



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias Biológicas,
Oceánicas y Recursos Naturales**

“Diseño de un Sistema de Información Geográfica para
analizar el grado de afectación antropogénica en dos
sectores del Golfo de Guayaquil por efecto del uso de
suelos”

PROYECTO INTEGRADOR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

Presentado por:

CASTILLO DESIDERIO, DANIEL ERNESTO

VELARDE GARCÍA, FABIÁN ALEJANDRO

Guayaquil – Ecuador

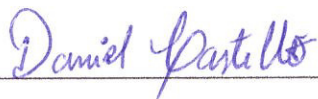
2015

DEDICATORIA

A nuestras familias...

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de este Proyecto Integrador nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



Daniel Ernesto Castillo Desiderio



Fabián Alejandro Velarde García

TRIBUNAL DE GRADO

Paola Calle D.

Katiuska Paola Calle Delgado. PhD.

DIRECTORA

Bonny Bayot

Bonny Bayot Arroyo. PhD.

EVALUADORA

RESUMEN

El crecimiento descoordinado de los sectores urbanos producto de la conversión de suelos forestales o agropecuarios en carreteras, parqueaderos, casas, aceras y demás terrenos en coberturas no permeables permite que el volumen de escorrentía superficial aumente hacia los esteros afectando la hidrología y calidad ambiental, debido al incremento de la cantidad de contaminantes que fluyen al medio ambiente.

Para la identificación de los sectores afectados tenemos que manejar información actualizada y fácilmente comprensible, por ello la aplicación de sistemas de información geográfica, es una de las mejores herramientas para realizar este tipo de análisis de manera sencilla y eficiente.

Este trabajo va guiado hacia la producción de información espacial que permita analizar los efectos ambientales de la conversión de suelos en coberturas no permeables, se detalla el procedimiento de generación de mapas físicos y de cobertura de uso de suelos.

Según los criterios de clasificación de cuencas de Holland, la cuenca incidental en la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado con el porcentaje de 14,59% de cobertura no permeable se considera una cuenca suburbana. Mientras la cuenca incidental de la Reserva Ecológica Manglares

Churute se considera una zona referencial o boscosa presentado 0,96% de cobertura no permeable.

Tras estos resultados se utilizó información actual de parámetros ambientales para demostrar como la aplicación de los análisis espaciales de las herramientas SIG permite comprender fácilmente de manera visual la relación de la distribución territorial con la afectación que existe en zonas estuarinas que reciben aguas provenientes de centros poblados. Se propone con la realización de este trabajo la implementación de las herramientas SIG en los diseños y toma de decisiones para los análisis ambientales más que una herramienta consultiva.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
RESUMEN.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	v
ABREVIATURAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
Generalidades.....	5
1.1 Zonas estuarinas	5
1.1.1 Golfo de Guayaquil.....	6
1.1.2 Sector de la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado (RPFMS).....	7
1.1.3 Sector de la Reserva Ecológica Manglares Churute	12
1.2 Sistemas ecológicos y contaminación	17
1.2.1 Generalidades y clasificación.....	17
1.2.2 Procesos en los ecosistemas	18
CAPÍTULO 2	
2 Fundamentos de Sistemas de Información Geográfica.....	20
2.1 Aspectos Generales	20
2.2 Organización de datos en un SIG	21

2.2.1	Datos vectoriales	22
2.2.2	Datos rásters	23
CAPÍTULO 3		
3	Metodología	24
3.1	Zona de estudio	24
3.2	Datos de calidad de agua	25
3.3	Datos de cobertura y uso de suelos.....	25
3.4	Modelo Conceptual de Holland.....	26
3.5	Diseño de un SIG	28
3.5.1	Obtención de datos vectoriales	28
3.5.2	Obtención de datos rásters	30
3.5.3	Descarga de mapas bases (Open Layers).....	31
3.5.4	Georeferenciación de imágenes rásters en el SIG.....	31
3.6	Análisis Espacial	32
3.6.1	Generación de mapas	32
3.6.2	Delimitación de las zonas de estudio	33
3.6.3	Geo procesos de datos vectoriales.....	35
3.6.4	Digitalización de datos vectoriales.....	35
3.6.5	Cálculo de superficies de uso de suelos	37
3.6.6	Curvas de contorno de parámetros de calidad de agua.	37
CAPÍTULO 4		
4	Resultados	40

4.1	Porcentaje de área por uso de suelos	40
4.1.1	Zona de Influencia Reserva Ecológica Manglares Churute.....	40
4.1.2	Zona de Influencia Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado	41
4.2	Variación estacional de parámetros ambientales.....	46
CONCLUSIONES.....		66
RECOMENDACIONES		68
BIBLIOGRAFÍA.....		71

ABREVIATURAS

COV	Compuestos orgánicos volátiles
EPSC	European Petroleum Survey Group
IGM	Instituto Geográfico Militar
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca
mg/l	Miligramos por litro
mm	Milímetros
mS/cm	Mili Siemens por centímetro
NO _x	Óxidos de Nitrógeno
NTU	Unidad nefelométrica de turbidez
PAH	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
PAN	Nitrato de peroxiacilo
ppm	Partes por millón
PS	Pseudohalógenos
REMCH	Reserva Ecológica Manglares Churute
RPFMS	Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado
SIG	Sistema de Información Geográfica
SO _x	Óxidos de azufre
UTM	Sistema de coordenadas Universal transversal de Mercator
WFS	Web Features Services
WGS	World Geodetic System

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Golfo de Guayaquil foto satelital	6
Figura 2 Descargas de aguas residuales en cercanías de Puerto Hondo	10
Figura 3 Tala de manglar	11
Figura 4 Extracción de cangrejo rojo	14
Figura 5 Capas temáticas	21
Figura 6 Un SIG compuesto de datos vectoriales: de tipo líneas y polígonos que representan ríos y lagos, respectivamente.	22
Figura 7 Modelo de relieve sombreado sobre un modelo de elevación digital	23
Figura 8 Resumen del modelo conceptual de los vínculos desarrollados en las zonas intermareales de los esteros	27
Figura 9 Ventana para obtención de datos de OpenStreet Maps (OSM)	29
Figura 10 Creación de capa espacial usando un archivo de texto. Se muestra la generación de capa de puntos de Puerto Hondo.....	30
Figura 11. Importación de imagen satelital en QGIS 2.6 bajo la opción OpenLayers	31
Figura 12 Ventana del Georeferenciador para el mapa de la Reserva Ecológica Manglares Churute	32
Figura 13 Cuencas seleccionadas para análisis de cobertura	34
Figura 14 Herramientas de Geo proceso	35

Figura 15. Poligonos de Uso de suelos en la Reserva de Produccion Faunistica Manglares el Salado (RPFMS) se muestra la zona urbana, los manglares, las camaroneras y cuerpos de agua	36
Figura 16 Ventana de la Calculadora de campos.....	37
Figura 17 Ventana de interfaz de la herramienta Interpolación.....	38
Figura 18 Variaciones de Oxigeno Disuelto en época seca en la Reserva de Produccion Faunistica Manglares el Salado (RPFMS).	39
Figura 19 Mapa Físico en el área de influencia de la Reserva de Produccion Faunistica Manglares el Salado	42
Figura 20 Mapa de Uso de Suelos en el área de influencia de la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado.....	43
Figura 21 Mapa físico área de influencia de la Reserva Ecológica Manglares Churute	44
Figura 22 Mapa de Uso de Suelos del área de influencia de la Reserva Ecológica Manglares Churute	45
Figura 23 Variacion de OD junto a las capas de uso de suelo.....	46
Figura 24 Variación estacional de Amonio (mg/l) en agua.....	47
Figura 25 Variación estacional de Amonio (mg/l) en sedimentos	48
Figura 26 Variación estacional de Conductividad (mS/cm).....	49
Figura 27 Variación estacional de pH	51
Figura 28 Variación estacional de Oxígeno disuelto (mg/l).....	52
Figura 29 Variación estacional de Salinidad (ppm)	53

Figura 30 Variación estacional de Saturación de oxígeno (%).....	54
Figura 31 Variación estacional de Sólidos sedimentables (mg/l).....	55
Figura 32 Variación estacional de Sólidos suspendidos (mg/l)	56
Figura 33 Variación estacional de Sólidos totales (mg/l).....	57
Figura 34 Variación estacional de Sulfatos (mg/l)	58
Figura 35 Variación estacional de Sulfuro de hidrógeno (mg/l).....	59
Figura 36 Variación estacional de Sulfuros (mg/l)	60
Figura 37 Variación estacional de Temperatura (°C)	61
Figura 38 Variación estacional de Turbidez (NTU).....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Contaminantes según su procedencia	17
Tabla 2. Contaminantes clasificados por el impacto ambiental.....	18
Tabla 3. Criterios para clasificación de las cuencas hidrográficas de las zonas de estudio	27
Tabla 4 Superficie (km ²) de uso de suelos por tipo de cobertura en la zona de influencia de la Reserva Ecológica Manglares Churute (REMCH).	41
Tabla 5 Superficie (km ²) de uso de suelos por tipo de cobertura en la zona de influencia de la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado (RPFMS).....	41

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los componentes ambientales más descuidados del planeta. En los países Sudamericanos las descargas urbanas, ya sean de índole domésticas o industriales, son las principales fuentes de contaminación en los estuarios (1). Esta situación afecta muy gravemente a los ecosistemas de manglar y supone una alta vulnerabilidad para las poblaciones circundantes (2). Así, los humedales de la región tumbesina, particularmente los ecosistemas de manglar, son hábitats de especies amenazadas y generalmente endémicas del lugar (3).

Los municipios de la costa ecuatoriana han expresado su preocupación por la contaminación de aguas debido a pesticidas y desechos domésticos, pudiendo originarse la contaminación desde la cabecera de los ríos (4).

La provincia del Guayas se caracteriza por la presencia de grandes extensiones de terreno con alta productividad agrícola y ganadera, que abastece al consumo nacional y es generadora de divisas por efecto de exportación. Sin embargo, los humedales de la provincia afrontan amenazas potenciales, como la expansión urbana, la contaminación de los recursos hídricos, los riesgos asociados a fenómenos naturales, entre otros (3). Se ha reportado que la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado (RPFMS) es vulnerable en un 40% por disminución de la salinidad del agua,

30% por contaminación originadas por fuentes terrestres de tipo industrial, 20% por la actividad marítima y 10% por incremento de la temperatura del agua (5). En tanto que, la Reserva Ecológica Manglares Churute (REMCH) reporta gran actividad agrícola y acuícola y poca actividad industrial y marítima (6).

En un estudio de vulnerabilidad frente al cambio climático realizado en la Provincia del Guayas, se determinó que hay una gran vulnerabilidad ambiental por factores antropogénicos (1).

El crecimiento descoordinado de la comunidad y la gran intensidad de las actividades productivas, agravado por un manejo deficiente de los recursos biológicos e hídricos han permitido que se incremente la cantidad de contaminantes que ingresan al medio (6).

Para disminuir la contaminación de los recursos; es necesario en primer lugar contar con información confiable sobre los niveles de las sustancias tóxicas. Con esta información se puede crear bases de datos y generar información accesible para la comunidad, con la cual se pueda generar hipótesis de causalidad entre nivel de afectación y desarrollo del medio urbano. El uso de herramientas, tales como los SIG, permiten analizar estas relaciones. En tal sentido, una de las aplicaciones de los SIG es analizar patrones y evaluar cambios, con el objeto de apoyar los procesos de toma de decisiones (7) (8)

(9) (10) (11). Otras de las aplicaciones útiles de los SIG consiste en la evaluación del grado de afectación de las componentes ambientales por efecto de las actividades antropogénicas, relacionándolo con el uso de suelos (12) (13).

La hipótesis planteada en este proyecto establece que hay una afectación diferencial en la calidad de agua entre las RPFMS y REMCH por efecto de prácticas en el uso de suelos.

Para probar la hipótesis se planteó como objetivo general utilizar los SIG para comparar la variación espacial de parámetros de calidad de agua en las reservas RPFMS y REMCH y determinar si hay una relación espacial con las prácticas en el uso de suelos en las zonas de influencia de ambas reservas.

Los objetivos específicos de este proyecto fueron:

- Crear un SIG conteniendo principalmente los parámetros de calidad de agua generados por el proyecto “Evaluación eco toxicológica en dos áreas protegidas del Golfo de Guayaquil: Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado y Reserva Ecológica Manglares Churute” colectados en las reservas RPFMS y REMCH y analizar su variación espacial y capas espaciales de coberturas y prácticas de uso de suelo en el área de influencia de las reservas RPFMS y REMCH.

- Analizar la relación espacial entre los niveles de parámetros de calidad de agua, cobertura y prácticas de uso de suelo en el área de influencia de las reservas RPFMS y REMCH.

Los resultados generados en este proyecto contribuyen al diagnóstico ambiental de dos áreas naturales del Golfo de Guayaquil y al diseño de estrategias adecuadas para el manejo de las subcuencas aportantes al Golfo de Guayaquil.

CAPÍTULO 1

Generalidades

1.1 Zonas estuarinas

Los manglares son asociaciones vegetales costeras que presentan adaptaciones comunes para vivir en condiciones de inundación variable, aguas salobres y suelos fangosos anaerobios. Estos constituyen un sistema abierto que importa y exporta materiales, son sumamente importantes por la gran diversidad que albergan junto a su alta productividad y exportación se vuelven sumamente importantes en zonas costeras. (14). La alta productividad primaria de estos ecosistemas se debe principalmente a la disponibilidad de nutrientes provenientes de los ríos y escurrimientos terrestres y al efectivo reciclamiento de éstos durante su mineralización microbiana. (15).

Los manglares ofrecen diferentes servicios como el ciclaje de materia orgánica y su descomposición, también actúan como sistemas naturales de control y barrera contra inundaciones e intrusión salina, control de la erosión y protección a la costa y filtro biológico por remoción de toxinas (15) (16).

1.1.1 Golfo de Guayaquil

La provincia del Guayas está constituida por grandes planicies que conforman la cuenca media y baja del río Guayas, que terminan en lo que constituye el Golfo de Guayaquil conformado por islas, estuarios, manglares y un gran espacio marino (3) (17). El Golfo de Guayaquil es la entrada más grande de agua en Sudamérica desde el Océano Pacífico, donde se mezclan las aguas del Océano Pacífico y el aporte de 23 cuencas hidrográficas; abarca desde la Puntilla de Santa Elena al Norte hasta cabo Blanco en Perú (18).

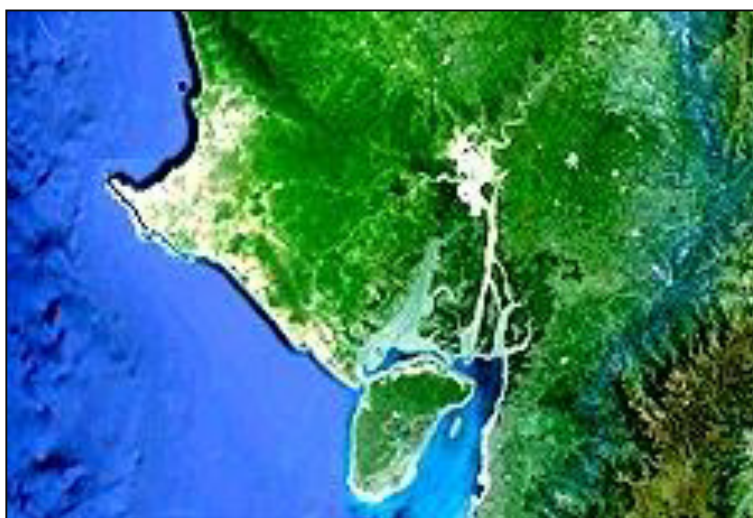


Figura 1 Golfo de Guayaquil foto satelital
Fuente: (Ministerio de Turismo, 2015)

Los sitios de patrimonios naturales del Ecuador inscritos en el Golfo, son:

- Área Nacional de Recreación Parque Lago
- Área Nacional de Recreación Isla Santay
- Reserva de Producción Faunística y Marina Costera Puntilla de Santa Elena
- Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado
- Reserva Ecológica Manglares Churute
- Reserva Ecológica Arenillas
- Refugio de Vida Silvestre Manglares el Morro
- Refugio de Vida Silvestre Isla Santa Clara

1.1.2 Sector de la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado (RPFMS)

La RPFMS está ubicada en el sector noreste del estuario interior del Golfo de Guayaquil, toma el nombre del principal brazo de mar Estero Salado. Está constituida por varios canales, esteros y una amplia superficie de bosque de manglar, incluye esteros dentro de la ciudad como Miraflores, Urdesa y Kennedy (22).

Fue declarado en el 2003 como Reserva de Producción de Fauna y publicado en el registro oficial N° 5 con una extensión de 3.700 hectáreas, actualmente posee una extensión de 10.635 hectáreas. (23)

1.1.2.1 Aspectos físicos

El clima regional es tropical húmedo y seco de sabana. Según datos del INAMHI la precipitación anual en Guayaquil es 1460 mm. Registra temperaturas entre 25.5°C (época seca) y 30.7°C (época lluviosa). El nivel de salinidad máxima, se ubica en el rango de los 26 ppm y 30 ppm en época seca, mientras que en época húmeda se reducen a un rango entre 16 ppm y 18 ppm (20).

El Estero Salado está separado del Río Guayas por varias islas y canales, recibiendo en mayor parte aporte de intrusiones marinas provenientes del Canal del Morro, mientras que el aporte de agua dulce es mucho menor (19).

1.1.2.2 Aspectos biológicos

Se ha reportado 48 especies de plantas, seis se encuentran relacionadas directamente al bosque de manglar, dos a salitrales y cerca de 40 a pequeñas formaciones de bosque seco y herbazal. También se han registrado 71 especies de zooplancton, 42 especies de macro-invertebrados bentónicos, 48 especies de peces, 6 especies de anfibios, 21 especies de reptiles, 116 especies de ave y 32 especies de mamíferos (21) (22).

1.1.2.3 Aspectos socio-económicos

El Plan de Manejo de la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado propone un manejo participativo entre el Ministerio de Ambiente

del Ecuador (MAE), M.I. Municipalidad de Guayaquil, y participación de Autoridad Marítima y Pesquera junto a los actores principales.

Se han determinado la presencia de al menos 173 actores socioeconómicos, entre los que vale destacar:

1. Urbanizaciones en el Norte de la Reserva como Puerto Azul, Arcadia, Terra Nostra, Laguna Club, Bello Horizonte, Vía al Sol, Porto Fino, Puerto Seymour.
2. Comuna Puerto Hondo, Poblaciones dentro del Golfo, como Cerrito de los Morreños, La Esperanza, Puerto Roma, Puerto Tamarindo, y muchas otras dedicadas a la vida en el manglar como pescadores artesanales
3. Asentamientos en sectores de la Isla Trinitaria y los Guasmos.
4. Camaroneras en los límites y dentro de la reserva.
5. Centrales Termoeléctricas.

Las principales actividades económicas que se realizan dentro de la reserva son: pesca artesanal, turismo en la zona de Puerto Hondo y en los diferentes parques presentes en los ramales que atraviesan la ciudad (Parque Lineal, Malecón del Salado), cultivo de camarón, intenso tráfico marítimo por la presencia del Terminal Petrolero de Tres Bocas y el Terminal Portuario Internacional y además el uso de pequeñas embarcaciones privadas de los habitantes de las urbanizaciones o las camaroneras de la zona.

1.1.2.4 Amenazas

Por su cercanía con centros poblados se encuentra en un estado de amenaza constante, los principales problemas se resumen a continuación (20) (23) (24) (25).

- Contaminación

Por Industrias: Descargas de camaroneras que enriquecen las aguas, tras la limpieza de las piscinas, los lodos aumentan amonio y sulfitos en las aguas; las termoeléctricas emiten gases nocivos y descargan aguas con temperaturas superiores a las permitidas (38 – 40°C).

Por descargas domésticas: por aguas servidas sin tratamiento provenientes de urbanizaciones y comunidades dentro del área de influencia (Figura 2).



Figura 2 Descargas de aguas residuales en cercanías de Puerto Hondo
Fuente: (Hurtado, Hurtado-Dominguez, Hurtado-Dominguez, Soto, & Merizalde, 2010)

Por hidrocarburos: Producto de la gestión inadecuada de agua de sentina de barcos mercantes, o combustibles y lubricantes en zona de las

urbanizaciones como el Yatch Club en Puerto Azul, posibles fallas en la carga y descarga en la terminal Petrolera de Tres Bocas.

Por desechos sólidos: Desechos plásticos y de otros componentes llevados por las mareas, como por mal manejo de comunidades aledañas.

– Alteración del hábitat

La presión por las expansiones urbanas ha causado que se talara manglar en tres zonas: [1] cerca del tercer puente de la perimetral; [2] cerca de las instalaciones de las plantas termoeléctricas; y [3] cerca de los salitrales por la perimetral. Después de la ampliación de los límites de la reserva se ha tomado mayor cuidado con este problema. En la Figura 3 se muestra troncos talado de mangle en esta zona.



Figura 3 Tala de manglar

Fuente: (Hurtado, Hurtado-Dominguez, Hurtado-Dominguez, Soto, & Merizalde, 2010)

1.1.3 Sector de la Reserva Ecológica Manglares Churute (REMCH)

La REMCH está localizada en la zona suroccidental del Río Guayas y noreste de estuario interior del Golfo de Guayaquil, fue declarada como Reserva en 1979 según acuerdo interministerial N° 332 con una extensión de 35.042 ha, fue ampliado a 50.068 ha en el 2001. Esta superficie incluye seis islas: Matorrillos, Los Ingleses, Los Álamos, Malabrigo, Cabeza de Mate y Churutillo.

La reserva contiene una mezcla de diversos ecosistemas: los manglares, planicies inundables con la marea, una gran cantidad de esteros y brazos de mar; la laguna de agua dulce El Canclón y ecosistemas secos y de neblina que se encuentran en los cerros de la cordillera de Churute (26) (20).

Para la delimitación del Área de Influencia de la Reserva se tomaron en cuenta fundamentalmente la incidencia directa o indirecta de los cuerpos hídricos del área circundante (27) (28).

- **En el estuario** se incluyen los sistemas del Río Guayas, el Canal de Naranjal, el Canal de Mondragón y el Canal de Jambelí.
- **En la planicie** se incluyen las subcuencas hidrográficas del Churute-Ruidoso y Taura Bulubulu.

1.1.3.1 Aspectos físicos

El mayor porcentaje del territorio de la Reserva corresponde a zonas cubiertas por manglar y estuario, otra parte está constituida por el humedal de la laguna El Canclón y zonas agrícolas. El resto corresponde a diferentes tipos de bosque en los cerros Mate, Cimalón, Perequeté Chico, Perequeté Grande, Pancho Diablo, Más Vale y Pecho de Niña, que se caracterizan por la presencia constante de neblina y garúa (29).

Las condiciones en la zona son: precipitación anual de 961 mm, clima regional Tropical Húmedo y Seco de Sabana, temperatura media anual 24.9°C. El viento es dominante desde el suroeste a nivel regional.

1.1.3.2 Aspectos Biológicos

La flora es diversa en el bosque húmedo, registrándose 450 especies de plantas, entre ellas, cinco especies de manglar (30) (29).

Se reportaron 45 especies de mamíferos y 300 especies de aves; incluyendo aves acuáticas como garzas, cormoranes e ibis y también aves migratorias. No existe un inventario actual sobre reptiles y anfibios, se han catalogado al menos 40 especies nativas. (33)

Además, existe una gran diversidad de peces, moluscos y crustáceos. Entre los últimos hay cangrejos rojos, jaibas, conchas prietas, mejillones y ostiones.

1.1.3.3 Aspectos socio-económicos

La zona de influencia directa está definida por la parroquia Taura dentro del cantón Naranjal y poblaciones en los islotes en el Golfo (20).

Dentro de los manglares de Churute hay 11 comunidades ya presentes cuando se empezó a proteger el área, cuyos derechos han sido respetados. Sus pobladores se dedican principalmente a la agricultura, la pesca y la captura de mariscos, en especial del cangrejo rojo (Figura 4); estas actividades se realizan en zonas establecidas y en coordinación con la administración de la reserva.



Figura 4 Extracción de cangrejo rojo
Fuente: (Ministerio de Ambiente, 2015)

En estas zonas las principales actividades que sustentan la población son la agricultura y la pesca. Los principales cultivos son caña de azúcar y arrozales, en menor medida cacao, banano, café, frutales, cereales.

La ganadería está focalizada en los alrededores de la Laguna El Canclón y la falda de los cerros (26) (20).

Para el 2009 se han reportado 15 asociaciones de cangrejeros, y mil cangrejeros con credenciales para laborar dentro de la reserva.

En la zona de manglares existen varias camaroneras que después de la afectación por los Síndrome de Taura y de la Mancha Blanca cambiaron de opción de producción a tilapias (23).

Dentro de la reserva también se realizan actividades turísticas. Las principales son observación de flora y fauna por diversos senderos como en el Cerro El Mate, Cerro Pancho Diablo; observación de aves acuáticas en la Laguna El Canción y esteros, como la observación de delfines en los meses de mayo hasta agosto en los esteros Soledad Chica, Soledad Grande hasta llegar a la boca del estero Potrero en la Isla Los Ingleses.

1.1.3.4 Amenazas

Esta zona presenta una gran demanda de recursos, con muchas posibles fuentes de contaminación hídrica (31) (20) (30) (32).

- Contaminación

Por Industrias: la principal actividad es la agricultura, dentro de Naranjal existen una variedad de cultivos que necesitan de muchos pesticidas. La situación se agrava por los efluentes de ingenios azucareros, destilerías, fábricas de conservas, y finalmente la carga proveniente de las camaroneras y tilapieras.

Por descargas domésticas: que puede agravarse por descargas en sectores rurales sin adecuación de canales de desagüe.

Por hidrocarburos: provenientes de las estaciones de bombeo y fallas en descarga de combustible, en camaroneras. No existe gran tráfico marítimo.

Por desechos sólidos: provenientes de las comunidades aledañas, llegan a las raíces de los mangles por acción de las mareas.

- Alteración del hábitat

Fragmentación ocurrida por la instalación de la carretera Durán-Machala y luego Cuenca-Molleturo-Machala.

- Otras amenazas

No se cuenta con personal suficiente para el control dentro de esta área extensa. No se conoce el impacto real de la caza furtiva o la tala de manglar. La explotación de cangrejo rojo ha aumentado 8,5 veces entre 1990 y 2009. Una grave amenaza es la presencia de 3 especies de tilapias (*Tilapia mossambica*, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis spp.*) que representan el 65% de la pesca sobre las especies nativas.

1.2 Sistemas ecológicos y contaminación

Las perturbaciones se definen como la mortandad, desplazamiento o daño de individuos, las condiciones ambientales pueden cambiar por mecanismos naturales o presión humana (33).

1.2.1 Generalidades y clasificación

Un contaminante es una sustancia que aparece en el ambiente o parte de él y tiene un efecto nocivo sobre el entorno (34) (35). Existe una gran variedad de compuestos, con muy diversos efectos y grupos; pero para el estudio a nivel ambiental se han clasificado en grupos amplios. Se muestra la clasificación propuesta para los contaminantes según su procedencia (Tabla 1.), y el impacto causado (Tabla 2.) (33).

Tabla 1 Contaminantes según su procedencia

Fuente	Contaminante
Agricultura y ganadería	Biocidas, CH ₄ , NH ₃ , SH ₂ , N ₂ O, NO ³⁻ , HPO ₄ ²⁻ , COV, purinas
Generadoras de electricidad	CO, CO ₂ , NO _x , SO _x , UOX, PAH, PS
Transporte	HC, CO, CO ₂ , NO _x , SO _x , PAH, PS, COV, dióxidos, PAN, O ₃ , Pb
Minería	Me, PS, SO _x , NO _x , CO, CO ₂ , CN ⁻ , aguas ácidas
Metalurgia	PS, Me, COV, aguas ácidas, disolventes
Industria química y electrónica	COV, Me, CN ⁻ , disolventes, DQO, CO, CO ₂ , NO _x , SO _x , CFC, SH ₂ , NO ₂ ⁻ , SO ₃ ²⁻ .
Tratamiento de residuos	CO ₂ , CH ₄ , SO _x , NO _x , PS, dióxidos, Me, COV, PCB, DQO, PAH
Fuentes naturales	HC, COV, CO, CO ₂ , NO _x , N ₂ O, SH ₂ , NH ₃ , CH ₄ , CH ₃ Cl, HCl

Tabla 2. Contaminantes clasificados por el impacto ambiental

Impacto ambiental	Contaminante
Efecto invernadero	CO ₂ , CH ₄ , CFC, HCFC, O ₃ , N ₂ O, CH ₃ Cl, CCl ₄
Acidificación	SO _x , NO _x , HCl, NH ₄ ⁺
Destrucción del ozono atmosférico	CFC, CCl ₄ , halones, N ₂ O
Formación de smog	NO _x , SO _x , HC, O ₃ , PS, Pb, CO, PAN, COV, PAH
Eutrofización	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , PO ₄ ³⁻ , DQO
Toxicidad humana	Me, NH ₄ ⁺ , CO, Br, CN ⁻ , PO ₄ ³⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₂ , NO _x , COV, biocidas
Eco toxicidad	Me, COV, PAH, biocidas

1.2.2 Procesos en los ecosistemas

1.2.2.1 Distribución de los contaminantes

Se distribuyen entre la litosfera, la hidrosfera y la atmosfera. Se asume que se mantiene una relación de equilibrio entre la fase receptora y el compuesto, pero depende de las propiedades del contaminante.

Si el compuesto es soluble en agua puede asociarse más fácilmente a la fase líquida, así estará disponible en aguas terrestres o atmosféricas.

1.2.2.2 Transporte

Los compuestos tóxicos y contaminantes pueden moverse por el ecosistema de manera similar a los nutrientes, son transportados por fluidos como agua y aire; con mecanismos como la advección por el movimiento

entero del volumen del fluido, dispersión por la mezcla turbulenta del fluido y difusión molecular por gradientes de concentración.

El mecanismo depende del medio que lo transporte. En un río caudaloso y en aguas subterráneas con alta conductividad predomina la advección; en agua de baja conductividad predomina la difusión o dispersión, mientras que en aguas estancadas predomina la difusión (35).

Los episodios de contaminación se constituyen de la fuente, el transporte y la transformación física de los contaminantes. La cantidad de contaminante que llega a los receptores es una fracción de las emisiones originales por los procesos desde el momento de la descarga (35).

CAPÍTULO 2

Fundamentos de Sistemas de Información Geográfica

2.1 Aspectos Generales

Un SIG es un grupo de herramientas tecnológicas utilizadas para entender la relación entre un espacio físico determinado y los diversos aspectos sociales, económicos, ambientales, entre otros (36).

Gracias a estas herramientas se organiza, almacena, manipula, analiza y se modela datos reales, con un menor gasto de recursos; permitiendo un mejor manejo de los aspectos estudiados. Los SIG son utilizados actualmente para desarrollo de estudios científicos, manejo de recursos, planificación urbana y una diversidad de evaluaciones ambientales, económicas, historias, militares, políticas, entre otras aplicaciones (39).

2.2 Organización de datos en un SIG

La versatilidad y facilidad de manejo de datos ha permitido que esta herramienta haya ganado tanta importancia desde su creación y haya cambiado la perspectiva global del manejo y estudio de las situaciones.

De manera sencilla, la información espacial en un SIG se almacena en capas temáticas (Figura 5), cada una con información espacial específica que pueden superponerse para el estudio de problemas específicos, relacionando la información existente para generar nuevas capas de información procesada.

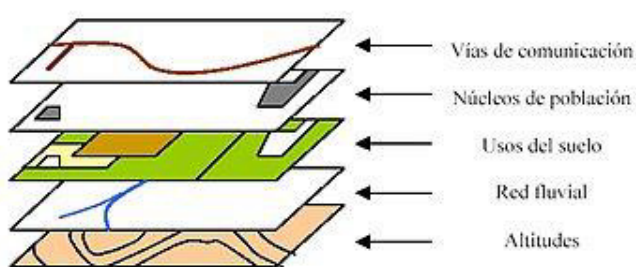


Figura 5 Capas temáticas
Fuente: (ESRI, 2012)

Una de las aplicaciones de los SIG la generación de curvas de contorno de variables geofísicas, con estas se visualiza los gradientes espaciales y se los relacionan con factores causales (37).

La información que se maneja en un SIG son datos espaciales (objetos espaciales) y alfanuméricos (no espaciales). Los primeros son visualizados en los mapas con dos formatos posibles (rásters y vectorial). Los datos alfanuméricos corresponden a los atributos de los datos espaciales tales como nombre de objetos espaciales, área, longitud, entre otros.

2.2.1 Datos vectoriales

Los datos vectoriales centran en la precisión de la ubicación de los elementos geográficos que presenten límites muy bien definidos como pozos, carreteras, lagos y otros; intentando mantener la características de los objetos (Figura 6). Los datos vectoriales pueden ser puntos, líneas o polígonos.

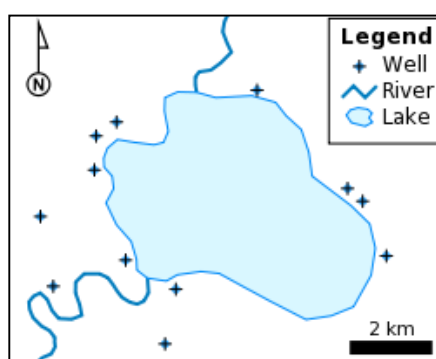


Figura 6 Un SIG compuesto de datos vectoriales: de tipo líneas y polígonos que representan ríos y lagos, respectivamente.

Fuente: (The GIS Encyclopedia, 2014)

- **Puntos:** son usados para demarcar la ubicación de objetos a una localidad de coordenadas X, Y.
- **Líneas o polilíneas:** son usados para representar objetos lineales como ríos, carreteras, etc. Se puede determinar la longitud y dirección.
- **Polígonos:** se utilizan para representar elementos geográficos que cubren un área particular de la superficie de la tierra.

2.2.2 Datos rásters

Los datos rásters son imágenes compuestas por filas y columnas de píxeles. Cada píxel almacena información específica para un parámetro determinado, por ejemplo, elevaciones, energía en un amplio rango de longitudes de onda, temperatura, entre otras variables (Figura 7).

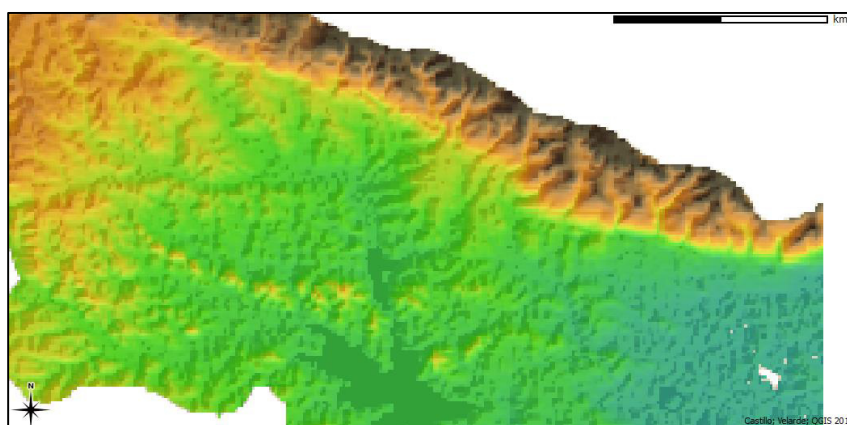


Figura 7 Modelo de relieve sombreado sobre un modelo de elevación digital

La información almacenada puede manipularse con el uso de bandas de colores RGB (por sus siglas en inglés red, green, blue) para efectos de visualización. Este tipo de datos se centran más en la información del lugar que en la precisión de la ubicación, pero cuanto mayor sea la precisión de la imagen mayor será el tamaño del archivo puesto que aumenta la resolución de la imagen.

CAPÍTULO 3

Metodología

3.1 Zona de estudio

Las zonas de estudio corresponden a la cuenca que drena hacia las reservas. En la RPFMS el agua dulce proviene de la cuenca del río Chongón -y de las escorrentías de las colinas de la ciudad, mientras el agua salada ingresa en el estuario por esteros como Mongón, Plano Seco y El Salado (23) (24).

En la REMCH el área de influencia incluye la cuenca del Río Taura, Río Churute-Ruidoso, Río Cañar y Río Naranjal dentro de la zona baja, en la zona estuarina limita con el Río Guayas, el Canal de Mondragón, el Canal de Naranjal y el Canal de Jambelí (27) (28) (6).

3.2 Datos de calidad de agua

Para realizar el análisis espacial se utilizaron los datos de calidad de agua generados por el proyecto “Evaluación eco toxicológica en dos áreas protegidas del Golfo de Guayaquil: Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado y Reserva Ecológica Manglares Churute”, los muestreos se realizaron en 12 puntos en cada una de las reservas RPFMS y REMCH; realizados entre los meses de Noviembre y Diciembre (2014) para los datos de época Seca y entre los meses de Enero y Febrero (2015) para obtener los datos de época Lluviosa.

Los parámetros de calidad de agua analizados son:

Oxígeno disuelto (mg/l), Saturación de Oxígeno (%), Sulfuro de Hidrogeno (mg/l), Temperatura (°C), Salinidad (ppm), Turbidez (NTU), Conductividad (mS/cm), Amonio (mg/l), pH, Fosfato (mg/l), Sulfuros (mg/l), Sulfatos (mg/l), Solidos sedimentables (mg/l), Solidos suspendidos totales (mg/l), y Sólidos totales (mg/l).

3.3 Datos de uso de suelos

Se utilizó la clasificación de la cobertura suelos establecida en Land Cover Classification System Level 1 (41) que incluye: [1] suelos urbanos, [2] suelos

agropecuarios, [3] suelos forestales, [4] cuerpos de aguas, [5] humedales y [6] tierras estériles o de transición.

3.4 Modelo Conceptual de Holland

Para el análisis de las zonas estudiadas se utilizó el método conceptual propuesto por Holland, que permite una representación visual de la conexión entre el crecimiento de las poblaciones humanas, evidenciado en el cambio de cobertura del suelo y los cambios físico químicos en zonas estuarinas especialmente en la porción intermareal de los esteros (41).

La superficie de cobertura no permeable fue utilizada como medida indicadora de la alteración hidrológica y se considera como tal aquellas superficies que incrementan la cantidad de escorrentía. En este trabajo, las superficies consideradas coberturas no permeables fueron: carreteras, zonas de parqueo, aceras, puentes, y techos. Pero la falta de resolución en imágenes satelitales en la zona de Naranjal no permite obtener mayor detalle a escala 1:25.000 por ello solo los suelos urbanos son categorizados como suelos impermeables (41).

Las cuencas hidrográficas aportantes al RPFMS y REMCH fueron categorizadas como boscosas, suburbanas, urbanas e industrial en función del porcentaje de cobertura urbana y no permeable (Tabla 4) (41).

Tabla 3. Criterios para clasificación de las cuencas hidrográficas de las zonas de estudio

Tipo de cuenca	Cobertura Urbana (%)	Densidad poblacional (ind/ha)	Cobertura no Permeable (%)
Boscoso	< 30		Menos de 10
Suburbano	Entre 30 y 70,	Entre 5 y 20	Entre 10 y 50
Urbano	> del 70	> 20	Más del 50
Industrial	> 45 con facilidades industriales		Más del 50

Se obtuvo información de la página Web de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) sobre la densidad poblacional a nivel de parroquias en todo el Ecuador publicado en 2013 (43).

En la Figura 8 se resume la respuesta por el porcentaje de cobertura no permeable en las cuencas aportantes a los estuarios.

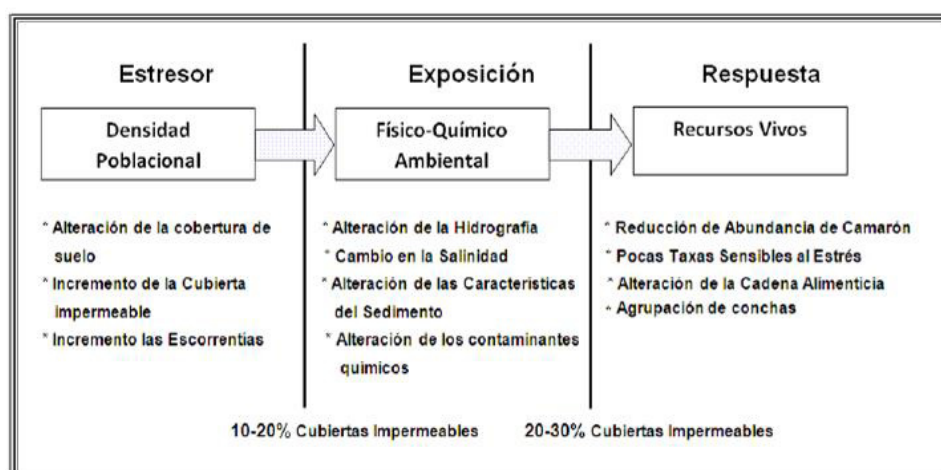


Figura 8 Resumen del modelo conceptual de los vínculos desarrollados en las zonas intermareales de los esteros

Fuente: Holland (41) , modificado por Monserrate, Medina, & Calle, 2011 (25)

3.5 Diseño de un SIG

Para el desarrollo del SIG se utilizó el software de escritorio QGIS versión 2.6 Brighton, este es un software de versión libre que se utiliza para crear, editar, administrar, analizar y visualizar datos geográficos de diversas bases de datos espaciales.


3.5.1 Obtención de datos vectoriales

Las coberturas espaciales base fueron descargadas usando el protocolo Web Feature Service (WFS) desde los geo portales en línea del Instituto Geográfico Militar (IGM) y del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) las mismas que pueden obtenerse como archivos shapefile en un SIG de escritorio.

Las capas descargadas del Geo portal del IGM fueron Manglares del Ecuador, Granjas Acuáticas, Zona urbana, Curvas de nivel, Ríos (principales y secundarios), Cuerpos de agua, Patrimonio de áreas naturales de Ecuador (PANE), Límites administrativos del Ecuador (a nivel provincial).

Las coberturas descargadas del Geo portal del MAGAP fueron del Inventario de Recursos Naturales a nivel provincial la de cobertura de uso de suelos y cuencas hidrográficas de la provincia del Guayas a escala 1:250 000 publicado en 2011.

3.5.1.1 Servicio WFS

Para utilizar la información desde los servidores consultados hacemos uso del botón “**Añadir capa WFS**”  en la barra de “**Administrar capas**”. En la pestaña “**Capas**” de la nueva ventana, colocamos nuevo e ingresamos el nombre y URL de servicio que queremos contactar.

3.5.1.2 Open Street Maps

Las líneas de carreteras fueron descargadas con el complemento “**Quick OSM**”, que permite obtener información de OpenStreet Maps. En la ventana “**Quick query**” determinamos la categoría y los objetos espaciales que se descargan y se elige la extensión del mapa que se muestra actualmente en la pantalla o como se crea conveniente.

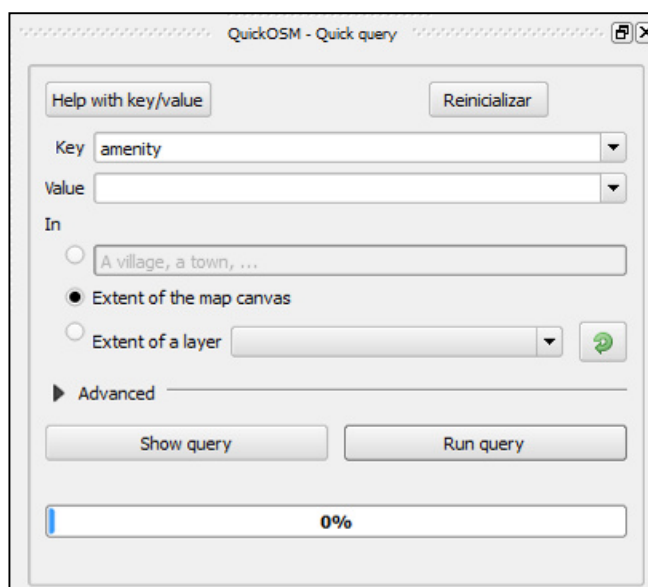



Figura 9 Ventana para obtención de datos de OpenStreet Maps (OSM)

3.5.1.3 Ingreso de datos de Muestreo

Los datos fueron gestionados en una hoja de cálculo de Microsoft Office Excel 2013, son guardados como archivo de texto con la extensión (txt) para importarlos a QGIS de acuerdo al siguiente protocolo.

Se utiliza el botón “**Añadir capa de texto delimitado**”  de la barra de administrar capas, donde se determinó el archivo de texto, el registro que contiene los nombres de campo, la definición de la geometría de los datos y la asignación de los campos de coordenadas X y Y, entre otras opciones (Figura 10).

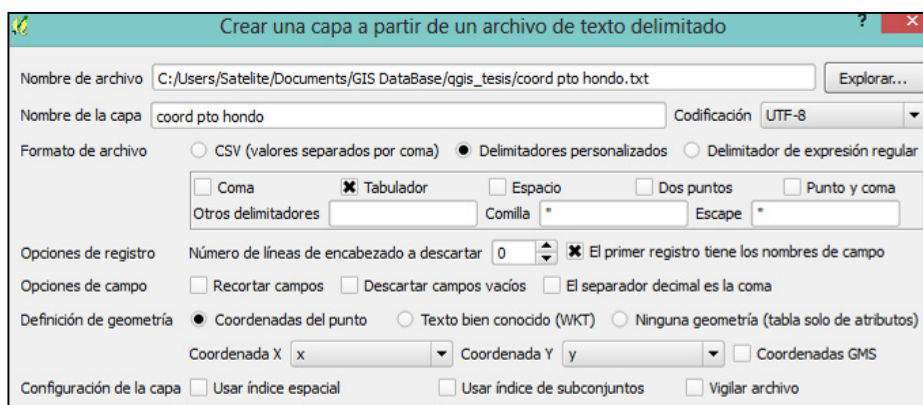


Figura 10 Creación de capa espacial usando un archivo de texto. Se muestra la generación de capa de puntos de Puerto Hondo.

3.5.2 Obtención de datos rásters

Para la creación de las curvas de nivel y relieve de los mapas se utilizó datos ráster de elevación pertenecientes al modelo de la Misión Topográfica Shuttle Radar (SRTM) que pueden ser descargados de manera gratuita

desde la página del Consultative Group for International Agricultural Research - Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI) usando el link a continuación <http://srtm.csi.cgiar.org/>. En la opción SRTM Data Search and Download procedemos a descargar las imágenes en formato Geo TIFF que corresponden a la zona de Ecuador (Srtm 20 y Srtm 21).

3.5.3 Descarga de mapas bases (Open Layers)

Para determinar la cobertura de suelos se utilizaron imágenes satelitales procedentes de U.S. Geological Survey, LandSat y DigitalGlobe, actualizada a 2015 que se pueden obtener dentro del programa bajo la opción de “**OpenLayers Plugin**” (Figura 11); con esta herramienta también podemos utilizar mapas viales, físicos y otros más.

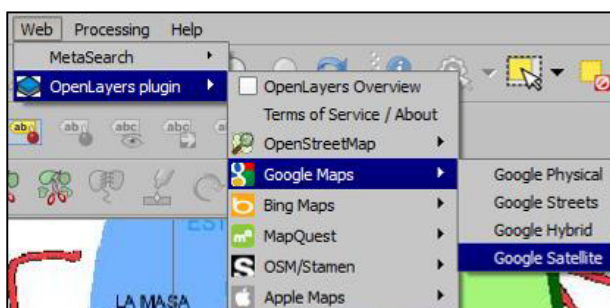



Figura 11. Importación de imagen satelital en QGIS 2.6 bajo la opción OpenLayers

3.5.4 Georeferenciación de imágenes rásters en el SIG

Para la edición de las zonas internas de las reservas, es decir los canales y esteros presentes dentro de cada una, se utilizaron mapas publicados por el MAE en Junio del 2011. Los mapas se convierten a

archivos de imagen para ser geo referenciados, es decir que escogemos las coordenadas control para su ubicación. Esta herramienta se encuentra en la pestaña “**Raster**”, luego escogemos “**Georeferenciador**” 

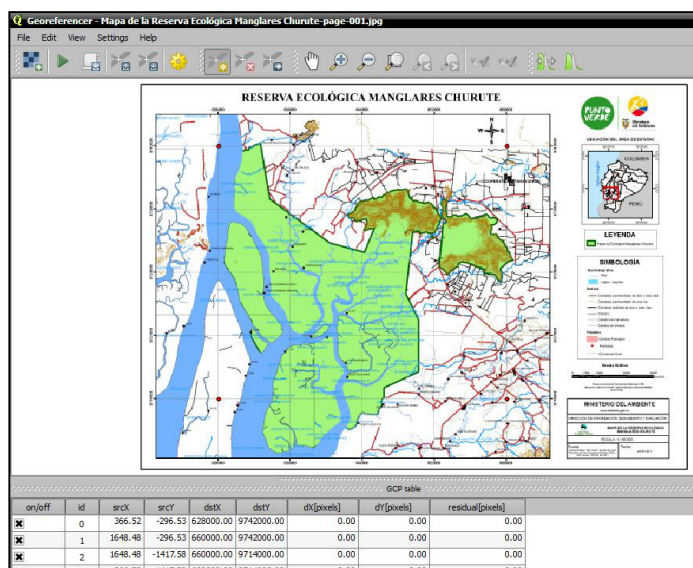


Figura 12 Ventana del Georeferenciador para el mapa de la Reserva Ecológica Manglares Churute

3.6 *Análisis Espacial*

3.6.1 Generación de mapas


Se elaboró un mapa físico y mapa de uso de suelos para las zonas de influencia para la RPFMS y la REMCH. También se elaboraron Modelos de curvas de contornos para parámetros de calidad de agua en puntos muestreados dentro de cada reserva.

El mapa físico contiene una imagen digital de elevación de terreno y un modelo de sombras para demostrar el relieve, también contiene los

aportantes y cuerpo de agua para tener una mejor visualización del flujo de agua en cada zona de estudio.

El mapa de uso de suelos contiene información el área de humedal forestado o manglar, el cuerpo de agua (incluye esteros, pero no ríos aportantes), zonas de camaroneras, zona forestal, zona agropecuaria, zona urbana y zonas estériles (canteras y parcelas no forestadas dentro de la ciudad); además se muestra una capa de líneas como el sistema vial.

3.6.2 Delimitación de las zonas de estudio

Para importar la información descargada en formato shapefile usamos el botón “**Añadir capa vectorial**”  y buscamos en el directorio donde se encuentre guardado.

Se agregó la capa de Cuencas hidrográficas y Cobertura de Uso de suelos descargados, se seleccionó dentro de la “**Tabla de atributos**” las cuencas que se usaron para delimitar cada zona.



Las cuencas seleccionadas dentro de la capa espacial descargada se guardaron como una nueva capa espacial definida para cada zona de estudio, en la Figura 13 se muestran las cuencas que conforman la zona de

estudio para la REMCH y la cuenca de Chongón como cuenca de estudio para la RPFMS.

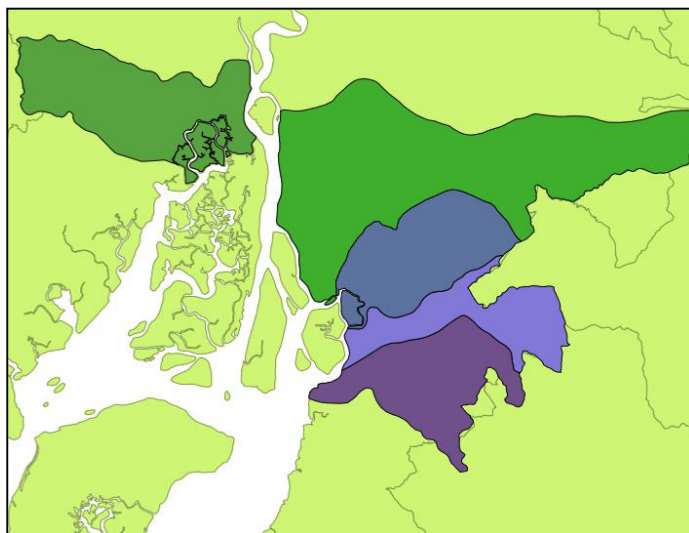


Figura 13 Cuencas seleccionadas para análisis de cobertura

Se debe guardar como **“ESRI shapefile”** y se selecciona la casilla **“Guardar solo los objetos espaciales seleccionados”** y **“Añadir al mapa”**, caso contrario se vuelve a guardar la capa entera y no solo la selección. Al importar o crear una nueva capa se debe confirmar que el Sistema de Coordenadas de Referencias sean los mismos, en este caso usamos la Opción **EPSG: 32717** que pertenece al **WGS84 / UTM zona 17S**.

En la tabla de atributos de la capa de Cobertura de Uso de suelos se elige y se guarda por separado cada uno de estos objetos espaciales: (1) suelos urbanos, (2) suelos agropecuarios, (3) cuerpos de agua, (4) suelos forestales, (5) manglar, (6) camaroneras.

3.6.3 Geo procesos de datos vectoriales

Las herramientas de geoprocursos (Figura 14) nos permiten dividir, cortar, disolver, unir objetos espaciales. Se usa la herramienta “**Disolver**” sobre las cuencas aportantes en la REMCH para eliminar las líneas divisorias entre ellas y tener un solo polígono.

Se utilizó la herramienta “**Intersectar**” para determinar las diferentes capas de uso de suelos dentro de cada cuenca estudiada. Se separó con este procedimiento los suelos urbanos dentro de la cuenca aportante a la RPFMS y los suelos urbanos dentro de la cuenca aportante a la REMCH, se realizó el mismo procedimiento con las demás capas de uso de suelos.

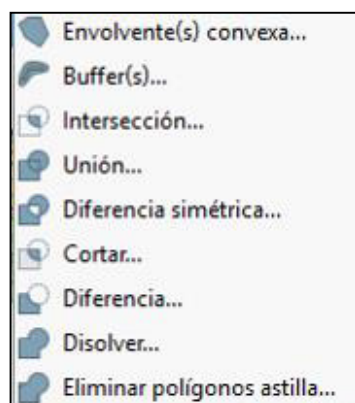



Figura 14 Herramientas de Geo proceso

3.6.4 Digitalización de datos vectoriales

Se editó las capas obtenidas con las herramientas de geoprocursos en base a las imágenes satelitales para actualizar la información espacial existente (Figura 15). Para esto hacemos uso de las herramientas de “**Digitalización**” y “**Digitalización avanzada**”

3.6.5 Cálculo de superficies de uso de suelos

Finalizadas las capas de Uso de suelos se calculó la superficie de los polígonos en cada capa haciendo uso de la “**Calculadora de Campos**”  en la barra de atributos. Se debe crear un nuevo campo y se utilizó la función “**\$area**” dentro de la sección de Geometría; los valores calculados se muestran en m² y debemos hacer la conversión para las unidades deseadas, usamos la fórmula **\$area/1000000** para obtener valores en Km² (Figura 16).

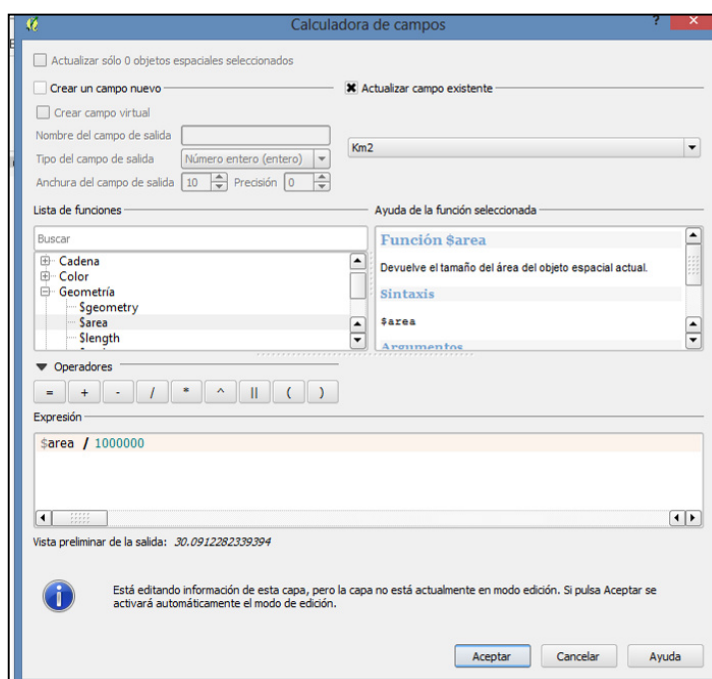


Figura 16 Ventana de la Calculadora de campos

3.6.6 Curvas de contorno de parámetros de calidad de agua.

Los datos vectoriales que representan los sitios de muestreo y los parámetros de calidad de aguas fueron convertidos a imágenes ráster usando la herramienta “**Interpolación**” en la pestaña “**Ráster**” (Figura 17).

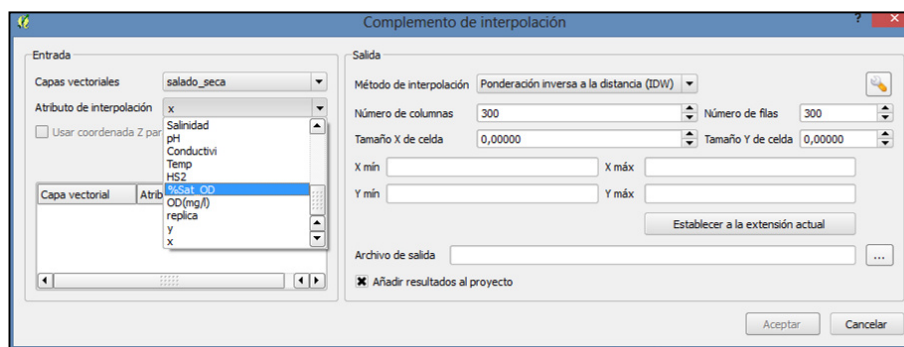


Figura 17 Ventana de interfaz de la herramienta Interpolación

El proceso que se realiza de esta forma es un análisis geo estadístico de cada parámetro ambiental, el programa utiliza diferentes algoritmos y modelos estadísticos dependiendo de la cantidad de datos disponibles, pero de manera estándar se usa el método de “Ponderación inversa a la distancia” por la poca cantidad de datos y rango muy variable de los mismos. De tener mayor número de datos recomendamos usar el método Kriging.

Se elige la capa con la información de los puntos de muestreo y en la pestaña de “atributo de interpolación” se eligen los datos a usar, se utilizó con un tamaño de 2000 columnas por 2000 filas.

La imagen resultante tiene el formato de “**Unibanda gris**” es decir en escala de grises, para poder apreciar mejor las variaciones esto se cambia en las propiedades y se coloca “**Unibanda Pseudocolor**” se escoge el color y rango. Luego se intersecta con la capa de Cuerpo de agua usando la herramienta “**Clipper**” (Figura 18).

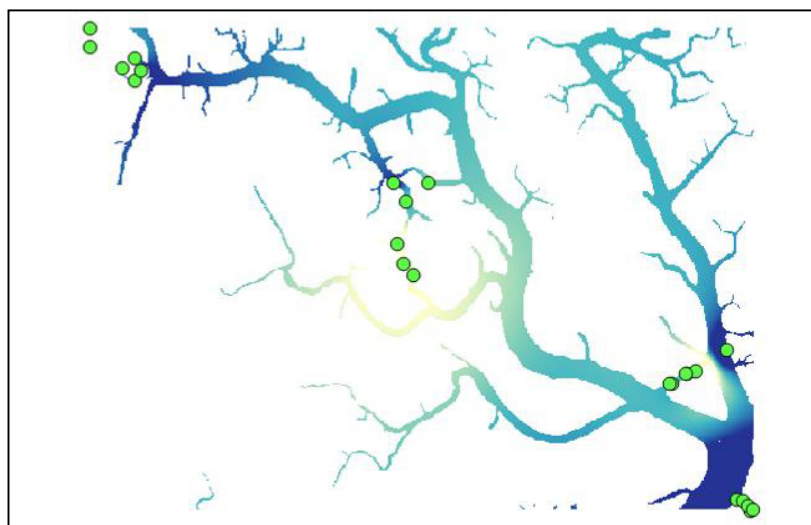


Figura 18 Variaciones de Oxígeno Disuelto en época seca en la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado (RPFMS).

La imagen que se muestra contiene valores de Oxígeno Disuelto durante los muestreos, los valores más altos se muestran con azul y los menores en blanco. El mismo procedimiento se ejecutó con los demás parámetros de calidad de aguas.

CAPÍTULO 4

Resultados

4.1 Porcentaje de área por uso de suelos

4.1.1 Zona de Influencia Reserva Ecológica Manglares Churute

De un área total de 2920.84 km² tenemos una densidad poblacional de 0,23 individuos por hectárea y los suelos no permeables representan 1% con 28.2km², por lo tanto la cuenca aportante es considerada como una zona referencial o boscosa según los criterios de clasificación de cuencas de Holland. En la tabla 4 se muestra el porcentaje de uso de suelo con su respectiva superficie en km².

Tabla 4 Superficie (km²) de uso de suelos por tipo de cobertura en la zona de influencia de la Reserva Ecológica Manglares Churute (REMCH).

Cobertura	Uso de suelo	Área (km ²)	Porcentaje (%)
Permeable	Camaroneras	499,8	17,1
	Cuerpo de agua	142,3	4,9
	Manglar	439,2	15,0
	Agropecuario	1549,4	53,0
	Forestal	261,9	9,0
No permeable	Urbano	28,2	1,0

4.1.2 Zona de Influencia Reserva de Producción Faunística Manglares

El Salado

De un área total de estudio de 701.36 km² tenemos una densidad poblacional de 26,07 individuos por hectárea y el porcentaje de cobertura no permeable es 14,59% por lo tanto considera esta zona como una cuenca suburbana según los criterios de clasificación de cuencas de Holland. En la tabla 5 se muestran los porcentajes de uso de suelos.

Tabla 5 Superficie (km²) de uso de suelos por tipo de cobertura en la zona de influencia de la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado (RPFMS)

Cobertura	Uso de suelo	Área (km ²)	Porcentaje (%)
Permeable	Camaroneras	51,0	7,3
	Estéril	8,6	1,2
	Manglar	154,1	22,0
	Forestal	221,2	31,5
	Agropecuario	116,6	16,6
	Cuerpo de Agua	47,5	6,8
No permeable	Urbano	102,3	14,6

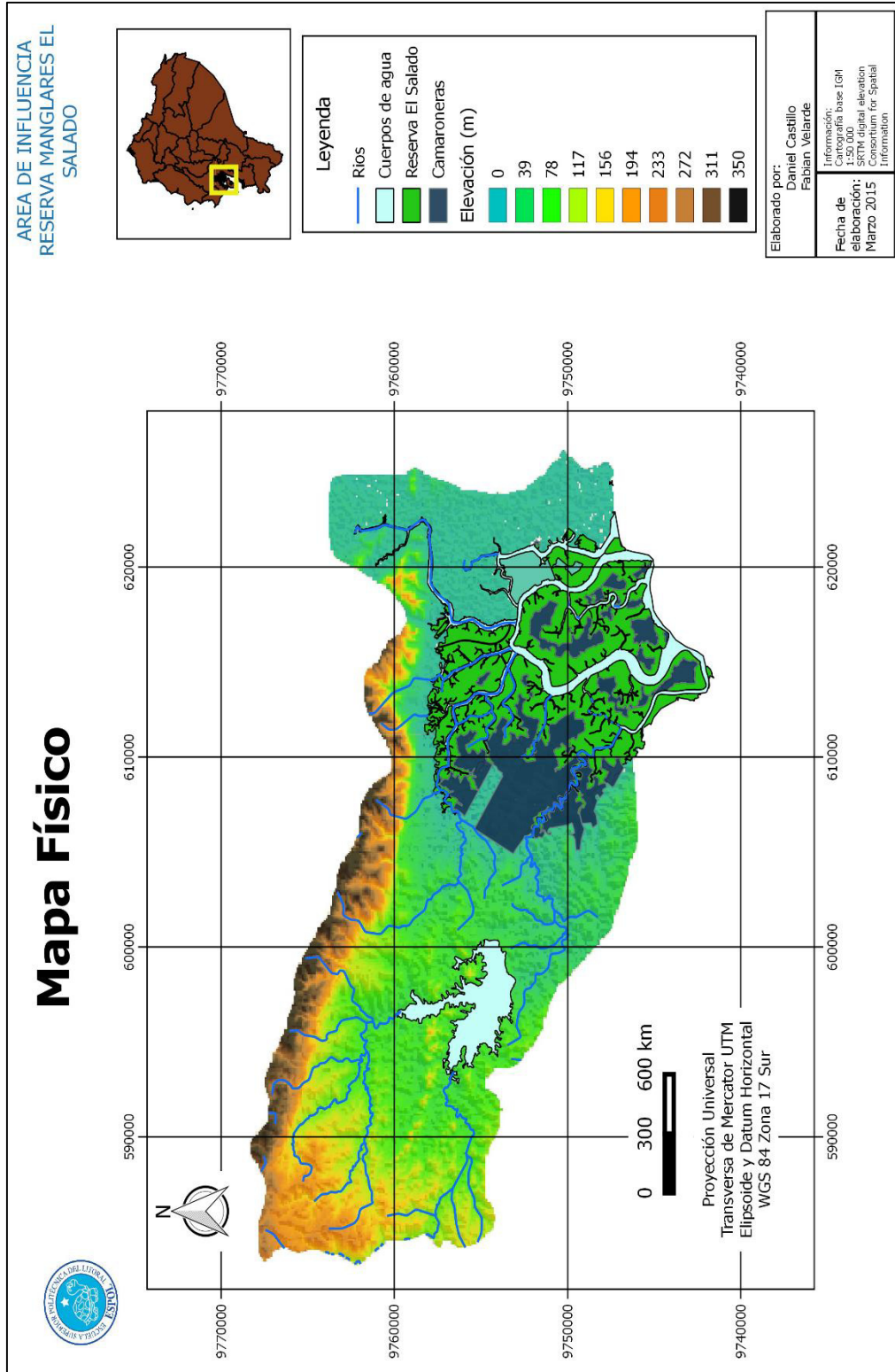


Figura 19 Mapa Físico en el área de influencia de la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado

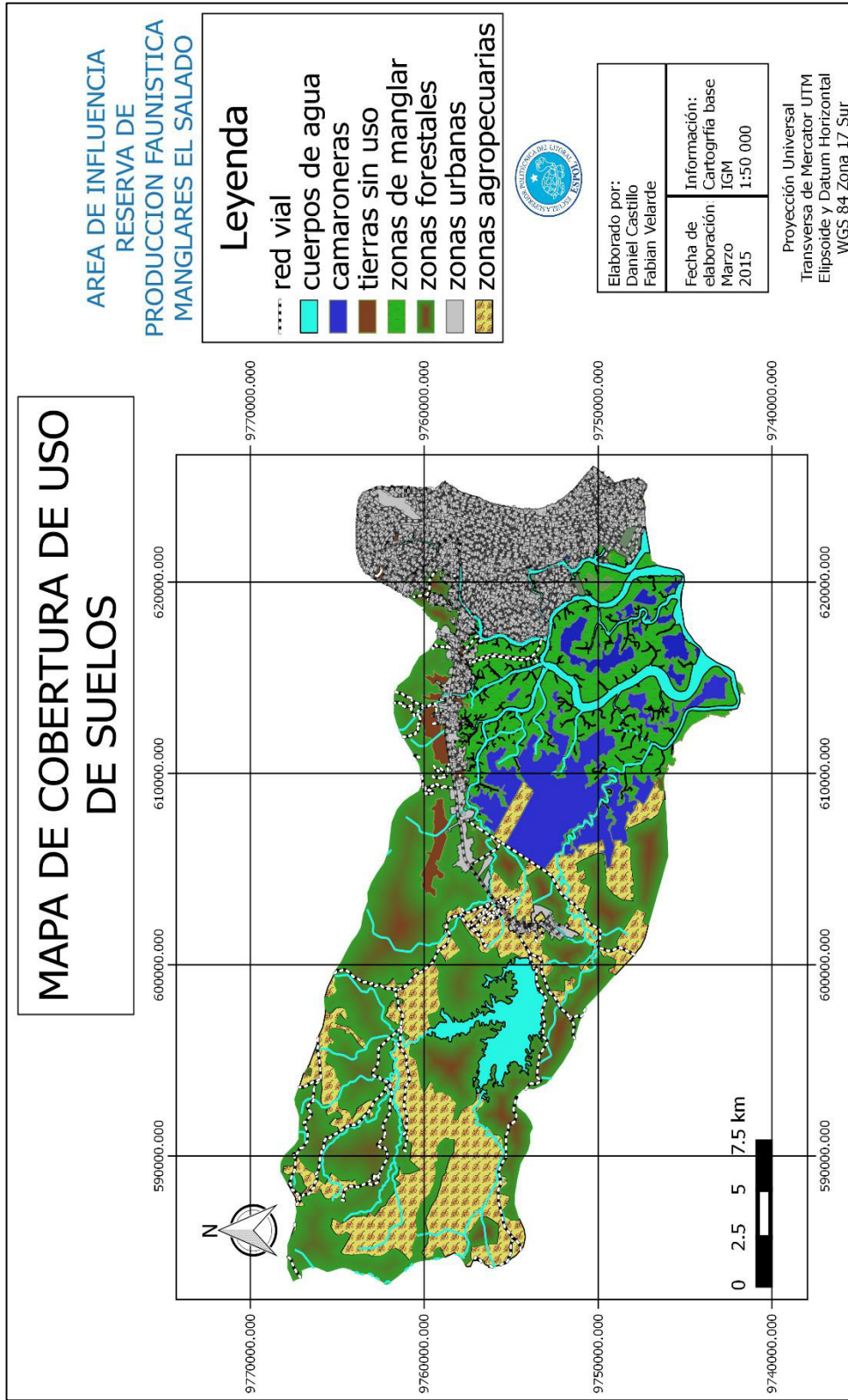


Figura 20 Mapa de Uso de Suelos en el área de influencia de la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado

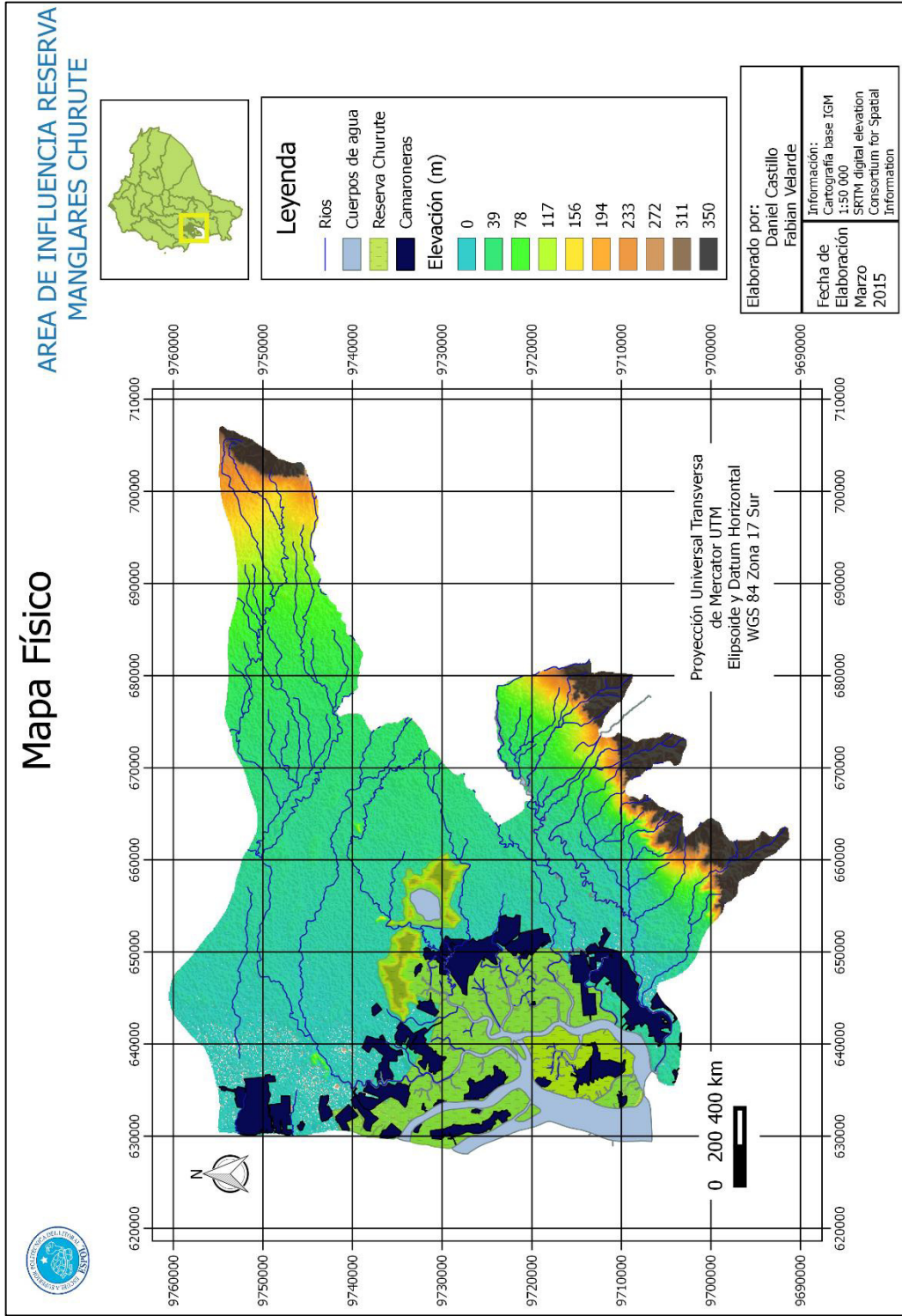


Figura 21 Mapa físico área de influencia de la Reserva Ecológica Manglares Churute

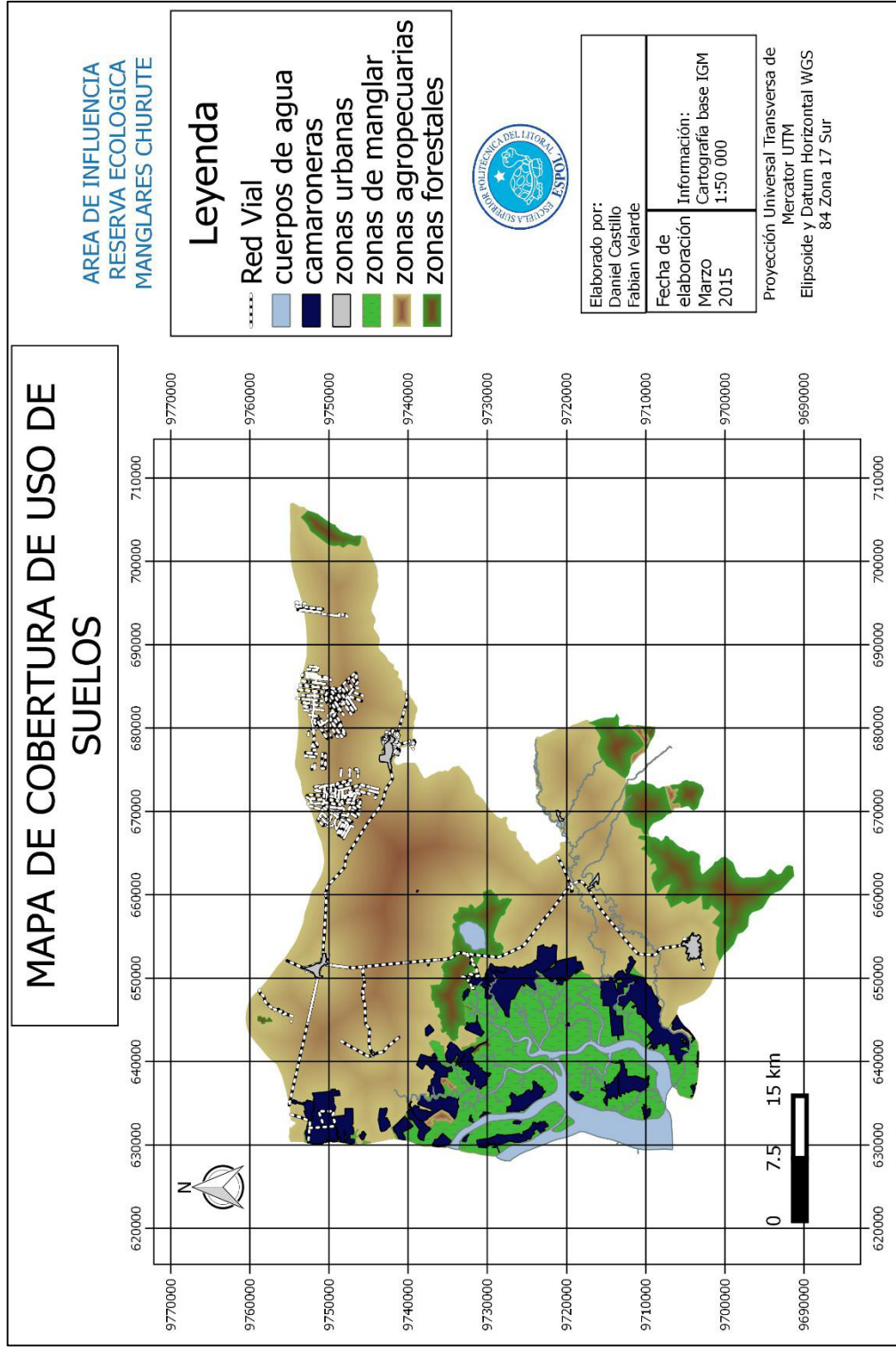


Figura 22 Mapa de Uso de Suelos del área de influencia de la Reserva Ecológica Manglares Churute

4.2 Variación estacional de parámetros ambientales

Como resultados se presentan 64 mapas de 10 x 6.5 (cm) sobre los parámetros de calidad de agua: 32 gráficas de la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado a escala **1:40.000**, 16 corresponden a la época seca y 16 a época lluviosa; y 32 gráficas de la Reserva Ecológica Manglares Churute a escala **1:58.000**, 16 para época seca y 16 para época lluviosa. Se muestra en cada mapa los puntos de muestreo junto a la imagen ráster del cuerpo de agua generada por interpolación y el rango de valores para cada parámetro.

Este tipo de imágenes nos permite identificar focos de contaminación o zonas posiblemente afectadas al utilizarse con otro tipo de información como la ubicación de sitios industriales y sectores urbanizados. (Figura 23).

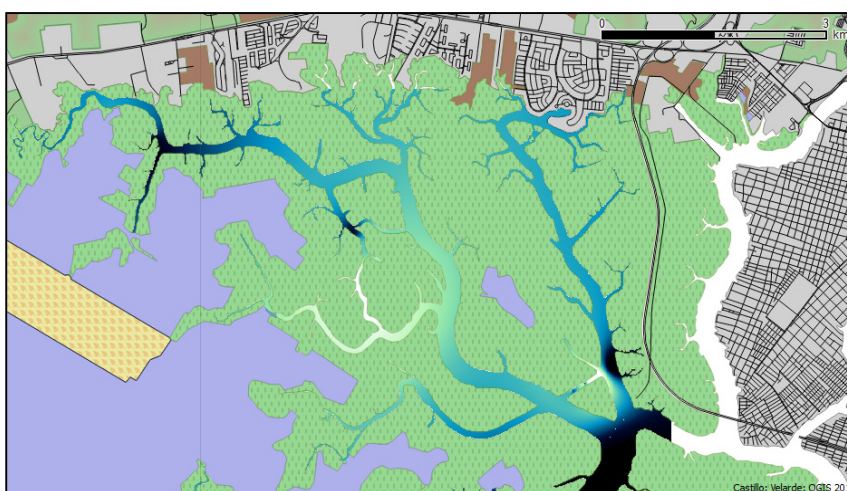


Figura 23 Variación de OD junto a las capas de uso de suelo

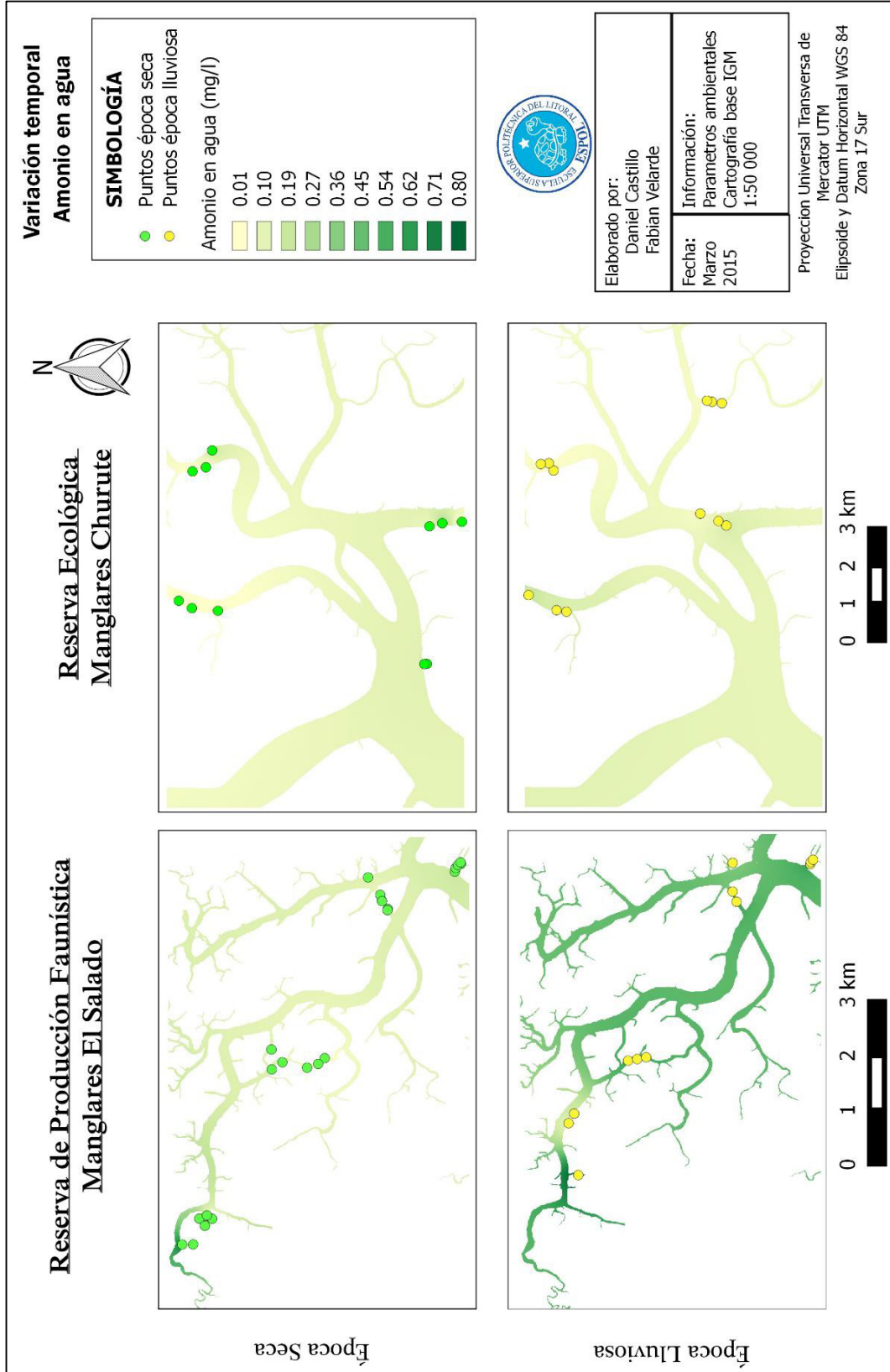


Figura 24 Variación estacional de Amonio (mg/l) en agua

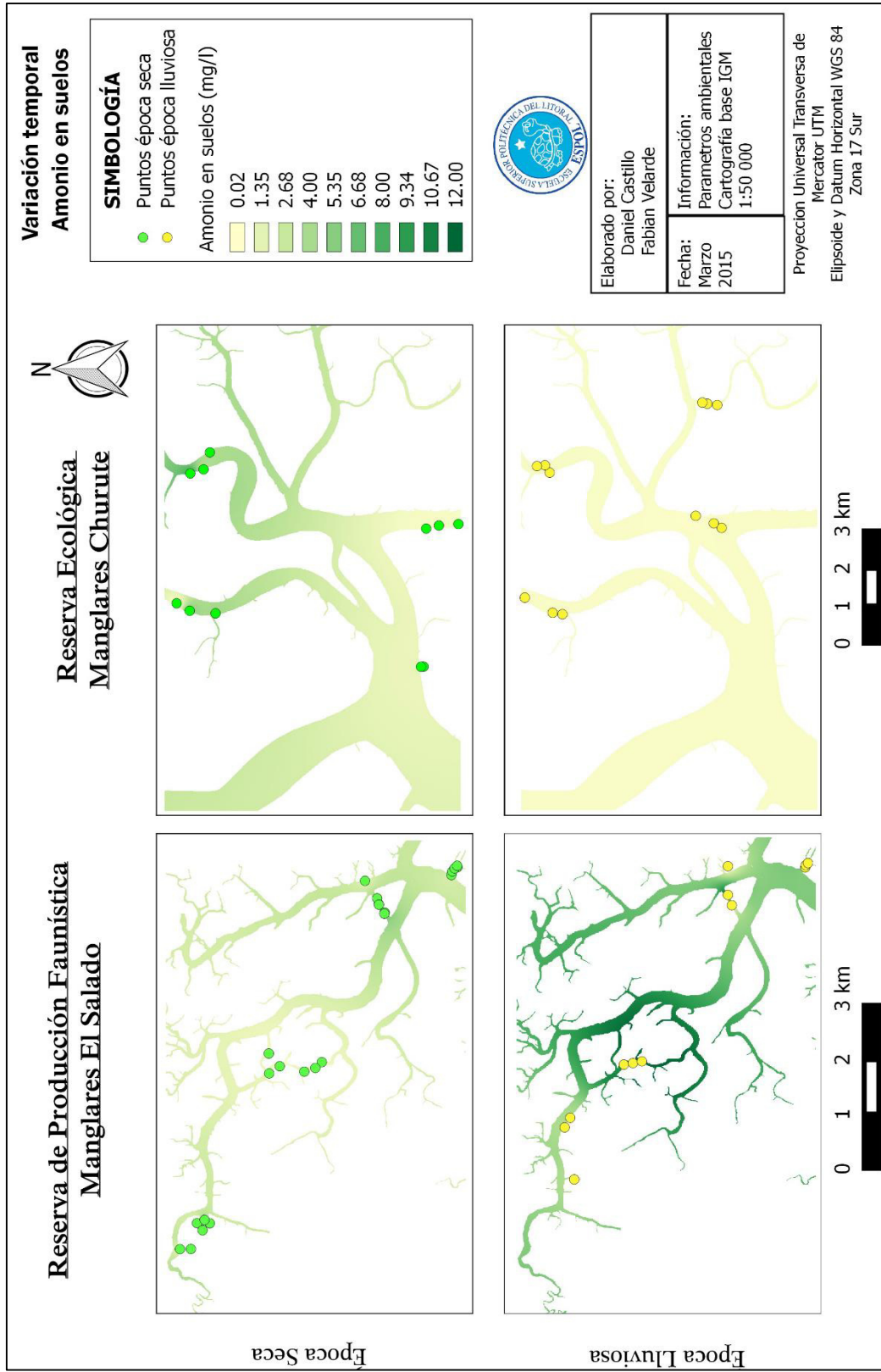


Figura 25 Variación estacional de Amonio (mg/l) en sedimentos

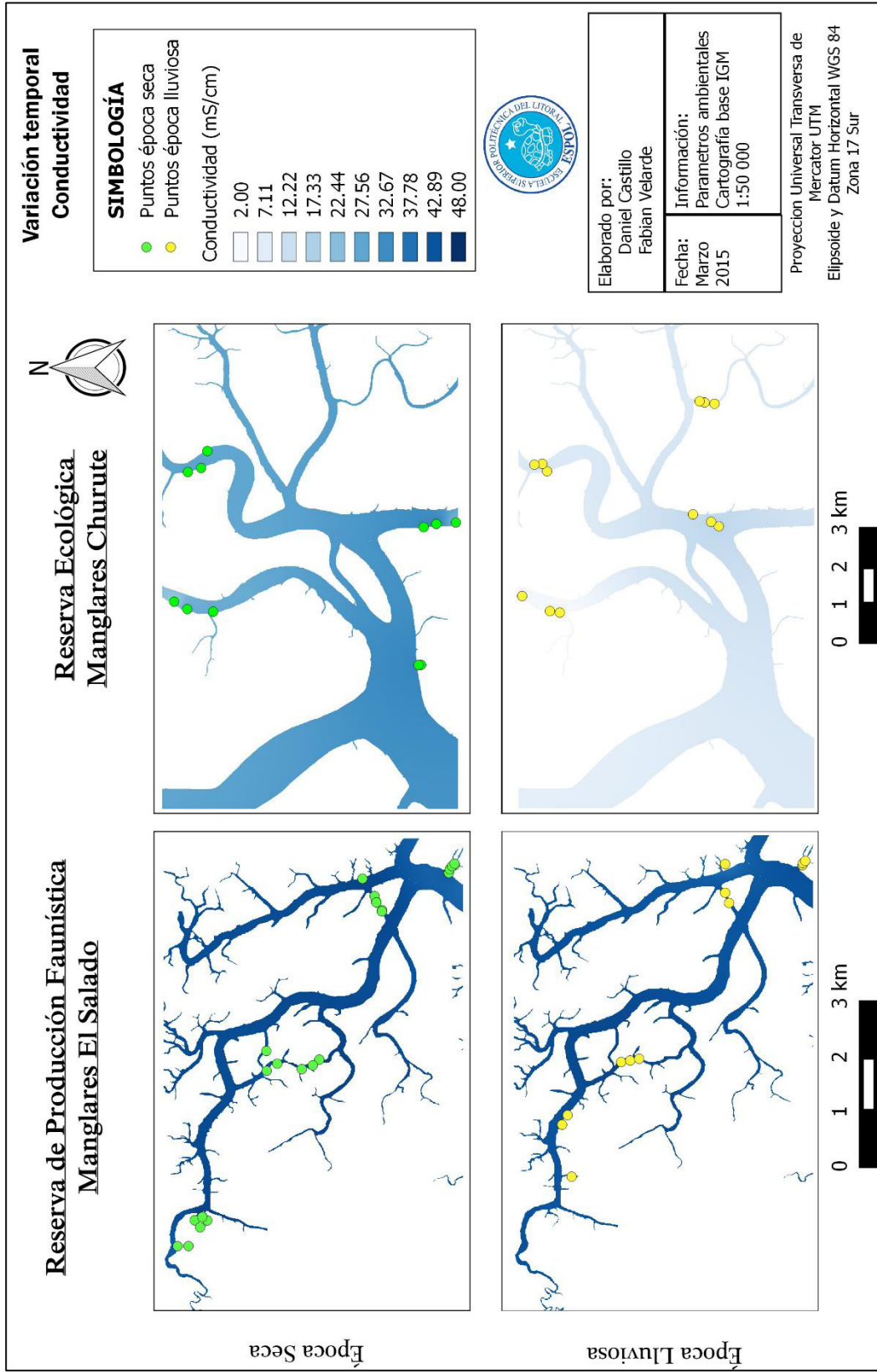


Figura 26 Variación estacional de Conductividad (mS/cm)

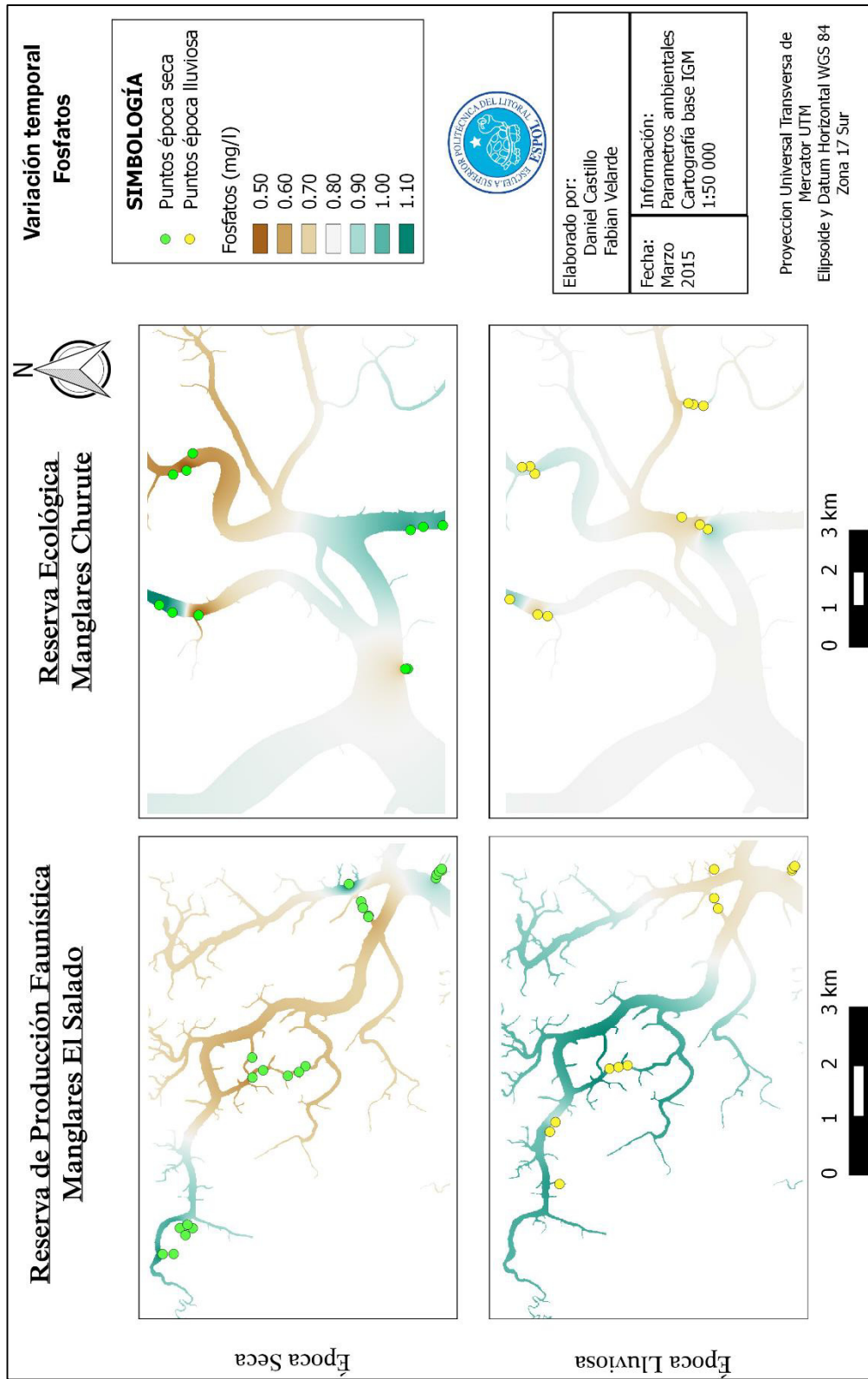


Figura 27 Variación estacional de Fosfatos (mg/l)

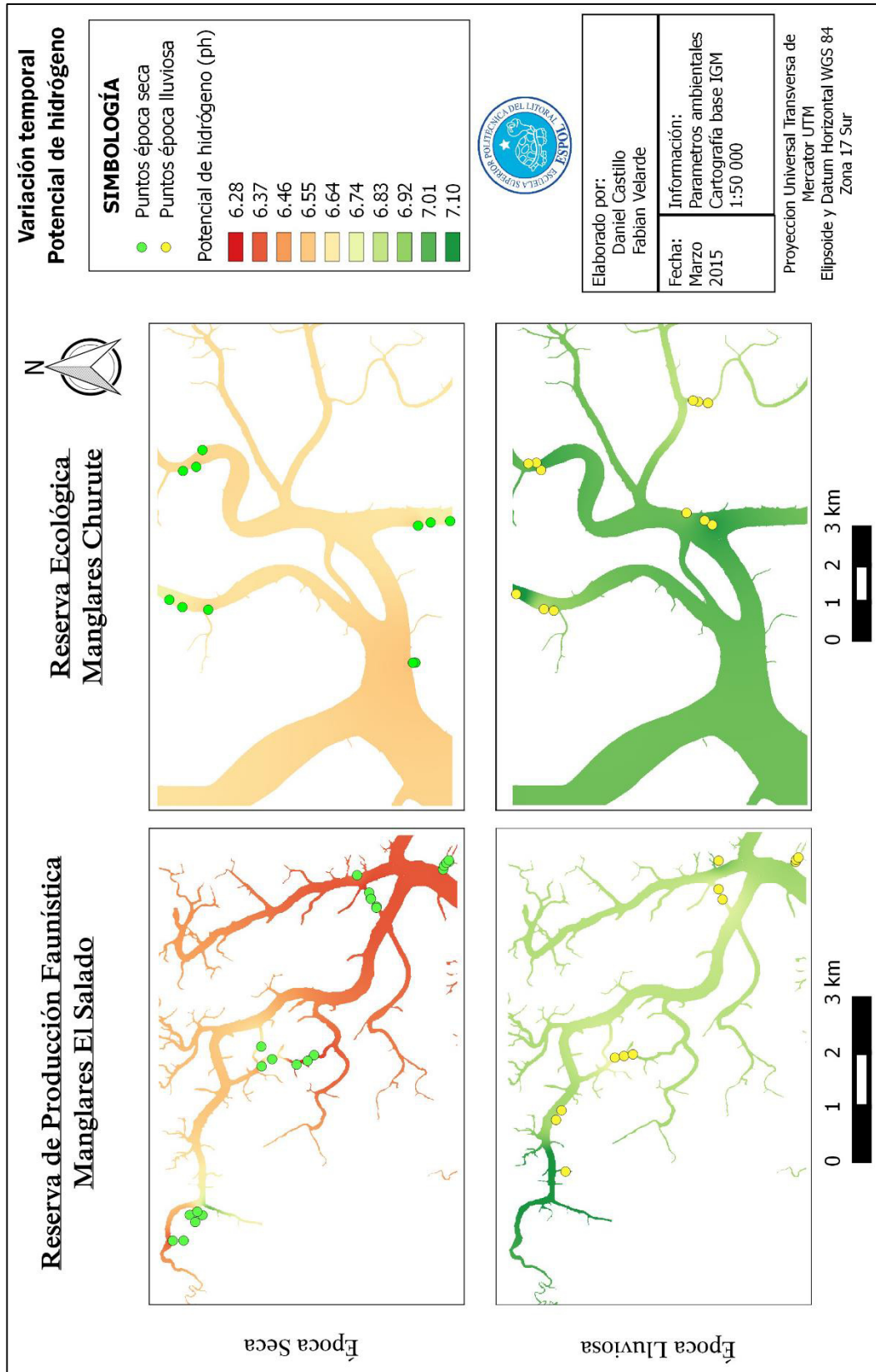


Figura 28 Variación estacional de pH

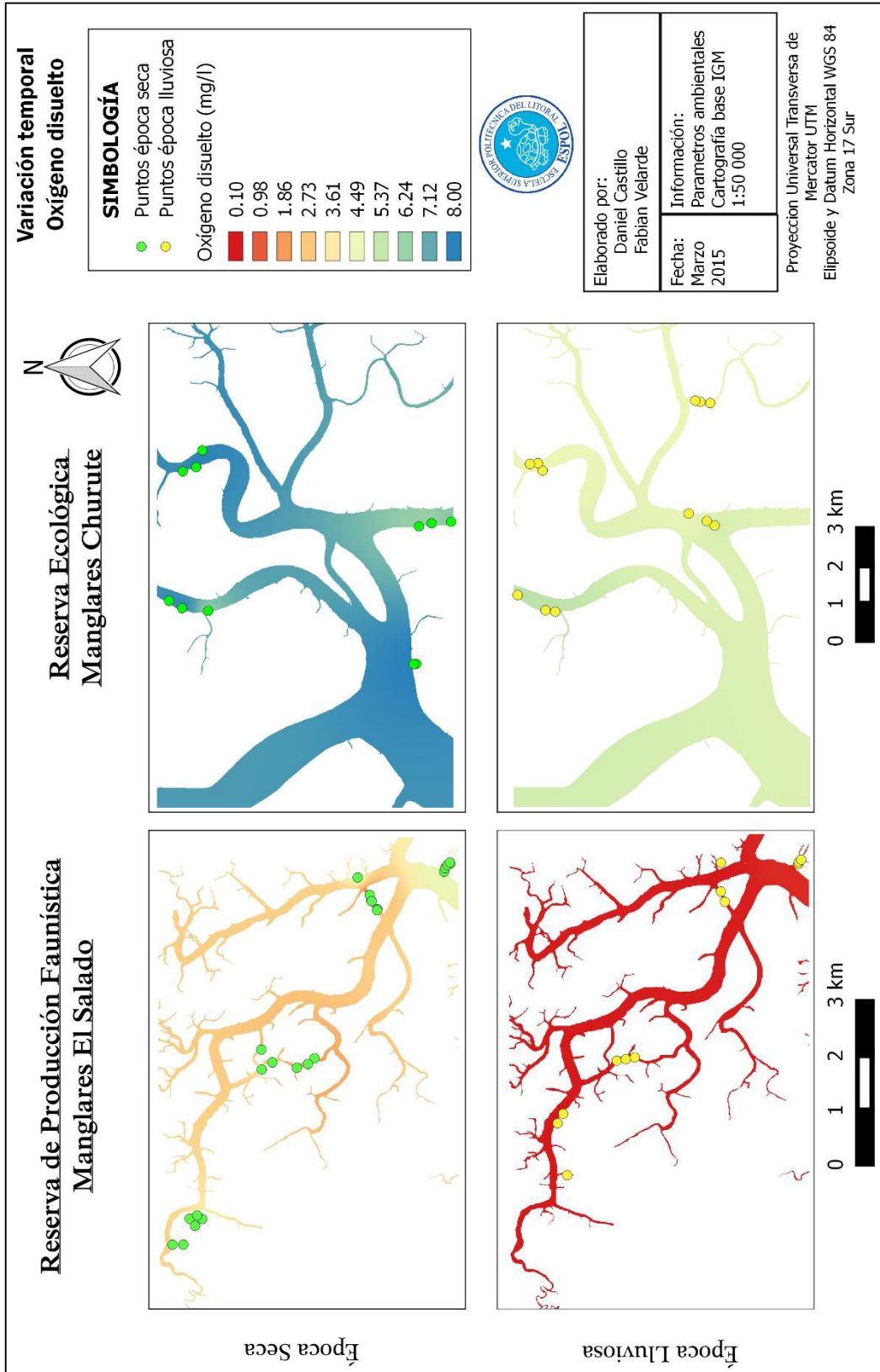


Figura 29 Variación estacional de Oxígeno disuelto (mg/l)

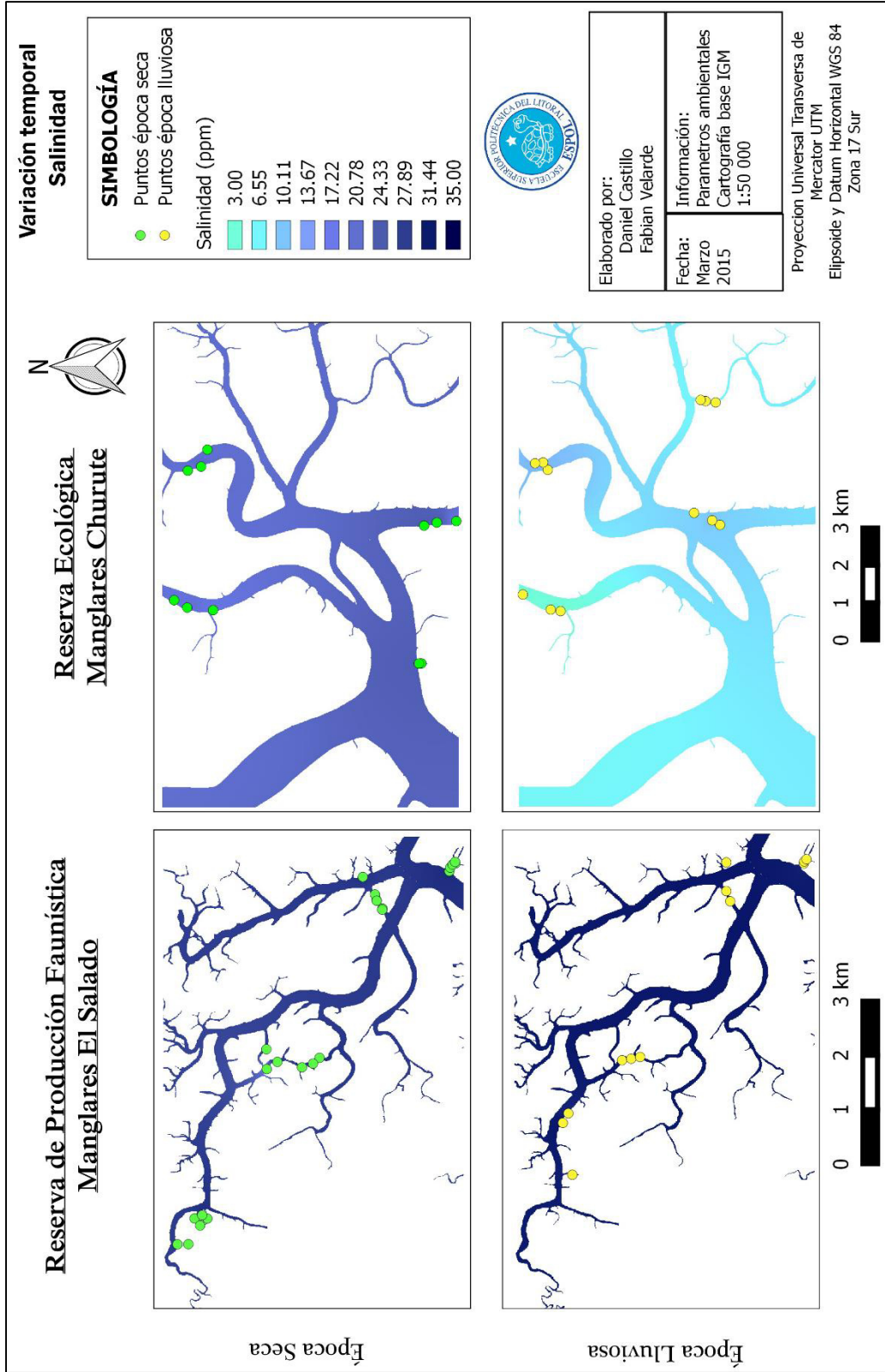


Figura 30 Variación estacional de Salinidad (ppm)

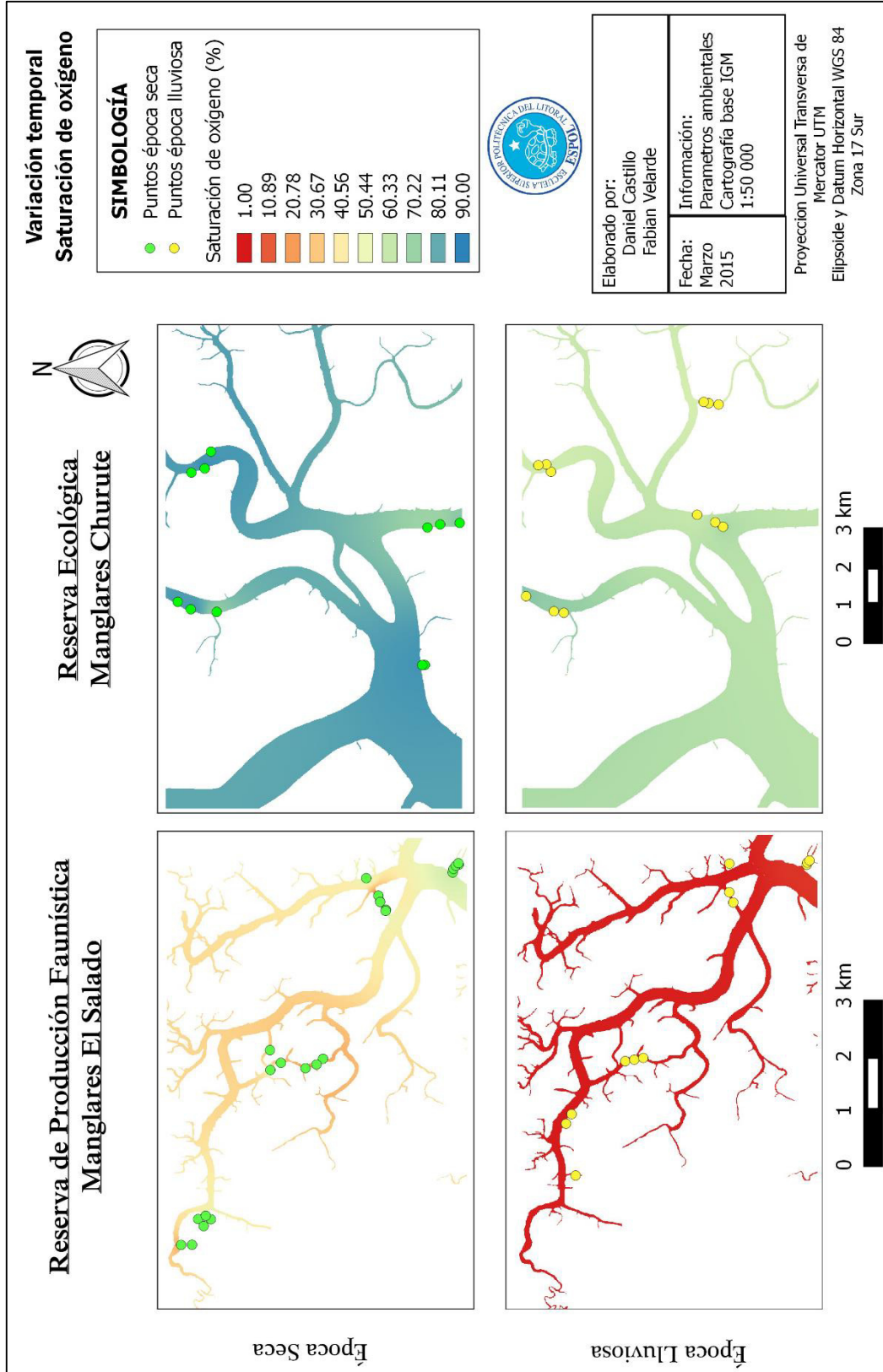


Figura 31 Variación estacional de Saturación de oxígeno (%)

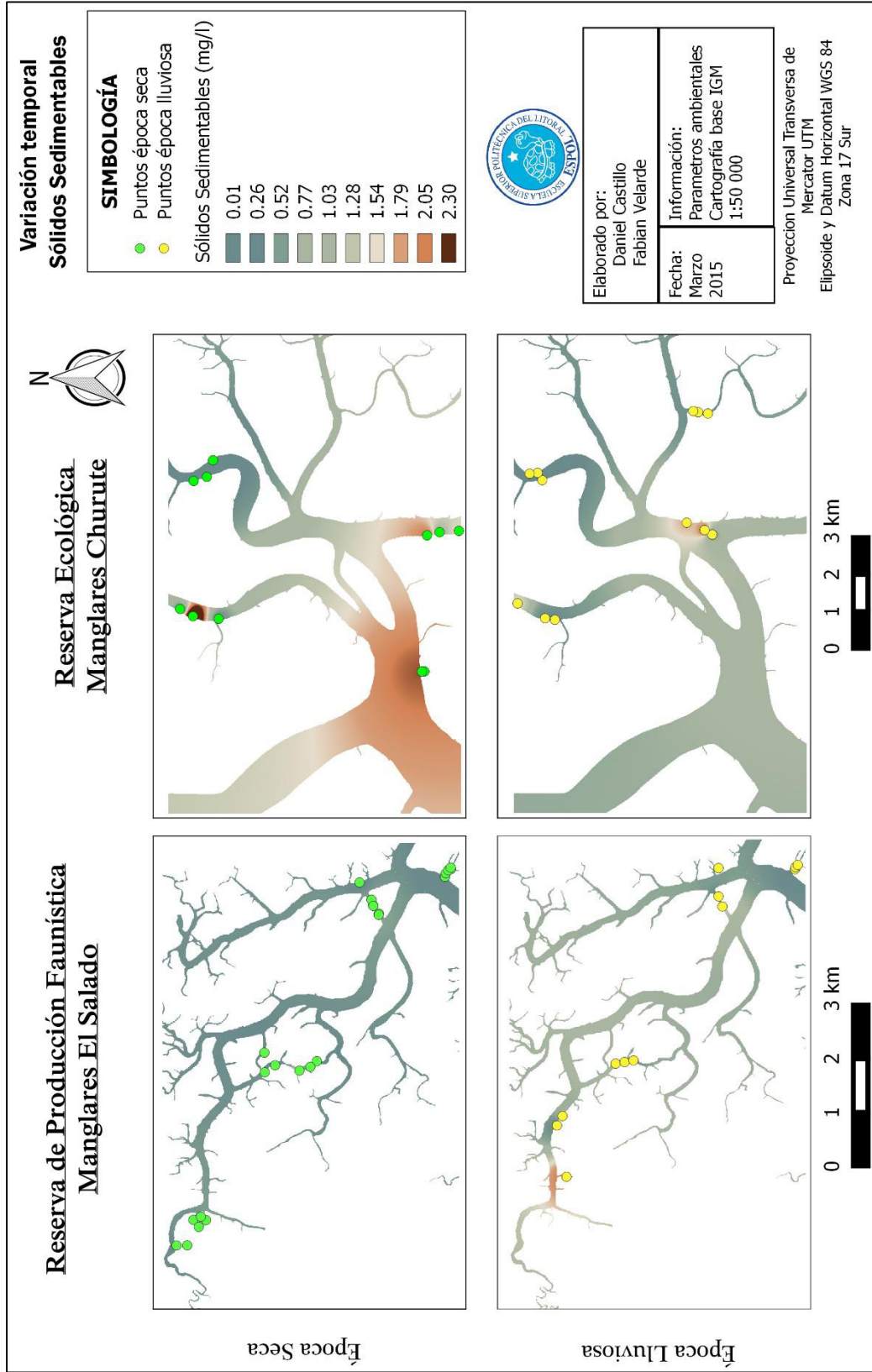


Figura 32 Variación estacional de Sólidos sedimentables (mg/l)

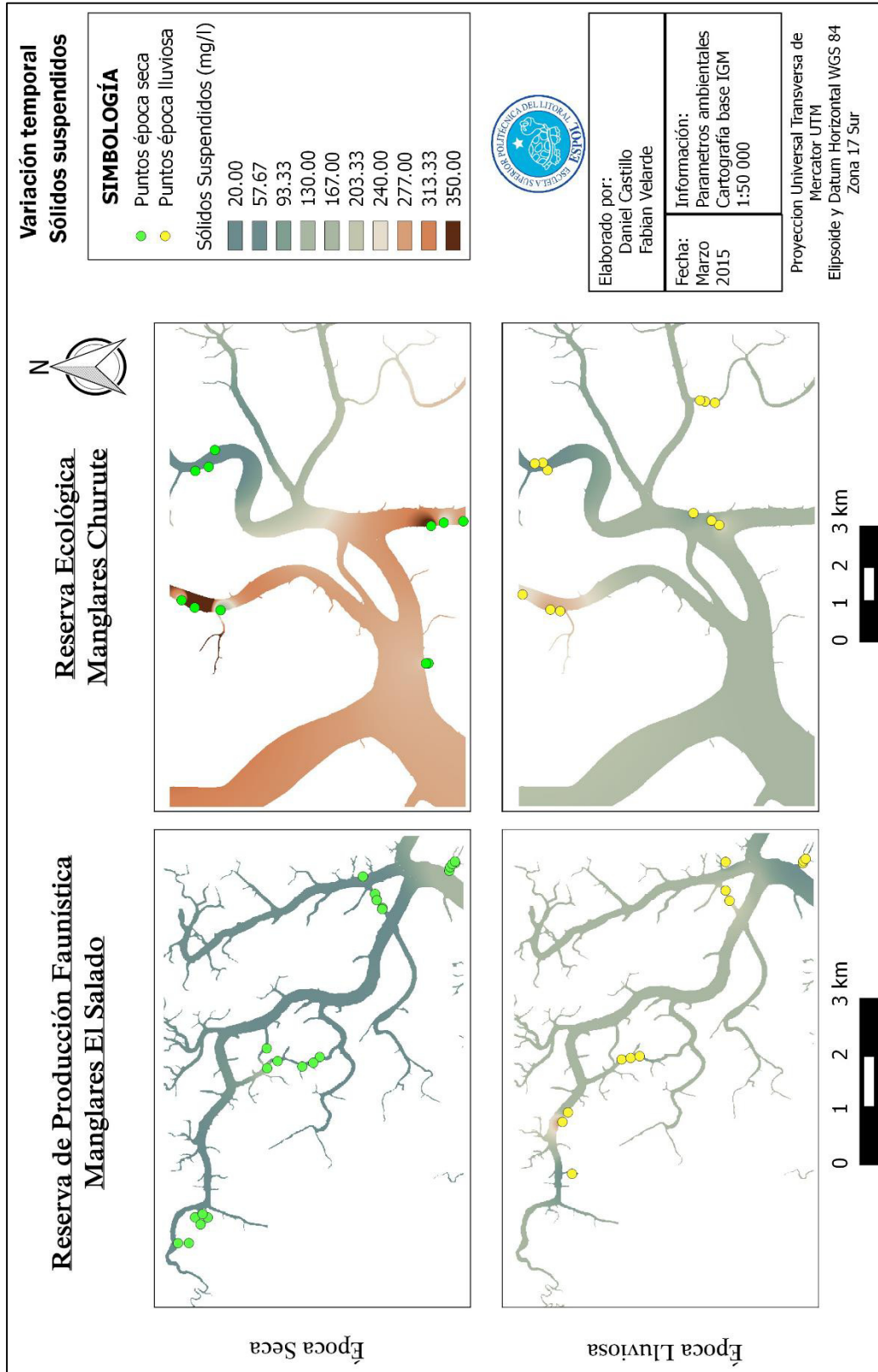


Figura 33 Variación estacional de Sólidos suspendidos (mg/l)

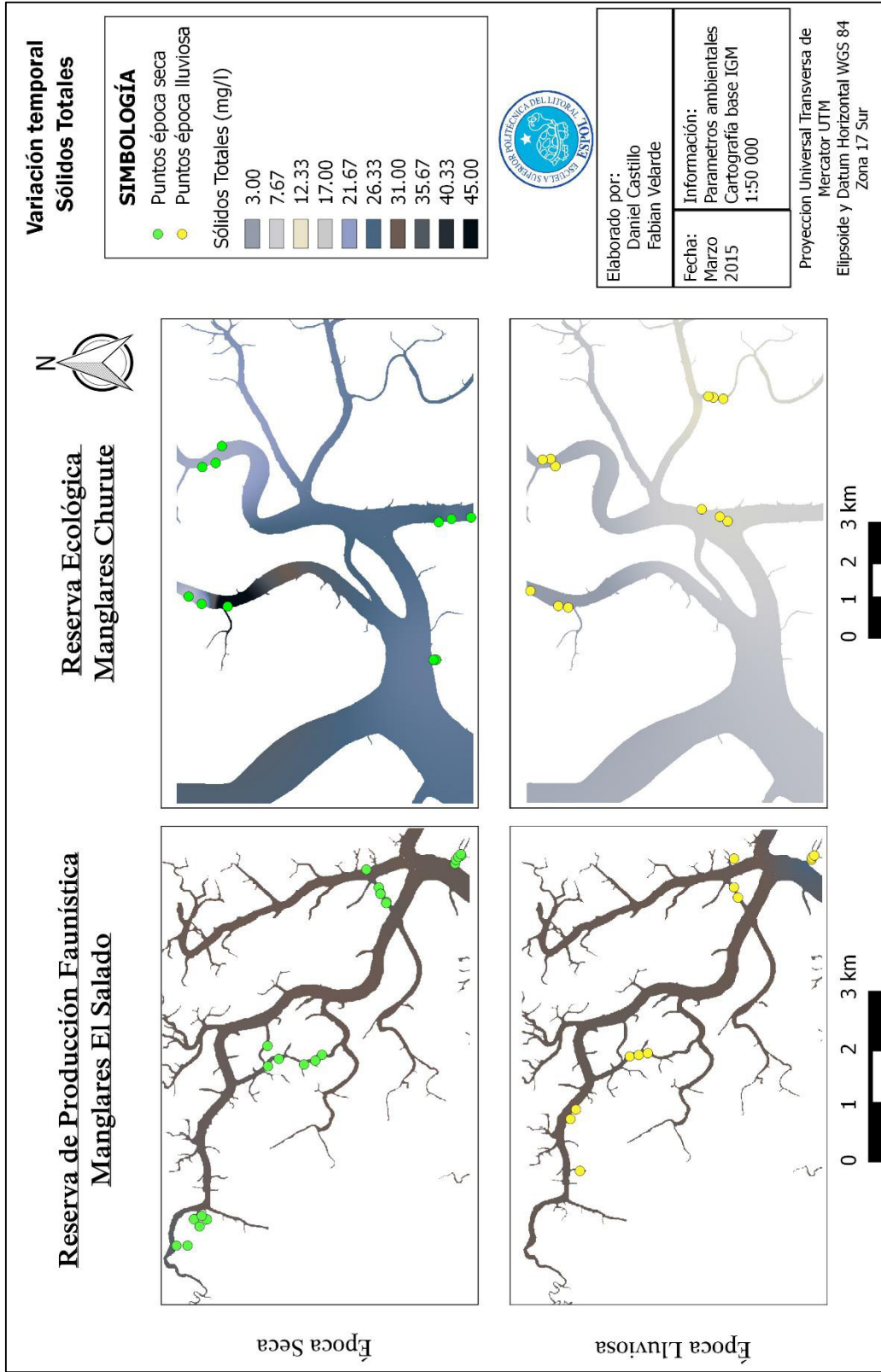


Figura 34 Variación estacional de Sólidos totales (mg/l)

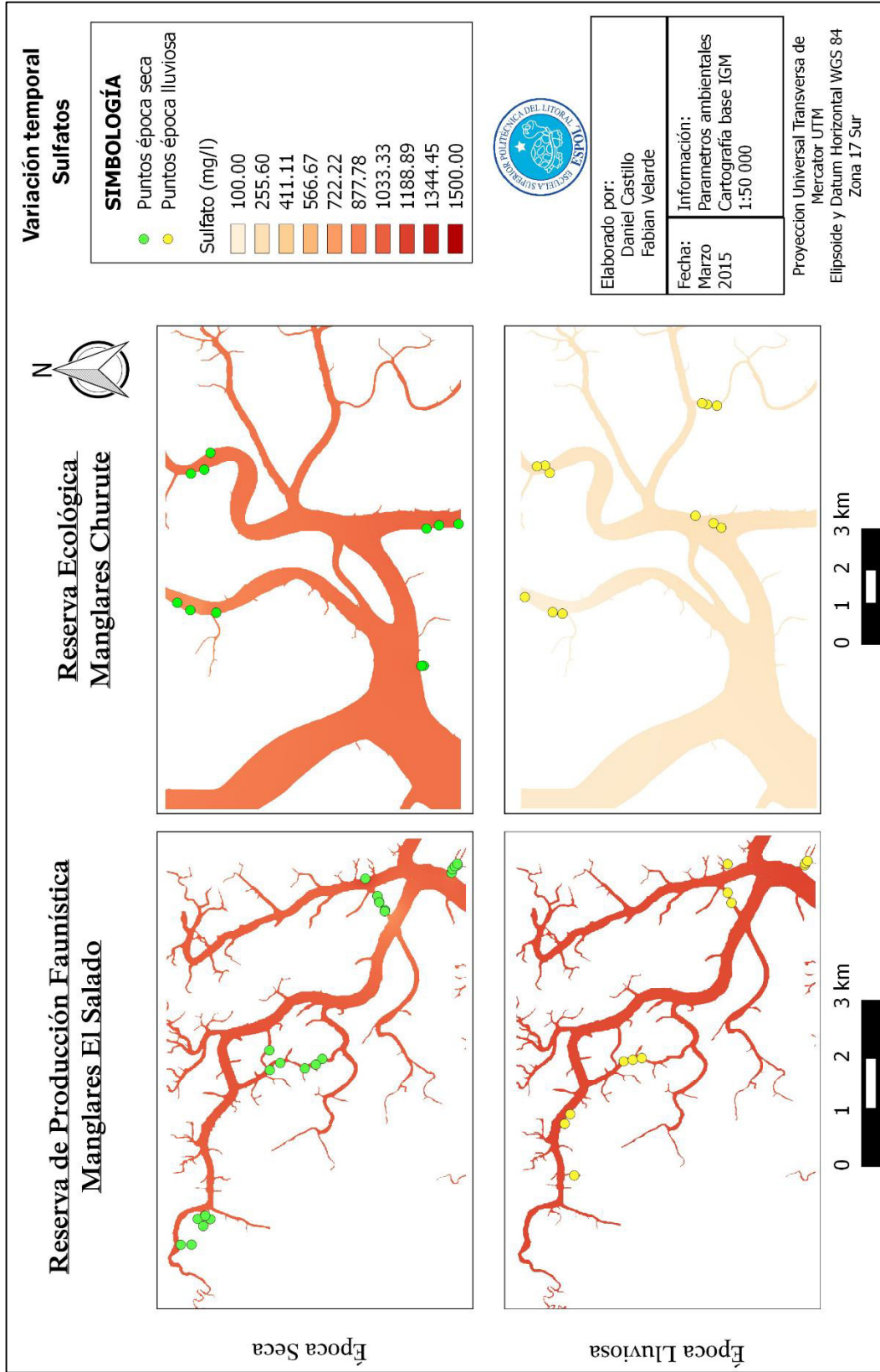


Figura 35 Variación estacional de Sulfatos (mg/l)

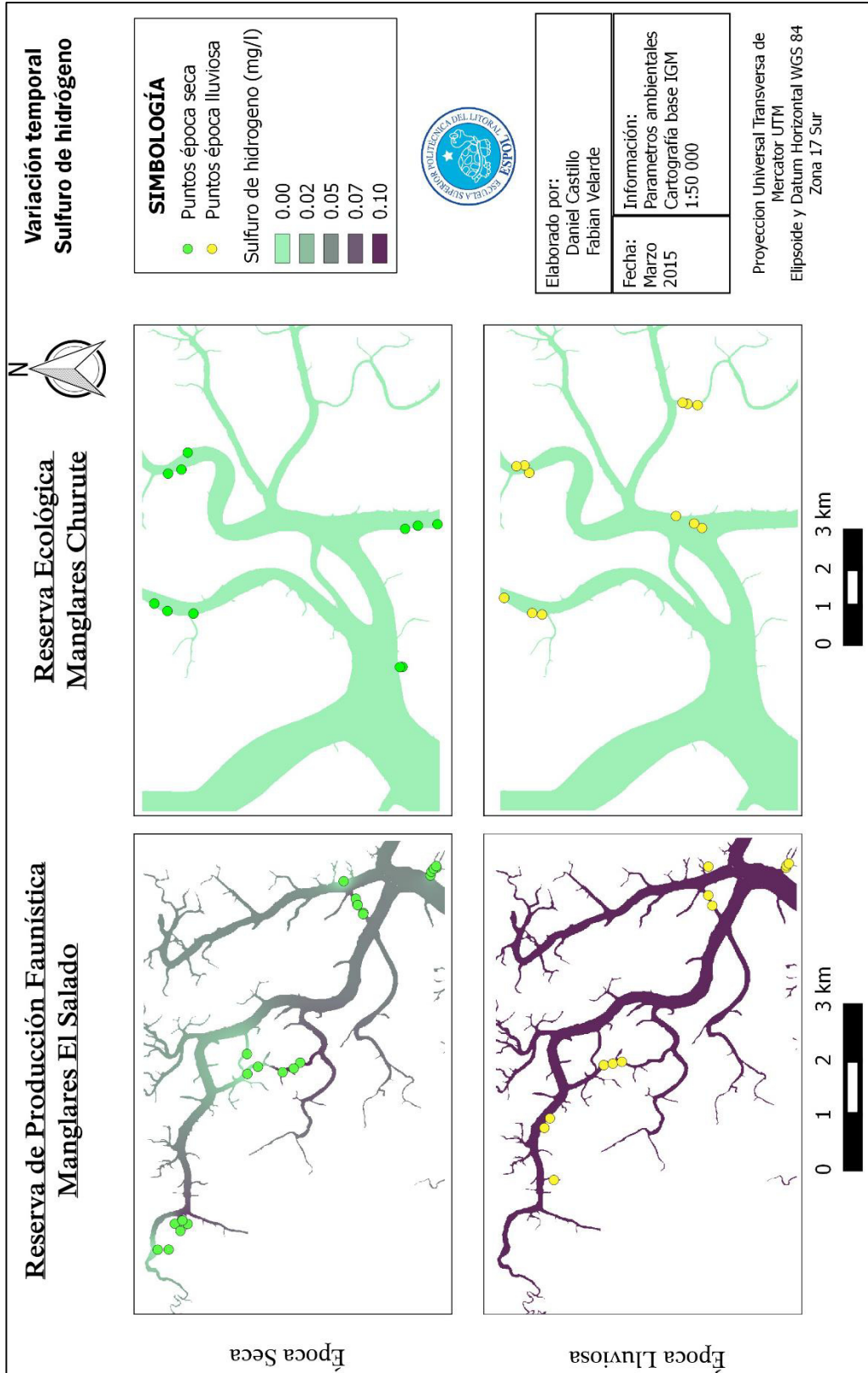


Figura 36 Variación estacional de Sulfuro de hidrógeno (mg/l)

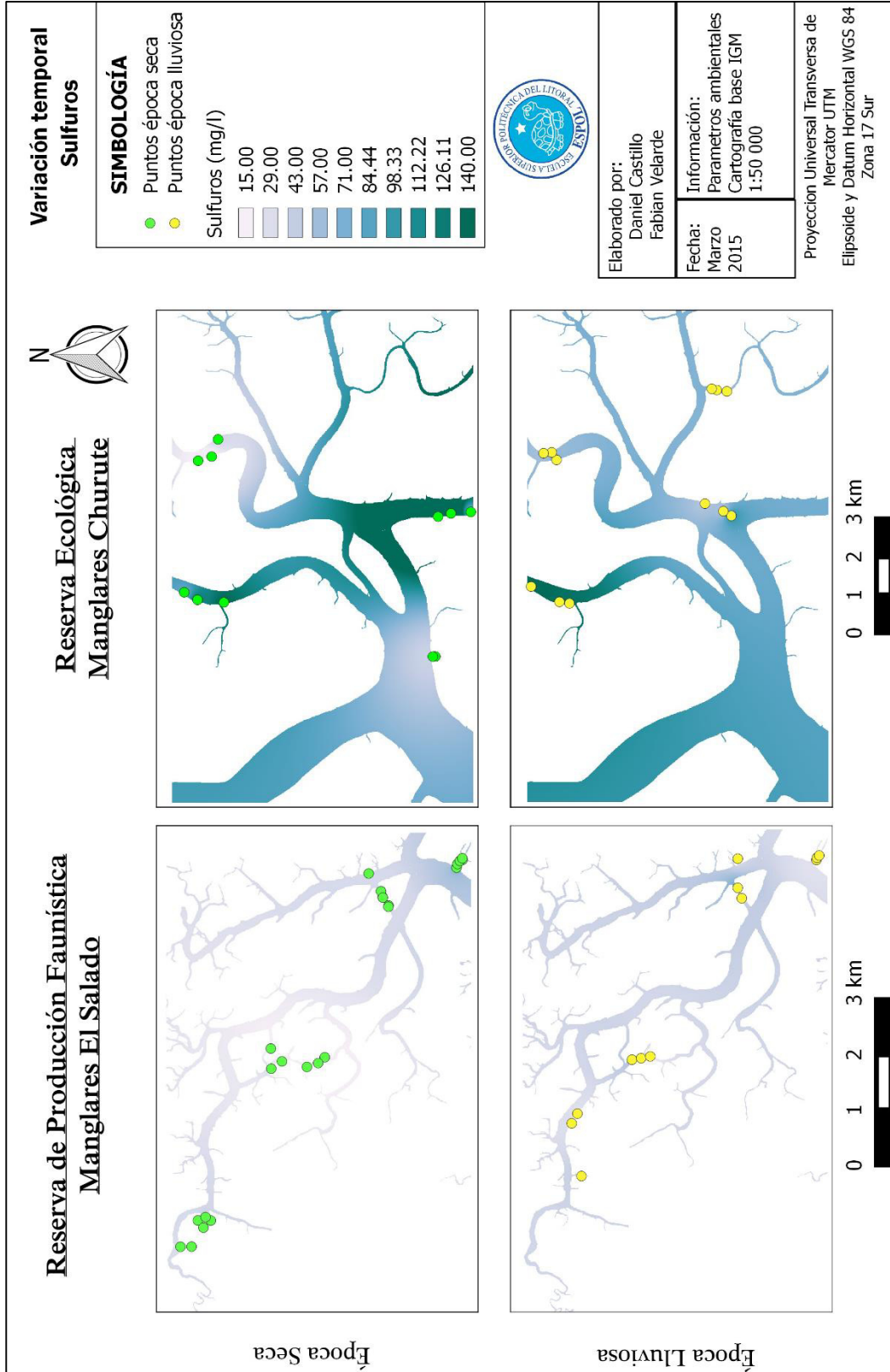


Figura 37 Variación estacional de Sulfuros (mg/l)

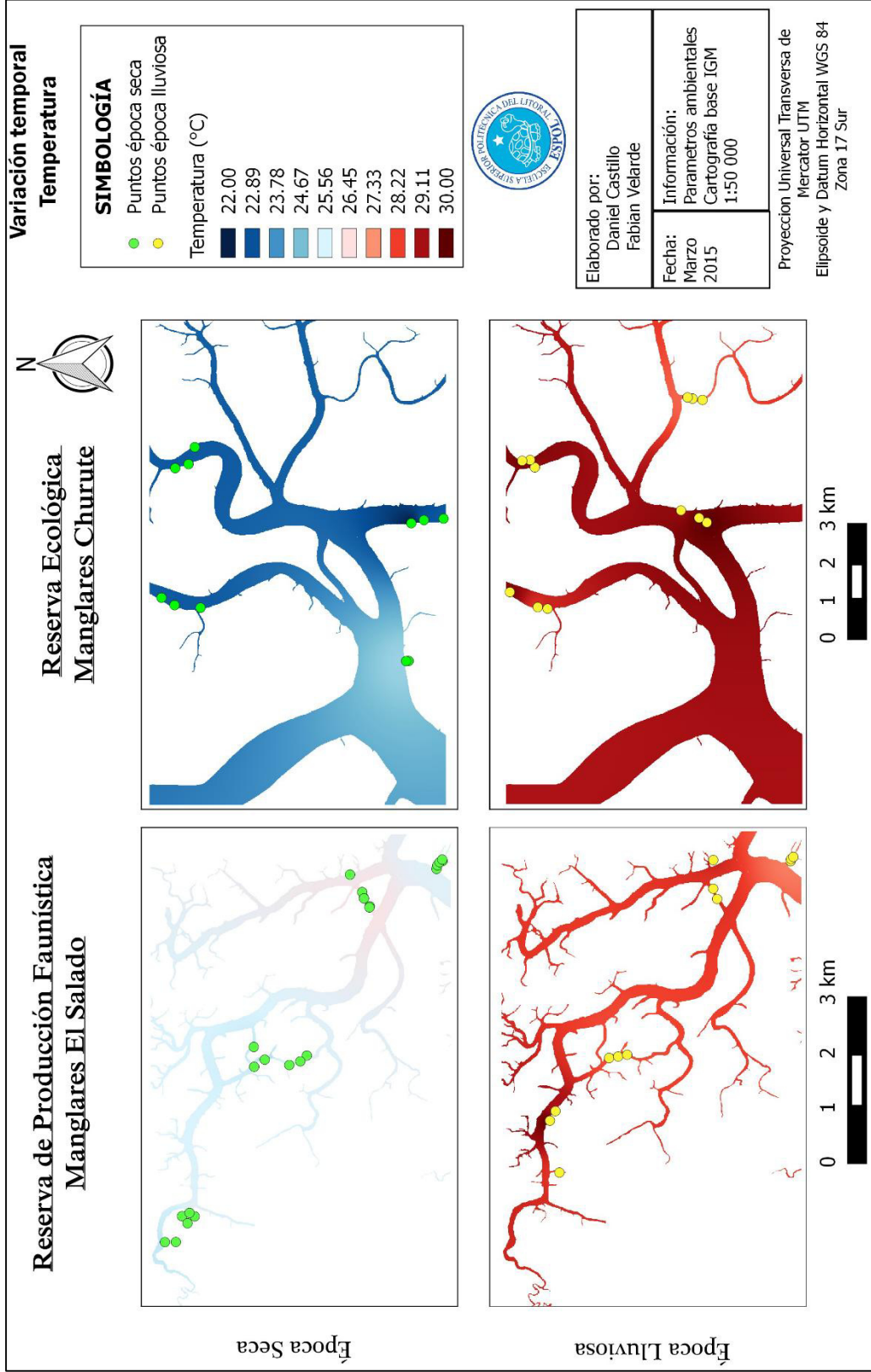


Figura 38 Variación estacional de Temperatura (°C)

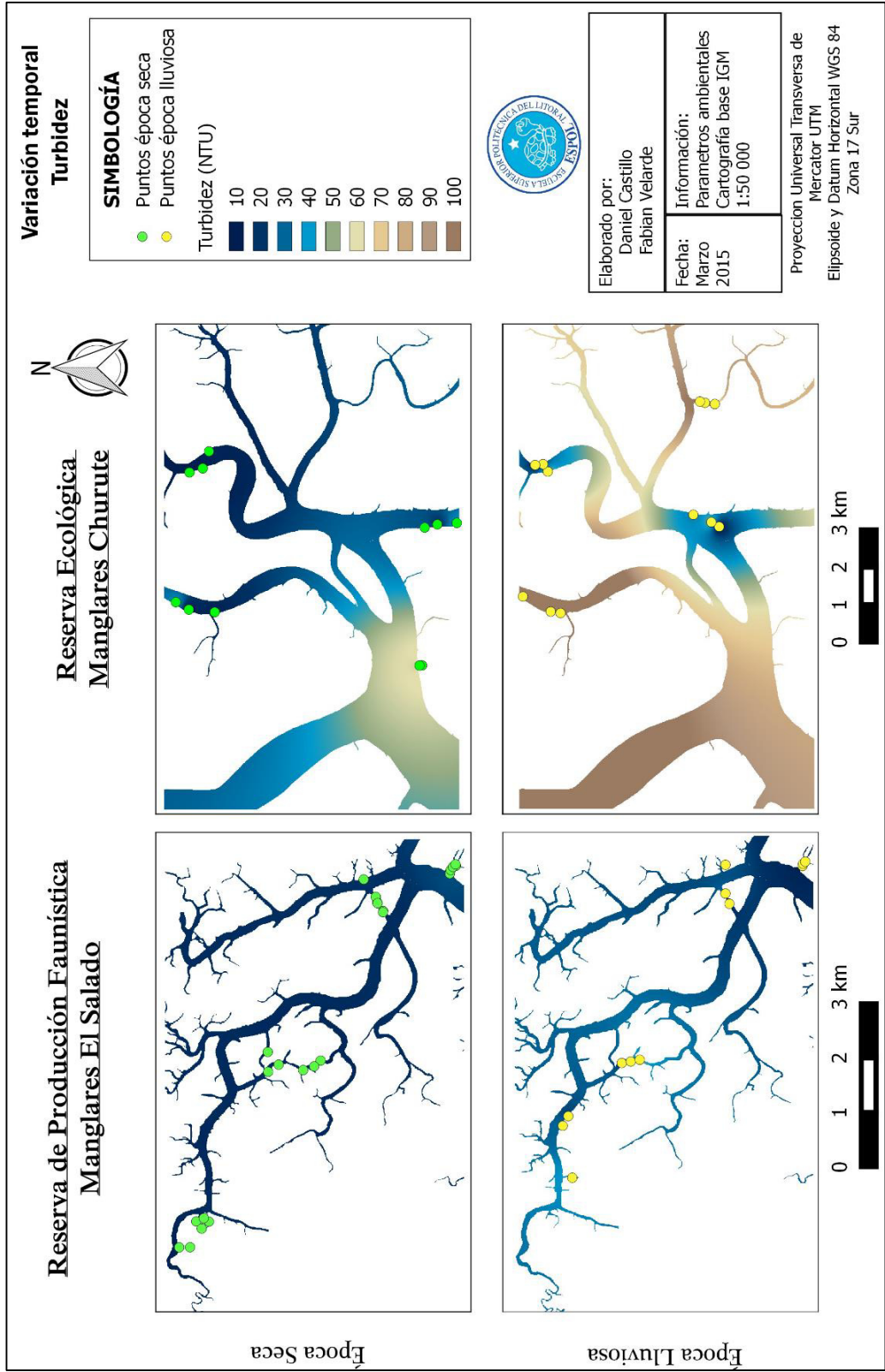


Figura 39 Variación estacional de Turbidez (NTU)

La ventaja de utilizar software SIG es la posibilidad de generar información adecuada a la distribución espacial, la diferencia entre análisis estadísticos tradicionales y análisis geo estadísticos radica en la consideración de las variables topográficas (44) (45).

Las imágenes presentadas en los mapas son resultado del análisis geo estadístico realizado por el programa QGIS, como este trabajo no está destinado a la evaluación de los métodos de análisis de datos no se ha detallado el flujo de los datos, lo que ahondaría en un estudio a nivel de programación o manejo estadístico de los datos; pero estos resultados pueden ser utilizados y referidos de manera similar a estudios tradicionales como se detalla en los trabajos de investigación donde se originaron los datos de muestreo (46) (47) (48).

Se puede observar en las gráficas de variación temporal de Oxígeno disuelto y porcentaje de Saturación de Oxígeno que durante época seca en las aguas dentro de la REMCH los niveles son superiores al límite legal establecido en el Libro IV del TULSMA que establece que las aguas de estuarios deben mantenerse sobre 5mg/l de OD y 60% de Saturación de O². Mientras en la RPFMS los niveles existentes son mucho menores a la normativa pero se agravan durante época lluviosa cayendo los niveles de OD hasta 0.1 mg/l y niveles de Saturación de O² hasta 1%.

La variación temporal de ciertos parámetros físico químicos permite observar que la REMCH se mantiene en mejores condiciones ambientales respecto a la RPFMS. Tenemos así que los valores de Amonio se mantienen bajos en Churute, pero se muestran mayores en las estaciones de Puerto Hondo hasta Madre Costal.

No se muestran valores de Sulfuro de Hidrógeno (H₂S) en Churute, sin embargo la situación es otra en la zona del Salado, donde se presentan valores altos en época seca y valores que se encuentran muy por encima de las normas del TULSMA en época lluviosa (0.10 mg/l), esto puede suceder debido a la cantidad de cubiertas no permeables que permiten la esorrentía de contaminantes hacia el estuario.

Respecto a la variación de Fosfatos, durante época seca se muestran en menor cantidad pero exceden en Puerto Hondo (RPFMS) y Estero del Río Taura (REMCH). Pero en época lluviosa se muestran valores altos desde Puerto Hondo hacia la estación Madre Costal.

Otros parámetros físicos se mantienen dentro de la normativa por ejemplo se observa en la gráfica de variación de Salinidad que en el Salado la diferencia es mínima, pero grandes cambios en la salinidad se evidencian en Churute producto del crecimiento de los ríos por las lluvias. Este mismo patrón se obtiene con los datos de conductividad.

En las gráficas de pH se puede notar que durante época seca los valores son mucho más bajos en el Salado que en Churute, siguiendo el mismo patrón en época lluviosa y en los mapas se pueden ver valores máximos de 7.10 en Churute.

Los valores de temperatura está dentro del rango permisible para aguas estuarinas (32°C) en las dos zonas de muestreo.

Los valores de ciertos factores se muestran notablemente más altos en Churute que en Salado; tenemos entre estos la Turbidez, cuyos valores en época lluviosa llegan a ser de 100 (NTU), mientras que en El Salado en época lluviosa solo se alcanzan valores de 20 a 40 (NTU); Sólidos suspendidos, Sólidos sedimentables; probablemente acarreados por los ríos hasta la parte más externa de este estuario.

En época seca y época lluviosa se presentan valores mayores de Sólidos Totales en El Salado, en churute se puede ver una menor cantidad.

La menor cantidad de Sulfatos es presentada en época lluviosa en Churute, en El Salado los valores son relativamente parecidos para las diferentes épocas.

En lo que respecta a sulfuros, en las gráficas se puede notar que El Salado presenta muy poca variación temporal, teniendo valores de entre 15 a 57 (mg/l), valores menores a los que presenta Churute para ambas épocas.

CONCLUSIONES

1. El uso de SIG simplifica la generación de mapas que se pueden derivar de este proyecto.
2. La generación de archivos espaciales actualizados a partir de datos de muestreos preexistentes en agua, suelos y sedimentos de ambas reservas (Manglares Churute y Manglares El Salado) representa un importante aporte a la expansión de la base de datos espaciales del Golfo de Guayaquil, se permite observar de manera directa y simple el estado en el que se encuentran las reservas si hablamos de contaminantes.
3. Los resultados obtenidos forman una matriz base para la determinación de presencia y distribución de contaminantes de acuerdo a las capas que se quieran utilizar, como a nivel de cuencas y subcuencas en las reservas.
4. El alto valor de cubiertas no permeables dentro de la Cuenca de Chongón, que influye en la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado, determina que en esta zona hay un mayor grado de desarrollo urbanístico, comparado con Manglares Churute, que puede estar afectando directamente la salud de la reserva.

5. Se encuentran diferencias en la práctica de uso de suelos en las cuencas que drenan a la Reserva Churute con paso del tiempo, no ocurre lo mismo con la cuenca del río Chongón.
6. Se considera a la zona de influencia de la RPFMS como una cuenca suburbana según los criterios de clasificación de cuencas de Holland, por el porcentaje de 14,59% de cobertura no permeable y densidad poblacional de 26 ind/ha. En la zona de influencia de la REMCH tenemos una densidad poblacional de 0,23 ind/ha. y los suelos no permeables representan 1%, por lo tanto la cuenca aportante es considerada como una zona referencial o boscosa.
7. En los mapas se observan las principales prácticas de usos de suelos, en la cuenca de Chongón además de la cobertura no permeable, se puede esperar un mayor grado de contaminantes debido a la presencia de canteras, en cambio en la Reserva Manglares Churute se nota una mayor actividad agropecuaria y acuícola.
8. Gracias a las imágenes y a los análisis de interpolación de datos se puede tener de manera visual una mejor comparación de la calidad ambiental entre La Reserva Ecológica Manglares Churute y la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado.

RECOMENDACIONES

9. Se recomienda tener un mayor número de muestreos para complementar el mapeo y la información generada y, poder ver un gradiente de contaminación de forma más clara y segura.
10. Debido al alto crecimiento de las zonas urbanas en áreas cercanas a las reservas se debería tomar medidas para evitar el continuo movimiento de desechos y contaminantes hacia los esteros afectando así la calidad ambiental del lugar, al mismo tiempo se debe tomar medidas para evitar el incremento asentamientos urbanos.
11. Generar datos espaciales sobre las concentraciones de metales pesados en los estuarios, ya sea esto en fauna, flora, sedimentos o agua, para una futura comparación y complementación con los datos generados en este proyecto.
12. Existieron problemas para delimitar las capas con una mejor precisión en las cuencas influyentes en la REMCH por la poca resolución de las fotos satelitales. Se sugiere que instituciones gubernamentales actualice información aérea de zonas aledañas a las reservas.
13. Es necesario considerar que las cuencas que drenan la REMCH tienen una gran influencia de suelos agropecuarios, por ello recomendamos realizar análisis para compuestos utilizados en la

industria agropecuaria como antibióticos, pesticidas organofosforados, pesticidas organoclorados, fertilizantes.

14. La clasificación realizada en los mapas es Nivel 1 del sistema de clasificación de cobertura de suelos según Anderson (1976), por las dificultades de determinar el uso actual. Consideramos que para una clasificación más detallada se debe usar información de sensores remotos pudiéndose establecer la localización de zonas industriales, comerciales, residencias, dentro de la parte urbana o el tipo de cultivos, su temporalidad, entre otras características del terreno que lleguen a ser relevante para estudios ambientales.
15. La información base de cobertura disponible desde las fuentes gubernamentales fue publicada en 2011 con información del año 2002. La diferencia en las capas de cobertura es muy notable, en especial la zona urbana ha sufrido una gran expansión desde la creación de las mismas, existen también áreas clasificadas como camaroneras que han sido repobladas por manglares naturalmente, por ello recomendamos que esta información sea actualizada periódicamente o generar una base de datos institucional con la información de estudios continuos dentro del Golfo de Guayaquil.

16. La zona urbana ha crecido mucho en Vía a la Costa hacia Chongón, por ello recomendamos que se realicen estudios continuos en los Esteros Puerto Hondo hasta el Estero Mongón, como en el ramal que entra hacia la Urbanización Puerto Azul; esta información ayudaría en la toma de decisiones para un mejor manejo de parte de la dirección de la Reserva o los principales actores en la ejecución de cualquier proyecto en las cercanías como una posible reubicación del Aeropuerto de Guayaquil en Daular.
17. Se sugiere dividir la cuenca para estudios más detallados de la influencia antropogénica, como se realizó por Monserrate, Medina, & Calle, para analizar el sector que atraviesa la ciudad, el sector influenciado por las urbanizaciones en Vía a la Costa y el sector influenciado por el río Chongón que abarca la zona agropecuaria (no realizado en ese estudio porque los límites de la reserva no contemplaban ese sector).

BIBLIOGRAFÍA

1. *Calidad ambiental del bloom algal en área urbana del Estero Salado en Junio del 2005*. Torres, G. y Palacios, C. Guayaquil : s.n., 2006, Acta Oceanográfica del Pacífico.
2. *Polluiton Studies on Mangrove in Hong Kong and Mainland China*. Tam, F. Y. N. 2006, The Environment in asia Pacific Harbours, págs. 147-163.
3. Mejía, X., y otros. *Informe técnico de Mapa de Vegatación y Uso de Suelos de la Provincia del Guayas*. Guayaquil : The Nature Conservacy - Gobierno Provincial del Guayas, 2011.
4. *Diagnostico de Contaminacion Ambiental en la ciudad de Guayaquil*. Cabezas, F. Guayaquil : ESPOL, 2001.
5. USAID. *Estudio Comparativo PNM - RPFM El Salado*. CIIFEN; USAID Costas y Bosques Sostenibles. Guayaquil : CIIFEN, 2012.
6. Yáñez, Bruno. *Propuesta de Manejo de la Reserva Ecológica Manglares Churute*. Churute : INEFAN / Fundación Natura, 1996.

7. Dirección de medio ambiente, Prefectura del Guayas. *Estrategia Provincial del Cambio Climático*. Prefectura del Guayas; Ministerio de Ambiente del Ecuador. Guayaquil : s.n., 2013.
8. *Influence of Coastal Land Use on Soil Heavy Metals contamination in Pattani Bay, Thailand*. Sowana, A., y otros. 2011, Journal of Coastal Research.
9. *Application of Remote Sensing and GIS*. Ramachandran, S. 2005, Institute of Ocean Management.
10. Hernández-Silva, G., Solorio-Munguía, J. G., Maples-Vermeersch, M., Vassallo-Morales, L., Hernández-Santiago, D., Solís-Valdez, S., Alcalá-Martínez, J. R. Monitoreo de contaminantes en las cuencas de los ríos Guanajuato, San Juan de Otates y Turbio, y su impacto en el río Lerma. Estado de Guanajuato - México : Boletín instituto de Geología - UNAM, 2005.
11. Benito, Marta. Infoecología. *Los Sistemas de Información Geográfica al servicio del Medio Ambiente*. [En línea] 26 de Agosto de 2014. http://www.infoecologia.com/empresa/aplicacion_sig.htm.
12. Rodríguez, Ma. José. Web de estudios sobre Sociología ambiental. *Los sistemas de Información Geográfica*. [En línea] 11 de Abril de 2006. <http://www.ua.es/personal/antonio.aledo/docs/libro/cap10.pdf>.
13. Sánchez-Cruz, Yoany y Amóros, Magaly. Gestión del agua urbana mediante Análisis Espacial en los SIG. *Ingeniería hidráulica y ambiental*. Sep de 2012, págs. 58-71.

14. Duarte, V. *Origen y distribución espacial de metales pesados en los suelos de Zimapán, Hidalgo, Montecillo, Texcoco, México*. México : Instituto de enseñanzas e Investigaciones en ciencias agrícolas, 2013.
15. Ludeña, M. *Diseño y puesta en marcha de un sistema de información geográfica de la comunidad de Madrid para el estudio de la distribución de metales pesados*. Guayaquil : ESPOL-FICT, 2005.
16. Menendez Carrera, Leda y Manuel Guzman, Jose. *Ecosistemas de manglar en el Archipiélago Cubano*. UNESCO; MAB; IES. s.l. : Academia Cuba.
17. Nixon, S.W. Remineralization and nutrient cycling in coastal marine ecosystems. [aut. libro] B.J Neilson y L. E. Cronin. *Estuaries and Nutries*. New Jersey : Humana Press, 1981, págs. 111-138.
18. Sánchez, H., y otros. *Hacia la recuperación de los manglares del Caribe de Colombia*. Bogotá : Ministerio del Medio Ambiente - OIMT, 2000.
19. Agraz-Hernandez, C., y otros. *Guía de Campo Identificación de los manglares en México*. s.l. : Universidad Autónoma de Campeche: Instituto de Ecología, 2006.
20. *Diatomeas y Sílicoflagelados del Golfo de Guayaquil*. Jimenez, Roberto. [ed.] INOCAR. Guayaquil : s.n., 1983, Acta Oceanográfica del Pacífico.
21. Wikipedia: La enciclopedia libre. *Golfo de Guayaquil*. [En línea] 3 de Marzo de 2015. http://es.wikipedia.org/wiki/Golfo_de_Guayaquil.
22. Ministerio de Ambiente. Sistema Nacional de Áreas Protegidas. *Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado*. [En línea] 29 de Enero de 2015.

<http://snap.tecnopro.net/areas-protegidas/reserva-de-produccion-faunistica-manglares-el-salado>.

23. Hurtado, M., y otros. *Áreas Costeras y Marinas Protegidas del Ecuador*. s.l. : Ministeria del Ambiente MAE - Fundación Natura, 2010.

24. Rivera-Rossi, Jade. Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado. [aut. libro] ECOLAP y MAE. *Guía de Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador*. Quito : ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM, 2007.

25. Monserrate, L., Medina, J. y Calle, P. *Estudio de condiciones físicas, químicas y biológicas en la zona intermareal de Dos sectores del Estero Salado con diferentes desarrollo urbano*. Guayaquil : ESPOL, 2011.

26. Consulambiente, Cía Ltda. *Caracterización Socioambiental de la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado*. Guayaquil : s.n., 2007.

27. Estrella, T. *Usos del recurso agua y manglares en el Estero Puerto Hondo, Provincia del Guayas Ecuador*. Tesis de Maestría: IV Maestría en conservación y gestión del medio natural: Integración de sistemas naturales y humanos. s.l. : Universidad Internacional de Andalucía Sede Iberoamericana de la Rábida Huelva-España, 2000.

28. Fundación Natura. *Zonificación de la Reserva de Producción de Fauna Manglares el Salado* . Guayaquil-Ecuador : s.n., 2006.

29. Ministerio de Ambiente. Sistema Nacional de Áreas Protegidas. *Reserva Ecológica Manglares Churute*. [En línea] 29 de Enero de 2015.

<http://snap.tecnopro.net/areas-protegidas/reserva-ecol%C3%B3gica-manglares-churute>.

30. Perez, Mariela y Arana, Sally. *Desarrollo de la reserva ecológica de los Manglares Churute como una alternativa turística interna y externa*. Guayaquil - Ecuador : ESPOL - ICHE, 2003.

31. CEDEGE, Ministerio de Ambiente y Fundación Natura. *Atractivos turísticos naturales de la Reserva Ecológica Manglares Churute . II . Capacidad de carga turística de los sitios de visita de la Reserva Ecológica Manglares Churute .* Guayaquil-Ecuador : s.n., 2000.

32. Molina, Eduardo y Serrano, Ernesto. *Metodología para la valoración económica ambiental (valor existencia) de la Reserva Ecológica "Manglares Churute"*. Guayaquil-Ecuador : ESPOL, 2004.

33. Rivadeneira-Roura, Cristina y Rivera-Rossi, Jade. Reserva Ecologica Manglares Churute. [aut. libro] ECOLAP y MAE. *Guía de Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador*. Quito : ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM, 2007.

34. Massay, S. *Peces estuarinos y dulceacuícolas de la cuenca baja del Río Taura .* Guayaquil : Universidad de Guayaquil, 2009.

35. Capó Martí, Miguel Andrés. *Diagnostico, tratamiento y Gestión del Medio Ambiente*. Madrid : McGraw-Hill / Interamericana de España, 2002.

36. Giller, Paul S., Myers, Alan A. y O'Halloran, John. *Sistemas Ecológicos, Perturbaciones y contaminación*. [aut. libro] Gerard Kiely. *Ingeniería ambiental:*

Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. ESPAÑA : McGraw-Hill/Interamericana de España , 1999.

37. Moreno-Grau, María Dolores. *Toxicología Ambiental: Evaluación de riesgo para la salud humana.* Madrid-España : McGraw-Hill / Interamericana de España, 2003.

38. ESRI. *What is GIS?* s.l. : Environmental Systems Research Institute, 2012.

39. —. *The New Geographers: Stories of real people using GIS to make a difference.* s.l. : Environmental Systems Research Institute, 2012.

40. Wikipedia: La enciclopedia libre. Sistema de Información Geográfica. [En línea] 26 de Noviembre de 2014.

http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Informaci%C3%B3n_Geogr%C3%A1fica.

41. *A land use and land cover classification for use with remote sensor data.* Anderson, James, y otros. 1976, U.S. Geological Survey Professional Paper.

42. *Linkage between tidal creek ecosystems and the landscape and demographics attributes.* Holland, Frederick, y otros. 2004, Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, págs. 151-177.

43. INEC. Ecuador en cifras. *Población por sexo según provincia, cantón y parroquias* . [En línea] [Citado el: 29 de Abril de 2015.] www.inec.gob.ec/tabulados_CPV/2_Densidad_Pobla_Nac_Prov_Cant_Parr.XLSX.

44. *Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales.* García, F. 1, Badajoz - España : Asociación Española de Ecología Terrestre, 2004, Revista Científica y Tecnológica de Ecología y Medio Ambiente , Vol. 13.

45. Canchaya-Moya y Samuel. *Introducción a la Geoestadística.* Perú : s.n., 2005.

46. *Gestión del agua urbana mediante Análisis Espacial en los SIG*. Sánchez, Yoany y Amóros, Magaly. 3, Habana : s.n., 2012, Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Vol. XXXIII, págs. 58-71.
47. *Geoestadística: Una herramienta para la modelación en estuarios*. Giraldo, Ramón, y otros. 90, s.l. : Rev. Acad. Colomb. Cienc., 2000, Vol. 24. 0370-3908.
48. *Interpolación espacial y visualización cartográfica para el análisis de la justicia ambiental: ensayo metodológico sobre la contaminación por partículas atmosféricas en Madrid*. Cañada Torrecilla, R., Vidal Domínguez, M.J. y Moreno Jiménez, A. Sevilla : Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 2010. 978-84-472-1294-1.
49. Mejía, X, y otros. *Informe Técnico de Mapa de Vegetación y Uso de Suelo de la Provincia del Guayas*. Gobierno Provincial del Guayas; The Nature Conservancy. Guayaquil : s.n., 2011.
50. USAID. *Informe Técnico : "Mapeo de actores para la Reserva de Vida Silvestre Manglares El Salado"*. USAID Costas y Bosques Sostenibles. Guayaquil : CIIFEN, 2010.
51. Dangermond, Jake y Artz, Matt. *Understanding Earth: GIS technology drives a New relationship between humans and the environment*. s.l. : Environmental System Research Institute, 2012.
52. Johnson, Eric. *GIS Maps: Basic Terminology*. s.l. : University of Illinois Library, 2012.

53. *Exploration in the Age of Digital Earth*. Wright, Dawn. s.l. : ESRI, 2008. Essays on Geography and GIS. págs. 9-16.
54. Merryweather, Jay. *Exploring Earth on GIS*. s.l. : ESRI, 2008.
55. The GIS Encyclopedia. Geographic information system. [En línea] 25 de Junio de 2014. <http://wiki.gis.com/wiki/index.php/GIS>.
56. Pindo, Juan. *Cartografía Geológica de un Sector de la Península de Santa Elena mediante Sistema de Información Geográfica*. Guayaquil, Ecuador : ESPOL - FICT, 2007.
57. Ochoa, Luis. *Aplicación de SIG para la Planificación de Infraestructura y Logística de Turismo en la Provincia del Carchi, Ecuador*. Quito : Universidad San Francisco de Quito - Colegio de Posgrados, 2013.
58. *Nature, the Human Network, and the Role of GIS*. Moll, Gary, Gallis, Michael y Millar, Heather. s.l. : ESRI, 2008. Essay on Geography and GIS. págs. 69-78.
59. Ministerio de Turismo. Ministerio de turismo. *Noticias: Turismo en el Golfo de Guayaquil potenciará al menos tres provincias del litoral*. [En línea] febrero de 2015. <https://www.turismo.gob.ec/el-turismo-en-el-golfo-de-guayaquil-potenciara-al-menos-tres-provincias-del-litoral/>.
60. Instituto Superior del Medio Ambiente. Actualidad ISM. *Sistemas de Información Geográfica: introducción y componentes*. [En línea] 20 de Febrero de 2015. <http://www.ismedioambiente.com/agenda/sistemas-de-informacion-geografica-introduccion-y-componentes-basicos>.