

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
ESCUELA DE INGENIERÍA MAZATLÁN
PROGRAMA DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL**



“DELIMITACIÓN DE LA ZONA FEDERAL MARÍTIMO TERRESTRE (ZOFEMAT) DEL TRAMO DE PLAYA PUNTA CAMARÓN-PUNTA SÁBALO EN MAZATLÁN, SINALOA”.

Tesis para obtener el grado de:

LICENCIADO EN INGENIERÍA CIVIL

Presenta:

C. VICTORIA YULISSA LIZÁRRAGA SÁNCHEZ

Director:

DR. PEDRO ALFONSO AGUILAR CALDERÓN

Co-Director:

DR. LUÍS ALFONSO COLADO VELAZQUEZ

Mazatlán, Sinaloa diciembre de 2022



DEDICATORIA

Esta tesis es un logro más que llevo a cabo, por eso se la dedico a Dios, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera.

A mi madre, que ha sido mi incondicional a lo largo de la vida, la que nunca me soltó de la mano y siempre me alentó para seguir adelante.

A mi abuelita, a ese ángel maravilloso que tengo en el cielo y no alcanzó a verme hacer este logro, pero sé que está orgullosa de la persona que me estoy convirtiendo.

A mis hermanas y demás familia, por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera Universitaria.



AGRADECIMIENTOS

Primero y, antes que nada, dar gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a mi madre por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias por estar dispuesta a acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio, agotadoras noches en la que su compañía, sus palabras motivacionales y las llegadas de su café lo eran todo en ese momento.

A mi familia y amigos que siempre estuvieron animándome en toda mi carrera Universitaria y en este camino al decidir hacer esta tesis, gracias por todas sus palabras y muestras de cariño en todo momento.

A mis asesores al Dr. Pedro Alfonso Aguilar Calderón y al Dr. Luís Alfonso Colado Velázquez (gracias por facilitarnos su equipo topográfico) por haberme guiado durante todo este largo camino y siempre haber estado brindándome su apoyo, experiencia y sabiduría.

Al Programa de Fomento y Apoyo a Proyectos de Investigación (PROFAPI) de la Universidad Autónoma de Sinaloa por haberme becado para la realización de esta tesis de investigación.

A la Universidad Autónoma de Sinaloa mi Alma Mater por brindarme la oportunidad de cursar mis estudios de licenciatura.



ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Justificación.....	6
1.3 Objetivo general y específicos.....	8
1.4 Hipótesis.....	9
CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE	10
2.1 Definición de zona costera, playa y línea de costa.....	10
2.2 Zona urbana-costera.....	15
2.3 ZOFEMAT (Zona Federal Marítimo Terrestre).....	15
2.3.1 Marco jurídico nacional de la ZOFEMAT.....	18
2.3.2 Metodología para delimitación de ZOFEMAT.....	27
2.4 Uso de fotogrametría para la digitalización de la ZOFEMAT mediante un VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado).....	30
2.5 Software pix4D para el procesamiento de levantamientos fotogramétricos.....	32
2.6 Software ArcGis para elaboración de cartografía.....	33
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	36
3.1 Ubicación, descripción y delimitación del Área de Estudio.....	36
3.2 Recopilación de Información Secundaria.....	49
3.2.1 Imágenes Satelitales antiguas.....	49
3.3 Fase de Campo.....	49
3.3.1 Levantamiento topo-batimétrico y ubicación de Puntos de Control Terrestre y perfiles.....	50
3.4 Fase de Procesamiento.....	51
3.4.1 Proceso fotogramétrico.....	51
3.4.2 Digitalización de ZOFEMAT.....	53
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	55
4.1 Ortofoto de tramo Punta Camarón-Punta Sábalo.....	55
4.2 ZOFEMAT.....	57
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Perfil esquemático para ejemplificar la Zona Federal Marítimo Terrestre. -----	3
Figura 2. Localización geográfica de Mazatlán, Sinaloa, México. -----	4
Figura 3. Entrada a Marina Mazatlán, Sin. -----	5
Figura 4. Entrada a puerto canal de navegación Mazatlán, Sin. -----	5
Figura 5. Localización tramo Punta Camarón-Punta Sábalo, donde se localiza la llamada Zona Dorada. -----	7
Figura 6. Ubicación de espigones construidos frente a hoteles Ocean Palace y Caravelle -----	8
Figura 7. Ubicación de espigones construidos frente a hotel Las Flores. -----	8
Figura 8. Esquema de los ambientes de la zona litoral. -----	12
Figura 9. Terminología del perfil de playa -----	13
Figura 10. Perfil esquemático para ejemplificar la Zona Federal Marítimo Terrestre. -----	17
Figura 11. Perfil esquemático para ejemplificar el Terreno Ganado al Mar. --	18
Figura 12. Modalidad I de la ZOFEMAT (SEMARNAT 2006) Delimitación de la zona federal marítimo terrestre (playas). -----	22
Figura 13. Modalidad IV de la ZOFEMAT (SEMARNAT 2004) No delimitación de la Zona Federal Marítima Terrestre. -----	23
Figura 14. Modalidad III de la ZOFEMAT (SEMARNAT 2005) Delimitación de la Zona Federal Marítimo Terrestre (ríos). -----	23
Figura 15. Ejemplo de plan de vuelo para la toma de fotografía en el tramo Punta Camarón-Punta Sábalo.-----	31
Figura 16. Ejemplo ilustrativo del uso del software pix4D.-----	33
Figura 17. Collage de mapas realizados en ArcGis. -----	35
Figura 19. Rosa de vientos medios anuales -----	38
Figura 18. Rosa de oleaje medio anual en la bahía de Mazatlán.-----	38
Figura 20. Playas de la Isla de la Piedra-----	40
Figura 21. Segmento Faro del Crestón-Punta Tiburón que incluye playa Olas Altas y playa Pinitos.-----	41
Figura 22. Segmento Punta Tiburón-Punta Camarón (playas del malecón), Bahía de Puerto Viejo. -----	42
Figura 23. Enramadas (palapas) de restaurantes construidos sobre la playa en el tramo de Punta Tiburón-Punta Camarón.-----	43
Figura 24. Localización tramo Punta Camarón-Punta Sábalo, donde se localiza la llamada Zona Dorada. -----	45



Figura 25. Ubicación de espigones construidos frente a hoteles Ocean Palace y Caravelle. -----	45
Figura 26. Ubicación de espigón construido frente hotel Las Flores. -----	45
Figura 27. Segmento Marina Mazatlán Cerritos. -----	46
Figura 28. Canal de acceso a Marina Mazatlán. -----	47
Figura 29. Localización del segmento Cerritos-Punta Gruesa (Mármol). -----	48
Figura 30. Drone Mavic Air 2s de DJI. -----	49
Figura 31. Plataforma Dronelink donde se muestra la malla de un plan de vuelo de la zona de estudio Punta Camarón – Punta Sábalo. -----	50
Figura 32. Establecimiento de puntos de control terrestre GNSS GPS de alta precisión en modo RTK. -----	51
Figura 33. Software Pix4D. -----	52
Ilustración 34. Modelo digital resultado de interpolación (método krigin) ----	53
Ilustración 35. Vista en planta de los resultados de interpolación. -----	53
Figura 36. Síntesis de un mosaico armado con el software Pix4D de un vuelo realizado por el VANT planificado previamente con el software Dronelink. --	55
Figura 37. ZOFEMAT tramo Punta Camarón-Punta Sábalo del municipio de Mazatlán Sinaloa México. -----	57
Figura 38. ZOFEMAT para tramo de Punta Camarón-Punta Sábalo a detalle. 58	
Figura 39. ZOFEMAT para tramo Punta Camarón-Punta Sábalo a detalle. ---	59
Figura 40. ZOFEMAT para tramo Punta Camarón-Punta Sábalo a detalle. ---	60



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Categorías que dan significado a la ZOFEMAT.....	29
Tabla 2. Niveles de mareas de Mazatlán.	54
Tabla 3. Inmuebles que actualmente invaden la ZOFEMAT	61



RESUMEN

El continuo crecimiento de asentamientos humanos y sobreexplotación de la zona costera en gran medida es el resultado del inadecuado control sobre delimitación de la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT). En el presente proyecto de investigación se realizó una delimitación de la ZOFEMAT en el tramo de playa densamente urbanizado Punta Camarón-Punta Sábalo en el municipio de Mazatlán Sinaloa, mediante el uso de un VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado) con el objetivo de elaborar el padrón de ocupantes que invaden la ZOFEMAT aplicando la metodología de la NORMA Oficial Mexicana NOM-146-SEMARNAT-2017.



CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

México cuenta con 11,122 km de línea de costa de los cuales el 72% corresponde al Océano Pacífico y el 28% restante al Golfo de México y el Mar Caribe (INEGI, 2015) cuya gestión representa un enorme reto. A lo largo de las costas mexicanas se encuentran ecosistemas de gran relevancia para el desarrollo de la población que ahí se asienta, así como para el esparcimiento y descanso de la población que proviene de diferentes partes del país y del mundo. Además de playas y otros hábitats de gran atractivo para el turismo de sol y playa, existen otros ecosistemas propios de los ambientes costeros, como son bahías, estuarios, ensenadas, zonas de manglar, praderas de pastos marinos, humedales y arrecifes de coral.

Actualmente, el aumento del nivel del mar es un fenómeno que ocasiona gran afectación a las zonas costeras a una escala global y provoca una serie de daños a los servicios que ofrece. Debido al gran número de actividades económicas y sociales que se desarrollan en la zona costera, es muy susceptible de ser alterada. El continuo crecimiento de asentamientos humanos en la zona costera, particularmente sobre el litoral, el inadecuado control sobre la regulación de los asentamientos y construcción de obras de protección costera (espigones, rompeolas, amuramientos etc.) incrementan la susceptibilidad de riesgo por erosión, inundación de zonas bajas, pérdida del paisaje y contaminación con efectos potenciales de suma importancia para comunidades cuyo desarrollo socio-económico depende de las playas (Silva et al., 2011).

En este contexto uno de los aspectos más importantes de las zonas costeras para un correcto manejo integral y desarrollo de la población es el que tiene que ver con la administración de los bienes nacionales que tiene a su cargo la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, a través de la Dirección General de Zona

Federal Marítimo Terrestre y Ambientes Costeros, es decir la Zona Federal Marítimo Terrestre y los Terrenos Ganados al Mar (ver Figura 1). La Ley General de Bienes Nacionales determina que están sujetos al régimen de dominio público de la Federación los bienes de uso común a que se refiere el artículo 7 de esta Ley (que incluyen a las playas marítimas y la zona federal marítimo terrestre;), así como los terrenos ganados natural o artificialmente al mar, ríos, corrientes, lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional, entre otros.

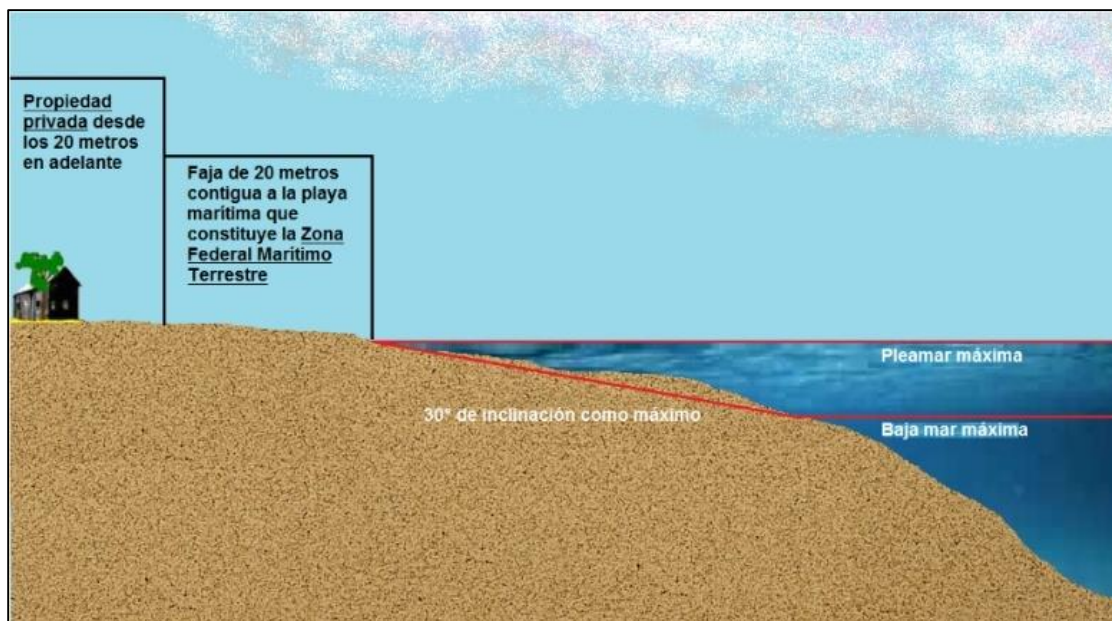


Figura 1. Perfil esquemático para ejemplificar la Zona Federal Marítimo Terrestre. Tomado de sitio web de PROFEPA.

En los últimos años, se ha incrementado la problemática de erosión y cambios brutales en la configuración y alteración de la morfología de las playas del Océano Pacífico en México, en particular de la zona costera del estado de Sinaloa en el municipio de Mazatlán, el cual se localiza en la parte sur del mismo entre los meridianos 105°46'23" y 106°30'51" al oeste del meridiano de Greenwich, y entre los paralelos 23°04'25" y 23°50'22" de latitud norte (ver Figura 2).

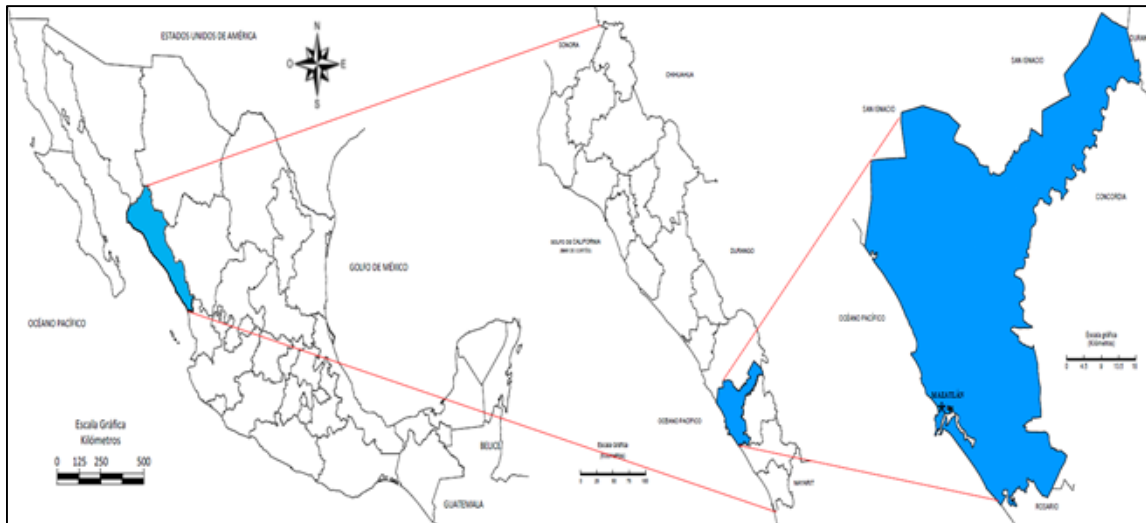


Figura 2. Localización geográfica de Mazatlán, Sinaloa, México.

Mazatlán es uno de los puertos más importantes del pacífico mexicano debido a su riqueza marítima, su gran actividad pesquera y su desarrollo turístico. Desafortunadamente, la mayoría de las actividades antrópicas afectan directamente e indirectamente a la costa provocando impactos negativos sobre ésta y en Mazatlán, dos principalmente: la ampliación del malecón y algunos sectores de la llamada Zona Dorada. La primera, se realizó en la avenida del mar, en el tramo que comprende de Av. Rafael Buena hasta Av. Gutiérrez Nájera, que ocasionó la alteración del perfil de equilibrio originando la desaparición si no del total de un 80% de las dunas en la playa en la zona de amortiguamiento. La segunda, en la Zona Dorada (Av. Camarón Sábalo) que comprende desde el Hotel Emporio hasta la playa Cerritos, el desarrollo de la Marina Mazatlán en la zona del estero del Sábalo y sus alrededores, la cual requiere obras de dragado y construcción de escolleras para mantener la boca de la marina abierta y navegable de manera permanente (ver ilustración 3 y 4), lo que ocasionó la interrupción del aporte sedimentario que afloraba de esa zona y alimentaba a otros tramos de playa.



Figura 4. Entrada a puerto canal de navegación Mazatlán, Sin.



Figura 3. Entrada a Marina Mazatlán, Sin.

La anterior descrito es debido a que todas las modificaciones realizadas en la zona costera no respetaron la ZOFEMAT (Zona Federal Marítimo Terrestre) y han alterado la morfología y las condiciones hidro-morfodinámicas de la costa.

Por lo que el objetivo de este proyecto de investigación es delimitar, georreferenciar y elaborar el Padrón de Ocupantes la Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos ganados al mar del tramo de playa Punta Camarón-Punta Sábalo de la zona costera de Mazatlán, Sinaloa aplicando la metodología de la NORMA Oficial Mexicana NOM-146-SEMARNAT-2017.



1.2 Justificación

Mazatlán es una ciudad del noroeste de la República Mexicana y cabecera del municipio del mismo nombre, está situada en el estado de Sinaloa y es la segunda en importancia de la entidad. La costa de Mazatlán se extiende a lo largo de 80 kilómetros sobre el Océano Pacífico, se caracteriza por sus lagunas litorales, ríos, arroyos, depósitos eólicos y marinos que forman lomeríos de suave relieve a no más de 0.05 km sobre el nivel del mar.

Es innegable que uno de los atractivos principales del puerto de Mazatlán son sus playas arenosas y la agradable temperatura de las aguas durante todo el año. Estas cualidades han propiciado el desarrollo de su infraestructura hotelera y lo han convertido en uno de los destinos turísticos más importantes del país. Su explotación turística sustentable requiere controlar el acelerado desarrollo urbano que en las últimas décadas ha tenido Mazatlán y ha generado múltiples problemas en su zona litoral y cuerpos de agua costeros. A raíz de esto, una gran cantidad de recursos han desaparecido o enfrentan el peligro de una grave alteración como consecuencia del carácter de las actividades sociales o “externalidades” centradas en la obtención de ganancias a corto plazo, sin que medie una cultura que garantice la preservación de los recursos naturales para su administración sostenida a largo plazo en favor del equilibrio entre los ciclos naturales y la satisfacción de necesidades en las futuras generaciones (Beraud, 1997).

Un ejemplo de la sobreexplotación de playas en Mazatlán es el segmento de playa Punta Camarón-Punta Sábalo (ver Figura 5). Este tramo de playas, en las últimas décadas, han sufrido cambios que han provocado su erosión, debido a la alteración de la dinámica natural de las arenas que la forman. Aunque la mayoría de los principales hoteles de la zona están construidos cerca del mar, algunos fueron colocados tan próximos, que pronto tuvieron problemas de erosión. Para evitar daños mayores a los edificios y conservar sus playas, los propietarios afectados



tuvieron que proteger sus estructuras. Inicialmente en la playa del hotel Las Flores se construyó un espigón de enrocamiento (ver Figura 6) y posteriormente, entre el hotel Caravelle y el Ocean Palace, se construyeron cuatro más (ver Figura 7). Estas estructuras alteraron substancialmente las playas al interferir con el movimiento natural de la arena, lo que afectó a las construcciones aledañas, quienes también se tuvieron que resguardar construyendo diversos tipos de muros, estructuras, enrocamientos, rellenos etc. Todas las estructuras fueron construidas sin una planeación con el total desconocimiento sobre los diferentes fenómenos y estudios que se tienen que tomar en cuenta para su correcto diseño y construcción, además de que, en un inicio, no respetaron la Zona Federal Marítima Terrestre (ZOFEMAT).

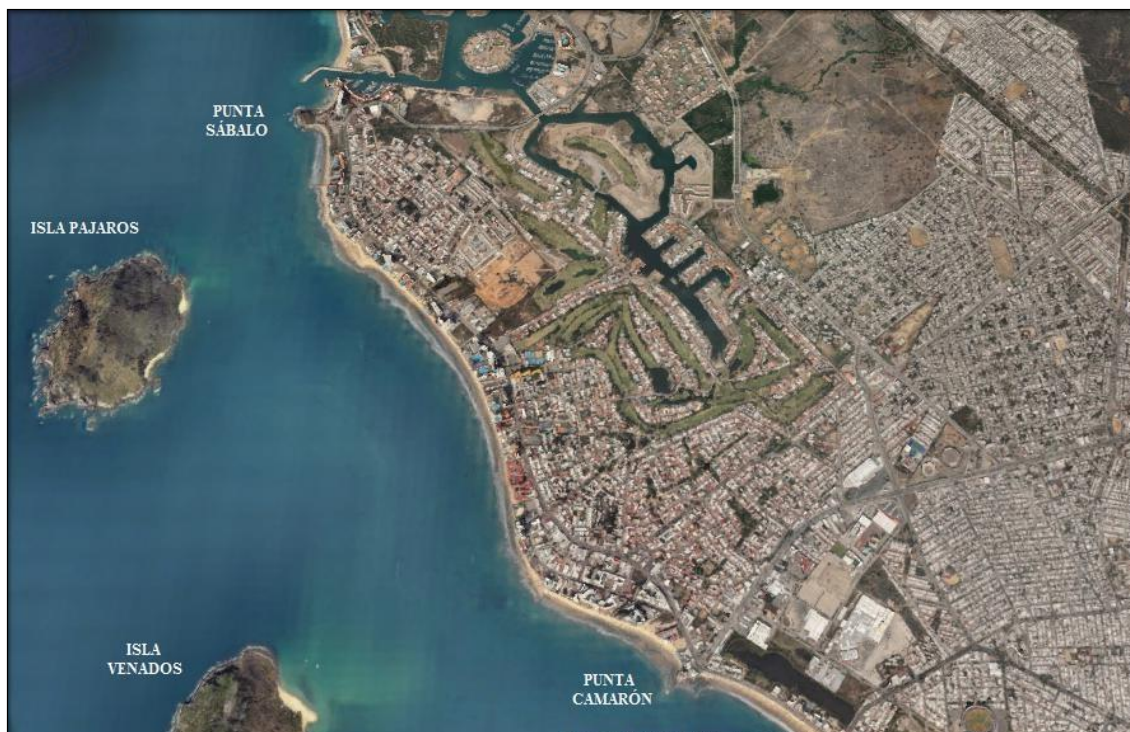


Figura 5. Localización tramo Punta Camarón-Punta Sábalo, donde se localiza la llamada Zona Dorada. (Google Earth Pro, 2019).

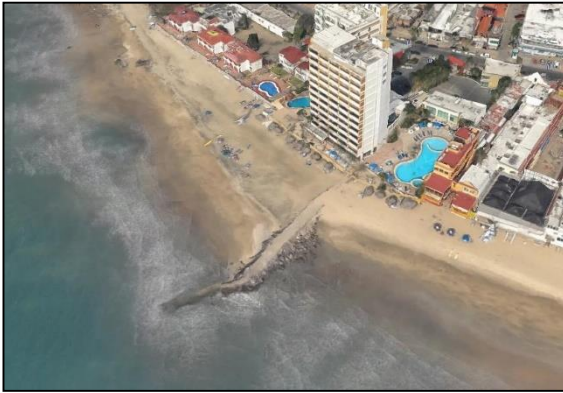


Figura 6. Ubicación de espigones construidos frente a hoteles Ocean Palace y Caravelle (Google Earth Pro, 2019).



Figura 7. Ubicación de espigones construidos frente a hotel Las Flores. (Google Earth Pro, 2019).

En el municipio de Mazatlán no existe un marco legal que regule y proteja el uso de las playas, así como algún programa de regeneración y restauración de las mismas, por lo que se requiere el planteamiento de elementos técnicos para la elaboración de criterios de regulación y manejo sustentable. Un primer paso es actualizar y regularizar el Censo de Ocupantes de la ZOFEMAT, y el objetivo de este proyecto de investigación es precisamente actualizar en Mazatlán en el tramo de playa Punta Camarón-Punta Sábalo la Zona Federal Marítima Terrestre.

1.3 Objetivo general y específicos

Objetivo general

Delimitar, georreferenciar y elaborar el Padrón de Ocupantes la Zona Federal Marítimo Terrestre del tramo de playa Punta Camarón-Punta Sábalo de la zona costera de Mazatlán, Sinaloa aplicando la metodología de la Norma Oficial Mexicana NOM-146-SEMARNAT-2017 vigente.



Objetivos específicos

- Realizar una caracterización de la zona de estudio que incluya un levantamiento topo-batimétrico y fotogramétrico.
- Obtener la línea de Zona Federal Marítimo Terrestre del tramo de playa Punta Camarón-Punta Sábalo.
- Elaborar un censo actualizado de los concesionarios que ocupan o invaden en el tramo de playa Punta Camarón-Punta Sábalo la ZOFEMAT.

1.4 Hipótesis

A pesar de que existen leyes y reglamentos que regulan la ocupación costera en México, especialmente en la Zona Federal Marítimo Terrestre, las playas marítimas y los terrenos ganados al mar, existe un rezago en la ordenación de las personas físicas y morales que ocupan diferentes superficies de dichos bienes nacionales.

El uso de VANT's (Vehículos Aéreos No Tripulados) facilita la delimitación, monitoreo y control de la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT), por la rapidez en la obtención de imágenes aéreas georreferenciadas (ortofotos) actualizadas de la franja costera y el ordenamiento de las zonas costeras, fundamentalmente en materia de delimitación, georreferenciación y censo de ocupantes.



CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Definición de zona costera, playa y línea de costa.

En términos generales, las zonas costeras son definidas como aquellas en las cuales existe una marcada interacción entre el medio marino y el terrestre, considerando por lo tanto una porción del territorio “seca” y otra “mojada”, las cuales entran en contacto a través de lo que se conoce como el litoral. Este enfoque nos obliga a concebir a la zona costera como una amplia región en la que se presentan fenómenos físico-químicos, geológicos, atmosféricos, biológicos y socioculturales que ponen de manifiesto la intrincada relación que existe entre la parte “seca” y la parte “mojada”. Desde una perspectiva ecosistémica, la zona costera representa una serie de gradientes o eco tonos (zonas de transición entre dos ambientes) que se encuentran ligados entre sí a través del flujo de materia y energía, siendo el agua la principal responsable de estos flujos en su dirección tierra mar y la atmósfera en el caso inverso. (Ortiz Lozano, et al. 2010.)

Los ambientes costeros están sujetos a cambios que varían ampliamente en escala geográfica, tiempo y duración, que al combinarse crean sistemas biológicamente muy productivos, pero vulnerables a las presiones ambientales de las diversas actividades humanas (Bolleteo et al., 2011). La costa es una zona amplia que abarca relieves de litoral, acantilados, terrazas marinas y planicies costeras, están en constante transformación por la acción de las olas, corrientes litorales, mareas, movimientos tectónicos, oscilaciones del nivel del mar, erosión, acumulación fluvial y la actividad humana (Kokot y Chomnalez, 2012; Torresan et al., 2012).

Los cambios morfológicos a lo largo de los litorales se pueden apreciar por la acumulación de arenas formando playas extensas de pendientes suaves, acompañadas de dunas, tómbolos, lengüetas, barreras, o bien, por los procesos de erosión o remoción de las arenas exponiendo sustratos rocosos, formando



cavernas, farallones, puntas y playas angostas de pendientes fuertes la mayoría de las veces, con materiales gruesos de arena y gravas (Torres Rodríguez, V. et al., 2010).

En el sentido estricto, la zona costera es la zona de transición entre el ambiente marino y terrestre, directamente bajo la influencia de los procesos hidrodinámicos marinos o lagunares, extendiéndose desde la plataforma continental en el límite oceánico, hasta el primer cambio topográfico importante (cuya altura es definida arbitrariamente en cada país) por encima del alcance del máximo oleaje de tormenta (CERC, 2000).

La zona costera es la franja localizada entre el mar abierto y la superficie terrestre, de constante transformación originada por la gran actividad entre los procesos terrestres, marinos y atmosféricos como las corrientes marinas, las mareas, el oleaje, la abrasión, el viento, flujo de ríos en cuerpos semi-cerrados y las fluctuaciones del nivel del mar. Su alcance comprende de la ribera hasta la transición física entre la tierra y el mar, los ecosistemas terrestres y adyacentes que afectan el mar a través de los procesos biológicos como el flujo de nutrientes o energía y los ecosistemas marinos afectados por su proximidad. Para su estudio y manejo, la zona costera frecuentemente se divide en tres sub-ambientes (ver figura 8), con base en su hidromorfología: zona supralitoral, zona intermareal y zona infralitoral (Silva et al, 2014).

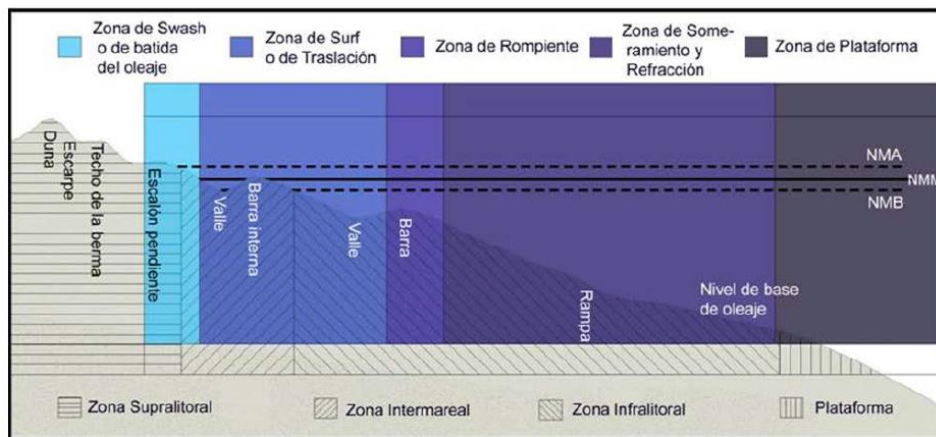


Figura 8. Esquema de los ambientes de la zona litoral. donde NMA, NMM Y NMB son el Nivel Medio Alto, Medio y Medio Bajo de marea, respectivamente (Silva et al, 2014).

Las playas son acumulaciones de materiales no consolidados en zonas litorales y están sujetas a la acción del oleaje, las corrientes, los vientos y las mareas. En condiciones de concentraciones de detritos (material suelto o sedimentos, productos de la erosión) de alta densidad y resistencia, las arenas de playas pueden ser ricas en minerales (Carranza-Edwards, 2010). La playa es sólo la parte activa y visible de la costa, la cual muestra fluctuaciones de corto término que a veces no coinciden con las de largo plazo, ya que una zona puede presentar tendencia a la erosión o acreción lenta, con episodios en aparente oposición a la tendencia general (Kokot, 2004).

Las playas son agregaciones de fragmentos de rocas y otros materiales que se encuentran sujetos al movimiento del oleaje, las corrientes marinas y el viento. Las características de una playa quedan definidas en términos del tamaño promedio de las partículas que la constituyen, el rango y distribución de los tamaños, la composición mineralógica de la arena, la elevación y ancho de la berma, la pendiente de la playa, y la existencia o ausencia de una barra. En general podemos decir que entre más gruesa la arena, mayor será la pendiente, y viceversa. Cuando una playa compuesta de arena queda temporalmente lejos del oleaje y de las

mareas entonces se seca por la acción del sol, y la arena se mueve hacia el continente formando dunas o de regreso a la costa por acción del viento. El resultado de este cambio continuo representa una tendencia a largo plazo hacia la erosión o la sedimentación o el equilibrio dinámico dependiendo de las cantidades relativas de abastecimiento o pérdida de material en la playa.

Es un hecho que las playas alrededor del mundo poseen una composición y forma similares. El perfil de la playa, corte transversal de la misma perpendicular a la costa, está generalmente compuesto de cuatro secciones: Offshore, zona de cercanías a la costa, la playa y la costa. La arena que conforma este perfil está distribuida por la transformación del oleaje y las corrientes generadas en la zona de cercanías a la costa, que es la región donde el oleaje se peralta y comienza su proceso de rotura. Dentro de la playa, la zona de lavado (o zona de swash en inglés) es la región del perfil que está alternativamente mojada y seca por el ascenso y descenso de las olas. La playa seca puede consistir de una o más bermas y escarpes, que son acumulación de sedimento y cortes verticales en la parte superior del perfil. Hacia tierra, la playa puede contener dunas creadas por vientos que transportan material de la playa hacia tierra, el cual queda atrapado en la vegetación o acantilados presentes en las costas (Pedrozo, 2011).

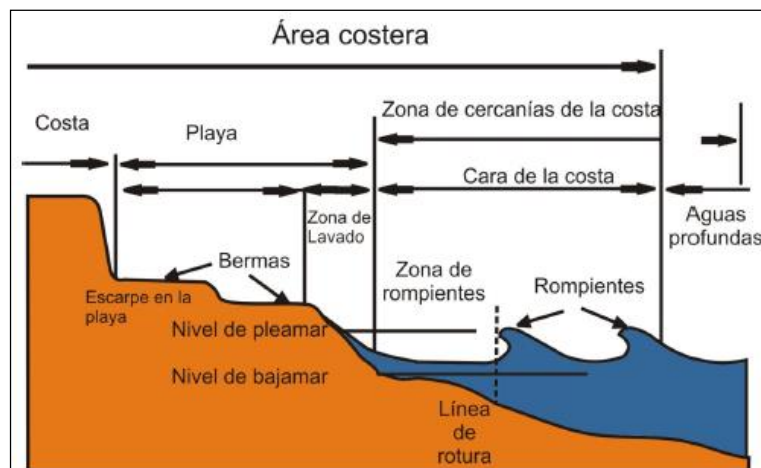


Figura 9. Terminología del perfil de playa (adaptado del Shore Protection Manual, 1984)



La geometría de la playa está continuamente cambiando como respuesta a la dinámica cambiante del oleaje y de sus corrientes asociadas. En las playas existe una interrelación total y directa entre morfología (perfil, forma en planta), granulometría del sedimento y dinámica marina (energía del oleaje, rango de mareas). Un buen conocimiento de esta interrelación permite predecir el comportamiento de la playa, explicar sus ritmos de cambio y establecer tendencias en el caso de que alguna de las variables que la condicionan cambie, por causas naturales o antrópicas (Benavente 2015).

El principal indicador de la dinámica costera es la línea de costa (Douglas y Crowell, 2000), esta es concebida como la zona de convergencia entre el mar y la tierra seca (arena). Se caracteriza por representar la interacción de la rompiente de las olas, el aumento o descenso de las mareas, la descarga de sedimentos de los ríos, las corrientes lejanas y cercanas, procesos biológicos, el lento cambio del nivel del mar, el ascenso o descenso de los continentes y la actividad del ser humano (Guzmán et al, 2008).

La ubicación de la línea costera a lo largo de las costas, varía considerablemente en un espectro de escalas temporales como resultado de la erosión de las costas (retroceso) o acreción (avance), cambios en el nivel del agua y levantamientos o subsidencia del terreno. La posición de la línea de costa refleja el balance de sedimentos en la costa, y sus variaciones pueden indicar efectos naturales o inducidos por el hombre a lo largo de la costa o en las cuencas fluviales cercanas. La evolución del litoral costero está dada por la interacción de las formaciones rocosas o sedimentarias que lo conforman, las estructuras que lo afectan, los agentes hidrodinámicos y los factores antrópicos (Posada y Henao, 2008).



2.2 Zona urbana-costera

México cuenta con 11,122 km de litoral, de los cuales casi el 70 % corresponde a la vertiente del Océano Pacífico y Golfo de California (7,828 Km), mientras que el 30 % restante corresponde a las zonas costeras del Golfo de México y Mar Caribe (3,294 Km) (PNMCM, 2018). Su zona costera abarca desde playas arenosas, de grava, de conchuelas y litorales de rocas en las cuales se albergan gran diversidad de ecosistemas dulceacuícolas, salobres y marinos de importancia para la fauna y flora que allí convive. Las zonas costeras cuentan con sectores económicos de relevancia para el país, como puertos, desarrollos urbanos y turísticos e infraestructura de diversa naturaleza como caminos y puentes, centrales eléctricas y estructuras para la extracción, producción y distribución de hidrocarburos. La zona costera es aquella que comprende la superficie de playa (definida como el área cubierta y descubierta periódicamente por las aguas, más la franja subsiguiente de arena, grava, guijarros y rocas), que va desde la bajamar hasta el límite donde comienza la vegetación natural o, en su ausencia, donde comienza otro ecosistema, para el uso público, libre y gratuito de su población.

2.3 ZOFEMAT (Zona Federal Marítimo Terrestre)

En 1982 este espacio territorial adoptó el nombre de Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT). Al mismo tiempo, se tiene esta franja como de uso común, esto es, que es susceptible de ser aprovechada por todos los pobladores de México, con las restricciones establecidas por la ley. La Ley General de Bienes Nacionales (LGBN) vigente, publicada originalmente el 20 de mayo de 2004, indica lo siguiente: (art. 1 LGBN) la ZOFEMAT, playas marítimas y terrenos ganados al mar se consideran del dominio público de la Nación y están sujetos a las disposiciones jurídicas de carácter patrimonial establecidas en esta ley y en el Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar, que incluye las normas para su adquisición, titulación, administración, control, vigilancia y enajenación



La Zona Federal Marítimo Terrestre es la franja de veinte metros de ancho de tierra firme, transitable y contigua a la playa. Ahora bien, para poder entenderlo mejor debemos saber que la playa son las partes de tierra que por efecto de la marea cubre y descubre el agua. (art. 7° fracción IV de la Ley General de Bienes Nacionales).

Así mismo, cuando la costa carece de playas y presenta formaciones rocosas o acantilados, la Secretaría determinará la ZOFEMAT dentro de una faja de 20 metros contigua al litoral marino, únicamente cuando la inclinación en dicha faja sea de 30 grados o menor en forma continua. (art. 4° del Reglamento para el uso y aprovechamiento de la ZOFEMAT).

La verificación del uso, aprovechamiento y explotación de la ZOFEMAT, playas marítimas y terrenos ganados al mar, administrados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), es atribución de la Procuraduría Federal de protección al Ambiente (PROFEPA) y resulta estratégica por la gran extensión de litorales con que cuenta el país, así como por la riqueza de sus recursos naturales y la importancia de los ecosistemas que alberga.

A continuación, se representa el perfil de la costa cuando existe zona federal marítimo terrestre.

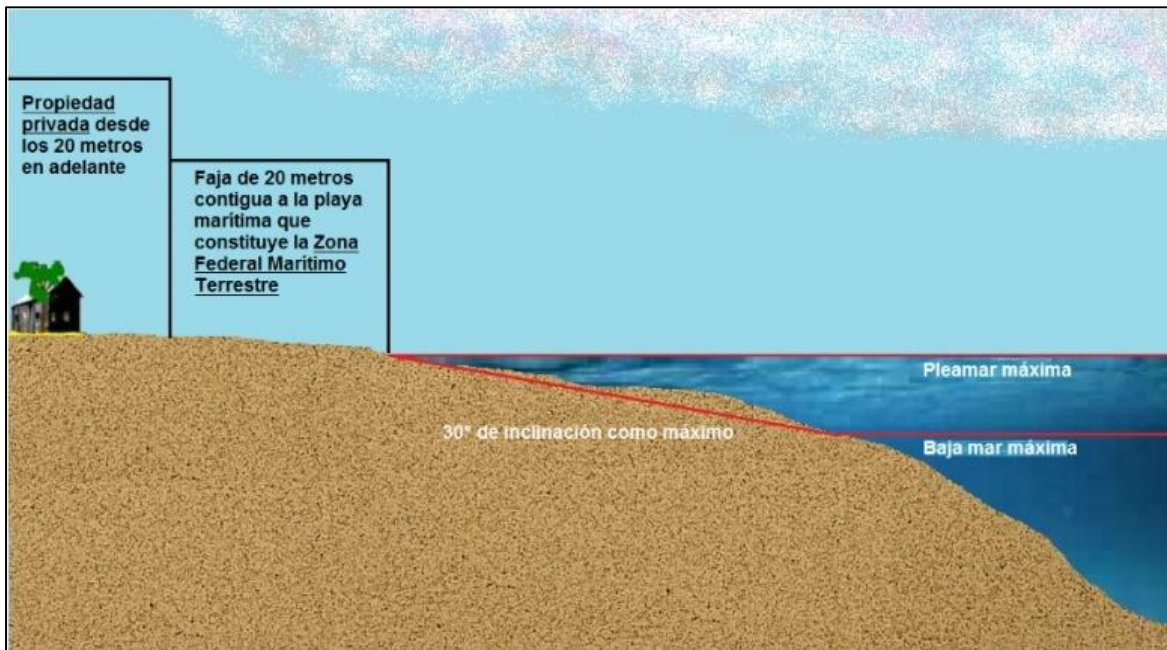
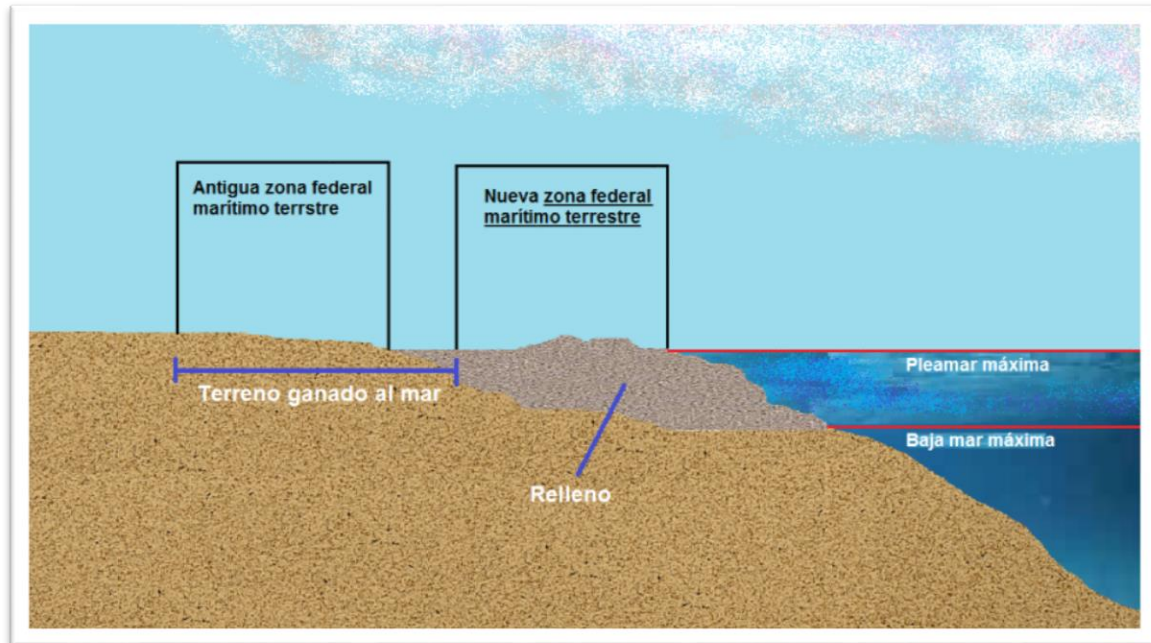


Figura 10. Perfil esquemático para ejemplificar la Zona Federal Marítimo Terrestre. Tomado de sitio web de PROFEPA.

Por otra parte, también es importante saber qué es un terreno ganado al mar, ya que la verificación del uso que se dé a este también es competencia de la PROFEPA, es la superficie de tierra comprendida entre el límite de la nueva ZOFEMAT y el límite de la ZOFEMAT original, de conformidad con el artículo 125 de la Ley General de Bienes Nacionales. (NOM-146-SEMARNAT-2005) (PROFEPA, 2016).



**Figura 11. Perfil esquemático para ejemplificar el Terreno Ganado al Mar.
Tomado de sitio web de PROFEPA**

2.3.1 Marco jurídico nacional de la ZOFEMAT

De acuerdo con el texto del artículo 27 constitucional, la naturaleza jurídica de la ZOFEMAT, lo constriñe a ser un bien nacional de uso común, regulado entre otros ordenamientos por la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley General de Bienes Nacionales (LGBN), la Ley Federal de Derechos y el Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar (RUAMAT). Reglamento por demás inoperante en la actualidad pues data de los años ochenta y es poco congruente con las necesidades y tendencias actuales de las actividades económicas en el litoral mexicano. En este sentido, se hace una breve reseña de los ordenamientos que inciden directamente sobre el bien nacional tutelado por el derecho patrimonial del estado. (Estrada, 2012)



Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM).

La CPEUM regula a la ZOFEMAT desde distintas perspectivas. Estas se encuentran tanto en la parte dogmática como en la orgánica, dicho esto a continuación hacemos referencia a las de carácter dogmático:

A) Al amparo del principio proteccionista del medio ambiente, consagrado en el artículo 4to constitucional que establece que toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar, la zona federal marítimo terrestre comparte regulación ambiental y patrimonial pues tiene contenido sustentable y por otra parte patrimonial, tal como se deslinda del Art. 27 constitucional; luego entonces la zona federal marítimo terrestre es un bien del Estado que merece protegerse considerando su riqueza natural y procurando su sustentabilidad.

B) De conformidad con el artículo 25 de la Carta Magna, corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, de tal forma que el Estado mexicano deberá incluir la variable ambiental dentro de la planeación nacional, consiguiéndose así la regulación relativa a la preservación, restauración y aprovechamiento de los recursos naturales; tal y como se plasma en el Plan Nacional de Desarrollo 2007- 2012, relativo a el cuarto eje de sustentabilidad ambiental. En dicho Plan, uno de los ejes prioritarios es el de sustentabilidad Ambiental y en este tema en específico se da relevancia al Ordenamiento Ecológico, el que incluye el Desarrollo de políticas para el manejo sustentable de océanos y costas. Así la visión del Estado mexicano, actualmente pone atención en la necesidad de crear un ordenamiento ecológico o plan maestro que le otorgue a la zona federal marítimo terrestre, un orden en el uso de su destino, pues reconoce la problemática que la ausencia de este orden representa.

C) Por su parte, el artículo 27 de nuestra Constitución, entre otras cosas, establece que la nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación,



con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública y cuidar de su conservación, esto se regula en la LGBN, Ley de la que emana el RUAMAT, ordenamiento que como ya se ha dicho es por demás inaplicable pues es incongruente con las necesidades de la ZOFEMA T y la demanda de usos que actualmente tiene, esto es, si bien es cierto nos referimos a un bien público del cual el Estado decide conferir el uso y/o aprovechamiento a los gobernados, también lo es, que este uso debe llevarse a cabo de manera racional procurando la conservación de la riqueza natural y garantizando su existencia para las futuras generaciones. Aunado a lo anterior, el párrafo sexto del mismo artículo establece que el dominio sobre los recursos naturales enumerados en los párrafos cuarto y quinto es inalienable e imprescriptible, estableciendo que sobre los mismos sólo se otorgarán concesiones para la explotación, uso o aprovechamiento de los referidos recursos naturales y dichas concesiones se sujetarán a las reglas y condiciones que se establezcan en las leyes. Esto es, el uso y aprovechamiento de la ZOFEMAT el Estado lo otorga a través de una concesión y éste título debe atender a los términos de la Ley reglamentaria de la que emana, la LGBN y es en ésta en su artículo 120 en la que se establece una facultad a la autoridad ambiental para que sea la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), sea quien promueva el uso y aprovechamiento sustentable, así como las normas y políticas que aplicarán en la ZOFEMAT. Incongruente es con lo anterior, que, no obstante, sea una Ley patrimonial la que, de facultades a una autoridad ambiental, los usos de dicho bien no se encuentren establecidos ni en esta multicitada Ley patrimonial, ni en la Ley Ambiental por excelencia, la LGEEPA, sino en un ordenamiento fiscal, como lo es la Ley Federal de Derechos, situación que posteriormente se explicará.

D) En complemento a lo anterior, se encuentran las atribuciones de los municipios, consagradas en el artículo 115 constitucional que para el caso en concreto, establece entre otras cosas, que las autoridades municipales están facultadas para celebrar convenios para la administración y custodia de zonas federales, de forma tal y dando cuenta de ésta disposición, de otras de la LGBN en lo relativo a la



custodia de zonas federales y del RUAMAT, los municipios son entes indispensables en la toma de decisiones sobre la ZOFEMAT.

Así mismo; sucede con los denominados acuerdos de destino de inmuebles federales, figura mediante la cual, se destina al servicio de cualquier nivel de gobierno, el uso, aprovechamiento o explotación de la zona que requiera el interés público. Lo anterior se traduce en que para instrumentar la zonificación que la ZOFEMAT requiere para su uso, los tres órdenes de gobierno deben participar en la consolidación de criterios y políticas para lograr un instrumento eficaz y eficiente que comulgue con las necesidades tanto federales como las regionales y sea congruente con las actividades económicas de esos ámbitos.

Ley General de Bienes Nacionales.

Ahora bien, la ZOFEMAT, ésta encuentra regulada por el título cuarto de la LGBN (artículos 119-127). El artículo 7° de la LGBN, dispone que la ZOFEMAT constituye un bien inmueble del dominio público que forma parte del patrimonio nacional y por lo tanto es inalienable (no se puede vender), inembargable (- exento de embargo) e imprescriptible (no es objeto de propiedad, derechos reales). De conformidad con el artículo 119 de la LGBN, existen cuatro modalidades para delimitar la superficie que abarca la ZOFEMAT, dos pertenecen a la parte continental y las restantes a las islas-, estas son:

I.- Cuando la costa presente playas, la ZOFEMAT estará constituida por la franja de 20 metros de ancho de tierra firme, transitable y contigua a dichas playas o, en su caso, a las riberas de los ríos, desde la desembocadura de éstos en el mar, hasta cien metros río arriba;

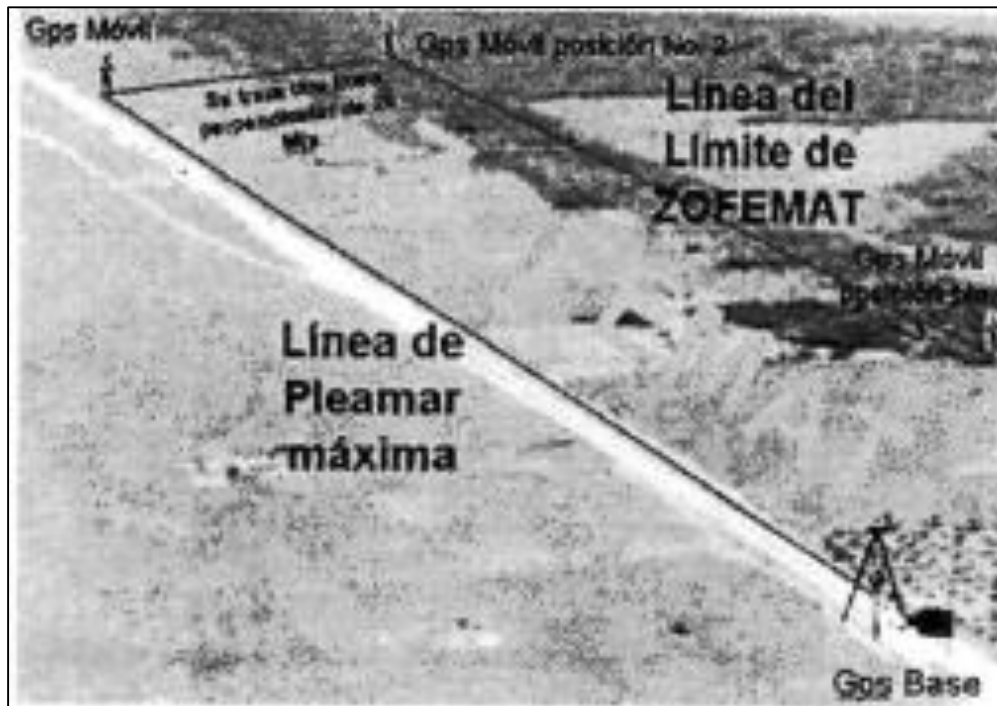


Figura 12. Modalidad I de la ZOFEMAT (SEMARNAT 2006) Delimitación de la zona federal marítimo terrestre (playas).

II.- La totalidad de la superficie de los cayos y arrecifes ubicados en el mar territorial, constituirá zona federal marítimo terrestre.

III.- En el caso de lagos, lagunas, esteros o depósitos naturales de agua marina que se comuniquen directa o indirectamente con el mar, la franja de veinte metros de ZOFEMAT se contará a partir del punto a donde llegue el mayor embalse anual o límite de la pleamar, en los términos que determine el reglamento.

IV.- En el caso de marinas artificiales o esteros dedicados a la acuacultura, no se delimitará zona federal marítimo terrestre, cuando entre dichas marinas o esteros y el mar medie una zona federal marítimo terrestre. La zona federal marítimo terrestre correspondiente a las marinas que no se encuentren en este supuesto, no excederá de tres metros de ancho y se delimitará procurando que no interfiera con el uso o destino de sus instalaciones.

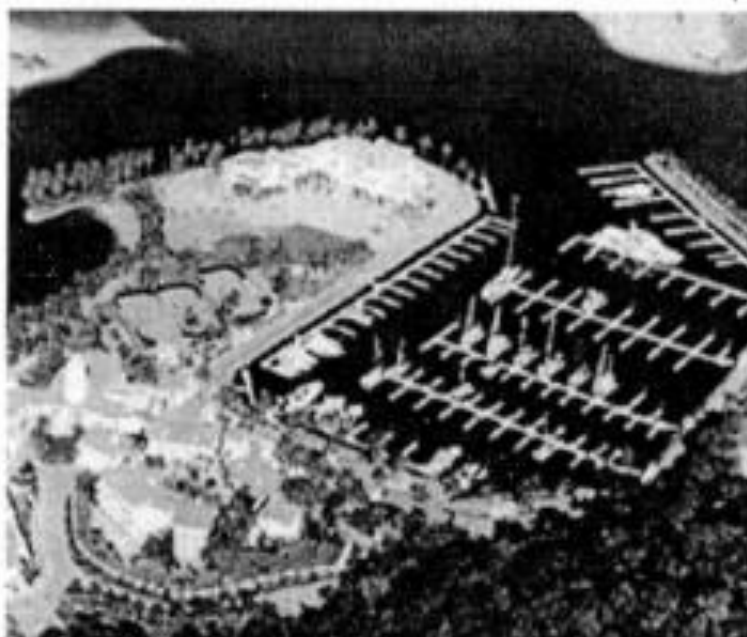


Figura 13. Modalidad IV de la ZOFEMAT (SEMARNAT 2004) No delimitación de la Zona Federal Marítima Terrestre.

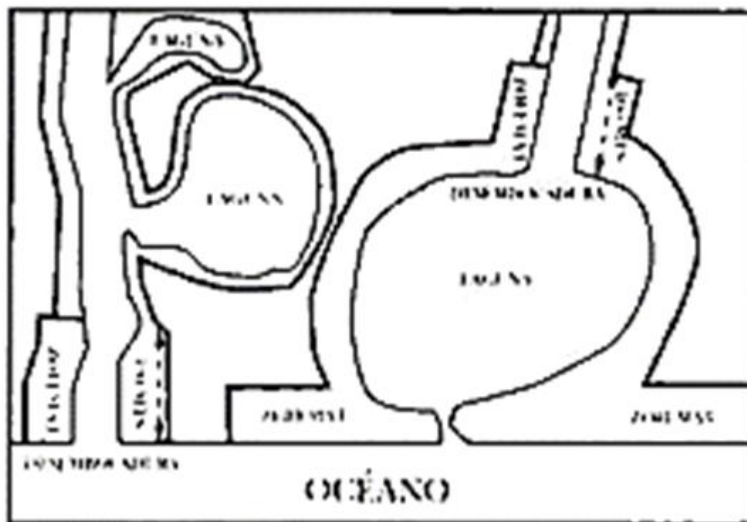


Figura 14. Modalidad III de la ZOFEMAT (SEMARNAT 2005) Delimitación de la Zona Federal Marítima Terrestre (ríos).



Por lo anteriormente expuesto, existen diversas modalidades pueden definir y/o delimitan a la ZOFEMA T; se constituye como la franja de 20 metros transitable y contigua al mar, la totalidad de islas y arrecifes, así como la franja de 20 metros existente entre cuerpos de agua comunicados directa o indirectamente con el mar. En cuanto a las facultades administrativas, la LGBN faculta a la SEMARNA T para llevar a cabo el deslinde, delimitación y concesión de la ZOFEMAT (art. 120).

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).

La LGEEPA es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable. Para el caso que nos ocupa, el marco jurídico ambiental que aplica a la ZOFEMAT incluye diversos principios de política ambiental, como son los previstos en los siguientes artículos:

ARTÍCULO 15.- Para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas oficiales mexicanas y demás instrumentos previstos en esta Ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, el Ejecutivo Federal observará los siguientes principios:

II.- Los ecosistemas y sus elementos deben ser aprovechados de manera que se asegure una productividad óptima y sostenida, compatible con su equilibrio e integridad;

IV.- Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a



asumir los costos que dicha afectación implique. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente y aproveche de manera sustentable los recursos naturales.

Con base en estos principios, el Estado debe regular el uso, aprovechamiento y explotación de la ZOFEMAT, no obstante la autoridad ambiental se limita a emitir títulos de concesión mediante los cuales concede el uso, aprovechamiento y/o explotación de la ZOFEMAT sin que haya una evaluación conjunta de la vocación del área y la actividad que se pretende desarrollar, por ende la autoridad no aplica de manera eficaz los principios ambientales que debe observar cuando otorga las concesiones correspondientes, aunado a lo anterior, los usos a los que se destina dicha área los establece como ya se dijo, la Ley Federal de Derechos (LFD), cuya naturaleza no es precisamente considerar la sustentabilidad del uso, sino sólo se ocupa de la contraprestación que recibe el Estado por la ocupación del bien en mención.

Es la LGBN (Ley General de Bienes Nacionales), la que en su artículo 120 establece que el Ejecutivo Federal, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, promoverá el uso y aprovechamiento sustentables de la zona federal marítimo terrestre y los terrenos ganados al mar. Con este objetivo, dicha dependencia, previamente, en coordinación con las demás que conforme a la materia deban intervenir, establecerá las normas y políticas aplicables, considerando los planes y programas de desarrollo urbano, el ordenamiento ecológico, la satisfacción de los requerimientos de la navegación y el comercio marítimo, la defensa del país, el impulso a las actividades de pesca y acuacultura, así como el fomento de las actividades turísticas y recreativas.



Reglamento para el uso y aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar (RUAMAT).

El RUAMAT en su artículo 6º, hace referencia al uso que pudiera tener la ZOFEMAT pues establece que, para el debido uso, aprovechamiento o explotación de la ZOFEMAT, se considerarán sus características y uso turístico, industrial, agrícola o acuícola en congruencia con los programas maestros de control y aprovechamiento de tales bienes cuya elaboración está a cargo de la SEMARNAT.

Por su parte, el artículo 7º del RUAMAT señala que toda persona podrá gozar y disfrutar de las playas y de la ZOFEMAT sin más limitaciones y restricciones que las siguientes:

- I. La secretaria dispondrá las áreas, horarios y condiciones en que no podrán utilizarse vehículos y demás actividades que pongan en peligro la integridad física de los usuarios de las playas, de conformidad con los programas maestros de control;
- II. Se prohíbe la construcción e instalación de elementos y obras que impidan el libre tránsito por dichos bienes, con excepción de aquéllas que apruebe la Secretaría atendiendo las normas de desarrollo urbano, arquitectónicas y las previstas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; y
- III. Se prohíbe la realización de actos o hechos que contaminen las áreas públicas de que trata el presente capítulo. Lo anterior, da cuenta de las acciones arbitrarias que tiene la autoridad, pues para la emisión de los títulos de concesión no se evalúa en conjunto "las normas de desarrollo urbano, arquitectónicas y las previstas en la LEGEEPA" pues la evaluación en términos medulares se ocupa de la actividad a desarrollar para determinar el uso de suelo y en muchos de los casos se autorizan actividades en la ZOFEMAT que lejos están de ser compatibles con el entorno natural



existente y tampoco con las actividades económicas de la región; consecuencia, agotado los recursos naturales (SEMARNAT).

El RUAMAT complementa el marco normativo de la concesión sobre bienes nacionales, de tal forma que hace referencia a las prórrogas de concesiones, las cesiones de derechos y obligaciones, las modificaciones a las bases y condiciones de las concesiones O los derechos de preferencia o prelación. Es relevante abordar la importancia del orden de preferencia o prelación, instrumento por demás deficiente en la actualidad y en la práctica, al que atiende la SEMARNAT cuando en igualdad de circunstancias, existan particulares interesados en usar, aprovechar o explotar la ZOFEMAT, Terrenos Ganados al Mar o cualquier otro depósito de aguas marinas.

2.3.2 Metodología para delimitación de ZOFEMAT

La delimitación de la ZOFEMAT está descrita en el RZOFEMAT (Reglamento para el Uso y Aprovechamiento de Zonas Federales Marítimo Terrestre.), para determinar si la nueva delimitación propuesta es apropiada para la conservación costera y el beneficio público de los usuarios se hizo un análisis comparativo de ambas delimitaciones, la actual y la propuesta. La delimitación actual de la ZOFEMAT se refiere a las acciones topográficas que permiten fijar en el terreno el señalamiento con mojoneras que marca el límite de la ZOFEMAT.

La SEMARNAT es la ejecutora en exclusividad de la posesión y propiedad de los bienes de dominio público, el deslinde, delimitación, identificación topo-hidrográfica y amojonamiento de la ZOFEMAT y de sus nuevos límites, cuando de manera definitiva y permanente, ya sea por causas naturales o artificiales se identifiquen terrenos que hayan sido ganados al mar. Es facultad de la SEMARNAT la previa autorización para ejecutar obras para ganar artificialmente terrenos al mar y habrá intervención correspondiente en el ámbito de su competencia la Secretaría de



Comunicaciones y Transportes (SCT), ambas determinarán la forma y términos para ejecutar dichas obras (Art. 39 RZOFEMAT). En el caso de elevación del nivel del mar y terrenos ganados por el mar, debe tener un periodo de 180 días naturales de invasión por aguas marinas y se debe hacer un estudio que prevea que no se va a retirar el mar.

Estos terrenos pasarán a ser propiedad de la Nación, teniendo sus antiguos dueños derecho de preferencia para que se les concesione, conforme a las disposiciones aplicables en los Art. 18 RZOFEMAT y Art. 51 LGBN. (Evelia Rivera-Arriaga, 2021)



Tabla 1. Categorías que dan significado a la ZOFEMAT.
(Fuente: Modificado de Romo Enríquez y Palomera Aguilar, 2005).

DETERMINACIÓN DE LA ZOFEMAT	
LGBN	RZOFEMAT
Art. 49	Art. 4
I. Cuando la costa presente playas, la ZOFEMAT estará constituida por la franja de 20 m de ancho de tierra firme, transitable y contigua a dichas playas o en su caso a las riberas de los ríos, desde la desembocadura de éstos en el mar, hasta 100 m río arriba.	La ZOFEMAT se determinará únicamente en áreas que en un plano horizontal presenten un ángulo de inclinación de 30 grados o menos.
II. La totalidad de la superficie de los cayos y arrecifes ubicados en el mar territorial, construirán la ZOFEMAT.	Tratándose de costas que carecen de playas y presenten formaciones rocosas o acantilados, la Secretaria determinará la ZOFEMAT dentro de una franja de 20 m contigua al litoral marino, únicamente cuando la inclinación de dicha franja sea de 30 grados o menos en forma continua.
III. En el caso de lagos, lagunas, esteros o depósitos naturales de agua marina que se comuniquen directa e indirectamente con el mar, la franja de 20 m de la ZOFEMAT se contará a partir del punto donde llegue el mayor embalse anual o límite de pleamar, e los términos que determine el reglamento.	En el caso de los ríos, la ZOFEMAT se determinará por la Secretaria desde la desembocadura de éstos en el mar hasta el punto río arriba donde llegue el mayor flujo anual, o que no exceda en ningún caso de 200 m.
IV. E en el caso de marinas artificiales o esteros dedicados a la acuicultura, no se delimitará la ZOFEMAT cuando entre dichas marinas o esteros y el mar de una ZOFEMAT. La ZOFEMAT corresponde a las marinas que no se encuentren en ese supuesto, no excederá de 3 m de ancho y se delimitará procurando que no interfiera en el uso y destino de sus instalaciones.	

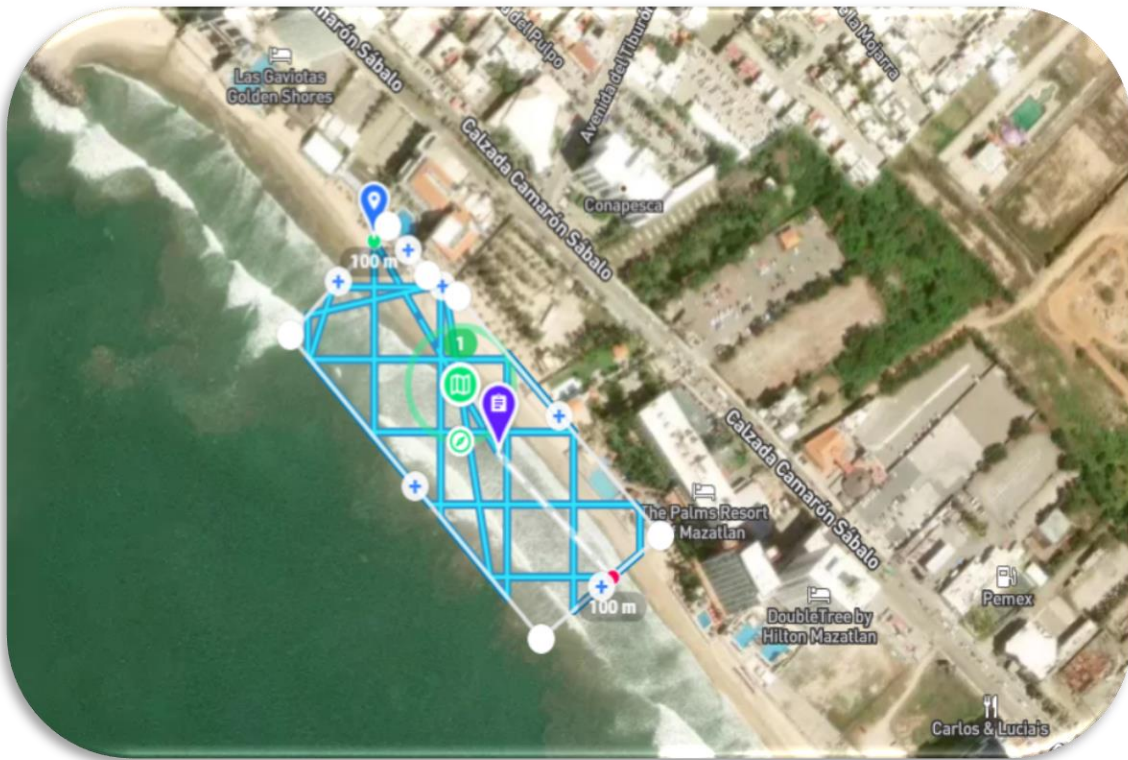


2.4 Uso de fotogrametría para la digitalización de la ZOFEMAT mediante un VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado).

La fotogrametría, esta es una técnica o proceso de medición de coordenadas 2D y 3D, que utiliza fotografías u otros sistemas de percepción remota junto con puntos de referencia topográficos sobre el terreno, como medio fundamental para la medición. La fotogrametría puede ser terrestre o aérea, siendo la aérea la más empleada por medio de VANT, aviones tripulados con sistemas LIDAR, entre otros. Usando los softwares correspondientes para su procesamiento, se obtienen nubes de puntos para la generación de un modelo digital del terreno (DTM), obteniendo como productos digitales: ortofotos, ortomosaicos, entre otros. (Puerta, 2015)

Con el fin de obtener un resultado fotogramétrico preciso, en términos de georreferenciación, se hace uso de los puntos de control terrestre (GCP, por sus siglas en inglés), los cuales son puntos fijos georreferenciados, ubicados en el área de estudio de forma no colineal. Normalmente están posicionados a la altura del suelo, pero también se pueden usar estructuras elevadas. Deben ser de colores y tamaños tales que sean de fácil visualización en las imágenes obtenidas.

El papel de estos puntos de control en la fotogrametría es proporcionar una referencia para la geocorrección de las ortofotos, dado que los VANT tienen GPS con altos errores (entre 3 y 5 metros). Con el fin de obtener errores bajos, estos puntos son levantados con GNSS (Sistema global de navegación por satélite), el cual se utiliza para compensar algunos errores en la posición del GPS independiente, ya sea natural o deliberadamente inducida. (Lapucha, 1992).



**Figura 15. Ejemplo de plan de vuelo para la toma de fotografía en el tramo Punta Camarón-Punta Sábalo.
Elaboración propia**

Para la obtención de las imágenes a usar en el proceso fotogramétrico, se deben generar planes de vuelo, la Figura 15 muestra un esquema de plan de vuelo, la línea azul indica la trayectoria del VANT. B) Representación gráfica de tres imágenes (cuadros) con un traslape de 75%., estos son rutas o recorridos que se crean en la etapa de planificación del proyecto, por el cual el VANT deberá transitar bajo unas condiciones entregadas por el usuario (altura, velocidad de vuelo, traslape de imágenes, entre otras). El plan de vuelo puede ser generado en distintos softwares, para este caso específico se hará uso del programa Dronelink.

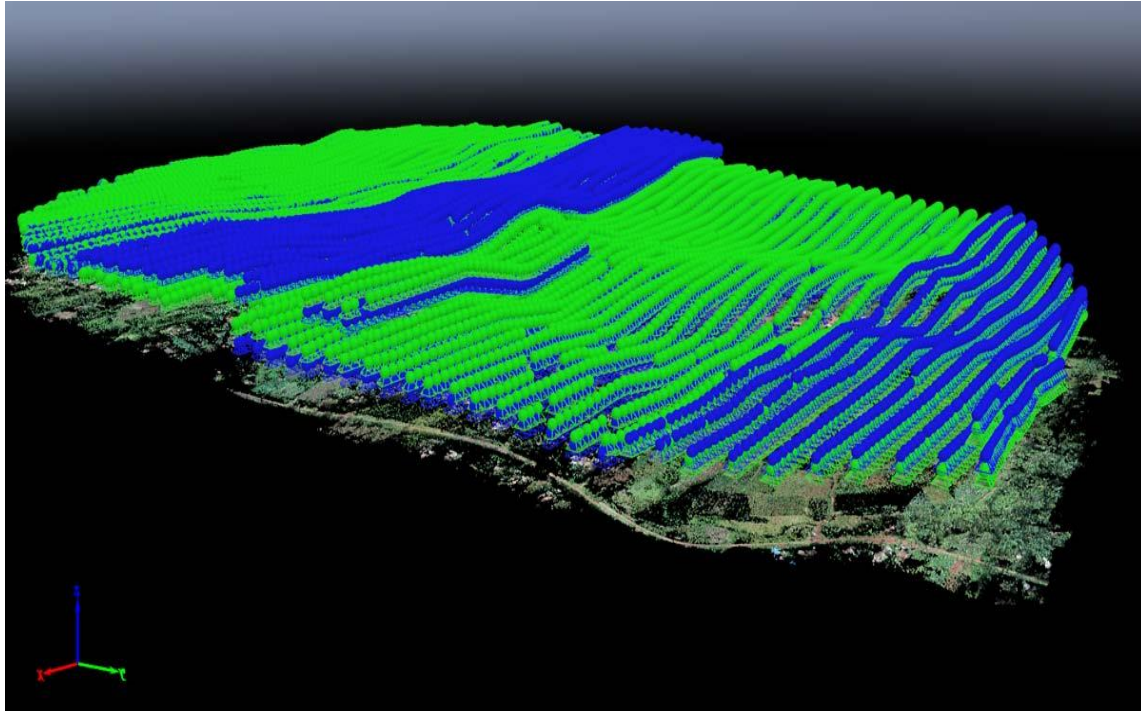


Con el fin de obtener un resultado fotogramétrico preciso, en términos de georreferenciación, se hace uso de los puntos de control terrestre (GCP, por sus siglas en inglés), los cuales son puntos fijos georreferenciados, ubicados en el área de estudio de forma no colineal. Normalmente están posicionados a la altura del suelo, pero también se pueden usar estructuras elevadas. Deben ser de colores y tamaños tales que sean de fácil visualización en las imágenes obtenidas. El papel de estos puntos de control en la fotogrametría es proporcionar una referencia para la geocorrección de las ortofotos, dado que los VANTS tienen GPS con altos errores (entre 3 y 5 metros). Con el fin de obtener errores bajos, estos puntos son levantados con GNSS, el cual se utiliza para compensar algunos errores en la posición del GPS independiente, ya sea natural o deliberadamente inducida (Lapucha y Maynard, 1992).

Los productos cartográficos obtenidos en el proceso fotogramétricos son trabajados en ArcGis. Este software cuenta con un conjunto de herramientas que posibilita la observación y manejo de información geográfica. ArcMap es la aplicación central de ArcGis que permite realizar las tareas comunes y avanzadas, así como presentar los productos por medio de mapas impresos o digitales (Olaya, 2011).

2.5 Software pix4D para el procesamiento de levantamientos fotogramétricos.

Pix4D es un programa que fue desarrollado en 2011 para la ejecución del procesamiento de imágenes digitales obtenidas por VANT para la generación de generación de modelos y mapas digitales en 2D y 3D georreferenciados de alta resolución para su uso en sistemas de información geográfica (Pix4D, 2018)



**Figura 16. Ejemplo ilustrativo del uso del software pix4D.
Tomada del sitio web de pix4D**

2.6 Software ArcGis para elaboración de cartografía.

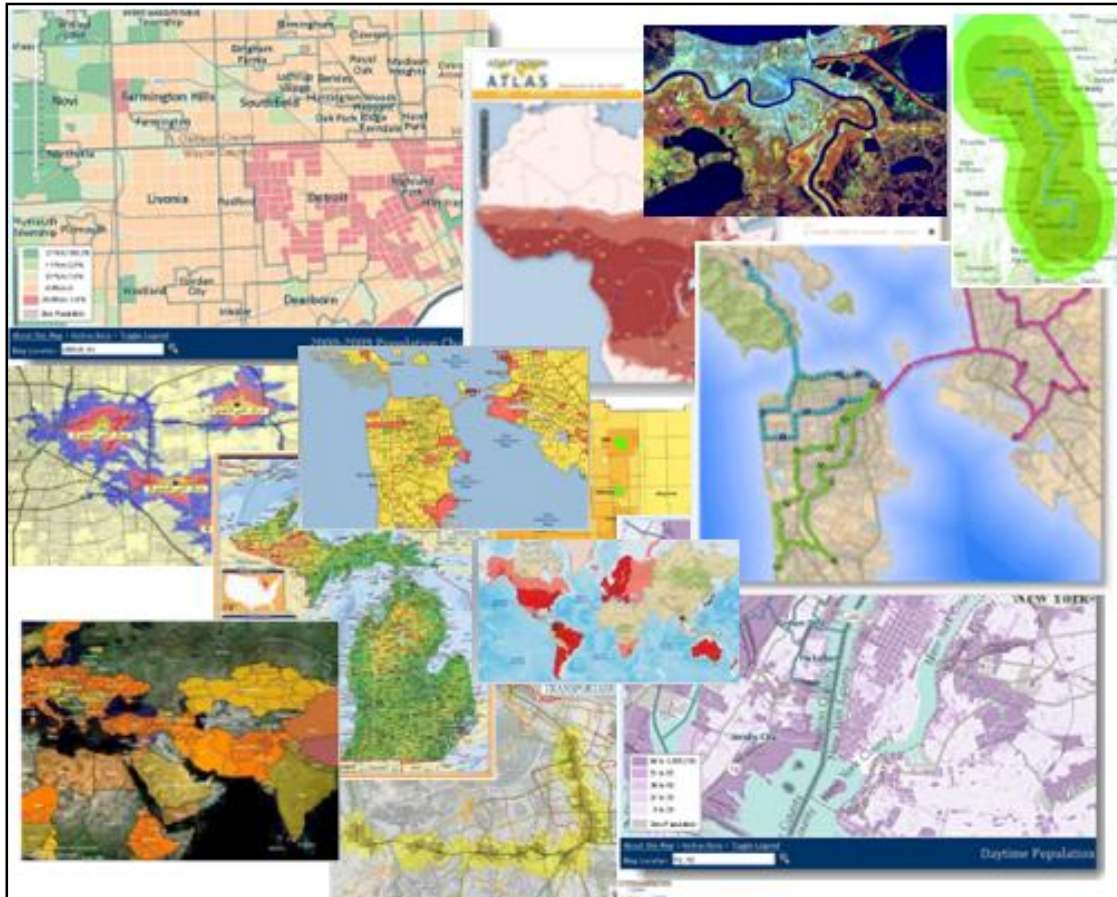
Un sistema de información geográfica es un sistema empleado para describir y categorizar la Tierra y otras geografías con el objetivo de mostrar y analizar la información a la que se hace referencia espacialmente. El objetivo de SIG consiste en crear, compartir y aplicar útiles productos de información basada en mapas que respaldan el trabajo de las organizaciones, así como crear y administrar la información geográfica pertinente. Los mapas constituyen una forma muy efectiva de organizar, comprender y proporcionar grandes cantidades de información de un modo comprensible universalmente. ArcGIS permite crear una amplia variedad de mapas, entre ellos, mapas Web accesibles en navegadores y dispositivos móviles,



diseños de mapa impresos de gran formato, mapas incluidos en informes y presentaciones, libros de mapa, atlas, mapas integrados en aplicaciones, etc. Independientemente de cómo se publica, un mapa de ArcGIS es un mapa inteligente que muestra, integra y sintetiza completas capas de información geográfica y descriptiva de diversas fuentes. Los mapas que se crean con ArcGIS muestran información y al mismo tiempo permiten utilizarla para la consulta, el análisis, la planificación y la administración. Este es un concepto clave en ArcGIS: los mapas constituyen a la vez un producto final del trabajo SIG y una herramienta utilizada en este trabajo. Un mapa de ArcGIS es una ventana interactiva con la que los usuarios pueden visualizar, explorar, analizar y actualizar información geográfica. Con ArcGIS, los mapas se crean no sólo para mostrar datos, sino también como herramienta para buscar y comprender patrones y relaciones, realizar análisis y modelado a fin de resolver problemas específicos, visualizar y realizar un seguimiento del estado, permitir la entrada y la compilación de datos y dar a conocer ideas, planes y diseños

El mapa de ArcGIS se inicia con un fantástico mapa base. ArcGIS cuenta con un estupendo conjunto de mapas base integrados de diversos tipos, entre los que se incluyen de topografía, imágenes, calles, terreno y océanos. (ArcGIS Resource Center). (Center, s.f.)

Los productos cartográficos obtenidos en el proceso fotogramétricos son trabajados en ArcGis. Este software cuenta con un conjunto de herramientas que posibilita la observación y manejo de información geográfica. ArcMap es la aplicación central de ArcGis que permite realizar las tareas comunes y avanzadas, así como presentar los productos por medio de mapas impresos o digitales (Olaya, 2011).



**Figura 17. Collage de mapas realizados en ArcGis.
Tomado de sitio web ArcGis Resource Center**

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1 Ubicación, descripción y delimitación del Área de Estudio

Mazatlán es una ciudad del noroeste de la República Mexicana y cabecera del municipio del mismo nombre, está situada en el estado de Sinaloa y es la segunda en importancia de la entidad. De acuerdo con el III Censo de Población y Vivienda 2010, Mazatlán cuenta con una población de 438 434 habitantes, tiene una extensión de 3 068.48 kilómetros cuadrados que corresponden al 5.26 por ciento del total estatal y al 0.15 por ciento del país y por su extensión ocupa el lugar 9° de los municipios del estado (INEGI, 2010).



Figura 2. Localización geográfica de Mazatlán, Sinaloa, México

La costa de Mazatlán se extiende a lo largo de 80 kilómetros sobre el Océano Pacífico, se caracteriza por sus lagunas litorales, ríos, arroyos, depósitos eólicos y marinos que forman lomeríos de suave relieve a no más de 0.05 km sobre el nivel del mar. Planicies aluviales y deltas no existen en Mazatlán, sin embargo, hay dunas en la zona post-playa afectadas por actividad tectónica, lo cual ocasionó que la



costa se formara por un desplazamiento del margen continental durante la falla escalonada hacia el Océano Pacífico (Alba et al, 1978). Las características geológicas son arcillo-arenosas con estratos de boleos y roca a mayor profundidad.

El clima de la zona es cálido, con temperaturas que oscilan entre los 10 y 40° C, con lluvias principalmente en el verano, temporada en la que se dejan sentir los efectos de los huracanes que llegan a presentarse en esa región de nuestro país, por lo que es de esperarse períodos con perturbaciones atmosféricas y agitación por oleaje (P.D.D.U., 2005).

Por lo que respecta al régimen de marea, oscila con un rango de 0.44 m durante marea muerta y 0.55 m durante marea viva. Otro factor relevante en la hidrodinámica local son los vientos dominantes que, de acuerdo con los registros de la predominancia del viento 1985-1996 (CNA-Estación Mazatlán), en el período de invierno, los vientos dominantes presentan una dirección ONO, N y NNO; durante la primavera, su dominancia es OSO, O y ONO; en verano dominan con dirección OSO, O y ONO; en otoño la dominancia es con dirección N, NNO y ONO. La velocidad promedio mensual mínima es de 1.4 m/s, máxima de 6.6 m/s y promedio de 3.5 m/s. La Figura 18 muestra la rosa de vientos promedio anuales, obtenida en el Instituto de Ingeniería de la UNAM, vía un re-análisis de 60 años, mientras que la Figura 8 es la rosa de oleaje promedio anual obtenida por la misma vía, en la que se aprecia claramente que la dirección de incidencia Oeste franco es la reinante (Silva, et al, 2008).

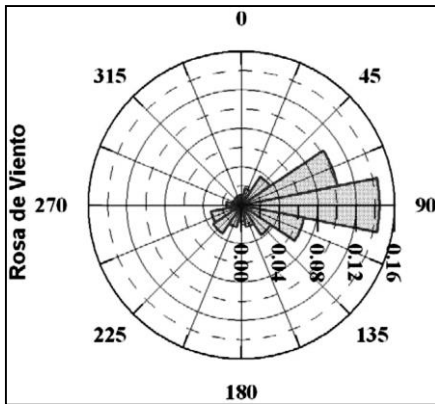


Figura 19. Rosa de vientos medios anuales frente a las costas de Mazatlán.

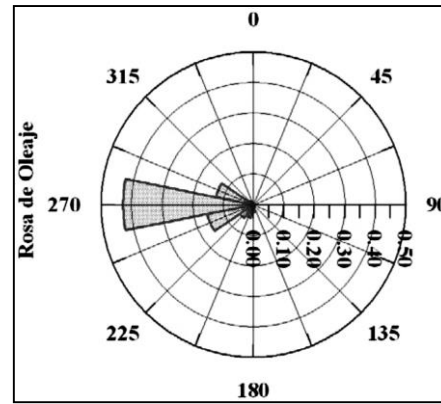


Figura 18. Rosa de oleaje medio anual en la bahía de Mazatlán.

Mazatlán también figura entre los 14 principales puertos de altura y cabotaje, localizados en el litoral del Pacífico y entre los seis más importantes por su infraestructura que comprende 3075 m de protección, 6945 m de atraque y 82432 m cuadrados de áreas de almacenamiento. El clima en el Municipio de Mazatlán varía de acuerdo con los rasgos topográficos y su cercanía con respecto a la costa. El municipio presenta una variación altitudinal de hasta los 1900 msnm, en la sierra al norte de este. La situación geográfica del Municipio de Mazatlán emplazado sobre la Llanura Costera del Pacífico en su parte oeste y en la Sierra Madre Occidental al nororiente, presenta un régimen de clima de tipo tropical lluvioso en verano, con una temporada de sequía muy marcada, sobre las zonas montañosas se presenta un clima semicálido-subhúmedo, con temperatura media anual de 24 °C y sobre su planicie costera se manifiesta un clima semicálido semiseco con temperatura media anual de 25 °C. Los tipos de clima que predominan en el municipio son el cálido subhúmedo y semiseco, mientras que el de clima templado subhúmedo solo se encuentra en las partes altas. La temperatura media anual va de 22 °C a 26 °C, aunque en la zona sur llega a 28 °C, la temperatura media del mes más frío es mayor de 18°C (IMPLAN Mazatlán 2011).



Las playas del municipio de Mazatlán pueden ser incluidas en los segmentos siguientes: Isla de la Piedra; Faro del Crestón-Punta Tiburón; Punta Tiburón-Punta Camarón; Punta Camarón-Punta Sábalo; Marina Mazatlán-Cerritos; Cerritos-Punta Gruesa (Mármol). Los límites de los segmentos lo constituyen cabos o promontorios rocosos y cambios en la dirección de línea de costa, los cuales originan cambios en la dirección predominante de la deriva litoral (Peraza, 2013).

En base a la clasificación anterior, a continuación, se describen las características más importantes de los segmentos de las playas Isla de la Piedra; Faro del Crestón-Punta Tiburón; Punta Tiburón-Punta Camarón; Punta Camarón-Punta Sábalo; Marina Mazatlán-Cerritos; Cerritos-Punta Gruesa (Mármol).

La Isla de la Piedra (figura 20) es una península formada por la barrera que separa del mar al estero de Urías, está delimitado al sur por el cauce del río Presidio al norte por la escollera que la conecta con la isla de los Chivos que forma parte del sistema de rompeolas que protegen al oleaje al puerto. Sus playas son de arena media, abiertas, rectas de pendiente suave y están expuestas directamente al oleaje de alta mar. Actualmente las playas están vírgenes debido a problemas ejidales y de tenencia de la tierra, únicamente en el extremo sur en la desembocadura del río Presidio se construyó el Hotel Estrella de Mar, pero existe en la actualidad el proyecto de construir una ciudad sustentable denominada Amaitlán (www.amaitlan.mx).



Figura 20. Playas de la Isla de la Piedra

El fragmento que comprende *Faro del Crestón-Punta Tiburón* (figura 21) en su mayoría es rocoso, con la presencia de acantilados, debido a que está orientado de norte a sur y no tiene barreras que retengan la fuerte deriva de litoral de la arena, es posible sea causante de que no se formen playas a excepción de Olas Altas y Pinitos. En los meses de verano, caracterizados por poco oleaje de WNW y presencia de oleaje del sur, la playa tiende a formarse en el lado NWN, mientras que, durante el resto del año, al predominar el oleaje del cuarto cuadrante, lo hace en el lado SSE (Peraza, 2013).



Figura 21. Segmento Faro del Crestón-Punta Tiburón que incluye playa Olas Altas y playa Pinitos.

Punta Tiburón-Punta Camarón (playas del malecón figura 22), forma parte de la Bahía de Puerto Viejo. Son playas arenosas y aptas para los bañistas, más las ubicadas de playa norte a avenida de los Deportes y/o Universidad (Acuario Mazatlán), en el tramo norte del acuario al Valentino's (centro nocturno ubicado en Punta Camarón), las playas son más riesgosas para el bañista, debido a que la energía del oleaje incidente de manera directa en esa zona de rompiente.



Figura 22. Segmento Punta Tiburón-Punta Camarón (playas del malecón), Bahía de Puerto Viejo.

Con la ampliación del malecón en esta zona, las playas las hicieron más estrechas porque para optimizar espacios, la pendiente del muro del malecón la modificaron dejándola casi vertical, originando que el oleaje genere más energía al chocar y el sedimento suspendido lo arrastre en más cantidades acelerando la erosión y el deterioro de la playa, que de por sí, ha ido perdiendo su perfil de equilibrio que un tiempo tubo, antes que las actividades antropogénicas lo modificaran.

En la parte centro sur del sector se encuentran una serie de pequeños restaurantes sobre la playa (ver figura 23). Son enramadas (palapas) cimentadas en una base de concreto en forma de cajón la cual al funcionar como un muro o paredón vertical contribuyen al cambio constante de la morfología de la playa.



Figura 23. Enramadas (palapas) de restaurantes construidos sobre la playa en el tramo de Punta Tiburón-Punta Camarón.

Por su configuración geográfica y topobatimétrica la línea de costa del malecón remodelado en la Bahía de Puerto Viejo es una zona de dispersión natural de la energía del oleaje, la cual permite la depositación de la arena, pero las modificaciones efectuadas transformaron completamente la morfología de la playa, alterando completamente su perfil de equilibrio, estas alteraciones se evidencian más en los meses de agosto a octubre cuando el nivel del mar en la región aumenta e incide el oleaje distante originado por tormentas y ciclones tropicales.

Otro segmento de playa es el denominado *Punta Camarón-Punta Sábalo* (figura 24), la cual es precisamente el área de estudio. En frente de esta zona se encuentran la isla Pájaros y la isla Venados que sirven de protección del oleaje proveniente de todas direcciones y periodos a las playas de este tramo. Estas playas durante mucho tiempo se consideraron como las mejores de Mazatlán, y propiciaron un crecimiento acelerado en la infraestructura hotelera pues a partir de



su desarrollo surgió la llamada Zona Dorada. Estas playas, en las últimas décadas, han sufrido una serie de cambios que han provocado su erosión, debido fundamentalmente a la alteración de la dinámica natural de las arenas que la forman. Aunque la mayoría de los principales hoteles de la zona están construidos cerca del mar, algunos fueron colocados tan próximos, que pronto tuvieron problemas de erosión, a pesar de que las playas en ese sector se encuentran parcialmente protegidas del oleaje por la presencia de las islas Pájaros, Venados y Lobos.

Para evitar daños mayores a los edificios y conservar sus playas, los propietarios de los hoteles afectados tuvieron que proteger sus estructuras. Inicialmente en la playa del hotel Las Flores se construyó un espigón de enrocamiento (figura 25) y posteriormente, entre el hotel Caravelle y el Ocean Palace, se construyeron cuatro más (figura 26). Estas estructuras alteraron substancialmente las playas al interferir con el movimiento natural de la arena, lo que afectó a las construcciones aledañas, quienes también se tuvieron que resguardar construyendo diversos tipos de muros, estructuras, enrocamientos, rellenos etc. Todas las estructuras fueron construidas sin una planeación con el total desconocimiento sobre los diferentes fenómenos y estudios que se tienen que tomar en cuenta para su correcto diseño y construcción.



Figura 24. Localización tramo Punta Camarón-Punta Sábalo, donde se localiza la llamada Zona Dorada.

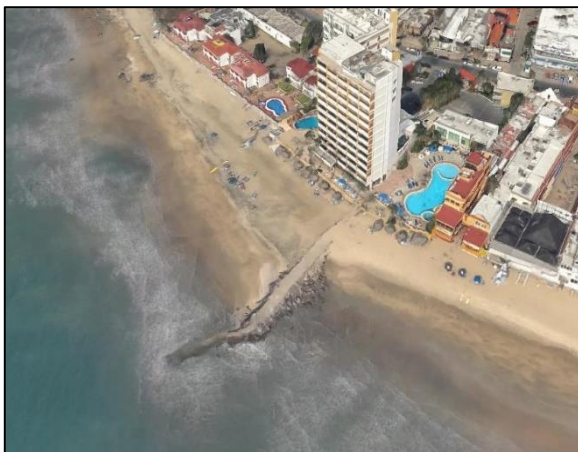


Figura 26. Ubicación de espigón construido frente hotel Las Flores.

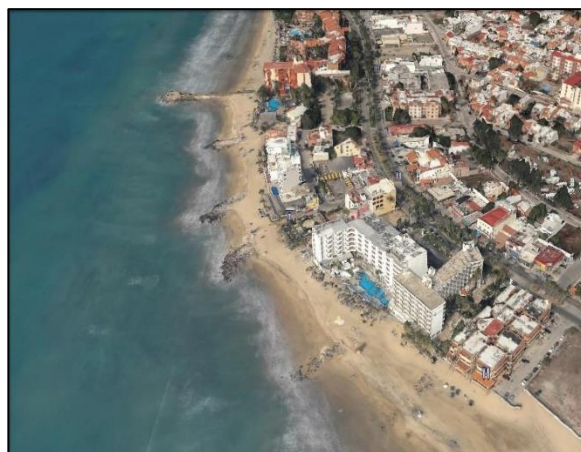


Figura 25. Ubicación de espigones construidos frente a hoteles Ocean Palace y Caravelle.

Tramo *Marina Mazatlán- Cerritos* (figura 27). El desarrollo de la Marina en el estero del Sábalo, no solo tuvo como consecuencia una pérdida de la diversidad biológica regional, si no también grandes cantidades de volumen de sedimento que salieron del sistema de circulación litoral. El canal de acceso de la marina requiere de un dragado constante (ver figura 28), por lo que la arena al ser extraída y no ser reintegrada al mar representa una pérdida continua que puede repercutir en el balance de sedimentario y afectar la calidad de las playas corriente debajo de la deriva litoral. La Marina Mazatlán y su área de extracción de arena funcionan como sumidero de arena del sistema litoral regional. Las playas de este segmento son arenosas, abiertas, rectas, de pendiente suave, con presencia de dunas o bermas de tormenta, y están expuestas directamente al oleaje de altamar.



Figura 27. Segmento Marina Mazatlán Cerritos.

El transporte litoral bruto es del orden de 652 000 m³/año, con un transporte neto de 112 000 m³/año hacia el sur (Peraza, 2013), lo cual indica un ambiente altamente energético con movimientos intensos de arena en ambas direcciones.

En la actualidad este segmento Marina Mazatlán-Cerritos es el de mayor desarrollo inmobiliario en Mazatlán con la construcción de torres, condominios y hoteles. El primer paso que siguen los constructores en este ambiente de alta energía del oleaje es destruir y nivelar el campo de dunas y bermas estabilizadas y en algunos casos invaden a la playa. La destrucción y remoción de estos amortiguadores naturales de la fuerza del océano por la construcción de edificios y estructuras diversas dejan expuestas a la costa y a las construcciones costeras a los efectos erosivos de las olas.

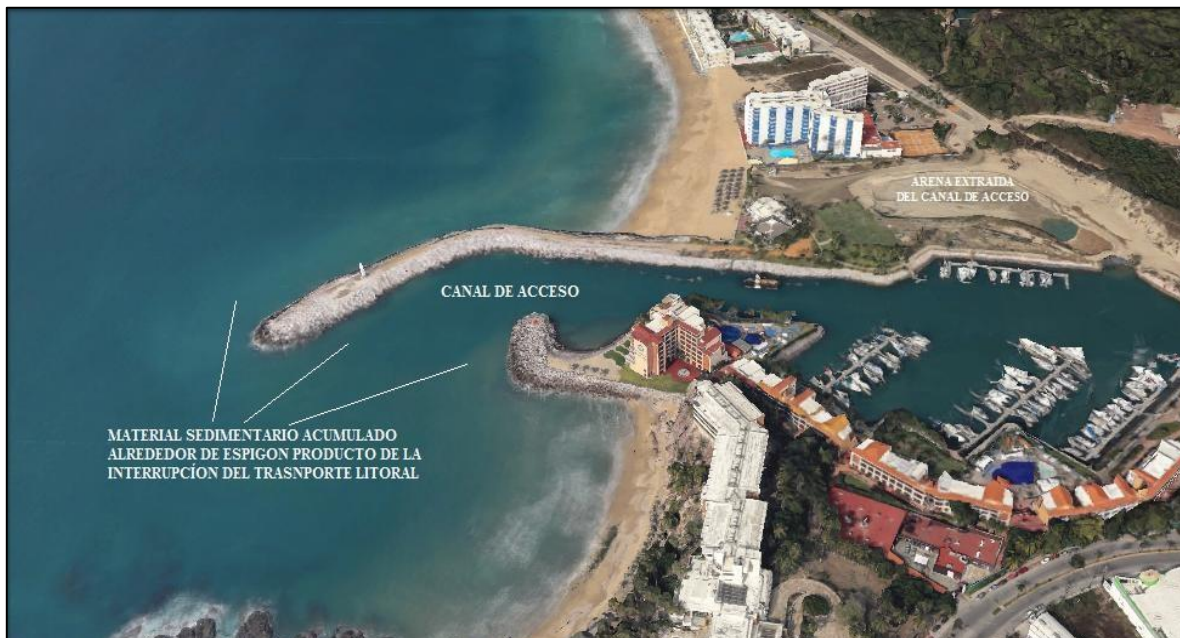


Figura 28. Canal de acceso a Marina Mazatlán.
(donde se aprecia la acumulación de sedimento alrededor del espigón al parecer mal orientado, en la parte superior derecha se aprecia donde se deposita el material producto del dragado constante para poder mantener el calado apropiado para la entrada de las embarcaciones que atracan en el interior de la marina).

El segmento *Cerritos-Punta Gruesa, Mármol* (figura 29) es el tramo de mayor longitud del municipio (más de 20 km). Está ubicado al norte y junto con la Isla de la Piedra forman la mayor reserva de playas vírgenes de Mazatlán. Las playas del segmento en cuestión son también arenosas, abiertas, rectas de pendiente suave, con presencia de dunas o bermas de tormenta y están expuestas directamente al oleaje de altamar. El transporte litoral bruto evaluado al norte del segmento es de 504 000 m³/año, con un transporte neto de 42 000 m³/año hacia el norte (Peraza, 2013), lo cual indica un ambiente altamente energético con movimientos de arena en ambas direcciones. En el extremo sur del segmento se ha construido un desarrollo turístico denominado Pueblo Bonito Emerald Bay, y un poco más al norte algunas propiedades, que prácticamente las fincaron sobre la playa.

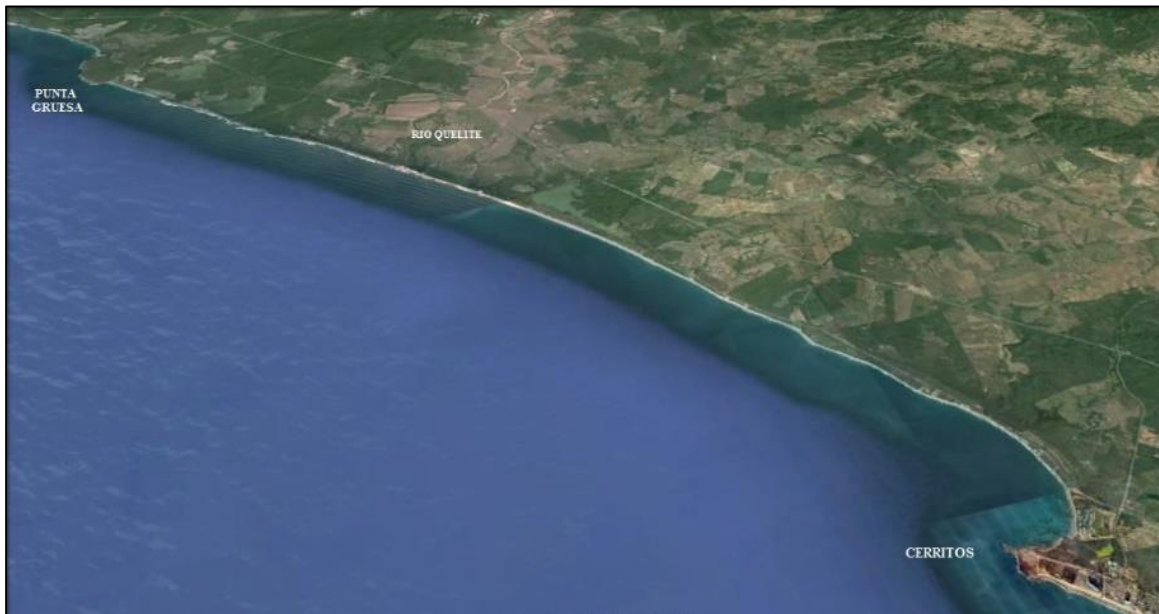


Figura 29. Localización del segmento Cerritos-Punta Gruesa (Mármol).

El área de estudio en el presente proyecto de investigación es el tramo de playa de Mazatlán ubicado entre punta camarón-punta sábalo (ver figura 24), esta misma se encuentra en un área de gran crecimiento la cual lleva el nombre de zona dorada.

3.2 Recopilación de Información Secundaria

Para complementar y dar una explicación de la información recopilada en este proyecto de investigación, se recurrió a bases de datos bibliográficas y a la web, obteniendo principalmente información del área de estudio la cual ayuda a explicar la dinámica de la costa e imágenes satelitales que sirvieron para conocer el proceso de formación de la costa.

3.2.1 Imágenes Satelitales antiguas

Las imágenes se obtuvieron a partir del uso de la plataforma Google Earth Pro con la ayuda de la herramienta Timelapse.

3.3 Fase de Campo

Se realizaron campañas de campo, una inicial para reconocimiento del terreno, 4 para levantamiento topográfico con GPS diferencial con RTK y Estación Total y seis para levantamiento fotogramétrico con un drone MAVIC AIR 2S de DJI (ver figura 30). La planificación de los vuelos se realizó con la plataforma Dronelink (ver figura 31).



Figura 30. Drone Mavic Air 2s de DJI.

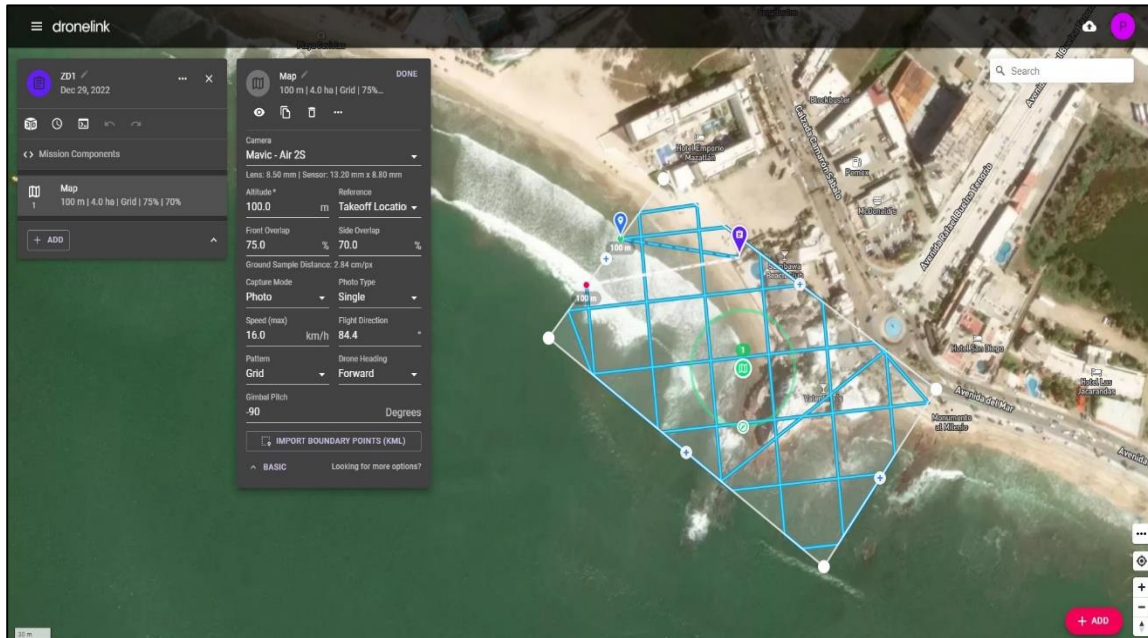


Figura 31. Plataforma Dronelink donde se muestra la malla de un plan de vuelo de la zona de estudio Punta Camarón – Punta Sábalo.

3.3.1 Levantamiento topo-batimétrico y ubicación de Puntos de Control Terrestre y perfiles

Se realizó un levantamiento topobatimétrico y a cada 200 metros se levantaron secciones para la caracterización del perfil de la playa (nivelación) mediante equipo de precisión satelital. Para la geo-corrección de las ortofotos se colocaron puntos de control terrestre. Las posiciones de estos puntos fueron obtenidas con un GNSS GPS de alta precisión en modo RTK. El levantamiento de estos puntos se realizó en una semana con baja nubosidad con el fin de obtener una buena cobertura satelital (ver figura 32).



Figura 32. Establecimiento de puntos de control terrestre GNSS GPS de alta precisión en modo RTK.

3.4 Fase de Procesamiento

Para la fase de procesamiento se utilizó un equipo de cómputo con un procesador I7 con tarjeta de gráficos integrada y memoria RAM de 16 gigas, en esta se realizó el procesamiento de las imágenes obtenidas para todas las campañas de campo en el Software Pix4D y digitalización y análisis en el software ArcGis ambos con licencia institucional.

3.4.1 Proceso fotogramétrico

El proceso fotogramétrico se realizó en el programa Pix4D, aquí se procesaron las imágenes obtenidas para cada plan de vuelo y se trabajó en el sistema de coordenadas WGS 84 / UTM Zone 13N. Este software cuenta con un flujo de trabajo dividido en tres pasos: un procesamiento inicial y de previsualización; densificación de la nube de puntos y asignación de puntos de control; y la generación de los diferentes productos fotogramétricos (DSM, ortofoto, entre otros).

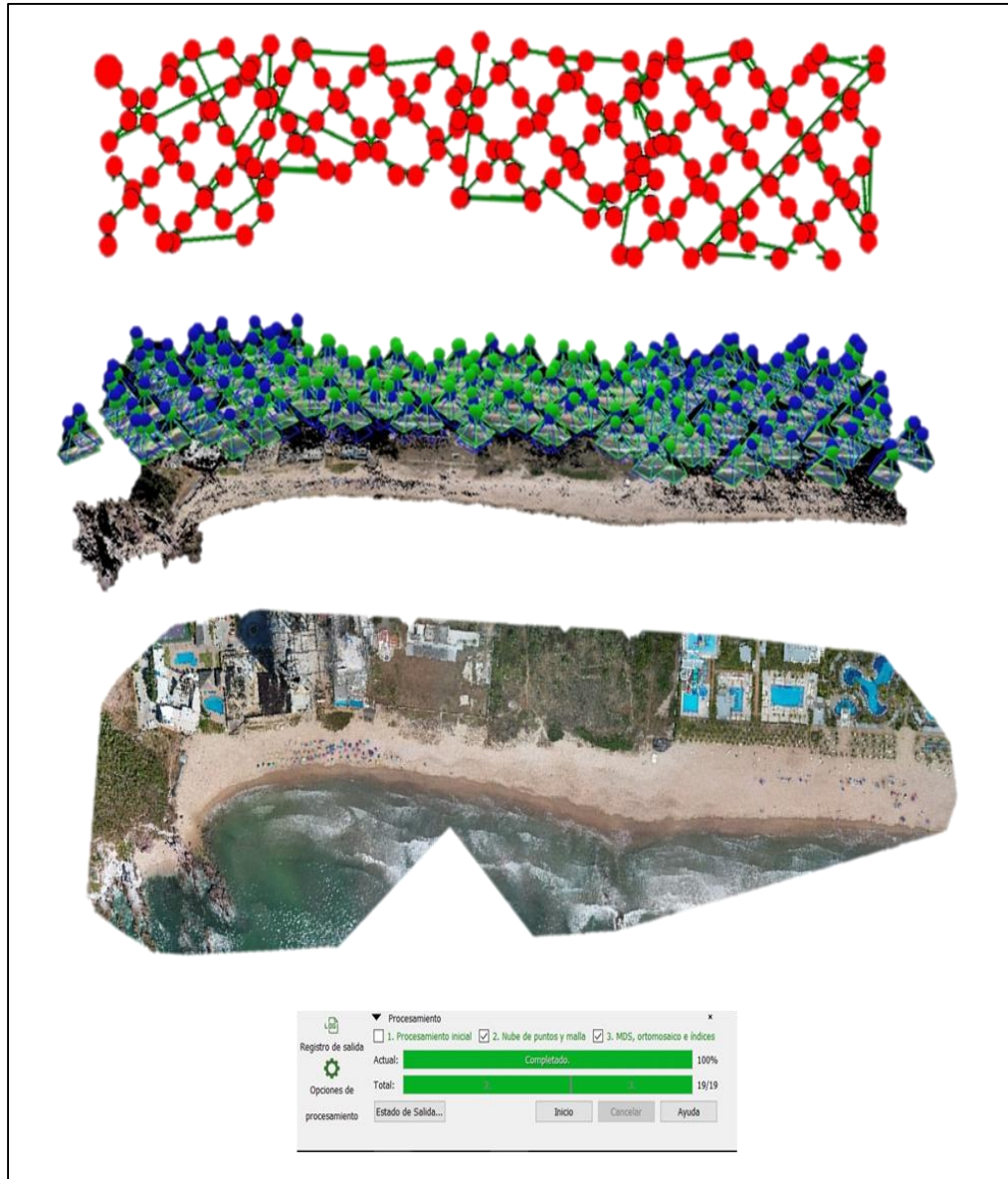


Figura 33. Software Pix4D.

En la parte inferior se puede ver el flujo de trabajo del programa, en la parte superior la ubicación de las imágenes tomadas (Puntos rojos), en el centro de la imagen se muestra una malla 3D resultado del proceso fotogramétrico y el ortomosaico. Elaboración propia, 2022

3.4.2 Digitalización de ZOFEMAT

Con la ayuda del software Surfer15 se interpoló (método kriging) la información obtenida mediante el levantamiento topo-batimétrico para una correcta nivelación georreferenciada de la zona de playa (ver figura 34 y 35). Para después con la información del Servicio Mareográfico Nacional de la Pleamar Máxima Registrada en Mazatlán (ver tabla 2) proceder a trazarla con el programa ArcGIS a la ortofoto previamente procesada por PIX4D del levantamiento del VANT y se almacenó en un “Feature Class” contenido en un “Personal Geodatabase”. Lo mismo se procedió a realizar con el límite de ZOFEMAT.

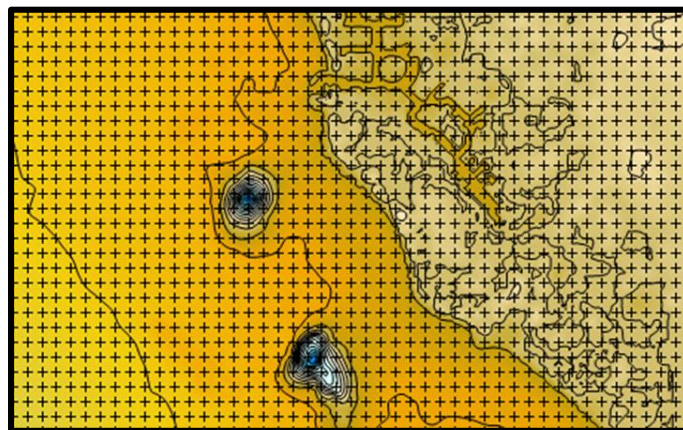


Ilustración 34. Modelo digital resultado de interpolación (método kriging)

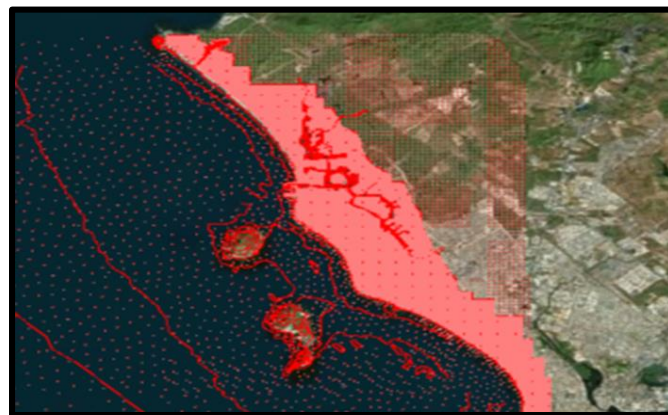


Ilustración 35. Vista en planta de los resultados de interpolación.



**Tabla 2. Niveles de mareas de Mazatlán.
Valores tomados del Servicio Mareográfico Nacional de México (SMN, 2019)**

NIVEL DEL MAR	VALOR REGISTRADO (m)
Altura máxima registrada	1.462
Pleamar máxima registrada	1.127
Nivel de pleamar media superior	0.528
Nivel de pleamar media	0.455
Nivel medio del mar	0.000
Nivel de media marea	0.012
Nivel de baja mar media	-0.444
Nivel de baja mar media inferior	-0.616
Bajamar mínima registrada	-1.250
Altura mínima registrada	-1.342

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Ortofoto de tramo Punta Camarón-Punta Sábalo

Se obtuvo una ortofoto del tramo de playa Punta Camarón-Punta Sábalo en un lapso de 1 mes (noviembre 2022) y se resumen en un mosaico en la Figura 34.

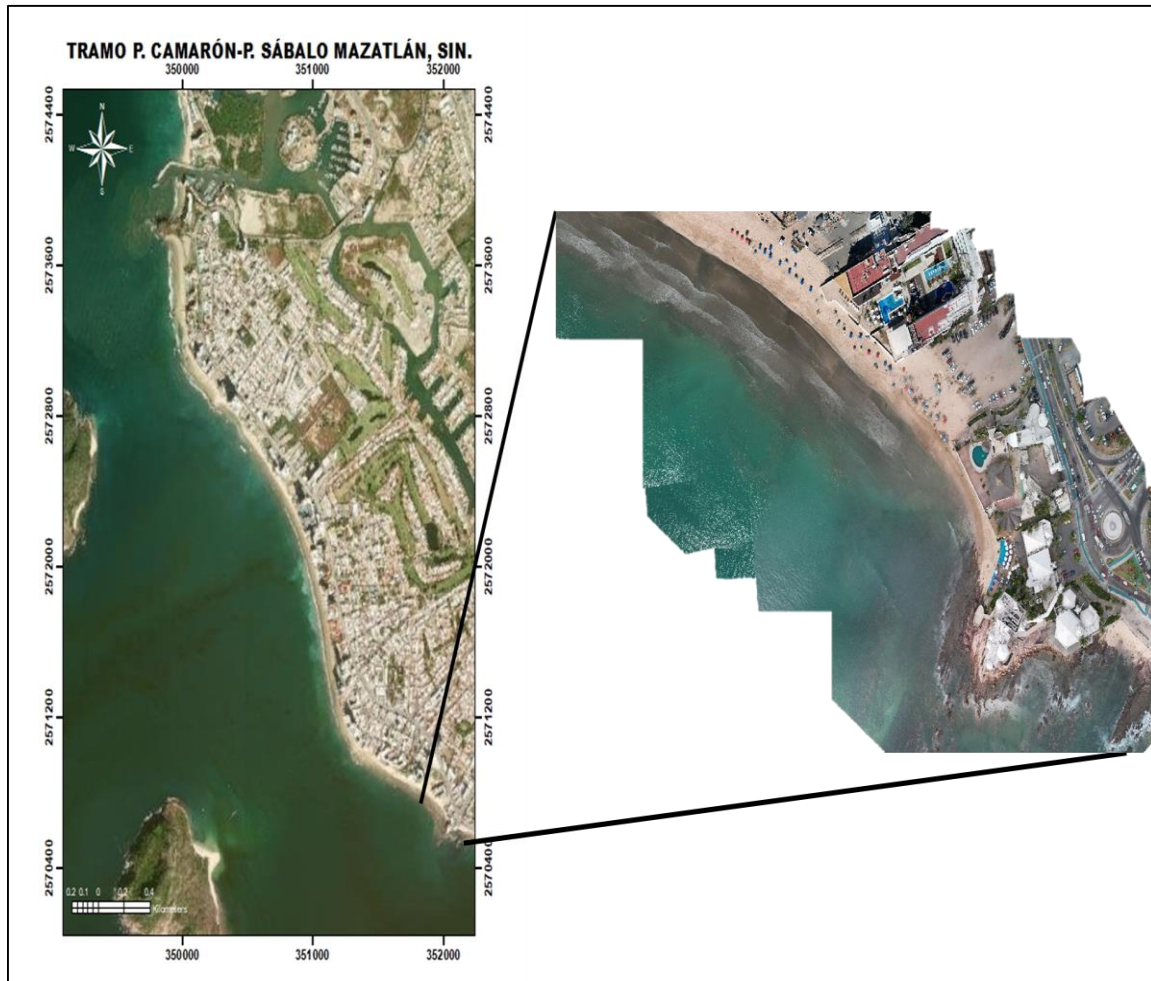


Figura 36. Síntesis de un mosaico armado con el software Pix4D de un vuelo realizado por el VANT planificado previamente con el software Dronelink.

La altura de los vuelos fue de 100 metros sobre el nivel del suelo dependiendo varios factores, tales como: las condiciones climáticas al momento del despegue, grilla programada con la aplicación Dronelink (ver figura 34) y tiempo de vuelo disponible (baterías).



La cantidad promedio de imágenes tomadas por vuelo es de 120, cubriendo asimismo un área promedio por cada vuelo de 4.2 hectáreas. De esta cantidad de imágenes, el 95.3% logró ser calibrada por el software Pix4D, esto se debe a que el software no encuentra puntos de unión confiable en las imágenes sobre el mar, debido al movimiento producido por el oleaje.

Para estas ortofotos se consiguió un GSD (distancia de muestra de suelo) promedio de 2,55 centímetros, valor que se puede concebir como el tamaño de pixel. Este varía principalmente en dependencia de la altura de vuelo y la calidad de las fotografías, puesto que para el proceso fotogramétrico todo se realizó bajo los mismos parámetros

4.2 ZOFEMAT

Se obtuvo la digitalización de la actual ZOFEMAT para el tramo Punta Camarón - Punta Sábalo del municipio de Mazatlán Sinaloa México que a continuación se muestra en la figura 35.



Figura 37. ZOFEMAT tramo Punta Camarón-Punta Sábalo del municipio de Mazatlán Sinaloa México.

De la figura 36 a la figura 38 se muestra a detalle con imágenes ampliadas mediante la elaboración de mapas en el software ArcGIS la ZOFEMAT para el tramo de playa en mención.

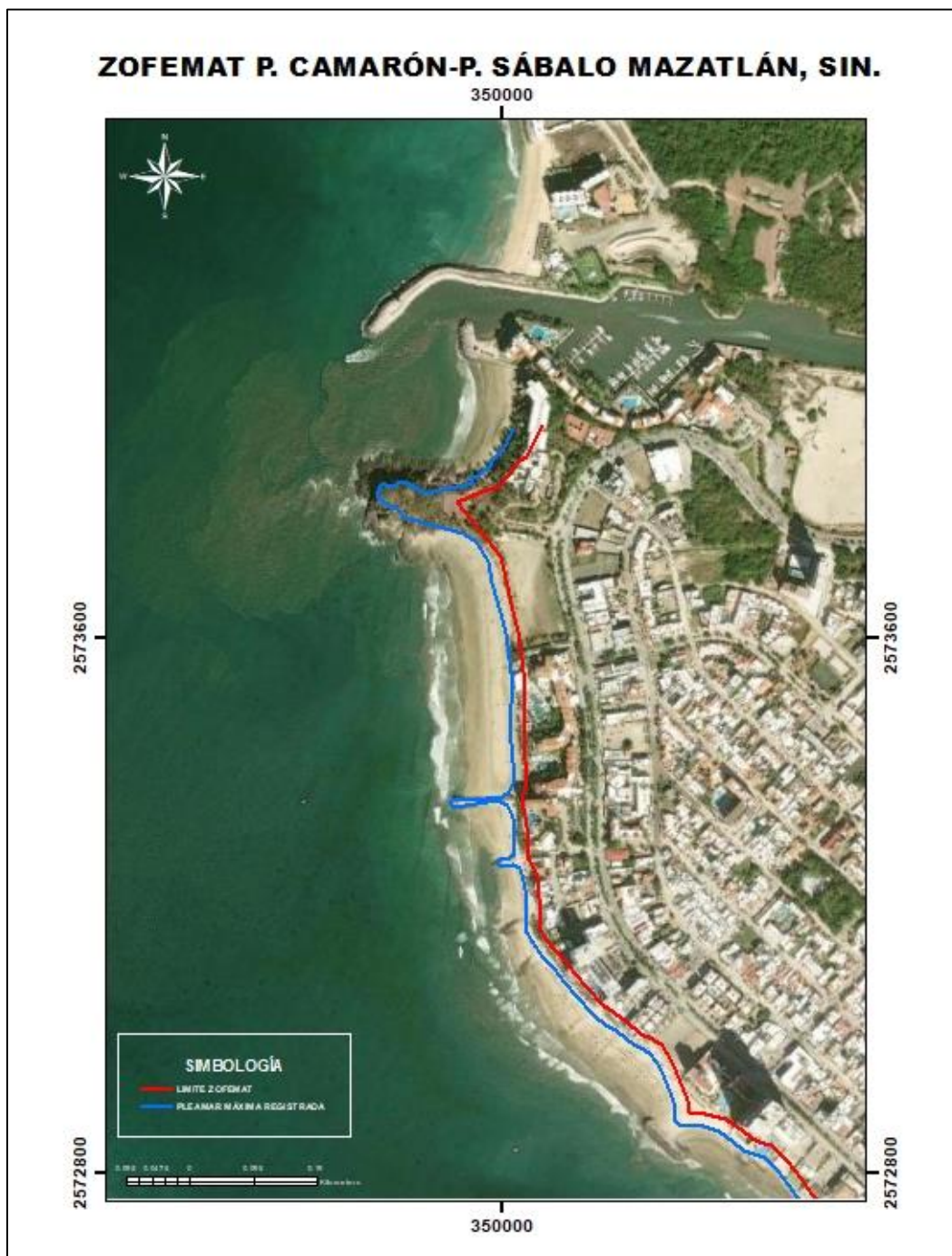


Figura 38. ZOFEMAT para tramo de Punta Camarón-Punta Sábalo a detalle.

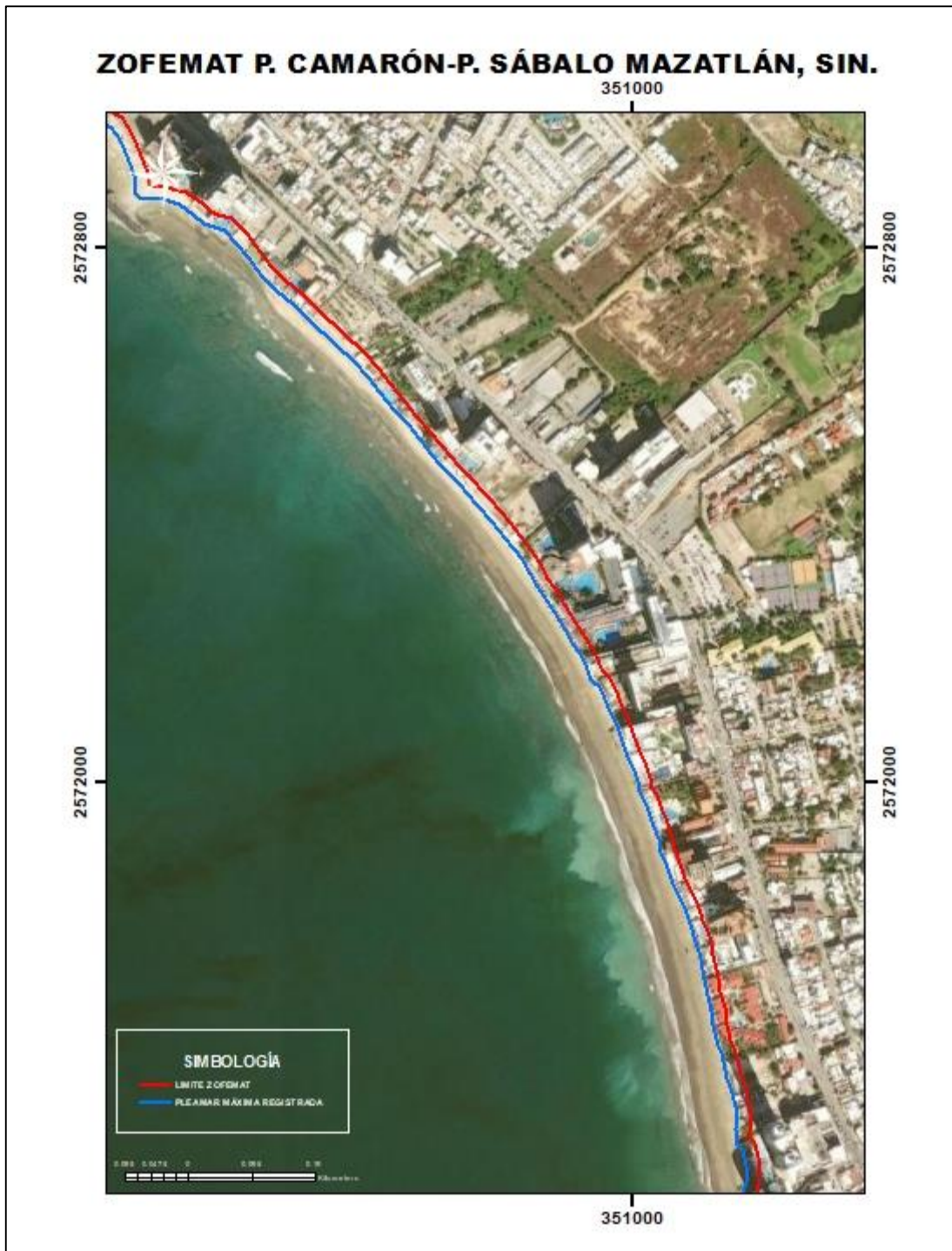


Figura 39. ZOFEMAT para tramo Punta Camarón-Punta Sábalo a detalle.

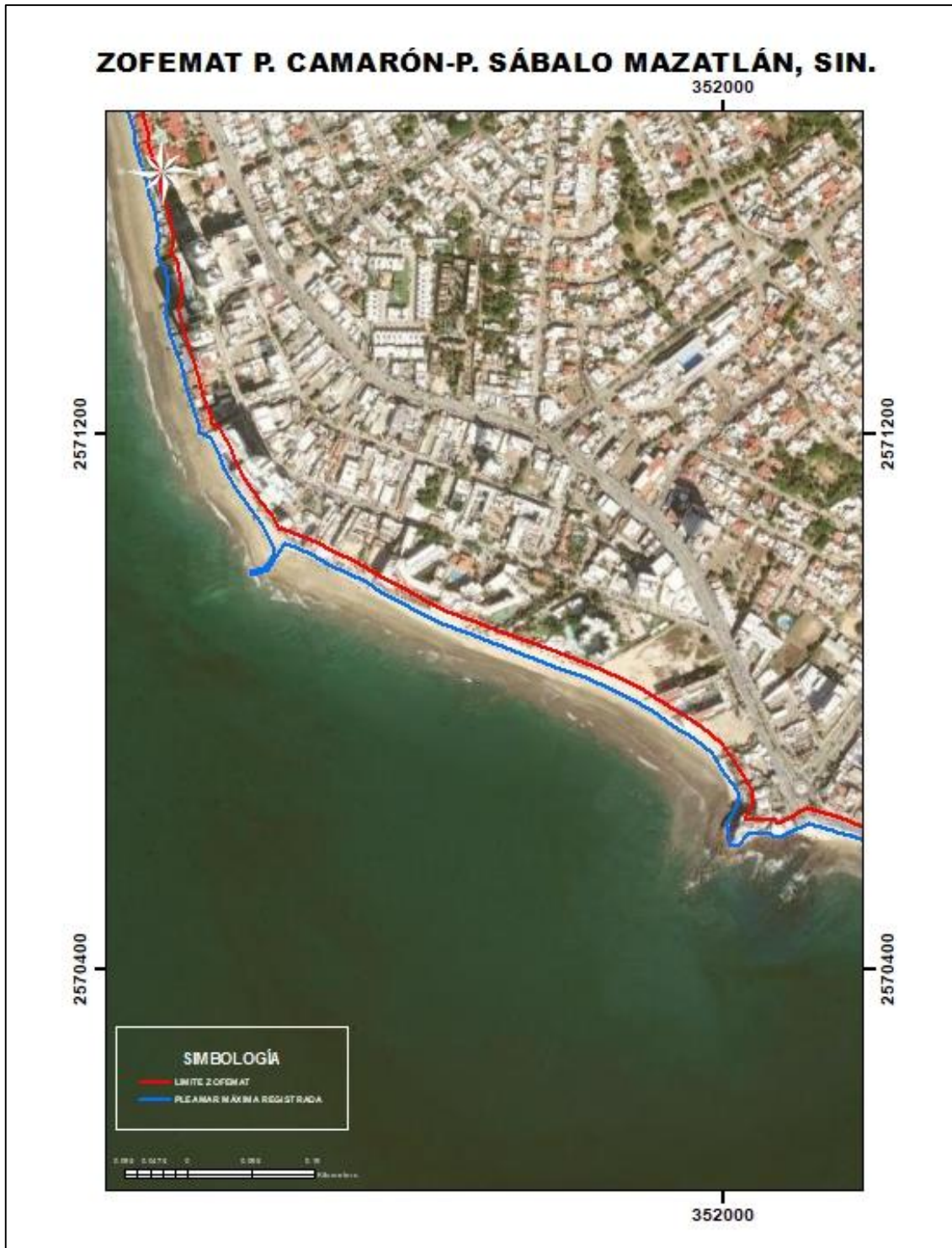


Figura 40. ZOFEMAT para tramo Punta Camarón-Punta Sábalo a detalle.



Tabla 3. Inmuebles que actualmente invaden la ZOFEMAT

Hotel Emporio Mazatlán	The Inn Mazatlán
Gaviana Resort	Hotel Posada Freeman
Hotel Playa Mazatlán	Hotel Viaggio
Mar Trankilo	El Cid Granada
Parquesito 3 Islas Zona Dorada	El Cid El Moro Beach
Las Flores Beach Resort	Double Tree By Hilton Mazatlán
Courtyard by Marriott Mazatlán Beach Resort	Islas del Sol Resort
Holiday Inn Resort	The Palms Resort
Lindamar Suites	Hotel Quijote Inn
Casa Contenta	Las Gavias
Motel Marley	Eleve Tower
Hotel Tramonto Mazatlán	Hotel Misión
Ocean Palms	Playa Suites Mazatlán
Torre Al Mar	Star Palace Beach
Camino al Mar Condominios	Hotel Ocean Palace
Ocean View	Condominios Vista al Mar
Royal Villas	Condominios Las Mañanitas
Hotel Mariana	Hotel Luna Palace
Hotel Creta	Pueblo Bonito Mazatlán Beach Resort
Golden View	Hotel El Faro
Costa de Oro	El Cid Marina Beach Hotel



CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El procesamiento fotogramétrico de imágenes obtenidas con vehículos aéreos no tripulados VANTS se mostró práctico y eficiente para el monitoreo de la ZOFEMAT, logrando obtener imágenes aéreas de alta resolución en tiempo real y una excelente precisión geoespacial conseguida con el adecuado uso de los puntos de control terrestre.

La alta resolución obtenida con el procesamiento foto-gramétrico, permitió una fácil y detallada digitalización de la ZOFEMAT y ubicación de edificaciones que invaden esta superficie, esto debido al tamaño de pixel de 2,55 cm (promedio) obtenido en este trabajo, posibilitando un gran zoom y calidad de imagen que permite identificar claramente zona invadida.

Se recomienda para futuras líneas de investigación monitorear el retroceso o avance de la ZOFEMAT de acuerdo con el aumento del nivel del mar SLR (Sea Level Raise), originado por el cambio climático y las actividades antropogénicas no reguladas.

Y por último es de vital importancia tomar como ejemplo este presente estudio para que sirva a las futuros tomadores de decisiones y gobiernos, además de los planeadores urbanos prevenir y dejar más de 20 metros en la franja ZOFEMAT y siempre estar al pendiente de los informes y pronósticos del IPCC y el SLR.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonso Botello, S. V.-F. (2011). *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático, Volumen2*. Tabasco: Universidad Autónoma de Campeche.
- ARMADA, M. (2020). *ARMADA*. Obtenido de <https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/cienciaihm1/prefLang-es/02ProductosServicios--08InfoInteres--00lineacosta>
- Beraud, José Luis (1997). Interacciones sociedad-naturaleza en Mazatlán, Sinaloa. *Región y Sociedad*, VIII(13), .[fecha de Consulta 21 de Septiembre de 2022]. ISSN: 1870-3925. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10201304>
- Center, A. R. (s.f.). *ArcGIS Resource Center*. Obtenido de ArcGIS Resource Center: <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n000000t000000.htm>.
- Estrada, S. I. (2012). Propuesta de creación del ordenamiento ecológico de la Zona Federal Marítimo Terrestre; Instrumento de política ambiental para la zona costera de México. En S. I. Estrada, *Propuesta de creación del ordenamiento ecológico de la Zona Federal Marítimo Terrestre; Instrumento de política ambiental para la zona costera de México* (págs. 29-45). Monterrey.
- Evelia Rivera-Arriaga, I. A.-A. (2021). Análisis de la Propuesta de Modificación Legal de la Zona Federal Marítimo Terrestre de México. En I. A.-A. Evelia Rivera-Arriaga, *Análisis de la Propuesta de Modificación Legal de la Zona Federal Marítimo Terrestre de México* (págs. 102-103). México: Eleonora Veron.
- INEGI, I. N. (2015). Catálogo del Territorio Insular Mexicano. En INEGI, *Catálogo del Territorio Insular Mexicano*.
- Lapucha, D. &. (1992). Investigation of the real-time accuracy of the DGPS .
- Olaya, V. (2011). Sistema de Información Geografica . En V. Olaya. Copyright.
- PNMCM. (30 de Noviembre de 2018). *Política Nacional de Mares y Costas de México*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación.
- PROFEPA. (2016). Obtenido de <https://www.gob.mx/profepa/acciones-y-programas/que-es-la-zona-federal-maritimo-terrestre-56672>
- Puerta, C. A. (2015). Tecnología drone en levantamientos topográficos.



- Rivera-Arriaga, E., I. A. Azuz-Adeath, S. Díaz Mondragón. 2021. Legal Proposal Modification Analysis of the Maritime Terrestrial Federal Zone of Mexico. *Revista Costas*, 3(1): 91-110. doi: 10.25267/Costas.2021.v2.i3.0403.
- Silva, R., Villatoro, M.M., Mendoza, E., Delgadillo, M.A., Escudero, M., Delgado, A., Ortiz, M.A., 2011. Caracterización de la Zona Costera y Planteamiento de elementos técnicos para la elaboración de Criterios de Regulación y Manejo Sustentable. SEMARNAT, pp. 152.
- Uribe-Botero, E., 2015: El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Chile, 86 pp.
- Stronkhorst, J., Levering, A., Hendriksen, G., Rangel-Buitrago, N., y Appelquist, L. R. (2018). Regional coastal erosion assessment based on global open access data: a case study for Colombia. *J. Coast. Conserv.* 22, 787–798. doi:10.1007/s11852-018-0609-x.
- Tejada De la Cruz, R. X. (2018). Sectores costeros más vulnerables entre Lurín y Pucusana ante un posible aumento del nivel del mar como consecuencia del cambio climático: Adaptación y aplicación del índice de vulnerabilidad costera de Gornitz (1991). *Espac. y Desarro.* 31, 59–86. doi:10.18800/espacioydesarrollo.201801.003.
- Thieler, E. R., y Hammar-Klose, E. S. (1999). National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise. Open-File Rep. 00-179, 1.
- Thierler, E. R., Himmelstoss, E. A., Zichichi, J. ., y Ergul, A. (2009). DSAS 4.0 Installation Instructions and User Guide. Updated for version 4.3 (only compatible with ArcGIS 10). Available at: <http://pubs.usgs.gov/of/2008/1278/>.
- Torres Rodríguez, V., A., Márquez Gacía, A., Bolongaro Crevenna, J., Chavarria Hernández, G., García, E. D., y Márquez, E. (2010). “Tasa de erosión y vulnerabilidad costera en el estado de Campeche debidos a efectos del cambio climático”, en *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático.*, ed. A. V. B. S. V.-F. J. G. y J. L. R. Galaviz. (Campeche: Semarnat-INE, UNAM-ICMyL, Universidad Autónoma de Campeche. 514 p.), 325–344. Available at: <http://www.anide.edu.mx/archivos/CAP15 Tasaerosion Costera Campeche.pdf>.



Torresan, S., Critto, A., Rizzi, J., y Marcomini, A. (2012). Assessment of coastal vulnerability to climate change hazards at the regional scale: The case study of the North Adriatic Sea. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 12, 2347–2368. doi:10.5194/nhess-12-2347-2012.

Torresan, S., Critto, A., Rizzi, J., Zabeo, A., Furlan, E., y Marcomini, A. (2016). DESYCO: A decision support system for the regional risk assessment of climate change impacts in coastal zones. *Ocean Coast. Manag.* 120, 49–63. doi:10.1016/j.ocecoaman.2015.11.003.

UNDRO (1979). Natural disasters and vulnerability analysis : report of Expert Group Meeting (9-12 July 1979) : Office of the United Nations Disaster Relief Co-ordinator : Free Download, Borrow, and Streaming : Internet Archive. Available at: <https://archive.org/details/naturaldisasters00offi/page/4>.

UNISDR (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Available at: www.preventionweb.net.

USGS. Woods Hole Coastal and Marine Science Center Sistema de análisis de costa digital (DSAS). Available at: https://www.usgs.gov/centers/whcmsc/science/digital-shoreline-analysis-system-dsas?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects

USGS EROS (2019). Landsat Collection 1 Level 1 Product Definition. 26. Available at: https://prd-wret.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/LSDS-1656_Landsat_Collection1_L1_Product_Definition-v2.0.pdfhttps://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/LSDS-1656_Landsat_Level-1_Product_Collection_Definit.

Vázquez-Bolleteo, A. (2008). Regional assessment of the current and future vulnerability of the Mexican coastal zone and the most impacted deltas due to sea level rise due to climate change and extreme hydrometeorological phenomena. SEMARNAT-INE, UNAM-ICMyL.



Viavattene, C., Jiménez, J. A., Ferreira, O., Priest, S., Owen, D., y McCall, R. (2018). Selecting coastal hotspots to storm impacts at the regional scale: a Coastal Risk Assessment Framework. *Coast. Eng.* 134, 33–47. doi:10.1016/j.coastaleng.2017.09.002.

Vittal Hegde, A., y Radhakrishnan Reju, V. (2007). Development of Coastal Vulnerability Index for Mangalore Coast, India. *J. Coast. Res.* 23, 1106. doi:10.2112/04-0259.1.

Warrick, R. A. (2009). Using SimCLIM for modelling the impacts of climate extremes in a changing climate: A preliminary case study of household water harvesting in Southeast Queensland. en 18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation: Interfacing Modelling and Simulation with Mathematical and Computational Sciences, Proceedings, 2583–2589.

Zanuttigh, B., Simcic, D., Bagli, S., Bozzeda, F., Pietrantoni, L., Zagonari, F., et al. (2014). THESEUS decision support system for coastal risk management. *Coast. Eng.* 87, 218–239. doi:10.1016/j.coastaleng.2013.11.013.