



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

“ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS,
MERCURIO Y DE BIODIVERSIDAD ICTIOLÓGICA DEL RÍO
SANTA ROSA, PROVINCIA DE EL ORO, DURANTE EL AÑO
2013”

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

Presentado por:

Carofilis Cedeño Jorge David

Guayaquil – Ecuador

2015

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por los años de preocupación y apoyo en mis estudios.

A mis guías para el proyecto de investigación, Dra. Paola Calle Delgado y Dr. Winsor Aguirre, Dr. Juan José Alava y Dra. Ana Tirapé Bajaña por su continua guianza y consejos para el desarrollo de esta proyecto de investigación.

A mi querido amigo Diego Costa por su ayuda y gran paciencia en los temas estadísticos del proyecto.

Al Dr. José Álvarez por su motivación y empuje.

A Néstor Chuya, David Sánchez, Héctor Zambrano, Sandy “Ponche” Ponce, Carol Sangolquí, Emy “Molina” Moina, Sergio Pincay infinitas gracias por su amistad, alegría, compañía y por hacerme muy grata la estadía en la Universidad.

DEDICATORIA

A mi padre Jorge Carofilis Egüez,
por fin vamos a poder armar todo
lo que siempre hemos soñado.

A mi madre Lourdes Cedeño
Palma, quien siempre confió y
esperó lo mejor de mi.

A mis hermanos: Andrea por
ayudarme con la adaptación a la
vida universitaria y a mi hermano
Juan por ser alegría y buenas
vibras cuando estoy junto a él.

A mi amada futura bióloga Camila Rodríguez Monroy quien a pesar de todo siempre estuvo y estará ahí incondicionalmente.

Por último pero no menos importante este trabajo va dedicado para mis queridos abuelitos, tíos, tías y muy especialmente a mi tío Hugo quien siempre vivirá en nuestros corazones †

Jorge David Carofilis Cedeño

EVALUADOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Paola Calle D.

Paola Calle D., Ph.D.
EVALUADORA DE PROYECTO
DE INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Investigación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

A handwritten signature in blue ink, reading "Jorge Carofilis C", is written over a horizontal line.

Jorge David Carofilis Cedeño

RESUMEN

El desarrollo de actividades antropológicas tiende a alterar los ecosistemas circundantes tal como sucede en el río Santa Rosa, el cual en sus riveras presenta minería para obtener oro, monocultivos de banano y regiones de pasto con el fin de alimentar ganado vacuno.

Desde el 2012 el Profesor Windsor Aguirre de DePaul University realiza un estudio de investigación que evalúa la ecomorfología de la ictiofauna de la región, siendo este proyecto de investigación parte del mismo. Las muestras y los análisis de campo para este proyecto fueron realizados entre el 28 y 30 de julio de 2013. La recolección de las muestras fue ejecutada a lo largo del trayecto del río Santa Rosa usando de referencia los metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m), son 5 estaciones de muestreo: 600 m.s.n.m, 400 m.s.n.m, 189 m.s.n.m, 89 m.s.n.m y 31 m.s.n.m.

A cada estación se le realizan mediciones del agua tales como: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxígeno disuelto (mg/L), porcentaje de saturación (%), sulfuro de hidrógeno (mg/L), demanda química de oxígeno (mgO_2/L), demanda biológica de oxígeno (mgO_2/L), nitrito (mg/L) y fosfato (mg/L). Se obtienen muestras de sedimento para análisis de: materia orgánica, textura (porcentaje de arenas, limos y arcillas) y perfil de suelo con sus respectivos

coeficientes de uniformidad y curvatura. Tanto de agua como de sedimento, se determina la concentración de mercurio total (THg).

Los 5 sitios muestreados tienen concentraciones de mercurio entre 0,000 mg/Kg hasta 0,059 mg/Kg del Sitio 189 para sedimento, las mismas no rebasan los 0,1 mg/Kg del límite máximo permitido por el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA), presentando diferencias significativas entre el Sitio 189 para el sitio 600, el Sitio el Sitio 89 y el Sitio 31; el Sitio 31 para el Sitio 400. Mientras la concentración de mercurio en agua se encuentra entre 0,000 $\mu\text{g/Kg}$ hasta 1,661 $\mu\text{g/Kg}$ del Sitio 89, algunos valores rebasan los 0,2 $\mu\text{g/Kg}$ del límite máximo permisible para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces del TULSMA, evidenciándose diferencias significativas entre el Sitio 600 para el Sitio 189 y el Sitio 89.

Se realiza un análisis de biodiversidad mediante el índice de Shannon-Weaver, usando especies ictiológicas recolectadas durante diciembre de 2012 y julio de 2013. Logrando determinar un $H' = 2,26$ para diciembre de 2012 y un $H' = 2,12$ para julio de 2013, presentan diferencias significativas.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA	II
EVALUADOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	IV
DECLARACIÓN EXPRESA	V
RESUMEN	VI
GENERALIDADES	5
1.1 Aspectos Generales sobre el río Santa Rosa	5
1.2 Actividades antropológicas presentes en el área	7
1.3 Biodiversidad ictiológica del río Santa Rosa	10
METODOLOGÍA	16
2.1. Sitio de Muestreo	16
2.2. Recolección de muestras	15
2.2.1 Muestras de agua	15
2.2.2 Muestras de Sedimento	16
2.2.3 Muestras de especies ictiológicas	17
2.3 Análisis en laboratorio	17
2.3.1 Análisis en la estación de campo durante los días de muestreo	17
2.3.2 Análisis en el laboratorio de Ecotoxicología de la FIMCBOR	19
2.3.3 Análisis en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la FICT	26

2.4 Análisis de Datos	29
2.4.1 Análisis de Descriptivo	29
2.4.2 Análisis multivariado	30
RESULTADOS	31
3.1 Parámetros físico-químicos del agua superficial en el río Santa Rosa	31
3.1.1 Temperatura	31
3.1.2 Oxígeno Disuelto	32
3.1.3 Saturación de Oxígeno	33
3.1.4 Turbidez	35
3.1.5 Sulfuro de Hidrógeno	36
3.1.6 Nitrito	36
3.1.7 Fosfato	37
3.1.8 Demanda Química de Oxígeno	39
3.1.9 Demanda Biológica de Oxígeno	40
3.1.10 Mercurio en Agua	41
3.2. Análisis en Sedimento	42
3.2.1. Materia Orgánica	42
3.2.2 Caracterización del Sedimento	43
3.2.3 Mercurio en sedimento	46
3.2.4 Análisis Granulométrico	48
3.3 Análisis de Biodiversidad Ictiológica	50

DISCUSIÓN	54
4.1 Calidad de Agua	54
4.2 Análisis de Mercurio	55
4.3 Análisis de Biodiversidad	57
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES	62
ANEXOS	64
BIBLIOGRAFÍA	103

ABREVIATURAS

m.s.n.m	Metros Sobre el Nivel del Mar
µm	Micras
mm	Milímetros
m	Metros
g	Gramos
Kg	Kilogramo
M.O	Materia Orgánica
mL	Mililitros
µg/L	Microgramo por Litro
mg/L	Miligramos por Litro
mgO₂/L	Miligramos de Oxígeno por Litro
OD	Oxígeno Disuelto
mg/Kg	Miligramos por kilogramo
µg/Kg	Microgramos por kilogramo
°C	Grados Celsius
SRM	Estándar Reference Material
pH	Potencial Hidrógeno
NO₂	Nitrito
NO₃	Nitrato
NH₃	Amoniaco

N₂	Nitrógeno Atmosférico
PO₄³⁻	Fosfato (Ortofosfato)
K⁺	Ión Potasio
Cl⁻	Anión Cloro
H'	Índice de Shannon-Weaver
C_u	Coefficiente de Uniformidad del Suelo
C_c	Coefficiente de Curvatura del Suelo

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1	Procesos para la extracción de Oro	7
Figura 2.2	Sitios de estudio del río Santa Rosa	15
Figura 3.3	Valores promedio de temperatura por sitios de muestreo	32
Figura 3.4	Valores promedio de oxígeno disuelto por sitio de muestreo	33
Figura 3.5	Valores promedio de saturación de oxígeno por sitio de muestreo	34
Figura 3.6	Valores promedio de turbidez por sitio de muestreo	35
Figura 3.7	Valores promedio de nitrito por sitio de muestreo	37
Figura 3.8	Valores promedio de fosfato por sitio de muestreo	39
Figura 3.9	Valores promedio de demanda biológica de oxígeno por sitio de muestreo	40
Figura 3.10	Valores promedio de mercurio en agua por sitio de muestreo	42
Figura 3.11	Valores promedio del porcentaje de materia orgánica por sitio de muestreo	43
Figura 3.12	Valores promedio del porcentaje de arena por sitio de muestreo	44

Figura 3.13	Valores promedio del porcentaje de limo por sitio de muestreo	45
Figura 3.14	Valores promedio del porcentaje de arcilla por sitio de muestreo	46
Figura 3.15	Valores promedio de mercurio en sedimento por sitio de muestreo	48
Figura 3.16	Valores promedio del coeficiente de uniformidad del suelo por sitio de muestreo	49
Figura 3.17	Valores promedio del coeficiente de uniformidad del suelo transformados mediante logaritmo de base 10 por sitio de muestreo	50
Figura 3.18	Valores promedio del porcentaje de limo por sitio de muestreo	51
Figura 3.19	Valores promedio del porcentaje de limo por sitio de muestreo	53

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla I	Parámetros Físicos-Químicos medidos in situ en el Sitio 600	65
Tabla II	Análisis químicos del Sitio 600 realizados en laboratorio improvisado	66
Tabla III	Parámetros Físicos-Químicos medidos in situ en el Sitio 400	67
Tabla IV	Análisis químicos del Sitio 400 realizados en laboratorio improvisado	68
Tabla V	Parámetros Físicos-Químicos medidos in situ en el Sitio 189	69
Tabla VI	Análisis químicos del Sitio 189 realizados en laboratorio improvisado	70
Tabla VII	Parámetros Físicos-Químicos medidos in situ en el Sitio 89	71
Tabla VIII	Análisis químicos del Sitio 89 realizados en laboratorio improvisado	72
Tabla IX	Parámetros Físicos-Químicos medidos in situ en el Sitio 31	73

Tabla X	Análisis químicos del Sitio 31 realizados en laboratorio improvisado	74
Tabla XI	Caracterización de sedimento del Sitio 600	75
Tabla XII	Caracterización de sedimento del Sitio 400	75
Tabla XIII	Caracterización de sedimento del Sitio 189	75
Tabla XIV	Caracterización de sedimento del Sitio 89	76
Tabla XV	Caracterización de sedimento del Sitio 31	76
Tabla XVI	Concentración de Mercurio en Agua Sitio 600. Peso Húmedo	76
Tabla XVII	Concentración de Mercurio en Agua Sitio 400. Peso Húmedo	77
Tabla XVIII	Concentración de Mercurio en Agua Sitio 189. Peso Húmedo	77
Tabla XIX	Concentración de Mercurio en Agua Sitio 89. Peso Húmedo	77
Tabla XX	Concentración de Mercurio en Agua Sitio 31. Peso Húmedo	77
Tabla XXI	Concentración de Mercurio en Sedimento Sitio 600. Peso Seco	78
Tabla XXII	Concentración de Mercurio en Sedimento Sitio 400. Peso Seco	78

Tabla XXIII	Concentración de Mercurio en Sedimento Sitio 189. Peso Seco	78
Tabla XXIV	Concentración de Mercurio en Sedimento Sitio 89. Peso Seco	78
Tabla XXV	Concentración de Mercurio en Sedimento Sitio 31. Peso Seco	79
Tabla XXVI	Resultados del Standard Reference Material 1646a	80
Tabla XXVII	Promedios de blancos obtenidos de las muestras de Agua	81
Tabla XXVIII	Promedios de blancos obtenidos de las muestras de Sedimento	81
Tabla XXIX	Perfil de Suelo del Sitio 600 Réplica 1	81
Tabla XXX	Perfil de Suelo del Sitio 600 Réplica 2	82
Tabla XXXI	Perfil de Suelo del Sitio 600 Réplica 3	82
Tabla XXXII	Perfil de Suelo del Sitio 600 Réplica 4	83
Tabla XXXIII	Perfil de Suelo del Sitio 600 Réplica 5	83
Tabla XXXIV	Perfil de Suelo del Sitio 600 Réplica 6	84
Tabla XXXV	Perfil de Suelo del Sitio 400 Réplica 1	84
Tabla XXXVI	Perfil de Suelo del Sitio 400 Réplica 2	85
Tabla XXXVII	Perfil de Suelo del Sitio 400 Réplica 3	85
Tabla XXXVIII	Perfil de Suelo del Sitio 400 Réplica 4	86
Tabla XXXIX	Perfil de Suelo del Sitio 400 Réplica 5	86

Tabla XL	Perfil de Suelo del Sitio 400 Réplica 6	87
Tabla XLI	Perfil de Suelo del Sitio 189 Réplica 1	87
Tabla XLII	Perfil de Suelo del Sitio 189 Réplica 2	88
Tabla XLIII	Perfil de Suelo del Sitio 189 Réplica 3	88
Tabla XLIV	Perfil de Suelo del Sitio 189 Réplica 4	89
Tabla XLV	Perfil de Suelo del Sitio 189 Réplica 5	89
Tabla XLVI	Perfil de Suelo del Sitio 189 Réplica 6	90
Tabla XLVII	Perfil de Suelo del Sitio 89 Réplica 1	90
Tabla XLVIII	Perfil de Suelo del Sitio 89 Réplica 2	91
Tabla XLIX	Perfil de Suelo del Sitio 89 Réplica 3	91
Tabla L	Perfil de Suelo del Sitio 89 Réplica 4	92
Tabla LI	Perfil de Suelo del Sitio 31 Réplica 1	92
Tabla LII	Perfil de Suelo del Sitio 31 Réplica 2	93
Tabla LIII	Perfil de Suelo del Sitio 31 Réplica 3	93
Tabla LIV	Perfil de Suelo del Sitio 31 Réplica 4	94
Tabla LV	Perfil de Suelo del Sitio 31 Réplica 5	94
Tabla LVI	Perfil de Suelo del Sitio 31 Réplica 6	95
Tabla LVII	Coeficiente de Uniformidad del Suelo	95
Tabla LVIII	Coeficiente de Uniformidad del Suelo transformado por logaritmo de base 10	96
Tabla LIX	Coeficiente de Curvatura del Suelo	96

Tabla LX	Índice de Shannon-Weaver para diciembre de 2012 del río Santa Rosa	97
Tabla LXI	Índice de Shannon-Weaver para diciembre de 2012 del Sitio 600	97
Tabla LXII	Índice de Shannon-Weaver para diciembre de 2012 del Sitio 400	98
Tabla LXIII	Índice de Shannon-Weaver para diciembre de 2012 del Sitio 189	98
Tabla LXIV	Índice de Shannon-Weaver para diciembre de 2012 del Sitio 89	99
Tabla LXV	Índice de Shannon-Weaver para diciembre de 2012 del Sitio 31	99
Tabla LXVI	Índice de Shannon-Weaver para julio de 2013 del río Santa Rosa	100
Tabla LXVII	Índice de Shannon-Weaver para julio de 2013 del Sitio 600	100
Tabla LXVIII	Índice de Shannon-Weaver para julio de 2013 del Sitio 400	101
Tabla LXIX	Índice de Shannon-Weaver para julio de 2013 del Sitio 189	101
Tabla LXX	Índice de Shannon-Weaver para julio de 2013 del Sitio 89	102

Tabla LXXI Índice de Shannon-Weaver para julio de 2013 del Sitio 102

INTRODUCCIÓN

Las actividades antropogénicas tienen el propósito de satisfacer las necesidades humanas y estas han incrementado de gran manera con el paso del tiempo. Estas actividades pueden producir efectos y cambios negativos al ambiente. La liberación y uso de una gama inmensa de agentes perjudiciales, entre ellos, los metales pesados como el mercurio, cadmio y otros pueden alterar las condiciones tanto físicas como químicas del agua como la calidad del suelo de ecosistemas acuáticos.

Los metales pesados pueden ser tóxicos a organismos acuáticos cuando se presentan en el ambiente en concentraciones altas. Algunos de ellos tienen la capacidad de bioacumularse y biomagnificarse en redes tróficas y causar efectos negativos incluyendo a seres humanos.

El río Santa Rosa, ubicado en el cantón Santa Rosa, en la Provincia de El Oro presenta actividades humanas que se caracterizan por el uso directo o indirecto de metales pesados, tales como la industria minera con el uso del mercurio en procesos comunes para la purificación de minerales, principalmente oro o en la industria bananera que recurre al uso frecuente de fertilizantes con presencia de compuestos con Nitrógeno, Potasio y Fósforo,

además que también se aporta con elementos como el Cadmio presente en pesticidas usados en el cultivo del banano.

La construcción de carreteras con el uso de asfalto y otros derivados de petróleo acarrea consigo variedad de metales pesados. Todos los elementos metálicos anteriormente mencionados y otros como fertilizantes y materia orgánica pueden llegar comúnmente por escorrentía o filtraciones a efluentes cercanos y depositarse en el suelo de los mismos, como también ser transportados por las corrientes de agua y ocasionar alteraciones en el ecosistema.

Como objetivo general se pensó evaluar las condiciones físico-químicas, mercurio y diversidad ictiológica del río Santa Rosa de la provincia de El Oro.

Los objetivos específicos a continuación:

1. Determinar las características físicas (temperatura, turbidez) y químicas (oxígeno disuelto, saturación O%, nitrito, fósforo, sulfuro, demanda biológica y química de oxígeno) del agua del río Santa Rosa.
2. Determinar la composición del sedimento, específicamente el porcentaje de arena, limo, arcilla y materia orgánica.
3. Evaluar los niveles de contaminación por mercurio en agua y sedimento de diferentes sitios del río Santa Rosa.

4. Determinar la diversidad ictiológica en el río Santa Rosa período 2012 al 2013

Actualmente no se poseen datos físicos, químicos o biológicos del sector, de ahí la importancia de este estudio que pretende generarlos. Este proyecto forma parte de un estudio de investigación de mayor alcance que evalúa la ecomorfología de la ictiofauna de la región dirigido por el Profesor Windsor Aguirre de DePaul University.

GENERALIDADES

1.1 Aspectos Generales sobre el río Santa Rosa

La provincia del El Oro, al sur del Ecuador, se la ubica dentro de la Zonas de Planificación 7, cuenta con 5.879 Km² aproximadamente, es decir, el 21% de la Zona 7 y el 2% a nivel nacional [1]. En la parte central de la provincia, en el territorio que corresponde al cantón Santa Rosa, se encuentra el río Santa Rosa, su cuenca constituye una prolongación de 90 km, nace a los 2200 m.s.n.m en el extremo occidental de la Cordillera de Daucay, que en su trayecto, a los 100 m.s.n.m, se encuentra el sitio de captación de agua potable del cantón Santa Rosa aguas abajo de la población de El Recreo [2]. Sus aguas fluyen sobre un suelo principalmente rocoso y de caudal variable que finalizan su recorrido en una salida al mar.

Para la cuenca del río Santa Rosa se encuentran formaciones vegetales de bosque de neblina montano (2800-2000 m.s.n.m), bosque semidecidual

montano bajo (2000-1500 m.s.n.m) bosque húmedo siempre verde de colinas (800-300 m.s.n.m), bosque seco semideciduo (400-200 m.s.n.m), bosque muy seco occidental (300-100 m.s.n.m) y vegetación bajo húmeda del litoral (<100 m.s.n.m) [3].

El área de estudio se caracteriza por poseer una vegetación tropical, un clima medio seco y una precipitación anual de 1000 a 1500 mm por año [4].

Río arriba se pueden apreciar zonas prístinas pero a medida que se descende se observan pastizales para ganado y aproximadamente a 0 ms.n.m. se distinguen diferentes tipos de monocultivos donde predomina el de banano.

El 30% de la población económica activa de El Oro se encuentra concentrada en zonas rurales como las que rodean al río Santa Rosa, especialmente desarrollando actividades agropecuarias, mientras que el resto se distribuye en diversas actividades económicas de las cuales un 2% se dedica a la actividad minera y canteras [1].

En el área predomina la minería a pequeña escala para la extracción de oro, la cual se caracteriza por no siempre ser legal o estar dentro de lo parámetros internacionales exigidos dentro de las regulaciones [5, 4, 6].

1.2 Actividades antropológicas presentes en el área

El oro se asocia con vetas de cuarzo ricos en sulfuro y se extrae por métodos de minería de roca dura [4, 6]. Existen diversas metodologías, unas que requieren mayor tipo de tecnologías y más amigables con el medio, mientras otras continúan siendo rústicas y generan mayor impacto al ambiente, estas últimas son las más usadas en la zona sur del Ecuador [4], [6]. Como procedimiento general para la extracción de oro en el Sur del Ecuador se realiza lo detallado la Figura 1.

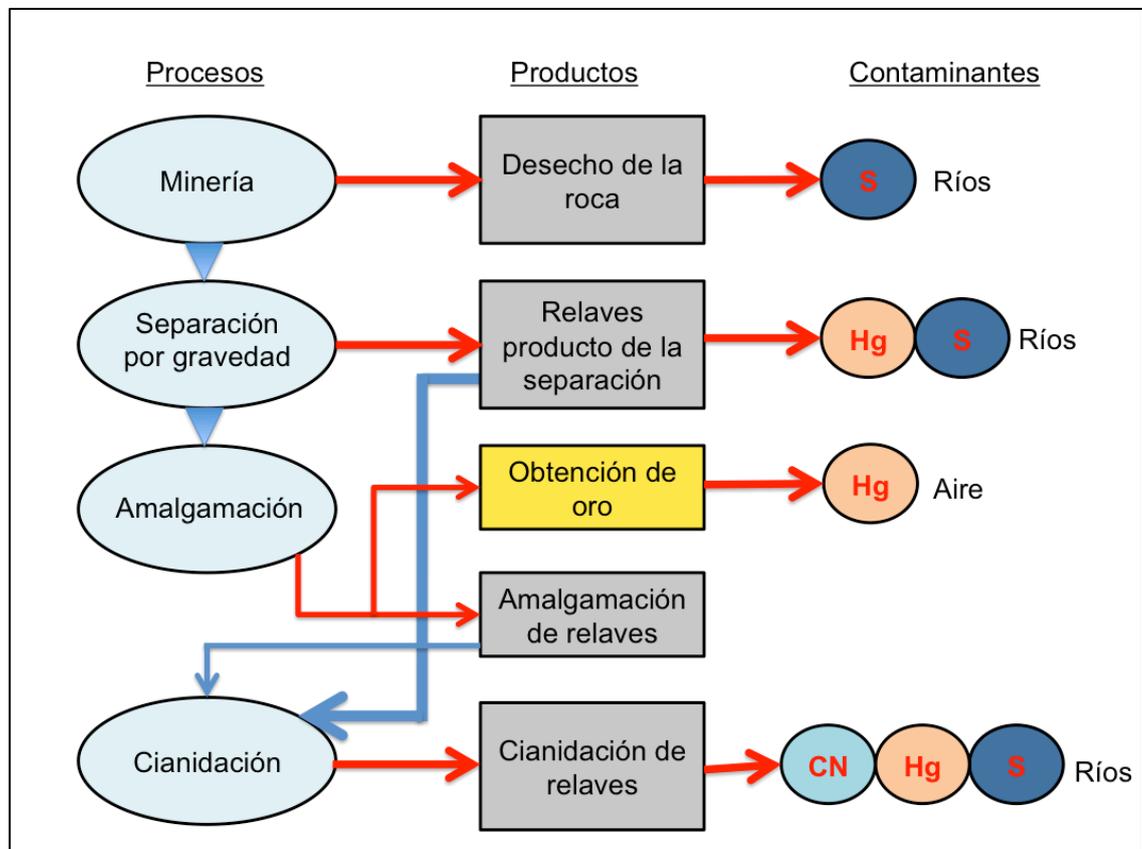


Figura 1.1 Procesos para la extracción de Oro [4]

A las riberas del río Santa Rosa se puede hallar actividad minería de pequeña escala por parte de los pobladores del área, especialmente en el sector El Playón. Por los distintos procesos hasta obtener el producto que es el oro muchas veces este tipo de minería genera contaminación y más aún si no se encuentra regularizada [4, 6]. Los productos contaminantes de alta toxicidad generados son el cianuro y el mercurio, el cianuro tiende a desaparecer aguas abajo mientras el mercurio no por su capacidad de bioacumulación [7].

El mercurio posee cualidades como la de pasar fácilmente de ecosistemas acuáticos o terrestres a la atmósfera en su forma gaseosa (Hg^0) por su presión de vapor relativamente alta, este mismo vapor puede ser llevado a lugares ajenos a su fuente dando lugar a ciclos globales de transporte y las fuente pueden ser tanto antropogénicas o naturales, convirtiendo al mercurio en un contaminante persistente, pero su particularidad es la de ser el único metal que a temperatura ambiente se lo encuentra en estado líquido [8].

Casi todo el mercurio en el ambiente es inorgánico pero parte de este puede ser convertido en algo aún más tóxico como el metil mercurio (CH_3Hg^+), el cual puede ingresar en redes tróficas acuáticas por su capacidad bioacumulable [8, 9]. La transformación de mercurio inorgánico a orgánico se da principalmente por la actividad de bacterias sulfurosas en sedimentos

anaeróbicos ácidos [8, 9]. Pero existen otros factores biogeoquímicos que afectan la metilación del mercurio [9]:

- El ciclo del sulfuro que está estrechamente relacionado con el ciclo del mercurio, donde mayor presencia de sulfato en comparación con la de sulfito estimula la metilación y visceversa inhibe la metilación.
- Un pH ácido potencia la metilación.
- La presencia de moléculas más grandes y complejas de materia orgánica dificulta a las bacterias llevar a cabo la metilación.
- El tipo de molécula de mercurio inorgánico.
- No sólo las bacterias del sulfuro, sino que algunas bacterias reductoras del hierro también tiene la capacidad de metilación bajo ciertas condiciones.

Por otro lado, la actividad agrónoma del río Santa Rosa se concentra principalmente en banano y pastizales para ganado. El cultivo de banano requiere de fertilizantes ricos en nitrógeno y fósforo que usualmente son aplicados de manera empírica y en exceso [10], agregan materia orgánica al ambiente circundante, requieren movimiento de tierra liberando compuestos ya retenidos, herbicidas para el control de maleza y pesticidas que pueden ser tóxicos y bioacumulables por su naturaleza orgánica pero permiten el control de plagas [11].

En los pastizales para ganado también se requiere de herbicidas, pero para el control de parásitos como la garrapata se recurre al uso de plaguicidas que afectan al sistema [12].

Todos estos compuestos producto de las actividades antropológicas son transportados por medio del viento y principalmente por la escorrentía que usualmente no es tratada antes de llegar al ecosistema acuático [11].

1.3 Biodiversidad ictiológica del río Santa Rosa

Para el río Santa Rosa se han reportado algunas especies de peces por Aguirre et al. [13], entre los cuales se encuentran ciertos carácidos (familia Characidae) como *Brycon atrocaudatus* (Kner 1863), *Bryconamericus brevirostris* (Gunther 1859), *Bryconamericus peruanus* (Muller and Troschel 1845), *Rhoadsia altipinna* (Fowler 1911), y *Saccodon wagneri* (Kner 1863), silúridos (familia Siluridae) como *Pimelodella modestus* (Gunther 1860), *Chaetostoma aequinoctiale* (Pellegrin 1909), y *Ancistrus clementinae* (Rendahl 1937), cíclidos (familia Cichlidae) como *Andinoacara rivulatus* (Gunther 1860) y *Cichlasoma festae* (Boulenger 1899), y poecilídeos (familia Poeciliidae) como *Poecilia sp.* y *Pseudopoecilia sp.*

Las familias ictiológicas presentes en el río Santa Rosa se encuentran relacionadas por ser parte de ambientes de agua dulce de características

saludables y medianamente saludables [14, 15, 16], aunque los poecílidos también pueden sobrevivir hasta en condiciones de alta contaminación [17].

La biodiversidad ictiológica es afectada si las actividades antropogénicas no manejan adecuadamente sus contaminantes aéreos y principalmente líquidos transportados por escorrentía [11, 18, 19, 20, 21]. La mayoría de la escorrentía sería retenida en el caso de que existieran los bosques originales ya que su vegetación serviría de esponja y trampa para retener fluidos [22], pero esto no se cumple por la deforestación local que ha dado paso a los monocultivos (banano, platano, pastizales, etc). El agregado por la escorrentía al ambiente acuático conlleva al aumento en sólidos suspendidos, materia orgánica, nitrito, fosfato y otros elementos, permitiendo el crecimiento descontrolado de la microbiota, impidiendo el paso de luz, aumentando el consumo de oxígeno, y disminuyendo la actividad fotosintética que termina en una disminución de la producción de oxígeno en el agua [11, 19].

El nitrito (NO_2^-) es un intermedio en la oxidación de amoníaco (NH_3) a nitrato (NO_3^-) llamada también nitrificación, y en la reducción de nitrato (NO_3^-) a nitrógeno atmosférico (N_2) llamada desnitrificación [23, 24, 25]. El amoníaco y el nitrato se los puede encontrar en plantaciones de monocultivos, de donde pueden ser fácilmente transportados por la escorrentía [10, 11, 24, 25]. El nitrito a partir de cierta concentración en el agua tiene un efecto tóxico

en vertebrados y peces generando un flujo de salida de ion potasio (K^+) de los eritrocitos y músculos esqueléticos que conlleva a la alteración de los niveles intra y extracelulares de ion potasio (K^+) [23], además oxida la hemoglobina en metahemoglobina, esta última es incapaz de transportar oxígeno comprometiendo el transporte de oxígeno del organismo [24, 25]. Tanto el nitrito como el anión cloro (Cl^-) tienen un mismo mecanismo de captación en las branquias de los peces de agua dulce, dándose una competencia que de haber más anión cloro (Cl^-) se puede detener la entrada y toxicidad de nitrito en peces de agua dulce [23, 24].

El fósforo es un nutriente mineral que los autótrofos como algas y cianobacterias lo asimilan sólo en estado de ortofosfato y esto es lo que involucra directamente con la eutroficación de aguas ya que de haber escorrentía desde suelos impactados por la agricultura, conllevaría a la eutroficación de ríos si hay una excesiva concentración de ortofosfato [26, 27].

Los pesticidas (plaguicidas) y herbicidas alteran la cadena primaria por sus efectos tóxicos en hongos y bacterias [11, 12], dejando sin alimento a la ictiofauna, además que pueden alterar el desarrollo de los peces por la capacidad de bioacumulación de algunos compuestos [11, 20, 21].

Metales pesados como el cobre y el zinc son esenciales para el metabolismo de peces, mientras que otros como el mercurio, cadmio y plomo no forman parte de sistemas biológicos [18].

No están claros los efectos subletales o letales que los metales pesados como el mercurio puedan generar en los peces en estado libre [28], lo que si es evidente en los depredadores de la ictiofauna como aves y mamíferos, entre estos el hombre [18, 28, 29].

Los peces obtienen la mayor cantidad de metil mercurio a través de una presa que es parte de una red trófica contaminada, siendo hasta el 95% metil mercurio del mercurio total acumulado [29, 9], aunque también puede ser metilizado mercurio inorgánico por el contenido intestinal de los peces [30].

Evidente es que la información acerca del río Santa Rosa es limitada, y escasa con respecto las condiciones físico-químicas, a los valores de diversidad ictiológica y mercurio, los cuales son necesarios para el desarrollo de investigación para temas agropecuarios y de minería.

Este proyecto forma parte de un estudio de investigación de mayor alcance que evalúa la ecomorfología de la ictiofauna de la región dirigido por el Profesor Windsor Aguirre de DePaul University y de evaluación de mercurio dirigido por la Dra. Paola Calle de la ESPOL.

Por lo tanto para este proyecto de investigación se propuso como hipótesis alterna que el río Santa Rosa no posee una buena calidad ambiental y diversidad ictiológica.

Como objetivo general se pensó evaluar las condiciones físico-químicas, mercurio y diversidad ictiológica del río Santa Rosa de la provincia de El Oro.

Los objetivos específicos a continuación:

1. Determinar las características físicas (temperatura, turbidez) y químicas (oxígeno disuelto, saturación O%, nitrito, fósforo, sulfuro, demanda biológica y química de oxígeno) del agua del río Santa Rosa.
2. Determinar la composición del sedimento, específicamente el porcentaje de arena, limo, arcilla y materia orgánica.
3. Evaluar los niveles de contaminación por mercurio en agua y sedimento de diferentes sitios del río Santa Rosa.
4. Determinar la diversidad ictiológica en el río Santa Rosa período 2012 al 2013

METODOLOGÍA

2.1. Sitio de Muestreo

Un tramo del río Santa Rosa, del cantón Santa Rosa, ubicado desde su nacimiento alrededor de los 700 m.s.n.m con Coordenadas UTM 632252 E y 9603572 S, hasta los 0 m.s.n.m con Coordenadas UTM 615861 E y 9612893 S, fue muestreado para cumplir los objetivos de este proyecto.

En el presente estudio se recolectaron muestras y midieron parámetros de campo a lo largo del trayecto del río Santa Rosa.

2.2. Recolección de muestras

Las muestras fueron recolectadas en 5 estaciones que se encontraban a distintos niveles de altura con respecto al nivel del mar en el siguiente orden: 600 m.s.n.m de Coordenadas UTM 632252 E y 9603572 S, 400 m.s.n.m de Coordenadas UTM 628560 E y 9603105 S, 189 m.s.n.m de Coordenadas UTM 620801 E y 9604086 S, 89 m.s.n.m de Coordenadas UTM 617072 E y 9606558 S, y 31 m.s.n.m de Coordenadas UTM 615861 E y 9612893 S.



Figura 2.2. Sitios de estudio del río Santa Rosa [31]

2.2.1 Muestras de agua

Para cada estación se realizaron mediciones *in situ* de los parámetros de calidad de agua como temperatura (°C), OD (mg/L) y

porcentaje de saturación (%), todo esto gracias al equipo Multiparámetro HQ 30d marca HACH, mientras que la turbidez (NTU) con el equipo 2100Q Turbidímetro Portátil marca HACH, y el sulfuro de hidrógeno se midió mediante el HS-C Hydrogen Sulfide Test Kit marca HACH.

Como adicional para el análisis de calidad de agua se obtuvieron muestras de agua en botellas de 500 ml de vidrio ámbar previamente lavadas con ácido nítrico HNO_3 al 10% que luego fueron analizadas en el campamento improvisado para los días de muestreo.

Para el análisis de metales pesados en agua se recolectaron muestras en tubos de polipropileno de centrifuga de 50 ml pre esterilizadas, que luego se acidificaron y son analizadas en laboratorio de Ecotoxicología de la FIMCBOR.

2.2.2 Muestras de Sedimento

Para obtener las muestras de sedimento se entierra un core de 1100 ml en el suelo hasta lograr llenarlo lo más posible, el contenido del core se lo deposita en funda ziploc de doble sello previamente rotulada. Se realiza dos veces esto dado que una replica es para la clasificación de la textura física del sedimento (porcentaje de arenas, limos y arcillas), perfil de suelo y análisis de materia orgánica; y la otra réplica para el análisis de mercurio.

Todas las muestras de sedimento y agua se las transportó en hieleras hasta al laboratorio de Ecotoxicología de la FIMCBOR.

2.2.3 Muestras de especies ictiológicas

Recolectadas y anotadas durante el año 2012 y 2013 por el Dr. Windsor Aguirre, usando mochila eléctrica Smith Root LR24 Electrofisher y red de cerco [13]. Las muestras ícticas fueron colectadas en las 5 estaciones de muestreo antes mencionadas.

2.3 Análisis en laboratorio

A las muestras de agua colectadas se las analizó para obtener los niveles nitrito, fosfato y demanda química de oxígeno en la estación improvisada durante los días de muestreo. Para la caracterización del sedimento, materia orgánica y el análisis de mercurio en las diferentes matrices ambientales se lo realizó en el laboratorio de Ecotoxicología de la FIMCBOR (ESPOL). Por último el perfil de suelo se lo realiza en el Laboratorio de Suelos de la FICT.

2.3.1 Análisis en la estación de campo durante los días de muestreo

2.3.1.1 Nitrito (NO₂)

Se procedió mediante el método HACH 8507 que consiste en llenar la cubeta de medición con 10 ml de muestra de agua. Se agrega el reactivo Nitriver 3 a la cubeta, se agita la cubeta con rotación para

mezclarla y de haber presencia de nitrito aparecerá un color rosa, la reacción toma 20 minutos, para el blanco se utiliza agua destilada.

Finalizada la reacción se procede a la medición utilizando el espectofotómetro (HACH DR2800) a una longitud de onda de 507 nm, obteniendo resultados en mg/L de $\text{NO}_2 - \text{N}$.

2.3.1.2 Fosfato (PO_4^{3-})

Se procedió mediante el método HACH 8048 que consiste en llenar la cubeta de medición con 10 ml de muestra. Se añade el reactivo Phosver 3, se tapa y se agita vigorosamente durante 30 segundos para luego esperar 2 minutos que toma la reacción. Para el blanco se utilizó agua destilada.

Finalizada la reacción se procede a la medición utilizando el espectofotómetro (HACH DR2800) a una longitud de onda de 507 nm, obteniendo resultados en mg/L de PO_4^{3-} .

2.3.1.3 Demanda Química de Oxígeno

Se procedió mediante el método HACH 8000 que consiste en precalentar el reactor (HACH DRB200) a 150°C , mientras este gana temperatura se continua con el agregado de 2 ml de muestra a la cubeta de medición que ya contiene el reactivo TNTplus HR, se agita vigorosamente la cubeta y se la deja calentar en el reactor durante 2

horas a la temperatura preestablecida. Terminado el tiempo se agita nuevamente la cubeta mientras este caliente y se la deja enfriar. Para el blanco se utilizó cubeta con reactivo sin agregado de muestra.

Finalizada la reacción se procede a la medición utilizando el espectrofotómetro (HACH DRB200) a una longitud de onda de 620 nm para obtener resultados en un rango de 20 a 1500 mg de O₂ consumidos por litro de muestra.

2.3.1.4 Demanda Biológica de Oxígeno

Se procedió de acuerdo al método 5210 B para determinación de Demanda Biológica de Oxígeno para aguas y aguas residuales de la AWWA – APHA 22^a Edición. El método consiste en llenar con muestra, a rebosar, una botella hermética y llevarla a incubación durante 5 días. El OD se mide inicialmente y después de la incubación, y la DBO se calcula a partir de la diferencia entre la OD inicial y final.

2.3.2 Análisis en el laboratorio de Ecotoxicología de la FIMCBOR

2.3.2.1 Determinación del Porcentaje de Materia Orgánica

Mediante el método de pérdida por ignición utilizado por Nelson y Sommer [32] se determina el contenido de materia orgánica en las muestras analizadas. Se inicia pesando crisoles previamente lavados

y secados para obtener el peso 1, se le añaden 10 g de muestra y son llevados a la estufa por 24 horas a 90°C. Pasado el tiempo establecido se pesan y se logra el peso 2. Luego se pasan las muestras a la mufla durante 6 horas a 550°C, se espera a que se enfríen y se pesa para lograr el peso 3.

Los pesos logrados son necesarios en la siguiente fórmula para realizar el cálculo del porcentaje de materia orgánica.

$$\%M.O = [(P2-P3)/(P3-P1)] * 100$$

Donde:

P1 = peso del crisol vacío

P2 = peso del crisol más la muestra luego de 24 horas en la estufa

P3 = peso del crisol más la muestra luego de 6 horas en la mufla

El resultado del desarrollo de la fórmula otorga el porcentaje de materia orgánica y se la expresa como % de M.O.

2.3.2.2 Análisis físico de la textura del sedimento

Se analizan las muestras de sedimento para lograr el porcentaje correspondientes a arenas (>63 µm), limos y arcillas (<63 µm) según el método de la Pipeta modificado por Plumb [33], el cual se basa en

pesar 20 g de muestra, agregarle 20 ml de agente dispersante (Hexametafosfato de Sodio al 5%) y permitirle actuar durante 10 minutos.

Pasado este tiempo se continua con la separación de los componentes finos y gruesos mediante lavado, el cual requiere que la muestra sea depositada sobre un tamiz con ojo de malla de 63 μm . Se lava con agua destilada para separar las partículas gruesas (arena), que serán retenidas en el tamiz, y finas (limo y arcilla), que pasarán a través del ojo de malla. No se debe de exceder los 1000 ml de agua en el proceso.

El sobrenadante de la probeta se agita, se esperan 20 segundos y se toma a 10 cm de profundidad una muestra de 20 ml que representan el porcentaje de limos. Se toma la temperatura del contenido en la probeta, esto permite determinar el tiempo de espera para la remoción de la segunda alícuota de 20 ml a 20 cm de profundidad que representa el porcentaje de arcilla. Previo al inicio del tiempo de espera para la segunda alícuota, se agita vigorosamente la probeta.

Pasan a la estufa a 90°C por 24 horas los sedimentos retenidos en el tamiz y las alícuotas, que luego serán pesados para así realizar los cálculos para la obtención de los porcentajes correspondientes a arenas, limos y arcillas de cada una de las muestras de sedimento.

2.3.2.3 Análisis de Mercurio Total (THg)

Mediante el uso del Analizador Directo de Mercurio DMA-80 se analizan las matrices ambientales. El equipo trabaja tanto con muestras líquidas como sólidas sin necesidad de digestión ácida y no produce residuos peligrosos. El DMA-80 logra realizar análisis directos de niveles trazas de mercurio total. Sin importar la naturaleza de las muestras se las debe pesar e introducir al equipo.

El proceso inicia con el secado de la muestra logrando la descomposición térmica de la misma en un continuo flujo de oxígeno, los productos de la combustión son llevados al catalizador para la descomposición final que genera vapores de mercurio, estos vapores son atrapados por el amalgamador y finalmente se determina el contenido de mercurio gracias a una lámpara de espectrofotometría de absorción atómica a 254 nm con un límite de detección de 0,005 ng de mercurio. Todos los valores reportados de mercurio en esta investigación están expresados como mercurio total, empleando de esta forma el método 7473 de la USEPA.

2.3.2.3.1 Mercurio en Sedimento

Se toma de referencia el método utilizado por Calle [34] para el análisis de mercurio en sedimento. El método se basa en el uso de 50 gramos de muestra de sedimento, a

temperatura ambiente, que son depositados en vaso plástico de 100 ml para luego secarse en estufa a 70°C por 48 horas.

Transcurrido el tiempo se obtiene sedimento seco, este se lo pulveriza con mortero y pestillo previamente lavados en baño ácido (Ácido Clorhídrico al 15%). La muestra pulverizada pasa a un recipiente de 20 ml con tapa rosca previamente lavado en baño ácido para su posterior análisis.

Una vez procesadas las muestras de sedimento, se homogenizan para luego ser medido el mercurio en alícuotas de 90 a 100 mg en 3 réplicas por muestra. El método utilizado en el DMA-80 consistió en indicar la temperatura de inicio de operación (200°C), temperatura de combustión (650°C), temperatura del catalizador (615°C) y temperatura del amalgamador (900°C).

El control de calidad se realizó mediante el análisis de la concentración de mercurio del material estándar de referencia SRM (por sus siglas en inglés). El SRM utilizado fue 1646^a Estuarine Sediment (NIST). Y además se emplearon los blancos de las muestras. (ver Tabla XXVI, XXVII y XXVIII).

2.3.2.3.2 Mercurio en Agua

Las muestras de agua son tratadas con 2 a 3 gotas de ácido nítrico (HNO_3) al 70% y de grado metales traza, con el propósito de bajar el pH.

Se agita vigorosamente para homogenizar y de la muestra acidificada se toman 150 μl que luego son pesados, se realiza el mismo procedimiento para cada muestra generando 3 réplicas por muestra.

Finalmente se mide el mercurio en el equipo DMA-80, para esto se indica la temperatura de inicio de operación (200°C), temperatura de combustión (650°C), temperatura del catalizador (615°C) y temperatura del amalgamador (900°C).

El control de calidad se realizó mediante el análisis de la concentración de mercurio del material estándar de referencia SRM (por sus siglas en inglés). El SRM utilizado fue 1646^a Estuarine Sediment (NIST). Se emplearon blancos de muestra

2.3.2.4 Análisis de biodiversidad ictiológica

2.3.2.4.1 Determinación del índice de Shannon-Weaver

El índice de Shannon-Weaver mide la biodiversidad ecológica mediante la cantidad de especies presentes en el área de interés y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies [35]. El índice de Shannon-Weaver equivale a la identidad de un elemento tomado al azar de una colección de N elementos distribuidos en S categorías [35].

El índice se representa como H' y expresado en un número positivo que para la mayoría de ecosistemas naturales varía entre 1 y 5 [36].

La fórmula del índice de Shannon-Weaver se presenta a continuación:

$$H' = - \sum_{t=1}^S p_i \ln p_i$$

Donde:

- H' : Diversidad de especies
- S: Número de especies

- p_i : Proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (abundancia relativa de la especie)
- n_i : Número de individuos de la especie i
- N : número de todos los individuos de todas las especies

El índice de biodiversidad de Shannon-Weaver refleja la abundancia de especies para un sitio, de ser evaluado de manera temporal y espacial se podría determinar el impacto que el ecosistema está teniendo, sea positivo o negativo [34, 35].

2.3.3 Análisis en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la FICT

2.3.3.1 Análisis granulométrico

El análisis granulométrico (Perfil de Suelo) de un suelo consiste en separar por tamaños los granos que lo componen con el fin de clasificar suelos gruesos y con los datos obtenidos generar una curva de granulometría [37].

Dado que la naturaleza del suelo es arenosa se requiere de 500 a 1000 g de muestra. El proceso inicia con el secado de la muestra en una estufa a 105°C por 24 horas o hasta que esté totalmente seca, una vez a temperatura ambiente, se pesa y desmorona la muestra. Se separa y pesa la fracción mayor que la malla N°4 (4,76 mm), para esta porción de la muestra se colocan sucesivamente los tamices: 1 1/2"

(38,1 mm); 1" (25,4 mm); 3/4" (19,1 mm); 1/2" (12,7 mm) y 3/8" (9,52 mm). (Especificaciones AASHTO y ASTM). Se agita todo el juego de tamices levemente.

El juego de tamices es nuevamente armado pero ahora desde el N°4 arriba hasta el N°200 con una bandeja al final para la fracción de la muestra que falta. Los tamices utilizados son: N°4 (4,76 mm); N°10 (2 mm); N°20 (0,85 mm); N°40 (0,42 mm); N°60 (0,25 mm); N°80 (0,177 mm); N°100 (0,149 mm); N°200 (0,074 mm). Fondo y tapa (Especificación ASTM). Se agita vigorosamente durante 15 minutos.

En orden se pesan las fracciones retenidas logrando la suma de los pesos retenidos en cada tamiz. Los porcentajes del material retenido se obtienen con respecto del peso seco de la muestra original. Los porcentajes acumulativos de muestra que ha pasado por cada tamiz se determinan mediante la resta al 100% del porcentaje retenido en la tamiz superior, a esta resta se le reduce el porcentaje retenido en el tamiz continuo y así sucesivamente. Con el objetivo de tener los porcentajes acumulativos en todos los tamices, es necesario multiplicarlos por el porcentaje obtenido al prepara las muestras.

Realizados todos los cálculos anteriores se procede a dibujar la curva de granulometría en papel semilogarítmico.

2.3.3.1.1 Curva de Granulometría

Para hacer la curva de distribución granulométrica de todo el material, grueso y fino, se relacionan los porcentajes de las porciones de partículas obtenidas en el análisis con tamices con respecto al total original. Se distribuye la curva en papel semilogarítmico con los porcentajes en escala aritmética y a los diámetros en escala logarítmica.

2.3.3.1.1.1 Coeficiente de Uniformidad de un suelo

Manifiesta la uniformidad/homogenidad de un suelo. Se lo representa como C_U .

$$C_U = D_{60} / D_{10}$$

Donde:

- D_{60} : Es el tamaño de partículas que corresponden el 60% en peso
- D_{10} : Es el tamaño de partículas que corresponden al 10% en peso, del suelo.

Los suelos que tienen $C_U < 3$ son considerados muy uniformes. [37]

2.3.3.1.1.2 Coeficiente de curvatura del suelo

Dato complementario para definir la uniformidad/homogenidad del suelo. El coeficiente de curvatura presenta un valor entre 1 y 3 en suelos bien graduados, con margen amplio de tamaños de partículas y apreciables cantidades de cada tamaño intermedio [37]. Se lo representa como C_c .

$$C_c = (D_{30})^2 / D_{60} \times D_{10}$$

Donde:

- D_{30} : Se define análogamente a los D_{60} y D_{10} del coeficiente de uniformidad del suelo.

2.4 Análisis de Datos

Los resultados se los analiza por medio de estadística descriptiva y análisis multivariado.

2.4.1 Análisis de Descriptivo

Realizado por un medio simple y visual, obteniendo promedios, desviaciones estándar, tablas de datos y gráficos de barras.

2.4.2 Análisis multivariado

Los datos que poseen una distribución normal se les realizó el test de Barlett (Barlett test, $p < 0,05$), si hubo homocedasticidad se les realiza un Tukey HSD Test para encontrar diferencias significativas, mientras que ante la heterocedasticidad se los analizó con un Welch Anova.

En el caso de valores que no presentaron distribución normal se los transformó mediante logaritmo de base 10 o la fórmula “ $1/X$ ” donde “ x ” representa el dato del muestreo a ser transformado.

Las pruebas no paramétricas son usadas en caso de que los datos originales, aún recurriendo a la transformación de los mismos, no lograron una distribución normal. La prueba no paramétrica empleada es Kruskal Wallis T Test y se la emplea con una confianza del 95% ($\alpha=0,05$) en el programa Statistica v7.

Para comprobar las diferencias significativas entre índices de Shannon-Weaver se recurre al método desarrollado por Hutchetson [38, 35].

RESULTADOS

3.1 Parámetros físico-químicos del agua superficial en el río Santa Rosa.

3.1.1 Temperatura

Los valores promedio de temperatura para las estaciones de muestreo fueron: Sitio 600 $19,32^{\circ}\text{C} \pm 0,28$ (ver tabla I); Sitio 400 $20,72^{\circ}\text{C} \pm 0,10$ (ver tabla III); Sitio 189 $22,7^{\circ}\text{C} \pm 0,47$ (ver tabla V); Sitio 89 $23,7^{\circ}\text{C} \pm 0,92$ (ver tabla VII); Sitio 31 $22,4^{\circ}\text{C} \pm 0,23$ (ver figura 2) (ver tabla IX).

Se evidencian diferencias significativas entre el Sitio 600 con el Sitio 400 (pruebas no paramétrica, $Z = 3,094$, $p = 0,02$), y el Sitio 600 con el Sitio 89 (pruebas no paramétrica, $Z = 3,522$, $p = 0,02$).

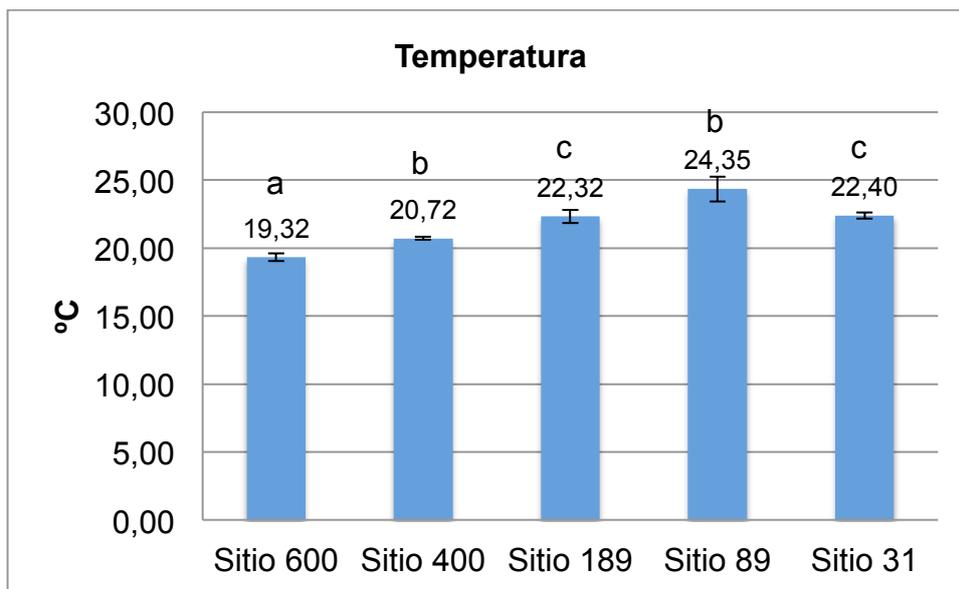


Figura 3.3. Valores promedio de temperatura por sitios de muestreo (Sitio 600 n = 6 Sitio 400 n = 6 Sitio 189 n = 6 Sitio 89 n = 2 Sitio 31 n = 6) en el río Santa Rosa. Las barras de error representan la desviación estándar. a presenta diferencias significativas para b pero no para c.

3.1.2 Oxígeno Disuelto

Los valores promedio de oxígeno disuelto (OD) para las estaciones de muestreo fueron: Sitio 600 8,08mg/L \pm 0,07 (ver tabla I); Sitio 400 8,01mg/L \pm 0,05 (ver tabla III); Sitio 189 8,29mg/L \pm 0,11 (ver tabla V); Sitio 89 8,85mg/L \pm 0,16 (ver tabla VII); Sitio 31 8,13mg/L \pm 0,16 (ver figura 3) (ver tabla IX).

Se evidencian diferencias significativas entre el Sitio 600 con el Sitio 400 (pruebas no paramétrica, $Z = 3,472$, $p = 0,005$), y el Sitio 400 con el Sitio 31 (pruebas no paramétrica, $Z = 3,000$, $p = 0,03$).

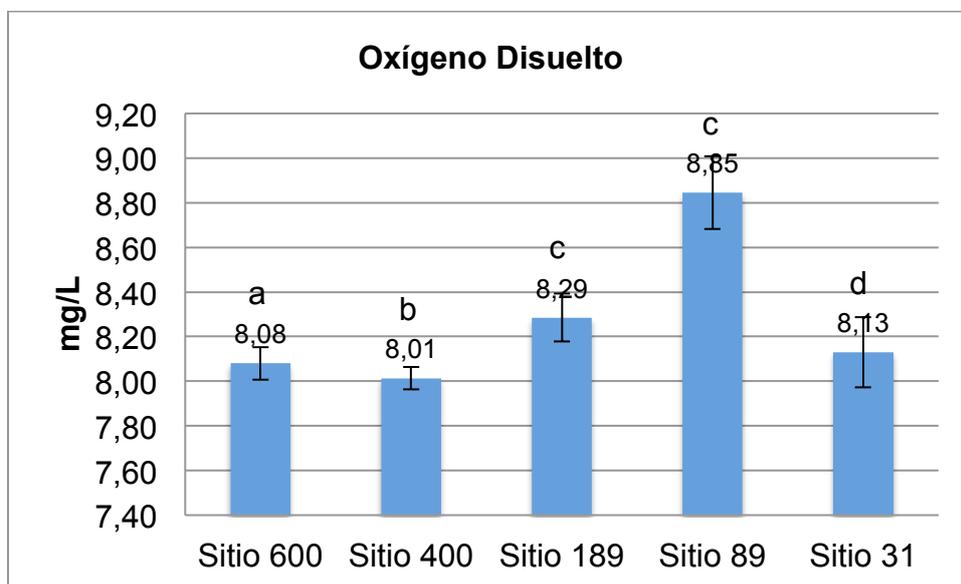


Figura 3.4. Valores promedio de oxígeno disuelto por sitio de muestreo (Sitio 600 $n = 6$ Sitio 400 $n = 6$ Sitio 189 $n = 6$ Sitio 89 $n = 2$ Sitio 31 $n = 6$) en el río Santa Rosa. Las barras de error representan la desviación estándar. a presenta diferencias significativas para b pero no para c y d. b presenta diferencias significativas para d pero no para c.

3.1.3 Saturación de Oxígeno

Los valores promedio de saturación de oxígeno para las estaciones de muestreo fueron: Sitio 600 $93,37\% \pm 0,45$ (ver tabla I); Sitio 400

93,07% \pm 0,49 (ver tabla III); Sitio 189 96,67% \pm 1,23 (ver tabla V); Sitio 89 105,55% \pm 3,46 (ver tabla VII); Sitio 31 93,10% \pm 1,91 (ver figura 4) (ver tabla IX).

Se evidencian diferencias significativas entre el Sitio 189 con el Sitio 31 (pruebas no paramétrica, $Z = 2,849$, $p = 0,04$)

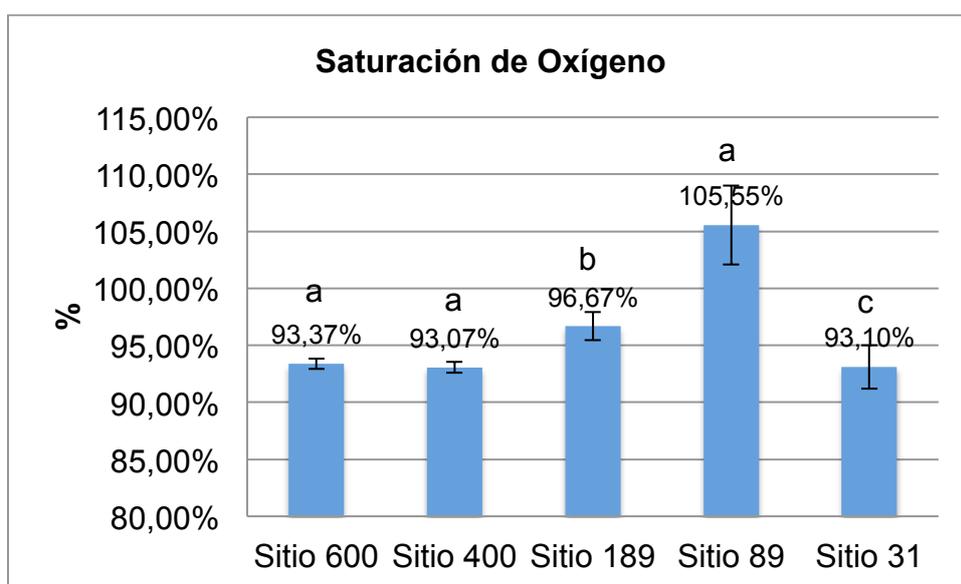


Figura 3.5. Valores promedio de saturación de oxígeno por sitio de muestreo (Sitio 600 n= 6 Sitio 400 n = 6 Sitio 189 n = 6 Sitio 89 n = 2 Sitio 31 n = 6) en el río Santa Rosa. Las barras de error representan la desviación estándar. b presenta diferencias significativas para c pero no para a.

3.1.4 Turbidez

Los valores promedio turbidez para las estaciones muestreadas fueron: Sitio 600 $1,98\text{NTU} \pm 0,60$ (ver tabla I); Sitio 400 $4,72\text{NTU} \pm 5,22$ (ver tabla III); Sitio 31 $14,07\text{ NTU} \pm 3,91$ (ver figura 5) (ver tabla IX).

Se evidencian diferencias significativas entre el Sitio 600 con el Sitio 31 (Welch ANOVA $p < 0,001$, heterocedasticidad, Barlett test $p < 0,001$), y el Sitio 400 con el Sitio 31 (Welch ANOVA $p < 0,005$, heterocedasticidad, Barlett test $p < 0,001$).

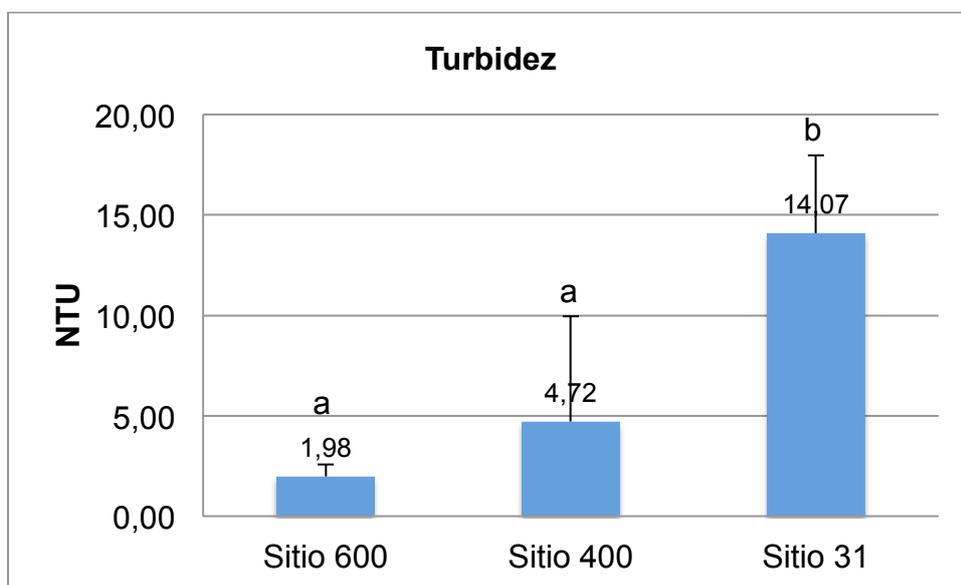


Figura 3.6. Valores promedio de turbidez por sitio de muestreo (Sitio 600 $n= 6$ Sitio 400 $n = 6$ Sitio 31 $n = 6$) en el río Santa Rosa. Las barras de error representan la desviación estándar. b presenta diferencias significativas para a.

3.1.5 Sulfuro de Hidrógeno

Para el parámetro sulfuro de hidrógeno no se obtienen valores dado que todas las muestras analizadas por el HS-C Hydrogen Sulfide Test Kit marca HACH resultan ser cercanos a 0 mg H₂S por litro de muestra y el kit no los detecta.

3.1.6 Nitrito

Los valores promedio de nitrito para las estaciones de muestreo fueron: Sitio 600 0,75mg/L \pm 0,23 (ver tabla II); Sitio 400 1,07mg/L \pm 0,31 (ver tabla IV); Sitio 189 1,30mg/L \pm 0,23 (ver tabla VI); Sitio 89 1,45mg/L \pm 0,45 (ver tabla VIII); Sitio 31 1,83mg/L \pm 0,26 (ver figura 6) (ver tabla X).

Se evidencian diferencias significativas entre el Sitio 600 con el Sitio 189 (Tukey HSD test $p < 0,05$, homocedasticidad, Barlett test $p > 0,05$), el Sitio 600 con el Sitio 89 (Tukey HSD test $p < 0,05$, homocedasticidad, Barlett test $p > 0,05$), el Sitio 600 con el Sitio 31 (Tukey HSD test $p < 0,05$, homocedasticidad, Barlett test $p > 0,05$), el Sitio 400 con el Sitio 31 (Tukey HSD test $p < 0,05$, homocedasticidad, Barlett test $p > 0,05$) y el Sitio 189 con el Sitio 31 (Tukey HSD test $p < 0,05$, homocedasticidad, Barlett test $p > 0,05$).

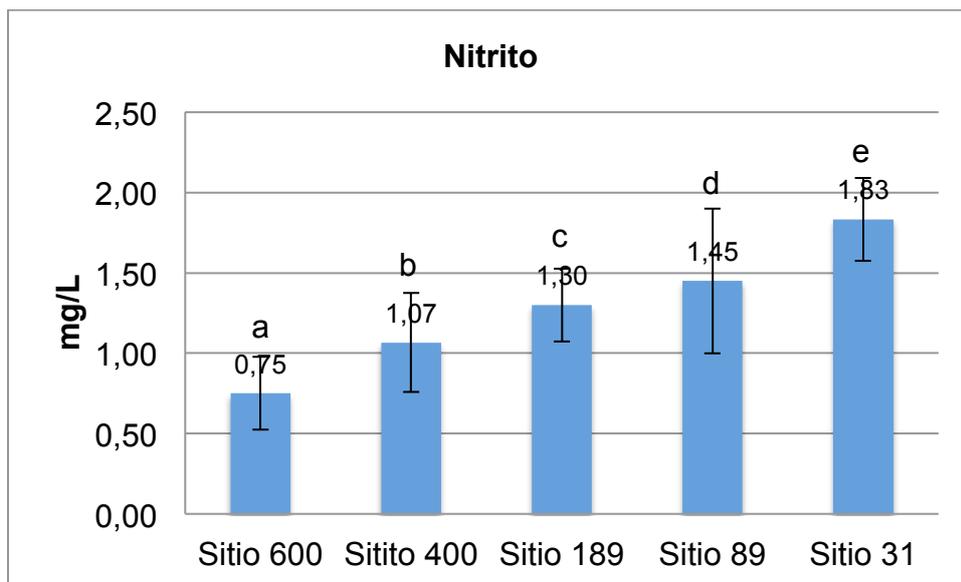


Figura 3.7. Valores promedio de nitrito por sitio de muestreo (Sitio 600 n= 6 Sitio 400 n = 6 Sitio 189 n = 6 Sitio 89 n = 6 Sitio 31 n = 6) en el río Santa Rosa. Las barras de error representan la desviación estándar. a presenta diferencias significativas para c, d y e, pero no para b. e presenta diferencias significativas para a, b y c, pero no para d.

3.1.7 Fosfato

Los valores promedio de fosfato para las estaciones de muestreo fueron: Sitio 600 0,42mg/L \pm 0,31 (ver tabla II); Sitio 400 0,85mg/L \pm 0,18 (ver tabla IV); Sitio 189 1,10mg/L \pm 0,22 (ver tabla VI); Sitio 89 0,63mg/L \pm 0,31 (ver tabla VIII); Sitio 31 1,32mg/L \pm 0,18 (ver figura 7) (ver tabla X).

Se evidencian diferencias significativas entre el Sitio 600 con el Sitio 89 (Tukey HSD test $p < 0,05$, homocedasticidad, Barlett test $p > 0,05$), el Sitio 600 con el Sitio 31 (Tukey HSD test $p < 0,05$, homocedasticidad, Barlett test $p > 0,05$), el Sitio 400 con el Sitio 31 (Tukey HSD test $p < 0,05$, homocedasticidad, Barlett test $p > 0,05$), el Sitio 189 con el Sitio 89 (Tukey HSD test $p < 0,05$, homocedasticidad, Barlett test $p > 0,05$), el Sitio 189 con el Sitio 31 (Tukey HSD test $p < 0,05$, homocedasticidad, Barlett test $p > 0,05$) y el Sitio 89 con el Sitio 31 (Tukey HSD test $p < 0,05$, homocedasticidad, Barlett test $p > 0,05$).

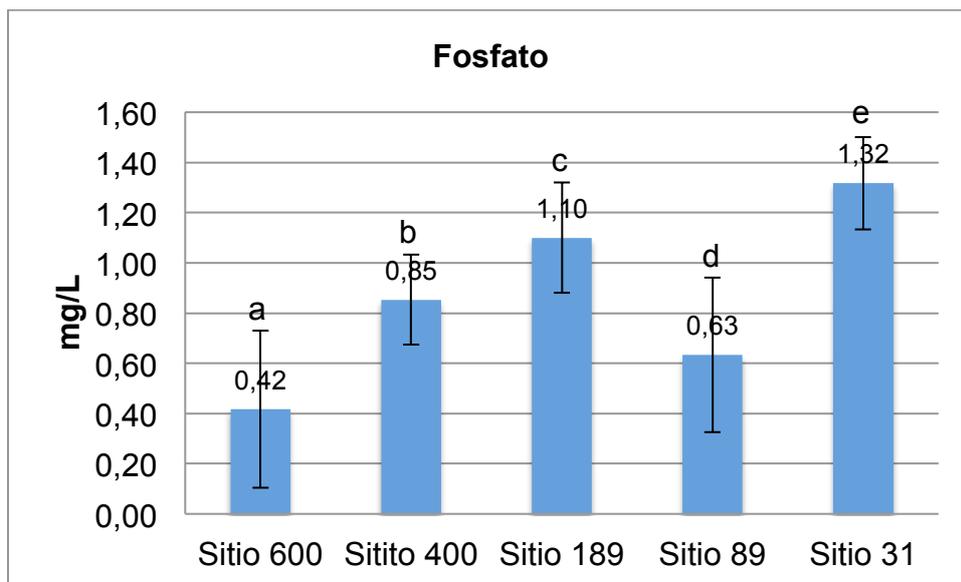


Figura 3.8. Valores promedio de fosfato por sitio de muestreo (Sitio 600 n= 6 Sitio 400 n = 6 Sitio 189 n = 6 Sitio 89 n = 6 Sitio 31 n = 6) en el río Santa Rosa. Las barras de error representan la desviación estándar. e presenta diferencias significativas para a, b, c y d. d presenta diferencias significativas para c y a pero no para b y e.

3.1.8 Demanda Química de Oxígeno

Para el parámetro demanda química de oxígeno no se obtienen valores dado que todas las muestras analizadas por el método HACH 8000 TNTplus HR resultan estar por debajo del rango de medición de 20-1500 mg de O₂ consumidos por litro de muestra.

3.1.9 Demanda Biológica de Oxígeno

Los valores de la demanda biológica de oxígeno para las estaciones de muestreo fueron: Sitio 600 1,2mg/L (ver tabla II); Sitio 400 0,9mg/L (ver tabla IV); Sitio 189 1,1mg/L (ver tabla VI); Sitio 89 1,5mg/L (ver tabla VIII); Sitio 31 1,6mg/L (ver figura 8) (ver tabla X).

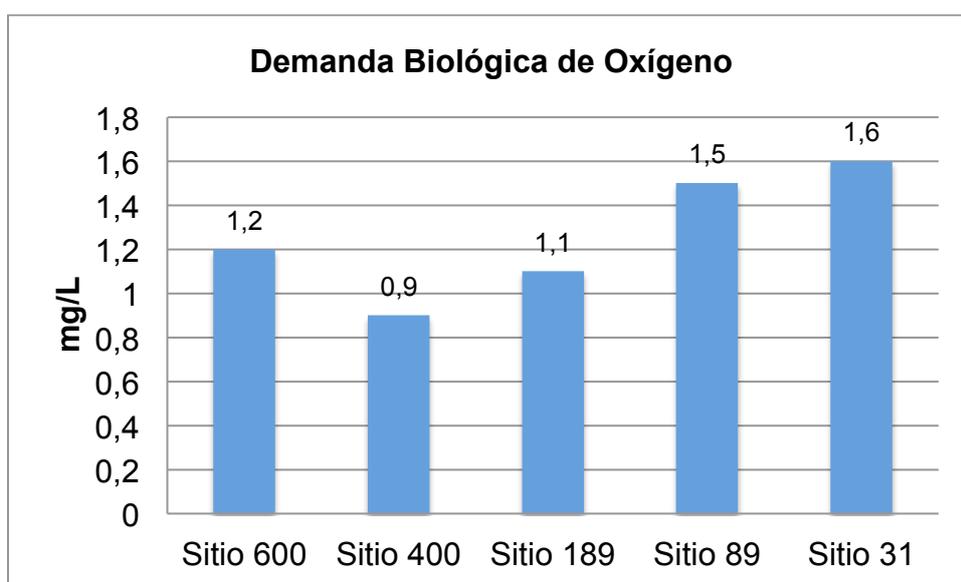


Figura 3.9. Valores promedio de demanda biológica de oxígeno por sitio de muestreo (Sitio 600 n= 1 Sitio 400 n = 1 Sitio 189 n = 1 Sitio 89 n = 1 Sitio 31 n = 1) en el río Santa Rosa. Las barras de error representan la desviación estándar.

3.1.10 Mercurio en Agua

Los valores promedio de la concentración de mercurio total en sedimento para las estaciones de muestreo fueron: Sitio 600 $0,0059 \mu\text{g/Kg} \pm 0,0194$ (ver tabla XVI); Sitio 400 $0,2057 \mu\text{g/Kg} \pm 0,109$ (ver tabla XVII); Sitio 189 $0,8291 \mu\text{g/Kg} \pm 0,5377$ (ver tabla XVIII); Sitio 89 $0,9759 \mu\text{g/Kg} \pm 0,6705$ (ver tabla XIX); Sitio 31 $0,3768 \mu\text{g/Kg} \pm 0,3427$ (ver figura 9) (ver tabla XX).

Para la mayoría de los casos se excede los $0,0002 \text{ mg/Kg}$, valor límite máximo permisible para mercurio en agua según el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) de la normativa ecuatoriana.

Se evidencian diferencias significativas entre el Sitio 600 con el Sitio 189 (pruebas no paramétrica, $Z = 3,933$, $p = 0,001$) y el Sitio 600 con el Sitio 89 (pruebas no paramétrica, $Z = 4,429$, $p = 0,0001$).

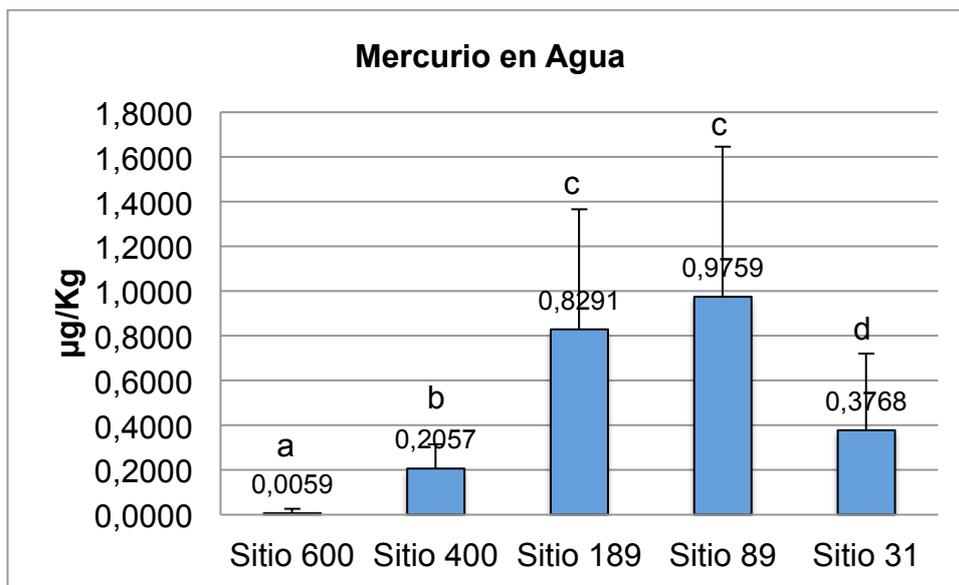


Figura 3.10. Valores promedio de mercurio en agua por sitio de muestreo (Sitio 600 n= 4 Sitio 400 n = 4 Sitio 189 n = 4 Sitio 89 n = 4 Sitio 31 n = 4) en el río Santa Rosa. Las barras de error representan la desviación estándar. a presenta diferencias significativas para c pero no para b y d.

3.2. Análisis en Sedimento

3.2.1. Materia Orgánica

Los valores promedio del porcentaje de materia orgánica para las estaciones de muestreo fueron: Sitio 600 3,06% \pm 2,42 (ver tabla XI); Sitio 400 2,06% \pm 0,33 (ver tabla XII); Sitio 189 2,62% \pm 1,31 (ver tabla

XIII); Sitio 89 $1,91\% \pm 0,37$ (ver tabla XIV); Sitio 31 $1,75\% \pm 0,73$ (ver figura 10) (ver tabla XV).

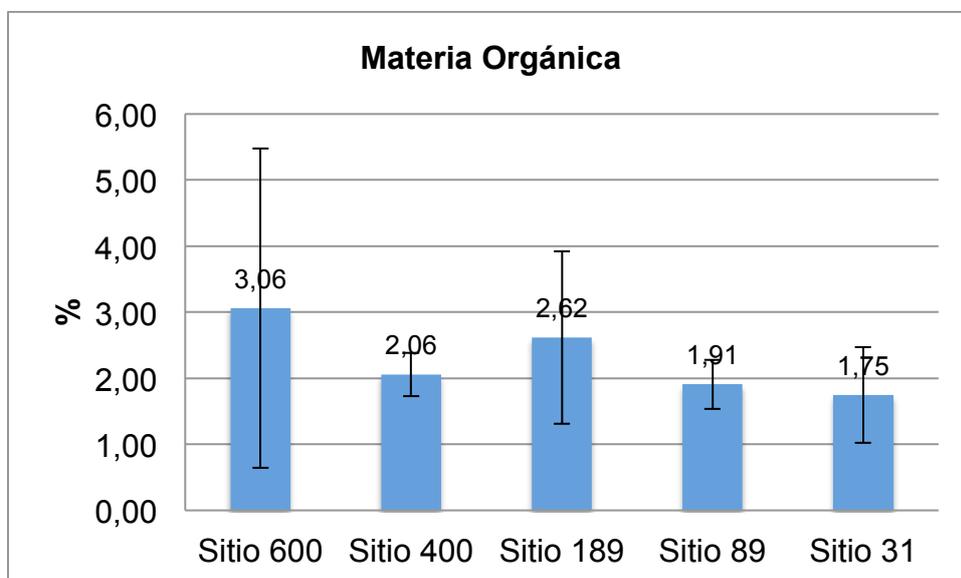


Figura 3.11. Valores promedio del porcentaje de materia orgánica por sitio de muestreo (Sitio 600 $n = 6$ Sitio 400 $n = 6$ Sitio 189 $n = 6$ Sitio 89 $n = 4$ Sitio 31 $n = 6$) en el río Santa Rosa. Las barras de error representan la desviación estándar.

3.2.2 Caracterización del Sedimento

Los valores promedio del porcentaje de la fracción de arena para las estaciones de muestreo fueron: Sitio 600 $85,92\% \pm 5,75$ (ver tabla XI); Sitio 400 $87,97\% \pm 5,34$ (ver tabla XII); Sitio 189 $79,53\% \pm 18,80$ (ver

tabla XIII); Sitio 89 $90,73\% \pm 4,14$ (ver tabla XIV); Sitio 31 $79,15\% \pm 14,00$ (ver figura 11) (ver tabla XV).

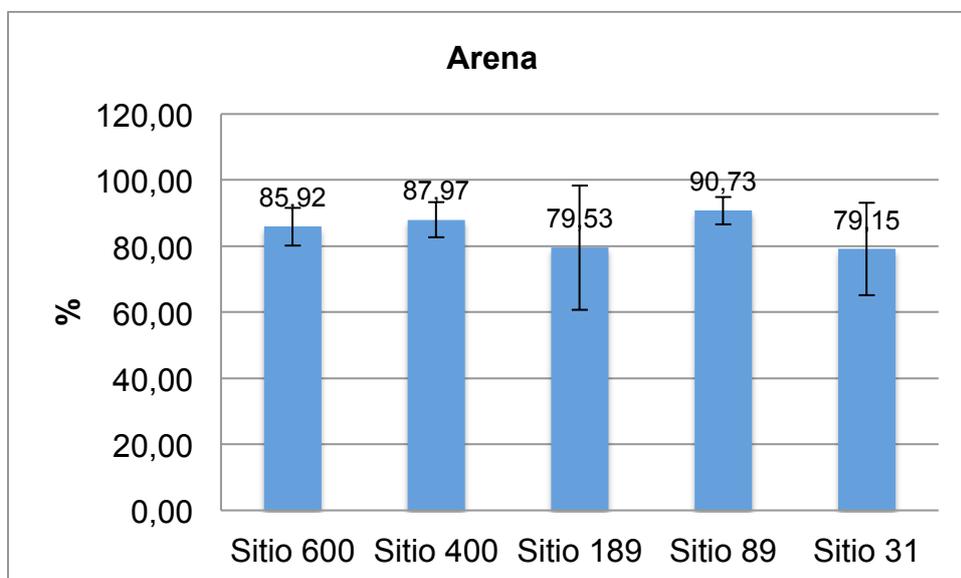


Figura 3.12. Valores promedio del porcentaje de arena por sitio de muestreo (Sitio 600 $n=6$ Sitio 400 $n=6$ Sitio 189 $n=6$ Sitio 89 $n=4$ Sitio 31 $n=6$) en el río Santa Rosa. Las barras de error representan la desviación estándar.

Los valores promedio del porcentaje de la fracción de limo para las estaciones de muestreo fueron: Sitio 600 $2,24\% \pm 3,60$ (ver tabla XI); Sitio 400 $1,71\% \pm 2,97$ (ver tabla XII); Sitio 189 $4,18\% \pm 5,69$ (ver tabla XIII); Sitio 89 $2,05\% \pm 1,89$ (ver tabla XIV); Sitio 31 $7,61\% \pm 8,53$ (ver figura 12) (ver tabla XV).

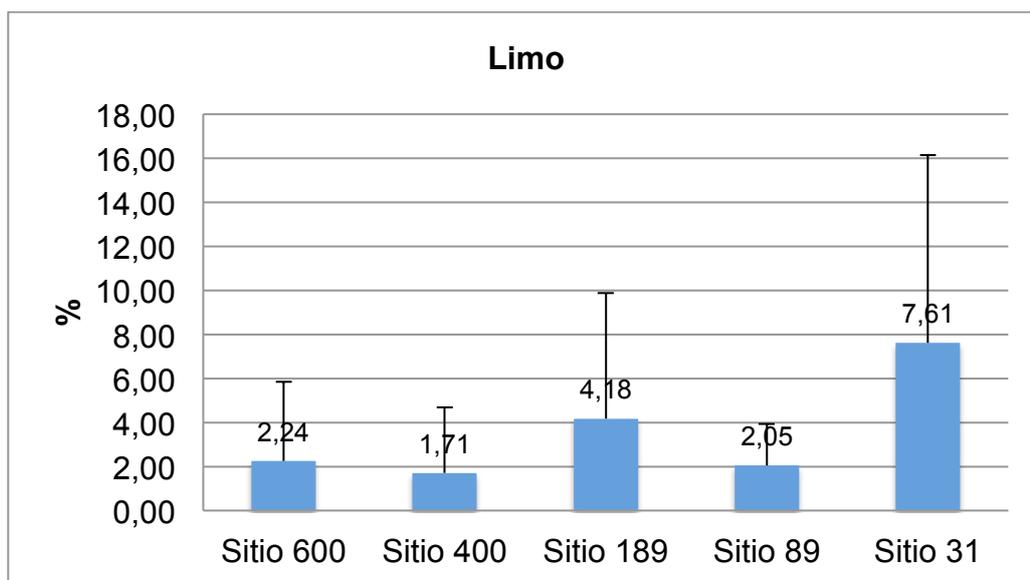


Figura 3.13. Valores promedio del porcentaje de limo por sitio de muestreo (Sitio 600 n= 6 Sitio 400 n = 6 Sitio 189 n = 6 Sitio 89 n = 4 Sitio 31 n = 6) en el río Santa Rosa. Las barras de error representan la desviación estándar.

Los valores promedio del porcentaje de la fracción de arcilla para las estaciones de muestreo fueron: Sitio 600 11,84% \pm 2,54 (ver tabla XI); Sitio 400 10,32% \pm 2,41 (ver tabla XII); Sitio 189 16,29% \pm 13,43 (ver tabla XIII); Sitio 89 7,22% \pm 2,68 (ver tabla XIV); Sitio 31 13,24% \pm 5,92 (ver figura 13) (ver tabla XV).

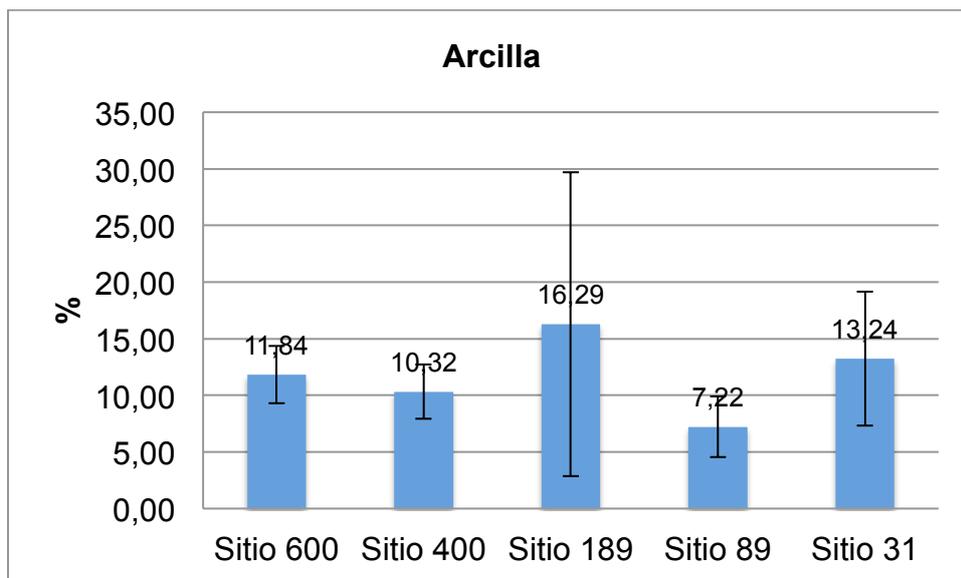


Figura 3.14. Valores promedio del porcentaje de arcilla por sitio de muestreo (Sitio 600 n= 6 Sitio 400 n = 6 Sitio 189 n = 6 Sitio 89 n = 4 Sitio 31 n = 6) en el río Santa Rosa. Las barras de error representan la desviación estándar.

3.2.3 Mercurio en sedimento

Los valores promedio de la concentración de mercurio total en sedimento para las estaciones de muestreo fueron: Sitio 600 0,0124 mg/Kg \pm 0,0072 (ver tabla XXI); Sitio 400 0,0255 mg/Kg \pm 0,0142 (ver tabla XXII); Sitio 189 0,0357 mg/Kg \pm 0,0161 (ver tabla XXIII); Sitio 89 0,0112 mg/Kg \pm 0,0053 (ver tabla XXIV); Sitio 31 0,0077 mg/Kg \pm 0,0084 (ver figura 14) (ver tabla XXV).

Para ninguno de los casos se excede el 0,1 mg/Kg, valor límite máximo permisible para mercurio en suelo según el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) de la normativa ecuatoriana.

Se evidencian diferencias significativas entre el Sitio 600 con el Sitio 189 (pruebas no paramétrica, $Z = 3,918$, $p = 0,001$), el Sitio 400 con el Sitio 31 (pruebas no paramétrica, $Z = 4,267$, $p = 0,0002$), el Sitio 189 con el Sitio 89 (pruebas no paramétrica, $Z = 3,801$, $p = 0,001$), y el Sitio 189 con el Sitio 31 (pruebas no paramétrica, $Z = 5,469$, $p = 0,0001$).

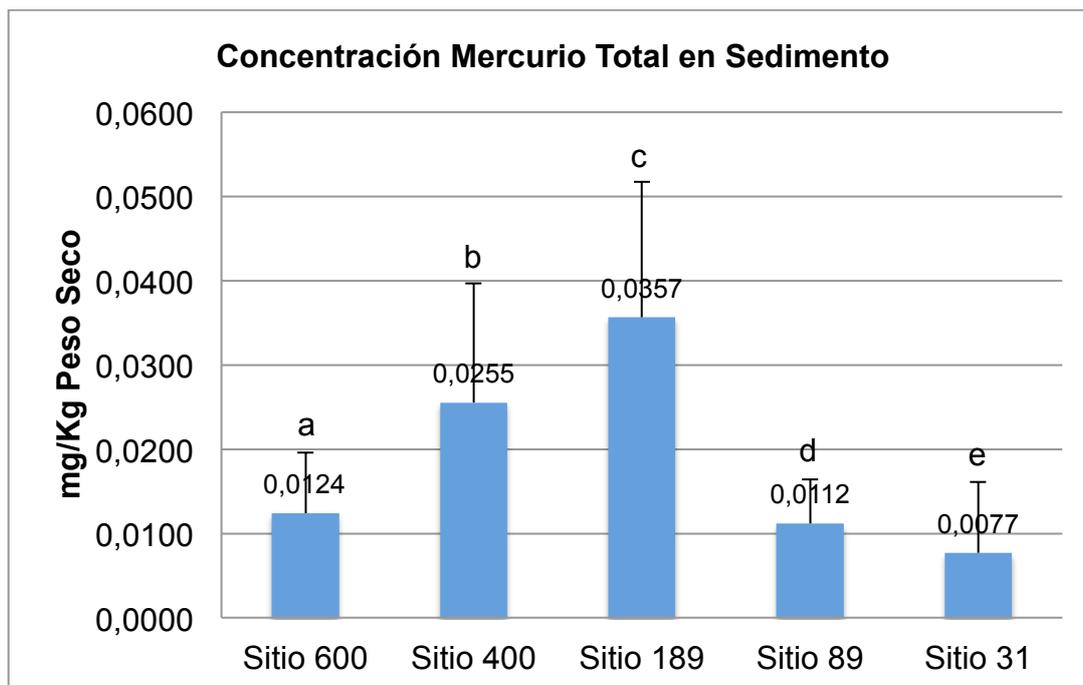


Figura 3.15. Valores promedio de mercurio en sedimento por sitio de muestreo (Sitio 600 n= 6 Sitio 400 n = 6 Sitio 189 n = 6 Sitio 89 n = 4 Sitio 31 n = 6) en el río Santa Rosa. Las barras de error representan la desviación estándar. c presenta diferencias significativas para a, d y e, pero no para b. e presenta diferencias significativas para b y c pero no para a y d.

3.2.4 Análisis Granulométrico

Los valores promedio para el coeficiente de uniformidad del suelo para las estaciones de muestreo fueron: Sitio 600 $15,44 \pm 13,97$ (ver tabla LVII); Sitio 400 $10,05 \pm 8,57$ (ver tabla LVII); Sitio 189 $9,6 \pm 14,24$

(ver tabla LVII); Sitio 89 $4,16 \pm 2,56$ (ver tabla LVII); Sitio 31 $12,26 \pm 9,87$ (ver figura 15) (ver tabla LVII).

Se recurre a transformación de logaritmo de base 10, se logra normalidad y no existen diferencias significativas.

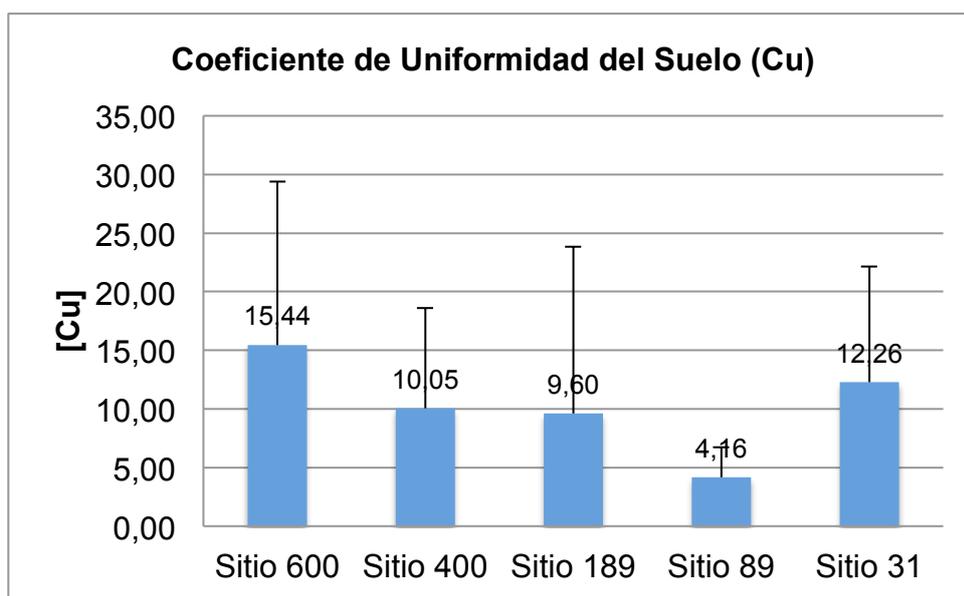


Figura 3.16. Valores promedio del coeficiente de uniformidad del suelo por sitio de muestreo (Sitio 600 n= 6 Sitio 400 n = 6 Sitio 189 n = 6 Sitio 89 n = 4 Sitio 31 n = 6) en el río Santa Rosa. Las barras de error representan la desviación estándar.

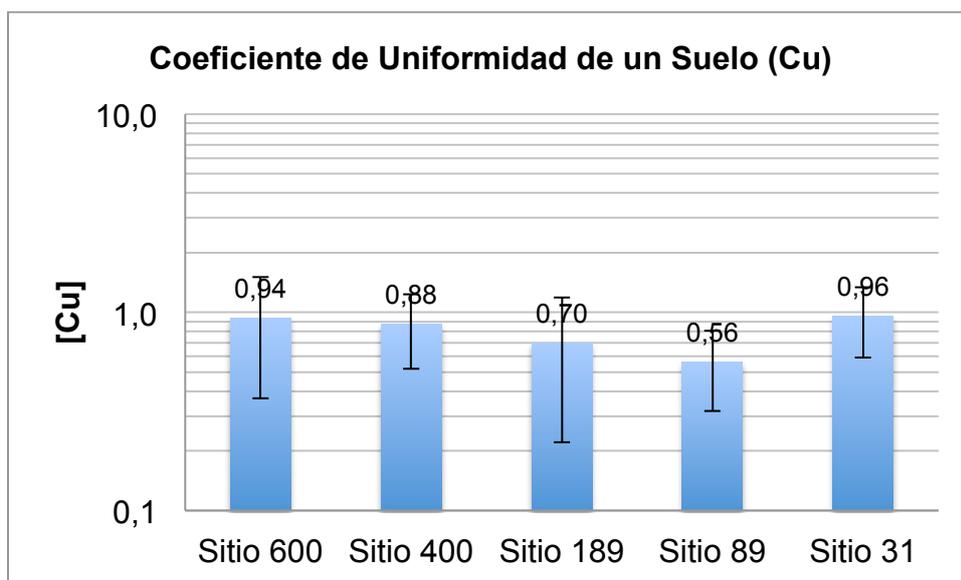


Figura 3.17. Valores promedio del coeficiente de uniformidad del suelo transformados mediante logaritmo de base 10 por sitio de muestreo (Sitio 600 n= 6 Sitio 400 n = 6 Sitio 189 n = 6 Sitio 89 n = 4 Sitio 31 n = 6) en el río Santa Rosa. Las barras de error representan la desviación estándar.

3.3 Análisis de Biodiversidad Ictiológica

Los valores del índice de Shannon-Weaver para las estaciones de muestreo en diciembre del 2012 fueron: Sitio 600 0,6017 (ver tabla LXI); Sitio 400 1,6361 (ver tabla LXII); Sitio 189 1,5581 (ver tabla LXIII); Sitio 89 1,7027 (ver tabla LXIV); Sitio 31 1,9148 (ver figura 17) (ver tabla LXV).

Se realizan comparaciones en el siguiente formato: Sitio 600 para el Sitio 400, Sitio 400 para el Sitio 189, Sitio 189 para el Sitio 89 y Sitio 89 para el Sitio 31.

Se evidencian diferencias significativas entre el Sitio 600 con el Sitio 400 (método de Hutcheson, t calculado = -12,920, $p = 0,05$). No se presentan diferencias significativas entre los demás sitios de muestreo.

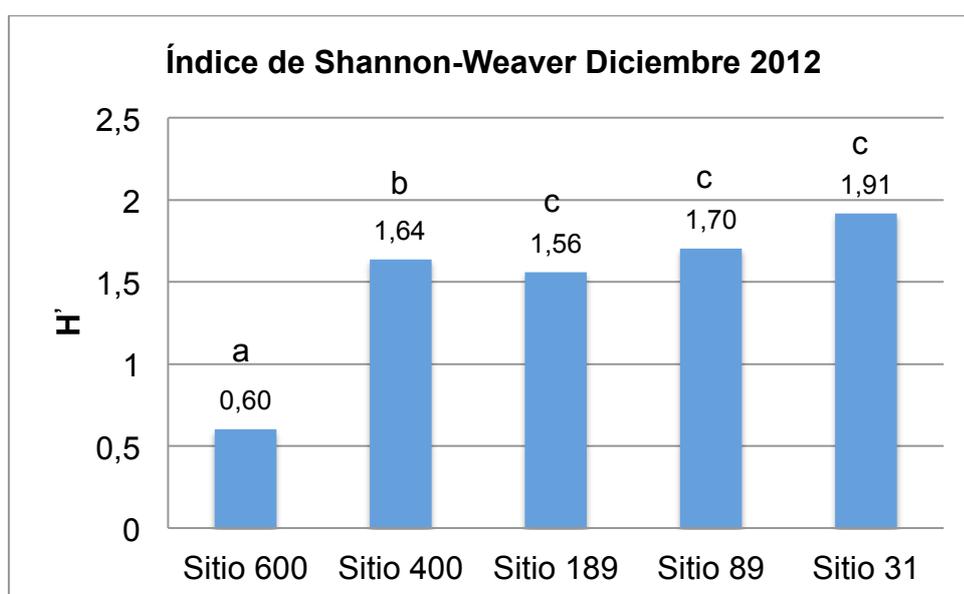


Figura 3.18. Valores promedio del porcentaje de limo por sitio de muestreo (Sitio 600 $n = 76$ Sitio 400 $n = 180$ Sitio 189 $n = 214$ Sitio 89 $n = 148$ Sitio 31 $n = 176$) en el río Santa Rosa. Las barras de error representan la desviación estándar. a presenta diferencias significativas para b pero no para c.

Los valores del índice de Shannon-Weaver para las estaciones de muestreo en julio del 2013 fueron: Sitio 600 0,7747 (ver tabla LXVII); Sitio 400 1,1257 (ver tabla LXVIII); Sitio 189 1,8355 (ver tabla LXIX); Sitio 89 1,5093 (ver tabla LXX); Sitio 31 1,6816 (ver figura 18) (ver tabla LXXI).

Se realizan comparaciones en el siguiente formato: Sitio 600 para el Sitio 400, Sitio 400 para el Sitio 189, Sitio 189 para el Sitio 89 y Sitio 89 para el Sitio 31.

Se evidencian diferencias significativas entre el Sitio 600 con el Sitio 400 (método de Hutcheson, t calculado = -12,920, $p = 0,05$), el Sitio 400 con el Sitio 189 (método de Hutcheson, t calculado = -7,711, $p = 0,05$), el Sitio 189 con el Sitio 89 (método de Hutcheson, t calculado = 4,183, $p = 0,05$), y el Sitio 89 con el Sitio 31 (método de Hutcheson, t calculado = -2,510, $p = 0,05$).

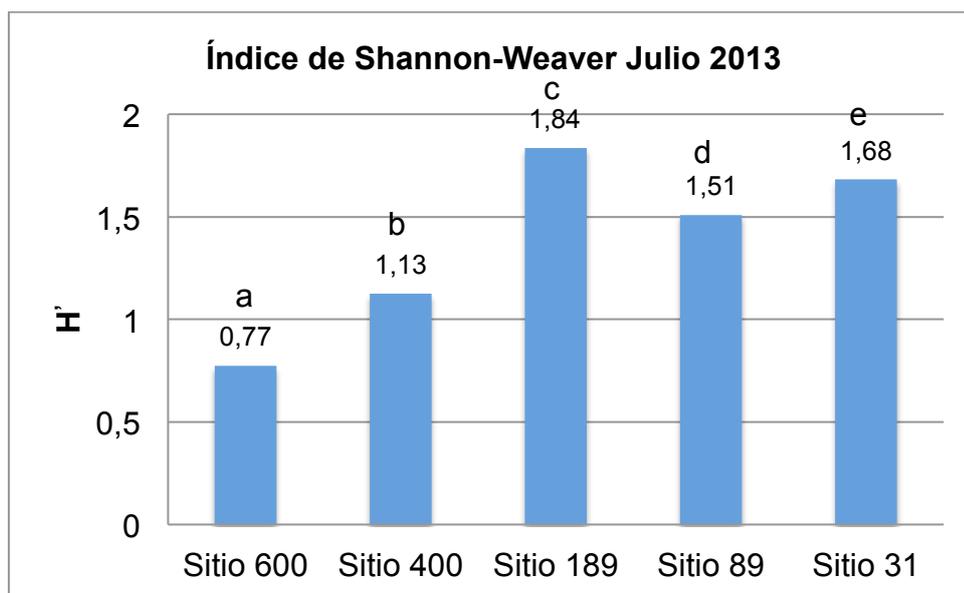


Figura 3.19. Valores promedio del porcentaje de limo por sitio de muestreo (Sitio 600 $n = 205$ Sitio 400 $n = 216$ Sitio 189 $n = 251$ Sitio 89 $n = 239$ Sitio 31 $n = 1030$) en el río Santa Rosa. Las barras de error representan la desviación estándar. b presenta diferencias significativas para a y c pero para d y e. d presenta diferencias significativas para c y e pero para a y b.

Además se realiza un análisis con los índices de Shannon-Weaver de diciembre de 2012 y julio de 2013, entre los sitios semejantes en lugar pero distintos en tiempo de toma de especímenes. Se evidencian diferencias significativas para los Sitios 600 (método de Hutcheson, t calculado = -2,760, $p = 0,05$), los Sitios 400 (método de Hutcheson, t calculado = 5,101, $p = 0,05$), los Sitios 189 (método de Hutcheson, t calculado = -3,401, $p = 0,05$), y los Sitios 31 (método de Hutcheson, t calculado = 3,026, $p = 0,05$).

DISCUSIÓN

El río Santa Rosa presenta características únicas para el mundo y que son propias del Ecuador, con una cuenca que nace en las faldas de los Andes y en menos de 100 km descarga sus agua en una zona estuariana. Sobre todo que el área de estudio para este proyecto abarca un área nunca antes analizada.

4.1 Calidad de Agua

Los valores obtenidos de temperatura (19,32 – 24,35 °C), turbidez (1,98 – 14,07 NTU), OD (>8 mg/L) y saturación de oxígeno (>90%) son comunes para ríos tropicales de agua dulce con suelos principalmente de grava, con alturas que van desde los 600 m.s.n.m hasta llegar relativamente al nivel del mar y principalmente por presentar marcadas actividades antropogénicas donde dominan los pastizales para ganado, monocultivos y minería de oro, todo esto en ausencia de poblaciones humanas desarrolladas [39, 40].

No obstante, algunos parámetros indicadores de calidad del río Santa Rosa se reportaron con niveles relativamente altos para el nitrito (0,75 – 1,83 mg/L) y fosfato (0,42 – 1,32 mg/L) que están sobre el límite permisible de 0,006 mg/L establecido por el Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente [41]. En ríos aparentemente prístinos con cierta influencia de agricultura no rebasan los 0,003 mg/L para nitrito y 0,012 mg/L para fósforo disuelto [42]. El incremento en nitrito y fosfato se debe probablemente a la alteración del río continuum por el agregado no controlado o empírico de insumos ricos en nitrógeno y fósforo usados en las bananeras y patizales [10], deforestación y principalmente a la desaparición de la zona riparia del río que es muy importante para la desnitrificación y atrapar fósforo [26, 27, 40, 41, 42].

4.2 Análisis de Mercurio

Según Sultan et al. [44] un río tropical de agua dulce y prístino que presenta bajas actividades antropogénicas tiene concentraciones totales de mercurio en sedimento menores a 0,59 mg/Kg y en agua menores a 0,21 µg/Kg. Para el río Santa Rosa la concentración total de mercurio en sedimento (0,007 – 0,035 mg/Kg) es menor que el máximo valor para un río prístino, pero esto no se repite para los valores en agua (0,006 – 0,976 µg/Kg) que en ciertos casos son mayores que el máximo valor de un río prístino y que los valores máximos permisibles (0,2 µg/Kg) para la continuidad de la

flora y fauna según el TULSMA [45]. Esto da a entender que el ecosistema si está siendo impactado, no sólo por el transporte global de mercurio, sino también por una fuente alterna del metal, que para este caso serían las minas de oro de los alrededores. Las concentraciones de mercurio necesarias para que se observe actividad inusual (nadar erráticamente) en peces es muy variable ya que depende de la especie y de las condiciones del agua [9, 30]. Lo crítico es la biomagnificación, la acumulación y aumento de presencia de mercurio en organismos de mayores niveles en la red trófica llevando a la alteración de sus actividades fisiológicas comunes o inclusive la muerte [6, 8, 9, 18, 30].

La mayor actividad minera evidenciada durante este estudio ocurre río abajo del Sitio 189, específicamente en el poblado El Playón donde la mayoría de hombres trabajan durante el día extrayendo material de minas, esto lo realizan para obtener oro de la amalgamación y cianidación.

La disminución del mercurio total río abajo se puede estar dando por las actividades de extracción de oro observadas en el Sitio 189 donde probablemente se esté usando cianuro, este compuesto inhibe la metilación del mercurio y deja al mismo en estado molecular o inorgánico que son fácilmente transferidos a la atmósfera [7], o por la falta de deposición del mercurio en el sedimento influenciado por los radios de metilación del mercurio y las características del río [9, 28, 43]. El suelo es poco uniforme

(heterogéneo) por no poseer coeficientes de uniformidad de suelo cercanos o menores a 3 y coeficientes de curvatura de suelo menores a 1, recalcando que es un suelo permeable [46], además, el trayecto estudiado del río Santa Rosa presenta principalmente un suelo arenoso, donde el mercurio casi no se deposita porque las arenas son permeables, no poseen cargas eléctricas para interactuar con el mercurio y por ende se encuentran bajos niveles del mismo, pero río abajo, en la desembocadura estuarina del río Santa Rosa, el suelo debe cambiar sus características a arcilloso [36], siendo la arcilla atractante de mercurio por presentar una buena área superficial e interactuar con las cargas eléctricas del metil mercurio [6, 8, 9], por ende las zonas río abajo se deben encontrar más impactadas por poseer mayor disponibilidad de mercurio.

4.3 Análisis de Biodiversidad

El análisis de un sitio en particular, mediante el índice de Shannon-Weaver, al presentar valores entre 0 a 1,5 se considera al sitio de baja diversidad, valores entre 1,5 a 3 para sitios de mediana diversidad y valores entre 3 a 5 para sitios de alta diversidad [47].

La variedad de barreras físicas naturales (cascadas y rápidos) en el trayecto del río Santa Rosa pueden afectar aún más que los parámetros físico-químicos del agua en los índices de biodiversidad y las comparaciones

espaciales del año 2013, generando diferencias significativas entre sitios de muestreo.

De las parámetros físico-químicos, el único que puede afectar directamente a la comunidad de peces es el nitrito dado que este se encuentra en todos los sitios muestreados sobre su valor máximo permisible según normativas canadienses. La toxicidad del nitrito se puede disminuir en el caso de presentarse un alto nivel de anión cloro en las aguas del río Santa Rosa, ayudando principalmente a los peces que poseen una resistencia al nitrito [23, 24].

Mientras la especie *Astroblepus sp.* disminuye hasta desaparecer aguas abajo, sitio de mayor concentración de nitrito, la especie *Rhoadsia altipinna* se la encuentra desde los sitios más altos río arriba y aumenta gradualmente el número de individuos conforme se acerca más al nivel del mar.

El *Chaetostoma aequinoctiale* se haya muy abundante en la zona baja del río Santa Rosa, precisamente en el Sitio 31, lugar que también se encuentran especímenes de *Poecilia sp.* que son reconocidos como bioindicadores de contaminación [48].

Por otro lado, durante el muestreo de 2013 se registró la especie *lotabrycon praecox*, la cual tiene una importancia trascendental dado que es la primera vez que se registra esta especie en el cauce del río Santa Rosa y fue reportada por Aguirre et al. [13].

Tanto el índice general de biodiversidad del río Santa Rosa de diciembre de 2012 de (2,26) y el de de julio de 2013 de (2,12), con diferencias significativas (método de Hutcheson, t calculado = -37,145, $p = 0,05$), dan a considerar el río como un lugar de biodiversidad ictiológica media [47].

CONCLUSIONES

1. El trayecto estudiado del río Santa Rosa presenta una gran área prístina pero aún así no está exento de cambios a futuro ya que existe influencia de actividades antropogénicas que se dan y van aumentando río abajo.
2. Hay presencia de mercurio en el agua, en niveles que pueden afectar la fauna que habita el trayecto estudiado del río Santa Rosa, pero más afectado se verá el ecosistema río abajo, sobre todo el área estuarina.
3. Las características físicas y químicas del agua superficial del río Santa Rosa son comunes para ríos a esas alturas sobre el nivel del mar donde el agua es rica en oxígeno, saturada del mismo y la temperatura es cálida.
4. Los bajos valores de turbidez y de sulfuro de hidrógeno demuestran pocas partículas en suspensión, la ausencia de procesos de degradación de materia orgánica y altos niveles de oxígeno en el agua del río Santa Rosa.

5. Los valores de nitrito se encuentran fuera del límite máximo permisible en todas las estaciones amenazando la ictiofauna del río Santa Rosa.
6. El suelo del río Santa Rosa se constituye principalmente de grava por poseer una granulometría de (4,75 - 38,1) mm de diámetro.
7. Todos los niveles de mercurio total en sedimento se encuentran debajo del límite permisible, mientras que no todos los niveles de mercurio total en agua son seguros lo cual puede afectar la flora y fauna del río Santa Rosa.
8. El índice de biodiversidad de Shannon-Weaver para diciembre de 2012 es de 2,26, mientras que el índice de biodiversidad de Shannon-Weaver de 2013 es de 2,12.
9. Los índices de biodiversidad de Shannon-Weaver poseen valores entre 1,5 y 3, lo que significa que el río Santa Rosa posee una diversidad ictiológica media.

RECOMENDACIONES

1. Se deben realizar más muestreos del río Santa Rosa, agregando al estudio zonas río abajo (zonas estuarinas) y que los mismos se realicen en igual número para la temporada lluviosa y la temporada seca, además las muestras deberán ser seleccionadas totalmente al azar.
2. Se debe continuar realizando muestreos o visitas a los sitios de estudios, de preferencia los sitio aparentemente prístinos y comprobar que no exista minería ilegal o descargas de contaminación.
3. Se debe actualizar la información acerca del tipo de vegetación y el uso de suelo en las riveras del río Santa Rosa.

4. Es necesario agregar más análisis del agua para futuros estudios en donde se abarque el pH, sulfuro y cianuro por su relación con el mercurio, y el anión cloro por su relación con el nitrito.

5. Se debe explorar la concentración de mercurio en la ictiofauna.

ANEXOS

Tabla I. Parámetros Físicos-Químicos medidos in situ en el Sitio 600

Réplica	Coordenadas 17M		Temperatura [°C]	Oxígeno Disuelto [mg/L]	Saturación de Oxígeno [%]	Turbidez [NTU]	Sulfuro de Hidrógeno [mg/L]	Altura [m.s.n.m]
	Este	Sur						
1	632252	9603572	19,60	8,02	93,30	1,90	<MDL	630
2	632248	9603573	19,10	8,11	93,50	1,31	<MDL	623
3	632207	9603549	19,50	8,12	93,60	2,88	<MDL	613
4	632188	9603534	19,10	8,14	93,70	1,70	<MDL	619
5	632285	9603560	19,60	7,96	93,50	2,52	<MDL	620
6	632293	9603558	19,00	8,13	93,60	1,58	<MDL	616
Promedio			19,32	8,08	93,53	1,98	-	620
D.E.			0,28	0,07	0,14	0,60	-	6

Tabla II. Análisis químicos del Sitio 600 realizados en laboratorio improvisado

Réplica	Coordenadas 17M		Nitrito [mg/L]	Fosfato [mg/L]	DQO [mg O ₂ /L]	DBO ₅ [mg O ₂ /L]
	Este	Sur				
1	632252	9603572	0,6	0,1	<MDL	1,2
2	632248	9603573	0,5	0,8	<MDL	
3	632207	9603549	0,6	0,8	<MDL	
4	632188	9603534	0,8	0,4	<MDL	
5	632285	9603560	0,9	0,2	<MDL	
6	632293	9603558	1,1	0,2	<MDL	
Promedio			0,8	0,4		
D.E.			0,2	0,3		

Tabla III. Parámetros Físicos-Químicos medidos in situ en el Sitio 400

Réplica	Coordenadas 17M		Temperatura [°C]	Oxígeno disuelto [mg/L]	Saturación de Oxígeno [%]	Turbidez [NTU]	Sulfuro de Hidrógeno [mg/L]	Altura [m.s.n.m]
	Este	Sur						
1	628560	9603105	20,70	7,95	92,30	13,40	<MDL	380
2	628552	9603084	20,70	7,99	92,90	-	<MDL	371
3	628544	9603060	20,90	7,97	92,80	5,62	<MDL	383
4	628573	9603106	20,70	8,04	93,30	0,72	<MDL	381
5	628584	9603107	20,70	8,06	93,50	2,70	<MDL	381
6	628590	9603105	20,60	8,07	93,60	1,15	<MDL	385
Promedio			20,72	8,01	93,07	4,72	-	380
D.E.			0,10	0,05	0,49	5,22	-	5

Tabla IV. Análisis químicos del Sitio 400 realizados en laboratorio improvisado

Réplica	Coordenadas 17M		Nitrito [mg/L]	Fosfato [mg/L]	DQO [mg O ₂ /L]	DBO ₅ [mg O ₂ /L]
	Este	Sur				
1	628560	9603105	0,8	1,1	<MDL	0,9
2	628552	9603084	1,1	0,8	<MDL	
3	628544	9603060	1,4	0,7	<MDL	
4	628573	9603106	1,3	0,9	<MDL	
5	628584	9603107	1,2	0,7	<MDL	
6	628590	9603105	0,6	0,6	<MDL	
Promedio			1,1	0,8		
D.E.			0,3	0,2		

Tabla V. Parámetros Físicos-Químicos medidos in situ en el Sitio 189

Réplica	Coordenadas 17M		Temperatura [°C]	Oxígeno disuelto [mg/L]	Saturación de Oxígeno [%]	Sulfuro de Hidrógeno [mg/L]	Altura [m.s.n.m]
	Este	Sur					
1	620801	9604086	21,90	8,24	95,20	<MDL	184
2	620830	9604083	21,80	8,27	95,50	<MDL	189
3	620846	9604118	22,00	8,47	98,20	<MDL	183
4	620882	9604126	22,60	8,30	97,50	<MDL	183
5	620868	9604094	22,70	8,29	97,50	<MDL	183
6	620806	9604084	22,90	8,14	96,10	<MDL	184
Promedio			22,32	8,29	96,67	-	184
D.E.			0,47	0,11	1,23	-	2

Tabla VI. Análisis químicos del Sitio 189 realizados en laboratorio improvisado

Réplica	Coordenadas 17M		Nitrito [mg/L]	Fosfato [mg/L]	DQO [mg O ₂ /L]	DBO ₅ [mg O ₂ /L]
	Este	Sur				
1	620801	9604086	1,4	0,9	<MDL	1,1
2	620830	9604083	0,9	1,1	<MDL	
3	620846	9604118	1,2	1,2	<MDL	
4	620882	9604126	1,5	1,4	<MDL	
5	620868	9604094	1,5	1,2	<MDL	
6	620806	9604084	1,3	0,8	<MDL	
Promedio			1,3	1,1		
D.E.			0,2	0,2		

Tabla VII. Parámetros Físicos-Químicos medidos in situ en el Sitio 89

Réplica	Coordenadas 17M		Temperatura [°C]	Oxígeno disuelto [mg/L]	Saturación de Oxígeno [%]	Sulfuro de Hidrógeno [mg/L]	Altura [m.s.n.m]
	Este	Sur					
1	617072	9606558	-	-	-	<MDL	91
2	617081	9606581	-	-	-	<MDL	91
3	617074	9606585	-	-	-	<MDL	87
4	617078	9606558	-	-	-	<MDL	87
5	617084	9606580	23,70	8,73	103,10	<MDL	86
6	617068	9606580	25,00	8,96	108,00	<MDL	86
Promedio			24,35	8,85	105,55	-	88
D.E.			0,92	0,16	3,46	-	2

Tabla VIII. Análisis químicos del Sitio 89 realizados en laboratorio improvisado

Réplica	Coordenadas 17M		Nitrito [mg/L]	Fosfato [mg/L]	DQO [mg O ₂ /L]	DBO ₅ [mg O ₂ /L]
	Este	Sur				
1	617072	9606558	0,7	0,6	<MDL	1,5
2	617081	9606581	1,4	0,5	<MDL	
3	617074	9606585	1,9	0,4	<MDL	
4	617078	9606558	1,8	0,3	<MDL	
5	617084	9606580	1,7	0,9	<MDL	
6	617068	9606580	1,2	1,1	<MDL	
Promedio			1,5	0,6		
D.E.			0,5	0,3		

Tabla IX. Parámetros Físicos-Químicos medidos in situ en el Sitio 31

Réplica	Coordenadas 17M		Temperatura [°C]	Oxígeno disuelto [mg/L]	Saturación de Oxígeno [%]	Turbidez [NTU]	Sulfuro de Hidrógeno [mg/L]	Altura [m.s.n.m]
	Este	Sur						
1	615861	9612893	22,80	8,04	92,80	13,60	<MDL	28
2	615814	9612909	22,20	8,02	91,50	20,35	<MDL	20
3	615873	9612880	22,20	7,99	91,20	14,80	<MDL	29
4	615895	9612859	22,30	8,07	92,20	8,07	<MDL	19
5	615801	9612920	22,40	8,32	95,30	14,00	<MDL	24
6	615794	9612920	22,50	8,34	95,60	13,60	<MDL	26
Promedio			22,40	8,13	93,10	14,07	-	24
D.E.			0,23	0,16	1,91	3,91	-	4

Tabla X. Análisis químicos del Sitio 31 realizados en laboratorio improvisado

Réplica	Coordenadas 17M		Nitrito [mg/L]	Fosfato [mg/L]	DQO [mg O ₂ /L]	DBO ₅ [mg O ₂ /L]
	Este	Sur				
1	615861	9612893	2,1	1,6	<MDL	1,6
2	615814	9612909	2,2	1,4	<MDL	
3	615873	9612880	1,8	1,2	<MDL	
4	615895	9612859	1,7	1,1	<MDL	
5	615801	9612920	1,6	1,2	<MDL	
6	615794	9612920	1,6	1,4	<MDL	
Promedio			1,8	1,3		
D.E.			0,3	0,2		

Tabla XI. Caracterización de sedimento del Sitio 600

Réplica	Coordenadas 17M		Arena [%]	Limo [%]	Arcilla [%]	Materia Orgánica [%]
	Este	Sur				
1	632252	9603572	88,40	1,15	10,45	1,83
2	632248	9603573	86,88	0,69	12,42	2,03
3	632207	9603549	87,93	1,57	10,50	2,25
4	632188	9603534	86,92	0,06	13,03	2,30
5	632285	9603560	74,56	9,51	15,94	7,98
6	632293	9603558	90,83	0,48	8,70	1,97
Promedio			85,92	2,24	11,84	3,06
D.E.			5,75	3,60	2,54	2,42

Tabla XII. Caracterización de sedimento del Sitio 400

Réplica	Coordenadas 17M		Arena [%]	Limo [%]	Arcilla [%]	Materia Orgánica [%]
	Este	Sur				
1	628560	9603105	89,94	0,15	9,91	1,99
2	628552	9603084	89,95	0,97	9,07	2,13
3	628544	9603060	90,52	0,06	9,41	1,80
4	628573	9603106	90,31	0,54	9,14	1,96
5	628584	9603107	90,00	0,81	9,19	1,79
6	628590	9603105	77,08	7,72	15,20	2,68
Promedio			87,97	1,71	10,32	2,06
D.E.			5,34	2,97	2,41	0,33

Tabla XIII. Caracterización de sedimento del Sitio 189

Réplica	Coordenadas 17M		Arena [%]	Limo [%]	Arcilla [%]	Materia Orgánica [%]
	Este	Sur				
1	620801	9604086	90,53	0,49	8,98	2,00
2	620830	9604083	89,11	0,06	10,83	2,40
3	620846	9604118	44,78	13,04	42,18	2,40
4	620882	9604126	91,58	0,67	7,75	1,87
5	620868	9604094	70,56	9,74	19,70	5,23
6	620806	9604084	90,60	1,08	8,32	1,80
Promedio			79,53	4,18	16,29	2,62
D.E.			18,80	5,69	13,43	1,31

Tabla XIV. Caracterización de sedimento del Sitio 89

Réplica	Coordenadas 17M		Arena [%]	Limo [%]	Arcilla [%]	Materia Orgánica [%]
	Este	Sur				
1	617072	9606558	90,96	0,91	8,12	2,45
2	617081	9606581	96,43	0,03	3,54	1,77
3	617074	9606585	86,93	3,16	9,90	1,63
4	617078	9606558	88,61	4,08	7,30	1,78
Promedio			90,73	2,05	7,22	1,91
D.E.			4,14	1,89	2,68	0,37

Tabla XV. Caracterización de sedimento del Sitio 31

Réplica	Coordenadas 17M		Arena [%]	Limo [%]	Arcilla [%]	Materia Orgánica [%]
	Este	Sur				
1	615861	9612893	54,08	23,62	22,30	3,06
2	615814	9612909	88,08	5,13	6,79	1,27
3	615873	9612880	80,47	5,08	14,45	1,60
4	615895	9612859	72,86	9,94	17,20	2,09
5	615801	9612920	91,65	0,41	7,94	1,10
6	615794	9612920	87,74	1,47	10,78	1,37
Promedio			79,15	7,61	13,24	1,75
D.E.			14,00	8,53	5,92	0,73

Tabla XVI. Concentración de Mercurio en Agua Sitio 600. Peso Húmedo

Réplica	Coordenadas 17M		Hg [µg/Kg]	Promedio [µg/Kg]	Desviación Estándar
	Este	Sur			
1	632252	9603572	<MDL	0,006	0,019
2	632248	9603573	0,024		
3	632207	9603549	<MDL		
4	632188	9603534	<MDL		

Tabla XVII. Concentración de Mercurio en Agua Sitio 400. Peso Húmedo

Réplica	Coordenadas 17M		Hg [$\mu\text{g}/\text{Kg}$]	Promedio [$\mu\text{g}/\text{Kg}$]	Desviación Estándar
	Este	Sur			
1	628560	9603105	0,286	0,206	0,109
2	628552	9603084	0,225		
3	628544	9603060	0,115		
4	628573	9603106	0,197		

Tabla XVIII. Concentración de Mercurio en Agua Sitio 189. Peso Húmedo

Réplica	Coordenadas 17M		Hg [$\mu\text{g}/\text{Kg}$]	Promedio [$\mu\text{g}/\text{Kg}$]	Desviación Estándar
	Este	Sur			
1	620801	9604086	0,990	0,829	0,538
2	620830	9604083	1,180		
3	620846	9604118	1,147		
4	620882	9604126	<MDL		

Tabla XIX. Concentración de Mercurio en Agua Sitio 89. Peso Húmedo

Réplica	Coordenadas 17M		Hg [$\mu\text{g}/\text{Kg}$]	Promedio [$\mu\text{g}/\text{Kg}$]	Desviación Estándar
	Este	Sur			
1	617072	9606558	1,661	0,976	0,671
2	617081	9606581	1,362		
3	617074	9606585	0,014		
4	617078	9606558	0,867		

Tabla XX. Concentración de Mercurio en Agua Sitio 31. Peso Húmedo

Réplica	Coordenadas 17M		Hg [$\mu\text{g}/\text{Kg}$]	Promedio [$\mu\text{g}/\text{Kg}$]	Desviación Estándar
	Este	Sur			
1	615861	9612893	0,854	0,377	0,343
2	615814	9612909	0,449		
3	615873	9612880	0,205		
4	615895	9612859	<MDL		

Tabla XXI. Concentración de Mercurio en Sedimento Sitio 600. Peso Seco

Réplica	Coordenadas 17M		Hg [mg/Kg]	Promedio [mg/Kg]	Desviación Estándar
	Este	Sur			
1	632252	9603572	0,017	0,012	0,007
2	632248	9603573	0,011		
3	632207	9603549	0,006		
4	632188	9603534	0,005		
5	632285	9603560	0,024		
6	632293	9603558	0,012		

Tabla XXII. Concentración de Mercurio en Sedimento Sitio 400. Peso Seco

Réplica	Coordenadas 17M		Hg [mg/Kg]	Promedio [mg/Kg]	Desviación Estándar
	Este	Sur			
1	628560	9603105	0,021	0,026	0,014
2	628552	9603084	0,052		
3	628544	9603060	0,025		
4	628573	9603106	0,014		
5	628584	9603107	0,026		
6	628590	9603105	0,015		

Tabla XXIII. Concentración de Mercurio en Sedimento Sitio 189. Peso Seco

Réplica	Coordenadas 17M		Hg [mg/Kg]	Promedio [mg/Kg]	Desviación Estándar
	Este	Sur			
1	620801	9604086	0,025	0,036	0,016
2	620830	9604083	0,036		
3	620846	9604118	0,044		
4	620882	9604126	0,011		
5	620868	9604094	0,059		
6	620806	9604084	0,039		

Tabla XXIV. Concentración de Mercurio en Sedimento Sitio 89. Peso Seco

Réplica	Coordenadas 17M		Hg [mg/Kg]	Promedio [mg/Kg]	Desviación Estándar
	Este	Sur			
1	617072	9606558	0,007	0,011	0,005
2	617081	9606581	0,007		
3	617074	9606585	0,016		
4	617078	9606558	0,015		

Tabla XXV. Concentración de Mercurio en Sedimento Sitio 31. Peso Seco

Réplica	Coordenadas 17M		Hg [mg/Kg]	Promedio [mg/Kg]	Desviación Estándar
	Este	Sur			
1	615861	9612893	0,024	0,008	0,008
2	615814	9612909	0,006		
3	615873	9612880	0,006		
4	615895	9612859	0,011		
5	615801	9612920	0,000		
6	615794	9612920	0,000		

Tabla XXVI. Resultados del Standard Reference Material 1646a

Tipo de Muestra		Concentración Medida [mg/Kg]	Concentración Teórica [mg/Kg]	% Recuperación	Promedio del % Recuperación
Agua	Sitio 600	0,0406	0,040	101,58	97,40
	Sitio 400	0,0382		95,67	
	Sitio 189	0,0389		97,33	
	Sitio 89	0,0373		93,33	
	Sitio 31	0,0396		99,08	
Sedimento	Sitio 600	0,0369	0,04	92,25	92,37
	Sitio 400	0,0363		90,83	
	Sitio 189	0,0362		90,50	
	Sitio 89	0,0382		95,58	
	Sitio 31	0,0370		92,67	

Tabla XXVII. Promedios de blancos obtenidos de las muestras de Agua

Tipo de Muestra		[$\mu\text{g/Kg}$]
Agua	Sitio 600	0,0002
	Sitio 400	0,0001
	Sitio 189	0,0004
	Sitio 89	0,0009
	Sitio 31	0,0001

Tabla XXVIII. Promedios de blancos obtenidos de las muestras de Sedimento

Tipo de Muestra		[mg/Kg]
Sedimento	Sitio 600	0,0006
	Sitio 400	0,0011
	Sitio 189	0,0008
	Sitio 89	0,0007
	Sitio 31	0,0010

Tabla XXIX. Perfil de Suelo del Sitio 600 Réplica 1

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	-	-	-	-
3/4"	19	59,28	2,46	2,46	97,54
1/2"	12,5	91,32	18,84	21,30	78,70
3/8"	9,5	39,32	10,24	31,54	68,46
No 4	4,75	64,55	16,27	47,82	52,18
No 10	2	39,66	11,79	59,61	40,39
No 20	0,85	65,33	11,01	70,61	29,39
No 40	0,425	48,71	12,37	82,98	17,02
No 60	0,25	21,68	8,73	91,72	8,28
No 80	0,18	5,88	2,73	94,44	5,56
No 100	0,15	2,04	0,99	95,43	4,57
No 200	0,075	2,61	1,49	96,91	3,09
Fondo		0,09	0,02		
Total		440,47	96,94		

Tabla XXX. Perfil de Suelo del Sitio 600 Réplica 2

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	-	-	-	-
3/4"	19	-	-	-	-
1/2"	12,5	-	-	-	-
3/8"	9,5	-	-	-	-
No 4	4,75	7,10	2,84	2,84	97,16
No 10	2	31,52	12,61	15,45	84,55
No 20	0,85	89,77	35,91	51,36	48,64
No 40	0,425	76,89	30,76	82,12	17,88
No 60	0,25	27,74	11,10	93,22	6,78
No 80	0,18	8,47	3,39	96,60	3,40
No 100	0,15	3,37	1,35	97,95	2,05
No 200	0,075	4,96	1,98	99,94	0,06
Fondo		0,16	0,06		
Total		249,98	100,00		

Tabla XXXI. Perfil de Suelo del Sitio 600 Réplica 3

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	32,72	4,67	4,67	95,33
3/4"	19	125,00	17,84	22,51	77,49
1/2"	12,5	117,87	16,83	39,34	60,66
3/8"	9,5	38,11	5,44	44,78	55,22
No 4	4,75	59,45	8,49	53,27	46,73
No 10	2	58,05	8,29	61,55	38,45
No 20	0,85	85,95	12,27	73,82	26,18
No 40	0,425	100,44	14,34	88,16	11,84
No 60	0,25	59,41	8,48	96,64	3,36
No 80	0,18	14,91	2,13	98,77	1,23
No 100	0,15	3,85	0,55	99,32	0,68
No 200	0,075	4,63	0,66	99,98	0,02
Fondo		0,14	0,02		
Total		700,53	100,00		

Tabla XXXII. Perfil de Suelo del Sitio 600 Réplica 4

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	-	-	-	-
3/4"	19	-	-	-	-
1/2"	12,5	-	-	-	-
3/8"	9,5	-	-	-	-
No 4	4,75	26,24	4,81	4,81	95,19
No 10	2	109,78	20,12	24,93	75,07
No 20	0,85	182,49	33,45	58,39	41,61
No 40	0,425	160,09	29,35	87,73	12,27
No 60	0,25	46,73	8,57	96,30	3,70
No 80	0,18	9,17	1,68	97,98	2,02
No 100	0,15	3,97	0,73	98,71	1,29
No 200	0,075	6,86	1,26	99,97	0,03
Fondo		0,14	0,02		
Total		700,53	100,00		

Tabla XXXIII. Perfil de Suelo del Sitio 600 Réplica 5

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	-	-	-	-
3/4"	19	13,80	2,44	2,44	97,56
1/2"	12,5	-	-	-	-
3/8"	9,5	18,52	3,28	5,72	94,28
No 4	4,75	35,03	6,20	11,91	88,09
No 10	2	70,68	12,50	24,42	75,58
No 20	0,85	177,67	31,43	55,85	44,15
No 40	0,425	151,48	26,80	82,64	17,36
No 60	0,25	57,54	10,18	92,82	7,18
No 80	0,18	19,60	3,47	96,29	3,71
No 100	0,15	10,86	1,92	98,21	1,79
No 200	0,075	9,98	1,77	99,98	0,02
Fondo		0,14	0,02		
Total		565,30	100,00		

Tabla XXXIV. Perfil de Suelo del Sitio 600 Réplica 6

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	-	-	-	-	-
1"	25	38,22	8,22	8,22	91,78
3/4"	19	10,84	2,33	10,55	89,45
1/2"	12,5	82,98	17,84	28,38	71,62
3/8"	9,5	45,12	9,70	38,08	61,92
No 4	4,75	71,68	15,41	53,49	46,51
No 10	2	51,93	11,16	64,65	35,35
No 20	0,85	48,48	10,42	75,08	24,92
No 40	0,425	54,48	11,71	86,79	13,21
No 60	0,25	38,47	8,27	95,06	4,94
No 80	0,18	12,01	2,58	97,64	2,36
No 100	0,15	4,34	0,93	98,57	1,43
No 200	0,075	6,55	1,41	99,98	0,02
Fondo		0,10	0,02		
Total		465,20	100,00		

Tabla XXXV. Perfil de Suelo del Sitio 400 Réplica 1

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	-	-	-	-
3/4"	19	12,00	2,57	2,57	97,43
1/2"	12,5	63,70	13,64	16,21	83,79
3/8"	9,5	72,87	15,61	31,82	68,18
No 4	4,75	104,53	22,39	54,21	45,79
No 10	2	105,05	22,50	76,71	23,29
No 20	0,85	72,47	15,52	92,24	7,76
No 40	0,425	28,12	6,02	98,26	1,74
No 60	0,25	6,13	1,31	99,57	0,43
No 80	0,18	1,11	0,24	99,81	0,19
No 100	0,15	0,39	0,08	99,89	0,11
No 200	0,075	0,47	0,10	99,99	0,01
Fondo		0,03	0,01		
Total		466,87	100,00		

Tabla XXXVI. Perfil de Suelo del Sitio 400 Réplica 2

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	64,80	15,80	15,80	84,20
3/4"	19	-	-	-	-
1/2"	12,5	7,85	1,91	17,72	82,28
3/8"	9,5	7,40	1,80	19,52	80,48
No 4	4,75	25,03	6,10	25,63	74,37
No 10	2	74,49	18,17	43,80	56,20
No 20	0,85	115,83	28,25	72,05	27,95
No 40	0,425	86,51	21,10	93,15	6,85
No 60	0,25	21,29	5,19	98,34	1,66
No 80	0,18	3,68	0,90	99,24	0,76
No 100	0,15	1,25	0,30	99,54	0,46
No 200	0,075	1,80	0,44	99,98	0,02
Fondo		0,07	0,02		
Total		410,00	100,00		

Tabla XXXVII. Perfil de Suelo del Sitio 400 Réplica 3

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	159,46	21,24	21,24	78,76
3/4"	19	109,84	14,63	35,87	64,13
1/2"	12,5	73,10	9,74	45,60	54,40
3/8"	9,5	62,39	8,31	53,91	46,09
No 4	4,75	88,45	11,78	65,69	34,31
No 10	2	62,33	8,30	73,99	26,01
No 20	0,85	100,19	13,34	87,34	12,66
No 40	0,425	69,15	9,21	96,55	3,45
No 60	0,25	19,90	2,65	99,20	0,80
No 80	0,18	3,47	0,46	99,66	0,34
No 100	0,15	1,11	0,15	99,81	0,19
No 200	0,075	1,33	0,18	99,98	0,02
Fondo		0,13	0,02		
Total		750,85	100,00		

Tabla XXXVIII. Perfil de Suelo del Sitio 400 Réplica 4

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	146,23	27,32	27,32	72,68
1"	25	234,68	43,85	71,17	28,83
3/4"	19	44,54	8,32	79,49	20,51
1/2"	12,5	51,33	9,59	89,08	10,92
3/8"	9,5	9,55	1,78	90,86	9,14
No 4	4,75	14,49	2,71	93,57	6,43
No 10	2	7,02	1,31	94,88	5,12
No 20	0,85	10,53	1,97	96,85	3,15
No 40	0,425	10,59	1,98	98,83	1,17
No 60	0,25	3,52	0,66	99,48	0,52
No 80	0,18	1,13	0,21	99,70	0,30
No 100	0,15	0,59	0,11	99,81	0,19
No 200	0,075	1,00	0,19	99,99	0,01
Fondo		0,04	0,01		
Total		535,24	100,00		

Tabla XXXIX. Perfil de Suelo del Sitio 400 Réplica 5

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	36,57	5,85	5,85	94,15
3/4"	19	34,14	5,46	11,30	88,70
1/2"	12,5	122,97	19,65	30,96	69,04
3/8"	9,5	94,06	15,03	45,99	54,01
No 4	4,75	117,56	18,79	64,78	35,22
No 10	2	65,96	10,54	75,32	24,68
No 20	0,85	71,48	11,42	86,75	13,25
No 40	0,425	57,63	9,21	95,96	4,04
No 60	0,25	19,23	3,07	99,03	0,97
No 80	0,18	3,60	0,58	99,61	0,39
No 100	0,15	1,15	0,18	99,79	0,21
No 200	0,075	1,26	0,20	99,99	0,01
Fondo		0,05	0,01		
Total		625,66	100,00		

Tabla XL. Perfil de Suelo del Sitio 400 Réplica 6

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	-	-	-	-
3/4"	19	-	-	-	-
1/2"	12,5	23,00	3,64	3,64	96,36
3/8"	9,5	5,56	0,88	4,51	95,49
No 4	4,75	29,37	4,64	9,16	90,84
No 10	2	61,34	9,70	18,85	81,15
No 20	0,85	249,81	39,49	58,34	41,66
No 40	0,425	183,69	29,04	87,38	12,62
No 60	0,25	52,55	8,31	95,69	4,31
No 80	0,18	15,91	2,52	98,20	1,80
No 100	0,15	5,46	0,86	99,07	0,93
No 200	0,075	5,69	0,90	99,97	0,03
Fondo		0,22	0,03		
Total		632,60	100,00		

Tabla XLI. Perfil de Suelo del Sitio 189 Réplica 1

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	97,26	14,09	14,09	85,91
3/4"	19	21,06	3,05	17,15	82,85
1/2"	12,5	99,15	14,37	31,51	68,49
3/8"	9,5	47,13	6,83	38,34	61,66
No 4	4,75	66,80	9,68	48,02	51,98
No 10	2	40,92	5,93	53,95	46,05
No 20	0,85	39,77	5,76	59,72	40,28
No 40	0,425	88,94	12,89	72,61	27,39
No 60	0,25	102,70	14,88	87,49	12,51
No 80	0,18	46,07	6,68	94,17	5,83
No 100	0,15	18,92	2,74	96,91	3,09
No 200	0,075	20,96	3,04	99,94	0,06
Fondo		0,38	0,06		
Total		690,06	100,00		

Tabla XLII. Perfil de Suelo del Sitio 189 Réplica 2

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	-	-	-	-
3/4"	19	-	-	-	-
1/2"	12,5	3,26	0,75	0,75	99,25
3/8"	9,5	8,82	2,02	2,76	97,24
No 4	4,75	10,23	2,34	5,10	94,90
No 10	2	25,76	5,89	10,99	89,01
No 20	0,85	208,50	47,66	58,65	41,35
No 40	0,425	135,30	30,93	89,57	10,43
No 60	0,25	26,73	6,11	95,68	4,32
No 80	0,18	7,04	1,61	97,29	2,71
No 100	0,15	3,20	0,73	98,03	1,97
No 200	0,075	8,19	1,87	99,90	0,10
Fondo		0,45	0,10		
Total		437,48	100,00		

Tabla XLIII. Perfil de Suelo del Sitio 189 Réplica 3

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	-	-	-	-
3/4"	19	-	-	-	-
1/2"	12,5	-	-	-	-
3/8"	9,5	-	-	-	-
No 4	4,75	0,50	0,23	0,23	99,77
No 10	2	0,62	0,29	0,52	99,48
No 20	0,85	2,05	0,95	1,47	98,53
No 40	0,425	2,99	1,39	2,86	97,14
No 60	0,25	10,50	4,87	7,73	92,27
No 80	0,18	29,56	13,72	21,45	78,55
No 100	0,15	40,80	18,94	40,39	59,61
No 200	0,075	122,46	56,84	97,23	2,77
Fondo		5,97	2,77		
Total		215,45	100,00		

Tabla XLIV. Perfil de Suelo del Sitio 189 Réplica 4

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	-	-	-	-
3/4"	19	-	-	-	-
1/2"	12,5	71,71	10,86	10,86	89,14
3/8"	9,5	28,73	4,35	15,21	84,79
No 4	4,75	116,66	17,66	32,87	67,13
No 10	2	192,69	29,17	62,04	37,96
No 20	0,85	138,42	20,96	83,00	17,00
No 40	0,425	55,38	8,38	91,38	8,62
No 60	0,25	27,63	4,18	95,57	4,43
No 80	0,18	12,50	1,89	97,46	2,54
No 100	0,15	6,06	0,92	98,38	1,62
No 200	0,075	10,52	1,59	99,97	0,03
Fondo		0,21	0,03		
Total		660,51	100,00		

Tabla XLV. Perfil de Suelo del Sitio 189 Réplica 5

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	-	-	-	-
3/4"	19	-	-	-	-
1/2"	12,5	4,86	4,30	4,30	95,70
3/8"	9,5	-	-	-	-
No 4	4,75	0,94	0,83	5,13	94,87
No 10	2	1,80	1,59	6,72	93,28
No 20	0,85	15,87	14,03	20,75	79,25
No 40	0,425	39,31	34,75	55,50	44,50
No 60	0,25	24,93	22,04	77,54	22,46
No 80	0,18	7,94	7,02	84,56	15,44
No 100	0,15	3,84	3,39	87,95	12,05
No 200	0,075	11,94	10,56	98,51	1,49
Fondo		1,69	1,49		
Total		113,12	100,00		

Tabla XLVI. Perfil de Suelo del Sitio 189 Réplica 6

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	-	-	-	-
3/4"	19	-	-	-	-
1/2"	12,5	-	-	-	-
3/8"	9,5	3,34	0,56	0,56	99,44
No 4	4,75	14,79	2,49	3,06	96,94
No 10	2	19,05	3,21	6,27	93,73
No 20	0,85	57,22	9,65	15,92	84,08
No 40	0,425	192,26	32,43	48,36	51,64
No 60	0,25	179,25	30,24	78,59	21,41
No 80	0,18	79,99	13,49	92,09	7,91
No 100	0,15	24,15	4,07	96,16	3,84
No 200	0,075	22,49	3,79	99,95	0,05
Fondo		0,27	0,05		
Total		592,81	100,00		

Tabla XLVII. Perfil de Suelo del Sitio 89 Réplica 1

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	45,95	7,77	7,77	92,23
3/4"	19	15,95	2,70	10,46	89,54
1/2"	12,5	17,81	3,01	13,47	86,53
3/8"	9,5	2,24	0,38	13,85	86,15
No 4	4,75	13,23	2,24	16,09	83,91
No 10	2	48,18	8,14	24,23	75,77
No 20	0,85	130,31	22,03	46,26	53,74
No 40	0,425	195,76	33,09	79,35	20,65
No 60	0,25	79,02	13,36	92,70	7,30
No 80	0,18	18,91	3,20	95,90	4,10
No 100	0,15	6,90	1,17	97,07	2,93
No 200	0,075	16,48	2,79	99,85	0,15
Fondo		0,88	0,15		
Total		591,62	100,00		

Tabla XLVIII. Perfil de Suelo del Sitio 89 Réplica 2

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	-	-	-	-
3/4"	19	-	-	-	-
1/2"	12,5	-	-	-	-
3/8"	9,5	6,76	1,37	1,37	98,63
No 4	4,75	88,82	17,97	19,33	80,67
No 10	2	138,82	28,08	47,41	52,59
No 20	0,85	107,48	21,74	69,15	30,85
No 40	0,425	79,11	16,00	85,16	14,84
No 60	0,25	48,24	9,76	94,91	5,09
No 80	0,18	14,69	2,97	97,88	2,12
No 100	0,15	3,96	0,80	98,69	1,31
No 200	0,075	6,32	1,28	99,96	0,04
Fondo		0,18	0,04		
Total		494,38	100,00		

Tabla XLIX. Perfil de Suelo del Sitio 89 Réplica 3

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	-	-	-	-
3/4"	19	-	-	-	-
1/2"	12,5	6,57	1,41	1,41	98,59
3/8"	9,5	10,18	2,18	3,59	96,41
No 4	4,75	16,14	3,46	7,04	92,96
No 10	2	31,34	6,71	13,76	86,24
No 20	0,85	50,00	10,71	24,47	75,53
No 40	0,425	72,81	15,60	40,06	59,94
No 60	0,25	104,13	22,30	62,37	37,63
No 80	0,18	77,35	16,57	78,93	21,07
No 100	0,15	31,38	6,72	85,65	14,35
No 200	0,075	60,65	12,99	98,64	1,36
Fondo		6,33	1,36		
Total		466,88	100,00		

Tabla L. Perfil de Suelo del Sitio 89 Réplica 4

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	-	-	-	-
3/4"	19	-	-	-	-
1/2"	12,5	-	-	-	-
3/8"	9,5	-	-	-	-
No 4	4,75	1,10	0,23	0,23	99,77
No 10	2	1,75	0,36	0,59	99,41
No 20	0,85	16,01	3,31	3,90	96,10
No 40	0,425	80,75	16,68	20,58	79,42
No 60	0,25	190,79	39,41	59,99	40,01
No 80	0,18	119,89	24,77	84,76	15,24
No 100	0,15	42,51	8,78	93,54	6,46
No 200	0,075	30,01	6,20	99,74	0,26
Fondo		1,25	0,26		
Total		484,06	100,00		

Tabla LI. Perfil de Suelo del Sitio 31 Réplica 1

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	-	-	-	-
3/4"	19	-	-	-	-
1/2"	12,5	-	-	-	-
3/8"	9,5	-	-	-	-
No 4	4,75	0,29	0,19	0,19	99,81
No 10	2	0,78	0,51	0,70	99,30
No 20	0,85	6,12	4,01	4,72	95,28
No 40	0,425	64,76	42,49	47,20	52,80
No 60	0,25	47,47	31,14	78,34	21,66
No 80	0,18	12,72	8,34	86,69	13,31
No 100	0,15	6,42	4,21	90,90	9,10
No 200	0,075	13,67	8,97	99,87	0,13
Fondo		0,20	0,13		
Total		152,43	100,00		

Tabla LII. Perfil de Suelo del Sitio 31 Réplica 2

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	88,59	19,43	19,43	80,57
3/4"	19	73,45	16,11	35,54	64,46
1/2"	12,5	8,40	1,84	37,38	62,62
3/8"	9,5	19,54	4,29	41,67	58,33
No 4	4,75	58,25	12,78	54,45	45,55
No 10	2	61,41	13,47	67,92	32,08
No 20	0,85	64,73	14,20	82,11	17,89
No 40	0,425	43,38	9,52	91,63	8,37
No 60	0,25	22,85	5,01	96,64	3,36
No 80	0,18	8,58	1,88	98,52	1,48
No 100	0,15	3,09	0,68	99,20	0,80
No 200	0,075	3,60	0,79	99,99	0,01
Fondo		0,04	0,01		
Total		455,91	100,00		

Tabla LIII. Perfil de Suelo del Sitio 31 Réplica 3

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	-	-	-	-
3/4"	19	-	-	-	-
1/2"	12,5	-	-	-	-
3/8"	9,5	-	-	-	-
No 4	4,75	0,76	0,16	0,16	99,84
No 10	2	3,68	0,76	0,92	99,08
No 20	0,85	14,79	3,05	3,97	96,03
No 40	0,425	61,25	12,65	16,62	83,38
No 60	0,25	161,55	33,35	49,97	50,03
No 80	0,18	148,13	30,58	80,55	19,45
No 100	0,15	45,17	9,33	89,88	10,12
No 200	0,075	48,17	9,95	99,83	0,17
Fondo		0,84	0,17		
Total		484,34	100,00		

Tabla LIV. Perfil de Suelo del Sitio 31 Réplica 4

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	62,94	10,47	10,47	89,53
3/4"	19	8,49	1,41	11,88	88,12
1/2"	12,5	35,60	5,92	17,80	82,20
3/8"	9,5	16,25	2,70	20,50	79,50
No 4	4,75	25,30	4,21	24,71	75,29
No 10	2	56,02	9,31	34,02	65,98
No 20	0,85	76,55	12,73	46,75	53,25
No 40	0,425	69,42	11,54	58,29	41,71
No 60	0,25	115,32	19,17	77,47	22,53
No 80	0,18	71,23	11,84	89,31	10,69
No 100	0,15	27,95	4,65	93,96	6,04
No 200	0,075	35,62	5,92	99,88	0,12
Fondo		0,72	0,12		
Total		601,41	100,00		

Tabla LV. Perfil de Suelo del Sitio 31 Réplica 5

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	-	-	-	-
1"	25	243,03	33,23	33,23	66,77
3/4"	19	18,93	2,59	35,82	64,18
1/2"	12,5	66,77	9,13	44,95	55,05
3/8"	9,5	43,89	6,00	50,95	49,05
No 4	4,75	86,48	11,82	62,77	37,23
No 10	2	106,03	14,50	77,27	22,73
No 20	0,85	100,73	13,77	91,04	8,96
No 40	0,425	42,57	5,82	96,86	3,14
No 60	0,25	14,18	1,94	98,80	1,20
No 80	0,18	3,84	0,53	99,33	0,67
No 100	0,15	1,63	0,22	99,55	0,45
No 200	0,075	3,10	0,42	99,97	0,03
Fondo		0,20	0,03		
Total		731,38	100,00		

Tabla LVI. Perfil de Suelo del Sitio 31 Réplica 6

Tamiz [#]	Abertura [mm]	Peso Parcial [g]	Retenido [%]	Retenido Acumulado [%]	Pasante Acumulado [%]
1 1/2"	38,1	119,02	19,81	19,81	80,19
1"	25	38,55	6,42	26,23	73,77
3/4"	19	95,23	15,85	42,08	57,92
1/2"	12,5	81,25	13,53	55,61	44,39
3/8"	9,5	34,41	5,73	61,34	38,66
No 4	4,75	71,58	11,92	73,25	26,75
No 10	2	51,75	8,61	81,87	18,13
No 20	0,85	41,67	6,94	88,81	11,19
No 40	0,425	30,49	5,08	93,88	6,12
No 60	0,25	19,14	3,19	97,07	2,93
No 80	0,18	8,71	1,45	98,52	1,48
No 100	0,15	3,80	0,63	99,15	0,85
No 200	0,075	4,80	0,80	99,95	0,05
Fondo		0,30	0,05		
Total		600,70	100,00		

Tabla LVII. Coeficiente de Uniformidad del Suelo

Réplicas	Sitio 600	Sitio 400	Sitio 189	Sitio 89	Sitio 31
1	25,37	7,96	38,33	3,69	2,94
2	3,67	4,96	2,93	7,85	11,82
3	32,89	24,78	1,83	3,05	5,97
4	3,72	3,54	7,92	2,04	5,27
5	1,49	15,74	4,06	-	18,98
6	25,51	3,33	2,53	-	28,57
Promedio	15,44	10,05	9,60	4,16	12,26
D.E.	13,97	8,57	14,24	2,92	9,87

Tabla LVIII. Coeficiente de Uniformidad del Suelo transformado por logaritmo de base 10

Réplicas	Sitio 600	Sitio 400	Sitio 189	Sitio 89	Sitio 31
1	1,40	0,90	1,58	0,57	0,47
2	0,56	0,70	0,47	0,90	1,07
3	1,52	1,39	0,26	0,48	0,78
4	0,57	0,55	0,90	0,31	0,72
5	0,17	1,20	0,61	-	1,28
6	1,41	0,52	0,40	-	1,46
Promedio	0,94	0,88	0,70	0,56	0,96
D.E.	0,57	0,36	0,48	0,35	0,37

Tabla LIX. Coeficiente de Curvatura del Suelo

Réplicas	Sitio 600	Sitio 400	Sitio 189	Sitio 89	Sitio 31
1	0,40	1,01	0,12	0,91	1,18
2	2,19	0,66	0,97	0,78	0,38
3	0,23	0,73	0,92	0,81	0,30
4	0,70	1,95	1,41	0,93	0,22
5	0,26	0,55	1,14	-	0,65
6	0,61	0,86	0,90	-	2,53
Promedio	0,73	0,96	0,91	0,86	0,88
D.E.	0,74	0,51	0,43	0,45	0,88

Tabla LX. Índice de Shannon-Weaver para diciembre de 2012 del río Santa Rosa

Género	Especie	ni	pi	LN pi	pi (LN pi)
<i>Brycon</i>	<i>atrocaudatus</i>	109	0,137	-1,986	-0,273
<i>Bryconamericus</i>	<i>brevirostris</i>	31	0,039	-3,243	-0,127
<i>Bryconamericus</i>	<i>peruanus</i>	20	0,025	-3,681	-0,093
<i>Rhoadsia</i>	<i>altipinna</i>	176	0,222	-1,507	-0,334
<i>Lebiasina</i>	<i>bimaculata</i>	2	0,003	-5,984	-0,015
<i>Saccodon</i>	<i>wagneri</i>	104	0,131	-2,033	-0,266
<i>Poecilia</i>	<i>sp.</i>	48	0,060	-2,806	-0,170
<i>Pseudopoecilia</i>	<i>sp.</i>	6	0,008	-4,885	-0,037
<i>Andinoacara</i>	<i>rivulatus</i>	74	0,093	-2,373	-0,221
<i>Cichlasoma</i>	<i>festae</i>	2	0,003	-5,984	-0,015
<i>Astroblepus</i>	<i>sp.</i>	117	0,147	-1,915	-0,282
<i>Ancistrus</i>	<i>clementinae</i>	7	0,009	-4,731	-0,042
<i>Chaetostoma</i>	<i>aequinoctiale</i>	36	0,045	-3,094	-0,140
<i>Cordylancistrus</i>	<i>santarosensis</i>	5	0,006	-5,068	-0,032
<i>Pimelodella</i>	<i>modestus</i>	50	0,063	-2,765	-0,174
<i>Ituglanis</i>	<i>laticeps</i>	7	0,009	-4,731	-0,042
Número total de individuos (N)		794	Índice Shannon Weaver		2,262
Número total de especies (S)		16			

Tabla LXI. Índice de Shannon-Weaver para diciembre de 2012 del Sitio 600

Género	Especie	ni	pi	LN pi	pi (LN pi)
<i>Brycon</i>	<i>atrocaudatus</i>	22	0,289	-1,240	-0,359
<i>Astroblepus</i>	<i>sp.</i>	54	0,711	-0,342	-0,243
Número total de individuos (N)		76	Índice Shannon Weaver		0,602
Número total de especies (S)		2			

Tabla LXII. Índice de Shannon-Weaver para diciembre de 2012 del Sitio 400

Género	Especie	ni	pi	LN pi	pi (LN pi)
<i>Brycon</i>	<i>atrocaudatus</i>	60	0,333	-1,099	-0,366
<i>Bryconamericus</i>	<i>peruanus</i>	6	0,033	-3,401	-0,113
<i>Rhoadsia</i>	<i>altipinna</i>	26	0,144	-1,935	-0,279
<i>Saccodon</i>	<i>wagneri</i>	7	0,039	-3,247	-0,126
<i>Andinoacara</i>	<i>rivulatus</i>	2	0,011	-4,500	-0,050
<i>Astroblepus</i>	<i>sp.</i>	59	0,328	-1,115	-0,366
<i>Cordylancistrus</i>	<i>santarosensis</i>	3	0,017	-4,094	-0,068
<i>Pimelodella</i>	<i>modestus</i>	14	0,078	-2,554	-0,199
<i>Ituglanis</i>	<i>laticeps</i>	3	0,017	-4,094	-0,068
Número total de individuos (N)		180	Índice Shannon Weaver		1,636
Número total de especies (S)		9			

Tabla LXIII. Índice de Shannon-Weaver para diciembre de 2012 del Sitio 189

Género	Especie	ni	pi	LN pi	pi (LN pi)
<i>Brycon</i>	<i>atrocaudatus</i>	12	0,056	-2,881	-0,162
<i>Bryconamericus</i>	<i>peruanus</i>	1	0,005	-5,366	-0,025
<i>Rhoadsia</i>	<i>altipinna</i>	89	0,416	-0,877	-0,365
<i>Lebiasina</i>	<i>bimaculata</i>	1	0,005	-5,366	-0,025
<i>Saccodon</i>	<i>wagneri</i>	15	0,070	-2,658	-0,186
<i>Pseudopoecilia</i>	<i>sp.</i>	4	0,019	-3,980	-0,074
<i>Andinoacara</i>	<i>rivulatus</i>	59	0,276	-1,288	-0,355
<i>Cichlasoma</i>	<i>festae</i>	1	0,005	-5,366	-0,025
<i>Astroblepus</i>	<i>sp.</i>	4	0,019	-3,980	-0,074
<i>Pimelodella</i>	<i>modestus</i>	28	0,131	-2,034	-0,266
Número total de individuos (N)		214	Índice Shannon Weaver		1,558
Número total de especies (S)		10			

Tabla LXIV. Índice de Shannon-Weaver para diciembre de 2012 del Sitio 89

Género	Especie	ni	pi	LN pi	pi (LN pi)
<i>Brycon</i>	<i>atrocaudatus</i>	14	0,095	-2,358	-0,223
<i>Bryconamericus</i>	<i>brevirostris</i>	16	0,108	-2,225	-0,240
<i>Bryconamericus</i>	<i>peruanus</i>	4	0,027	-3,611	-0,098
<i>Rhoadsia</i>	<i>altipinna</i>	14	0,095	-2,358	-0,223
<i>Lebiasina</i>	<i>bimaculata</i>	1	0,007	-4,997	-0,034
<i>Saccodon</i>	<i>wagneri</i>	75	0,507	-0,680	-0,344
<i>Andinoacara</i>	<i>rivulatus</i>	7	0,047	-3,051	-0,144
<i>Chaetostoma</i>	<i>aequinoctiale</i>	5	0,034	-3,388	-0,114
<i>Cordylancistrus</i>	<i>santarosensis</i>	2	0,014	-4,304	-0,058
<i>Pimelodella</i>	<i>modestus</i>	7	0,047	-3,051	-0,144
<i>Ituglanis</i>	<i>laticeps</i>	3	0,020	-3,899	-0,079
Número total de individuos (N)		148	Índice Shannon Weaver		1,703
Número total de especies (S)		11			

Tabla LXV. Índice de Shannon-Weaver para diciembre de 2012 del Sitio 31

Género	Especie	ni	pi	LN pi	pi (LN pi)
<i>Brycon</i>	<i>atrocaudatus</i>	1	0,006	-5,170	-0,029
<i>Bryconamericus</i>	<i>brevirostris</i>	15	0,085	-2,462	-0,210
<i>Bryconamericus</i>	<i>peruanus</i>	9	0,051	-2,973	-0,152
<i>Rhoadsia</i>	<i>altipinna</i>	47	0,267	-1,320	-0,353
<i>Saccodon</i>	<i>wagneri</i>	7	0,040	-3,225	-0,128
<i>Poecilia</i>	<i>sp.</i>	48	0,273	-1,299	-0,354
<i>Pseudopoecilia</i>	<i>sp.</i>	2	0,011	-4,477	-0,051
<i>Andinoacara</i>	<i>rivulatus</i>	6	0,034	-3,379	-0,115
<i>Cichlasoma</i>	<i>festae</i>	1	0,006	-5,170	-0,029
<i>Ancistrus</i>	<i>clementinae</i>	7	0,040	-3,225	-0,128
<i>Chaetostoma</i>	<i>aequinoctiale</i>	31	0,176	-1,736	-0,306
<i>Pimelodella</i>	<i>modestus</i>	1	0,006	-5,170	-0,029
<i>Ituglanis</i>	<i>laticeps</i>	1	0,006	-5,170	-0,029
Número total de individuos (N)		176	Índice Shannon Weaver		1,915
Número total de especies (S)		13			

Tabla LXVI. Índice de Shannon-Weaver para julio de 2013 del río Santa Rosa

Género	Especie	ni	pi	LN pi	pi (LN pi)
<i>Brycon</i>	<i>atrocaudatus</i>	196	0,101	-2,293	-0,232
<i>Bryconamericus</i>	<i>brevirostris</i>	8	0,004	-5,492	-0,023
<i>Bryconamericus</i>	<i>peruanus</i>	48	0,025	-3,700	-0,091
<i>lotabrycon</i>	<i>praecox</i>	1	0,001	-7,571	-0,004
<i>Rhoadsia</i>	<i>altipinna</i>	372	0,192	-1,652	-0,317
<i>Hoplias</i>	<i>microlepis</i>	1	0,001	-7,571	-0,004
<i>Lebiasina</i>	<i>bimaculata</i>	4	0,002	-6,185	-0,013
<i>Saccodon</i>	<i>wagneri</i>	119	0,061	-2,792	-0,171
<i>Poecilia</i>	<i>sp.</i>	66	0,034	-3,381	-0,115
<i>Pseudopoecilia</i>	<i>sp.</i>	3	0,002	-6,472	-0,010
<i>Andinoacara</i>	<i>rivulatus</i>	100	0,052	-2,966	-0,153
<i>Cichlasoma</i>	<i>festae</i>	27	0,014	-4,275	-0,059
<i>Sicydium</i>	<i>hildebrandi</i>	1	0,001	-7,571	-0,004
<i>Astroblepus</i>	<i>sp.</i>	275	0,142	-1,954	-0,277
<i>Ancistrus</i>	<i>clementinae</i>	38	0,020	-3,933	-0,077
<i>Chaetostoma</i>	<i>aequinoctiale</i>	529	0,273	-1,300	-0,354
<i>Cordylancistrus</i>	<i>santarosensis</i>	4	0,002	-6,185	-0,013
<i>Pimelodella</i>	<i>modestus</i>	145	0,075	-2,594	-0,194
<i>Ituglanis</i>	<i>laticeps</i>	4	0,002	-6,185	-0,013
Número total de individuos (N)		1941	Índice Shannon Weaver		2,123
Número total de especies (S)		19			

Tabla LXVII. Índice de Shannon-Weaver para julio de 2013 del Sitio 600

Género	Especie	ni	pi	LN pi	pi (LN pi)
<i>Brycon</i>	<i>atrocaudatus</i>	76	0,371	-0,992	-0,368
<i>Bryconamericus</i>	<i>peruanus</i>	4	0,020	-3,937	-0,077
<i>Rhoadsia</i>	<i>altipinna</i>	1	0,005	-5,323	-0,026
<i>Astroblepus</i>	<i>sp.</i>	124	0,605	-0,503	-0,304
Número total de individuos (N)		205	Índice Shannon Weaver		0,775
Número total de especies (S)		4			

Tabla LXVIII. Índice de Shannon-Weaver para julio de 2013 del Sitio 400

Género	Especie	ni	pi	LN pi	pi (LN pi)
<i>Brycon</i>	<i>atrocaudatus</i>	39	0,181	-1,712	-0,309
<i>Bryconamericus</i>	<i>peruanus</i>	13	0,060	-2,810	-0,169
<i>Rhoadsia</i>	<i>altipinna</i>	8	0,037	-3,296	-0,122
<i>Saccodon</i>	<i>wagneri</i>	2	0,009	-4,682	-0,043
<i>Astroblepus</i>	<i>sp.</i>	142	0,657	-0,419	-0,276
<i>Ancistrus</i>	<i>clementinae</i>	1	0,005	-5,375	-0,025
<i>Pimelodella</i>	<i>modestus</i>	8	0,037	-3,296	-0,122
<i>Ituglanis</i>	<i>laticeps</i>	3	0,014	-4,277	-0,059
Número total de individuos (N)		216	Índice Shannon Weaver		1,126
Número total de especies (S)		8			

Tabla LXIX. Índice de Shannon-Weaver para julio de 2013 del Sitio 189

Género	Especie	ni	pi	LN pi	pi (LN pi)
<i>Brycon</i>	<i>atrocaudatus</i>	39	0,155	-1,862	-0,289
<i>Bryconamericus</i>	<i>peruanus</i>	8	0,032	-3,446	-0,110
<i>Rhoadsia</i>	<i>altipinna</i>	78	0,311	-1,169	-0,363
<i>Lebiasina</i>	<i>bimaculata</i>	2	0,008	-4,832	-0,039
<i>Saccodon</i>	<i>wagneri</i>	15	0,060	-2,817	-0,168
<i>Andinoacara</i>	<i>rivulatus</i>	61	0,243	-1,415	-0,344
<i>Cichlasoma</i>	<i>festae</i>	8	0,032	-3,446	-0,110
<i>Sicydium</i>	<i>hildebrandi</i>	1	0,004	-5,525	-0,022
<i>Astroblepus</i>	<i>sp.</i>	9	0,036	-3,328	-0,119
<i>Chaetostoma</i>	<i>aequinoctiale</i>	1	0,004	-5,525	-0,022
<i>Pimelodella</i>	<i>modestus</i>	29	0,116	-2,158	-0,249
Número total de individuos (N)		251	Índice Shannon Weaver		1,836
Número total de especies (S)		11			

Tabla LXX. Índice de Shannon-Weaver para julio de 2013 del Sitio 89

Género	Especie	ni	pi	LN pi	pi (LN pi)
<i>Brycon</i>	<i>atrocaudatus</i>	10	0,042	-3,174	-0,133
<i>Bryconamericus</i>	<i>peruanus</i>	1	0,004	-5,476	-0,023
<i>Rhoadsia</i>	<i>altipinna</i>	81	0,339	-1,082	-0,367
<i>Saccodon</i>	<i>wagneri</i>	92	0,385	-0,955	-0,367
<i>Andinoacara</i>	<i>rivulatus</i>	8	0,033	-3,397	-0,114
<i>Chaetostoma</i>	<i>aequinoctiale</i>	29	0,121	-2,109	-0,256
<i>Cordylancistrus</i>	<i>santarosensis</i>	4	0,017	-4,090	-0,068
<i>Pimelodella</i>	<i>modestus</i>	13	0,054	-2,912	-0,158
<i>Ituglanis</i>	<i>laticeps</i>	1	0,004	-5,476	-0,023
Número total de individuos (N)		239	Índice Shannon Weaver		1,509
Número total de especies (S)		9			

Tabla LXXI. Índice de Shannon-Weaver para julio de 2013 del Sitio 31

Género	Especie	ni	pi	LN pi	pi (LN pi)
<i>Brycon</i>	<i>atrocaudatus</i>	32	0,031	-3,472	-0,108
<i>Bryconamericus</i>	<i>brevirostris</i>	8	0,008	-4,858	-0,038
<i>Bryconamericus</i>	<i>peruanus</i>	22	0,021	-3,846	-0,082
<i>lotabrycon</i>	<i>praecox</i>	1	0,001	-6,937	-0,007
<i>Rhoadsia</i>	<i>altipinna</i>	204	0,198	-1,619	-0,321
<i>Hoplias</i>	<i>microlepis</i>	1	0,001	-6,937	-0,007
<i>Lebiasina</i>	<i>bimaculata</i>	2	0,002	-6,244	-0,012
<i>Saccodon</i>	<i>wagneri</i>	10	0,010	-4,635	-0,045
<i>Poecilia</i>	<i>sp.</i>	66	0,064	-2,748	-0,176
<i>Pseudopoecilia</i>	<i>sp.</i>	3	0,003	-5,839	-0,017
<i>Andinoacara</i>	<i>rivulatus</i>	31	0,030	-3,503	-0,105
<i>Cichlasoma</i>	<i>festae</i>	19	0,018	-3,993	-0,074
<i>Ancistrus</i>	<i>clementinae</i>	37	0,036	-3,326	-0,119
<i>Chaetostoma</i>	<i>aequinoctiale</i>	499	0,484	-0,725	-0,351
<i>Pimelodella</i>	<i>modestus</i>	95	0,092	-2,383	-0,220
Número total de individuos (N)		1030	Índice Shannon Weaver		1,682
Número total de especies (S)		15			

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ministerio de Coordinación de la Producción Empleo y Competitividad, “Agenda para la Transformación Productiva Territorial: Provincia de El Oro,” 2011.
- [2] G. C. Egas, “Caracterización y evaluación de la Cuenca Alta del Río Santa Rosa,” Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, 2009.
- [3] P. E. Lozano, “Los tipos de bosque en el sur del Ecuador,” in *Botánica Austroecuatorialiana - Estudios sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora-Chinchipe*, Abya Yala., Quito, 2002, pp. 29–50.
- [4] N. H. Tarras-Wahlberg, A. Flachier, G. Fredriksson, S. Lane, B. Lundberg, and O. Sangfors, “Environmental Impact of Small-Scale and Artisanal Gold Mining in Southern Ecuador: Implications for the Setting of Environmental Standards and for the Management of Small-Scale Mining Operations,” *Ambio*, vol. 29, no. 8, pp. 484–491, 2000.
- [5] F. Sandoval, “La Pequeña Minería en el Ecuador,” 2001.
- [6] N. H. Tarras-Wahlberg, a. Flachier, S. N. Lane, and O. Sangfors, “Environmental impacts and metal exposure of aquatic ecosystems in rivers contaminated by small scale gold mining: The Puyango River basin, southern Ecuador,” *Sci. Total Environ.*, vol. 278, pp. 239–261, 2001.
- [7] J. R. D. Guimaraes, O. Betancourt, M. R. Miranda, R. Barriga, E. Cueva, and S. Betancourt, “Long-range effect of cyanide on mercury methylation in a gold mining area in southern Ecuador,” *Sci. Total Environ.*, vol. 409, no. 23, pp. 5026–5033, 2011.

- [8] O. Alvarado, "Bioconcentración de mercurio en aves de la Península Antártica 2012," Escuela Superior Politécnica del Litoral. ESPOL, 2014.
- [9] J. Munthe, R. A. D. Bodaly, B. A. Branfireun, C. T. Driscoll, C. Cynthia, R. Harris, M. Horvat, M. Lucotte, O. Malm, J. Munthe, R. A. D. Bodaly, B. A. Branfireun, C. T. Driscoll, C. C. Gilmour, and R. Harris, "Recovery of Mercury-Contaminated Fisheries," vol. 36, no. 1, pp. 33–44, 2007.
- [10] J. Orozco-Romero and O. Pérez-Zamora, "Tensión de humedad del suelo y fertilización nitrogenada en plátano (*Musa AAA Simmonds*) cv. Gran Enano," *Agrociencia*, vol. 40, pp. 149–162, 2006.
- [11] W. Henriques, R. D. Jeffers, T. E. J. Lacher, and R. J. Kendall, "Agrochemical Use on Banana Plantations in Latin America: Perspectives on Ecological Risk," *Environ. Toxicol. Chem.*, vol. 16, no. 1, pp. 91–99, 1997.
- [12] J. E. George, J. M. Pound, and R. B. Davey, "Chemical control of ticks on cattle and the resistance of these parasites to acaricides.," *Parasitology*, vol. 129, no. Supplement S1, pp. 353–366, 2004.
- [13] W. Aguirre, R. Navarrete, P. Calle, and G. C. Sánchez-garcés, "First Record of *Lotabrycon praecox* Roberts 1973 (Characidae : Stevardiinae) in the Santa Rosa Drainage, Southwestern Ecuador," vol. 10, no. 2, pp. 382–385, 2014.
- [14] S. a. Smith and E. Bermingham, "The biogeography of lower Mesoamerican freshwater fishes," *J. Biogeogr.*, vol. 32, pp. 1835–1854, 2005.
- [15] D. Rodríguez-Olarte, D. C. Taphorn, and J. Lobón-Cerviá, "Patterns of freshwater fishes of the caribbean versant of venezuela," *Int. Rev. Hydrobiol.*, vol. 94, pp. 67–90, 2009.
- [16] C. G. Achionye-Nzeh and A. Isimaikaiye, "Fauna and flora composition and water quality of a reservoir in Ilorin, Nigeria.," *Int. J. Lakes Rivers*, vol. 3, no. 1, pp. 7–15, 2010.
- [17] G. Argota, J. Iannacone, and R. Fimia, "Características de *Gambusia Punctata* (Poeciliidae) para su selección como biomonitor en ecotoxicología acuática en Cuba," *Biol.*, vol. 11, no. 2, pp. 229–236, 2013.

- [18] Y. J. Yi and S. H. Zhang, "The relationships between fish heavy metal concentrations and fish size in the upper and middle reach of Yangtze River," *Procedia Environ. Sci.*, vol. 13, no. 2011, pp. 1699–1707, 2012.
- [19] W. J. Mitsch and J. G. Gosselink, *Wetlands*, First Edit. New York: Van Nostrand Reinhold, 1986, pp. 3–13, 126–145.
- [20] M. Dunier and A. Siwicki, "Effects of pesticides and other organic pollutants in the aquatic environment on immunity of fish: a review," *Fish & Shellfish Immunology*, vol. 3. pp. 423–438, 1993.
- [21] R. A. Relyea, "THE IMPACT OF INSECTICIDES AND HERBICIDES ON THE BIODIVERSITY AND PRODUCTIVITY OF AQUATIC COMMUNITIES," *Ecol. Appl.*, vol. 15, no. 2, pp. 618–627, 2005.
- [22] B. H. Bojsen and R. Barriga, "Effects of deforestation on fish community structure in Ecuadorian Amazon streams," *Freshw. Biol.*, vol. 47, pp. 2246–2260, 2002.
- [23] F. B. Jensen, "Nitrite disrupts multiple physiological functions in aquatic animals," *Comp. Biochem. Physiol. - A Mol. Integr. Physiol.*, vol. 135, pp. 9–24, 2003.
- [24] F. B. Eddy and E. M. Williams, *Nitrite and Freshwater Fish*, vol. 3, no. April 2013. 1987, pp. 1–38.
- [25] J. Lewis William M and D. P. Morris, "Toxicity of Nitrite to Fish: A Review," *Trans. Am. Fish. Soc.*, vol. 115, no. September 2013, pp. 183–195, 1986.
- [26] P. J. a Withers and H. P. Jarvie, "Delivery and cycling of phosphorus in rivers: A review," *Sci. Total Environ.*, vol. 400, no. 1–3, pp. 379–395, 2008.
- [27] D. L. Correll, "The Role of Phosphorus in the Eutrophication of Receiving Waters: A Review," *J. Environ. Qual.*, vol. 27, no. 2, pp. 261–266, 1998.
- [28] A. M. Scheuhammer, M. W. Meyer, M. B. Sandheinrich, and M. W. Murray, "Effects of environmental methylmercury on the health of wild birds, mammals, and fish.," *Ambio*, vol. 36, no. 1, pp. 12–18, 2007.

- [29] C. Resabala, "INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE MERCURIO Y PRODUCTOS QUE CONTIENEN MERCURIO," Quito, 2008.
- [30] J. W. M. Rudd, a. Furutani, and M. a. Turner, "Mercury methylation by fish intestinal contents," *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 40, no. 4, pp. 777–782, 1980.
- [31] Earth Google, "Sitios y trayecto de estudio en el río Santa Rosa," 2013. [Online]. Available: <http://earth.google.es>.
- [32] D. Nelson and L. Sommer, "Total carbon, organic carbon and organic matter. Methods of soil Analysis Part 2," *Editor. Agron.*, no. 9, pp. 961–1010, 1996.
- [33] R. H. Plumb, "Procedures for handling and chemical analysis of sediment and water samples," *United States Environ. Prot. Agency/Corps Eng. Tech. Comm. Criteria Dredged Fill Mater.*, vol. EPA/CE-81-, p. 507, 1981.
- [34] P. K. Calle, "Tolerance of Tidal Creek Macrobenthic Organisms to Multiple Stressors: Implications on Distributional Patterns," University of South Carolina, 2006.
- [35] C. E. Moreno, "Métodos para medir la biodiversidad," *M&T - Manuales y Tesis SEA*, vol. 1, p. 84, 2001.
- [36] B. Monserrate and J. Medina, "Estudio de Condiciones Físicas , Químicas y Biológicas en la Zona Intermareal de Dos Sectores del Estero Salado con Diferente Desarrollo Urbano," Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), 2011.
- [37] C. Terrenos and V. Moreno, "Mecánica de Suelos - Laboratorio," 1º ed., Guayaquil: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, 1995, pp. 36–44.
- [38] K. Hutcheson, "A test for comparing diversities based on the Shannon formula.," *J. Theor. Biol.*, vol. 29, pp. 151–154, 1970.
- [39] E. M. Latrubesse, J. C. Stevaux, and R. Sinha, "Tropical rivers," *Geomorphology*, vol. 70, pp. 187–206, 2005.
- [40] J. a. Downing, M. McClain, R. Twilley, J. M. Melack, J. Elser, N. N. Rabalais, W. M. Lewis, R. E. Turner, J. Corredor, D. Soto, a. Yanez-

- Arancibia, J. a. Kopaska, and R. W. Howarth, "The impact of accelerating land-use change on the N-Cycle of tropical aquatic ecosystems: Current conditions and projected changes," *Biogeochemistry*, vol. 46, pp. 109–148, 1999.
- [41] Canadian Council of Ministers of the Environment, "Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life," 2007.
- [42] J. S. Harding, R. G. Young, J. W. Hayes, K. a. Shearer, and J. D. Stark, "Changes in agricultural intensity and river health along a river continuum," *Freshw. Biol.*, vol. 42, pp. 345–357, 1999.
- [43] R. L. Vannote, G. W. Minshall, K. W. Cummins, J. R. Sedell, and C. E. Cushing, "The River Continuum Concept," *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, vol. 37, no. 1, pp. 130–137, 1980.
- [44] K. Sultan, N. A. Shazili, and S. Peiffer, "Distribution of Pb, As, Cd, Sn and Hg in soil, sediment and surface water of the tropical river watershed, Terengganu (Malaysia)," *J. Hydro-Environment Res.*, vol. 5, no. 3, pp. 169–176, 2011.
- [45] Ministerio del Ambiente, "Texto Unificado Legislación Secundaria Medio Ambiental. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Libro VI Anexo 1," Quito, 2002.
- [46] A. Hazen, "Some physical properties of sands and gravels, with special reference to their use in filtration," *Massachusetts State Board Heal.*, no. Pub. Doc. No. 34, pp. 539–556, 1892.
- [47] E. Laaz and A. Torres, "Peces de las cuencas hidrográficas de la provincia de bolívar, ecuador.," *Investig. Tecnol. e Innovación*, vol. 3, pp. 23–33, 2009.
- [48] B. Widianarko, C. a Van Gestel, R. a Verweij, and N. M. Van Straalen, "Associations between trace metals in sediment, water, and guppy, *Poecilia reticulata* (Peters), from urban streams of Semarang, Indonesia.," *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, vol. 46, pp. 101–107, 2000.