



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA**



INFORME FINAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**ANÁLISIS FUNCIONAL DE LOS MANGLARES ACHAPARRADOS DEL
ECOSISTEMA RÍO SARSTÚN EN EL CARIBE DE GUATEMALA**

GUATEMALA, ENERO 2,012

- **Programa:**

Programa Universitario de Investigación en Alimentación y Nutrición -PRUNIAN-

- **Título del proyecto:**

Análisis Funcional de los manglares achaparrados del Ecosistema Río Sarstún en el Caribe de Guatemala

- **Integrantes del Equipo de Investigación:**

Coordinador: M.Sc. Pedro Julio García Chacón
Investigadora: M.Sc. Irene Franco Arenales
Investigador: Lic. Julio Fernando García Vargas
Auxiliar de investigación: Alva Judith Montiel Montenegro

- **Fecha de Ejecución del Proyecto:**

Febrero – Diciembre 2,011

- **Instituciones Participantes y Co-Financiantes**

Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

Dirección General de Investigación

Universidad de San Carlos de Guatemala

RESUMEN

Los manglares en Guatemala según la Ley Forestal en su Artículo 35, están considerados dentro de los ecosistemas más amenazados del país, lo que ha llevado a restringir su uso y aprovechamiento.

En el Caribe de Guatemala no se ha realizado ningún estudio sobre las auténticas funcionalidades ecosistémicas de los manglares achaparrados, que contribuyan a la adecuada formulación de estrategias de protección, conservación y aprovechamiento.

Preocupa que los acelerados cambios que se están dando en la cuenca del Río Sarstún ocasionado entre otros factores por la deforestación, provoquen cambios negativos en el comportamiento biofísico de éste ecosistema y con ello se altere su composición y sus funciones vitales.

Este tipo de humedales, cuyo estrés en el que crecen no les permite un normal desarrollo fisiológico, se convierten en áreas vegetativas de gran importancia cubriendo áreas de espejo de agua de niveles fluctuantes en los cuales otras plantas no pueden crecer.

El presente proyecto de investigación permitió describir las características biológicas y físicas así como la descripción de la estructura y composición del manglar achaparrado del Río Sarstún *Rhizophora mangle*, para definir las funcionalidades del ecosistema.

Luego de los análisis realizados se determinó que no existe una alta correspondencia entre longitud total del tallo y su correspondiente grosor o diámetro.

La alcalinidad encontrada que fue de 6 mg/l, tiene sus implicaciones puesto que convierte a esas aguas en muy vulnerables a la contaminación y la eventual caída del pH.

El fósforo en forma de fosfatos expresó concentraciones bajas no superando en el mayor de los casos 1.5 mg/l, lo que sucedió en el sitio dos que está cercano a la boca barra.

En relación a la fauna ictica, de las diez especies capturadas, la especie más abundante fue palometa *Eugerres plumieri* con un 55.7%; seguida por la especie machaca *Brycon guatemalensis*. Ambas especies son de menor importancia comercial, comparadas con róbalo *Centropomus ensiferus* y chumbimba *Vieja maculicauda*, que son especies altamente preferidas por los compradores.

De acuerdo al índice de Margalef , $Diversidad = (S-1)/\ln N$, se encontró una riqueza de especies de 2.18, lo que lo cual se considera alto pues según (Margurran 1989 y Bonet, 2002), se puede considerar que existe alta diversidad en un sitio cuando las comunidades presentan valores de riqueza por arriba de 2.

Cuando se analizaron las conectividades, podemos decir que existe una alta conectividad dada por la estabilidad que le confiere el entramado de mangle a la ribera del río.

Por último el modelo funcional, responde al modelo de un ecosistema no fragmentado, puesto que no existen barreras físicas importantes.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	ANTECEDENTES	2
III.	JUSTIFICACIÓN	8
IV.	OBJETIVOS	9
	4.1 Objetivo general	9
	4.2 Objetivos específicos	9
V.	METODOLOGÍA	10
	5.1 Ubicación geográfica	11
	5.2 Diseño	12
	5.3 Caracterización biofísica de los componentes del ecosistema	15
	5.4 Conectividades	18
VI.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	19
	6.1 Estado biofísico del ecosistema	19
	6.2 Componente manglar achaparrado	25
	6.3 Componente suelo	42
	6.4 Componente agua	43
	6.5 Componente fauna íctica	52
	6.6 Conectividades	58
	6.7 Modelo funcional del manglar achaparrado del ecosistema Río Sarstún	60
VII.	CONCLUSIONES	62
VIII.	RECOMENDACIONES	63
IX.	BIBLIOGRAFÍA	64

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1	Media y desviación estándar de altura de mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle</i> para cálculo de muestra adecuada	25
Cuadro No. 2	Localización de sitios de monitoreo de mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle</i>	27
Cuadro No. 3	Descripción de los sitios de monitoreo	29
Cuadro No. 4	Longitud media de tallo principal en sitios de monitoreo de mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle</i>	32
Cuadro No. 5	Comparación de coeficientes de variación para longitud total de tallo principal en los sitios de monitoreo de mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle</i>	36
Cuadro No. 6	Análisis de varianza entre sitios	38
Cuadro No. 7	Densidad de árboles por hectárea de Mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle</i>	39
Cuadro No. 8	Distancia entre árboles de Mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle</i>	40
Cuadro No. 9	Comparación de parámetros de calidad del agua en el tiempo en zonas ocupadas por manglares achaparrados <i>Rhizophora</i>	43
Cuadro No. 10	Clasificación del poder amortiguante de las aguas	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1	Esquema metodológico	10
Figura No. 2	Ubicación geográfica humedal Río Sarstún	11
Figura No. 3	Manglares achaparrados río Sarstún	12
Figura No. 4	Sitios de monitoreo, Ecosistema Río Sarstún, Livingston Izabal, Caribe de Guatemala	13
Figura No. 5	Configuración del diseño de los transectos en los sitios de monitoreo, Ecosistema Río Sarstún	14
Figura No. 6	Medios naturales, Ecosistema Río Sarstún, Livingston Izabal, Caribe de Guatemala	24
Figura No. 7	Orientación de los transectos en los sitios de monitoreo de mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle</i> L., Ecosistema Río Sarstún	27
Figura No. 8	Localización de sitios de monitoreo de mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle</i> L. en los transectos	28
Figura No. 9	Coefficiente de correlación de la relación de longitud de tallo y diámetro de mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle</i> L.	31
Figura No. 10	Aspecto general de la arquitectura de la planta de mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle</i> L	32
Figura No. 11	Comparación de longitud media entre parcelas, transectos y sitios de la planta de mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle</i> L	33
Figura No. 12	Comparación de longitud media entre parcelas, transectos en el sitio uno Lagunita Creeck de la planta de mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle</i> L.	34
Figura No. 13	Comparación de longitud media entre parcelas, transectos en el sitio dos Lagunita Creeck de la planta de mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle</i> L.	34

Figura No. 14	Comparación de longitud media entre parcelas y transectos en el sitio tres Lagunita Creeck de la planta de mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle L.</i>	35
Figura No. 15	Comparación de longitud media entre parcelas y transectos en el sitio cuatro Laguna Grande de la planta de mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle L.</i>	35
Figura No. 16	Comparación de longitud media entre parcelas y transectos en el sitio cinco Cerro Blanco de la planta de mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle L.</i>	36
Figura No. 17	Comparación de coeficientes de variación entre parcelas y transectos de la planta de mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle L.</i>	37
Figura No. 18	Comparación del número de árboles por hectárea de mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle L.</i>	39
Figura No. 19	Distancia entre árboles de mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle L.</i> en los sitios de monitoreo	40
Figura No. 20	Disposición de los árboles de mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle L.</i> en los sitios de monitoreo (Trabajo de campo 2011)	41
Figura No. 21	Aspecto general del suelo o sustrato de anclaje o enraizamiento del mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle L.</i>	42
Figura No. 22	Suelo inundado producto de la dinámica de mareas en mangle achaparrado <i>Rhizophora mangle L.</i>	42
Figura No. 23	Comportamiento del oxígeno durante los meses de abril a agosto en zonas ocupadas por manglares achaparrados <i>Rhizophora mangle L.</i>	43
Figura No. 24	Comportamiento del ph durante los meses de abril a agosto en zonas ocupadas por manglares achaparrados <i>Rhizophora mangle L.</i>	44
Figura No. 25	Comportamiento de la dureza durante los meses de abril a agosto en zonas ocupadas por manglares achaparrados <i>Rhizophora mangle L.</i>	44

Figura No. 26	Comportamiento de la alcalinidad en el tiempo en zonas ocupadas por manglares achaparrados <i>Rhizophora mangle L.</i>	45
Figura No. 27	Comportamiento de la temperatura en los sitios de monitoreo de manglar achaparrados <i>Rhizophora mangle L.</i>	46
Figura No. 28	Comportamiento del pH en los sitios de monitoreo de manglar achaparrados <i>Rhizophora mangle L.</i>	46
Figura No. 29	Comportamiento de la conductividad eléctrica en los sitios de monitoreo de manglar achaparrados <i>Rhizophora mangle L.</i>	47
Figura No. 30	Comportamiento de la salinidad en los sitios de monitoreo de manglar achaparrados <i>Rhizophora mangle L.</i>	47
Figura No. 31	Comportamiento de los nitratos en los sitios de monitoreo de manglar achaparrados <i>Rhizophora mangle L.</i>	48
Figura No. 32	Comportamiento de los nitritos en los sitios de monitoreo de manglar achaparrados <i>Rhizophora mangle L.</i>	49
Figura No. 33	Comportamiento de los sulfatos en los sitios de monitoreo de manglar achaparrados <i>Rhizophora mangle L.</i>	50
Figura No. 34	Comportamiento de los fosfatos en los sitios de monitoreo de manglar achaparrados <i>Rhizophora mangle L.</i>	50
Figura No. 35	Lances realizados desde la boca barra hacia el interior del río en sitios aledaños al manglar achaparrados <i>Rhizophora mangle L.</i>	52
Figura No. 36	<i>Vieja maculicauda</i>	53
Figura No. 37	<i>Eugerres plumieri</i>	53
Figura No. 38	<i>Centropomus ensiferus</i>	54
Figura No. 39	<i>Brycon guatemalensis</i>	54

Figura No. 40	<i>Mugil cephalus</i>	54
Figura No. 41	<i>Ictalurus furcatus</i>	55
Figura No. 42	<i>Caranx latus</i>	55
Figura No. 43	<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	56
Figura No. 44	<i>Parachromis managuensis</i>	56
Figura No. 45	Abundancia de especies	57
Figura No. 46	Aproximación de posición alimenticia de las especies encontradas en el ecosistema manglar achaparrado del río Sarstún	59
Figura No. 47	Localización del mangle achaparrado en el ecosistema río Sarstún <i>Rhizophora mangle L.</i>	60
Figura No. 48	Modelo funcional mangle achaparrado en el ecosistema río Sarstún <i>Rhizophora mangle L.</i>	61

I. INTRODUCCIÓN

El manglar es un ecosistema marino–costero pantropical, que lo ubica exclusivamente en la franja tropical del planeta, constituyéndose en un ecosistema único e irremplazable.

Se considera como uno de los ecosistemas más productivos del mundo ya que representan el nicho de muchas especies de animales que dependen directa o indirectamente de él.

Los manglares achaparrados en el Caribe de Guatemala localizados principalmente en las cercanías al Río Sarstún y predominantemente del género *Rizophora*, se desarrollan bajo condiciones muy particulares dadas entre otros factores por la salinidad, suelos kársticos y una topografía plana fácilmente inundable; estas condiciones del medio provocan, que no desarrollen un fuste de grandes proporciones forestales comunes para la especie en condiciones favorables, sin embargo su presencia en el área es vital, ya que generan un ecosistema muy particular pero seguramente muy vulnerable

El objetivo principal de esta investigación fue desarrollar un modelo funcional de manglar del ecosistema Río Sarstún, que describe comportamientos del medio natural, contribuyendo así a la generación de información científica que permita el manejo adecuado del mismo bajo un enfoque ecosistémico.

En once meses se desarrollaron visitas al área y mediciones de parámetros físicos, químicos y biológicos que permitieron establecer que el ecosistema es vulnerable y deben mantenerse sus funciones, lo cual se puede lograr manteniendo su estructura.

II. ANTECEDENTES

En 1999 la Oficina Técnica de Biodiversidad de Guatemala – CONAP creó “La Estrategia Nacional para la Conservación y el Uso Sostenible de la Biodiversidad” con el fin de orientar, coordinar y ordenar las acciones de los actores principales relacionados con la biodiversidad, para que, en conjunto, se alcancen la conservación y el uso sostenible de los recursos vivientes.

En julio del año 1999, el Instituto Nacional de Bosques -INAB-, con el apoyo de La Unión Mundial para la Naturaleza,-UICN-, publicó el “Reglamento para el Aprovechamiento del Mangle”, considerando que es de interés nacional la protección, conservación y restauración de los ecosistemas de manglar y que el aprovechamiento de árboles de estos ecosistemas debe ser objeto de una reglamentación especial.

El objetivo de este reglamento es dictar las normas para la adecuada aplicación del mandato contenido en la Ley Forestal en cuanto al aprovechamiento de árboles del ecosistema manglar, como parte integral del manejo sostenido de este tipo de ecosistema, este reglamento es de aplicación general en todas las áreas de vocación manglar, con excepción de las áreas declaradas como protegidas por las leyes.

García (2000) realizó la investigación titulada “Bases ecológicas de las funcionalidades del ecosistema manglar del pacífico de Guatemala”, la cual tuvo como objetivo la determinación de bases ecológicas, que permitieran establecer los indicadores que se deben aplicar para la generación de las directrices de uso y gestión de manglares en el pacífico guatemalteco. Los resultados evidencian un claro conocimiento de la evolución del ecosistema, la cual se ha encaminado al deterioro de los recursos naturales en el área. En el documento se proponen los indicadores de gestión ambiental para manglares entre estos se mencionan la cobertura de bosque, biomasa total, biomasa por especies, calidad del agua,

calidad de suelo, caudales, sedimentación, cantidad y calidad de poblaciones, entre otras.

García (2,001), publicó la tesis de maestría “Directrices de Gestión Ambiental en el Ecosistema Manglar y otros Medios Naturales del Parque Nacional Sipacate-Naranjo”, con el objetivo de generar las directrices de gestión ambiental para ser aplicadas en el Parque Nacional Sipacate - Naranjo. La propuesta pretende proporcionar información sobre la gestión y uso de los medios naturales que se deberían realizar dentro del parque. En forma general las directrices consisten en la zonificación del área utilizando el criterio biótico y geomorfológico, propuesta de un programa básico de actuación que incluyen las directrices para un plan de uso público, plan de investigación y manejo, programa de adquisiciones, concesiones y ampliaciones, plan forestal, ordenamiento pesquero, salinero, aprovechamiento ganadero y turístico-recreativo.

Fuentes (2,002), desarrolló el proyecto “Determinación de Presiones y Fuentes de Presión que Afectan la Biodiversidad del Parque Nacional Sipacate – Naranjo, La Gomera, Escuintla”. Concluyendo que el elemento principal de conservación en el parque, es el sistema de manglar y haciendo énfasis que el daño que están ocasionando las fuentes de presión a la biodiversidad en su totalidad son de origen humano. Entre las fuentes de presión se mencionan la contaminación del recurso hídrico, basureros a la orilla del río Acomé, cultivos de agro exportación, deforestación, etc. Recomendando así continuar con las investigaciones pertinentes en esta área para fortalecer y dar seguimiento a las políticas de conservación.

Los ecosistemas de manglares han sido sujetos a la presión de los habitantes de la zona costera. El mangle es cortado para la producción de carbón y leña, para la construcción de vivienda y utilizado como tutor del cultivo de pashte y tabaco. Sin embargo, el mayor problema para éste ecosistema lo constituye el cambio de uso de la tierra para usos agropecuarios en el mercado de exportación, el

establecimiento de salineras, la construcción de camaroneras y casas de veraneo y centros turísticos. Otra causa de desaparición del mangle parece ser el proceso de sedimentación e inundación que se produce en los esteros. Esto ocasiona la muerte de las plantas por ahogamiento e impide la regeneración natural, fenómeno que es resultado de la erosión de los suelos producidos por la deforestación. (FUNDAECO, 2002)

En la octava Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención sobre los Humedales de importancia Internacional (Ramsar) realizada en Valencia, España en noviembre del 2,002 se estableció la resolución viii.32 “Conservación, manejo integral y uso sostenible de los ecosistemas de manglar y sus recursos” en donde se reconoce la gran importancia de la amplia gama de bienes y servicios ecológicos que ofrece el ecosistema de manglar, así como su valor económico, social y ambiental para la pesca, la biodiversidad, la protección de las costas, las actividades recreativas, la educación y la calidad del agua costera y nerítica. Sin olvidar que el sustento de un gran número de comunidades locales y pueblos indígenas, depende de la productividad y salud de los ecosistemas de manglar.

Por estas razones se pide a las Partes Contratantes que cuentan con ecosistemas de manglares en sus territorios que revisen y, cuando sea apropiado, modifiquen, sus políticas y estrategias nacionales que puedan producir efectos nocivos a esos ecosistemas, y apliquen medidas para proteger y restaurar sus valores y funciones para las poblaciones humanas, reconociendo los derechos, usos y costumbres tradicionales de las mismas, y el mantenimiento de la biodiversidad, y colaboren a nivel internacional para acordar estrategias regionales y a nivel global para su protección.

También se pide que las Partes Contratantes con ecosistemas de manglar promuevan la conservación, manejo integrado y uso sostenible de los mismos, en el contexto de las políticas nacionales y los marcos reguladores y de conformidad

con evaluaciones ambientales y estratégicas de las actividades que puedan afectar directa o indirectamente a la estructura y función de los ecosistemas de manglar. Exhortando a los países miembros a que **actualicen sus informaciones sobre la cobertura de los ecosistemas de manglar y su estado de conservación**, así como las formas y los niveles de su uso de los mismos.

En Julio del 2,006 El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, a través de la Oficina Regional para América Latina y el Caribe, publico el comunicado de prensa titulado “La amenaza del Cambio Climático para los Manglares del Océano Pacífico. Estrategias que hacen frente a los Manglares de las Zonas Costeras” señaladas en el Nuevo Informe del PNUMA. Expresan la necesidad de actuar para conservar los manglares en el Pacífico en medio de la preocupación de que el incremento de los niveles de los océanos, vinculado con el cambio climático, está destinado a sumergir grandes áreas de estos bellos y económicamente importantes ecosistemas.

El informe también ofrece los elementos de las estrategias específicas de cada lugar que los gestores de zonas costeras pueden implementar para minimizar y contrarrestar las pérdidas anticipadas de manglares por los efectos del cambio climático. Lo anterior se concentra en las perspectivas comunitarias y en la gestión integral de zonas costeras así como en una conciencia pública en aumento y su alcance.

Trópico Verde publico en el año 2,006 un informe titulado “El Manglar de Guatemala sigue amenazado” donde se afirma que nuestros manglares han sufrido grandes alteraciones desde mediados de la década de 1950. Primero la agricultura, después la ganadería y más tarde la industria camaronera y turística desordenada han contribuido a que este ecosistema esté entre los más amenazados del país. Indicando con esto que la situación es preocupante y hace temer que, de no ponerse un alto, en la próxima década el manglar se encuentre extinto en las costas guatemaltecas. En este informe se indica que la costa litoral

del Pacífico de Guatemala, de una extensión de 254 Km., ha sufrido en pocos años la pérdida de la mayoría de los manglares que la ocupaban. Entre 1950 y 1965 se taló más de la mitad del manglar existente debido a la expansión de la industria algodonera, que causó la degradación irrecuperable de los suelos. Más tarde, cuando este cultivo comenzó a declinar, se empezaron a utilizar los terrenos remanentes de manglar para instalar estanques para salinas y para la cría del camarón. El manglar guatemalteco está hoy al borde de la desaparición, y el modelo económico que se está intentando imponer sin la participación de toda la ciudadanía supone un riesgo más.

En enero del 2006 El Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-, publicó la "Política Nacional de Humedales de Guatemala, en la cual reconoce el valor ecológico, económico y social de los humedales incluidos los ecosistemas de manglar, y consciente del estado de deterioro y degradación de los ecosistemas que los contienen, formula dicha política la cual contiene un marco integral y los lineamientos para propiciar un desarrollo social, económico y ecológico en el país. Este documento representa una orientación para la sociedad en general y los decisores del sector público y privado con el objetivo de conservar y utilizar racionalmente los humedales y cumplir con los compromisos adquiridos por el Estado en materia de protección ambiental y desarrollo humano.

García, 2007 publicó el informe final del proyecto de investigación titulado "Valoración económica y ordenamiento natural del modelado del complejo de humedales marino – costeros comprendidos entre el municipio de Iztapa, Escuintla y la Aldea La Candelaria, Taxisco, Santa Rosa con fines de aprovechamiento sustentable", identificando como principales actividades de uso y extracción de los recursos hidrobiológicos, la actividad pesquera para venta y consumo propio, el uso de recurso manglar para fines de construcción y leña, uso del recurso hídrico con fines domésticos, turísticos y de transporte. Y señalando como principales amenazas y fuentes de presión la tala inmoderada del recurso manglar, la contaminación del agua por desechos domésticos y principalmente por actividades

agropecuarias como el cultivo de caña, este último señalado como la principal fuente de contaminación del agua. Concluye que el manglar en este complejo de humedales tiene un valor potencial Q.35,463,750.00 en términos de leña que sería el mismo valor que se perdería si se termina el mangle, bajo este concepto. En este trabajo se evidencia la necesidad de dar seguimiento a los trabajos de investigación que promuevan la conservación de este ecosistema y sobre todo la gestión y manejo responsable de los recursos naturales que en él se encuentran.

III. JUSTIFICACIÓN

Las zonas costeras en general son regiones litorales marítimas con múltiples problemas asociados a su naturaleza y las crecientes intervenciones y amenazas que van en aumento producto del crecimiento demográfico y la mala interpretación de la gratuidad de los servicios ambientales de las mismas.

La costa del Caribe guatemalteco no escapa a los efectos sinérgicos de los inadecuados modelos de desarrollo costero que se realizan sin mayor aplicación de criterios de ordenamiento del territorio y poco conocimiento de las funcionalidades del ecosistema costero en general.

Si consideramos que los manglares desempeñan funciones vitales como sitios de cría de especies hidrobiológicas de interés comercial y otras especies constituyentes de las cadenas tróficas que aseguran la existencia del ecosistema, y la creciente demanda de servicios, diríamos que estamos frente a un ecosistema costero muy importante y prioritario

Un ecosistema de manglar saludable puede desempeñar un importante papel en la mitigación del cambio climático, del aumento del nivel del mar y de los efectos de las tormentas tropicales y otros fenómenos naturales cada vez, más frecuentes.

Es importante señalar que el ecosistema manglar en el Caribe de Guatemala representa el sustento de comunidades locales y regionales (Belice y Honduras), dependientes directa o indirectamente de la productividad y salud del mismo.

No obstante su riqueza e importancia ecológica, el manglar del Caribe se encuentra amenazado y poco conocido. Por lo anterior es sumamente urgente y necesario, generar información científicamente dirigida bajo un enfoque metodológico propuesto por el autor y que puede ser extrapolado a otras regiones del trópico, con el propósito de que existan bases sólidas para direccionar estrategias de protección, conservación y aprovechamiento del ecosistema manglar a partir de datos generados en el ecosistema manglar achaparrado del Río Sarstún en el Caribe de Guatemala.

IV. OBJETIVOS

- General:

Desarrollar un modelo funcional del manglar del ecosistema Río Sarstún

- Específicos:

1. Evaluar el estado biofísico del ecosistema.
2. Explicar la estructura y composición del ecosistema.
3. Describir las conectividades o rutas funcionales del ecosistema.

V. METODOLOGÍA

Al iniciar la descripción metodológica es necesario indicar que la misma se enmarca dentro de los tipos descriptivos, relacionales y explicativos.

El abordar funcionalidades ecosistémicas significa describir comportamientos, relacionar variables y explicar fenómenos que suceden de una forma determinada, dada la naturaleza de los componentes o elementos del medio natural y sus interacciones.

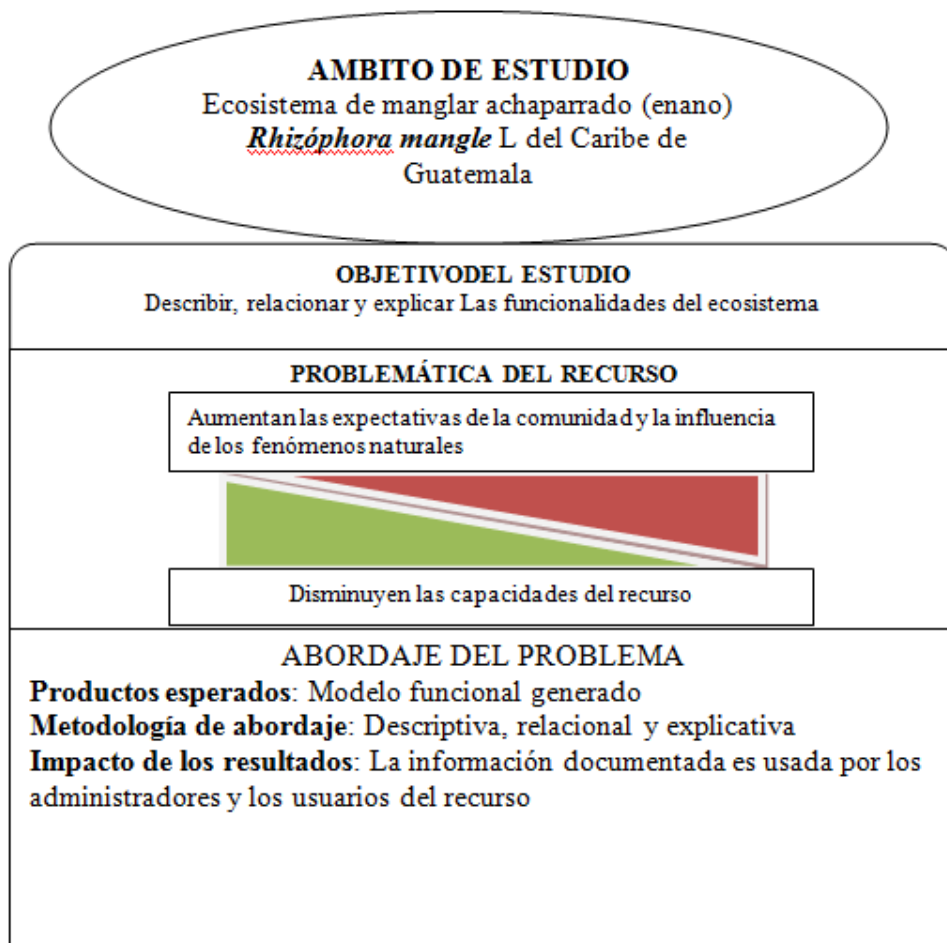


Figura No. 1. Esquema metodológico (Trabajo de campo, 2011)

5.1 Ubicación Geográfica:

El trabajo se desarrolló en el Caribe de Guatemala teniendo como principal sitio de muestreo, los humedales del Río Sarstún en el municipio de Livingston Izabal. El área de influencia general de la investigación fue el sistema de humedales costeros del Caribe de Guatemala.

Localización del trabajo de investigación
Principal sitio de monitoreo, Río Sarstún, en el Caribe de Guatemala

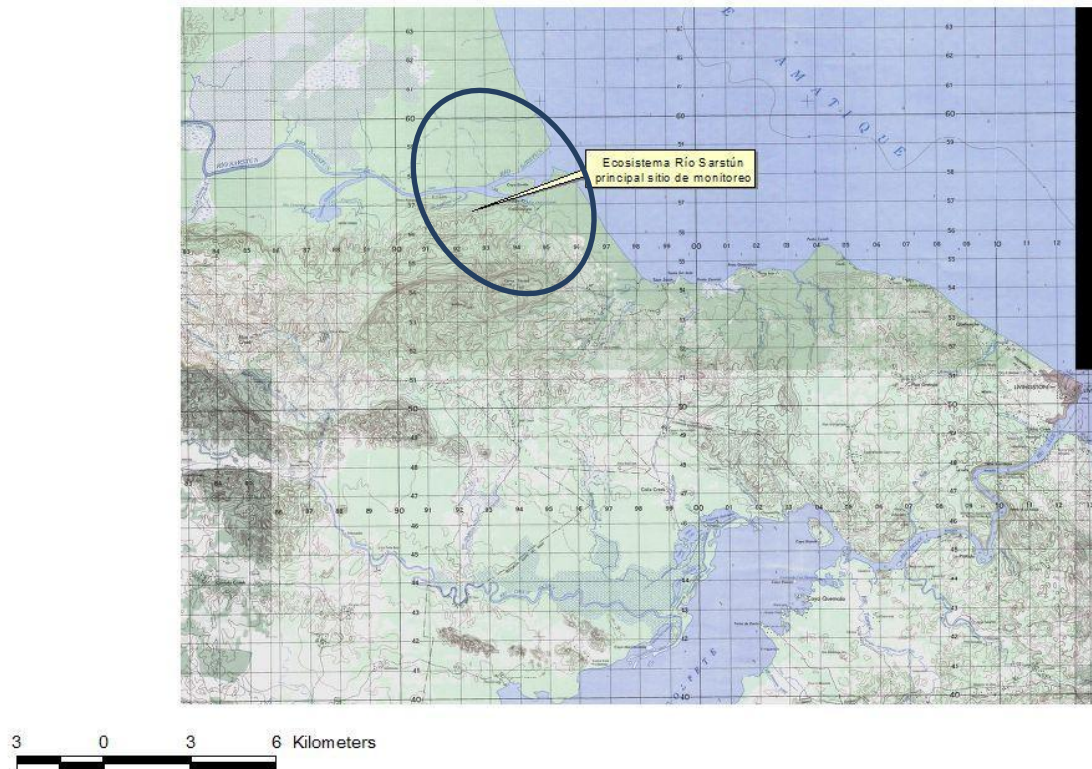


Figura No. 2. Ubicación geográfica humedal Río Sarstún

5.2 Diseño

Las hipótesis estadísticas se trabajaron bajo las siguientes condiciones:

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 = \mu_2$

Hipótesis alternativa $H_a: \mu_1 \neq \mu_2$

1. Nivel de significancia 0.05
2. Nivel de confiabilidad 0.95
3. Normalidad de los datos

- **Universo:** ecosistema de manglar achaparrado del río Sarstún



Figura No. 3 Manglares achaparrados río Sarstún (Trabajo de campo, 2011)

- **Muestra:** Se aplicó la metodología de muestreo generada por CARICOMP (2001) como complemento a metodología de transectos que fueron montados para tener mayor representatividad de la población
- **Unidad experimental:** Parcelas de muestreo permanente y temporal
Mangle: 5x5 m

Fauna íctica: se realizaron 5 lances en el interior del río, 5 lances entre el interior del río y la bocabarra río Sarstún y 5 lances en la bocabarra Río Sarstún.

- **Diseño experimental:** Consistió en la ubicación de dos transectos por sitio de muestreo y la delimitación de tres parcelas por transecto de tal manera que quedaran distribuidas considerando una parcela en la parte cercana al agua, una segunda al centro del transecto y una tercera parcela en el contacto del manglar achaparrado con el bosque mixto. Las comparaciones de los datos se realizaron bajo un nivel de significancia del 0.05 y un nivel de confiabilidad del 0.95



Figura No. 4 Sitios de monitoreo, Ecosistema Río Sarstún, Livingston Izabal, Caribe de Guatemala, (Trabajo de campo, 2011)

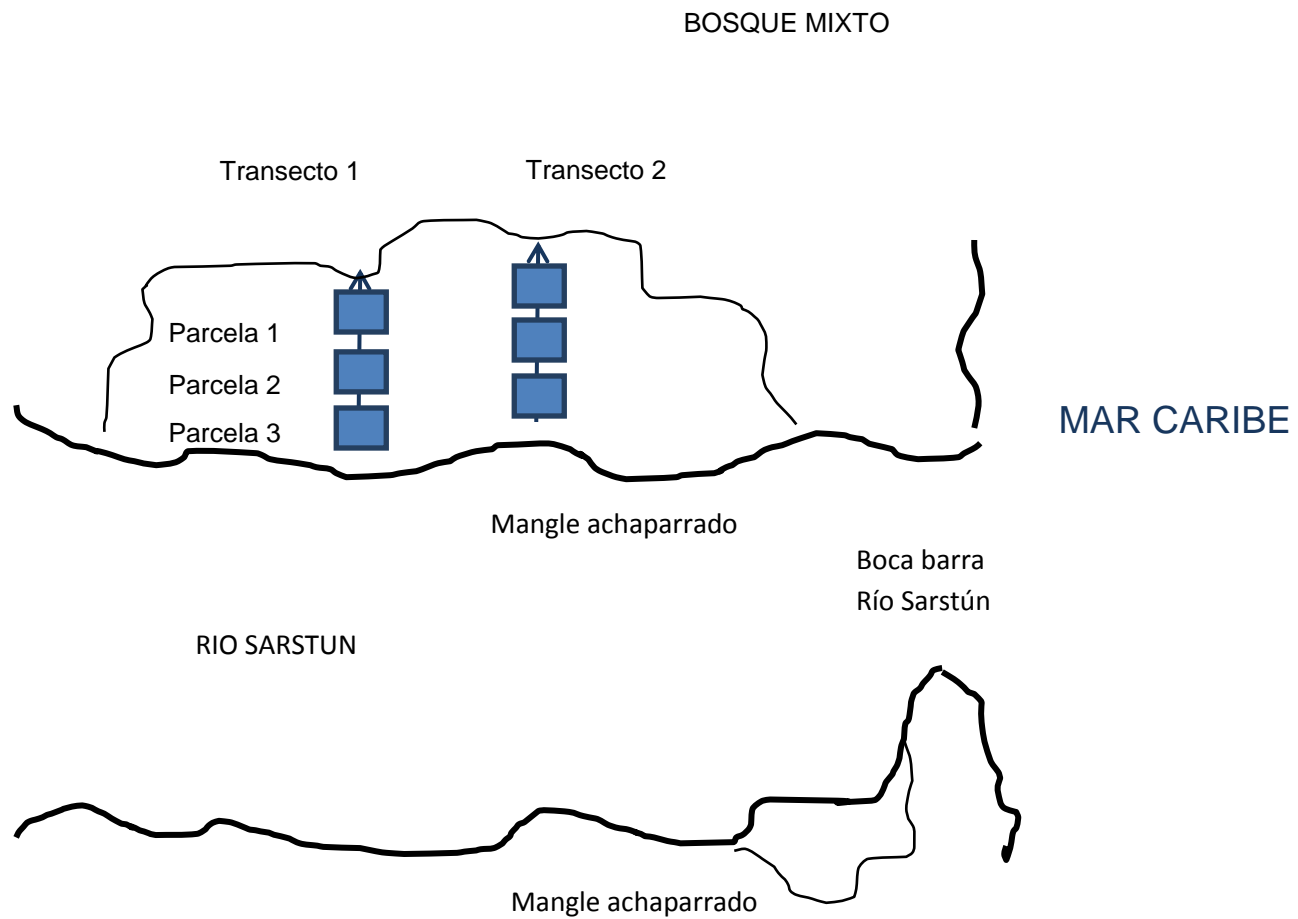


Figura No. 5 Configuración del diseño de los transectos en los sitios de monitoreo, Ecosistema Río Sarstún (Trabajo de campo 2011)

5.3 Caracterización biofísica de los componentes del ecosistema

5.3.1 Interpretación de imágenes:

Para las interpretaciones geodinámicas se utilizaron los software: Arc.Gis 9.3 y Map Info 8.

Se realizó una interpretación del área de estudio, basándose en imágenes de diferente origen como los siguientes: Hojas cartográficas escala 1:50,000 correspondiente al área, orto fotos y fotografías aéreas 1:25,000

Se digitalización de elementos implicados en la geomorfología costera tales como: Espejo de agua del río, espejo de agua de la zona mareal sobre la plataforma continental, aspectos del modelado geográfico general y vegetación.

5.3.2 Descripción general del entorno:

Se realizó una recopilación de información que permitió describir el clima, geología y geomorfología y suelos.

5.3.3 Componente Manglar achaparrado:

Se ha observado que el manglar achaparrado, se distribuye en parches por lo tanto se seleccionaron cinco sitios de muestreo de tal manera de cubrir el área longitudinal de río ocupada por mangle achaparrado, en estos sitios se instalaron dos transectos perpendiculares al borde del río y dentro de estos transectos se instalaron tres parcelas de muestreo donde se tomaron los datos biométricos que luego fueron analizados

En la parcela de 5 x 5 metros se midieron los siguientes parámetros:

- Número de árboles por parcela
- Distancia entre árboles
- Distribución espacial
- Estructura y composición de la comunidad (CARICOMP, 2001) y otros

En un pre muestreo inicial se evaluó el 30% de los árboles de una parcela de 10 por 10 metros, obteniéndose la desviación estándar que nos llevó al tamaño de muestra adecuado.

Se enumeraron los árboles y se seleccionó al azar la premuestra.

Se aplicó la fórmula siguiente:

Tamaño de muestra adecuado

$$N = Z^2(\sigma^2)/E^2$$

5.3.4 Componente suelo:

Se extrajo una muestra compuesta por sitio de muestreo a la cual se le realizaron análisis físicos y químicos de la manera siguiente:

Físicos: textura, estructura, porosidad, densidad aparente, densidad real, color.

Químicos: pH, N, P y K.

5.3.5 Componente Agua

Se realizaron muestreos de agua, localizando los puntos de acuerdo a las características del ecosistema, en cada punto de muestreo se tomaron tres réplicas.

Los parámetros Físico – Químicos que se evaluaron son:

Temperatura (in situ), oxígeno (in situ), pH (in situ), conductividad Eléctrica, salinidad (in situ), transparencia, dureza, fosfatos, nitratos, nitritos, amonio.

La determinación de los parámetros físicos se realizó por medio de la utilización de una sonda multiparamétrica.

El análisis de los parámetros químicos (dureza, fosfatos, nitratos, nitritos, amonio) del agua se realizó en el Laboratorio de Calidad de Agua, del Centro de Estudios

del Mar y Acuicultura, utilizando el equipo Hach modelo DR-890 con los reactivos correspondientes para cada variable.

5.3.6 Fauna íctica

Se realizaron muestreos de fauna íctica con una atarraya de 18 cuartas y con luz de malla de 1.5 centímetros.

Análisis de la estructura y composición de la población

Para este análisis se realizaron muestreos a lo largo del río desde el área interior donde se presenta el manglar achaparrado hasta la boca barra del Río Sarstún para establecer la estructura de tallas de la población muestreada en donde se les determinó la longitud total (mm o cm), longitud estándar (mm o cm) y el peso (g) utilizando un ictiómetro y una balanza.

Esta información permitió establecer la estructura de tallas de la población muestreada.

Riqueza específica:

Para este análisis se utilizó el índice de Margalef como sigue

$$\text{Diversidad} = (S-1)/\ln N$$

Donde S es el número de especies y N el número total de individuos en un sitio determinado.

Diversidad de especies:

Este análisis se realizó aplicando el índice de diversidad de Shannon Wiener.

El **índice de Shannon** o **índice de Shannon-Wiener** para medir la biodiversidad, se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5 hasta valores mucho mayores dependiendo del ecosistema, por lo cual, puede haber ecosistemas con

valores mayores (bosques tropicales, arrecifes de coral) o menores (algunas zonas desérticas). La fórmula del índice de Shannon es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Donde:

- S = número de especies
- p_i = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): n_i / N
- n_i = número de individuos de la especie i
- N = número de todos los individuos de todas las especies

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (*riqueza de especies*), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (*abundancia*).

Este índice relaciona el número de especies con la proporción de individuos pertenecientes a cada especie presente en la muestra.

5.4 Conectividades

Para las conectividades en el ecosistema, se utilizaron los datos generados en cuanto a la fauna íctica ya que la dinámica de estos organismos es producto de las interacciones que se dan en el ecosistema, se localizaron los organismos según el espacio físico en el cual se presentaron y los atributos que estos espacios tienen en el paisaje.

Las conectividades funcionales entre ecosistemas similares en el territorio, pueden ser débiles o fuertes y aún no existir en el caso de los sistemas insulares.

Es importante mencionar que a mayor fragmentación menor conectividad.

VI. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Estado biofísico del ecosistema

6.1.1. Descripción general del entorno

- **Ubicación o emplazamiento**

La cuenca del río Sarstún, está ubicada entre los paralelos 15°58'46.98" y 15°41'32.23" latitud norte y los meridianos 88°53'45.84" y 89°26'34.38" de longitud oeste entre las Repúblicas de Guatemala y Belice, drenando al océano atlántico. (FUNDAECO, 2005)

- **Caracterización de la cuenca**

Morfometría

La cuenca tiene un perímetro total de 321.242 kilómetros aproximadamente, la cual drena un área de 998.92 Km² considerándose una cuenca relativamente plana con regiones con relieve pronunciado (FUNDAECO, 2005).

La cuenca del río Sarstún reporta un valor de 0.29 km/km² de densidad de drenaje, considerado bajo pero representativo de cuencas con suelos relativamente resistentes a la erosión y muy permeables por sus texturas gruesas, como es el caso de esta cuenca que se explica por la tipología de sus suelos, kársticos. Igualmente se estima baja la frecuencia de corrientes calculada en 0.13 causes por km² (FUNDAECO, 2005).

La pendiente media que se estima entre 11 y 14% ubica a esta cuenca en la categoría de relieve moderado que junto a la pendiente del cauce principal considerada baja (0.16%) indican que la velocidad del flujo es baja, lo que explica que el caudal total, recibe una alta contribución de las aguas subterráneas (FUNDAECO, 2005).

Clima

La temperatura promedio del aire se reporta en 24°C de noviembre a enero y 28.5°C de mayo a septiembre. En cuanto a la precipitación el valor promedio en la cuenca es de 2,700mm anuales, distribuidos en 172 días aproximadamente. Los meses de menor precipitación son febrero, marzo y abril con 118mm en promedio. Julio y noviembre se reportan como los meses más lluviosos con 336.38 mm de lluvia. La combinación de temperatura y precipitación dan como resultado un clima cálido donde no se hacen evidentes períodos de sequías extremas (FUNDAECO, 2005).

Suelos

La composición del mosaico de paisajes y habitas que se encuentra en la cuenca del río Sarstún es el resultado de la historia geológica y de la localización geográfica del área. Las diferentes regiones fisiográficas que corresponden a la cuenca del río Sarstún están íntimamente relacionadas a los procesos de desarrollo geológico propios del complejo montañoso sedimentario de la cuenca (FUNDAECO, 2005).

En la cuenca del río Sarstún se distinguen dos regiones fisiográficas: Las tierras Altas Sedimentarias y la Depresión de Izabal.

En la región fisiográfica de Tierras Altas Sedimentarias se pueden observar dos subregiones, la Sierra Chamá y la Zona montañosa de Santa Cruz. En la región fisiográfica Depresión de Izabal, se localiza la subregión de cerros y planicies, la cual está representada por tres grandes paisajes, el Cordón Litoral del Atlántico, la Llanura Aluvial del río Sarstún y las Superficies Bajas de Erosión. (FUNDAECO, 2005)

La Llanura Aluvial del río Sarstún, ocupa una extensión de 40,640.10 hectáreas que representa el 40.68% de la extensión total de la cuenca. El origen de esta unidad es aluvial, con algo de influencia de depósitos de playa. El principal aporte

ha sido ocasionado por el río Sarstún y en menor grado el río Temash, los cuales han erosionado partes montañosas del norte (FUNDAECO, 2005).

En la cuenca del río Sarstún se han identificado cinco órdenes de suelos, (Entisoles, Mollisoles, Ultisoles, Inceptisoles y Alfisoles) y siete subórdenes (Orthents (Eo), Aquepts (Eq), Rendolls (Mr), Udult (ud), Udepts (Pd)) Aquepts (Pq), Udalfs (Ld)) (FUNDAECO, 2005).

El Bosque natural en su conjunto ocupa una extensión total de 56,610.26 ha que representa el 56.87 % de la extensión total de la cuenca, el área ocupada por cultivos ocupa 38,269 ha que representa el 38.40 % del área total (FUNDAECO, 2005).

Se considera que el 50.39% de la extensión total de cuenca, equivalente a 39,529.99 ha tiene una capacidad de uso de agricultura sin limitaciones, un 19.72 % podría ser utilizada para agricultura con mejoras o agroforestería con cultivos anuales, el 16.98 % en sistemas agrosilvopastoriles o en agroforestería con cultivos permanentes (FUNDAECO, 2005).

En relación con la intensidad de uso del suelo en la cuenca del Río Sarstún se definen tres categorías: Tierras con uso acorde con su capacidad, tierras subutilizadas y tierras sobre utilizadas (FUNDAECO, 2005).

El 67.94% de la cuenca se encuentra en la categoría de uso acorde a su capacidad, esto equivale a indicar que 67,868.72 ha están cumpliendo con su capacidad de uso. Sin embargo 12,352 ha se encuentran en la categoría de sobre utilizadas, aun cuándo representan el 12.37% de la superficie total de la cuenca, la mayor parte de tierras son tierras con capacidad de uso forestal o para protección y que están dedicadas a cultivos agrícolas tradicionales o la producción de carne vacuna (FUNDAECO, 2005).

Zonas de Vida

De acuerdo a Holdridge, en la cuenca de río Sarstún se pueden ubicar dos zonas de vida: Bosque muy húmedo subtropical cálido, que ocupa una extensión de 88,810 ha que representa el 88.91% de la extensión total de la cuenca y Bosque muy húmedo tropical que ocupa el 11.09% del área de la cuenca (FUNDAECO, 2005).

En el bosque muy húmedo subtropical cálido, las condiciones climáticas son variables debido a la influencia de los vientos. El régimen de lluvias es de mayor duración, por lo que influye grandemente en la composición florística y en la fisonomía de la vegetación (FUNDAECO, 2005).

La vegetación presente en el área de la cuenca del río Sarstún está representada por ciento treinta especies distribuidas en cincuenta y dos familias. Las familias Aracaceae y Leguminosae reportan la mayor cantidad de especies reportadas con diez cada una (FUNDAECO, 2005).

A orillas del Río Sarstún y sus tributarios, aún persiste alguna vegetación ripiaría, como el matilisguate (*Tabebuia rosea*) que mantiene dos especies de bromelias, o gallitos, del genero *Tillandsia* (*T. streptophyla* y *T. bulbosa*). También se ha identificado la gimba (*Guadua spinosa*) gramínea abundante en las orillas de los ríos.

El ecosistema manglar se encuentra presente en la rivera del Río Sarstún, realizando la función de protección del suelo, sirviendo como filtro para evitar el paso de la salinidad a los suelos fértiles. Su flora acompañante está representada parcialmente por el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), icaco (*Chrysobalanus icaco*), el icaco de montaña (*Hirtella paniculata*), Santa María (*C. brasiliense*) y sangre (*V. koschnii*); el manglar forma una franja litoral a lo largo del río y lagunas asociadas, y alcanza alturas de 10 a 15 metros (FUNDAECO, 2005).

El sistema hidrográfico de la cuenca del Río Sarstún se comporta como medio fluvial y como estuario. Se han identificado veintinueve familias que aglutinan a noventa y cuatro especies. La familia Cichlidae reporta la mayor cantidad de especies seguida de las familias Gerridae y Scianidae (FUNDAECO, 2005).

Dentro de la cuenca del Río Sarstún se ubican parcialmente tres áreas protegidas, el Área de Usos Múltiples del Río Sarstún, el Área de Protección Especial de Sierra Santa Cruz y el Parque Nacional Sarstún Temash en Belice.

Ocupan una extensión territorial de 57, 909.29 ha que representan el 57.96 % del área total de la cuenca. El área de protección especial de Santa Cruz ocupa el 38.08 % del área total de cuenca y representa el 66 % de las áreas protegidas dentro de la cuenca. El Área de Usos múltiples de Río Sarstún ocupa una extensión de 13,352 ha dentro de la cuenca que representa el 13.37 % de la extensión total y el 23 % de la extensión de las áreas protegidas dentro de la cuenca. El Parque Nacional Sarstún Temash ocupa una extensión de 6,508.6 ha dentro de la cuenca y el 6.52 % de la extensión de las áreas protegidas dentro de la cuenca.

Medios naturales:

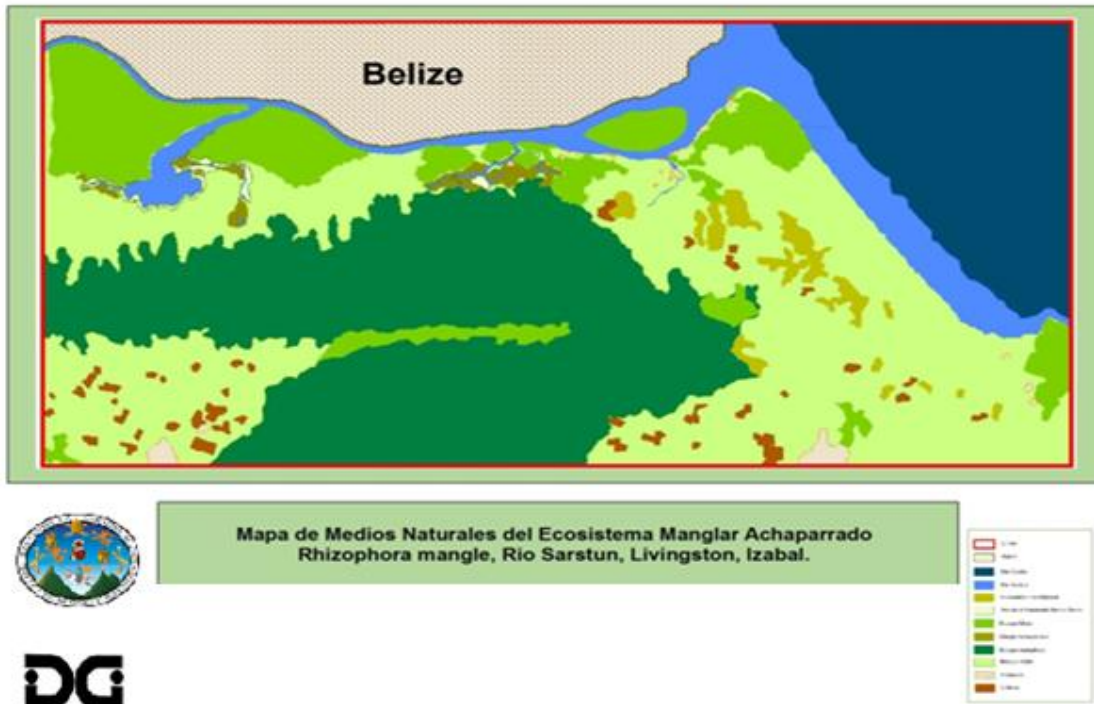


Figura No. 6 Medios naturales, Ecosistema Río Sarstún, Livingston Izabal, Caribe de Guatemala (Trabajo de campo, 2011)

6.2 Componente manglar achaparrado:

- **Pre muestreo para la obtención de tamaño adecuado de muestra:**

Previo al trabajo de campo definitivo se realizó un pre muestreo en 4 parcelas de manglar achaparrado las que fueron ubicadas siguiendo criterios de distribución de acuerdo a su cercanía al estuario o boca barra y su presencia lejos del estuario hacia el continente, con el propósito de poder evaluar su comportamiento en función de gradientes fisicoquímicos e hídricos.

En estas parcelas de pre muestreo se midió al azar la longitud total del tallo principal del árbol a 10 árboles por parcela, con el propósito de encontrar el tamaño adecuado de muestra, a los datos se les aplicó un análisis estadístico descriptivo mediante el uso del software GenStat y se le aplicó la fórmula de muestra adecuada.

$$n=(NS^2Z^2)/((N-1)(E^2)+S^2Z^2)$$

Cuadro No.1 Media y desviación estándar de altura de mangle achaparrado *Rhizophora mangle L.* para cálculo de muestra adecuada

Parcela	Cantidad de árboles/parcela	Media/10 árboles	Desviación estándar/10 árboles
		Altura	altura
1	59	2.05	0.367
2	219	2.01	0.466
3	362	1.817	0.287
4	202	1.747	0.179

Fuente: Trabajo de campo 2011

Luego del análisis de los datos de las parcelas, se tomaron los estimadores proporcionados por las mismas.

Para la determinación del tamaño adecuado de muestra, asumimos que $N \rightarrow \infty$, y se aplica un nivel de confianza de 0.95 y por otro lado estamos dispuestos a admitir un error máximo del 10%, que es el normalmente admitido para este tipo de análisis.

Dado que al aplicar n muestral a los datos, tres de las cuatro n calculadas estuvieron abajo del 30%, se optó por considerar que un 30% de la población es estadísticamente confiable para la medición de los diferentes parámetros morfológicos de la planta de mangle achaparrado (mangle enano) *Rhizophora mangle* L, en el ecosistema Río Sarstún, en el Caribe de Guatemala.

Este dato constituye un primer hallazgo metodológico que es orientador de trabajos posteriores en este ecosistema.

Cuando ya se tenía el tamaño adecuado de muestra, se procedió a la ubicación de los sitios de estudio los cuales fueron ubicados siguiendo criterios de distribución del mangle achaparrado de acuerdo a su cercanía al estuario o boca barra y su presencia lejos del estuario hacia el continente, con el propósito de poder evaluar su comportamiento en función de gradientes fisicoquímicos e hídricos.

En los cinco sitios seleccionados se localizaron dos transectos por sitio en los cuales se instalaron tres parcelas de monitoreo por transecto perpendicular al sistema hídrico litoral (Figura No. 7)

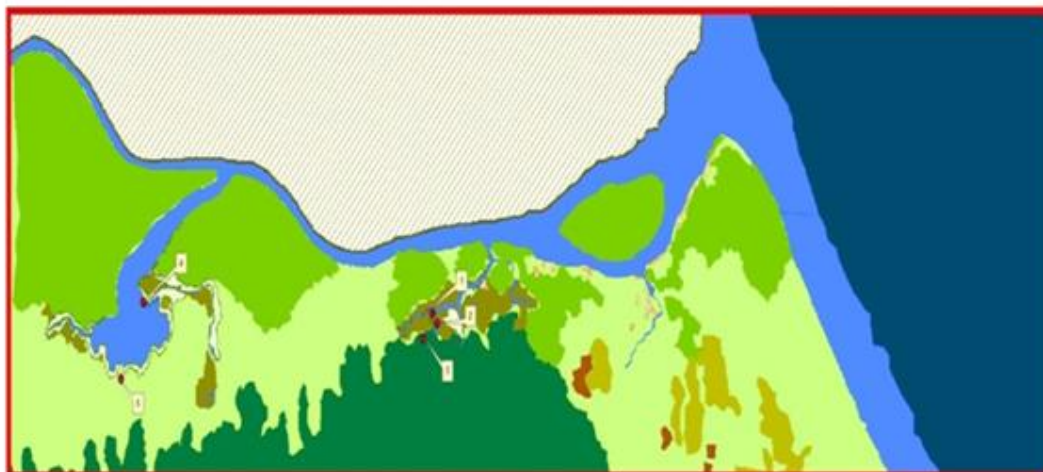


Figura No. 7 Orientación de los transectos en los sitios de monitoreo de mangle achaparrado *Rhizophora mangle L.*, Ecosistema Río Sarstún (Trabajo de campo 2011)

Cuadro No. 2 Localización de sitios de monitoreo de mangle achaparrado *Rhizophora mangle L.*

Sitio	Nombre	Coordenadas UTM
1	Lagunita Creeck	1756803 N, 291615 E
2	Lagunita Creeck	1757077 N, 291774 E
3	Lagunita Creeck	1756981 N, 291797 E
4	Laguna Grande	1757242 N, 287829 E
5	Cerro Blanco	1756441 N, 287734 E

Fuente: Trabajo de campo 2011



Localización de Sitios de Monitoreo de Mangle Achaparrado
Rhizophora mangle, Río Sarstun, Livingston, Izabal.

Puntos de Monitoreo	Coordenadas UTM
Punto No. 01 (Cajón Grande)	1.24110 9 175880
Punto No. 02 (Cajón Grande)	1.24170 9 175917
Punto No. 03 (Cajón Grande)	1.24137 9 175880
Punto No. 04 (Cajón Grande)	1.24133 9 175904
Punto No. 05 (Cajón Grande)	1.24174 9 175884



Figura No. 8 Localización de sitios de monitoreo de mangle achaparrado *Rhizophora mangle* L. en los transectos (Trabajo de campo, 2011)

Cuadro No. 3 Descripción de los sitios de monitoreo

Descripción de los sitios de monitoreo	
<p>Sitio 1: Lagunita Creeck Coordenadas: 1756803 N, 291615 E</p> <p>Se encuentra ubicado al interior del río Sarstún muy cercano a suelos kársticos de topografía muy quebrada, en aguas con salinidades bajas y muy cristalinas en época seca.</p>	
<p>Sitio 2: Lagunita Creeck Coordenadas: 1757077 N, 291774 E</p> <p>Se encuentra al interior del río Sarstún en suelos de topografía ondulada y aguas con bajas salinidades.</p>	
<p>Sitio 3: Lagunita Creeck Coordenadas: 1756981 N, 291797 E</p> <p>Se encuentra ubicado al interior del río y suelos fácilmente inundables, con bajas salinidades.</p>	
<p>Sitio 4: Laguna Grande Coordenadas: 1757242 N, 287829 E</p> <p>Se encuentra hacia la boca barra del río Sarstún en aguas con salinidades más altas que las del interior del río.</p>	

Sitio 5: Cerro Blanco

Coordenadas: 1756441 N, 287734 E

Se encuentra ubicado muy cerca de la boca barra del río Sarstún y en aguas más salinas que las aguas del interior del río.



Fuente: Trabajo de campo 2011

- **Relación longitud del tallo principal con diámetro**

Como puede observarse (Figura No. 9), el coeficiente de correlación fue muy bajo en la mayoría de los casos manteniéndose más o menos constante en la parcela tres menos constante en la parcela dos e incluso negativo en la parcela uno. El anterior planteamiento nos conduce a asegurar que dado el comportamiento de la arquitectura de la planta (Figura No. 10), la cual se agobia durante el crecimiento, no permite el desarrollo de un fuste definido, por otra parte, al estar el tallo abatido, se da la tendencia al apareamiento de ramas que suelen engrosar el tallo en diferentes secciones, de tal manera que no existe una alta correspondencia entre longitud total del tallo y su correspondiente grosor o diámetro el cual fue medido a un metro del suelo sub acuático.



Figura No. 9 Coeficiente de correlación de la relación de longitud de tallo y diámetro de mangle achaparrado *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo 2011)



Figura No. 10 Aspecto general de la arquitectura de la planta de mangle achaparrado *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo 2011)

- **Comparación de longitud de tallo principal por sitio y transecto**

Como puede observarse en el cuadro No. 4 los valores medios de longitud del tallo principal estuvieron entre 1.1 y 2.26 metros

Cuadro 4. Longitud media de tallo principal en sitios de monitoreo de mangle achaparrado *Rhizophora mangle* L.

	s1t1h	s1t2h	s2t1h	s2t2h	s3t1h	s3t2h	s4t1h	s4t2h	s5t1h	s5t2h
Parcela 1	1.87	1.71	1.11	1.7	1.78	1.75	1.21	1.51	1.94	1.86
Parcela 2	1.85	1.68	1.09	1.71	1.56	1.74	1.49	1.93	1.9	1.7
Parcela 3	1.81	1.98	1.11	1.8	1.82	2.03	1.66	1.41	2.26	2.04
total	5.53	5.37	3.31	5.21	5.16	5.52	4.36	4.85	6.1	5.6
media	1.84	1.79	1.1	1.74	1.72	1.84	1.45	1.61	2.03	1.87

Fuente: Trabajo de campo 2012

Como complemento, en la Figura No. 11 se observa que en la mayoría de los casos, la parcela hacia el interior del parche de manglar manifestó mayor longitud de tallo principal, no superando en el mejor de los casos los 2.26 metros en promedio lo que sucedió en la parcela tres del transecto uno en el sitio cinco denominado Cerro Blanco, que se sitúa lo más hacia el interior del río con respecto a los otros cuatro sitios.

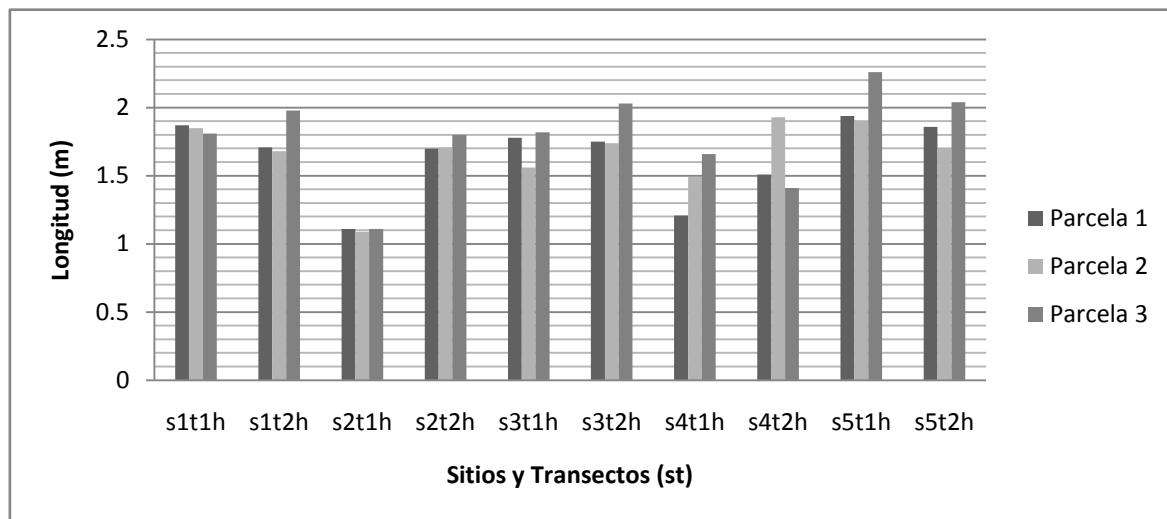


Figura No. 11 Comparación de longitud media entre parcelas, transectos y sitios de la planta de mangle achaparrado *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo, 2011)

En las figuras 12, 13, 14, 15 y 16, puede apreciarse que la longitud siempre tuvo un comportamiento incremental hacia el interior, sin embargo no fue lineal pues la parcela media en la mayoría de los casos tuvo menores longitudes de tallo principal que los del mangle bordeante y el mangle cercano al bosque mixto.

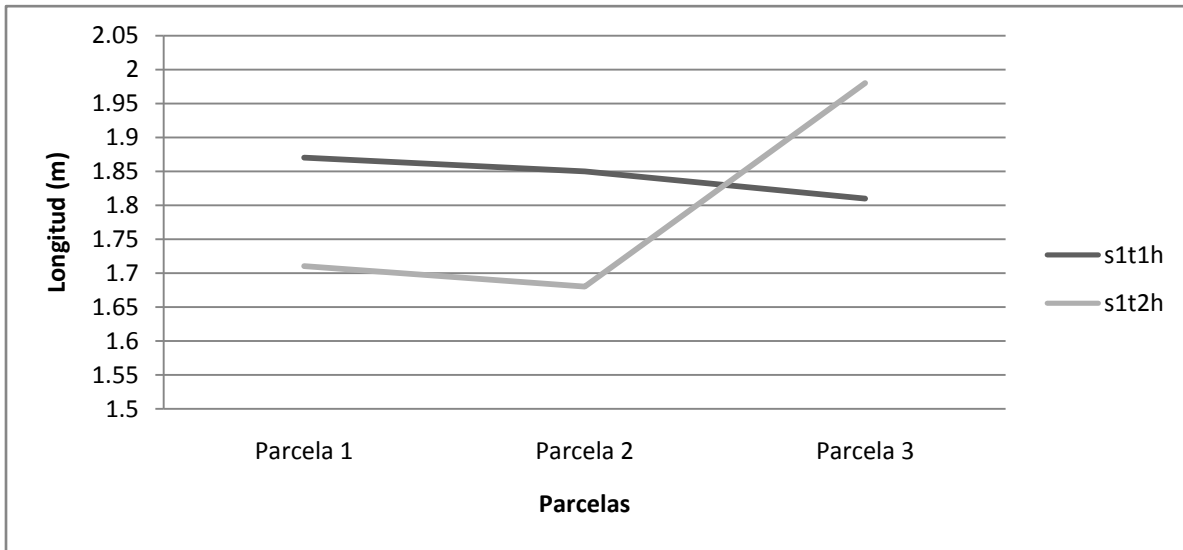


Figura No. 12 Comparación de longitud media entre parcelas, transectos en el sitio uno Lagunita Creek de la planta de mangle achaparrado *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo, 2011)

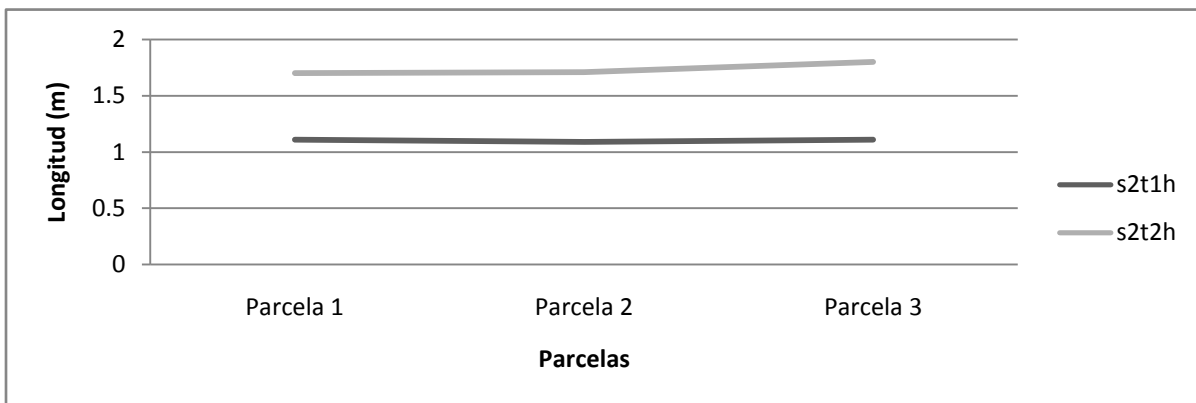


Figura No. 13 Comparación de longitud media entre parcelas, transectos en el sitio dos Lagunita Creek de la planta de mangle achaparrado *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo, 2011)

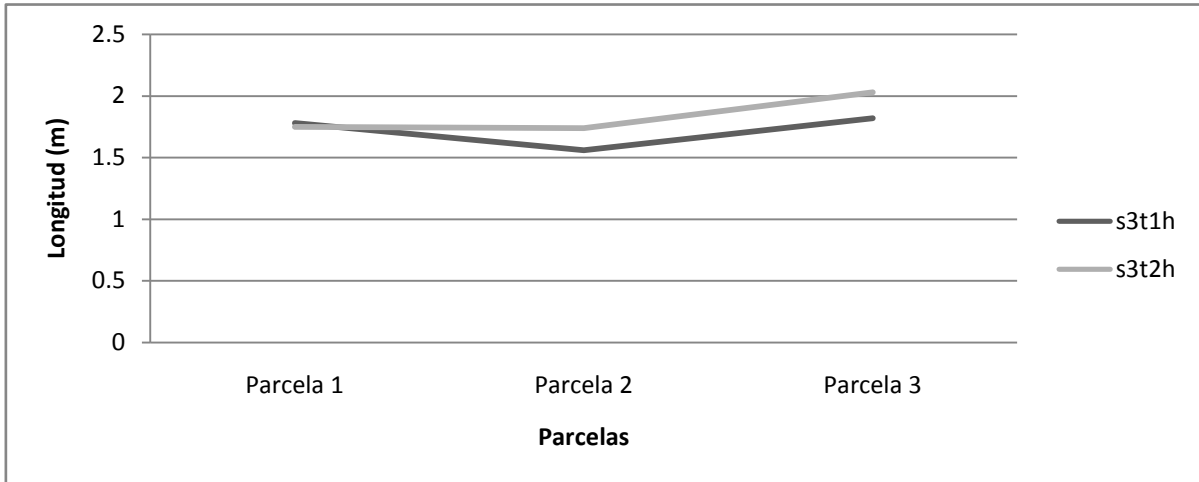


Figura No. 14 Comparación de longitud media entre parcelas y transectos en el sitio tres Lagunita Creek de la planta de mangle achaparrado *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo, 2011)

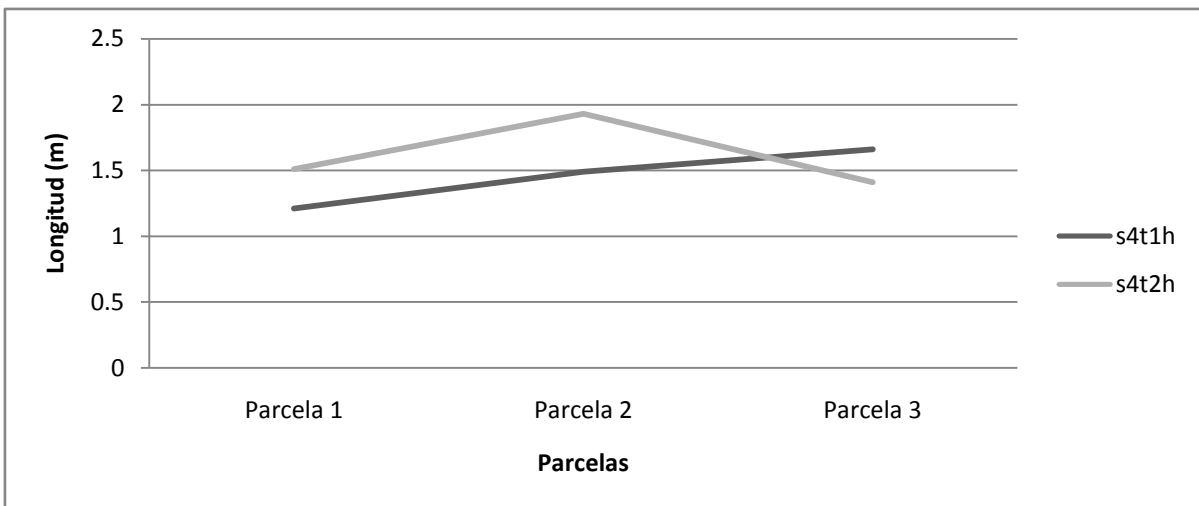


Figura No. 15 Comparación de longitud media entre parcelas y transectos en el sitio cuatro Laguna Grande de la planta de mangle achaparrado *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo, 2011)

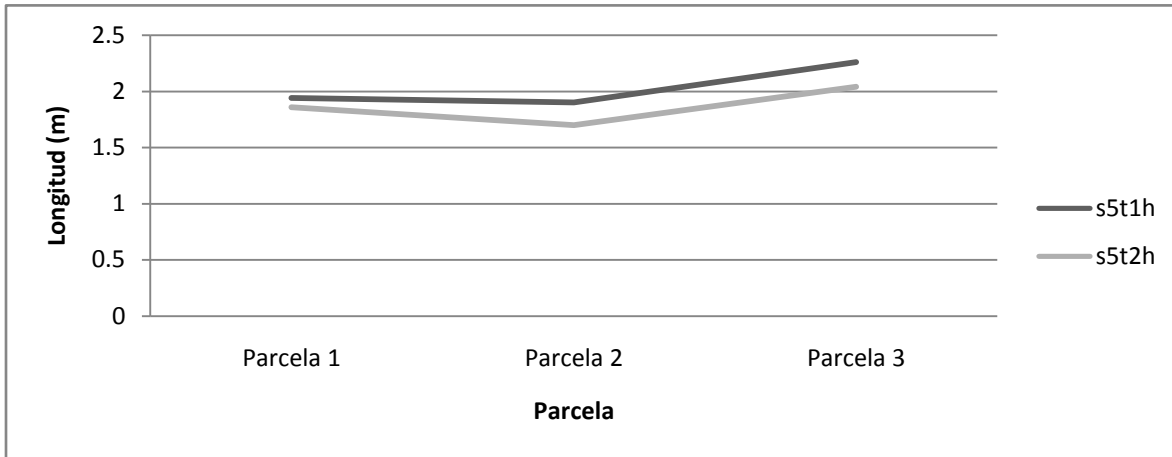


Figura No. 16 Comparación de longitud media entre parcelas y transectos en el sitio cinco Cerro Blanco de la planta de mangle achaparrado *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo, 2011)

Análisis de variabilidad de datos en los sitios de monitoreo:

Como podemos observar en el cuadro 5 y figura 17, el sitio 2 presentó los menores coeficientes de variación los diferentes coeficientes de variación, por otra parte se evidencia mucha heterogeneidad en el comportamiento de longitud total de tallo principal tanto cerca de la boca barra como hacia el interior del río.

Cuadro No. 5 Comparación de coeficientes de variación para longitud total de tallo principal en los sitios de monitoreo de mangle achaparrado *Rhizophora mangle* L.

	s1t1h	s1t2h	s2t1h	s2t2h	s3t1h	s3t2h	s4t1h	s4t2h	s5t1h	s5t2h
Parcela 1	25.06	31.25	10.66	9.94	25.71	26.99	32.23	24.45	18.53	25.51
Parcela 2	28.94	30.96	11.6	12.63	21.95	20.05	19.92	25.54	31.38	18.09
Parcela 3	32.89	15.83	20.61	11.99	38.77	21.18	13.31	26.25	22.49	27.35

Fuente: Trabajo de campo 2011

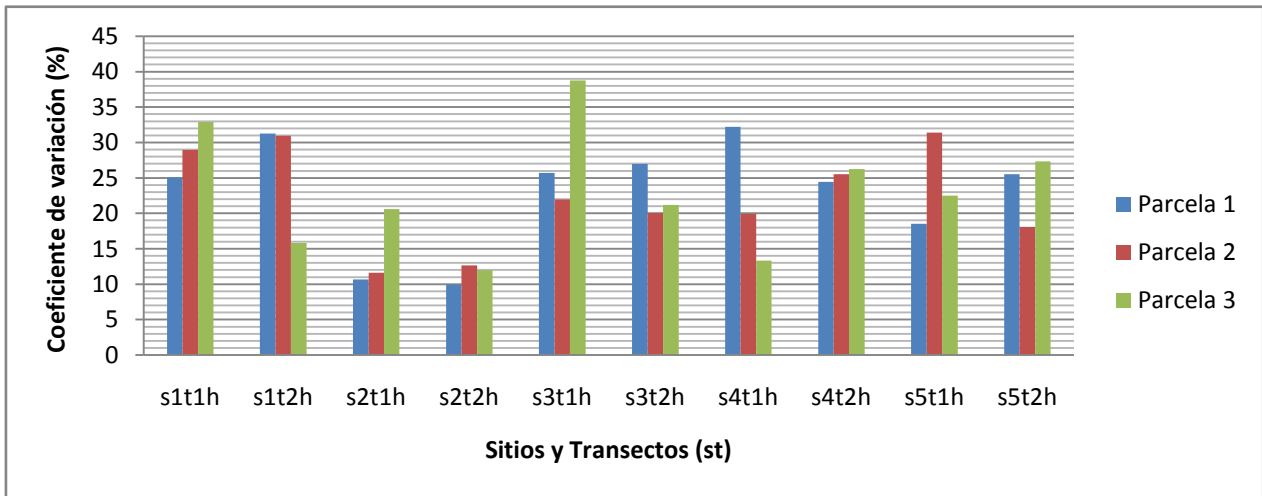


Figura No. 17 Comparación de coeficientes de variación entre parcelas y transectos de la planta de mangle achaparrado *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo, 2011)

Análisis de varianza entre sitios

Como puede verse en el cuadro No 6, cuando se realizó el análisis de varianza para evaluar el comportamiento de la media de longitud de tallo principal de mangle achaparrado en los sitios, encontramos que, el valor de probabilidad fue de $p=0.00215044$, lo que por regla al ser inferior a alfa, nos permite rechazar la hipótesis nula, en tal sentido se ve que estadísticamente existe diferencia entre sitios con respecto a la variable longitud de tallo principal.

Cuadro No. 6 Análisis de varianza entre sitios

sitio1	sitio2	sitio3	sitio4	sitio5		
1.87	1.12	1.78	1.21	1.94		
1.85	1.09	1.56	1.49	1.9		
1.81	1.11	1.82	1.66	2.26		
1.71	1.7	1.74	1.51	1.86		
1.69	1.7	1.74	1.93	1.7		
1.98	1.8	2.03	1.41	2.04		
Análisis de varianza de un factor						
RESUMEN						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
sitio1	6	10.91	1.818333333	0.011616667		
sitio2	6	8.52	1.42	0.11924		
sitio3	6	10.67	1.778333333	0.023136667		
sitio4	6	9.21	1.535	0.05911		
sitio5	6	11.7	1.95	0.03548		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1.12958	4	0.282395	5.680087161	0.002150449	2.75871047
Dentro de los grupos	1.242916667	25	0.049716667			
Total	2.372496667	29				

Fuente: Trabajo de campo 2011

Número de árboles por hectárea:

En el cuadro No. 7 y figura No. 18, se puede visualizar que la densidad de población de mangles mantuvo la tendencia a ser mayor cerca de la bocabarra y a disminuir hacia el interior del río.

Cuadro No. 7 Densidad de árboles por hectárea de Mangle achaparrado *Rhizophora mangle L.*

Sitios de monitoreo	Árboles por hectárea
S1	14,400
S2	21,733
S3	19,533
S4	16,200
S5	13,466

Fuente: Trabajo de campo 2011

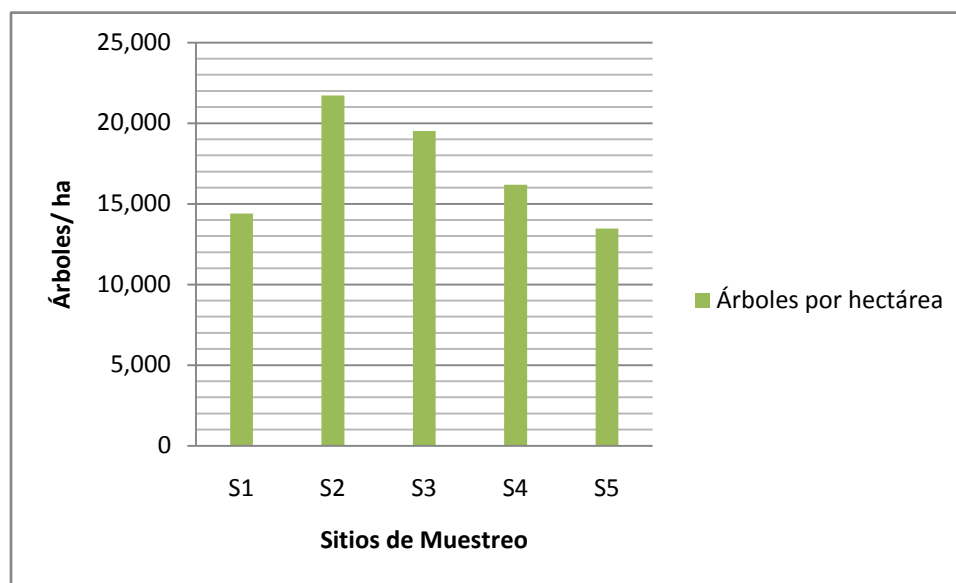


Figura No. 18 Comparación del número de árboles por hectárea de mangle achaparrado *Rhizophora mangle L.* (Trabajo de campo, 2011)

Distancia entre árboles

Para el cálculo de distancia promedio entre árboles, la misma se obtuvo de la manera siguiente:

$$d^2 = A/P$$

Donde

d^2 = distancia entre árboles al cuadrado

A = Área total

P = Población (número total de árboles)

En tal sentido las distancias entre árboles para cada sitio fueron las siguientes

Cuadro 8. Distancia entre árboles de Mangle achaparrado *Rhizophora mangle L.*

Sitios de monitoreo	Distancia entre árboles
S1	0.84 m
S2	0.68 m
S3	0.72m
S4	0.79 m
S5	0.86 m

Fuente: Trabajo de campo 2011

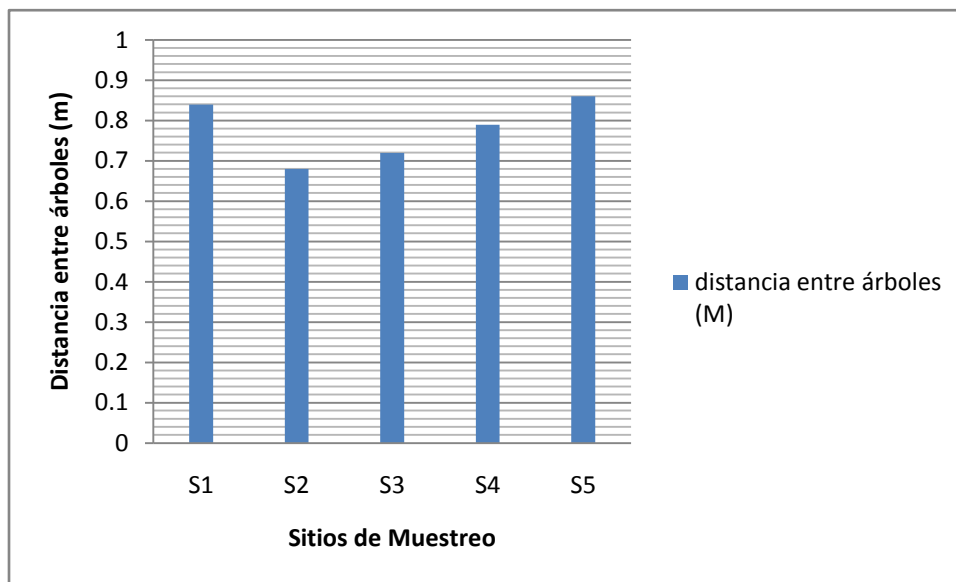


Figura No. 19 Distancia entre árboles de mangle achaparrado *Rhizophora mangle L.* en los sitios de monitoreo (Trabajo de campo 2011)



Figura No. 20 Disposición de los árboles de mangle achaparrado *Rhizophora mangle* L. en los sitios de monitoreo (Trabajo de campo 2011)

6.3 Componente suelo:

El suelo o más bien sustrato, donde se encuentra anclado o enraizado el mangle achaparrado (Figura No 21), consiste en un entramado de raicillas en forma de cabellera el cual hace del sustrato una densa capa de materia orgánica muy difícil de removerse por parte de la fluctuación mareal o avenidas del río.



Figura No. 21 Aspecto general del suelo o sustrato de anclaje o enraizamiento del mangle achaparrado *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo 2011)



Figura No. 22 Suelo inundado producto de la dinámica de mareas en mangle achaparrado *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo 2011)

6.4 Componente agua

- **Calidad del agua en zonas aledañas a manglares achaparrados**

En el cuadro No. 9 y figura No. 23 se puede observar que el oxígeno se mantuvo en rangos adecuados para el desarrollo de los organismos, la dureza tendió a bajar de los meses con menor precipitación hacia los meses con mayor precipitación en el área, por otra parte el pH se mantuvo constante y normalmente neutro a alcalino.

Cuadro No. 9 Comparación de parámetros de calidad del agua en el tiempo en zonas ocupadas por manglares achaparrados *Rhizophora mangle L.*

Parámetro	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Oxígeno (PPM)	11	8	8	5	8
pH	7.7	7	7.4	7	7.4
Dureza (PPM)	45	19	22	7	8
Alcalinidad (PPM)	6	6	6	6	6

Fuente: Trabajo de campo 2011

Oxígeno

Como puede observarse en la figura No. 23, el oxígeno se mantuvo en rangos de adecuados a altos para el desarrollo de los organismos acuáticos.

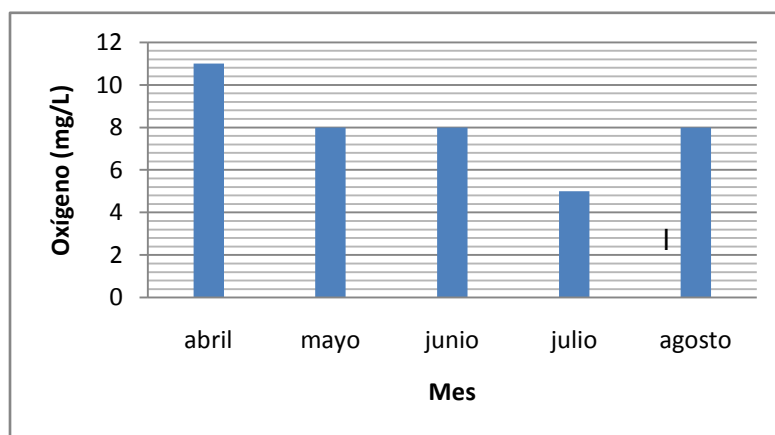


Figura No. 23. Comportamiento del oxígeno durante los meses de abril a agosto en zonas ocupadas por manglares achaparrados *Rhizophora mangle L.* (Trabajo de campo 2011)

Potencial hidrógeno

En la figura No. 24, se puede visualizar que el pH se comportó de neutro a ligeramente alcalino lo cual es adecuado para el desarrollo de la mayoría de organismos acuáticos en este tipo de ecosistema.

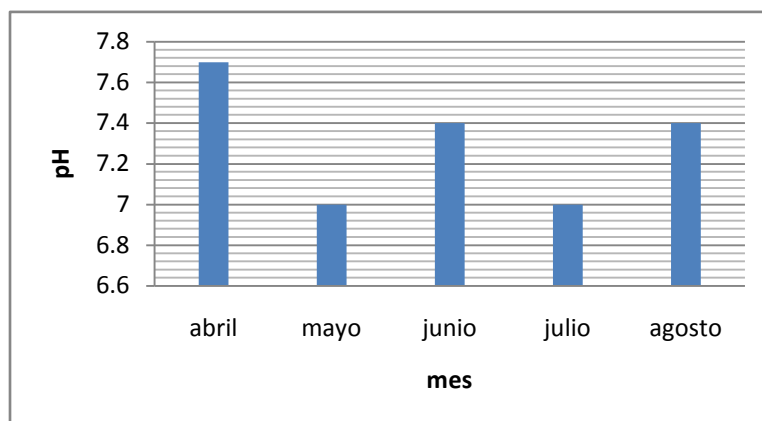


Figura No. 24 Comportamiento del pH durante los meses de abril a agosto en zonas ocupadas por manglares achaparrados *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo 2011)

Dureza

La dureza del agua en zona de manglares, como puede apreciarse en la figura No. 25, se manifestó con valores de entre 7 a 45 mg/l, si tomamos en cuenta que el agua se divide, según la escala de dureza, en muy blanda (0-70 mg/l), blanda (70-150), ligeramente dura (150-250 mg/l), moderadamente dura (250-320 mg/l), dura (320-420 mg/l) y muy dura (de 420 mg/l en adelante), diríamos que el agua en zona de manglares es muy blanda. Por otra parte es evidente que a medida que aumenta el aporte de agua por precipitación, la dureza tiende a disminuir en el área.

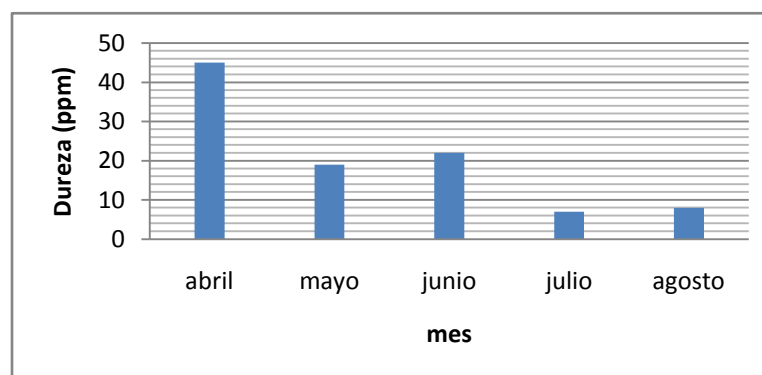


Figura No. 25 Comportamiento de la dureza durante los meses de abril a agosto en zonas ocupadas por manglares achaparrados *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo 2011)

Alcalinidad

Por la naturaleza de los datos, en relación a la alcalinidad, podemos decir que su concentración en aguas cercanas al manglar es baja como podemos observar en el cuadro No. 10 y figura No. 26. Esto tiene sus implicaciones puesto que convierte a esas aguas en muy vulnerables a la contaminación y la eventual caída del pH.

Cuadro No. 10 Clasificación del poder amortiguarte de las aguas

Descriptor	Alcalinidad (mg/L)
Mínimo aceptable	20
Pobrementemente amortiguadas	<25
Moderadamente amortiguadas	25-75
Muy amortiguadas	>75

Fuente: Vásquez M & M.B. Manzano. 2009

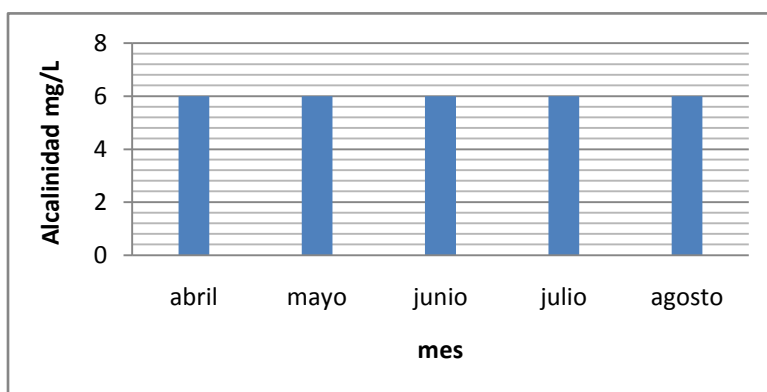


Figura No. 26 Comportamiento de la alcalinidad en el tiempo en zonas ocupadas por manglares achaparrados *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo 2011)

- **Calidad del agua en sitios de monitoreo.**

Por otra parte en los sitios de monitoreo se midieron los siguientes parámetros específicos para establecer si existen diferencias longitudinales desde la boca barra hacia el interior del río, estos parámetros fueron: temperatura, pH, conductividad eléctrica y salinidad y fueron medidos en la época de transición de la estación seca hacia la estación lluviosa.

Temperatura

En la figura No. 27 se puede observar que la temperatura aumentó hacia el interior del río alcanzando mediciones de hasta 32 °C

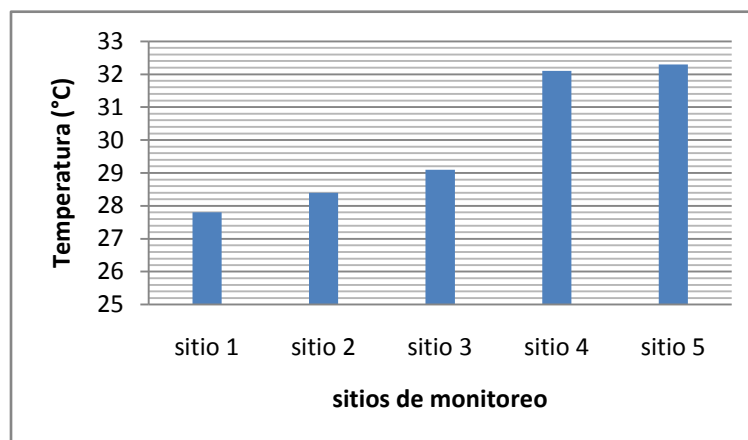


Figura No. 27 Comportamiento de la temperatura en los sitios de monitoreo de manglar achaparrados *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo 2011)

Potencial hidrógeno

El pH aumentó a medida que los sitios de monitoreo se ubicaban hacia el interior del río sin embargo no superó el valor de 6.4, que se considera ligeramente ácido.

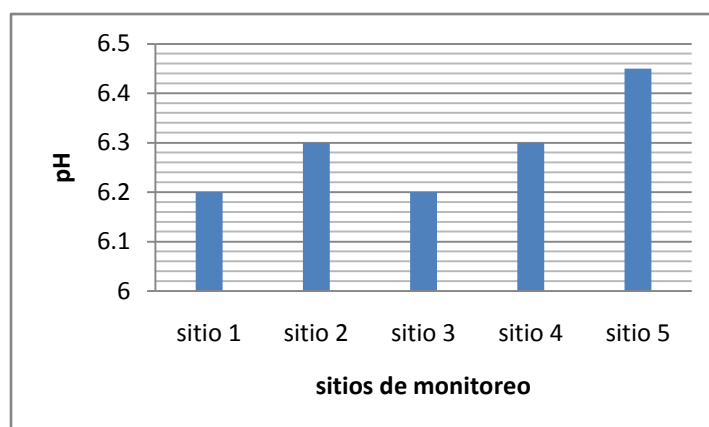


Figura No. 28 Comportamiento del pH en los sitios de monitoreo de manglar achaparrados *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo 2011)

Conductividad eléctrica

Si tomamos en cuenta que la conductividad eléctrica evalúa la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica y por ende medida indirecta de la cantidad de iones en solución (cloruro, sulfato, nitrato, fosfato, sodio, magnesio y calcio), podríamos decir según la figura No. 29, que la conductividad encontrada en los sitios de monitoreo es medianamente alta, posiblemente debido a la carga de nutrientes arrastrada de la cuenca, en condiciones normales se puede encontrar valores de 500 a 800 mS/cm para agua doméstica y un máximo de 1055 mS/cm para agua potable. El agua de mar anda usualmente en unos 56 mS/cm y el agua salobre puede estar en los 100 mS/cm.

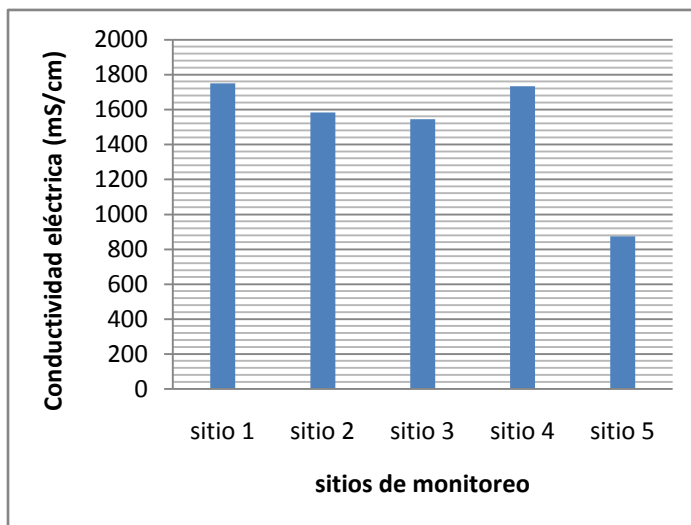


Figura No. 29 Comportamiento de la conductividad eléctrica en los sitios de monitoreo de manglar achaparrados *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo 2011)

Salinidad

En relación a la salinidad ésta no superó 0.8 en el sitio 1 que es el más cercano a la boca barra, el resto de sitios tuvieron salinidad cero en la época de transición de la estación seca a la lluviosa.

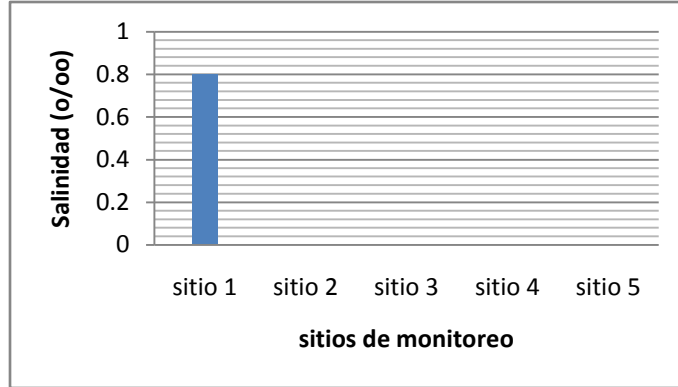


Figura No. 30 Comportamiento de la salinidad en los sitios de monitoreo de manglar achaparrados *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo 2011)

Nitratos

La Organización Mundial de la Salud (OMS) fija el límite de nitrato en el agua de consumo humano en 50 mg/l de nitrato (como N). En cambio, la Agencia para la Protección del Medio Ambiente Norteamérica (EPA) sitúa este límite en 10 mg/l de nitrato. Por su parte, la Comunidad Europea y siguiendo sus directrices, el Ministerio de Sanidad español fijan los niveles máximos permitidos de nitratos en 50mg/l de N.

En la figura No. 31 se puede ver que en el sitio 5 que se encuentra al interior del río Sarstún los nitratos estuvieron arriba de 12 mg/l, lo cual se considera adecuado para el crecimiento de la mayoría de organismos.

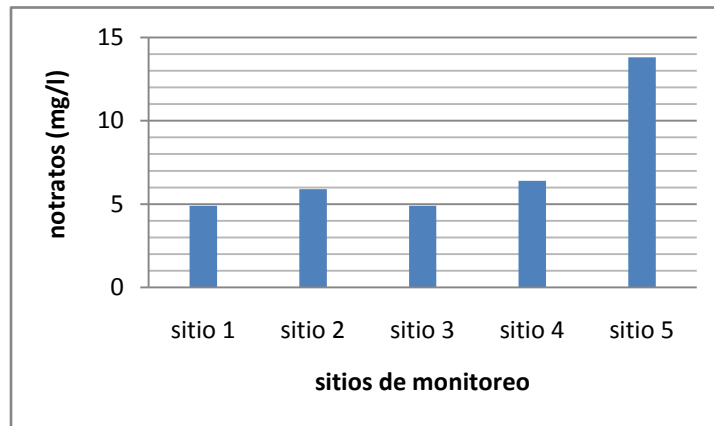


Figura No. 31 Comportamiento de los nitratos en los sitios de monitoreo de manglar achaparrados *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo 2011)

Nitritos

El ión nitrito como el ácido nitroso, su ácido conjugado, no se produce espontáneamente en la naturaleza por fenómenos físicos sencillo. Solamente durante tormentas eléctricas de larga duración se puede detectar en el agua de lluvia, el nitrito formado por la oxidación del nitrógeno atmosférico. Su aparición depende principalmente de una vía oxidativa mediada por bacterias del género *Nitrosomonas* que convierten el amonio en nitrito consumiendo el oxígeno disuelto en el agua. La otra vía es un proceso reductivo característico de algunos hongos y bacterias como *Escherichia coli* que logran una reducción de nitrato a nitrito en condiciones microaerofílicas, como fuente de Oxígeno. Por ello, la aparición de nitrito en un cuerpo de agua es posterior a los picos de máxima aparición de amonio en descargas contaminantes fluctuantes, y permite estimar la evolución de la contaminación.

En la figura No. 32, se puede observar que el nitrito no superó los 0.08 mg/l, por lo que se considera que dichas concentraciones en el agua no son tóxicas y permiten el desarrollo normal de especies hidrobiológicas.

Los nitritos resultan ser tóxicos para los peces cuando se encuentran en concentraciones de 0.2 a .4 mg/l concentración que se ha probado mata al 70% de una población de truchas, a partir de 0.15 mg/l puede haber una mortandad elevada de peces.

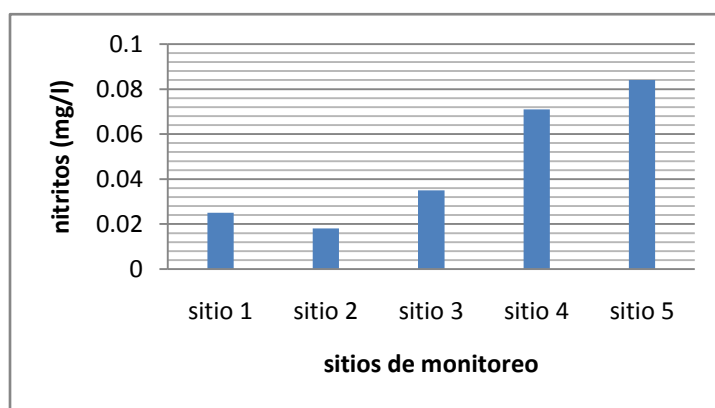


Figura No. 32 Comportamiento de los nitritos en los sitios de monitoreo de manglar achaparrados *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo 2011)

Sulfatos

Los sulfatos pueden encontrarse en las aguas naturales en un amplio intervalo de concentraciones.

Los estándares para agua potable tienen un límite máximo de 250 ppm de sulfatos, ya que a valores superiores tiene una acción purgante.

En los sistemas agua para uso doméstico, los sulfatos no producen un incremento en la corrosión de los accesorios metálicos, pero cuando las concentraciones son superiores a 200 ppm, se incrementa la cantidad de plomo disuelto proveniente de las tuberías de plomo.

Como puede apreciarse en la figura No. 33, los sulfatos estuvieron entre 25 y 78 mg/l, lo cual se considera aceptable para el crecimiento de los organismos acuáticos en el área.

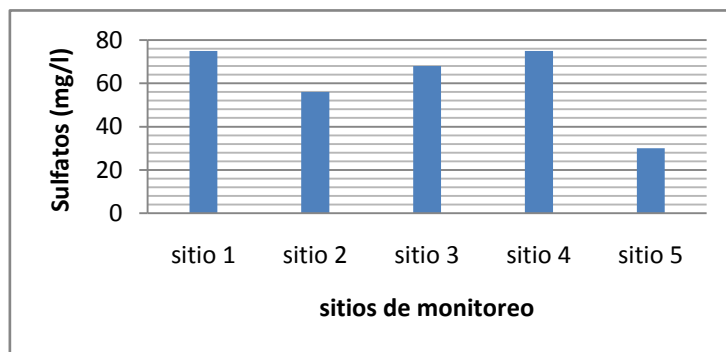


Figura No. 33 Comportamiento de los sulfatos en los sitios de monitoreo de manglar achaparrados *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo 2011)

Fosfatos

El fósforo es el elemento biogénico que juega el papel más importante en el metabolismo biológico. En comparación con los demás nutrientes, el fósforo es el menos abundante y al mismo tiempo es el factor más limitante en la productividad primaria.

Debido a que en la mayoría de los cuerpos de agua existen cantidades relativamente altas de iones calcio y magnesio y a que los fosfatos de dichos elementos son altamente insolubles, la concentración de fósforo bajo la forma de orto fosfato en aguas naturales, es relativamente baja y rara vez excede los 10 mg/l. Para aguas en buen estado el contenido no debería exceder de 0,4 mg/L. Como puede observarse en la figura No. 34, el fósforo en forma de fosfatos expresó concentraciones bajas no superando en el mayor de los casos 1.5 mg/l, lo que sucedió en el sitio dos que está cercano a la boca barra.

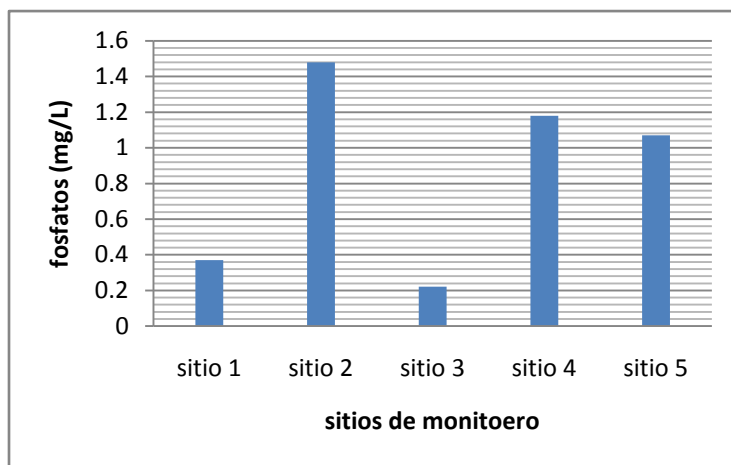


Figura No. 34 Comportamiento de los fosfatos en los sitios de monitoreo de manglar achaparrados *Rhizophora mangle L.* (Trabajo de campo 2011)

6.5 Componente fauna íctica

La clase *Osterichthyes* tanto demersal como pelágica, es la clase más dinámica tanto en forma vertical como horizontal.

Las razones de estudiar esta clase fueron las siguientes:

1. Ser fácil de capturar
2. Ser fácil de identificar
3. Suficientemente abundante para ser capturada en cualquier época
4. Vivir y/o alimentarse del fondo
5. Vivir y/o alimentarse en la superficie
6. Suficientemente grande para poder analizar ciertos tejidos



Figura No. 35 Lances realizados desde la boca barra hacia el interior del río en sitios aledaños al manglar achaparrados *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo 2011)

Especies encontradas en las capturas:

Nombre científico: *Vieja maculicauda*

Nombre común: Chumbimba o mojarra boca colorada



Figura No. 36 *Vieja maculicauda* (Trabajo de campo, 2011)

Nombre científico: *Eugerres plumieri*

Nombre común: palometa



Figura No. 37 *Eugerres plumieri* (Trabajo de campo, 2011)

Nombre científico: *Centropomus ensiferus*

Nombre común: robalo



Figura No. 38 *Centropomus ensiferus* (Trabajo de campo, 2011)

Nombre científico: *Brycon guatemalensis*

Nombre común: machaca



Figura No. 39 *Brycon guatemalensis* (Trabajo de campo, 2011)

Nombre científico: *Mugil cephalus*

Nombre Común: Liseta



Figura No. 40 *Mugil cephalus* (Trabajo de campo, 2011)

Nombre científico: *Ictalurus furcatus*

Nombre común: Bagre



Figura No. 41 *Ictalurus furcatus* (Trabajo de campo, 2011)

Nombre científico: *Caranx latus*

Nombre común: Jurel



Figura No. 42 *Caranx latus* (Trabajo de campo, 2011)

Nombre científico: *Cichlasoma urophthalmus*

Nombre común: mojarra



Figura No. 43 *Cichlasoma urophthalmus* (Trabajo de campo, 2011)

Nombre científico: *Parachromis managuensis*

Nombre común: Guapote



Figura No. 44 *Parachromis managuensis* (Trabajo de campo, 2011)

Abundancia de especies

Como puede verse en la figura No 45, de las diez especies capturadas, la especie más abundante fue palometa *Eugerres plumieri* con un 55.7%; seguida por la especie machaca *Brycon guatemalensis*. Ambas especies son de menor importancia comercial, comparadas con róbalo *Centropomus ensiferus* y chumbimba *Vieja maculicauda*, que son especies altamente preferidas por los compradores.

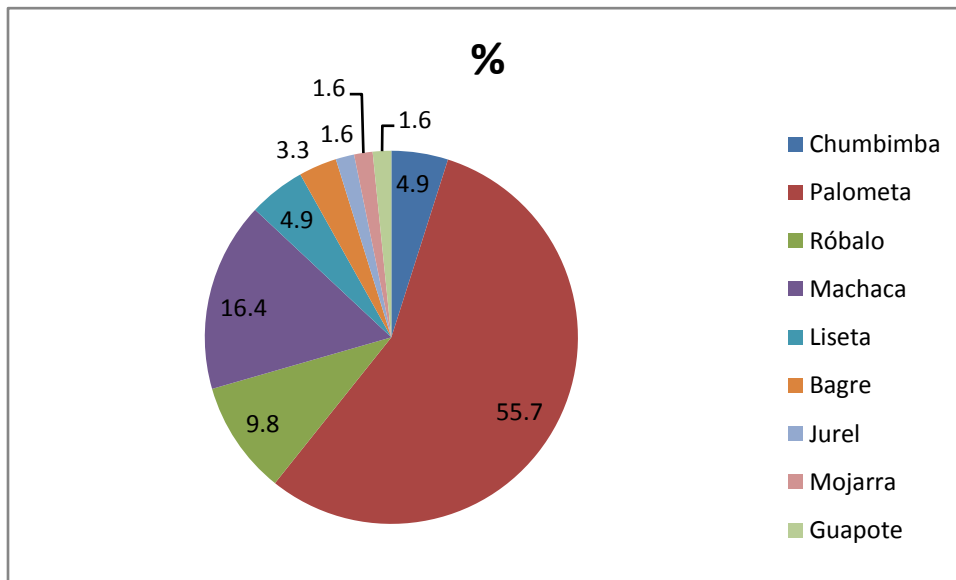


Figura No. 45 Abundancia de especies (Trabajo de campo, 2011)

Riqueza de especies

De acuerdo al índice de Margalef , $Diversidad = (S-1)/\ln N$, se encontró una riqueza de especies de 2.18, lo que lo cual se considera alto pues según (Margurran 1989 y Bonet, 2002), se puede considerar que existe alta diversidad en un sitio cuando las comunidades presentan valores de riqueza por arriba de 2.

6.6 Conectividades

Después de analizar el comportamiento vegetativo del mangle achaparrado en el ecosistema río Sarstún, el cual constituye una expresión paisajística de tipo lineal y continua desde la boca barra hacia el interior del río, podemos decir que existe una alta conectividad dada por la estabilidad que le confiere el entramado de mangle a la ribera del río.

El poco interés que despierta el mangle achaparrado como recurso forestal, le confiere al ecosistema una alta seguridad en su fragmentación, es conocido el término de que a mayor fragmentación menor conectividad.

Una densidad poblacional de mangle achaparrado que va desde los 13,466 a los 21,733 árboles por hectárea y donde el crecimiento lento de los individuos permite procesos continuos y estables, asegura el movimiento genético y un flujo de energía que de otra forma no sería posible.

A continuación se esquematiza según la figura No 46, la relación alimenticia de las especies capturadas en el río Sarstún en zonas aledañas al manglar achaparrado, poniendo en la base a las especies omnívoras y en la cúspide las típicas predadoras.

Todas estas especies se desarrollan y mantienen la conectividad en el ecosistema.

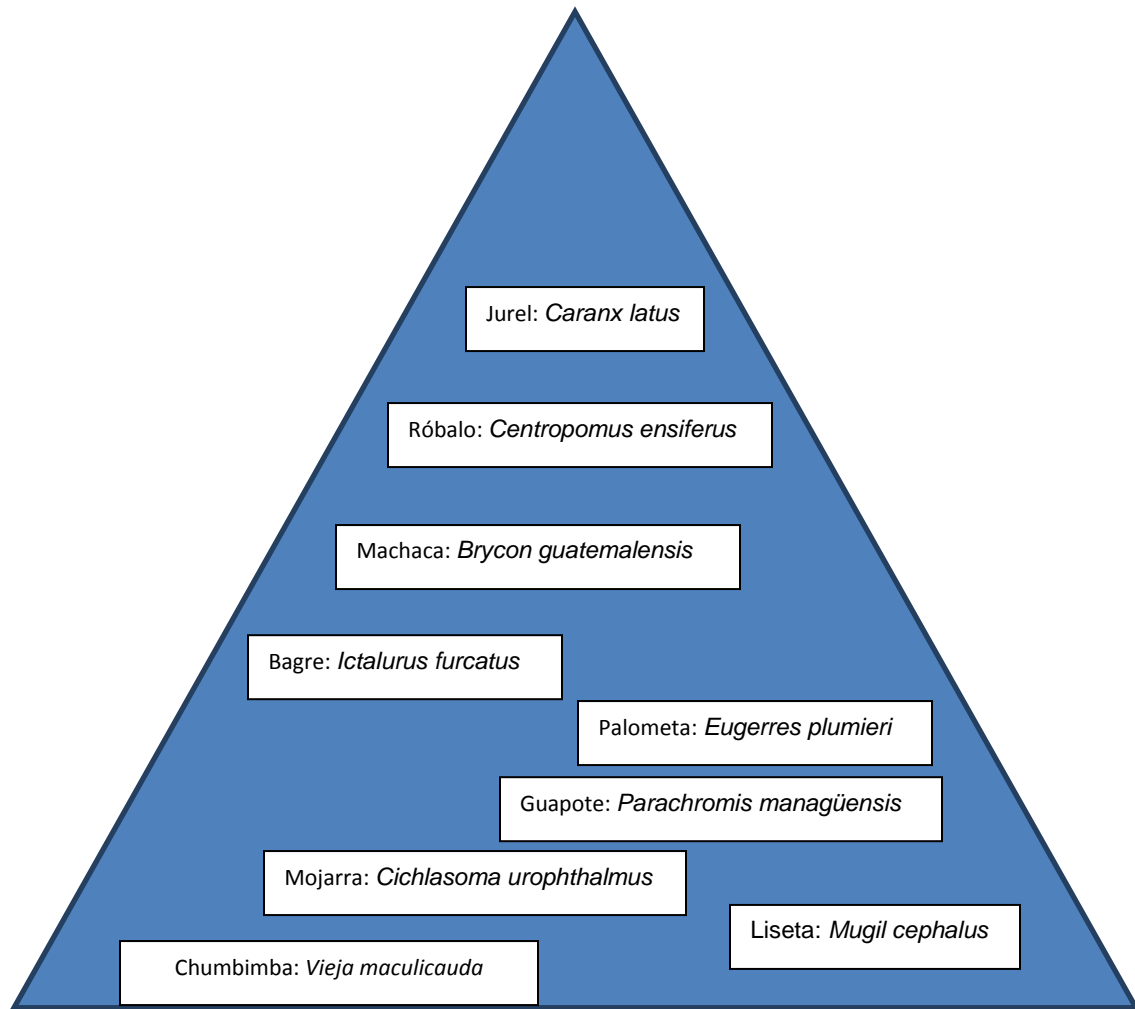


Figura No. 46 Aproximación de posición alimenticia de las especies encontradas en el ecosistema manglar achaparrado del río Sarstún (Trabajo de campo, 2011)

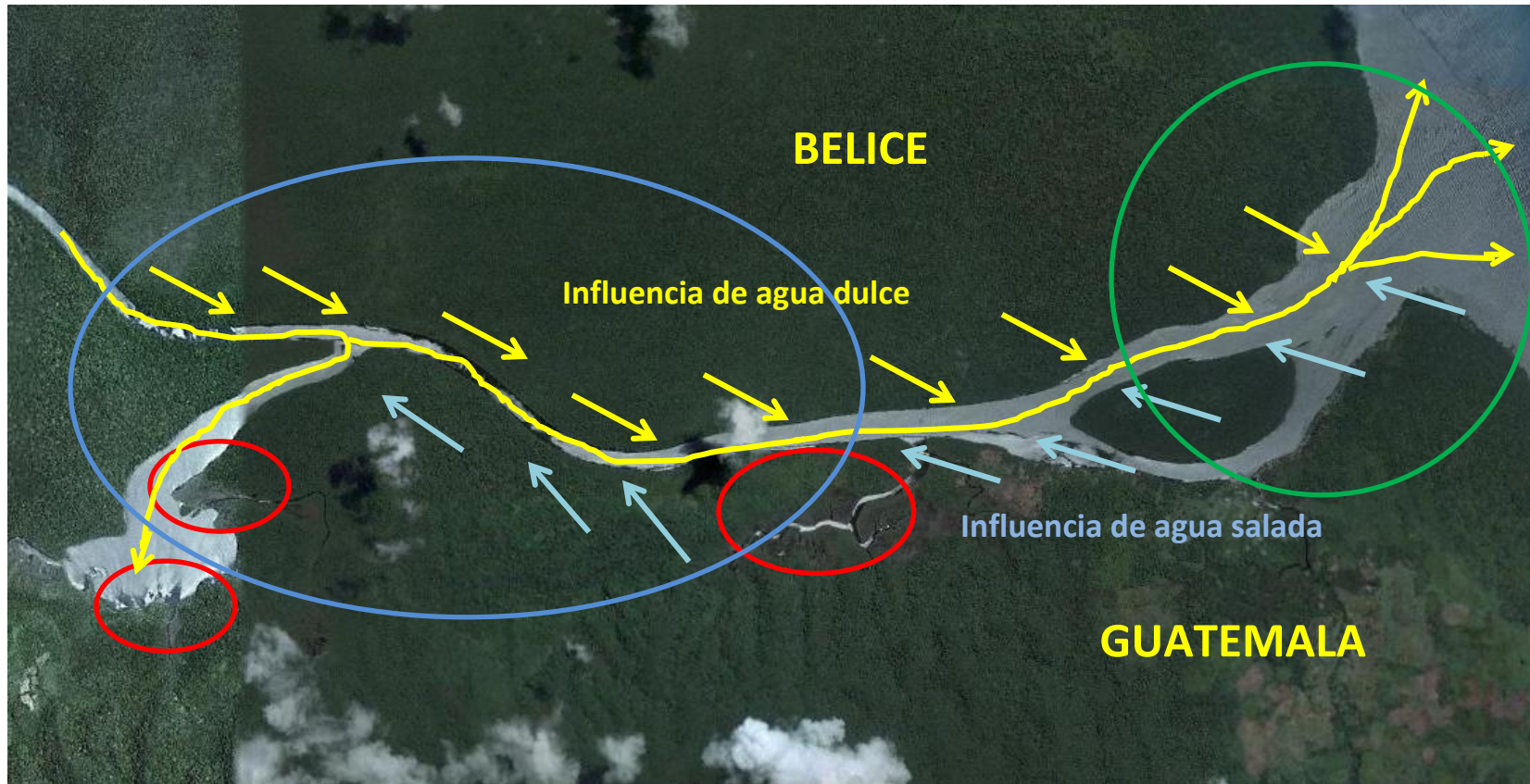
6.7 Modelo funcional del manglar achaparrado del ecosistema Río Sarstún

Barreras ecológicas

Al estar el mangle achaparrado en la sección del río Sarstún que constituye la transición estuarina al mar Caribe con muy poca intervención antrópica, no existen barreras físicas naturales para el desplazamiento de especies ícticas ya que no existen resaltos hidráulicos, gran velocidad de corriente y pronunciadas turbulencias que pudieran dificultar el tránsito de algunas especies, de forma natural.



Figura No. 47 Localización del mangle achaparrado en el ecosistema río Sarstún *Rhizophora mangle* L. (Google earth 2007)




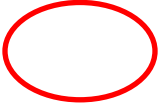
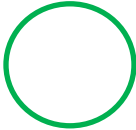
- | | | | | | |
|---|--|---|--|---|---|
|  | Zona de alevinaje
captura de especímenes
de tallas bajas |  | Zona de manglar
achaparrado
<i>Rhizophora mangle</i> |  | Zona de captura de
especímenes de mayor
talla |
|---|--|---|--|---|---|

Figura No. 48 Modelo funcional manglar achaparrado en el ecosistema río Sarstún *Rhizophora mangle* L. (Trabajo de campo, 2011)

VII. CONCLUSIONES

En términos generales en relación al estado biofísico, el ecosistema se comporta como un ecosistema vulnerable pues el encontrar valores de alcalinidad cercanos a 6 mg/l, lo hace por un lado vulnerable a la contaminación y por otro a la eventual caída del pH. Por otra parte las bajas concentraciones de fosfatos en las aguas del ecosistema indican baja posibilidad de eutroficación, el resto de nutrientes evaluados se comportó en rangos normales en aguas dulces y estuarinas.

En relación a la riqueza de especies ícticas, de acuerdo al índice de Margalef, un valor encontrado de 2.18, indica que existe alta diversidad en el sitio.

De las nueve especies encontradas la captura de las mayores tallas se da a la entrada del río en plena boca barra y fuera de ella hacia el mar caribe, hacia el interior del río y muy cercano a los manglares se da la presencia de juveniles de las nueve especies.

La estructura y composición de ecosistema se inclina a una especie emblemática dominante, mangle rojo achaparrado *Rhizophora mangle* L. dicho manglar cuya arquitectura es sinuosa, no supera longitudes de tallo principal de 2.26 metros. Su arquitectura y la escasa distancia entre árboles, le permite desarrollar raíz en cabellera, lo que a su vez confiere al sitio una alta estabilidad de sustrato.

Las conectividades presentes en este ecosistema el cual no se encuentra altamente fragmentado, permite decir que se defina un modelo funcional, que no presenta barreras físicas naturales que impidan la libre migración de especies, por lo que el intercambio genético está asegurado. La influencia continua de agua dulce hacia el mar y del agua salada hacia el interior del río permite que especies anádromas y catádromas encuentren en este ecosistema la posibilidad de asegurar su supervivencia.

VIII. RECOMENDACIONES

- Es importante resaltar que al hablar con los pobladores del área se ve manifiesta su preocupación por mantener inalterable en la mayor medida posible su entorno. El haber constatado que existe una buena organización permite recomendar que se continúe fortaleciendo la misma con un marcado trabajo en capacitación para el desarrollo y la generación de proyectos alternativos que disminuyan la presión al ecosistema por demanda de satisfactores humanos.
- Es también importante recomendar que se desarrolle un estudio de valoración ecosistémico de los recursos naturales en el área para su puesta en valor y por ende se mantengan los servicios ambientales o ecosistémicos que hoy permiten altas conectividades.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 1999. Estrategia nacional para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad. Guatemala, CONAP. P. 5-7
2. CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 2003. Plan maestro 2002-2006 del Parque Nacional Sipacate-Naranjo. Guatemala, CONAP. P. 7
3. CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 2006. Política Nacional de Humedales. Guatemala. 43p.
4. Cordero, P; Córdova, R; Solano, F. 2000. Aprovechamiento sostenible de los recursos asociados a los manglares del pacífico guatemalteco (en línea). San José, CR. Consultado 7 mar. 2008. Disponible en http://www.iucn.org/places/orma/publica_gnl/defensaManglar.pdf
5. Duarte, V. 2002. Corredor biológico mesoamericano (en línea). Revista Ambiente de Nicaragua No. 12. Consultado 8 abr. 2,008. Disponible en <http://biomeso.net>
6. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).1994. Mangrove forest management guidelines. FAO forestry paper No. 117. (en línea). Consultado 19 abr. 2008. Disponible en: <http://www.fao.org>
7. Fuentes, S; García, W. 2002. Determinación de presiones y fuentes de presión que afectan la biodiversidad del parque nacional Sipacate-Naranjo, la Gomera, Escuintla. Guatemala, USAC; CEMA. P. 32-42; 47, 48.

8. FUNDAECO (Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación). 2002. Corredor biológico costa sur canal de Chiquimulilla. Guatemala. 1 disco compacto, 8mm.
9. García, P. 2000. Bases ecológicas de las funcionalidades del ecosistema manglar del pacífico de Guatemala. Guatemala, USAC, DIGI; CEMA; CUNSUR. P. 34-40.
10. García, P. 2001. Directrices de gestión ambiental en el ecosistema manglar del parque nacional Sipacate-Naranjo, la Gomera, Escuintla, Guatemala. Tesis M.Sc. España, Universidad Internacional de Andalucía. P. 82-91.
11. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 1998. Reglamento para el aprovechamiento del mangle. Guatemala. 18p.
12. Junta de Andalucía, ES. s.f. Aproximación ecosistémica y gestión del medio natural (en línea). Consultado 19 abr. 2008. Disponible en <http://www.juntadeandalucia.es>
13. Magurran, E. 1989. Diversidad ecológica y su medición. New Jersey: University Press, Princeton, p. 199 .
14. Ramsar (Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional). 2,002. Resolución VIII.32 Conservación, manejo integral y uso sostenible de los ecosistemas de manglar y sus recursos. (en línea). España. Consultado 23 feb. 2008. Disponible en: <http://www.ramsar.org>
15. Ramsar (Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional). 1998. Qué es la convención de Ramsar sobre los humedales. Documento informativo Ramsar No. 2. (en línea). Suiza. Consultado 19 abr. 2008. Disponible en <http://www.ramsar.org>

16. Roldán, G. 1992. Fundamentos de limnología neotropical. Colombia, Universidad de Antioquia. P. 226; 272-274.
17. Trópico Verde. 2006. Manglares en Guatemala. (en línea). Guatemala. Consultado. 20 abr. 2008. Disponible en: <http://www.tropicoverde.org>
18. UICN-ORMA (Unión Mundial para la Naturaleza, SZ); CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT); USAC (Universidad de San Carlos de Guatemala), CBM (Corredor Biológico Mesoamericano, GT). Inventario Nacional de los Humedales de Guatemala. Costa Rica. P 1, 2.
19. Villela, A. *et al.* SAM (Proyecto para el sistema arrecifal mesoamericano). 2003. Manual de métodos para el programa de monitoreo sinóptico del SAM. (en línea). Belice. Consultado 26 feb. 2008. Disponible en: <http://www.mbrs.org.bz>
20. Yáñez, *et al.* 1999. Ecosistemas de manglar en América Latina. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México. 350p.