

**Estudio del ecosistema de manglar
(*Rhizophora mangle*) a partir de los cambios
de uso de suelo en Utila, Honduras**

Lourdes Delta Arrueta Antequera

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2008

ZAMORANO
CARRERA DE DESARROLLO SOCIOECONÓMICO Y AMBIENTE

**Estudio del ecosistema de manglar
(*Rhizophora mangle*) a partir de los cambios
de uso de suelo en Utila, Honduras**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

Lourdes Delta Arrueta Antequera

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2008

Estudio del ecosistema de manglar (*Rhizophora mangle*) a partir de los cambios de uso de suelo en Utila, Honduras

Presentado por:

Lourdes Delta Arrueta Antequera

Aprobado:

María Helena Botero, M.Sc.
Asesora Principal

Arie Sanders, M.Sc.
Director
Carrera Desarrollo
Socioeconómico y Ambiente

Steve Box, Ph.D.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

RESUMEN

Arrueta, L. 2008. Estudio del ecosistema de manglar (*Rhizophora mangle*) a partir de los cambios de uso de suelo en Utila, Honduras. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 49p.

El presente estudio tiene como objeto analizar el impacto del cambio de uso de suelo en el ecosistema de manglar de Utila, que constituyen el 30% de su superficie. Por lo cual se hizo un análisis comparativo entre una zona con efecto antrópico (East Harbour) y un área protegida (Turtle Harbour) de Utila.

El estudio del manglar se basó en la metodología CARICOMP. Se analizaron a su vez los posibles factores que influyen cómo la expansión urbana, en el cual se calculó el incremento en infraestructura y la generación de desechos sólidos y la contaminación de las aguas y sedimentos costeros, todo esto dentro del plano de la legislación de ordenamiento territorial para Honduras.

Dentro del análisis de expansión urbana, se encontró un incremento en infraestructura de 367% durante el periodo 1990-2005 y la generación de 789 t/año de desechos sólidos. En términos de calidad de agua, el análisis comparativo entre el estudio de calidad de aguas para Utila y las normas establecidas por Puerto Rico y Panamá mostraron que en East H existe una alta concentración de coliformes fecales (3990 *E. Coli*/100 ml) en época lluviosa, menor concentración de CaCO₃ que Turtle H y contaminación por metales pesados como el Pb y Zn e hidrocarburos poliaromáticos (HPA).

Todas estas circunstancias afectan el desarrollo de los manglares, ya que en East H. la altura de los troncos y la altura total son menores que en Turtle H. Sin embargo, la altura de las raíces que por posibles fenómenos de anoxia son de mayor altura en East H. Con relación al diámetro de los manglares la diferencia no fue estadísticamente significativa. El área foliar, la longitud de las hojas y el número de hojas son menores en East H. Los manglares son de la misma edad en ambos sitios, pero en East H. existe un mayor deterioro en términos de salud de los manglares. Los individuos en Turtle H. tienen una mayor biomasa, por lo cual posiblemente existe una mayor competitividad por los recursos encontrándose una menor densidad en el área protegida.

A pesar del impacto que el cambio de uso de suelo podría estar generando al ecosistema de manglar, no existen legislaciones acordes con el desarrollo sostenible de la zona, ya que el plan estratégico de desarrollo municipal, base para un plan de ordenamiento territorial, dentro de su programa para los recursos naturales sólo considera un proyecto de educación ambiental.

Palabras claves. Agua costera, contaminación, desechos sólidos, expansión urbana, mangle, ordenamiento territorial.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	8
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
5. CONCLUSIONES.....	37
6. RECOMENDACIONES	38
7. BIBLIOGRAFÍA.....	39
8. ANEXOS.....	42

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Datos de los manglares en Turtle Harbour y East Harbour, Utila.....	20
2. Análisis estadístico de la variable “estimación de la edad del mangle”.....	26
3. Análisis estadístico de la variable “estimación de la salud del mangle”.....	27
4. Crecimiento en infraestructura en Utila (1990-2005)	29
5. Cantidad de desechos sólidos (t/año) generados en Utila	30
6. Contaminación por metales pesados (mg/kg) en las aguas costeras de Utila.....	32
Figura	Página
1. Establecimiento de parcelas	14
2. Medición de diámetro y altura en <i>Rhizophora mangle</i>	15
3. Altura total.....	21
4. Altura del tronco.....	22
5. Altura de raíces.....	22
6. Diámetro del tronco.....	23
7. Número de hojas.....	24
8. Longitud de hojas	24
9. Estimación de la edad del mangle	25
10. Estimación de la salud del mangle	26
11. Área foliar.....	29

Anexo	Página
1. Zonificación de Utila.....	43
2. Utila-Zona 2.....	44
3. Ubicación de East Harbour y Turtle Harbour-Utila	45
4. Puntos de muestreo en East Harbour y Turtle Harbour.....	46
5. Normas de calidad de aguas marinas y costeras de Panamá	47
6. Estándares de calidad de agua costera establecidos por Puerto Rico	48
7. Análisis de calidad de agua costera en la isla de Utila.....	49

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Los bosques de mangle son ecosistemas que se encuentran en la interface entre mundos marítimos y terrestres, proporcionando grandes ventajas a ambos sitios. Están adaptados especialmente a suelos salinos y condiciones acuosas, se distribuyen geográficamente en la franja tropical y subtropical aledañas al litoral, principalmente en desembocaduras de ríos, lagunas, esteros, terrenos con relieve plano y fangoso. Periódicamente y parcialmente inundado por aguas relativamente tranquilas en estuarios e islas en donde no se diferencia la pleamar y la bajamar (Bingham & Kathiresan, 2001). El bosque puede adaptarse a condiciones de diferente salinidad con agua muy dulce hasta agua hipersalina, por lo que se denominan plantas halófitas, ya que pueden soportar la combinación de ambos (Mastaller, 1997 citado por Lee, 2003).

En la actualidad los bosques de mangle cubren 181,000 km² distribuidos en más de 100 países (López, 2001). De acuerdo con Aizpuru *et al.* (2000, citado por FAO, 2007), la extensión del manglar cubre 17,075 millones de hectáreas a nivel mundial (112 países), de los cuales Asia cuenta con la mayor superficie (5.8 millones ha), seguida por África (3.16 millones ha) y Centro y Norte América (2.26 millones ha). A nivel de la región Centro, Norte Americana y del Caribe el reporte de FAO (2007), cita que México es el país con mayor extensión de manglar (820,000 ha) seguida por Panamá y Belice (170,000 ha y 76,000 ha, respectivamente). Cabe mencionar que Honduras ocupa el séptimo lugar en la región con una extensión total de 67,200 ha de manglar.

Según Vatskalis (2002), el manglar es considerado uno de los ecosistemas más importantes en los trópicos y sub-trópicos, ya que cumple funciones esenciales, como ser: la protección de las costas contra el daño de tormentas, huracanes, vientos y olas; prevenir la erosión al estabilizar los sedimentos con su sistema radicular; mantener la calidad del agua, filtrando los contaminantes y estabilizando sedimentos y proveer un lugar para el desarrollo de post-larvas y juveniles de muchas especies de vida acuática. Acorde a Mumby (2006), tales características hacen de los manglares fundamentales para el desarrollo de otros ecosistemas, cómo los pastos marinos y el arrecife de coral, ya que los manglares no son ecosistemas que funcionan aisladamente de los demás, sino que ellos también están vinculados a muchos sistemas que los rodean, existiendo entre los tres una fuerte interconexión, conformando así los ecosistemas más ricos y diversos en el mundo.

Un estudio reciente en el Caribe determinó que los manglares actúan como un hábitat de albergue para larvas y peces juveniles. Teniendo un notable impacto (la biomasa de muchas especies es más del doble cuando los arrecifes están conectados a los recursos de

manglar) sobre la estructura de la comunidad y la biomasa de los peces adultos de arrecife, y los hábitats de arrecife de coral (Mumby *et al.* 2003).

Utila es la tercera isla más grande de Honduras que está conformada por dos terceras partes de llanura, ocupadas por humedales, donde dominan pantanos y manglares. Estos humedales son particularmente interesantes por su organización en mosaico muy diversificada y asociaciones vegetales originales. (Bak & Claude, 2002). Con excepción de su parte oriental, volcánica, y de una franja estrecha arenosa o rocosa, en la isla de Utila (4,219.7 ha) los manglares *sensu stricto* representan alrededor de 1,566 ha por un total de 2990 ha de pantanos marítimos. (Legibre, 2001).

Además de todos los beneficios que los manglares brindan a las zonas costeras, en Utila en específico, representa un factor de disminución de vulnerabilidad frente a fenómenos climáticos que cada año se suscitan en la región, como lo son los huracanes y tormentas tropicales, ya que el mismo actúa como una barrera protectora frente a estos hechos. Es necesario, también indicar que es de suma importancia la conservación de zonas de manglar en Utila, por el hecho de la existencia de especies endémicas, tales como, reptiles como la iguana de Utila *Ctenosaurus bakeri*, pájaros como la chachalaca *Ortalis vetula*, y posiblemente también peces.

A pesar de la vasta importancia de este ecosistema, el bosque de manglar es uno de los más amenazados en el mundo (Valiela *et al.* 2001 citado por EJV¹, 2006). Acorde al estudio de FAO (2007), sobre la superficie de manglar del año 1985 en contraste con el año 2005, muestra que durante los últimos 25 años se han perdido mundialmente 3.6 millones de hectáreas, correspondiendo al 20% del total de áreas de manglar en 1980. Asia ha sufrido la mayor pérdida neta a nivel global, más de 1.9 millones de hectáreas, y en segundo lugar, se encuentra Centro y Norte América con un decrecimiento en la cobertura del manglar de 690,000 ha. En términos absolutos en la región Centro y Norte Americana las más grandes pérdidas se han dado en México, Honduras, Panamá y Las Bahamas. En Honduras se perdieron 85,300 ha de manglar (56%), pasando de una superficie total de 152,500 ha en 1980 a tan sólo 67,200 ha el año 2005.

Las mayores causas de deforestación y pérdida a través del tiempo de los bosques de manglares es la competición existente por la tierra, crecimiento urbano, turismo, agricultura o construcción de fincas de camarón. Específicamente, la principal causa de degradación de manglares en las islas del Caribe es el insostenible desarrollo de las industria turística y sus consecuencias, sobre la cual, en muchos casos su economía es dependiente de este factor (FAO, 2007).

El estudio del World Resources Institute citado por AAAS² (2000), encontró una fuerte correlación entre la pérdida de manglar y el crecimiento de las ciudades y puertos, y una relación moderada con la densidad de población. El desarrollo del turismo fue catalogado como la mayor amenaza para los ecosistemas costeros del Caribe.

¹ Environmental Justice Foundation.

² American Association for the Advancement of Science.

Un reporte de FAO (2007), concluye que el crecimiento urbano en zonas costeras se está logrando a costa de la destrucción de manglares y que la alta presión de la población sobre este hábitat está permitiendo una consecuente conversión de manglares a otros usos de manera alarmante durante las últimas décadas (1980-2005) y según Valiela (2001), la explotación de manglares por procesos humanos amenaza con destruir los mismos más allá de su capacidad de restauración. Además, muchos gobiernos con el objeto de garantizar la seguridad alimentaria, el crecimiento de su economía y la mejora en los estándares de vida, fomentan el desarrollo de la agricultura, turismo y producción camaronera en áreas donde aún persisten los hábitats de manglar (FAO, 2007).

Frente a las anteriores reflexiones, cuando nos referimos a Utila podemos suponer que sus humedales en general parecen poco afectados por los hombres. Uno de los rasgos más significativos de esta baja acción es la originalidad de los paisajes vegetales (Legibre, 2000). Sin embargo, los manglares que se encuentran alrededor de la ciudad de Utila sí han sufrido un impacto, por el crecimiento del turismo que está originando principalmente la expansión urbana que se presenta en la isla. Debido a una migración creciente y en consecuencia el desarrollo de infraestructura de servicios públicos y privados, una mayor contaminación en las aguas y en los suelos por efecto de la disposición final de desechos y de excretas y mayor presión sobre los recursos naturales.

1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ISLA DE UTILA

Utila, una de las tres islas de la Bahía en Honduras tiene una extensión de 4,220 ha. Está localizada geográficamente en las coordenadas de 16° 5' 56'' Latitud Norte y 86° 53' 40'' Longitud Oeste, a 30 km de La Ceiba. Tiene una longitud de 13 km y un ancho de 2 a 4 km. Su topografía es plana y pantanosa, con una elevación promedio de 10 m.s.n.m (BID, 2001).

De acuerdo con Grelot & Valade (2002), en Utila existen tres zonas homogéneas clasificadas con base en la concentración humana y el contraste entre los medios naturales: Los Cayitos y el sistema arrecifal al Suroeste (Zona 1), sector este de la isla y Utila Town (Zona 2) y el conjunto del humedal central con las bandas Norte y Sur (Zona 3) (Anexo 1).

1.3. MANGLARES EN UTILA

Acorde al Bak & Claude (2002), la isla de Utila tiene dos terceras partes ocupadas por humedales, donde dominan pantanos y manglares. Legibre (2001), menciona que los humedales tienen una extensión de 2,990 ha y en éstos se albergan manglares con una extensión de 1,566 ha. Las especies de manglares que existen en la isla según Bak & Claude (2002) son: mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y botoncillo (*Conocarpus erectus*).

Estos humedales son interesantes por su organización particular en mosaica muy diversificada, conformando asociaciones vegetales originales. Además se caracterizan por

albergar una diversidad muy alta, ya que existen especies endémicas, cómo la iguana de Utila (*Ctenosaurus bakeri*), pájaros como la chachalaca (*Ortalis vetula*) y es el albergue de muchas especies de peces. Estos sitios también constituyen un lugar de desove para tortugas marinas (Bak & Claude, 2002).

1.4. ASPECTOS FÍSICOS DE UTILA

Los datos físicos de la isla de Utila, se obtuvieron de Plan de Manejo del Parque Nacional Turtle Harbour en Utila realizado por Bak & Claude (2002), para el Programa de Manejo Ambiental de las Islas de la Bahía (PMAIB). Con relación a los suelos, éstos son profundos, homogéneos, arcillosos con pH ligeramente ácido, con una buena fertilidad natural, planos con más del 50% formado por suelos anegados pantanosos que dan lugar a bosques de manglar.

En cuanto al clima Utila está influenciado por los vientos alisios del Este y en la trayectoria de los frentes fríos durante el invierno del hemisferio Norte. Ondas tropicales se desplazan, cruzando de este a oeste entre los meses de mayo y octubre. Por su relieve más alto y forma, Utila recibe menos precipitación que Roatán y Guanaja. La precipitación promedio es 2500 mm. Temperatura media anual de 27 °C y la humedad relativa media de 80%. Los meses más lluviosos son noviembre y diciembre y los menos lluviosos son abril y mayo. Las precipitaciones y temperaturas siguen las mismas tendencias Bak & Claude (2002).

1.5. CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA

Desde 1960 el turismo se visualiza como un segmento económico de poder. En 1965 las Islas de la Bahía fueron seleccionadas como una de las áreas de mayor desarrollo turístico en Honduras. En un período de 30 años el crecimiento en infraestructuras hoteleras fue del 82% (Flores, 2001). Acorde a BID (2001), a raíz de esto en las últimas décadas se está dando un cambio del uso de suelo por la disminución de la pesca debido a la escasez de este recurso y por otra parte la expansión urbana que está existiendo debido a la creciente migración en la zona.

Proyecciones de 1986 para 1996 muestran que el crecimiento poblacional ha sido más de lo previsto en las Islas de la Bahía (Flores, 2001). El crecimiento real en Utila se dio en los últimos 10 a 15 años según el estimado de población del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) realizado en 1992 (Flores, 2001). De acuerdo con Flores (2001), cabe señalar que este crecimiento no es producto solamente del crecimiento vegetativo de la población o de un incremento en la tasa de natalidad, sino también de procesos migratorios tanto de personas extranjeras como de personas del interior de Honduras.

De acuerdo con Grelot & Valade (2002), en Utila, el 95 % de su población se concentra al este de la isla en la Zona 2 (Anexo 2). El cambio de uso de suelo está impactando el ecosistema de manglar, los cuales brindan grandes beneficios biológicos, sociales y

económicos a la zona, ya que mediante la interconectividad con el arrecife de coral que soporta el 90% de la economía de la isla (s.a, 2007).

Las causas que podrían deteriorar el ecosistema de manglar en Utila son:

- Tasa de crecimiento poblacional ínter censal (1988 – 2001) de 3.8%, estando ésta por encima de la tasa nacional de crecimiento que es del 2.8%. (BID, 2001).
- El arribo de aproximadamente 35,000 y 40,000 turistas a Utila por año (Grelot & Valade, 2002).
- Desarrollo rápido de barrios periféricos sin control, poco adecuados y condiciones deplorables (Grelot & Valade, 2002).
- Contaminación doméstica de 1979 habitantes para el 2001 según el Censo 2001 porque no se cuenta con sistema de alcantarillado, ni sistema de tratamiento de aguas residuales (Plan Estratégico de Desarrollo Municipal de Utila (PEDM), 2005).
- Vertidos de 24 hoteles, de los cuales el 15% no posee fosa séptica y los que lo poseen están en malas condiciones (Grelot & Valade, 2002).
- Ineficiente recolección de desechos sólidos y la existencia de botaderos de basura cercanos a los ecosistemas de manglar (Grelot & Valade, 2002).
- Tala del ecosistema con objeto de usar la madera en construcción ó secar los espacios para poder construir sobre él (Legibre, 2000).
- Deterioro de cuencas que contribuyen con una lixiviación y escorrentía de los contaminantes al mar por la construcción del aeropuerto (Lafforgue *et al.* 2000) que de acuerdo con Grelot & Valade (2002) fue construido sin un estudio de impacto ambiental.
- Según Lafforgue *et al.* (2000) existe una contaminación producida por los barcos cargueros que llegan al muelle principal y el barco Galaxy (barco de transporte de pasajeros de viaje de la Ceiba a Utila dos veces por día).
- Contaminación producida por la central eléctrica y sus tanques de hidrocarburos (Lafforgue *et al.* 2000).
- Contaminación generada por la gasolinera (Lafforgue *et al.* 2000).

Sí continuamos con la destrucción de este ecosistema tan preciado perderemos no sólo los recursos genéticos del mangle, sino también toda la biodiversidad que en él se alberga, lo cual en muchos casos es irreversible y lo más importante, las oportunidades que como recurso con un uso sostenible puede brindar a la isla de Utila.

Además, la pérdida de los manglares rompería los ciclos de interrelación entre hábitats y especies; al dañarlos, estamos afectando todo el sistema lo que incluye la calidad de agua, el reciclaje de oxígeno y carbono, el aumento de plagas producto de la pérdida de la variabilidad genética, organismos esenciales que ayudan a mantener la fertilidad de los suelos, investigaciones científicas, actividades económicas y vulnerabilidad a fenómenos naturales. Por lo cual salvaguardar la riqueza genética es un compromiso de la humanidad en general.

En la actualidad existen muy pocos estudios enfocados en la caracterización estructural de los manglares, ya que la mayor parte de los estudios están concentrados en el cambio en la cobertura vegetal dado que existen diferentes dificultades para estudiar este ecosistema

desde su interior. Por lo anterior, para garantizar la sostenibilidad de los recursos de la isla de Utila es necesario evaluar los manglares desde el punto de vista de su estructura con base en el uso de suelo para brindar datos científicos con mayor exactitud que permitan al gobierno de Honduras, a la Municipalidad de Utila y a las instituciones científicas hacer un análisis de la situación actual de Utila y exigir evaluaciones de impacto ambiental a todos los proyectos en curso o futuros, así como un monitoreo continuo, para garantizar un crecimiento urbano sostenible y la existencia de políticas y normas acordes con el funcionamiento y la conservación del recurso natural de la zona.

1.6. LÍMITES DEL ESTUDIO

El estudio se limita a la Zona 2 y en la Zona 3 de Utila. La Zona 2 se encuentra al este de la isla y en ella habita el 95% de toda la población de la isla. Al este de esta zona se encuentra East Harbour, un lugar en el que se asienta un ecosistema de manglares. Este humedal es afectado por los procesos de urbanización y sus consecuencias.

La Zona 3 constituye las dos terceras partes de la isla, se trata de un gran humedal con una originalidad y biodiversidad única en la región. En este lugar se encuentra Turtle Harbour, un Refugio de Vida Silvestre, declarado en 1992. El estudio, por razones de tiempo y acceso se desarrolló en East Harbour y Turtle Harbour (Anexo 3).

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. Objetivo general

Realizar un estudio del ecosistema de manglar (*Rhizophora mangle*) a partir de los cambios de uso de suelo ocurridos en la isla de Utila-Honduras.

1.7.2. Objetivos específicos

- Realizar una caracterización físico-estructural de *Rhizophora mangle* en East Harbour, una zona de crecimiento urbano en Utila, durante el periodo de enero-abril de 2008.
- Realizar una caracterización físico-estructural de *Rhizophora mangle* en Turtle Harbour, un área protegida de Utila, durante el periodo de enero-abril de 2008.
- Comparar y analizar los dos hábitats de manglar, tanto en East Harbour y Turtle Harbour, Utila, durante el periodo de enero-abril de 2008 para poder determinar el efecto de los diversos usos de suelo en el ecosistema.
- Analizar la expansión urbana y la calidad de agua costera en Utila, factores que podrían influir en el ecosistema de manglar.

1.8. JUSTIFICACIÓN

Dada la importancia que revisten los ecosistemas de manglar y con objeto de dar un panorama general sobre el efecto del uso de suelo en los manglares desde el punto de vista físico-estructural es necesario la realización de este estudio con la intención de motivar a autoridades locales, gubernamentales e institucionales en la adopción de criterios de manejo costero integrado, como marco general para que, conjuntamente con los procesos de planeación, logren desarrollar soluciones pertinentes a las problemáticas que se vienen suscitado, en cuanto al acelerado crecimiento urbano y la presión que el mismo ejerce sobre los recursos naturales en Utila.

La ausencia de planeación del territorio de la isla de Utila refleja la urgencia en el desarrollo de programas de ordenamiento territorial, los cuales sigan estrategias pertinentes e integrales a través de la participación de actores claves que generen una conciliación y garanticen un equilibrio entre los procesos que les permita avanzar hacia un desarrollo sustentable en la región.

Sin embargo para lograr lo anterior, es imprescindible generar información de base que ayude a determinar y analizar desde un punto de vista científico el efecto antrópico con respecto al cambio en el uso de suelo que se suscitan en los manglares en Utila y el significado que implicaría la pérdida de este ecosistema en caso de continuar su perturbación.

Al mismo tiempo, un estudio sobre los manglares contribuirá a un mejor entendimiento sobre el arrecife de coral por la interconectividad entre ambos ecosistemas. Los cuales son el soporte del turismo de buceo, en el cual se basa el 90% de la economía de la isla (s.a, 2007).

El estudio será de gran aporte para instituciones científicas, Municipio de Utila y el gobierno de Honduras, los cuales basados en datos empíricos puedan establecer conjuntamente políticas de manejo y conservación acordes con el ámbito social, ambiental y económico de la zona, a su vez servirá de apoyo para las comunidades locales e industrias porque estos recursos son claves para el sustento de las poblaciones humanas de la región y el crecimiento urbano sostenible de Utila.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MANGLARES

2.1.1. Distribución y extensión de los manglares

Como lo señala el World Mangrove Atlas citado por Villalba (2008), los manglares están ampliamente confinados a la región comprendida entre los 30° Norte y Sur del Ecuador, al norte en Bermuda (32° 20' N) y Japón (31° 59' N) y hacia el sur en Australia (38° 45' S), Nueva Zelanda (38° 03' S). El área total de manglares en el mundo es de 181,077 km² distribuidos así: Sur y Sureste de Asia 75,173 km² (41.5%), América 49,096 km² (27.1%). Oeste de África 27,995 km² (15.5%), Australasia 18,879 km² (10.4%) y Este de África y el Medio Este 10,024 km² (5.5%). (Ibid 2008, citado por Villalba, 2008)

McKee (2002) muestra que existen dos centros de diversidad del manglar: el grupo del Este que está constituido por Australia, Sudeste de Asia, India, Este de África y el Oeste del Pacífico donde el total de número de especies es aproximadamente 40 y el grupo del Oeste que está constituido por el Oeste de África, el Caribe, Florida, el Atlántico Sur de América y el Pacífico Norte y Sur de América donde son sólo 8 especies.

Según Mendelssohn & McKee (2000, citado por McKee, 2002), la zonificación que se exhiben en la composición florística de las comunidades de manglar varía substancialmente según la región geográfica. Por ejemplo, las comunidades de Florida y el Caribe muestran que el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) ocupa la zona aladaña a las costas seguida por el mangle negro (*A. germinans*) y el mangle blanco (*L. racemosa*), en cambio en el noreste de Australia, el cual es más complejo por el gran número de especies presentes, se encuentra *Avicennia spp.* en conexión con la zona costera seguida por *Rhizophora spp.*

2.1.2. Características del ecosistema de manglar

Según Prahl (1990, citado por Villalba, 2008), las características que determinan a los manglares son: una marcada tolerancia al agua salada y salobre, diferentes adaptaciones para ocupar estratos inestables, adaptaciones para intercambiar gases en sustratos anaeróbicos y embriones capaces de flotar que se dispersan transportados por el agua

Acorde a Claridge & Burnett (1993, citados por Lee, 2003), la adaptabilidad al agua salada es un mecanismo de ultra-filtración en el que se excluye alguna porción de sal cuando se absorbe el agua a través de las raíces, otra parte se concentra en el interior del tejido de la planta, variando las cantidades acumuladas según cada especie. Con respecto

al desarrollo en suelos inestables, las raíces en forma de zancos que posee el mangle rojo le permite estabilizarse sobre planos lodosos (Villalba, 2008).

Para superar la falta de oxígeno (anoxia) en el suelo el mangle rojo posee en sus raíces orificios llamados lenticelas, aberturas hidrófobas permeables al aire y no al agua, los cuales se abren y se cierran de acuerdo con el nivel de inundación presente (Villalba, 2008).

Acorde a Villalba (2008) dentro del tema de reproducción es importante destacar que a diferencia de las plantas terrestres típicas, la semilla de mangle rojo antes de abandonar al árbol que la produjo, realiza sobre éste el proceso de germinación (viviparismo). Es decir que las semillas ya germinaron antes de ser despedidas y las mismas tienen la capacidad de flotar por varios meses hasta encontrar las condiciones adecuadas para su desarrollo.

2.1.3. Funciones de los manglares

Legibre (2001), distingue funciones naturales y funciones definidas por las necesidades de los hombres. Entre las funciones naturales del manglar se destacan: la fijación de sedimentos, posible protección contra la erosión o fenómenos climáticos, producción de suelo y proporción de nutrientes. Además de garantizar una diversidad específica, a través de la proporción de refugio que brinda a varias especies.

Por otra parte, las funciones definidas de los manglares según las necesidades de los hombres son: filtración de la contaminación, por medio de la absorción de dióxido de carbono, sin embargo, esto sólo ocurre en la etapa de crecimiento de los árboles. Además, este ecosistema tamiza las partículas del aire, disminuyendo de esta manera la contaminación atmosférica y la contaminación sonora, apaciguando la fuerza de los vientos y ruidos.

Mencionar también que los manglares absorben el detritus, el cual poco a poco será transformado a lo largo de varios procesos; constituye un espacio de valorización acuícola y agrícola; producción de energía, a través del uso de leña o carbón de leña del manglar; y la producción de subproductos como madera, taninos o pulpa de papel. Los manglares contribuyen a la producción de recursos alimenticios, ya que al proporcionar refugio a una variedad de especies de peces y albergar una variedad de organismos provee indirectamente alimento a las comunidades que conviven en esos lugares y además tienen un potencial para la producción de medicamentos.

Es importante mencionar que en muchas regiones los manglares proveen empleo indirectamente, constituyendo la base económica de una región. También constituyen un área de recreación y es un refugio de personas dañinas y no admitidas por los estratos sociales, este caso, es un factor en contra, ya que el ecosistema de manglar en muchos lugares tiene una accesibilidad extremadamente limitada, lo cual puede convertirse en un buen escondite para las personas mencionadas.

2.2. ORDENAMIENTO TERRITORIAL

El ordenamiento territorial se constituye en una política de Estado que incorporado a la planificación nacional, promueve la gestión integral, estratégica y eficiente de todos los recursos de la Nación, humanos, naturales y técnicos, mediante la aplicación de políticas, estrategias y planes efectivos que aseguren el desarrollo humano en forma dinámica, homogénea, equitativa en igualdad de oportunidades y sostenible, en un proceso que reafirme a la persona humana como el fin supremo de la sociedad y a la vez como su recurso más valioso (Congreso Nacional de Honduras, 2003).

Strauss (1996, citado por Steer *et al.* 1997), con relación al ordenamiento territorial dice que se requiere conocer el territorio y sus características para determinar su capacidad de carga con relación a las diferentes actividades y sus niveles de resiliencia frente a demandas concretas. Una vez conocidas esas características se requiere la definición de criterios ordenadores en el uso del territorio, tanto en el ámbito urbano como rural. Criterios que deben responder a ciertas condiciones de sustentabilidad económico-ecológicas, de equidad y a una mejoría en la calidad de vida en los asentamientos humanos.

2.2.1. Función del ordenamiento territorial en la legislación hondureña

Según el decreto No 180-2003, el Congreso Nacional de Honduras (2003), establece la Ley de ordenamiento territorial. Dado en la ciudad de Tegucigalpa, Municipio del Distrito Central el 30 de octubre del año 2003 y puesto en vigencia el 28 de noviembre del mismo año, durante la presidencia del Sr. Ricardo Maduro.

En esta ley se dicta algunos principios para el uso sostenible de los recursos naturales y su relación con los asentamientos humanos. Así también los planes e instrumentos que deben ser implementados por las municipalidades.

En el artículo 1 de la ley, se establece que el ordenamiento territorial se constituye en una política de estado que incorporado a la planificación nacional, promueve la gestión integral, estratégica y eficiente de todos los recursos de la nación, humanos, naturales y técnicos.

Así mismo, en el inciso 6 del artículo 5 menciona que uno de los fundamentos de la planificación nacional y del ordenamiento territorial es la sostenibilidad del desarrollo, equilibrando:

- El crecimiento y la dinámica económica.
- La evolución social armónica, incluyente y equitativa.
- La preservación del ambiente, buscando la transformación productiva con el uso racional y la protección de los recursos naturales, de tal forma que se garantice su mejoramiento progresivo, sin deteriorar o amenazar el bienestar de las futuras generaciones; la aplicación de los servicios ambientales se hará en forma equitativa y real como resultado de la valoración de sus costos y beneficios.

Este ordenamiento territorial, según el artículo 22, se desarrollará bajo el ámbito de tres tipos de entidades: entidades territoriales, entidades o áreas bajo régimen especial y entidades de integración.

Las municipalidades, dentro de sus facultades normativas, deben emitir regulaciones con respecto a los procesos del ordenamiento de los asentamientos poblacionales, conforme lo señala el artículo 28, tales como: normas de zonificación y de regulación de uso del suelo; normas de construcción; normas de lotificaciones y urbanizaciones y otras normas y ordenanzas necesarias para la articulación local-sectorial o propias, en relación a las competencias municipales y para facilitar las acciones de las entidades de ordenamiento territorial que se señalan en la presente ley.

Corresponde a los gobiernos municipales velar por el estricto cumplimiento por parte de los particulares y entidades públicas, de las limitaciones de derechos sobre la propiedad inmobiliaria, como resultado de normativas de ordenamiento territorial emitidas por la propia municipalidad y el gobierno central.

Los instrumentos técnicos de la planificación del ordenamiento territorial, los cuales están subordinados a su vez a directrices del ordenamiento territorial son: plan nacional de ordenamiento territorial, plan regional de ordenamiento territorial, plan municipal de ordenamiento territorial, plan de ordenamiento territorial de áreas bajo régimen especial y otros planes de ordenamientos.

Estos planes, conforme al Artículo 47 debe contener instrumentos de registro técnicos, los cuales son: el mapa nacional de zonificación territorial, los sistema de catastro nacional, el registro de la propiedad, los sistemas de catastro municipales, los planes reguladores municipales y sus mapas, los mapas de zonificación municipales de uso y ocupación de suelos, el registro nacional de normativas del ordenamiento territorial y otros instrumentos que registren usos, ocupaciones, derechos, afectaciones, servidumbres que recaigan sobre el suelo, sus anexidades o cualquier otro factor que se pueda expresar en el plano territorial.

2.3. EXPANSIÓN URBANA

De acuerdo con el reporte del Banco Mundial (2005), tanto regiones en desarrollo como desarrolladas están disminuyendo la densidad de población en las ciudades en 1.7% anual, pero a costa de la expansión de las ciudades en términos de área. Para las ciudades de países en desarrollo se determinó que el área de las ciudades se incrementaría de 200,000 km² en el 2000 a más de 600,000 km² para el 2030 si continúa disminuyendo la tasa anterior.

La expansión de la urbanización causaría una pérdida importante de tierra arable y degradación de ecosistemas, dándose cambios sociales y ambientales para las poblaciones urbanas. Acorde a Lwasa (2004), el actual proceso de urbanización en países en vías de desarrollo necesita de una atención considerable, no sólo como base para la transformación de sociedades, sino también para un desarrollo sostenible. Al mismo tiempo que las ciudades crecen y se amplían se espera que exista un crecimiento

económico y un desarrollo. Sin embargo, las experiencias en países en vías de desarrollo muestran una disyunción entre la urbanización y la transformación socioeconómica. El aumento y persistencia de la pobreza urbana, conduciría a problemas en saneamiento, provisión de alimentos, alojamiento, transporte y contaminación del ambiente.

2.4. CALIDAD DE AGUA COSTERA

Las aguas marinas y costeras comprenden las aguas marinas interiores, lagunas de agua de mar y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con las aguas costeras, e inclusive las aguas marinas en contacto directo con las costas, y el mar hasta los límites del mar territorial establecidos por la legislación. La calidad de agua costera está relacionado con las características físicas, químicas y microbiológicas de interés, expresadas usualmente en unidades de concentración, y determinada mediante el análisis físico, químico o microbiológico en un laboratorio autorizado (URS Holdings, Inc., 2006).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de los manglares a partir del cambio de uso de suelo en Utila se realizó a través de la comparación entre los manglares aledaños a la zona influencia por el efecto antrópico (Zona 2) específicamente East Harbour, los cuales por medio de una expansión urbana debido al cambio de uso de suelo en estas dos últimas décadas están viendo afectado su desarrollo. Con los manglares de la Zona 3 específicamente Turtle Harbour, el cual es un Refugio de Área Silvestre declarado en 1992.

A pesar que el estudio se enfoca principalmente en los manglares, se analizaron los principales factores que podrían tener algún efecto sobre estos. Como ser, la expansión urbana que afecta directamente a los manglares por medio de la construcción de infraestructura y la generación de desechos sólidos y la calidad de las aguas costeras que a través de los vertidos y la no existencia de sistemas de tratamiento ni de recolección de aguas residuales podrían influenciar a este ecosistema. Todo esto con base en una gestión del ordenamiento territorial que es decretada en Honduras mediante la Ley de Ordenamiento Territorial para lograr una sostenibilidad y armonización de los recursos naturales sin afectar la calidad de vida de la población.

3.1 METODOLOGÍA DE LEVANTAMIENTO DE MANGLARES

La metodología aplicada en el estudio de manglares fue el método desarrollado por el Programa Caribbean Coastal Marine Productivity (CARICOMP) en el 2001 para países del Caribe. Éste se originó a partir de una serie de talleres realizados en Jamaica desde 1990, los cuales fueron financiados por UNESCO. El objetivo principal de la metodología es entender la productividad, estructura, funcionamiento y las interacciones que se generan en los tres principales ecosistemas costeros: manglares, pastos marinos y arrecifes coralinos. Cabe mencionar que el estudio se complementó con la inducción y experiencia de reconocidos científicos en el área.

3.1.1. Mapeo

A través del uso de fotografías satelitales de la isla de Utila se identificaron los dos lugares específicos de estudio, East Harbour en la Zona 2 y Turtle Harbour en la Zona 3 (Anexo 4). Posteriormente se determinaron los puntos en los cuales se ubicaron las parcelas de caracterización del bosque de *Rhizophora mangle* mediante el uso de Google Earth con sus respectivas coordenadas en escala UTM (Universal Transverse Mercator)

3.1.2. Establecimiento de parcelas

Durante las primeras visitas al campo se identificaron los puntos con la ayuda de un GPS y se establecieron 3 parcelas en cada lugar de medición alrededor de la costa, las cuales se las designó con las letras A, B y C. Las parcelas fueron identificadas con pintura permanente con objeto de distinguir las características de los lugares para las mediciones posteriores. Según la metodología CARICOMP la cantidad de parcelas depende del tipo y de la heterogeneidad de la primera parcela de manglar estudiada, sin embargo, debe oscilar entre 3 a 5 parcelas.

Se establecieron las parcelas al azar con un área de 10x10m (0.01 ha). En cada parcela se marcó con pintura un árbol en la primera esquina, luego con la ayuda de un GPS se midió 10 m en forma perpendicular (ángulo de 90°) para marcar la segunda esquina y de esta manera completar el cuadrado de forma similar (Figura 1).

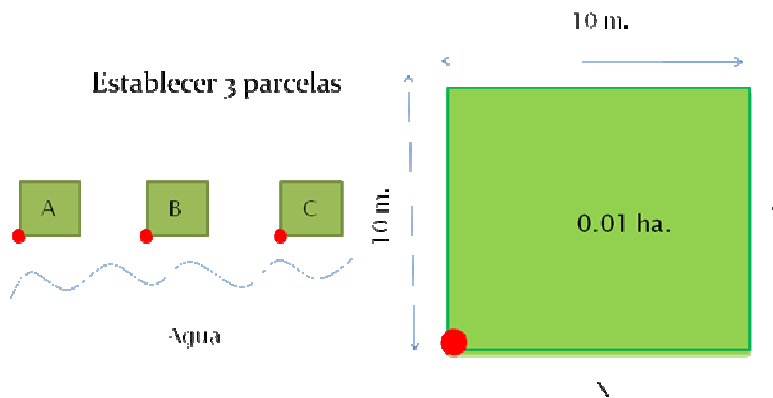


Figura 1. Establecimiento de parcelas (CARICOMP, 2001).

3.1.3. Identificación de los árboles

En cada parcela se estudiaron sólo los individuos que tenían un diámetro en la base del tronco mayor de 2.5 cm, los cuales fueron (a) numerados con etiquetas (b) mapeada su posición, (c) identificados y (d) se midieron diferentes parámetros.

3.1.4. Medición de parámetros

Entre los parámetros se evaluaron: la altura de los individuos, el diámetro, el número y la longitud de hojas. También se estudiaron las raíces de los manglares de acuerdo a la salud y a la edad de los mismos y la presencia de semillas en los dos sitios de estudio. La altura de los individuos se midió tomando como referencia a: (a) altura por encima de la superficie, desde los sedimentos (suelo) hasta las raíces adventicias más altas; (b) longitud del tronco, desde las raíces adventicias hasta donde comienza la primera ramificación; y (c) altura total, desde los sedimentos (suelo) hasta las hojas que se encuentran en lo más alto de la copa de cada árbol (Figura 2). Para los árboles mayores a 6 m se hizo uso de un

clinómetro. Para árboles menores o iguales a 6 m el uso de una varilla graduada resulto ser más práctico.

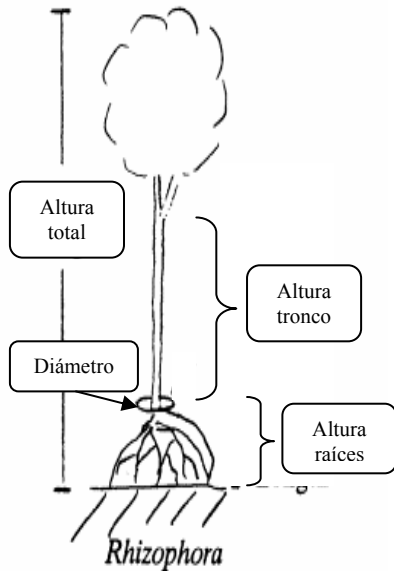


Figura 2. Medición de diámetro y altura en *Rhizophora mangle* (CARICOMP, 2001).

El diámetro del tronco se mide con base en la circunferencia del árbol en la base del tronco, es decir por encima de las raíces adventicias (Figura 2), haciendo uso de una cinta flexible en centímetros. El diámetro es calculado con la siguiente ecuación:

$$Diámetro = \frac{c}{\pi} \quad [1]$$

Donde:

C= Circunferencia del árbol (cm)

π = Constante (3.1416).

Contar el número de hojas por cada rama, escogiendo al azar 10 ramas de cada árbol y posteriormente contando las hojas de cada una. La longitud de las hojas se las midió a través del uso de reglas milimetradas, escogiendo al azar 10 hojas de cada árbol para seguidamente sacar el promedio del número y longitud de hojas de cada árbol. Cabe mencionar, que los árboles defoliados se excluyen de la medición.

El análisis del estado de las raíces adventicias se realizó con respecto a la clasificación de las raíces en vivas, peladas y enterradas. Cada estado fue medido en una escala de porcentaje (100%) por lo que los valores no necesariamente son complementarios, ya que pueden existir raíces que no están enterradas y al mismo tiempo están peladas; por lo tanto, al existir diversas situaciones, cada factor debe ser medido por separado en la misma escala.

El análisis de la edad de los manglares se basó en el estudio de las raíces adventicias, las cuales fueron clasificadas en primarias, secundarias y terciarias. A diferencia del punto

anterior, en este caso los datos son complementarios por lo que la sumatoria de las estimaciones de los tres estados de raíces debe ser 100%, ya que no pueden ocurrir dos situaciones al mismo tiempo, como por ejemplo, que una raíz primaria sea a su vez terciaria.

Se observó la presencia de semillas por árbol en cada sitio, debido a que el estudio se realizó en la etapa comúnmente no reproductiva de los manglares en el Caribe (enero-abril). En caso de existencia reportar que el árbol tiene semillas, no se evaluó el porcentaje total del árbol cubierto por semillas.

3.1.5. Cálculo de índices

Los índices que se calcularon fueron: la densidad (número de árboles/m²), la biomasa (kg/m²) y el área foliar (cm²). Para el cálculo de la densidad contar los árboles por parcela y dividir esa cantidad entre el área por parcela (10 m²). Esto permitirá extrapolar la cantidad de árboles al área total en cada localidad, lo cual ayude a establecer diferencias pertinentes y factores antrópicos, tales como tala o perturbación de los bosques de manglar.

La biomasa individual se calculó para los individuos con un diámetro mayor a 2.5 cm mediante la ecuación de Cintron y Novelli (1984, citado por CARICOMP, 2001), donde la biomasa es igual al diámetro (cm) elevado al cuadrado por la altura total del árbol (m), ambos elevados a un factor m y luego multiplicados por una constante b.

$$Biomasa(g) = b \times [(diámetro)^2 \times (altura)]^m \quad [2]$$

Donde b y m tienen un valor constante de 125.9576 y 0.8557, respectivamente. La biomasa total de los árboles es la sumatoria de las biomásas individuales para cada árbol y es calculada para cada sitio de estudio.

Para estimar el área foliar se tomaron 50 hojas de forma aleatoria en cada parcela para ser examinadas posteriormente, dando un total de 150 muestras por sitio estudiado, es decir 300 muestras en total. En el laboratorio se realizaron mediciones tanto de largo como de ancho para cada hoja con la ayuda de una regla milimetrada.

Una vez obtenidas estas medidas, se hicieron las correlaciones simples entre el área foliar estimada basada en el ancho y el largo para todas las observaciones por cada lugar (n=150). La ecuación del área foliar para manglar fue obtenida entre la relación de ancho y largo de la hoja.

$$Área\text{foliar} = 0.5 \times (altura)^2 \quad [3]$$

3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para comparar las poblaciones de manglar de East Harbour y Turtle Harbour se realizó un análisis estadístico según el tipo de variable a partir de las siguientes hipótesis con un nivel de significancia ($\alpha \geq 0.05$).

H0: el cambio del uso de suelo no influyó en el ecosistema de manglar de Utila.

H1: el cambio de uso de suelo tuvo un efecto en el ecosistema de manglar de Utila.

En primer lugar se aplicó una prueba de normalidad con un nivel de significancia ($\alpha \geq 0.05$) a las siguientes variables: altura de las raíces, altura del tronco, altura total, diámetro, número de hojas, longitud de hojas y área foliar. Las variables que no presentaron normalidad en los datos se las transformo, elevando la variable a un factor “n”. Finalmente para comprobar la hipótesis estadística se realizó el análisis de varianza ANDEVA de una vía, con un nivel de significancia determinado ($\alpha \geq 0.05$). El programa usado en este caso fue Minitab 15.1.1.0.

Las variables estimación de la edad del mangle y de la salud del mangle se analizaron con estadística no paramétrica como variables nominales a través del uso del programa Analyse-it. La variable “estimación de la edad del mangle” fue dividida en grupos con frecuencias mayores a cinco y se analizo mediante la prueba “chi-cuadrado” con un nivel de significancia fijado ($\alpha \geq 0.05$). La variable “estimación de la salud del mangle” se dividió en grupos y fue analizada con la prueba “Fisher” porque los grupos tenían una frecuencia menor de cinco a un nivel de significancia dado ($\alpha \geq 0.05$).

3.3. EXPANSIÓN URBANA

En el análisis de expansión urbana se hizo uso del Esquema Director para Utila del año 2002, del cual se tomaron datos de población para el periodo de 1990 al 2000. Con lo cual se puede analizar el crecimiento poblacional existente y el incremento en infraestructura, en términos de viviendas. Se tomó como referencia el número promedio de personas por hogar en zonas urbanizadas para Honduras (INE, 2007).

En términos de expansión urbana, también se analizó la cantidad de desechos sólidos generados en la isla, ya que los mismos tienen un impacto directo e indirecto en los manglares debido a que existe una mala recolección de la basura, con lo cual se generan botaderos aledaños al ecosistema de manglar y el relleno sanitario se encuentra cercano a los manglares. Por medio de la cantidad de población residente de Utila y los turistas por año se calculó la cantidad de desechos sólidos generados al año, asumiendo 0.5 kg/día de basura generados por persona (promedio para la región centroamericana) (PNUD, 2003).

3.4. CALIDAD DE AGUA

El análisis de calidad de agua se basó en el estudio realizado por el Programa de Manejo Ambiental de las Islas de la Bahía (PMAIB), en su Componente Control de Calidad de Aguas Costeras (CAC) realizado durante el periodo de octubre de 1999 y septiembre de

2000; el anteproyecto de Normas de Calidad de Aguas Marinas y Costeras de Panamá (URS Holdings, Inc., 2006), publicado en julio del 2006 (Anexo 5); y las Guías para la Evaluación del sedimento del Departamento de Protección Ambiental de New Jersey, EEUU. implementado en la Normativa de Puerto Rico para la calidad de aguas costeras (Seguinot, 2002.) (Anexo 6).

En el estudio efectuado por el PMAIB se realizaron análisis fisicoquímicos, bacteriológicos, sedimentarios y de metales pesados en el agua (Anexo 7); que fueron evaluados en el laboratorio del Hospital de Roatán y en el laboratorio de Hidrología y de Molismología Acuática (LHMA) de la Universidad Mediterránea de Marseille en Francia. En cada punto de medición de agua marina se tomaron una muestra mensualmente durante un año con objeto de tener una visión sobre las fluctuaciones temporales de los diferentes parámetros.

Por otra parte, las Normas de Calidad de Aguas Marinas y Costeras establecen los valores máximos de concentración de contaminantes y el rango de parámetros que permitan el desarrollo de actividades aptas para el contacto directo e indirecto con la población.

Los datos obtenidos del estudio del PMAIB se confrontaron con los parámetros definidos por las Normas de Calidad de Aguas Marinas y Costeras de Panamá y Puerto Rico, ya que en Honduras no existen indicadores que definan la calidad de las aguas costeras. El análisis se realizó en las dos zonas bajo estudio en la isla de Utila (East Harbour y Turtle Harbour) para poder establecer la influencia antropogénica y su posible efecto en el ecosistema de manglar.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS PARCELAS

Las parcelas en East Harbour fueron instaladas en las coordenadas geográficas 1606019° N (latitud) y 8653258° O (longitud). En Turtle Harbour, las parcelas se ubican en las coordenadas 1610766° N (latitud) y 8694511° O (longitud). A partir de las coordenadas mencionadas la distancia entre las parcelas fue de 10 m. en cada sitio de muestreo.

4.2. IDENTIFICACIÓN DE INDIVIDUOS

Dentro de cada parcela se identificaron todos los árboles (*Rhizophora mangle*) con un diámetro mayor de 2.5 cm. En Turtle Harbour en la parcela A se encontraron cuatro individuos, 11 individuos en la parcela B y seis individuos en la parcela C dando un total de 21 individuos. En East Harbour se identificaron ocho individuos en la parcela A, de los cuales uno estaba muerto, ocho individuos en la parcela B, en la cual existían dos árboles muertos y 14 individuos en la parcela C, en el que existía un árbol muerto, lo que significa un total de 30 árboles, de los cuales cuatro individuos estaban muertos (Cuadro 1).

4.3. PARÁMETROS

A partir de la identificación de los lugares de muestreo y los individuos se realizó el monitoreo en los manglares, en el cual se estudiaron todos los parámetros citados con anterioridad en ambos sitios (East Harbour y Turtle Harbour). Se obtuvieron los siguientes resultados (Cuadro 1)

Cuadro 1. Datos de los manglares en Turtle Harbour y East Harbour, Utila.

Zonas		Turtle Harbour				East Harbour			
Parámetros		Media	n.	DE	EE	Media	n.	DE	EE
Altura (cm)	Troncos	162.36	21.00	88.90	19.40	114.67	30.00	76.66	14.00
	Raíces	146.33	21.00	51.72	11.29	178.73	30.00	69.18	12.63
	Total	659.52	21.00	232.71	50.78	529.07	30.00	156.48	28.57
Diámetro (cm)		15.46	21.00	6.86	1.50	17.58	30.00	8.23	1.50
Hojas	Número	8.23	21.00	1.15	0.25	7.00	25.00	0.86	0.17
	Longitud (cm)	12.47	17.00	1.30	0.32	11.17	21.00	1.73	0.38
	Área Foliar (cm ²)	34.50	150.00	5.93	0.48	30.85	150.00	8.46	0.69
Raíces (%)	Primarias	18.81	21.00	10.24	2.23	14.17	30.00	8.62	1.57
	Secundarias	43.67	21.00	17.36	3.79	37.50	30.00	18.83	3.44
	Terciarias	37.52	21.00	25.21	5.50	48.33	30.00	25.91	4.73
	Enterradas	92.10	21.00	10.84	2.37	71.17	30.00	23.55	4.30
	Peladas	12.38	21.00	23.40	5.11	36.67	30.00	31.17	5.69
	Vivas	89.29	21.00	21.87	4.77	54.50	30.00	32.63	5.96

4.3.1. Altura

La variable “altura total” es normal con un valor de $p > 0.10$ en la prueba de normalidad aplicada. Con respecto a la media de la altura total, Turtle Harbour tiene una media de 659.52 cm (± 50.78 cm), la cual es mayor que East Harbour con una media de 529.07 cm (± 28.57 cm). A través de la aplicación de un ANDEVA La diferencia es estadísticamente significativa entre los dos sitios con un valor de $p = 0.020$ y un valor $F = 5.74$

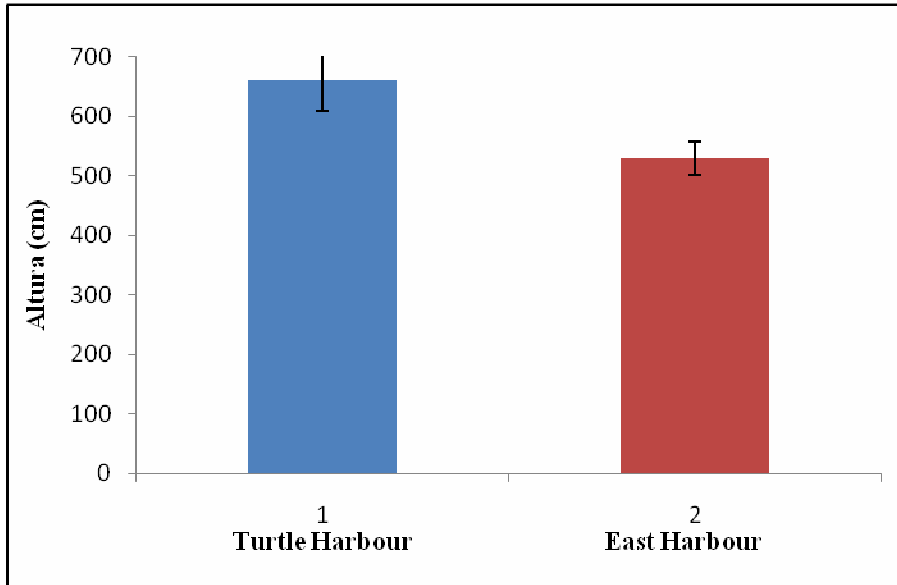


Figura 3. Altura total.

La variable “Altura del tronco” no se ajusta a la curva normal según el histograma ni a la prueba de normalidad aplicada. El valor $p = 0.049$ es menor que el nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), lo que significa que los datos no son normales por lo cual no se puede aplicar un ANDEVA. Sin embargo, se recurrió a herramientas estadísticas para transformar los datos y se elevó la variable a un valor $n = 0.50$ generando una nueva variable denominada “Altura del tronco transformado” en el que el valor $p \geq 0.100$, lo cual es mayor que el nivel de significancia y se procedió con los cálculos estadísticos correspondientes.

La altura de los troncos en Turtle Harbour es mayor que en East Harbour, con una media de 162.36 cm (± 19.4 cm) en el primero y una media de 114.67 cm (± 14 cm) en el segundo, respectivamente. Aplicando la prueba ANDEVA a la nueva variable la diferencia es estadísticamente significativa con un valor de $p = 0.047$, el cual es menor que el nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) y un $F = 4.17$. Por lo tanto, la altura de troncos es menor en la zona con influencia humana.

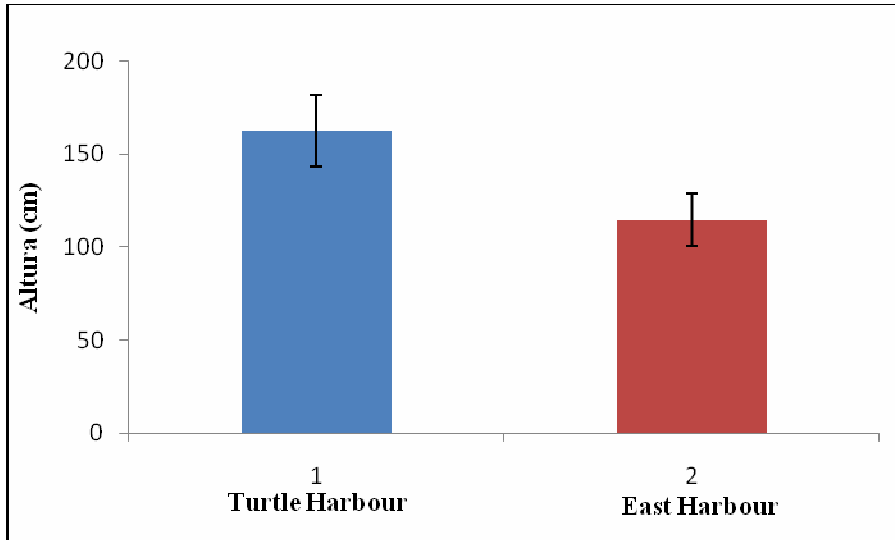


Figura 4. Altura del tronco.

La variable “altura de raíces” al aplicar la prueba de normalidad, ésta es normal ($p=0.072$). Aunque la media de la altura de las raíces de *Rhizophora mangle* evaluada en ambos sitios muestra que es mayor en East Harbour con una altura media de 178.73 cm (± 12.63 cm) con respecto a Turtle Harbour que es de 146.33 cm (± 11.29 cm), la diferencia no es estadísticamente significativa ($p=0.075$) y un valor $F=0.075$ aplicando un ANDEVA. Sin embargo el valor “p” está muy cerca del nivel de significancia ($\alpha=0.05$), por lo cual se puede deducir que tomando un mayor tamaño de muestra la diferencia podría ser estadísticamente significativa y deducir que la altura de las raíces en el sitio influido por el efecto antrópico sea mayor .

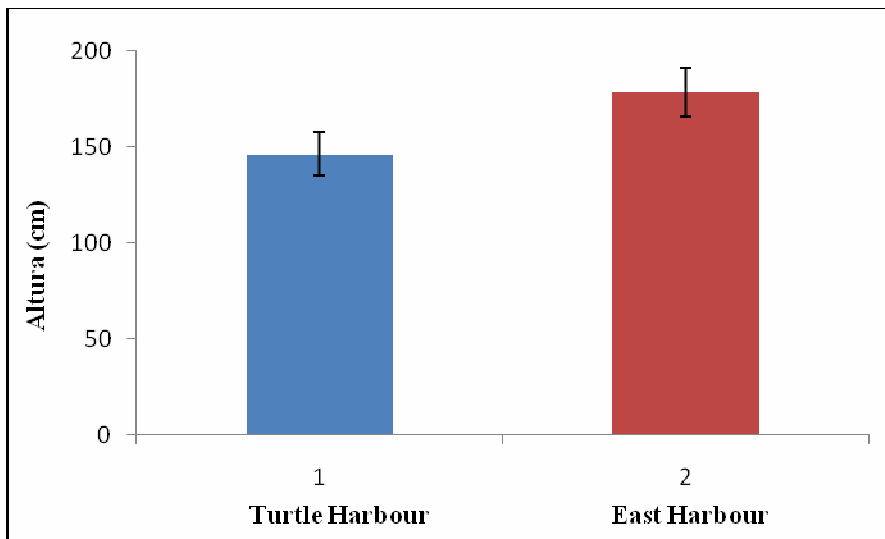


Figura 5. Altura de raíces.

4.3.2. Diámetro

La prueba de normalidad aplicada a la variable “diámetro del tronco” muestra que los datos de esta variable al igual que la “altura de los troncos” no se ajusta a la curva normal según el histograma. La prueba de normalidad aplicada dio como resultado un valor de $p \leq 0.010$ demostrando que los datos no son normales y es necesario transformar los datos elevando la variable a un factor $n=0.37$. Esto resulta en una nueva variable denominada “diámetro transformado”, la cual es normal, con un valor $p \geq 0.100$.

A pesar de que la media del diámetro de los árboles son mayores en East Harbour con un valor de 17.58 cm (± 1.50 cm) comparado con Turtle Harbour con una media de 15.46 cm (± 1.50 cm). La prueba ANDEVA dio como resultado una diferencia entre los dos sitios que no es estadísticamente significativa con un valor $p=0.292$ y un valor $F=1.14$. Por lo tanto el diámetro de los troncos tiene la misma dimensión en los dos sitios y la diferencia hallada anteriormente simplemente se le atribuye al error de muestreo.

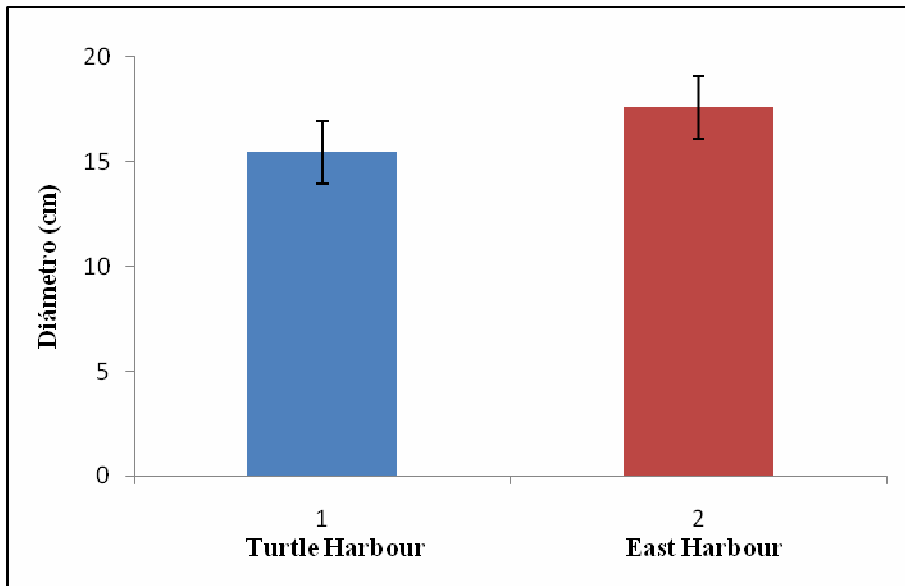


Figura 6. Diámetro del tronco.

4.3.3. Número de hojas

El número de hojas por rama con respecto a las muestras tomadas en ambos lugares mostraron que es mayor en promedio en Turtle Harbour con una media de 8.23 hojas/rama (± 0.17 hojas/rama) que en East Harbour que tiene una media de 7.00 hojas/rama (± 0.17 hojas/rama). En East Harbour sólo se pudo tomar el número de hojas de 25 individuos, ya que algunos árboles estaban muertos y por lo tanto defoliados.

La prueba de normalidad aplicada a la variable muestra que los datos son normales ($p > 0.100$). Con un análisis ANDEVA la diferencia entre ambos sitios es estadísticamente significativa con un valor de $p=0.001$ y un valor $F=18.74$. Comparando estos datos con el número óptimo de hojas para el mangle rojo que es de 8 hojas/rama, el ecosistema en East Harbour tiene una media de hojas/rama menor que el óptimo mencionado.

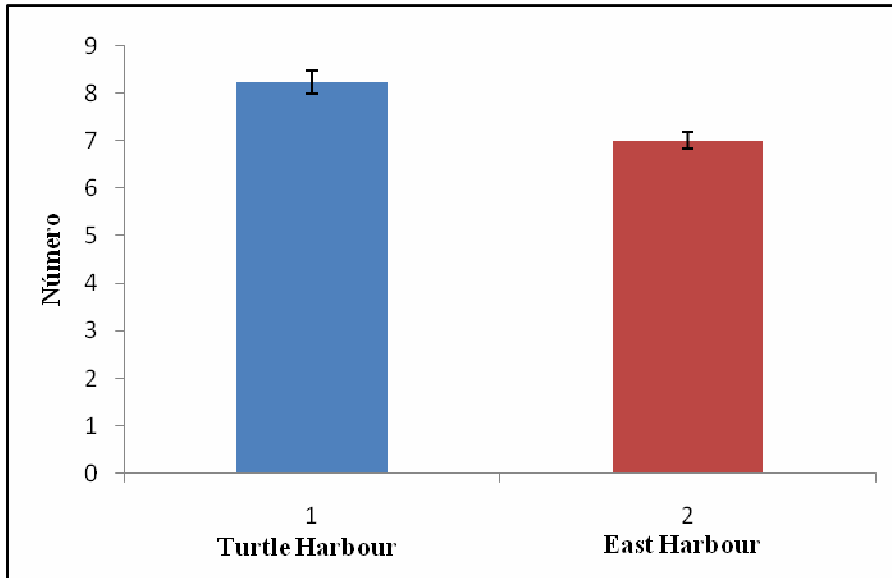


Figura 7. Número de hojas.

4.3.4. Longitud de hojas

Con relación a la longitud de las hojas en cada sitio de estudio se determinó que la media de la longitud de hojas en Turtle Harbour es de 12.47 cm (± 0.32 cm), lo cual es mayor que la media de East Harbour de 11.17 cm (± 0.38 cm). La prueba de normalidad dio como resultado un valor normal ($p > 0.100$). Aplicando una prueba ANDEVA la diferencia entre ambos sitios es estadísticamente significativa con un valor de $p = 0.001$ y un valor $F = 6.94$.

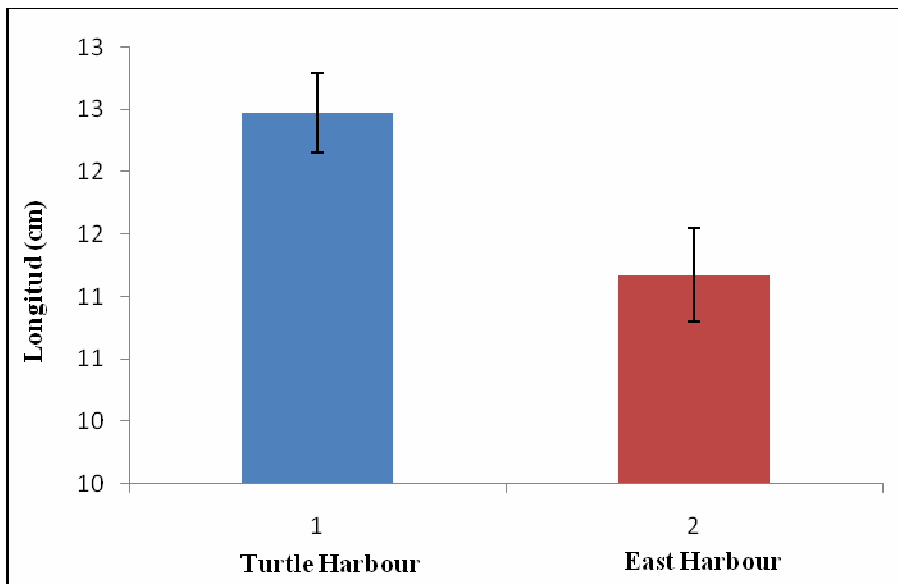


Figura 8. Longitud de hojas.

4.3.5. Clasificación de raíces adventicias según su edad

Los resultados mostraron que en Turtle Harbour existe un mayor porcentaje de raíces primarias 18.81% ($\pm 2.23\%$) y secundarias 43.67% ($\pm 3.79\%$) que en East Harbour con un 14.17% ($\pm 1.57\%$) de raíces primarias y 37.5% ($\pm 3.44\%$) de raíces secundarias. Sin embargo en éste último el porcentaje de raíces terciarias es mayor con un 48.33% ($\pm 4.73\%$) y en Turtle Harbour de 37.52% ($\pm 5.50\%$).

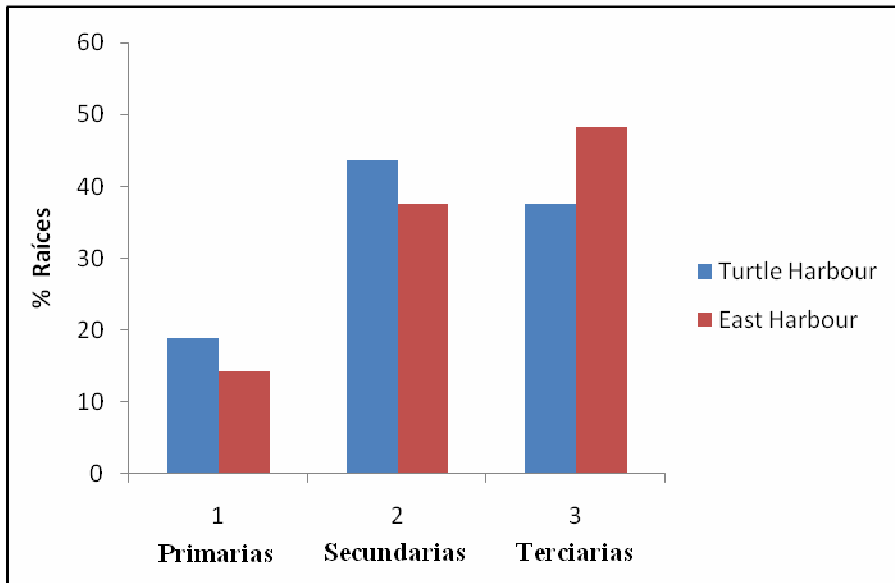


Figura 9. Estimación de la edad del mangle.

Para el análisis estadístico se realizó una prueba “chi cuadrado” tomando como base la frecuencia de cada variable (raíces primarias, secundarias y terciarias). Cada variable fue dividida en grupos con una frecuencia mayor a cinco. La variable “raíces primarias” se dividió en dos grupos. El primer grupo está compuesto por individuos con menos o igual cantidad de raíces primarias a un 10% y el segundo grupo por individuos que se encuentran en un intervalo entre mayor a un 10% y menor o igual a un 35% de raíces primarias. Las raíces secundarias se dividieron en tres grupos: individuos que poseen menos o igual porcentaje a un 30% de raíces secundarias, individuos que tienen entre un intervalo entre más del 30% a menos o igual a un 50% de raíces secundarias e individuos que están entre un intervalo entre más de 50% a menos o igual al 70% de raíces secundarias. Las raíces terciarias finalmente también se clasificaron en tres grupos: individuos con menos o igual a un 20% de raíces terciarias, más a un 20% a menos o igual a un 40% y más del 40% a menos o igual a un 80% de raíces terciarias.

Las diferencias estadísticas entre ambos no fueron estadísticamente significativa en ninguno de los casos mencionado. Las raíces primarias con un valor $p=0.7879$, con un $X^2=0.07$ y un grado de libertad ($gl=1$). Las raíces secundarias con un valor $p=0.3098$, con un $X^2=2.34$ y con dos grados de libertad ($gl=2$). Las raíces terciarias con un valor $p=0.4264$, con un $X^2=1.70$ con dos grados de libertad ($gl=2$). Por lo tanto, se podría deducir que la edad del mangle es la misma en ambos sitios al igual que lo demostró la dimensión del diámetro.

Cuadro 2. Análisis estadístico de la variable “estimación de la edad del mangle”.

Raíces	Grupos	TH	EH	p
Primarias	≤ 10	14	9	0.7879
	$>10 \leq 35$	16	12	
Secundarias	≤ 30	17	8	0.3098
	$>30 \leq 50$	5	7	
	$>50 \leq 70$	8	6	
Terciarias	≤ 20	8	8	0.4264
	$>20 \leq 40$	5	5	
	$>40 \leq 80$	17	8	

Nivel de significancia $\alpha=0.05$

4.3.6. Clasificación de las raíces adventicias según el estado de salud del mangle

Según la estimación de la salud del mangle mediante parámetros medidos en las raíces se puede apreciar que en Turtle Harbour existe un mayor porcentaje de raíces enterradas 92% ($\pm 2.37\%$) y vivas 89.29% ($\pm 4.77\%$) que en East Harbour, en el cual se refleja 71.17% ($\pm 4.33\%$) de raíces enterradas y sólo 54.5% ($\pm 5.96\%$) vivas. A su vez, el porcentaje de raíces peladas de 36.67% ($\pm 5.69\%$) en East Harbour es mayor que en Turtle Harbour que tiene un 12.38% ($\pm 5.11\%$).

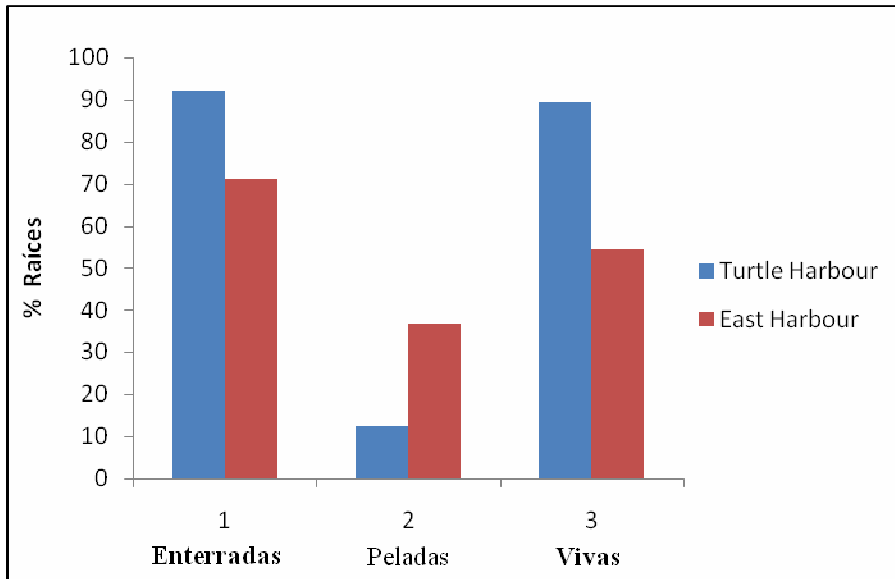


Figura 10. Estimación de la salud del mangle.

El análisis estadístico que se usó para analizar las variables que determinan la salud del mangle fue la prueba de Fisher. La variable “raíces enterradas” se clasificó en los grupos:

individuos con menos o igual al 75% de raíces enterradas y el grupo de individuos con el porcentaje de raíces enterradas mayores 75%. La variable “raíces peladas” se dividió en los grupos: individuos con menos o igual al 5% de raíces peladas e individuos con más del 5% de raíces peladas. Finalmente, las raíces vivas se dividieron en los siguientes grupos: Menos o igual al 80% e individuos con más del 80% de raíces vivas.

El análisis mostró que la diferencia entre los dos sitios es estadísticamente significativa en los tres casos. Las raíces enterradas con un valor $p=0.031$, una diferencia de proporciones de 0.353 y con intervalos de confianza al 95% de 0.106 a 0.600. La variable “raíces peladas” mostraron un valor $p<0.0001$, una diferencia de proporciones de -0.618 y con intervalos de confianza al 95% de -0.844 a -0.391. La variable “raíces vivas” se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa con un valor $p<0.0001$, una diferencia de proporciones de 0.605 y con intervalos de confianza al 95% de 0.390 a 0.819. Demostrando de esta manera que la salud de los manglares de East Harbour está fuertemente afectados por factores externos, ya que casi la mitad de sus raíces son consideradas muertas y presenta un alto porcentaje de raíces peladas al compararlo con el área protegida.

Cuadro 3. Análisis estadístico de la variable “estimación de la salud del mangle”.

Raíces	Grupos	TH	EH	P
Enterradas	≤ 75	14	3	0.0310
	$>75 \leq 100$	16	18	
Peladas	≤ 5	3	14	<0.0001
	$>5 \leq 100$	27	7	
Vivas	≤ 80	23	3	<0.0001
	$>80 \leq 100$	7	18	

Nivel de significancia $\alpha=0.05$

4.3.7. Presencia de semillas

Aunque la cantidad de árboles con semillas existentes en las parcelas no eran significativos para tomar una conclusión sobre la presencia de semillas en los dos lugares. Cuatro meses de trabajo en campo durante el periodo de enero-abril demostró que existe un mayor número de individuos con semillas en East Harbour con relación a Turtle Harbour germinando fuera de la etapa de reproducción del mangle rojo en el Caribe, lo cual puede deberse al impacto que el efecto urbano está causando en la zona, obligando a los individuos a reproducirse para perpetuar sus generaciones.

4.4. CÁLCULO DE ÍNDICES

4.4.1. Densidad

La densidad (árboles/m²) en Turtle Harbour es de 2.1 árboles/m² y en East Harbour es de 3 árboles/m², esto se debe a un mayor proceso de regeneración, pero puede que no sea de forma natural sino instada por la tala y la quema indiscriminada que dinamizan el mecanismo de sucesión y los árboles más viejos van cayendo dejando espacios de luz para que nuevos individuos se posesionen del lugar. Sin embargo, se trata de árboles en muchos casos juveniles que se asientan en lugares poco adecuados para su sobrevivencia, lo cual genera individuos con una baja productividad en el ecosistema.

Además, una mayor densidad se relaciona a un proceso de competencia entre los individuos por los recursos del lugar, tales como luz, agua y nutrientes, ocasionando que los ejemplares de mayor tamaño impidan el crecimiento de los más jóvenes.

4.4.2. Biomasa

La biomasa total para cada sitio de estudio, en términos de materia viva total, es en Turtle Harbour de 83.27 kg/m² y East Harbour de 59.45 kg/m², demostrando en parte que en Turtle Harbour existe una mayor capacidad de poder sintetizar los recursos y convertirlos en energía para la producción de biomasa, lo cual puede primar su causa por las condiciones tan diferentes a las cuales están sometidos los dos lugares. Además relacionando la densidad con la biomasa se puede decir que la menor densidad en Turtle Harbour, puede deberse a la competitividad entre sus individuos, ya que son árboles con una mayor biomasa que East Harbour.

4.4.3. Área foliar

De acuerdo con los resultados, el promedio en área foliar (cm²) para Turtle Harbour es mayor que en East Harbour, con medias de 11.70 cm² (± 0.08) y 11.00 cm² (± 0.12) respectivamente. La prueba de normalidad demostró que la variable “área foliar” es normal con un valor $p=0.097$. El análisis de varianza ANDEVA demostró que la diferencia es estadísticamente significativa entre los dos sitios, con un valor de $p=0.0001$ y un $F=18.74$. Encontrarse una menor área foliar en la zona influenciada por el efecto antrópico puede deberse a que existe un estrés en el sistema y esto afecta la tasa fotosintética, disminuyendo consecuentemente la biomasa y la productividad del ecosistema.

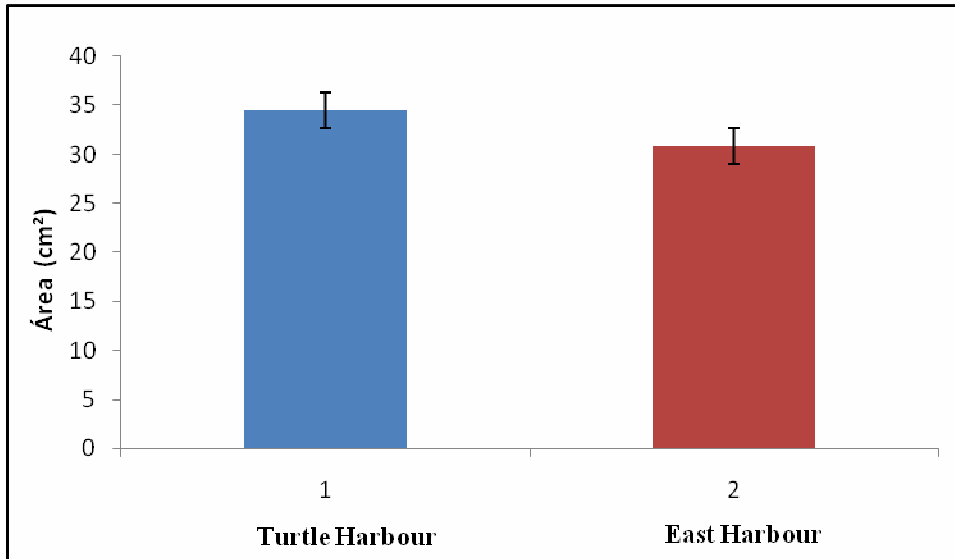


Figura 11. Área foliar.

4.5. EXPANSIÓN URBANA

Según Grelot & Valade (2002), la población para 1990 era de 1,500 habitantes y en el año 2005 acorde al PEDM existían 7,500 habitantes, de los cuales 2,000 eran permanentes y el resto transitorios. Asumiendo que existen 5 personas por vivienda, se obtuvieron 300 viviendas para el año 1990 y conforme a PEDM (2005) en el año 2005 existen 1,100 viviendas, ya que el desarrollo de infraestructura en lugares costeros, como la isla de Utila exige una expansión en términos de superficie del terreno y no así una densificación de las ciudades como la construcción de edificios, ya que existe una gran vulnerabilidad de estas zonas a fenómenos climáticos, tales como los huracanes. Esto implica un crecimiento de un 367% en infraestructura, poniendo en evidencia una expansión urbana, ya que al ser ésta una isla, la cual es muy vulnerable a fenómenos climáticos es necesario que las construcciones tiendan a expandirse en términos de área y no a densificarse, tal como edificios o construcciones hacia arriba.

Cuadro 4. Crecimiento en infraestructura en Utila (1990-2005).

Año	1990	2005
Habitantes totales	1,500	7,500
Habitantes permanentes		2,000
Habitantes transitorios		5,500
No. Viviendas totales	300	1,100
No. Viviendas (habitantes permanentes)		657
No. Viviendas (habitantes transitorios)		443
Turistas/año		40,000
Crecimiento en infraestructura (1990-2005)		367%

Por otra parte el número de turistas para el 2000 acorde a Grelot & Valade (2002) era de 40,000 personas por año. Los hoteles que albergaban a estos turistas son 24 y en total existen 969 habitaciones, por lo cual el promedio de permanencia de cada turista es de 9 días, generando así 365 t/año de desechos.

Sólo existen 657 viviendas habitadas permanentemente, por lo cual 443 viviendas son habitadas por personas transitorias, suponiendo un periodo de permanencia de 90 días, las mismas generan aproximadamente un total de desechos de 247.5 t/año

Por lo tanto, las personas que residen de manera permanente, transitoria y los turistas generan aproximadamente 789 t/año, los cuales afectan directa e indirectamente a los manglares de la región. Asumiendo 0.5 kg promedio de desechos sólidos generados por una persona.

Cuadro 5. Cantidad de desechos sólidos (t/año) generados en Utila.

Población	Cantidad
Habitantes permanentes	365.00
Habitantes transitorios	247.50
Turistas	176.84
Total	789.34

4.6 CALIDAD DE AGUA COSTERA

De acuerdo con el análisis comparativo de los datos de calidad de agua para la isla de Utila en los sitios estudiados con las Normas de calidad de agua costera y las Guías para la Evaluación del Sedimento implementadas tanto por Panamá y Puerto Rico, respectivamente. Se encontró:

4.6.1. Análisis bacteriológico

Aunque el estado bacteriológico de Utila es generalmente bueno según los datos obtenidos. Cerca de la zona urbana para el mes de enero se muestra un dato con una fuerte contaminación bacteriana después de un periodo de lluvia, ya que las concentraciones presentes son de 3,900 *Escherichia Coli*/100 ml y 11,700 coliformes totales/100 ml. Debido a las fuerte concentración de *Escherichia Coli* el origen es sin duda humano y existe un impacto causado por los efluentes urbanos. Esta situación debe su explicación a que el dato fue tomado después de una tormenta y eso muestra que existe una lixiviación de los contaminantes en la superficie urbana hacia las aguas marinas.

4.6.2. Análisis fisicoquímico

Los datos tanto de pH y salinidad no muestran diferencias significativas en los dos sitios bajo estudio. Cabe destacar que la temperatura en Turtle Harbour es menor que East Harbour porque presenta mayor influencia por vientos del Este y una tendencia diferente,

ya que los mínimos de temperatura se dan en el mes de marzo y no en diciembre como en East Harbour.

Con respecto al oxígeno disuelto, no se observan diferencias entre los dos lugares de estudio. Aunque cabe destacar que en Turtle Harbour hay un dato muy interesante en el mes de agosto, en el que el valor de oxígeno disuelto alcanza 11.8 mg/L de oxígeno. Una posible razón a este hecho es que al tratarse de una bahía cerrada con pastos marinos tupidos y un manglar muy extenso en el litoral puede favorecer al desarrollo de una gran productividad primaria que genera oxígeno.

Los compuestos nitrogenados presentes en el agua son: amonio, nitratos y nitritos. El amonio es la forma más problemática para la vida acuática dada su toxicidad y también porque su oxidación consume oxígeno que puede limitar a la fauna y flora acuática. Las concentraciones de amonio en puntos cercanos a East Harbour son muy elevadas durante el periodo de octubre a abril, excepto febrero. Los altos valores pueden deberse a la descomposición de materia orgánica de las aguas sin tratamiento y a la suspensión de nitrógeno del sedimento, el cual es removido por la gran cantidad de botes que transitan por el sector. En Turtle Harbour, las concentraciones de amonio son muy débiles, ya que no están influenciadas por ninguna actividad antropogénica y la influencia de los vientos podría aumentar la dispersión de las sales. Es importante mencionar que en las zonas de manglar pueden existir importantes aportes de materia orgánica que incrementa las concentraciones de amonio. Con respecto a nitritos las concentraciones son débiles en ambos sitios y acorde a nitratos, no es posible dar conclusiones al respecto, ya que los datos no muestran variabilidad en espacio, ni tiempo, lo cual deja en duda esta información.

Dentro de los compuestos de fósforo se analizaron ortofosfatos y fósforo total. En el caso de East Harbour se presentan valores elevados de fósforo total durante los meses de octubre y diciembre; sin embargo, esto no está relacionado con las cantidades de ortofosfatos, lo cual muestra un aporte principal de fósforo en su forma orgánica que proviene en su mayoría de los aportes y vertidos de las zonas urbanas.

El hierro es un mineral que puede ser contaminante dependiendo de la concentración en la que se encuentre. Aunque las concentraciones no son significativamente alarmantes en los dos sitios, existe una diferencia ligera entre ellos porque existe una concentración más alta en East Harbour pero no se puede concluir que se debe a la influencia antropogénica, ya que también puede deberse a aspectos geológicos de la zona.

4.6.3. Metales pesados

La siguiente tabla muestra una clasificación de la concentración de la contaminación por metales pesados en los sedimentos de Utila. El plomo y el zinc son los metales pesados que sobrepasan los parámetros establecidos por las Guías para la Evaluación del sedimento del Departamento de Protección Ambiental de New Jersey, EEUU. implementado en la Normativa de Puerto Rico para la calidad de aguas costeras (Anexo 6).

Cuadro 6. Contaminación por metales pesados (mg/kg) en las aguas costeras de Utila.

Sitio	Cobre	Cadmio	Plomo	Zinc	Mercurio
Turtle Harbour	2.4	0.014	41.3	4.5	0.023
East Harbour	17.8	0.147	210.0*	167.0*	0.083

* Concentraciones que exceden la Norma de calidad de aguas costeras de Puerto Rico

Aunque el cadmio, cobre, mercurio y plomo son elementos muy contaminantes y dañinos para el ecosistema marino, las concentraciones de los tres primeros varían de débiles a muy débiles en ambos sitios. Sin embargo, la concentración de plomo en East Harbour es muy elevada y alarmante, lo cual puede deberse al transporte marino que transita y a los de desechos sólidos que son botados al mar. A pesar de que el zinc es menos contaminante que el plomo, igualmente afecta el sistema marino, tanto flora y fauna. Esto puede ser causado por un efecto antrópico o por razones geológicas.

4.6.4. Compuestos orgánicos tóxicos

Los compuestos orgánicos tóxicos analizados fueron los polychlorobipheniles (PCB) y los hidrocarburos. Los PCB son largas moléculas orgánicas ($C_{12}H_{10-x}Cl_x$) muy remanentes y poco solubles en agua, los cuales no se destruyen al incinerar los desechos sólidos. En los dos sitios las concentraciones de PCB son menores de 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$, considerándose los sitios como no contaminados por este compuesto.

Los hidrocarburos analizados fueron Hidrocarburos totales e Hidrocarburos Poli aromáticos (HPA). No existe contaminación por hidrocarburos totales en los lugares bajo estudio. Cabe mencionar que los HPA, considerados los hidrocarburos más contaminantes para el medio por ser poco solubles y acumulables en los sedimentos, presentan concentraciones medias en East Harbour originados posiblemente por los residuos de petróleo de botes y barcos que transitan por la zona.

4.6.5 Nutrientes

Entre los nutrientes se destacan el nitrógeno y fósforo, los cuales no son considerados contaminantes y más bien pueden favorecer el desarrollo de los ecosistemas de manglar. Las altas concentraciones de fósforo en las aguas de East Harbour son debidas posiblemente a los efluentes de las aguas servidas. En cambio, en Turtle Harbour, se presentan concentraciones muy débiles de fósforo, el cual solamente es originado por la descomposición de la materia orgánica. Con respecto al nitrógeno, las concentraciones en Turtle Harbour son muy elevadas y en East Harbour son moderadas. El caso en Turtle Harbour puede relacionarse con la descomposición de los residuos vegetales provenientes del manglar, principalmente.

4.7 DISCUSIÓN

Los manglares (*Rhizophora mangle*) en East Harbour pueden estar fuertemente afectados por el efecto antrópico existente por los resultados obtenidos, que muestran una diferencia significativa entre los manglares en East Harbour y Turtle Harbour. Sin embargo, es

importante mencionar que Turtle Harbour está sometido en mayor manera a los vientos del este, lo que causa que las temperaturas sean menores y la tendencia sea diferente con relación a East Harbour. Por lo cual, estas condiciones ambientales también pueden tener un efecto en el desarrollo de los manglares.

En esta sección se discutirá los diversos análisis y los resultados del estudio de manglares, logrando una integración entre ellos y explicando las posibles razones por el cual se está viendo estas diferencias, tales como: la calidad de las aguas costeras y los sedimentos que podrían tener alguna influencia sobre el desarrollo de los manglares, la rápida expansión urbana en la Zona 2 y la relación del Plan Estratégico de Desarrollo Municipal (PEDM) para Utila con la legislación de ordenamiento territorial para Honduras.

Los resultados mostraron que los manglares en el área urbanizada tienen un crecimiento de raíces mayor que en el área protegida, aunque no existe una diferencia estadísticamente significativa ($p=0.075$) este valor está muy cercano del nivel de significancia ($\alpha=0.05$) y con una muestra más grande esta diferencia podría ser significativa. Este suceso puede deberse a una disminución de la capacidad de los manglares de captar oxígeno o efectos de anoxia. Las razones asociadas a este fenómeno son: mayor impacto de mareas que aneguen los sitios, provocado por la tala de manglares o daño a ecosistemas aledaños como los arrecifes de coral y los pastos marinos en East Harbour. De acuerdo con Grelot & Valade (2002), para Utila se manifiesta que a pesar que el coral de arrecife se está recuperando después de la crisis del blanqueamiento en toda la región, esto no se da en lugares con crecimiento de algas. En el Faro, un lugar que colinda con East Harbour, la gran cantidad de contaminación orgánica que proviene del pueblo contribuye a la proliferación de algas, lo cual afecta en gran manera los ecosistemas de arrecife, impidiendo su desarrollo. Los pastos marinos aunque se encuentran encenagados en esta parte de la isla, no se ven tan afectados por esta situación (Grelot & Valade, 2002).

Los niveles altos de metano también pueden estar asociados con anoxia en el ecosistema de manglar (Binghman & Kathiresan, 2001). El flujo de metano proveniente de los sedimentos está fuertemente influenciado por los vertidos humanos y la entrada de nutrientes (Sotomayor et al, 1994; Giani *et al.* 1996 citado por Binghman & Kathiresan, 2001). Debido a las fuertes concentraciones de coliformes fecales encontrados en los vertidos del estudio de calidad de aguas para Utila, el origen de los mismos es sin duda humano. De acuerdo con un estudio publicado por FAO (1997) esto también puede afectar el sistema radicular y los propágulos de los manglares, ya que los mismos se descomponen rápidamente bajo suelos con contaminación de aguas fecales y residuos.

Así mismo, se mostraron niveles altos de hidrocarburos aromáticos en los sedimentos debidos al derrame de combustible en los botes que transitan por el pueblo de Utila. Según IPIECA³ (1993), los hidrocarburos afectan la capacidad de los manglares de captar el oxígeno ya que tapan las lenticelas de las raíces, impidiendo con esto el intercambio de oxígeno. Otra de las consecuencias de la contaminación por hidrocarburos es la defoliación de los árboles, que acorde con Lamparelli *et al.* (1997, citado por Binghman

³ International Petroleum Industry Environmental Conservation Association.

& Kathiresan, 2001), causa un 25.9% de defoliación en *Rhizophora mangle*. De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, el número de hojas es menor en East Harbour que en Turtle Harbour, incluso este dato es menor que el número normal de hojas para *Rhizophora*. Por lo cual se puede suponer que el impacto de los hidrocarburos está causando una defoliación de manglares en el área urbana. Según Burns *et al.* (1994, citado por Bingham & Kathiresan, 2001), se necesitan alrededor de 20 años para que la toxicidad de los hidrocarburos desaparezca en los sedimentos, haciendo con esto a los manglares más vulnerables a daños posteriores.

En cuanto a la elongación de las hojas y el área foliar, los resultados son mayores en Turtle Harbour que en East Harbour. Lo cual puede deberse a los niveles de potasio en el suelo, que de acuerdo con Silva y Mozeto (1997, citado por Bingham & Kathiresan, 2001), el potasio se encuentra limitado frente a concentraciones bajas de carbonato de calcio. Según Grelot & Valade (2002), el carbonato de calcio en Utila está relacionado en su mayor parte con los arrecifes de coral, por ser el elemento constitutivo del esqueleto de los mismos y por encontrarse en cantidades insignificantes en la parte terrestre de la isla. Tal como se mencionó anteriormente, los arrecifes de coral están más afectados en el pueblo de Utila que en Turtle Harbour, lo cual limita las cantidades disponibles de potasio para la planta y con esto es menor la elongación de las hojas y el área foliar.

Por otra parte, el incremento en estructura es de 367% desde 1990 al 2005, la tala y los desechos sólidos (789.34 t/año) modifica el carácter físico del manglar, alterando drásticamente el sistema. De acuerdo con Rey *et al.* (1990, citado por Bingham & Kathiresan, 2001), tratar de recobrar el ecosistema de manglar después de un efecto tan severo es casi imposible. Otra posible consecuencia de este impacto es la modificación en los niveles de sedimentación. Acorde a Furukawa (1997), se pierden de 10-12 kg de sedimento por metro cuadrado, interfiriendo a su vez con la aireación de las raíces. Si se pierden en Utila los manglares (1,566 ha) se verterían 187,920 toneladas de sedimento al mar causando problemas catastróficos al medio en general.

Conforme a Kaly *et al.* (1997, citado por Bingham & Kathiresan, 2001), el daño a los manglares puede disminuir la capacidad de los suelos de retener los nutrientes, tanto de fósforo como nitrógeno, los mismos que limitan el crecimiento de los manglares si se encuentran en bajas concentraciones. Por lo cual, está puede ser una razón que justifique que en East Harbour, el crecimiento tanto de tallos como la altura total es menor con respecto a Turtle Harbour.

Talando los bosques de manglar o simplemente abriendo brechas se puede transformar las características físicas y químicas de los suelos (Ewel *et al.* 1998 citado por Bingham & Kathiresan, 2001), conduciendo a una anaerobiosis e incrementando los sulfitos en el sedimento (Ibrahim, 1990 citado por Bingham & Kathiresan, 2001). Según Youssef y Saenger (1998, citado por Bingham & Kathiresan, 2001), un nivel alto de sulfitos puede dañar a los manglares, causando el cierre de estomas, reduciendo el intercambio de gases y reducción del crecimiento.

La entrada de metales pesados puede también incrementar la producción de sulfuros (Pb y Zn, metales en grandes concentraciones en el pueblo de Utila). Aunque los manglares no

son buenos indicadores de metales pesados por los mecanismos de extrusión que poseen y la baja disponibilidad de ellos en los sedimentos. Los disturbios en el sistema también pueden causar que los suelos pierdan la capacidad de retención de metales, resultando en una movilización de los mismos. Zheng (1997, citado por Bingham & Kathiresan, 2001), menciona que suelos contaminados por Cu o Zn segregan ácidos orgánicos que pueden solubilizar los metales. De acuerdo con Komiyama *et al.* (1996 citado por Bingham & Kathiresan, 2001), *Rhizophora* plantada en un área contaminada por metales pesados mostró una alta mortalidad (aproximadamente 47% en los primeros 4 años). Debido a las concentraciones de zinc en los sedimentos y el gran disturbio puede que la capacidad de los suelos de retener los metales se esté perdiendo en East Harbour y que el plomo afecte a los manglares, limitando su desarrollo e incluso la muerte de los mismos.

La continuación del desarrollo urbano incontrolado como el actual podría conducir rápidamente a una fuerte degradación del ambiente en la bahía, tal como se analizó anteriormente para los manglares. Sin embargo, existe una situación controversial en Utila, ya que normalmente se puede pensar que se está degradando el ambiente a costa de mejorar la calidad de vida de las personas, pero un estudio realizado por el PNUD (2006), indica que la esperanza de vida estimada disminuyó en Utila, pasando de 70.4 años el 2002 a 69.2 años el 2004, el ingreso mensual per cápita se vio severamente afectado en la etapa del 2001 al 2002, en el cual el ingreso paso de L.3,920 a L.3,349 con un breve incremento, pero sin lograr reponerse en el 2004, alcanzando solamente L.3,702. Con lo cual, el índice del desarrollo humano se vio afectado pasando de 0.736 para el 2001 a 0.717 para el 2004.

Con relación a los planes y legislaciones desarrolladas en el Municipio de Utila existe un Plan Estratégico de Desarrollo Municipal (PEDM), que fue desarrollado para el periodo del 2005 al 2015, el cual es base para el Plan de Ordenamiento Territorial para el Municipio de Utila. En este documento se manifiesta que uno de sus objetivos generales y su misión están encaminados a un desarrollo integral en el Municipio de Utila, así mismo se traza la visión para el año 2015 de “Contar con un municipio con todas las necesidades municipales satisfechas para una población isleña, mediante el desarrollo sostenible y la conservación de sus recursos y vida silvestre para una mejor calidad de vida y contando con infraestructura y servicios adecuados para el turista”.

Algunas de las políticas estratégicas para el plan son el uso y manejo de los recursos naturales y el fomento desde la infancia para la protección de los recursos naturales. Sin embargo, debido a un presupuesto insuficiente, se priorizaron los proyectos a desarrollarse en el plan. Los proyectos prioritarios en gran porcentaje están relacionados con el programa de infraestructura social y vial en Utila, llegando a constituir 11 proyectos con un presupuesto alrededor de L. 50, 000,000 y por otra parte en el programa de recursos naturales sólo existe un proyecto sin un presupuesto definido de educación ambiental para la protección de los recursos marinos que se realizarán únicamente para los residentes de la isla, dejando de lado a los turistas. Este tema es muy controversial, ya que sí por un lado se está consciente de algunos de los problemas ambientales por los cuales se atraviesa, tal como lo demuestra el plan y tanto como la visión y misión están enfocados en lograr un desarrollo integral, los proyectos que se priorizaron no van acordes

con el plan, ni tratan de solucionar las problemáticas que existen y que podrían acrecentarse en un futuro cercano.

Utila, un sitio en el que su economía depende casi en su totalidad del turismo, no puede dejar de lado sus recursos naturales, ya que éstos son la base y el motor para el desarrollo de la isla. Es necesario fomentar la investigación en estos ecosistemas y desarrollar un plan manejo integral de los mismos. Así mismo, es necesario establecer medidas de regulación y normalización adecuadas, que estén acordes con la Ley de Ordenamiento Territorial para Honduras con objeto de realizar una gestión integral y lograr un desarrollo sostenible de la Isla.

Según el análisis de la Ley de Ordenamiento Territorial en este estudio la isla de Utila corresponde al segundo tipo de entidad (entidad bajo régimen especial) porque es considerada una zona turística. Por lo cual, según la ley, estos espacios geográficos estarán sujetos al régimen nacional de administración amparados por legislación específica o manejo especial. Por lo tanto, se debe desarrollar el plan de ordenamiento territorial de áreas bajo régimen especial, el cual es un instrumento técnico de regulación territorial de estos espacios que tratan de lograr un equilibrio entre el desarrollo de los espacios geográficos, la calidad de vida de los pobladores, la calidad ambiental en estos sitios y el uso racional del territorio.

5. CONCLUSIONES

- Los manglares a pesar de su vasta importancia en la isla de Utila, el fenómeno de expansión urbana está generando una transformación de la estructura fisiológica de los mismos, ya que cerca a la zona urbanizada (East Harbour) se presenta una menor altura de tallos y altura total que el área protegida (Turtle Harbour), a diferencia de la altura de las raíces, lo cual no fue estadísticamente significativa.
- El área foliar y el número de hojas son menores en el área urbanizada, lo cual puede afectar su tasa fotosintética y disminuir con esto su crecimiento. El número de hojas, incluso está por debajo del número normal de hojas en *Rhizophora* (8 hojas/rama).
- La biomasa es menor en East Harbour (59 kg/m^2) que en Turtle Harbour (83 kg/m^2), contrario a la densidad, en el que existen 3 árboles/m^2 y 2.1 árboles/m^2 respectivamente.
- Aunque los individuos en East Harbour son de la misma edad que los encontrados en Turtle Harbour, la salud del mangle en East Harbour se encuentra muy deteriorada porque se presenta una gran proporción de raíces peladas y muertas, lo que es contrario a la proporción de raíces enterradas.
- Es evidente que existe una expansión urbana sobrepasando la capacidad de carga del sistema, ya que existe un incremento del 367% en el número de construcciones en la isla durante el periodo de 1990 al 2005 y los desechos sólidos ascienden a 789 t/año.
- Existe una contaminación por hidrocarburos poliaromáticos (HPA) y de metales pesados en los sedimentos, tales como zinc (Zn) y plomo (Pb), los cuales pueden limitar el desarrollo de los manglares e incluso pueden causar la muerte de estos individuos. Las altas concentraciones de coliformes fecales en periodos lluviosos manifiesta que existe un impacto humano en la zona.

6. RECOMENDACIONES

- Es necesario la revisión del Plan Estratégico de Desarrollo Municipal, base para la implementación de la Ley de Ordenamiento Territorial para Honduras, con objeto de desarrollar un Plan de Ordenamiento Territorial en Utila.
- Fomentar la investigación de los recursos genéticos de estas comunidades, mediante el financiamiento y monitoreo a los centros de investigación que se desarrollan en la zona.
- Efectuar estudios a largo plazo en el ecosistema de manglar y también las interacciones con otros ecosistemas, tales como: arrecifes de coral y pastos marinos que permita dar una información más validada y respaldada para la toma de decisiones pertinentes con respecto al uso de los recursos.
- Desarrollar un programa de educación para los residentes isleños, turistas y a los funcionarios de la Alcaldía Municipal, con objeto de capacitar y dar a conocer a la gente sobre el buen uso y manejo de los recursos naturales con que cuenta la isla de Utila para promover planes de desarrollo sostenible. Así también, el involucramiento de los mismos en los planes de manejo con objeto de hacer viable el manejo sustentable de los recursos.
- Desarrollar una norma que establezca los parámetros de calidad de agua costera en Honduras, que determine las máximas concentraciones permitidas, las cuales vayan acordes con los requerimientos de los ecosistemas marinos. Las altas concentraciones de plomo y zinc en la isla, manifiesta que es necesario realizar más estudios sobre estos metales pesados, que no sólo afectan los manglares, sino en mayor manera la fauna que en Utila existe. Además por las concentraciones elevadas de hidrocarburos es recomendable el control y el mantenimiento de la flota marina que transita por la zona.
- En Utila es necesaria la construcción de un relleno sanitario adecuado, mejorar el servicio de recolección de desechos en la isla. Además de construir un sistema de recolección de las aguas residuales, que minimice el impacto de los desechos tanto sólidos como líquidos en los ecosistemas marinos.
- Establecer la capacidad de carga de la isla de Utila, a través de estudios, basados en la infraestructura física, capital humano con que cuenta, crecimiento económico que podría generarse y lo más relevante el impacto y la vulnerabilidad de sus ecosistemas.

7. BIBLIOGRAFÍA

AAAS.2000. Population and ecosystems: mangroves and estuaries (en línea). Atlas of population and environment. Consultado 7 may. 2008. Disponible en: <http://www.ourplanet.com>

Arias, E.; Blackwell, P.; Edwards, A.; Gall, A.; Gorczynska, M.; Harborne, A.; Linderman, K.; Llewellyn, G.; Llewellyn, W.; Mumby, P.; Pescod, C.; Renken, H.; Wabnitz, C. 2003. Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean (en línea). Nature. v. 427: 533-536. Consultado 7 may. 2008. Disponible en: www.nature.com

Bak, H; Claude, J. 2002. Proyecto manejo ambiental de las Islas de la Bahía: parque marino de las Islas de la Bahía. Sistema de áreas protegidas terrestres (SAPT) (en línea). Islas de la Bahía, HN. Consultado 17 ago. 2008. Disponible en <http://www.thebayislands.org>

Banco Mundial. 2005. The dynamics of global urban expansion (en línea). Washington, DC. Consultado 10 ago. 2008. Disponible en: <http://www.citiesalliance.org>

BID. 2001. Diagnostico institucional del municipio de Utila (en línea). Islas de la Bahía, HN. 105 p.

Bingham, B.; Kathiresan, K. 2001. Biology of mangroves and mangrove ecosystems. Advances in marine biology. v. 40: 81-251

CARICOMP. 2001. Manual of methods for mapping and monitoring of physical and biological parameters in the coastal zone of the Caribbean (en línea). Consultado 24 feb. 2008. Disponible en: <http://www.ccdc.org.jm>

Congreso Nacional de Honduras. 2003. Ley de ordenamiento territorial:. Decreto No. 180-2003. (en línea). Consultado 10 ago. 2008. Disponible en: <http://www.angelfire.com>

EJF. 2006. Mangroves, nature's defence against tsunamis: a report on the impact of mangrove loss and shrimp farm development on coastal defences (en línea). Environmental justice foundation, London, UK. Consultado 11 ago. 2008. Disponible en: <http://www.ejfoundation.org>

FAO.1997. Función protectora y ambiental de los recursos forestales: Protección de humedales y áreas costeras y su hábitat (en línea). Actas del XI Congreso Forestal

Mundial. Turquía. v. 2 (no. 11): 322-333. Consultado 16 ago. 2008. Disponible en: <http://www.fao.org>

FAO. 2007. The world's mangroves 1980-2005 (en línea). Roma. Consultado 12 ago. 2008. Disponible en: <http://www.fao.org>

Flores, E. 2001. Proyecto manejo ambiental de las Islas de la Bahía: diagnóstico socio ambiental y económico de la sociedad isleña (en línea). Islas de la Bahía, HN. Consultado 16 ago 2008. Disponible en <http://www.thebayislands.org>

Furukawa, K.; Mueller, H.; Wolanski, E. 1997. Currents and sediment transport in mangrove forests (en línea). Estuarine, coastal and shelf science. v. 44 (no. 3): 301-310. Consultado 17 ago. 2008. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com>

Grelot, J.; Valade, I. 2001. Proyecto manejo ambiental de las Islas de la Bahía: esquema director de manejo ambiental de las Islas de la Bahía (en línea). Islas de la Bahía, HN. Consultado 16 ago. 2008. Disponible en <http://www.islasdelabahia.org>

INE HONDURAS. 2001. Censo 2001. Poblaciones en viviendas con necesidades básicas insatisfechas. Consultado 10 ago. 2008. Disponible en: <http://www.ine-hn.org>

INE HONDURAS. 2007. Última encuesta de hogares revela disminución de pobreza en Honduras (en línea). Consultado 10 sep. 2008. Disponible en: <http://www.ine-hn.org>

IPIECA. 1993. Impactos biológicos de la contaminación por hidrocarburos: manglares (en línea). Serie de informes de IPIECA. Reino Unido. v. 4: 1-24. Consultado 16 ago. 2008. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com>

Lafforgue, M.; Salbert, V.; Pateron, C.; Ricard, M. 2000. Diagnóstico de calidad de aguas de Islas de la Bahía (en línea). Islas de la Bahía, HN. Consultado 14 ago. 2008. Disponible en <http://www.thebayislands.org>

Lebigre, J. 2000. Proyecto manejo ambiental de las Islas de la Bahía: los humedales de manglar del archipiélago de las Islas de la Bahía (en línea). Islas de la Bahía, HN. Consultado 14 ago. 2008. Disponible en <http://www.thebayislands.org>

Lee, G. 2003. Mangroves in the northern territory: Department of infrastructure, planning and environment, Darwin (en línea). Consultado 8 jul. 2008. Disponible en: <http://www.nt.gov.au>

López, E. (2001). El manglar es vida, que viva el manglar. (en línea). Consultado 16 may 2007. Disponible en: <http://www.wrm.org.uy>

Lwasa, S. 2004. Urban Expansion processes of Kampala in Uganda: perspectives on contrasts with cities of developed countries (en línea). Consultado 11 ago. 2008. Disponible en: <http://www.populationenvironmentresearch.org>

Manglares de Utila. 2007. Manglares de utila: la amenaza de la construcción ilegal. HN. 6 p.

McKee, K. 2002. Mangrove ecosystems: definitions, distribution, zonation, forest structure, trophic structure, and ecological significance (en línea). Mangrove ecology workshop manual. 1-6 p. Consultado 8 jul. 2008. Disponible en: <http://www.reefball.com>

Mumby, P. 2006. Connectivity of reef fish between mangroves and coral reefs: algorithms for the design of marine reserves at seascape scales (en línea). Biological conservation. v. 128 (no. 2): 215-222. Consultado 10 abr. 2008. Disponible en: www.sciencedirect.com

Municipalidad de Utila. 2005. Plan estratégico de desarrollo municipal. HN. 49 p.

PNUD. 2003. Segundo informe sobre desarrollo humano en Centroamérica y Panamá: El desafío de la gestión ambiental. Costa Rica. 144 p.

PNUD. 2006. Índice de desarrollo humano según municipio. Honduras.

Seguinot, J. 2002. Concentración de metales en el área manglar de mar Negro, reserva nacional de investigación estuarina (Guayama-Salinas), Puerto Rico (en línea). PR. Consultado 2 sep. 2008. Disponible en <http://ctp.uprm.edu>

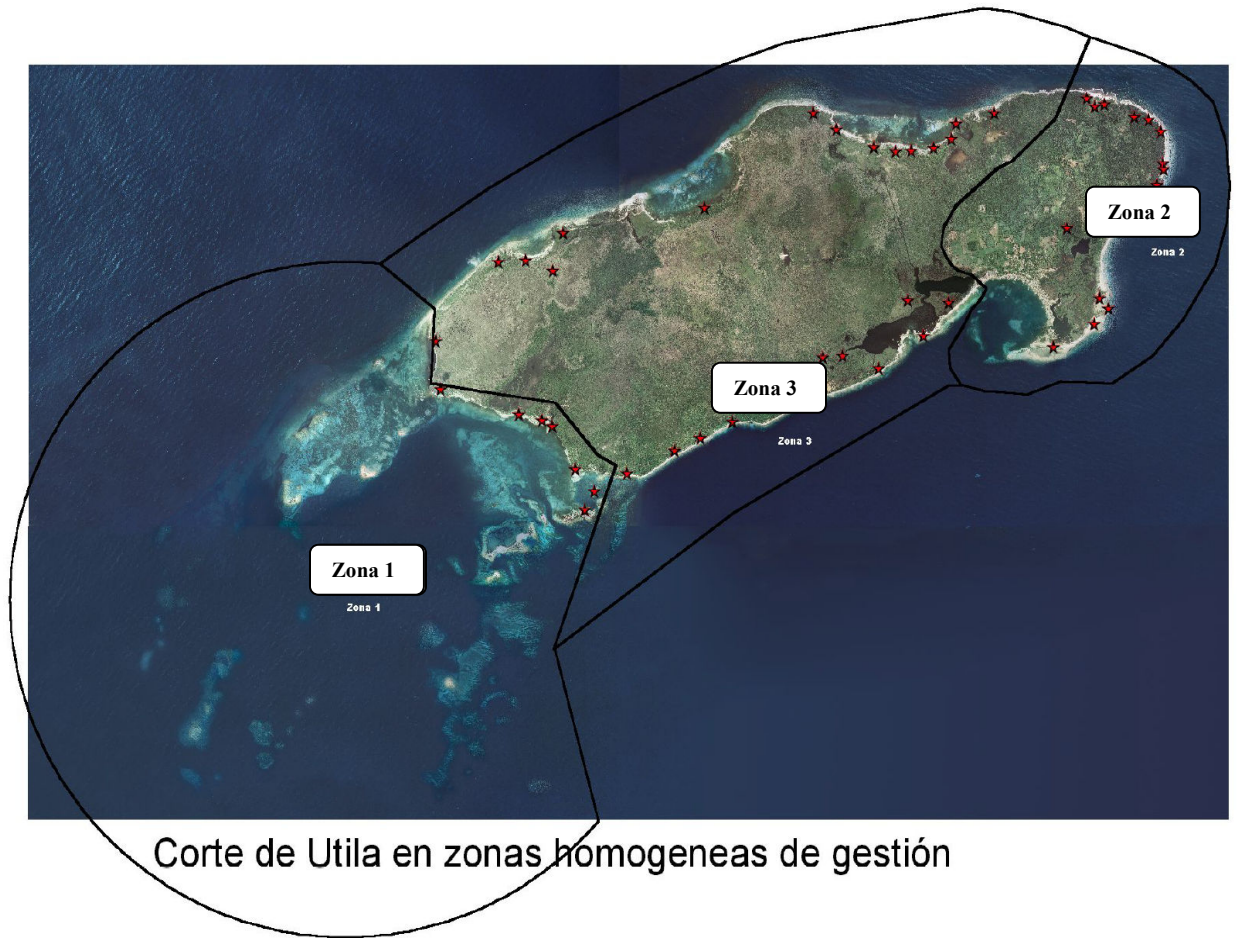
Steer, R; Arias, F; Ramos, A; Sierra, P; Alonso, A; Ocampo, P. 1997. Documento base para la elaboración de la “política nacional de ordenamiento integrado de las zonas costeras colombianas” (en línea). Colombia, INVEMAR. Consultado 21 ago. 2008. Disponible en <http://www.invemar.org.co>

URS Holdings, Inc. 2006. Anteproyecto de calidad de aguas marinas y costeras. Panamá (en línea). Consultado 10 ago. 2008. Disponible en: <http://www.anam.gob.pa>

Vatskalis, K. 2002. Mangrove management in the northern territory (en línea). Department of infrastructure, planning and environment. Consultado 11 ago. 2008. Disponible en: <http://www.ipe.nt.gov.au>

Villalba, J. 2008. Los manglares en el mundo y en Colombia: estudio descriptivo básico (en línea). Colombia. Consultado 8 jul. 2008. Disponible en: <http://www.sogeocol.edu.co>

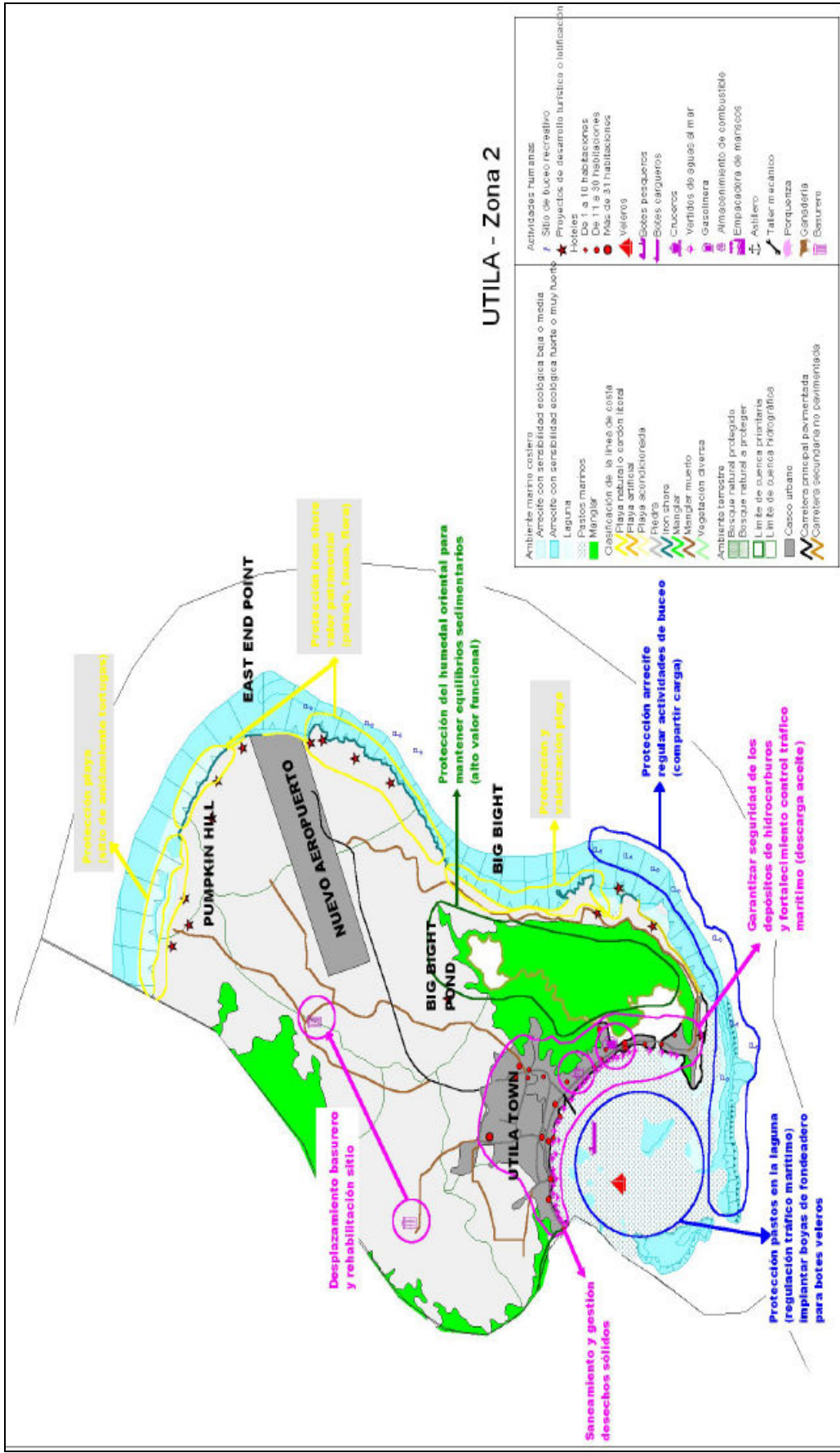
8. ANEXOS

Anexo 1. Zonificación de Utila

Corte de Utila en zonas homogéneas de gestión

Fuente: Esquema Director de Manejo Ambiental de las Islas de la Bahía, 2002.

Anexo 2. Útila-Zona 2



Fuente: Grelot & Valade, 2002.

Anexo 3. Ubicación de East Harbour y Turtle Harbour-Utila

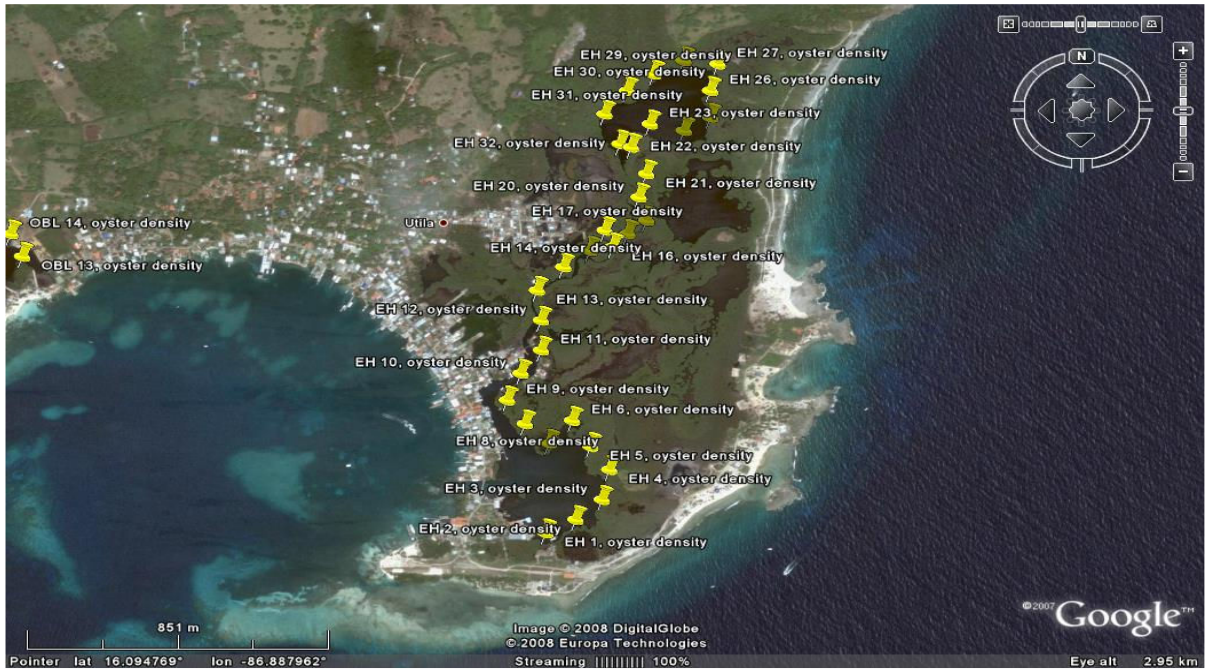


Corte de Utila en zonas homogéneas de gestión

Fuente: Grelot & Valade, 2002.

Anexo 4. Puntos de muestreo en East Harbour y Turtle Harbour

East Harbour



Turtle Harbour



Fuente: Google Earth, 2008

Anexo 5. Normas de calidad de aguas marinas y costeras de Panamá

Tabla 1
Requisitos de Calidad

Parámetros	Unidades	Valor	Métodos
pH		6.0 – 9.0	SM4500-H /EPA 150.1
Oxígeno Disuelto	mg/l	>4.0	SM4500-OG/EPA 360.1
Turbiedad	NTU	<25.0	SM2130B/EPA 180.1
Transparencia	m	±10% ⁽¹⁾	Disco Secchi
Color	Pt-Co	<25.0	SM2120B/EPA 110.2
Sólidos Sedimentables	mg/l	<5.0	SM2540F/EPA160.5
Sólidos Disueltos	mg/l	<35,000	SM2540C/EPA 160.1
Sólidos Suspendidos	mg/l	<50.0	SM2540C/EPA160.2
Sólidos Totales	mg/l	<36,000	SM2540C/EPA 160.3
Olor	TON	No Perceptible	SM2150B/EPA140.1
Compuestos inorgánicos y metales			
Cianuros	mg/l	<0.02	SM4500CN /EPA352.2/ EPA335.2 335.3-
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	<0.50	SM4500NH3-H /EPA 350.1
Detergentes	mg/l	<0.50	SM5540C/EPA425.1
Arsénico	mg/l	< 0.05	SM3500As/SM3120B /EPA 200.9
Estaño (Sn)	mg/l	<0.5	SM3111B/SM3112B/ EPA 236.1 ²
Cromo (Cr)	mg/l	<0.05	SM5540C/EPA 218.2
Cadmio (Cd)	mg/l	<0.005	SM 3120 B/EPA 213.2
Plomo (Pb)	mg/l	<0.01	SM 3120 B/EPA 200.7
Zinc (Zn)	mg/l	<1.00	SM5540C/EPA 200.7
Hierro (Fe)	mg/l	<0.50	SM3111B/EPA 200.7 ²
Mercurio (Hg)	mg/l	<0.001	SM3111B/EPA 245.1 ²
Parámetros Biológicos y Bioquímicos			
Enterococos	NMP /	<50	EPA1106.1
Coliformes Totales	NMP /	<500	EPA 1604
Coliformes Fecales	NMP /	<50	SM9221E/SM9222E
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	<2	SM5210B/ 405.1
Compuestos Orgánicos			
Aceites y Grasas	mg/l	<0.50	SM 5520C/ SM 5520D/EPA 1664/ EPA 413.1
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/l	<0.05	SM 5520 F/EPA 1664
Plaguicidas Organoclorados	mg/l	<0.005	SM 6630B/ SM 6630 C/ SM 6630D/EPA
Plaguicidas Organofosforados	mg/l	<0.005	EPA 614/8141

(1) La transparencia no debe ser mayor o menor del 10% de las condiciones naturales en cada sitio de muestreo

(2) EPA – Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. SM – Métodos Estándares para la Examinación de Aguas y Aguas Residuales (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater)

Anexo 6. Estándares de calidad de agua costera establecidos por Puerto Rico

Estándares establecidos por la JCA de Puerto Rico.

Tabla 2. Características Tóxicas de Contaminantes y su Niveles de Regulación.

<i>EPA Num.</i>	<i>Contaminante</i>	<i>Referencia Tóxica Cronica (mg/L)</i>	<i>Niveles Regulatorios (mg/L)</i>
<i>D004</i>	Arsenico	0.05	5.0
<i>D006</i>	Cadmio	0.01	1.0
<i>D007</i>	Cromio	0.05	5.0
<i>D008</i>	Plomo	0.05	5.0
<i>D009</i>	Mercurio	0.002	0.2
<i>D011</i>	Plata	0.05	5.0

- Adoptado por la Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico (Juárez, 2002)

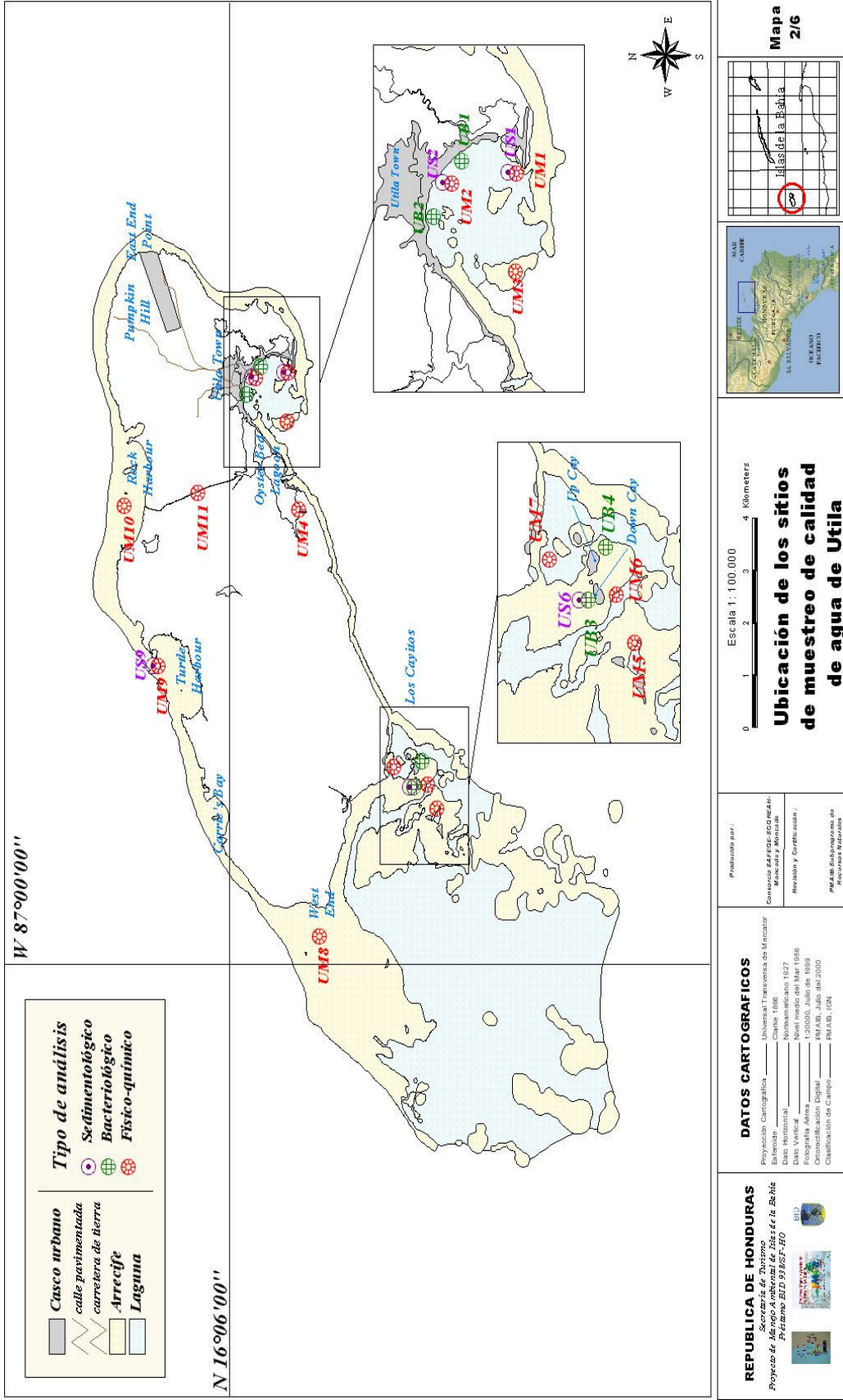
Tabla 3. Valores utilizado en la Evaluación Ecológica de Campo.

<i>Metales</i>	<i>mg/kg, peso seco</i>
<i>Arsénico</i>	8.2
<i>Cadmio</i>	1.2
<i>Cromio</i>	81
<i>Cobre</i>	34
<i>Plomo</i>	47
<i>Mercurio</i>	0.15
<i>Níquel</i>	21
<i>Plata</i>	1.0
<i>Zinc</i>	150

Guía para la Evaluación del Sedimento. New Jersey, Departamento de Protección Ambiental. Noviembre, 1998.

Fuente: Seguinot 2002

Anexo 7. Análisis de calidad de agua costera en la isla de Utila



Fuente: Lafforgue et al. 2000.