



## **FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS**

Departamento de Ciencias Químicas y Ambientales

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LA RESERVA

MANGLARES CHURUTE

POR MEDIO DE

ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA, SEDIMENTOS E ÍNDICES BIOTICOS”

Proyecto de Graduación previo a la obtención del Título de:

**MAGÍSTER EN CIENCIAS AMBIENTALES**

Presentado por

María José Mancheno Reyna

Director de Tesis:

Ph.D. Luis Dominguez Granda

Guayaquil-Ecuador

2016

## **AGRADECIMIENTO:**

-Sobre todo gracias a Dios y la Santa Madre del cielo, Virgen María por darme fuerzas para culminar mis estudios.

-A Milton, mi Esposo, por estar siempre a lado mío apoyándome en cada momento con sus palabras, consentimiento y creyendo siempre en mí.

-A mis padres por siempre haber inculcado en mí el deseo de superación profesional.

-Al Centro de Agua y Desarrollo Sustentable CADS de la ESPOL y su personal de profesionales por prestarme sus equipos e instalaciones para el desarrollo de mi tema de tesis.

-Por último agradezco al Dr. Luis Domínguez por darme esta oportunidad única de desarrollar un tema complejo e interesante en mi tesis de maestría.

**DEDICATORIA:**

A Milton Jinner, mi esposo,

y Ariadna I., mi sobrina.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



M.Sc. Carlos Martín Barreiro

**PRESIDENTE**



Luis Domínguez Granda, Ph.D

**DIRECTOR DE PROYECTO**



David Matamoros Camposano, Ph.D

**VOCAL PRINCIPAL**

**DECLARACIÓN EXPRESA:**

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL ”

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL)

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'María José Mancheno Reyna', is written over a horizontal line.

**María José Mancheno Reyna, Arq**

## **RESUMEN**

La Reserva Ecológica Manglares Churute es una zona estuarina localizada en el Golfo de Guayaquil entre los cantones de Naranjal y Guayaquil. La Reserva es conocida por sus recursos pesqueros tales como camarones, conchas y cangrejos. El propósito del presente estudio es determinar el Estado Ecológico de la Reserva Ecológica Manglares Churute mediante la aplicación de índices bióticos (AMBI, BQI), métodos estadísticos multivariados (Principal Components Analysis PCA, ANOSIM); e índices de calidad de agua (National Sanitation Foundation – Quality Index (NSF-WQI) y por la Calidad del DQO del Conagua del Gobierno de México). Estos enfoques combinados y diferentes que integran diferentes aspectos de la calidad del agua y la funcionalidad de los ecosistemas podrían aumentar la fiabilidad de la evaluación ecológica de estas aguas transitorias llamadas manglares.

## INDICE GENERAL

### Contenido

RESUMEN .....	V
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
ÍNDICE FOTOS.....	X
ÍNDICE TABLAS .....	X
INTRODUCCIÓN:.....	XIII
JUSTIFICACIÓN: .....	XX
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA: .....	XXI
OBJETIVOS:.....	XXIII
CAPITULO I .....	1
1.- GENERALIDADES.- .....	1
1.1. MANGLARES:.....	1
1.1.1. USOS DEL MANGLAR EN LA INDUSTRIALIZACIÓN Y COMERCIO.-.....	1
1.1.2. LEGISLACIÓN ECUATORIANA CON RESPECTO A LOS MANGLARES:.....	2
1.1.3. ECOSISTEMAS DE MANGLAR: CONCEPTOS Y CARACTERÍSTICAS. ....	3
1.1.4. IMPORTANCIA DE LOS MANGLARES: .....	4
1.1.5. VALOR BIOLÓGICO DE LOS MANGLARES: .....	5
1.1.6. VALOR AMBIENTAL DE LOS MANGLARES: .....	5
1.2. BENTOS.....	6
1.2.1. Bentos: Concepto y Clasificación.- .....	6
1.2.2. Breve Reseña de Bentos en Zonas Tropicales.-.....	7
1.2.3. Bentos como bioindicador: .....	8
1.2.4. Estudios de Bentos en el País.-.....	10
CAPÍTULO II.- .....	11
2. METODOLOGÍA DE MUESTREO:.....	11
2.1. AREA DE ESTUDIO Y MUESTREO.- .....	11
2.1.1. Ubicación Geográfica y Superficie.- .....	11
<b>2.1.2. COMPONENTES FÍSICOS.-</b> .....	<b>15</b>
2.1.3. Aspectos Socioeconómicos y de Desarrollo:.....	16

2.1.3.1. Recursos Pesqueros del Manglar.- .....	16
2.1.3.2. Cangrejo Rojo ( <i>Ucides occidentalis</i> ) en la Reserva Manglares Churute.-.....	16
<b>2.1.4. HIDROGRAFÍA:</b> .....	18
2.1.5. USOS DE SUELO: .....	21
2.1.6. MUESTREO.- .....	23
2.1.7. TRABAJOS DE CAMPO: .....	26
<b>2.2. TOMA DE MUESTRAS:</b> .....	26
2.2.1. BENTOS.- .....	26
2.2.2. PARAMETROS FÍSICOS:.....	28
2.2.3. CALIDAD DE AGUA: .....	28
<b>2.3. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS:</b> .....	29
2.3.1. Bentos.- .....	29
2.3.2. CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS.- .....	30
2.3.2.1. Análisis de NITRITO, NITRATO, AMONIO, FOSFATOS, SST, SSV.- .....	31
2.3.2.2. Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO <sub>5</sub> .-.....	32
2.3.2.3. CLOROFILA.- .....	33
<b>2.3.2.4. GRANULOMETRIA DE SEDIMENTOS.-</b> .....	33
<b>2.3.2.5. MATERIA ORGÁNICA.-</b> .....	33
<b>2.4. ANÁLISIS DE DATOS:</b> .....	34
<b>2.4.1. MÉTODOS UNIVARIADOS.-</b> .....	34
<b>2.4.1.1. Índices de Diversidad.-</b> .....	35
<b>2.4.1.2. Índices Europeos de la WDF (Water Directive Framework): AMBI, BQI.-</b> .....	35
2.4.2. Índice Calidad de Agua (NSF-WQI).-.....	39
<b>2.4.3. Calidad del DQO por CONAGUA (México).-</b> .....	41
<b>2.4.4. MÉTODOS MULTIVARIADOS:</b> .....	42
<b>2.4.4.1. Clasificación de sitios en diferentes grados de perturbación por (PCA) Análisis de Componentes Principales de la WFD.-</b> .....	42
<b>2.4.4.2. Análisis de Similitud por una y dos vías con ANOSIM de la WFD.-</b> .....	43
2.4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: .....	44
CAPITULO III .....	45
<b>3. RESULTADOS</b> .....	45
3.1. Parámetros Físicos-Químicos .....	45

3.1.1. Parámetros Físicos-Químicos medidos durante la Época Lluviosa y Época Seca. ....	45
3.1.2. Correlaciones entre las Variables Ambientales durante la Época Lluviosa y Época Seca.- .....	47
3.2. Descripción general de las comunidades bentónicas.- .....	50
3.3. Correlaciones entre la Fauna Acuática y Las Variables Ambientales. ....	54
3.3.1. Correlaciones entre Fauna Acuática, Individuos y Variables Ambientales de Época Lluviosa y Época Seca.- .....	54
3.4. Desempeño de Índices Bióticos y de Calidad de Agua: .....	56
3.4.1. Índices de Diversidad.- .....	56
<b>3.4.2. Índice AMBI.-</b> .....	57
<b>3.4.2.1. Época Lluviosa.-</b> .....	57
<b>3.4.2.2. Época Seca.-</b> .....	60
<b>3.4.3. Índice BQI.-</b> .....	63
<b>3.4.3.1. Determinación del <math>ES_{0.05}</math> .-</b> .....	63
<b>3.4.3.2. Resultados BQI en Época Lluviosa.-</b> .....	63
<b>3.4.3.3. Resultados BQI Época Seca.-</b> .....	65
<b>3.4.4. Resultados Índice WQI-NSF.-</b> .....	68
<b>3.4.5. Resultados Índice DQO (Conagua).-</b> .....	70
3.5. Correlaciones entre los índices bióticos y de calidad de agua, y Las Variables Ambientales.- .....	72
3.6. Correlaciones entre Fauna Acuática e Índices Bióticos.- .....	74
3.7. Análisis de los Componentes Principales (PCA) y ANOSIM: .....	76
3.7.1. Clasificación PCA con Variables Ambientales de Época Lluviosa y Época y Seca.- .....	76
3.7.2. ANOSIM, Análisis de Similaridad de Una Vía (ZONA/EPOCA).- .....	80
3.7.3. ANOSIM, Análisis de Similaridad de Dos Vías (ZONA y EPOCA).-.....	80
3.8. Parámetros Físicos Químicos e Índices con Media y Desviación Estándar por ZONAS de la Reserva Manglares Churute durante época lluviosa y seca.- .....	81
<b>DISCUSIÓN:</b> .....	91
<b>CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:</b> .....	103
<b>RECOMENDACIONES:</b> .....	106
ANEXOS .....	107
Bibliografía: .....	125

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.- UBICACIÓN DE CERROS E ISLAS EN LA RESERVA MANGLARES CHURUTE. (FUENTE: BUSTAMANTE M., 2004).....	11
FIGURA 2.- UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE RESERVA MANGLARES CHURUTE. (FUENTE: GEOPORTAL DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR DEL ECUADOR, PUBLICADO EL 2011) .....	14
FIGURA 3.- SECTORES DE CAPTURA DEL CANGREJO ROJO. (FUENTE: GEOPORTAL DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR DEL ECUADOR, PUBLICADO EL 2011).....	17
FIGURA 4.- INFLUENCIA DE RÍOS EN MANGLARES CHURUTE. (FUENTE: GEOPORTAL DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR DEL ECUADOR PUBLICADO EL 2011).....	20
FIGURA 5.- USOS DE SUELO RESERVA ECOLÓGICA CHURUTE. (FUENTE: GEOPORTAL DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR DEL ECUADOR, PUBLICADO EL 2011).....	22
FIGURA 6.- UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO DEL PRESENTE ESTUDIO. (FUENTE: GEOPORTAL DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR DEL ECUADOR PUBLICADO EL 2011) .....	24
FIGURA 7.- PORCENTAJES COMUNIDAD BENTÓNICA EN ÉPOCA LLUVIOSA Y SECA. ....	51
FIGURA 8.- ABUNDANCIA RELATIVA DE MACROINVERTEBRADOS A NIVEL DE CLASE EN ÉPOCA LLUVIOSA ...	51
FIGURA 9.- ABUNDANCIA RELATIVA DE MACROINVERTEBRADOS A NIVEL DE CLASE EN ÉPOCA SECA.....	52
FIGURA 10.- ABUNDANCIA RELATIVA DE MACROINVERTEBRADOS A NIVEL DE ESPECIES EN ÉPOCA LLUVIOSA. ....	52
FIGURA 11.- ABUNDANCIA RELATIVA DE MACROINVERTEBRADOS A NIVEL DE ESPECIES EN ÉPOCA SECA. ...	53
FIGURA 12.- RESULTADO PUNTAJE AMBI PARA LAS ESTACIONES EVALUADAS DURANTE LA ÉPOCA LLUVIOSA. ....	58
FIGURA 13.- HISTOGRAMA DE LAS ESCALAS DE BORJA ENTREGADO POR EL PROGRAMA AMBI PARA LA ÉPOCA LLUVIOSA. ....	58
FIGURA 14.- GRÁFICO RESUMEN DE LOS RESULTADO DEL ÍNDICE AMBI Y LOS DIFERENTES GRADOS DE PERTURBACIÓN EN CADA ESTACIÓN DURANTE LA ÉPOCA LLUVIOSA.....	59
FIGURA 15.- HISTOGRAMA DE LAS ESCALAS DE BORJA EN PROGRAMA AMBI PARA ÉPOCA SECA. ....	61
FIGURA 16.- GRÁFICO RESUMEN DE LOS RESULTADO DEL ÍNDICE AMBI Y LOS DIFERENTES GRADOS DE PERTURBACIÓN EN CADA ESTACIÓN DURANTE LA ÉPOCA SECA. ....	62
FIGURA 17.- RESULTADO ÍNDICE BQI EN DIFERENTES GRADOS DE PERTURBACIÓN DURANTE LA ÉPOCA LLUVIOSA. ....	64
FIGURA 18.- RESULTADO ÍNDICE BQI EN DIFERENTES GRADOS DE PERTURBACIÓN DE ÉPOCA SECA.....	67
FIGURA 19.- RESULTADO WQI-NSF PARA CADA UNA DE LAS ESTACIONES EN DIFERENTES GRADOS DE PERTURBACIÓN DURANTE LA ÉPOCA LLUVIOSA. ....	69
FIGURA 20.- RESULTADO WQI-NSF PARA CADA UNA DE LAS ESTACIONES EN DIFERENTES GRADOS DE PERTURBACIÓN DURANTE LA ÉPOCA SECA. ....	69
FIGURA 21.- RESULTADO DQO SEGÚN CONAGUA (MEXICO) EN DIFERENTES GRADOS DE PERTURBACIÓN DE ÉPOCA LLUVIOSA. ....	71
FIGURA 22.- RESULTADO DQO SEGÚN CONAGUA (MEXICO) EN DIFERENTES GRADOS DE PERTURBACIÓN DE ÉPOCA SECA. ....	71
FIGURA 23.- PCA (ANÁLISIS DE COMPONENTE PRINCIPALES) CON VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS DIVIDIDAS POR SECTORES EN ÉPOCA SECA Y LLUVIOSA. ....	78

FIGURA 24.- ZONAS IDENTIFICADAS EN LA RESERVA MANGLARES CHURUTE (FUENTE: GEOPORTAL DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR DEL ECUADOR PUBLICADO EL 2011) .....	79
FIGURA 25.- CONTENIDO DE TEMPERATURA DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO POR ZONAS.....	82
FIGURA 26.- CONTENIDO DE PH DURANTE EL PERÍODO DE ESTUDIO POR ZONAS.....	82
FIGURA 27.- NIVELES DE CONDUCTIVIDAD DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO POR ZONAS. ....	83
FIGURA 28.- CONTENIDO DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS, TDS DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO POR ZONAS.....	83
FIGURA 29.- CONTENIDO DE SALINIDAD DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO POR ZONAS.....	84
FIGURA 30.- CONTENIDO DE PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO, %DO DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO POR ZONAS. ....	84
FIGURA 31.- CONTENIDO DE TURBIEDAD DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO POR ZONAS. ....	85
FIGURA 32.- CONTENIDO DE NITRATO DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO POR ZONAS.....	85
FIGURA 33.- CONTENIDO DE DBO <sub>5</sub> DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO POR ZONAS.....	86
FIGURA 34.- CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (%MO <sup>4</sup> ) DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO POR ZONAS. ....	86
FIGURA 35.- CONTENIDO DE FOSFATOS DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO POR ZONAS. ....	87
FIGURA 36.- CONTENIDO DE NITRITOS DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO POR ZONAS. ....	87
FIGURA 37.- CONTENIDO DE DQO DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO POR ZONAS. ....	88
FIGURA 38.- PROFUNDIDADES MEDIDAS DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO POR ZONAS.....	88
FIGURA 39.- ÍNDICE BQI DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO POR ZONAS. ....	89
FIGURA 40.- ÍNDICE WQI-NSF DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO POR ZONAS. ....	89
FIGURA 41.- ÍNDICE AMBI DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO POR ZONAS. ....	90

## ÍNDICE FOTOS

FOTO 1.- MUESTREO CON DRAGA PETITE PONAR EN RESERVA MANGLARES CHURUTE. ....	27
FOTO 2.- TAMIZ N°35, LABORATORIO CIENCIAS AMBIENTALES, ESPOL .....	29
FOTO 3.- EQUIPO FOTÓMETRO, MARCA HACH DR 3900, ESPOL .....	31

## ÍNDICE TABLAS

TABLA 1.- EVOLUCIÓN DE LAS ÁREAS DE MANGLAR Y CAMARONERAS EN HECTÁREAS. (FUENTE: CLIRSEN, 2006).....	XIX
TABLA 2.- BIENES Y SERVICIOS TRADICIONALES DE LOS BOSQUES DE MANGLARES (FUENTE: FAO 2004, SIIMÄKI ET AL. 2012).....	1
TABLA 3.- DEFINICIÓN DE BENTOS POR SU ESTILO DE VIDA CON EJEMPLOS. (FUENTE: DAY ET AL., 2013) .....	6
TABLA 4.- IMPORTANCIA RELATIVA (BIOMASA, GC/M <sup>2</sup> ; PRODUCCIÓN SECUNDARIA, GC/M <sup>2</sup> /AÑO) DE LA COLUMNA DE AGUA (ZOOPLANKTON) Y BENTOS EN AMBIENTES ESTUARINOS. (FUENTE: WILSON ET AL., 2008) .....	8
TABLA 5.- PUNTOS DE MUESTREO CON SUS RESPECTIVOS SECTORES EN LOS CUERPOS DE AGUA DENTRO DE LA RESERVA MANGLARES CHURUTE. ....	25
TABLA 6.- METODOLOGÍAS DE LABORATORIO CON KIDS HACH. ....	31
TABLA 7.- VALORES DE AMBI Y SUS EQUIVALENTES. (MUXIKA ET AL, 2004) .....	36

TABLA 8.- LÍMITES DE ESTADOS ECOLÓGICOS SEGÚN SUS CATEGORÍAS E ÍNDICES. (FUENTE: AMBI – PUENTE Y DÍAZ, 2008; BQI – ROSENBERG ET AL., 2004; WQI; SRIVASTAVA Y KUMAR, 2013) .....	38
TABLA 9.- FACTOR DE PESO PARA CADA UNO DE LOS PARÁMETROS CONSIDERADOS PARA EL WQI-NSF .....	40
TABLA 10.- INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA EN BASE AL DQO (FUENTE: CONAGUA) .....	41
TABLA 11.- TABLA RESUMEN DE LOS RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS DE CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS MEDIDOS EN LAS VEINTE ESTACIONES DE MUESTREO DURANTE LA EPOCA LLUVIOSA Y SECA (ESPACIOS EN BLANCO CORRESPONDE A PARÁMETROS QUE NO FUERON MEDIDOS).....	46
TABLA 12.- VALORES DE R DE LOS ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN ENTRE LAS VARIABLES AMBIENTALES DE LA ÉPOCA LLUVIOSA. LOS VALORES DE CORRELACIÓN PRESENTADOS SON SIGNIFICATIVOS A $P<0.05$ .....	48
TABLA 13.- VALORES DE R DE LOS ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN ENTRE LAS VARIABLES AMBIENTALES DE LA ÉPOCA SECA. LOS VALORES DE CORRELACIÓN PRESENTADOS SON SIGNIFICATIVOS A $P<0.05$ .....	49
TABLA 14.- RANGO DE ORDEN DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN CALCULADO ENTRE LAS MEDIDAS DE RIQUEZA BIOLÓGICA Y LAS VARIABLES AMBIENTALES REGISTRADAS EN LA ÉPOCA LLUVIOSA. VALORES MOSTRADOS SON SIGNIFICATIVOS A $P<0.05$ . .....	54
TABLA 15.- CORRELACIÓN DE SPEARMAN CALCULADO ENTRE LAS MEDIDAS DE RIQUEZA BIOLÓGICA Y LAS VARIABLES AMBIENTALES REGISTRADAS EN LA ÉPOCA SECA. VALORES MOSTRADOS SON SIGNIFICATIVOS A $P<0.05$ . .....	55
TABLA 16.- MEDIA Y DESVIACIÓN ESTANDAR DE LOS RESULTADOS DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD EN ÉPOCA LLUVIOSA. ....	56
TABLA 17.- MEDIA Y DESVIACIÓN ESTANDAR DE LOS RESULTADOS DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD EN ÉPOCA LLUVIOSA. ....	56
TABLA 18.- RESULTADO PUNTAJE AMBI PARA ÉPOCA SECA. ....	61
TABLA 19.- RESULTADO PUNTAJE BQI PARA ÉPOCA LLUVIOSA. ....	64
TABLA 20.- RESULTADO PUNTAJE BQI PARA ÉPOCA SECA. ....	66
TABLA 21.- CORRELACIÓN DE SPEARMAN CALCULADO ENTRE LOS ÍNDICES BIOTICOS Y DE CALIDAD DE AGUA CON LAS VARIABLES AMBIENTALES DURANTE LA ÉPOCA LLUVIOSA. VALORES MOSTRADOS SON SIGNIFICATIVOS A UN $P<0.05$ . ....	72
TABLA 22.- CORRELACIÓN DE SPEARMAN CALCULADO ENTRE LOS ÍNDICES BIOTICOS Y DE CALIDAD DE AGUA CON LAS VARIABLES AMBIENTALES DURANTE LA ÉPOCA SECA. VALORES MOSTRADOS SON SIGNIFICATIVOS A UN $P<0.05$ . ....	73
TABLA 23.- CORRELACIÓN DE SPEARMAN CALCULADO ENTRE LOS ÍNDICES CON LA ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES DURANTE LA ÉPOCA LLUVIOSA. VALORES MOSTRADOS SON SIGNIFICATIVOS A UN $P<0.05$ ..	74
TABLA 24.- CORRELACIÓN DE SPEARMAN CALCULADO ENTRE LOS ÍNDICES CON LA ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES DURANTE LA ÉPOCA SECA. VALORES MOSTRADOS SON SIGNIFICATIVOS A UN $P<0.05$ . .....	75

## ÍNDICE ANEXOS

ANEXO 1.- MAPA DE SITIOS MUESTREADOS EN ÉPOCA LLUVIOSA Y SECA. ....	108
ANEXO 2.- FOTOS DE LOS SITIOS DE MUESTREO EN LA ÉPOCA SECA, JULIO 2015. ....	109
ANEXO 3.- FOTOS DE LOS SITIOS DE MUESTREO EN LA ÉPOCA SECA, JULIO 2015. ....	110
ANEXO 4.- FOTOS DE LOS SITIOS DE MUESTREO EN LA ÉPOCA SECA, JULIO 2015. ....	111

ANEXO 5.- FOTOS DE LOS SITIOS DE MUESTREO EN LA ÉPOCA SECA, JULIO 2015. ....	112
ANEXO 6.- VALORES DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE LAS VEINTE ESTACIONES DE MUESTREO EN ÉPOCA LLUVIOSA. ....	113
ANEXO 7.- VALORES DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE LAS VEINTE ESTACIONES DE MUESTREO EN ÉPOCA SECA PRIMERA PARTE. ....	114
ANEXO 8.- VALORES DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE LAS VEINTE ESTACIONES DE MUESTREO EN ÉPOCA SECA SEGUNDA PARTE. ....	115
ANEXO 9.- DESCRIPCIÓN DE LA ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS INDIVIDUOS A NIVEL DE ESPECIE, CLASE Y FAMILIA EN CADA ESTACIÓN DE LA MUESTRA EN LA ÉPOCA SECA. ....	116
ANEXO 10.- DESCRIPCIÓN DE LA ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS INDIVIDUOS A NIVEL DE ESPECIE, CLASE Y FAMILIA EN CADA ESTACIÓN DE LA MUESTRA EN LA ÉPOCA LLUVIOSA. ....	117
ANEXO 11.- RESULTADOS DE ÍNDICE CALIDAD DE AGUA WQI-NSF EN ÉPOCA SECA Y LLUVIOSA. ....	118
ANEXO 12.- CÁLCULO ÍNDICES DE DIVERSIDAD PARA ÉPOCA LLUVIOSA Y SECA. ....	119
ANEXO 13.- ANÁLISIS DE PCA (PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS). ....	120
ANEXO 14.- ANÁLISIS DE SIMILARIDAD ANOSIM DE ZONA-EPOCA EN UNA VÍA. ....	121
ANEXO 15.- ANÁLISIS ANOSIM DE DOS VÍAS POR ÉPOCA Y ZONA. ....	122
ANEXO 16.- MEDIA, MÍNIMO, MÁXIMO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS POR ZONAS DE LA RESERVA MANGLARES CHURUTE PRIMERA PARTE. ....	123
ANEXO 17.- MEDIA, MÍNIMO, MÁXIMO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS POR ZONAS DE LA RESERVA MANGLARES CHURUTE SEGUNDA PARTE. ....	124

## **INTRODUCCIÓN:**

**Este estudio presenta la evaluación ecológica de la Reserva Ecológica Manglares Churute, que es un importante ecosistema estuarino del Golfo de Guayaquil, basada en el monitoreo de la calidad de agua y la aplicación de índices bióticos.**

Los estuarios son cuerpos semicerrados de agua que tienen una conexión directa con el mar abierto y dentro del cual el agua de mar se diluye gradualmente con el agua dulce derivada de ríos o drenaje de tierras. (Pritchard, 1967).

En los alrededores del estuario hay diferentes cambios en profundidad, niveles de energía física (corrientes y turbulencias), claridad de agua, salinidad, biota, concentraciones químicas, condiciones oxidantes y anóxicas en los sedimentos. En las áreas intermareales y submareales con corrientes significativas suelen haber gusanos y moluscos. Los estuarios con corrientes leves o lentas son de las zonas tropicales (manglares) y templadas (pantanos), estos estuarios son de aguas muy turbias y sedimentos finos. En zona intermareal pueden existir manglares, cama de algas, marismas o arrecife de ostras. Aquí se desarrollan organismos con adaptaciones especiales según sus circunstancias. En la columna de agua en los estuarios existen

organismos que incluyen: bacterias, phytoplankton, zooplankton y nekton (organismos libres de nadar en las corrientes como los peces). Los animales bentónicos incluidos en la infauna viven en los sedimentos tales como gusanos poliquetos, anfípodos y pequeñas meiofaunas. Existen dos tipos de humedales que son templados y tropicales, su ambiente físico se caracteriza por: corrientes marinas externas muy lentas; humedales intermareales que actúan como trampas para sedimentos; algunas veces hay poco oxígeno en la columna de agua y complejo ciclo químico. Su ambiente biológico se caracteriza por: pantanos (*Spartina sp.*) en las zonas templadas y por manglares (*Rhizophora sp.*) en las zonas tropicales; áreas con aguas dulces de alta diversidad; alta biomasa de productores y consumidores; altas tasas de producción primaria bruta; viveros importantes y alimentación para especies migratorias.

Existen varios tipos de hábitats pero este estudio se enfoca en los hábitats de humedales tropicales (manglares); específicamente en la **Reserva Ecológica de Manglares Churute.**

**Los manglares son humedales que se encuentran en estuarios de zonas tropicales y subtropicales,** son sitios usados para la pesca, investigación y recreación. Numerosos estudios demuestran que las costas estuarinas como las zonas tropicales y templadas son las comunidades de plantas

más productivas a nivel mundial que juegan un papel importante en los servicios del ecosistema beneficiando a la vida humana. (Day et al., 2013)

Desde el punto de vista ecológico los humedales realizan una amplia variedad de funciones en una jerarquía de escalas que van desde lo específico (por ejemplo retención de nitrógeno) a lo más abarcador (por ejemplo ciclo biogeoquímico) como resultado de sus atributos físicos, químicos y biológicos. El más alto nivel de jerarquía consiste en mantener la integridad ecológica, la función que abarca toda la estructura del ecosistema y sus procesos. El enlace entre función y condición miente en asumir que los humedales integran una “súper” función, si es verdad que están en un estado excelente entonces se asume que los humedales están intactos y las funciones correspondientes a un tipo de humedal también ocurren en diferentes niveles de referencia (Fennessy et al., 2004).

***La evaluación de la condición de los humedales*** está basada en un conjunto de indicadores. Es necesario cuantificar el estado ecológico del ecosistema y su desviación de ciertas condiciones de referencia. De acuerdo a los resultados de las evaluaciones se puede tener una guía para establecer medidas de restauración para mejorar la condición de los humedales. Hoy en día hay muchos métodos de evaluación,

especialmente de los Estados Unidos y de la Unión Europea. En el presente estudio; en la Reserva Ecológica Manglares Churute, el tipo de evaluación es conocer la “Salud Global del Ecosistema” donde los indicadores para la evaluación son: 1. Datos de la salud o condición de los sistemas de aguas continentales; 2. Datos de calidad de agua; 3. Información Hidrológica; 4. Parámetros biológicos; y 5. Índices Bióticos (Secretaría de la Convención en la Diversidad Biológica, 2006).

Para calidad de agua muchos índices han sido desarrollados en Estados Unidos, Canadá y Malaysia, pero el índice de calidad de agua más utilizado en la actualidad es del U.S. National Sanitation Foundation (NSF), que provee una metodología estándar para comparar la calidad de varios cuerpos de agua (Said, 2004).

Los índices Bióticos mayormente usados son los índices de diversidad (por ejemplo Shannon índice) siendo indicadores cuestionables en ser viables, las tendencias oportunistas y la resistencia al estrés general de la comunidad bentónica afecta su valor como indicadores de contaminación. (Day et al., 2013)

En base a lo anterior, se crean nuevos índices europeos. El WFD (Water Framework Directive, 2000) trajo índices bióticos para la evaluación ecológica (Eco-Q) de los cuerpos de agua europeos, entre aquellos índices está el índice Biótico **AZTI** (AMBI, Borja et. al.2000) que ha sido

propuesto para costas y ambientes estuarinos; y el índice **BQI** (Benthic Quality Index, Rosenberg et.al. 2004) que ha sido propuesto para aguas costeras. En el presente estudio de la Reserva Manglares Churute se utilizan estos últimos dos índices.

El estado Ecológico de humedales Manglares ayuda a evidenciar los cambios climáticos a nivel mundial. En el siglo XXI se verá la intensificación de varias tendencias globales que van a impactar severamente a los estuarios, dos de las importantes tendencias son el cambio climático y escasez de recursos. Cambios en la precipitación afectarían la afluencia de las aguas dulces afectando los procesos de circulación, crecimiento de las plantas y pesca. La acidificación de los océanos afectaría la habilidad de ciertos moluscos y corales a crecer y sobrevivir. La deforestación de manglares está asociada con algunos usos como la agricultura y recuperación de la acuicultura, así como el uso de la madera de los bosques para muebles, energía, astillas de madera y materiales de construcción (Watson, 1928; Saenger et al., 1983). Uno de los mayores impactos hacia los manglares a nivel mundial ha sido en el este de África y parte de Indonesia por la Agricultura (Ponnamperuma, 1984). Al Ecuador se lo señalaba como el mayor productor en toda la Costa del Pacífico de camarones de los años 1980, producía mucho más que cualquier otra zona del mundo (Twilley et al., 2000). Otro impacto hacia los manglares fue en Colombia donde se

construyeron carreteras que restringieron el flujo del Río Magdalena hacia Ciénaga Grande de Santa Marta lo cual provocó la muerte de 25,000 ha de manglares.

En las últimas décadas las zonas tropicales del Ecuador han sido áreas afectadas por la pesca artesanal (conchas, camarones y cangrejo rojo) y por descargas de actividades antropogénicas. Los linderos de las áreas de manglares son en su mayoría ocupados por la industria camaronera creando piscinas cercanas a las fuentes de agua. Estas piscinas se crean haciendo pozos extensos cortando todo el manglar existente del lugar. (Parks y Bonifaz, 1995)

Para el año 1987 según el Acuerdo Ministerial 238 del Ministerio de Agricultura y Ganadería, inscrito en el R.O. 722, se reconocen 362.802 hectáreas de ecosistema de manglar en Ecuador y se las declara como “bosque protector”, en la actualidad más del 70% de estos bosques se están perdiendo. Desde entonces se ha ido reduciendo la cantidad de mangles en el Ecuador por la existencia de camaroneras (Ver Tabla 1). Ejemplos se citan entre 1969 y 2001 donde las pérdidas de manglares en la provincia de Esmeraldas han sido del orden del 15%, en la provincia de Manabí el 70% y en provincia del Guayas el 13% (Bodero, 2005).

COBERTURA	1.969	1.984	1.987	1.991	1.995	1.999	2.006
MANGLARES	203.695	182.157,30	175.157,40	162.186,55	146.938,62	149.556,23	148.230,23
CAMARONERAS	0	89.368,30	117.728,70	145.998,33	178.071,84	175.253,50	175.748,55

Tabla 1.- Evolución de las Áreas de Manglar y Camaroneras en hectáreas.  
(Fuente: CLIRSEN, 2006)

Actualmente los bosques protectores de Zonas tropicales Manglares existentes en el Ecuador son: 1) Área Nacional de Recreación Isla Santay; 2) Reserva Ecológica Arenillas; 3) Reserva Ecológica Manglares Churute; 4) Refugio de Vida Silvestre Manglares del Estuario del Río Esmeraldas; 5) Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado; 6) Refugio de Vida Silvestre Isla Corazón y Fragata; 7) Reserva Ecológica Manglares Cayapas-Mataje; 8) Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro; y 9) Refugio de Vida Silvestre del Ecosistema Manglar del Estuario Muisne-Cojimíes.

El presente estudio se enfoca en el monitoreo en los cuerpos de agua de la Reserva Manglares Churute. Para lograr aquello se trabaja con metodologías científicas mencionadas en este capítulo. Para los índices bióticos se aplica el WFD de la Unión Europea con los índices **AMBI** y **BQI**. En calidad de agua se trabaja con NSF-WQI y Calidad del DQO del CENAGUA de México. Para poder relacionar los diferentes sitios de la Reserva Ecológica Manglares Churute se utilizan métodos multivariados

que también se aplican por el WFD de la Unión Europea que son ANOSIM y PCA (Principal Components Analysis) del programa PRIMER. En el capítulo de metodologías se mencionan estos índices con más detalle a manera de protocolo para que sea guía de futuras investigaciones.

### **JUSTIFICACIÓN:**

La necesidad de evaluar cuantitativamente el estado de salud ecológico es de gran aporte y de mucho interés para el monitoreo y conservación de ecosistemas. Los manglares son el único sistema estuarino costero confinado en las regiones tropicales y sub-tropicales de sur américa. (Bayen, 2012). Esto ha ayudado a que se mantenga una vida silvestre única en estos paisajes. A pesar de la importancia de estos manglares, estos han ido desapareciendo a casi un 50% de su total en los últimos cincuenta años (Bouillon, 2011), siendo hoy en día el 10% de los manglares consideradas áreas protegidas (Lewis et. al. 2011).

Los manglares siempre están expuestos a cambios antropogénicos del ambiente mismo (Menéndez, 2000). Es de gran importancia conocer el estado ambiental del ecosistema del manglar en Reserva Manglares Churute. Gracias a aquello, se puede interpretar de varias formas el impacto ambiental provocado en el ecosistema. Conocer la calidad de

agua muchas veces puede representar un conocimiento de la clasificación de sus aguas superficiales basado en el uso de parámetros estándares por caracterización del agua (Bordalo y Sava-Bordalo, 2007).

#### **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:**

El principal recurso afectado en los humedales de manglares por los asentamientos urbanos es el agua. Se presentan elevadas concentraciones de carga orgánica y microbiológica. También hay presencia de metales pesados y pesticidas. Las sub-cuencas hidrográficas del Churute-Ruidoso y Taura-Bulubulu transportan desde la zona alta diferentes contaminantes que son llevados al interior de la reserva. De acuerdo a la Propuesta de Plan de Manejo de la Reserva Manglares Churute (Yanez, 1996), los potenciales contaminantes hacia la Reserva Manglares Churute podrían ser :

- a) Contaminación poblacional
- b) Contaminación industrial
- c) Contaminación por las camaroneras
- d) Contaminación agro-industrial
- e) Contaminación turística
- f) Contaminación procedente del río Guayas

Sobre la contaminación poblacional se estima que dentro de Manglares Churute la descarga orgánica de la población es de 2600 Kg/día (2.6 Ton DBO/día). Este nivel de contaminación disminuye la demanda de oxígeno disuelto en los cuerpos hídricos receptores.

Al respecto de la contaminación industrial existe un impacto a los cauces hídricos por industrias asentadas en áreas aledañas: ingenios azucareros, destilerías de alcohol y conservera alimenticia. La contaminación camaronera está en los desechos líquidos que esta genera. Se estiman dentro y cerca de la Reserva Manglares Churute 7861.67 ha. dedicadas al cultivo del camarón. Estos desechos provocan cambios en los cuerpos de agua tales como elevación de turbidez, conductividad y elevados valores de pH del agua. La contaminación agrícola se debe en su mayoría al cultivo de banano y caña de azúcar. Se utilizan insumos agroquímicos como B.H.C., D.D.T., Clordano y Aldrín. Más reciente en los cultivos de banano se utiliza Tilt y Calixin para combatir la sigatoka negra. Otros fungicidas como el Tridemorph y el Propiconazole han sido utilizados en la cría de camarones y otras especies marinas para combatir el Síndrome de Taura. La contaminación proveniente del Río Guayas se debe al flujo y reflujos de mareas. El río Guayas tiene influencia de mareas hasta 80 km aguas arriba de la desembocadura. El río Guayas recibe una carga orgánica de 15.256 Kg DBO/día y de 25.850 Kg DBO/día respectivamente proveniente del sector industrial y poblacional. (Yanez, 1996).

### **HIPÓTESIS PRINCIPAL:**

Existen variaciones significativas espaciales y temporales dentro de los gradientes de impacto antropogénico que afectarían a la fauna bentónica que habita en los esteros de la Reserva Manglares Churute.

### **HIPÓTESIS SECUNDARIA:**

- ❖ Los índices bióticos serían un método seguro para evidenciar los impactos antropogénicos en los esteros de Manglares Churute
- ❖ La calidad de agua y sedimentos afecta la composición de la fauna bentónica de los Esteros de la Reserva Manglares Churute.

### **OBJETIVOS:**

#### **Objetivo Principal:**

Evaluar el desempeño de diferentes índices bióticos basados en macroinvertebrados bentónicos para la evaluación ambiental de los esteros de Manglares Churute.

**Objetivos Específicos:**

- ❖ Llevar a cabo un muestreo temporal y espacial de la calidad de agua, sedimentos y macroinvertebrados bentónicos que habitan en Esteros de Manglares Churute.
- ❖ Determinar la calidad de agua y sedimentos de los esteros muestreados.
- ❖ Explorar las relaciones entre la calidad de agua y sedimentos, y la comunidad de macroinvertebrados que habitan en los Esteros de Manglares Churute.

## CAPITULO I

### 1.- GENERALIDADES.-

#### 1.1. MANGLARES:

##### 1.1.1. USOS DEL MANGLAR EN LA INDUSTRIALIZACIÓN Y COMERCIO.-

El uso para la industria proveniente de los manglares es muy variado desde camareras y pesquería hasta recreación, turismo, plantas medicinales y demás. (Ver Tabla 2). Pero en Ecuador, todo Sudamérica y Asia los manglares han sido el principal medio para la cría de camarones (Jimenez 1989, Naylor *et al.* 1998) y en otras circunstancias los manglares ecuatorianos son la principal fuente de extracción de carbón vegetal y tanino. (Snedaker 1986, Labastida 1995).

Alimentación	Producción de Madera	Mitigación	Otros
Camarones silvestres	madera	Control de inundaciones	Turismo
Peces silvestres	carbón	Estabilidad de orillas	Recreación
Moluscos	leña	Protección del viento	Productos medicinales
Cangrejos	botes	Tratamiento de Aguas Contaminadas	Comida de Animales.
Almeja	construcción de casas		Habitat
Berberecho			
Plantas			
Polinización de murciélagos			
Polinización de abejas			
Azucar (Nipa)			
Apicultura para miel			
Alcohol (Nipa)			
Vinagre			
Acuicultura			
Sal			

Tabla 2.- Bienes y Servicios tradicionales de los bosques de manglares  
(Fuente: FAO 2004, Siimäki et al. 2012)

El auge de la acuicultura en los manglares del Ecuador fue desde los años 1970. Mayoritariamente se encuentran piscinas construidas cerca de aguas salinas y en tierras agrícolas cerca de los manglares, esto mismo sucede en la Reserva Manglares Churute (Bodero, 2005)

### **1.1.2. LEGISLACIÓN ECUATORIANA CON RESPECTO A LOS MANGLARES:**

Con fecha 15 de noviembre del 2011 se emite el Memorando NO. PAN-FC-001-197 en el que se entrega el “Proyecto de Ley Orgánica de Conservación y Restauración del Ecosistema Manglar” según lo dispuesto en el Art. 55 de la Ley Orgánica de Función Legislativa. La Ley establece sobre todo los siguientes puntos:

- Concepto de Ecosistema Manglar
- Creación de un Comité Interinstitucional para el manejo del Manglar
- Veda permanente de Manglares
- Entrega de concesión a las comunidades que viven del Manglar
- Revisión de la situación actual de las camaroneras.
- Prohibición de construir nuevas piscinas camaroneras
- Dar garantía de conservación y manejo comunitario del Manglar a través de concesiones a las comunidades y organizaciones locales ancestrales.

### **1.1.3. ECOSISTEMAS DE MANGLAR: CONCEPTOS Y CARACTERÍSTICAS.**

Los manglares son el único grupo de humedales que están dominados principalmente de árboles que colonizan la parte intermareal de las zonas tropicales y subtropicales de los paisajes costeros.

El 28 de octubre de 1982 la Asamblea General de las Naciones Unidas proclama un Carta Mundial sobre la naturaleza en la que afirma que la Naturaleza debe ser respetada, la conservación debe ser practicada, el desarrollo sustentable debe ser manejado por el hombre y la naturaleza debe estar segura contra la degradación. Esta misma asamblea reconoció que en el mundo solo quedan menos de 170000 km<sup>2</sup> de Manglares con siete especies de árboles y crustáceos exclusivos del hábitat de los manglares. Por esta razón se define lo siguiente (Colin D. y Field, 2007):

- ❖ Manglares son un recurso natural valioso con diversidad genética distintiva, con alta productividad natural intrínseca y con un valioso y único hábitat.
- ❖ Manglares juegan un importante rol en la economía y los recursos disponibles para la subsistencia de los habitantes de las zonas tropicales.
- ❖ Manglares juegan un papel importante en la protección de las costas y en la reducción de la erosión de las costas.

- ❖ Manglares amortiguan aguas costeras de influencias terrestres indeseables, tales como sedimentos, contaminantes o el escurrimiento de nutrientes.

#### **1.1.4. IMPORTANCIA DE LOS MANGLARES:**

Estos ecosistemas de Manglares tienen flora y fauna muy compleja creando varios ambientes. Los manglares juegan un papel importante para las costas tropicales y proporcionan bienes y servicios para las poblaciones humanas existentes en su sector. Entre los principales recursos costeros se encuentran criaderos pesqueros, productos a partir de la madera, tales como la leña y el carbón. (Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez, 2008)

El manglar para la especie humana es también importante por varias razones: exportan materia orgánica que es el alimento de diversos recursos pesqueros o estimulante de la producción primaria en el ecosistema acuático adyacente. Así también en varias épocas del año los Manglares se convierten en refugios de especies críticas para poder reproducirse y alimentarse adecuadamente tales como peces, crustáceos y moluscos.

En la zona costera los manglares reducen la erosión atenuando los efectos de olas y corrientes, ofreciendo protección frente a cambios

climáticos meteorológicos e hidrodinámicos. (Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez, 2008)

#### **1.1.5. VALOR BIOLÓGICO DE LOS MANGLARES:**

El ecosistema Manglar protege a organismos en sus troncos y raíces tales como bacterias y hongos que intervienen en la descomposición de la materia orgánica. Los manglares albergan varios vegetales, hongos y especies acuáticas. Las hojas sirven de alimento para ciertos organismos. Los suelos de los manglares que se forman son orgánicos e inorgánicos. Los suelos inorgánicos pueden ser limos y arcilla, estos reciben depósitos de nutrientes de mareas. Los suelos orgánicos se forman de la acumulación de restos orgánicos.

En el Ecuador se estima que una zona de Manglar puede estar albergando 45 especies de aves, 15 reptiles, 79 moluscos y 100 especies de peces aproximadamente.

#### **1.1.6. VALOR AMBIENTAL DE LOS MANGLARES:**

Los manglares evitan el ingreso de material suspendido de otros ecosistemas. Los manglares retienen sedimentos y filtran sales minerales a través de sus organismos planctónicos.

La función más importante del manglar es el proceso de “desalinización” del suelo a nivel subterráneo, a través del intercambio de agua.

La desaparición de los manglares facilita el ingreso de aguas salinas a las reservas de aguas subterráneas que son importantes para el consumo humano y el uso agrícola.

## 1.2. BENTOS

### 1.2.1. Bentos: Concepto y Clasificación.-

Bentos es un término colectivo para organismos que viven en la parte inferior, estos incluyen a productores (phytobenthos) y consumidores (zoobenthos). Los bentos pueden ser clasificados por su hábitat (Ver Tabla 3) o tamaño. Epibenthos e Hyperbenthos han sido términos utilizados para organismos móviles como camarones, misidáceos y copépodos que se mueven libremente en los sedimentos y en la columna de agua supra-yacente.

Término	Definición	Hábitat - Vida		Ejemplos
Epi-(1)	En la superficie de	fango	Epipelos	Ostrácodos, triclad y copépodos
		arena	Epipsammom	Gastrópodos, pez pleuronecto
		roca	Epilithion	Cirrípedos, anémonas de mar
Epi (2)	Sobre el	Moviéndose entre el sedimento y en el fondo del agua		Misidáceos, camarones
Endo-	Excavando o que viven en	fango	Endopelos	Bivalvos, gusanos
		arena	Endopsammom	Gusanos móviles, amphípodos, nematodas
		roca, madera	Endolithion	Teredo navalis, limnóridos, Paddock
Hyper-	Sobre el	Moviéndose entre el sedimento y en el fondo del		Misidáceos, camarones
Supra-	Nadando sobre			Pez unido al hábitat alimenticio

Tabla 3.- Definición de bentos por su estilo de vida con ejemplos.

(Fuente: Day et al., 2013)

### **1.2.2. Breve Reseña de Bentos en Zonas Tropicales.-**

Las comunidades bentónicas juegan un papel importante en el flujo de energía, el ciclo de nutrientes y en la transferencia trófica en estuarios. La infauna es conocida por mejorar la tasa de descomposición de detritos por varios medios directos e indirectos, incluyendo: el incremento de oxígeno en sedimentos por bioturbación que mejora la descomposición aeróbica; rozamiento con microbios que alteran el grado de envejecimiento de bacterias y movilidad de nutrientes. Otro rol principal de los bentos es mediar en la transferencia de pequeños niveles tróficos inferiores y por lo tanto las cantidades transferidas dependerán en gran medida de la entrada de energía para el bentos. En general en sistemas estuarinos hay una gran transferencia de productividad primaria a través del sistema bentónico hacia la columna de agua (Ver tabla 4). La tabla demuestra la mayor cantidad de biomasa en Macrobentos con relación a la biomasa en Zooplankton. Esta es una de las fuerzas motrices de la importancia de las redes alimentarias bentónicas que contribuyen al cuidado de peces y crustáceos.

Estuario	Biomasa Zooplankton	Productividad Zooplankton	Biomasa Macrofitos	Productividad Macrofitos
Chesapeake Bay, USA	0.39	0.38	5.2	5.5
Apalachee Bay, FL	0.03		1.81	
Ythan, Scotland	0.12	0.83	28.2	68.3
Dublin Bay, Ireland	0.02	0.14	14.9	15.7
Somme, France	0.04	0.24	16	9.5

Tabla 4.- Importancia relativa (Biomasa, gC/m<sup>2</sup>; Producción secundaria, gC/m<sup>2</sup>/año) de la columna de agua (zooplankton) y bentos en ambientes estuarinos. (Fuente: Wilson et al., 2008)

### 1.2.3. Bentos como bioindicador:

Se considera que un organismo es un indicador de calidad de agua cuando este se encuentra invariablemente en un ecosistema de características bien definidas. Así por ejemplo en ríos de Montaña de aguas frías y muy transparentes y con buena oxigenación se encuentran poblaciones de efemerópteros, tricópteros y plecópteros. En cambio en ríos con aguas turbias y poco oxígeno se pueden encontrar oligoquetos, chironómidos y ciertos moluscos. En situaciones intermedias con síntomas de contaminación se suelen encontrar poblaciones de turbelarios, hirudíneos, ciertos moluscos (Limnaeidae y Physidae), quironómidos y oligoquetos mezcladas con efemerópteros y tricópteros. (Roldan Pérez, 1999). Un biólogo con experiencia en taxonomía en estos bentos puede fácilmente reconocer todos los organismos y decir en qué estado se encuentra el cuerpo de agua medido, para poder confirmar el resultado se compara con resultados en laboratorio. De esta manera

toda persona relacionada con el biomonitoreo debe estar relacionada con las metodologías de muestreo correctas para una correcta evaluación del ecosistema.

El muestreo de bentos estuarinos es por lo general decidido por razones pragmáticas, pero hay algunos principios generales que pueden ser aplicados. En la práctica muchos de los muestreos de bentos estuarinos son realizados usando una muestra cuantitativa (Ej: número de individuos por unidad de área estimada en  $m^{-2}$  o  $cm^{-2}$  dependiendo del tamaño), ya que esto nos dará la máxima cantidad de información acerca de la composición de la comunidad. Ahora bien, este método requiere tiempo y un trabajo de campo muy costoso y a su vez muchos sitios de muestreo. En la actualidad el método de muestreo más utilizado es con la draga. Las dragas están disponibles en varias configuraciones desde  $0.01 m^2$  para operaciones con la mano hasta  $0.02 m^2$ . (Day et al., 2013). Para estudios en diferentes profundidades se suele trabajar con “Corer” que recoge varios volúmenes del sedimento, el cual algunas veces es utilizado con buceo. A pesar que últimamente el método de buceo está creciendo en popularidad, este es menos usado en estuarios por la limitación de profundidades, visibilidad y contaminación microbial (Day et al., 2013)

#### **1.2.4. Estudios de Bentos en el País.-**

En el Ecuador existen varios estudios de zooplankton y bentos. (Ej: Giacometti y Bersosa, 2016. Proyecto Río Alambi), (Ej: INOCAR. 1983. Estudio del zooplankton en Archipiélago Colon, Galápagos). También se encuentran estudios combinados de zooplankton y bentos (Ej: Ludeña y Rojas, 2014. Proyecto dos lagunas al Sur de la Sierra en Ecuador)

## CAPÍTULO II.-

### 2. METODOLOGÍA DE MUESTREO:

#### 2.1. AREA DE ESTUDIO Y MUESTREO.-

##### 2.1.1. Ubicación Geográfica y Superficie.-

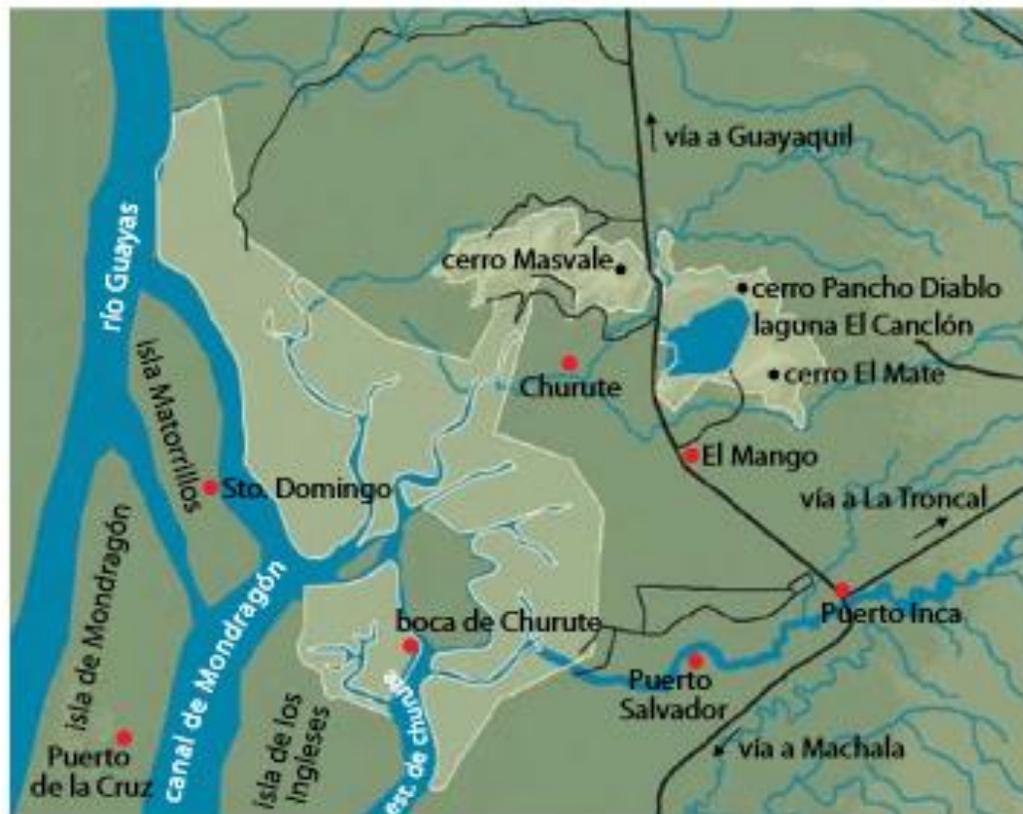


Figura 1.- Ubicación de cerros e Islas en la Reserva Manglares Churute.  
(Fuente: Bustamante M., 2004)

Churute se encuentra ubicada en el golfo de Guayaquil entre los cantones de Naranjal y Guayaquil con coordenadas: longitud  $79^{\circ}49'22''$  y  $79^{\circ}37'01''$  oeste y latitud  $2^{\circ}20'09''$  y  $2^{\circ}34'57''$  sur (García y Vera, 2003). El golfo de Guayaquil es una de las áreas más productivas y biodiversas en el sur oeste de todo Sur América, cubriendo 615 km de la línea costera. (Monserate et. al., 2011). El ingreso hacia la reserva es desde el cerro Maslave hasta llegar a la Isla Matorrillos y la Isla de los Ingleses (Ver Figura 1). Es aquí el punto de encuentro de las aguas dulces del río Guayas con las marinas del Pacífico. La Reserva contiene siete cerros. Cuenta con 49.383 hectáreas, de las cuales 35.000 son de manglares y 14.383 hectáreas corresponde a los cerros del Mate, Cimalon, Perequete Chico, Perequete Grande, Pancho y el Diablo. La altitud varía entre 0 a 700 msnm.

La Reserva Ecológica Manglares Churute fue creada mediante el Acuerdo Interministerial No. 322 de fecha 26 de Julio de 1.979, el cual se publicó en el registro Oficial No. 69 del 20 de Noviembre del mismo año. En Agosto de 1992 se establecieron nuevos límites por medio del Acuerdo Ministerial No. 376. Este nuevo acuerdo adiciona una franja de 100 metros de ancho en la falda de los cerros donde se reincorpora el cerro El Mirador.

El área de trabajo del presente estudio son las aguas estuarinas con un área total de 34.236 Ha, siendo 25.758 Ha de los mangles existentes, y 6.640 Ha de zonas intermareales y los espejos de agua de los esteros, es decir zona inundable (Pérez et al., 2003; Molina et al., 2004).

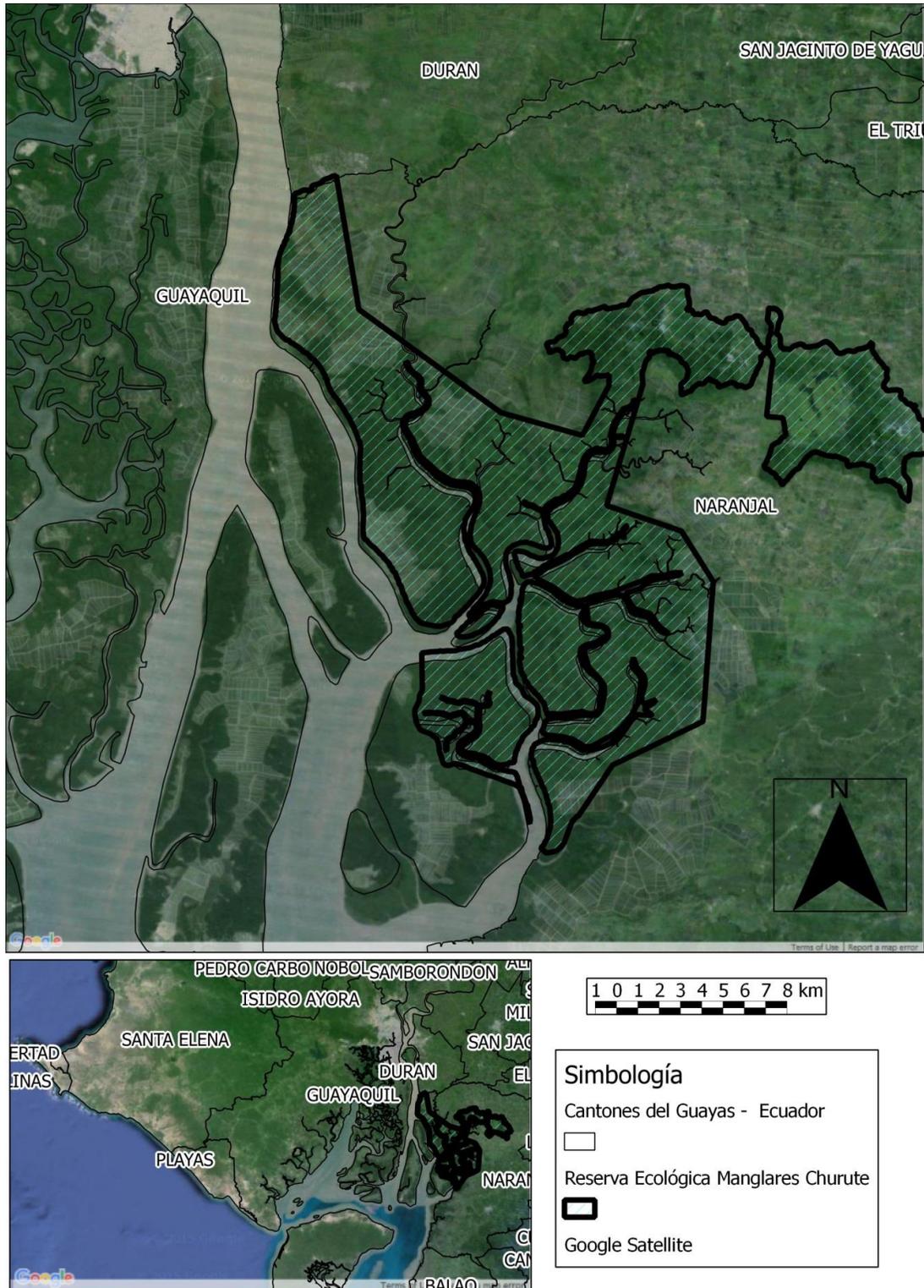


Figura 2.- Ubicación geográfica de Reserva Manglares Churute. (Fuente: Geoportal del Instituto Geográfico Militar del Ecuador, publicado el 2011)

### **2.1.2. COMPONENTES FÍSICOS.-**

Los componentes físicos de la Reserva Churute son los siguientes (Yanez, 1996): Los ríos aportantes presentan una descarga de agua dulce de  $120 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .; La Temperatura del Mar se ubica entre  $21^\circ\text{C}$  hasta  $25^\circ\text{C}$ , en la estación húmeda aumenta hasta llegar a  $28^\circ\text{C}$ ; La Salinidad durante época seca oscila entre 27,1 y 29,7 partes por mil en cuadratura y sicigia. A diferencia en la época lluviosa debido al gran aporte de agua dulce la Salinidad puede ubicarse entre 2,2 y 6,0 partes por mil en cuadratura y sicigia respectivamente.; El oxígeno disuelto puede llegar a valores de 100% de saturación con concentraciones de 4,6 a  $4,8 \text{ mg L}^{-1}$ .; Las corrientes se encuentran entre  $0,5$  a  $2,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  durante la época húmeda; La Turbidez reporta valores de transparencia de disco Secchi de 1 a 3 m en el estuario interior del Golfo de Guayaquil y de 3 a 15 m en el Golfo. Debido a las altas cargas sedimentarias de los tributarios en la estación húmeda, los coeficientes de extinción (absorción de la luz) son elevados en el estuario interior.; Las Mareas son del tipo semidiurnas, es decir que en unas 12,5 horas aproximadamente ocurre una pleamar y una bajamar. Según INOCAR (1993), la onda de marea que viene del océano y entra al Golfo de Guayaquil, tarda unas dos horas en desplazarse desde Puná a Guayaquil, o unas 3 horas desde Puerto Bolívar.

### **2.1.3. Aspectos Socioeconómicos y de Desarrollo:**

#### **2.1.3.1. Recursos Pesqueros del Manglar.-**

En 1993 existían 321 pescadores artesanales, una flota de 221 embarcaciones de canoas, 222 de ellas sin motor. Las principales actividades de pesca artesanal son la pesca blanca, captura del cangrejo rojo, pesca de camarón adulto, captura de post – larva de camarón, pesca de jaiba y de camarón de río (*Macrobrachium*), y recolección de ostiones y mejillones. (Yanez, 1996)

#### **2.1.3.2. Cangrejo Rojo (*Ucides occidentalis*) en la Reserva Manglares Churute.-**

El cangrejo que caracteriza a la Reserva Manglares Churute es el “Cangrejo Rojo” (*Ucides occidentalis*). Este cangrejo es la parte fundamental de la preservación de los manglares existentes, y su función principal es formar parte de la cadena trófica y reducir la materia orgánica. Twilley (1996) demostró el valor ecológico que tienen los cangrejos sobre las hojas caídas del manglar, quienes reducen la cantidad de materia orgánica que sale de los mangles hacia los sistemas estuarinos reciclando el nitrógeno en los suelos del manglar.

La captura de cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) se desarrolla en los alrededores del golfo de Guayaquil en la Isla Mondragon, Isla Escalante, sector Chupadores Chico y en las reservas de Manglares Churute. (Ver Figura 3) (Solano y Moreno, 2009).

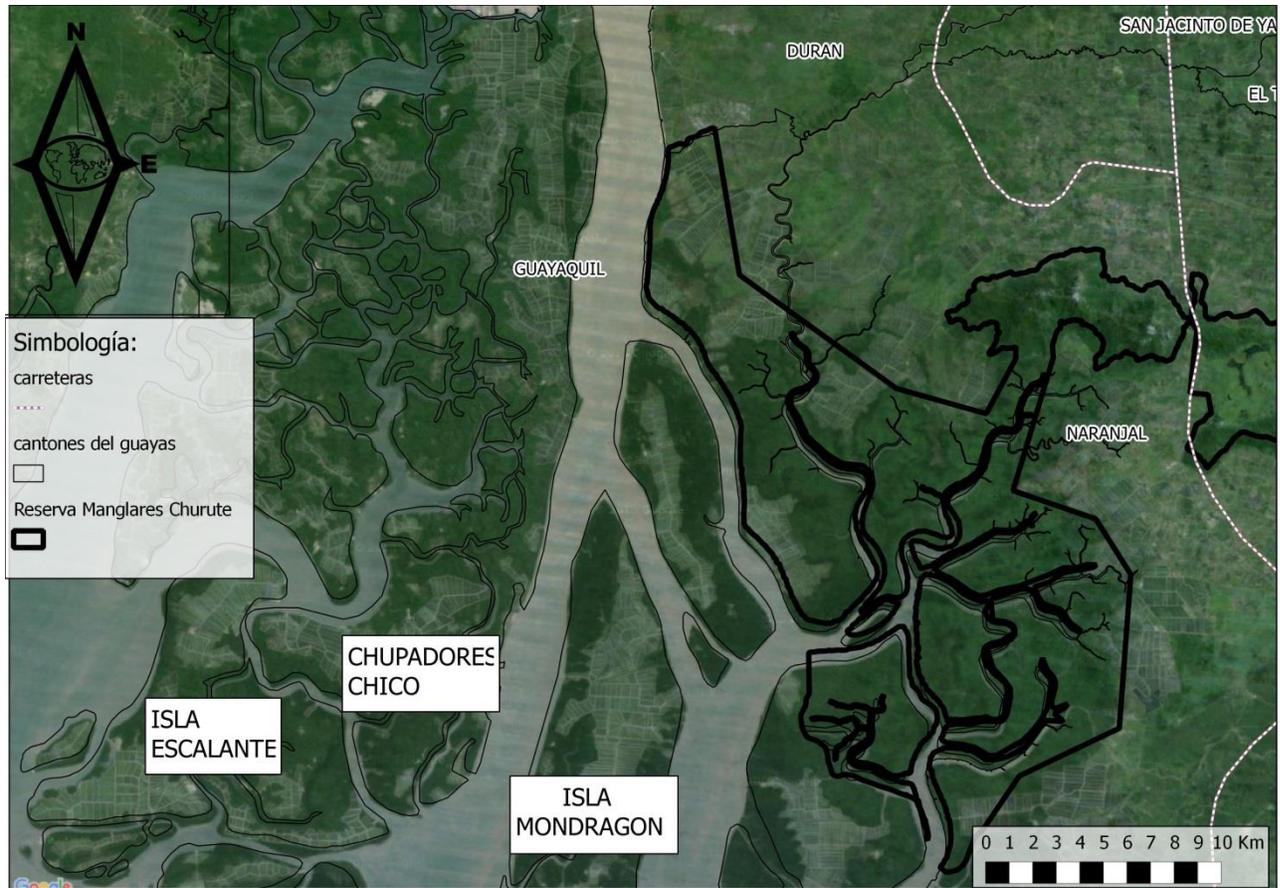


Figura 3.- Sectores de captura del cangrejo rojo. (Fuente: Geoportal del Instituto Geográfico Militar del Ecuador, publicado el 2011)

#### **2.1.4. HIDROGRAFÍA:**

La Hidrografía de La Reserva consiste en la mezcla de las aguas salinas del río Guayas con las aguas dulces que aportan los ríos Taura, Churute, Cañar y Naranjal (Ver figura 4). La presencia de la desembocadura de estos tres ríos, con una importante descarga del río Guayas, han construido canales e islas intermedias de forma alargada donde se encuentran por su tamaño las islas Mondragón, Matorrillo, de los Ingleses y Álamos, como las más grandes, y las islas Cabeza de Mate y Malabrigo, como las más pequeñas que se encuentran en el canal de Naranjal y en el canal de Mondragón (Yanez, 1996).

El Río Taura es el principal aporte de agua dulce que recibe el Manglar. Sus principales afluentes son los ríos Bulubulu y Culebra. El ancho del río es de entre 30 y 60 m con una profundidad de 5 a 8 m. Otro recurso importante es el estero Churute. La unión del río Ruidoso con el río Churute forma el estero Churute. El río Ruidoso es la principal fuente de agua dulce del sistema del estero Churute. El ancho del río Ruidoso es de 10 y 20 m, su profundidad alcanza los 5 m en época lluviosa. Otro aporte de agua dulce es el Río Cañar que desemboca en el Estero Diablo Grande con una longitud de 5 Km.

Los principales aportes de aguas salinas se encuentran en Los esteros Cangrejo, Soledad Grande y Soledad Chica, y constituyen verdaderas entradas de mar, por lo que sus aguas son muy salinas en la estación seca y menos en la lluviosa. La penetración de sus diversos ramales en territorio continental se extiende entre 3 y 5 Km.



### **2.1.5. USOS DE SUELO:**

Las actividades antropogénicas se encuentran bordeando todo el exterior de la Reserva Manglares Churute siendo las de mayor influencia las piscinas camaroneras (Ver figura 5). Los usos de suelo más frecuentes que existen alrededor de la Reserva Manglares Churute son: a) agricultura intensiva sin limitaciones; b) agricultura intensiva con ligeras limitaciones; c) agricultura de secano; d) agricultura extensiva con limitaciones gravísimas; e) Tierras marginales para cultivos; f) Tierras para pastos; y g) Zonas que deben mantenerse en su estado actual

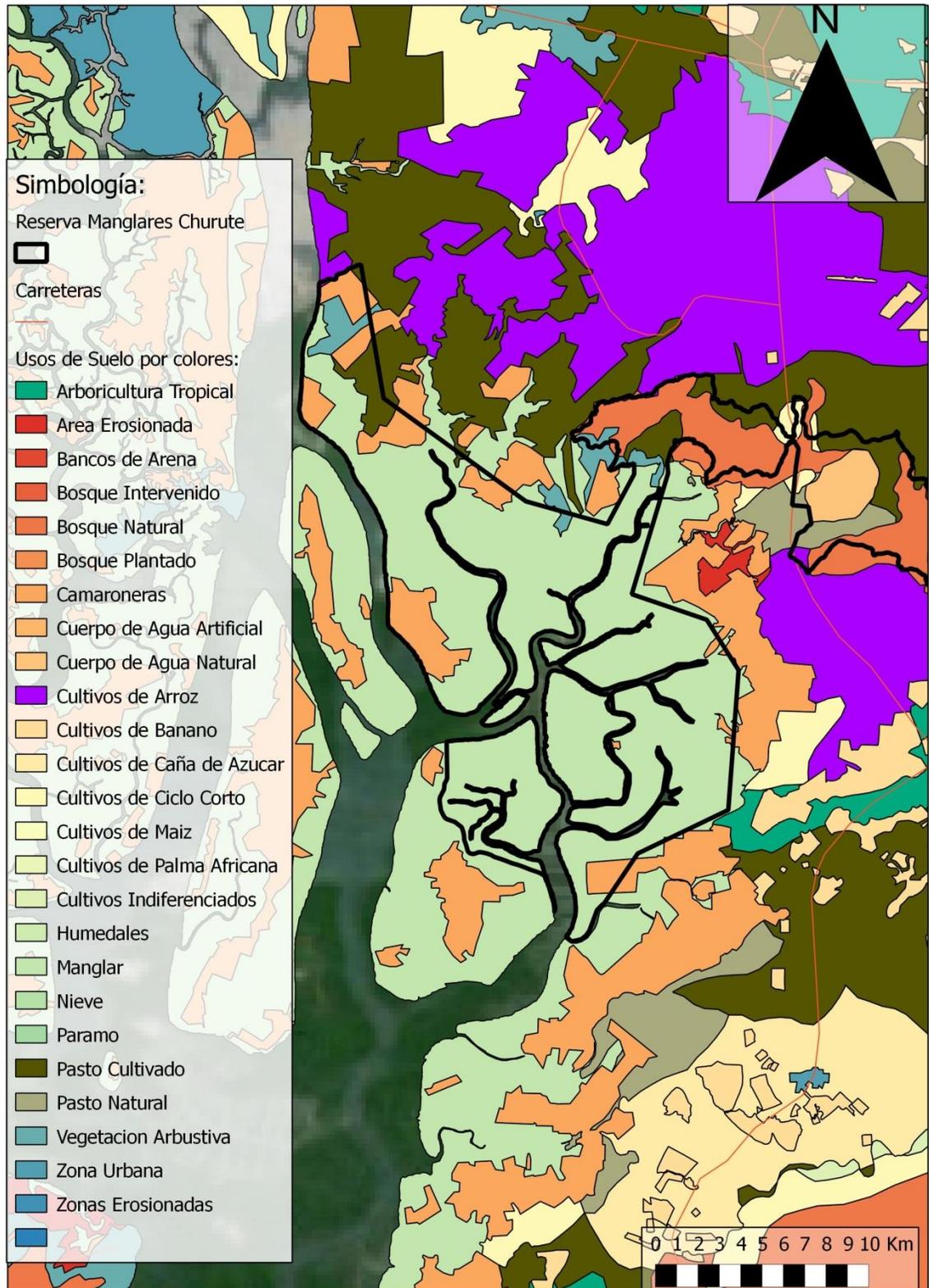


Figura 5.- Usos de Suelo Reserva Ecológica Churute. (Fuente: Geoportal del Instituto Geográfico Militar del Ecuador, publicado el 2011)

#### **2.1.6. MUESTREO.-**

Para conocer las condiciones actuales de los estuarios se diferencia el estado del agua en las dos épocas del Ecuador que son la época seca y lluviosa. La época seca se caracteriza por la ausencia de lluvias que comprende los meses desde junio a noviembre y la época húmeda con presencia de precipitaciones. Se ubicaron 20 sitios estratégicos de muestreo en todos los ramales del sector (Ver figura 6).

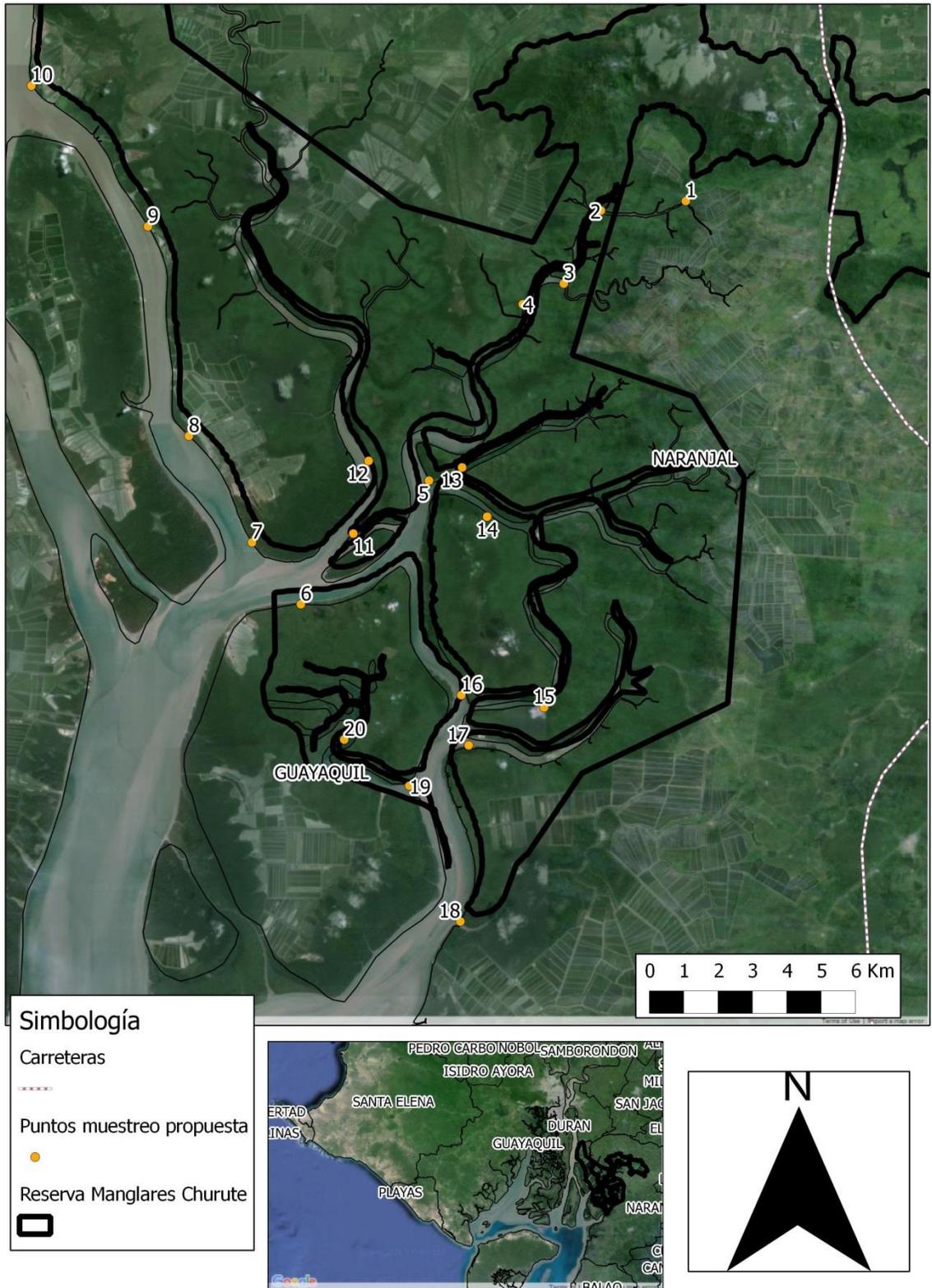


Figura 6.- Ubicación de los sitios de muestreo del presente estudio.  
(Fuente: Geoportal del Instituto Geográfico Militar del Ecuador publicado el 2011)

La siguiente tabla muestra las coordenadas de los puntos de muestreo.

(Ver anexos 2, 3, 4, 5):

Estaciones	Nombre del Sector	Coordenadas UTM	
		Norte	Este
1	Estero Embarrotado	648.208	9'731.425
2	Estero del Churute	646.055	9'731.387
3	Entrada Río Churute	645.248	9'729.311
4	Estero Ulpiano	640.636	9'723.892
5	Boca de Soledad	642.289	9'726.467
6	Boca de Taura, cerca del Estero el Bagre	642.212	9'723.699
7	Entre Canal Matorrillos y Canal Mondragón	643.096	9'722.508
8	Canal de Matorrillos cerca de Canal Santo Domingo	640.713	9'714.744
9	Canal de Matorrillos cerca de estero Chujampe	642.212	9'710.746
10	Entre Río Guayas y Canal Matorrillos	642.750	9'715.935
11	Río Taura cerca de Cruce Chuturrillo	640.866	9'719.164
12	Río Taura	639.214	9'722.431
13	Estero Soledad Chico	635.101	9'723.776
14	Estero Soledad Grande	629.797	9'734.846
15	Estero Cruce de Álamos	633.640	9'727.697
16	Estero Guanchaco	633.122	9'724.853
17	Estero Boca de Álamos	638.426	9'727.735
18	Estero El Trapiche	637.542	9'720.317
19	Entre Estero el Potrero y Estero Churute	644.691	9'717.050
20	Estero el Potrero	639.156	9'716.781

Tabla 5.- Puntos de Muestreo con sus respectivos sectores en los cuerpos de agua dentro de la Reserva Manglares Churute.

### **2.1.7. TRABAJOS DE CAMPO:**

La primera campaña correspondiente a la temporada de época lluviosa se realizó los días 20 y 21 de Abril del 2015. La segunda campaña correspondiente a la temporada de época seca se realizó los días 6 y 7 de Julio del 2015. En cada una de los sitios visitados se realizaron mediciones in situ de la calidad de agua, toma de muestras de agua para su posterior análisis en laboratorio, sedimentos y bentos. Durante la primera campaña de muestreo solo se registraron datos in situ de calidad de agua superficial. Durante la segunda campaña se evaluó también la calidad de agua del fondo.

### **2.2. TOMA DE MUESTRAS:**

#### **2.2.1. BENTOS.-**

Se tomaron muestras del bentos presente en los sitios visitados empleando una draga Van Veen, modelo PETITE PONAR (Ver Foto 1).

Las muestras de macroinvertebrados bentónicos fueron conservadas en alcohol potable al 98% y transportadas en baldes de cuatro litros hasta el laboratorio para su posterior análisis. Los organismos encontrados fueron identificados a nivel de familia con ayuda de claves disponibles para la región.



Foto 1.- Muestreo con Draga Petite Ponar en Reserva Manglares Churute.

### **2.2.2. PARAMETROS FÍSICOS:**

En cada estación se realizaron mediciones INSITU con el Equipo multiparámetros “YSI PRO 2030” para mediciones de: Temperatura, pH, Conductividad, Salinidad, Oxígeno Disuelto, Sólidos Disueltos Totales (TDS). Durante la época seca, las mediciones fueron realizadas en aguas superficiales y aguas profundas hasta 4 metros de profundidad.

Para mediciones de Turbidez INSITU se utilizó el equipo “HACH 2100Q Turbidimeter”. El equipo puede medir desde 0 a 1000 NTU de Turbidez.

### **2.2.3. CALIDAD DE AGUA:**

En cada punto de muestreo durante la estación lluviosa y seca se recogieron dos litros de aguas superficiales del estuarino. Para el análisis de DBO se cubrió con papel aluminio la segunda réplica de la botella por cada punto de muestreo y por cada estación.

## 2.3. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS:

### 2.3.1. Bentos.-

Los sedimentos conservados en baldes de cuatro litros fueron procesados por un tamiz N°35 del laboratorio (Ver foto 2). El sedimento del balde una vez llevado al tamiz se adicionan chorros de agua para su correcto tamizado.



Foto 2.- Tamiz N°35, Laboratorio Ciencias Ambientales, ESPOL

La fracción que quedó después del tamizado se depositó en el mismo balde en el que se encontraba el total del sedimento y posteriormente fue llevado al laboratorio para su análisis. La fracción fue analizada gradualmente en una bandeja con agua hasta encontrar macroinvertebrados. Adicionalmente para un resultado óptimo se adicionó eosina a fin de teñir los organismos. Los macroinvertebrados encontrados fueron preservados con alcohol al noventa por ciento puro. Los macroinvertebrados que estuvieron presentes en los sedimentos fueron contados e identificados a nivel de familia, género y grupo con ayuda de un estereoscopio.

### **2.3.2. CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS.-**

Durante la Época Lluviosa se analizaron los siguientes parámetros de calidad de agua en el laboratorio: Nitrito, Nitrato, Amonio, DBO<sub>5</sub>, DQO y Materia Orgánica. Durante la Época Seca se analizó: Nitrito, Nitrato, Amonio, Fosfatos, DBO<sub>5</sub>, DQO, Materia Orgánica, Granulometría, Clorofila, Sólidos Totales en Suspensión y Sólidos Volátiles.

### 2.3.2.1. Análisis de NITRITO, NITRATO, AMONIO, FOSFATOS, SST, SSV.-

Fueron analizados por equipos de tests fotométricos HACH y posteriormente leídos en el equipo fotómetro HACH DR3900 (Ver foto 3). Las metodologías utilizadas por el manual HACH fueron las siguientes (Ver tabla 6):

Parametro	unidades	Método
AMONIO	mg/L N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	LCK 304
NITRATOS	mg/L N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	LCK 339
NITRITOS	mg/l NO <sub>2</sub> -N	NITRAVER 3 METODO 8507
FOSFATO	mg/L	LCK 349
SST	g/L	M.T. 2540 B, C, o D
SSV	g/L	LCK 338
DQO	mg/l O <sub>2</sub>	Método LCK414

Tabla 6.- Metodologías de Laboratorio con kids HACH.

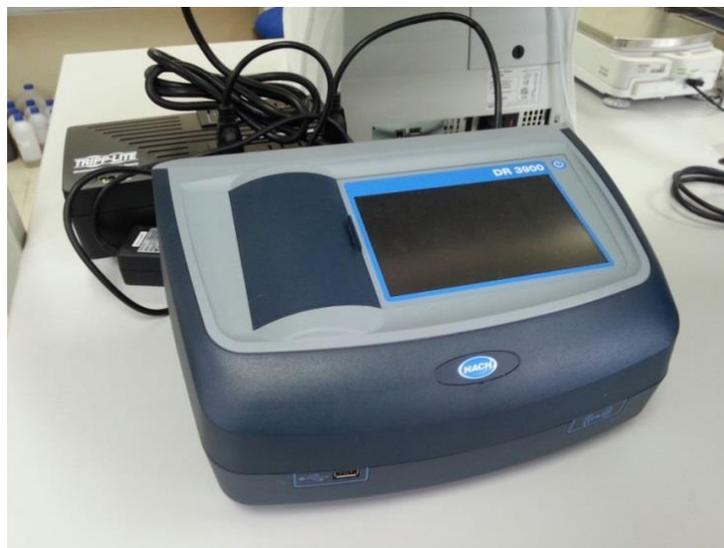


Foto 3.- Equipo Fotómetro, marca HACH DR 3900, ESPOL

### **2.3.2.2. Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno $DBO_5$ -**

Es el análisis que consiste en determinar el requerimiento de oxígeno disuelto (OD) de una muestra de agua proveniente de estuarios y ríos. Para esto, la muestra es colocada en una botella especialmente diseñada para el análisis de DBO. La Demanda Bioquímica de Oxígeno es un parámetro que mide la cantidad de Oxígeno necesaria para la degradación bioquímica de la materia orgánica contenida en las aguas. Se basa en la comparación de Oxígeno Disuelto (OD) inicial en la muestra y el OD final después de haber sido encubada por 5 días a una temperatura estandarizada.

La medición de oxígeno disuelto en la muestra al inicio del ensayo es considerada como la concentración inicial de OD. La botella con la muestra es luego incubada a 20 °C por cinco días en la oscuridad. Al final del periodo de incubación (quinto día) se procede a realizar una lectura del contenido final de oxígeno disuelto en la muestra. La diferencia entre el contenido inicial y el contenido final, corregido en caso de haberse realizado una dilución, es reportado como la  $DBO_5$ .

### **2.3.2.3. CLOROFILA.-**

Las muestras de agua a su arribo al laboratorio fueron filtradas inmediatamente, en apego al siguiente procedimiento del método 10200 H.2 del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Edición 22), con ciertas adaptaciones. Este parámetro fue evaluado solo durante la época seca.

### **2.3.2.4. GRANULOMETRIA DE SEDIMENTOS.-**

Este análisis se llevo a cabo tamizando la muestra a través de una batería de tamices estandarizados de abertura de malla decreciente. La Granulometría fue medida solamente en época seca.

### **2.3.2.5. MATERIA ORGÁNICA.-**

La materia orgánica en sedimentos fue evaluada mediante pérdida por ignición o calcinación. El método por ignición o calcinación para la determinación de la materia orgánica implica la destrucción climatizada de toda la materia orgánica en el suelo o sedimento. Un peso conocido de la muestra se coloca en un crisol de cerámica (o recipiente similar) que luego se calienta un promedio de 6 a 8 horas entre 350 y 440°C. (Nelson y Sommers, 1996; ASTM, 2000.: Blume et al, 1990). La muestra se enfría a continuación en un desecador y se pesa. La materia orgánica se calcula como la diferencia entre los pesos inicial y final de la muestra

dividido por el peso de la muestra inicial multiplicado por 100. Todos los pesos deben corregirse, no debe contener humedad o agua antes de calcular el contenido de materia orgánica.

## **2.4. ANÁLISIS DE DATOS:**

### **2.4.1. MÉTODOS UNIVARIADOS.-**

A continuación se presentan los siguientes métodos univariados que se utilizaron para conocer el estado ecológico de la Reserva Manglares Churute. La idea es obtener un valor numérico que resuma en una medida las características de la comunidad en un sitio según relata Muniz P. (2013) y posteriormente hacer las comparaciones por sectores con los métodos multivariados.

#### **2.4.1.1. Índices de Diversidad.-**

Para entender los índices de diversidad se debe saber que son el número especies presenten en un determinado área, combinan tanto la riqueza de las especies como la equidad en un solo valor.

Para el análisis de la comunidad de macroinvertebrados se utilizaron los siguientes índices de Diversidad:

- a) Shannon
- b) Shaneven
- c) Brillouin
- d) Brileven
- e) McIntosh
- f) McEven
- g) Simpson
- h) Margalef

Por medio de la abundancia de las especies se puedo calcular los índices de diversidad. En el presente estudio estos indices fueron calculados en base a organismos identificados a diferentes niveles taxonómicos (i.e. orden, familia, género y especie).

#### **2.4.1.2. Índices Europeos de la WDF (Water Directive Framework):**

##### **AMBI, BQI.-**

Estos dos índices fueron recientemente creados gracias a las observaciones implementadas en la WFD (European Water Framework

Directive): 1) El ATZI Marine Biotic Index AMBI (Borja et. al., 2000) y 2) el BQI (Rosenberg et. al., 2004).

Los índices AMBI y BQI fueron seleccionados gracias a su amplio uso en la caracterización de las comunidades bentónicas. Ambos índices trabajan con el mismo paradigma: especies sensibles vs. tolerantes. Especies sensibles son dominantes en áreas no perturbadas mientras que especies tolerantes son dominantes en áreas perturbadas.

**En el índice AMBI** la tolerancia y sensibilidad de las especies es dado por escalas ecológicas de Borja (2000). AMBI además ofrece una clasificación de contaminación o perturbación del sitio de un sitio representando la salud de la comunidad bentónica (Grall and Glémarec, 1997). Se definen como especies muy sensibles (Grupo 1) hasta especies muy tolerantes (Grupo 5). En el presente estudio AMBI fue calculado con el Software AMBI 4.0 (<http://www.azti.es>). En la siguiente Tabla 7 se muestran las diferentes escalas ecológicas con las que trabaja AMBI

Resumen de los valores de Ambi y sus equivalencias (Modificado por: Borja et. Al., 2000)				
Coficiente Biotico	Grupo Ecológico Dominante	Salud de la Comunidad Bentónica	Clasificación de la perturbación	Estado Ecológico
0.0<AMBI≤0.2	I	Normal	Sin perturbacion	Excelente
0.2<AMBI≤1.2		Empobrecido		
1.2<AMBI≤3.3	III	Desbalanceado	Ligeramente perturbado	Bueno
3.3<AMBI≤4.3		Transición a contaminación	Moderadamente perturbado	Moderado
4.3<AMBI≤5.0	IV-V	Contaminado		
5.0<AMBI≤5.5		Transición a muy contaminación	Fuertemente contaminado	Pobre
5.5<AMBI≤6.0	V	Muy Contaminado		
6.0<AMBI≤7.0	Azoico	Azoico	Extremadamente contaminado	Malo

Tabla 7.- Valores de AMBI y sus equivalentes. (Muxika et al, 2004)

Con el índice BQI el enfoque es muy amplio, integra la riqueza y abundancia de las especies (Rosenberg et al., 2004). La fórmula para calcular el índice BQI es la siguiente:

$$BQI = \left( \sum_{i=1}^n \left( \frac{A_i}{A_{tot}} \times ES50_{0.05i} \right) \right) \times 10 \log(S + 1)$$

Donde:

$A_i$  : Es la Abundancia relativa de la especie  $i$  en la estación.

$A_{tot}$ : Es la Abundancia de los individuos de todas las especies donde es posible evaluar el  $ES_{0.05}$ .

$ES_{0.05i}$ :  $ES_{0.05}$  de  $i$  especie.

$S$ : La riqueza de especies en la estación considerada.

$n$ : La riqueza de especies con valor de tolerancia ( $ES_{0.05}$ ) menor a 4.

$N_i$ : Individuos en  $i$  especie.

La sensibilidad de las especies ( $ES50_{0.05}$ ) es derivada de Hulbert (1971) quien estima la sensibilidad de las especies a partir de una taxa cuya presencia sea mayor a 50 individuos por especie ( $ES50_{0.05}$ ). Al final el

ES50<sub>0.05</sub> es dado por el 5% de cada población. En el presente estudio debido a que ninguna de las taxas presentes tuvo una abundancia superior a 50 individuos se procedió a utilizar una metodología alterna donde el nuevo evalúo de S<sub>0.05</sub> es definido por el Quinto Percentil del número de especies de cada muestra donde la especie está presente. Una manera de obtener el nuevo S<sub>0.05</sub> es seleccionar las muestras donde la especie está presente, ordenar según el número de especies presentes en la muestra de forma ascendente, dividir el número de especies de cada muestra con el total de individuos de la especie en todas las muestras y multiplicar por cien para obtener el percentil y finalmente localizar la muestra que contenga el 5th percentil. (Leonardsson et al, 2015).

El estado ecológico y rangos de los índices WQI-NSF, BQI y AMBI están dados por la siguiente Tabla 8:

	AMBI	BQI	WQI-NSF
Excelente	0.0-1.2	> 14.4	90-100
Bueno	1.2-3.3	< 14.4-10.8	70-90
Moderado	3.3-5.0	< 10.8-7.2	50-70
Pobre	5.0-6.0	< 7.2 - 3.6	25-50
Malo	6.0-7.0	< 3.6	0-25

Tabla 8.- Límites de estados ecológicos según sus categorías e índices.  
(Fuente: AMBI – Puente y Díaz, 2008; BQI – Rosenberg et al., 2004; WQI;  
Srivastava y Kumar, 2013)

#### 2.4.2. Índice Calidad de Agua (NSF-WQI).-

El Índice de Calidad de Agua o National Sanitation Foundation Water Quality Index Water Quality Index (NSF-WQI) es usado para determinar la calidad del agua basado en los siguientes parámetros: BOD, DO, nitrato, fosfato total, temperatura, turbidez, sólidos totales, pH y coliformes fecales. El índice es calculado por la siguiente fórmula:

$$WQI: \sum [Q(N) * W(N)]$$

Donde Q es el rango de 100 a 1 según el valor de cada parámetro y W es el peso asignado a cada parámetro (Ver Tabla 9). El valor de Q es obtenido a partir de curvas disponibles para cada parámetro en base a la magnitud de la variable. Al final se suman todos los WQI para dar un valor del 1 al 100. Los valores de Q y W de cada parámetro fueron calculados de la página web del Water Research Center (<http://www.water-research.net/watrqualindex/index.htm>)

N°	Parámetro	Factor de Peso (W)
1	DO	0.17
2	pH	0.11
3	DBO <sub>5</sub>	0.11
4	Temperatura (°C)	0.1
5	Fosfatos Totales	0.1
6	Nitrato	0.1
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos Totales	0.07
9	Coliformes Fecales	0.16
	Total	1

Tabla 9.- Factor de Peso para cada uno de los parámetros considerados para el WQI-NSF

En este estudio no estuvieron presentes los nueve parámetros, tales como coliformes fecales ni sólidos totales. Por esta razón se empleó la siguiente fórmula propuesta por Srivastava y Kumar (2013).

$$WQI: \sum Q(N) * W(N) / \sum W(N)$$

Donde se suman el producto de los pesos y parámetros correspondientes dividido para la suma de los pesos respectivos, tomando en cuenta los parámetros presentes en la muestra.

### 2.4.3. Calidad del DQO por CONAGUA (México).-

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) de México propone el análisis como el DQO como medida de evaluación. En la Tabla 10, se muestran los rangos del DQO y su interpretación con fines de clasificación de la calidad del agua.

LIMITES PERMISIBLES DQO		
Criterio	Clasificación	Descripción
DQO <10	<b>EXCELENTE</b>	No contaminada
10 < DQO <20	<b>BUENA CALIDAD</b>	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable
20 < DQO <40	<b>ACEPTABLE</b>	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente
40 < DQO < 200	<b>CONTAMINADA</b>	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas.
DQO > 200	<b>FUERTEMENTE CONTAMINADA</b>	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas.

Tabla 10.- Indicadores de calidad de agua en base al DQO (Fuente: CONAGUA)

Se escoge el parámetro DQO como indicador de calidad de agua para medir la cantidad de materia orgánica en el agua que ha sido oxidada o degradada por medios químicos y por los posibles problemas poblacionales alrededor de la Reserva Manglares Churute.

#### **2.4.4. MÉTODOS MULTIVARIADOS:**

A continuación se describen los siguientes métodos estadísticos multivariados aplicados al análisis de los datos ambientales físicos químicos.

##### **2.4.4.1. Clasificación de sitios en diferentes grados de perturbación por (PCA) Análisis de Componentes Principales de la WFD.-**

Warwick and Clarke (2001) proponen la clasificación de sitios de perturbación con el programa PRIMER-E (<http://www.primer-e.com/>). por medio del “Análisis de Componentes Principales (PCA)” de Clarke & Warwick (1994). El PCA es un análisis de ordenación muy aplicado en el análisis de variables ambientales.

Previamente los datos deben ser transformados o normalizados por ser matrices con varias unidades de medición diferentes (se suele utilizar el centrado y reducción de datos (Valentin, 2000)). Este programa produce **un diagrama de dos o más dimensiones entendiendo que los sitios o estaciones que se encuentren más cercanos entre sí son más similares desde el punto de vista de las variables ambientales involucradas en el análisis;** contrariamente los puntos más alejados entre sí serán más disímiles.

#### **2.4.4.2. Análisis de Similitud por una y dos vías con ANOSIM de la WFD.-**

Este análisis de Clarke & Green (1988) también se puede ejecutar con el programa PRIMER-E (<http://www.primer-e.com/>). Este análisis busca la homogeneidad entre las réplicas de un mismo punto de muestreo, transformando los datos físicos químicos por medio de un Pre-tratamiento: Normalizar, y después se aplica el índice de similitud de Euclidean distance.

En este estudio se realiza el ANOSIM de una vía con ZONA-ÉPOCA y de dos vías con ZONA y ÉPOCA por separado.

El ANOSIM evalúa la hipótesis de que no existen diferencias entre los grupos de muestras utilizando la matriz de similitud construida a partir de los variables ambientales físico químicas en cada réplica.

Primero, el análisis brinda un valor de R global que varía entre 0 y 1. **Un valor de R cercano a 0 significa que no existen diferencias entre los grupos testeados;** un R cercano a 1 ocurre cuando todas las muestras de un mismo grupo son más similares entre sí que con cualquier otro grupo.

La segunda parte del ANOSIM consiste en un análisis de pares de muestras, para verificar dónde se encuentran las diferencias significativas brindando un resultado R reservado con otro simulado. Con

valores menores del 5% de las permutaciones utilizadas se rechaza la hipótesis nula ( $H^0$ ) de igualdad entre los grupos de muestras o réplicas.

Los análisis multivariados son aplicados a los cuatro sectores identificados en toda la Reserva Manglares Churute y a su vez analizados con cuadros estadísticos.

#### **2.4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO:**

El análisis estadístico que se utiliza en este estudio es la Correlación de Spearman para determinar relaciones significativas entre variables ambientales, índices bióticos y calidad de agua NSF. La Correlación de Spearman permite correlacionar dos variables.

## **CAPITULO III**

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Parámetros Físicos-Químicos**

##### **3.1.1. Parámetros Físicos-Químicos medidos durante la Época Lluviosa y Época Seca.**

Los resultados de calidad de agua medidos in situ y en laboratorio se muestran en los Anexos 6, 7 y 8. La siguiente Tabla 11 muestra el promedio y la desviación estándar de cada uno de los parámetros para la estación seca y lluviosa.

Variables	Estadística Época Lluviosa		Estadística Época Seca	
	Promedio	Desv. Estand.	Promedio	Desv. Estand.
Profundidad (m)	3,34	2,54	3,29	1,06
Temperatura (°C)	28,05	0,67	27,65	0,49
pH	7,11	0,16	7,44	0,47
Conductividad (ms.cm <sup>-1</sup> )	3,23	1,94	15,11	6,08
Salinidad (ppt)	1,70	1,08	8,83	3,76
DO (mg.L <sup>-1</sup> )	3,76	0,61	4,76	0,48
DO (%sat)	48,15	7,94	63,81	6,65
TDS (mg.L <sup>-1</sup> )	4.423,30	7.381,38	7.569,55	3.061,89
Turbiedad (NTU)	382,70	281,81	235,12	208,73
NITRATOS (mg.L <sup>-1</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	1,58	2,59	4,62	16,64
NITRITOS (mg.L <sup>-1</sup> NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	0,05	0,22	0,07	0,05
FOSFATOS (mg.L <sup>-1</sup> PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	0,37	0,17	0,67	0,39
DBO <sub>5</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	1,28	0,37	1,33	0,38
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	38,75	13,91	19,69	5,02
Contenido de materia orgánica (% peso)	7,01	2,43	7,85	1,05
AMONIO (mg.L <sup>-1</sup> NH <sub>4</sub> -N)			0,01	0,01
Sólidos Totales en Suspensión (mg.L <sup>-1</sup> )			402,72	381,42
Sólidos volátiles (mg.L <sup>-1</sup> )			46,04	40,42
%Grava (>2mm)			0,55	1,33
%Arena (63µm-2mm)			76,29	6,80
%Limo (38-63µm)			19,71	5,76
%Arcilla (<38µm)			3,18	1,79
Clorofila-a (mg/m <sup>3</sup> )			3,68	3,57
Faeofitina-a (mg/m <sup>3</sup> )			0,46	0,20

Tabla 11.- Tabla resumen de los resultados físico-químicos de calidad de agua y sedimentos medidos en las veinte estaciones de muestreo durante la época lluviosa y seca (Espacios en blanco corresponde a parámetros que no fueron medidos).

### **3.1.2. Correlaciones entre las Variables Ambientales durante la Época Lluviosa y Época Seca.-**

En las Tablas 12 y 13 se presentan las Correlaciones entre las variables ambientales en época lluviosa y seca.

	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (us.cm <sup>-1</sup> )	Salinidad (ppt)	DO (mg.L <sup>-1</sup> )	DO (%sat)	TDS (mg.L <sup>-1</sup> )	Turbiedad (NTU)	NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	FOSFATOS (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )
pH	-0,68										
Conductividad (us/cm)											
Salinidad (ppt)				0,98							
DO (mg.L <sup>-1</sup> )		-0,63	0,64								
DO (%sat)		-0,59	0,64			0,98					
TDS (mg.L <sup>-1</sup> )				0,91	0,90						
Turbiedad (NTU)				-0,57	-0,62			-0,50			
NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )				0,46	0,45	-0,54	-0,48	0,49	-0,51		
FOSFATOS (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )				-0,64	-0,66			-0,74	0,46		
DBO <sub>5</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )							0,44		0,65	-0,45	
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )				0,72	0,72			0,62	-0,53		-0,51
%MO <sup>4</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )		-0,66									

Tabla 12.- Valores de R de los análisis de Correlación de Spearman entre las Variables Ambientales de la Época Lluviosa. Los valores de correlación presentados son significativos a p<0.05

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL ESTADO ECOLÓGICO  
DE LA RESERVA MANGLARES CHURUTE POR MEDIO DE  
ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA, SEDIMENTOS E ÍNDICES BIOTICOS”

MAESTRIA EN CIENCIAS AMBIENTALES

	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (ms.cm <sup>-1</sup> )	Salinidad (ppt)	DO (mg.L <sup>-1</sup> )	DO (%sat)	TDS (mg.L <sup>-1</sup> )	Temperatura (°C). Profundidad	Conductividad (ms.cm <sup>-1</sup> ) Profundidad	Salinidad (ppt) Profundidad	DO (mg.L <sup>-1</sup> ) Profundidad	DO (%sat) Profundidad	TDS (mg.L <sup>-1</sup> ) Profundidad	Turbiedad (NTU)	NITRITOS (NO <sub>2</sub> )	FOSFATOS (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	Sólidos Totales en Suspensión (mg.L <sup>-1</sup> )	%Aren a (63µm -2mm)	%Limo (38-63µm)	
Medición de fondo (m)	0,83																				
Conductividad (ms.cm <sup>-1</sup> )		0,50																			
Salinidad (ppt)		0,49		1,00																	
DO (%sat)						0,94															
TDS (mg.L <sup>-1</sup> )		0,46		0,99	1,00																
Temperatura (°C). Profundidad		0,83																			
pH. Profundidad			0,77																		
Conductividad (ms.cm <sup>-1</sup> ) Profundidad		0,51		0,99	0,98			0,98													
Salinidad (ppt) Profundidad		0,51		0,99	0,98			0,98													
DO (mg.L <sup>-1</sup> ) Profundidad						0,82	0,84														
DO (%sat) Profundidad						0,75	0,82					0,96									
TDS (mg.L <sup>-1</sup> ) Profundidad		0,53		0,99	0,99			0,99		1,00	1,00										
NITRITOS (NO <sub>2</sub> )		-0,53		-0,49	-0,47			-0,49	-0,60			-0,52	-0,63		-0,53						
FOSFATOS (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )		0,61		0,47	0,47					0,55	0,55			0,56							
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )		0,45		0,59	0,59			0,58		0,55	0,55			0,57			0,48				
Sólidos Totales en Suspensión (mg.L <sup>-1</sup> )													0,50		0,88	-0,59					
Sólidos volátiles (mg.L <sup>-1</sup> )													0,50		0,88	-0,56		0,98			
%MO <sup>4</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )		-0,47		-0,62	-0,61			-0,62	-0,48	-0,57	-0,57			-0,60		0,46					
%Limo (38-63µm)																				-0,92	
%Arcilla (<38µm)																				-0,72	0,49
Clorofila-a (mg/m <sup>3</sup> )	-0,64																				
Faeofitina-a (mg/m <sup>3</sup> )	0,46																				

Tabla 13.- Valores de R de los análisis de Correlación de Spearman entre las Variables Ambientales de la Época Seca. Los valores de correlación presentados son significativos a p<0.05

### **3.2. Descripción general de las comunidades bentónicas.-**

En los Anexos 9 y 10 se muestran todos los taxones identificados en época seca y lluviosa. En todas las muestra se identificaron 22 taxones, pertenecientes a 5 Phylums, 11 familias y 6 Clases. También se indica el número de individuos que están presentes por estación según su taxonomía. En las dos épocas se obtuvo un total de 166 individuos de los cuales el 13% corresponden a la época lluviosa y el 87% a la época seca (Ver Figura 7). En la Época Lluviosa está la presencia de los Phylums Annelida, Arthropoda y Mollusca y en la Época Seca los Phylums Annelida, Mollusca, Arthropoda, Plathelminthomorpha y Nematoda.

Identificando por clases en la Época Lluviosa (Ver Figura 8) la mayoría de individuos estuvo en la Clase Polychaeta (71%), seguido de Clase Malacostraca (14%), Clase insecta (10%) y la Clase Bivalvia (5%). Durante la Época Seca (Ver Figura 9) la mayoría de individuos estuvo también en la Clase Polychaeta (90%), seguido de Clase Gastropoda (3%), Clase Malacostraca (3%), Clase Bivalvia (2%), Clase Turbellaria (1%) y otro sola a nivel de Phylum Nematoda (1%). A nivel de especies en la época Lluviosa la especie *Capitella sp.* representa la mayor presencia (50%) y en la época seca la especie *Nereis sp.* (40%), según se muestra en la Figura 10 y la Figura 11 respectivamente.

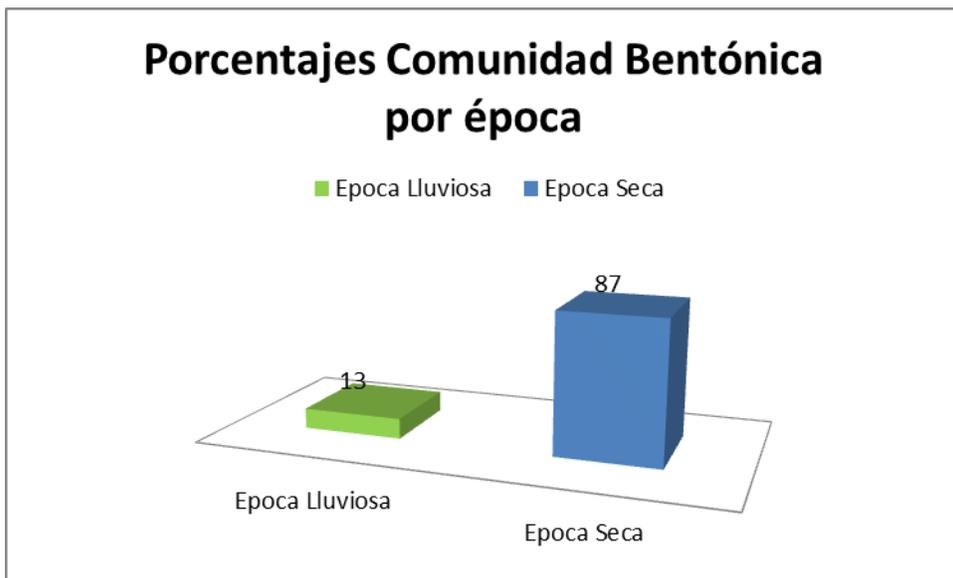


Figura 7.- Porcentajes Comunidad Bentónica en Época Lluviosa y Seca.

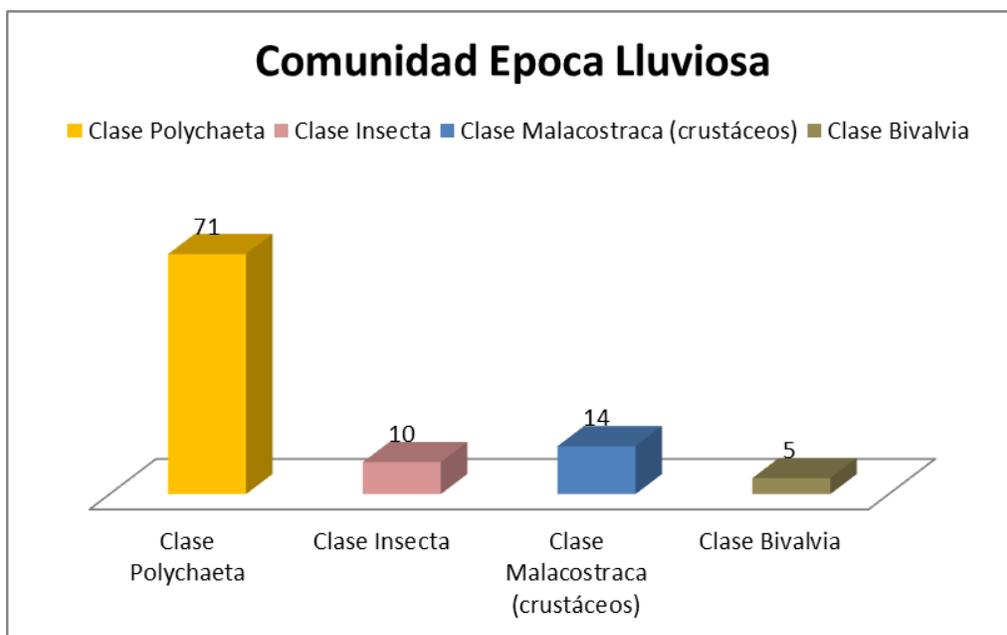


Figura 8.- Abundancia relativa de macroinvertebrados a nivel de Clase en época lluviosa

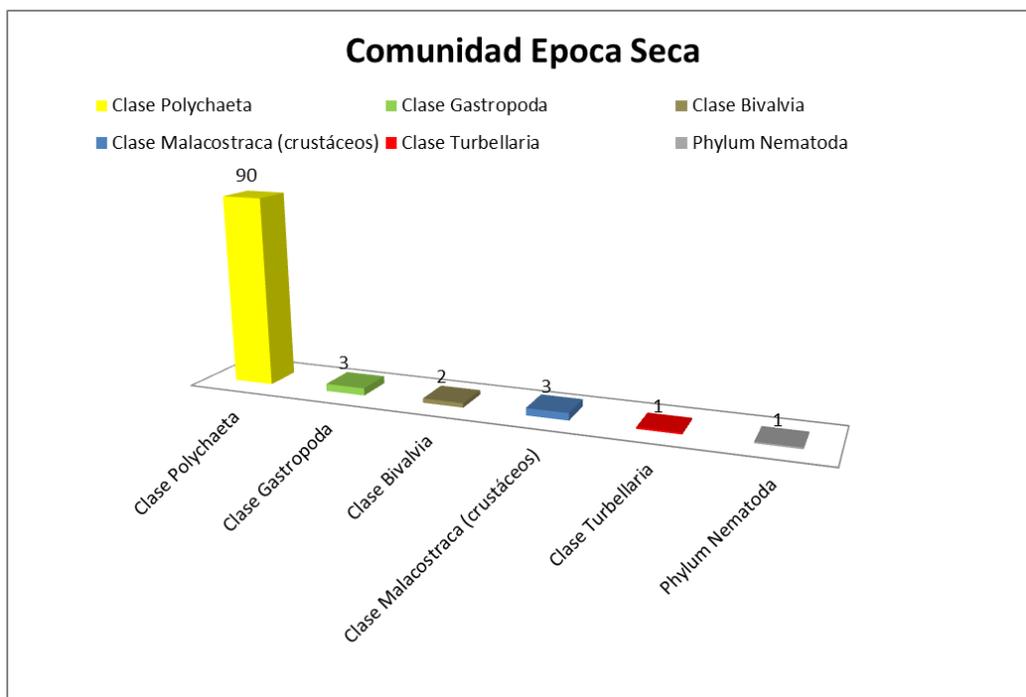


Figura 9.- Abundancia relativa de macroinvertebrados a nivel de Clase en época Seca.

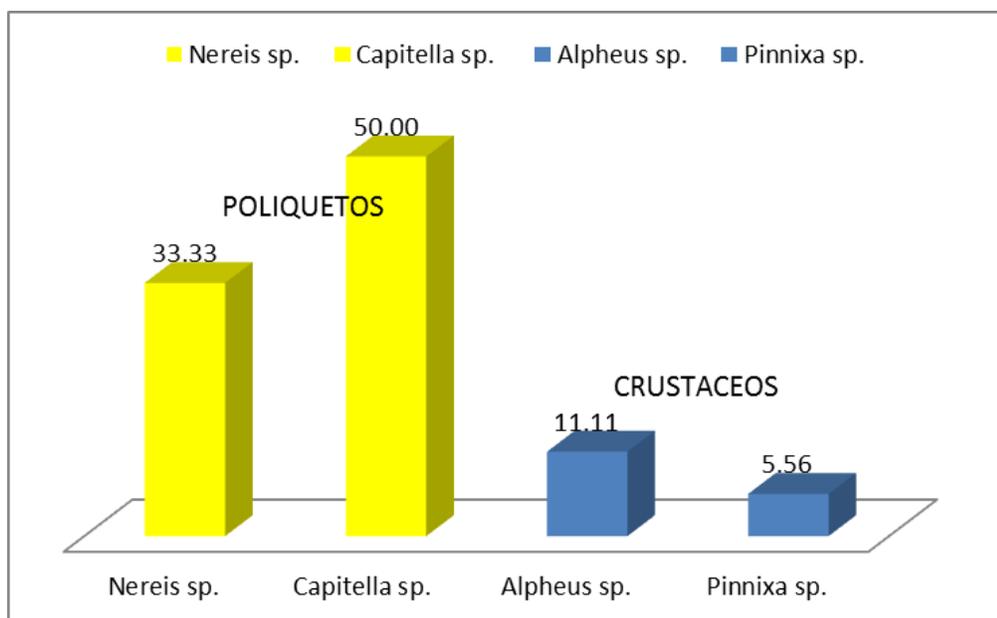


Figura 10.- Abundancia relativa de macroinvertebrados a nivel de Especies en Época Lluviosa.

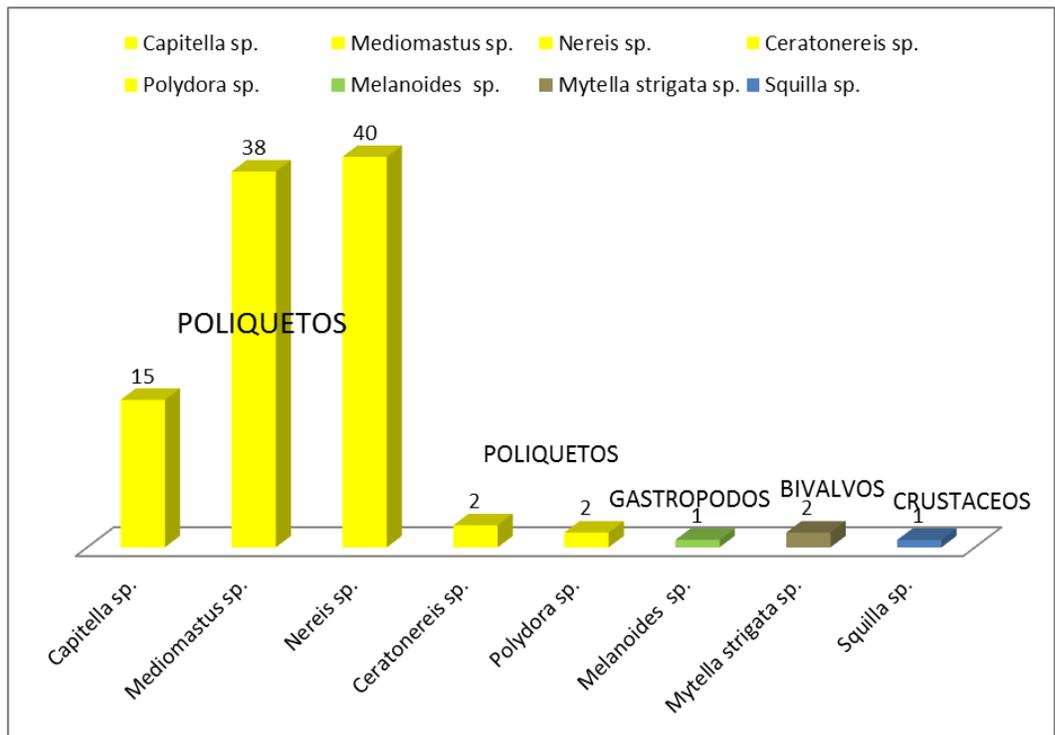


Figura 11.- Abundancia relativa de macroinvertebrados a nivel de Especies en Época Seca.

### 3.3. Correlaciones entre la Fauna Acuática y Las Variables Ambientales.

#### 3.3.1. Correlaciones entre Fauna Acuática, Individuos y Variables Ambientales de Época Lluviosa y Época Seca.-

En las Tablas 14 y 15 se muestran las correlaciones entre Abundancia, Riqueza y diferentes taxonomías de la Época Lluviosa y Época Seca sin presentarse fuertes correlaciones entre ellas.

	Profundidad (m)	%MO <sup>4</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	# Individuos x estación	# taxas x estación	Clase Bivalvia
# Individuos x estación	0,66	0,45			
# taxas x estación	0,59		0,94		
Nereis sp.	0,65		0,51		
Alpheus sp.				0,46	0,69

Tabla 14.- Rango de orden de correlación de Spearman calculado entre las medidas de riqueza biológica y las variables ambientales registradas en la Época Lluviosa. Valores mostrados son significativos a  $p < 0.05$ .

	AMONIO (NH <sub>4</sub> -N)	Sólidos Totales en Suspensión (mg.L <sup>-1</sup> )	%Arena (63µm- 2mm)	%Limo (38- 63µm)	# Individuos x estación	# taxas x estación	Capitella sp.	Mytella strigata sp.	Ceratonereis sp.
# taxas x estación				-0,46	0,87				
Capitella sp.	0,48			-0,45	0,48	0,53			
Mediomastus sp.									
Nereis sp.					0,51	0,64			
Melanoides sp.							0,48		
Mytella strigata sp.		0,46	0,46	-0,46					
Squilla sp.								0,69	
Fmla. Hidrobiidae							0,54	0,69	
Fmla. Sphaeridae							0,48		
Fmla. Ocyrodidae									
Clase Turbellaria							0,48		
Phylum Nematoda									0,65

Tabla 15.- Correlación de Spearman calculado entre las medidas de riqueza biológica y las variables ambientales registradas en la Época Seca. Valores mostrados son significativos a  $p < 0.05$ .

### 3.4. Desempeño de Índices Bióticos y de Calidad de Agua:

#### 3.4.1. Índices de Diversidad.-

Los resultados de Índices de Diversidad se encuentran en el Anexo 12.

Las siguientes tablas muestran los valores medio y desviación estándar

obtenidos durante la época seca y la época lluviosa:

Índices Diversidad, Época Lluviosa		
	Media	Desviación Estandar
SHANNON	0,07	0,22
shaneven	0,00	0,00
Brillouin	0,04	0,11
Brileven	0,100	0,32
McIntosh	0,10	0,32
McEven	0,10	0,32
Simpson	0,10	0,32
Margalef	0,14	0,46

Tabla 16.- Media y Desviación Estandar de los resultados de los Índices de Diversidad en Época Lluviosa.

Índices Diversidad, Época Seca		
	Media	Desviación Estandar
SHANNON	0.32	0.45
shaneven	0.00	0.00
Brillouin	0.23	0.30
Brileven	0.29	0.35
McIntosh	0.18	0.25
McEven	0.25	0.32
Simpson	0.20	0.28
Margalef	0.43	0.62

Tabla 17.- Media y Desviación Estandar de los resultados de los Índices de Diversidad en Época Lluviosa.

### **3.4.2. Índice AMBI.-**

#### **3.4.2.1. Época Lluviosa.-**

En la Figura 12 se muestran los resultados del índice AMBI para la Época Lluviosa. Durante esta época solo ocho estaciones pudieron ser consideradas para el cálculo del índice AMBI dada la ausencia de organismos en las muestras. La hoja de resultados provee información para cada sitio de muestreo (estación); el porcentaje de correspondencia de la estación a cada una de las escalas ecológicas (%I al %V); el porcentaje de especies no asignadas (%n.a.); el puntaje de AMBI para cada estación (AMBI); Índice Biótico (BI); y el nivel de Contaminación (Disturbance classification).

La mayoría de las estaciones se ubicaron en la Tercera Escala Ecológica de Borja (Ver Figura 13). En la Tercera Escala Ecológica se ubican las estaciones 1, 2, 3 y 5. Las estaciones 7 y 11 se ubicaron en la segunda escala ecológica; la estación 14 en la primera escala y la estación 17 se ubica en la quinta escala.

El resultado predominante en la época Lluviosa es un estado **“LIGERAMENTE CONTAMINADO”** (Ver Figura 14).

Station	%I	%II	%III	%IV	%V	n.a.	AMBI	BI	Disturbance Classification
1	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	3.000	2	Slightly disturbed
2	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	3.000	2	Slightly disturbed
3	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	3.000	2	Slightly disturbed
5	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	3.000	2	Slightly disturbed
7	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.500	2	Slightly disturbed
11	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.500	2	Slightly disturbed
14	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0	Undisturbed
17	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	6.000	6	Heavily disturbed

Figura 12.- Resultado puntaje AMBI para las estaciones evaluadas durante la época lluviosa.

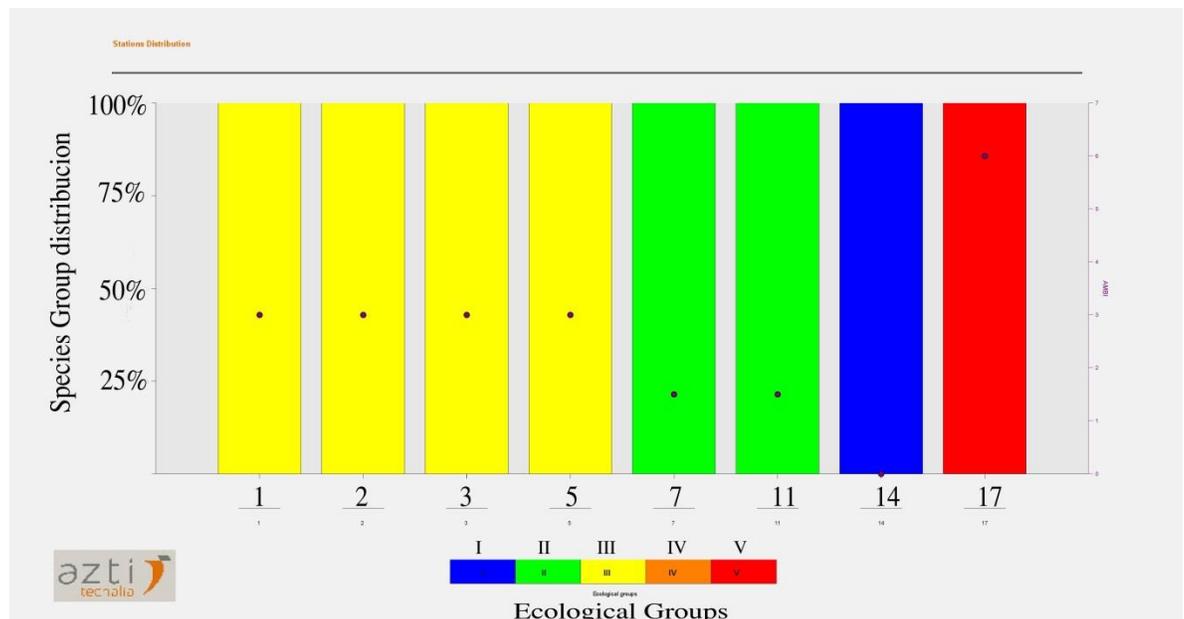


Figura 13.- Histograma de las Escalas de Borja entregado por el programa AMBI para la época lluviosa.

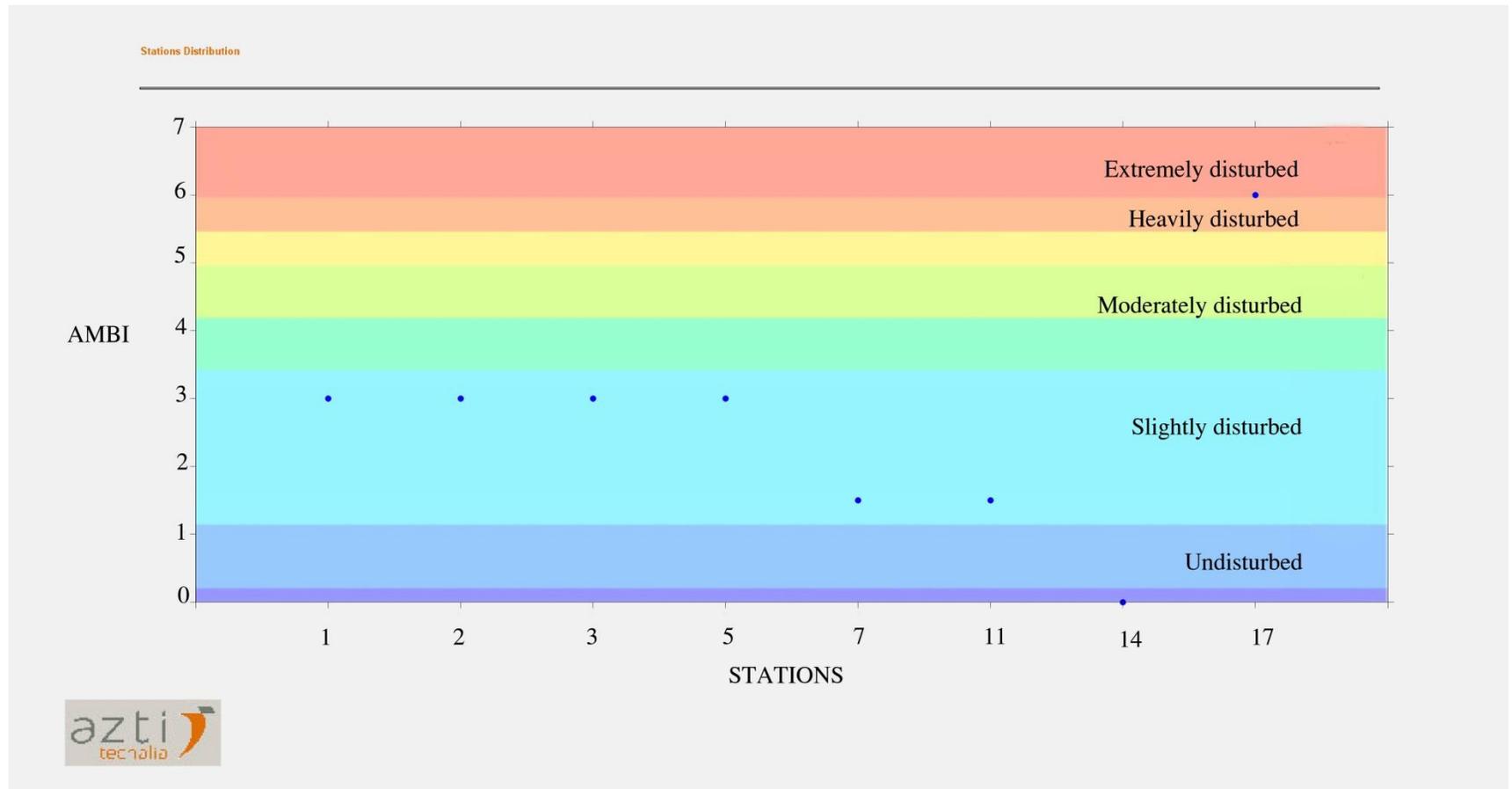


Figura 14.- Gráfico resumen de los resultado del Índice AMBI y los diferentes grados de Perturbación en cada estación durante la Época Lluviosa.

### 3.4.2.2. Época Seca.-

En la Tabla 16 se muestra los resultados del índice AMBI para la Época Seca. Las especies *Melanoides sp.*, *Mytella strigata sp.* y *Squilla sp.* fueron removidas de los datos a analizar dado que no son considerados por el programa para el cálculo del AMBI.

Las estaciones durante la época seca se ubican predominantemente en la Tercera Escala Ecológica de Borja, (Ver Figura 15). En la Tercera Escala Ecológica se ubican las estaciones 2, 3, 5, 6, 13, 16, 17, 19 y 20. Las estaciones 1, 10 y 14 se ubican en dos escalas ecológicas que son la Tercera y Quinta Escala Ecológica, y por último la estación 18 se ubica en la Segunda y Tercera escala Ecológica y la Estación 11 en la Segunda Escala Ecológica.

El resultado para la época seca es un estado predominantemente **“LIGERAMENTE CONTAMINADO”** (Ver Figura 16).

Stations	Replicate	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Not assign	AMBI	Mean AMBI	from M	Standard deviation	Disturbance Classification
1 a		0	0	0	0	100	0	6				
1 b		0	0	100	0	0	0	3	4.5	4	2.121	Moderately disturbed
2 a		0	0	100	0	0	0	3	3	2	0	Slightly disturbed
3 a		0	0	100	0	0	0	3	3	2	0	Slightly disturbed
5 a		0	0	100	0	0	0	3	3	2	0	Slightly disturbed
6 a		0	0	100	0	0	0	3	3	2	0	Slightly disturbed
10 a		0	0	0	0	100	0	6				
10 b		0	0	100	0	0	0	3	4.5	4	2.121	Moderately disturbed
11 a		0	100	0	0	0	0	1.5	1.5	2	0	Slightly disturbed
13 a		0	0	100	0	0	0	3	3	2	0	Slightly disturbed
14 a		0	0	0	0	100	0	6				
14 b		0	0	100	0	0	0	3	4.5	4	2.121	Moderately disturbed
15 a		0	0	0	100	0	0	4.5	4.5	4	0	Moderately disturbed
16 a		0	0	100	0	0	0	3	3	2	0	Slightly disturbed
17 a		0	0	100	0	0	0	3	3	2	0	Slightly disturbed
18 a		0	0	100	0	0	0	3				
18 b		0	100	0	0	0	0	1.5	2.25	2	1.061	Slightly disturbed
19 a		0	0	100	0	0	0	3	3	2	0	Slightly disturbed
20 a		0	0	100	0	0	0	3	3	2	0	Slightly disturbed

Tabla 18.- Resultado puntaje AMBI para Época Seca.

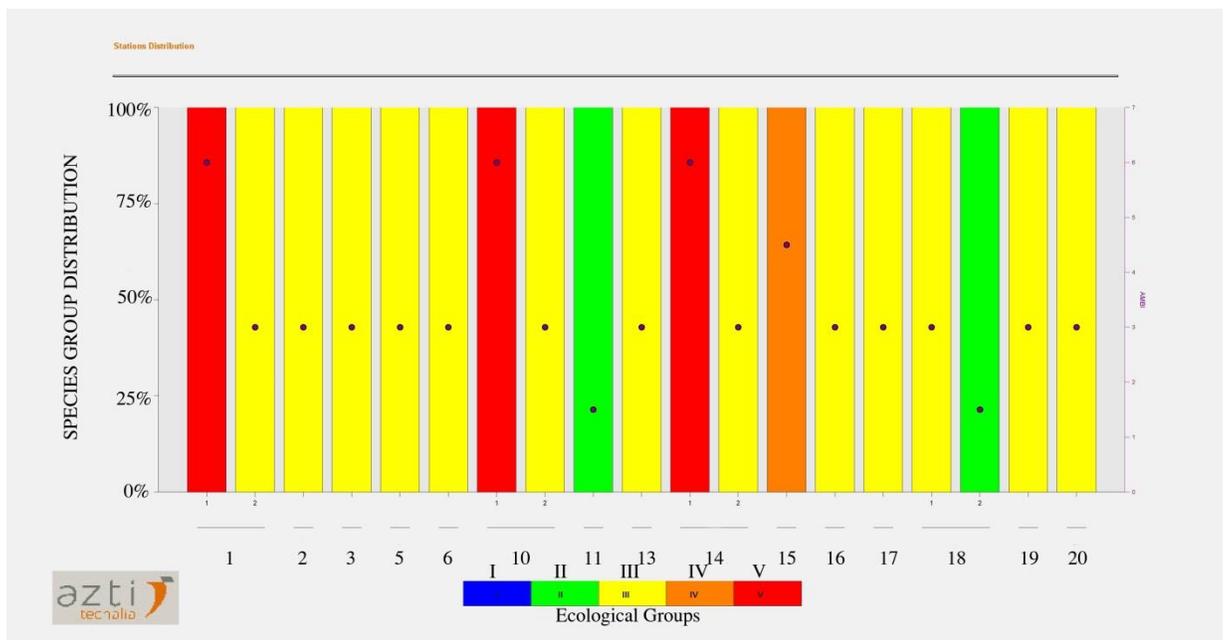


Figura 15.- Histograma de las Escalas de Borja en programa AMBI para Época Seca.

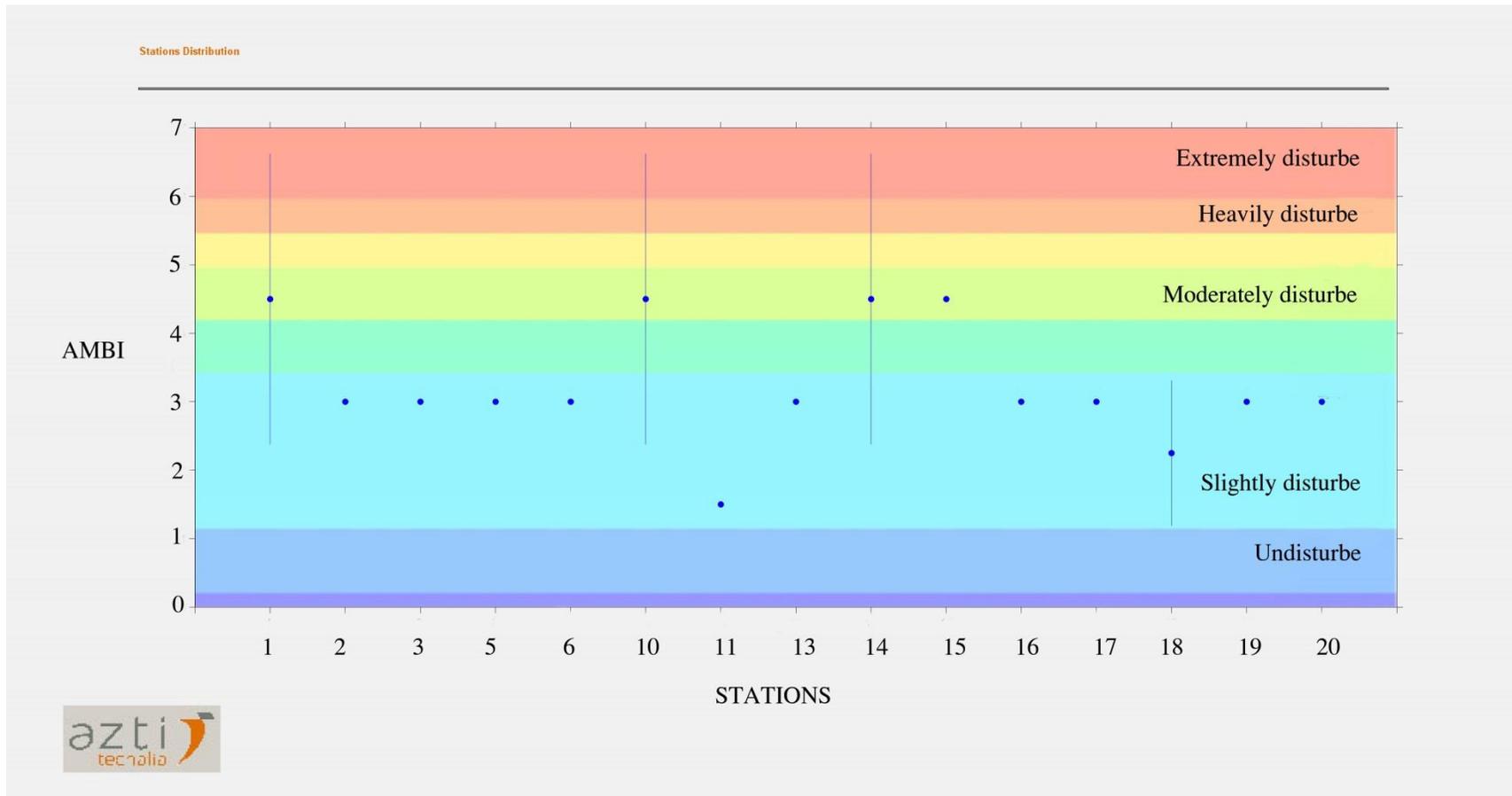


Figura 16.- Gráfico resumen de los resultado del Índice AMBI y los diferentes grados de Perturbación en cada estación durante la Época Seca.

### **3.4.3. Índice BQI.-**

#### **3.4.3.1. Determinación del $ES_{0.05}$ .-**

En la determinación del  $ES_{0.05}$  los valores en cada especie fueron de 1 a 3 tanto en la época seca como en la lluviosa, dando como resultado “especies tolerantes”. La especie “Nereis” tuvo  $ES_{0.05}$  de valor 2, La especie “Capitella” un  $ES_{0.05}$  de valor 1. El mismo valor del  $ES_{0.05}$  de las especies “Nereis” y el “Capitella” de época seca se utilizó en la lluviosa por ser el taxón predominante. La especie “Mediamastus” de la época seca se le calculó el quinto percentil a partir de su número de individuos dando un  $ES_{0.05}$  de 2.55. Para las demás especies el valor del  $ES_{0.05}$  fue de 1.

#### **3.4.3.2. Resultados BQI en Época Lluviosa.-**

La Tabla 17 muestra los valores del BQI para la época Lluviosa. En esta ocasión las estaciones 1, 2, 3, 5 se ubicaron en un Estado “**POBRE**” y las estaciones 7, 11, 14 y 17 en un Estado “**MALO**” (Ver Figura 17).

Estación	Resultado Índice BQI	Significado
1	6,02	Pobre
2	6,02	Pobre
3	6,02	Pobre
5	6,02	Pobre
7	3,01	Malo
11	3,01	Malo
14	3,01	Malo
17	3,01	Malo

Tabla 19.- Resultado puntaje BQI para Época Lluviosa.

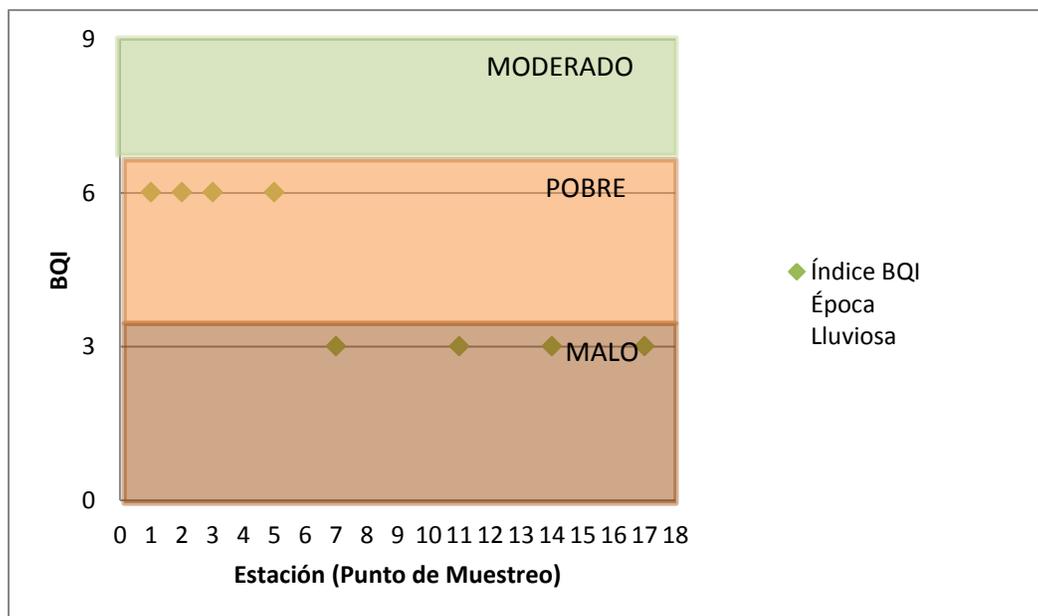


Figura 17.- Resultado Índice BQI en diferentes Grados de Perturbación durante la Época Lluviosa.

### **3.4.3.3. Resultados BQI Época Seca.-**

En este caso de la Época Seca, los resultados del BQI se mostraron más variables en relación a la Época Lluviosa, mostrando estar en un Estado “**POBRE**” las estaciones 2, 3, 5, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 19 y 20; en Estado “**MODERADO**” se ubicaron las estaciones 1, 6, 16 y 18 (Ver Figura 18).

<b>Estación</b>	<b>Resultado Índice BQI</b>	<b>Significado</b>
1	9,63	Moderado
2	6,02	Pobre
3	6,02	Pobre
5	6,02	Pobre
6	9,63	Moderado
10	6,62	Pobre
11	6,02	Pobre
13	6,02	Pobre
14	5,45	Pobre
15	6,02	Pobre
16	7,68	Moderado
17	6,02	Pobre
18	9,30	Moderado
19	6,02	Pobre
20	6,02	Pobre

Tabla 20.- Resultado puntaje BQI para Época Seca.

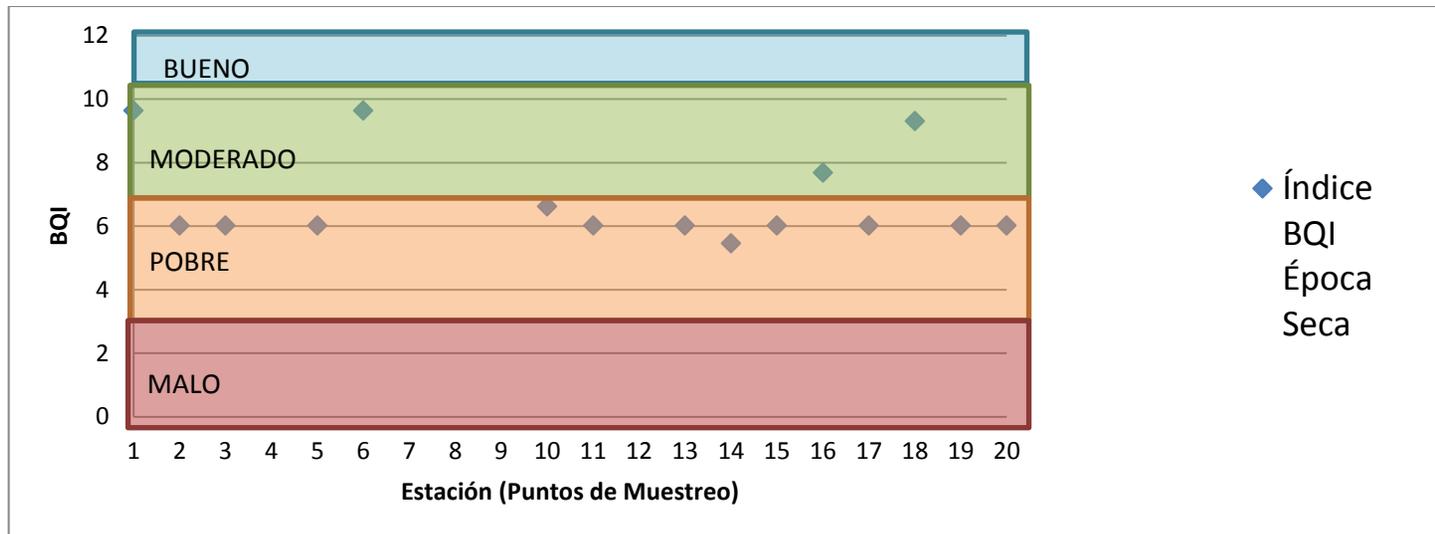


Figura 18.- Resultado Índice BQI en diferentes Grados de Perturbación de Época Seca.

#### **3.4.4. Resultados Índice WQI-NSF.-**

En el Anexo 11 se muestran los resultados del NSF-WQI de la Época Lluviosa y Seca.

De acuerdo a este índice, en la Época Lluviosa se presenta un Estado “**MALO**” en las estaciones 1, 5, 7, 10, 13 y 14 y un Estado “**MODERADO**” en las estaciones 2, 3, 4, 6, 8, 9, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19 y 20. La estación 17 demostró la mejor calidad ambiental con un puntaje de 56.74 y la estación 1 demostró la peor condición con un puntaje de 41 (Ver Figura 19).

En la Época Seca se presenta un Estado “**MODERADO**” en todas las estaciones presentes del 1 al 20. La estación 2 demostró el puntaje más alto con 69.22 y la estación cuatro con el puntaje más bajo de 51,49 (Ver Figura 20).

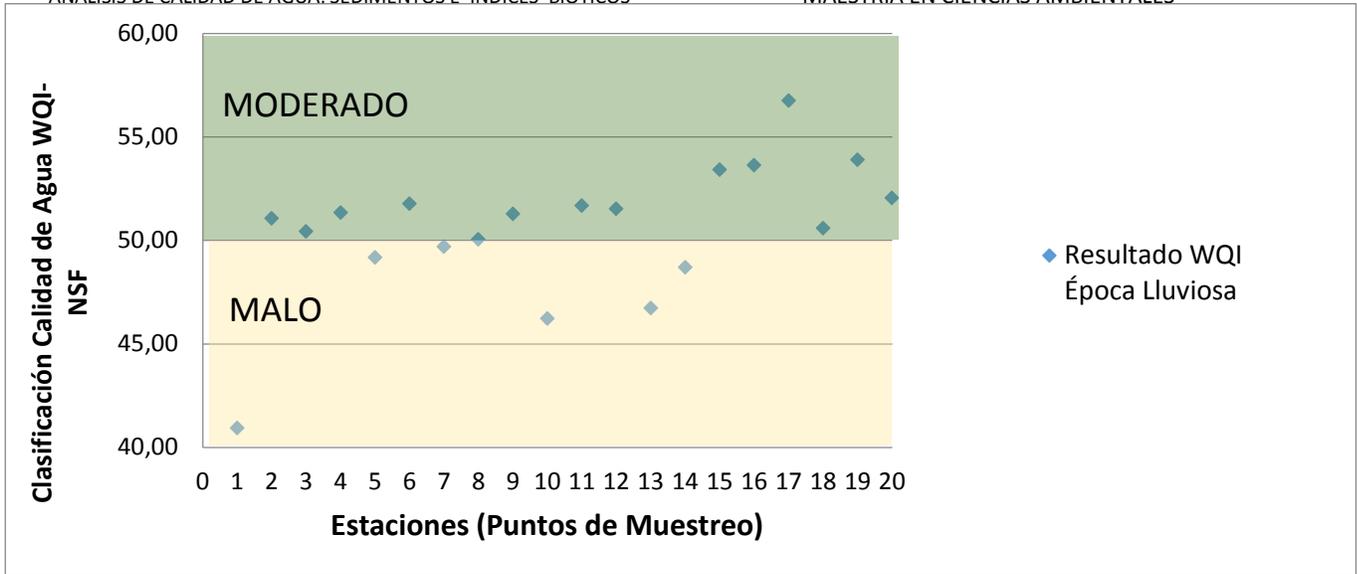


Figura 19.- Resultado WQI-NSF para cada una de las estaciones en diferentes Grados de Perturbación durante la Época Lluviosa.

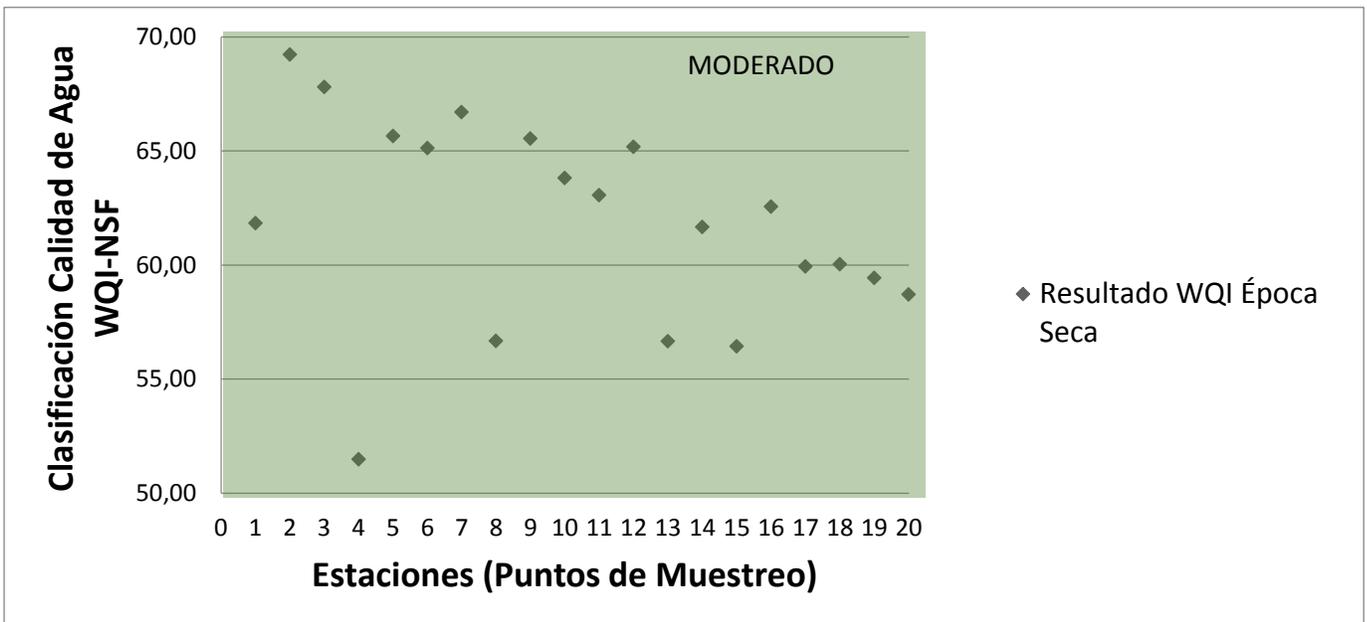


Figura 20.- Resultado WQI-NSF para cada una de las estaciones en diferentes Grados de Perturbación durante la Época Seca.

### **3.4.5. Resultados Índice DQO (Conagua).-**

En la Figura 21 se presentan los resultados del DQO en Época Lluviosa, presentando así un Estado de “**CONTAMINACIÓN**” en las estaciones 4, 5, 7, 14, 15 y 18. En Estado de “**ACEPTABLE**” se presentan las estaciones 1, 2, 3, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 16, 17, 19 y 20. Y únicamente en Estado “**BUENA CALIDAD**” la estación 11.

En la Figura 22 se presentan los resultados del DQO en Época Seca, presentando así un Estado de “**ACEPTABLE**” en las estaciones 5, 6, 7, 11, 14, 15, 16 y 18. En Estado “**BUENA CALIDAD**” se presentan las estaciones 1, 2, 3, 8, 9, 10, 12, 13, 17 y 19. Y por último únicamente la estación 4 en Estado “**EXCELENTE**”.

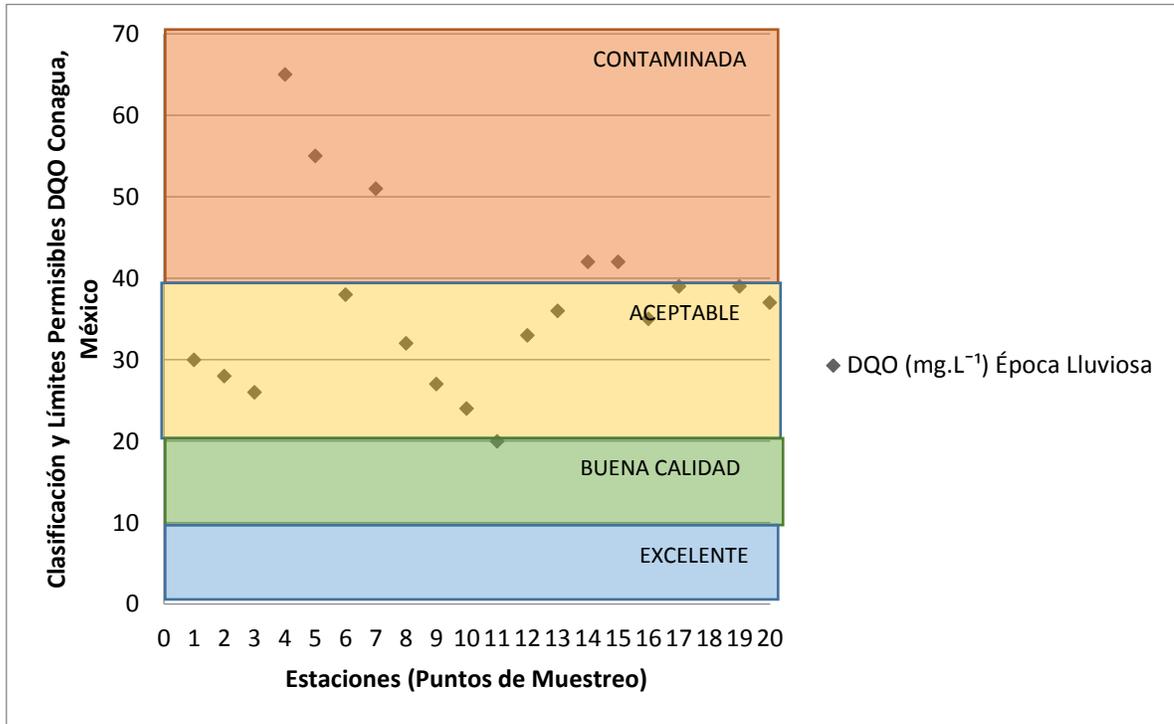


Figura 21.- Resultado DQO según Conagua (Mexico) en diferentes Grados de Perturbación de Época Lluviosa.

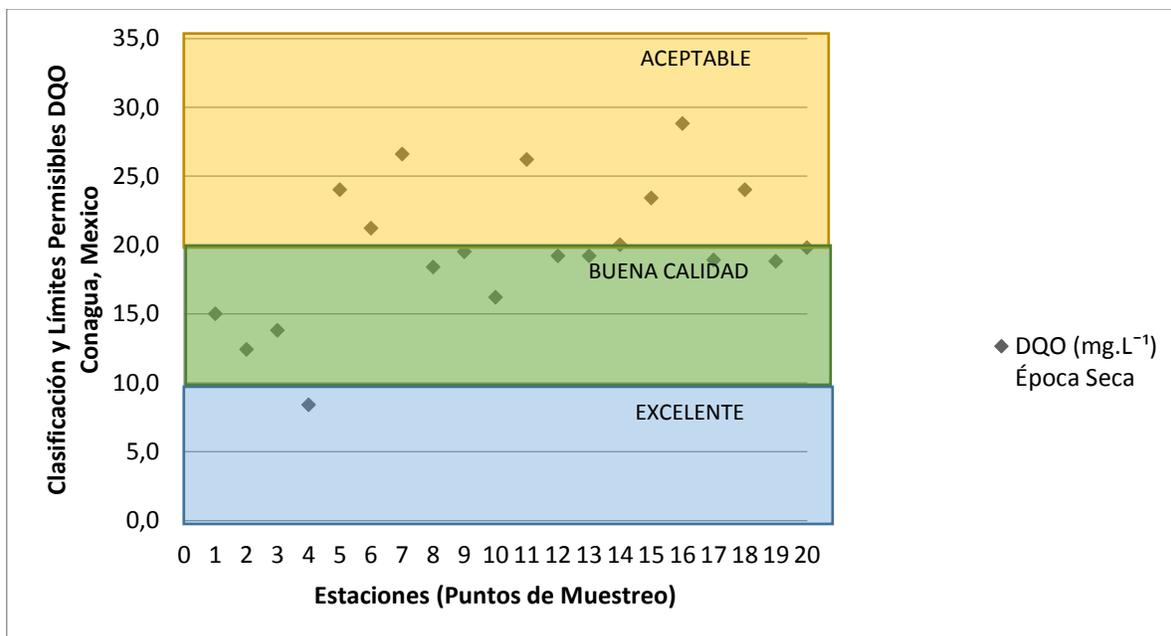


Figura 22.- Resultado DQO según Conagua (Mexico) en diferentes Grados de Perturbación de Época Seca.

### 3.5. Correlaciones entre los índices bióticos y de calidad de agua, y Las Variables Ambientales.-

En las Tabla 19 y 20 se presentan los resultados de las correlaciones de Spearman entre los índices bióticos y Las Variables Ambientales en época lluviosa y época seca.

	Profundidad (ml)	Temperatura (°C)	pH	DO (mg.L <sup>-1</sup> )	DO (%sat)	AMBI
AMBI	0,66					
BQI	0,73					0,88
WQI	-0,56	-0,62	0,82	0,77	0,78	

Tabla 21.- Correlación de Spearman calculado entre los índices bióticos y de calidad de agua con las variables ambientales durante la Época Lluviosa. Valores mostrados son significativos a un  $p < 0.05$ .

	DO (mg.L <sup>-1</sup> )	DO (%sat)	DO(mg.L <sup>-1</sup> ) Prof	DO (%sat) Prof	DBO5 (mg.L <sup>-1</sup> )	%Arena (63µm- 2mm)	%Limo (38- 63µm)	AMBI	BQI	Shannon	Brillouin	Brileven	McIntosh	McEven	Simpson
AMBI				-0,49		0,59	-0,57								
BQI				-0,48			-0,47	0,71							
WQI	0,67	0,71	0,53	0,48	-0,50										
Shannon							-0,49	0,61	0,64						
Brillouin							-0,51	0,62	0,62	0,99					
Brileven							-0,45	0,63	0,57	0,98	0,97				
McIntosh							-0,47	0,64	0,58	0,99	0,98				
McEven							-0,45	0,63	0,57	0,98	0,97		1,00		
Simpson							-0,47	0,64	0,58	0,99	0,98	1,00		1,00	
Margalef							-0,49	0,61	0,63	1,00	0,99	0,98	0,99	0,98	0,99

Tabla 22.- Correlación de Spearman calculado entre los índices bioticos y de calidad de agua con las variables ambientales durante la Época Seca. Valores mostrados son significativos a un  $p < 0.05$ .

### 3.6. Correlaciones entre Fauna Acuática e Índices Bióticos.-

En la Tabla 21 se presentan las correlaciones entre Fauna Acuática e Índices Bióticos en la Época Seca. No hubo correlaciones de este tipo en Época Lluviosa.

	# Individuos x estación	# taxas x estación	AMBI	BQI	Shannon	Shaneven	Brillouin	Brileven	McIntosh	McEven	Simpson	Margalef
AMBI	0,82											
BQI	0,85											
Capitella sp.			0,45									
Nereis	0,51		0,71	0,61								
Alpheus		0,46			0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69

Tabla 23.- Correlación de Spearman calculado entre los índices con la abundancia de las especies durante la Época Lluviosa. Valores mostrados son significativos a un  $p < 0.05$ .

	Abundancia (individuos x estacion)	Riqueza (#taxas)	AMBI	BQI	Shannon	Brillouin	Brileven	McIntosh	McEven	Simpson	Margalef
Riqueza (#taxas)	0,87										
AMBI	0,61	0,69									
BQI	0,69	0,76	0,71								
Capitella sp.			0,54		0,54	0,63	0,55	0,57	0,55	0,57	0,57
Nereis sp.			0,47	0,49	0,63	0,60	0,62	0,61	0,62	0,61	0,62
Mitella strigata sp.			0,48		0,52	0,52	0,49	0,52	0,49	0,52	0,52

Tabla 24.- Correlación de Spearman calculado entre los índices con la abundancia de las especies durante la Época Seca. Valores mostrados son significativos a un  $p < 0.05$ .

### **3.7. Análisis de los Componentes Principales (PCA) y ANOSIM:**

#### **3.7.1. Clasificación PCA con Variables Ambientales de Época Lluviosa y Época y Seca.-**

Para la aplicación del PCA se utilizaron los siguientes parámetros:

Temperatura (°C); pH; Salinidad (ppt); DO (% sat); Turbiedad (NTU);

Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ); Fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ );  $\text{DBO}_5$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ); %MO ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), La

mayoría de los parámetros fueron utilizados para el Índice WQI-NSF. Los

resultados del Análisis del PCA se encuentran en el Anexo 13.

Al aplicar el PCA con los parámetros mencionados en los veinte sitios de

muestreo, se identificaron cuatro ZONAS principales en toda la Reserva

Manglares Churute, que son (Ver figura 23):

- Estero Churute, corresponde a las estaciones 1, 2, 3, 4 (Color Verde).
- Final Estero Churute, corresponde a las estaciones 5, 6, 7, 13, 14 (Color Azul).
- Canal Matorrillos y Taura, corresponde a las estaciones 8, 9, 10, 11, 12 (Color Celeste)
- y Canal cerca Isla Ingleses, corresponde a las estaciones 15, 16, 17, 18, 19, 20 (Color Rojo)

Como se puede observar en la Figura 28 se encuentra la gráfica con relación al PCA. El eje PC1 representó el 28.4% de la varianza, se correlaciona positivamente con Materia Orgánica (MO%) y negativamente con Temperatura y Turbiedad. El eje PC2 representó el 51.7% de la varianza, se correlaciona positivamente con DBO, Fosfatos, pH, Salinidad y Oxígeno Disuelto (% sat); y negativamente con Nitratos (Ver anexo 13).

Se observa la Zona del Estero Churute con mayor materia orgánica, el sector de transición por su aporte de aguas salinas que es la Zona Final del Estero Churute, el sector neutral que es la Zona de Isla Los Ingleses y el sector con mayores cambios y perturbaciones que sería la Zona Canal Matorrillos y Taura con elevada Turbiedad, Temperatura y DBO<sub>5</sub>. Las estaciones de Época Seca y Época Lluviosa se logran dividir por la presencia de la Salinidad, esta conclusión se logra gracias a varios ejercicios anteriores del PCA para lograr la mejor agrupación y su distinción por sectores.

### PCA Environmental. Época Lluviosa y Seca Reserva Ecológica Manglares Churute

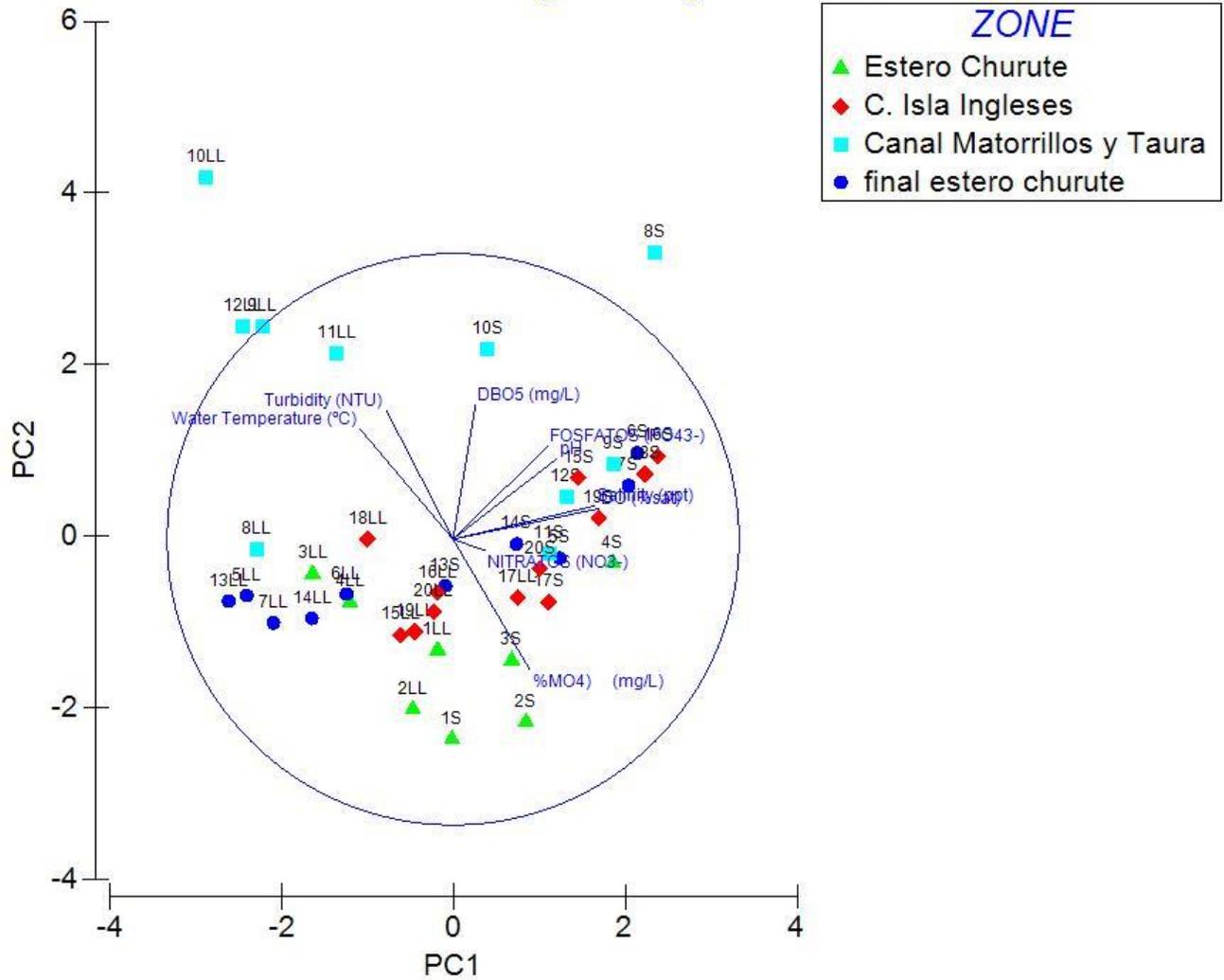


Figura 23.- PCA (Análisis de Componente Principales) con variables físico-químicas divididas por sectores en época seca y lluviosa.

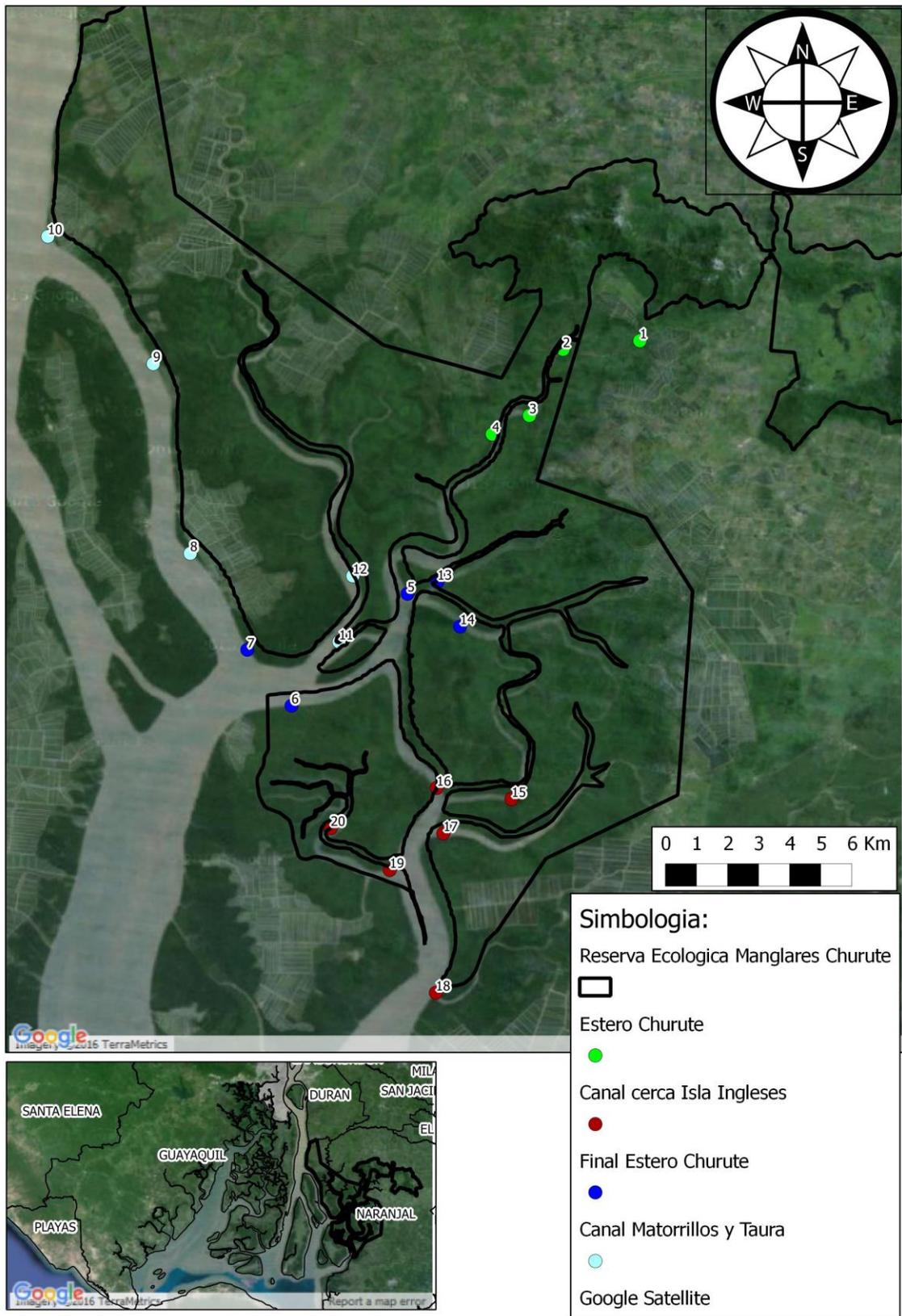


Figura 24.- Zonas identificadas en la Reserva Manglares Churute (Fuente: Geoportel del Instituto Geográfico Militar del Ecuador publicado el 2011)

### **3.7.2. ANOSIM, Análisis de Similaridad de Una Vía (ZONA/EPOCA).-**

Los resultados del Análisis de ANOSIM de Una Vía de ZONA/ÉPOCA se encuentra en el Anexo 14. Para los análisis del ANOSIM se utilizaron los mismos parámetros físico-químicos para realizar el PCA con sus respectivas Zonas identificadas. De esta manera se trabajaron las variables ambientales físico-químicas por “ZONAS” y “EPOCA” del año o Estación. La Varianza entre ÉPOCA-ZONA fue de R: 0,536 (Valor de significancia = 0,1 %).

### **3.7.3. ANOSIM, Análisis de Similaridad de Dos Vías (ZONA y EPOCA).-**

Los resultados del Análisis de ANOSIM de Dos Vías para ZONA y ÉPOCA se encuentran en el Anexo 15.

La Varianza en grupos de ÉPOCA fue de R: 0,667 (Valor de significancia = 0,1 %). La Varianza que hubo en grupos de ZONA fue de 0,401 (Valor de significancia=0,10%).

### **3.8. Parámetros Físicos Químicos e Índices con Media y Desviación Estándar por ZONAS de la Reserva Manglares Churute durante época lluviosa y seca.-**

A continuación se presentan las descripciones estadísticas de los siguientes parámetros físicos-químicos con sus figuras correspondientes: Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH, Salinidad (ppt), Oxígeno Disuelto en porcentaje de saturación, Turbiedad (NTU) , Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), Fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ),  $\text{DBO}_5$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), Materia Orgánica ( $\text{MO}^4$ ) ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), Resultados WQI-NSF, Resultados AMBI época seca, Resultados BQI época seca, Conductividad ( $\text{ms/cm}$ ), TDS (Sólidos Disueltos Totales), Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), DQO ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) y Profundidad del sitio (ml). Los valores de Media y Desviación Estándar por parámetro se muestran en los Anexos 16 y 17.

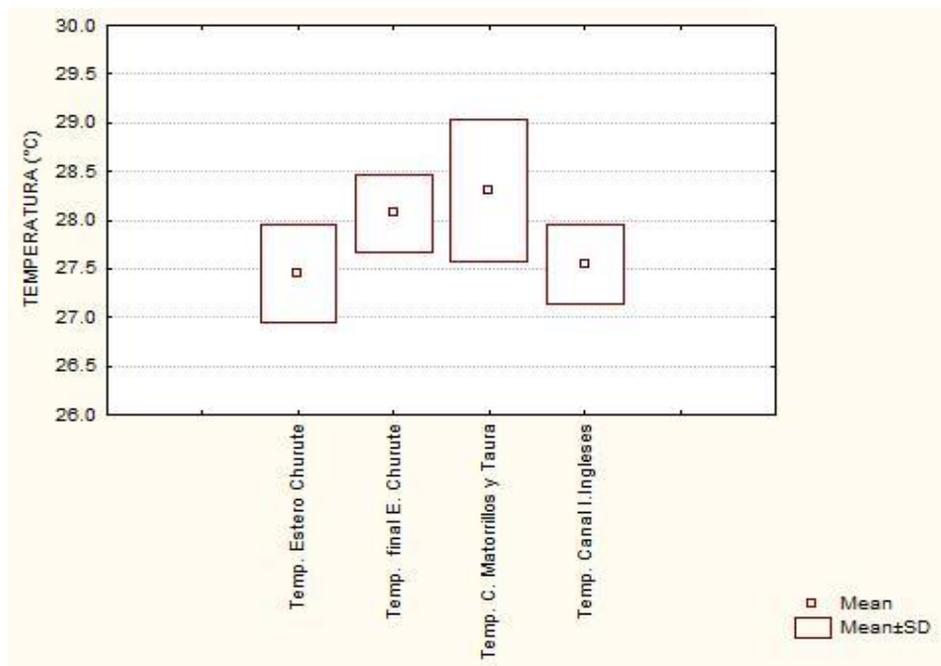


Figura 25.- Contenido de Temperatura durante el periodo de estudio por Zonas

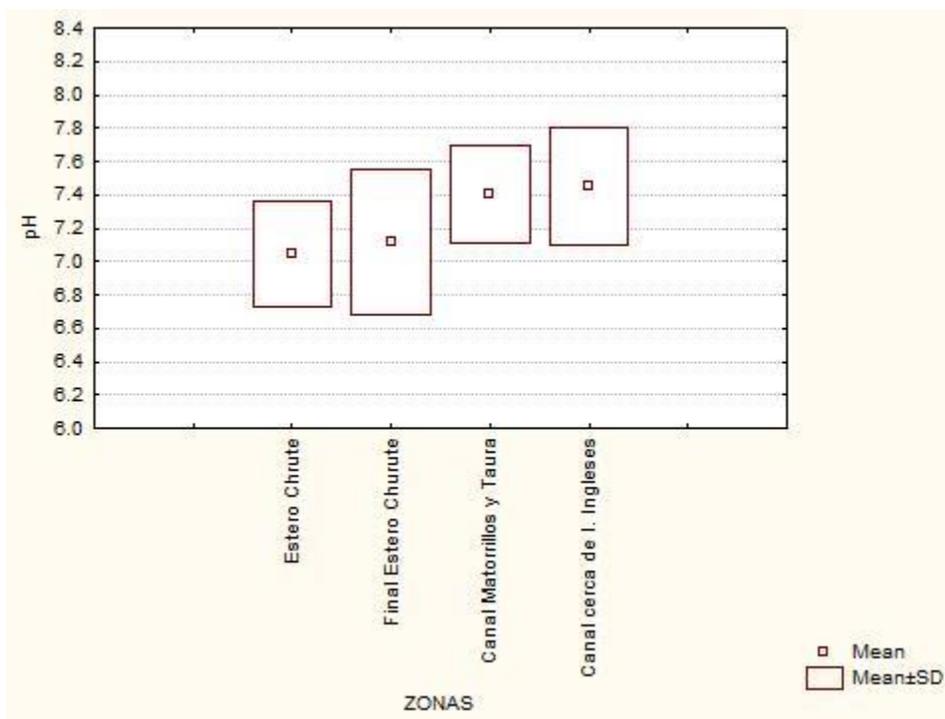


Figura 26.- Contenido de pH durante el período de estudio por Zonas.

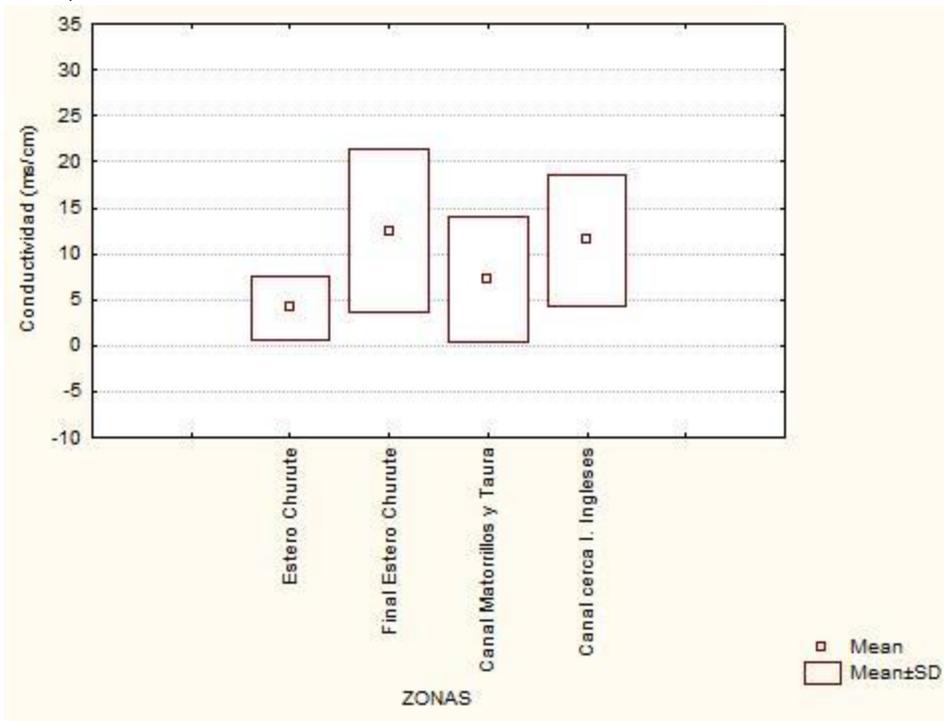


Figura 27.- Niveles de Conductividad durante el periodo de estudio por Zonas.

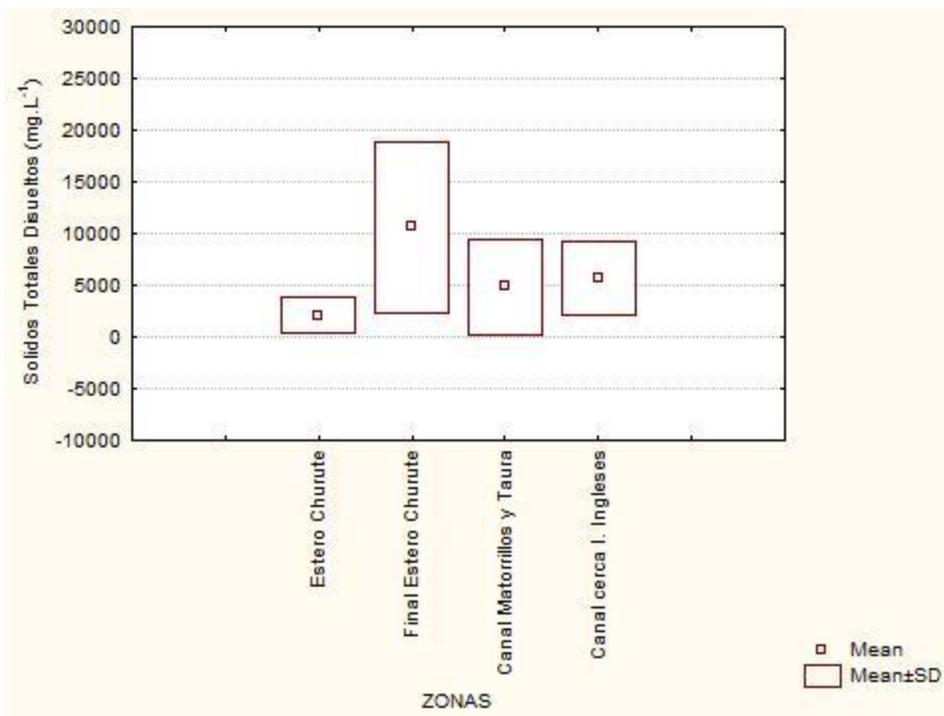


Figura 28.- Contenido de Sólidos Totales Disueltos, TDS durante el periodo de estudio por Zonas.

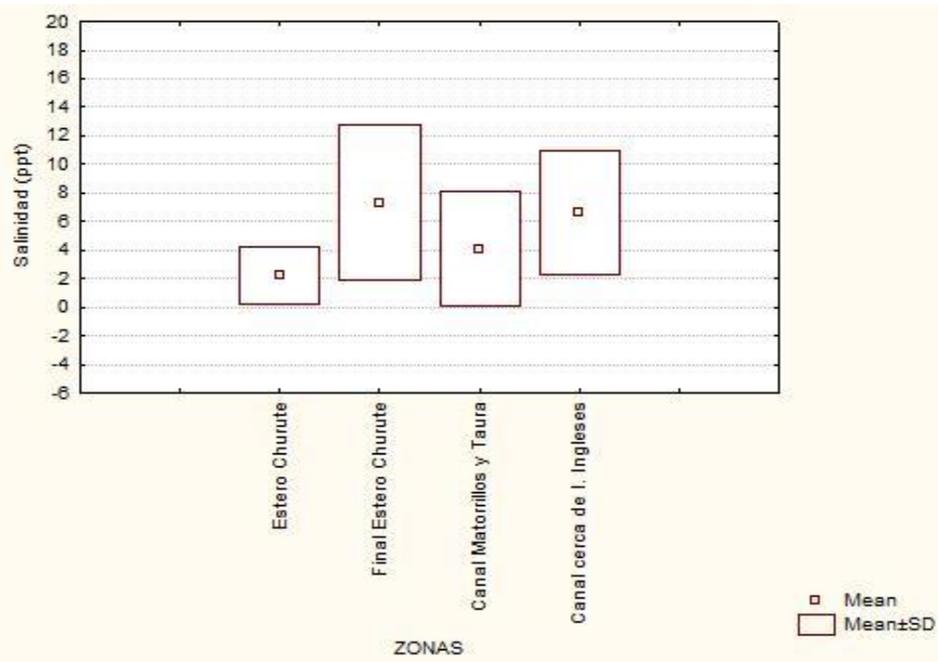


Figura 29.- Contenido de Salinidad durante el periodo de estudio por Zonas.

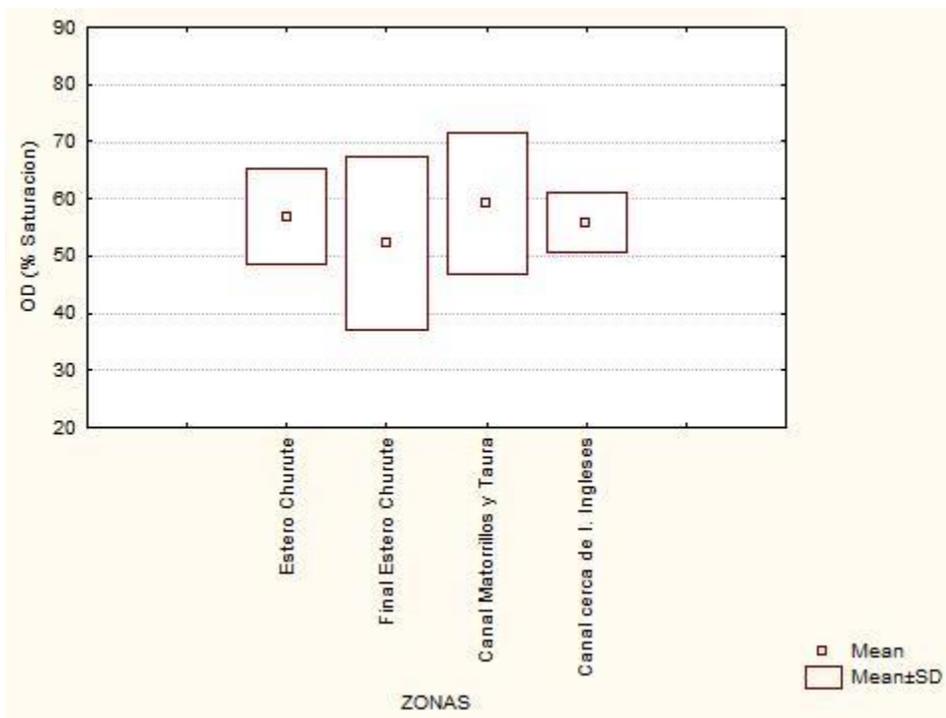


Figura 30.- Contenido de Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto, %DO durante el periodo de estudio por Zonas.

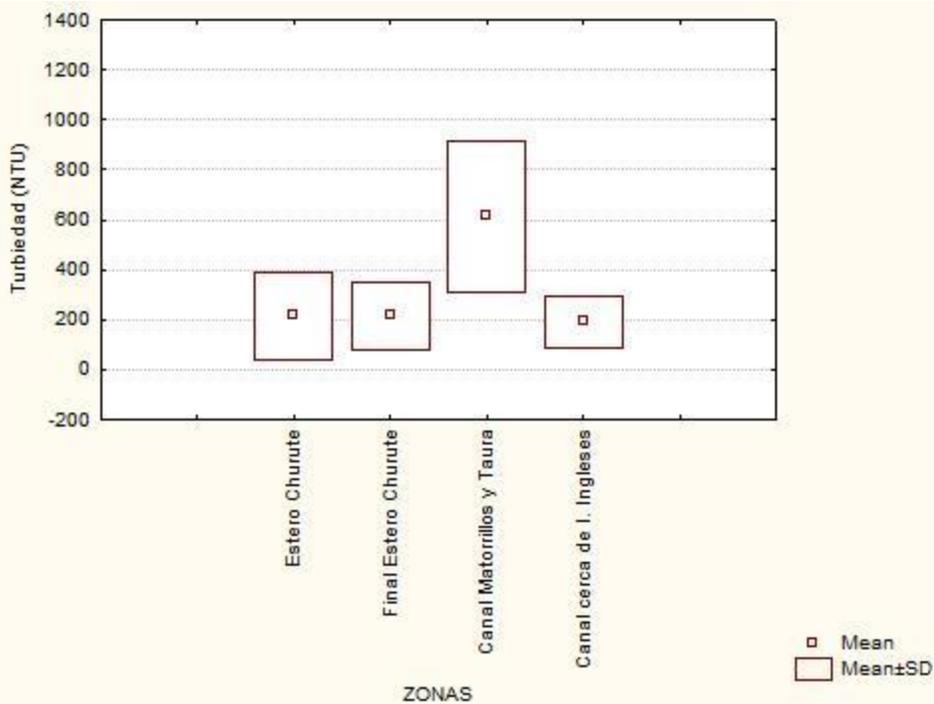


Figura 31.- Contenido de Turbiedad durante el periodo de estudio por Zonas.

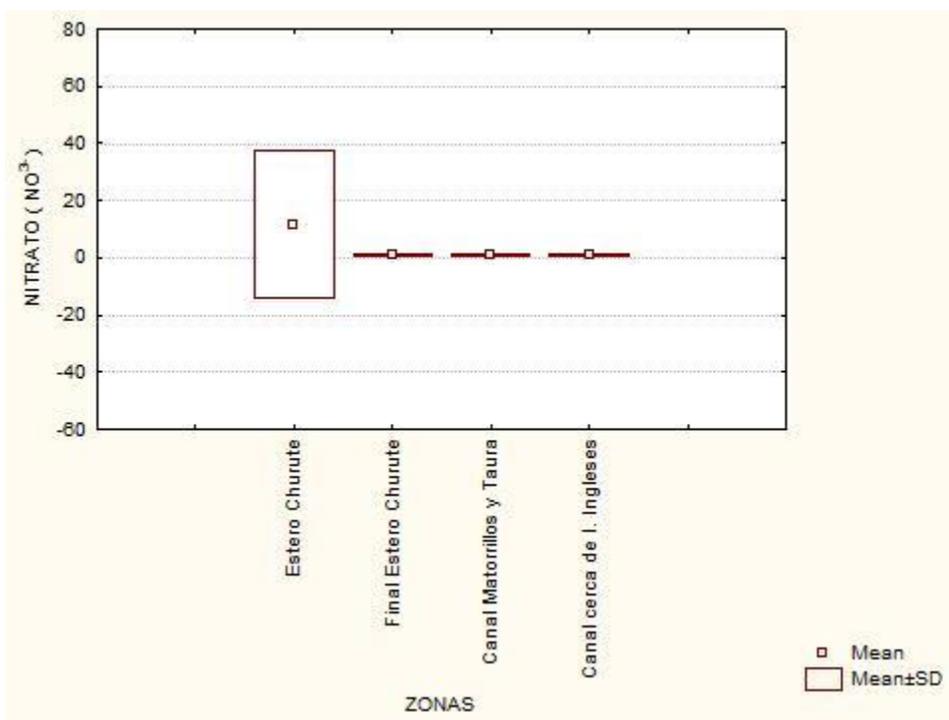


Figura 32.- Contenido de Nitrato durante el periodo de estudio por Zonas.

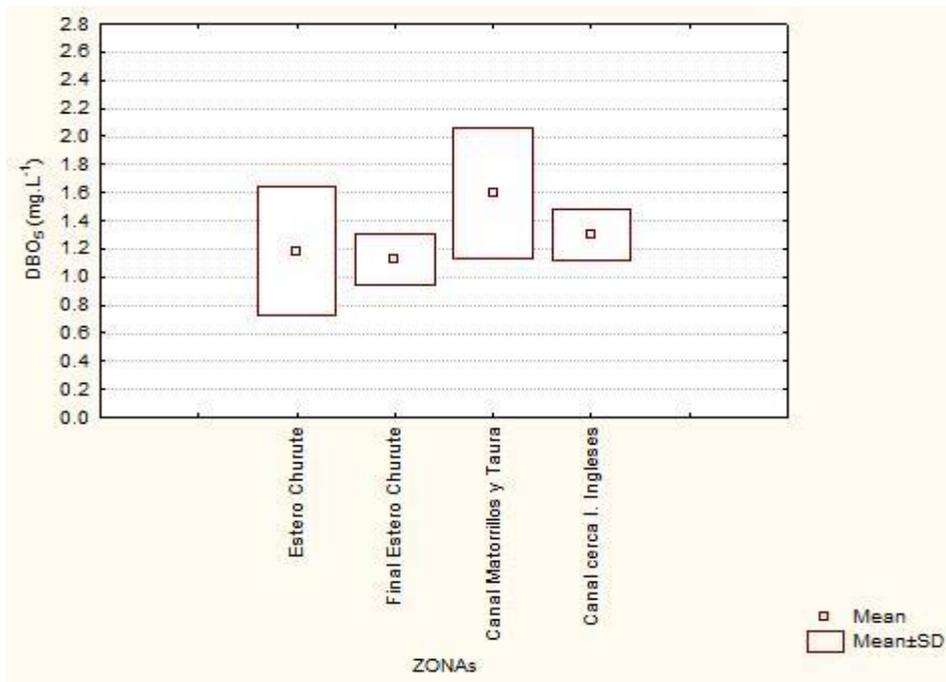


Figura 33.- Contenido de DBO<sub>5</sub> durante el periodo de estudio por Zonas.

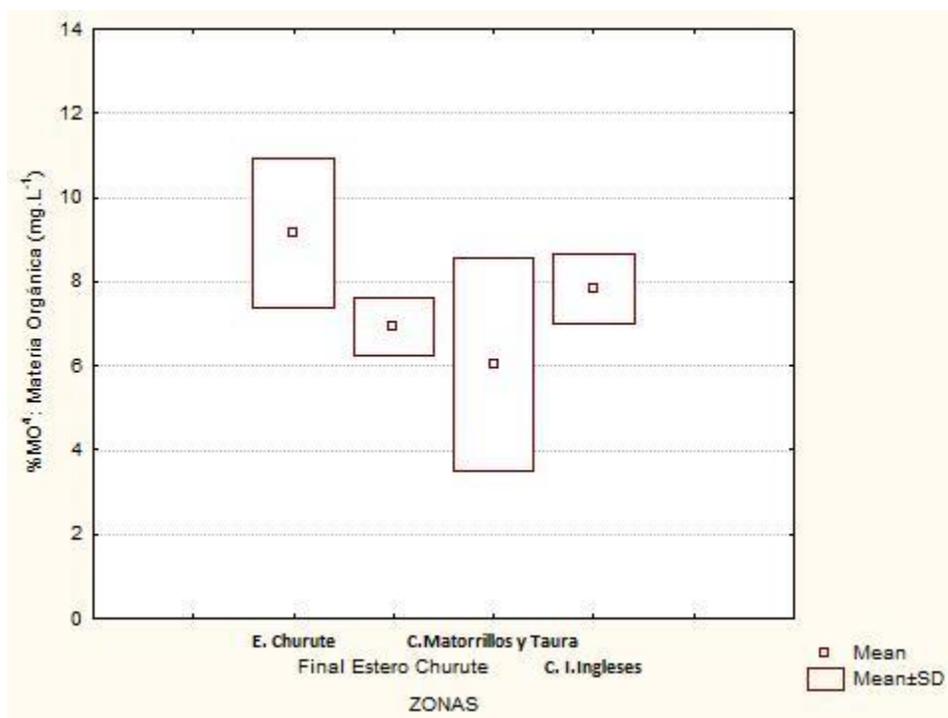


Figura 34.- Contenido de Materia Orgánica (%MO<sup>4</sup>) durante el periodo de estudio por Zonas.

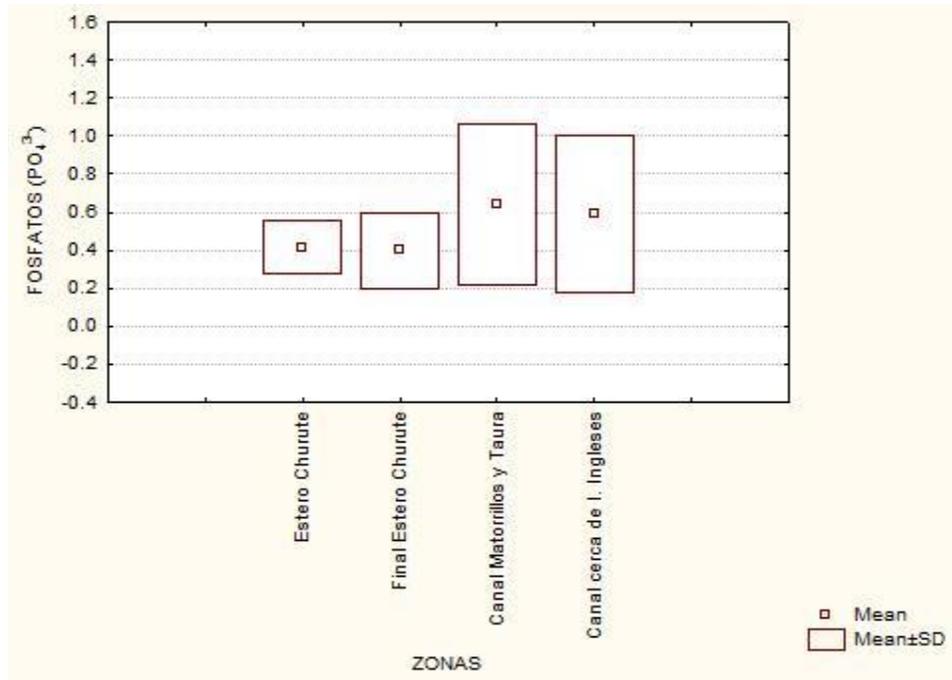


Figura 35.- Contenido de Fosfatos durante el periodo de estudio por Zonas.

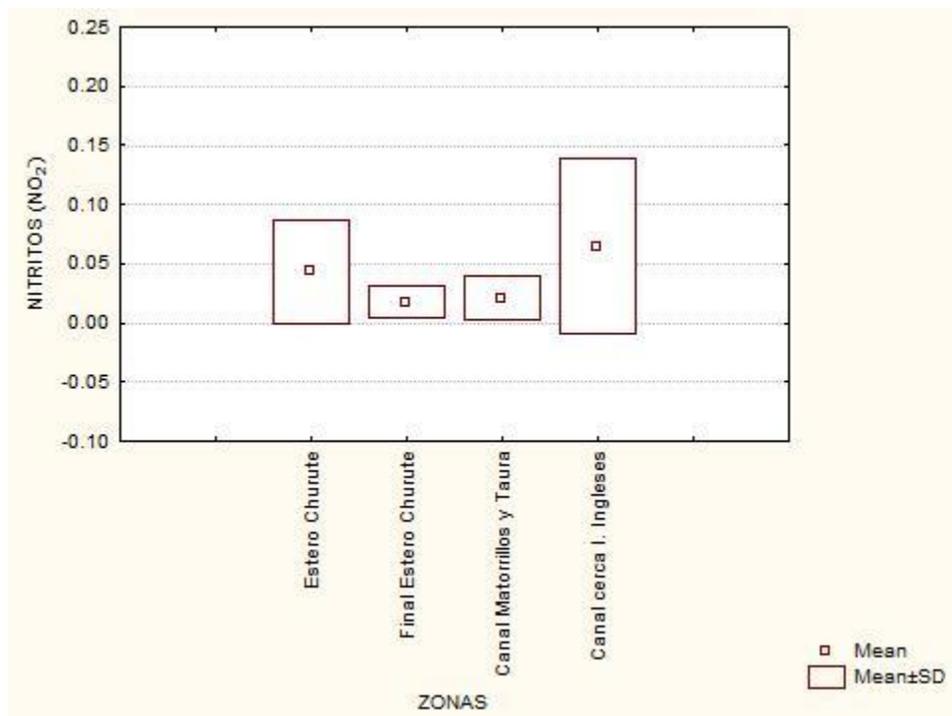


Figura 36.- Contenido de Nitritos durante el periodo de estudio por Zonas.

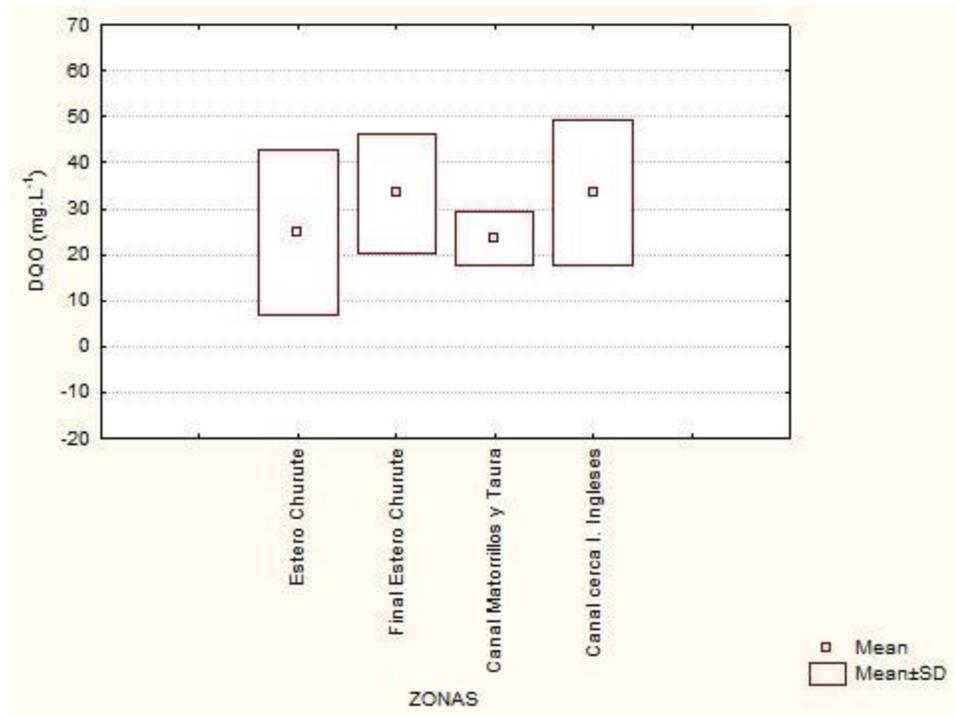


Figura 37.- Contenido de DQO durante el periodo de estudio por Zonas.

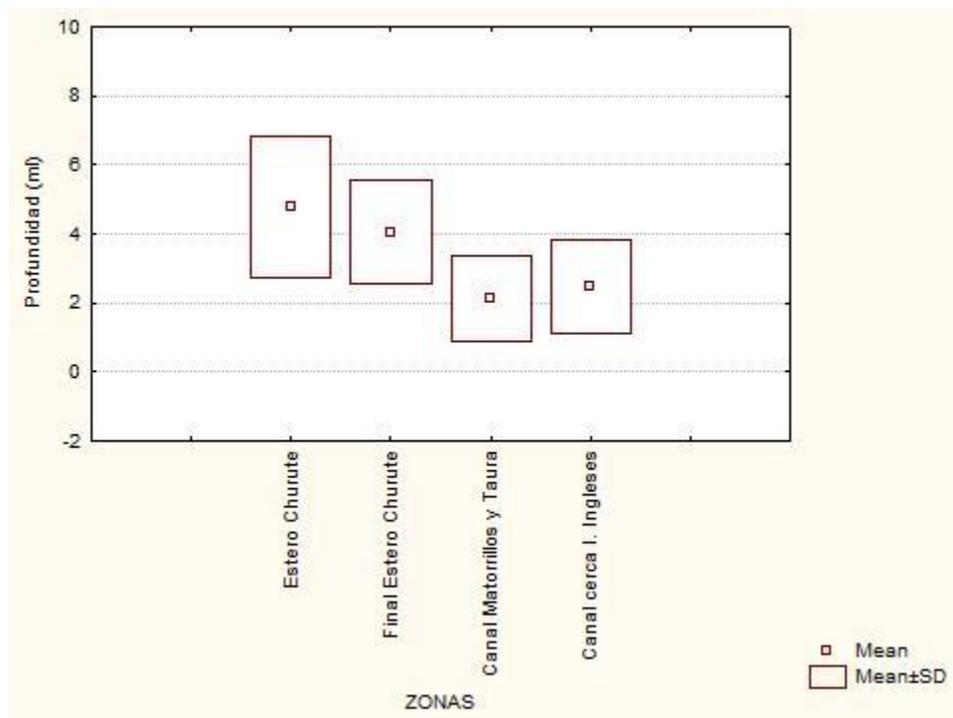


Figura 38.- Profundidades medidas durante el periodo de estudio por Zonas.

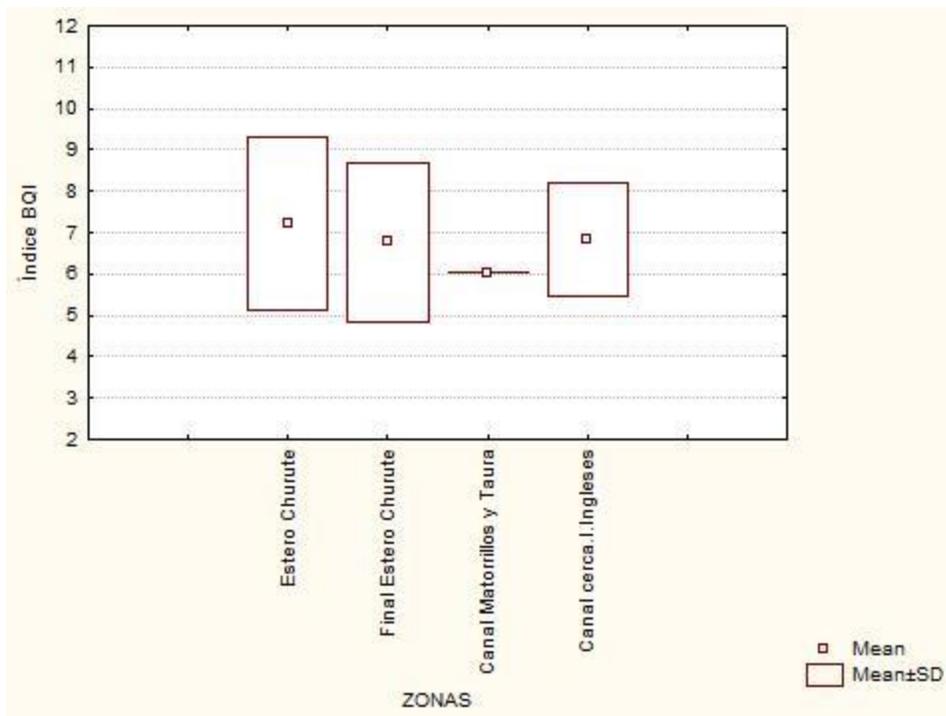


Figura 39.- Índice BQI durante el periodo de estudio por Zonas.

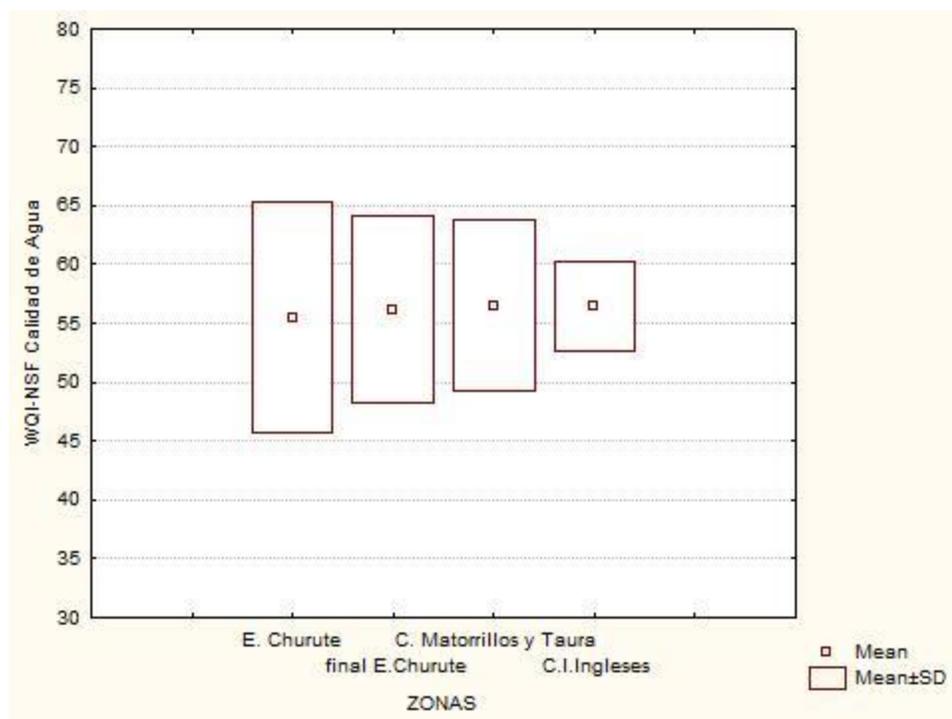


Figura 40.- Índice WQI-NSF durante el periodo de estudio por Zonas.

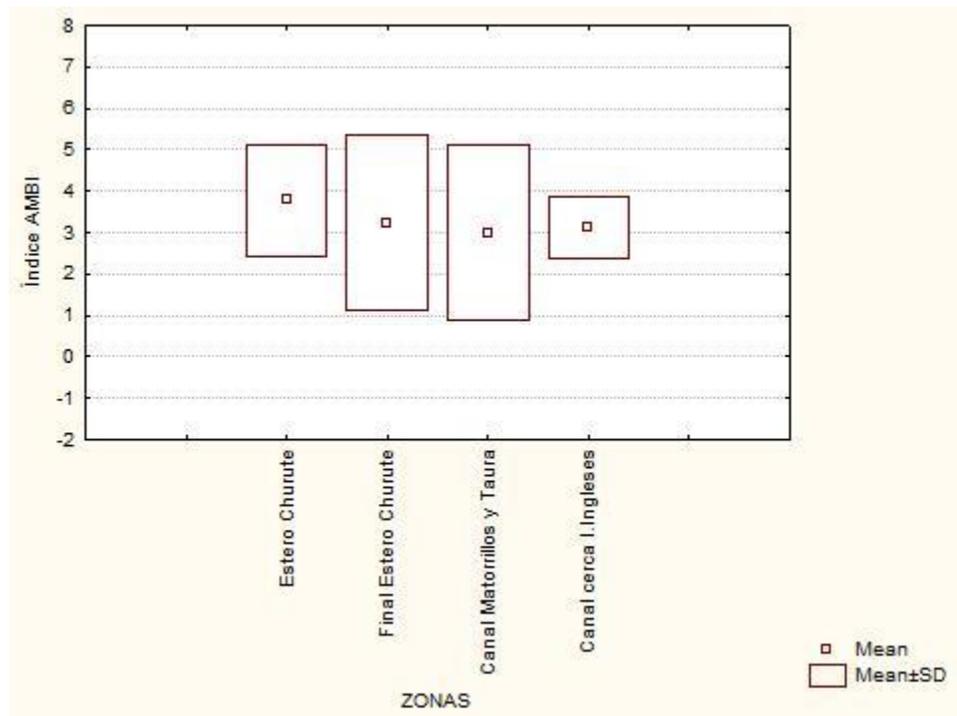


Figura 41.- Índice AMBI durante el periodo de estudio por Zonas.

## **DISCUSIÓN:**

### **Muestreo y salidas de campo.-**

En las salidas de campo, los tiempos de los recorridos fueron de casi treinta minutos a una hora para alcanzar los puntos de muestreo, por esta razón las muestras de bentos no fueron tamizadas en el mismo lugar. -Referente al muestreo en sí, se contó con la ventaja de haber realizado los recorridos con canoeros del sector mismos que aportaron con su amplia experiencia recorriendo los esteros y ríos que forman los cuerpos de agua de la Reserva Manglares Churute.

Podemos visualizar las fotos de los sitios muestreados en los Anexos 1, 2, 3, 4 y 5.

### **Acerca de la aplicación de los Índices de Diversidad.-**

Se puede ver muy claramente que la variedad de especies en las muestras es notoria pero de escasa abundancia, esto ha hecho que los índices de diversidad sean de poca eficiencia. En algunos estudios se comparan los índices del WFD (The European Water Framework Directive), AMBI y BQI con índices de diversidad como Shannon. A pesar de utilizar todos los grupos taxonómicos, no se pudo ver un resultado para la toma de decisiones.

### **Relación entre resultados de los índices AMBI y BQI.-**

Los valores de AMBI en la época lluviosa oscilaron desde 1.5 hasta 6; y en la época Seca los valores fueron desde 1.5 hasta 5.67. De acuerdo a los resultados se logra descifrar un estado **“LIGERAMENTE CONTAMINADO”** en el estuario Manglares Churute, tomando en cuenta sólo la época seca por tener una mayor abundancia de especies.

En relación a las escalas ecológicas de AMBI, tanto en la época lluviosa como en la época seca, domina la **“TERCERA ESCALA ECOLÓGICA”** de Borja lo cual conlleva a considerar al sitio en un estado **“BUENO”**.

Los valores de BQI demostraron valores más variables y a la vez muy bajos; en la época lluviosa se dieron valores desde 3.01 a 6.02 y en la época seca desde 6,02 hasta 9,63. Con esto, podría decirse que el estado ecológico del manglar según BQI sería **“POBRE”** solamente considerando la estación seca por tener mayor abundancia de especies.

Lo que se puede resaltar sobre los índices del WFD (European Water Framework Directive), es que en el muestreo de Manglares Churute existieron algunas diferencias entre AMBI y BQI. BQI tiene una fuerte relación con la riqueza y abundancia de las especies en un muestreo,

pero a pesar de aquello es posible la determinación del  $ES_{0.05}$  a pequeñas escalas de individuos por especie.

A pesar de las críticas hacia AMBI por su poca sensibilidad con las especies que en su mayoría se ubican en la tercera escala ecológica, en el presente muestreo de la época seca demostró claramente los sitios moderadamente perturbados con especies en la quinta y cuarta escala de Borja, estas son las estaciones de la época seca 1, 10, 14 y 15, siendo la estación 1 un muelle, la estación 10 que recoge las impurezas del río Guayas, la estación 14 cerca de corrientes entrantes de salinidad y la estación 15 con influencia de agricultura y camaroneras cercanas. La variedad de especies en la Época Seca permitió que AMBI trabaje de manera adecuada. No se ha tomado en cuenta el resultado de la época lluviosa debido a su poca abundancia lo cual sin lugar a duda afecta los valores de los índices.

En los resultados del BQI, en la época lluviosa dice que el estado ecológico es “MALO” en la época lluviosa y en la época seca el estadio ecológico es “POBRE”, pero sobre todo esto se da por el limitado número de organismos que fueron encontrados en el sitio, lo cual influye en el índice BQI. En la época seca, el BQI muestra una moderada perturbación en las estaciones 1, 6, 16 y 18, esto se logra gracias a la mayor cantidad de individuos presentes en las estaciones nombradas.

### **Comentarios sobre WQI y con relación a los demás índices.-**

En los análisis de **NSF – WQI**, en la época lluviosa los valores oscilan en un rango que va desde 40.94 hasta 56.74, y en la época seca con rangos desde 51.49 hasta 69.22. En la época lluviosa los rangos fueron más variados que la época seca. Por esta razón, y uniendo los resultados de la época seca el estado ecológico según NSF – WQI es **“MODERADO”**.

En el **NSF-WQI** (National Sanitation’s Foundation Water Quality Index), la calidad de agua fue diferente en las dos salidas de campo. En la época lluviosa podría decirse que reflejó excelentes resultados mostrando los sitios que son mayormente perturbados de una u otra manera. Es así que refleja al punto 1 que es un muelle donde existe muy poca entrada de agua dulce, por consiguiente muestra los puntos 5, 7 y 10 que son zonas marcadas por los ingresos de aguas salinas y cerca del río Guayas y del Canal de Jambelí. Si seguimos muy de cerca los resultados del NSF – WQI vemos que los puntos 8 y 9 están en un puntaje cerca a ser **“MALO”** siendo sitios cerca del Río Guayas. En los puntos 13 y 14 también se refleja un **“MALO”** estado ecológico, siendo ingresos importantes de aguas salinas. En el punto 18 también se refleja un aproximamiento a

ser “MAL” estado ecológico pero queda como estado “MODERADO” siendo un sitio de ingreso de aguas salinas y aguas dulces por el río Naranjal. Por último se puede percibir muy claramente los puntos con mejor estado ecológico de toda la Reserva Manglares Churute y a su vez están unidos entre ellos que son los puntos 15, 16, 17, 19 y 20, siendo el sector ( ZONA )de Isla los Ingleses. Por último en los puntos del Canal Churute se ve claramente que están próximos a un estado “MALO”, que son las estaciones 1, 2, 3, 4 y 5 y los del Río Taura 11 y 12. En otro panorama que es la época seca, todos los puntos de muestreo se ubican en un estado “MODERADO”, sólo mostrando al punto 4 estar cerca a ser un área perturbada, esto debido al acercamiento de actividades antropogénicas.

En los Análisis del WQI-NSF el Oxígeno Disuelto y el Fósforo jugaron un papel muy importante para la determinación del WQI-NSF, teniendo valores del “Q value” con bajos y medianos porcentajes, mientras la Turbidez en su mayoría fue el menor “Q value” de todos los parámetros.

Comparando con los índices del WFD (European Water Framework Directive) AMBI y BQI, vemos que el resultado del WQI-NSF se asemeja más a los resultados de AMBI sobre todo en la época seca, mostrando las estaciones 1, 10 y 14 con moderadas perturbaciones.

### **Comentarios de los niveles de DQO.-**

Los valores de DQO también fueron muy variados en la Época Lluviosa dando rangos desde  $76 \text{ mg.L}^{-1}$  hasta  $20 \text{ mg.L}^{-1}$ . Por lo contrario en la época seca los valores de DQO fueron muy similares desde  $8.4 \text{ mg.L}^{-1}$  hasta  $28.8 \text{ mg.L}^{-1}$ , es así que el estado ecológico que nos da DQO es de **ACEPTABLE (MODERADO)**.

La época lluviosa indicó mayor perturbación que la época seca. Según las estaciones que muestran contaminación en la época lluviosa en su mayoría están en el sector (ZONA) “Final Estero Churute”, mostrando los sectores con mayor aporte salino hacia el interior del estuario Manglares Churute. En resumen el DQO dependió de la Conductividad y Salinidad en la Época Lluviosa para demostrar elevados valores de DQO en  $\text{mg.L}^{-1}$ .

### **Comentarios del PCA (Análisis de principales componentes) y ZONAS relacionadas con los valores estadísticos de los parámetros físico-químicos analizados.-**

El gráfico del PCA (Ver Figura 28) permite ver claramente la zona de transición más importante de toda la Reserva Manglares Churute que es

la Zona Final del Estero Churute en donde se dividen los demás sectores (ZONAS). El sector Estero Churute al tener mayor presencia de Materia Orgánica demuestra la cantidad de sedimentos que viene al interior de la Reserva depositándose en las laderas de los manglares y que estaría provocando cambios en el sector, esto podría ser en parte por el Río Churute sobre todo en la época lluviosa como indica el Plan de Manejo Ambiental de la Reserva (1996) y por el ingreso de aguas salinas que se quedan en este sector. A su vez en el Canal Matorrillos y Taura por tener mayor Turbidez, pH y Temperatura se demuestra la influencia del Río Guayas y actividades antropogénicas del Río Taura

La conductividad y DQO no se toman en cuenta en este análisis por su fuerte correlación y por no poder diferenciar sectores dentro de la Reserva Manglares Churute.

Los parámetros ambientales Fosfatos, Oxígeno Disuelto en porcentaje de saturación y pH marcaron la diferencia en la época seca para determinar los sectores de Final Estero Churute e Isla Los Ingleses. Al igual en la época lluviosa la poca Turbidez y Materia Orgánica determinaron estos mismos sectores.

Basándose en los análisis del PCA y los parámetros por ZONAS con sus medias y desviaciones estándar identificadas en la Reserva Ecológica Manglares Churute se ven los siguientes resultados:

- ❖ Temperatura que fue mayor en el Canal Matorrillos y Sector Taura dando lugar a menores concentraciones de Materia Orgánica
- ❖ Salinidad y Conductividad que fueron menores en el Estero Churute y superior en el Final del Estero Churute y Sector Los Ingleses;
- ❖ Turbiedad y  $DBO_5$  fueron superior en el Canal Matorrillos y Sector Taura;
- ❖ Materia Orgánica siendo superior en el Estero Churute, seguido del Canal Matorrillos y Final del Estero Churute. Estas dos últimas zonas coincide con mayores niveles de arcilla como protección de ataque microbiano (Six et. al, 2002) y estar cerca de las aguas salinas del océano.
- ❖ Nitrato que fue superior en el Estero Churute;
- ❖ Índice WQI-NSF fue menos variable en la ZONA de Isla los Ingleses y siempre se mantuvo con estado “MODERADO”;
- ❖ Índice BQI que fue inferior a los demás índices con un estado de “POBRE” a “MODERADO” , con ninguna variación en el Canal Matorrillos y Sector Taura dejándolo en un estado “POBRE”

- ❖ y por último el Índice AMBI que al igual que el Índice WQI-NSF el sector de Isla los Ingleses fue el que menos variación tuvo y siempre se mantuvo en estado “MODERADO”

### **Similaridad ANOSIM de ZONA-EPOCA en una vía.**

El ANOSIM ÉPOCA/ZONA tuvo la mayor similitud con:

- ❖ Final Estero Churute de época seca con Isla los Ingleses de época seca ( $R=0.28$ ) (Nivel Significancia=2.8); si comparamos esta similitud con el WQI-NSF vemos que la calidad de agua mejoró en el Final Estero Churute en la época seca en relación a la época lluviosa.
- ❖ Estero Churute Época Seca con Canal Matorrillos y Taura Época Seca ( $R=0.31$ ) (Nivel de Significancia = 2.4)
- ❖ Final Estero Churute Época Seca con Canal Matorrillos y Taura Época Seca ( $R=0.20$ ) (Nivel de Significancia = 2.4)
- ❖ Final Estero Churute Época Seca con Isla los Ingleses Época Seca ( $R=0.24$ ) (Nivel de Significancia = 2.8)
- ❖ Canal Matorrillos y Taura seca con Canal Isla los Ingleses Época Seca ( $R=0.267$ ) (Nivel de Significancia = 1.7)

Se presentaron las mayores diferencias en las siguientes variables:

- ❖ Final Estero Churute Época Seca con C. Isla Ingleses Época Lluviosa (R=0.739) (Nivel Significancia = 0.2).
- ❖ Canal Matorrillos y Taura Época Seca con C. Isla Ingleses Época Lluviosa (R=0.528) (Nivel Significancia = 0.2).
- ❖ C. Isla Ingleses Época Seca con Final Estero Churute Época Lluviosa (R=0.848) (Nivel Significancia = 0.2).
- ❖ C. Isla Ingleses Época Seca con Canal Matorrillos y Taura Época Lluviosa (R=0.923) (Nivel Significancia = 0.2).
- ❖ C. Isla Ingleses Época Seca con C. Isla Ingleses Época Lluviosa (R=0.613) (Nivel Significancia = 0.2).
- ❖ Canal Matorrillos y Taura Época Lluviosa con C. Isla Ingleses Época Lluviosa (R=0.72) (Nivel Significancia = 0.2).

Los resultados del ANOSIM ZONA/EPOCA tienen similitud con el Índice de Calidad de Agua, WQI-NSF, en donde todos sus sitios de muestreo se ubican en Estado Moderado con pocas variaciones de los parámetros físicos-químicos.

En el Análisis Similaridad por dos Vías (ZONA Y ÉPOCA) se presentan las varianzas individuales por ZONA. Se concluye que hay mayores diferencias en las siguientes variables:

- ❖ Estero Churute con C. Isla Ingleses (R=0.48) (Nivel Significancia = 0.1).
- ❖ Final estero churute, C. Isla Ingleses (R=0.42) (Nivel Significancia = 0.1).
- ❖ Canal Matorrillos y Taura, C. Isla Ingleses (R=0.493) (Nivel Significancia = 0.1).

El Análisis de Similitud **ANOSIM** demostró de dos vías la mayoría de diferencias en el Sector de Isla Los Ingleses con los demás sectores tanto en época seca como en la época lluviosa en especial con el sector (ZONA) del Canal de Matorrillos y Río Taura.

**Comentarios de los sectores con todas las variables e índices medidos y sus descripciones estadísticas.-**

Con relación a los índices: el WQI-NSF y AMBI mostraron menos variación en el Sector de Isla Los Ingleses. El índice BQI mostró la mayor perturbación en el Canal Matorrillos y Taura, indicando así que el Sector Isla Los Ingleses es la zona más conservada de la Reserva.

Comparando con los resultados del PCA, el  $\text{DBO}_5$  fue mayor en el Canal Matorrillos y Taura. A su vez sigue demostrando la poca variación en el Sector de Isla Los Ingleses.

La profundidad fue superior en el Estero Churute y Final del Estero Churute por realizarse mediciones en estos sectores en pleamar.

La Materia Orgánica fue notoriamente superior en el Sector Estero Churute, delimitando el interior del Manglar separándose de la Zona de transición o Sector final Estero Churute.

El nitrato fue también importante en la determinación del Estero Churute, marcando las mayores cantidades de nitrato en el sector del muelle (P1).

Las mayores cantidades de Sólidos Disueltos Totales (TDS) en el sector Final Estero Churute se relacionan con la gran cantidad de Salinidad del sector y con el DQO.

La mayor temperatura y Turbidez se presentan en el Canal Matorrillos y Taura, lo cual también se aprecia en el PCA marcando el sector junto con el  $\text{DBO}_5$ .

### **CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:**

- a) El presente estudio demostró que el sector del Río Churute-Ruidoso y Río Taura-Bulubulu son los sectores con mayor perturbación la cual provino efectivamente de las descargas de camaroneras y agricultura, seguidos del Canal Matorrillo por su alta carga orgánica proveniente del Río Guayas.
  
- b) El monitoreo hidrobiológico mediante la combinación de parámetros físico-químicos, macroinvertebrados y diferentes análisis estadísticos demostraron ser herramientas indispensables y de gran importancia para la gestión de recursos hídricos y representa una alternativa de evaluación ambiental para estos recursos.
  
- c) A pesar de la poca abundancia de especies, los índices AMBI y BQI fueron capaces de demostrar los sitios con mayor actividad antropogénica de todo el Estuario de la Reserva Manglares Churute.
  
- d) El sector de La isla Los Ingleses y Estero Boca de Álamos demostraron ser las áreas con mejor calidad ambiental, esto puede ser al gran aporte de agua dulce del Río Cañar que arrastra menos

perturbación de actividades antropogénicas; sobre todo por las camaroneras, que existen en los demás sectores (ZONAS) de toda la Reserva Manglares Churute.

e) Todos los índices probados en este estudio demuestran que la Reserva Manglares Churute está en un estado ecológico “MODERADO” con cambios importantes por la salinidad en época lluviosa con la época seca.

f) Para futuros estudios se pueden hacer realizar proyectos ambientales en las ramificaciones de los esteros llegando hasta los sectores antropogénicos como las camaroneras para identificar algún otro tipo de impacto que podría afectar a futuro a la Reserva Manglares Churute.

g) El Sector Estero Soledad Chica y Estero Soledad Grande demostraron ser los sectores con mayor influencia de aguas salinas que se reparten hacia toda la Reserva Manglares Churute.

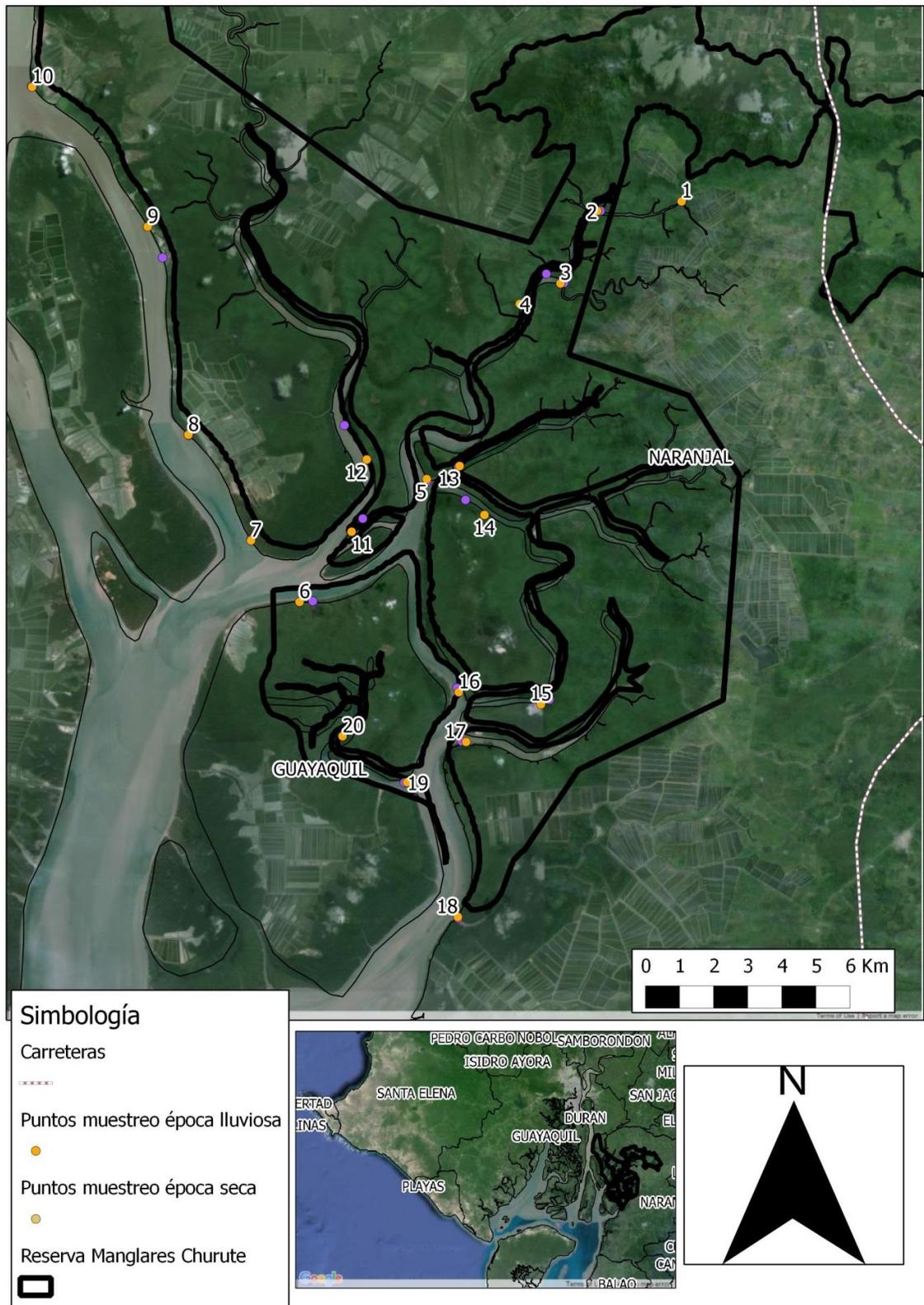
h) Para futuros proyectos se puede tener en consideración los demás índices del WFD como el índice W (Warwick statistic) que toma en cuenta la biomasa de las especies.

### **RECOMENDACIONES:**

- a. En futuros muestreos, se recomienda tener un mayor número de envases con una capacidad mínima de cuatro litros por unidad, de esta manera se podrán recoger cantidades necesarias de sedimentos en los determinados puntos de muestreo, por lo tanto tenemos mayor volumen de muestreo, el cual nos ayudara a obtener mayor cantidad de muestreo al tamizar y recoger los especímenes requeridos para completar el análisis de índices bióticos.
  
- b. Establecer medidas de protección de los manglares en Estero Churute, Río Churute, Río Taura y los manglares del Canal Matorrillos, puede ser de gran importancia en la regulación de la calidad de agua y ambiental de esas sectores (ZONAS).

# **ANEXOS**

ANEXO 1.- Mapa de Sitios Muestreados en Época Lluviosa y Seca.



ANEXO 2.- Fotos de los Sitios de Muestreo en la Época Seca, Julio 2015.



P. 1.-



P. 2.-



P. 3.-



P. 5.-



P. 6.-



P. 7.-

ANEXO 3.- Fotos de los Sitios de Muestreo en la Época Seca, Julio 2015.



P. 8.-



P. 9.-



P. 10.-



P. 11.-



P. 12.-



P. 13.-

ANEXO 4.- Fotos de los Sitios de Muestreo en la Época Seca, Julio 2015.



P. 14.-



P. 15.-



P. 16.-



P. 17.-



P. 18.-

ANEXO 5.- Fotos de los Sitios de Muestreo en la Época Seca, Julio 2015.



P. 19.-



P. 20.-

ANEXO 6.- Valores de parámetros físico-químicos de las veinte estaciones de muestreo en Época Lluviosa.

ID	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (us.cm <sup>-1</sup> )	Salinity (ppt)	DO (mg.L <sup>-1</sup> )	DO (%sat)	TDS (mg.L <sup>-1</sup> )	Turbidity (NTU)	NITRATOS (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	FOSFATOS (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	DBO5 (mg.L <sup>-1</sup> )	DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	%MO <sup>4</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )
1	7,00	27,70	6,85	1.127	0,56	4,01	51,2	563	284	12,6	0,002	0,75	1,33	30	11,26
2	8,00	27,58	7,02	1.440	0,72	3,91	49,9	722	266	1	0,007	0,43	1	28	11,32
3	6,00	28,19	7,07	1.503	0,75	3,78	47	756	303	1	0,006	0,39	1	26	6,52
4	2,00	27,98	7,11	1.502	0,74	3,80	49,5	739	563	1	0,003	0,38	1	65	9,44
5		28,80	7,00	4.197	2,25	2,85	36,1	2.098	160	1	0,005	0,19	1	55	6,80
6	1,50	27,59	7,08	4.410	2,34	3,7	47	22.400	523	1	0,006	0,21	1,21	38	8,12
7	5,00	28,43	6,99	5.170	2,76	2,75	37	25.850	149	1	1	0,17	1	51	7,05
8	1,00	28,68	7,16	2.788	1,45	3,11	40,4	14.130	290	1	0,006	0,22	1	32	5,89
9		28,81	7,02	1.540	0,68	4,17	53,8	641	990	1	0,003	0,44	1,8	27	5,73
10		29,08	7,00	569	0,27	3,29	45	284	865	1	0,005	0,88	2,09	24	1,17
11	2,00	27,52	7,33	1.171	0,58	4,18	52,5	586	990	1	0,002	0,3	2,15	20	5,90
12	1,00	29,27	7,49	1.146	0,56	3,81	50,5	573	560	1	0,003	0,34	1,37	33	2,43
13	6,00	28,41	6,84	3.804	1,99	2,99	32,2	1.894	133	1	0,007	0,29	1	36	5,58
14	6,00	28,15	7,08	3.594	1,85	3,09	40	1.796	136	1	0,007	0,34	1	42	6,99
15	3,50	27,25	7,17	4.886	2,61	4,14	52,7	2.452	155	1	0,002	0,26	1	42	6,15
16	1,50	27,29	7,20	4.130	2,30	4,42	56,4	2.068	275	1	0,002	0,33	1,42	35	7,79
17		26,88	7,38	4.194	2,19	5,20	65,4	2.092	303	1	0,002	0,35	1,51	39	8,63
18	1,00	28,24	7,07	8.130	4,49	3,64	47,8	4.069	200	1	0,009	0,29	1,57	76	7,24
19	1,00	27,87	7,22	5.002	2,63	4,20	55,4	2.501	111	1	0,01	0,31	1	39	7,75
20	1,00	27,18	7,19	4.250	2,25	4,12	53,2	2.252	388	1	0,007	0,47	1,18	37	8,38

ANEXO 7.- Valores de los parámetros físico-químicos de las veinte estaciones de muestreo en Época Seca primera parte.

ID	Profundidad (m)	Profundidad medida (ml)	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (ms.cm <sup>-1</sup> )	Salinidad (ppt)	DO (mg.L <sup>-1</sup> )	DO (%sat)	TDS (mg.L <sup>-1</sup> )	Temperatura de fondo (°C)	pH de fondo	Conductividad de fondo (ms.cm <sup>-1</sup> )	Salinidad de fondo (ppt)	DO de fondo (mg.L <sup>-1</sup> )	DO de fondo (%sat)	TDS de fondo (mg.L <sup>-1</sup> )
1	3,14	3,00	26,77	6,41	3,17	1,65	4,56	59,3	1.587	26,77	7,20	3,21	1,67	3,90	49,4	1.602
2	4,00	3,00	26,88	7,15	5,93	3,20	5,20	66,7	2.967	26,98	7,31	6,09	3,29	4,60	59,5	3.044
3	3,50	3,00	27,24	7,42	8,98	4,99	5,09	67,0	4.487	27,25	7,34	9,07	5,05	4,26	56,7	4.541
4	4,75	4,00	27,27	7,36	9,19	5,12	4,98	64,4	4.597	27,29	7,32	9,22	5,18	4,17	55,9	4.623
5	2,50	2,00	27,80	7,36	20,33	12,18	4,68	65,6	9.707	27,94	7,28	22,36	13,44	4,05	56,1	11.170
6	3,50		27,55	7,84	23,25	13,92	4,87	69,7	12.410							
7	4,50	3,00	28,11	7,56	23,48	14,10	5,14	69,8	11.640	27,94	7,46	25,37	15,45	4,36	61,1	12.610
8	1,80	1,00	28,01	7,54	18,42	10,64	4,68	65,4	9.100	27,94	7,46	20,42	12,19	4,05	58,0	10.220
9	3,50	2,00	28,41	7,74	16,33	9,51	5,62	76,5	8.159	28,42	7,41	16,33	9,52	5,08	70,1	8.151
10	4,50	3,00	28,58	7,88	7,77	4,27	5,29	70,2	3.905	28,29	7,35	7,69	4,23	4,57	60,6	3.855
11	2,00	2,00	27,77	7,38	13,76	7,92	4,88	65,5	6.951	27,75	7,37	13,76	7,91	4,69	63,2	6.868
12	1,25	1,00	26,96	7,5	8,47	4,69	5,68	72,7	4.235	26,89	7,45	8,44	4,64	5,24	66,8	4.183
13	4,00	3,00	27,89	6,21	17,57	10,33	4,56	62,2	8.818	27,84	7,04	18,21	10,73	4,34	59,7	9.123
14	3,50	4,00	27,97	7,24	18,80	11,08	4,45	61,7	9.501	27,89	7,30	19,20	11,35	4,28	58,6	9.588
15	5,30	4,00	27,60	8,13	16,40	9,57	4,11	53,1	8.186	27,46	7,43	16,76	9,80	3,45	45,8	8.345
16	3,00	1,50	28,01	7,42	16,02	9,33	4,59	61,7	8.016	27,83	7,18	13,51	7,76	2,89	40,8	6.899
17	2,20	1,00	27,45	7,40	16,42	9,60	3,88	51,0	8.255	27,44	7,31	16,44	9,61	3,59	48,1	8.324
18	2,50	2,00	27,95	8,02	24,75	14,96	4,39	62,3	12.250	24,66	7,56	24,70	14,95	4,00	56,3	12.310
19	3,60	2,00	27,61	7,82	18,16	10,79	4,30	58,3	9.112	27,62	7,38	19,27	11,39	3,72	50,8	9.557
20	2,75	2,00	27,22	7,42	15,06	8,73	4,26	53,0	7.508	27,19	7,29	15,05	8,72	3,80	50,8	7.506

ANEXO 8.- Valores de los parámetros físico-químicos de las veinte estaciones de muestreo en Época Seca segunda parte.

ID	Turbiedad (NTU)	AMONIO (NH <sub>4</sub> -N)	NITRATOS (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	FOSFATOS (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	DBO5 (mg.L <sup>-1</sup> )	DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	Sólidos Totales en Suspensión (mg.L <sup>-1</sup> )	Sólidos volátiles (mg.L <sup>-1</sup> )	Sedimentos					Clorofila-a (mg/m <sup>3</sup> )	Faeofitina-a (mg/m <sup>3</sup> )
										%MO <sup>4</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	%Grava (>2mm)	%Arena (63µm-2mm)	%Limo (38-63µm)	%Arcilla (<38µm)		
1	67	0,033	0,9	0,074	0,39	1,45	15	63	11	10,05	0,2	79	17,8	2,8	6,1	0,19
2	32,5	0,01	0,9	0,111	0,34	0,9	12,4	71	12	8,86	0	79	18,7	2	0,59	0,48
3	106	0,01	0,9	0,075	0,3	0,64	13,8	193	22	6,89	0,4	70,7	23,2	5,5	0,53	0,36
4	115	0,01	75,3	0,072	0,34	2,14	8,4	296	35	9,02	0,3	68,2	27,4	3,9	1,07	0,42
5	133	0,01	0,9	0,034	0,36	1,18	24	296	37	7,19	0,2	80	18,1	1,6	4,27	0,1
6	304	0,01	0,9	0,03	0,46	1,5	21,2	931	96	6,62	0	82,1	15,2	2,4	0,53	0,47
7	62,4	0,01	0,9	0,036	0,73	1,22	26,6	189	24	6,68	0	69,6	26,2	4,1	3,2	0,73
8	431	0,01	0,9	0,028	1,68	2,33	18,4	1.442	157	6,91	0	63,4	28,7	7,9	15,49	0,77
9	149	0,01	0,9	0,041	0,77	1,12	19,5	234	28	7,07	0	70,1	25,3	4,1	0,67	0,45
10	850	0,01	0,9	0,036	0,59	1,48	16,2	1.039	108	7,83	0,1	91,6	4,8	3,3	1,07	0,64
11	404	0,01	0,9	0,04	0,6	1,19	26,2	838	100	9,48	0,5	76,9	20	2,1	4,01	0,44
12	602	0,01	0,9	0,044	0,6	1,49	19,2	668	76	7,97	0,9	83,4	14,9	0,7	5,34	0,21
13	321	0,01	0,9	0,024	0,62	1,25	19,2	249	28	7,71	0,8	71,4	23,6	4,1	0	0,87
14	241	0,01	0,9	0,025	0,62	0,88	20	384	39	6,57	0,6	78,7	16	4,3	7,12	0,28
15	147	0,01	0,9	0,176	0,65	1,4	23,4	145	17	6,78	0,2	80,3	18,1	1,1	3,56	0,64
16	34,4	0,01	0,9	0,152	1,8	1,32	28,8	47	7	8,30	0	75,5	22,5	1,6	3,56	0,39
17	72,1	0,01	0,9	0,118	0,72	1,19	18,9	91	11	8,69	0	69,8	25,9	3,9	7,12	0,28
18	124	0,01	0,9	0,043	0,63	1,27	24	166	25	7,21	6,1	73	16	4,8	3,56	0,39
19	266	0,01	0,9	0,071	0,66	1,33	18,8	351	47	8,68	0,4	85,4	13,3	0,7	1,78	0,45
20	241	0,01	0,9	0,188	0,61	1,41	19,8	362	42	8,50	0,3	77,9	18,6	2,7	4,11	0,6

ANEXO 9.- Descripción de la Abundancia Relativa de los individuos a nivel de Especie, Clase y Familia en cada estación de la Muestra en la Época Seca.

AREA: MANGLARES DE CHURUTE																	
EPOCA:	VERANO																
FECHA:	07/07/2 015	07/08/2 015	07/08/2 015	07/08/2 015	07/08/2 015	07/08/2 015	07/08/2 015										
ESTACIONES	EST 1	EST 2	EST 3	EST 4	EST 5	EST 6	EST 7	EST 10	EST 11	EST 13	EST 14	Est 15	EST 16	EST 17	EST 18	EST 19	EST 20
ORGANISMOS BENTONICOS																	
Phylum Annelida																	
Clase Polychaeta																	
Familia Capitellidae																	
Capitella sp.	1							7			12						
Mediomastus sp.													51				
Familia Nereidae																	
<i>Nereis sp.</i>	3	4	1		4	3		1		5	2			2	20	2	6
Ceratonereis sp.									2						1		
Familia Spionidae				1													
<i>Polydora sp.</i>												2					
Phylum Mollusca																	
Clase Gastropoda							2			1							
Familia Thiariidae																	
<i>Melanooides sp.</i>	1																
Familia Hydrobiidae								1									
Clase Bivalvia																	
Familia Sphaeriidae	1																
Familia Mytilidae																	
<i>Mytella strigata</i>						1		1									
Phylum Arthropoda																	
Clase Malacostraca																	
Familia Ocypodidae					1								2		1		
Familia Squillidae																	
<i>Squilla sp.</i>						1											
Phylum Platyhelmintha																	
Clase Turbellaria	1																
Phylum Nematoda															1		
Total de Individuos	7	4	1	1	5	5	2	10	2	6	14	2	53	2	23	2	6

ANEXO 10.- Descripción de la Abundancia Relativa de los individuos a nivel de Especie, Clase y Familia en cada estación de la Muestra en la Época Lluviosa.

AREA: MANGLARES DE CHURUTE										
EPOCA:	INVIERNO									
FECHA:	04/22/2015	04/22/2015	04/22/2015	04/22/2015	04/22/2015	04/22/2015	04/22/2015	04/22/2015	04/23/2015	04/23/2015
ESTACIONES	EST 1	EST2	EST 3	EST 4	EST 5	EST 6	EST 7	EST 11	EST 14	EST 17
ORGANISMOS BENTONICOS										
Phylum Annelida										
Clase Polychaeta										
Familia Nereidae										
<i>Nereis sp.</i>	1	2	2		1					
Familia Capitellidae										
<i>Capitella sp.</i>										9
Phylum Arthropoda										
Clase Insecta				1						
Orden Diptera,										
Clase Malacostraca: crustaceos										
Familia Alpheidae										
<i>Alpheus sp.</i>							1	1		
Familia Pinnotheridae										
<i>Pinnixa sp.</i>									1	
Phylum Mollusca										
Clase Bivalvia								1		
Total de individuos	1	2	2	1	1	1	1	2	1	9

ANEXO 11.- Resultados de Índice Calidad de Agua WQI-NSF en época seca y lluviosa.

W (Factor de Peso) x Q evaluado																				
Estaciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
pH	9,46	9,8	9,88	9,93	9,77	9,89	9,75	9,99	9,8	9,77	10,1	10,08	9,44	9,89	10	10,03	10,1	9,88	10,04	10,02
Temperatura	1,15	1,15	1,12	1,13	1,09	1,15	1,1	1,09	1,08	1,07	1,16	1,06	1,11	1,12	1,17	1,17	1,2	1,11	1,14	1,18
DO %	7,6	7,27	6,56	7,17	4,33	6,56	4,48	5,12	8,28	6,09	7,94	7,42	3,71	5,04	7,99	8,99	11,46	6,75	8,72	8,12
DBO	9,56	9,86	9,86	9,86	9,86	9,67	9,86	9,86	9,12	8,86	8,8	9,52	9,86	9,86	9,86	9,48	9,39	9,34	9,86	9,7
Turbiedad	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Fosfatos	2,42	3,53	3,72	3,74	5,12	4,89	5,37	4,78	3,49	2,1	4,1	3,88	4,17	3,88	4,4	3,93	3,84	4,17	4,04	3,36
Nitrato	0,94	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
SUMA (Wy.Qy)	31,52	39,31	38,83	39,53	37,86	39,86	38,26	38,54	39,48	35,59	39,79	39,66	35,98	37,49	41,12	41,29	43,69	38,95	41,49	40,07
Resultado WQI	41	51,06	50,43	51,34	49,1	51,76	49,7	50,05	51,27	46,2	51,68	51,51	46,7	48,7	53,41	53,62	56,74	50,58	53,88	52,05
	MALO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MALO	MEDIO	MALO	MEDIO	MEDIO	MALO	MEDIO	MEDIO	MALO	MALO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO

Resultado puntaje WQI-NSF para Época Lluviosa.

W (Factor de Peso)x Q evaluado																				
Estaciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
pH	7,48	10,01	10,23	10,23	10,23	9,79	10,12	10,12	10,01	9,68	10,23	10,23	6,6	10,12	8,69	10,23	10,23	9,13	9,79	10,23
Temperatura	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,3
DO %	9,52	11,73	11,9	11,05	11,39	12,75	12,75	11,39	14,11	12,75	11,39	13,26	10,2	10,2	8,16	10,2	7,65	10,37	9,35	8,16
DBO	10,01	10,56	10,67	8,47	10,23	9,9	10,23	8,03	10,34	9,9	10,23	9,9	10,23	10,56	10,01	10,12	10,23	10,12	10,12	10,01
Turbiedad	2,4	2,4	0,4	0,4	0,4	0,4	2,56	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	3,92	2,24	0,4	0,4	0,4
Fosfatos	7,2	7,7	8,1	7,7	7,5	6,4	4,9	2,9	4,8	5,6	5,5	5,5	5,4	5,4	5,3	2,9	4,9	5,4	5,2	5,5
Nitrato	9,6	9,6	9,6	0,5	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6
SUMA (Wy.Qy)	47,61	53,3	52,2	39,65	50,55	50,14	51,36	43,64	50,46	49,13	48,55	50,19	43,63	47,48	43,46	48,17	46,15	46,22	45,76	45,2
Resultado WQI	61,83	69,22	67,79	51,49	65,65	65,12	66,7	56,68	65,53	63,81	63,05	65,18	56,66	61,66	56,44	62,56	59,94	60,03	59,43	58,7
	MEDIO																			

Resultado puntaje WQI-NSF para Época Seca.

ANEXO 12.- Cálculo Índices de Diversidad para Época Lluviosa y Seca.

<b>RESULTADO ÍNDICES DE DIVERSIDAD ÉPOCA SECA</b>																	
ESTACIONES	EST 1	EST 2	EST 3	EST 4	EST 5	EST 6	EST 7	EST 10	EST 11	EST 13	EST 14	Est 15	EST 16	EST 17	EST 18	EST 19	EST 20
SHANNON	1,48	0	0	0	0,50	0,95	0	0,94	0	0,45	0,41	0	0,16	0	0,53	0	0
shaneven																	
Brillouin	0,96	0	0	0	0,32	0,60	0	0,66	0	0,30	0,32	0	0,14	0	0,40	0	0
Brileven	0,94	0	0	0	0,70	0,88	0	0,65	0	0,60	0,55	0	0,21	0	0,34	0	0
McIntosh	0,78	0			0,32	0,61	0	0,41	0	0,25	0,18	0	0,04	0	0,16	0	0
McEven	0,88	0	0	0	0,60	0,80	0	0,56	0	0,51	0,45	0	0,13	0	0,25	0	0
Simpson	0,86	0	0	0	0,40	0,70	0	0,53	0	0,33	0,26	0	0,07	0	0,25	0	0
Margalef	2,06	0	0	0	0,62	1,24	0	1,30	0	0,56	0,38	0	0,25	0	0,96	0	0

Cálculo de los Índices de Diversidad para la Época Lluviosa

<b>RESULTADO ÍNDICES DE DIVERSIDAD ÉPOCA LLUVIOSA</b>											
ESTACIONES	EST 1	EST2	EST 3	EST 4	EST 5	EST 6	EST 7	EST 11	EST 14	EST 17	
SHANNON	0	0	0	0	0	0	0	0,69	0	0	
shaneven											
Brillouin	0	0	0	0	0	0	0	0,35	0	0	
Brileven	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
McIntosh		0	0					1		0	
McEven	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Simpson	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Margalef	0	0	0	0	0	0	0	1,44	0	0	

Cálculo de los Índices de Diversidad para la Época Seca

ANEXO 13.- Análisis de PCA (Principal Components Analysis).

PCA					
Principal Component Analysis					
Data Type: Environmental					
Sample selection: All					
Variable selection: All					
Eigenvalues					
PC	Eigenvalues	% Variation Cum.	% Variation		
1	2,56	28,4	28,4		
2	2,1	23,3	51,7		
3	1,47	16,3	68,0		
4	0,90	10,0	78,0		
5	0,81	9,0	87,0		
Eigenvectors					
(Coefficients in the linear combinations of variables making up PC's)					
Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Water Temperature (C°)	0,326	-0,387	0,31	-0,322	0,183
pH	-0,363	-0,282	0,203	-0,163	-0,533
Salinity (ppt)	-0,497	-0,117	0,316	-0,191	0,062
DO (%sat)	-0,509	-0,107	-0,083	0,22	-0,253
Turbidity (NTU)	0,235	-0,453	-0,273	0,464	-0,26
Nitratos (NO <sub>3</sub> -)	-0,113	0,041	-0,584	-0,688	-0,007
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	-0,331	-0,326	0,072	0,152	0,706
DBO (mg.L <sup>-1</sup> )	-0,078	-0,473	-0,52	0,01	0,137
% MO (mg.L <sup>-1</sup> )	-0,269	0,458	-0,255	0,27	0,171

ANEXO 14.- Análisis de Similaridad ANOSIM de ZONA-EPOCA en una vía.

<p>Tests for differences between unordered ZONEpoca groups</p> <p>Global Test</p> <p>Sample statistic R: 0.536</p> <p>Significance level of sample statistic: 0.1%</p> <p>Number of permutations: 999 (Random sample from a large number)</p> <p>Number of permuted statistics greater than or equal to R: 0</p>
--

Pairwise Tests

Groups	R Statistics	Significance Level %	Possible Permutations	Actual Permutations	Number Observed >=
Estero Churuteseca, Final estero Churuteseca	0,394	1,6	126	126	2
Estero Churuteseca, Canal Matorrillos y Tauraseca	0,306	2,4	126	126	3
Estero Churuteseca, C. Isla Inglesesseca	0,492	1	210	210	2
Estero Churuteseca, Estero Churutelluviosa	0,396	2,9	35	35	1
Estero Churuteseca, Final estero Churutelluviosa	0,663	0,8	126	126	1
Estero Churuteseca, Canal Matorrillos y Tauralluviosa	0,694	0,8	126	126	1
Estero Churuteseca, C. Isla Ingleseslluviosa	0,448	0,5	210	210	1
Final estero churuteseca, Canal Matorrillos y Tauraseca	0,204	2,4	126	126	3
Final estero churuteseca, C. Isla Inglesesseca	0,237	2,8	462	462	13
Final estero churuteseca, Estero Churutelluviosa	0,831	1,6	126	126	2
Final estero churuteseca, Final estero churutelluviosa	0,88	0,8	126	126	1
Final estero churuteseca, Canal Matorrillos y Tauralluviosa	0,888	0,8	126	126	1
Final estero churuteseca, C. Isla Ingleseslluviosa	0,739	0,2	462	462	1
Canal Matorrillos y Tauraseca, C. Isla Inglesesseca	0,267	1,7	462	462	8
Canal Matorrillos y Tauraseca, Estero Churutelluviosa	0,563	1,6	126	126	2
Canal Matorrillos y Tauraseca, Final estero churutelluviosa	0,812	0,8	126	126	1
Canal Matorrillos y Tauraseca, Canal Matorrillos y Tauralluviosa	0,692	0,8	126	126	1
Canal Matorrillos y Tauraseca, C. Isla Ingleseslluviosa	0,528	0,2	462	462	1
C. Isla Inglesesseca, Estero Churutelluviosa	0,738	0,5	210	210	1
C. Isla Inglesesseca, Final estero churutelluviosa	0,848	0,2	462	462	1
C. Isla Inglesesseca, Canal Matorrillos y Tauralluviosa	0,923	0,2	462	462	1
C. Isla Inglesesseca, C. Isla Ingleseslluviosa	0,613	0,2	462	462	1
Estero Churutelluviosa, Final estero churutelluviosa	0,469	2,4	126	126	3
Estero Churutelluviosa, Canal Matorrillos y Tauralluviosa	0,625	1,6	126	126	2
Estero Churutelluviosa, C. Isla Ingleseslluviosa	0,468	1,4	210	210	3
Final estero churutelluviosa, Canal Matorrillos y Tauralluviosa	0,544	1,6	126	126	2
Final estero churutelluviosa, C. Isla Ingleseslluviosa	0,603	1,1	462	462	5
Canal Matorrillos y Tauralluviosa, C. Isla Ingleseslluviosa	0,72	0,2	462	462	1

### ANEXO 15.- Análisis Anosim de dos Vías por Época y Zona.

Test for differences between unordered Epoca groups  
(across all ZONE groups)

Global Test

<p>Sample statistic (Average R): 0,667 Significance level of sample statistic: 0.1% Number of permutations: 999 (Random sample from a 256714920) Number of permuted statistics greater than or equal to Average R:0</p>
---

Tabla Análisis de Similaridad ANOSIM de EPOCA. En dos vías.

Test for differences between unordered ZONE groups  
(across all Epoca groups)

Global Test

<p>Sample statistic (Average R): 0,401 Significance level of sample statistic: 0.1% Number of permutations: 999 (Random sample from a large number) Number of permuted statistics greater than or equal to Average R:0</p>
--

Pairwise Tests

Groups	R Saticistic	Significance Level %	Possible Permutations	Actual Permutations	Number Observed
Estero Churute, Final estero churute	0,431	0,4	15876	999	3
Estero Churute, Canal Matorrillos y Taura	0,466	0,4	15876	999	3
Estero Churute, C. Isla Ingleses	0,48	0,1	44100	999	0
Final estero churute, Canal Matorrillos y Taura	0,374	0,2	15876	999	1
Final estero churute, C. Isla Ingleses	0,42	0,1	213444	999	0
Canal Matorrillos y Taura, C. Isla Ingleses	0,493	0,1	213444	999	0

Tabla Análisis de Similaridad ANOSIM de ZONA. En dos vías.

ANEXO 16.- Media, Mínimo, Máximo y Desviación Estándar de Parámetros Físicos-Químicos por Zonas de la Reserva Manglares Churute primera parte.

VARIABLE	Descripción Estadística de Parámetros Físicos - Químicos			
	Promedio	Mínimo	Máximo	Desv. Stand.
Temperatura Estero Churute	27,45	26,77	28,19	0,5
Temperatura Final Estero Churute	28,07	27,55	28,8	0,39
Temperatura C. Matorrillos y Taura	28,31	26,96	29,27	0,73
Temperatura Canal I. Ingleses	27,55	26,88	28,24	0,41
pH Estero Churute	7,05	6,41	7,42	0,32
pH Final Estero Churute	7,12	6,21	7,84	0,44
pH C. Matorrillos y Taura	7,4	7	7,88	0,29
pH Canal I. Ingleses	7,45	7,07	8,13	0,35
Salinidad Estero Churute	2,22	0,56	5,12	1,95
Salinidad Final Estero Churute	7,28	1,85	14,1	5,44
Salinidad C. Matorrillos y Taura	4,06	0,27	10,64	4,02
Salinidad Canal I. Ingleses	6,62	2,19	14,96	4,37
% DO Estero Churute	56,88	47	67	8,4
% DO Final Estero Churute	52,13	32,2	69,8	15,1
% DO C. Matorrillos y Taura	59,25	40,4	76,5	12,41
% DO Canal I. Ingleses	55,86	47,8	65,4	5,17
Turbiedad Estero Churute	217,06	32,5	563	174,55
Turbiedad Final Estero Churute	216,24	62,4	523	135,42
Turbiedad C. Matorrillos y Taura	614	149	999	300,03
Turbiedad Canal I. Ingleses	193,04	34,4	388	104,16
Nitrato Estero Churute	11,7	0,9	75,3	26,02
Nitrato Final Estero Churute	0,95	0,9	1	0,05
Nitrato C. Matorrillos y Taura	0,95	0,9	1	0,05
Nitrato Canal I. Ingleses	0,95	0,9	1	0,05
Fosfatos Estero Churute	0,42	0,3	0,75	0,14
Fosfatos Final Estero Churute	0,4	0,17	0,73	0,2
Fosfatos C. Matorrillos y Taura	0,64	0,22	1,68	0,42
Fosfatos Canal I. Ingleses	0,59	0,26	1,8	0,42
DBO5 Estero Churute	1,18	0,64	2,14	0,46
DBO5 Final Estero Churute	1,12	0,88	1,5	0,18
DBO5 C. Matorrillos y Taura	1,6	1	2,33	0,47
DBO5 Canal I. Ingleses	1,3	1	1,57	0,18
% MO Estero Churute	9,17	6,52	11,32	1,78
% MO Final Estero Churute	6,93	5,58	8,12	0,69
% MO C. Matorrillos y Taura	6,04	1,17	9,48	2,53
% MO Canal I. Ingleses	7,84	6,15	8,69	0,84
WQI-NSF Estero Churute	55,51	40,94	69,22	9,79
WQI-NSF Final Estero Churute	56,18	46,73	66,7	7,94
WQI C. Matorrillos y Taura	56,5	46,22	65,53	7,27
WQI Canal I. Ingleses	56,45	50,58	62,56	3,74

ANEXO 17.- Media, Mínimo, Máximo y Desviación Estándar de Parámetros Físicos-  
Químicos por Zonas de la Reserva Manglares Churute segunda parte.

VARIABLE	Descripción Estadística de Parámetros Físicos - Químicos			
	Promedio	Mínimo	Máximo	Desv. Stand.
AMBI Estero Churute	3,78	3,00	5,33	1,34
AMBI Final Estero Churute	3,23	0,00	5,67	2,13
AMBI C. Matorrillos y Taura	3,00	1,50	4,50	2,12
AMBI Canal I. Ingleses	3,13	2,25	4,50	0,74
BQI Estero Churute	7,22	6,02	9,63	2,08
BQI Final Estero Churute	6,78	5,45	9,63	1,92
BQI C. Matorrillos y Taura	6,02	6,02	6,02	0,00
BQI Canal I. Ingleses	6,84	6,02	9,30	1,38
Conductividad Estero Churute	4,10	1,13	9,19	3,45
Conductividad Final Estero Churute	12,46	3,59	23,48	8,86
Conductividad C. Matorrillos y Taura	7,20	0,57	18,42	6,85
Conductividad Canal I. Ingleses	11,45	4,13	24,75	7,13
TDS Estero Churute	2.052,25	563,000	4.597,00	1.725,83
TDS Final Estero Churute	10.611,40	1.796,000	25.850,00	8.211,97
TDS C. Matorrillos y Taura	4.856,40	284,000	14.130,00	4.664,93
TDS Canal I. Ingleses	5.730,08	2.068,000	12.250,00	3.534,45
Nitritos Estero Churute	0,04	0,002	0,11	0,044
Nitritos Final Estero Churute	0,02	0,002	0,04	0,013
Nitritos C. Matorrillos y Taura	0,02	0,002	0,04	0,018
Nitritos Canal I. Ingleses	0,07	0,002	0,19	0,07
DQO Estero Churute	24,83	8,400	65,00	18,11
DQO Final Estero Churute	33,30	19,200	55,00	13,09
DQO C. Matorrillos y Taura	23,55	16,200	33,00	5,85
DQO Canal I. Ingleses	33,48	18,800	76,00	15,91
Profundidad Estero Churute	4,80	2,000	8,00	2,05
Profundidad Final Estero Churute	4,06	1.500	6,00	1,51
Profundidad C. Matorrillos y Taura	2,13	1,000	4,50	1,25
Profundidad Canal I. Ingleses	2,49	1,000	5,30	1,35

## **Bibliografía:**

Álvarez, R., y H.S. Steinbach. 2006. Factores climáticos y edáficos reguladores del nivel de materia orgánica. En: Materia orgánica “Valor Agronómico y Dinámica en Suelos Pampeanos” (ed. R. Álvarez). Editorial. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Pp. 31-40. (%MO)

Bayen, S., 2012. Occurrence, bioavailability and toxic effects of trace metals and organic contaminants in mangrove ecosystems: a review. *Environ. Int.* 48, 84–101.

Blume, L.J., Schumacher, B.A. and Shaffer, P.W. 1990. Handbook of methods for acid deposition studies laboratory analyses for soil chemistry. EPA/600/4-90/023. U.S. Environmental Protection Agency, Las Vegas, NV.

Bodero A. 2005. El Bosque de Manglar de Ecuador. Grupo Majagual. Ecuador.

Bonada, N.; N. Prat; V. H. Resh & B. Statzner. 2006. Developments In Aquatic Insect Biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 495–523.

Bonilla A. Dolores. 1983. El Zooplancton de las Islas Galápagos. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR.

Bordalo A., . Sava-Bordalo J., 2007. The quest for safe drinking water: an example from guinea-bissao. Water research. vol. 41.2978-2986.

Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European Estuarine and Coastal Environments. Marine Pollution Bulletin 40, 1100–1114

Bouillon, S., 2011. Storage beneath mangroves. Nat. Geosci. 4, 282–283.

Brusca, R. 1973. A Handbook to the Common Invertebrates of the Gulf of California. The University of Arizona Press: 427.

Calle U., Wilson O; 2009. Proyecto investigación - diagnóstico de la situación actual del ecosistema manglar en el Ecuador, ESPOL, Guayaquil-Ecuador

CLIRSEN, 2006. Actualización del estudio multitemporal de manglares, camarónicas y áreas salinas en la costa continental ecuatoriana al año 2006. Ministerio de Medio Ambiente. Ecuador

Convention on Biological Diversity. Guidelines for the rapid ecological assessment of biodiversity in inland water, coastal and marine areas.

CBD Technical Series N° 22 / Ramsar Technical Report N° 1. CBD Secretariat, Montreal, Canada; 2006. Pp. 55

Day J. W., Crump B., Kemp W., Yáñez-Arancibia A., 2013. Estuarine Ecology, Second Edition. Published 2013 by Jhon Wiley & Sons, Inc.

Dominguez, E. 2009 Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos, sistemática y biología / Eduard Dominguez y Hugo R. Fernández, -1ra. Ed.

Estudios Geológicos Marinos, S.A. , Puerto de Málaga Local M5. , 29001  
Málaga web: <http://www.esgemar.com/pdf/DRAGA-VANVEEN.pdf>.

Fauchald, K. 1977. The Polychaete Works Definitions and Keys to the Orden, Families and Genera. Natural History Museum of the Los Angeles County. In conjunction with the Allan Hancock Foundation University of Southern California. Science Series 28: 1-180.

Fennessy MB, Jacobs AD, Kentula ME. Review of Rapid Methods for Assessing Wetland Condition. EPA/620/R-04/009, U.S. Environmental Protection Agency, Washington (DC); 2004.

Field, C. D., 1999. Charter for Mangroves, p. 1-4. In: A. Yáñez-Arancibia y A. L. Lara-Domínquez (eds.). Ecosistemas de Manglar en América Tropical. Instituto de Ecología A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 380 p.

Fisher, V. et al. 1995. Guía FAO para la identificación de Especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro- Oriental. Vol. 1. 38-56.

García Encalada M., Vera Rojas Carmiña, 2003. Turismo Comunitario en las Zonas de Dos Mangas y Barcelona pertenecientes a la Provincia del Guayas. Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL. Guayaquil – Ecuador.

Garima Srivastava, Pradeep Kumar. 2013. WATER QUALITY INDEX WITH MISSING PARAMETERS, HBTI Kanpur, India

Giacometti V. Juan, Bersosa Fabia. 2006. Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad de agua en el río Alambi. Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador

Grall, J., Glémarec, M., 1997. Using Biotic Indices to Estimate Macrobenthic Community Perturbations in the Bay of Brest. Est. Coast Shelf Sci. 44, 43-53

Hartman, O. 1969. Atlas of the Sedentary Polychaetous Annelids From California. Allan Hancock Foundation. University of Southern California, Los Angeles 1-812 pp.

Hilgert, N. 1993. Evaluación del Estado de la Fauna de la Reserva Ecológica Manglares Churute. Documento de Trabajo preparado para el Instituto de Ecología Aplicada de la Universidad de San Francisco de Quito. Manuscrito no publicado 22 p.

Hilsenhoff, W.L., 1977. Use of Arthropods to Evaluate Water Quality of Streams. Wisconsin Department of Natural Resources Technical Bulletin, No 100. pp. 1–15.

Hilty, S. L, and W, L. Brown. 1986. A Guide to the Birds of Colombia. Princeton University Press.

Hurlbert, S.H., 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. Ecology 52, 577–586.

Kjell Leonardsson, Mats Blomqvist, Marina Magnusson, Andreas Wiström, Rutger Rosenberg, 2015. Calculation of species sensitivity values and their precision in marine benthic faunal quality indices. Publish by Elsevier Ltd.

Ladrera R, Rieradevall M, Narcís Prat., 2013 Macroinvertebrados Acuáticos como Indicadores Acuáticos: Una Herramienta Didáctica

Lewis, R.R. , 2011. ‘How successful mangrove forest restoration informs the process of successful general wetlands restoration’. National Wetlands Newsletter.

Ludeña G. Israel P., Rojas L. Visnu Damodara, 2014. Diferencias de las Características Físicas, Químicas y Biológicas de dos lagunas de diferente edad y formación, de la sierra Sur del Ecuador. Universidad de Azuay. Cuenca – Ecuador.

Menéndez C., L. (J'. Proy.) 2002: Informe de Salud de Manglares de río Máximo, Parque Nacional Caguanes y las provincias Matanzas y Villa Clara. Instituto de Ecología y Sistemática (IES). Proyecto Sabana-Camagüey.

Menéndez, L. (J'. Proy.) 2001: Informe de Salud de Manglares de las provincias Camagüey y Ciego de Ávila. Instituto de Ecología y Sistemática (IES).

Menéndez, L. (J'. Proy.) 2000: Bases Ecológicas para la Restauración de Manglares en Áreas Seleccionadas del Archipiélago Cubano y su relación con los Cambios Climáticos Globales (Código 01302123). Programa Nacional de Cambios Globales y Evolución del Medio Ambiente Cubano.

Molina E., Serrano E. 2004. Metodología para la valoración económica ambiental (valor existencia) de la Reserva Ecológica Manglares Churute. Escuela Politécnica del Litoral ESPOL. Guayaquil – Ecuador.

Moncayo, Perez M; Barreiro, Arana S.; Ruiz B, Federico Francisco, 2003. Proyecto ecoturismo: desarrollo de la reserva ecologica de los manglares de churute como una alternativa turistica interna y externa. Escuela Politécnica del Litoral ESPOL. Guayaquil – Ecuador.

Monserate, L., Medina, J., Calle, P., 2011. Estudio de Condiciones Físicas, Químicas y Biológicas en la Zona Inter mareal de Dos Sectores del

Estero Salado con Diferente Desarrollo Urbano. Thesis presented at the Escuela Superior Politecnica del Litoral ESPOL for obtaining the biologist degree.

Muniz P, Lana P, Venturini N, Elias R, Vallarino E, Bremec C., Martins Cesar, Sandrini L, 2013. Un manual de protocolos para evaluar la contaminación marina por efluentes domésticos. Universidad de la República, Montevideo.

Muxicam I.; Borja Á, Bonne W. 2004. The suitability of the marine biotic (AMBI) to new impact sources along European coasts. Publish by Elsevier Ltd.

Napa Alcivar G., “El Valor del Ecosistema Manglar”. Corporación Coordinadora Nacional para la Defensa del Ecosistema Manglar. CCONDEM, Quito – Ecuador (Consulta: Abril 2015)  
<http://www.ccondem.org.ec/tempcon.php?c=148>

Nelson, D.W. and Sommers, L.E., 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In:Page, A.L., Miller. R.H., Keeney, D.R. (eds.) Methods of Soil Analysis, Part 2, 2nd ED., Chemical and Microbiological Properties. ASA Monograph, Madison, Wisconsin USA .pp: 961-1010.

Newbold, J.D., Elwood, J.W., O'Neill, R.V., Sheldon, A.L., 1983. Phosphorus dynamics in a woodland stream ecosystem: a study in nutrient spiraling. *Ecology* 64, 1249–1265.

Parks, P.J., Bonifaz, M., 1995. Nonsustainable use of renewable resources: Mangrove deforestation and mariculture in Ecuador. En: (n.n.) Property rights in a Social and Ecological Context. The World Bank. Washington DC. pp. 75-82

Pérez M., Arana S. 2003. Proyecto Ecoturístico: Desarrollo de la reserva ecológica de los manglares de Churute como una alternativa turística interna y externa, ESPOL, Guayaquil-Ecuador

Ponnamperuma FN. 1984. Mangrove swamps in south and south-east Asia as potential rice lands. In: Soepadmo E, Rao AN, McIntosh DJ, editors. Proceedings Asian Mangrove Symposium. Kuala Lumpur: University of Malaya; p 672-683.

Pritchard DW. What is an estuary: physical viewpoint. In: Lauff GH, editor. Estuaries, Washington (DC): American Association for the Advancement of Science, Publication No. 83, 1967. P 3-5.

Puente A, Díaz R, 2008. Is it possible to assess the ecological status of stressed natural estuarine environments using macroinvertebrate indices? *Marine Pollution Bulletin*. Science Direct

Resh, V. H., 2008. Which group is best? Attributes of different biological assemblages used in freshwater biomonitoring programs. *Environ. Monit. Assess.* 138: 131–138.

Rondan Perez G. , 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de calidad de agua. Universidad de Antioquía. Colombia

Rosenberg, R., Blomqvist, M., Nilsson, H.C., Cederwall, H., Dimming, A., 2004. Marinequality assessment by use of benthic species abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive *Marine Pollution Bulletin* 49, 728–739.

Saenger P, Hegerl EJ, Davie JDS. 1983. Global Status of Mangrove Ecosystems, Commission on Ecology Paper No. 3. International Union for the Conservation of Nature (IUCN); 88pp.

Said A., Stevens DK, Sehkle. 2004. G. Environmental assessment an innovative index for evaluating water quality in streams. *Environmental Management* ; 34 (3); 406-14. (WQI)

Siikamäki J, Sanchirico JN, Jardine SL. 2012. Global economic potential for reducing carbon dioxide emissions from mangrove loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109: 14369-14374.

Six, J., R.T. Conant, E.A. Paul, y K. Paustian. 2002. Stabilization mechanisms of C-saturation of soils. *Plant and Soil.* 241: 155-176 (%MO)

Solano F., Moreno J., 2009. RED CRAB (*Ucides occidentalis*) AN  
ANALYSIS DURING THE REPRODUCTIVE. Publish by: Instituto Nacional de  
Pesca. Direc: Letamendi 102 y La Ría, Guayaquil-Ecuador

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd  
edition. 10200 H. Method referenced: Biochemical Oxygen Demand  
(5210), 5-Day BOD Test (5210 B) Tucuman: Fund. Miguel Lillo, 2009. 656  
p.

Twilley Robert. 1996. Litter dynamics in riverine mangrove forests in the  
Guayas river estuary, Ecuador. University of South Western Louisiana.  
U.S.A

Twilley RR, Cárdenas W, Rivera-Monroy VH, Espinoza J, Suescum R,  
Armijos MM, Solórzano L. Ecology of the Gulf of Guayaquil and the  
Guayas River Estuary. In Seeliger U, Kjerve BJ, editors. 2000. Coastal  
Marine Ecosystems of Latin America. New York; Springer-Verlag; P245-  
263, 360 pp.

Van Dolah, R.F., Hyland, J.L., Holland, A.F., Rosen, J.S., Snoots, T.R., 1999.  
A benthic index of biological integrity for assessing habitat quality in  
estuaries of the southeastern USA. Mar. Environ. Res. 48, 269–283.

Villamar, F. 2005-2006. Estudio Taxonómico y Distribución de los  
Poliquetos Bentónicos en la Zona Intermareal de las Provincias de

Esmeraldas y Manabí (Ecuador). Acta Oceanográfica del Pacífico. V.169-197.

Watson J., 1928. Mangrove forests of the Malay Peninsula. Malayan Forest Records 6. Singapore: Fraser & Neave, Ltd.; 275 pp.

Yanez B, 1996. Propuesta de Manejo Churute, Tomo VI. Guayaquil, Ecuador

Yanez B. 1996, Plan de Manejo Ambiental de Reserva Manglares Churute, Fase 1.

Yáñez-Arancibia A., Lara-Domínguez A., 2008, Los Manglares de América Latina, Instituto de Ecología, AC.