

# Introducción

---



# Introducción

## Costas y litorales en México

En la zona costera se concentra la mayor diversidad de la flora y fauna marina y es ahí donde se llevan a cabo la mayor parte de las actividades humanas relacionadas con el mar. La pesca es una actividad estratégica, pues pueden fundarse sobre ella importantes proyectos de desarrollo local y regional con criterios de sustentabilidad, además de que permite continuar la tarea de salvaguardar la soberanía nacional sobre los recursos marinos y los ecosistemas lagunares costeros ubicados en la Zona Económica Exclusiva de ambos litorales del país. Existe, en el caso de las aguas nacionales, gran diversidad de recursos marinos, por ejemplo, la principal región pesquera del país, situada en el noroeste, es rica en atún, sardina, macarela, corvina, barrilete, bonito y mero; mientras que en las aguas del Golfo de México y del Mar Caribe abundan especies como huachinango, lisa, mojarra, corvina, robalo, jurel, sierra y mero, entre otras.

Por otra parte, los recursos petroleros localizados en la plataforma continental han sido explotados intensamente desde hace décadas, lo cual ha resultado benéfico para el país desde el punto de vista económico, sin embargo, ha generado impactos ambientales negativos a los ecosistemas marinos. Además de estas actividades, las costas mexicanas representan fuentes de generación de recursos económicos para México gracias al interés turístico y recreativo que existe en sus playas, tanto a nivel nacional como internacional.



Figura 1 Barco pesquero, Oaxaca (derecha) y plataforma petrolera AKAL B en Campeche (izquierda)

El Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad, en su apartado de Hidráulica Marítima, define a la costa como “la frontera entre el mar y la tierra” y a la playa como dicha frontera cuando “está formada por material suelto no consolidado”, indica también que un litoral

es “una porción mayor de la frontera entre el mar y la tierra”, lo cual incluye a la playa y a la región permanentemente cubierta por agua, hasta una zona de aproximadamente 20 metros de profundidad.

Se presentan a continuación datos proporcionados en la última versión de dicho manual, aún en etapa de edición, sobre las características del estado de las costas y litorales en México:

México cuenta con una línea de costa de 23 715 km, de los cuales 43.62% (10 544.45 km) corresponden a su costa frontal, 45.11% (10 697.94 km) a su costa interior y el 11.27% (2 673.12 km) a la línea de costa de sus islas. Del litoral frontal, el 75.73% (7984.66 km) corresponden a costas de arenas (arenas y gravas), el 22.38% (2 359.79 km) a costas rocosas (acantilados y terrazas) y el 1.89% (199.61 km) a bocas de lagunas. De la costa interior o de aguas protegidas, las barras interiores representan el 37.56% (4 017.72 km) y costa interior el 62.44% (6 680.21 km).

Por otra parte, el litoral de la costa del Golfo de México y Mar Caribe mexicanos tiene una longitud de costa frontal de 2 768.838 km, de los cuales 2 559.97 km (92.46%) corresponden a playas de arena, 146.495 km (5.29%) a costas rocosas, y 62.373 km (2.25%) a anchuras de bocananas. La margen interior continental suma una longitud total de 4 900.247 km, de los cuales 1 795.075 km (36.63%) corresponden a la parte interior de las barras y 3 105.172 km (63.37%) a la costa de los cuerpos interiores.

Entidad Federativa	Longitud de Litoral Continental (1)		Longitud de Litoral Continental (2)		Número de Municipios Costeros
	(km)	(%)	(km)	(%)	
<b>Océano Pacífico</b>	<b>8475.06</b>	<b>73.11%</b>	<b>7828</b>	<b>70.38%</b>	<b>99</b>
Baja California	1555.23	13.42%	1493	13.42%	4
Baja California Sur	2705.39	23.34%	2131	19.16%	5
Sonora	1207.81	10.42%	1209	10.87%	13
Sinaloa	640.17	5.52%	622	5.59%	10
Nayarit	300.41	2.59%	296	2.66%	8
Jalisco	341.93	2.95%	351	3.16%	5
Colima	139.22	1.20%	142	1.28%	3
Michoacán	246.76	2.13%	228	2.05%	3
Guerrero	484.94	4.18%	522	4.69%	12
Oaxaca	597.51	5.15%	568	5.11%	26
Chiapas	255.69	2.21%	266	2.39%	10
<b>Golfo de México y Mar Caribe</b>	<b>3117.71</b>	<b>26.89%</b>	<b>3298</b>	<b>29.62%</b>	<b>69</b>
Tamaulipas	457.72	3.95%	433	3.89%	6
Veracruz	745.14	6.43%	720	6.47%	32
Tabasco	183.86	1.59%	200	1.80%	3
Campeche	523.30	4.51%	425	3.82%	7
Yucatán	342.47	2.95%	340	3.06%	13
Quintana Roo	865.22	7.46%	1176	10.57%	8
<b>Total Nacional</b>	<b>11592.77</b>	<b>100.00%</b>	<b>11122</b>	<b>100.00%</b>	<b>168</b>

(1) Datos del Anuario Estadístico por Entidad Federativa, 2005.

(2) Datos obtenidos de la página electrónica <http://cuentame.inegi.org.mx/>

Tabla 1 Extensión de los litorales nacionales y número de municipios costeros por entidad federativa

## Zona de Estudio

De acuerdo con la regionalización costera realizada por Ortíz y De La Lanza (2006), el estado de Quintana Roo pertenece a la región número 14-Costa del Mar Caribe de las catorce en que está dividida la República Mexicana (Figura 2), formando parte de la zona del Caribe Mexicano en la vertiente de las costas del Atlántico.

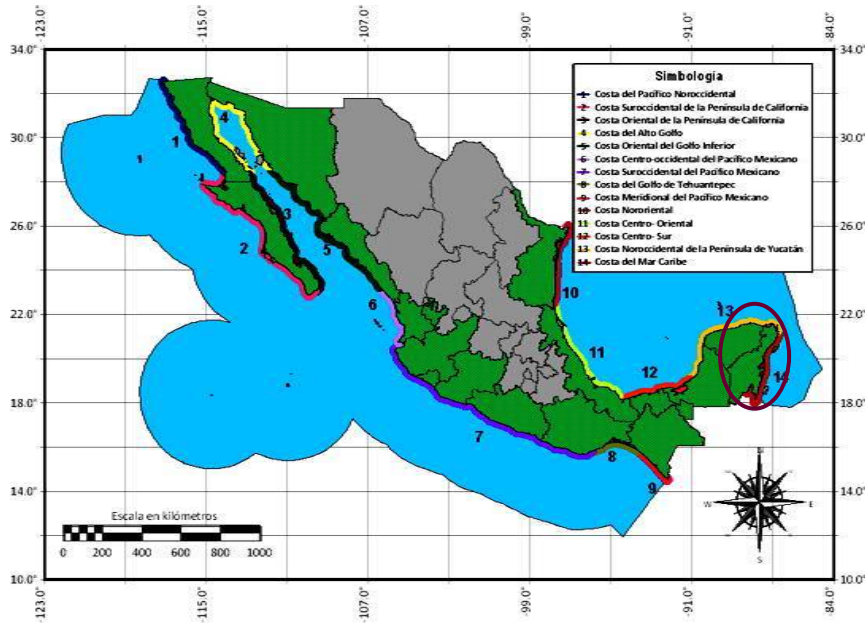


Figura 2 Zonificación del litoral mexicano en 14 regiones

En cuanto a las características específicas de la zona, el clima del estado de Quintana Roo es caliente subhúmedo con lluvias en verano, cuenta con una estrecha barrera arrecifal coralina que corre paralela a la línea de costa de todo el estado, con una traza casi continua absorbe gran parte de la energía que proviene del Mar Caribe y provoca la presencia de una laguna de barrera arrecifal somera.

En la costa son comunes las formas de disolución que se combinan con las de colapso, particularmente en la costa entre Cancún y Tulum. La costa entre Cabo Catoche y Cancún es dominada por cordones arenosos de dunas y de playa, las Bahías de Sian Ka'an constituyen un amplio humedal controlado por la cadena arrecifal, excepto en los trechos que comprende la entrada a las bahías. La costa maya es el último tramo de costa frontal, con bordo de cordón arenoso limitado por humedales y extensas ciénagas.

El sedimento de esta región posee un elevado contenido de carbonatos, superior al 75%, dominando de manera particular las arenas de origen biogénico. El alto contenido de carbonato es un reflejo de la presencia de los sistemas arrecifales localizados sobre la Plataforma Continental del borde oriental de la Península y del litoral de la isla de Cozumel.

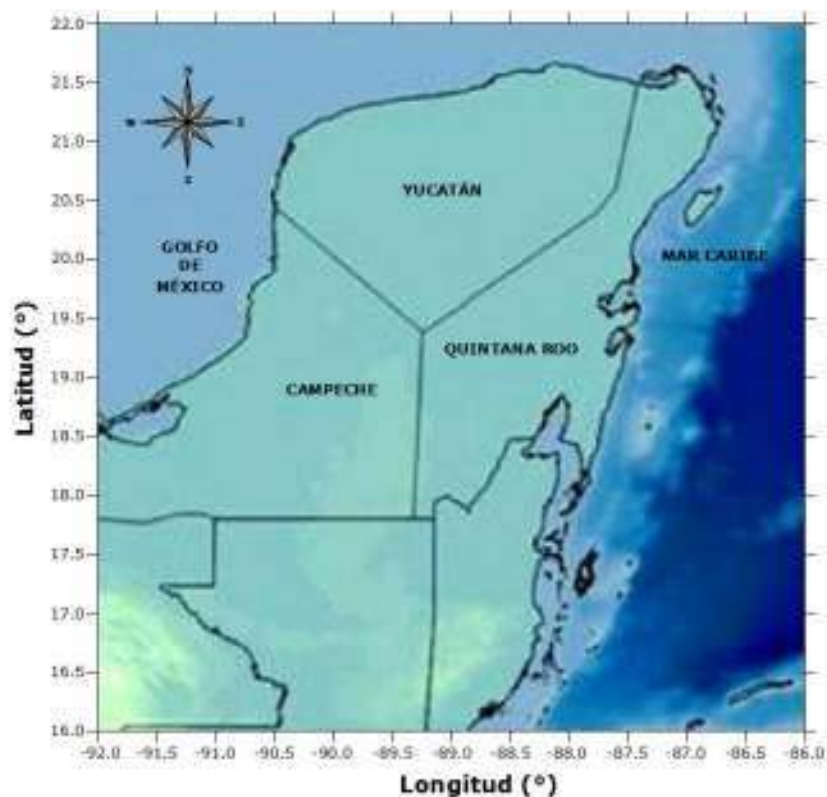


Figura 3 Zona de estudio: Quintana Roo, México

La situación actual de las playas del estado de Quintana Roo presenta grandes problemas de erosión provocada por el transporte de las arenas, lo que implica un alto impacto económico en recuperación y mantenimiento. Dicha erosión consiste en una reducción progresiva del ancho de sus playas ocasionada por la pérdida de arena, lo que resulta en un retroceso de la línea de costa.

La problemática de erosión de playas que se está presentando en la zona de Cancún (Figura 4) y Cozumel es resultado de la interacción de fenómenos naturales climáticos, meteorológicos, hidrodinámicos y sedimentarios, y de las acciones que el hombre lleva a cabo para explotar los recursos naturales sin considerar la sustentabilidad de los mismos.

- × Causas naturales: el estado de Quintana Roo se ubica dentro de la franja con mayor incidencia de trayectorias de huracanes a nivel nacional, lo que lo hace altamente vulnerable a los mismos. Como ejemplo de la dinámica debida a estos fenómenos meteorológicos, al paso de los huracanes Gilberto (1988) y Wilma (2005) tuvo lugar una fuerte erosión costera en las playas de Cancún y depositación en Akumal y Puerto Morelos. La pérdida de densidad de los arrecifes arrecifes y los eventos climatológicos extremos también son causas de la erosión, así como el desprendimiento de material rocoso en Punta Cancún y la separación de las masas rocosas que conforman Punta Nizuc, lo que ayuda a la migración de sedimentos entre los grandes fragmentos de roca.

- × Causas antropogénicas: la construcción masiva de hoteles y vías de comunicación, la invasión de la duna litoral y de las playas, el acarreo y depósito de material que tuvieron como objetivo ensanchar la isla y preparar las zonas para su urbanización, la falta de políticas públicas asociadas a la conservación de playas como elemento de generación de riqueza y como hábitat de diversas especies de flora y fauna. Ha derivado en el deterioro que actualmente se observa en playas como la de Cancún.



Figura 4 Pérdida de playa en Cancún, Quintana Roo

La pérdida de playas ha llevado a tomar medidas, en algunos casos de emergencia, para reparar los daños, recuperar playas y prevenir la erosión, tales como la alimentación artificial de playas. Los costos de inversión de estas acciones son cuantiosos si se considera que requieren mantenimiento periódico. Además, la capacidad de recuperación de las playas después de los huracanes y el oleaje *swell* persistente en forma oblicua sobre las mismas son factores determinantes para la durabilidad de los proyectos de alimentación artificial de playas. Otro problema presente es que en playas como las de Playa del Carmen, los usuarios han colocado obras de protección en forma indiscriminada, las cuales han sido diseñadas de manera inadecuada, complicando a situación.

Es evidente que las medidas tomadas no han sido suficientes para solucionar el problema, por lo que caracterizar las playas para contar con los parámetros aplicables a ella en relación al transporte de sedimentos, que resulta, por ejemplo, en la erosión de las playas, permitirá entender la dinámica costera, la búsqueda de alternativas de solución y contribuirá a disminuir los grandes costos que este fenómeno ha generado. Dentro de los parámetros utilizados en las expresiones para determinar las tasas de transporte de sedimentos, se encuentra el valor de la velocidad de inicio de arrastre, por lo que en la presente tesis se abordará su estudio.

## Objetivos

Establecer una metodología experimental para la determinación de la velocidad de inicio de arrastre de arenas en presencia de oleaje.

Obtener una curva experimental que describa el comportamiento de la velocidad de inicio de arrastre para sedimentos de la zona, en función de las condiciones hidrodinámicas a las cuales se encuentra sometido, valor requerido en expresiones de tasas de transporte de sedimentos, para así contribuir con los trabajos previos y futuros sobre la caracterización del transporte de sedimentos de la región.

## Organización del trabajo

El presente trabajo está constituido por cinco capítulos, en los dos primeros se describe la teoría relacionada con los conceptos que se manejan en los capítulos posteriores, en el tercero y cuarto se presenta la metodología, resultados experimentales y el análisis de los mismos, finalmente, en el quinto capítulo se exponen las conclusiones del trabajo.

En el primer capítulo se incluyen las hipótesis y consideraciones necesarias para el análisis estadístico del oleaje, así como la metodología para llevarlo a cabo; además, se presentan las diferentes distribuciones que existen para la descripción de la superficie libre del mar y el cálculo de alturas, periodos y altura-periodo de ola.

El segundo capítulo expone la teoría sobre el transporte de sedimentos: la descripción de los tipos de transporte que existen, las formulaciones que han sido propuestas para su estimación, y finaliza con lo referente al inicio de arrastre, tema de estudio central de la presente tesis.

El capítulo tercero describe la metodología experimental utilizada para el estudio del inicio de arrastre de arenas, dividido en dos etapas: la primera consta del trabajo realizado en el campo para la obtención de las muestras analizadas y, la segunda, contiene la exposición del trabajo realizado en el canal de oleaje dentro del laboratorio.

Los resultados obtenidos en las pruebas y su análisis están comprendidos en el cuarto capítulo, verificando la validez de la aplicación de la teoría lineal al fenómeno por medio de los registros obtenidos de los diferentes equipos de medición utilizados, presentando comparaciones con estudios previos sobre el tema y mostrando la relación obtenida entre la velocidad de inicio de arrastre con las características hidrodinámicas del flujo.

En el último capítulo se expresan las conclusiones del estudio realizado y se proponen futuras líneas de investigación sobre el tema.

---