



USAID | ECUADOR
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA

USAID COSTAS Y BOSQUES SOSTENIBLES
CONSERVAR LA BIODIVERSIDAD MEJORANDO LA CALIDAD DE VIDA

COMPILACIÓN DE INFORMACIÓN, METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL SIG PARA LA RSV EL SALADO

USAID COSTAS Y BOSQUES SOSTENIBLES

Contrato No. EPP-I-00-06-00013-00 TO #377

17 de Mayo de 2010

Esta publicación fue preparada para revisión de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Fue presentada por el Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN) bajo un subcontrato con Chemonics International.

Activity Title: USAID Sustainable Forests and Coasts. USAID Contracting Officer's Representative: Rocío Cedeño. Document language: Spanish. Translation of title: Compilation of GIS Information, Design and Methodology for the El Salado Mangrove Wildlife Production Reserve

CONTENIDO

CONTENIDO	iii
Acrónimos	1
Resumen Ejecutivo	2
Compilación de Información	
Objetivos y Alcance del estudio	
Análisis del área del estudio	
Antecedentes	
Descripción del área: ubicación	5
Características Físicas	9
Características Biológicas	12
Amenazas ambientales	16
Metodología para la Estimación de la Vulnerabilidad	19
Diseño del Sistema de Información Geográfica	28
Requerimientos de Información	28
Anexo 1: FIGURAS	30
Anexo 2: BIBLIOGRAFÍA	39

ACRÓNIMOS

CATEG	Corporación para la Administración Temporal Eléctrica de Guayaquil
CIIFEN	Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno El Niño
CLIRSEN	Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INOCAR	Instituto Oceanográfico de la Armada
IPCC-AR4	Inter Governmental Panel of Experts on Climate Change-Assessment Report 4
PETROECUADOR	Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador
RPFMS	Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado
SNAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas

RESUMEN EJECUTIVO

El estudio para el análisis de vulnerabilidad y diseño de medidas de adaptación adecuadas frente al cambio climático para la zona de Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado, pretende, en función de las tendencias de incremento de presión sobre el uso de suelo, clima, ecosistemas, poblaciones, y actividades socio-económicas, estimar los elementos de la vulnerabilidad que puedan ser exacerbados por los potenciales efectos locales relacionados con las amenazas del cambio climático.

El presente informe documenta el análisis para el diseño de la metodología específica que permitirá la estimación de la vulnerabilidad y el subsiguiente uso de herramientas como: el sistema de información geográfica y la modelación numérica, así como la información que será integrada a lo largo del estudio. La metodología usa como referencia básica y adapta las Guías Metodológicas para estimación de Vulnerabilidad en Áreas Protegidas - CIIFEN, 2009.

De acuerdo a la Evaluación Rápida efectuada en el marco del Proyecto Costas y Bosques Sostenibles-USAID, 2009, en el área de Reserva Faunística Manglares El Salado fueron identificadas algunas amenazas para su conservación, lo cual conjuntamente con información recopilada y conocimiento del área, permitieron realizar un análisis de las principales amenazas en el área de la Reserva, procurando profundizar con más detalles en los mecanismos generadores y potencialmente disparadores de estas amenazas.

COMPILACIÓN DE INFORMACIÓN

OBJETIVOS

Objetivo general del proyecto:

Determinar la vulnerabilidad y diseñar las medidas de adaptación frente al cambio climático de la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado (RPFMS) y del Parque Nacional Machalilla.

Objetivos específicos:

1. Efectuar un análisis de vulnerabilidad climática, socioeconómica y ambiental de la RSV El Salado.
2. Diseñar las medidas de adaptación frente al cambio climático, con base en los resultados obtenidos del análisis de vulnerabilidad de la RSV El Salado.
3. Diseñar las medidas de adaptación frente al cambio climático con base en los resultados obtenidos del análisis de vulnerabilidad del Parque Nacional Machalilla.
4. Efectuar un estudio comparativo de los análisis de vulnerabilidad y las medidas de adaptación a implementarse en la RSV El Salado y el Parque Nacional Machalilla.

Alcance del estudio

Una vez obtenido el análisis de vulnerabilidad, se logrará identificar las zonas más críticas en función de las tendencias de incremento de las presiones existentes sobre los ecosistemas, las poblaciones, el acceso a los medios de vida y la actividad económica. Se realizará una identificación de actores clave y se delinearán posibles acciones adaptativas para luego discutir las, mejorarlas y priorizarlas con la comunidad a través de procesos participativos como son charlas, reuniones o talleres. De este modo se tratará de vincular a la comunidad para que se interese e involucre en el proceso de adaptación.

ANÁLISIS DEL ÁREA DE ESTUDIO

ANTECEDENTES

En el desarrollo del IV congreso mundial de parques nacionales y áreas protegidas, realizado en Venezuela 1992 fue definido formalmente el concepto de área protegida como *“una superficie de tierra y/o mar consagrada a la protección y al mantenimiento de la diversidad biológica, así como de los recursos naturales y los recursos culturales asociados, y manejada a través de medios jurídicos u otros medios eficaces”*¹.

¹ Fundación Natura, (2006). Informe final: Propuesta de Zonificación de la Reserva de Producción de Fauna Manglares el Salado.

El Golfo de Guayaquil, constituye el mayor complejo estuarino de Ecuador y de la Costa Occidental de Sudamérica. Caracterizado por concentrar el 81% del bosque de manglar del Ecuador, es considerado como un ecosistema frágil y de gran importancia por los bienes y servicios ambientales que brinda a las comunidades costeras del país².

La Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado (RPFMS) fue creada, mediante Acuerdo Ministerial N° 142 del 15 de noviembre del 2002, publicado en el Registro Oficial N° 5 del 22 de enero del 2003. Con una superficie de 3.700 hectáreas, la RPFMS incluye un área de bosque de mangle, espejo de agua de los esteros y canales naturales de agua salobre, ubicadas en la jurisdicción del cantón Guayaquil de la provincia del Guayas. La categoría de reserva fue establecida con el fin de proteger y manejar de manera sostenible e integral las poblaciones de fauna silvestre con importancia económica y cuya biología se encuentra ligada a la conservación del manglar, investigación científica, turismo y recreación³.

En 1979 el área del Estero Salado es declarada como Parque Nacional; sin embargo, el mismo año la declaratoria es derogada por la Cámara Nacional de Representantes.

Para la elección de la categoría de Reserva de Producción de Fauna efectuada por el Ministerio del Ambiente y expresada en el respectivo informe técnico de declaratoria, la autoridad ambiental nacional tomó como referencia el artículo 70 de la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, y lo expresado en el artículo 195 del título XIV del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente donde se establece que *“el manejo de las Reservas de Producción Faunísticas se realizará en sujeción al respectivo Plan, orientado a la producción y fomento de la fauna silvestre, bajo condiciones naturales, la producción obtenida podrá destinarse a la alimentación de las comunidades asentadas dentro del área, a la introducción o reposición en otras zonas, a la cacería deportiva y a la eventual comercialización”*.

La zona de reserva es escasamente poblada por personas; sin embargo existen reportes sobre actividades extractivas en el sector, registrado según el Informe Técnico de Declaratoria.

En el año 2003, los manglares del Golfo de Guayaquil pasan a formar parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP).

El 27 de marzo del 2003, mediante Acuerdo Ministerial N° 045, publicado en el Registro Oficial N° 71 de 29 de enero del 2003, los límites de la RPFMS, fueron ampliados en una superficie que alcanza 5.176 hectáreas.

² Acuerdo Ministerial 498 publicado en el Registro Oficial #591 del 24 de diciembre de 1986

³ Fundación Natura, (2006).

En virtud de la existencia de urbanizaciones asentadas en el área de reserva, y considerando que los involucrados o propietarios acreditaron sus derechos patrimoniales con anterioridad a la declaratoria de área protegida, mediante informe técnico, y el informe favorable del Director Nacional de Biodiversidad y Áreas Protegidas (E), es recomendada la rectificación de los límites de la RPFMS de acuerdo a los sustentos técnicos y documentos de soporte, donde la superficie de la reserva correspondería a 5.309 hectáreas⁴, conforme el Acuerdo Ministerial # 166 en el Registro Oficial # 23 y publicado el 15 de febrero del 2007.

Conforme lo descrito en el Informe Técnico Final del Proyecto: *Demarcación Física de la Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado*, es establecida la ubicación final de los hitos de la zona norte, noroeste y suroeste y la evolución de camaroneras *in situ*. El resultado es un incremento del 3.26% del área de la reserva (173 hectáreas), sumando un total de 5482 hectáreas. El mismo informe remarca en las recomendaciones la necesidad de gestionar la promulgación de un nuevo Acuerdo Ministerial que permita ampliar los límites de la reserva.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

Ubicación

La RPFMS, ubicada al sur-oeste de la ciudad de Guayaquil, en la provincia del Guayas, forma parte del estuario interior del Golfo de Guayaquil, el mismo que constituye el sistema estuarino más grande de la costa sudamericana del Pacífico Oriental⁵. La RPFMS se encuentra integrada principalmente por áreas de salitrales, remanentes de bosque seco tropical, bosques de manglar y tres esteros: Mongón, Plano Seco y Salado (Carvajal *et al.* 2005)⁶. Figura 1.

La RPFMS limita al Norte con una zona de urbanizaciones de baja densidad poblacional, entre las cuales se encuentran principalmente: Cooperativa Puerto del Sol, Puerto Azul, Bello Horizonte, Laguna Club, Terra Nostra, Cooperativa 24 de Mayo, Vía al Sol. En este límite se encuentran además, bodegas industriales, el muelle del Terminal Portuario Internacional (TPI), Balneario de Puerto Hondo y campamento del Grupo de Intervención y Rescate (GIR). Al Sur colinda con zonas de camaroneras y manglares. Por el lado Este la reserva limita con asentamientos humanos de alta densidad, área marginal de la ciudad denominada Suburbio Oeste de

⁴ Ministerio del Ambiente. Acuerdo Ministerial N° No. 166. Registro Oficial # 23 y publicado el 15 de febrero del 2007.

⁵ Ministerio del Ambiente-MAE. Plan de Manejo Ambiental Reserva de Producción Faunística El Salado, febrero 2007.

⁶ JADE Rivera Rossi. Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado. Costa Sur - IX. ECOLAP y MAE. 2007. Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador. ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM. Quito, Ecuador.

Guayaquil, y algunas zonas de camaroneras, salinas y manglares. Al Oeste limita principalmente con zonas de piscinas camaroneras⁷.

El área de la reserva es utilizada para actividades de orden económico entre las que se mencionan las actividades de tipo productivo o extractivo, recreacional y turístico. En el desarrollo de las actividades de recreación cercanas al área de reserva se ubican infraestructuras como el Yatch Club de Puerto Azul y Club Ecológico de Puerto Hondo. Figura 2.

Yatch Club de Puerto Azul: ubicado hacia la desembocadura del estero Plano Seco, actividades como navegación, kayak, esquí acuático y pesca deportiva de peces pequeños son realizadas desde el año 2004. De forma adicional Fundación Natura realiza actividades de investigación científica con relación al cocodrilo de la costa *Crocodylus acutus*.

Club Ecológico de Puerto Hondo: ubicado en el km 18 de la carretera Guayaquil Salinas, es el área de desarrollo de actividades turísticas como paseos eco-turísticos a través del manglar; específicamente en una parte del Estero Mongón⁸. La actividad es realizada por pobladores de Puerto Hondo, quienes demuestran interés y conocimiento de la condición limítrofe con la Reserva, convirtiendo el área en un lugar de esparcimiento y recreación para los pobladores de zonas contiguas a la reserva, que bien puede ser aprovechado y/o visitado por turistas nacionales o extranjeros⁹.

En referencia a las **actividades comerciales y de explotación** de recursos en el área de reserva, se destacan infraestructuras para camaroneras, centrales termoeléctricas, estación de bombeo y actividades extractivas de pesca. Figura 3.

En lo concerniente a camaroneras, hasta el año 2006 fueron registradas alrededor de 122.25 hectáreas de cultivos de camarón, según el Informe final de la Propuesta de Zonificación de la Reserva de Producción de Fauna Manglares el Salado. Acorde con el informe se evidencia la existencia de 6 camaroneras pequeñas ubicadas dentro del área de reserva, de las cuales 3 se encuentran activas y 3 en estado de abandono¹⁰.

⁷ MAE. Plan de Manejo Ambiental Reserva de Producción Faunística El Salado. Febrero, 2007.

⁸ JADE, R., 2007. Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado. Costa Sur - IX. ECOLAP y MAE. Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador. ECOFUND, FAN, DarwinNet, e IGM. EC., 2007.

⁹ Fundación Natura (2006), Informe final de la Propuesta de Zonificación de la Reserva de Producción de Fauna Manglares el Salado.

¹⁰ Fundación Natura (2006). Propuesta de Zonificación de la Reserva de Producción de Fauna Manglares el Salado.

En el sector Noreste de la reserva, han sido identificadas 3 centrales termoeléctricas. El sistema de enfriamiento de las centrales ocasiona descarga de agua con altas temperatura que fluctúa entre los 38 y 40 °C¹¹, estas se dirigen a los esteros, llegándose a constituir en un foco de contaminación térmica, al limitar el desarrollo de vida acuática en el área de influencia. Las centrales identificadas corresponden a la Planta Termoeléctrica Álvaro Tinajero, Central Aníbal Santos (pertenece a CATEG¹²) y la Central Gonzalo Cevallos, que forma parte de ELECTROGUAYAS S.A.,

La Estación de Bombeo Tres Bocas se ubica al sureste de la reserva, en el lugar de confluencia de los tres ramales del Estero Salado. La estación pertenece a Petrocomercial, filial de PETROECUADOR¹³. La estación de bombeo constituye el lugar de recepción de combustible proveniente de las refinerías de Esmeraldas y La Libertad. La estación cuenta con sistemas de poliductos para el transporte de GLP¹⁴, gasolina y fuel oil. La estación cuenta además con un sistema de gestión ambiental en caso de derrames de hidrocarburos.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

De acuerdo con el estudio de impacto ambiental realizado por INOCAR en 2008, el Estero Salado constituye un estuario cuya entrada de la señal de mareas es de aproximadamente 70 Km de longitud, desde su desembocadura en el Canal del Morro, en su conexión con el Golfo de Guayaquil. Entre el Estero Salado y el Río Guayas existe poca comunicación natural, aunque cerca de la boca del estuario, el Canal de Cascajal (norte de la Isla Puná), existe comunicación entre el Canal del Morro con el Canal de Jambelí y por lo tanto con el Río Guayas.

El Estero Salado es parte de un sistema estuarino, que recibe aportes de agua dulce. En el lado Este del Estero Salado existen áreas bajas, que permiten el crecimiento de manglares, que se encuentran atravesados por canales, de los cuales solamente el Canal de Cascajal, es importante para la navegación de alto bordo. Por el lado Oeste del Estero se ubican grandes extensiones de camaroneras bordeadas de manglar remanente.

El clima existente en la zona del estuario, posee una fuerte influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT¹⁵), determinando dos regímenes pluviométricos (Moreano, 1983)¹⁶.

¹¹ MAE (2007). Ministerio del Ambiente de Ecuador. Plan de Manejo Ambiental Reserva de Producción Faunística El Salado, Febrero 2007. Quito, Ec. 2007.

¹² CATEG: Corporación para la Administración Temporal Eléctrica de Guayaquil.

¹³ PETROECUADOR: Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador.

¹⁴ GLP: Gas Licuado de Petróleo.

¹⁵ ZCIT: es la Zona de Interacción o límite entre los vientos del norte y los del sur del Pacífico Oriental.

- **Régimen húmedo** (diciembre - abril) los vientos alisios del norte se intensifican, la ZCIT se desplaza hacia el sur, entre 0° y 1° S, frente a la costa del Ecuador, favoreciendo las precipitaciones sobre el litoral mientras que los alisios del Sureste se debilitan.
- **Estación seca** (mayo - noviembre) los alisios del sur son predominantes y la ZCIT se desplaza hacia el norte, por lo que la precipitación predominante sobre el litoral disminuye.

Frente a este régimen climático, se presentan en forma aleatoria, variaciones interanuales como el evento ENOS (El Niño-Oscilación Sur), que se manifiesta en la invasión de masas de aguas cálidas del Pacífico Central asociadas a un drástico cambio en la circulación atmosférica. Esto conlleva a una elevación significativa de la temperatura del agua y del nivel del mar, y a un aumento sustancial de las precipitaciones, que pueden alcanzar valores muy elevados. En los eventos El Niño más significativos como en los años 1982-83 y 1997-98. La estación meteorológica del INOCAR¹⁷, en Guayaquil, midió un acumulado anual de 4.000 mm en el año 1983, y 3200 mm en 1998, lo que representó un incremento del 300% y 220% respectivamente sobre los promedios históricos¹⁸.

Durante El Niño 1997-98, la precipitación alcanzó valores acumulados extraordinarios. Como ejemplo se puede citar el mes de marzo de 1998, en el que se alcanzó un acumulado mensual aproximado de 660 mm, comparados con 249 mm obtenidos de un promedio de los últimos 50 años, es decir un incremento del 265%. Para el mes de abril de 1998 se obtuvo 828 mm, mientras que en el mismo período de 50 años se encontró 170 mm, significando un incremento de 487%. La temperatura del aire alcanzó anomalías positivas de hasta 4 grados centígrados durante este evento. El nivel del mar registrado por INOCAR en Marzo de 1998 en la estación de La Libertad alcanzó un máximo de 51 cm de incremento por encima del valor promedio.

Las velocidades del viento dentro del Estero Salado son las mismas o aun menores que las existentes en la Isla Puná, en el Golfo de Guayaquil¹⁹. El área de estudio del Estero Salado es también afectada por las anomalías en las precipitaciones y niveles del mar asociados a la ocurrencia del Fenómeno de El Niño.

¹⁶ MOREANO, H. (1983). Interacción Océano – Atmósfera sobre la zona costera del Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Volumen 2 N°1.

¹⁷ INOCAR: Instituto Oceanográfico de la Armada.

¹⁸ Clasificación de los períodos de lluvias (Precipitaciones acumuladas anuales hasta marzo 18/93), Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, 1996.

¹⁹ En el sector de la Isla Puna, ubicada en la boca del estuario, los vientos alcanzan velocidades promedio de hasta 5 m/s, con intensidades más frecuentes de 2 a 4 m/s.

Las corrientes de agua dentro del estero oscilan horizontalmente sobre distancias entre 10 y 30 km, con velocidades máximas de 0.5 a 2.0 m/s, dependiendo de la amplitud y tipo de la marea, y el lugar del estuario considerado. Existen además una serie de corrientes residuales, que son más evidentes en la zona del canal de Cascajal, donde se comunica el agua dulce del Río Guayas con el agua salobre del Estero Salado, incrementando la complejidad en el comportamiento de la circulación del agua, y por tanto de los sedimentos y materia suspendida en el sistema estuarino (Murray,1970).

Un estudio realizado por INOCAR mediante la aplicación del modelo hidrodinámico MH3D en el 2002, determinó que el rango de desplazamiento horizontal de las masas de agua a lo largo del estuario, oscilan horizontalmente en un mismo sector, aunque se produce una renovación más lenta pero efectiva a nivel subsuperficial. Esto implica que el tiempo de residencia en el estuario y las substancias que sobre él se viertan es mucho más largo de lo que se podría suponer (tiempo de residencia =3,65 horas aproximadamente). Las corrientes superficiales obtenidas de la modelación de Golfo de Guayaquil son en promedio de 1.0 m/s, lo que puede variar dependiendo del tipo de marea principalmente, más que de los flujos estacionales²⁰.

En el estuario interior, tanto en el Río Guayas como en el Estero Salado, la circulación es el producto de la entrada y salida del agua en cada ciclo de marea, debido al flujo (entrada) y reflujo (salida) de las aguas. En el Río Guayas tanto la magnitud como la dirección de las corrientes dependen principalmente de la amplitud de la marea, y del flujo del río, presentando las máximas velocidades en la mitad del ciclo, esto es entre la pleamar y bajamar, y luego en la dirección contraria.

En términos generales, las corrientes en el área del Estero Salado, obedecen principalmente a la acción de las mareas, con flujos que se alinean en la mayor parte de su recorrido, con el eje del canal, o en cuadrantes específicos de acuerdo al estado de la marea (flujo/reflujo), como lo reporta INOCAR en su Informe del Estudio de Impacto Ambiental del año 2008.

Salinidad

Las diferencias entre los valores máximos y mínimos de salinidad en El Salado son pequeñas comparadas con las del Río Guayas, lo cual indica que este estuario corresponde a la clasificación de “*estuario bien mezclado*” (Ketchum, 1951). Adicionalmente, se destaca que durante la época de lluvias, la salinidad en el sistema de estuario se reduce apreciablemente, producto de la dilución de las aguas del estero con el agua proveniente de las lluvias locales. El nivel de salinidad máxima típica, en la parte media del Estero Salado, se ubica en el rango de los 26 ‰ y 30 ‰ en época seca, mientras que en época húmeda se reducen a un rango entre 16 ‰ y 18 ‰.

La intrusión salina varía en el río Guayas en comparación con el Estero Salado, debido a la energía disipada por la onda de marea y un bajo aporte de agua dulce recibido. En la época húmeda, la salinidad del agua del Estero Salado se reduce por el

²⁰

SERGUEI Lonin. Aplicación de Modelo MH3D para el Golfo de Guayaquil, INOCAR 2003.

aporte de agua dulce, producto de la descarga de agua de las cuencas de los ríos Daular, Cerecita y Camarona.

Sedimentos

Los sedimentos del Estero Salado provienen mayoritariamente por aporte del río Guayas, y en menor grado, por transporte de descargas de los pequeños ríos que drenan hacia el estero en la época húmeda. La composición del sedimento del fondo es limo-arcilloso de poca consistencia, lo cual se traduce también en bajos valores de resistencia al corte y densidad volumétrica in situ. (Sánchez E. 1987). El sedimento es transportado en suspensión e ingresa al Estero Salado a través del Canal de Cascajal, Estero Grande, y en pequeña proporción, a través de ramales estrechos que lo comunican con el Río Guayas (INOCAR, 2008).

Las aguas del Estero Salado se caracterizan por tener una elevada turbiedad y color, con un alto contenido de sólidos suspendidos y disueltos. El pH en promedio supera ligeramente el punto neutro de 7.2 a 7.6. El contenido de oxígeno disuelto resulta casi siempre alrededor del punto crítico para la supervivencia de los peces y en ciertos puntos del estero las condiciones son anóxicas (ausencia total de oxígeno disuelto), limitando al máximo el desarrollo del plancton. Además de presentar trazas de hidrocarburos, pesticidas y contenido de metales pesados. (INOCAR, 2007).

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Flora

De acuerdo con la propuesta de clasificación vegetal de Sierra (1999), la RPFMS se ubica en la Subregión Centro de la costa en el Sector Tierras Bajas y presenta las siguientes formaciones vegetales:

Manglar

El término manglar, generalmente se refiere a un complejo de humedales influenciado por la marea, el cual consiste de bosques de manglar, playones maréales y otros hábitats asociados dentro de la zona intermareal de latitudes tropicales y subtropicales (Tornslinson, 1986).

La palabra mangle designa un grupo de especies de árboles y arbustos que poseen adaptaciones que les permiten colonizar terrenos anegados a intrusiones de agua salada (Citron et al, 1981).

La distribución del manglar se encuentra controlada por cuatro factores: clima, salinidad del agua, fluctuaciones de mareas y Suelo. Al sur del litoral ecuatoriano, debido a los niveles de aridez de la zona, el manglar se encuentra sujeto a zonas inundadas por las mareas, notándose acumulación de sales en áreas conocidas como áreas salinas (mal denominadas salitrales). (CLIRSEN, 2006).

La tala de manglar es prohibida en Ecuador desde el año 1985. El manglar es excelente retenedor y acumulador de sedimentos, minerales y metales pesados en

suspensión en las columnas de agua de los estuarios, además el manglar es productor de madera para diversos usos como viviendas, puentes, embarcaciones, muelles, artes de pesca, trampas y en combustibles en forma de leña y carbón. La biodiversidad de los manglares consiste particularmente por la presencia de una gran cantidad de plantas epifitas (bromelias, orquídeas, helechos y musgos) asociadas a árboles de mangle, muchos invertebrados marinos, peces y una considerable variedad de aves acuáticas y terrestres. (CLIRSEN, 2006).

El ambiente en los manglares del Golfo de Guayaquil es menos húmedo que en el norte, debido a su ubicación en una zona seca (Sierra, 1999), la baja temperatura de las corrientes marinas y los vientos alisios que alejan las nubes en esta región. Cabe agregar que de los tres tipos fisiográficos de manglar existentes (ribereño, de franja y cuenca), el que domina es el manglar de franja, que cubre el 75,4 % de la superficie total de la RPFMS. El bosque se caracteriza por la incidencia directa de las mareas y por una fluctuación de niveles de inundación, llegando a un máximo en los ciclos de pleamar (Carvajal et al. 2006). Entre las especies identificadas en la RPFMS se anotan:

1. Mangle rojo (*Rhizophora mangle*, *Rhizophora harrisonii*),
2. Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*),
3. Mangle jelí (*Conocarpus erectus*) y
4. Mangle negro (*Avicennia germinans*).

Bosque deciduo de Tierras Bajas (50-200 msnm)

Se localiza entre los bosques semidecíduos o húmedos tropicales y matorrales secos de tierras bajas. Los árboles de la familia Bombacaceae son los más conocidos, con copas anchas y troncos abombados (Sierra 1999). Las especies dominantes son:

1. Bototillo (*Cochlospermum vitifolium*),
2. Fernán Sánchez (*Triplaris guayaquilensis*, *T. cumingiana*),
3. Balsa (*Ochroma pyramidale*),
4. Guasmo (*Guazuma ulmifolia*),
5. Laurel (*Cordia alliodora*) y
6. Niguito (*Muntingia calabura*).

Matorral seco Litoral

Compuesto por arbustos de hasta 4 m de alto, que crecen sobre arena y rocas. La vegetación se encuentra en contacto con el agua de mar durante los períodos de marea alta. Las especies dominantes son:

1. Maytenus octogona (*Celastraceae*),
2. Ipomoeae pescaprae (*Convolvulaceae*),
3. Batis marítima (*Batidaceae*)

Matorral seco de Tierras Bajas

Ubicado en altitudes inferiores a los 100 m en las cercanías al mar. La vegetación se caracteriza por ser seca, achaparrada y espinosa de hasta 6 m de altura. Las familias mejor representadas son; *Capparaceae*, *Euphorbiaceae*, *Boraginaceae* y *Convolvulaceae* (Sierra 1999).

Hebazal de tierras Bajas

Asociaciones densas de herbáceas (no graminiformes) en continuo contacto con el agua de los esteros y pueden alcanzar los 2 m de altura. Las especies dominantes en el área de reserva son: *Cyperus odoratus*, *C. compressus* (*Cyperaceae*), *Rauvolfia tetraphylla* (*Apocynaceae*), *Acatypha* sp., *Alchornea* sp., *Chamaesyce hyssopifolia* (*Euphorbiaceae*) (Carvajal et al. 2006).

La figura 4 presenta un mapa de zonas con cobertura vegetal del suelo en el área de la RPFMS.

Fauna

Mamíferos

En el estudio realizado por Fundación Natura (2006) fueron registradas seis especies de mamíferos: zarigüeya de orejas negras (*Didelphis marsupialis*), raposa café cuatro ojos (*Metachirus nudicaudatus*), murciélago pescador menor (*Noctilio leporinus*), ardilla sabanera de Guayaquil (*Sciurus stramineus*), mapache (*Procyon cancrivorus*), ratón común (*Mus musculus*) (Carvajal et al. 2006). De forma adicional, existen referencias de presencia de otros mamíferos como: *murciélago longirostris*, *Glossophaga longirostris*, *Artibeus* sp. .

Aves

Las zonas intermareales y salitrales, corresponden a una de las áreas más importantes en América del Sur para aves del Neoártico, especialmente de las familias *Charadriidae* y *Scolopacidae* (Morrison et al. 1989, cit. por Zambrano y Jiménez 2002)²¹.

Una de las aves migratorias del Hemisferio Norte más carismáticas es el águila pescadora (*Pandion haliaetus*). La Reserva posee también aves residentes que anidan en ella, denotando especial atención sobre aquellas mencionadas en la lista de especies amenazadas de Ecuador. El límite oeste del Estero es el refugio del gavilán caracolero (*Rostrhamus sociabilis*, VU), y la vegetación de manglar más cercana a los parches remanentes de bosques seco y húmedo de la Cordillera de Chongón es el hábitat del perico cachetirojo (*Aratinga erythrogenys*, VU) y de la lora frentirroja (*Amazona autumnalis lilacina*, EN) (Carvajal et al. 2005).

Adicionalmente, en el estudio de impacto ambiental realizado en el año 2002, fue identificada la familia más representativa de aves, el *Ardeidae*, con 15 % del total de las especies registradas. Las especies de mayor concurrencia son: *Ardea alba*, *A. cocoi*, *Egretta thula*, *E. caerulea*, *Butorides striatus*, *Nycticorax nycticorax*, *Nyctanassa violacea* (*Ardeidae*); *Anhinga anhinga* (*Anhingidae*), *Eudocimus albus*

²¹ MORRISON, R.I.G. and R.K. Ross. (1989). Atlas of Nearctic Shorebirds on the Coast of South America. Vols. 1 and 2, Can. Wildl. Serv. Spec. Publ., Ottawa, Canadá 1989.

(*Threskiornithidae*), cormorán (*Phalacrocorax brasilianus*), pelícano (*Pelecanus occidentalis*) (Carvajal et al. 2006).

Anfibios y Reptiles

La presencia de agua salada en el área limita el crecimiento de anfibios, llegando a registrar sólo una especie: el *Chaunus marinus* (*Bufo*).

La capacidad de resistencia de los reptiles, frente a la salinidad y las características de la piel, permite que exista mayor diversidad de esta especie en el área. Han sido registradas seis especies, entre las que se anotan: el caimán de la costa (*Crocodylus acutus*), iguana común (*Iguana iguana*) ameiva y la lora amazona frentirroja que es una subespecie endémica del occidente de Ecuador. Actualmente, se encuentra en peligro de extinción la boa matacaballos (*Boa constrictor imperator*), verde o correzona (*Mastigodryas boddaerti boddaerti*), tortuga mordedora (*Chelydra acutirostris*) (Carvajal et al. 2006).

Estudios ecológicos realizados en el área, determinaron que **Plano Seco** es el único estero dentro de los límites de la Reserva, donde se identificaron cuatro especímenes del cocodrilo de la costa. Su reducida población se relaciona con la conversión de su hábitat a otros usos (piscinas camaronerías, urbanización y agricultura) y por la cacería durante los años 1930–1950 (Carvajal et al. 2005).

Peces

En lo referente a peces, las familias mejor representadas en la Reserva son *Ariidae*, *Haemulidae*, *Centropomidae* y *Scianidae*. Las especies registradas en el estudio de Fundación Natura (2006) son: bagre (*Galeychthis peruvianus*, *Bagre panamensis*, *B. pinnimaculatus*), boquilla (*Sciadeops troschelli*), pámpano o voladora (*Oligoplites altus*), tilapia roja (*Oreochromis niloticus*), róbalo (*Centropomus viridis*), entre otros (Carvajal et al. 2006). En el área de reserva es importante destacar la realización de pesca de tipo artesanal, que ha permitido identificar 11 especies de peces entre comerciales y no comerciales, entre los que se anotan: mojarra, lisa, bagre-lisa, bagre-bigotudo, tilapia, roncador, róbalo, corvina, entre otras.

Crustáceos

En el área existen 13 especies de crustáceos y los más comunes son: camarones (*Litopenaeus vannamei*, *L. stylirostris*, *L. californiensis*), cangrejos (*Uca sp.*, *Ucides occidentalis*), jaibas (*Callinectes arcuatus*, *C. toxotes*), gallapo (*Aratus pisonii*) (Carvajal et al. 2006).

Moluscos

En la Reserva han sido identificadas 18 especies de moluscos, de los cuales los más representativos constituyen: la concha (*Corbula inlata*), *Mytilopsis trawtiniana* (*Dreissenidae*), *Anadara similis*, *A. tuberculosa*, *A. grandis* (*Arcidae*), ostión (*Ostrea columbiensis*, *O. inidescens*), mejillón (*Mytella strigata*, *M. guyanensis*), entre otros (Carvajal et al. 2006).

AMENAZAS AMBIENTALES

La ubicación de la RPFMS, permite la exposición de la reserva a múltiples amenazas de contaminación antropogénica producida por la expansión urbana (descarga de

aguas servidas, vertimiento de los desechos sólidos y actividad industrial). Las amenazas de orden climático como lluvias extremas afectan el área urbana, produciendo colapsos en el sistema de alcantarillado, especialmente en época de coincidencia con mareas altas, derivándose en inundaciones para diversas zonas de la ciudad sobre todo en la periferia de la reserva y en lugares con problemas de inexistencia de redes de alcantarillado²².

La generación de desechos sólidos en las cooperativas de vivienda ubicadas al norte de la reserva, las limitaciones en los servicios de recolección y el patrón de comportamiento de la población involucrada, afectan la integridad ecológica de la reserva.

Desde el punto de vista del presente estudio, las amenazas ambientales, finalmente actúan sobre el sustrato del manglar y en general la salud de los ecosistemas de la RPFMS. Considerando lo que puede hacer o no los distintos efectos del cambio climático en el área, las amenazas ambientales finalmente se convierten en factores que socavan la vulnerabilidad de la RPFMS para asimilar eventuales tensores climáticos con la resiliencia natural que caracteriza a los manglares, por ello el énfasis de detallar estas amenazas en el contexto del presente estudio.

Contaminación del agua y suelo

De acuerdo con el Informe final de la Propuesta de Zonificación de la Reserva de Producción de Fauna Manglares el Salado de 2006, han sido identificadas cuatro zonas de contaminación en la reserva. La descarga de aguas negras, residuos sólidos domésticos, desechos de construcción como cascajo, entre otros, contribuyen en la contaminación del agua y suelo al noreste de la reserva (suburbio oeste de Guayaquil). Los riesgos sobre la salud de los pobladores por la exposición a vectores de transmisión de enfermedades y consumo de peces contaminados se ven agravados. Puerto Azul también aporta a la contaminación por aguas servidas que son descargadas al estero y por combustible de botes acoderados en el muelle del Yatch Club.

La Estación de Transferencia y Bombeo Tres Bocas genera también contaminación del agua por derrames de hidrocarburos, donde las manchas de combustible, con el ascenso y descenso de la marea, son desplazadas a lo largo del estero, poniendo en peligro a las especies acuáticas de la reserva²³. Figura 5.

Deforestación

Otra de las amenazas ambientales de la reserva es la tala del manglar. De acuerdo a los recorridos de campo para la elaboración del Informe final de la Propuesta de Zonificación de la Reserva de Producción de Fauna Manglares el Salado (Fundación Natura, 2006), las zonas amenazadas por tala el manglar se encuentran ubicadas sobre

²² Diagnostico Rápido de la situación en las Regiones Identificadas, USAID, Costas y Bosques Sostenibles, 7 septiembre del 2009.

²³ Informe final, Propuesta de Zonificación de la Reserva de Producción de Fauna Manglares el Salado 1 de marzo al 31 de julio del 2006, Fundación Natura

el margen derecho después del tercer puente de la perimetral; junto al ramal del estero próximo a las instalaciones de las centrales termoeléctricas; sobre el margen izquierdo de la vía perimetral (salitrales), de un extremo lateral del área de reserva²⁴.

Actividad pesquera

El área de reserva incluye 3 ramales importantes del Estero El Salado. En el área se realizan actividades de pesca y utilización de recursos acuáticos, que se concentran en la parte media en dirección ascendente del ramal del estero Mongón, y a lo largo de los esteros Tres Bocas y Salado. Las actividades de pesca se realizan principalmente para especies como peces, moluscos y crustáceos.

La pesca es una de las actividades más importantes en el área de reserva, pues constituye en algunos casos el sustento de los pobladores provenientes del suburbio oeste y Puerto Hondo. La pesca es practicada con mayor frecuencia en la época lluviosa (invierno), épocas de aguaje (marea de sicigia para captura de camarón) y en época de quiebra (mareas de cuadratura para extracción de peces). Algunas artes de pesca, como los denominados bolsos, son consideradas como inapropiadas para la sobrevivencia de especies de peces, por su efecto de taponamiento en pequeños esteros.²⁵

De acuerdo con el Diagnóstico Rápido de la situación en las regiones identificadas del proyecto Costas y Bosques Sostenibles, (USAID, 2009); la reserva RSV El Salado, es contigua a los bosques protectores Cerro Blanco y Prosperina y que conformarían la parte terminal de la Cordillera Chongón – Colonche. Adicionalmente, forman un continuo entre bosque seco tropical, manglares y el sistema estuarino del Golfo de Guayaquil, constituyéndose en zonas que requieren especial atención para la conservación de biodiversidad, combinando estrategias de desarrollo local integrado y sostenible, que permitan de forma inicial diseñar estrategias piloto de adaptación a las variaciones del clima, el cambio climático y las condiciones antrópicas influyentes ante los futuros escenarios.

Considerando las amenazas descritas en la parte inicial del documento, las amenazas de orden ambiental, socio-económicas y climáticas, son resumidas en general como problemas generados por expansión urbana, presión sobre el uso del suelo, contaminación por desechos y descargas de efluentes (industriales y domésticos), y condiciones climáticas adversas, bajo escenarios de clima cambiante. La sección descrita en adelante, detalla la metodología diseñada para la estimación de la vulnerabilidad de la RPFMS frente a los potenciales efectos del cambio climático tomando en cuenta no solo el área de reserva en sí sino su área de influencia.

²⁴ Fundación Natura (2006). Informe final de la Propuesta de Zonificación de la Reserva de Producción de Fauna Manglares el Salado.

²⁵ MAE, (2007). Plan de Manejo Ambiental Reserva de Producción Faunística El Salado 2007.

METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

Una vez efectuada la revisión de la información existente sobre la Reserva, fue diseñada la metodología para la estimación de la vulnerabilidad del área de estudio frente al cambio climático. Para el efecto fue realizada una adaptación de las Guías Metodológicas para estimación de Vulnerabilidad en Áreas Protegidas - (CIIFEN, 2009), considerando las particularidades y puntos críticos de la zona de reserva y su área circundante.

Las consideraciones para el ajuste metodológico fueron los siguientes:

- 1) La reserva se encuentra ubicada en una zona de significativa interacción con procesos urbanos, prácticamente en toda la correspondiente periferia.
- 2) La reserva forma parte de un sistema estuarino complejo cuya dinámica se encuentra modulada por la hidrología de la Cuenca baja del Guayas y las fluctuaciones oceánicas a través del Estero Salado.
- 3) La reserva se encuentra ubicada en la zona de influencia de industrias acuícolas y energéticas, así como de rutas de navegación cuya actividad influye en distintos niveles sobre la resiliencia de la reserva .
- 4) El evento El Niño se convierte en un “proxy”, bastante adecuado para reproducir condiciones similares a las que podrían ser generadas por el cambio climático en el área de estudio.

De acuerdo a la Evaluación Rápida efectuada en el marco del Proyecto Costas y Bosques Sostenibles-(USAID, 2009), en el área de Reserva Faunística Manglares El Salado fueron identificadas algunas amenazas para su conservación, lo cual conjuntamente con información recopilada y conocimiento del área, permitieron realizar un análisis de las principales amenazas en el área de la Reserva, (Figura 6), procurando profundizar con más detalles en los mecanismos generadores y potencialmente disparadores de estas amenazas.

Fueron definidas como **amenazas climáticas**, las relacionadas directamente con el cambio climático sobre el área:

- 1) Variación a mediano y largo plazo del patrón de precipitaciones (**A1**).
- 2) Variación a mediano y largo plazo de la temperatura (**A2**).
- 3) Incremento del nivel del mar (**A3**).

- 4) Variaciones en la salinidad media en el área de la reserva (A4).
- 5) Variaciones en el pH en el área de la reserva (A5).
- 6) Variaciones en la temperatura del agua en el área de la reserva (A6).
- 7) Cambios en los patrones de circulación en el área de la reserva (A7).

En el área de estudio fueron determinadas de igual forma las **amenazas no climáticas**. Desde el punto de vista del análisis de vulnerabilidad y riesgo de la Reserva frente al cambio climático, las amenazas no climáticas proyectadas se pueden convertir en el tiempo en factores de susceptibilidad que contribuyan a incrementar la **vulnerabilidad** de la Reserva. Estos factores de susceptibilidad son:

- 1) Expansión de áreas de urbanización (V1).
- 2) Incremento de población en zonas marginales aledañas (V2).
- 3) Disminución de la calidad de agua en el estuario (eutrofización y materia en suspensión) (V3).
- 4) Contaminación marina proveniente de fuentes terrestres de tipo industrial (V4).
- 5) Sobreexplotación de recursos (V5).
- 6) Actividad marítima (V6).

La formulación de estimación de riesgo y vulnerabilidad tienen como punto de partida la fórmula general de riesgo (1).

$$(1) \text{ Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$$

El riesgo se define como la probabilidad de exceder un valor específico de daños sociales, ambientales y económicos, en un lugar específico y durante un tiempo de exposición determinado. Los factores que lo componen son externos (amenaza) e internos (vulnerabilidad). La amenaza es el factor externo al sujeto, objeto o sistema expuesto, representado por la potencial ocurrencia de un suceso de origen natural o generado por la actividad humana, en este caso el cambio climático que puede manifestarse en un lugar específico, con una intensidad y duración determinadas²⁶.

AMENAZA

Para la RPFMS, la amenaza se encontrará integrada por los siguientes factores (2):

$$(2) \text{ AMENAZA} = A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6 + A7$$

1) Variación a mediano y largo plazo del patrón de precipitaciones (A1).

Para cuantificar el efecto de las precipitaciones sobre el área de reserva serán calculados los índices climáticos especificados en la Tabla 1.

²⁶ Conceptos citados en el Material de Referencia del curso BAGER de USAID/OFDA/LAC 2008.

Tabla 1. Índices climáticos relacionados con la precipitación a ser calculados con RClimDex.

ID	NOMBRE DEL INDICADOR	DEFINICIÓN	UNIDAD
Rnn	Número de días sobre nn mm	Número de días en un año en que PRCP>=nn mm, nn es un parámetro definido por el usuario	días
CDD	Días secos consecutivos	Número máximo de días consecutivos con RR<1mm	días
CWD	Días húmedos consecutivos	Número máximo de días consecutivos con RR>=1mm	días
R99p	Días extremadamente secos	Precipitación anual total en que RR>99 percentil	mm

La amenaza climática asociada a tendencias significativas de déficit o exceso de precipitación se define en (3).

$$(3) A1 = (0.1) Rnn + (0.70)CDD + (0.1)CWD + (0.1)R99p$$

Se consideró esta ponderación, tomando en cuenta la mayor susceptibilidad del manglar y las poblaciones vinculadas con el déficit de lluvias así como el efecto de los “veranillos” y su recurrencia. Una vez procesados los índices y concretado el análisis de la información, estos coeficientes pueden ser reajustados.

2) Variación a mediano y largo plazo de la temperatura (A2).

Para cuantificar el efecto de la temperatura sobre el área de reserva se calcularán los índices climáticos que se especifican en la Tabla 2.

Tabla 2. Índices climáticos relacionados con la temperatura a ser calculados con RClimDex.

TXx	Max Tmax	Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria	°C
TNx	Max Tmin	Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria	°C
TX90p	Días calientes	Porcentaje de días cuando TX>90th percentil	días
DTR	Rango diurno de temperature	Diferencia media mensual entre TX y TN	°C

La amenaza climática asociada a tendencias significativas de la temperatura se define en (4).

$$(4) A2 = (0.25) TXx + (0.25) TNx + (0.25) TX90p + (0.25) DTR$$

Para el caso de la temperatura, la ponderación de los 4 índices es similar considerando que el efecto térmico tanto diario, como persistente es relativamente parecido sobre los ecosistemas considerados. Una vez procesados los índices y concretado el análisis de la información, estos coeficientes pueden ser reajustados.

3) Incremento del nivel del mar (A3)

La amenaza del nivel del mar será definida por las tendencias determinadas por el promedio ponderado de la tendencia normalizada de los registros diarios de nivel del mar de tres mareógrafos, ubicados dentro del Golfo de Guayaquil: en: Posorja (n_1), Río Guayas (n_2) y Puerto Marítimo (n_3) y la tendencia normalizada del mareógrafo de La Libertad como representativo del nivel del mar netamente oceánico (n_4). Esta amenaza se define en (5)

$$(5) A4 = (0.6) * [(n_1 + n_2 + n_3) / 3] + (0.4) n_4$$

En la ponderación se da más valor al sistema estuarino que refleja la tendencia más próxima en el área de la Reserva. Sin embargo se lo promedia con la tendencia observada del nivel del mar a nivel oceánico, representada por los datos registrados en el mareógrafo de La Libertad. Figura 7.

4) Variaciones en la salinidad media en el área de la reserva (A4).

Para la estimación de la salinidad, se obtendrá la tasa histórica de salinidad en base a promedios de registros anteriores para época seca (Junio-Noviembre) y época húmeda (Diciembre-Mayo), de igual forma se analizará la variación de salinidad durante el último evento El Niño 97-98 y se estimará la tasa de mezcla de salinidad. En base a este análisis se estimará el posible incremento o decrecimiento de la salinidad tomando como datos de entrada la salinidad en la frontera oceánica del estuario asumiendo, los valores resultantes del ensamblado de modelos utilizados por el IPCC-AR4. El análisis final, definirá, la salinidad probable en el área y su ponderación dependerá de su potencial afectación o no a los manglares y la población en base a los umbrales previamente documentados.

5) Variaciones en el pH en el área de la reserva (A5).

Para la estimación del pH, se obtendrá, la tendencia histórica de evolución en base a registros históricos disponibles para época seca (Junio-Noviembre) y época húmeda (Diciembre-Mayo). En base a estos registros se hará una proyección de posibles cambios del pH y su potencial impacto en los ecosistemas de la Reserva, en base a proyecciones globales.

6) Variaciones en la temperatura del agua en el área de la reserva (A6).

Se analizarán los registros de temperatura en el área de la Reserva durante eventos El Niño pasados tomando como referencia los de 1982-1983 y 1997-1998. Se analizarán los impactos en los ecosistemas asociados con esas temperaturas y establecerán umbrales de resiliencia o afectación. Posteriormente se establecerá la correlación histórica con datos disponibles de la temperatura en la zona del estuario correspondiente a la reserva y la de la zona externa del Golfo. En base a esta correlación se utilizarán las proyecciones de temperatura del mar del IPCC-AR4 y estimarán las posibles temperaturas futuras en el área de la reserva. La ponderación de este factor dependerá de los grados de afectación previamente documentados con los eventos El Niño.

7) Cambios en los patrones de circulación en el área de la reserva (A7).

Para efectos de visualizar los posibles cambios en los patrones de circulación, se efectuarán simulaciones numéricas a través de un modelo de circulación estuarino.

El modelo MOHID es un modelo tri-dimensional para simular cuerpos de agua estuarina, oceánica y de reservorios²⁷. El módulo hidrodinámico permite simular patrones de circulación y campos de velocidad para determinar el transporte de ciertas propiedades del agua. La aproximación se hace en base al flujo hidrostático, los cálculos son realizados con discretización espacial de volúmenes finitos en una malla tipo Arakawa C²⁸.

El modelo se inicializa con datos de nivel de agua en tiempo 0. Mediante las propiedades hidrodinámicas definidas por el usuario más las condiciones batimétricas, se calculan los vectores de velocidad superficial. La generación de la malla computacional puede ser ortogonal o terrain-following²⁹. Para el caso de estudio se aplicará en lo posible una malla curvilínea en función de la disponibilidad espacial de datos batimétricos. Al finalizar los cálculos en un tiempo t definido por el usuario, que para el caso será al menos un ciclo completo de marea bajo condiciones de marea sicigia y de cuadratura, es posible obtener una serie de tiempo de los valores de velocidad en puntos de interés, así como animaciones para observar el movimiento del campo de velocidad y ciertas propiedades del agua, en el tiempo.

Con el modelo se simularán varias condiciones de nivel del mar, transporte de sedimentos, temperatura y propiedades químicas y se estimarán posibles cambios en las corrientes y transporte de propiedades. Los cambios simulados serán valorados y cuantificados como amenazas si en su conjunto representarían amenaza o no a los ecosistemas del área o a su población.

²⁷ MOHID (www.mohid.com) es un sistema de modelación tridimensional, desarrollado por [MARETEC](#) (Marine and Environmental Technology Research Center) en el [Instituto Superior Técnico](#) (IST) que pertenece a la Universidad Técnica de Lisboa.

²⁸ ARAKAWA, A. and V. R. Lamb, 1977: *Methods of computational physics*, Academic Press, 174-265

²⁹ Una malla ortogonal está compuesta por líneas horizontales y verticales perpendiculares entre sí, mientras que una malla tipo terrain-following, básicamente sigue la forma del perfil.

En base a estas consideraciones previas, la amenaza climática estimada para la RPFMS estaría definida por la intensidad de cambio en cada componente ponderada por los factores de impacto y que serán obtenidos luego del análisis histórico. La expresión final se describe en (6):

$$(6) \text{ AMENAZA} = f_1(A1) + f_2(A2) + f_3(A3) + f_4(A4) + f_5(A5) + f_6(A6) + f_7(A7)$$

VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad será estimada con base en las siguientes componentes:

1) Expansión de áreas de urbanización (V1).

Los procesos de urbanización por todos los factores que implican son considerados para este estudio un componente importante de la vulnerabilidad de la zona de reserva. Para tal efecto, se tomará en cuenta la tasa de urbanización en el tiempo y su proyección histórica (TU) Km/año y la distancia desde la zona de Reserva a la zona de crecimiento (D1) en Km.

Los valores de V1 serán calculados en diferentes radios proyectados desde varios puntos destacables de la línea de expansión urbana en dirección al área de la Reserva y serán considerados como un factor de vulnerabilidad que se asume adimensional. De esta manera V1 se define en (7):

$$(7) V1 = TU/D1$$

2) Incremento de población en zonas marginales aledañas (V2).

El incremento de la población en zonas marginales aledañas, se lo considera como otro importante elemento de vulnerabilidad para la reserva tomando en cuenta el aumento de la presión sobre los ecosistemas. Para ello, se definirá la tasa de crecimiento histórica de población (TP) Miles de Pobladores/década que haya sido documentada con los datos disponibles y la distancia de la zona marginal a la zona de reserva (D2) en Km.

Los valores de V2 serán calculados para diferentes radios proyectados desde varios puntos destacables de la línea expansión urbana en dirección al área de la Reserva y serán considerados como un factor de vulnerabilidad que se asume adimensional. De esta manera V2 se define en (8):

$$(8) V2 = TP/D2$$

3) Disminución de la calidad de agua en el estuario (eutrofización y materia en suspensión) (V3).

En base a mediciones históricas en estaciones de monitoreo en distintos sitios de la reserva se establecerán las tendencias históricas que disminuyen la calidad de agua y aumentan la vulnerabilidad, (Ca) este parámetro se lo caracterizará con la expresión (9):

$$(9) V3 = Ca \text{ (oxígeno disuelto + materia orgánica disuelta + sólidos en suspensión)}$$

4) Contaminación marina proveniente de fuentes terrestres de tipo industrial (V4).

Se ubicarán las zonas de mayor contaminación industrial y sus zonas de influencia, de esta manera el factor de vulnerabilidad se definirá como Contaminación industrial (CI) sobre la distancia (D4). La contaminación industrial será cuantificada a través de un coeficiente en base a la afectación sobre el ecosistema manglar. Los valores de V4 se expresarán a manera de círculos concéntricos desde la fuente de contaminación. La vulnerabilidad se expresa en (10):

$$(10) \quad V4 = CI \text{ (aguas de alta temperatura + combustibles + desechos químicos)}/D4$$

5) Sobreexplotación de recursos (V5).

Se identificarán los sitios de pesca y piscinas camaroneras, en las que se puede prever condiciones de sobreexplotación (SE) y sus posibles tendencias. Este factor será cuantificado con un valor que varíe conforme se aleja a las zonas de mayor impacto (D5). V5 se define en (11)

$$(11) \quad V5 = SE/D5$$

6) Actividad marítima (V6).

La actividad marítima (AM) en el área de la reserva, es un factor que imprime presión en el ecosistema del manglar, por lo que el área de los terminales y las rutas de navegación frecuentes tendrán una zona de influencia cuantificada con un coeficiente en función del tráfico de las operaciones marítimas. La distancia (D6) desde estas rutas o instalaciones a los puntos de la reserva definirá este factor de vulnerabilidad que se expresa en (12):

$$(12) \quad V6 = AM/D6$$

Todos los factores de vulnerabilidad, serán convertidos a una escala uniforme del 0 al 10 y luego sumados de acuerdo a la siguiente ponderación (13):

$$(13) \quad \text{VULNERABILIDAD} = (0.25)V1 + (0.25)V2 + (0.2)V3 + (0.1)V4 + (0.15)V5 + (0.05)V6$$

(14)

DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

La descripción del diseño del sistema de información geográfica es presentada mediante 2 flujogramas. El primero corresponde a la figura 8, que muestra el flujo metodológico para la determinación de la amenaza total en el área de RSV El Salado. Mientras que el segundo flujograma, correspondiente a la Figura 9, muestra la metodología para la determinación de la vulnerabilidad total.

Requerimientos de Información

- i. **Datos de normales de:** Precipitaciones, temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento (INAMHI e INOCAR).
- ii. **Carta batimétrica del INOCAR (IOA 1075)**
- iii. **Clasificación climática de KOPPEN**
- iv. **Uso actual del suelo:** Imagen satelitaria - Google Earth-2010
- v. **Evolución multitemporal del uso del suelo:**
 - Cartas de uso del suelo de la franja costera ecuatoriana. Escala 1:25.000. CLIRSEN-PMRC. 1996.
 - Fotografía aérea 1974 (IGM)
 - Usos de suelo a 1998: del Diagnóstico Físico del cantón Guayaquil a escala 1:50.000
 - Estudio multitemporal de manglares, camaroneas y áreas salinas de la costa ecuatoriana a escala 1:50.000, 1969-1981, 1987, 1991- 1995, 2005 (CLIRSEN)
 - Cambios de uso del suelo 1982-1997, del Diagnóstico Físico del cantón Guayaquil a escala 1:50.000 (CLIRSEN)
- vi. **Modelo digital del terreno (ASTER-GDEM-30)**
- vii. **Red hídrica** extraída de la imagen satelitaria GOOGLE-2010.
- viii. **Cambios en la red hídrica:** imagen GOOGLE 2010, cartografía del PMRC 1996 a escala 1:25.000 y fotografía aérea del IGM 1974.

- ix. **Características físico – químicas del agua:** datos de campañas de monitoreo de pH, O², materia orgánica, sólidos en suspensión, Salinidad y Temperatura. Municipio de Guayaquil, Empresa de Alcantarillado, INP, ESPOL, INOCAR.
- x. **Contaminación microbiológica:** microorganismos patógenos (coliformes fecales, bacterias y hongos). INOCAR.
- xi. **Contaminación del agua por efluentes industriales:** datos de contaminación por hidrocarburos y otros efluentes industriales.
- xii. **Contaminación doméstica:** Desechos sólidos y descargas de aguas negras (Municipio de Guayaquil).
- xiii. **Características oceanográficas:** Mareas, Circulación y Nivel Medio del Mar. INOCAR.
- xiv. **Descripción industrial energética de la zona:** Central Térmica – ELECTROGUAYAS, y Terminal Tres Bocas.
- xv. **Factores socioeconómicos:** Población, densidad poblacional, NBI y PEA (Censos históricos INEC)

ANEXO 1: FIGURAS

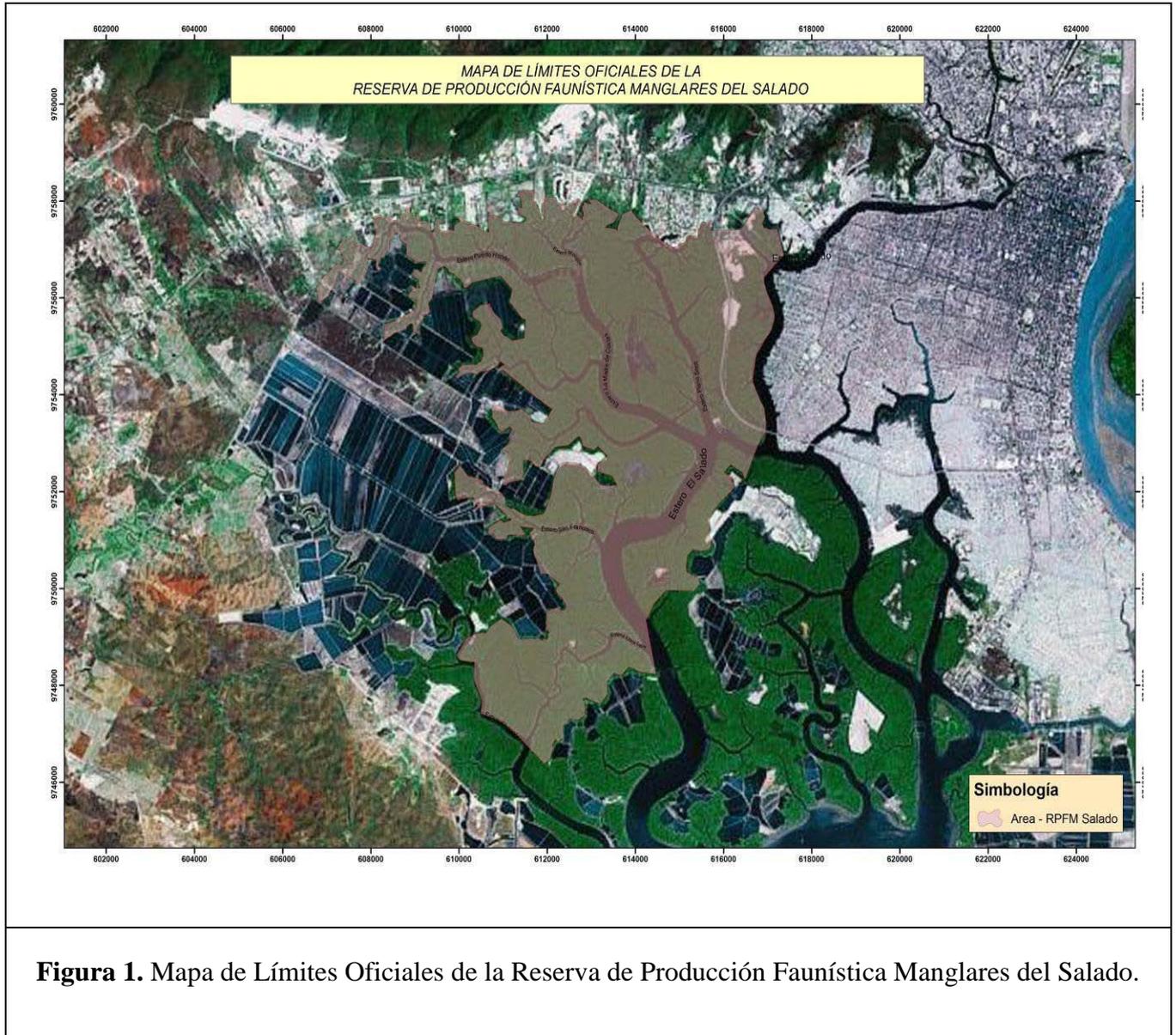


Figura 1. Mapa de Límites Oficiales de la Reserva de Producción Faunística Manglares del Salado.

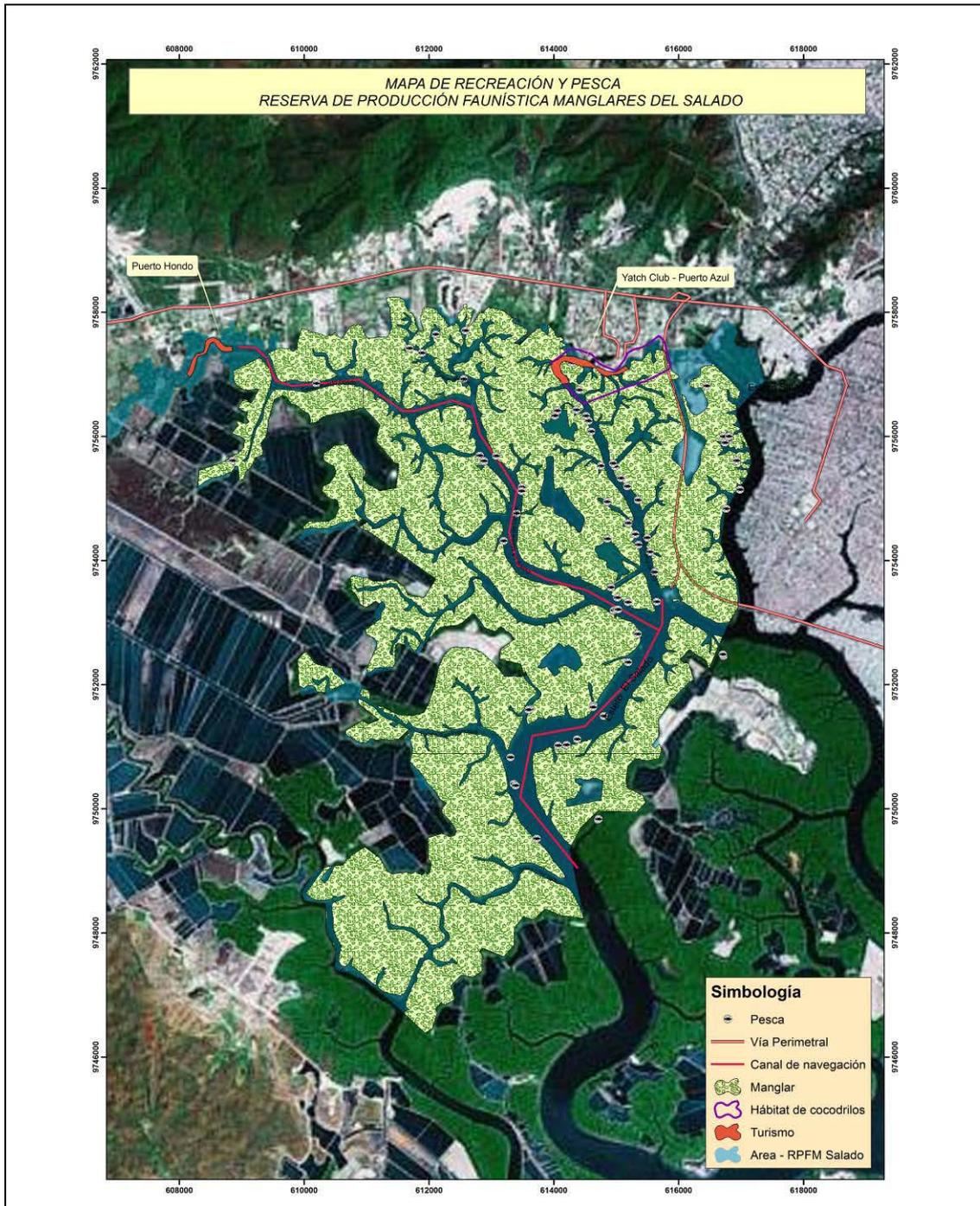


Figura 2. Ubicación de las áreas de recreación y pesca en la RSV El Salado.

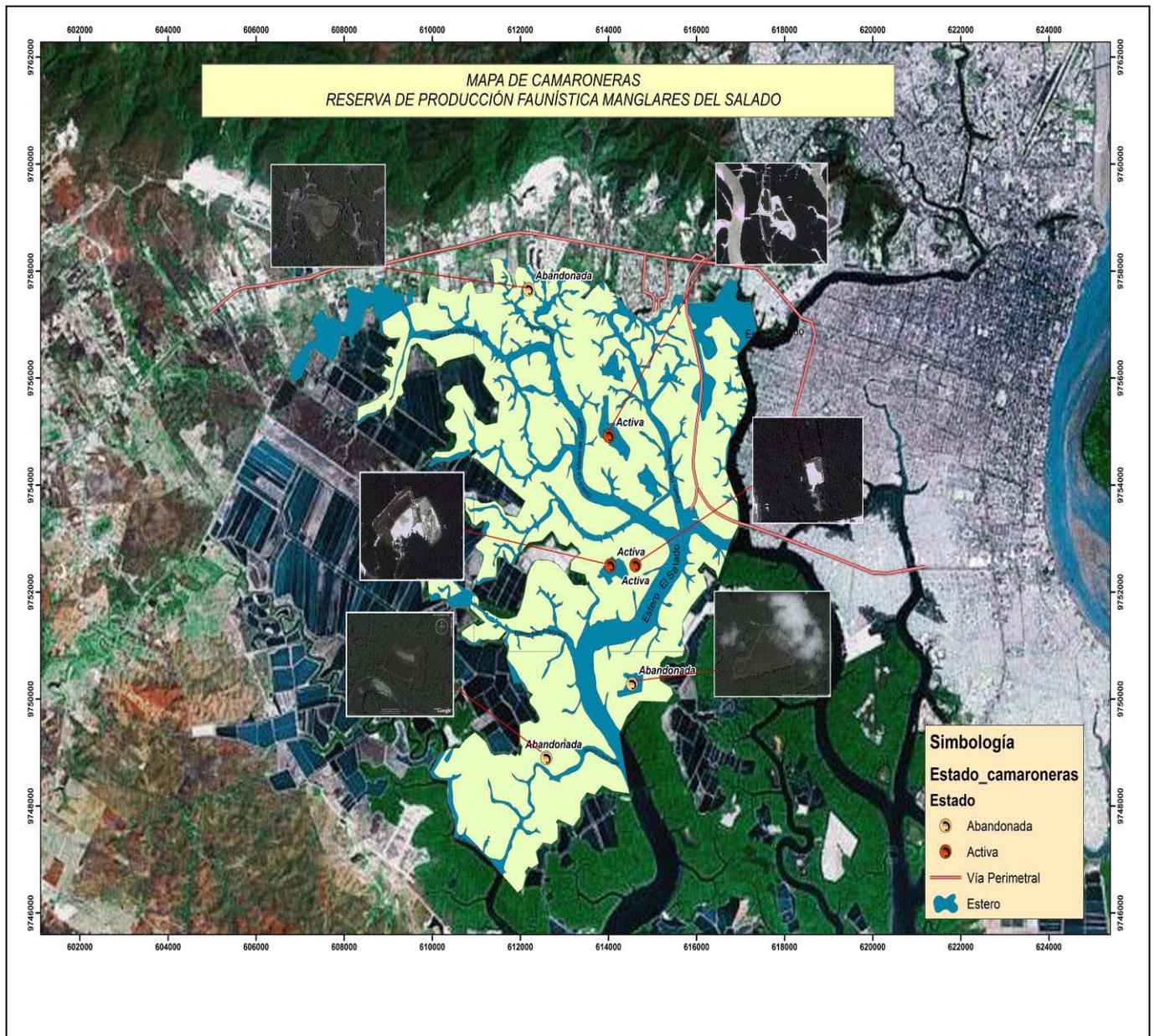


Figura 3.Ubicación de Camaroneras en la RPFMS. Fuente de fotos: Google Earth Pro 2010.

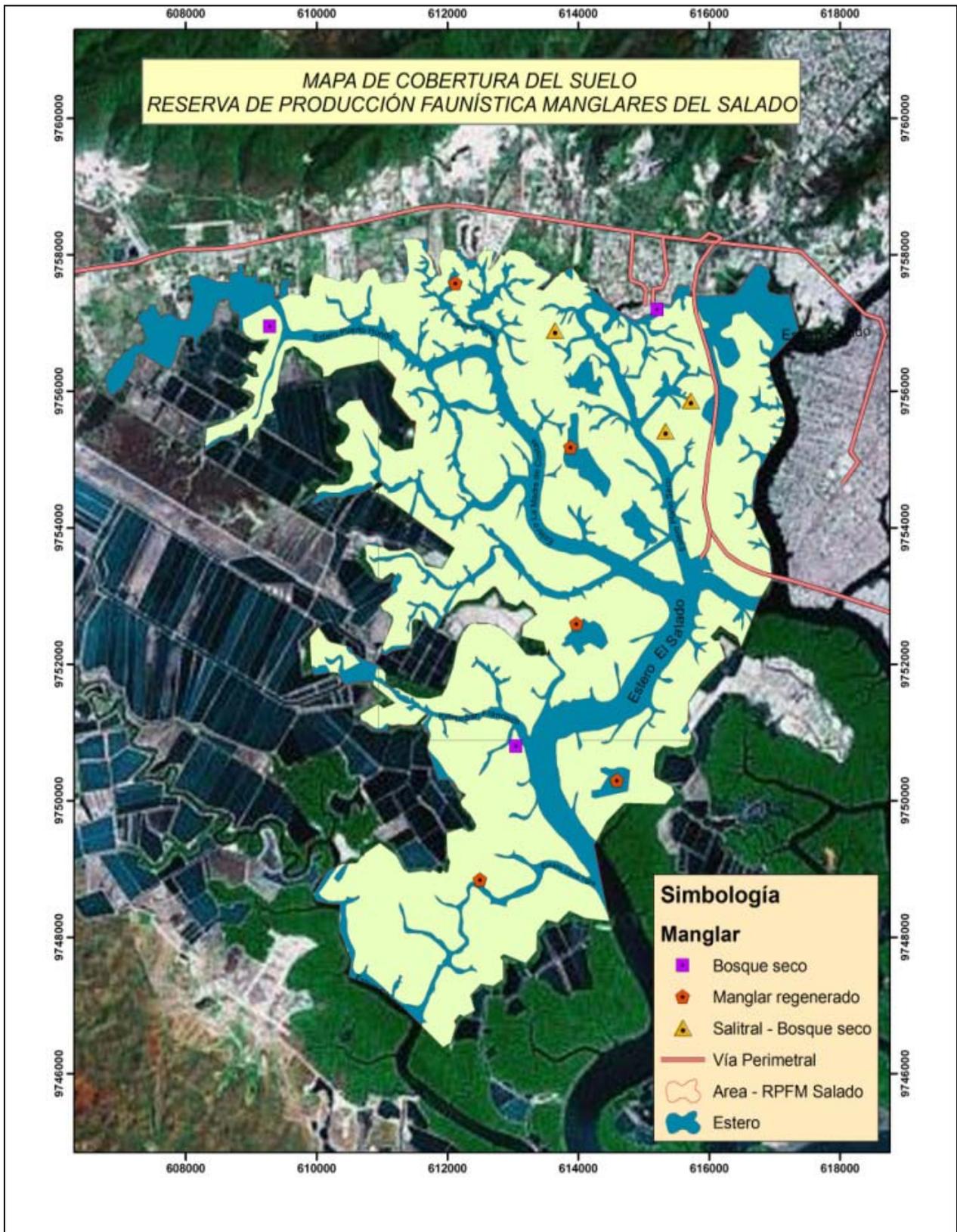


Figura 4. Mapa de Cobertura del Suelo de la RSV El Salado.

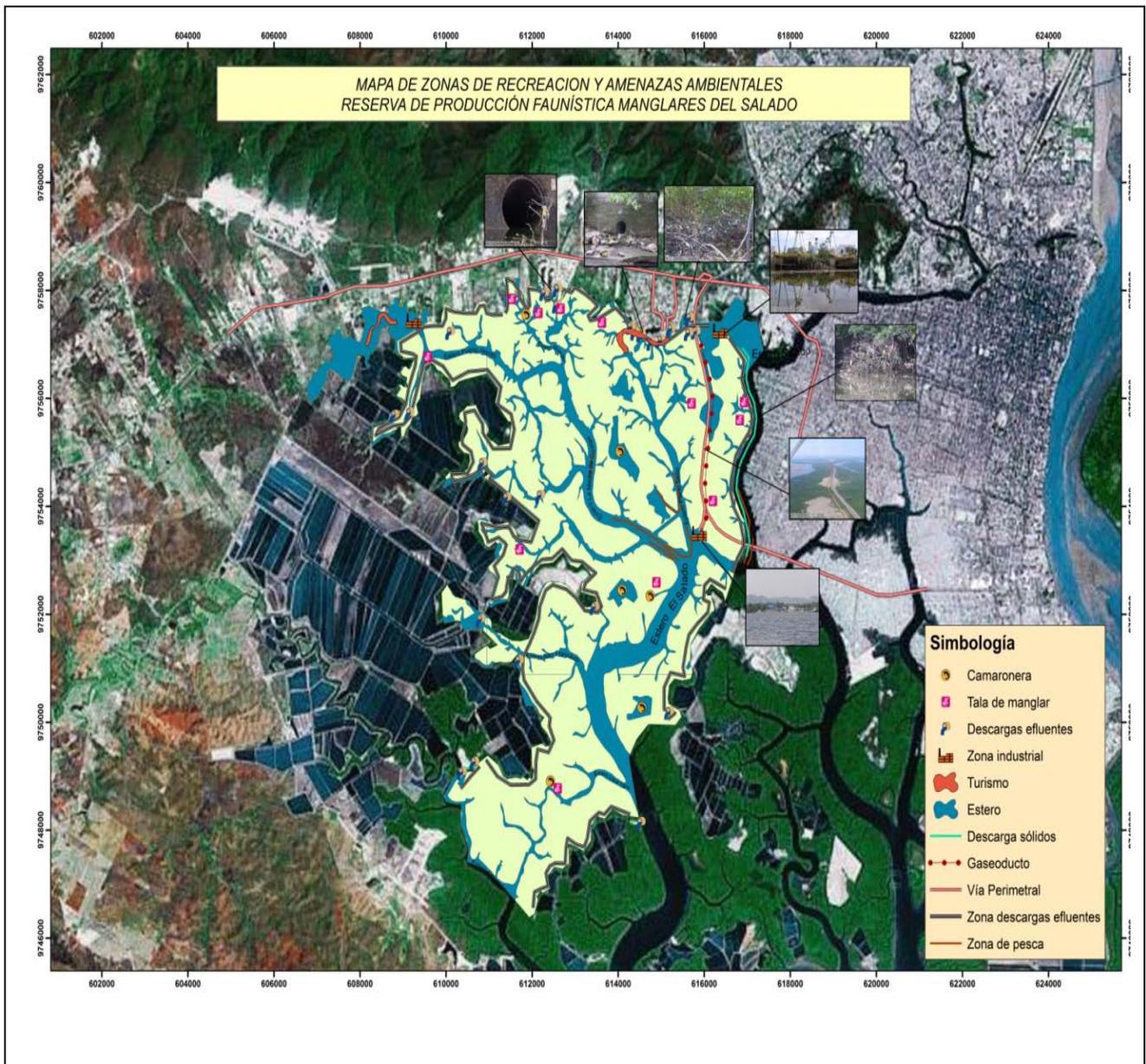


Figura 5. Mapa de Zonas de Recreación y Amenazas Ambientales en la RSV El Salado.

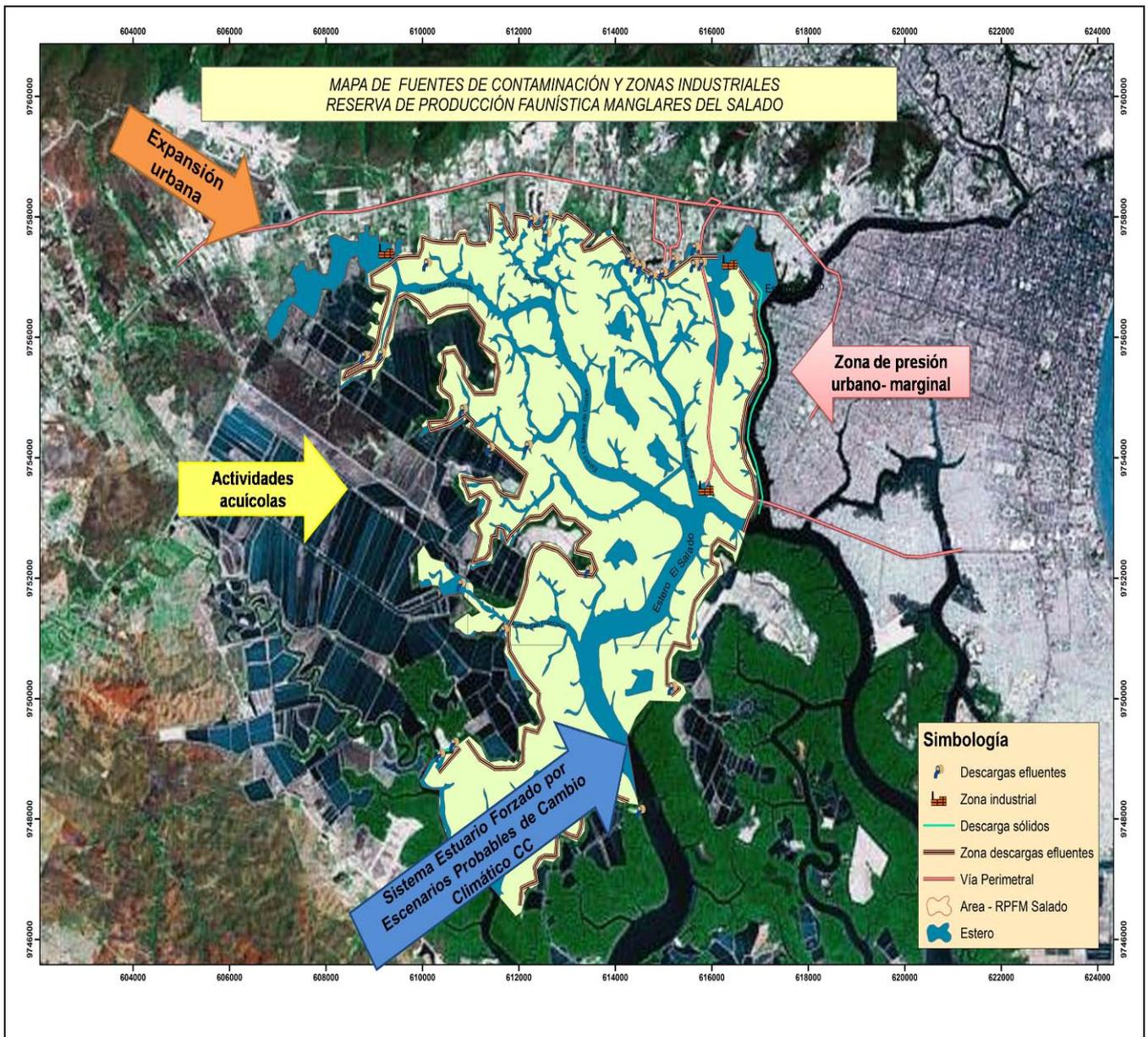
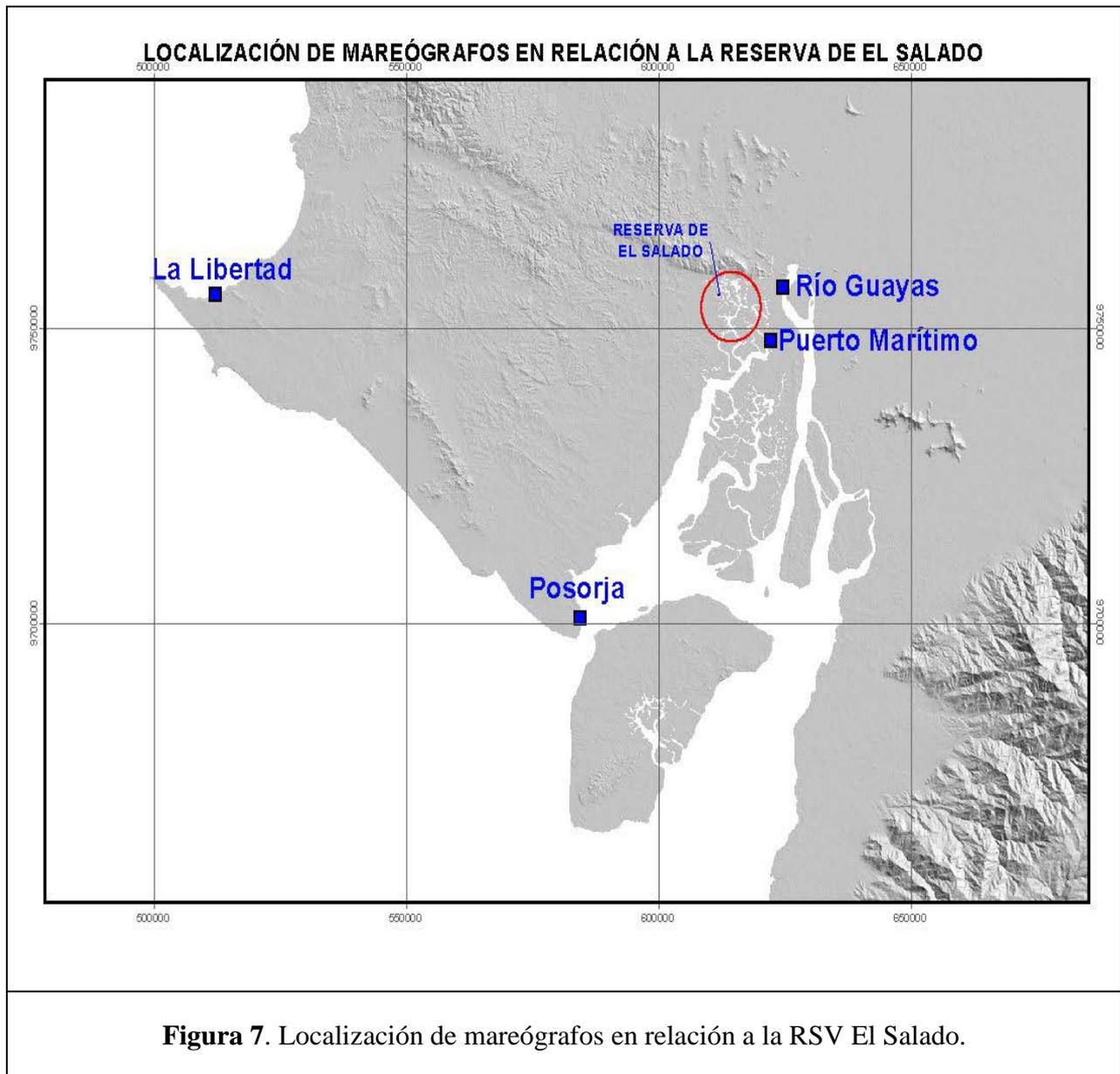


Figura 6. Amenazas para la conservación en el área de reserva (RSV El Salado).



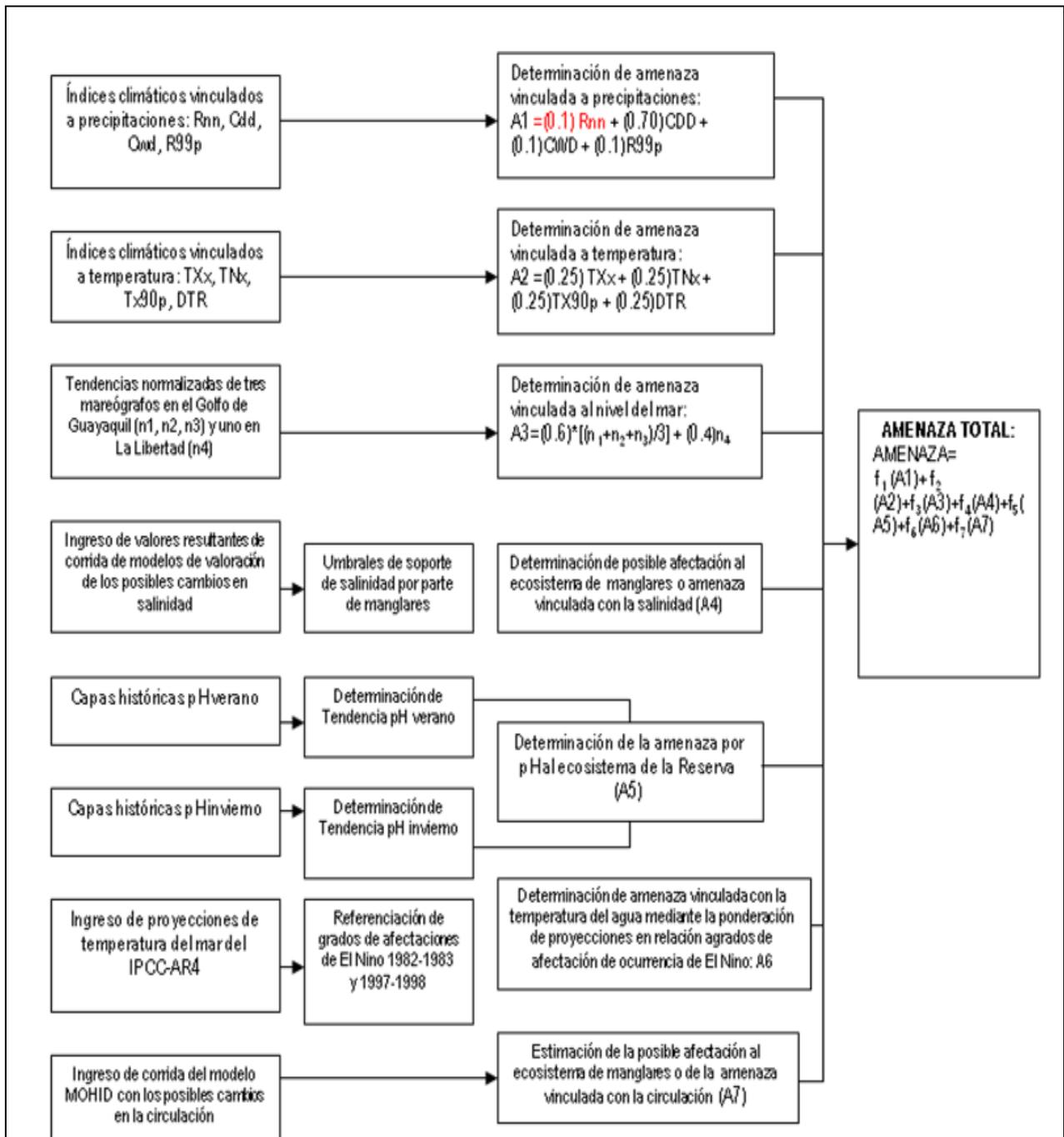
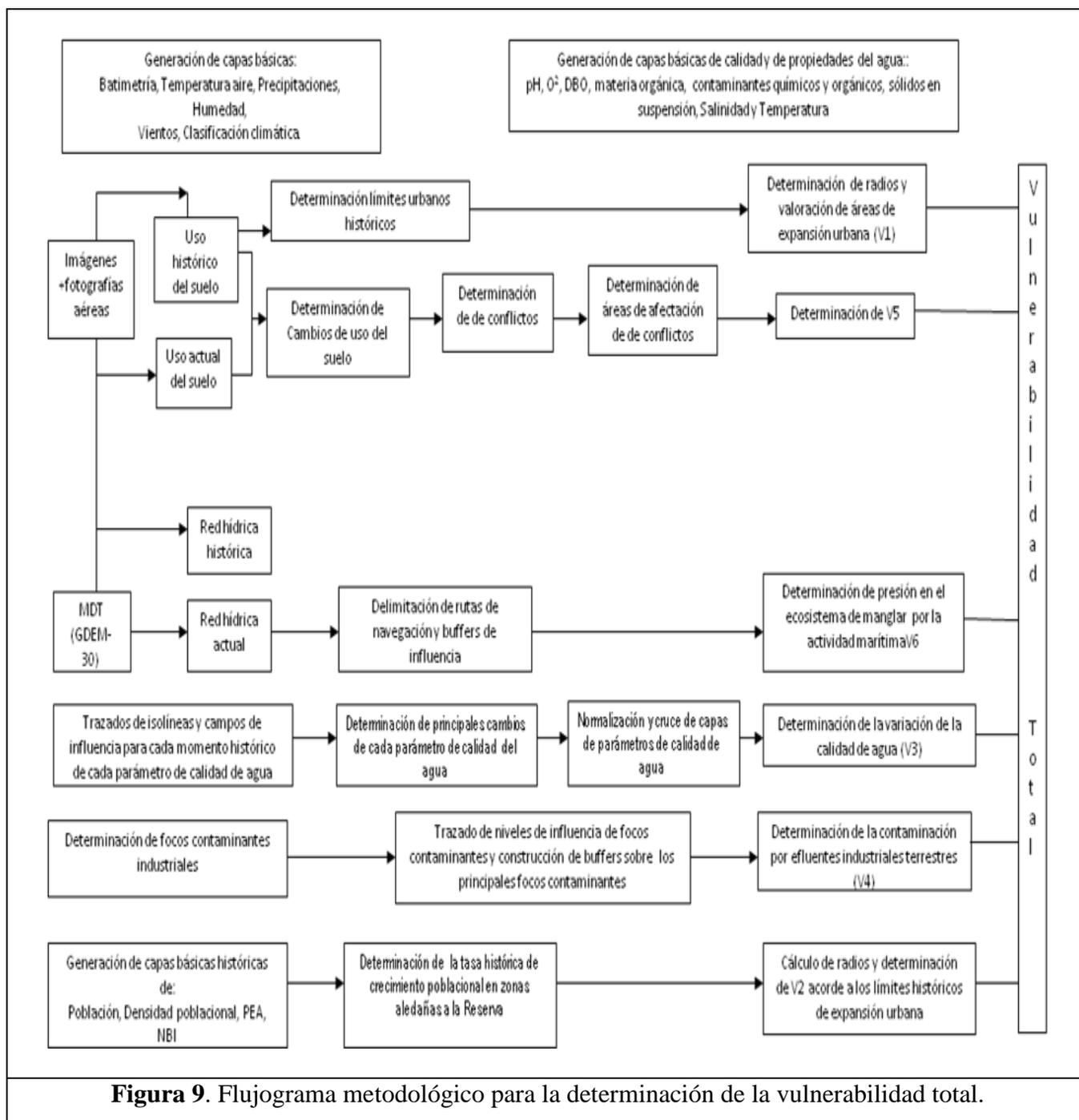


Figura 8. Flujograma metodológico para la determinación de la amenaza total.



ANEXO 2: BIBLIOGRAFÍA

1. ARAKAWA, A. and V. R. Lamb, 1977: Methods of computational physics, Academic Press, 174-265.
2. CARVAJAL R. y M. Saavedra. (2004). Estimación Poblacional del cocodrilo de la costa (*Crocodylus acutus*) en la “Reserva de Producción de Fauna Manglares el Salado”, durante la época seca 2004, Ecuador. EcoCiencia Programa de becas de Investigación para la Conservación, Conservación Internacional Ecuador, Embajada Real de los Países Bajos, Gordon and Betty Moore Foundation y Fundación Natura Capítulo Guayaquil, Guayaquil.
3. CARVAJAL R. y M. Saavedra. (2005). Variación Poblacional a la época reproductiva del cocodrilo de la costa (*Crocodylus acutus*) en el sitio de ocurrencia de la “Reserva de Producción de Fauna Manglares el Salado”, durante el verano del 2005, Informe Técnico Trimestral. EcoCiencia Programa de becas de Investigación para la Conservación, Conservación Internacional Ecuador, Embajada Real de los Países Bajos. Gordon and Betty Moore Foundation y Fundación Natura Capítulo Guayaquil, Guayaquil.
4. CARVAJAL R., M. Saavedra, and J. J. Alava (2005). Ecología poblacional, distribución y estudio de hábitad del *Crocodylus acutus* en la “Reserva de Producción de Fauna Manglares el Salado”, El Salado del Estuario del Golfo de Guayaquil, Ecuador (Population ecology, distribution and hábitad assesment of *Crocodylus acutus* (Cuvier 1987) in the “Reserva de Producción de Fauna Manglares el Salado”, of the Guayaquil Gulf Estuary, Ecuador). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 40 (2): 141 – 151.
5. CEMA - ESPOL (2009). Centro de Estudios del Medio Ambiente. Informe Monitoreo Ambiental del Dragado de Mantenimiento del Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil. Guayaquil, Ec., 2009.
6. CIIFEN, (2009). Guías Metodológicas para estimación de Vulnerabilidad en Áreas protegidas.
7. CIIFEN, (2009). Guía Técnica para la Implementación de un Sistema Regional de Información Climática Aplicada a la Gestión de Riesgo Agrícola en los Países Andinos. Proyecto ATN/OC 10064-RG, BID.
8. CIIFEN-INAMHI, (2007). Convenio SARE-CAM. Memoria Técnica Información Climática de Amenazas Hidrometeoro lógicas en las provincias costeras del Ecuador. Guayaquil, Ec., 2007.
9. CLIRSEN – DINAF, (1999). Estudio Multitemporal de manglares, camarónicas y áreas salinas del Ecuador Continental a 1999 con base a información satelitaria- Quito- Ec., 1999.
10. CLIRSEN – DINAF, (1991). Inventario de Manglares del Ecuador Continental, Quito-Ec., 1991.

11. CLIRSEN, (1984). Memoria del Seminario sobre “Aplicación de Sensores Remotos en el Estudio del Ecosistema Manglar”, Guayaquil –Ec., 1984.
12. CLIRSEN, (2006). Actualización del Estudio Multitemporal de Manglares, Camaroneras y Áreas Salinas en la Costa Continental Ecuatoriana. Quito – Ec. 2006.
13. DESINVENTAR. (2009). La Red. Bases de datos DesInventar, Escuela Politécnica Nacional EPN. Quito-Ec., 2009.
14. FÍRMINO, N., Días J. Leitao P. (2006). Three-dimensional modelling of a tidal channel: Espinheiro channel (Portugal). Conference paper. Astoria Oregon, USA. PECS2006.
15. Fundación Natura, (2006), Informe final: Propuesta de Zonificación de la Reserva de Producción de Fauna Manglares el Salado. Ec., 2006.
16. Fundación Natura, (2007). Proyecto: Demarcación Física de la Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado, Informe Técnico Final. Ec., 2007.
17. Google Earth, PRO 2010. Procesamiento de Imágenes Quick Bird.
18. GUGLIANDOLO C, Lentini V, Fera MT, La Camera E, Maugeri TL. 2009. Water quality and ecological status of the Alcantara River estuary (Italy). *New Microbiology* 32(1): 77-87. Consultado en mayo 2010. Disponible en: http://www.wmo.ch/pages/prog/wcp/ccl/guide/guide.2e_en.html
19. INOCAR, (1996). Acta Oceanográfica del Pacífico. Clasificación de los períodos de lluvias (Precipitaciones acumuladas anuales hasta marzo 18/93). Ec., 1996.
20. IPCC, (2007). Cambio Climático. Informe de síntesis: Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.
21. JADE, R. (2007). Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado. Costa Sur - IX. ECOLAP y MAE. Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador. ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM. Quito, Ec., 2007.
22. JIMÉNEZ, P., P, Béarez. 2004. Peces Marinos Del Ecuador Continental Tomo 1 clave para identificación de peces. SIMBIOE. Págs. 130.
23. JIMÉNEZ, P., P, Béarez. 2004. Peces Marinos Del Ecuador Continental. Tomo 2 guía de especies. SIMBIOE. Págs. 401.
24. KARL, T., N. Nicholls, and A. Ghazi. (1999). CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: Workshop summary. *Climatic Change*, 42, 3-7.

25. LONG ER, MacDonald DD, Smith SL, Calder FD. (1995). Incidence of Adverse Biological Effects within Ranges of Chemical Concentrations in Marine and Estuarine Sediments. *Environmental Management*, Vol 19 (1): 81-97.
26. MAE. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Acuerdo Ministerial N° No. 166. Registro Oficial # 23. Publicado el 15 de febrero del 2007. Quito, Ec. 2007.
27. MAE. Acuerdo Ministerial 498, publicado en el Registro Oficial #591 del 24 de diciembre de 1986. Quito, Ec. 1986.
28. MAE (2007). Ministerio del Ambiente de Ecuador. Plan de Manejo Ambiental Reserva de Producción Faunística El Salado, Febrero 2007. Quito, Ec. 2007.
29. MOREANO, H., (1983). Interacción Océano – Atmósfera sobre la zona costera del Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Volumen 2 N°1.
30. MORRISON, R.I.G. and R.K. Ross. (1989). Atlas of Nearctic Shorebirds on the Coast of South America. Vols. 1 and 2, Can. Wildl. Serv. Spec. Publ., Ottawa, Canadá 1989.
31. MORRISON, R.I.G., R.W. Butler, H.L. Dickson, A. Bourget, P.W. Hicklin, and J.P. Goossen. 1991. Potential Western Hemisphere Shorebird Reserve Network Sites for Migrant Shorebirds in Canada. Tech. Rept. Series, No. 144. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Canadá 1989.
32. MORRISON, R.I.G., Butler, R.W., Beyersbergen, G.W., Dickson, H.L., Bourget, A., Hicklin, P.W., Goossen, J.P., Ross, R.K. and Gratto-Trevor, C.L. 1995. Potential Western Hemisphere Shorebird Reserve Network Sites for Shorebirds in Canada: Second Edition 1995. Canadian Wildlife Service Tech. Rept. Series, No. 227, 104 pp. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Canadá 1995.
33. PACC-MAE. (2009). Estudio de vulnerabilidad actual a los riesgos climáticos en el sector de los recursos hídricos en las cuencas de los Ríos Paute, Jubones, Catamayo, Chone, Portoviejo y Babahoyo. Quito, Ec., 2009.
34. PETERSON, T.C. (2005). Climate Change Indices. WMO Bulletin, 54 (2), 83-86.
35. PETERSON, T.C., and Coauthors. (1998-2001). Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs. WMO, Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071, Geneva, Switzerland, 143pp.
36. PNUD- GEF. (2001). Prioridades sobre Cambio Climático en Ecuador. Quito, Ec., 2001.

37. PORTELA, L. , Neves R, (1992). Modelação de processos de circulação e de transporte: aplicação ao estuário do Tejo. Proceedings, Vol. I -H 1. 13. Universidade de Coimbra, Coimbra. Conference paper.
38. POTE J, Haller L, Kottelat R, Sastre V, Arpagaus P, Wildi W. 2009. Persistence and growth of faecal culturable bacterial indicators in water column and sediments of Vidy Bay, Lake Geneva, Switzerland. Environmental Science (China) 21(1): 62-69.
39. RClimDex (v.1.0). (2004). Manual del Usuario, Xuebin Zhang y Feng Yang,. Climate Research Branch, Environment Canada Downsview, Ontario Canadá.
40. SERGUEI, Lonin. Aplicación de Modelo MH3D para el Golfo de Guayaquil, INOCAR 2003.
41. SIERRA, R. (1999). Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y Ecociencia. Págs. 194.
42. TORNLINSON, P.B. (1986). The Botany of Mangroves, University Press, Cambridge, 1986.
43. USAID, 2009, Diagnostico Rápido de la Situación en las Regiones Identificadas, Costas y Bosques Sostenibles.
44. USAID/OFDA/LAC, (2008). Material de Referencia. Curso Bases Administrativas para la Gestión de Riesgo – BAGER. Fecha de impresión 13/05/2008.
45. VILLAGRÁN, J. (2006). “Vulnerability. A conceptual and Methodological Review”, SOURCE, United Nations University Institute for Environment and Human Security. Series UNU – EHS No. 4.
46. WILCHES, G. (2004). ¿Qu-ENOS Pasa?, Guía de La Red para la Gestión Radical de Los Riesgos Asociados con el Fenómeno ENOS. LA RED.
47. ZAMBRANO, R. Jiménez. 2002. Informe Técnico y Alternativas de Manejo y Financiamiento para la Declaratoria de la Reserva de Producción de Fauna “Manglares El Salado”, Provincia del Guayas. Distrito Forestal Guayas-Los Ríos-El Oro, Ministerio del Ambiente/CNRH.

