-2010-municipal>
- Denué 2018. *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2018*, Información para la actualización e incorporación de unidades económicas al DENUÉ. Datos a noviembre de 2018.
- Florescano, E. y Ortiz, J. 2010. *Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz*. 79 pp. Recuperado de https://www.sev.gob.mx/servicios/publicaciones/colec_veracruz/gloXXI/PatrimonionaturalVeracruz/PatrimonionaturalVeracruz1.pdf
- García-Franco, J.G. 1996. Distribución de epífitas vasculares en matorrales costeros de Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana*, 37: 1-9 pp.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2020. *Censo de Población y Vivienda, 2010*. INEGI-Dirección General de Geografía.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2018. *Uso de Suelo y Vegetación. Serie V 1:250 000*. INEGI-Dirección General de Geografía.
- INEGI. 2000. *Carta topográfica 1:50,000, E15A86-76*. México: INEGI.
- Jiménez-Orocio, O., Hesp, O., Martínez, M.L., Espejel, I., y Moreno-Casasola, P. 2015. *Tipos de dunas*. En M.L. Martínez, P. Moreno-Casasola, I. Espejel, O. Jiménez-Orocio, D. Infante-Mata y N. Rodríguez-Revelo (Eds.), *Diagnóstico general de las DC de México México*, D.F.: Comisión Nacional Forestal. 27-48 pp.
- 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.
- Martínez, M.L., Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Infante-Mata, D. y Rodríguez-Revelo, N. 2014. *Diagnóstico de las dunas costeras de México*. CONAFOR. Guadalajara, Jalisco, 350 pp.
- Moreno-Casasola, P., Castillo-Argüero, S., y Martínez, M.L. 2011. *Flora de las playas y los ambientes arenosos (dunas) de las costas*. En: Cruz-Angón, A. (Ed.). *La biodiversidad en Veracruz: estudio de estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A. C. México, 229-238 pp.
- Moreno-Casasola, P., Castillo-Campos, G., Infante-Mata, D.M., Cázares-Hernández, E., Aguirre-León, G., González-García, F., y Gerwert-Navarro, M. 2015. *Plantas y animales de las costas de Veracruz. Una guía ilustrada*. Colección Veracruz Siglo XXI. Serie Patrimonio Natural. Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Educación y Cultura del Estado de Veracruz. Universidad Veracruzana, 542 pp.
- Moreno-Casasola, P., Cejudo-Espinosa, E., Capistrán-Barradas, A., Infante-Mata, D., López-Rosas, H., Castillo-Campos, G., Pale-Pale, J., y Campos-Cascaredo, A. 2010. *Composición florística, diversidad y ecología de humedales herbáceos emergentes en la planicie costera central de Veracruz, México*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 87: 29-50 pp.

- Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Castillo-Argüero, S., Castillo-Campos, G., Durán, R., Pérez-Navarro, J.J., León, J.L., Olmsted, I., y Trejo-Torres, J. 1998. Flora de los ambientes arenosos y rocosos de las costas de México. En: Halffter, G.E. (Ed.). *Diversidad Biológica de Iberoamérica*. Vol. II. Acta Zoológica Mexicana, nueva serie. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, 177-258 pp.
- Moreno-Casasola, P., Van Der Maarel, E., Castillo-Argüero, S., Huesca, M.L., y Pisanty-Baruch, I. 1982. Ecología de la vegetación de dunas costeras: estructura y composición en el Morro de La Mancha, Ver. I. *Biótica*, 7: 491-526 pp.
- Peralta-Peláez, L.A., y Moreno-Casasola, P. 2009. Composición florística y diversidad de la vegetación de humedales en los lagos interdunarios de Veracruz. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 85: 89-99 pp.
- 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 pp.
- Priego-Santander, A., Moreno-Casasola, P., Palacio-Prieto, J.L., López-Portillo, J., y Geissert, D. 2003. Relación entre la heterogeneidad del paisaje y la riqueza de especies de flora en cuencas costeras del estado de Veracruz, México. *Investigaciones Geográficas*, 52: 31-52 pp.
- Ruiz, 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 pp.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, 504 pp.
- SADER. 2021. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Recuperado de <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2014. SAGARPA. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera.
- SEDESOL. 2011. Atlas de riesgos naturales del municipio de Agua Dulce, 2011. Xalapa: SEDESOL. Recuperado de http://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFMunicipales/2011/vr_30204_AR_AGUA_DULCE.pdf
- SEMARNAT. 2020. Manifestación de impacto ambiental. Construcción y operación de la planta de tratamiento térmico RSG, ubicado en Agua Dulce Veracruz. México: SEMARNAT.
- Silva, R. 2005. Análisis y descripción estadística del oleaje. Instituto de Ingeniería. Instituto de Ingeniería, UNAM, México, 177 pp.
- Silva, R., Govaere, G., Salles, P., Bautista, G., y Díaz, G. 2002. Oceanographic vulnerability to hurricanes on the Mexican coast. *ASCE, Coastal Engineering*, 39-51 pp.
- Silva, R., Moreno-Casasola, P., Martínez, M.L., Mendoza, E., López-Portillo, J., Lithgow, D., Vázquez, G., Martínez-Martínez, R.E., Monroy-Ibarra, R., Cáceres-Puig, J.I., Ramírez-Hernández, A., Boy-Tamborell, M. 2017. Recomendaciones generales para el manejo de la zona costera. Instituto de Ecología, A.C., Instituto de Ingeniería, UNAM, ZOFEMAT. 60 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 Municipal del Gobierno del Estado de Veracruz (2019). Recuperado de <http://ceieg.veracruz.gob.mx/2019/05/09/cuadernillos-municipales-2019/>
- Stockdon, H.F., Holman, R.A., Howd, P.A., y Sallenger, A.H. 2006. Empirical parameterization of setup, swash, and runup. *Coastal Engineering*, 53: 573-88 pp.
- Travieso-Bello, A.C., Moreno-Casasola, P., y Campos, A. 2005. Efecto de diferentes manejos pecuarios sobre el suelo y la vegetación en humedales transformados a pastizales. *Interciencia*, 30: 12-18 pp.
- Trifonova, E., Valchev, N., Keremedchiev, S., Kotsev, I., Eftimova, P., Todorova, V., Konsulova, T., Doncheva, V., Flipova, M., Vergiev, S., Petkov, J., Nikolaev, R., de Vries, W., Silva, R., Andreeva, N., Galiatsotou, P., Kirilova, D., Krestenitis, Y., Polonsky, A., Androulidakis, I., Kombiadou, K., Weisse, R., Mendoza, E., Durán, G., Karambas, T., Koftis, T., Prinos, P., Kuznetsov, S., y Saprykina, Y. 2014. Mitigating flood and erosion risk using sediment management for a touristic city: Varna, Bulgaria. En: Zanuttigh, B., Nicholls, R., Vanderlinden, J.P., Thompson, R., y Burcharth, H. (Eds.). *Coastal risk management in a changing climate*. Elsevier, 358-383 pp.
- Valderrama-Landeros, L. H., Martell-Dubois, R., Ressler, R., Silva-Casarín, R., Cruz-Ramírez, C. J., y Muñoz-Pérez, J. J. 2019. Dynamics of coastline changes in Mexico. *Journal of Geographical Sciences*, 29(10), 1637-1654 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*, 87: 50-76 pp.

La costa del municipio de Agua Dulce tiene una extensión de 12.24 km. Es del tipo arenoso-acumulativo y está compuesta por playas bajas, seguidas por un cordón de dunas frontales. El municipio tiene una elevación promedio de 13.9 m s.n.m. y las mayores elevaciones se encuentran en la zona central alcanzando los 49.7 m s.n.m. El río Tonalá es la principal fuente de sedimentos y nutrientes de la costa y ecosistemas adyacentes como el sistema de manglar, las dunas y playas. El transporte predominante de sedimentos es de tipo longitudinal con dirección de este a oeste. No se detectó la presencia de infraestructura que afecte el transporte de sedimentos hacia y a lo largo de la costa.

El municipio se caracteriza por presentar únicamente dunas del tipo frontal, las cuales están totalmente estabilizadas, es decir, cubiertas de vegetación. En la porción centro-sureste del litoral se observa una planicie de dunas frontales que puede alcanzar los 800 m de ancho. El estado de conservación de las dunas de Agua Dulce es malo, ya que se utilizan para actividades agrícolas como el cultivo de coco.

El municipio también cuenta con manglares y humedales de agua dulce a lo largo de la costa del municipio. El manglar se extiende a lo largo del margen oeste del río Tonalá y contiene mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle blanco (*Laguncularia racemosa*).

En general, el estado de conservación de la zona costera de Agua Dulce es de regular a muy malo, con pérdida de vegetación natural sobre todo debido a las actividades agropecuarias. Dado el fuerte impacto de las actividades humanas en la zona costera del municipio, las acciones de restauración, conservación, protección y manejo sostenible deben ser prioritarias.



ISBN: 978-607-8833-23-8



9 786078 833238