



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

**“ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN DEL RECURSO
PLAYA EN LA ZONA DE COSTA MAYA, QUINTANA ROO.
RESIDUOS SÓLIDOS”**

TESIS

Para obtener el grado de

LICENCIADO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

Presenta

RODOLFO ALAIN CANUL KU

Directora de Tesis:

DRA. LAURA ELENA VIDAL HERNÁNDEZ

Chetumal, Quintana Roo, México, Diciembre de 2011.



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité de asesoría
y aprobado como requisito parcial para obtener el grado de:

LICENCIADO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

COMITÉ

DIRECTORA: _____
Dra. Laura Elena Vidal Hernández

ASESOR: _____
Inge. Imre Páramo Romero

ASESOR: _____
M. en C. Juan Antonio Rodríguez Garza

SUPLENTE: _____
M. en C. Benito Prezas Hernández

SUPLENTE: _____
M. en C. Jennifer Denisse Ruiz Ramirez

Chetumal, Quintana Roo, México, Diciembre de 2011

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a:

Dios, que es quien me bendice, en quien deposito mi confianza y mis ganas de salir adelante.

A mi mama, la señora Rosa V. Canul Ku que con su esfuerzo y amor me ha enseñado el camino correcto y ha hecho de mi la persona que soy.

A mi abuela que aunque no esté en vida sigue estando presente en mi corazón.

A la Dra. Laura Elena y al M. en C. Imre por sus lecciones en la elaboración de este trabajo, la amistad que me brindan son un paso más en mi formación como ser humano

AGRADECIMIENTOS

A todos mis amigos, por su apoyo sin excluir a ninguno pero en especial a Manuel, Cedrick, Noemi, Gladis y Alejandro quienes han estado conmigo, sin ustedes no existiría la amistad para mí.

A todos los maestros, por sus enseñanzas, consejos, por las dificultades que me retaron a superar. Especialmente a los que me asesoraron en este proyecto, la M en C. Jennifer, M. en C. Juan Antonio y al M. en C. Benito.

Al Dr. Rodolfo Silva quien sin conocerme me proporciono información de forma desinteresada. Muchas gracias.

A la alcaldía y comunidad de Mahahual quienes con su preocupación por su medio natural este trabajo les aporte más herramientas en la conservación.

A la DCI, por financiar la elaboración de la presente tesis, a través del programa “Apoyo a la titulación 2009”.

ÍNDICE

LISTA DE TABLAS	PÁGINA
Tabla 1. Ubicación de zonas de colecta.....	19
Tabla 2. Categorías de Basura Marina.....	23
Tabla 3. Tabla de resultados de Anova Factorial.....	33
Tabla 4. Pruebas de Tukey.....	33
Tabla 5. Basura marina de acuerdo a su origen.....	36
Tabla 6. Marco Legal y Administrativo que rigen el recurso natural Playa a nivel Federal.....	55
Tabla 7. Convenio de Colaboración Administrativa en Materia Fiscal Federal (orden Estatal y Municipal).....	66
Tabla 8. Resumen PET 2008-2010.....	73
Tabla 9. Análisis de residuos con respecto a la NMX-AA-120-SCFI-2006.....	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio.....	15
Figura 2. Perfiles de playa.....	18
Figura 3. Ubicación de zonas de colecta.....	20
Figura 4. Diseño de muestreo.....	21
Figura 5 Diseño Ortogonal de Sitios y Estratos.....	25
Figura 6. Porcentaje de basura marina por categoría en Río Indio.....	27
Figura 7. Porcentaje de basura marina por categoría en Puerto Ángel.....	27
Figura 8. Porcentaje de basura marina por categoría en Marisol.....	27
Figura 9. Presencia total en kg de basura marina en cada estrato de playa.....	28
Figura 10. Concentración de basura marina en Río Indio.....	31
Figura 11. Concentración de basura marina en Puerto Angel.....	31
Figura 12. Concentración de basura en Marisol.....	31
Figura 13. Análisis de varianza.....	34
Figura 14. Interacción de sitios y estratos.....	35
Figura 15. Geografía de la región Caribe.....	41
Figura 16. Corriente del Caribe.....	42
Figura 17. Boya liberada en enero de 1999.....	45
Figura 18. Boya liberada en Agosto de 1999.....	46

Figura 19 Diagrama del flujo de la corriente en la zona costera y oceánica cercana en el Mar Caribe de México.....	47
Figura. 20 Comportamiento de cuerpos de deriva frente a diversas puntas litorales....	48
RESUMEN.....	8
INTRODUCCIÓN.....	10
OBJETIVOS DE LA TESIS.....	13
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	13
CAPITULO 1.- CARACTERIZACION DE RESIDUOS EN LA PLAYA DE MAHAHUAL.	
I. Descripción del área de estudio.....	14
II. Método.....	17
III. Resultados.....	26
CAPITULO 2.- OCEANOGRAFIA.	
I. Tipos de corrientes.....	38
II. La corriente del Caribe.....	40
III. Circulación en el Caribe.....	43
IV. Caribe Mexicano.....	47
V. Efecto del arrecife.....	50
VI. Sistema Arrecifal de Mahahual.....	51
CAPITULO 3. MARCO LEGAL Y ADMINISTRATIVO DEL MANEJO DEL RECURSO PLAYA.	
I. Marco Legal y Administrativo e Iniciativas.....	54
II. Iniciativas Gubernamentales.....	71
III. Iniciativas No Gubernamentales.....	75
IV. Marco Internacional: convenios, acuerdos, reuniones y reglamentos que ayuden a prevenir, corregir y limpiar las playas o zonas costeras de residuos sólidos.....	76

DISCUSIÓN.....	81
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	91
BIBLIOGRAFIA.....	96
ANEXO 1.....	102
ANEXO 2. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS.....	104
ANEXO 3. CEDULA DE NOTIFICACIÓN.....	106

RESUMEN

Las playas son un recurso natural sumamente explotado para el turismo en las zonas costeras del mundo. Su naturaleza muy dinámica las hace ser zonas frágiles a diversos tipos de impacto antropogénico y natural. En particular, los residuos arrojados y depositados en ellas, en su mayoría de tipo sintético, además de ser de degradación lenta (algunos incluso en varias decenas de años) constituyen un peligro inminente a su fauna y la flora. Si la calidad ambiental de las playas es degradada por la pérdida de su belleza escénica y de condiciones de sanidad, su potencial desarrollo turístico es eliminado. Diversas instituciones académicas y no gubernamentales han publicado diversos estudios con estadísticas alarmantes en lo que se refiere a las cantidades de basura marina que se depositan en playas.

En las playas adyacentes al poblado de Mahahual, Estado de Quintana Roo, México hay presencia abundante de basura o residuos sólidos variados (registros de hasta 15 toneladas de basura en 20 Km de playa), lo cual llama la atención debido a la incipiente presencia de visitantes así como de la escasa cantidad de gente que habita en zonas colindantes. De este hecho parte la investigación que origina esta tesis. La cual esta dividida tres secciones identificables: una primera que introduce el tema, define los objetivos y señala las preguntas de investigación; una segunda que contiene tres capítulos de análisis de información (Cap. 1 a 3) y una tercera y última sección que presenta la discusión integral de los capítulos de análisis, las conclusiones y las recomendaciones. El objetivo general de la tesis es diseñar estrategias de conservación del recurso natural playa a través de la caracterización del problema de depósito de residuos sólidos en playas en la Zona de Costa Maya (Cap. 1), la exploración de los procesos costeros y las deficiencias en o la falta de cumplimiento del marco legal aplicable al recurso natural playa que podrían originar patrones de recalado o distribución de la basura en tal zona (Cap. 2) y la revisión del marco jurídico y administrativo vigentes sobre el recurso playa y la atención a la basura marina (Cap.3).

El método seguido para caracterizar los residuos en la playa incluyó: pesaje (Kg/m^2) de residuos sólidos en playa divididos en categorías durante un periodo de un año (seis

muestras bimensuales) en tres diferentes sitios de muestro y tomando en consideración tres estratos del perfil de playa. Para el análisis estadístico de los datos se aplicó un análisis de ANOVA de dos vías con la prueba de Tukey para determinar si existe o no interacción de los sitios y los estratos, y para identificar diferencias significativas de concentración de residuos a partir de una comparación entre pares de resultados.

La exploración de los procesos costeros en la zona de Mahahual se llevó a cabo mediante la recopilación de información bibliográfica centrada en la descripción de las corrientes marinas presentes en la zona marina adyacente (Caribe, zona costera de Quintana Roo y sistema arrecifal de Mahahual).

La revisión del marco jurídico para el recurso playa en México abarca la compilación de los instrumentos legislativos de carácter Federal, Estatal y Municipal que otorgan a las dependencias del Gobierno algunas facultades relacionadas con el recurso playa como un bien de la nación.

La discusión integral contrasta los resultados de la tesis con estudios diagnósticos de la situación de los residuos sólidos en playas de América latina, sus estrategias de manejo y sus principales retos. Esto permite realizar un análisis comparativo de la situación en Mahahual y permite identificar necesidades de investigación o actualización de estudios de dinámica costera, y de instrumentos legislativos y su cumplimiento.

Derivado de este análisis se concluyen que para asegurar la calidad de las playas de esta parte del Estado y atender los compromisos internacionales firmados se requieren diversas acciones de forma puntual, partiendo del ámbito local hasta la necesidad de acuerdos bilaterales que permitan la investigación científica y la actualización de estudios.

Así mismo, se señala la necesidad de integrar a distintos actores sociales para participar en la atención a este problema, no se le debe encargar toda la responsabilidad a una sola entidad ya sea gubernamental, social o de la iniciativa privada. Considero que todos somos parte de un entorno y cada uno debe asumir responsabilidades con el objetivo de preservar las mejores condiciones posibles de este destino que además promete ser un impulsor del desarrollo económico y social en el Estado.

INTRODUCCION

Dentro de las actividades que se relacionan con el desarrollo pleno de cualquier ser humano se encuentran las actividades de relajación, de descanso, de meditación y de reflexión, por esta razón no es de extrañar que la gente disponga de lapsos de tiempo para detener sus quehaceres habituales y busque lugares que le resulten bonitos y agradables para realizar estas actividades. Los recursos naturales en conjunto forman paisajes que resultan ideales para liberar tensiones y propiciar un ambiente agradable, ya sean totalmente naturales o combinados con elementos hechos por el hombre (parques temáticos, jardines, etc.).

Las playas son un recurso natural sumamente explotado para el turismo en zonas costeras. Su naturaleza muy dinámica las hace ser zonas frágiles, por lo que los residuos arrojados, en su mayoría de tipo sintético, además de ser de degradación lenta (algunos incluso en varias decenas de años) constituyen un peligro inminente a su fauna y flora, si la calidad ambiental esta degradada por la pérdida de belleza escénica y de condiciones de sanidad, su potencial desarrollo turístico es eliminado.

La incorrecta disposición de los residuos sólidos genera diversos problemas medioambientales y socioeconómicos. En ciudades costeras estos se magnifican debido al alto nivel de urbanización ocasionado por el crecimiento poblacional y por elevada demanda turística, actividad que es la principal fuente de ingresos para sus habitantes (Bosch, 2001). Los residuos de plástico, tales como envases y bolsas, son de los más dañinos al ambiente por ser de degradación lenta (aproximadamente 100 años). De acuerdo a la Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos (1992) los plásticos son causa de graves daños en la salud de fauna marina, como tortugas y aves, que frecuentemente mueren por inanición, asfixia, o desnutrición por su ingesta, entre otros problemas. . Otros residuos, como por ejemplo aquellos derivados de las actividades pesqueras pueden enrollarse a la propela de motores fuera de borda o causar la llamada “pesca fantasma”, entre otros daños (UNEP, 2005; Coello, 2007).

El problema de la deposición de los residuos sólidos en las playas y océanos ha promovido investigación y publicación de diversos documentos con acuerdos para su regulación,

prevención y recolección. Prueba de estos es el Convenio MARPOL creado en 1978 y su anexo V, donde se incluyen requerimientos para el manejo de las basuras en mar; sin embargo, de acuerdo al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 2005) existen diversas deficiencias en la operación de este tratado además de existir limitaciones de naturaleza económica y técnica para aplicarlo en algunos países.

Es en la zona sur de México se tiene a uno de los principales destinos para el turismo, Cancún que por excelencia es uno de los mejores destinos y el arribo de visitantes se debe a su reconocida belleza paisajística. Sin embargo como consecuencia de esta preferencia por parte de turistas se generan enormes cantidades de residuos, que ante una falta de manejo se tendrían muchos de estos flotando en las aguas, se observarían en las playas causando una pérdida en el valor paisajístico y por ende la disminución en el número de visitantes.

Mahahual (poblado al sur del estado), es un destino en desarrollo y que en 2009 se registró la cantidad de 15 toneladas de basura en 20 Km de playa. Estas cantidades son significativas si tomamos en cuenta que la actividad del turismo es incipiente y el número de habitantes que actualmente reside es de apenas un fraccionamiento habitacional desarrollado por INFONAVIT. Los habitantes de Mahahual, en especial los restauranteros, han manifestado su malestar por el arribo de basura a sus costas; ya que según ellos no son los generadores de tales residuos y los pobladores no suelen acudir a las playas.

Ante esta situación se planteó la elaboración de esta tesis en la Costa Maya de Quintana Roo, particularmente en Mahahual considerado el Centro Integrador Regional de la Zona Sur del Estado (PDU Mahahual, 2007) con principal vocación de desarrollo turístico. La tesis se enfoca en caracterizar el problema de residuos sólidos en las playas de Mahahual, con la intención de diseñar estrategias de manejo de su recurso natural playa. Esta información será de utilidad para:

1.- Construir un panorama de la dinámica de la deposición de basura marina en las playas del sur del estado, con el fin de que las autoridades de los tres niveles de gobierno cuenten con elementos para eficientizar y, tal vez, redirigir los esfuerzos en las labores de limpieza de playas y planeen de mejor manera los programas con vista de hacer conciencia dirigida a la comunidad de Mahahual y a los usuarios de la playa.

2.- Servir de herramienta de consulta para que quienes pretendan hacer un uso del recurso natural playa y Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT) conozcan los estatutos contenidos en las leyes y reglamentos que los rigen así como del organismo responsable de su aplicación; dicha información se encuentra en las tablas de responsabilidades administrativas.

3.- Llamar la atención a las autoridades para actualizar el “Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar” (RUAMAT) ya que no se ha actualizado desde su publicación en el Diario Oficial de la Federación el 21 de agosto de 1991.

4.- Ejemplificar el deterioro por fuentes contaminantes de aquellos recursos naturales cuya conservación requiere de la participación integrada de diversos actores: la sociedad civil, empresas dedicadas a la obtención de productos a partir del proceso reciclaje-reutilización, las autoridades de los tres niveles de gobierno, e incluso con autoridades de distintos países.

5.- Mostrar la importancia a los proyectos encaminados a mejorar la salud pública, como lo es la necesidad de dotar a Mahahual de un relleno sanitario de condiciones que no permitan el escape de basura hacia zonas con vegetación y/o que la dinámica misma permita su ingreso a las playas o mares del destino.

OBJETIVOS DE LA TESIS:

Objetivo general:

Diseñar estrategias de conservación del recurso natural playa a través de la caracterización del problema de depósito de residuos sólidos en playas en la Zona de Costa Maya.

Objetivos específicos:

1. Caracterizar los residuos sólidos y su distribución en la línea de playa de la costa de Mahahual e indicar el grado de contaminación visual e impactos ecológicos que estos causan.
2. Realizar una revisión del marco jurídico y administrativo sobre la prevención y el manejo de residuos sólidos en Costa Maya, zona de playas Mahahual.
3. Explorar los procesos costeros o de uso de las playas que puedan dar origen a las variaciones de patrones de recalado o distribución de basura en la costa de Mahahual.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el patrón de depósito de residuos sólidos en las playas de la costa de Mahahual y qué impactos tiene en el ambiente natural?

¿Qué condiciones oceanográficas, de uso de la playa y normativo-administrativas favorecen el patrón de depósito de residuos y su impacto en el recurso playa?

Esta tesis está conformada por tres capítulos de análisis que abarcan el estudio de caracterización de los residuos sólidos en las playas de Mahahual (cap.1), y dos capítulos que compilan información bibliográfica relevante a aspectos oceanográficos de la zona de estudio (cap 2.) y legales-administrativos para el manejo de playas (cap. 3). Finalmente se discuten los resultados y se presentan las conclusiones del trabajo con algunas recomendaciones.

CAPITULO 1. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS EN LA PLAYA DE MAHAHUAL

Con el fin de caracterizar los residuos depositados en las playas de Mahahual se recurrió a un muestreo en tres sitios que se consideraron representativos y homogéneos en sus características. A continuación se describe el área de estudio, el método de muestreo seguido y una descripción del análisis estadístico realizado. Posteriormente se proporcionan los resultados correspondientes.

Las playas de interés se encuentran localizadas en la región llamada Costa Maya, en la parte oriental de la península de Yucatán que corresponde a la provincia geográfica de la costa baja de Quintana Roo. La Costa Maya se ubica dentro del municipio de Othon P. Blanco que ocupa un área de 98, 042 Ha cuyas coordenadas son $19^{\circ} 05' 8.81''N$, $87^{\circ} 34' 24.8'' W$ y $18^{\circ} 9' 40.82''N$, $87^{\circ} 33' 0.15''W$ (INEGI, Carta hidrológica de aguas superficiales. Bahía Ascensión E16-2-5, 1985).

La Costa Maya (Figura 1) constituye una franja costera desde el sur de Xcalak hasta el límite con la reserva de la Biósfera de Sian Ka'an, al norte limita al este con el Mar Caribe y al oeste, colinda con la zona sujeta a conservación ecológica Santuario del Manatí, con el área de protección de flora y fauna Uaymil (POET Costa Maya, 2000).

I. Descripción del área de estudio

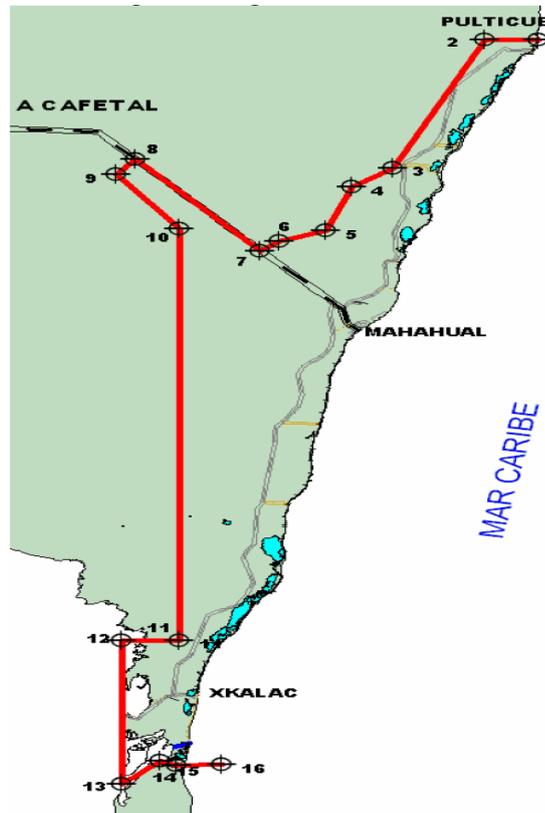


Figura 1. Área de estudio, Costa Maya. Fuente: POET COSTA MAYA, 2004

A. Vegetación de playa en Costa Maya

La región Costa Maya en su zona de playas se conforma por vegetación pionera de tipo Duna Costera. Esta asociación se constituye por aquellas especies que se distribuyen en las playas arenosas, y por tanto, muy cerca de la rompiente de la marea y a una altitud entre 0 y 1 m sobre el nivel del mar. También se caracteriza por la presencia de especies herbáceas y rastreras, con alturas promedio que varían entre los 40-50 cm. En su conjunto, la vegetación pionera puede ser una asociación muy diversa, por lo que se pueden identificar poblaciones de *Ambrosia hispida*, *Canavalia rosea* (fríjol de playa), *Ipomoea pes-caprae* (riñonina), *I. stolonifera*, *Sporobolus virginicus*, o bien, *Sesuvium portulacastrum* (verdolaga de mar). (Sanchez, 1991).

B. Clima.

De forma general, la región de Costa Maya tiene un clima cálido subhúmedo con lluvias predominantes en verano y parte del invierno. Las precipitaciones totales anuales oscilan entre los 1, 300 y 1, 500 mm (García, 1973; INEGI, 1985 carta de Climas Bahía de la Ascensión E16-2-5). La temperatura media anual es de 26.5° C con una oscilación térmica de 5° C, las temperaturas más altas se registran de junio a agosto y los meses más fríos se presentan de diciembre a febrero (elaboración POET Costa Maya con datos de la estación meteorológica de la Comisión Nacional del Agua en Chetumal, 1978).

Los vientos dominantes registran una dirección de Este Sureste durante los meses de: enero, marzo, abril, agosto y septiembre. Los que provienen del Este dominan los meses de febrero, mayo, junio, julio y agosto. Finalmente los nortes se hacen presentes durante noviembre y diciembre. (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 1991).

C. Tipo de suelo

Los Regosoles calcáreos en el corredor Costa Maya (Punta Herrero-Xcalak) se ubican en el cordón litoral, formando dunas y playas con pendientes poco pronunciadas pero suficientes para tener un drenaje superficial rápido. Son arenas profundas de más de 2 m, de color blanco a rosado y fuertemente permeable, el manto freático se localiza entre los 70 a los 200 cm de profundidad. Estos suelos tienen más de 1 m de profundidad, se encuentran asociados con los Solonchac (mólico u órtico) (Wright, 1967 e INEGI, 1985 carta Edafológica E16-2-5).

Los suelos que conforman las playas de estudio tienen su origen en el periodo cuaternario y pertenecen a la división de tipo Litoral. Esta unidad representa a los depósitos litorales de arena fina a gruesa constituidos principalmente por fragmentos de corales, espículas de equinodermos, moluscos, ostrácodos, briozoarios y esponjas. Estos sedimentos están bien clasificados y en algunos lugares además presentan acumulaciones de gravas y bloques de corales así como restos completos de moluscos. (Carta Geológica, INEGI, 1984 El 6-2-5, esc. 1:250 000 en POET Costa Maya).

D. Arrecifes

Una característica de la zona costera del Caribe Mexicano que lo hace diferente de otros mares mexicanos, es que sus costas están bordeadas por un complejo sistema arrecifal que se extiende desde el canal de Yucatán hasta la frontera con Belice. La gran extensión, la morfología y la elevada rugosidad de la superficie de las formaciones coralinas, hace que éstas funcionen como un amortiguador del efecto del oleaje cotidiano y de tormenta sobre las costas. Por lo tanto los arrecifes coralinos funcionan como un estabilizador de los procesos costeros en su área de influencia (Jordan, 1993).

Existen tres zonas estructurales o regiones para el arrecife de Costa Maya según un estudio de Amigos de Sian Ka'an (1997):

- Laguna arrecifal: se forma en el canal delimitado por la cresta arrecifal y la playa
- Cresta arrecifal: es la zona con menor profundidad y mayor energía del oleaje.
- Arrecife frontal: constituye la zona más profunda y con mayor diversidad y cobertura de escleractinios.

II. Método

A. Identificación de playa y de sus estratos

Conceptualmente las playas se definen de acuerdo a Henríquez (2005) como “unidades morfológicas conformadas por la acumulación de sedimentos no consolidados de distintos tipos”. Mientras que sus límites físicos o estratos identificados por Carranza-Edwards (1994) en Hernández (2005) (Figura 2) son:

1) Infraplaya: se encuentra entre el límite inferior de la playa y la mesoplaya. Esta zona siempre está cubierta por agua y, durante eventos de tormenta combinados con mareas altas o tsunamis, la zona se desplaza hacia la tierra cubriendo la mesoplaya y la supraplaya.

2) Mesoplaya: se localiza entre la infraplaya y la supraplaya. Esta zona está continuamente cubierta por agua y expuesta al aire de forma rítmica y alternada entre el límite de la zona

de vaivén marcado por el máximo retroceso del relavado en marea baja hasta el máximo avance del lavado en marea alta.

3) Supraplaya: se encuentra entre la mesoplaya y el límite superior de la playa y en condiciones normales se encuentra seca con predominio de agentes eólicos sobre los hídricos, ya que el agua sólo invade ocasionalmente esta zona durante eventos de tormenta combinados con mareas altas o tsunamis. También es conocida como berma.

De los estratos mencionados, Mesoplaya y Supraplaya fueron incluidos en este estudio y se incluyó un estrato más al que llamamos “Duna”. Para entender el concepto se tomó como base lo establecido por Flores y Espejel (1994), que señalan “la vegetación de Duna Costera es el conjunto de plantas Herbáceas o arbustivas, halófitas, que se desarrollan a la orilla del litoral, generalmente sobre suelos arenosos”. Por lo tanto, Duna se llamará al primer cordón de arena cubierto por vegetación herbácea o arbustiva que se sitúa de forma inmediata después de la Supraplaya.

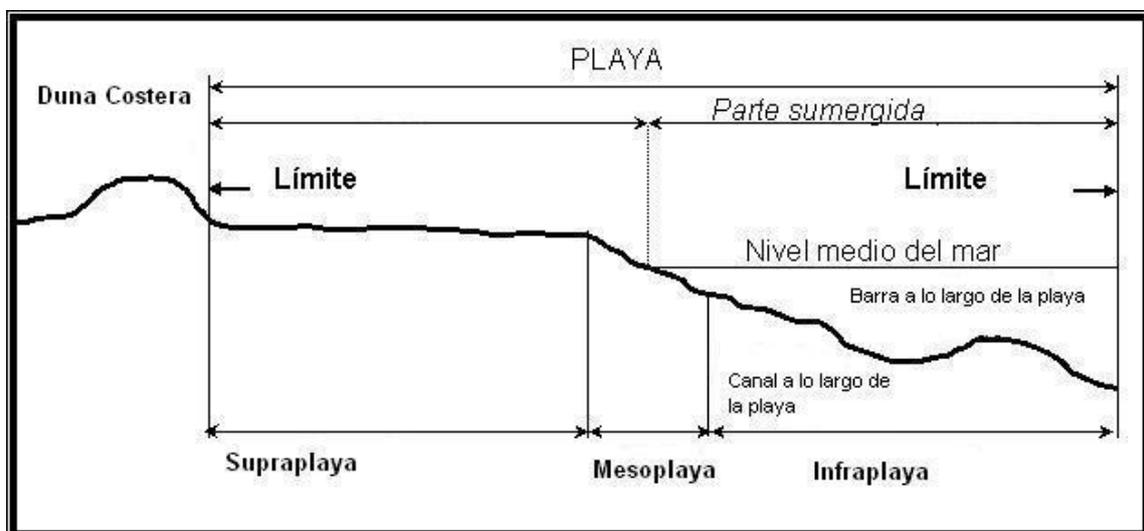


Figura 2. Perfiles de playa, fuente: INE, propuesta metodológica para evaluar la aptitud recreativa de las playas en México. 2009

B. Zonas de colecta

Por cuestiones de capacidad logística se eligieron tres sitios para caracterizar los residuos sólidos depositados en playa y comparar sus diferencias. Para su elección se establecieron los siguientes criterios:

1.- Lejanía de algún centro de población como el poblado de Mahahual, rancherías, casas particulares u hoteles para evitar la remoción o la influencia de las personas en el depósito de la basura marina.

2.- Presencia clara de los tres estratos seleccionados: Duna, Mesoplaya y Supraplaya

3.- Extensión de arena y vegetación correspondiente a cada estrato más o menos similar entre sitios. Para asegurar este criterio se hizo una visita en el mes de abril de 2009 y se consultó el POET Costa Maya (2000) que establece que las playas de la zona son definidas como Unidades Territoriales Costeras de Orden A; lo cual quiere decir que se tienen 20 metros de arena contados a partir de la línea de marea alta.

Tomando como referencia la distancia con el “Poblado de Mahahual” con datos de ubicación de 18°43'27.45" latitud N y 87°42'4.45" longitud W, las zonas de colecta fueron identificadas de Norte a Sur: Rio Indio ubicada a 10 Km al norte; la segunda nombrada como Puerto Ángel a 12 km al sur y, por último, Marisol en la misma ruta sur ubicada a 14 Km.

De forma precisa, la ubicación de los sitios corresponden a las siguientes coordenadas (Tabla 1) tomadas con un geoposicionador . La Figura 3 muestra los sitios con respecto al poblado de Mahahual.

Tabla 1. Ubicación de zonas de colecta

Sitio	Límite norte	Límite Sur
Río Indio	18° 48'02" latitud N 087° 40'09" longitud W	18° 48'00" latitud N 087° 40'09" longitud W
Puerto Ángel	18° 37' 08.3" latitud N 87° 43' 55.3" longitud W	18° 37' 6.9" latitud N 87° 43' 54.66" longitud W
Marisol	18°36'07 latitud N 087° 44'08" longitud W	18° 36'05" latitud N 087° 36'05" longitud W

Fuente: elaboración propia. Nota: los datos fueron tomados usando un geoposicionador.

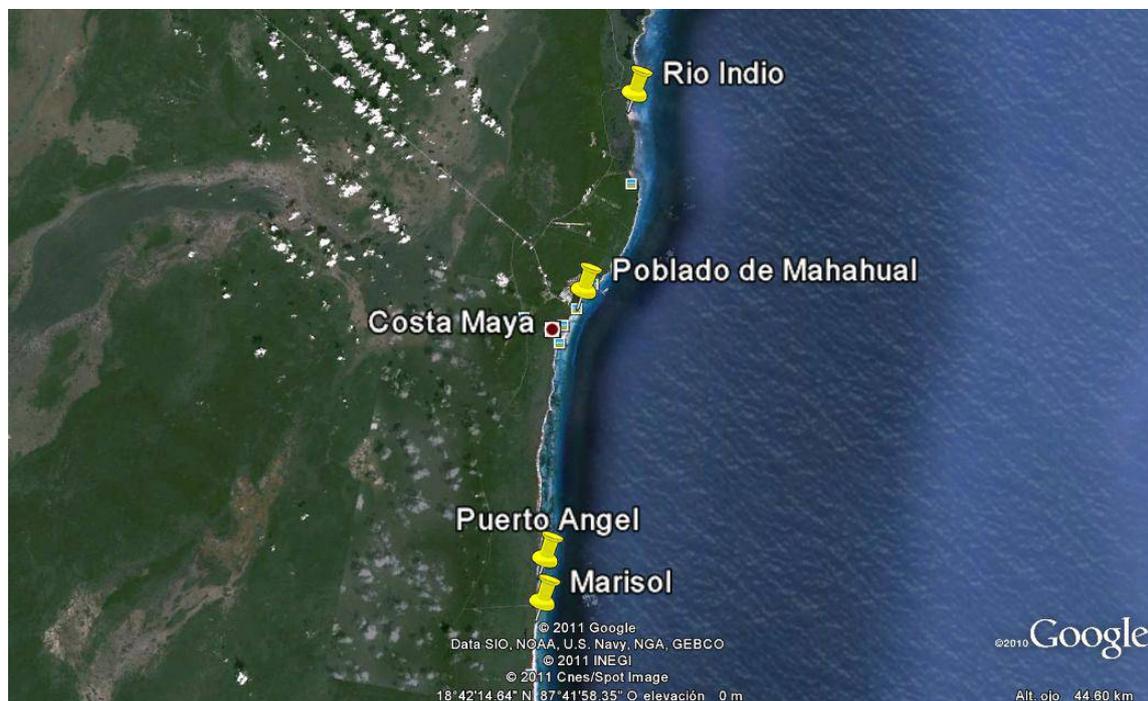


Figura 3. Ubicación de las playas de estudio en la zona de Costa Maya. Fuente: Google Earth 2011.

C. Diseño de Muestreo

En cada uno de los sitios se estableció una línea base de 70 m de largo paralela al litoral. Sobre ésta y contemplando los tres estratos descritos anteriormente, se delimitaron tres transectos de 20 metros de longitud, separados entre ellos por cinco metros. (Figura 4)

Con esta referencia se delimitaron tres parcelas en cada estrato en donde el ancho de cada una no se predefinió ya que estuvo en función de la dinámica de las playas, ya que como señala Capurro (***) , el ancho de la playa depende de la estación del año; es decir: el perfil es más amplio durante el verano y a medida que se avanza hacia el invierno el perfil se va acortando. Para facilitar esta tarea y evitar errores de medición se usaron dos cuerdas con marcas fijas. Las cuerdas eran tendidas en la playa y se colocaban estacas en los vértices para delimitar claramente el área de cada una de las parcelas.

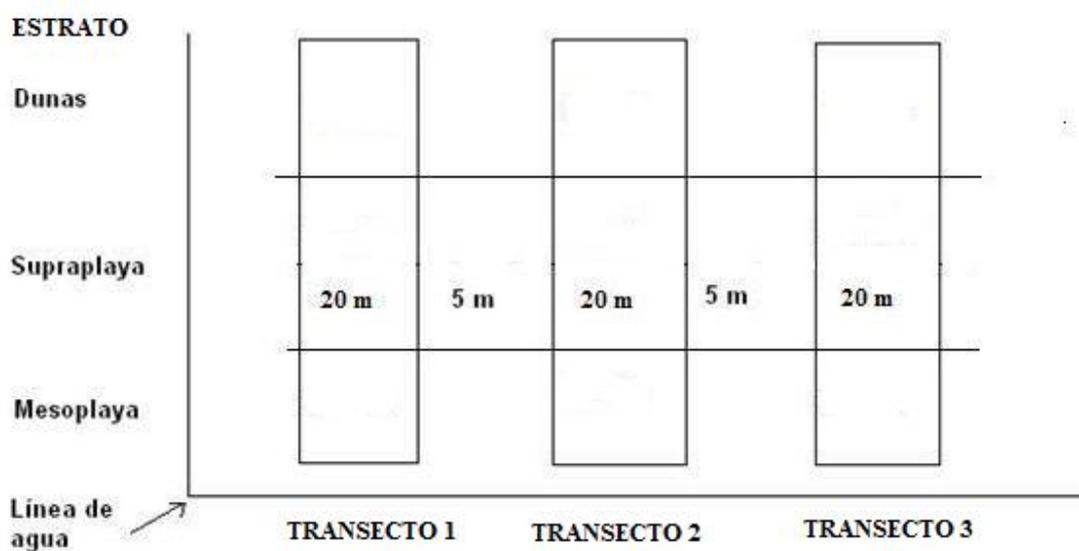


Figura 4. Diseño de muestreo.

D. Caracterización de residuos sólidos.

Existen diversos métodos para cualificar y cuantificar basura marina. El planteado por Ocean Conservancy aborda la problemática de las actividades causadas por el Turismo y actividades cotidianas. Los ítems se encuentran separadas en cuatro grandes categorías las cuales son: animales enredados, actividades en el océano/vías fluviales, actividades relacionadas con el fumar, actividades relacionadas con arrojar basura, higiene médica/personal y desperdicios de preocupación local. Para este método no hay especificaciones en su aplicación.

Otro método fue el desarrollado por Bravo- Gallardo-Nuñez-Thiel y Vásquez (2008) para las playas de Chile. Su muestreo consistió en realizar un promedio de siete transectos perpendiculares a la línea de costa, desde la línea de la marea baja (estación inicial) hasta el pie de las dunas (estación final). En cada transecto se hicieron entre dos y seis estaciones (dependiendo del ancho de la playa). Cada estación tenía un área de 3x3 metros. La estación era marcada en la arena con una cinta de medir o delimitada con cuerdas. En su tarjeta de registro contiene nueve categorías: papeles, cigarrillos, plásticos, metales, maderas, vidrios, algas y vegetales.

Los métodos anteriores sirvieron para contextualizar el diseño y dar una idea general de las categorías que se incluirán en el estudio. Ocean Conservancy propone un método estandarizado para cualquier playa en cuanto a las categorías que presenta, en tanto que el realizado en las costas chilenas indica la extensión y las dimensiones del área a muestrear con pocas categorías en su ficha de registro. Sin embargo, a pesar de lo factible de ambos métodos, evalúan playas urbanas donde los centros de población ejercen presión directamente, lo cual en este estudio no resulta aplicable ya que uno de los criterios es no tener centros de población cercanos.

De tal forma, y con base en la visita de exploración en abril de 2009 se identificaron los tipos particulares de tipo de basura que arriba a las playas de Mahahual y se diseñaron categorías adecuadas a los sitios analizados, las cuales se describen en la Tabla 2.

Tabla 2. Categorías de Basura Marina

Categoría	Descripción	Ejemplos
Plástico	Se incluyen a todo aquel material hecho con plástico.	Taparroscas, botellas, bolsas, entre otros.
Metal	Todo ítem que este constituido por aluminio y hierro.	Latas de aluminio, tubos.
Cabullería	Material de desecho por parte de embarcaciones o bañistas.	Restos de cuerdas, de redes de pesca, “boyas” (botellas de plástico atadas con cuerdas, hechas por bañistas con el fin de avisar a lanchas o alguna embarcación de su presencia)
Madera	Madera procesada, utilizada en estructuras o algún instrumento, se excluyen ramas de árboles o pedazos de estos.	Restos de embarcaciones, tarimas, pilotes, etc.
Vidrio	Todo aquel ítem constituido por este material.	Botellas, recipientes o cualquier instrumento o utensilio.
Zapatos	Incluye a todo aquel ítem utilizado como calzado	Sandalias, botas, tenis, etc.

Fuente: elaboración propia

E. Pesaje de residuos

Es pertinente resaltar que en la visita de prospección realizada en abril de 2009 (mes cero) se removió toda la basura marina que se encontró en los sitios de colecta con la finalidad de

tener la certeza que los residuos que se recolectaran en los meses posteriores de muestreo fuera resultado de los procesos naturales sucedidos sólo en ese periodo de tiempo. El periodo total de muestreo incluyó un año, de abril de 2009 (mes cero o visita de prospección) a abril de 2010 (mes seis). Se realizaron 6 muestreos, llevados a cabo de forma bimestral, comenzando a contarse desde junio 2009 (mes uno), agosto 2009 (mes dos), octubre 2009 (mes tres), diciembre 2009 (mes cuatro), febrero 2010 (mes cinco) y abril 2010 (mes seis).

Para pesar los residuos se utilizó un dinamómetro o báscula tipo romana de 12 kg de capacidad con precisión de 100 gramos, Se pesaron por separado todos los ítems de cada categoría que se encontraron en cada una de las parcelas. Debido a que las parcelas no tenían la misma área y que se tenía contemplada la comparación entre ellas, se estandarizó el peso de los residuos por unidad de área, estableciendo para este análisis como unidad de registro la concentración de residuos sólidos en kilogramos por metro cuadrado (kg m^{-2}).

F. Análisis estadístico

El análisis estadístico planteado tuvo por objeto identificar patrones en la concentración de basura marina a escala espacial, considerando dos variables independientes sitio y estrato de recolección. Es decir establecer si la concentración de residuos sólidos está relacionada con el sitio, el estrato o una combinación de ambos.

El análisis de varianza que se utilizó en este estudio fue la **ANOVA de dos vías**. En este análisis la variable de interés se clasifica de acuerdo a dos factores o vías para estudiar simultáneamente sus efectos. Este análisis permite comparar la variabilidad interna de los factores con la variabilidad entre factores. Si cada uno de los niveles de un factor está presente en cada nivel del segundo factor se dice que se tiene un arreglo ortogonal (Abraira y Pérez de Vargas, 1996).

El análisis establece si existe o no interacción entre los factores; es decir, si la concentración de basura marina (variable dependiente) es igual a lo largo de la costa (factor sitio) y en los perfiles de playa (factor estrato), y si tal comportamiento es resultado de la combinación de estos. La figura 5 ilustra el diseño ortogonal de los sitios y estratos.

FACTOR 1:	SITIOS		
	<u>1 Rio Indio</u>	<u>2 Puerto Ángel</u>	<u>3 Marisol</u>
FACTOR 2:	Duna	Duna	Duna
ESTRATOS	Supraplaya	Supraplaya	Supraplaya
	Mesoplaya	Mesoplaya	Mesoplaya

Figura 5 Diseño Ortogonal de Sitios y Estratos

Cada tratamiento del factor dos se replicó en seis ocasiones (meses del muestreo) y cada réplica se hizo por triplicado (tres parcelas por cada estrato de playa) (Figura 5).

En este sentido se establecen las tres hipótesis del análisis estadístico:

H_0 = No hay efecto de los sitios en la concentración de basura encontrada

H_1 = Hay efecto de los sitios en la concentración de basura encontrada

H_0 = No hay efecto de los estratos en la concentración de basura encontrada

H_1 = Hay efecto de los estratos en la concentración de basura encontrada

H_0 = No hay interacción de los sitios y los estratos en la concentración de basura encontrada

H_1 = Hay interacción de los sitios y los estratos en la concentración de basura encontrada

Finalmente se aplicó una prueba de Tukey para comparar los pares posibles de medios. Esta se utiliza generalmente de forma conjunta con ANOVA con el objetivo de encontrar qué medios son perceptiblemente diferentes a partir uno del otro e identifica donde está la diferencia entre dos medios mayor que el error estándar espere permitir (Abraira y Pérez de Vargas, 1996). Es decir con la prueba se pretende detallar por medio de valores cuáles son los estratos y en qué sitios se encuentran los valores de mayor relevancia en términos de interacción a partir de su concentración de basura marina.

III. Resultados.

A) Porcentaje de basura marina por cada sitio durante todo el año de muestreo

Las figuras 6,7 y 8 muestran el porcentaje de basura marina por categoría presente en cada uno de los sitios, tomando como base el peso total de cada una (Kg). Se nota que el mayor porcentaje de los tres sitios corresponde a plásticos (alrededor de un 46 %) seguido por vidrio (19 %), zapatos (18%), madera (8.5 %), metal (aproximadamente 5 %) y siendo la cabullería (3 %) la basura menos frecuente. Entre sitios es importante destacar que existieron diferencias en peso total de los residuos, aunque no en proporción entre categorías; siendo Río indio el sitio con mayor cantidad con 1,076 Kg, seguido de Puerto Ángel con 994 Kg y finalmente Marisol con 827 Kg.

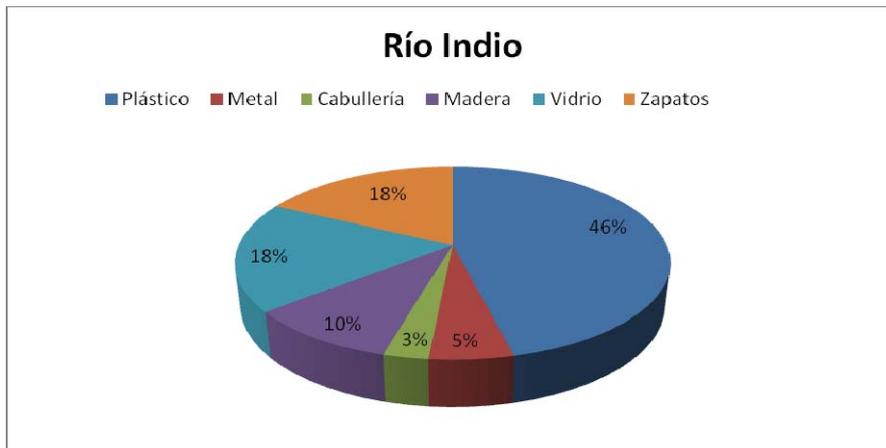


Figura 6. Porcentaje de basura marina por categoría en Río Indio

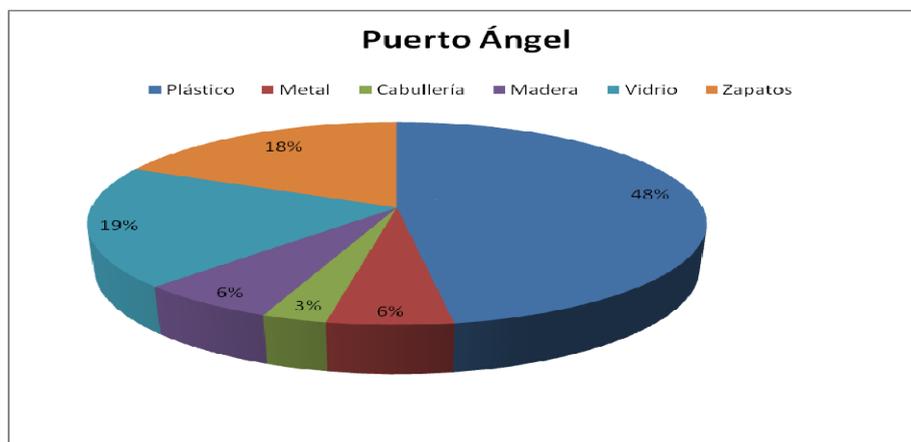


Figura 7. Porcentaje de basura marina por categoría en Puerto Ángel

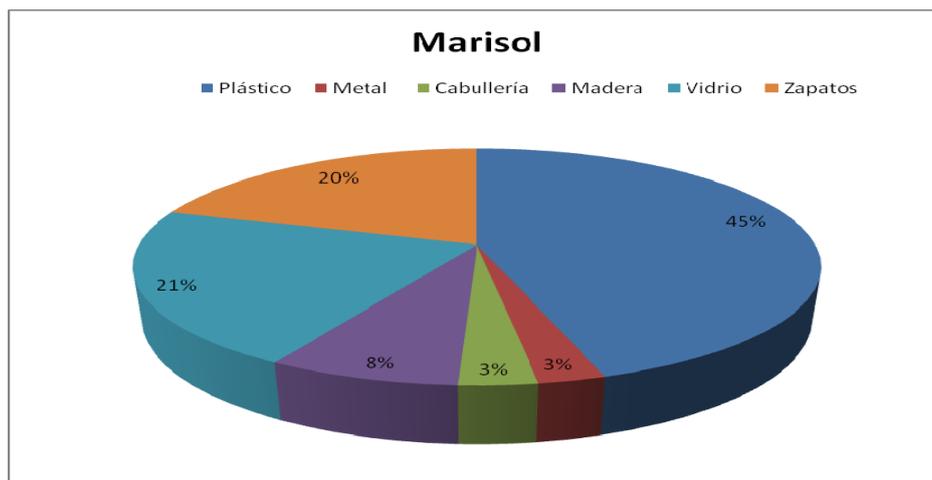


Figura 8. Porcentaje de basura marina por categoría en Marisol

B) . Cantidad de basura marina por cada perfil de playa.

Es importante identificar qué cantidades y qué tipo de basura se depositaron en los estratos. La Figura 9 nos indica las categorías y los totales en peso (Kg) presentes en cada estrato de playa. Lo más relevante fue observar que no todas las categorías estuvieron presentes en todos los estratos. La Duna contó con presencia de: plástico (236 Kg), seguido de vidrio (109 Kg), zapatos (107 kg), madera (39 Kg) y cabullería (13 Kg); no se encontró metal. La Supraplaya contó con presencia de todas las categorías; plástico (224 kg); vidrio (75 kg); zapatos (74 Kg); madera (47 Kg); metal (36 Kg) y cabullería (14). La Mesoplaya estuvo contaminada por cuatro categorías de residuos: el plástico (23 Kg); metal (20 Kg); madera (19 Kg) y vidrio (7Kg) ; no hubo presencia de zapatos ni de cabullería.

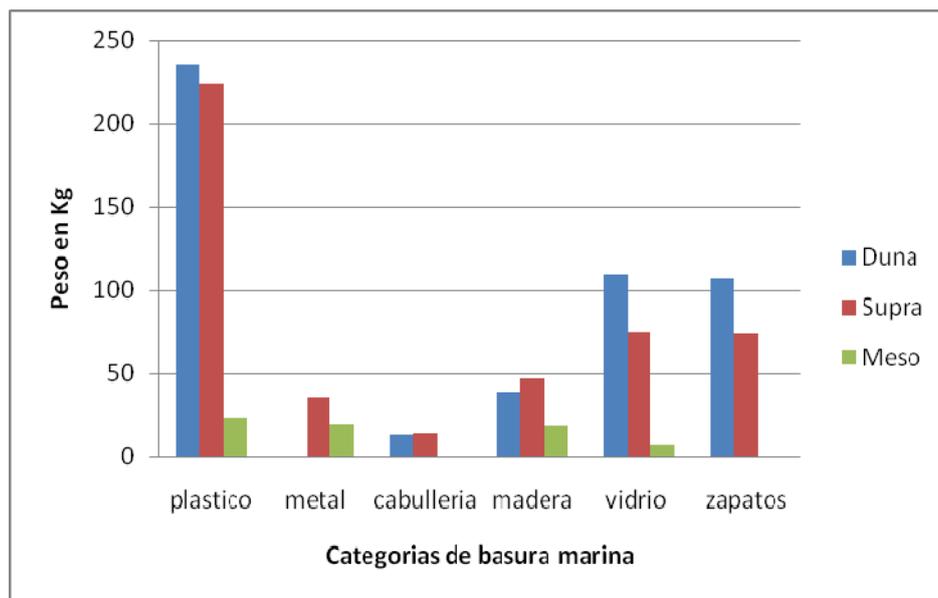


Figura 9. Presencia total en kg de basura marina en cada estrato de playa.

Las Figuras 10, 11 y 12 muestran las concentraciones de basura marina (Kg/m^2) de los tres sitios. A nivel de sitio, Río Indio no presentó una tendencia de depósito de residuos definida en el tiempo muestreado. Aparentemente podría suponerse una tendencia creciente del mes uno al mes cuatro; sin embargo, la concentración registrada en el mes tres se debe a un evento aislado (recalado de un tanque de gas en mesoplaya) que al ser removido reflejaría un valor menor en comparación con los meses anteriores.

En el mes cuatro, la concentración de basura se debe a un registro de casi todas las categorías (con excepción del metal) en los estratos Duna y Supraplaya; por lo que en contraste del mes tres, el aumento no se debe a un suceso aleatorio. Es en este mes y sitio donde se presentó la mayor concentración de basura marina en todo el periodo de muestreo. En el mes cinco y seis la concentración de basura marina decreció considerablemente con respecto a los meses anteriores.

En el sitio de Puerto Ángel la tendencia fue decreciente hasta el mes cinco, en el mes seis se presentó un crecimiento sin llegar a ser igual al registro máximo que se tuvo en el mes uno. Este efecto puede atribuirse al periodo vacacional de Semana Santa en la cual muchos visitantes llegan al poblado de Mahahual. En el mes seis la cantidad de plásticos y vidrios en los estratos de Duna y Supraplaya son mayores con respecto al mes cinco; por lo que como resultado se puede observar un aumento en las concentraciones. Los ítems registrados correspondieron principalmente a botellas de refrescos, cerveza y agua, así también se observaron algunas colillas y cajetillas de cigarros.

El comportamiento de la concentración de basura marina en el sitio Marisol tampoco muestra una tendencia bien definida; sin embargo, se observó que en los meses uno, tres, cuatro y seis, la concentración de basura marina fue mayor que la de estos mismos meses en otros sitios; en este sentido se puede establecer que la concentración de residuos sólidos en este sitio es relativamente constante. En el mes cuatro se aprecia el mismo efecto que en el sitio Puerto Ángel atribuido al periodo vacacional de Semana Santa.

Con lo que respecta a los estratos la duna presentó la concentración de basura marina más elevada en todos los meses y en los tres sitios. En Marisol se presentó la contaminación más alta, en Río Indio se aprecia una cifra extrema en el mes cuatro respecto de los otros meses y en Puerto Ángel se observó el mismo patrón, con tendencia decreciente en sus niveles de concentración con el paso del tiempo pero con un aumento en el mes seis.

El segundo estrato más contaminado es la Supraplaya con concentraciones bajas con respecto a la duna pero frecuentes en todos los sitios y durante casi todos los meses, a excepción de Puerto Ángel en el mes cuatro que no presentó cantidad alguna.

La mesoplaya fue el estrato menos contaminado de los tres; en el sitio Marisol siempre se observó limpio. En Puerto Ángel se registraron concentraciones mínimas en los meses uno, tres y cuatro. En Río Indio la concentración más alta se dio en el mes tres con una cifra extrema con respecto a los meses uno y dos que como se mencionó anteriormente se debió a un evento único y aislado.

Con lo descrito anteriormente, tentativamente se puede decir que existe un patrón entre los tres sitios al tener como un evento común el aumento en sus concentraciones de basura marina por causa del arribo de visitantes a Mahahual durante el mes seis (Semana Santa), el decremento de concentración de residuos entre los meses dos y tres y un significativo aumento en el mes cuatro. En el caso de los estratos, a lo largo del tiempo se observa que las concentraciones más altas se encuentran en la Duna seguido de cifras menos elevadas con Supraplaya y por último el estrato más limpio que es Mesoplaya.

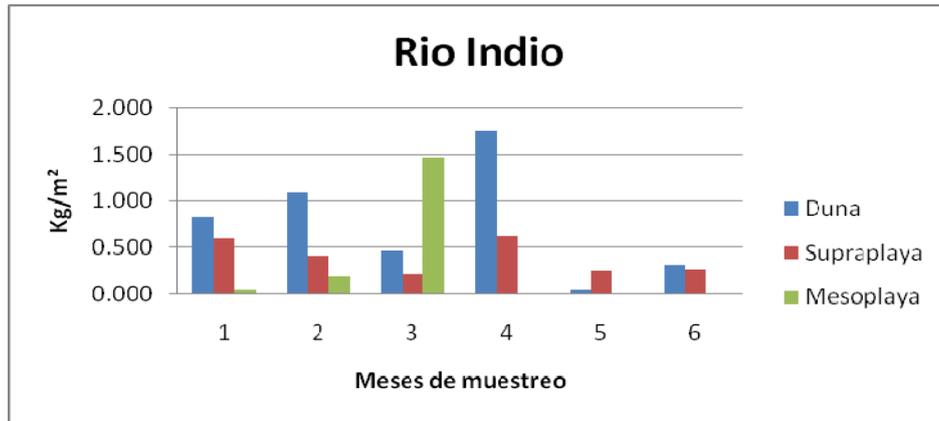


Figura 10. Concentración de basura marina en Río Indio

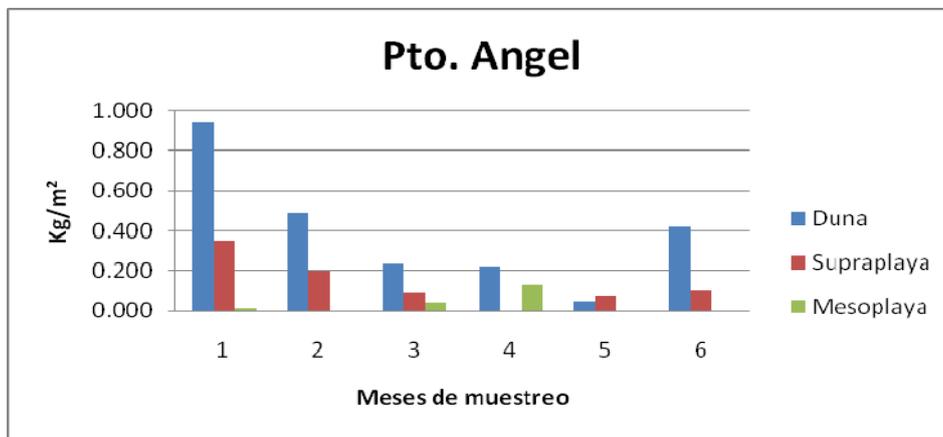


Figura 11. Concentración de basura marina en Puerto Angel

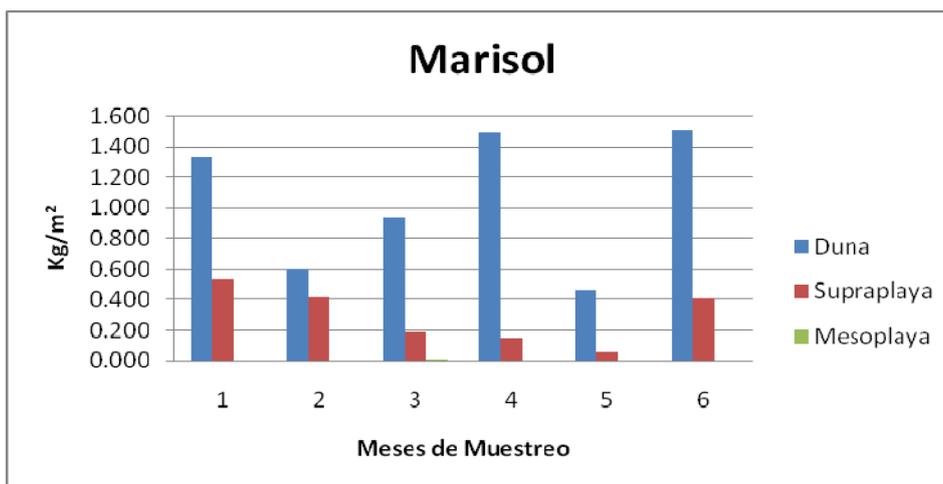


Figura 12. Concentración de basura en Marisol

C) Interpretación de resultados del análisis estadístico

A partir de los valores obtenidos en el ANOVA factorial (Tabla 3), se puede observar que el valor del estadístico de prueba F en el factor sitio ($f = 3.70232$, $p = 0.032468$) es mayor que el del modelo teórico, lo que confirma que estadísticamente existen diferencias significativas en la concentración de basura marina entre sitios; esto nos lleva a rechazar la hipótesis nula planteada para el factor sitio; es decir si hay efecto de los sitios. .

En el factor estratos, el valor obtenido ($f = 15.30780$) es mayor al del modelo teórico por lo que con una probabilidad mínima en extremo ($p = 0.000008$) de cometer error se rechaza la hipótesis nula; esto indica que si existen diferencias estadísticas altamente significativas, por lo tanto, hay efecto de los estratos en la concentración media de basura marina.

La interacción de los factores sitios-estratos no presenta diferencias significativas en la concentración media de basura marina ($f = 0.79019$, $p = 0.54$), por lo que se acepta la hipótesis nula (H_0) que establece “no hay interacción de los sitios y los estratos en la concentración de basura encontrada”. Esta situación se presenta por la alta variabilidad que ejerce la Duna en Marisol provocando que se atenuen los efectos de los estratos y de los perfiles que si se tratasen de forma separada.

La prueba de Tukey (Tabla 4) detalla las cifras. Las casillas horizontales representan transectos: del uno al tres pertenecen a Río Indio, del cuatro al seis a Puerto Angel y del siete al nueve a Marisol. Se observa que existen valores significativos (números en rojo) en varias casillas; sin embargo, es en la casilla siete donde se observa un mayor número de valores significativos, por lo que al ser comparado con lo descrito anteriormente coincide en que existe interacción a nivel de estratos.

Las celdas verticales se encuentran enumeradas del uno al nueve, pero que en este caso se indica el sitio con su estrato, como en el caso anterior existen valores significativos en al menos una celda. La prueba de Tukey compara el valor de una casilla y lo contrapone con todas, por lo que dada la celda siete en posición vertical (perteneciente a la duna de Marisol) es en donde se encuentran la mayoría de los valores significativos. Otros valores de significativos se pueden encontrar en las casillas seis y nueve que pertenecen a las

mesoplayas de Puerto Angel y Marisol comparadas con el valor de la casilla tres que corresponde a la mesoplaya en Río Indio. Este hecho puede explicarse como valor extremo por causa de un tanque de gas hallado en este perfil de playa. Lo cual demuestra que guiarse sólo por los números que arroja el modelo con los datos de pesaje podría favorecería llegar a una conclusión errónea si no se toman en cuenta los ítemes particulares.

Tabla 3. Tabla de resultados de Anova Factorial

Efecto	Suma cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Estadístico de prueba F Fisher	Nivel de probabilidad
Sitio	0.920444	2.0000	0.460222	3.70232	0.032468
Estrato	3.805710	2.0000	1.902855	15.30780	0.000008
Sitio*Estrato	0.893736	4.0000	0.223434	1.7974	0.5376
Error	5.593780	45.0000	0.124306		

Tabla 4. Pruebas de Tukey

Cell No.	Sitio	Estrato	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
			.75030	.39201	.28491	.39330	.13565	.03068	1.0567	.28994	.00152
1	R I	duna		0.706864	0.371641	0.710809	0.088580	0.024401	0.847334	0.386091	0.016544
2	R I	supra	0.706864		0.999830	1.000000	0.937767	0.697590	0.049080	0.999881	0.605237
3	R I	meso	0.371641	0.999830		0.999814	0.998037	0.940547	0.012080	1.000000	0.894951
4	Pt A	duna	0.710809	1.000000	0.999814		0.936035	0.693597	0.049867	0.999869	0.601041
5	Pt A	supra	0.088580	0.937767	0.998037	0.936035		0.999853	0.001451	0.997503	0.999099
6	Pt A	meso	0.024401	0.697590	0.940547	0.693597	0.999853		0.000380	0.933851	1.000000
7	Mar	duna	0.847334	0.049080	0.012080	0.049867	0.001451	0.000380		0.012951	0.000289
8	Mar	supra	0.386091	0.999881	1.000000	0.999869	0.997503	0.933851	0.012951		0.885389
9	Mar	meso	0.016544	0.605237	0.894951	0.601041	0.999099	1.000000	0.000289	0.885389	

La Figura 13 muestra los valores medios en la concentración de basura marina y evidencia las diferencias entre perfiles por sitio. En Marisol se observa un alta variabilidad en duna, en tanto que su mesoplaya posee un valor insignificante en comparación de los demás sitios. Las cifras extremas de Marisol provocan que se atenue el efecto sitio-estrato. Con esta demostración gráfica se justifica de otra forma, la validez de la hipótesis nula con respecto a la interacción de sitios y estratos combinados.

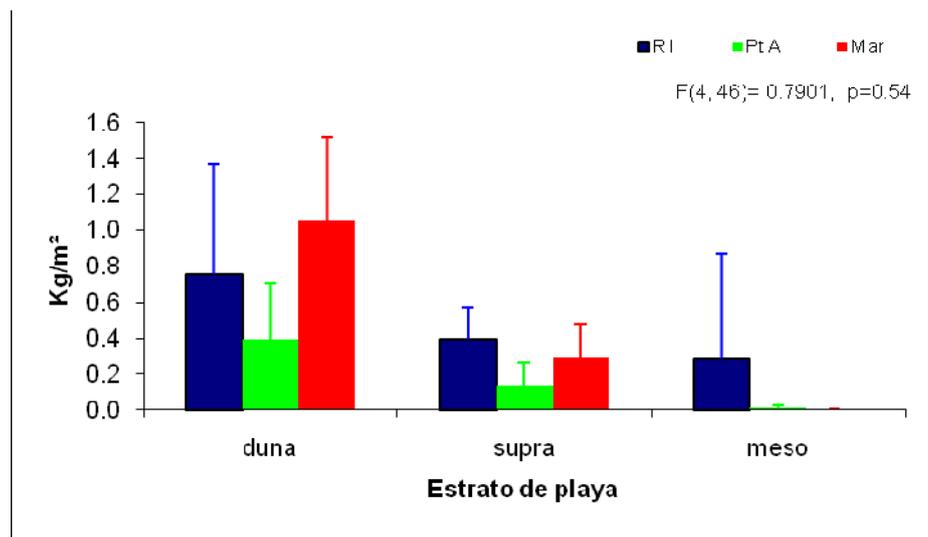


Figura 13. Análisis de varianza

Los tres sitios poseen un comportamiento similar respecto de la concentración de residuos sólidos en el perfil de playa: se presentó un patrón espacial descendente de la duna hacia la mesoplaya. El sitio Marisol presentó un comportamiento asentuado de este patrón ya que el decremento de concentración en la mesoplaya es mayor que el observado en los otros sitios. Este comportamiento demuestra claramente que la concentración de basura marina es el resultado conjunto del efecto sitio y estrato; por lo que en la **figura 14** el cruce de las líneas de tendencia denota interacción entre los factores sitios-estratos. Sin embargo, como ya se ha señalado el efecto es atenuado por cifras extremas y por lo tanto la insignificancia estadística confirma la hipótesis nula para el efecto sitios-estratos.

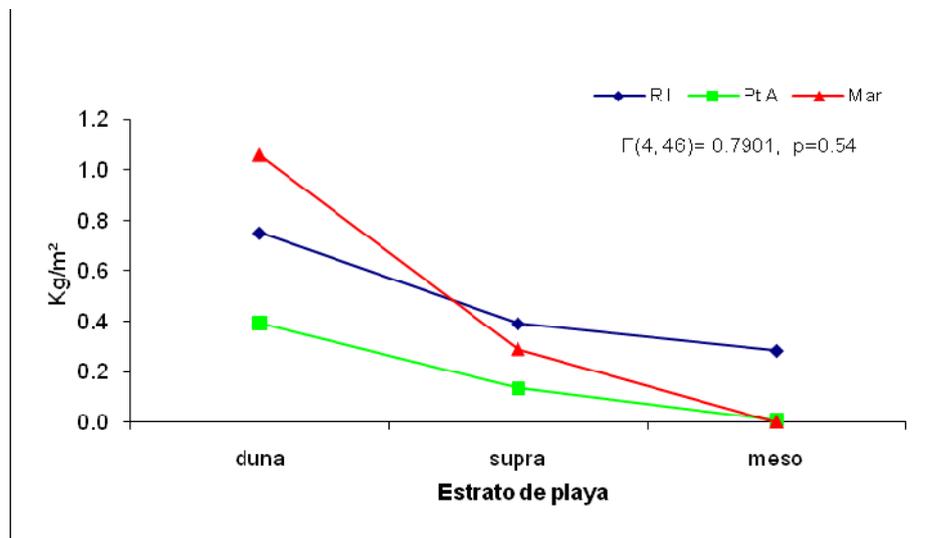


Figura 14. Interacción de sitios y estratos

D) Procedencia de la basura marina

Los lugares de origen probable de la basura marina encontrada en las playas se puede inferir a través de las etiquetas que se observaron en algunos de los ítems. Una pequeña parte de la basura marina encontrada a lo largo de los seis muestreos proviene de diferentes países (16 ítems), una fracción es de origen mexicano (27 ítems) y el resto quedó sin poder identificar (6,536 ítems). Esto probablemente por la acción de los elementos naturales (sol, agua, etc.) que desgastaron las etiquetas, sumando a esto el paso su exposición al paso del tiempo.

La proporción total de ítems de origen identificado corresponde tan sólo al 6.5 % y la Tabla 5 resume la información de tales ítems. Así mismo, se incluye un número de unidades o ítems estimados calculados a partir de su peso total en el muestreo y una base de equivalencias obtenida en campo (Anexo 1).

Tabla 5. Basura marina de acuerdo a su origen

Procedencia etiquetas	según País	Residuo sólido	*Número de ítems o unidades estimadas
Extranjeros	Brasil	Plástico rígido	1
	Haití	Plástico (tipo PET)	4
	Honduras	Plástico (tipo PET)	5
	Panamá	Plástico (tipo PET)	3
	Trinidad y Tobago	Plástico (tipo PET)	2
	Honduras	Cartón (Tipo tetrapak)	1
	Nacional	México	Vidrio(botellas de cerveza)
México		Plástico (tipo PET)	20
Desconocido		?	4, 569
	?	Zapatos	991
	?	Vidrio	812
	?	Madera	128
	?	Cabullería	17
Total			6, 536

Nota: los signos con interrogación indican la incertidumbre de su procedencia ya que no poseían leyendas o etiquetas del lugar en que fueron fabricados o generados.

* Los valores estimados se realizaron con base en equivalencias gruesas de peso/# unidades realizadas en campo (Anexo 1).

Como se puede observar los residuos sólidos de procedencia extranjera tienen orígenes de países de la región Caribeña, y siendo Quintana Roo parte de este sistema (Jordan, 1993) no es de extrañarse que estos residuos lleguen las playas mexicanas por corriente marinas. En el capítulo 3 se realiza una recopilación de aquellas corrientes que afectan las costas del

Estado de Quintana Roo. Así también se recolectó información de la circulación de las corrientes internas del litoral y de la incidencia que el arrecife coralino tiene sobre ellas.

CAPÍTULO 2. OCEANOGRAFIA

El perfil de una playa es determinado por diversos factores naturales, entre los cuales se encuentran: las propiedades del sedimento y su movimiento, las condiciones del oleaje y corrientes, así como la geografía y batimetría de la costa (Frías-Moreno 1988). Cómo llegan los sedimentos o los residuos sólidos a las playas por medios naturales es sin duda de gran importancia para entender los resultados de esta investigación. Aunque algunos residuos podrían ser dejados *in situ* por visitante a las playas, se asume por la procedencia de residuos de otros países, que la mayor fuente de estos es por deriva de las corrientes hacia la costa.

Para efectos de este estudio son relevantes las condiciones de oleaje y corrientes en la zona. Las olas en las playas realizan una función de transporte de sedimentos que da lugar a la forma que las playas tendrán. Capurro (1985) menciona que los granos de arena para las costas del Atlántico y Pacífico de América del Norte se mueven dirección norte a sur. Así también resalta que la acción de las olas en aguas poco profundas es lo que cambia la forma de las playas. Este mecanismo consiste de los siguientes pasos; la turbulencia que acompaña el paso de la ola levanta del fondo el grano de arena que luego cae libremente al fondo en otro lugar después que la ola ha perdido fuerza y ya no puede levantar el grano. El agua no necesita gran energía para levantar el grano de arena; además este se deposita de nuevo lentamente debido a la viscosidad y turbulencia del agua. Por lo tanto la nueva posición de grano será distinta a la de momentos previos y sumado con millones de granos que son levantados y reubicados, por tanto, la playa cambia continuamente de posición.

La posición de los granos y su transporte determinan las formas de playa; sin embargo, esto sólo puede apreciarse si un lugar con playa es observado en distintas épocas del año. Así por ejemplo Capurro (1985) menciona que las suaves olas de verano mueven la arena hacia la playa y la depositan, dónde permanece hasta el invierno. Las grandes ondas de tormenta del invierno eliminan la arena de la playa y la transportan mar afuera. Así en invierno se puede observar la invasión de la marea alta hacia la parte de Supraplaya, y a su vez esta

puede observarse como una franja accidentada con desniveles, dicha acción es evidencia del transporte de los granos de arena hacia otro sitio.

Los vientos durante la temporada invernal llamados “nortes” generan perturbaciones en la superficie del mar con lo que la fricción que producen se expande ocasionando longitudes de ondas de mayor alcance (Suarez-Rivera 1998, Capurro, 1985), lo cual transporta con ello una cantidad mayor de energía y hace que los granos se depositen en lugares más lejanos. Capurro (1985) afirma que estos cambios estacionales son fluctuaciones alrededor del estado de equilibrio de la playa en un ciclo anual.

Frías y Moreno (1988) definen las corrientes, como “el desplazamiento de una masa de agua, determinada por dos características: dirección y velocidad”. La dirección de una corriente es contraria a la que se utiliza en los vientos, ya que en estos se consideran de dónde sopla y no hacia dónde sopla. Así los autores dividen para el estudio de las corrientes en cuatro tipos: oceánicas, inducidas por el viento, inducidas por marea y aquellas producidas por oleaje.

I. Tipos de corrientes

Corrientes oceánicas.- o también llamadas marinas, son causadas por vientos y gradientes. El viento es el principal generador de oleaje y su efecto sobre la costa es permanente, provocando, además, mareas de vientos y fuerzas sobre las estructuras.

El viento como elemento generador opera por efecto del arrastre de las moléculas superficiales, las cuales a su vez, por rozamiento actúan sobre las moléculas más profundas, según sea la intensidad y persistencia del viento y, también, dependiendo de que haya o no elementos que se opongan al mantenimiento del flujo de aguas. Por lo tanto, este tipo de corrientes se puede decir que, en general, son prácticamente superficiales y de poca intensidad. Este tipo de corrientes coinciden en dirección con los vientos generales o planetarios (alisios y contralisios, etc.) y tienen una dirección más o menos constante en el transcurso del año.

El gradiente como elemento productor de las corrientes está determinado por las diferencias de densidad de las masas de agua, la cual es función de la temperatura y la salinidad. Es por

ello que algunas corrientes presentan componentes en el plano vertical, que implica el transbase de masas de agua de uno u otro plano potencial o estrato.

Una serie de elementos circunstanciales contribuyen a matizar a las corrientes cualquiera que sea su origen. La configuración litoral y la topografía del fondo son dos de estos elementos: asimismo, influye la inercia de la misma corriente, una vez generada.

Corrientes inducidas por el viento. Cuando el viento sopla sobre la superficie libre del mar, se produce un esfuerzo cortante sobre el agua y las partículas líquidas que cuando el viento no actuaba describían órbitas elípticas casi cerradas al paso de las olas, ahora tendrán una resultante de translación importante.

Corrientes por marea. La elevación y descenso periódico del nivel del agua genera movimientos notables en las masas líquidas, sobre todo en zonas costeras en donde la comunicación con el mar abierto está relativamente restringida (estuarios, bahías, entradas a puerto, desembocaduras, etc.) y genera las llamadas corrientes de marea.

De acuerdo a Polo, Rodríguez y Sarmiento (2008) Las mareas que están definidas como el cambio en el nivel de las aguas de mar, se pueden dividir en marea astronómica y meteorológica. En las costas, la marea meteorológica es producida por fenómenos meteorológicos cercanos o alejados del mar. Su principal variable es el viento, que puede ser incrementado por sistemas de baja presión y produce oleaje, y que al impactar en la costa incrementa el nivel del mar en ella. La marea astronómica es el movimiento periódico de ascenso y descenso de las aguas de mar producido por la atracción de los astros, principalmente el sol y la luna.

La característica primordial de las corrientes inducidas por marea, es su periodicidad que puede ser diurna o semidiurna-mixta, según sea la marea astronómica. En las entradas la corriente de una marea fluye en dos sentidos cuando está creciendo hacia la zona interna (flujo) y cuando está descendiendo hacia mar adentro (reflujo); las velocidades máximas obtenidas en estas zonas normalmente están desfasadas respecto a los momentos de presentación de los pleamares o bajamares (Frías y Moreno, 1988).

Las corrientes de marea cambian de un lugar a otro, dependiendo en primer término del carácter de la marea y en función también de la profundidad y configuración del terreno donde se desarrolla (Frías y Moreno, 1988).

Corrientes producidas por el oleaje. Su importancia radica fundamentalmente en el hecho de que son las que originan y regulan, en su mayor parte, el movimiento de los sedimentos costeros. Sus variaciones se deben a ciertos valores de la profundidad del fondo en relación a la altura de la ola, o bien con la relación de esbeltez de la ola. Cuando esta última tiende a romper, modifica sustancialmente las características del transporte de masa líquida y, en consecuencia, provoca corrientes.

Las corrientes que afectan de manera particular al estado de Quintana Roo proceden de distintas partes. Se puede decir que afectan de manera indirecta la costa del Caribe Mexicano y por lo tanto de Quintana Roo debido a que conforman la corriente del Caribe.

II. La Corriente del Caribe

El Caribe es un mar semicerrado adyacente a las tierras emergidas de Centroamérica y de Suramérica. La cadena espaciada de islas, bancos, y los travesaños del arco de islas de Antillas separan el Caribe del Océano Atlántico y actúan como filtro para la afluencia del agua atlántica (Murphy, 1999 citado por Gyori, Mariano y Ryan, 2008). El Mar Caribe se estratifica altamente en los 1200 m superior de la columna de agua; un estratificado débil entre 1200 y 2000 m; y casi homogéneo debajo de los 2000 m. Esta estructura del agua se relaciona directamente con las profundidades del travesaño del arco de las islas Antillas, porque impiden el flujo de agua profunda en el Caribe (Gordon 1967 citado por Gyori, *et. al.* 2008). Las islas de Cuba, la Hispaniola o hispana, y de Puerto Rico se conocen colectivamente como Antillas Mayores, mientras que las islas más pequeñas del sur de Guadalupe a Granada se conocen como Antillas Menores. El segmento norte de las Antillas Menores se conoce como las islas de sotavento, mientras que el segmento meridional se conoce como las islas de Barlovento (Figura 15). En total, el Mar del Caribe se expande cerca de 3, 500 kilómetros de longitud y cerca de 2, 500 kilómetros de latitud (Andrade y Barton, 2000 citados por Gyori, *et. al.* 2008).

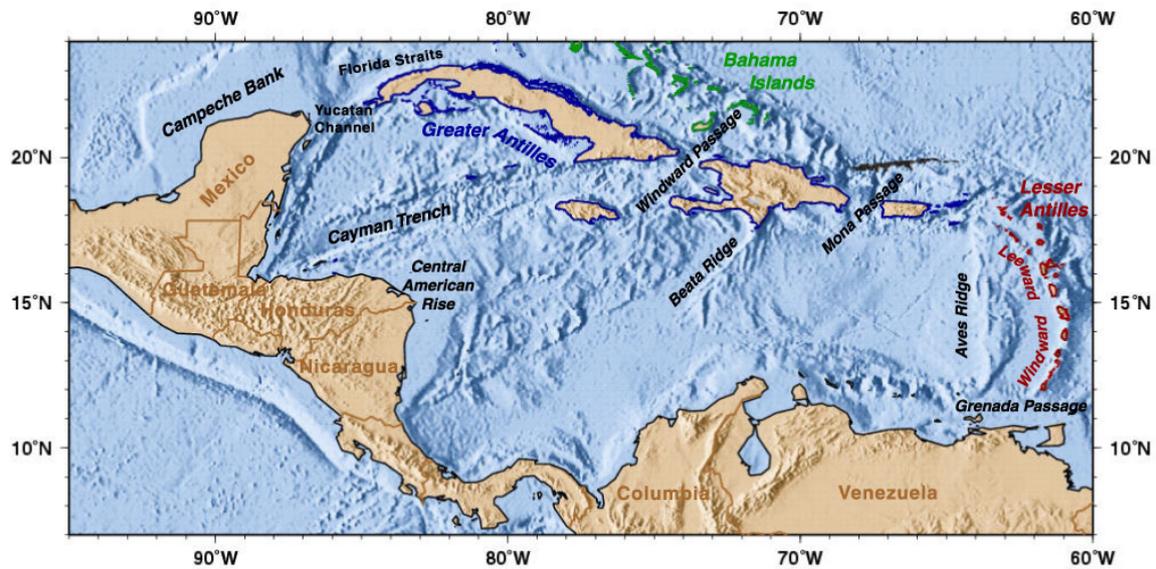


Figura 15. Geografía de la región Caribe. fuente:

<http://oceancurrents.rsmas.miami.edu/caribbean/caribbean.html>

Las masas de agua que entran en el Caribe se originan en el Atlántico Norte y el Océano Atlántico del sur. El origen del agua puede ser determinado examinando su temperatura única, salinidad, y firma disuelta de oxígeno; las aguas atlánticas del sur son menos salinas y tienen más oxígeno disuelto que las aguas del Atlántico Norte de la misma densidad (Wilson, 1997 citado por Gyori, *et. al.* 2008). El patrón de la circulación del ciclo de Atlántico Norte sugiere que, el Agua Atlántica del sur probablemente entre al Caribe a través de los pasos meridionales del sur. Wust (1964) citado por Gyori, *et. al.* (2008) aportó soporte a esta idea a través del análisis de datos hidrográficos.

Los estudios hidrográficos históricos de Wust (1964) y de Gordon (1967) citados por Gyori, *et. al.* (2008), junto con las observaciones y los modelos numéricos de Johns (2002) citado por Gyori, *et. al.* (2008), indican que el agua que fluye dentro del Mar Caribe proviene de los pasos de Grenada, St. Vincent, y de los pasos de Santa Lucía en el sureste. El agua entonces continúa hacia el oeste como la corriente del Caribe (Figura 16), circulación superficial principal en el mar del Caribe (Wust 1964 citado por Gyori, *et. al.*, 2008). En el Caribe, las velocidades superficiales más altas pueden alcanzar 70 cm s^{-1} a lo largo de las costas de Venezuela y de las Antillas Holandesas (Fratantoni 2001 citado por

Gyori, *et. al.* 2008). Existen corrientes fuertes (60 cm s^{-1}) a lo largo de las costas colombianas y panameñas, pero hay poco flujo sobre la elevación centroamericana, puesto que la mayor parte del flujo proviene del norte que consigue conectar a través del abrevadero sudoeste de Jamaica. El flujo da vuelta bruscamente hacia el oeste cruzando la Cuenca del Caimán, y entra en el Golfo de México como corriente estrecha de límite que abraza la península de Yucatán (Fratantoni 2001 citado por Gyori, *et. al.* 2008). La corriente de Yucatán fluye en el Golfo de México a través del canal de Yucatán, la velocidad de la corriente aumenta a medida que se acerca al Canal, con valores de 2.5 a 3 nudos. Posteriormente se separa del Banco de Campeche y se convierte eventualmente en la Corriente de Lazo (Loop Current). La corriente de Lazo (Loop Current) corre hacia el norte y se convierte en la Corriente de la Florida, sale del Golfo de México a través del estrecho de Florida (Molinari y Morrison, 1998 citados por Gyori, *et. al.* 2008). La velocidad calculada de propagación total del agua que viaja desde Aves Ridge a los estrechos de Florida fue estimado en $30\text{-}40 \text{ cm s}^{-1}$, este patrón varía dependiendo de la trayectoria y de la velocidad de la corriente de serpenteo (mean current).

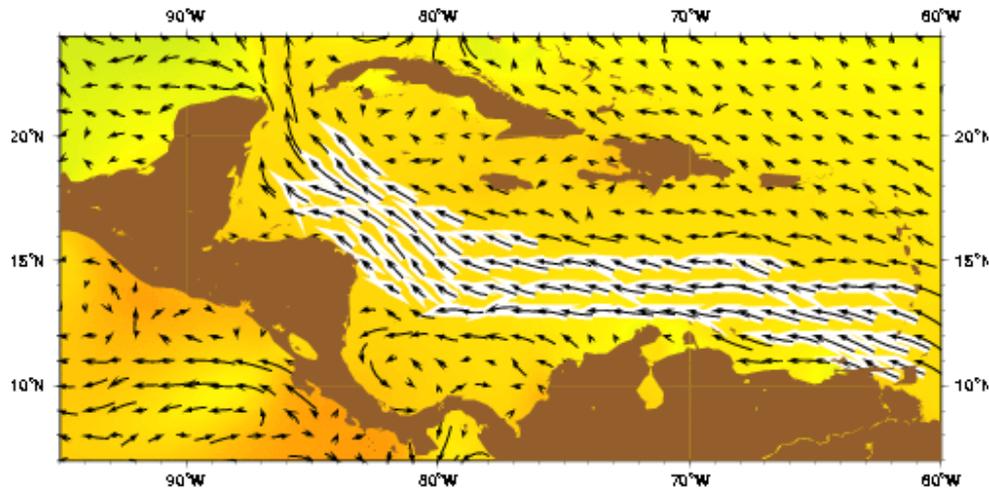


Figura 16. Corriente del Caribe. Fuente:

<http://oceancurrents.rsmas.miami.edu/caribbean/caribbean.html>

Otra corriente de relevancia es la Corriente de Guayana, la cual entra en la Corriente del Caribe a través de la costa norte de Suramérica. La corriente es influenciada perceptiblemente por descargas de agua dulce de los ríos del Amazonas y Orinoco (Morrison y Smith 1990 citados por Gyori, *et. al.* 2008). De hecho, el río del Amazonas es la fuente de punto más grande de agua dulce que entra en el océano, agregando dondequiera a partir de 0.12 SV a 0.25 SV de agua en una cresta superficial enorme que se extiende centenares de kilómetros al noroeste (Baumgartner y Reiche 1975 citados por Gyori, *et. al.* 2008). Así, existe la amplia posibilidad para la variabilidad en contribuciones ribereñas para afectar la circulación regional (Morrison y Smith, 1990 citados por Gyori, *et. al.* 2008).

III. Circulación en el Caribe.

Las observaciones de Pillsbury (1891) y Model (1950) citados por Gyori, *et. al.* (2008) proporcionaron la primera descripción de la afluencia de agua marina través de todos los pasos del Caribe. Encontraron que del total de flujo (28 SV¹) que fluían en el Caribe, 24 SV fluye dentro a través de los pasos de Antillas Menores. De estos 24 SV, cerca de 18 SV atravesaron los pasos y los 6 SV restantes fluyeron de las islas de sotavento a través de los pasos de las islas de Barlovento. Posteriormente Johns (2002) citado por Gyori, *et. al.* (2008) precisó los canales importantes de la afluencia. Estudios posteriores también sugirieron que la afluencia del Atlántico a través de los pasos de Antillas se podrían agregar por arriba de 30 SV (con un ciclo anual sobrepuesto de ± 3 SV), valor similar al volumen de agua existente en el golfo de México a través de la corriente de Florida (Niiler y Richardson 1973 citados por Gyori, *et. al.* 2008). Algunos estudios previos muestrearon el transporte a través de pasos individuales al este del Caribe (Metcalf 1976; Stalcup y Metcalf 1972; Arroyos, 1978 citados por Gyori, *et. al.* 2008); sin embargo, eran estos relativamente cortos además de ser afectados por la variabilidad de marea (Johns, 2002 citado por Gyori, *et. al.* 2008). Así, ha habido considerable discusión sobre la cantidad real de agua transportada en el Caribe.

¹ SV (sverdrup). Unidad que mide el volumen de la columna de agua, 1 SV equivale a 1, 000,000 de metros cúbicos por segundo.

La circulación en el Caribe experimenta mucha variación en espacio y tiempo, algo de esto bajo la forma de remolinos mesoescala (eddies) y meandros. Los investigadores han propuesto varios procesos físicos para explicar esta variación. Los procesos dominantes dependen de la topografía del fondo, fuerza del viento, anchura de la corriente y esquileo, y la colisión de la Corriente de los Anillos del Norte del Brasil con las Antillas. Kinder (1983) citado por Gyori, *et. al.* (2008) indicó, que " cualquier meandro o remolino en el Caribe, es probable que esté contra la corriente o río abajo de una cresta". Kinder (1983) citado por Gyori, *et. al.* (2008) empleó un modelo numérico y encontró que los remolinos se forman probablemente cerca de Aves Ridge independientemente de la topografía inferior.

En un estudio con boyas realizado por Kinder (1983) citado por Gyori, *et. al.* (2008) se determinó que las pistas seguidas por las boyas presentan una variabilidad en las escalas. En el este del Caribe, los remolinos (eddies) y los meandros tenían cerca de 100 kilómetros de ancho; en el Caribe del noroeste, entre Jamaica y Cuba, tenían 100-200 kilómetros de ancho; y en el Caribe occidental tenían 200-500 kilómetros de ancho. De acuerdo a Kinder (1983) citado por Gyori, *et. al.* (2008), una explicación posible para este patrón puede ser que el tamaño de los meandros y de los remolinos es determinado por la anchura de la corriente de origen. En el Caribe sudeste, los pasos estrechos de las Antillas Menores obligan a la contractura de la corriente y así los remolinos sean más pequeños. En el noroeste del Caribe, el paso más ancho de Barlovento y el canal entre Jamaica y Cuba no limitan mucho la corriente, y los remolinos son más grandes. Finalmente, al sudoeste del Caribe, no hay limitaciones geográficas a la Corriente del Caribe, así que es ancha y sus remolinos son los más grandes.

Como se pudo apreciar en la reseña de corrientes anterior, la Corriente del Caribe se compone de distintos elementos fisiográficos que la hacen inestable, de esta manera la califican también Carton y Chao (1999) citados por Gyori, *et. al.* (2008). Entre estos se encuentran la profundidad, topografía, el viento, anchura de corriente de origen que propician la existencia de remolinos y meandros, haciendo difícil establecer un patrón de comportamiento para la Corriente del Caribe. Otro aspecto que cabe resaltar son los distintos orígenes de los aportes de agua a la corriente del Caribe, lo que hace darse una

idea que es probable que distintos desechos como plásticos, latas y otros, se liberen en un lugar con posibilidad de arribar en otro donde la corriente pase o bordee como es el caso de la península de Yucatán.

Para demostrar de forma gráfica la inestabilidad en comportamiento de la Corriente del Caribe se presentan las siguientes imágenes (Figuras 17 y 18) en donde se puede observar distintas trayectorias seguidas por boyas liberadas en un mismo año pero en épocas distintas, dicho experimento fue realizado por la NOPP (National Oceanographic Partnership Program) en cooperación con CIMAS (Cooperative Institute for Marine and Atmospheric Studies) en 1999.

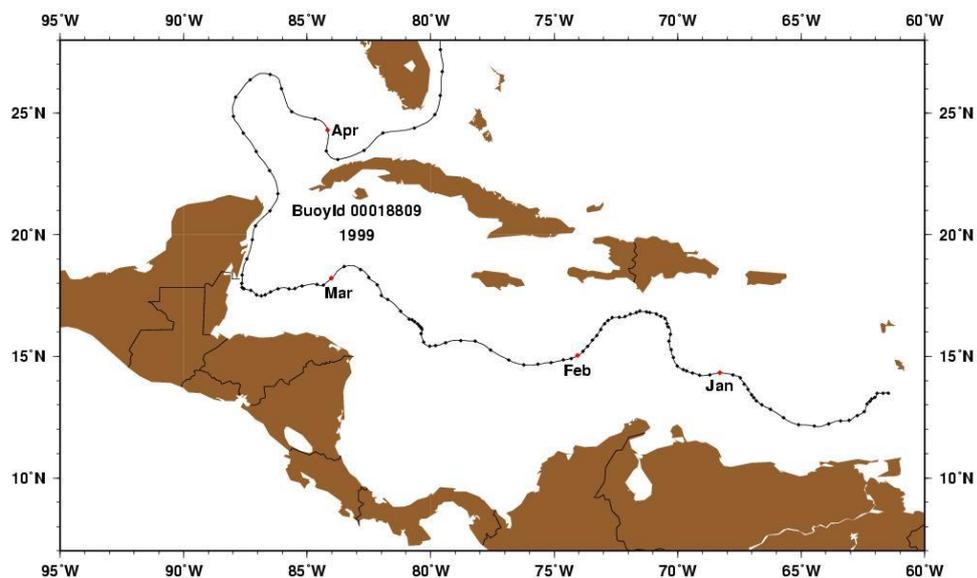


Fig. 17. Boya liberada en enero de 1999, recorrió desde el paso de las Antillas menores hasta California en un periodo de solo 4 meses. Fuente:

<http://oceancurrents.rsmas.miami.edu/caribbean/caribbean.html>

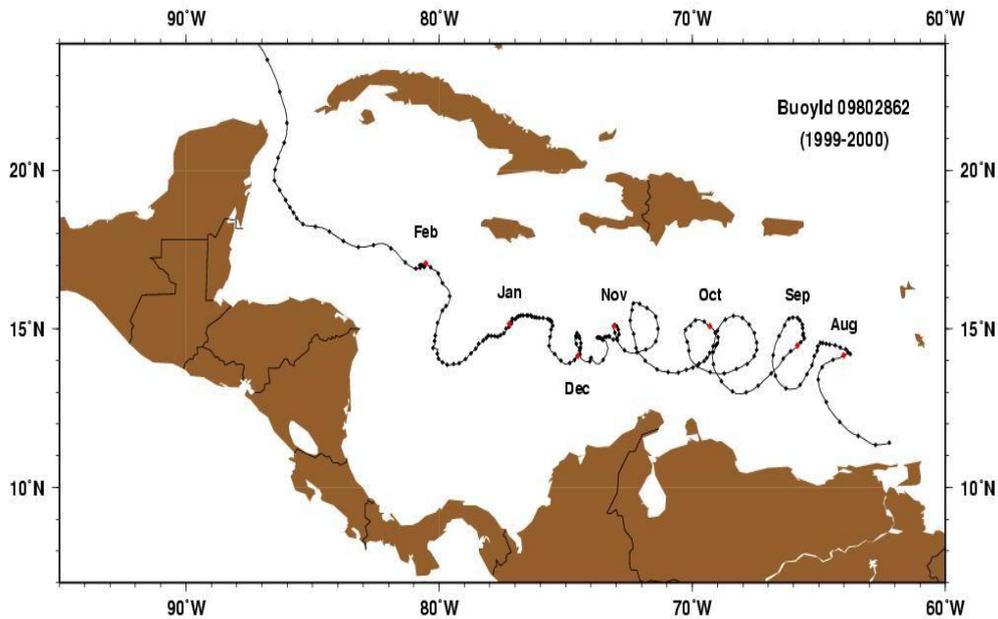


Figura 18. Boya liberada en Agosto de 1999 con una trayectoria que demoró en salir por el canal de Yucatán hasta Febrero del 2000. Fuente: <http://oceancurrents.rsmas.miami.edu/caribbean/caribbean.html>

Mientras la Figura 17 muestra una Boya liberada en enero 1999 y un recorrido un poco sinuoso pero que en tan sólo cuatro meses recorrió desde los pasos de Antillas menores hasta Florida, pasando por el borde de las costas de Quintana Roo, Canal de Yucatán y la Corriente de Lazo hasta llegar a California; la Figura 18 muestra la trayectoria de la boya liberada en agosto de 1999 en Antillas menores y su presencia en el Canal de Yucatán en Febrero de 2000. La trayectoria de esta boya confirma la existencia de remolinos (eddies) en la Corriente del Caribe por lo que el efecto probable es un retraso en el recorrido a comparación de la que fue liberada en enero. En este caso la corriente no bordea las costas de Quintana Roo, lo que puede indicar un patrón de circulación distinto dependiendo de las épocas del año.

IV. Caribe Mexicano

Debido al efecto del régimen de vientos prevaleciente (alisios) en la costa mexicana, se produce un transporte intenso de agua con dirección sur-norte representado por la Corriente de Yucatán (Figura 19). Suarez-Rivera (1998) apuntan que los patrones hidrodinámicos estacionales dependen básicamente de la potencia de la Corriente de Yucatán y de los vientos dominantes; en invierno los vientos dominantes provienen del norte, y el resto del año, del sureste.

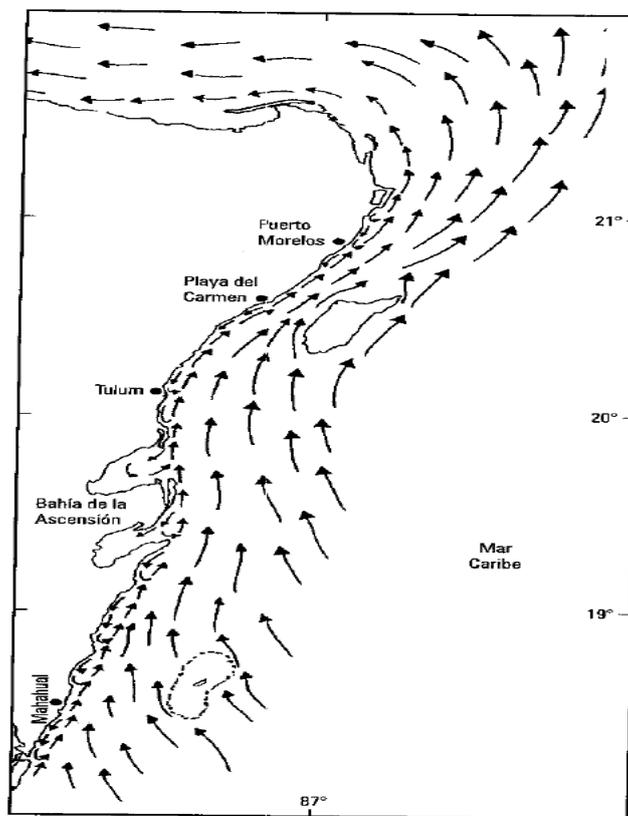


Figura 19 Diagrama del flujo de la corriente en la zona costera y oceánica cercana en el Mar Caribe de México (modif. Por Suárez-Rivera de Merino, 1998)

Según Merino y Otero (1991) citados por Suarez-Rivera (1998) las aguas de origen tropical-caribeño que bañan este litoral corren de sur a norte, para entrar al Canal de Yucatán e ingresar eventualmente al Golfo de México. A mayor detalle, este panorama es bastante más complejo, ya que no sólo existen variaciones estacionales en la intensidad de la corriente (Merino, 1992 en Suarez-Rivera, 1998), sino que se presenta una

contracorriente costera que fluye paralela al litoral en dirección norte-sur y tiene una dinámica propia (Merino, 1986 en Suarez-Rivera, 1998). Esta contracorriente caracteriza a las porciones más internas de la costa quintanarroense, con influencia en los arrecifes, lagunas arrecifales y bahías. Sin embargo, en ciertos tramos de la barrera arrecifal (sobre todo en los más expuestos a la zona oceánica) se puede esperar una influencia alternativa de la corriente principal (sur-norte). Aparentemente la contracorriente es más fuerte a medida que aumenta también la fuerza de la corriente; esto sucede aproximadamente a mitad de la primavera (Merino, 1992 en Suarez-Rivera, 1998) durante la época de nortes, el régimen de vientos (predominantemente hacia el sur) fortalece la contracorriente.

De acuerdo con el trabajo hidrológico de (Merino, 1986 en Suarez-Rivera, 1998), la tendencia básica (sur-norte) del flujo continúa de manera parcial hasta la porción norte de la costa del Caribe de México. La contracorriente (norte-sur) se establece con mayor claridad y fuerza entre dos puntos prominentes del litoral (Merino, 1986 en Suarez-Rivera). La mezcla de ambos flujos forma giros de amplitud variable y de forma longitudinalmente alargada cuyo flujo resultante se dirige hacia la costa; es probable que este patrón sea válido para todo el litoral de Quintana Roo, podría sugerirse que cada sección de la costa separada por una prominencia litoral (o punta) tuviese su propio giro de contracorriente (Figura 20) y una misma dinámica dentro de este patrón, en el que el agua se acumula en su porción frontal inferior favoreciendo así un flujo resultante hacia el sur.

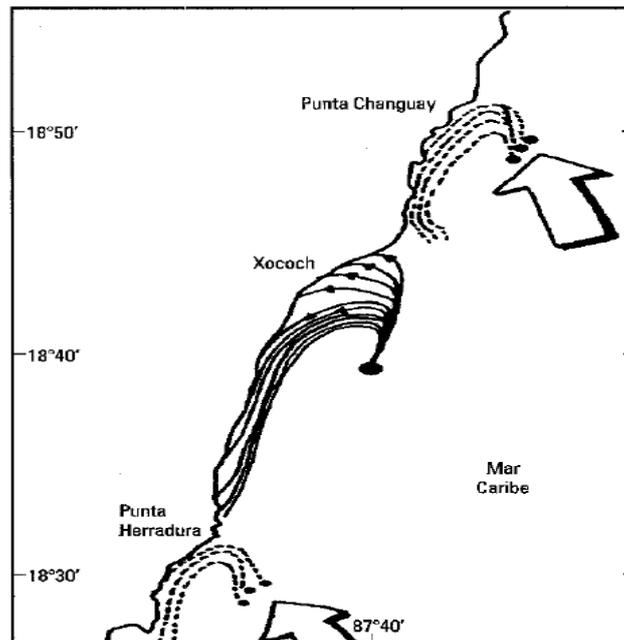


Fig. 20 Comportamiento de cuerpos de deriva frente a diversas puntas litorales (Merino, 1986)

Además, en estas zonas cóncavas de puntas, ensenadas y otros accidentes costeros, el intenso flujo de las corrientes hacia el norte (paralelo a la costa), genera gradientes negativos de presión, favoreciendo también la formación de giros entre las puntas (Suarez-Rivera, 1998). En términos hidrodinámicos, este patrón puede resumirse como sigue: la dirección de las aguas superficiales a lo largo del margen oriental de la península de Yucatán es, finalmente, hacia la costa, por efecto sumado de la corriente sur-norte y de la fisiografía de la costa. Estos patrones pueden tener modificaciones estacionales por efecto de las variaciones temporales en la fuerza de Corriente de Yucatán (Suarez-Rivera, 1998). La barrera arrecifal modifica en meso y microescala, la circulación costera. Por ejemplo, frente a Punta Maroma, que es una de las mayores prominencias costeras de la zona, se esperaría la formación de un giro contracorriente de acuerdo con el patrón descrito, pero aparentemente no es así. Es posible que el giro se debilite por efecto del extenso arrecife de barrera frente a la punta, dificultando la acumulación de agua que regeneraría la contracorriente en este sector (Suarez-Rivera, 1998).

Así, la circulación costera podría estar caracterizada por giros seccionales (de amplitud e intensidad variables) en la porción sur de las puntas, regenerando la contracorriente hacia el

sur. Como se dijo anteriormente y de acuerdo a Suarez-Rivera (1998), la forma y disposición de los arrecifes hace variar el patrón de circulación, así en el caso de arrecifes con macizos y canales dispuestos en sentido perpendicular a la costa, el flujo general a mesoescala puede no tener una representación hidrodinámica muy evidente; sin embargo, a menor escala las zonas de canales pudieran tener flujos particularmente turbulentos. En sentido transversal, la zona de influencia inmediata de la contracorriente es la zona arrecifal interna y la laguna arrecifal.

De acuerdo con un experimento con tarjetas de deriva realizado por De Jesús-Navarrete (2006) en la zona del Sur de Quintana Roo tomando como referencia Banco Chinchorro, el 96.88% de las tarjetas arribaron a la costa de Quintana Roo, y esto concordó con lo encontrado previamente, y se observó que el transporte es hacia el noroeste con velocidades entre 0.19 y 3.078 m s⁻¹. Las tarjetas que fueron liberadas en Banco Chinchorro se recuperaron en el mismo sitio o sitios muy cercanos, como, por ejemplo, en el Ubero.

Cabe resaltar que siguiendo la trayectoria hacia el noroeste, se tuvo como resultado que las tarjetas de deriva liberadas en Mahahual fueron encontradas en Río Indio (De Jesús-Navarrete, 2006) lo que confirma la existencia de corrientes que bordean el litoral.

La circulación en microescala en la zona de arrecifes está estrechamente ligada a su conformación fisiográfica; en varios sectores del sistema arrecifal del Caribe de México, la barrera es estrecha, uniforme y seccionada en varios puntos. (Jordán, 1993). En estas secciones se forma una laguna arrecifal cuya amplitud transversal va de los 50 a los 3000 m.

V. Efecto del arrecife

Los arrecifes son una característica del patrón de circulación del Mar Caribe mexicano, son elementos fundamentales para comprender el flujo de la energía que se produce en el arrecife y zonas adyacentes. De acuerdo a Suarez-Rivera (1998) para que el intercambio entre las zonas externas del arrecife y la laguna se lleve a cabo, intervienen los factores como las corrientes de marea y el efecto de los quebrados o canales. Aunque su estudio aborda la dinámica del zooplancton; es decir, organismos vivos flotando en la columna de

agua, podríamos suponer que todo aquel objeto capaz de flotar (incluyendo la basura marina) puede ser arrastrado desde las partes externas del arrecife hacia dentro de la laguna arrecifal por efecto de corrientes marea esto permitiría el ingreso de formas oceánicas durante la pleamar, y la salida de formas lagunares durante la bajamar.

Al pasar por los arrecifes, el flujo laminar del agua sigue un patrón que depende de varios factores; el modelo más sencillo es el descrito por Hamner y Haury (1981) en Suarez-Rivera (1998) el que explica que el agua más superficial en marea alta, alcanza a pasar por arriba del arrecife sin mayor perturbación. El flujo de agua subsuperficial e intermedia sufre modificaciones variables por la conformación del arrecife, siguiendo cercanamente el efecto hidrodinámico de isla: cuando el flujo subsuperficial incide de frente a la barrera, se crean microcorrientes alrededor de las porciones más prominentes de los macizos arrecifales, que además forma remolinos estacionarios en la parte interna. Cuando el flujo es casi paralelo o diagonal al eje longitudinal de la barrera, y ésta es simétrica, se forman flujos distintos. Desde luego, hay variaciones ante formas arrecifales irregulares. Durante el flujo laminar se separa una corriente de baja velocidad alrededor del arrecife y forma una circulación periférica simétrica; aquí no hay mayor perturbación y este sería el modelo en el caso de los más débiles desplazamientos de agua. Al aumentar la velocidad, el flujo laminar se vuelve turbulento y se forman giros estacionarios simétricos o asimétricos.

Suarez-Rivera (1998) señalan que a lo largo del litoral de Quintana Roo, se pueden esperar tanto flujos simétricos como asimétricos por efecto conjunto de la velocidad y dirección de la corriente principal, de la contracorriente y de los giros generados por éstas; este comportamiento en microescala se repetiría en cada grupo arrecifal prominente. Además aseguran que las zonas de canales entre macizos, frecuentemente dispuestas en sentido transversal a la corriente, provocarían turbulencias en las zonas adyacentes al canal.

VI. Sistema Arrecifal de Mahahual

De acuerdo a Jordán (1993), el sistema arrecifal de Mahahual se localiza entre los 18° 42' 26" y 18° 42' 35" N y los 87° 42' y 87° 42' 27" O. Este sistema forma parte de una cadena arrecifal que se extiende desde la porción nororiental de la península de Yucatán hasta las costas de Honduras. En Mahahual, el sistema forma una franja arrecifal estrecha con dos

canales que comunican la laguna arrecifal y la zona marina. El sustrato de la laguna arrecifal es arenoso y está cubierto de praderas de pastos marinos. La laguna es somera, con una profundidad media de 1.5m y una anchura de 50-100 m, los canales tiene una profundidad de 7 m, y el arrecife anterior de 9 a 11 m. Aparentemente, la abundancia de sifonóforos y de los otros grupos de origen oceánico en esta zona arrecifal es esperable debido a la dinámica hidrológica a lo largo de la costa, en la que los elementos derivantes tienden a ser transportados hacia la costa (Merino, 1986 en Suarez-Rivera, 1998). La zona del canal, como se ha visto en otros estudios (González-Malpica, 1991) representa una zona de transición con influencia oceánica variable en función de la ubicación del frente oceánico.

Debido a los efectos que la presencia de un arrecife da a la circulación del agua costera en microescala y a cómo esto puede estar vinculado a la disposición de residuos en la playa, a continuación describo algunos lugares que tienen proximidad no mayor a dos km de los sitios de muestreo de la investigación que sostiene esta tesis. Todos están ubicados a aproximadamente 500 metros mar afuera de la línea de playa y fueron descritos en 2003 por miembros de la ONG Amigos de Sian Ka'an con el fin de explorar los recursos con que contaban los lugares que a juicio de los prestadores de servicios tenían un potencial para la práctica de buceo y snorkel.

Faro Viejo. Sitio que se localiza en la parte norte del arrecife de Mahahual, casi frente a Punta Dzucoche en las coordenadas geográficas $18^{\circ} 44'30''N$ y $87^{\circ} 40'39''W$. Esta zona proporciona una idea de la composición del arrecife frente al sitio 1 (Río Indio). Se compone de un sistema de macizos coralinos de aproximadamente 3 m de altura, que se desarrollan a unos 500 m frente a la costa. La base de estas formaciones arrecifales está a 50 ft de profundidad, sobre un fondo arenoso donde llegan a encontrarse parches coralinos como de 1 m de altura y de 5 a 10 m de largo.

Paytocal. Se localiza aproximadamente a 10 Km al sur del poblado de Mahahual. Este lugar se considera representativo para los sitios de muestreo 2 y 3 (Puerto Angel y Marisol) por la disposición del arrecife y el canal. En el lugar de coordenadas geográficas

18°38'03"N y 87°43'30"W la rompiente del arrecife se interrumpe formando un canal de navegación. Este canal tiene 25 ft de profundidad y a los costados se desarrollan formaciones arrecifales que miden casi 7 m de altura. Saliendo del canal y hacia la laguna del arrecife, la profundidad va disminuyendo y también la altura de las formaciones arrecifales. Así, al rodear el canal, la profundidad disminuye a 17 ft y se encuentran estructuras arrecifales de 4 m de altura, en un fondo arenoso con parches densos de pastos marinos.

CAPITULO 3. MARCO LEGAL Y ADMINISTRATIVO DEL MANEJO DEL RECURSO PLAYA

Son diversos los factores que favorecen la contaminación de las playas por residuos sólidos. Entre estas, la importancia de contar con una regulación a nivel jurídico para el saneamiento de las playas es un elemento indispensable que permite: determinar responsabilidades entre las autoridades de los tres niveles de gobierno, controlar y restringir actividades que propicien el depósito de basura marina en las costas, fomentar acuerdos e incluso, generar presupuestos dirigidos a la prevención, manejo y destino de los residuos sólidos en playas.

I. Marco Legal y Administrativo e Iniciativas

A. Marco legal Nacional

Se revisó el marco legal y administrativo que rigen al recurso natural playa, se identificaron responsabilidades, funciones operativas, acciones, iniciativas así como presupuestos en los tres niveles de gobierno que tienen el objeto de sanear las playas durante el mismo periodo que abarcó el muestreo en campo. Esta información se presenta a continuación en las Tablas 7 y 8.

Tabla 6. Marco Legal y Administrativo que rigen el recurso natural Playa a nivel Federal.

TEMA	FUNCIÓN	INSTRUMENTOS LEGISLATIVOS	SECRETARÍA RESPONSABLE DE SU APLICACION
DEFINICIÓN DEL TÉRMINO PLAYA Y ZONA FEDERAL MARÍTIMO TERRESTRE DE ACUERDO A LAS LEYES FEDERALES	"Son bienes de uso común: Las playas marítimas, entendiéndose por tales las partes de tierra que por virtud de la marea cubre y descubre el agua, desde los límites de mayor reflujo hasta los límites de mayor flujo anuales"	Art. 7, fracc. IV de la Ley General de Bienes Nacionales (Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31-08-2007)	Secretaría de la Función Pública
	Playa: Unidad geomorfológica conformada por la acumulación de sedimentos no consolidados de distintos tipos y cuyos límites se establecerán, considerando límite inferior y límite superior. Límite inferior: Se establecerá a una distancia de 200 m medidos a partir del límite hacia el mar de la zona federal marítimo terrestre. En caso de no existir dicho límite, la medición se considerará perpendicularmente desde la proyección vertical de la línea de pleamar hacia el mar. Límite superior: Se establecerá por la presencia de algún tipo de construcciones cimentadas, presencia de vegetación permanente, presencia del segundo cordón de dunas ó presencia de cantiles costeros.	NMX-AA-120-SCFI-2006 Norma que establece los requisitos y especificaciones de sustentabilidad de calidad de playas.	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
	"Tanto en el macizo continental como en las islas que integran el territorio nacional, Cuando la costa presente playas, la zona federal marítimo terrestre estará constituida por la faja de veinte 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"	Art. 119 fracc. I de la Ley General de Bienes Nacionales	Secretaría de la Función Pública
CARACTERÍSTICAS JURÍDICAS DEL RECURSO PLAYA	"Estan sujetos al regimen de dominio público de la federación los bienes de uso común a que se refiere el artículo 7"	Art. 6 fracc. II de la Ley General de Bienes Nacionales	Secretaría de la Función Pública
	"Los bienes sujetos al régimen de dominio público de la Federación son inalienables, imprescriptibles e inembargables y no estarán sujetos a acción reivindicatoria o de posesión definitiva o provisional, o alguna otra por parte de terceros".	Art.13 de la Ley General de Bienes Nacionales	Secretaría de la Función Pública

Tabla 6. Marco Legal y Administrativo que rigen el recurso natural Playa a nivel Federal (Continuación).

CARACTERÍSTICAS JURÍDICAS DEL RECURSO PLAYA		“Las playas, la Zona Federal Marítimo Terrestre y los terrenos ganados al mar, o a cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas, son bienes de dominio público de la Federación, inalienables e imprescriptibles y mientras no varíe su situación jurídica, no están sujetos a acción reivindicatoria o de posesión definitiva o provisional”	Art. 5 del Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar territorial, Vías navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar (RUAMAT) (sin reformas, publicado en el D. O. F. el 21-08-1991)	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
TEMA	SUBTEMA	FUNCIÓN	INSTRUMENTOS LEGISLATIVOS	SECRETARÍA RESPONSABLE
ADMINISTRACIÓN	POSESIÓN Y EJERCICIO DE LOS BIENES	Ejercer la posesión y propiedad de la nación en las playas	Art. 32 bis fracc. VIII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (Última reforma publicada en el D.O.F. el 17-06-2009) Art. 30 le otorga la facultad a la Dirección General de Zona Federal Marítimo Terrestre y Ambientes Costeros en su fracción I del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
		"Ejercer los derechos de la nación sobre los bienes nacionales siguientes: ZOFEMAT, playas marítimas y terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito natural de aguas marítimas".	Art. 30 le otorga la facultad a la Dirección General de Zona Federal Marítimo Terrestre y Ambientes Costeros en su fracc. I del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Última reforma publicada en el D.O.F. el 30-11-2006)	Dirección General de Zona Federal Marítimo Terrestre y Ambientes Costeros (D.G.ZOFEMAT y A.C.)
		"Organizar, integrar y mantener actualizado el inventario, catálogo y catastro de los bienes nacionales y ambientes costeros incluidas las playas".	Art. 30 fracc. VII del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	D. G. ZOFEMAT y A. C.
		"Otorgar, anular, nulificar y revocar, total o parcialmente, la autorización de los proyectos de construcción, ampliación, reparación, adaptación o demolición de obras, acciones y servicios en las playas".	Art. 30 fracc. X del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	D. G. ZOFEMAT y A. C.
		"Participar en la formulación y, en su caso, celebración de acuerdos y convenios de coordinación y concertación relativos a los bienes nacionales incluidas las playas"	Art. 30 fracc. XI del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	D. G. ZOFEMAT y A. C.

Tabla 6. Marco Legal y Administrativo que rigen el recurso natural Playa a nivel Federal (Continuación).

TEMA	SUBTEMA	FUNCIÓN	INSTRUMENTO LEGISLATIVO	SECRETARÍA RESPONSABLE
ADMINISTRACIÓN	POSESIÓN Y EJERCICIO DE LOS BIENES	"Otorgar, prorrogar, revocar y declarar la extinción de los permisos y autorizaciones sobre el uso, aprovechamiento y explotación de los bienes nacionales referidos y autorizar las modificaciones a las condiciones y bases de dichos actos administrativos, así como las solicitudes de cesión de derechos y obligaciones en la materia"	Art. 30 fracc. XV del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	D. G. ZOFEMAT y A. C.
	POSESION y EJERCICIO DE LOS BIENES	Proponer a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, los criterios para fijar el monto de los derechos federales por concepto de uso, aprovechamiento o explotación de los bienes nacionales (playas, Zona Federal Marítimo Terrestre, etc.), así como revisarlos y proponer sus modificaciones y los mecanismos para su eficiente recaudación	Art. 30 fracc. XVIII del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	D. G. ZOFEMAT y A. C. y La Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SCPH)
		"Conservar, restaurar y proteger el desarrollo sustentable de los bienes anteriores"	Art. 30 fracción II del Reglamento Interior de la SEMARNAT	D. G. ZOFEMAT y A. C.
ADMINISTRACIÓN	CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y LIMPIEZA	"Los concesionarios de la Zona Federal Marítimo Terrestre, de los terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas, están obligados a: Mantener en óptimas condiciones de higiene el área concesionada"	Art. 29 fracc. VI del RUAMAT	SEMARNAT
		"Establecer y aplicar lineamientos internos de carácter técnico y administrativo, sistemas y procedimientos, sobre limpieza, conservación y mantenimiento de los bienes nacionales referidos en la fracción I".	Artículo 30 fracc. XIX del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	D.G. ZOFEMAT y A. C.
		La Secretaría de Marina está facultada para determinar la zona en la cual se otorga permiso para verter desechos y otras materias.	Art. 7 Reglamento para Prevenir y Controlar la Contaminación del Mar (sin reformas, Publicado en el D.O.F. el 23-01-1979)	Secretaría de Marina (SEMAR)
		Para efectos de vertimiento se tendra que evaluar el "efecto que produce el vertimiento en los recursos pesqueros, el plancton, la vida humana, los recursos minerales marinos y las playas".	Art. 8 del Reglamento para Prevenir y Controlar la Contaminación del Mar	Secretaría de Marina (SEMAR)
		Para todo aquel interesado en obtener un certificado de playa limpia expedido por la SEMARNAT deberá cumplir con los siguientes requisitos en materia de residuos sólidos: El límite máximo permisible de residuos sólidos en superficie en la playa será máximo de 5 unidades por cada transecto de 100 m Los transectos son paralelos a la línea de marea reciente hasta el límite de la playa. Deben existir botes de almacenamiento temporal de residuos sólidos en proporción a la afluencia de usuarios de la playa (continua),	NMX-AA-120-SCFI-2006 Norma que establece los requisitos y especificaciones de sustentabilidad de calidad de playas.	SEMARNAT

Tabla 6. Marco Legal y Administrativo que rigen el recurso natural Playa a nivel Federal (Continuación).

TEMA	SUBTEMA	FUNCIÓN	INSTRUMENTO LEGISLATIVO	SECRETARÍA RESPONSABLE
ADMINISTRACIÓN	CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN Y LIMPIEZA	Tomando las medidas de seguridad necesarias, evitando la proximidad de los botes de almacenamiento temporal con el mar. Los botes de almacenamiento temporal de residuos sólidos deben contar con tapa, y no deben tener contacto con el suelo. Los establecimientos que prestan servicios en la playa deben tener a disposición del público tres botes de almacenamiento temporal de residuos sólidos separados, con letrero explicativo, y en lugar visible para residuos orgánicos, material reciclable y otros. Se debe incluir un listado de los residuos considerados reciclables en la localidad en el letrero del bote de almacenamiento temporal del material reciclable. Los responsables deben considerar una frecuencia del servicio de limpia, como mínimo una vez al día. En caso de que en la zona terrestre adyacente existan humedales costeros no debe haber presencia de residuos sólidos.	NMX-AA-120-SCFI-2006 Norma que establece los requisitos y especificaciones de sustentabilidad de calidad de playas.	SEMARNAT
ADMINISTRACIÓN	POLÍTICAS, FORMULACIÓN Y APLICACIÓN DE PROGRAMAS PARA LA RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN	"Aplicar las políticas y lineamientos internos de carácter técnico y administrativo, sistemas y procedimientos para el uso, administración, aprovechamiento y conservación de los bienes nacionales a que se refiere la fracción I".	Art.30 fracc. IV del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.	D.G. ZOFEMAT y A. C.
		"Proponer a la Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, la formulación y ejecución de programas de restauración ecológica y, en su caso, de proyectos de declaratoria de zonas de restauración en aquellas áreas que presenten procesos de degradación, desertificación o graves desequilibrios ecológicos".	Art. 30 fracc. XXIII del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.	D.G. ZOFEMAT y A. C.
		Todo aquel interesado en obtener un certificado de playa limpia expedida por la SEMARNAT debe contar con un Programa para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos que contemple desde la minimización de la generación, separación, acopio, recolección y, en su caso, reuso y reciclaje. En caso de que el interesado sea el Municipio deberá cumplir con lo dispuesto en los artículos 5 fracción X y 10 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos. En caso de que en la zona terrestre adyacente existan humedales costeros no debe haber presencia de residuos sólidos.	NMX-AA-120-SCFI-2006 Norma que establece los requisitos y especificaciones de sustentabilidad de calidad de playas.	SEMARNAT

Tabla 6. Marco Legal y Administrativo que rigen el recurso natural Playa a nivel Federal (Continuación).

TEMA	SUBTEMA	FUNCIÓN	INSTRUMENTO LEGISLATIVO	SECRETARÍA RESPONSABLE
ADMINISTRACIÓN	VIGILANCIA Y DENUNCIA	“Corresponde vigilar y evaluar el cumplimiento de las disposiciones jurídicas aplicables a la prevención y control de la contaminación ambiental, a la restauración de los recursos naturales, a la preservación y protección de la Zona Federal Marítimo Terrestre, playas marítimas y terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito de aguas marítimas”	El art. 118 le otorga la facultad a la Procuraduría y en su fracción I se señala lo citado del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)
		“Recibir, investigar y atender o, en su caso, determinar y canalizar ante las autoridades competentes, las denuncias por incumplimiento de las disposiciones jurídicas aplicables a los recursos, bienes, materias y ecosistemas, a las que hace referencia la fracción anterior”	Art. 118 fracc. II del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	PROFEPA
ADMINISTRACIÓN	CONCESIÓN Y PERMISOS	“Otorgar, prorrogar, modificar, revocar, extinguir o autorizar la cesión de derechos y obligaciones, así como las declaratorias de rescate de las concesiones y destinos para el uso, aprovechamiento y explotación de los bienes nacionales incluidas las playas, atendiendo la opinión de la Unidad Coordinadora de Asuntos Jurídicos, cuando ésta se solicite”	Art. 30 fracc. XVI del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	Dirección General de Zona Federal Marítimo Terrestre y Ambientes Costeros y La Unidad Coordinadora de Asuntos Jurídicos
		“Otorgar contratos, concesiones, licencias, permisos, autorizaciones, asignaciones, y reconocer derechos, según corresponda, en materia de aguas, forestal, ecológica, explotación de la flora y fauna silvestres, y sobre playas”	Art. 32 bis fracc. XXXIX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal	SEMARNAT
		“Organizar y administrar el registro y padrón de destinatarios, concesionarios, permisionarios y ocupantes de los bienes nacionales (playas, terrenos ganados al mar) , así como reunir, revisar y determinar los lineamientos internos de carácter técnico y administrativo, sistemas y procedimientos para su elaboración, operación y manejo”.	Art. 30 fracc. VIII del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	D.G. ZOFEMAT Y A.C.
Para el trámite de una concesión solicitado por una entidad distinta a la pública (ya sea personal moral o física) o de la administración de algún orden de gobierno se requiere, de forma general realizar el pago de las tarifas que a continuación se señalaran, para fines del estudio solo se abordarán los casos de protección, ornato y de uso general que establece la Ley Federal de Derechos. Los pagos que se mencionarán son de la competencia de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) como lo establece la Ley Federal de Derechos en su artículo 3 "Las personas físicas y las morales pagarán los derechos que se establecen en esta Ley en las oficinas que autorice la Secretaría de Hacienda y Crédito Público".				

Tabla 6. Marco Legal y Administrativo que rigen el recurso natural Playa a nivel Federal (Continuación).

TEMA	SUBTEMA	FUNCIÓN	INSTRUMENTO LEGISLATIVO	SECRETARÍA RESPONSABLE
ADMINISTRACIÓN	CONCESIÓN Y PERMISOS: TARIFAS	Pago de derecho por el uso, goce o aprovechamiento de inmuebles, dirigido a personas físicas y morales que usen, gocen o aprovechen las playas, la zona federal marítimo terrestre, y los terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito de aguas marítimas. El monto del derecho a pagar se determinará con respecto a una tabla que se encuentra respecto a la variación de los precios en función de las zonas (contenidas en el artículo 232 D de la Ley Federal de derechos) y el tipo de uso exceptuando actividades extractivas.	Art. 232 C de la Ley Federal de Derechos (Última reforma publicada en el D.O.F. 18-11-2010)	Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)
		Pago del 7.5% anual del valor del inmueble concesionado o permisionado incluyendo terreno, áreas de agua ocupadas, obras e instalaciones, en su caso. (Uso General)	Art. 232 fracc. I de la Ley Federal de Derechos	SHCP
		Pago de 3.5% anual del valor del inmueble concesionado o permisionado, cuando se destine para protección y ornato, no se realicen construcciones y el concesionario o permisionario sea propietario, poseedor o arrendatario del predio colindante a éste.	Art. 232 fracc. II de la Ley Federal de Derechos	SHCP
		Para los efectos de las fracciones I y II que anteceden, el valor del inmueble se determinará conforme a un avalúo que emita la Comisión de Avalúos de Bienes Nacionales, mismo que será actualizado anualmente en términos de lo dispuesto en el artículo 17-A del Código Fiscal de la Federación.	Art. 232 fracc. III segundo párrafo de la Ley Federal de Derechos	SHCP y la Comisión de Avalúos de Bienes Nacionales
		Por la recepción, estudio de la solicitud y, en su caso, otorgamiento de permisos, autorizaciones, concesiones, acuerdos de destino, desincorporaciones, prórrogas de concesiones o permisos, cesión de derechos o autorización de modificaciones a las condiciones y bases del título de concesión o permisos para el uso, goce o aprovechamiento de las playas, la zona federal marítimo terrestre y los terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito de aguas marítimas, se pagará el derecho conforme a la siguiente cuota de: \$1, 759.57	Art. 194 D. fracc. I de la Ley Federal de Derechos	SHCP y la Comisión de Avalúos de Bienes Nacionales
		Por la verificación en campo de levantamiento topográfico presentado por el solicitante de uso o aprovechamiento de las playas, la zona federal marítimo terrestre, los terrenos ganados al mar, o a cualquier otro depósito que se forme por aguas marítimas, los montos económicos a pagar se encuentran en función de una tabla que contiene rangos de extensión en metros cuadrados y con un aumento de los montos en promedio de un 29%, uno respecto del otro.	Art. 194 D. fracc. II de la Ley Federal de Derechos	SHCP

Tabla 6. Marco Legal y Administrativo que rigen el recurso natural Playa a nivel Federal (Continuación).

TEMA	SUBTEMA	FUNCIÓN	INSTRUMENTO LEGISLATIVO	SECRETARÍA RESPONSABLE
ADMINISTRACIÓN	CONCESIÓN Y PERMISOS: TARIFAS	Para permisos transitorios que se otorgan para actividades económicas en las playas como renta de palápas, locales promocionales o puestos de venta de alimentos, la Ley establece de manera textual: "Por los espacios dentro de inmuebles de propiedad federal que no rebasen 30 m2, en donde se instalen módulos o máquinas expendedoras de bienes o servicios, se pagará por cada mes \$ 212.70".	Art. 232 fracc. IX de la Ley Federal de Derechos	SHCP
ADMINISTRACIÓN	CONCESIONES Y PERMISOS: TIPOS	Se considera como uso de protección , el que se dé a aquellas superficies ocupadas que mantengan el estado natural de la superficie concesionada, no realizando construcción alguna y donde no se realicen actividades de lucro. Se exceptúan las obras de protección contra fenómenos naturales.	Art. 232 C segundo párrafo de la Ley Federal de Derechos	SHCP
		Se considerará como uso de ornato , el que se dé a aquellas superficies ocupadas en las cuales se hayan realizado obras de ingeniería civil, cuya construcción no requiera de trabajos de cimentación, y que estén destinadas exclusivamente para el embellecimiento del lugar o para el esparcimiento del solicitante, siempre y cuando dichas áreas no estén vinculadas con actividades lucrativas.	Art. 232 C tercer párrafo de la Ley Federal de Derechos	SHCP
		Se considerará como uso general el que se dé a aquellas superficies ocupadas en las cuales se hayan realizado construcciones con cimentación o se lleven a cabo actividades con fines de lucro. Se exceptúan las obras de protección o defensa contra fenómenos naturales.	Art. 232 C cuarto párrafo de la Ley Federal de Derechos	SHCP
ADMINISTRACIÓN	CONCESIONES Y PERMISOS: CAUSAS DE EXTINCIÓN Y REVOCACIÓN	Causales de extinción: Vencimiento del plazo otorgado. Cumplimiento del objeto. Renuncia del concesionario o permisionario, ratificada ante la autoridad. Muerte del concesionario o permisionario. Pérdida del bien objeto de la concesión o permiso. Por declaratoria de rescate. Por declaración de nulidad. Revocación y caducidad. Por disolución y liquidación de la persona moral concesionaria o por declaración de quiebra.	Art. 74 de la Ley General de Bienes Nacionales y art. 44 del Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar (RUAMAT)	SEMARNAT y PROFEPA

Tabla 6. Marco Legal y Administrativo que rigen el recurso natural Playa a nivel Federal (Continuación)

TEMA	SUBTEMA	FUNCIÓN	INSTRUMENTO LEGISLATIVO	SECRETARÍA RESPONSABLE
ADMINISTRACIÓN	CONCESIONES Y PERMISOS: CAUSALES DE EXTINCIÓN Y REVOCACIÓN	<p>Causales de Revocación de las concesiones o permisos: Dar al área concesionada o permisionada un uso, aprovechamiento o explotación distinto a los autorizados; o no hacer uso del área concesionada o permisionada en un término de 90 días hábiles contados a partir de la fecha de la expedición de la concesión o permiso. Realizar actividades u obras no previstas en la concesión o permiso sin obtener previamente, cuando proceda, la autorización de la SEMARNAT. La falta oportuna de pagos o, en su caso, de los derechos señalados en la concesión o permiso. Propiciar, permitir, consentir o realizar actos o hechos delictuosos dentro del área concesionada o permisionada. Oponerse o impedir el concesionario o permisionario, sus familiares o empleados a la práctica de inspecciones ordenadas por la PROFEPA. Impedir el concesionario o permisionario, sus familiares o empleados el libre acceso a las playas marítimas, por lugares que para tal efecto señale la Secretaría en los términos del artículo 17 del Reglamento. Incumplir las condiciones establecidas en las fracciones II, III, IV, V y VI del artículo 29 del Reglamento. Cualquier violación o incumplimiento por parte del concesionario o permisionario de las disposiciones legales, reglamentarias o de las condiciones establecidas en la concesión o permiso. Ceder los derechos u obligaciones derivadas del título de concesión o dar en arrendamiento o comodato fracciones del inmueble concesionado sin contar con la autorización respectiva.</p>	<p>Artículos 76 de la Ley General de Bienes Nacionales y 47 del Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar (RUAMAT)</p>	SEMARNAT y PROFEPA
	CANCELACIÓN DEL CERTIFICADO DE PLAYA LIMPIA	<p>En caso de contravenir algún requisito marcado en la norma, o en su caso por denuncia ciudadana hacia playas que cuenten con el certificado de "playa limpia" y verificado por la persona acreditada por la SEMARNAT o en su caso la misma Secretaría podrá proceder la cancelación.</p>	<p>NMX-AA-120-SCFI-2006 Norma que establece los requisitos y especificaciones de sustentabilidad de calidad de playas.</p>	SEMARNAT

Tabla 6. Marco Legal y Administrativo que rigen el recurso natural Playa a nivel Federal (Continuación).

TEMA	SUBTEMA	FUNCIÓN	INSTRUMENTO LEGISLATIVO	SECRETARÍA RESPONSABLE
SANCIONES ADMINISTRATIVAS	SANCIONES ADMINISTRATIVAS CON PENA CORPORAL	"Se sancionará con prisión de dos a doce años y multa de trescientas a mil veces el salario mínimo general diario vigente para el Distrito Federal a quien, vencido el término señalado en la concesión, permiso o autorización que se haya otorgado para la explotación, uso o aprovechamiento de un bien sujeto al régimen de dominio público de la Federación, no lo devolviera a la autoridad correspondiente dentro del término de treinta días naturales siguientes a la fecha de notificación del requerimiento administrativo que le sea formulado".	Art. 149 de la Ley General de Bienes Nacionales	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)
		"Se sancionará con prisión de dos a doce años y multa de trescientas a mil veces el salario mínimo general diario vigente para el Distrito Federal a quien, aproveche o explote un bien que pertenece a la Nación, sin haber obtenido previamente concesión, permiso o autorización, o celebrado contrato con la autoridad competente".	Art. 150 de la Ley General de Bienes Nacionales	PROFEPA
		"Las obras e instalaciones que sin concesión, permiso, autorización o contrato se realicen en inmuebles federales, se perderán en beneficio de la Federación. En su caso, la Secretaría ordenará que las obras o instalaciones sean demolidas por cuenta del infractor, sin que proceda indemnización o compensación alguna"	Art.151 de la Ley General de Bienes Nacionales	PROFEPA
SANCIONES ADMINISTRATIVAS	SANCIONES PECUINARIAS O MULTAS	"Las infracciones a que se refiere el artículo 74 serán sancionadas por la Secretaría, previa audiencia al infractor, con multa de cincuenta a quinientas veces el salario mínimo general diario vigente para el Distrito Federal, de acuerdo a la gravedad de la infracción y a las circunstancias que medien en cada caso concreto, salvo las sanciones que compete aplicar a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes".	Art.75 del Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías navegables, playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar (RUAMAT)	PROFEPA
		Son causa de de sanciones pecuniarias o multas los actos señalados: "Usar, aprovechar o explotar la zona federal marítimo terrestre, los terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas, en contravención a lo dispuesto en la Ley y sus reglamentos y a las condiciones establecidas en las concesiones, permisos o autorizaciones otorgadas"	Art. 74 del Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías navegables, playas, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al Mar (RUAMAT)	PROFEPA

Tabla 6. Marco Legal y Administrativo que rigen el recurso natural Playa a nivel Federal (final).

TEMA	SUBTEMA	FUNCIÓN	INSTRUMENTO LEGISLATIVO	SECRETARÍA RESPONSABLE
SANCIONES ADMINISTRATIVAS	SANCIONES PECUINARIAS O MULTAS	<p>Son causa de de sanciones pecuniarias o multas los actos señalados:</p> <p>"Usar, aprovechar o explotar la Zona Federal Marítimo Terrestre, los terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas, en contravención a lo dispuesto en la Ley y sus reglamentos y a las condiciones establecidas en las concesiones, permisos o autorizaciones otorgadas"</p> <p>"Continuar ocupando las áreas concesionadas o permisionadas, habiéndose vencido el término señalado en la concesión o permiso"</p> <p>"No devolver a la Secretaría las áreas concesionadas o permisionadas dentro del término que para ese efecto señale la propia Secretaría"</p> <p>"Realizar obras o ejecutar actos que contravengan las disposiciones legales, reglamentarias o administrativas o las condiciones establecidas en las concesiones o permisos" "No mantener en condiciones de higiene las áreas concesionadas o permisionadas o las playas marítimas contiguas"</p> <p>"Obstruir o impedir el libre acceso o tránsito a las playas marítimas en contravención a lo dispuesto en el presente Reglamento"</p> <p>"Ejecutar obras para ganar terrenos al mar, o a cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas, sin la autorización previa de la Secretaría".</p>	Art. 74 del Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y terrenos ganados al Mar (RUAMAT)	PROFEPA

Tabla 6. Convenio de Colaboración Administrativa en Materia Fiscal Federal (orden Estatal y Municipal)

TEMA	FUNCIÓN	INSTRUMENTOS LEGISLATIVOS	SECRETARÍA RESPONSABLE
LEYES MARCO DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA FEDERAL QUE RIGEN EL ANEXO 1 DE COORDINACIÓN FISCAL	"El Ejecutivo Federal, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, podrá celebrar convenios o acuerdos de coordinación con el objeto de que los gobiernos de los estados y los municipios, en su caso, administren, conserven y vigilen dichos bienes. Lo anterior referido a la Zona Federal Marítimo Terrestre y los Terrenos ganados al mar".	Art. 120 fracc. II de la Ley General de Bienes Nacionales	Secretaría de la Función Pública y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
	"Las entidades federativas que estén adheridas al Sistema Nacional de Coordinación Fiscal, podrán celebrar convenios de colaboración administrativa en materia fiscal federal con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, para que directamente o por conducto de sus municipios, cuando así lo acuerden expresamente, ejerzan funciones operativas de administración, sobre los ingresos que se obtengan por el cobro de derechos al uso, goce o aprovechamiento de Zona Federal Marítimo Terrestre, terrenos ganados al mar, así como de inmuebles ubicados en los cauces, vasos, así como en las riberas o zonas federales contiguas a los cauces de las corrientes y en los vasos o depósitos de propiedad nacional".	Art. 232-E de la Ley Federal de Derechos	Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y SEMARNAT
	"Las personas físicas o morales que usen, gocen o aprovechen las playas, ZOFEMAT y terrenos ganados al mar o cualquier otro depósito de aguas marítimas están obligadas a pagar el monto del derecho", el cual está de acuerdo al tipo uso y en función de la zona: para el caso específico de Othon P. blanco que se sitúa en la zona IV se tiene que para el uso de ornato se paga \$2.10/m2 , para agricultura, ganadería, pesca, acuacultura y extracción artesanal de piedra bola el monto es de \$0.105/m2 y para uso general \$6.27.	Arts. 232 C y 232 D de la Ley Federal de Derechos	SHCP
	Por la recepción, estudio de la solicitud y, en su caso, otorgamiento de permisos, autorizaciones, concesiones, acuerdos de destino, desincorporaciones, prórrogas de concesiones o permisos, cesión de derechos o autorización de modificaciones a las condiciones y bases del título de concesión o permisos para el uso, goce o aprovechamiento de las playas, la Zona Federal Marítimo Terrestre y los terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito de aguas marítimas, se pagará el derecho conforme a la siguiente cuota \$1,759.57.	Art. 194 D de la Ley Federal de Derechos	SHCP

Tabla 7. Convenio de Colaboración Administrativa en Materia Fiscal Federal (orden Estatal y Municipal, continuación)

<p>El convenio de colaboración administrativa en materia fiscal federal con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público para el desempeño de funciones operativas de administración de los derechos por el otorgamiento de concesiones y por el uso o goce de la Zona Federal Marítimo Terrestre, playas, terrenos ganados al mar o cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas se denomina "Anexo 1" y entró en vigor en Junio de 1998, el cual fue suscrito por la Secretaria de Hacienda y Crédito Público, El Estado de Quintana Roo y el Municipio de Othón P. Blanco referidos dentro del anexo como La Secretaría, El Estado y El Municipio respectivamente. En sus clausulas primera y segunda establecen que el Estado y la Secretaría acuerdan que el primero asume por conducto del municipio las funciones operativas de recaudación, comprobación, determinación y cobro en los términos de la legislación federal aplicable (194-D y 232-C y 232-D de la Ley Federal de Derechos) por concepto del derecho de concesión de inmuebles federales, que debe pagarse por el otorgamiento de concesiones, autorizaciones o prórroga de concesiones para el uso o goce de las playas, la Zona Federal Marítimo Terrestre, terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas aplicados a las personas físicas y morales y los relativos del Convenio de Colaboración Administrativa en Materia Fiscal Federal. Todo lo referido en las siguientes secciones provienen de este anexo, sin embargo se mencionarán las clausulas en que se encuentran las funciones administrativas.</p>					
SUBTEMA	FUNCIÓN	ESFERAS DE PARTICIPACIÓN			Claúsulas dentro del convenio
		Munici. Othón P. Blanco	Estado	Federación	
FUNCIONES OPERATIVAS	Funciones operativas de recaudación, comprobación, determinación y cobro en relación con los ingresos federales por concepto del derecho de concesión de inmuebles federales, que debe pagarse por el otorgamiento de concesiones, autorizaciones o prórroga de concesiones para el uso o goce de las playas, la zona federal marítimo terrestre, terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas.	Asumirá estas funciones cuando así lo acuerde con El Estado y la SHCP	Asumirá estas funciones de manera directa cuando así lo acuerde con el Municipio, pero este no sufrirá perjuicio en la percepción de los incentivos que le correspondan en los términos de la cláusula sexta.	Asumira las funciones señaladas por medio de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) en cualquier momento aún cuando hayan sido conferidas al Estado por medio de el Municipio	PRIMERA, SEGUNDA Y TERCERA
PORCENTAJE CAPTADO POR CADA UNA DE LAS TRES PARTES QUE CONFORMAN EL CONVENIO	El Estado y El Municipio percibirán, como incentivo por la administración que realicen:	80% para El Municipio de lo recaudado en su territorio por los citados derechos y sus correspondientes recargos. Además de 80% para El Municipio de los gastos de ejecución y el 100% de las multas impuestas por él, en los términos del Código Fiscal de la Federación	10% para El Estado de lo recaudado en El Municipio, por los derechos y sus correspondientes recargos a que se refiere este Anexo	El 10% restante conforme a las fracciones anteriores corresponderá a La Secretaría (SHCP) y el 20 % por gastos de ejecución.	SEXTA

Tabla 7. Convenio de Colaboración Administrativa en Materia Fiscal Federal (orden Estatal y Municipal, continuación)

SUBTEMA	FUNCIÓN	ESFERAS DE PARTICIPACIÓN			Cláusulas dentro del convenio
		Munic. Othon P. Blanco	Estado	Federación	
PERDIDA DE LAS FUNCIONES OPERATIVAS POR PARTE DEL MUNICIPIO	En el caso de que los ingresos enterados a El Estado y a La Secretaría por El Municipio, por concepto de cobro de los derechos materia de esta sección del Anexo, sean inferiores al monto que les corresponde de acuerdo con lo establecido en la cláusula sexta o bien que los ingresos reportados sean inferiores a los realmente percibidos, previo dictamen del Comité Técnico a que se refiere la cláusula decimasegunda de este Anexo, El Municipio deberá devolver a El Estado y a La Secretaría, en un plazo máximo de 30 días, los derechos de que se trate, actualizados y, en su caso, con sus correspondientes recargos.	Devolución por parte de El Municipio cuando contravenga lo establecido en esta cláusula y le corresponderá el 18% de los derechos y sus correspondientes recargos.	En caso de contravenir lo mencionado en la CLAUSULA CUARTA Corresponderá a El Estado el 72% de lo recaudado en El Municipio por los derechos y sus correspondientes recargos a que se refiere este Anexo, así como el 80% de los gastos de ejecución y el 100% de las multas impuestas por él mismo en los términos del Código Fiscal de la Federación y de la indemnización por cheques recibidos por las autoridades fiscales en los supuestos a que se refiere el artículo 21 del citado Código.	Los remanentes corresponderán a La Secretaría (SHCP)	CUARTA
CONSTITUCIÓN Y FUNCIONES DEL COMITÉ TÉCNICO DE LA ZONA FEDERAL MARÍTIMO TERRESTRE	Se constituye un Comité Técnico Integrado por representantes de El Municipio, El Estado y La Federación:	De El Municipio recaerá en el Presidente Municipal	De El Estado, en el Secretario de Hacienda de El Estado.	De la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Hoy SEMARNAT), en el Delegado Federal en El Estado de dicha dependencia del Gobierno Federal. De La Secretaría (SHCP), en el Administrador Local Jurídico de Ingresos competente.	DECIMOSEGUNDA

Tabla 7. Convenio de Colaboración Administrativa en Materia Fiscal Federal (orden Estatal y Municipal, continuación)

SUBTEMA	FUNCIÓN	ESFERAS DE PARTICIPACIÓN			Cláusulas dentro del convenio
		Munic. Othón P. Blanco	Estado	Federación	
CONSTITUCIÓN Y FUNCIONES DEL COMITÉ TÉCNICO DE LA ZONA FEDERAL MARÍTIMO TERRESTRE	Las funciones que se le atribuyen al comité: Todo lo relativo a programas que se destinen a la ZOFEMAT con motivo de su preservación, mantenimiento, limpieza, vigilancia y administración de dicha zona. Verificar, autorizar y vigilar los recursos provenientes del fondo que se constituye con motivo de lo antes señalado. Revisar la información escrita que El Municipio le proporcione relativo al manejo y aplicación del fondo y en su caso sancionarlo al retirarle los recursos provenientes del fondo así como de las funciones operativas señaladas en las cláusulas PRIMERA Y SEGUNDA.	MIEMBRO y con la responsabilidad de presentar presupuestos para la limpieza, preservación, mantenimiento, vigilancia y administración de la Zona Federal Marítimo Terrestre.	MIEMBRO	MIEMBRO	DECIMOSEGUNDA
FONDO PARA LA VIGILANCIA, ADMINISTRACION, MANTENIMIENTO, PRESERVACION Y LIMPIEZA DE LA ZONA FEDERAL MARITIMO TERRESTRE, ASI COMO A LA PRESTACION DE LOS SERVICIOS QUE REQUIERA LA MISMA.	La Secretaría, El Estado y El Municipio convienen en establecer las bases para la creación y administración de un fondo derivado de lo dispuesto en el artículo 232-C de la Ley Federal de Derechos, cuyos recursos y, si los hubiere, sus rendimientos, tendrán como destino específico la vigilancia, administración, mantenimiento, preservación y limpieza de dicha zona, así como la prestación de los servicios que requiera la misma, dentro de la circunscripción territorial de El Municipio.	MIEMBRO	MIEMBRO	MIEMBRO	CLAUSULA NOVENA

Tabla 7. Convenio de Colaboración Administrativa en Materia Fiscal Federal (orden Estatal y Municipal, continuación)

SUBTEMA	FUNCIÓN	ESFERAS DE PARTICIPACIÓN			Cláusulas dentro del convenio
		Munic. Othón P. Blanco	Estado	Federación	
APORTACIONES DIRIGIDAS A LA CONSTITUCIÓN DEL FONDO	Las aportaciones al fondo se harán con base en los ingresos que por concepto del derecho y sus correspondientes accesorios a que se refiere el artículo 232-C de la Ley Federal de Derechos, se hayan captado por El Estado o El Municipio a partir de la entrada en vigor del presente Anexo	El Estado, El Municipio o ambos aportarán al fondo una cantidad equivalente al 20% sobre los citados ingresos.		La Secretaría (SHCP) aportará una cantidad equivalente a la mitad del monto aportado por El Estado y/o El Municipio conforme a la fracción anterior, sin que en ningún caso exceda del 10% que le corresponda	DECIMA
CONCENTRACION Y ADMINISTRACION DEL FONDO	Los recursos aportados al fondo por La Secretaría, El Estado y El Municipio y, en su caso, sus rendimientos, serán concentrados y administrados por la Secretaría de Hacienda de El Estado , quien, a más tardar al tercer día hábil posterior a la fecha en que se haya constituido el fondo, hará acreditamiento a cargo de los mismos en los montos y con la calidad que se señale a El Municipio, en la cuenta bancaria que al efecto sea abierta a su nombre, de la cual se dispondrá en los términos que acuerde el Comité Técnico.	El Municipio administrará y hará debida aplicación de las cantidades que reciba del fondo y, en su caso, de sus rendimientos. Además de tener que cumplir con lo siguiente: I) Presentar al Comité Técnico los programas y presupuestos específicos, II) Incluir un informe sobre la aplicación de los recursos del fondo, en la Cuenta de la Hacienda Pública, III) Informar al Comité Técnico trimestralmente y	Concentrador de las aportaciones a través de la Secretaria de Hacienda Estatal y quien se encarga de entregar los recursos a El Municipio	Observador	DECIMAPRIMERA
INCUMPLIMIENTO DE EL MUNICIPIO	El incumplimiento por parte de El Municipio a lo dispuesto en la CLAUSULA DECIMACUARTA de este Anexo, dará lugar a la cancelación del fondo y al reembolso de los recursos no aplicados a El Estado, con los rendimientos que hubiere generado	Sancionado, sin embargo los recursos serán aplicados en su circunscripción territorial (CLAUSULA DECIMANOVENA)	Los recursos correspondientes a El Municipio y a La Secretaría, serán acreditados a El Estado	Observador	DECIMAOCTAVA

Tabla 7. Convenio de Colaboración Administrativa en Materia Fiscal Federal (orden Estatal y Municipal, final).

SUBTEMA	FUNCIÓN	ESFERAS DE PARTICIPACIÓN			Cláusulas dentro del convenio
		Munic. Othón P. Blanco	Estado	Federación	
ATRIBUCIONES EXCLUSIVAS DE LA FEDERACIÓN DENTRO DEL ANEXO	La Secretaría se reserva las facultades de planeación, programación, normatividad y evaluación de la administración de los ingresos de referencia y El Estado y El Municipio observarán lo que a este respecto señale la propia Secretaría	OBSERVADOR	OBSERVADOR	Facultado a través de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)	TERCERA
	La Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (hoy SEMARNAT) ejercerá en forma exclusiva la posesión y propiedad de la nación en las playas, Zona Federal Marítimo Terrestre, terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas, en los términos de la legislación federal aplicable. Asimismo, para el debido aprovechamiento, uso, explotación, administración y vigilancia de dichos bienes de dominio público, se considerarán sus características y vocaciones de uso, en congruencia con los programas que para tal efecto elabore la propia Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (hoy SEMARNAT), quien establecerá las bases de coordinación con El Estado y El Municipio que al efecto se requieran.	OBSERVADOR	OBSERVADOR	Facultado a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	QUINTA

II. Iniciativas Gubernamentales.

Se presentan en resumen algunos instrumentos de política ambiental definidos en la LGEEPA (2007) y otras iniciativas gubernamentales que tienen implicaciones en el uso de suelo de los territorios adyacentes a la línea de costa. Entre los primeros destaca el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial Costa Maya, POET CM (2000), ya que se hace mención de varios los criterios de uso de suelo al rededor de las playas:

- Sólo se permite la construcción de estructuras temporales, como palapas de madera o asoleaderos.
- Durante la época de arribo, desove y eclosión de tortugas marinas, se deberá restringir el acceso.
- Los usos del suelo en las áreas adyacentes a las playas de anidación de tortugas estarán sujetos a la autorización de la Manifestación de Impacto Ambiental correspondiente que demuestre la no afectación de las anidadas.
- En las playas tortugueras sólo se permite la instalación de infraestructura para el manejo de las especies.
- No se permite la remoción de arena de las playas y dunas costeras
- No se permite encender fogatas directamente sobre la arena de las playas.
- Se prohíben las modificaciones físicas y químicas de las dunas y playas en áreas de arribazón de tortugas.

A nivel federal existen Programas de Empleo Temporal (PET) que buscan contribuir al amortiguamiento de las fluctuaciones en el ingreso de las familias que habitan el medio rural. Se emplea mano de obra no calificada y se les brinda un apoyo económico por su participación en la construcción, rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura social productiva y para la conservación y aprovechamiento de los recursos naturales. (www.semarnat.gob.mx)

Los programas de Empleo Temporal destinados a la limpieza de costa de Xcalk-Mahahual se gestionan desde el 2005 por medio de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) con el fin de contribuir a la limpieza de la comunidad con motivo de la llegada de tormentas tropicales y huracanes. Es en Xcalak donde se ha empleado la mayor cantidad de los recursos principalmente por carecer de actividad turística. En el año de 2006 se empleó parte del recurso en los límites con Mahahual reconociendo que la basura provenía de las costas de esta población.

Los recursos han sido gestionados por la oficina de la CONANP en Banco Chinchorro en Chetumal a través de su titular la M. en C. María del Carmen García Rivas. La responsable del programa “Residuos sólidos” hasta el 2010 es la Ing. Gabriela Alejandra García Antonio quien desde el 2008 ha operado el programa de limpieza de costas tanto en Xcalak como en la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro. Cabe resaltar que reportes anteriores al 2008 no están disponibles debido a un cambio de responsable de operar el programa.

La Tabla 8 presenta un resumen de la información que se obtuvo de reportes mensuales elaborados por la Ing. Gabriela García con el fin de rendir cuentas a la Federación de los recursos empleados.

Tabla 8. Resumen PET 2008-2010

Año	Duración (meses)	No. de personas empleadas	Extensión de línea de costa limpiada (Km)	Jornales (pesos MN mexicana)	Materiales (pesos MN mexicana)	Gastos de operación (pesos MN mexicana)	Monto total (pesos MN mexicana)
2008	6	115	2 y reforestación de Duna Costera	\$495, 880	\$70, 000	\$30, 000	\$595, 880
*2009	8	120	3	\$713, 592	\$103, 992	\$29, 653	\$847,237
2010	6	117	2.5	\$487, 250	\$60, 200	\$32, 240	\$579, 690

Fuente: Elaboración Ing. Gabriela Alejandra Rivas Antonio (control interno para la SEMARNAT y su operación en Banco Chinchorro e Xcalak).

*Datos extraídos del Informe cuantitativo para la rendición de cuenta pública de presupuesto ejercido PET en Mahahual por parte de la Delegación Federal SEMARNAT en Quintana Roo.

Cabe resaltar que por cada kilómetro que se limpia en un periodo de 3 meses, a la Federación le cuesta un promedio de \$269, 707 pesos.

En el contexto local, existe el Programa de Desarrollo Urbano (PDU Mahahual, 2008) y su análisis FODA. En él se reconoce la aparición de basura de diferente origen en las playas y en el poblado, además de tiraderos clandestinos de basura, entre las amenazas del desarrollo local.

Cabe mencionar que en el documento se hizo referencia a los siguientes proyectos para la prevención de la contaminación en la zona: Ubicación y construcción de rellenos sanitarios, Construcción de la infraestructura necesaria para recepción de desechos tanto sólidos como líquidos, Elaboración de un estudio del sistema de recolección, procesamiento y disposición

de basura, Elaboración del reglamento y normas para áreas recreativas de playa. Hasta el día de hoy, ninguno de estos proyectos se han llevado a cabo, lo cual evita identificar las fuentes de los residuos que recalán en las costas de la zona de Costa Maya y favorece que surjan nuevas fuentes de generación de residuos que deriva, sin duda, en un atraso para el desarrollo de la comunidad.

Existe una iniciativa en el municipio de Othón P. Blanco para el saneamiento de su Zona Federal Marítimo Terrestre llevado a cabo por los niveles federal, estatal y municipal. Los tres órdenes se han constituido en un comité que comenzó a sesionar en noviembre de 2008 donde se presentaron proyectos que fueron aprobados con designación de recursos financieros para su ejercicio en el 2009.

La información presentada es un extracto del oficio **TM/125/2009-DJH** en respuesta al oficio de solicitud **No. DUVTAIP/375/2009** de acceso a la información pública municipal de Othon P. Blanco solicitada por un servidor y en el que se señala la aprobación de lo siguiente:

- PLAN DE TRABAJO DE DEPTO. DE ZOFEMAT, por un monto de \$174,000.00
- MONITOREO DE PLAYAS LIMPIAS EN MAHAHUAL, por un monto de \$96,000.00
- MANTENIMIENTO DE BOYAS EN MAHAHUAL, por un monto de \$61,000.00
- SANEAMIENTO A LA BAHIA DE CHETUMAL, por un monto de \$71,825.55
- INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO Y SUPERVISION DE BOYAS EN LA BAHIA DE CHETUMAL, por un monto de \$180,265.00

El monitoreo de playas limpias en Mahahual se refiere al mantenimiento y vigilancia de la calidad del agua, es decir libre de materia fecal, aceites y cualquier otra sustancia ajena a la composición natural del agua de mar; por lo cual, no contempla la recolecta o saneamiento de basura marina en las playas, así lo confirmó la titular de la Dirección de Medio Ambiente Municipal la Lic. Mirna Karina Martínez.

NOTA: El único proyecto que contempló el saneamiento de residuos sólidos de costas de Othón P. Blanco fue el Saneamiento a la Bahía de Chetumal.

III. Iniciativas No Gubernamentales

Entre las iniciativas no gubernamentales para prevenir la contaminación por residuos sólidos se puede mencionar la realización de un reporte de actividades en el 2003 por el MIRC (Manejo Integrado de Recursos Costeros) de la Universidad de Quintana Roo, la asesoría y colaboración de Amigos de Sian ka’an y el financiamiento de la Universidad de Rhode Island. Este programa representó un esfuerzo por regular las actividades de la zona. En este marco se elaboró un reglamento dirigido a la población y a visitantes en coordinación con la delegación municipal de Mahahual, la Junta de Vecinos de Mahahual, el respaldo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). El reglamento señala:

- No arroje basura en la vía pública.
- Separe su basura y dépositela en los tambos correspondientes.
- Respete el límite de velocidad.
- Mahahual protege los arrecifes, no se permite caminar sobre ellos.
- Respete las señales colocadas en la laguna arrecifal.
- No tale ninguna especie de mangle

Este reglamento se colocó en forma de letreros en la entrada y al final del poblado, así como en los principales balnearios. Letreros con la leyenda (en español e inglés) “Mahahual un destino turístico sin basura”, “PON LA BASURA EN SU LUGAR” fueron colocados en zonas donde hubiera una mayor concentración de visitantes.

Las medidas tomadas con base en el reglamento, que probablemente se relacionan con los lugares dónde los letreros se colocaron, han sido insuficientes para la solución del problema. En playas más alejadas que no cuentan con ningún señalamiento, el depósito de

la basura continúa ya sea provocado por visitantes, pobladores o por el arrastre de las corrientes.

IV. Marco Internacional: convenios, acuerdos, reuniones y reglamentos que ayuden a prevenir, corregir y limpiar las playas o zonas costeras de residuos sólidos.

Con ayuda de los muestreos de residuos sólidos en playas explicado en el capítulo 2, se detectó que la cantidad basura marina encontrada no sólo es generada por la población local si no que, como señala Acurio (2007), los residuos sólidos que pueden hallarse en las playas también es un problema de índole internacional que involucra factores de organización y acuerdos entre países como dentro de sus administraciones nacionales.

A lo largo de los muestreos se recolectaron residuos con etiquetas que señalaban un origen distinto al de México (Tabla 2 del capítulo 2). Integrantes de la organización no gubernamental MARISOL (Meso American Reef Initiative Save Ocean Life) instalada en Mahahual confirman que han recolectado residuos en la zona con leyendas de otros países (fotos publicadas en su página de la http://saveoceanlife.org/?page_id=11) . Por lo tanto, se realizó una revisión del Derecho internacional vinculado con el problema de la contaminación de mares y océanos del que México es partícipe con el objetivo de identificar si aquellos documentos, convenios, reglamentos y reuniones, están funcionando en base a sus planteamientos o si existen estrategias para el seguimiento y monitoreo de la problemática.

A continuación se presentan aquellos que tratan zonas costeras y el medio marino:

Convenio sobre la Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y Otras Materias. Este convenio Ratificado por México el 7 de abril de 1975 tiene por objeto limitar el tipo de desechos vertidos en el mar, prohibiendo los señalados en su anexo 1. Entre ellos destacan los plásticos persistentes y demás materiales sintéticos persistentes, tales como redes y cabos que puedan flotar o quedar en suspensión en el mar. Es materia también de dicho convenio el llevar un control de vertimiento (para lo cual se requieren permisos especiales) de las sustancias señaladas en su anexo 2. No se establecen

medidas técnicas ni cantidades máximas permitidas de las sustancias por lo que queda a cargo de la legislación de cada uno de los países miembros. A partir de este acuerdo en México se generó el Reglamento Para Prevenir y Controlar la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y Otras Materias. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 de enero de 1979 en México. El reglamento se encarga de atribuir la responsabilidad a la Secretaría de Marina a través de la Armada de México. Especifica el mecanismo para obtener los permisos de vertimiento de las sustancias contenidas en el anexo 2, impone sanciones económicas para quienes violenten el reglamento dentro de las aguas de jurisdicción nacional y se reconoce la importancia de prevenir la contaminación en el mar para guardar la integridad de ecosistemas en tierra como las playas (Artículo 8 fracción III).

Conferencia para la Protección del Medio Marino frente a las Actividades realizadas en Tierra. Celebrada en Washington, D.C., del 23 de octubre al 3 de noviembre de 1995 con un total de 109 países asistentes, incluido México. Se estableció como meta común la adopción de medidas sostenidas y eficaces para hacer frente a todos los efectos en el medio marino de las actividades realizadas en tierra, especialmente los resultantes de las aguas residuales, los contaminantes orgánicos persistentes, las sustancias radiactivas, los metales pesados, los aceites (hidrocarburos), los nutrientes, la movilización de sedimentos, la basura y las alteraciones físicas y la destrucción de hábitats.

Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques, 1973, Modificado por el Protocolo de 1978 (MARPOL 73/78). Entra en vigor en 1988. Dicho tratado tiene como objeto el evitar que los buques arrojen su basura de forma indiscriminada. El Anexo V introducido en 1998 (de acuerdo al informe de Allsop, *et.al.* 2007) prohíbe arrojar toda materia plástica hacia el mar; así como cabullería y redes de pesca de material sintético. Se designan “áreas especiales” a aquellas zonas donde se encuentra prohibido cualquier tipo de desecho, excepto los procedentes de alimentos. Para realizar esta acción se requiere que los puertos de estas áreas cuenten con instalaciones adecuadas para recepcionarlos. Hasta abril de 2005, un total de 122 países habían ratificado el Anexo V de MARPOL (Sheavly, 2005).

Conferencia Mundial sobre los Océanos, las Costas y las Islas. El Foro Mundial sobre Océanos, Costas e Islas fue creado en la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (CMDS) en Johannesburgo, Sudáfrica en septiembre del 2002 (www.globaloceans.org). Se han llevado a cabo 4 ediciones, la última celebrada en Hanoi, Vietnam en el que se abordaron temas como la Buena Gestión y administración de las pesquerías en alta mar debido a que en aguas internacionales al no ser de la jurisdicción de país alguno se lleva a cabo una explotación intensiva de los recursos pesqueros (portal.unesco.org) y el riesgo de las regiones costeras debido al aumento de los niveles del mar a causa del cambio climático. Entre los temas principales que se han tratado es la cooperación en financiamiento y tecnología para aquellos países en vías de desarrollo, conservación de la biodiversidad y vinculación y manejo de costas y océanos. Si bien hasta el momento no se han incluido temas de basura marina es un tema que debería incluirse a esta conferencia. Conferencia que se centra principalmente en la conservación de la biodiversidad y el cambio climático en el planeta.

Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino en la Región del Gran Caribe. Fecha de celebración 24 de Marzo de 1983. Documento en el cual se incluyen las regiones marinas de: el Golfo de México, el Mar Caribe y las zonas adyacentes del Océano Atlántico al Sur de los 30' de latitud Norte. Se estableció el compromiso de tomar todas las medidas pertinentes con el fin de prevenir la contaminación de una forma integral; las descargas provenientes de fuentes terrestres, la transmitida a la atmósfera generadas por actividades realizadas en su territorio, por la explotación y exploración de los fondos marinos y el subsuelo, la causada por vertimientos de desechos y otras materias desde buques, aeronave o estructuras artificiales en el mar (no se establecen medidas técnicas ni se profundiza en cada uno de los temas sólo se señala que se adoptarán todas las medidas de prevención, reducción y control de la contaminación). El convenio establece que se deben adoptar todas las medidas pertinentes de manera individual o colectiva para la protección de ecosistemas vulnerables así como de especies diezmadas, amenazadas o en peligro de extinción. Para llevar a cabo lo anterior, las partes contratantes (o firmantes) deben designar zonas protegidas siempre y cuando no se afecte el derecho de otras partes contratantes o de estados terceros.

Se establecen las bases para la cooperación científica con el compromiso de intercambiar información de datos, elaborar y coordinar programas de investigación y de vigilancia relativos a la zona de aplicación del convenio y, a prestar asistencia técnica a aquellos países pequeños y territorios insulares en desarrollo.

En caso de emergencia, las partes contratantes adquieren el compromiso de tomar las medidas necesarias ante incidentes de contaminación y elaborar planes de emergencia. Las partes contratantes para evitar la contaminación por proyectos de desarrollo, realizarán directrices técnicas dirigidas a minimizar el impacto negativo en la zona de aplicación del convenio. Se evaluarán los impactos de acuerdo a las posibilidades de cada parte contratante o se asegurarán que se evalúe y cuando así se disponga se invitará a otros miembros a la evaluación conjunta.

Asamblea General de las Naciones Unidas. Reunión del PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) y el Programa de Mares Regionales.

Noviembre del 2005. A través de su Iniciativa Global para la Basura Marina, ambas organizaciones decidieron participar activamente en la solución del problema de las basuras marinas. Como resultado de la reunión, se elaboró un documento en el cual se presentó en su primera parte información disponible sobre basura marina en el Océano Pacífico Sudeste en el área comprendida entre Panamá y Chile. Los informes de la situación que atraviesa cada uno de los países con respecto a la basura marina lo detallan diversos autores: entre ellos Alfaro (2006) (Perú), Coello & Macías (2006) (Ecuador), Escobar (2006) (Colombia), González (2006) (Panamá), y Rovira (2006) (Chile). En la segunda parte, se presenta el Programa Regional para la Gestión Integral de la Basura Marina en el Pacífico Sudeste, elaborado en el marco del Protocolo para la Protección del Pacífico Sudeste contra la Contaminación Proveniente de Fuentes Terrestres. Se asume que la contaminación de las playas por basura marina (todo material sólido persistente, manufacturado o elaborado, que se desecha, elimina o abandona en el medio marino o costero) se debe a: deficiente servicio de limpieza por parte de los municipios costeros, descargas de basura en el mar, insuficientes recursos económicos que permitan equipar con rellenos sanitarios a los destinos costeros y descarga de residuos desde fuentes terrestres. Entre las principales recomendaciones para la solución de la basura marina se encuentra :

establecer incentivos para la recuperación y reciclaje de materiales (venta de materiales como el PET, plantas recicladoras instaladas en los municipios costeros, entre otras), impulsar programas de manejo de desechos en temporadas turísticas, institucionalizar sistemas para documentar cantidades y composición de la basura encontrada en el filo costero, educar a los grupos que operan embarcaciones menores o de pequeño calado (Pescadores artesanales) respecto de los impactos que generan desperdicios persistentes que son arrojados al mar. La Asamblea acordó una reunión cada tres años; sin embargo, aún no se ha generado otro documento similar al descrito.

DISCUSIÓN

La relevancia del recurso natural playa como parte de la complejidad ecológica del sistema costero de Quintana Roo ha sido mencionada y se ha destacado sobre la importancia de su conservación para darle un uso recreativo que permita el desarrollo económico de la zona sur del estado.

Los resultados de la caracterización de residuos sólidos en las playas de Mahahual permitieron obtener información cuantitativa y cualitativa de utilidad para conocer generalidades de la magnitud del problema de contaminación por basura marina en la Costa Maya. El método estadístico factorial Anova de dos vías permitió sostener o rechazar las hipótesis de interacción entre los factores considerados (sitios y estratos).

Las playas que fueron objeto del presente estudio son de características no urbanas, de importancia turística por el entorno natural y la cercanía del arrecife de acuerdo a Bosch *et. al.* (2001). Pese al cuidado de los criterios señalados para la elección de las playas, los resultados parecen indicar que se realizaron muestreos en playas con incidencia urbana directa. Esto se asume al comparar los resultados de la presente tesis con aquellos de estudios realizados por Palacios-García (2006) y Bravo, M. Gallardo, Ma. Nuñez, P. Thiel, M. Vásquez N. (2008) los cuales mostraron que los residuos tales como plásticos ocupan el primer lugar en abundancia en la costa, mientras que el segundo lugar de abundancia lo obtienen los vidrios. Sin embargo, cabe destacar que los mencionados autores realizaron sus estudios en playas con actividad turística o donde los centros de población ejercían presión de forma directa. Las diferencias más sensibles con los autores citados son que en sus hallazgos están presentes materiales como cartón y papel, así como una enorme cantidad de colillas de cigarro colectados para el caso de Bravo *et. al.* (2008). Sin embargo, no olvidemos que durante abril 2011 (sexto mes) se mencionó la presencia de colillas de cigarro aunque en una proporción reducida en relación a los demás residuos. Según varios autores (Coello, 2007, Allsopp, 2007, Palacios-García, 2006 y Bravo, 2008) el 80% de la basura marina que arriba a las costas proviene de fuentes terrestres, aunque los habitantes de la comunidad de Mahahual manifestaron que mucha de la basura depositada en las

playas que se encuentran a las afueras del poblado no son generadas por la población, si no que son resultado del arrastre de las corrientes a la costa.

A diferencia de los estudios realizados por Bravo, *et. al.* (2008) y Palacios-García (2006), los plásticos encontrados en este estudio no sólo corresponden a envases de refresco o agua sino que también a restos de ventiladores, utensilios de uso diario como cubiertos o recipientes de pintura. Los vidrios en su mayoría correspondieron a envases de cerveza y refrescos. En cuanto a la madera sólo se hallaron restos que al parecer correspondían a soportes de mesas o sillas o de algún utensilio de uso cotidiano. La cabullería que se recolectó fueron restos de cordeles y de cuerdas utilizadas al parecer para sostener carnadas. La recolección de zapatos en este estrato resulta poco común ya que los estudios de Bravo, *et. al.* (2008) y Palacios-García (2006) no reportan esta clase de hallazgos. Cabe destacar que el calzado que se encontró corresponde principalmente a sandalias de playa y tenis deportivos de bajo peso. No se tuvo registro de metal alguno, seguramente debido a que su peso no lo llevaría por corrientes hasta la playa, si no es directamente depositado en ella.

Como señala Bosch (2001) las playas arenosas son zonas de transición entre el mar y la costa por lo que gran parte de los residuos sólidos son retenidos debido a la constante dinámica a la que son sometidas. Los resultados de la mayor concentración de residuos sólidos en el estrato duna del perfil de playa, puede deberse principalmente a factores que favorecen su acumulación tales como son: animales, viento, paseantes ocasionales e incluso la vegetación presente (Coello, 2007, Acurio *et. al.* 1998). Por otro lado, en la supraplaya se colectaron cantidades de basura marina menores a la presente en la duna pero con un registro más amplio de las categorías de basura. Se encontraron residuos vinculados estrictamente con la presencia de visitantes como colillas de cigarro, latas de cerveza y refresco, botellas de refresco o envases. Por lo tanto la mezcla de las actividades de recreación ocasional, la pesca y la acción del viento causan un efecto de acumulación en este perfil que por contener arena seca retiene gran parte de residuos o basura marina de fácil transporte. La característica que compartían los residuos de este perfil es que eran de un tamaño que no excedía al de un envase de refresco de 600 ml.

La mesoplaya fue el estrato del perfil que se observó más limpio en términos generales, con excepción en el mes de Octubre 2010 donde se encontró un tanque de gas, partes de motor y utensilios domésticos. La ausencia de cabullería y zapatos probablemente se deba a la ligereza de los materiales de su manufactura; por lo cual podrían ser arrastrados tierra adentro por el viento o los animales. Los vidrios que se encontraron correspondían por lo general a botellas de licor, que son generalmente hechas de vidrio más grueso en comparación con las que son fabricados para embotellar refrescos o cerveza. En cuanto a la categoría de madera, los hallados eran generalmente pilotes que probablemente fueron utilizados para sostener muelles para embarcaciones pequeñas o de alguna construcción como palapas o construcciones rústicas de escala pequeña. Los plásticos que se encontraron eran envases de refresco y su permanencia en el estrato era debido a que estaban llenos de agua.

Las cantidades de basura en los tres sitios denotan ciertas diferencias. Río indio fue el sitio con mayor cantidad con 1,076 Kg, seguido de Puerto Ángel con 994 Kg y finalmente Marisol con 827 Kg. Aunque las cifras sean distintas, el patrón de comportamiento entre los estratos de Río Indio y Marisol son muy similares, siendo Puerto Ángel el sitio con ciertas diferencias pero sin tener un comportamiento totalmente distinto. En lo que respecta a los meses de muestreo, durante febrero 2011 todos los sitios tuvieron bajas importantes en la concentración de basura marina, sin embargo para abril 2011 se presentaron aumentos sensibles por la presencia de bañistas y probablemente el arribo de cruceros al destino. Bosch *et. al.* (2008) menciona que los destinos con actividad recreativa de sol y playa presentan aumentos sensibles en las cantidades de residuos durante sus temporadas altas de arribo de turistas, así como diferencias en la composición con respecto a las temporadas bajas. La actividad en si no constituye una fuente generadora de basura marina, sino que los servicios e insumos para la atención del cliente son los principales generadores. Por lo tanto, la concentración de basura marina durante el periodo vacacional de Semana Santa en Mahahual, así como en las playas adyacentes se ve magnificada. Estos resultados son consistente con lo encontrado por Palacios-García (2006) en la misma costa, quien relaciona el aumento de envases de plástico y colillas de cigarro con el arribo de visitantes. Por lo que, a pesar de que un criterio de elección de sitios de muestreo era lejanía de

centros de población para evitar la modificación de condiciones, es claro que las playas objeto de estudios son visitadas de forma periódica por vacacionistas.

Es importante reconocer que la dinámica de la depositación de residuos sólidos en sitios costeros puede variar año con año debido a factores imprevisibles como son: huracanes, cambio en la preferencia de los vacacionistas, crecimiento de las zonas urbanas o cualquier factor vinculado con el medio físico o poblacional. El modelo de análisis aquí empleado cumple con su cometido al proporcionar una idea de lo que ocurre con ciertos factores naturales (oceanográficos) principalmente y algunos sociales (administración y normatividad), pero puede ser complementado con información adicional (como patrones de uso de playa, temporadas de arribo de cruceros, urbanización del poblado de Mahahual, entre otros) para no incurrir en sesgos que los datos suelen proporcionar.

En este mismo sentido es importante señalar que el método aquí empleado posee algunas debilidades como: a) utilizar peso como base para medir las concentraciones de basura marina. En la práctica se evidenció que la categoría plásticos puede ser fácilmente subvaluada por su escaso peso, aunque se encuentren numerosos ítems en el área. Caso contrario sucedió con los vidrios, que por su alto peso constituyeron la segunda categoría de mayor presencia, aunque en realidad el número de ítems hallados los colocan en una tercera posición de importancia. Otra desventaja de utilizar el pesado como medida comparativa se presentó cuando se representó el hallazgo de un tanque de metal en el estrato mesoplaya, caso muy raro que implicó un sesgo en esa categoría (Figura 9). b) sin observaciones directas del arribo de basura, no de lo arribado, no puede discriminarse entre lo que llega por mar y por tierra. Con lo analizado se abren posibilidades de investigación del tema para futuros estudios basado en el número de ítems y con observaciones in situ (sobre todo tal vez en épocas de mayores visitantes).

La información compilada en el capítulo Oceanografía muestra que existe una dinámica de corrientes en la zona de estudio que sugiere que algunos residuos sólidos encontrados en las playas son liberados en algún lugar de la cuenca caribeña, posteriormente éstos viajan grandes distancias y arriban a distintas playas del Caribe afectando el paisaje, la fauna y la flora. Sin embargo, la mayor cantidad de residuos fueron de material ligero, incluida una

madeja de algas (sargazos) atrapadas con cintas de plástico, y múltiples residuos de plástico; lo cual sugiere un efecto mayor de corrientes costeras y de oleaje en la zona (Woodroffe 2002, o flujo laminar en sentido noroeste según Suárez-Rivera 1998). más que oceánicas Aunque de acuerdo a Amigos de Sian Ka'an (1996) y Sanchez *et. al.* (1991) en la zona de Costa Maya los sargazos se encuentran entre los 500 m y 1 Km después de la línea de marea alta de las playas arenosas; sería interesante saber si la madeja de ella se formó en superficie y sólo fue acarreada desde corta distancia por oleaje, o se formó en fondo (a mínimo 500 m de la costa) y un desplazamiento de fondo (corriente) la acarreo y después el oleaje la metió a la playa.

Cabe destacar que el depósito de la basura marina en las playas de Mahahual son sólo una parte del total de residuos que llegan a esas costas. Aquellos que se escapan a nuestros registros son: los que flotan en la columna de agua, los que se mantienen a flote por causa de la circulación de corrientes, dinámica de mareas y contracorrientes para luego ser depositados en bancos de arena, así como aquellos que quedan atrapados en las zonas arrecifales. Ante esta problemática se hace necesario un estudio en zonas arrecifales que registre a aquellos residuos con las características descritas para tener un panorama más amplio de la dinámica de la basura marina en la zona.

Sobre los estudios de la hidrodinámica en Mahahual mencionados en el capítulo de oceanografía y el efecto que la presencia del arrecife produce, es claro que se necesita contar con estudios más recientes, así como utilizar nuevos métodos de análisis para confirmar los patrones descritos. Como ejemplo, Suarez-Rivera (1998) y Merino (1986) describieron ciertos patrones de circulación validos para las costas Quintanarroenses; sin embargo, Capurro (1985) menciona que la dinámica de las corrientes superficiales y el sentido de estas cambia frente a eventos tales como tormentas, o huracanes. Para Quintana Roo es probable que el paso más frecuente de los huracanes en la última década ha hecho cambios significativos en la configuración de la dinámica de corrientes que entran al sistema arrecifal tanto como de las que bordean la costa; por lo tanto, aunque se tenga cierta idea del proceso por el cual recalca la basura marina en las playas, estudios más a

fondo y actualizados permitirían un mejor análisis. Este estudio no incluyó información sobre oleaje local, aspecto que dada la naturaleza ligera de la mayor parte de los residuos estaría jugando un rol crucial en la presencia de residuos en la playa. Este es evidentemente un área de investigación requerida en estudios posteriores sobre este problema.

Con respecto al aspecto legislativo y administrativo, se mencionó que el municipio de Othón P. Blanco ha formado un comité de playas limpias integrado por los tres niveles de gobierno. En 2009 se llevó a cabo el proyecto MONITOREO DE PLAYAS LIMPIAS EN MAHAHUAL con un monto asignado para su operación de \$96,000.00; sin embargo, este programa no consideró la limpieza de residuos sólidos o basura marina de las costas de acuerdo a la información dada por la Lic. Karina Martínez. El proyecto sólo contempló el monitoreo de la calidad del agua de mar a través de pruebas realizadas en los laboratorios de la Secretaría de Salud en Chetumal. La NOM que establece los requisitos y especificaciones de sustentabilidad de la calidad de playas (NORMA NMX-AA-120-SCFI-2006) regula los estándares de calidad de agua de las playas y a su vez regula la presencia de residuos sólidos. Sin embargo surge la siguiente reflexión: en ausencia de considerar la limpieza de playas en el proyecto mencionado ¿cómo se pretende tener limpio un ecosistema íntimamente ligado como es la costa, sin tener en cuenta un elemento de conformación esencial como son sus playas arenosas? Para un manejo adecuado de la costa, es necesario tener una visión integral y la misma NOM posee un apartado de residuos sólidos que no debe ser ignorado por nuestras autoridades.

Otra dificultad para el manejo del recurso playa surge de su definición. Para el presente estudio, las playas adoptan un significado general de acuerdo a la definición de Henríquez (2005); sin embargo, los límites que marcan las áreas morfológicas de estudio (Carranza-Edwards, 1994 en Henríquez, 2005) son comprendidas dentro de la Ley General de Bienes Nacionales como; Playas Marítimas (Art. 7, fracc. IV) y Zona Federal Marítimo Terrestre (Art. 119 fracc. I), si bien estas definiciones tienen como sentido administrativo la defensa de los límites del patrimonio nacional (Quijano-Villagomez, 2003 en Moreno-Casasola, *et. al.* 2005) en términos ecológicos y de referencia ambiental causan un conflicto por su poca especificidad al no incluir conceptos que ayuden a una comprensión menos ambigua. En términos prácticos no resultaría fácil aplicar el concepto del marco legal para referirnos a

nuestro objeto de estudio ya que sólo se causaría confusión. Por lo tanto, es necesario incluir una enunciación más específica hacia el término playa como es el que se puede encontrar dentro de la norma NMX-AA-120-SCFI-2006 en el que se marcan límites morfológicos, es necesaria la concordancia de los términos que se manejan entre leyes y reglamentos para dar soporte al objeto de referencia y/o estudio.

Actualmente dentro de la zona Costa Maya se tiene el acuerdo de colaboración administrativa suscrita entre la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, este aspecto de recaudación es calificado por Quijano-Villagomez (2003) y Acurio (1998) como un acierto o primer paso de autonomía de la jurisdicción local en la administración de sus recursos que propician el financiamiento de los proyectos de índole local. Sin embargo el municipio de Othon P. Blanco a través de su comité de ZOFEMAT no ha impulsado programas o iniciativas que deriven en una mejor imagen y limpieza de basura marina de las costas de Mahahual, como prueba se pueden citar los datos del presente estudio. La falta de encomienda o programas específicos hacia la basura marina, así como de un concepto claro de ella provocan que los sistemas de recolección y la atención hacia el problema no sean eficientes (Acurio 1998, Coello 2007).

Actualmente se cuenta con responsabilidades delimitadas al respecto del manejo del recurso playa, se cubren funciones operativas básicas por cada dependencia del gobierno Federal mencionados en el cuadro de responsabilidades de esta tesis; sin embargo, la falta de iniciativa, programas y acciones en la Zona Federal Marítimo Terrestre por parte del gobierno Estatal y Municipal restan acciones para incrementar el conocimiento de la dinámica costera en Mahahual. Esto afecta la visión a realizar planes y programas de largo y mediano plazo que deriven en un mejor saneamiento de la zona y que vaya de acuerdo al desarrollo urbano actual.

La modernización de algunos reglamentos como: “Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar” (1991) y el “Reglamento para Prevenir y Controlar la Contaminación del Mar” (1979) son de carácter urgente debido a que no contemplan medidas específicas sobre basura marina y sólo se le menciona como un contaminante más.

El dictar medidas para prevenir y controlar la basura marina o residuos sólidos son temas de atención inmediata ya que son un problema de dimensión mundial.

La norma NMX-AA-120-SCFI-2006 establece una metodología que establece requisitos de sustentabilidad a playas con fines recreativos o de conservación. Para evaluar de forma concreta las playas en Mahahual con respecto a la norma citada, nos referiremos al punto 5.2.2, donde se establece “el límite máximo permisible de residuos sólidos en superficie en la playa será de 5 unidades por cada transecto de 100 m, las cuales no deben rebasar los 5 kg. de peso, o 0.5 m³ de volumen. De conformidad con la metodología que establece el apéndice normativo III”, los transectos son paralelos a la línea de marea reciente hasta el límite de la playa. Para llevar a cabo la comparación se tomaron en cuenta los resultados de dos muestreos de cantidades totales, de máximo y mínimo registro de basura marina, con la finalidad de obtener un promedio y realizar una evaluación más objetiva de los resultados. De la misma manera se tomó en cuenta al perfil supraplaya, debido a que representa el equilibrio entre las cantidades que registraron duna y mesoplaya, a lo que resulto lo siguiente:

Tabla 9. Análisis de residuos con respecto a la NMX-AA-120-SCFI-2006

Sitio	Cantidad máxima (Kg.)	Cantidad mínima (Kg.)	Promedio (Kg.)
Rio Indio	46.05	13.35	29.7
Puerto Angel	48.5	13.8	31.15
Marisol	37.8	14.5	26.15

Nota: la superficie muestreada es de 70 m.

Con los resultados obtenidos, en los términos de la norma arriba referida se tiene que todos los sitios en su perfil supraplaya rebasan el máximo (5 kg.) de residuos sólidos permitidos, ni siquiera en los registros mínimos se obtuvo una cantidad inferior a 5 Kg. Otro aspecto es que el área que se muestreo fue de 70 m., una diferencia de 30 m con respecto a lo que

establece la norma. Por lo tanto no se cumple con los estándares para el punto 5.2.2 y las playas de Mahahual no se podrían certificar con fines recreativos.

Las iniciativas no gubernamentales para el saneamiento de la costa de Mahahual son variadas. Los esfuerzos locales se circunscriben a comunidades estudiantiles, como lo fue en su momento la Universidad de Rhode Island que destino recursos económicos a la creación de un pequeño proyecto llevado a cabo por la Universidad de Quintana Roo en 2003. Sin embargo, el paso del tiempo y los esfuerzos que se realizaron en aquel momento ya han sido rebasados por el desarrollo del destino, por lo que el reglamento derivado de este esfuerzo ha dejado de ser útil. Otra iniciativa, llevada a cabo por la organización MARISOL (Mesoamerican Reef Initiative Save Ocean Life), si bien lleva un control de su información de la cantidad de residuos sólidos recolectados así como un archivo de fotos y noticias de sus acciones; debido a que no cuentan con una metodología rigurosa que ayude a establecer programas o planes de mediano y largo plazos con objetivos definidos (excepto la limpieza), obtiene alcances muy limitados en sus acciones y su éxito sólo se evalúa por las grandes cantidades de basura colectada. Los trabajos de esta asociación civil adquieren importancia cuando apoyan la limpieza de playas de Mahahual cada año. A pesar de la buena voluntad de esta asociación, sumado con la limpieza de playas llevada a cabo por el sector empresarial, las acciones operativas de limpieza actuales no son suficientes; Acurio (1998) considera que el continuo crecimiento de la población así como los avances en urbanización, requieren de una estrategia complementaria relacionada con la educación en materia ambiental en la prevención de la depositación de residuos o basura marina en los perfiles de playa así como en los océanos (Coello, 2007, Allsopp et.al., 2007).

Los acuerdos, conferencias y reuniones que México tiene suscrito con otros países en materia de basura marina no están siendo cumplidos, ya que las altas concentraciones de basura marina halladas en las playas de Mahahual así lo sugieren. Esto puede deberse a que en la práctica no existen mecanismos que apliquen los compromisos con acciones concretas. Tal como lo afirman Acurio (1998) y Coello (2007) muchos de los compromisos multilaterales en materia ambiental no se llevan a cabo por la falta de un programa operativo. Otra situación es que aunque se tengan acciones u objetivos programados a alcanzar en cada determinado tiempo no es posible ejecutarlos ante la

ausencia de instrumentos legislativos al interior de los países firmantes; así la falta de congruencia en materia ambiental provoca que las administraciones gubernamentales resten importancia a lo que fue firmado o acordado (Acurio, 1998, Moreno-Casasola *et. al.*, 2005). Para el caso concreto de México a pesar de contar con diversos instrumentos en el manejo de costas y residuos sólidos, la falta de continuidad y de una visión a mediano y largo plazo afectan toda iniciativa o acuerdo, provocando que se divague en acciones aisladas que sólo se traduce en pérdida de tiempo y esfuerzo.

El financiamiento es otro aspecto importante para la realización de objetivos y en concreto se relaciona directamente con las acciones. Se pueden tener agendas a cubrir con fechas, sin embargo si no se cuenta con recursos humanos y financieros no es posible lograrlos (Cortinas, 1999). De acuerdo a Acurio (1998) la falta de financiamiento es actualmente uno de los problemas que con más frecuencia se enfrenta en América latina, desde la falta de la creación de un fideicomiso o fondo para cubrir el costo de las actividades a realizar, hasta la poca solvencia económica de algunos países que los limita en su aporte así como su participación.

Por lo tanto, las reuniones, conferencias o cumbres en materia de residuos o basura marina presente en las costas del que México sea parte, se debe participar con un enfoque propositivo sobre todo en el caso de brindar asesoría gratuita en la conformación de instrumentos legislativos y jurídicos que vayan en acuerdo a la materia dicha; así como el trabajar en la constitución de un fondo en consenso con las posibilidades económicas de los demás países para hacer posible el llevar a cabo una agenda de acciones con miras a resolver los problemas de depósito de la basura marina.

Otro aspecto interesante de manejo del recurso playa, que no se relaciona directamente con la basura marina, pero que considero relevante destacar es: dentro de la zona en que se realizaron los muestreos, cabe destacar que se observaron muchos terrenos colindantes a las playas con advertencias de no invasión, así como la prohibición del paso a personas ajenas a la propiedad; sin embargo, de acuerdo al Reglamento para el Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar, señala

en su artículo 17 que "Los propietarios de los terrenos colindantes con la zona federal marítimo terrestre, terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito de aguas marítimas, deberán permitir, cuando no existan vías públicas u otros accesos para ello, el libre acceso a dichos bienes de propiedad nacional, por lugares que para tal efecto convenga la Secretaría con los propietarios, teniendo derecho al pago de la compensación que fije la Secretaría con base en la justipreciación que formule la Comisión de Avalúos de Bienes Nacionales. En caso de negativa por parte del propietario colindante, la Secretaría solicitará la intervención de la Procuraduría General de la República, para que, por su conducto, se inicie el juicio respectivo tendiente a obtener la declaratoria de servidumbre de paso".

El señalamiento es relevante debido a que no se apreciaron letreros o leyendas que indicaban alguna vía de paso libre, como señala (Quijano-Villagomez, 2003 en Moreno-Casasola *et. al.*, 2005) la autoridad municipal debe determinar dentro de sus planes de desarrollo urbano las vías de acceso a las playas (o servidumbre de paso) que considere públicas, esto como aporte de elementos de decisión para la SEMARNAT y de tal forma que se obligue a establecer vías de paso. Con esta consideración se evitarían situaciones como las que se viven en Puerto Vallarta y Mazatlán (Quijano-Villagomez, 2003 en Moreno-Casasola *et. al.*, 2005) no dejando de lado Cancún donde el acceso a una playa pública es un problema que ha adquirido tintes sociales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La investigación que dio origen a esta tesis me permitió conjuntar información de varias disciplinas (sociales y naturales) para tratar de comprender un problema relacionado al manejo de un recurso natural muy valioso en el estado de Quintana Roo, las playas. Con ella se identificaron aspectos relevantes sobre el patrón de deposición de residuos sólidos, su posible origen, y el marco jurídico y administrativo que es necesario reforzar entre las autoridades de los tres niveles de gobierno para eficientizar esfuerzos en las labores de manejo de playas y limpieza de playas.

Algunas de mis recomendaciones al respecto del manejo del recurso playa para atender este problema de contaminación son:

- Los resultados mostraron que siendo la zona de dunas aquella con mayor concentración de basura marina, la remoción periódica y frecuente (una vez por mes) de basura en esta zona permitiría observar playas menos contaminadas y una mejora en la imagen y salud de esta zona costera. Sin embargo, es necesario tomar previsiones impactar al mínimo la frágil zona de dunas al pisarla durante las colectas.
- Si bien existe un presupuesto designado por la federación a través del Programa de Empleo Temporal administrado por la SEMARNAT para la limpieza de costas, considero que este cumple más con un cometido social al fomentar el empleo, que como una medida para atender el problema de fondo. Es preciso enfocar el esfuerzo para una mayor eficiencia en la limpieza y proyectar los presupuestos dentro de un programa o plan a mediano y largo plazo con el fin de atraer inversión a través de acciones sustentables como son: la certificación en playas limpias, la educación ambiental, reciclado de residuos, entre otras.
- Es necesaria la certificación de las playas de Quintana Roo bajo los lineamientos de la norma NMX-AA-120-SCFI-2006 como una medida de valor agregado. Acatar la propia legislación nacional serviría de ejemplo para otros destinos de playa en México que tendrían como resultado buenas prácticas de manejo en beneficio del ambiente y la comunidad
- Es necesario dar continuidad a los planes y programas de limpieza de playas para ser congruentes con las acciones que permitan la limpieza de la ZOFEMAT. En 2010 el comité de playas limpias no aprobó ningún proyecto para el rubro mencionado de acuerdo con la información dada por la Lic. Mirna Karina Martínez directora municipal de la Dirección de Medio ambiente. La licenciada manifestó que todos los recursos serían destinados a la actualización de delimitación de predios y ocupación de la Zona Federal Marítimo Terrestre mediante un censo que se realizaría para obtener datos de los ocupantes, y de esta manera resolver problemas de recaudación fiscal que aquejan la zona de Costa Maya así como detectar irregularidades en la posesión y su uso.

- Los acuerdos entre los tres órdenes de gobierno con referencia al recurso playa deben ir más allá del plano administrativo, actualmente las responsabilidades que se le confieren al Estado y al Municipio por parte de la Federación es únicamente con respecto a la recaudación de recursos financieros. Sería deseable que se les confieran facultades también para realizar y participar en la elaboración de planes y programas conjuntos en temas de conservación de Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT).

El día internacional de limpieza de playas en la comunidad de Mahahual es una buena medida para atraer patrocinadores para coadyuvar en el financiamiento de las iniciativas de limpieza; sin embargo, es deseable la instalación de un Comité Permanente para el Monitoreo y Limpieza de las playas de Mahahual con las siguientes actividades:

- Llevar a cabo una limpieza de playas una vez al mes en ocho puntos, cuatro hacia el sur y cuatro al norte del poblado de Mahahual, cada zona de recolección deberá estar separada por lo menos por 2 Km.
- Elaborar una hoja de registro que contenga por lo menos cuatro categorías de basura marina como: vidrios, plásticos, madera y metal (en el que se tenga contemplado aluminio). Los residuos encontrados deberán ser pesados por categorías y contado el número de ítems. Se deberán incluir datos generales como la fecha, superficie limpiada, distancia al poblado de Mahahual y señalar el tiempo transcurrido desde el último arribo de un crucero o si hay alguno en el muelle de cruceros.
- Tomar fotografías del antes y después de la limpieza.
- Establecer un convenio con algún orden de gobierno para obtener recursos financieros en el desempeño de las actividades mensuales con el fin de subsanar gastos por concepto de gasolina, bolsas, guantes y agua para beber.
- Establecer contacto y solicitar participación de algunas ONG como Greenpeace para el conocimiento mundial de las labores de limpieza en otras playas del mundo y que se contemple dentro de la agenda de la organización un evento en beneficio de la

comunidad.

- Firmar de acuerdo con una empresa de reciclaje para un mejor manejo de los residuos colectados.
- Buscar un mercado o comprador fijo para las manualidades que se elaborarían con los residuos en la comunidad de Mahahual.

Algunas recomendaciones particulares por orden de gobierno son:

Para el gobierno Federal:

- Para los acuerdos suscritos por México en materia de residuos sólidos o basura marina se deberán establecer metas a corto, mediano y largo plazo así como de indicadores de éxito que sean revisados cada tres años.
- Sustituir la definición de playa contenida en la “Ley General de Bienes Nacionales” por la que se encuentra en la norma NMX-AA-120-SCFI-2006, con el objetivo de dar mayor detalle en cuanto a la definición del término y dar mayor formalidad por estar incluido en una ley y no sólo en una norma.
- Vigilar la aplicación de norma NMX-AA-120-SCFI-2006 un requisito oficial para aquellos quienes quieran promover el desarrollo de algún complejo turístico para la realización de mejores prácticas de uso costero en los destinos de sol y playa.
- Promover un convenio regional en el Caribe como lo propiciado por PNUMA para el Pacífico; retomar y actualizar las necesidades de colaboración sustentadas en el Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino en la Región del Gran Caribe.
- Promover iniciativas de investigación científica con Belice, Guatemala y Honduras (tal vez con acuerdos de cooperación y asesoría) en materia de hidrodinámica costera, particularmente al respecto de las corrientes y el oleaje. Abundar en la investigación asociada a la procedencia de algunos residuos como la enorme cantidad de zapatos, que parece obedecer a un acto de desecho deliberado y

permanente al mar de estos.

Para el gobierno Estatal y Municipal:

- Que la información de las cantidades de basura marina proporcionadas por el presente estudio y de la proporcionada por la comunidad de Mahahual de los eventos de limpieza de playas sirvan de sustento para el cierre del tiradero a cielo abierto ubicado entre las comunidades de Xcalak y Mahahual y se proceda a la inversión en un relleno sanitario ante el evidente crecimiento de la población.
- Reforzar la alcaldía de Mahahual con mayor personal, ya que el número de servidores públicos es insuficiente para atender todos los asuntos de la población, en especial en las áreas de: recolección de basura, vigilancia y ordenamiento de la ZOFEMAT y planeación ambiental de los recursos costeros con miras a desarrollar un mejor destino turístico con buenas prácticas ambientales.

BIBLIOGRAFÍA

Acurio, G., A. Rossin, P. Teixeira, F. Zepeda. 1998. 2ª ed. Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. Publicación conjunta del Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana de la Salud. Chile. 165 pp.

Allsop, M., A. Walters, D. Santillo y P. Johnston. 2007. 1ª ed. Contaminación por plásticos en los océanos del mundo. Publicación y difusión a cargo de Greenpeace, Barcelona, España, 50 pp.

Amigos de Sian Ka'an. 1996. Reporte interno. Caracterización de los arrecifes coralinos del corredor Costa Maya, Quintana Roo, México. Biocenosis, edit. A.C. y Amigos de Sian Ka'an. México. 123 pp.

Amigos de Sian Ka'an. 2003. Reporte Final. Manejo Integrado de Recursos Costeros en Mahahual. Periodo octubre 2002-septiembre 2003. Universidad de Rhode Island. México. 42 pp.

Frías A. y G. Moreno. 1988. 2ª Edición. Ingeniería de Costas. LIMUSA. México. 339 pp.

Bolaños F. 1990. 1ª edición. Impacto Biológico: Problema Ambiental Contemporáneo, Edit. Universidad Nacional Autónoma De México. México, D.F. 467 pp.

Bosch R., 2001. 2ª ed. Turismo y Medio Ambiente. Centro de Estudios Ramón Areces, Madrid, España. 246 pp.

Bravo, M., Ma. Gallardo, Nuñez, P. Thiel, M. Vásquez N. 2008. 1ª ed. Informe Primer Muestreo Nacional de Basura en las Playas Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT). Chile. 33 pp.

Capurro F., 1985. Curso 600, Documento interno. Apuntes de Oceanografía. Referencias en el curso de Oceanografía General del CINVESTAV- Mérida.

Cervantes O. y Espejel I. 2008. 1ª ed. Design of an integrated evaluation index for recreational beaches. Publicación conjunta ELSEVIER y Ocean Coastal Management. Baja California, México. 10 pp.

CIQRO. 1981. Posibilidades económicas de rocas y arcillas que afloran en el Estado de Quintana Roo. Centro de Investigaciones de Quintana Roo. Pto. Morelos, Quintana Roo. México, 48 pp.

Coello, S. 2007. 1ª ed. Basura marina en la Región del Pacífico Sudeste: una Revisión del Problema. Edit. Comisión permanente del Pacífico Sur (CPPS), Guayaquil, Ecuador. 33 pp.

Comisión Colombiana del Océano. 2008. 1ª ed. Efectos adversos generados por la basura marina y conformación del grupo de trabajo para reducir su ingreso al medio marino de la bahía de San Andrés de Tumaco. Informe Final. Bogotá, Colombia. 46 pp.

Cortinas, C. 1999. 1ª ed, Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos SEMARNAT. México, D.F. 200 pp.

Suárez E. y E. Rivera, 1998. 1ª ed. Zooplancton e Hidrodinámica en Zonas Litorales y Arrecifales de Quintana Roo. México. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) y EPOMEX. México. 31 pp.

Flores, J. y I. Espejel. 1994. Etnoflora Yucatanense. Tipos de vegetación de la Península de Yucatán. Pp. 103-125. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yuc., México, 135 pp.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Inst. Geog., Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 183 pp.

Gobierno del Estado de Quintana Roo. 1991. Plan de ordenamiento ecológico urbano y turístico: Región sur (Bacalar- Xcalak). Grupo SYSPLAN S.A. de C. V. y Centro de Investigaciones de Quintana Roo. Chetumal, Q. Roo, México, 153 pp.

González J., 1996. Comparación del Ictioplancton en Tres Hábitats Arrecifales Frente a Punta Allen, Q. Roo. UAM Xochimilco. México. 50 pp.

Henry J. y G. Heinke. 1999. 2ª ed. Ingeniería Ambiental (versión en español). Prentice Hall. México. 800 pp.

INEGI. 1984. Carta geológica. Bahía Ascensión. E16-2-5 Esc. 1: 250,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

INEGI, 1985. Carta de Climas Bahía de la Ascensión E16-2-5 Esc. 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

INEGI, 1985. Carta Edafológica. Bahía Ascensión E16-2-5 Esc. 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

INEGI, 1985. Carta hidrológica de aguas superficiales. Bahía Ascensión E16-2-5 Esc. 1: 250,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

Jordán, D. 1993. Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe Mexicano. Parte I. El sistema continental. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México y Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal, Q. Roo, México, 110 pp.

Merino, M. y L. Otero, 1991. Atlas Ambiental Costero. Puerto Morelos, Quintana Roo. CIQRO/ICMyL-UNAM. México. 80 pp.

Moreno P., E. Pérez, A. Travieso. 2005. Marco Jurídico, Administrativo e Institucional pp. 481-645 en Estrategia para el Manejo Costero Integral, El Enfoque Municipal. Instituto de Ecología, A.C./Gobierno del Estado de Veracruz. México. 895 pp.

Navarrete J., 2006. Trayectoria de Tarjetas de Deriva Liberadas en Banco Chinchorro, Quintana Roo. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). México. 6 pp.

Sánchez, S., E. Cabrera, S. Torres, P. Herrera, L. Serralta y C. Salazar. 1991. Vegetación. pp 31-48. En T. Camarena-Luhrs, y S.I. Salazar-Vallejo. (Eds.). Estudios Ecológicos Preliminares de la Zona Sur de Quintana Roo. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal, Q. Roo. México, 231 pp.

Abraira V., A. Pérez. 1996. Métodos Multivariantes en Bioestadística. Ed. Centro de Estudios Ramón Areces. Madrid, España. 480 pp.

Woodroffe C., 2003. Coasts: form, process and evolution. Cambridge University Press. Australia. 623 pp.

Wright, A. 1967. Informe final. El Reconocimiento de los Suelos en la Península de Yucatán, México., FAO. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México.

Palacios F., García E. 2006. Contaminación por Residuos Sólidos en el Polo Turístico Tarará. AIDIS, La Habana, Cuba. 9 pp.

Polo J., J. Rodríguez, y A. Sarmiento. 2008. "Potencial de generación de energía a lo largo de la costa colombiana mediante el uso de corrientes inducidas por mareas." *Revista de Ingeniería* 28: 99 -110.

SITIOS WEB

Gyory J., J. Mariano, H. Ryan. "The Caribbean Current." Ocean Surface Currents.

Fecha de consulta: 22 de marzo de 2010

<http://oceancurrents.rsmas.miami.edu/caribbean/caribbean.html>.

Hernández E., 2005. Criterios para evaluar la aptitud recreativa de las playas en México: una propuesta metodológica. Instituto Nacional de Ecología (INE). Fecha de consulta: 12 de febrero de 2009.

<http://www.ine.gob.mx/ueajeipublicaciones/gacetitas/399/criterios.html>.mht

Sheavly S.B. 2005. Sixth Meeting of the UN Open-ended Informal Consultative Processes on Oceans & the Law of the Sea. Marine debris – an overview of a critical issue for our oceans.

Fecha de consulta: 16 de enero de 2010

http://www.un.org/Depts/los/consultative_process/consultative_process.htm

CONVENIO SOBRE LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL MAR POR VERTIMIENTO DE DESECHOS Y OTRAS MATERIAS.

Fecha de consulta: 15 de enero de 2010

Disponible en:

<http://proteo2.sre.gob.mx/tratados/archivos/VERTIMIENTO%20DE%20DESECHOS.pdf>

CONFERENCIA PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIO MARINO FRENTE A LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN TIERRA.

Fecha de consulta: 15 de enero de 2010

Disponible en: <http://www.chem.unep.ch/pops/indxhtmls/manwashes.html>

CONFERENCIA SOBRE OCEANOS, COSTAS E ISLAS.

Fecha de consulta: 18 DE ENERO DE 2010

<http://www.globaloceans.org/content/conference-themes>

<http://portal.unesco.org/es/ev.php>

LEYES Y REGLAMENTOS CONSULTADOS

LEY FEDERAL DE DERECHOS

Fecha de consulta: 10 de marzo de 2011

Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/107.pdf>

LEY GENERAL DE BIENES NACIONALES

Fecha de consulta: 09 de marzo de 2011

Disponible en <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgbn.htm>

LEY ORGÁNICA DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA FEDERAL

Fecha de consulta: 10 de marzo de 2011

Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/153.pdf>

REGLAMENTO INTERIOR DE LA SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y
RECURSOS NATURALES

Fecha de consulta: 10 de marzo de 2011

http://www.ine.gob.mx/descargas/reg_semarnat.pdf

REGLAMENTO PARA EL USO Y APROVECHAMIENTO DEL MAR TERRITORIAL,
VÍAS NAVEGABLES, PLAYAS, ZONA FEDERAL MARÍTIMO TERRESTRE Y
TERRENOS GANADOS AL MAR (RUAMAT)

Fecha de consulta: 09 de marzo de 2011

Disponible en:

http://www.tribunalesagrarios.gob.mx/images/stories/LegislacionAgraria/Reglamentos-pdfs/R52_reglamento_uso_marterritorial.pdf

REGLAMENTO PARA PREVENIR Y CONTROLAR LA CONTAMINACION DEL
MAR POR VERTIMIENTO DE DESECHOS Y OTRAS MATERIAS.

Fecha de consulta: 10 de marzo de 2011

Disponible en:

http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Reglamentos%20del%20sector/REGLA_CON TAM_MAR.pdf

NORMA NMX-AA-120-SCFI-2006. QUE ESTABLECE LOS REQUISITOS Y
ESPECIFICACIONES DE SUSTENTABILIDAD DE CALIDAD DE PLAYAS.

Fecha de consulta: 09 de marzo de 2011

Disponible en:

<http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/normas/Normas%20Mexicanas%20Vigentes/nmx-aa-120-scfi-2006.pdf>

ANEXO 1

Tabla de equivalencias de peso/ # unidades de residuos estimadas en campo durante el muestreo de abril 2009. Condiciones: residuos sin arena y agua.

Plásticos		Zapatos	Vidrio	Madera
Peso	Número de items	Número de items	Número de items	Número de items
.250 Kg	7	2	1	0.02
.500 Kg	11	4	3	0.08
.750 Kg	14	6	5	0.1
1 kg	16	8	6	0.5

ANEXO 2

FORMATO DE REGISTRO DE DATOS UTILIZADA DURANTE EL PERIODO DE MUESTREO.

INFORMACION DEL SITIO DE LIMPIEZA				
Fecha	Nombre	Sitio	Zona	clima (por favor describe como se encuentra el clima el día de hoy, despejado, nublado, con mucho viento, lluvioso, etc.)
		Río Indio ()	Duna (D)	
		Puerto Angel ()	Supraplaya (S)	
		Marisol ()	Mesoplaya (M)	
Nota: marca con una x el sitio que corresponda a la colecta, los datos que se anoten serán en Kg.				
Material	D1	D2	D3	Observaciones
Plástico				
Metal				
Cabullería				
Madera				
Vidrio				
Zapatos				
Material	S1	S2	S3	Observaciones
Plástico				
Metal				
Cabullería				
Madera				
Vidrio				
Zapatos				
Material	M1	M2	M3	Observaciones
Plástico				
Metal				
Cabullería				
Madera				
Vidrio				
Zapatos				
Total por transecto				
Animales enredados: muertos () o vivos () enumera todos los animales enredados que se encontraron durante la limpieza. Menciona en qué estaban enredados (línea de pescar, sogas, redes, etc.)				

ANEXO 3

Notificación de entrega vía electrónica del acta no. 37 que contiene información financiera de los proyectos aprobados por el comité de ZOFEMAT en el Municipio de Othón P. Blanco.

CEDULA DE NOTIFICACIÓN

En la Ciudad de Chetumal, Capital del Estado libre y Soberano de Quintana Roo, a los veinticuatro días del mes de noviembre de dos mil nueve, siendo las quince horas, el suscrito C. Jorge Carlos Aguilar Rodríguez, Titular de la Unidad de Vinculación para la Transparencia y Acceso a la Información Pública del Municipio Othón P. Blanco certifico que envío a través del correo electrónico rodolfo_alain@hotmail.com, mismo que fue señalado por el **C. RODOLFO ALAIN CANUL KU**, con la finalidad de notificarle la resolución de fecha veinticuatro de noviembre del dos mil nueve, misma que se transcribe a continuación. “- - - **PRIMERO.**- En términos del considerando segundo de la presente resolución, se decreta y clasifica como información pública, aquella referente a: “Nombre del documento: acta 37 del comité de zona federal marítimo terrestre (ZOFEMAT) que contiene nombre y número de los proyectos aprobados por dicho comité, a su vez contiene información financiera (monto económico) asignado para cada uno”.- - - - **SEGUNDO:** De acuerdo al considerando tercero de la presente resolución, resulta PROCEDENTE hacer entrega al **C. RODOLFO ALAIN CANUL KU**, la información que solicito con folio 187/2009 de fecha dieciocho de noviembre del dos mil nueve, relativa a: “Nombre del documento: acta 37 del comité de zona federal marítimo terrestre (ZOFEMAT) que contiene nombre y número de los proyectos aprobados por dicho comité, a su vez contiene información financiera (monto económico) asignado para cada uno”. - - - - **TERCERO:** En términos del considerando cuarto de la presente resolución procédase a hacer del conocimiento del **C. RODOLFO ALAIN CANUL KU**, la información que solicitó a través de correo electrónico. - - - - **CUARTO.**- Notifíquese la presente resolución al **C. RODOLFO ALAIN CANUL KU**. - **QUINTO.**- En términos del considerando quinto de ésta resolución, hágasele saber al **C. RODOLFO ALAIN CANUL KU**, del derecho y terminó con que cuenta para inconformarse con la presente resolución ante el Instituto de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Quintana Roo.- - - -**SEXTO.**- En su oportunidad archívese el presente asunto como totalmente concluido.- Así resolvió el C. Jorge Carlos Aguilar Rodríguez, titular de la Unidad de Vinculación para la Transparencia y Acceso a la Información Pública Municipal. En virtud de lo anterior se procede a notificar la presente resolución a quien dijo llamarse **RODOLFO ALAIN CANUL KU**, misma persona que nos proporciono el correo electrónico rodolfo_alain@hotmail.com quedando debidamente enterado (a) y notificado (a) de la resolución antes mencionada. Siendo todo lo actuado en la presente diligencia, se da por concluida para los efectos legales a que haya lugar, firmando al calce y margen los que en ella intervinieron.-