

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**ESTUDIO DE FITOPLANCTON Y ZOOPLANCTON Y SU IMPORTANCIA  
AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN PISCÍCOLA DE “LA ISLA”, MADRE  
TIERRA, PASTAZA.**

**PROYECTO DE TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA**

MAYRA JANET TAMAYO YEROVI

**DIRECTOR**

MSc. LEO RODRÍGUEZ BADILLO

**PUYO - PASTAZA – ECUADOR**

**2016**

## **PRESENTACIÓN DEL TEMA**

ESTUDIO DE FITOPLANCTON Y ZOOPLANCTON Y SU IMPORTANCIA  
AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN PISCÍCOLA DE “LA ISLA”, MADRE TIERRA,  
PASTAZA.

## **MIEMBROS DEL TRIBUNAL**

---

MSc. Pedro Ríos Guayasamín

---

Dr. C. Edison Segura Ph.D

---

Ing. Jorge Bonilla

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Director del informe de investigación sobre el tema: “ESTUDIO DE FITOPLANCTON Y ZOOPLANCTON Y SU IMPORTANCIA AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN PISCÍCOLA DE “LA ISLA”, MADRE TIERRA, PASTAZA” de la autora: Mayra Janet Tamayo Yerovi, estudiante de la Carrera de Ingeniería Ambiental, considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador designado por el consejo directivo.

Puyo, 04 de marzo de 2016

---

MSc. Leo Rodríguez Badillo

## **AUTORÍA DEL TRABAJO**

Los criterios emitidos en el trabajo de investigación ESTUDIO DE FITOPLANCTON Y ZOOPLANCTON Y SU IMPORTANCIA AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN PISCÍCOLA DE “LA ISLA”, MADRE TIERRA, PASTAZA. Como también los contenidos, ideas, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autora de este trabajo de grado.

Puyo, 04 de marzo de 2016

AUTORA

---

Mayra Janet Tamayo Yerovi

## **DERECHO DE LA AUTORA**

La autora cede sus derechos, para que la Universidad Estatal Amazónica pueda hacer uso en lo que estime conveniente, siempre y cuando sea para fines de investigación o de consulta.

Puyo, 04 de marzo de 2016

AUTORA

---

Mayra Janet Tamayo Yerovi

## **APROBACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR**

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: ESTUDIO DE FITOPLANCTON Y ZOOPLANCTON Y SU IMPORTANCIA AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN PISCÍCOLA DE “LA ISLA”, MADRE TIERRA, PASTAZA, de la autora de nombres y apellidos Mayra Janet Tamayo Yerovi, estudiante de la Carrera de Ingeniería Ambiental.

Puyo, 04 de marzo de 2016

Para constancia firman:

---

MSc. Pedro Ríos Guayasamín

---

Dr. C. Edison Segura Ph.D

---

Ing. Jorge Bonilla

## AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme dado salud, por acompañarme y guiarme a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por haberme brindado una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad. Por bendecirme para llegar hasta donde he llegado.

A mi madre Janet por sus consejos, paciencia y sobre todo por apoyarme en todo momento a pesar de las grandes diferencias de pensamiento que tenemos. Pero de lo que si no hay duda es que Te amo Mamá.

A mi padre Marco y mi hermana Paola por ayudarme incondicionalmente en la ejecución de esta investigación, por brindarme el apoyo y comprensión necesaria durante todas las etapas de mi vida.

A mi Papito Washo y a mi Ñaña Nancy por la compañía, los consejos y el ánimo que supieron brindarme durante todo este tiempo.

A mí misma por haber tenido la fortaleza necesaria para culminar mi carrera y poder llegar al día de disfrutar mi triunfo.

Al resto de mi familia que de manera directa o indirecta me supieron ayudar moral y anímicamente en la culminación de mis estudios y en realización de este trabajo.

A mi director de tesis, Ing. Leo Rodríguez por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito. Ha sido un privilegio poder contar con su guía y ayuda.

A la UEA porque en sus aulas recibí los conocimientos necesarios para poder culminar mis estudios y las más gratas enseñanzas que nunca olvidaré.

Son muchas las personas especiales a las que me gustaría agradecer su amistad, paciencia, consejos, apoyo, ánimos y compañía en las diferentes etapas de mi formación profesional y vida personal.

“No fue fácil, pero lo conseguí”

A todos ustedes, infinitas gracias!!!

## DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi mamá Janet y a mi papá Marco por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos más difíciles. Me han dado todo lo que soy como persona, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos. Por ser los pilares fundamentales en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mi hermana Paola por el apoyo y por estar siempre a mi lado, que con sus ocurrencias y locuras me ha ayudado a afrontar los retos que se han presentado durante mi vida.

A mi tía Nancy, a quien quiero como una madre, por compartir momentos significativos conmigo y por estar siempre dispuesta a escucharme y ayudarme en cada instante así sea para cometer locuras.

A mi Papito Washo y a mi Pevita por ser muy importantes en mi vida, por siempre haberme demostrado su cariño y apoyo incondicional, por creer en mí dándome ejemplos dignos de superación y entrega.

Para ustedes es esta dedicatoria de tesis, pues se los debo por su apoyo y amor ilimitado, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre impulsaron el deseo de conseguir mis sueños. Los quiero demasiado....!!!

*"Maya-Maya"*

04/03/16

## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	20
2. OBJETIVOS .....	22
2.1 Objetivo General .....	22
2.2 Objetivos Específicos.....	22
3. HIPÓTESIS .....	22
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	23
4.1 Piscicultura artesanal en la Amazonía .....	23
4.1.1 Aspectos que favorecen la producción piscícola .....	24
4.2 El plancton como componente del sistema de producción piscícola .....	25
4.2.1 Fitoplancton.....	26
4.2.2 Zooplancton .....	27
4.3 Principales grupos taxonómicos de fitoplancton y zooplancton.....	28
4.3.1 <i>Scenedesmus spp.</i> (Scenedesmaceae) .....	28
4.3.2 <i>Volvox spp.</i> (Volvocaceae).....	29
4.3.3 <i>Oscillatoria spp.</i> (Oscillatoriaceae).....	29
4.3.4 <i>Pinnularia spp.</i> (Pinnulariaceae).....	29
4.3.5 <i>Centropyxis spp.</i> (Centropyxidae) .....	30
4.3.6 <i>Paramecium spp.</i> (Parameciidae).....	30
4.3.7 <i>Closterium spp.</i> (Closteriaceae) .....	31
4.3.8 <i>Prorocentrum spp.</i> (Prorocentraceae).....	31
4.3.9 <i>Peridinium spp.</i> (Peridinium) .....	31
4.3.10 <i>Cosmarium spp.</i> (Desmidiaceae).....	32
4.3.11 <i>Pleurotaenium spp.</i> (Desmidiaceae) .....	32
4.3.12 <i>Anabaena spp.</i> (Nostocaceae).....	32
4.3.13 <i>Amoeba spp.</i> (Amoebidae) .....	33
4.3.14 <i>Chroococcus spp.</i> (Chroococcaceae).....	34
4.3.15 <i>Navícula spp.</i> (Naviculaceae).....	34
4.3.16 <i>Rotíferos</i> .....	34
4.4 Importancia ecológica del plancton .....	35

<b>4.5</b>	<b>Parámetros físico-químicos del agua en sistemas piscícolas</b> .....	36
<b>4.5.1</b>	<b>Parámetros físicos</b> .....	36
<b>4.5.1.1</b>	<b>Temperatura</b> .....	36
<b>4.5.1.2</b>	<b>Turbidez</b> .....	36
<b>4.5.1.3</b>	<b>Conductividad eléctrica</b> .....	36
<b>4.5.2</b>	<b>Parámetros químicos</b> .....	37
<b>4.5.2.1</b>	<b>PH</b> .....	37
<b>4.5.2.2</b>	<b>Oxígeno Disuelto (OD)</b> .....	37
<b>4.5.2.3</b>	<b>Fosfatos</b> .....	38
<b>4.5.2.4</b>	<b>Nitrógeno</b> .....	38
<b>4.5.2.5</b>	<b>Demanda Química de Oxígeno – DQO</b> .....	39
<b>4.6</b>	<b>Impactos ambientales derivados de la actividad piscícola</b> .....	39
<b>4.7</b>	<b>Marco legal aplicable</b> .....	40
<b>5.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	41
<b>5.1</b>	<b>Área de estudio incluyendo las características meteorológicas</b> .....	41
<b>5.2</b>	<b>Duración de la investigación</b> .....	44
<b>5.3</b>	<b>Materiales y equipos</b> .....	44
<b>5.3.1</b>	<b>Equipos para el análisis de aguas</b> .....	45
<b>5.3.2</b>	<b>Materiales para levantamiento de la información</b> .....	45
<b>5.4</b>	<b>Factores de estudio</b> .....	46
<b>5.4.1</b>	<b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b> .....	46
<b>5.4.2</b>	<b>VARIABLES DEPENDIENTES</b> .....	46
<b>5.5</b>	<b>Procedimientos, diseño de la investigación y sustentación estadística de los resultados</b> .....	47
<b>5.5.1</b>	<b>Reconocimiento de la zona y acercamiento a las organizaciones piscícolas</b> ...	47
<b>5.5.2</b>	<b>Toma de muestras</b> .....	48
<b>5.5.3</b>	<b>Actividades del laboratorio</b> .....	52
<b>5.5.4</b>	<b>Análisis estadístico</b> .....	52
<b>5.5.4.1</b>	<b>Estadística descriptiva</b> .....	53
<b>5.5.4.2</b>	<b>Estadística inferencial</b> .....	53
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	54
<b>6.1</b>	<b>Descripción del proceso de producción</b> .....	54
<b>6.2</b>	<b>Determinación de abundancia y diversidad de fito y zooplancton</b> .....	57

<b>6.3</b>	<b>Caracterización físico-química de agua</b> .....	80
<b>6.4</b>	<b>Análisis de varianza entre sistemas de producción</b> .....	91
<b>6.4.1</b>	<i>Scenedesmus spp.</i> .....	91
<b>6.4.2</b>	<i>Volvox spp.</i> .....	93
<b>6.4.3</b>	<i>Pinnularia spp.</i> .....	96
<b>6.4.4</b>	<b>Número Total de Individuos</b> .....	98
<b>6.4.5</b>	<b>Temperatura</b> .....	101
<b>6.4.6</b>	<b>pH</b> .....	103
<b>6.4.7</b>	<b>Conductividad eléctrica</b> .....	105
<b>6.4.8</b>	<b>Oxígeno Disuelto</b> .....	108
<b>6.4.9</b>	<b>Fosfatos</b> .....	110
<b>6.4.10</b>	<b>Nitratos</b> .....	113
<b>6.5</b>	<b>Correlaciones entre parámetros físico-químicos y géneros</b> .....	115
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	124
<b>8.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	126
<b>9.</b>	<b>RESUMEN</b> .....	127
<b>10.</b>	<b>SUMARY</b> .....	129
<b>11.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	131
<b>12.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	138

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Comparación del número de individuos promedio de <i>Scenedesmus</i> spp. entre sistemas piscícolas y componentes del mismo.....	60
<b>Gráfico 2.</b> Comparación del número promedio de individuos de <i>Volvox</i> spp. entre sistemas piscícolas y componentes del mismo.....	62
<b>Gráfico 3.</b> Comparación del número promedio de individuos de <i>Pinnularia</i> spp. entre sistemas piscícolas y componentes del mismo.....	64
<b>Gráfico 4.</b> Comparación del número promedio de individuos de <i>Centropyxis</i> spp. entre sistemas piscícolas y componentes del mismo.....	66
<b>Gráfico 5.</b> Comparación del número promedio de individuos de <i>Paramecium</i> spp. entre sistemas piscícolas y componentes del mismo.....	67
<b>Gráfico 6.</b> Comparación del número promedio de individuos de <i>Closterium</i> spp. entre sistemas piscícolas y componentes del mismo.....	69
<b>Gráfico 7.</b> Comparación del número promedio de individuos de <i>Prorocentrum</i> spp. entre sistemas piscícolas y componentes del mismo.....	71
<b>Gráfico 8.</b> Comparación del número promedio de individuos de <i>Cosmarium</i> spp. entre sistemas piscícolas y componentes del mismo.....	72
<b>Gráfico 9.</b> Comparación del número promedio de individuos de taxones minoritarios entre sistemas piscícolas y componentes del mismo.....	74
<b>Gráfico 10.</b> Comparación de Turbidez (Secchi) entre sistemas piscícolas y componentes del mismo.....	81
<b>Gráfico 11.</b> Comparación de Temperatura (°C) entre sistemas piscícolas y componentes del mismo.....	82
<b>Gráfico 12.</b> Comparación de pH entre sistemas piscícolas y componentes del mismo.....	83
<b>Gráfico 13.</b> Comparación de Conductividad eléctrica entre sistemas piscícolas y componentes del mismo.....	84
<b>Gráfico 14.</b> Comparación de Oxígeno Disuelto entre sistemas piscícolas y componentes del mismo.....	85
<b>Gráfico 15.</b> Comparación de Oxígeno Disuelto-Saturación (%) entre sistemas piscícolas y componentes del mismo.....	86

<b>Gráfico 16.</b> Comparación de Fosfatos (mg/l de P-PO <sub>4</sub> ) entre sistemas piscícolas y componentes del mismo .....	87
<b>Gráfico 17.</b> Comparación de Nitratos (mg/l de N-NO <sub>3</sub> ) entre sistemas piscícolas y componentes del mismo .....	88
<b>Gráfico 18.</b> Comparación de Demanda Química de Oxígeno DQO (mg/l) entre sistemas piscícolas y componentes del mismo.....	89
<b>Gráfico 19.</b> Promedios y prueba de Tukey para Scenedesmus spp. en 3 organizaciones y 3 sitios de muestreo .....	93
<b>Gráfico 20.</b> Promedios y prueba de Tukey para Volvox spp. en 3 organizaciones y 3 sitios de muestreo.....	95
<b>Gráfico 21.</b> Promedios y prueba de Tukey para Pinnularia spp. en 3 organizaciones y 3 sitios de muestreo .....	97
<b>Gráfico 22.</b> Promedios y prueba de Tukey para el Número total de individuos en 3 organizaciones y 3 sitios de muestreo .....	100
<b>Gráfico 23.</b> Promedios y prueba de Tukey para la Variable Temperatura en 3 organizaciones y 3 sitios de muestreo .....	103
<b>Gráfico 24.</b> Promedios para la Variable pH en 3 organizaciones y 3 sitios de muestreo. .	105
<b>Gráfico 25.</b> Promedios y prueba de Tukey para la Variable Conductividad eléctrica en 3 organizaciones y 3 sitios de muestreo. ....	107
<b>Gráfico 26.</b> Promedios para la Variable Oxígeno Disuelto en 3 organizaciones y 3 sitios de muestreo. ....	110
<b>Gráfico 27.</b> Promedios para la Variable Fosfatos en 3 organizaciones y 3 sitios de muestreo. ....	112
<b>Gráfico 28.</b> Promedios para la Variable Nitratos en 3 organizaciones y 3 sitios de muestreo. ....	114
<b>Gráfico 29.</b> Correlación de Pearson entre Temperatura (°C) y número de individuos de Scenedesmus spp. para muestras totales. ....	117
<b>Gráfico 30.</b> Correlación de Pearson entre Temperatura (°C) y número de individuos de Pinnularia spp. para muestras totales.....	117
<b>Gráfico 31.</b> Correlación de Pearson entre Temperatura y número de individuos de Scenedesmus spp. para estanques.....	118

<b>Gráfico 32.</b> Correlación de Pearson entre Temperatura y número total de individuos para muestras totales. ....	118
<b>Gráfico 33.</b> Correlación de Pearson entre pH y número de individuos de Scenedesmus spp. para muestras totales.....	120
<b>Gráfico 34.</b> Correlación de Pearson entre pH y número de individuos de Scenedesmus spp. para estanques.....	120
<b>Gráfico 35.</b> Correlación de Pearson entre P-PO4 (mg/l) y número de individuos de Scenedesmus spp. para muestras totales. ....	122
<b>Gráfico 36.</b> Correlación de Pearson entre Fosfatos P-PO4 (mg/l) y número de individuos de Scenedesmus spp. para estanques.....	122

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Ubicación geográfica de los puntos de muestreo .....	41
<b>Tabla 2.</b> Parámetros Meteorológicos .....	43
<b>Tabla 3.</b> Captaciones y cuerpos receptores de agua de las diferentes Organizaciones productivas (La Isla).....	44
<b>Tabla 4.</b> Parámetros Físico-Químicos .....	47
<b>Tabla 5.</b> Especificaciones técnicas para la toma de muestras.....	50
<b>Tabla 6.</b> Número total de individuos planctónicos presentes en las organizaciones piscícolas .....	57
<b>Tabla 7.</b> Número promedio de individuos estimados para el género Scenedesmus spp. en los sistemas piscícolas .....	59
<b>Tabla 8.</b> Número promedio de individuos estimados para el género Volvox spp. en los sistemas piscícolas.....	61
<b>Tabla 9.</b> Número promedio de individuos estimados para el género Pinnularia spp. en los sistemas piscícolas.....	63
<b>Tabla 10.</b> Número promedio de individuos estimados para el género Centropyxis spp. en los sistemas piscícolas .....	65
<b>Tabla 11.</b> Número promedio de individuos estimados para el género Paramecium spp. en los sistemas piscícolas .....	67
<b>Tabla 12.</b> Número promedio de individuos estimados para el género Closterium spp. en los sistemas piscícolas.....	69
<b>Tabla 13.</b> Número promedio de individuos estimados para el género Prorocentrum spp. en los sistemas piscícolas .....	70
<b>Tabla 14.</b> Número promedio de individuos estimados para el género Cosmarium spp. en los sistemas piscícolas .....	72
<b>Tabla 15.</b> Número promedio de individuos estimados para otros taxones minoritarios en los sistemas piscícolas.....	73
<b>Tabla 16.</b> Cálculo del Índice de diversidad de Shannon-Weaver por sitios de muestreo....	78
<b>Tabla 17.</b> Valores de los parámetros físico-químicos respecto a los sistemas piscícolas y sitios de muestreo .....	80

<b>Tabla 18.</b> Análisis de varianza para el número de individuos <i>Scenedesmus</i> spp. en tres organizaciones piscícolas y tres sitios de muestreo.....	91
<b>Tabla 19.</b> Prueba de Tukey para tres organizaciones piscícolas. Variable: <i>Scenedesmus</i> spp. número de individuos por ml. ....	92
<b>Tabla 20.</b> Prueba de Tukey para tres lugares de muestreo. Variable: <i>Scenedesmus</i> spp. número de individuos por ml.....	92
<b>Tabla 21.</b> Promedios para interacción Organización x Lugar de muestreo. Variable: <i>Scenedesmus</i> spp. número de individuos por ml.....	92
<b>Tabla 22.</b> Análisis de varianza para el número de individuos <i>Volvox</i> spp. en tres organizaciones piscícolas y tres sitios de muestreo.....	94
<b>Tabla 23.</b> Prueba de Tukey para tres organizaciones piscícolas. Variable: <i>Volvox</i> spp. número de individuos por ml.....	94
<b>Tabla 24.</b> Promedios para tres lugares de muestreo. Variable: <i>Volvox</i> spp. número de individuos por ml.....	94
<b>Tabla 25.</b> Promedios para interacción Organización x Lugar de muestreo. Variable: <i>Volvox</i> spp. número de individuos por ml. ....	95
<b>Tabla 26.</b> Promedios para interacción Organización x Lugar de muestreo. Variable: <i>Volvox</i> spp. número de individuos por ml. ....	96
<b>Tabla 27.</b> Prueba de Tukey para tres organizaciones piscícolas. Variable: <i>Pinnularia</i> spp. número de individuos por ml.....	96
<b>Tabla 28.</b> Promedios para tres lugares de muestreo. Variable: <i>Pinnularia</i> spp. número de individuos por ml.....	97
<b>Tabla 29.</b> Promedios para interacción Organización x Lugar de muestreo. Variable: <i>Pinnularia</i> spp. número de individuos por ml.....	97
<b>Tabla 30.</b> Análisis de varianza para el Número total de individuos por ml. en tres organizaciones piscícolas y tres sitios de muestreo.....	99
<b>Tabla 31.</b> Prueba de Tukey para tres organizaciones piscícolas. Variable: Número total de individuos por ml.....	99
<b>Tabla 32.</b> Prueba de Tukey para tres lugares de muestreo. Variable: Número total de individuos por ml.....	99

<b>Tabla 33.</b> Prueba de Tukey para interacción Organización x Lugar de muestreo. Variable: Número total de individuos por ml.....	100
<b>Tabla 34.</b> Análisis de varianza para la variable Temperatura en tres organizaciones piscícolas y tres sitios de muestreo.....	101
<b>Tabla 35.</b> Promedios para tres organizaciones piscícolas. Variable: Temperatura. ....	102
<b>Tabla 36.</b> Prueba de Tukey para tres lugares de muestreo. Variable: Temperatura. ....	102
<b>Tabla 37.</b> Promedios para interacción Organización x Lugar de muestreo. Variable: Temperatura.....	102
<b>Tabla 38.</b> Análisis de varianza para el variable pH en tres organizaciones piscícolas y tres sitios de muestreo .....	104
<b>Tabla 39.</b> Promedios para tres organizaciones piscícolas. Variable: pH.....	104
<b>Tabla 40.</b> Promedios para tres luagres de muestreo. Variable: pH.....	104
<b>Tabla 41.</b> Promedios para interacción Organización x Lugar de muestreo. Variable: pH.	104
<b>Tabla 42.</b> Análisis de varianza para la variable Conductividad eléctrica en tres organizaciones piscícolas y tres sitios de muestreo.....	106
<b>Tabla 43.</b> Prueba de Tukey para tres organizaciones piscícolas. Variable: Conductividad eléctrica.....	106
<b>Tabla 44.</b> Prueba de Tukey para tres lugares de muestreo. Variable: Conductividad eléctrica.....	106
<b>Tabla 45.</b> Prueba de Tukey para interacción Organización x Lugar de muestreo. Variable: Conductividad eléctrica. ....	107
<b>Tabla 46.</b> Análisis de varianza para la variable Oxígeno Disuelto en tres organizaciones piscícolas y tres sitios de muestreo.....	108
<b>Tabla 47.</b> Promedios para tres organizaciones piscícolas. Variable: Oxígeno Disuelto. ..	109
<b>Tabla 48.</b> Promedios para tres lugares de muestreo. Variable: Oxígeno Disuelto. ....	109
<b>Tabla 49.</b> Promedios para interacción Organización x Lugar de muestreo. Variable: Oxígeno Disuelto.....	109
<b>Tabla 50.</b> Análisis de varianza para la variable Fosfatos en tres organizaciones piscícolas y tres sitios de muestreo. ....	111
<b>Tabla 51.</b> Promedios para tres organizaciones piscícolas. Variable: Fosfatos .....	111
<b>Tabla 52.</b> Promedios para tres lugares de muestreo. Variable: Fosfatos. ....	111

<b>Tabla 53.</b> Promedios para interacción Organización x Lugar de muestreo. Variable: Fosfatos.....	112
<b>Tabla 54.</b> Análisis de varianza para la variable Nitratos en tres organizaciones piscícolas y tres sitios de muestreo. ....	113
<b>Tabla 55.</b> Promedios para tres organizaciones piscícolas. Variable: Nitratos.....	113
<b>Tabla 56.</b> Promedios para tres lugares de muestreo. Variable: Nitratos.....	114
<b>Tabla 57.</b> Promedios para interacción Organización x Lugar de muestreo. Variable: Nitratos. ....	114
<b>Tabla 58.</b> Valores del coeficiente de correlación de Pearson entre variables dependientes e independientes. ....	116
<b>Tabla 59.</b> Procedimiento de cálculo del Índice de Diversidad de Shannon-Weaver.....	139
<b>Tabla 60.</b> Tabla de muestreo de valores individuales de los individuos presentes por sitio de muestreo.....	140
<b>Tabla 60.</b> Tabla de muestreo de valores individuales de los individuos presentes por sitio de muestreo (continuación). ....	141
<b>Tabla 60.</b> Tabla de muestreo de valores individuales de los individuos presentes por sitio de muestreo (continuación). ....	142
<b>Tabla 60.</b> Tabla de muestreo de valores individuales de los individuos presentes por sitio de muestreo (continuación). ....	143

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación de los sistemas productivos a estudiarse.....	42
<b>Figura 2.</b> Flujograma del proceso productivo.....	56
<b>Figura 3.</b> Ubicación aérea de los sistemas productivos (Captaciones, estanques, receptores) de las 3 organizaciones. ....	138

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen 1.</b> Ejemplar de <i>Scenedesmus spp.</i> en muestra de estanque de producción de la Organización Chawamangu, La Isla.....	60
<b>Imagen 2.</b> Ejemplar de <i>Volvox spp.</i> sobre cámara de Neubauer en muestra de estanque de producción de la Organización Chawamangu, La Isla. ....	62
<b>Imagen 3.</b> Ejemplar de <i>Pinnularia spp.</i> sobre cámara de Neubauer en muestra de captación de la Organización piscícola Chawamangu, La Isla. ....	64
<b>Imagen 4.</b> Ejemplar de <i>Paramecium spp.</i> sobre cámara de Neubauer en muestra de estanque de producción de la Organización Mushuk Kausay, La Isla. ....	68

## 1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura se ha convertido en una de las actividades con gran importancia de explotación debido a que en el mundo existen millones de hectáreas de agua que son idóneas para el desarrollo productivo (Spinetti *et al.*, 2010).

Según la FAO (2010), acuicultura etimológicamente quiere decir "cultivo del agua", y cuando en este cultivo el producto final son los peces, estamos hablando de piscicultura.

La piscicultura se ha convertido en una de las actividades más comunes en los sectores de desarrollo debido al alto ingreso económico y producción proteínica animal que genera (FAO, 2010).

La Federación Provincial de Organizaciones Agrícolas y Piscícolas de Pastaza "F.P.O.A.P.P", es una entidad jurídica creada en 2009 y agrupa 18 organizaciones locales integradas por pequeños y medianos productores en tres cantones de la provincia (Pastaza, Mera) pertenecientes a aproximadamente a 200 familias (FPOAPP, 2012).

La mayor cantidad de organizaciones de la FPOAPP se concentran en la Parroquia Madre Tierra perteneciente al Cantón Mera en las zonas de Cabeceras de Bobonaza, en la Parroquia Veracruz y en el área denominada "La Isla". Esta última zona constituye una porción de terreno de baja pendiente de aproximadamente 45 km<sup>2</sup>, rodeada por dos ramales del río Pastaza (uno permanente y otro estacionario), habitada principalmente por comunidades quichuas cuya principal actividad es la agricultura, dentro de la cual se producen algunos rubros orientados al mercado, entre los cuales se ha destacado la producción y cultivo de tilapia durante los últimos 10 años.

Esta actividad es considerada como antrópica, debido a que genera alteraciones en las características originales de los cuerpos de agua, debido a la presencia de materia orgánica o con productos químicos, etc. Estas alteraciones son conocidas como impacto de la actividad piscícola debido a la sustitución de los ambientes naturales por artificiales, para lograr realizar dicha actividad (Spinetti *et al.*, 2010).

Según Vergara *et al.* (2005), la mayoría de los efectos causados por la piscicultura han sido beneficiosos debido a que se ha logrado rehabilitar zonas rurales y generar fuentes de empleo.

Pero uno de los principales aspectos contaminantes derivados de la piscicultura es la eutrofización que según Rapal (2010), en los ecosistemas acuáticos es un efecto biofísico y biológico, debido al incremento de los suministros y disponibilidad de nutrientes como nitrógeno y fosforo, es decir, enriquecimiento de las aguas con dichos nutrientes.

Según Ryding S. y W. Rast (1992), el enriquecimiento de las aguas muchas de las veces no puede ser compensado por la mineralización total, de manera que el exceso de materia orgánica presente produce una disminución de oxígeno en las aguas profundas, pero a su vez tienen un alto nivel de productividad y de biomasa en todos los niveles tróficos debido a que proliferan algas y un crecimiento acelerado de plantas acuáticas.

Por tal motivo la presente investigación marca el inicio de estudios de comunidades de fito y zooplancton y su incidencia directa con parámetros físico-químicos en el recurso hídrico tanto con fines de captación y cuerpos receptores, involucrado en tres sistemas de producción piscícola del sector “La Isla” con la finalidad de determinar la importancia ambiental de estos organismos y realizar un análisis de la situación actual que esta actividad representa en el medio ambiente.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

- Realizar un estudio de abundancia y diversidad de fitoplancton y zooplancton en tres organizaciones piscícolas del Sector “La Isla” (Parroquia Madre Tierra), y su influencia en las condiciones físico-químicas del agua y sus implicaciones ambientales.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Realizar una descripción del proceso de producción en el sistema productivo piscícola con especial detalle en los aspectos relacionados con el recurso hídrico.
- Determinar la abundancia y diversidad del fito y zooplancton en los sistemas de producción estudiados y cuerpos hídricos en los cuales se realizan las actividades de captación y descarga.
- Caracterizar las condiciones físico-químicas del agua de los estanques de producción y cuerpos receptores mediante nueve parámetros.
- Analizar la relación existente entre la abundancia y diversidad de poblaciones de fitoplancton y zooplancton y las condiciones físico-químicas del agua junto a sus implicaciones ambientales.

## **3. HIPÓTESIS**

- Las condiciones físico-químicas del agua en los cuerpos receptores de la descarga de los sistemas piscícolas se ve afectada significativamente por los procesos productivos y la abundancia y diversidad de fitoplancton y zooplancton.

## **4. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **4.1 Piscicultura artesanal en la Amazonía**

Según Cifuentes *et al.* (1997), el origen de la acuicultura data a partir del año 2 000 a.C., tiempo en que los japoneses cultivaban ostras en sus zonas inter mareales; también se comenzó el cultivo de la acuicultura en los pueblos egipcios, hindúes, persas y hebreos, quienes ya promovieron el cultivo de peces en estanques bien diseñados y estructurados con la finalidad de producción y consumo.

En Ecuador la producción de peces se inicia en el Tahuantinsuyo, en donde los Incas y aborígenes de las regiones tropicales y la serranía eran quienes se alimentaban con peces obtenidos de ríos, lagos y lagunas (Krohnert, 2006).

La piscicultura en el mundo y en Ecuador se remonta a la década de los años setenta en donde se encuentra su génesis propagación y desarrollo, esta actividad económica ha sido fuente de empleo por muchos años, consecuencia de ello es que la totalidad de la producción nacional es exportada, es decir, no existe un mercado local fuerte (Krohnert, 2006). Por consiguiente, el impacto más visible de esta actividad económica ha sido la generación de fuentes de empleo por lo que ha generado gran apoyo en la economía ecuatoriana.

En el Ecuador la piscicultura se ha desarrollado de una manera artesanal y poco tecnificada debido a posición geográfica que tiene el país y a los procesos innatos que aún se utilizan en el mismo (FAO, 2010).

La piscicultura artesanal de engorde ha sido desde hace varios años una práctica común en el Sector “La Isla”, en la Parroquia Madre Tierra, Provincia de Pastaza. Esta práctica ha sido impulsada por comunidades Quichua pertenecientes a la Comuna San Jacinto del Pindo, para obtener una producción propia de Tilapia. Esta actividad comenzó sin fines comerciales, es decir, que esta actividad se encontraba dentro de las acciones comunitarias, careciendo así de una evaluación técnica

apropiada. Sin embargo, en la actualidad, el aumento de esta actividad ha incrementado, dando así como resultado la exigencia de la aplicación de técnicas que rentabilicen a esta práctica; dicho lo cual, la tecnificación se han dado en dos aspectos importantes: la producción, y la comercialización, aspectos que buscan sistematizar la piscicultura artesanal en la Provincia de Pastaza con la instalación de piscinas que buscan como alternativa de comercialización en el mercado interno.

En la actualidad, la piscicultura es una actividad de desarrollo potencial, cabe notar que la piscicultura de engorde encuentra un impulso importante en la Parroquia Madre Tierra, la cual se basa en la siembra, crianza y cosecha de peces reproducidos a través de laboratorio (Romero, 2009).

Los agricultores del sector han determinado que el tema de la piscicultura va en aumento y es necesario desarrollar una producción caracterizada por especies nativas y/o introducidas en la zona para así asegurar un abastecimiento permanente de peces en el mercado, ubicando la producción en manos de los propios piscicultores.

#### **4.1.1 Aspectos que favorecen la producción piscícola**

En el Ecuador muchas unidades productivas agropecuarias adoptan a la piscicultura como estrategia productiva, generando ingresos en varias provincias del País entre las que se destacan las provincias costaneras y amazónicas, debido entre otras cosas a la disponibilidad de fuentes hídricas existentes (Romero, 2009). La adopción de la piscicultura es favorecida por algunos factores como los que cita Cifuentes (1997):

- Los estanques o piscinas se desarrollan en terrenos que no son útiles para la agricultura y/o ganadería.

- La cantidad, engorde y especies se puede controlar, según el criterio y necesidad del productor.
- La distribución del producto aumenta debido a la gran cantidad de las especies que ingresan al mercado.
- La piscicultura promueve el desarrollo socio económico en las localidades en donde se realiza dicha actividad.

Según la FAO (2010), otra ventaja para el productor consiste en obtener de la producción piscícola un aumento de la productividad agropecuaria, debido a que el agua efluente se la puede utilizar en limpieza de corrales y para el riego de plantaciones.

El material sedimentado se puede constituir en una fuente de abono para huertas o cultivos.

Pese a las principales ventajas productivas que se detallaron, se deben tomar en consideración las desventajas que causan impactos en el medio ambiente y en la economía de quienes se dedican a esta actividad.

#### **4.2 El plancton como componente del sistema de producción piscícola**

Los sistemas de producción piscícola se constituyen como ecosistemas antrópicos debido a que se caracterizan por la retención de agua en piscinas artificiales, en donde se desarrolla el cultivo y/o crianza de una o varias especies de peces. Dentro de estos ecosistemas intervienen numerosos organismos que a su vez dependen de compuestos químicos orgánicos e inorgánicos presentes en las aguas (Spinetti *et al.*, 2010).

De acuerdo a Setiowati (2007), los organismos acuáticos se clasifican ecológicamente en: Plancton, Necton, Neuston, Perifiton y Bentos; de los cuales

puede destacarse al plancton como un componente fundamental en los ecosistemas piscícolas indicados anteriormente.

Según Escribano, R. y L. Castro (2013), el plancton se define como un conjunto de organismos formados por una gran cantidad de animales y/o vegetales muy pequeños, los cuales se trasladan por los ambientes acuáticos a través de las corrientes.

El plancton está constituido por organismos microscópicos, en un rango de tamaño menor de un micrón (la milésima parte de un milímetro) (Escribano, 2013).

Dentro del plancton se pueden definir 2 grupos como son: el fitoplancton y zooplancton.

#### **4.2.1 Fitoplancton**

El fitoplancton es un conjunto de organismos acuáticos fotosintetizadores que viven dispersos y/o suspendidos en las columnas de agua, es considerado como la base de las redes tróficas y algunas de estas especies pueden ser heterótrofas por cortos periodos como son: dinoflagelados y eugleniodes. El nombre proviene de los términos griegos, phyton, que significa "planta" y planktos, que representa "errante" (Oliva-Martínez *et al.*, 2014).

Estos organismos unicelulares contienen diferentes tipos de pigmentos (clorofilas), que son capaces de sintetizar y producir proteínas, ácidos grasos e hidratos de carbono con la finalidad de constituirse en la fuente principal de alimento de los consumidores primarios del medio acuático; estas especies de fitoplancton solo deben permanecer en la parte eufótica, es decir, en la parte superior de las aguas con la finalidad de realizar reproducción, crecimiento y fotosíntesis (Corral *et al.*, 2000).

El fitoplancton constituye una parte indispensable de la alimentación del zooplancton ya que representa un gran recurso alimenticio para su desarrollo (Abbayes *et al.*, 1989).

#### **4.2.2 Zooplancton**

El zooplancton está constituido por grupos de organismos unicelulares, estos son heterótrofos debido a que para su supervivencia dependen de la ingesta de otros organismos, bacterias o el mismo fitoplancton (Corral *et al.*, 2000).

El término proviene del griego zoo que significa “animal” y plancton “errante”, es decir, llevado de un lugar a otro (Oliva-Martínez *et al.*, 2014). De la misma manera que el fitoplancton, el desarrollo de estos organismos depende del medio en donde se encuentren. Para el desarrollo y crecimiento de zooplancton no solo se depende de la cantidad de alimento disponible si no de la calidad nutricional de las comunidades fitoplanctónicas (Conde-Porcuna *et al.*, 2004).

Según Mora, J. y R. Escribano (2013), los organismos son de pequeño tamaño y pertenecen a varios grupos taxonómicos, los mismos que se encuentran suspendidos en la columna de agua, y manifiesta que su distribución depende del movimiento de las corrientes.

A partir del zooplancton se puede obtener un excelente criterio sobre el estado trófico de los sistemas acuáticos y de la misma manera deducir la estructura de las comunidades acuáticas (Conde-Porcuna *et al.*, 2004).

Según Corral *et al.* (2000), en los medios dulce acuícolas el zooplancton está constituido por tres especies representativas, las mismas que pertenecen al grupo de los metazoos, como son: los *Rotíferos*, los *Cladóceros* y los *Copépodos*.

### 4.3 Principales grupos taxonómicos de fitoplancton y zooplancton

A continuación se describe brevemente los principales grupos taxonómicos de fitoplancton y zooplancton que pueden encontrarse en los sistemas piscícolas:

#### 4.3.1 *Scenedesmus spp.* (Scenedesmaceae)

Según Andrade *et al.* (2009), *Scenedesmus* son microalgas que se encuentran en forma solitaria o en parejas formando así los cenobios, esta es una especie perteneciente a la división Chlorophyta, clase Chlorophyceae, orden Chlorococcales, familia Scenedesmaceae.

Este género de microalgas posee altos niveles de aminoácidos esenciales por lo que se convierte en una fuente interesante de proteínas durante el ciclo alimenticio de las especies que la consuman (Quevedo *et al.*, 2008). *Scenedesmus* es un miembro característico del plancton y es normal encontrarlos en estuarios de agua dulce, estas floraciones pueden ayudar a dar coloración verdosa a las mismas (Huynh, 2006).

Según Andrade *et al.* (2009), estas microalgas son capaces de soportar altas concentraciones de nutrientes como son el Nitrógeno y Fósforo, los mismos que se pueden encontrar tanto en aguas estancadas como en residuales. *Scenedesmus* se desarrolla en altas concentraciones de nutrientes, a su vez tienen capacidad depurativa consiguiendo así remover la excesiva cantidad de nutrientes y mejorando la calidad en los efluentes.

#### **4.3.2 *Volvox spp.* (Volvocaceae)**

Según Herron *et al* (2010), *Volvox* está clasificado en la división de la Chlorophycophyta, familia Volvocaceae, y comúnmente se las conoce como algas verdes.

Los organismos *volvox* son considerados como unicelulares y son capaces de agruparse en colonias formando así una malla tridimensional de forma esférica las mismas que surgen hacia la superficie en busca de la luz solar para lograr producir su propio alimento (autótrofos), a través del proceso llamado fotosíntesis (Herron *et al*, 2010).

Estos organismos son de aguas dulces y cálidas, el hábitat natural de estas células de algas verdosas es de preferencia en agua profunda debido a las grandes cantidades de fosfatos y nitratos que requieren para su supervivencia, los lugares donde se desarrollan con mayor facilidad son en lagos, embalses y estanques (Desnitski, 2000).

#### **4.3.3 *Oscillatoria spp* (Oscillatoriaceae)**

Según Fuenmayor *et al.* (2009), el género denominado *Oscillatoria spp.* pertenece a la división Cyanophyta, clase Oscillatoriales, al orden Nostocales y familia Oscillatoriaceae. A estas cianobacterias es muy común encontrarlas en ambientes marinos como también en dulceacuícolas.

Según Guiry (2015), a la cianobacteria *Oscillatoria spp.* se le relaciona con la actividad de fijación de N<sub>2</sub> en condiciones anóxicas.

#### **4.3.4 *Pinnularia spp.* (Pinnulariaceae)**

Según Guiry, M.D. y Guiry, G.M. (2015), el género *Pinnularia spp.* pertenece a la división Heterokontophyta, clase Bacillariophyceae, al orden Naviculales y a la familia Pinnulariaceae.

Este género es considerado una diatomea. A estos organismos unicelulares generalmente se los encuentra en aguas eutróficas, aguas con bajo nivel de pH (Toledo, 2011).

Esta género se desarrolla de manera bentónica, es decir las zonas más bajas y/o profundas, en aguas estancadas o corrientes (Junta de Andalucía, 2010).

#### **4.3.5 *Centropyxis spp.* (Centropyxidae)**

Según Chivatá *et al.* (2014), el género *Centropyxis spp.* pertenece a la división Sarcodina, clase Lobosea, orden Tubulinea y familia Centropyxidae.

La fuente de alimentación para estos organismos son las diatomeas, clorofíceas, algas filamentosas, protozoos flagelados y ciliados. *Centropyxis spp.* comúnmente habita en aguas dulces y se las puede encontrar en estanques eutróficos, musgos, lagos, pantanos (Chivatá *et al.*, 2014).

#### **4.3.6 *Paramecium spp.* (Parameciidae)**

El género *Paramecium spp.* es considerado un protozoario, este organismos se desarrolla con mayor facilidad en aguas ricas en nutrientes y aguas mesosaprobias, es decir, que contengan un nivel medio de contaminación (Chivatá *et al.*, 2014).

Según Chivatá *et al.* (2014), este género pertenece a la división Ciliophora, clase Holotrichia, al orden Hymenostomatidae, familia Parameciidae.

#### **4.3.7 *Closterium* spp. (Closteriaceae)**

Según Huynh (2006), al género *Closterium* spp. es muy común encontrarlo en aguas ácidas.

*Closterium* spp. pertenece a la división Charophyta, clase Conjugatophyceae (Zygnematophyceae), al orden Desmidiales y la familia Closteriaceae (Guiry, 2015).

A *Closterium* se le considera cosmopolita, a este género se lo puede encontrar en ambientes eutróficos (Guiry, 2015).

#### **4.3.8 *Prorocentrum* spp. (Prorocentraceae)**

Según Guiry (2015), el género *Prorocentrum* spp. pertenece a la división Miozoa, clase Dinophyceae, al orden Prorocentrales, familia Prorocentraceae.

*Prorocentrum* spp. pertenece a los dinoflagelados y es considerada como una especie cosmopolita de aguas tropicales y pueden vivir en una gran variedad de hábitats (Dodge, 1975). A este género comúnmente se lo encuentra en estuarios y en todo tipo de condiciones climáticas (Espinoza *et al.*, 2013).

#### **4.3.9 *Peridinium* spp. (Peridinium)**

Según Guiry (2015), el género *Peridinium* spp. pertenece a la división Mioza, clase Dinophyceae, su orden es Peridiniales y la familia es la Peridiniaceae.

Al género *Peridinium* spp. generalmente se lo encuentra en aguas pobres en nutrientes, es decir aguas muy eutrofizadas. Se encuentran distribuidas desde

aguas dulces hasta un poco mineralizadas y en aguas estancadas (Junta de Andalucía, 2010).

#### **4.3.10 *Cosmarium spp.* (Desmidiaceae)**

Según Guiry (2015), el género *Cosmarium spp.* pertenece a la división Charophyta, clase Conjugatophyceae, al orden Desmidiales, y su familia es la Desmidiaceae.

A estas algas verdes comúnmente se las puede encontrar en aguas ácidas, algunas veces en básicas y ambientes eutróficos (Guiry, 2015).

#### **4.3.11 *Pleurotaenium spp.* (Desmidiaceae)**

Según Guiry (2015), la clasificación taxonómica que pertenece el género *Pleurotaenium* es: a la división Charophyta, clase Conjugatophyceae, al orden Desmidiales y a la familia Desmidiaceae.

Este género tiene la capacidad de indicar las bajas concentraciones de nutrientes, se encuentra asociado con la vegetación y casualmente de forma planctónica (Junta de Andalucía, 2010).

Según Chivatá *et al.* (2014), a *Pleurotaenium spp.* se le puede considerar cosmopolita debido a su nivel de adaptación a los hábitats.

#### **4.3.12 *Anabaena spp.* (Nostocaceae)**

Según Roldán (2008), el género *Anabaena spp.* es considerado una cianobacteria (alga verdeazulada), tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico y la realizar su fotosíntesis.

Según la división taxonómica *Anabaena spp.* pertenece a la división Cyanobacteria, clase Cyanophyceae, al orden Nostocales y la familia Nostocaceae (Guiry, 2015).

A estas algas verdeazuladas se las puede encontrar en varios hábitats, tanto en el suelo como en el agua. Se desarrollan con mayor facilidad en aguas ácidas y estancadas (Roldán, 2008).

Según Huynh (2006), a estas algas verdeazuladas es frecuente encontrarlas en aguas ricas en fosforo.

Este género es muy utilizado en la agricultura debido a la capacidad que tienen como biofertilizante, por su fuente de pigmentos y exopolisacáridos (Loreto *et al.*, 2003).

Algunas especies del género *Anabaena spp.* pueden liberar metabolitos que son fuertemente olorosos, lo que provoca un mal aspecto físico en las aguas (Silva *et al.*, 1994).

#### **4.3.13 *Amoeba spp.* (Amoebidae)**

Según Chivatá *et al.* (2014), el género *Amoeba spp.* principalmente habita en charcas y estanques ricos en bacterias. Este organismo pertenece a la división Sarcodina, clase Lobosea, al orden Tubulinea y familia Amoebidae.

*Amoeba spp.* tiene la capacidad de controlar el crecimiento poblacional bacteriano, debido a su rápida respuesta a los incrementos bacterianos (Chivatá *et al.*, 2014).

#### **4.3.14 *Chroococcus spp.* (Chroococcaceae)**

Según Guiry (2015), el género *Chroococcus spp.* pertenece a la división Cyanobacteria, clase Cyanophyceae, al orden Chroococcales y familia Chroococcaceae.

Este género se desarrolla con mayor facilidad en aguas dulces y se lo puede encontrar en las rocas o en el suelo, en el agua o lugares cercanos que presenten agua (Huynh, 2006).

#### **4.3.15 *Navícula spp.* (Naviculaceae)**

Según Guiry (2015), el género *Navícula spp.* pertenece a la división Heterokontophyta, clase Baillariophyceae, al orden Naviculales y familia Naviculaceae.

Este género habita en todo tipo de agua, pero con mayor frecuencia se las puede encontrar en aguas ácidas y en orillas de aguas estancadas, estos organismos tienen la capacidad de ser resistentes a los pesticidas (Chivatá *et al.*, 2014).

#### **4.3.16 *Rotíferos***

Los Rotíferos en su mayoría son considerados planctónicos, han sido considerados una clase de Anelidos y como un filo aparte (Rotatoria).

La Taxonomía del filo Rotífera proviene del Reino animal, subreino Eumetazoa y superfilo Platyzoa (Roldán, 2008).

Según Román-Reyes *et al.* (2014), los rotíferos son el alimento fundamental en la fase larvaria de muchas especies acuáticas.

El origen del grupo de los rotíferos es considerado dulceacuícola debido a la diversidad que se presentan en la misma, y por eso se los establece dentro del plancton (Roldán, 2008).

La presencia de los rotíferos en un efluente nos demuestra un proceso de purificación biológica del agua, este proceso se desarrolla bajo condiciones aerobias muy eficientes. Estos organismos consumen las bacterias floculadas y algunas partículas de materia orgánica que se encuentren presentes en el agua (Crites, R. y G Tchobanoglous, 2000).

#### **4.4 Importancia ecológica del plancton**

El plancton es un conjunto de organismos unicelulares, pequeños. Sin embargo es considerado como una fuente de alimento eficiente y nutritivo debido a la gran cantidad de proteínas y ácidos grasos que contiene (Cifuentes *et al.*, 1997).

Según Cifuentes *et al.* (1997), sostiene que su alto valor nutritivo se desglosa en la siguiente manera: portando un contenido de proteínas que supera el 11%, 80% de carbohidratos, y varios contenidos de elementos nutritivos como vitaminas A y D.

La composición de estos organismos planctónicos resulta ser muy amplia en el hábitat acuático y tienen como principal característica habitar en la columna de agua, estos organismos son aprovechados para cultivos y como fuente de alimento en los acuarios y su vez como obtención de productos alimenticios en el desarrollo de los ciclos productivos de la crianza de peces (Prieto, 2006).

Al plancton se lo llegó a considerar como un sumidero de carbono debido a su capacidad de fijar el CO<sub>2</sub> atmosférico y parte del exceso del CO<sub>2</sub> presente en el ambiente, con la finalidad de incluirlo en la capacidad de producción de la cadena alimenticia (Conde-Porcuna *et al.*, 2004).

## **4.5 Parámetros físico-químicos del agua en sistemas piscícolas**

### **4.5.1 Parámetros físicos**

Se denomina parámetros físicos a las características que tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua.

#### **4.5.1.1 Temperatura**

Según Crites, R. y G Tchobanoglous (2000), la temperatura del agua es considerada una propiedad física debido a que es medible, es un factor importante porque afecta a las reacciones químicas y velocidades de reacción, a la viscosidad y produce cambios en la vida acuática debido a que los organismos, los peces, etc. deben adaptarse a las nuevas condiciones del hábitat.

#### **4.5.1.2 Turbidez**

La turbidez es un problema porque obstaculiza el paso de la luz debido a la presencia de material suspendido que se presenta en las aguas. Es un parámetro utilizado para indicar la calidad del agua (Sierra, 2011).

Este factor interfiere en los procesos en que se pueda destinar el uso del agua (Crites, R. y G Tchobanoglous, 2000).

#### **4.5.1.3 Conductividad eléctrica**

Según Crites, R. y G Tchobanoglous (2000), a la conductividad eléctrica es una expresión que ayuda a medir la capacidad de iones en una solución para transportar la corriente eléctrica e indica la presencia de sales ionizadas. A

través de este parámetro se consigue medir el nivel de salinidad que contiene una muestra de agua.

Este parámetro es considerado importante debido a que permite determinar el uso en que se puede utilizar el agua (Crites, R. y G Tchobanoglous, 2000).

## **4.5.2 Parámetros químicos**

### **4.5.2.1 PH**

Según Crites, R. y G Tchobanoglous (2000), pH es una abreviatura que representa al potencial de hidrógeno ( $H^+$ ) y nos ayuda a medir la concentración de iones H en el agua.

El pH es utilizado para determinar las condiciones ácidas o básicas de una solución, este parámetro puede ser medido in situ o en laboratorio (Sierra, 2011).

Sierra (2011), manifiesta que el pH se encuentra establecido en una escala de 0 a 14, dándonos a conocer que de 0 a 7 es el medio más ácido y de 7 a 14 es el medio más básico.

### **4.5.2.2 Oxígeno Disuelto (OD)**

Según Roldán (2008), el oxígeno disuelto es un parámetro que permite valorar la calidad del agua, debido a que se puede determinar el nivel de contaminación y/o la capacidad de vida que puede albergar.

El oxígeno disuelto es una condición favorable para que exista la vida acuática, es decir mientras más alto sea el valor de OD el agua es de mejor calidad (Sierra, 2011).

Las cantidades de OD varían de acuerdo a las condiciones que se presenten en el medio, estas pueden estar influenciadas por la existencia o no de recirculación o movimiento del agua (Roldán, 2008).

#### **4.5.2.3 Fosfatos**

El fósforo es considerado un factor principal en el crecimiento de las plantas acuáticas, organismos y algas; a su vez es un indicador del nivel de productividad que tienen las aguas (Roldán, 2008).

Según Roldán (2008), los fosfatos son una parte fundamental durante el ciclo del fósforo. Están formados por fósforos orgánicos disueltos que son descompuestos por los microorganismos y a su vez es utilizado por el fitoplancton y las especies acuáticas presentes en los ambientes.

Según Sierra (2011), la clasificación trófica con base en el contenido de fósforo en las aguas es: Oligotrófico 0,0213 mg/l, Mesotrófico 0,0396 mg/l y eutrófico 0,1187 mg/l.

#### **4.5.2.4 Nitrógeno**

Según Sierra (2011), el nitrógeno total en las aguas está compuesto por nitrógeno orgánico, amoníaco, nitrito y nitrato. Este último ion se puede encontrar en el agua como la forma más oxidada del nitrógeno. Se origina a partir del proceso de descomposición de las sustancias orgánicas nitrogenadas, que principalmente son las proteínas, la urea, etc.

Los nitratos son utilizados por las plantas y las algas con la finalidad de sintetizar las proteínas existentes (Roldán, 2008).

#### **4.5.2.5 Demanda Química de Oxígeno – DQO**

La DQO es una prueba utilizada para determinar el contenido de materia orgánica presente en una muestra de agua (Sierra, 2011).

Para la realización de los análisis es necesario la utilización de sustancias químicas como es la solución de dicromato en medio ácido debido, ya que este reactivo nos permite oxidar a las sustancias orgánicas presentes (Crites, R. y G Tchobanoglous, 2000).

#### **4.6 Impactos ambientales derivados de la actividad piscícola**

Los impactos ambientales provocados por la actividad piscícola dependen principalmente de la especie que se vaya a producir, el método de cultivo, la cantidad de especies, el tipo de alimentación y las condiciones hidrográficas del lugar (Krohnert, 2006).

Según Buschamann (2001), durante el proceso de producción se originan desechos como la excreción de los peces y el alimento no ingerido, que llegan a sedimentarse en el fondo de los estanques, provocando así acumulación de materia orgánica. Esta acumulación estimula la producción bacteriana, lo que altera la composición química del cuerpo de agua.

Otro impacto significativo es la eutrofización que es un proceso que se lo determina como un excesivo crecimiento de algas y malezas acuáticas en las aguas, lo que se da por la presencia de fosfatos y contaminantes que tienen las mismas. Los aspectos que presentan las aguas eutrofizadas son: coloración verde-grisácea, producción de malos olores y sobre todo la disminución en las concentraciones de oxígeno disuelto (Rapal, 2010).

La piscicultura también presenta otro impacto relevante que es el escape de las especies en producción, debido a que estas poseen un reservorio de agentes

patógenos que pueden afectar a las especies silvestres y/o nativas de los cauces naturales de agua (Buschamann, 2001).

Para obtener un desarrollo sostenible en la piscicultura se debe identificar los impactos ambientales que esta actividad puede originar, con el fin de minimizarlos y mitigarlos en su punto máximo. Para ello se debe tomar medidas adecuadas durante la producción, a fin de no degradar el medioambiente (Krohnert, 2006).

#### **4.7 Marco legal aplicable**

Se han considerado las siguientes normas jurídicas para la realización del trabajo:

- Constitución de la República del Ecuador 2008, Registro Oficial N° 449 de 20-October-2008.
- Ley de Gestión Ambiental, Registro Oficial Suplemento N° 418 de 10-Septiembre-2004.
- Ley de Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial N° 305 de 06-Agosto-2014.
- Acuerdo Ministerial 061, Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria, Edición especial N° 316, 04-Mayo-2015.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Área de estudio incluyendo las características meteorológicas

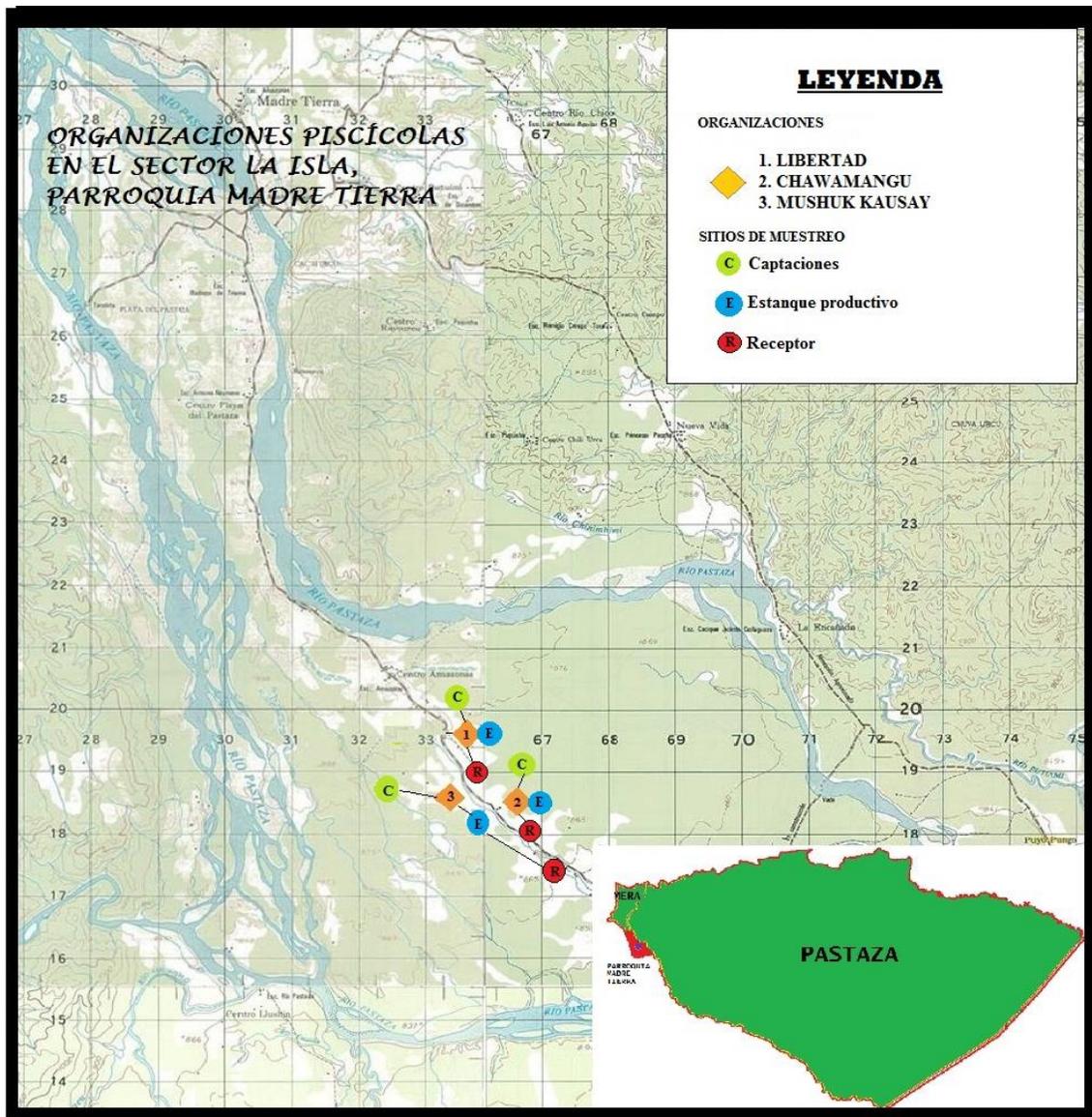
El estudio se llevó a cabo en 3 organizaciones ubicadas en el Sector La Isla perteneciente a la Parroquia de Madre Tierra, Cantón Mera. Las cuales se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

ORGANIZACIÓN	LUGAR	COORDENADAS			ALTITUD
		UTM			
		Zona	Latitud	Longitud	
Mushuk Kausay	Captación	17 M	833238	9818246	856
	Estanque	17 M	833559	9818117	869
	Receptor	18 M	166285	9817703	853
Chawamangu	Captación	17 M	833758	9818242	849
	Estanque	17 M	833716	9818173	862
	Receptor	17 M	833815	9818150	870
Libertad	Captación	17 M	832898	9819159	874
	Estanque	17 M	832908	9819121	848
	Receptor	17 M	832902	9819078	857

*Fuente:* Elaboración propia de la autora

Las mismas que ubican en el mapa presentado en la Figura 1:



**Figura 1.** Ubicación de los sistemas productivos a estudiarse

Según Holdrige (1982), las organizaciones presentes en el área de estudio se encuentran establecidas en una zona de vida de tipo Bosque Pluvial Subtropical.

En la Tabla 2 se presentan condiciones climáticas de la estación meteorológica de Veracruz, las que se consideraron como similares para este estudio.

**Tabla 2.** Parámetros Meteorológicos

<b>Parámetros</b>	<b>Valores</b>
Temperatura media anual (°C)	20.6
Humedad relativa (%)	89.3
Evapotranspiración (mm)	765.8
Precipitación anual (mm)	4500

*Fuente: INAMHI (2011), Estación Meteorológica Veracruz*

El territorio en el que se encuentran asentados los sistemas productivos estudiados abarca una superficie aproximadamente de 4 Ha en el interior de una porción de tierra de origen aluvial denominada “La Isla” que está separada del resto de la Parroquia por un brazo estacionario del río Pastaza. Estos sistemas productivos se distribuyen además en torno a la vía Madre Tierra-Santana. En esta zona el relieve es casi totalmente plano (GADP- Madre Tierra, 2013). Según INAMHI (2011), el clima de la Provincia de Pastaza por lo general es cálido-húmedo y la temperatura del lugar oscila entre los 20,6° C.

El suelo de La Isla presenta una textura media (MAGAP, 2002). De acuerdo a SECS, (1986) el suelo de la zona es un Tropaquept (perteneciente al orden de los inceptisoles) y está caracterizado por un material de origen sedimentario aluvial reciente, conformado por limos y arcillas. Además, el GADP-Madre Tierra (2013) indica que los suelos de la zona son limosos, suaves y esponjosos, de color negro y amarillos en profundidad, con una capacidad de retención de humedad más del 200%.

Respecto a los cuerpos hídricos de captación y descarga corresponden a pequeños esteros que se forman al interior de esta isla. Las 3 organizaciones tienen captaciones de agua y sus cuerpos receptores, de acuerdo a la Tabla 3.

**Tabla 3.** Captaciones y cuerpos receptores de agua de las diferentes Organizaciones productivas (La Isla).

<b>ORGANIZACIÓN</b>	<b>CAPTACIÓN</b>	<b>CUERPO RECEPTOR</b>
Libertad	Proviene del drenaje de un pantano cercano	Es un estero que corre paralelo a la vía Madre Tierra-Santana.
Chawamangu	De un estero de escaso recorrido que se forma en el interior de la zona boscosa de la Isla.	
Mushuk Kausay	A partir de un embalse de un estero de caudal moderado que proviene de la infiltración de las aguas del Río Pastaza.	

## 5.2 Duración de la investigación

La investigación tuvo una duración de nueve meses, la misma que se repartió en las siguientes etapas:

- Reconocimiento de los lugares establecidos para el estudio, redacción del perfil y proyecto de tesis: Duración 1 mes
- Trabajo de campo: tiempo de duración 5 meses, en donde se llevó a cabo los respectivos monitoreos/muestreos, se recopiló la información, se realizaron los respectivos análisis in situ y de laboratorio. Los meses tomados a consideración fueron de junio a octubre, esto se lo realizó por la disponibilidad de los equipos de la Universidad.
- Redacción del primer borrador y defensa de tesis la cual tuvo una duración estimada de 3 meses.

## 5.3 Materiales y equipos

Durante la investigación se utilizaron materiales y equipos, tanto para el trabajo in situ como también para la realización de los respectivos análisis de las muestras.

### **5.3.1 Equipos para el análisis de aguas**

- Medidor multiparamétrico y material complementario
- Espectrofotómetros y material complementario
- Termorreactor
- Kits analíticos para análisis fotométricos
- Materiales para toma y conservación de muestras (Botellas ámbar, caja térmica, jarra)
- Microscopio óptico
- Cámara de Neubauer
- Red para fitoplancton
- Alcohol antiséptico y algodón

### **5.3.2 Materiales para levantamiento de la información**

- Tabla apoya manos
- Resmas de papel
- Bolígrafos
- GPS
- Cámara fotográfica
- Marcadores indelebles
- Vehículos (transporte hacia los puntos)
- Lápices
- Borradores

## **5.4 Factores de estudio**

### **5.4.1 Variables independientes**

#### **a) Características físicas generales**

La variable incluyó información referencial de la zona de estudio, en base a características climáticas como la precipitación, temperatura ambiente, evapotranspiración e insolación. Se consideró además la topografía y pendiente del terreno en el que se desarrollan los sistemas productivos establecidos dentro del estudio y el tipo de suelo del sector, dando importancia a la permeabilidad que existe en el área, las mismas que se obtuvieron mediante información secundaria.

#### **b) Organizaciones piscícolas**

Se denominó de esta manera a 3 unidades productivas (fincas) orientadas a la producción piscícola y en relación a las mismas, los cuerpos hídricos relacionados como son los estanques de crianza y sitios de captación y descarga. La variable se complementó con la descripción cuantitativa y cualitativa de todo el ciclo productivo y el uso de agua e insumos.

### **5.4.2 Variables dependientes**

#### **a) Poblaciones de fitoplancton y zooplancton**

La variable mantuvo referencia en cuanto a la abundancia y diversidad del fitoplancton existente en los estanques, cuerpos de captación y receptores,

considerando el número de individuos por ml de cada género encontrado y el número de organismos totales en cada sitio de muestreo.

#### **b) Calidad físico-química del agua**

La variable analizó los parámetros físico-químicos necesarios para el desarrollo del proyecto, los mismos que se realizaron a partir de las muestras tomadas en los estanques, captación y cuerpos receptores.

Los parámetros físico-químicos que se midieron se detallan en la Tabla 4:

**Tabla 4.** Parámetros Físico-Químicos

1	pH
2	Temperatura
3	Turbidez
4	Conductividad eléctrica
5	Oxígeno Disuelto
6	Saturación %
7	Fosfatos
8	Nitratos
9	DQO

*Elaboración:* Autor

### **5.5 Procedimientos, diseño de la investigación y sustentación estadística de los resultados.**

#### **5.5.1 Reconocimiento de la zona y acercamiento a las organizaciones piscícolas**

El trabajo de investigación inició con el reconocimiento del territorio en el que se encuentran emplazadas las organizaciones piscícolas a fin de recopilar

mediante observación información relacionada con los aspectos físicos de la zona como topografía, suelos, hidrología, vegetación y características climáticas. Posteriormente se efectuaron visitas a las organizaciones establecidas dentro del área de estudio con el propósito de determinar la ubicación y existencia de los sistemas de producción piscícola. Se realizaron entrevistas con los productores para así levantar información sobre los aspectos productivos de cada sistema<sup>12</sup>, se estableció el cronograma de visitas para realizar los respectivos muestreos y a su vez se dio a conocer la finalidad e importancia del proyecto.

### **5.5.2 Toma de muestras**

Durante los meses de Junio a Octubre se realizaron los 5 monitoreos con un intervalo de 15 días entre ellos, en donde se establecieron tres puntos específicos de muestreo: captación, estanque y cuerpos receptores.

De cada sitio de muestreo se colectaron muestras para el análisis Físico-Químico de las aguas y conteo de fitoplancton y zooplancton, teniendo un total de 45 muestras para análisis FQ y 45 muestras para fitoplancton y zooplancton. La metodología de muestreo se realizó en base a lo manifestado por Vicente *et al.* (2005):

#### **a) Muestras obtenidas por red de plancton**

Se utilizó una red de 32  $\mu\text{m}$  de malla, la cual se arrastró horizontalmente en el seno del agua a profundidad Secchi a una distancia de desplazamiento establecida entre 4 y 7,5 m (Tabla 5). Una vez terminado el recorrido, el colector de la red que se localiza al final de esta, de 131 ml, fue desprendido y

---

<sup>1</sup> Sr. Dionicio Calapucha – Representante de la Organización Mushuk Kausay. Fecha:12-06-2015

<sup>2</sup> Sr. Klever Villamil – Representante de la Organización Chawamangu. Fecha: 27-06-2015

la muestra filtrada se transfirió a una botella plástica para su posterior transporte en cadena de frío hasta su análisis en laboratorio.

**b) Muestras para análisis Físico-Químico**

Durante cada muestreo se utilizó un medidor multiparamétrico con la finalidad de determinar algunos parámetros físico-químicos in situ, como fueron temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, saturación; esto se realizó en campo con la finalidad de utilizar agua sin concentrar, a fin de que no existan alteraciones en las muestras.

Además en cada sitio de muestreo se midió la profundidad Secchi para de esta manera determinar la profundidad para la toma de muestras de fitoplancton y zooplancton. A continuación se procedió a la recolecta de muestras en botellas a una profundidad de 35cm para el análisis de las mismas en laboratorio.

**Tabla 5.** Especificaciones técnicas para la toma de muestras

<b>Muestras</b>	<b>Fecha</b>	<b>Organización</b>	<b>Repetición</b>	<b>Lugar de muestreo</b>	<b>Estanque N<sup>a</sup></b>	<b>Recorrido de la red (m)</b>
<b>N<sup>o</sup></b>						
1	12/06/2015	Mushuk Kausay	1	Captación		5,20
2	12/06/2015		1	Estanque	1	7,50
3	12/06/2015		1	Receptor		21,07
4	12/06/2015	Chawamangu	1	Captación		4,00
5	12/06/2015		1	Estanque	1	6,00
6	12/06/2015		1	Receptor		5,52
7	12/06/2015	Libertad	1	Captación		3,70
8	12/06/2015		1	Estanque	1	20,00
9	12/06/2015		1	Receptor		17,56
10	27/06/2015	Mushuk Kausay	2	Captación		5,20
11	27/06/2015		2	Estanque	1	7,50
12	27/06/2015		2	Receptor		7,36
13	27/06/2015	Chawamangu	2	Captación		4,00
14	27/06/2015		2	Estanque	1	6,00
15	27/06/2015		2	Receptor		1,62
16	27/06/2015	Libertad	2	Captación		3,70
17	27/06/2015		2	Estanque	1	20,00
18	27/06/2015		2	Receptor		8,46
19	11/07/2015	Mushuk Kausay	3	Captación		5,20
20	11/07/2015		3	Estanque	1	7,50
21	11/07/2015		3	Receptor		8,30
22	11/07/2015	Chawamangu	3	Captación		4,00
23	11/07/2015		3	Estanque	1	6,00
24	11/07/2015		3	Receptor		4,05

**Tabla 5.** Especificaciones técnicas para la toma de muestras (continuación)

<b>Muestras</b>	<b>Fecha</b>	<b>Organización</b>	<b>Repetición</b>	<b>Lugar de muestreo</b>	<b>Estanque N<sup>a</sup></b>	<b>Recorrido de la red (m)</b>
<b>N°</b>						
25	11/07/2015	Libertad	3	Captación		3,70
26	11/07/2015		3	Estanque	1	20,00
27	11/07/2015		3	Receptor		15,22
28	25/07/2015	Mushuk Kausay	4	Captación		5,20
29	25/07/2015		4	Estanque	1	7,50
30	25/07/2015		4	Receptor		4,72
31	25/07/2015	Chawamangu	4	Captación		4,00
32	25/07/2015		4	Estanque	1	6,00
33	25/07/2015		4	Receptor		2,63
34	25/07/2015	Libertad	4	Captación		3,70
35	25/07/2015		4	Estanque	1	20,00
36	25/07/2015		4	Receptor		9,44
37	26/09/2015	Mushuk Kausay	5	Captación		5,20
38	26/09/2015		5	Estanque	1	7,50
39	26/09/2015		5	Receptor		10,46
40	26/09/2015	Chawamangu	5	Captación		4,00
41	26/09/2015		5	Estanque	1	6,00
42	26/09/2015		5	Receptor		2,21
43	26/09/2015	Libertad	5	Captación		3,70
44	26/09/2015		5	Estanque	1	20,00
45	26/09/2015		5	Receptor		11,45
<b>TOTAL MUESTRAS:</b>	<b>90</b>					

Elaboración: Autor

### **5.5.3 Actividades del laboratorio**

Durante la fase de campo las muestras fueron refrigeradas a temperatura baja aproximadamente 5°C hasta al momento de su análisis. Las muestras que fueron designadas para análisis físico-químico fueron sometidas a un período de aclimatación a temperatura ambiente (3 horas aproximadamente), posterior las muestras fueron homogenizadas y filtradas para proceder a sus respectivos análisis. Para determinar la concentración de fosfatos, nitratos y DQO fue necesaria la utilización de kits analíticos para análisis fotométricos, el espectrofotómetro y termoreactor. Por falta de disponibilidad de reactivos de DQO únicamente se realizó el análisis en los estanques y receptores de las 3 organizaciones productivas.

Las muestras destinadas para el conteo de fitoplancton y zooplancton fueron observadas a partir de una gota de agua. Las muestras fueron aclimatas y homogenizadas manualmente para así evitar que la muestra se sedimente, la muestra representativa fue colocada en la cámara de Neubauer para ser observada en el microscopio óptico, en donde se analizaron las muestras con el fin de cuantificar y diversificar las células presentes en cada sitio de muestreo.

Posterior al conteo de las células presentes del fitoplancton y zooplancton se procedió a diferenciar la diversidad y abundancia de los géneros presentes en cada una de las muestras. La identificación de los géneros se lo hizo en base a la revisión de literatura citada anteriormente.

### **5.5.4 Análisis estadístico**

Para la interpretación de resultados se utilizó los siguientes métodos estadísticos:

#### 5.5.4.1 Estadística descriptiva

Esta metodología se utilizó para complementar la recolección de datos realizada mediante el ordenamiento, tabulación y representación de los valores promedios obtenidos sobre los 9 parámetros físico-químicos, y los géneros y organismos presentes en la producción piscícola y cuerpos receptores de cada uno de los distintos puntos de muestreo.

Así también se calculó el número total de organismos para determinar la abundancia y el índice de Shannon-Weaver para determinar la diversidad de organismos en cada cuerpo hídrico. La fórmula utilizada para el cálculo fue la siguiente (Pla, 2006):

$$H = - \sum_{i=1}^s (p_i)(\ln p_i)$$

#### 5.5.4.2 Estadística inferencial

Se emplearon los siguientes métodos:

##### **Análisis de varianza**

Se utilizó el programa InfoStat para comparar los resultados promedios de cada uno de los organismos y parámetros físico-químicos de los 3 sistemas de producción presentes en el estudio y sus respectivos sitios de muestreo para así establecer las diferencias significativas que existen entre aquellas. Se utilizó la prueba de Tukey al 5% para determinar rangos de significación entre los promedios comparados.

## **Correlación**

Se utilizó para comparar la influencia de los parámetros Físico-Químicos (considerados en este caso como variables independientes) sobre las poblaciones de fitoplancton (variable dependiente). Se utilizó el coeficiente de correlación “r” de Pearson para evaluar los resultados.

## **6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **6.1 Descripción del proceso de producción**

La realización del proceso de producción de peces en los sistemas productivos estudiados tomó en cuenta varios aspectos los cuales se detallan a continuación:

Después de la culminación o cosecha de cada ciclo productivo los estanques fueron secados al ambiente. Esta actividad tiene su fundamento en que, de acuerdo a Saavedra (2006), el secado permite que el material orgánico depositado en el fondo se oxide. La cobertura superficial del lodo sedimentado es removida en su totalidad luego del secado y se realizan limpiezas de bordes y alrededores de los estanques.

Luego se continúa con la fase de encalado, este procedimiento se efectúa con cal viva debido a que tiene una acción antiparasitaria sobre los peces y el nuevo hábitat.

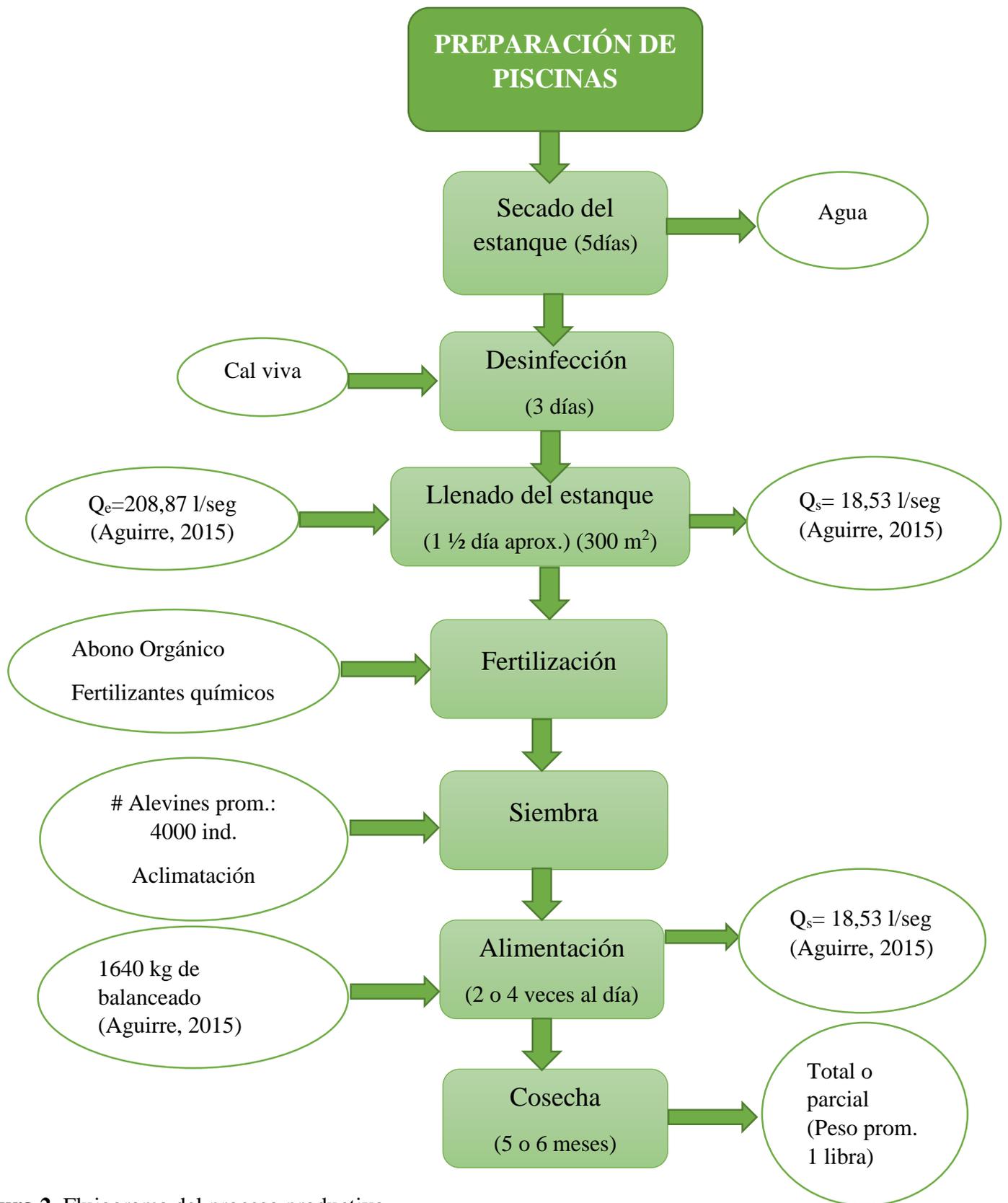
Posterior a estas actividades de preparación se procede al llenado del estanque de 300m<sup>2</sup> aproximadamente (15x 20 m), para ello hay que tomar en cuenta el canal de abastecimiento de agua, para llenar los estanques se necesita un caudal de captación de entrada de 208,87 l/seg (Aguirre, 2015). A pesar de que en otros sistemas piscícolas suele utilizarse fertilización mineral de las aguas, esto se lo ejecuta a través de abono orgánico o fertilizantes químicos (Saavedra, 2006), en los sistemas productivos de la Isla se suele omitir esta actividad lo cual podría incidir en las poblaciones de aquellos organismos.

Posterior a estas fases se procede a la aclimatación de los alevines, lo cual en los sistemas productivos de las Isla, lo realizan colocando las fundas plásticas en los que estos son transportados, desde los lugares de crianza hasta la superficie de los estanques. De esta manera el agua adquiere progresivamente la temperatura del estanque. Finalmente se procede a la liberación de los peces en su nuevo ambiente. Según Aguirre (2015), por estanque productivo se coloca alrededor de 4000 individuos de tilapia.

A partir de la introducción de alevines, se procede al período de alimentación. Este ciclo de alimentación dura alrededor de 5 a 6 meses, tiempo en que se realiza la crianza de los peces, el tipo de alimento varía según el tamaño y etapa de desarrollo de la tilapia. La alimentación en los sistemas productivos de la Isla se realiza de 2 a 4 veces al día durante todos los días. Según Aguirre (2015), en los sistemas productivos se consume un promedio de 1640 Kg de balanceado y se tiene un caudal de salida de 18,53 l/seg, esto se realiza por el constante recambio de agua.

El proceso productivo culmina con la cosecha de los peces, esta actividad puede ser parcial o total, dependiendo de la cantidad y frecuencia que se comercialice el producto. Las cosechas se las realiza cuando los peces ya obtuvieron el peso y tamaño adecuado para su venta, según Saavedra (2006) el peso referencial para la distribución es de aproximadamente 1 libra.

A continuación, en la Figura 2 se ilustra el proceso de producción piscícola con la finalidad de dar mayor claridad a las etapas del cultivo.



**Figura 2.** Flujograma del proceso productivo

## 6.2 Determinación de abundancia y diversidad de fito y zooplancton

En el estudio desarrollado se encontraron los siguientes grupos de individuos, los cuales son descritos a continuación en la Tabla 6:

**Tabla 6.** Número total de individuos planctónicos presentes en las organizaciones piscícolas

ORGANIZACIONES PISCÍCOLAS											
Número de individuos / ml											
GÉNEROS	Libertad			Chawamangu			Mushuk Kausay			TOTAL	
	Captación	Estanque	Receptor	Captación	Estanque	Receptor	Captación	Estanque	Receptor		
1	<i>Scenedesmus spp.</i>	8,01	16	3	16	73,08	25	8,59	10,43	2,17	162,02
2	<i>Volvox spp.</i>	6,41	4,74	8,89	32,17	86,9	33,42	7,52	11,17	12,83	204,06
3	<i>Oscillatoria spp.</i>	0	0	0	4,02	0	0	0	0	0	4,02
4	<i>Pinnularia spp.</i>	4,8	4,74	0,69	12,06	16	4,8	1,07	5,21	0,56	49,74
5	<i>Centropyxis spp.</i>	3,2	6,52	0,69	0	9,88	1,92	1,07	1,49	4,21	28,97
6	<i>Paramecium spp.</i>	1,6	1,19	2,48	0	1,98	0	0	2,98	0	10,22
7	<i>Closterium spp.</i>	1,6	0	1,97	0	0	0	1,07	0	0,56	5,2
8	<i>Prorocentrum spp.</i>	17,62	10,67	2,33	0	138,26	3,84	3,22	9,68	5,73	191,35
9	<i>Peridinium spp.</i>	0	2,37	0	0	0	6,55	0	0	0	8,92
10	<i>Cosmarium spp.</i>	0	2,96	3,53	4,02	88,88	18,42	0	3,72	1,43	122,97

**Tabla 6.** Número total de individuos planctónicos presentes en las organizaciones piscícolas (continuación)

<b>ORGANIZACIONES PISCÍCOLAS</b>											
<b>Número de individuos / ml</b>											
<b>GÉNEROS</b>		<b>Libertad</b>			<b>Chawamangu</b>			<b>Mushuk Kausay</b>			<b>TOTAL</b>
		<b>Captación</b>	<b>Estanque</b>	<b>Receptor</b>	<b>Captación</b>	<b>Estanque</b>	<b>Receptor</b>	<b>Captación</b>	<b>Estanque</b>	<b>Receptor</b>	
11	<i>Pleurotaenium spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,74	0	0,74
12	<i>Anabaena spp.</i>	1,60	0	0	0	0	0	0	0	0	1,60
13	<i>Amoeba spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,74	0	0,74
14	<i>Chroococcus spp.</i>	1,60	0	0	0	0	0	0	0	2,51	4,11
15	<i>Navícula spp.</i>	0	0	0	0	0	14,39	0	0	0	14,39
16	<i>Rotíferos</i>	0	0	0	0	1,98	0	0	0	0	1,98
<b>Total x Sitio de Muestreo</b>		<b>46,43</b>	<b>49,18</b>	<b>23,28</b>	<b>68,35</b>	<b>416,75</b>	<b>108,29</b>	<b>22,55</b>	<b>46,17</b>	<b>30,01</b>	811,03
<b>Promedio general</b>		90,11									

Elaboración: Autor

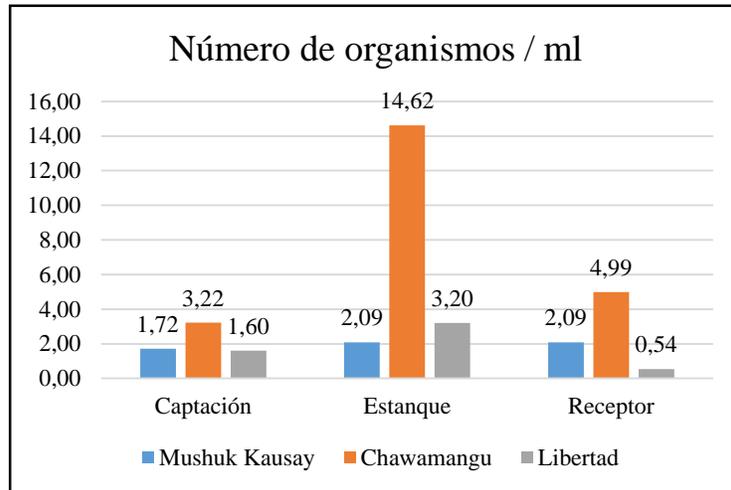
Ver en el Anexo (Tabla 60), el muestreo de valores individuales de individuos presentes por sitio de muestreo.

En relación al género *Scenedesmus spp.* se encontraron los resultados presentados en la Tabla 7 y Gráfico 1, en donde se observa que existe una mayor presencia de individuos del género *Scenedesmus spp.* por mililitro de agua en el sistema de producción de Chawamangu, los valores promedios presentados en la captación son de 3,22 individuos/ml; el estanque de 14,62 individuos/ml y receptor de 4,99 individuos/ml. En el sistema productivo de Mushuk Kausay se determina una presencia menor de individuos teniendo en la captación 1,72 individuos/ml; estanque 2,09 individuos/ml y receptor 2,09 de individuos/ml presentes. En la organización piscícola de Libertad se muestra que en su captación se obtiene 1,60 individuos/ml; el estanque 3,20 individuos/ml y receptor 0,54 de individuos/ml. Estas variaciones podrían deberse a la mayor concentración y disponibilidad de nutrientes en Chawamangu ya que de acuerdo a Andrade (2009) este género responde rápidamente a los niveles elevados de nitrógeno y fósforo, y se asocia a cuerpos de agua estancados, esta última situación podría explicar también la escasa proporción de dicha micro alga en Mushuk Kausay y Libertad ya que en estas últimas unidades productivas el recambio de agua es frecuente lo cual dificultaría la acumulación de nutrientes idónea para el desarrollo de estos individuos.

**Tabla 7.** Número promedio de individuos estimados para el género *Scenedesmus spp.* en los sistemas piscícolas

<b>Número promedio de individuos / ml</b>			
<b>Sistemas de producción</b>	<b>Captación</b>	<b>Estanque</b>	<b>Receptor</b>
<b>Mushuk Kausay</b>	1,72	2,09	2,09
<b>Chawamangu</b>	3,22	14,62	4,99
<b>Libertad</b>	1,60	3,20	0,54

*Elaboración:* Autor



**Gráfico 1.** Comparación del número de individuos promedio de *Scenedesmus spp.* entre sistemas piscícolas y componentes del mismo



**Imagen 1.** Ejemplar de *Scenedesmus spp.* en muestra de estanque de producción de la Organización Chawamangu, La Isla.

Fotografía: Mayra Tamayo, 2015

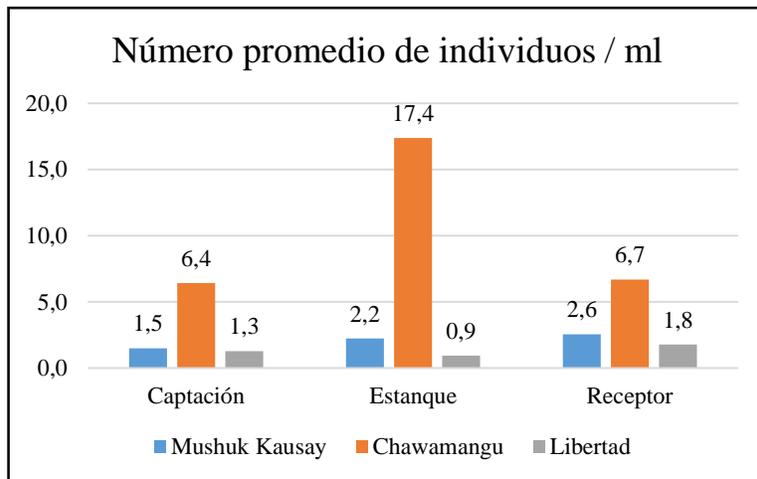
En relación al género *Volvox spp.* se encontraron los resultados presentados en la Tabla 8 y Gráfico 2 en donde se observa que existe una mayor presencia de individuos del género *Volvox spp.* por mililitro de agua en los estanques pertenecientes al sistema productivo de Chawamangu, los valores presentados en la captación son de 6,4; el estanque de 17,4 y receptor de 6,7 individuos/ml. En el sistema productivo de Mushuk Kausay se determina una presencia menor de individuos teniendo en la captación un promedio de 1,5 individuos por ml; estanque 2,2 individuos por ml y receptor 2,6 de individuos por ml. En la organización piscícola de Libertad se muestra que en su captación se obtiene un valor promedio de 1,3 individuos/ml; el estanque 0,9 individuos/ml y receptor 1,8 de individuos presentes por cada mililitro de agua.

Según Desnitski (2000), *Volvox spp.* se desarrolla con mayor facilidad en aguas con concentraciones altas de fosfatos y nitratos, y se asocia a aguas dulces cálidas, eutróficas y estancadas. Esto explicaría la menor presencia del género en las organizaciones de Mushuk Kausay y Libertad, ya que las concentraciones medianas de estos nutrientes son menores que en Chawamangu (Tabla 17) debido al recambio constante de agua (flujo corriente).

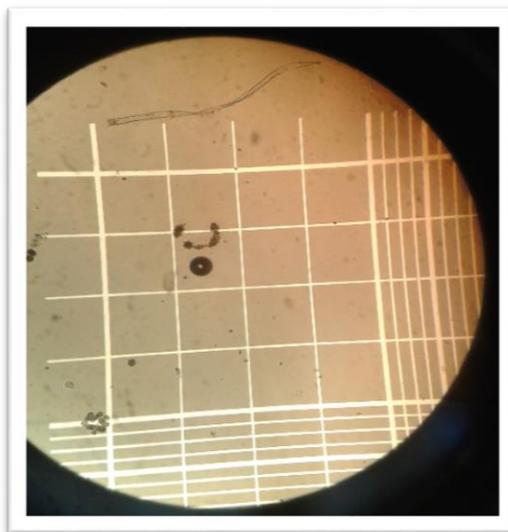
**Tabla 8.** Número promedio de individuos estimados para el género *Volvox spp.* en los sistemas piscícolas

<b>Número promedio de individuos / ml</b>			
<b>Sistemas de producción</b>	<b>Captación</b>	<b>Estanque</b>	<b>Receptor</b>
<b>Mushuk Kausay</b>	1,5	2,2	2,6
<b>Chawamangu</b>	6,4	17,4	6,7
<b>Libertad</b>	1,3	0,9	1,8

*Elaboración:* Autor



**Gráfico 2.** Comparación del número promedio de individuos de *Volvox spp.* entre sistemas piscícolas y componentes del mismo



**Imagen 2.** Ejemplar de *Volvox spp.* sobre cámara de Neubauer en muestra de estanque de producción de la Organización Chawamangu, La Isla.

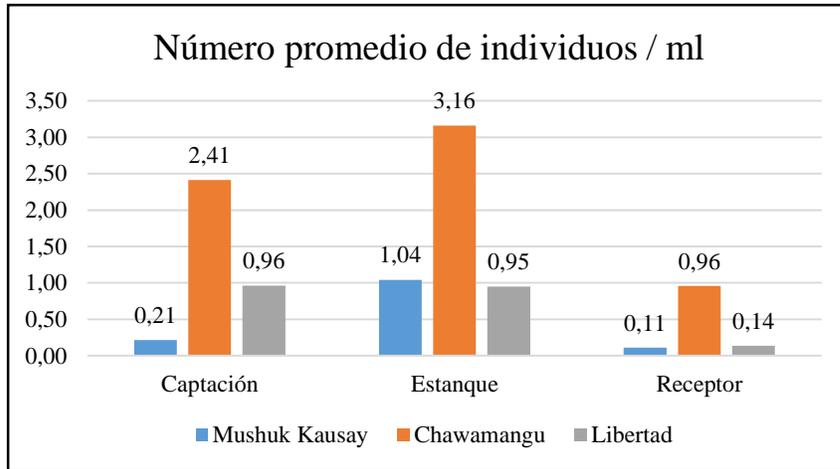
Fotografía: Mayra Tamayo, 2015

En relación al género *Pinnularia spp.* se encontraron los resultados presentados en la Tabla 9 y Gráfico 3 en donde se observa que existe una mayor presencia del género *Pinnularia spp.* en el sistema piscícola de Chawamangu y los valores que lo determinan son: en la captación 2,41 individuos/ml; en el estanque 3,16 individuos/ml y receptor 0,96 individuos/ml de agua. En el sistema productivo de Mushuk Kausay se determina una presencia menor de individuos teniendo en la captación 0,21 individuos/ml; estanque 1,04 individuos/ml y receptor 0,11 individuos/ml. En la organización piscícola de Libertad se muestra que en su captación se obtiene un valor de 0,96 individuos/ml; el estanque 0,95 individuos/ml y receptor 0,14 de individuos presentes por cada ml de agua. Según Toledo (2011), el organismo *Pinnularia spp.* se desarrolla con mayor facilidad en aguas con bajo pH y eutróficas. Esto explicaría la mayor presencia del género en el estanque de Chawamangu ya que las concentraciones medianas de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno son mayores (Gráfico 16 y 17) debido al enriquecimiento, pero a su vez las condiciones de pH en la organización de Chawamangu son cercanas a la neutralidad (Gráfico 12), debido a la ligera acidez natural que presenta su captación, que a su vez es alterada por los procesos que se realizan durante el ciclo productivo.

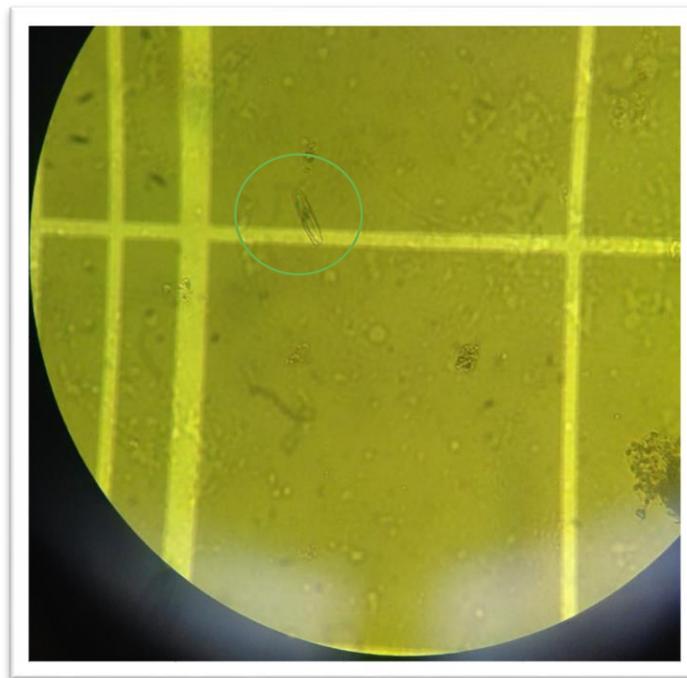
**Tabla 9.** Número promedio de individuos estimados para el género *Pinnularia spp.* en los sistemas piscícolas

<b>Número promedio de individuos / ml</b>			
<b>Sistemas de producción</b>	<b>Captación</b>	<b>Estanque</b>	<b>Receptor</b>
<b>Mushuk Kausay</b>	0,21	1,04	0,11
<b>Chawamangu</b>	2,41	3,16	0,96
<b>Libertad</b>	0,96	0,95	0,14

*Elaboración:* Autor



**Gráfico 3.** Comparación del número promedio de individuos de *Pinnularia spp.* entre sistemas piscícolas y componentes del mismo



**Imagen 3.** Ejemplar de *Pinnularia spp.* sobre cámara de Neubauer en muestra de captación de la Organización piscícola Chawamangu, La Isla.

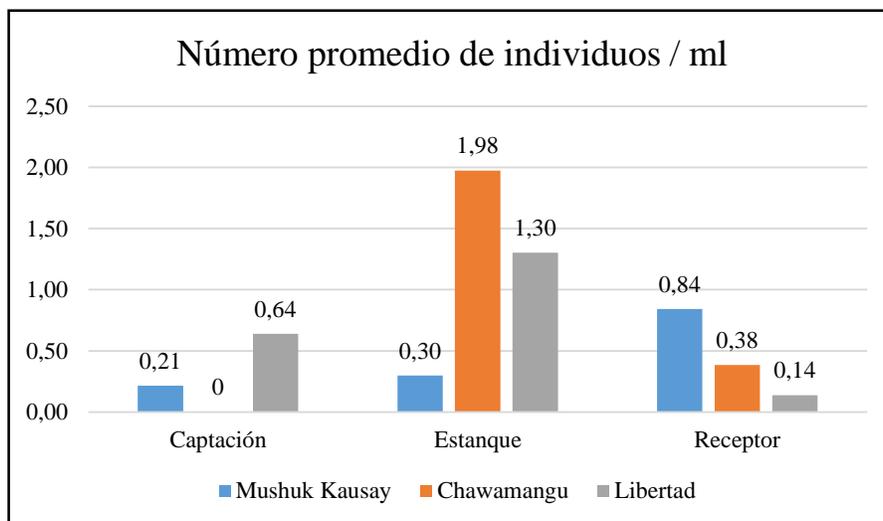
Fotografía: Mayra Tamayo, 2015

En relación al género *Centropyxis spp.* se encontraron los resultados presentados en la Tabla 10 y Gráfico 4, en donde se observa que el género *Centropyxis spp.* se encuentra distribuido en los 2 sistemas productivos Mushuk Kausay y Libertad, en Chawamangu se presenta únicamente en su estanque y receptor. En Mushuk Kausay se determinó que en la captación existe un valor promedio de 0,21 individuos/ml; en el estanque 0,30 individuos/ml y en su receptor 0,84 individuos presentes por cada mililitro de agua. En la captación del sistema piscícola de Chawamangu no se determinó presencia de este organismo, pero en su estanque se presentó un valor promedio de 1,98 individuos/ml y en el receptor 0,38 individuos por ml de agua. Para la captación, estanque y receptor del sistema productivo de Libertad se obtuvo una presencia promedio de 0,64 individuos/ml; 1,30 individuos/ml y 0,14 individuos/ml respectivamente. Según Chivatá *et al.* (2014), el género *Centropyxis spp.* habita con mayor frecuencia en aguas dulces, eutróficas y estancadas. Esto explicaría la mayor presencia del género en el estanque de Chawamangu ya que las concentraciones medianas de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno son mayores (Gráfico 16 y 17) debido al enriquecimiento del agua y por ende al aumento de la biomasa.

**Tabla 10.** Número promedio de individuos estimados para el género *Centropyxis spp.* en los sistemas piscícolas

<b>Número promedio de individuos / ml</b>			
<b>Sistemas de producción</b>	<b>Captación</b>	<b>Estanque</b>	<b>Receptor</b>
<b>Mushuk Kausay</b>	0,21	0,30	0,84
<b>Chawamangu</b>	0	1,98	0,38
<b>Libertad</b>	0,64	1,30	0,14

*Elaboración:* Autor



**Gráfico 4.** Comparación del número promedio de individuos de *Centropyxis* spp. entre sistemas piscícolas y componentes del mismo



Fuente: (Chivatá et al., 2006)

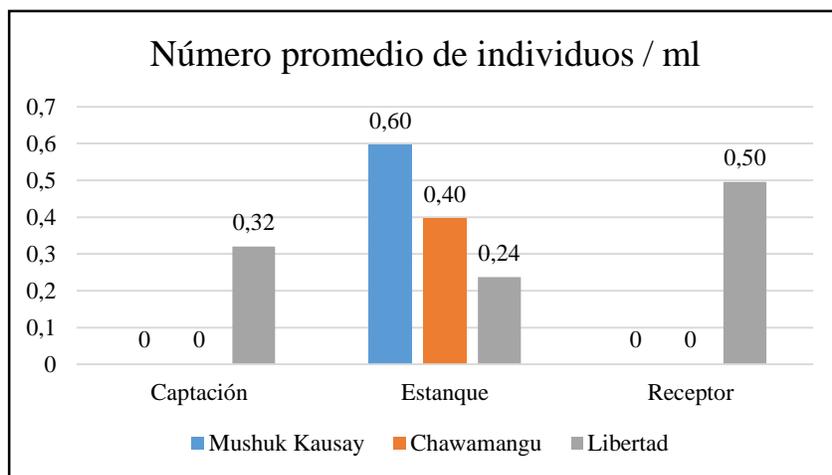
En relación al género *Paramecium* spp. se encontraron los resultados presentados en la Tabla 11 y Gráfico 5, en donde se observa que en el sistema de producción de Libertad se presentan con mayor frecuencia los individuos del género *Paramecium* spp., los valores promedios que se identificaron son: en la captación 0,32 individuos/ml; en el estanque 0,24 individuos/ml y su receptor 0,50 individuos presentes por mililitro de agua. En las captaciones y receptores de Mushuk Kausay

y Chawamangu no se determina la presencia de individuos, mientras que en los estanques de dichas organizaciones se determinó la presencia de 0,60 individuos/ml y 0,40 individuos/ml respectivamente. Según Chivatá *et al.* (2014), *Paramecium spp.* es un género que se manifiesta en aguas ricas en nutrientes y que contengan un nivel mesosaprobio (predominancia de procesos de oxidación). Esto explicaría la inexistencia de este organismo en las captaciones de Mushuk Kausay y Chawamangu, no así en los receptores.

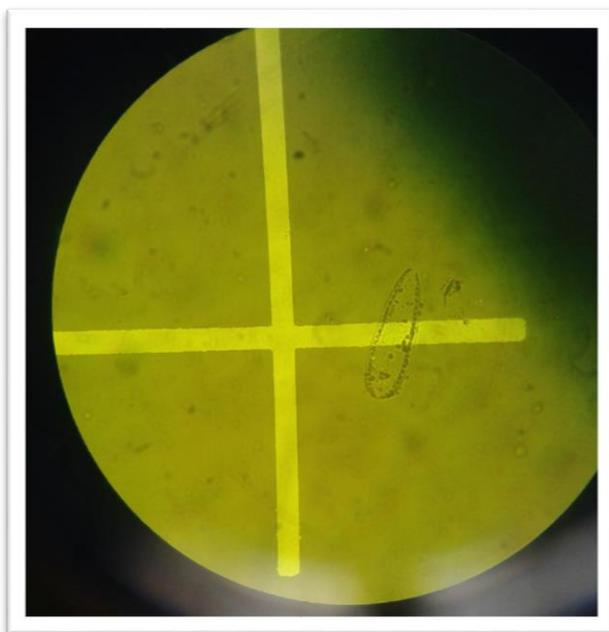
**Tabla 11.** Número promedio de individuos estimados para el género *Paramecium spp.* en los sistemas piscícolas

Número promedio de individuos / ml			
Sistemas de producción	Captación	Estanque	Receptor
Mushuk Kausay	0	0,60	0
Chawamangu	0	0,40	0
Libertad	0,32	0,24	0,50

Elaboración: Autor



**Gráfico 5.** Comparación del número promedio de individuos de *Paramecium spp.* entre sistemas piscícolas y componentes del mismo



**Imagen 4.** Ejemplar de *Paramecium spp.* sobre cámara de Neubauer en muestra de estanque de producción de la Organización Mushuk Kausay, La Isla.

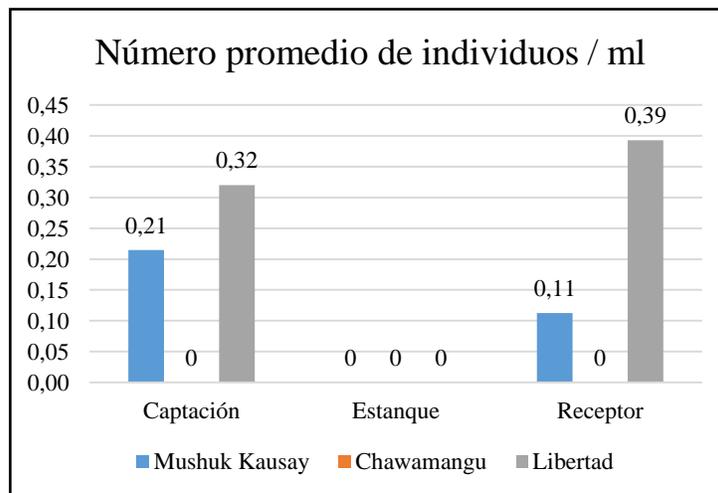
Fotografía: Mayra Tamayo, 2015

En relación al género *Closterium spp.* se encontraron los resultados presentados en la Tabla 12 y Gráfico 6, en donde se observa que el género *Closterium spp.* se presenta exclusivamente en Mushuk Kausay y Libertad, a nivel de captaciones y receptores. Los valores del número promedio de individuos presentes en las captaciones son de: 0,21 individuos/ml y 0,32 individuos/ml y en sus receptores es de 0,11 individuos/ml y 0,39 individuos/ml respectivamente, mientras que en los estanques de dichas organizaciones y en el sistema productivo de Chawamangu se determina inexistencia de este género. Según Guiry (2015), el género *Closterium spp.* se desarrolla con mayor facilidad en ambientes eutróficos y es asociado como especie cosmopolita. Esto explicaría la mayor presencia del organismo en la captación de Libertad y receptor de esta organización de Mushuk Kausay ya que existe una mayor concentración de ciertos nutrientes como el fósforo, lo cual concuerda con el Gráfico 16.

**Tabla 12.** Número promedio de individuos estimados para el género *Closterium* spp. en los sistemas piscícolas

Número promedio de individuos / ml			
Sistemas de producción	Captación	Estanque	Receptor
<b>Mushuk Kausay</b>	0,21	0	0,11
<b>Chawamangu</b>	0	0	0
<b>Libertad</b>	0,32	0	0,39

Elaboración: Autor



**Gráfico 6.** Comparación del número promedio de individuos de *Closterium* spp. entre sistemas piscícolas y componentes del mismo



Fuente: (Huynh, 2006)

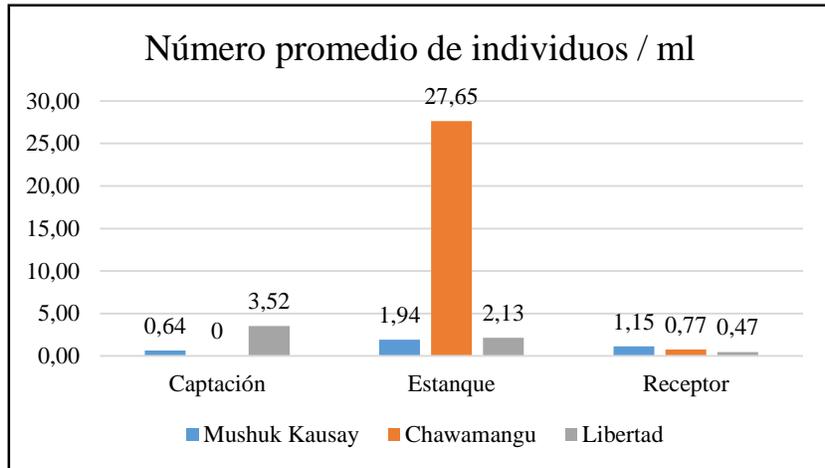
En relación al género *Prorocentrum spp.* se encontraron los resultados presentados en la Tabla 13 y Gráfico 7, en donde se observa que el género *Prorocentrum spp.* se encuentra distribuido en los 3 sistemas de producción. En la captación, estanque y receptor de Mushuk Kausay se presentan los valores promedios de 0,64 individuos/ml; 1,94 individuos/ml y 1,15 individuos por ml de agua respectivamente. En la captación del sistema piscícola de Chawamangu no se determina presencia de este organismo, mientras que en el estanque se representa una cantidad de 27,65 individuos/ml del género *Prorocentrum spp.* y en su receptor de 0,77 individuos/ml. Para la captación, estanque y receptor del sistema productivo de Libertad se presentan una cantidad promedios de 3,52 individuos/ml; 2,13 individuos/ml y 0,47 individuos/ml respectivamente.

Según Dodge (1975), el género *Prorocentrum spp.* comprende como especie cosmopolita de aguas tropicales y cálidas que pueden vivir en una variedad de hábitats.

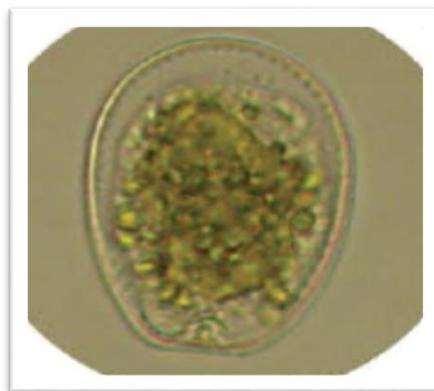
**Tabla 13.** Número promedio de individuos estimados para el género *Prorocentrum spp.* en los sistemas piscícolas

<b>Número promedio de individuos / ml</b>			
<b>Sistemas de producción</b>	<b>Captación</b>	<b>Estanque</b>	<b>Receptor</b>
<b>Mushuk Kausay</b>	0,64	1,94	1,15
<b>Chawamangu</b>	0	27,65	0,77
<b>Libertad</b>	3,52	2,13	0,47

*Elaboración:* Autor



**Gráfico 7.** Comparación del número promedio de individuos de *Prorocentrum spp.* entre sistemas piscícolas y componentes del mismo



Fuente: (Huynh, 2006)

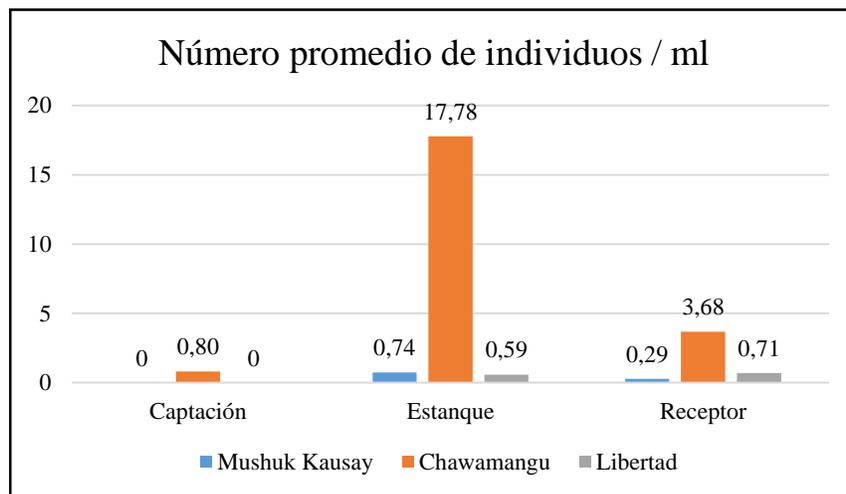
En relación al género *Cosmarium spp.* se encontraron los resultados presentados en la Tabla 14 y Gráfico 8 en donde se observa que existe una mayor presencia de individuos *Cosmarium spp.* por mililitro de agua en el sistema de producción de Chawamangu, los valores presentados en la captación son de 0,80; el estanque de 17,78 y receptor de 3,68 individuos/ml. A nivel de captaciones de Mushuk Kausay y Libertad se determina inexistencia de este género, en sus estanques y receptores se identifican cantidades de 0,74 y 0,59 individuos/ml respectivamente; y 0,29 y 0,71 individuos/ml respectivamente. Según Guiry (2015), al género *Cosmarium spp.* se

lo puede encontrar en aguas ácidas y básicas, y se asocia a ambientes eutróficos, lo cual podría relacionarse con la mayor presencia del género en la organización de Chawamangu en especial en su estanque (Gráfico 12).

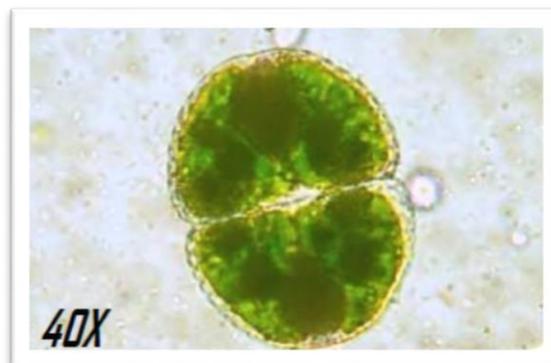
**Tabla 14.** Número promedio de individuos estimados para el género *Cosmarium* spp. en los sistemas piscícolas

Número promedio de individuos / ml			
Sistemas de producción	Captación	Estanque	Receptor
Mushuk Kausay	0	0,74	0,29
Chawamangu	0,80	17,78	3,68
Libertad	0	0,59	0,71

Elaboración: Autor



**Gráfico 8.** Comparación del número promedio de individuos de *Cosmarium* spp. entre sistemas piscícolas y componentes del mismo



Fuente: (Chivatá et al., 2006)

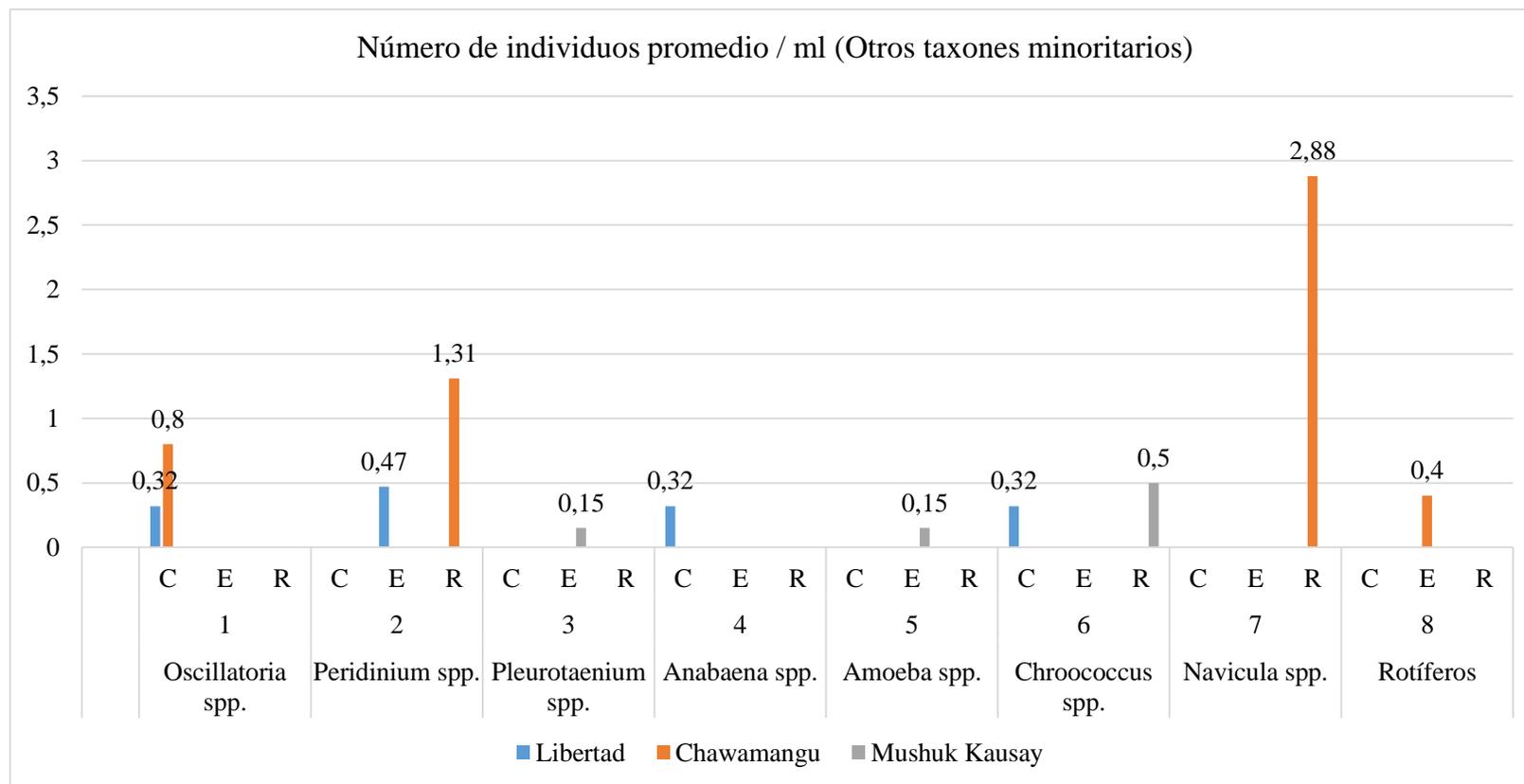
A más de los anteriormente descritos se identificaron algunos géneros en escasa proporción en algunas de las muestras. En relación a estos géneros minoritarios se encontraron los resultados presentes en la Tabla 15:

**Tabla 15.** Número promedio de individuos estimados para otros taxones minoritarios en los sistemas piscícolas

Número promedio de individuos / ml (Otros taxones minoritarios)																								
S. Producción	<i>Oscillatoria spp.</i>			<i>Peridinium spp.</i>			<i>Pleurotaenium spp.</i>			<i>Anabaena spp.</i>			<i>Amoeba spp.</i>			<i>Chroococcus spp.</i>			<i>Navícula spp.</i>			<i>Rotíferos</i>		
	1			2			3			4			5			6			7			8		
	C	E	R	C	E	R	C	E	R	C	E	R	C	E	R	C	E	R	C	E	R	C	E	R
<b>Libertad</b>	0,32				0,47					0,32						0,32								
<b>Chawamangu</b>	0,8					1,31															2,88		0,4	
<b>Mushuk Kausay</b>								0,15						0,15				0,5						

<b>C</b>	Captación
<b>E</b>	Estanque
<b>R</b>	Receptor

Elaboración: Autor



**Gráfico 9.** Comparación del número promedio de individuos de taxones minoritarios entre sistemas piscícolas y componentes del mismo.

<b>C</b>	Captación
<b>E</b>	Estanque
<b>R</b>	Receptor

En la Tabla 15 y Gráfico 9 se observa que:

1. El género *Oscillatoria spp.* fue encontrado exclusivamente en Chawamangu y Libertad a nivel de la captación, siendo inexistente en los estanques y receptores de dichas organizaciones y en el sistema productivo de Mushuk Kausay. Los valores promedios presentes en las captaciones Chawamangu y Libertad son de 0,80 individuos/ml y 0,32 individuos/ml respectivamente.

Según Guiry (2015), a este género se lo relaciona con la actividad de fijación de  $N_2$  en condiciones anóxicas. Esto explicaría la presencia de este organismo en las captaciones de Chawamangu y Libertad, debido a que en las mismas existe un limitado intercambio de agua (estancamiento), por ello se presenta un bajo nivel de oxígeno disuelto (Tabla 17).

2. Se observa inexistencia de individuos del género *Peridinium spp.* en el sistema de producción de Mushuk Kausay, a nivel de las captaciones de Chawamangu y Libertad, en el estanque de Chawamangu y receptor de Libertad. Únicamente se registra presencia de individuos *Peridinium spp.* en el estanque de Libertad y receptor de Chawamangu con valores promedios de 0,47 individuos/ml y 1,31 individuos/ml de agua respectivamente. Según la Junta de Andalucía (2010), el género *Peridinium spp.* se lo encuentra con mayor frecuencia en aguas muy eutrofizadas, y se asocia a aguas dulces. Esto explicaría su presencia en el cuerpo receptor de Chawamangu.
3. Se observa la inexistencia de individuos *Pleurotaenium spp.* en los sistemas de producción de Chawamangu y Libertad, como también en la captación y receptor de Mushuk Kausay, pero en su estanque se establece que existe un promedio de 0,15 individuos/ml de *Pleurotaenium spp.* Esta variación podría deberse al nivel de concentración de nutrientes en el estanque de Mushuk Kausay ya que de acuerdo a la Junta de Andalucía (2010) este género responde a las bajas concentraciones de nutrientes y se asocia de manera planctónica. A

partir de esta aclaración se podría explicar la inexistencia de individuos *Pleurotaenium spp.* en la captación, receptor de Mushuk Kausay y en las organizaciones piscícolas de Chawamangu y Libertad, ya que en estas unidades productivas se dificulta el crecimiento y desarrollo de estos individuos.

4. Se observa la inexistencia de individuos *Anabaena spp.* en los sistemas de producción de Mushuk Kausay y Chawamangu. En la captación de Libertad se determina una cantidad de 0,32 individuos/ml de agua, mientras en el estanque y receptor de la misma organización no se determina presencia de estos individuos. Esta presencia podría deberse a la concentración de nutrientes en la captación de Libertad ya que de acuerdo a Huynh (2006) estas algas verdeazuladas se presentan en aguas con altos niveles de fósforo, y a su vez Roldán (2008) manifiesta que este género se asocia a cuerpos de aguas estancadas y ácidas. Esto podría explicar la inexistencia de estas algas verdeazuladas porque en las aguas de las captaciones de Chawamangu y Mushuk Kausay hay bajos niveles de fosforo y los niveles de pH que existe son neutros o alcalinos.
  
5. Se observa inexistencia del organismo *Amoeba spp.* en los sistemas de productivos de Chawamangu y Libertad, de igual manera ocurre en la captación y receptor de Mushuk Kausay. En el estanque de Mushuk Kausay existe presencia de *Amoeba spp.* en una cantidad promedio de 0,15 individuos/ml de agua. Esta aparición podría deberse a la mayor concentración de bacterias en Mushuk Kausay ya que de acuerdo a Chivatá *et al.* (2014), este género responde a los incrementos en el crecimiento poblacional bacteriano, y se asocia a cuerpo de agua estancados. Esto podría explicar la inexistencia de dicho organismo en las unidades productivas de Chawamangu y Libertad ya que en estas unidades productivas el recambio de agua es frecuente lo cual dificultaría la acumulación bacteriana idónea para el desarrollo de estos individuos.

6. Se observa la presencia del género *Chroococcus spp.* exclusivamente en la captación de Libertad y receptor de Mushuk Kausay en una cantidad promedio de 0,32 individuos/ml y 0,50 individuos/ml respectivamente. En el sistema productivo de Chawamangu se determina inexistencia de este organismo.
  
7. Se observa que el género *Navícula spp.* fue encontrado exclusivamente en el receptor de Chawamangu, siendo inexistente en la captación y estanque de dicha organización y en los sistemas productivos de Mushuk Kausay y Libertad. El número de individuos promedio presentes en el receptor de Chawamangu es de 2,88 individuos/ml. Según Chivatá *et al.* (2014), *Navícula spp.* es un género que se desarrolla con mayor facilidad en aguas ácidas. Esto explicaría la inexistencia de este género en los receptores de las organizaciones de Mushuk Kausay y Libertad, considerando una posible relación del género, además de la acidez con niveles elevados de nutrientes y/o materia orgánica (Gráfico 12).
  
8. Se observa exclusivamente la presencia de *Rotíferos* en el estanque de Chawamangu, siendo inexistente en la captación y receptor de mencionada organización y en los sistemas productivos de Mushuk Kausay y Libertad. El estanque de Chawamangu presenta una cantidad de 0,40 individuos/ml de agua. Esta presencia podría atribuirse, conforme a lo señalado por Crites, R. y G Tchobanoglous (2000) a una posible mayor presencia de bacterias flocculadas y materia orgánica en el estanque de Chawamangu, lo cual a su vez guardaría relación con la elevada turbidez en esta organización (Gráfico 10).

Finalmente en la Tabla 16 se resume el cálculo del Índice de diversidad de Shannon-Weaver por sitios de muestreo:

**Tabla 16.** Cálculo del Índice de diversidad de Shannon-Weaver por sitios de muestreo

<b>ORGANIZACIONES PISCÍCOLAS</b>										
<b>GÉNEROS</b>		<b>Índice de diversidad de Shannon-Weaver (H)</b>								
		<b>Mushuk Kausay</b>			<b>Chawamangu</b>			<b>Libertad</b>		
		<b>Captación</b>	<b>Estanque</b>	<b>Receptor</b>	<b>Captación</b>	<b>Estanque</b>	<b>Receptor</b>	<b>Captación</b>	<b>Estanque</b>	<b>Receptor</b>
1	<i>Scenedesmus spp.</i>	<b>1,45</b>	<b>1,88</b>	<b>1,65</b>	<b>3,88</b>	<b>9,83</b>	<b>8,27</b>	<b>9,58</b>	<b>8,09</b>	<b>7,59</b>
2	<i>Volvox spp.</i>									
3	<i>Oscillatoria spp.</i>									
4	<i>Pinnularia spp.</i>									
5	<i>Centropyxis spp.</i>									
6	<i>Paramecium spp.</i>									
7	<i>Closterium spp.</i>									
8	<i>Prorocentrum spp.</i>									
9	<i>Peridinium spp.</i>									
10	<i>Cosmarium spp.</i>									
11	<i>Pleurotaenium spp.</i>									
12	<i>Anabaena spp.</i>									
13	<i>Amoeba spp.</i>									
14	<i>Chroococcus spp.</i>									
15	<i>Navícula spp.</i>									
16	<i>Rotíferos</i>									

Elaboración: Autor

El análisis de diversidad para comunidades de fitoplancton y zooplancton, fue determinado en cada uno de los sitio de muestreo aplicando el Índice de diversidad de Shannon- Weaver (Tabla 16).

Los resultados presentados para las tres organizaciones productivas a nivel de captaciones (Tabla 16), registran una menor diversidad para la organización Mushuk Kausay con valor H de 1,45; para Chawamangu con H: 3,88 y mientras que la mayor diversidad se registró para la captación de Libertad H: 9,58. Esto concuerda con lo mencionado por Roldán (2008), donde se manifiesta que altas diversidades de especies, muchas veces corresponden a bajas conductividades y viceversa, lo cual se relaciona con los valores presentados para conductividad eléctrica en los sitios de muestreo (Gráfico 13).

En la Tabla 16 se registran para estanques productivos una menor diversidad para el estanque de la organización Mushuk Kausay con valor H de 1,88; para Chawamangu y Libertad valores más altos y semejantes con H: 9,83 y 8,09 respectivamente. Esto concuerda con lo mencionado por Roldán (2008), donde se manifiesta que altas diversidades de especies, muchas veces corresponden a bajas conductividades y viceversa, lo cual se relaciona con los valores presentados para conductividad eléctrica en los sitios de muestreo (Gráfico 13).

Para receptores, los valores más bajos del Índice de diversidad de Shannon-Weaver se registraron para Mushuk Kausay con un valor de 1,65; los valores más altos fueron para Chawamangu y Libertad con valores de H de 8,27 y 7,59 respectivamente. Este incremento del índice de diversidad en los receptores podría deberse a la presencia de una gran cantidad de materia orgánica derivada de la crianza piscícola, debido a que mayor carga orgánica representa mayor eutrofización de las aguas, lo que sería responsable de mayor abundancia de individuos (Suarez *et al.* 2004).

### 6.3 Caracterización físico-química de agua

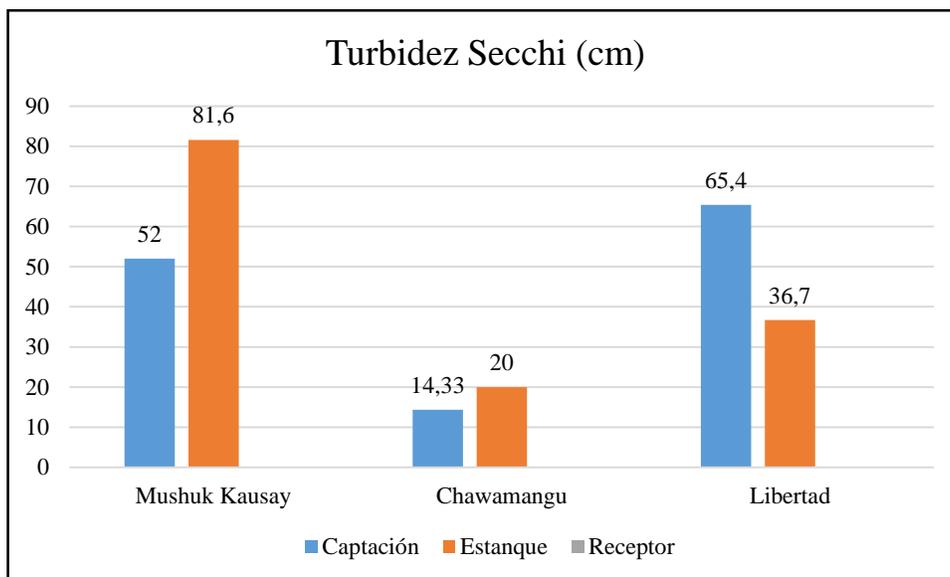
En la Tabla 17 y en los Gráficos 10 al 18 se presenta, de manera comparativa, los valores de cada uno de los parámetros físico-químicos respecto a los sistemas piscícolas estudiados:

**Tabla 17.** Valores de los parámetros físico-químicos respecto a los sistemas piscícolas y sitios de muestreo

ORGANIZACIONES PISCÍCOLAS		FÍSICO – QUÍMICOS								
		Turbidez Secchi (cm)	Temperatura (°C)	pH	Conduct. Eléctrica (µS/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Oxígeno Disuelto Saturación (%)	Fosfatos (mg/l de P-PO <sub>4</sub> )	Nitratos (mg/l de N-NO <sub>3</sub> )	DQO (mg/l)
<b>Mushuk Kausay</b>	Captación	52	21,58	7,12	65	6,89	86,7	0,13	1,23	
	Estanque	81,6	24,36	6,95	59,54	7,34	94,2	0,05	1,37	125
	Receptor		21,88	7,12	78,9	7,99	99,43	0,06	2,03	111
<b>Chawamangu</b>	Captación	14,33	21,58	6,38	31,14	6,25	77,5	0,10	1,20	
	Estanque	20	24,6	7,02	31,6	5,8	73,5	0,11	1,50	153
	Receptor		23,06	6,34	64,8	5,22	66	0,09	1,67	104
<b>Libertad</b>	Captación	65,4	22,5	6,43	30,4	5,22	69,2	0,06	1,53	
	Estanque	36,7	25,39	6,63	23,22	6,60	81,9	0,06	1,5	117
	Receptor		22,5	7,17	82,54	6,70	85,33	0,05	1,7	105

Elaboración: Autor

En relación a la turbidez se encontraron los resultados presentados en el Gráfico 10:

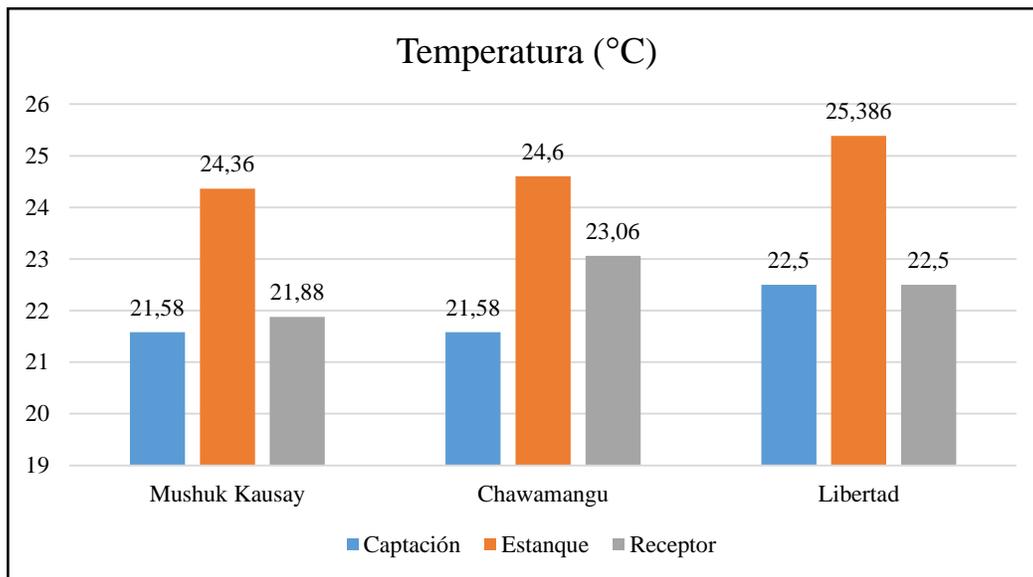


**Gráfico 10.** Comparación de Turbidez (Secchi) entre sistemas piscícolas y componentes del mismo

Respecto a la profundidad de Disco Secchi como medida de turbidez en los sistemas piscícolas se observa que, para las captaciones y estanques de los tres sistemas productivos, los valores oscilan entre 14,33 cm y 81,6 cm. Estos valores podrían ser beneficiosos o perjudiciales para algunos de los casos, debido que la turbidez es un factor que muestra la cantidad de partículas suspendidas en la columna de agua y por ende podría indicar una mayor o menor presencia de individuos (Boyd, 2003). Según el Mundo Pecuario (2012), los valores medidos en Disco Secchi que están por debajo de 30 cm indican niveles de alta turbidez, con coloraciones que varían entre verde oscuro o amarillo verdoso cuando existe abundancia de fitoplancton. Estos valores indican también un alto riesgo de disminución en la concentración de OD, mientras que los valores que están por encima de 30 cm indican niveles de escasa turbidez, en donde el agua se torna casi transparente, y al igual que en el caso anterior también podrían implicar baja oxigenación por otros factores. En el intervalo mencionado se destacan los valores más bajos de Secchi correspondientes a la captación y estanque de Chawamangu (14,33 cm y 20 cm respectivamente).

Esto podría deberse a la presencia de partículas de suelo en la captación lo que concordaría con la coloración marrón observada. En los estanques de producción, por el contrario la coloración verde observada indicaría una elevada presencia de individuos fitoplanctónicos, lo que concuerda lo expresado en la Tabla 6.

En relación a la temperatura se encontraron los resultados presentados en el Gráfico 11:

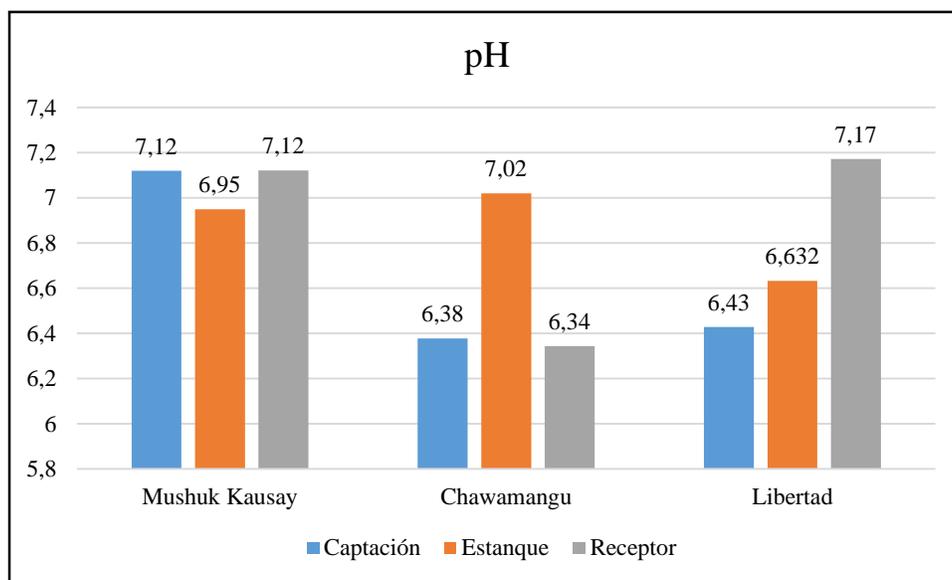


**Gráfico 11.** Comparación de Temperatura (°C) entre sistemas piscícolas y componentes del mismo

Respecto a los valores de Temperatura en los sistemas piscícolas se observa que en todos los casos se alcanzan condiciones mesófilas (21,58° – 25,39°). Estos valores podrían considerarse beneficiosos para el establecimiento de individuos de fitoplancton y zooplancton, debido a que la temperatura es un factor que influye en la proliferación y supervivencia de dichas poblaciones de microorganismos (Roldán, 2008). Según Fuentes y Massol-Deyá (2002), la temperatura es un factor primordial en el desarrollo de los organismos pero también es responsable de los cambios en las propiedades físico-químicas de un ecosistema. En el intervalo mencionado se destaca que los valores de temperatura de las tomas de captaciones en general

presentan valores comprendidos entre 21,58°C; 21,8 °C; 22,5°C, lo cual contrasta con las temperaturas analizadas en los estanques de producción debido a que se visualiza un incremento de esta medida, lo cual podría deberse al estancamiento de las aguas, a la radiación solar, a la descomposición de la materia orgánica y al calor que ejerce el suelo sobre el agua (Boyd, 2003).

En relación al pH se encontraron los resultados presentados en el Gráfico 12:

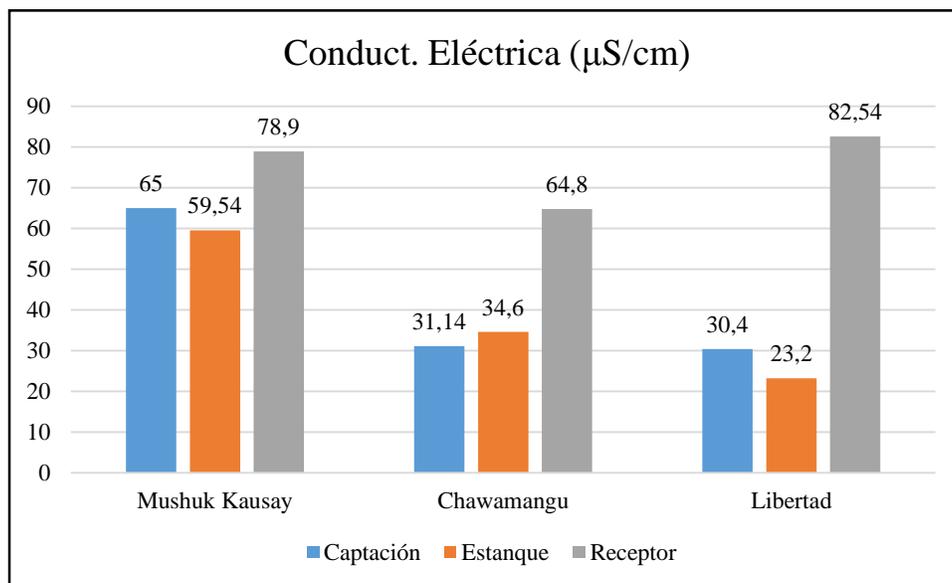


**Gráfico 12.** Comparación de pH entre sistemas piscícolas y componentes del mismo

Respecto a los valores de pH en los sistemas piscícolas se observa que en el mayor número de los casos alcanzan condiciones neutras o cercanas a la neutralidad (6,34 - 7,17). Estos valores podrían significar beneficios para el establecimiento de poblaciones de algunos grupos de fitoplancton y zooplancton como: *Cyanobacterias*, *Pinnularias* (Roldán, 2008) y favorecer el crecimiento del zooplancton. Al respecto Moreno, L y L. Pacheco (1999), definieron que en sistemas lacustres el pH es la variable ambiental que más influye en la población de zooplancton respecto a otros factores físico-químicos. En el intervalo mencionado

destaca que los valores de pH más bajos que corresponden a las tomas de captación de Chawamangu y Libertad así como el cuerpo receptor de Chawamangu (6,38; 6,43; 6,34; respectivamente). Esto podría deberse a que las condiciones de las zonas de captación de aquellos 2 sistemas piscícolas revisten una ligera acidez natural que es alterada por los procesos productivos como el encalamiento y el uso de balanceados, lo cual podría ser la causa del incremento del pH.

En relación a la Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) se encontraron los resultados presentados en el Gráfico 13:

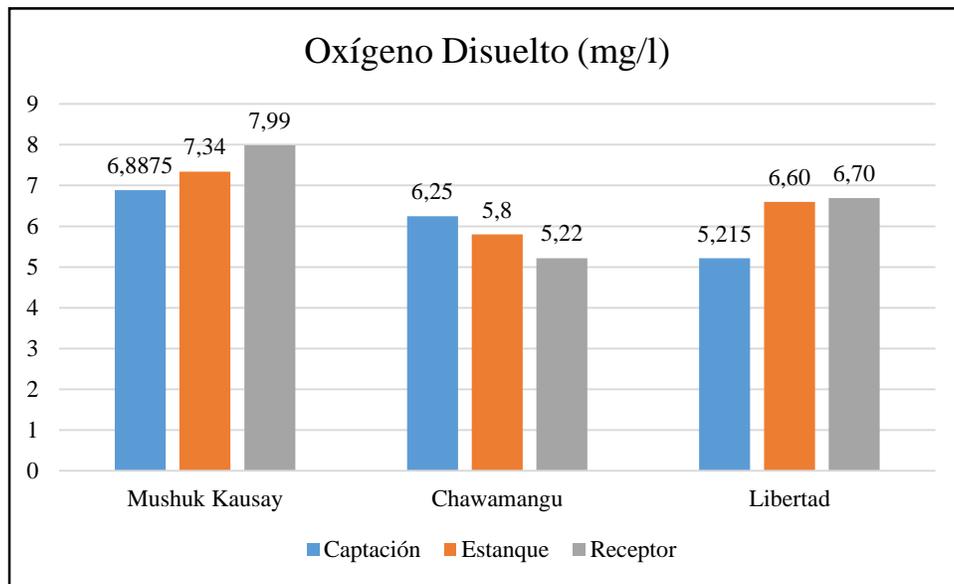


**Gráfico 13.** Comparación de Conductividad eléctrica entre sistemas piscícolas y componentes del mismo

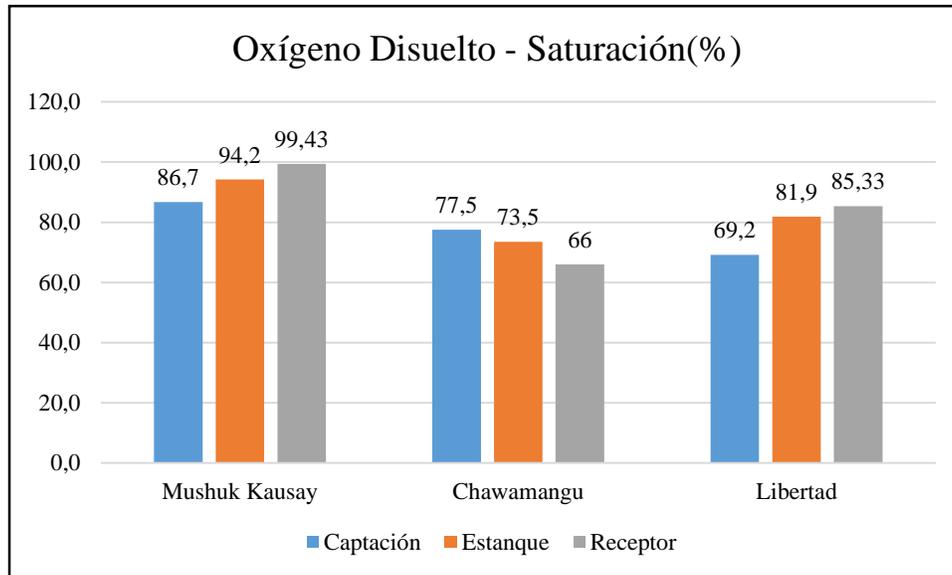
Respecto a los valores de Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en los sistemas piscícolas se observa que se destacan los valores de los receptores (78,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; 64,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; 82,54  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente). Estos valores podrían significar una alta concentración de iones en el agua específicamente de los cuerpos receptores, lo que revelaría la existencia de factores adicionales a la producción piscícola que

incrementan la salinidad de las aguas y por ende la conductividad eléctrica, conforme a lo expresado por Roldán (2008), quien relaciona la concentración de sales disueltas en el agua con su capacidad de conducir corriente eléctrica y a su vez influir en el desarrollo de algunas especies acuáticas. La conductividad en un cuerpo de agua es por ende considerada como uno de los parámetros más importantes, debido a que permite conocer el metabolismo de un ecosistema (Roldán, 2008).

En relación al Oxígeno Disuelto (mg/l) y Saturación (%) se encontraron los resultados presentados en el Gráfico 14 y Gráfico 15:



**Gráfico 14.** Comparación de Oxígeno Disuelto entre sistemas piscícolas y componentes del mismo

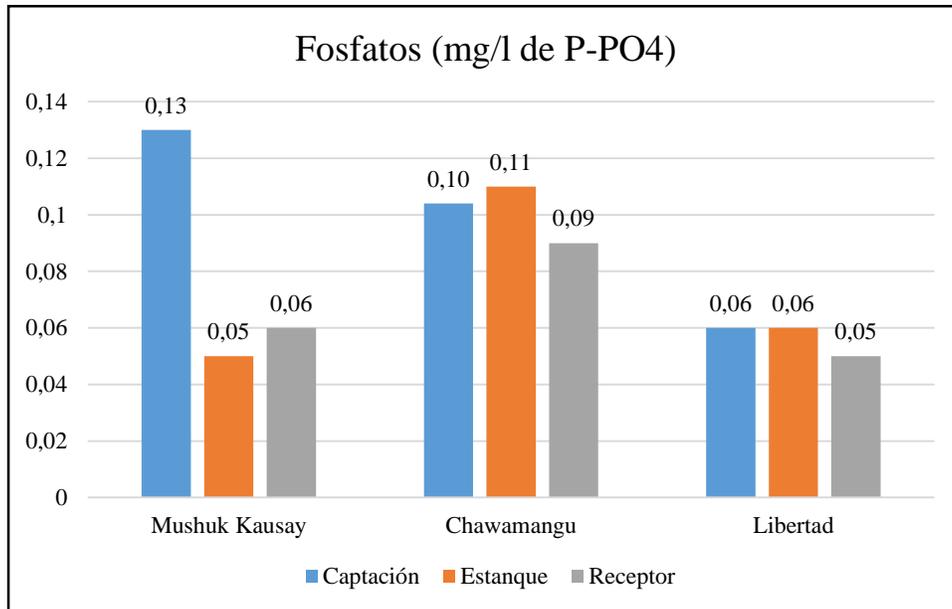


**Gráfico 15.** Comparación de Oxígeno Disuelto-Saturación (%) entre sistemas piscícolas y componentes del mismo

Respecto a los niveles de Oxígeno Disuelto (OD) en los sistemas piscícolas se observa que los valores (Gráfico 14 y Gráfico 15) oscilan entre 5,22 mg/l - 7,99 mg/l y 66% - 99,43% de saturación, presentándonos un nivel de OD aceptable para el desarrollo biótico en las aguas de los 3 sistemas productivos, ya que de acuerdo a UNE (1994) las aguas aptas para el desarrollo de la vida acuática deben tener niveles mínimos de concentración de OD de 5 mg/l o 50% de saturación. Estos valores podrían no significar una afectación significativa para el establecimiento y desarrollo de grupos de fitoplancton y zooplancton como las algas verde-azuladas (Boyd, 2003). Según este autor, el oxígeno disuelto se presenta más concentrado en lugares acuáticos en donde existe una fuerte presencia de fitoplancton. La disminución del contenido de oxígeno en las aguas, por otra parte, va asociada a la eutrofización (enriquecimiento por nutrientes) debido que se comienza a generar una alteración de la biota junto a la excesiva presencia de organismos acuáticos, algas unicelulares, algas verdeazuladas (cianobacterias) que provocarían el enturbiamiento de las aguas, impidiendo el paso de la luz hacia las profundidades e

impidiendo el proceso de la fotosíntesis en los cuerpos de agua y por lo tanto la no producción de oxígeno libre (Rapal, 2010).

En relación a los Fosfatos (expresados como mg/l de P-PO<sub>4</sub>) se encontraron los resultados presentados en el Gráfico 16:

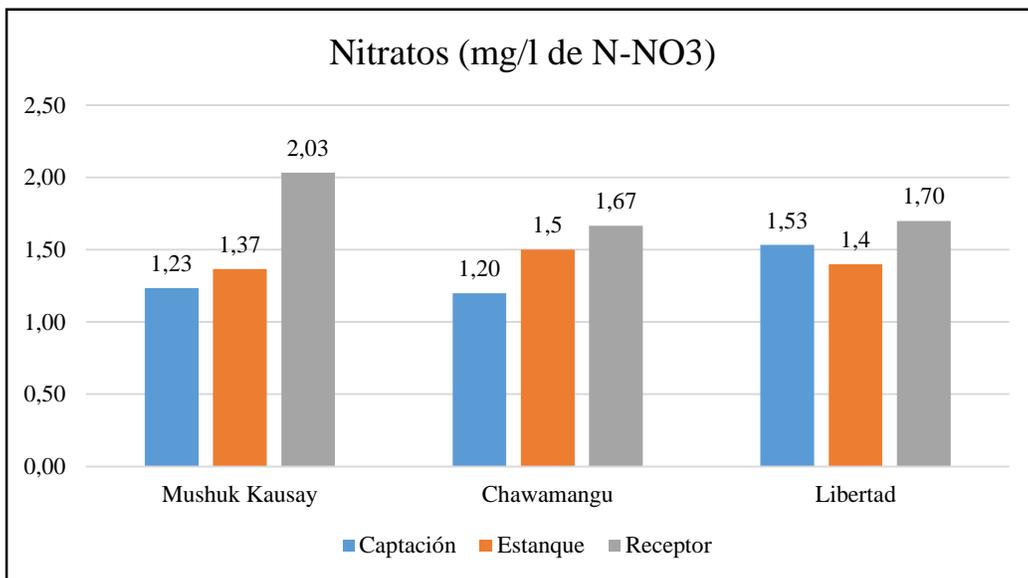


**Gráfico 16.** Comparación de Fosfatos (mg/l de P-PO<sub>4</sub>) entre sistemas piscícolas y componentes del mismo

Respecto a la concentración de Fósforo (P-PO<sub>4</sub>) en los sistemas piscícolas se observa que se destacan los valores de las tomas de captación (0,13 mg/l; 0,10 mg/l; 0,06 mg/l) y que a nivel de estanques productivos y receptores existen valores menores en las concentraciones de fósforo. La disminución de fósforo a lo largo del sistema productivo podría deberse al manejo productivo sin adición de fertilizantes, el recambio constante de agua (flujo corriente) y el consumo del mismo por el fitoplancton. La disminución en la concentración de fósforo en las aguas de los sistemas productivos podría ser el responsable de la reducción del crecimiento de organismos fitoplanctónicos y/o los dependientes del fósforo, como

son las algas (Roldán, 2008). Según Rapal (2010), las altas concentraciones de nitrógeno y fósforo son los principales causantes de la eutrofización de las aguas y a su vez este proceso también produce un aumento de la biomasa y un empobrecimiento de la diversidad.

En relación a los Nitratos (expresados como mg/l de N-NO<sub>3</sub>) se encontraron los resultados presentados en el Gráfico 17:

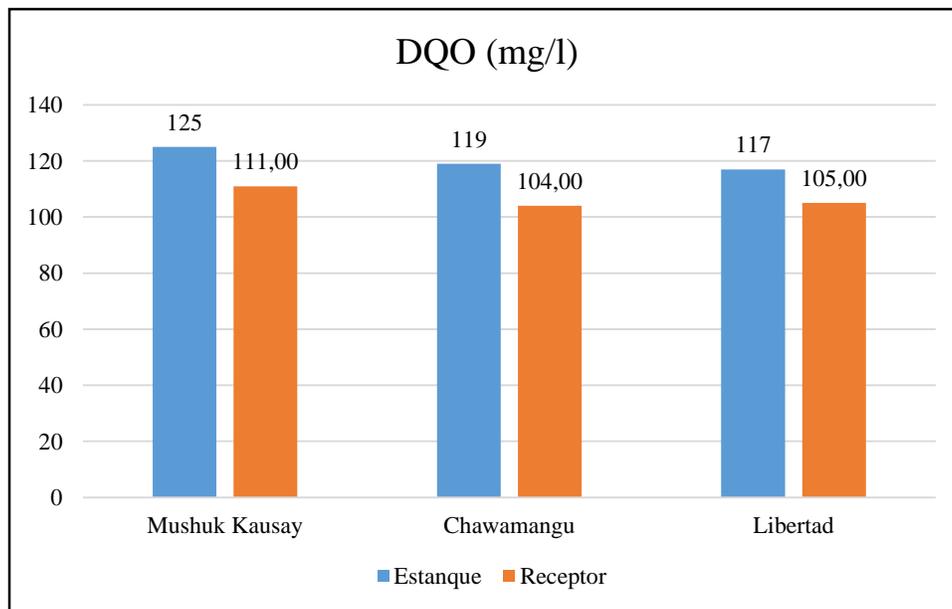


**Gráfico 17.** Comparación de Nitratos (mg/l de N-NO<sub>3</sub>) entre sistemas piscícolas y componentes del mismo

Respecto a la concentración de Nitrógeno (N-NO<sub>3</sub>) en los sistemas piscícolas se observa que son mayores los valores en los receptores (2,03 mg/l; 1,67 mg/l; 1,70 mg/l) y que a nivel de estanques productivos existen valores semejantes en la concentración de nitratos (1,37 mg/l; 1,5 mg/l; 1,4 mg/l), inferiores a los cuerpos receptores. El aumento en la concentración de nitratos en los receptores, no sería

atribuible en estos casos a la producción piscícola, sino que podría deberse a otros factores como las descargas de aguas domésticas, la utilización de fertilizantes, la ganadería y los residuos de la actividad forestal, ya que durante el estudio se pudo observar la realización de desbroces en la cobertura vegetal de los márgenes. Las concentraciones medidas se consideran elevadas para los tributarios amazónicos, de acuerdo a Roldán (2008), quien manifiesta que este tipo de ríos usualmente contienen alrededor de 0,01 mg/l de  $\text{NO}_3^-$ . Según Rapal (2010), el nitrógeno es uno de los principales causantes de la eutrofización de las aguas y a su vez este proceso también produce un aumento de la biomasa y un empobrecimiento de la diversidad. Este riesgo podría encontrarse a nivel de los cuerpos receptores estudiados.

En relación a la Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/l) se encontraron los resultados presentados en el Gráfico 18:



**Gráfico 18.** Comparación de Demanda Química de Oxígeno DQO (mg/l) entre sistemas piscícolas y componentes del mismo

Respecto a la concentración de la Demanda Química de Oxígeno (mg/l) en los sistemas piscícolas se observa que se destacan los valores de los estanques productivos (125 mg/l; 119 mg/l; 117 mg/l respectivamente). Según Roldán (2008), la DQO es un parámetro analítico que determina el grado de contaminación y que mide el contenido de materia orgánica en el agua mediante oxidación química. Este incremento de DQO en los estanques productivos se debería a la presencia de una gran cantidad de materia orgánica derivada de la crianza piscícola. Esto implicaría la existencia de condiciones perjudiciales para el desarrollo de la biota de los cuerpos receptores (Suarez *et al.* 2004). Según Amalfi (1998), valores superiores a 9,6 mg/l de DOQ implican una gran actividad orgánica y química.

## 6.4 Análisis de varianza entre sistemas de producción

En el presente numeral se expone los resultados del análisis de varianza aplicado para comparar en cada una de las variables determinadas, las 3 organizaciones piscícolas y los 3 sitios de muestreo.

### 6.4.1 *Scenedesmus spp.*

En la Tabla 18 se observa que en el análisis de varianza existieron diferencias estadísticamente significativas para Organizaciones (O) y Lugares de Muestreo (L) y no significativas para la interacción O\*L. En la Tabla 19 y Gráfico 19 se observan 2 rangos de significación para organizaciones encontrándose en el primer rango Chawamangu y en el segundo rango las restantes. En la Tabla 20 y Gráfico 19 se observan 2 rangos de significación para Lugar de Muestreo, encontrándose en el primer rango el estanque por sobre los sitios restantes.

Lo observado puede explicarse debido a que en la organización Chawamangu y particularmente en su estanque existe una mayor concentración de ciertos nutrientes como el fósforo, lo cual concuerda con el Gráfico 16. Este mayor concentración de fosfatos sería responsable del incremento de la población del microorganismo conforme lo expresado por Andrade (2009).

**Tabla 18.** Análisis de varianza para el número de individuos *Scenedesmus spp.* en tres organizaciones piscícolas y tres sitios de muestreo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sign.
Modelo	776,72	8	97,09	5,25	0,0002	
Organización (O)	367,08	2	183,54	9,92	0,0004	**
Lugar de muestreo (L)	211,09	2	105,54	5,71	0,0069	**
O x L	194,24	4	48,56	2,63	0,0500	Ns
Error	684,26	37	18,49			
Total	1460,98	45				
CV: 122,10%						

**Tabla 19.** Prueba de Tukey para tres organizaciones piscícolas. Variable: *Scenedesmus spp.* número de individuos por ml.

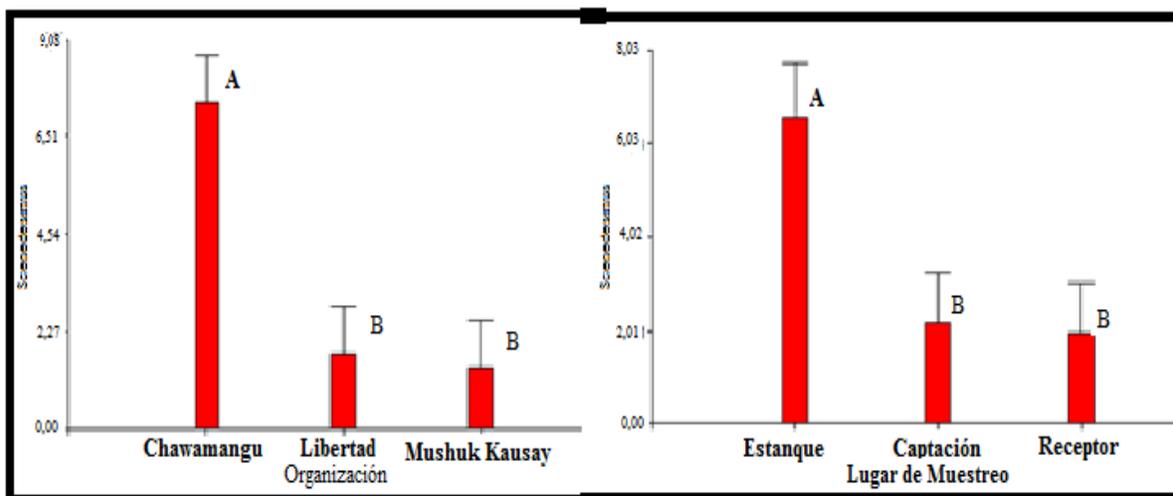
<b>Organización</b>	<b>Promedios</b>	<b>Rangos de significación</b>
Chawamangu	7,61	A
Libertad	1,75	B
Mushuk Kausay	1,41	B

**Tabla 20.** Prueba de Tukey para tres lugares de muestreo. Variable: *Scenedesmus spp.* número de individuos por ml.

<b>Lugar de muestreo</b>	<b>Promedios</b>	<b>Rangos de significación</b>
Estanque	6,63	A
Captación	2,18	B
Receptor	1,96	B

**Tabla 21.** Promedios para interacción Organización x Lugar de muestreo. Variable: *Scenedesmus spp.* número de individuos por ml.

<b>Organización</b>	<b>Lugar de muestreo</b>	<b>Promedios</b>
Chawamangu	Estanque	14,62
Chawamangu	Receptor	4,99
Chawamangu	Captación	3,22
Libertad	Estanque	3,20
Mushuk Kausay	Estanque	2,08
Mushuk Kausay	Captación	1,72
Libertad	Captación	1,60
Libertad	Receptor	0,45
Mushuk Kausay	Receptor	0,43



**Gráfico 19.** Promedios y prueba de Tukey para *Scenedesmus spp.* en 3 organizaciones y 3 sitios de muestreo

#### 6.4.2 *Volvox spp.*

En la Tabla 22 se observa que en el análisis de varianza existieron diferencias estadísticamente significativas para Organizaciones (O) y para la interacción O\*L y no significativas para Lugares de Muestreo (L). En la Tabla 23 y Gráfico 20 se observan 2 rangos de significación para organizaciones encontrándose en el primer rango Chawamangu y en el segundo rango las restantes. En la Tabla 25 se observa que en la interacción Organización x Lugar de muestreo se encuentra en primer lugar el estanque de Chawamangu por sobre los otros lugares muestreados.

Lo observado puede explicarse debido a que en la organización Chawamangu y particularmente en su estanque existe una mayor concentración de ciertos nutrientes como el fósforo y el nitrato, lo cual concuerda con el Gráfico 16 y Gráfico 17. Esta mayor concentración de fosfatos y nitratos sería responsable del incremento de la población del microorganismo conforme lo expresado por Desnitski (2000).

**Tabla 22.** Análisis de varianza para el número de individuos *Volvox spp.* en tres organizaciones piscícolas y tres sitios de muestreo.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
Modelo	1070,80	8	133,85	4,54	0,0007	
Organización (O)	636,80	2	318,40	10,80	0,0002	**
Lugar de muestreo (L)	108,06	2	54,03	1,83	0,1743	Ns
O x L	337,79	4	84,45	2,86	0,0366	*
Error	1091,04	37	29,49			
Total	2161,83	45				
CV: 111,49 %						

**Tabla 23.** Prueba de Tukey para tres organizaciones piscícolas. Variable: *Volvox spp.* número de individuos por ml.

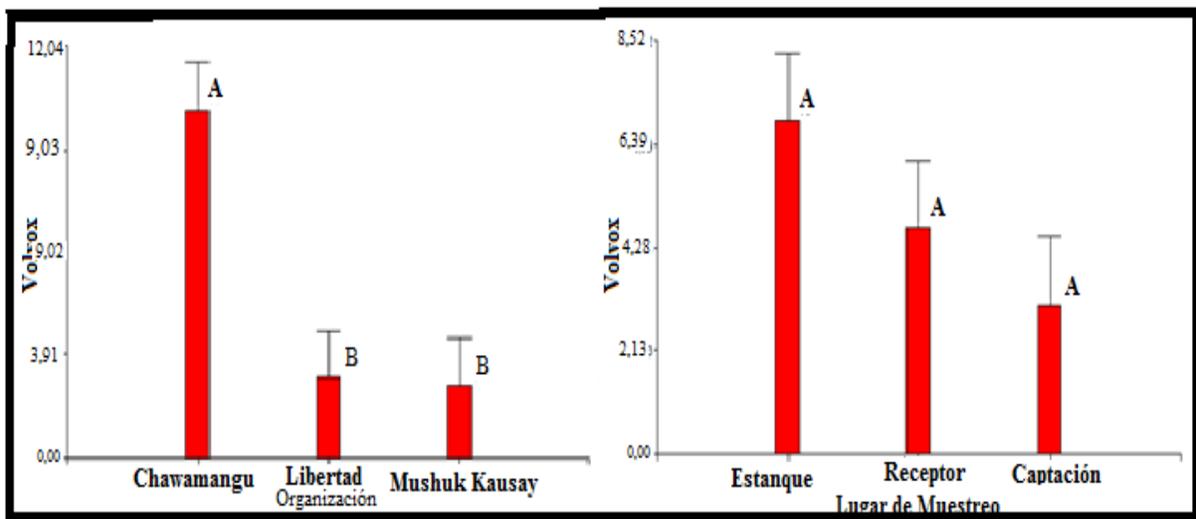
<b>Organización</b>	<b>Promedios</b>	<b>Rangos de significación</b>
Chawamangu	10,17	A
Libertad	2,35	B
Mushuk Kausay	2,10	B

**Tabla 24.** Promedios para tres lugares de muestreo. Variable: *Volvox spp.* número de individuos por ml.

<b>Lugar de muestreo</b>	<b>Promedios</b>
Estanque	6,85
Receptor	4,69
Captación	3,07

**Tabla 25.** Promedios para interacción Organización x Lugar de muestreo. Variable: *Volvox spp.* número de individuos por ml.

Organización	Lugar de muestreo	Promedios
Chawamangu	Estanque	17,38
Chawamangu	Receptor	6,69
Chawamangu	Captación	6,43
Libertad	Receptor	4,82
Mushuk Kausay	Receptor	2,57
Mushuk Kausay	Estanque	2,23
Mushuk Kausay	Captación	1,50
Libertad	Captación	1,28
Libertad	Estanque	0,95



**Gráfico 20.** Promedios y prueba de Tukey para *Volvox spp.* en 3 organizaciones y 3 sitios de muestreo

### 6.4.3 *Pinnularia spp.*

En la Tabla 26 se observa que en el análisis de varianza existió únicamente diferencias estadísticas significativas para Organizaciones (O), y no significativas para Lugares de Muestreo (L) y para la interacción O\*L. En la Tabla 27 y Gráfico 21 se observan 2 rangos de significación para organizaciones encontrándose en el primer rango Chawamangu y Libertad, y en el segundo rango Libertad y Mushuk Kausay.

Lo observado puede explicarse debido a que en la organización de Chawamangu existen valores de pH bajos o cercanos a la neutralidad (Gráfico 12), lo cual concuerda con Roldán (2008) ya que estas condiciones de pH podrían significar beneficios para el establecimiento de poblaciones de algunos grupos de fitoplancton y zooplancton como: *Cyanobacterias*, *Pinnularias*.

**Tabla 26.** Promedios para interacción Organización x Lugar de muestreo. Variable: *Volvox spp.* número de individuos por ml.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sign.
Modelo	44,80	8	5,60	1,58	0,1631	
Organización (O)	26,53	2	13,27	3,75	0,0328	*
Lugar de muestreo (L)	13,73	2	6,86	1,94	0,1578	Ns
O x L	4,20	4	1,05	0,30	0,8780	Ns
Error	130,80	37	3,54			
Total	175,60	45				
CV: 173,88%						

**Tabla 27.** Prueba de Tukey para tres organizaciones piscícolas. Variable: *Pinnularia spp.* número de individuos por ml.

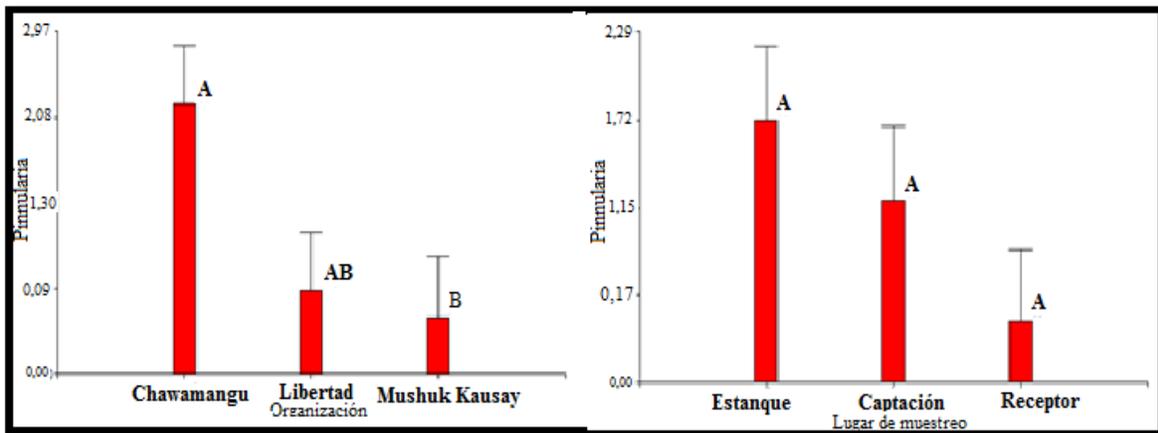
Organización	Promedios	Rangos de significación
Chawamangu	2,18	A
Libertad	0,68	A B
Mushuk Kausay	0,46	B

**Tabla 28.** Promedios para tres lugares de muestreo. Variable: *Pinnularia spp.* número de individuos por ml.

Lugar de muestreo	Promedios
Estanque	1,72
Captación	1,20
Receptor	0,40

**Tabla 29.** Promedios para interacción Organización x Lugar de muestreo. Variable: *Pinnularia spp.* número de individuos por ml

Organización	Lugar de muestreo	Promedios
Chawamangu	Estanque	3,16
Chawamangu	Captación	2,41
Mushuk Kausay	Estanque	1,04
Chawamangu	Receptor	0,96
Libertad	Captación	0,96
Libertad	Estanque	0,95
Mushuk Kausay	Captación	0,21
Libertad	Receptor	0,12
Mushuk Kausay	Receptor	0,11



**Gráfico 21.** Promedios y prueba de Tukey para *Pinnularia spp.* en 3 organizaciones y 3 sitios de muestreo

#### 6.4.4 Número Total de Individuos

En la Tabla 30 se observa que en el análisis de varianza existieron diferencias estadísticamente significativas para Organizaciones (O), para Lugares de Muestreo (L) y para la interacción O\*L. En la Tabla 31 y Gráfico 22 se observan 2 rangos de significación para organizaciones encontrándose en el primer rango Chawamangu y en el segundo rango las restantes. En la Tabla 32 y Gráfico 22 se observan 2 rangos de significación para Lugar de muestreo encontrándose en primero rango el Estanque y en el segundo rango los restantes. En la Tabla 33 se observa que en la interacción Organización x Lugar de muestreo se encuentra en primer lugar el estanque de Chawamangu por sobre los otros lugares muestreados.

De acuerdo a lo observado, la organización de Chawamangu muestra una mayor concentración de individuos totales, especialmente a nivel de estanque. Estos resultados se deberían a la existencia de concentraciones de nutrientes más favorables para el crecimiento y desarrollo de los individuos, como pudo observarse en el capítulo respectivo y particularmente en relación a las mayores concentraciones de algunas sales (expresadas en la conductividad eléctrica). En otros estudios realizados en entornos semejantes (Quiroz-Castelán *et al.*, 1999) se puede observar una tendencia similar respecto a la mayor concentración de individuos en embalses respecto a los cuerpos de alimentación y salida.

Según Quiroz-Castelán *et al.* (1999), en diferentes trabajos de investigación respecto al fitoplancton, se ha logrado identificar algunos efectos de diferentes tipos de fertilizantes en estanques en cuanto a su composición, crecimiento, relaciones entre grupos y su dinámica, indicando que estos organismos dependen de diversos factores, como la temperatura, la incidencia de luz y el tipo de nutrientes que tienen las aguas.

**Tabla 30.** Análisis de varianza para el Número total de individuos por ml. en tres organizaciones piscícolas y tres sitios de muestreo.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
Modelo	25115,76	8	3139,47	16,17	< 0,0001	
Organización (O)	10498,70	2	5249,35	27,04	< 0,0001	**
Lugar de muestreo (L)	5808,56	2	2904,28	14,96	< 0,0001	**
O x L	8808,50	4	2202,13	11,34	< 0,0001	**
Error	6988,10	36	194,11			
Total	32103,86	44				
CV: 76,97 %						

**Tabla 31.** Prueba de Tukey para tres organizaciones piscícolas. Variable: Número total de individuos por ml.

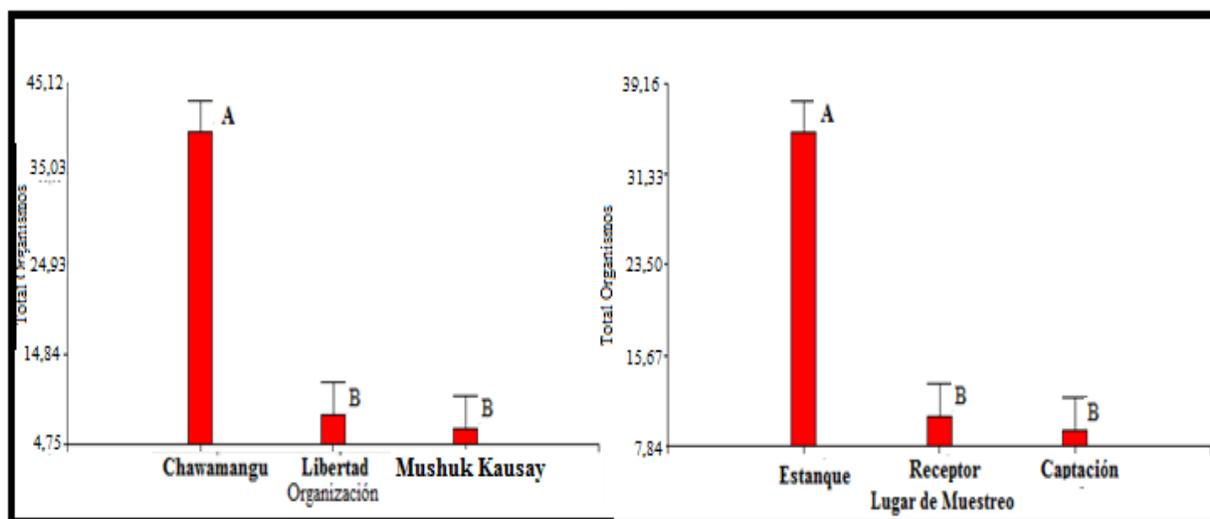
<b>Organización</b>	<b>Promedios</b>	<b>Rangos de Significación</b>
Chawamangu	39,69	A
Libertad	8,03	B
Mushuk Kausay	6,58	B

**Tabla 32.** Prueba de Tukey para tres lugares de muestreo. Variable: Número total de individuos por ml.

<b>Lugar de muestreo</b>	<b>Promedios</b>	<b>Rangos de Significación</b>
Estanque	34,14	A
Receptor	10,90	B
Captación	9,26	B

**Tabla 33.** Prueba de Tukey para interacción Organización x Lugar de muestreo.  
Variable: Número total de individuos por ml.

Organización	Lugar de muestreo	Promedios	Rangos de Significación
Chawamangu	Estanque	83,35	A
Chawamangu	Receptor	22,04	B
Chawamangu	Captación	13,67	B
Libertad	Estanque	9,84	B
Libertad	Captación	9,61	B
Mushuk Kausay	Estanque	9,24	B
Mushuk Kausay	Receptor	6,00	B
Libertad	Receptor	4,65	B
Mushuk Kausay	Captación	4,51	B



**Gráfico 22.** Promedios y prueba de Tukey para el Número total de individuos en 3 organizaciones y 3 sitios de muestreo

### 6.4.5 Temperatura

En la Tabla 34 se observa que en el análisis de varianza no existieron diferencias estadísticas para Organizaciones (O) y para la interacción O\*L, sin embargo existió diferencia significativa para Lugares de Muestreo (L). En la Tabla 36 y Gráfico 23 se observan 2 rangos de significación para Lugar de Muestreo, encontrándose en el primer rango el estanque por sobre los sitios restantes. Lo observado puede explicarse debido a que a nivel de estanques de las 3 organizaciones existe un incremento de esta medida, lo cual concuerda con el Gráfico 11. Este aumento de Temperatura podría corresponder a la radiación solar, al estancamiento de las aguas, a la descomposición de la materia orgánica y al calor que ejerce el suelo sobre el agua (Boyd, 2003), confirmándose que la temperatura favorece al desarrollo de los microorganismos (Fuentes y Massol-Deyá, 2002).

El límite máximo permisible estipulado para captaciones y estanques según la norma establecida (MAE, 2015) para el factor temperatura es: la condición natural más 3°C como valor máximo de acuerdo a los Criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario. En descargas y cuerpos receptores el valor máximo permisible es < 35°C de acuerdo a la Norma de descarga de efluentes a un cuerpo de agua receptor: Agua dulce y agua marina (MAE, 2015).

**Tabla 34.** Análisis de varianza para la variable Temperatura en tres organizaciones piscícolas y tres sitios de muestreo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sign.
Modelo	117,29	8	14,66	1,91	0,0878	
Organización (O)	2,30	2	1,15	0,15	0,8614	Ns
Lugar de muestreo (L)	80,06	2	40,03	5,21	0,0101	*
O x L	32,03	4	8,01	1,04	0,3982	Ns
Error	284,03	37	7,68			
Total	401,33	45				
CV: 12,11 %						

**Tabla 35.** Promedios para tres organizaciones piscícolas. Variable: Temperatura.

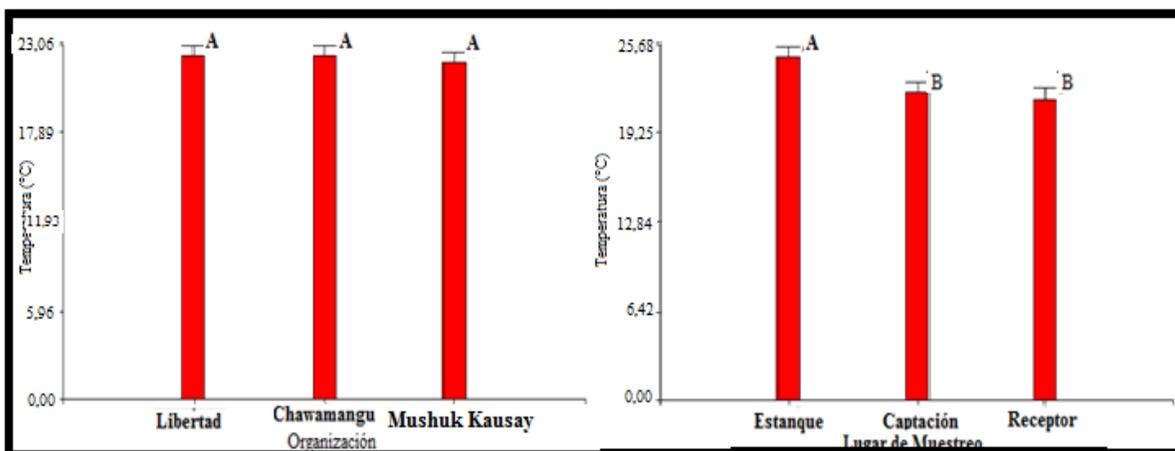
<b>Organización</b>	<b>Promedios (°C)</b>
Libertad	23,09
Chawamangu	23,08
Mushuk Kausay	22,61

**Tabla 36.** Prueba de Tukey para tres lugares de muestreo. Variable: Temperatura.

<b>Lugar de muestreo</b>	<b>Promedios (°C)</b>	<b>Rangos de significación</b>
Estanque	24,78	A
Captación	22,21	B
Receptor	21,79	B

**Tabla 37.** Promedios para interacción Organización x Lugar de muestreo. Variable:  
Temperatura.

<b>Organización</b>	<b>Lugar de muestreo</b>	<b>Promedios (°C)</b>
Libertad	Estanque	25,39
Chawamangu	Estanque	24,60
Mushuk Kausay	Estanque	24,36
Libertad	Captación	23,46
Chawamangu	Receptor	23,06
Mushuk Kausay	Receptor	21,88
Mushuk Kausay	Captación	21,58
Chawamangu	Captación	21,58
Libertad	Receptor	20,42



**Gráfico 23.** Promedios y prueba de Tukey para la Variable Temperatura en 3 organizaciones y 3 sitios de muestreo

#### 6.4.6 pH

En la Tabla 38 se observa que en el análisis de varianza no existieron diferencias estadísticas en ninguna de las fuentes de variabilidad.

Lo observado puede explicarse a que en los 3 sistemas piscícolas se alcanzan condiciones neutras o cercanas a la neutralidad (Gráfico 12).

El límite máximo permisible estipulado para captaciones y estanques según la norma establecida (MAE, 2015) para el factor pH es: 6, 5-9 como valor máximo de acuerdo a los Criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario. En descargas y cuerpos receptores el valor máximo permisible es 5-9 de acuerdo a la Norma de descarga de efluentes a un cuerpo de agua receptor: Agua dulce y agua marina (MAE, 2015).

**Tabla 38.** Análisis de varianza para el variable pH en tres organizaciones piscícolas y tres sitios de muestreo

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GI</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
Modelo	145,39	8	18,17	0,95	0,4877	
Organización (O)	23,08	2	11,54	0,60	0,5519	Ns
Lugar de muestreo (L)	28,98	2	14,49	0,76	0,4755	Ns
O x L	80,29	4	20,07	1,05	0,3945	Ns
Error	706,79	37	19,10			
Total	852,18	45				
CV: 58,43%						

**Tabla 39.** Promedios para tres organizaciones piscícolas. Variable: pH.

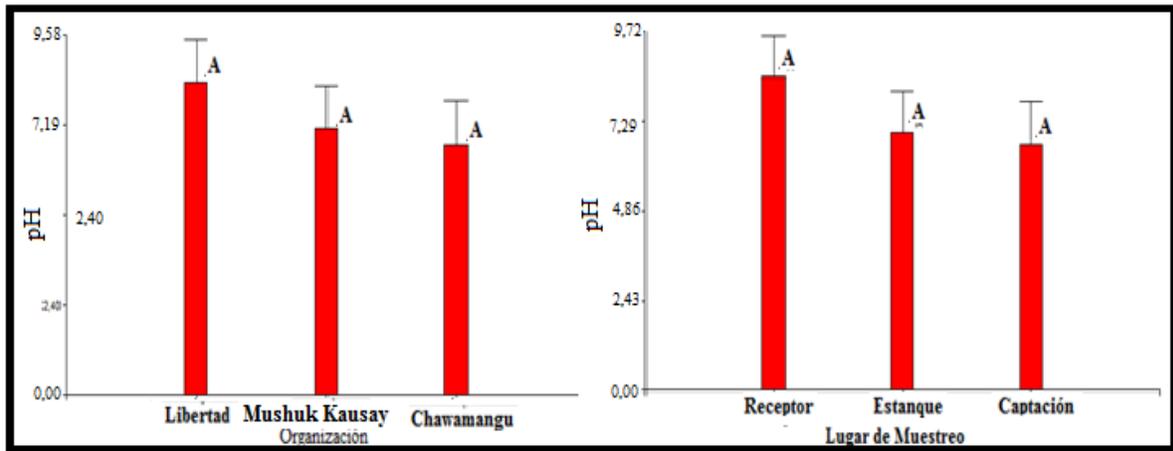
<b>Organización</b>	<b>Promedios</b>
Libertad	8,35
Mushuk Kausay	7,10
Chawamangu	6,69

**Tabla 40.** Promedios para tres lugares de muestreo. Variable: pH.

<b>Lugar de muestreo</b>	<b>Promedios</b>
Receptor	8,48
Estanque	6,98
Captación	6,68

**Tabla 41.** Promedios para interacción Organización x Lugar de muestreo. Variable: pH.

<b>Organización</b>	<b>Lugar de muestreo</b>	<b>Promedios</b>
Libertad	Receptor	11,98
Chawamangu	Estanque	7,35
Mushuk Kausay	Captación	7,24
Mushuk Kausay	Receptor	7,12
Mushuk Kausay	Estanque	6,95
Libertad	Estanque	6,63
Libertad	Captación	6,43
Chawamangu	Captación	6,38
Chawamangu	Receptor	6,34



**Gráfico 24.** Promedios para la Variable pH en 3 organizaciones y 3 sitios de muestreo.

#### 6.4.7 Conductividad eléctrica

En la Tabla 42 se observa que en el análisis de varianza existieron diferencias estadísticamente significativas para Organizaciones (O), para Lugares de Muestreo (L) y para la interacción O\*L. En la Tabla 43 y Gráfico 25 se observan 2 rangos de significación para organizaciones encontrándose en el primer rango Mushuk Kausay y en el segundo rango las restantes. En la Tabla 44 y Gráfico 25 se observan 2 rangos de significación para Lugar de Muestreo, encontrándose en el primer rango el receptor por sobre los sitios restantes. En la Tabla 45 y Gráfico 25 se observan 3 rangos de significación para la interacción Organización (O) x Lugar de muestreo (L), encontrándose en el primero los 3 sitios de muestreo de Mushuk Kausay y receptor de Libertad, por sobre los sitios restantes. Lo observado demuestra una mayor concentración de sales disueltas en la organización Mushuk Kausay a nivel de todos los sitios de muestreo. La mayor concentración se debe al origen geográfico de los cuerpos hídricos, es así que aquellos con mayor Conductividad Eléctrica parten de zona de pantanos de donde se originan cursos de agua que acarrean partículas de suelo.

**Tabla 42.** Análisis de varianza para la variable Conductividad eléctrica en tres organizaciones piscícolas y tres sitios de muestreo.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
Modelo	18424,18	8	2303,02	13,85	< 0,0001	
Organización (O)	6833,91	2	3416,96	20,55	< 0,0001	**
Lugar de muestreo (L)	8859,77	2	4429,89	26,65	< 0,0001	**
O x L	2677,54	4	669,39	4,03	0,0083	**
Error	6151,44	37	166,26			
Total	24575,62	45				
CV: 25,04 %						

**Tabla 43.** Prueba de Tukey para tres organizaciones piscícolas. Variable: Conductividad eléctrica.

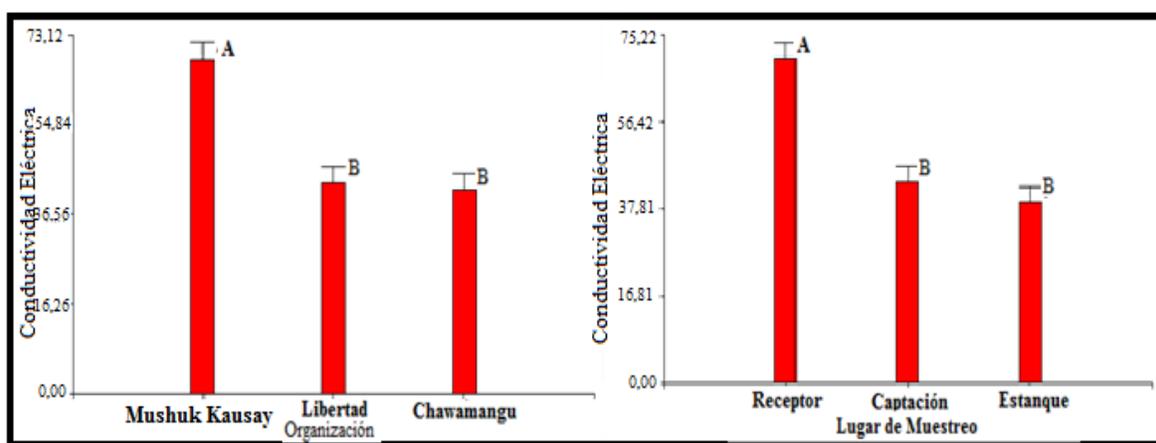
<b>Organización</b>	<b>Promedios (<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b>	<b>Rangos de significación</b>
Mushuk Kausay	68,29	A
Libertad	42,97	B
Chawamangu	41,60	B

**Tabla 44.** Prueba de Tukey para tres lugares de muestreo. Variable: Conductividad eléctrica.

<b>Lugar de muestreo</b>	<b>Promedios (<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b>	<b>Rangos de significación</b>
Receptor	70,27	A
Captación	43,47	B
Estanque	39,12	B

**Tabla 45.** Prueba de Tukey para interacción Organización x Lugar de muestreo.  
Variable: Conductividad eléctrica.

Organización	Lugar de muestreo	Promedios ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Rangos de significación
Mushuk Kausay	Receptor	76,30	A
Libertad	Receptor	75,45	A
Mushuk Kausay	Captación	69,04	A
Mushuk Kausay	Estanque	59,54	A B
Chawamangu	Receptor	59,06	A B
Chawamangu	Estanque	34,60	B C
Chawamangu	Captación	31,14	C
Libertad	Captación	30,23	C
Libertad	Estanque	23,22	C



**Gráfico 25.** Promedios y prueba de Tukey para la Variable Conductividad eléctrica en 3 organizaciones y 3 sitios de muestreo.

### 6.4.8 Oxígeno Disuelto

En la Tabla 46 se observa que en el análisis de varianza no existieron diferencias estadísticas en ninguna de las fuentes de variabilidad.

Lo observado puede explicarse a que en los 3 sistemas productivos existe un nivel de OD similar posiblemente debido a la semejanza respecto a las condiciones ambientales que afectan a aquellos. Debe mencionarse además que estos valores implican condiciones adecuadas para el desarrollo biótico en las aguas, ya que de acuerdo a UNE (1994) las aguas aptas para el desarrollo de la vida acuática deben tener niveles mínimos de concentración de OD de 5 mg/l.

El límite máximo permisible estipulado para descargas y cuerpos receptores para la variable OD es no menor al 60% de saturación y no menor a 5 mg/l de acuerdo a la Norma de descarga de efluentes a un cuerpo de agua receptor: Agua dulce y agua marina (MAE, 2015).

**Tabla 46.** Análisis de varianza para la variable Oxígeno Disuelto en tres organizaciones piscícolas y tres sitios de muestreo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sign.
Modelo	29,56	8	3,69	1,48	0,2116	
Organización (O)	10,84	2	5,42	2,17	0,1339	Ns
Lugar de muestreo (L)	6,49	2	3,24	1,30	0,2897	Ns
O x L	12,22	4	3,06	1,22	0,3248	Ns
Error	67,53	27	2,50			
Total	97,09	35				
CV: 23,83 %						

**Tabla 47.** Promedios para tres organizaciones piscícolas. Variable: Oxígeno Disuelto.

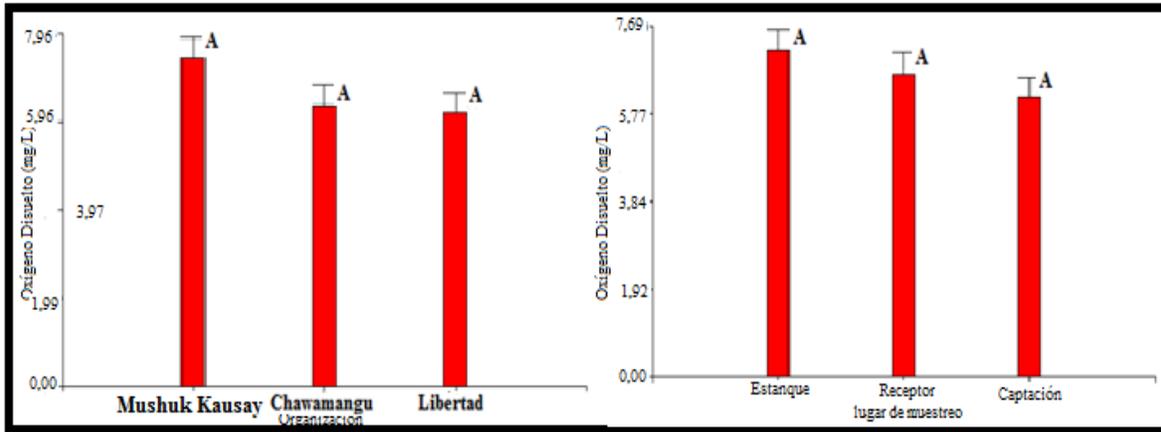
<b>Organización</b>	<b>Promedios (mg/l)</b>
Mushuk Kausay	7,41
Chawamangu	6,33
Libertad	6,17

**Tabla 48.** Promedios para tres lugares de muestreo. Variable: Oxígeno Disuelto.

<b>Lugar de muestreo</b>	<b>Promedios (mg/l)</b>
Estanque	7,16
Receptor	6,63
Captación	6,12

**Tabla 49.** Promedios para interacción Organización x Lugar de muestreo. Variable: Oxígeno Disuelto.

<b>Organización</b>	<b>Lugar de muestreo</b>	<b>Promedios (mg/l)</b>
Mushuk Kausay	Receptor	7,99
Chawamangu	Estanque	7,54
Mushuk Kausay	Estanque	7,34
Mushuk Kausay	Captación	6,89
Libertad	Receptor	6,70
Libertad	Estanque	6,60
Chawamangu	Captación	6,25
Chawamangu	Receptor	5,22
Libertad	Captación	5,22



**Gráfico 26.** Promedios para la Variable Oxígeno Disuelto en 3 organizaciones y 3 sitios de muestreo.

#### 6.4.9 Fosfatos

En la Tabla 50 se observa que en el análisis de varianza no existieron diferencias estadísticas en ninguna de las fuentes de variabilidad. Por otra parte los valores observados muestran niveles óptimos capaces de sustentar adecuadamente las poblaciones de fitoplancton y zooplancton, al respecto Boyd (2003) señala que los valores de concentración de fosfatos para el crecimiento del fitoplancton debe ser  $<0,2$  mg/l.

El límite máximo permisible estipulado para descargas y cuerpos receptores para la variable fosfatos es 10 mg/l de acuerdo a la Norma de descarga de efluentes a un cuerpo de agua receptor: Agua dulce y agua marina (MAE, 2015).

**Tabla 50.** Análisis de varianza para la variable Fosfatos en tres organizaciones piscícolas y tres sitios de muestreo.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sign.</b>
Modelo	0,03	8	0,00	0,83	0,5831	
Organización (O)	0,02	2	0,01	2,00	0,1492	Ns
Lugar de muestreo (L)	0,00	2	0,00	0,15	0,8589	Ns
O x L	0,01	4	0,00	0,59	0,6691	Ns
Error	0,19	37	0,01			
Total	0,23	45				
CV: 76,46%						

**Tabla 51.** Promedios para tres organizaciones piscícolas. Variable: Fosfatos

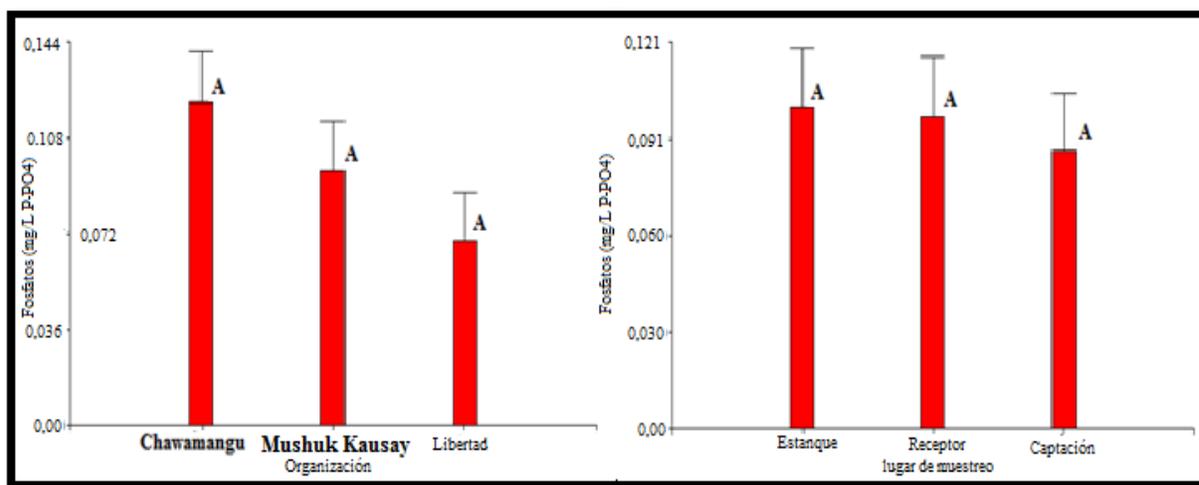
<b>Organización</b>	<b>Promedios (mg/l de P-PO4)</b>
Chawamangu	0,12
Mushuk Kausay	0,10
Libertad	0,07

**Tabla 52.** Promedios para tres lugares de muestreo. Variable: Fosfatos.

<b>Lugar de muestreo</b>	<b>Promedios (mg/l de P-PO4)</b>
Estanque	0,10
Captación	0,10
Receptor	0,09

**Tabla 53.** Promedios para interacción Organización x Lugar de muestreo. Variable: Fosfatos.

Organización	Lugar de muestreo	Promedios (mg/l de P-PO4)
Chawamangu	Estanque	0,14
Mushuk Kausay	Captación	0,13
Chawamangu	Receptor	0,12
Chawamangu	Captación	0,10
Mushuk Kausay	Estanque	0,09
Libertad	Estanque	0,07
Libertad	Receptor	0,07
Mushuk Kausay	Receptor	0,07
Libertad	Captación	0,06



**Gráfico 27.** Promedios para la Variable Fosfatos en 3 organizaciones y 3 sitios de muestreo.

#### 6.4.10 Nitratos

En la Tabla 54 se observa que en el análisis de varianza no existieron diferencias estadísticas en ninguna de las fuentes de variabilidad.

Por otra parte los valores observados muestran niveles óptimos capaces de sustentar adecuadamente las poblaciones de fitoplancton y zooplancton, al respecto MAE (2015) señala que los valores de concentración de Nitratos para los Criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario, el límite máximo permisible de 10 mg/l.

**Tabla 54.** Análisis de varianza para la variable Nitratos en tres organizaciones piscícolas y tres sitios de muestreo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sign.
Modelo	1,76	8	0,22	0,79	0,6162	
Organización (O)	0,07	2	0,04	0,13	0,8793	Ns
Lugar de muestreo (L)	1,32	2	0,66	2,38	0,1210	Ns
O x L	0,37	4	0,09	0,33	0,8543	Ns
Error	4,99	18	0,28			
Total	6,75	26				
CV: 34,52%						

**Tabla 55.** Promedios para tres organizaciones piscícolas. Variable: Nitratos.

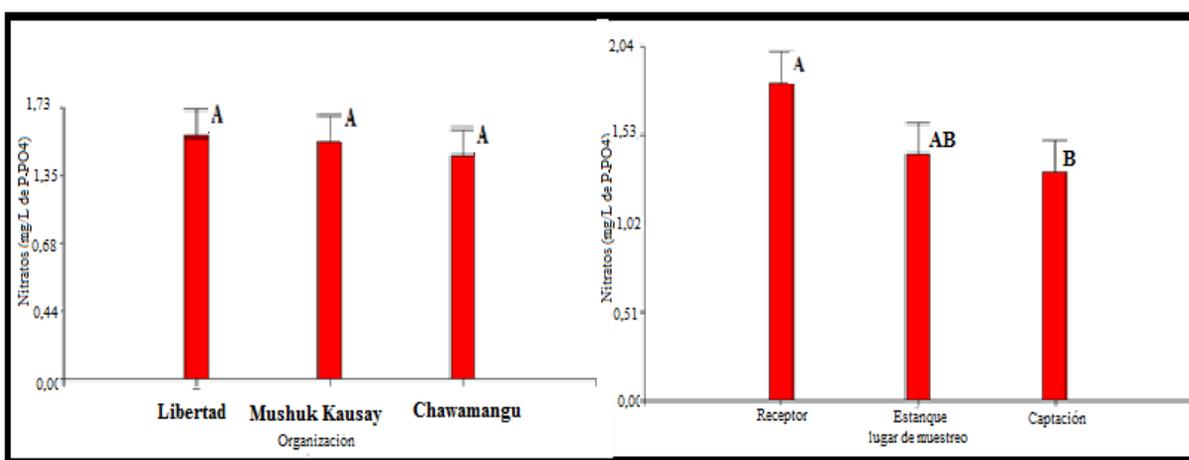
Organización	Promedios (mg/l de N-NO <sub>3</sub> )
Libertad	1,58
Mushuk Kausay	1,54
Chawamangu	1,46

**Tabla 56.** Promedios para tres lugares de muestreo. Variable: Nitratos.

Lugar de muestreo	Promedios (mg/l de N-NO <sub>3</sub> )
Receptor	1,83
Estanque	1,42
Captación	1,32

**Tabla 57.** Promedios para interacción Organización x Lugar de muestreo. Variable: Nitratos.

Organización	Lugar de muestreo	Promedios (mg/l de N-NO <sub>3</sub> )
Mushuk Kausay	Receptor	2,03
Libertad	Receptor	1,80
Chawamangu	Receptor	1,67
Libertad	Captación	1,53
Chawamangu	Estanque	1,50
Libertad	Estanque	1,40
Mushuk Kausay	Estanque	1,37
Mushuk Kausay	Captación	1,23
Chawamangu	Captación	1,20



**Gráfico 28.** Promedios para la Variable Nitratos en 3 organizaciones y 3 sitios de muestreo.

## **6.5 Correlaciones entre parámetros físico-químicos y géneros**

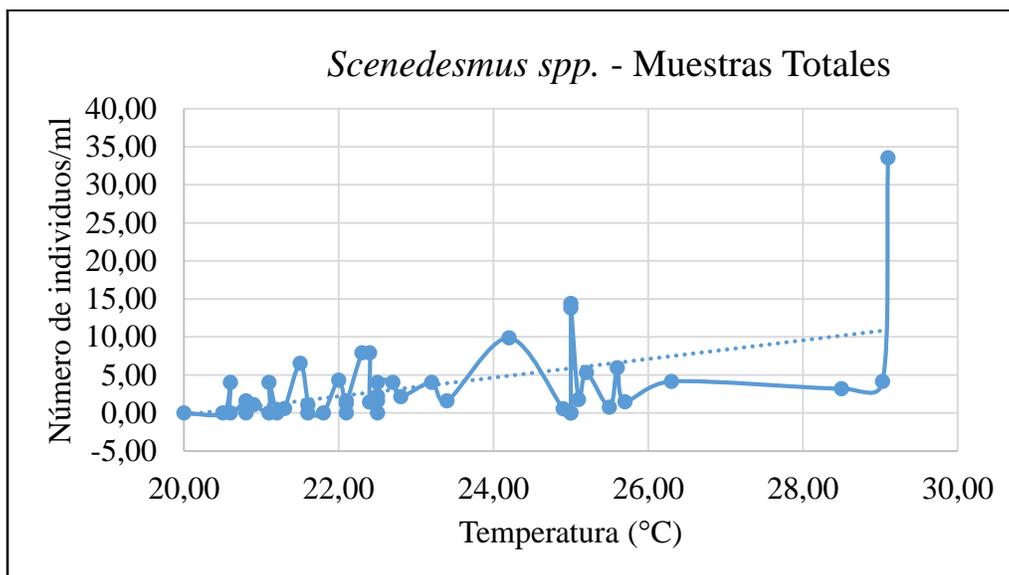
En el presente numeral se expone los resultados del análisis de correlación de Pearson para verificar la existencia de influencia mutua entre 2 variables: *parámetros físico-químicos* (independiente) y *número de individuos por mililitro* de cada género (dependiente) considerando todas las muestras obtenidas en los sistemas productivos y las muestras extraídas exclusivamente en los estanques.

En la Tabla 58 se presenta los valores del coeficiente de correlación de Pearson para cada relación entre variable dependiente e independiente y en los gráficos subsiguientes se analizan la tendencia en las correlaciones significativas.

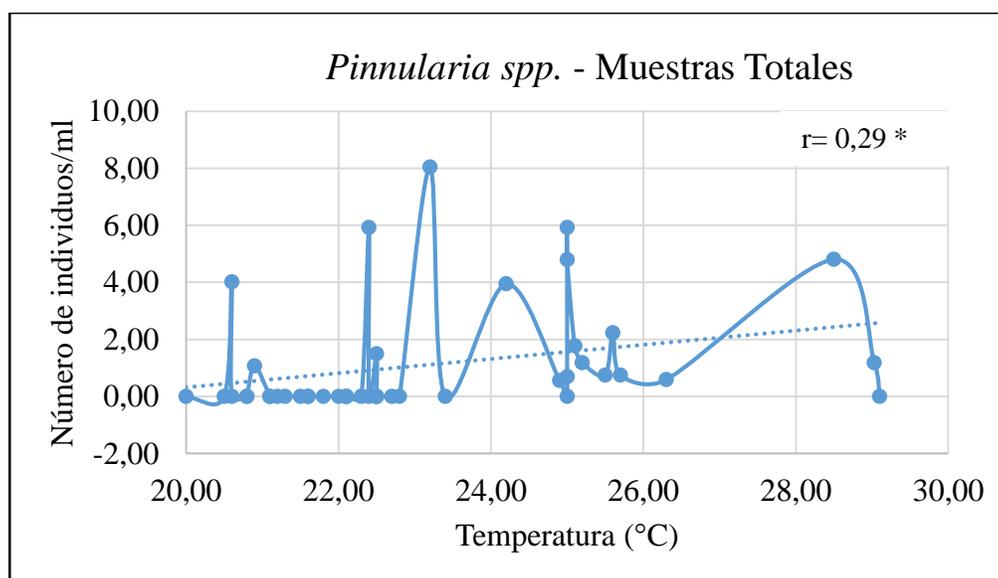
**Tabla 58.** Valores del coeficiente de correlación de Pearson entre variables dependientes e independientes.

<b>CORRELACIONES - DATOS COMPLETOS</b>				
<b>Variable Independiente</b>	<b>Variable Dependiente</b>	<b>r</b>	<b>Sign.</b>	<b>Rangos de Calf.</b>
Temperatura (°C)	<i>Scenesdesmus spp.</i>	0,49	**	gl= 43 < a 0,256 -- Ns > a 0,257 -- * > a 0,358 -- **
	<i>Volvox spp.</i>	0,09	Ns	
	<i>Pinnularia spp.</i>	0,29	*	
	Número total de individuos	0,27	*	
pH	<i>Scenesdesmus spp.</i>	0,37	**	
	<i>Volvox spp.</i>	0,03	Ns	
	<i>Pinnularia spp.</i>	-0,21	Ns	
	Número total de individuos	0,1	Ns	
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	<i>Scenesdesmus spp.</i>	-0,18	Ns	
	<i>Volvox spp.</i>	-0,15	Ns	
	<i>Pinnularia spp.</i>	-0,23	Ns	
	Número total de individuos	-0,24	Ns	
Oxígeno Disuelto (mg/l)	<i>Scenesdesmus spp.</i>	0,20	Ns	
	<i>Volvox spp.</i>	-0,15	Ns	
	<i>Pinnularia spp.</i>	-0,12	Ns	
	Número total de individuos	0,06	Ns	
Fosfatos (mg/l de P-PO <sub>4</sub> )	<i>Scenesdesmus spp.</i>	0,34	*	
	<i>Volvox spp.</i>	-0,04	Ns	
	<i>Pinnularia spp.</i>	-0,10	Ns	
	Número total de individuos	0,14	Ns	
Nitratos (mg/l N-NO <sub>3</sub> )	<i>Scenesdesmus spp.</i>	-0,16	Ns	
	<i>Volvox spp.</i>	-0,13	Ns	
	<i>Pinnularia spp.</i>	-0,10	Ns	
	Número total de individuos	-0,03	Ns	
<b>CORRELACIONES – ESTANQUES</b>				
<b>Variable Independiente</b>	<b>Variable Dependiente</b>	<b>r</b>	<b>Sign.</b>	<b>Rangos de Calf.</b>
Temperatura (°C)	<i>Scenesdesmus spp.</i>	0,47	*	gl= 13 < a 0,440 -- Ns > a 0,441 -- * > a 0,592 -- **
	<i>Volvox spp.</i>	-0,16	Ns	
	<i>Pinnularia spp.</i>	-0,13	Ns	
	Número total de individuos	-0,05	Ns	
pH	<i>Scenesdesmus spp.</i>	0,76	**	
	<i>Volvox spp.</i>	0,2	Ns	
	<i>Pinnularia spp.</i>	-0,07	Ns	
	Número total de individuos	0,23	Ns	
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	<i>Scenesdesmus spp.</i>	-0,05	Ns	
	<i>Volvox spp.</i>	-0,11	Ns	
	<i>Pinnularia spp.</i>	-0,07	Ns	
	Número total de individuos	-0,19	Ns	
Fosfatos (mg/l de P-PO <sub>4</sub> )	<i>Scenesdesmus spp.</i>	0,65	**	
	<i>Volvox spp.</i>	-0,06	Ns	
	<i>Pinnularia spp.</i>	-0,35	Ns	
	Número total de individuos	0,29	Ns	

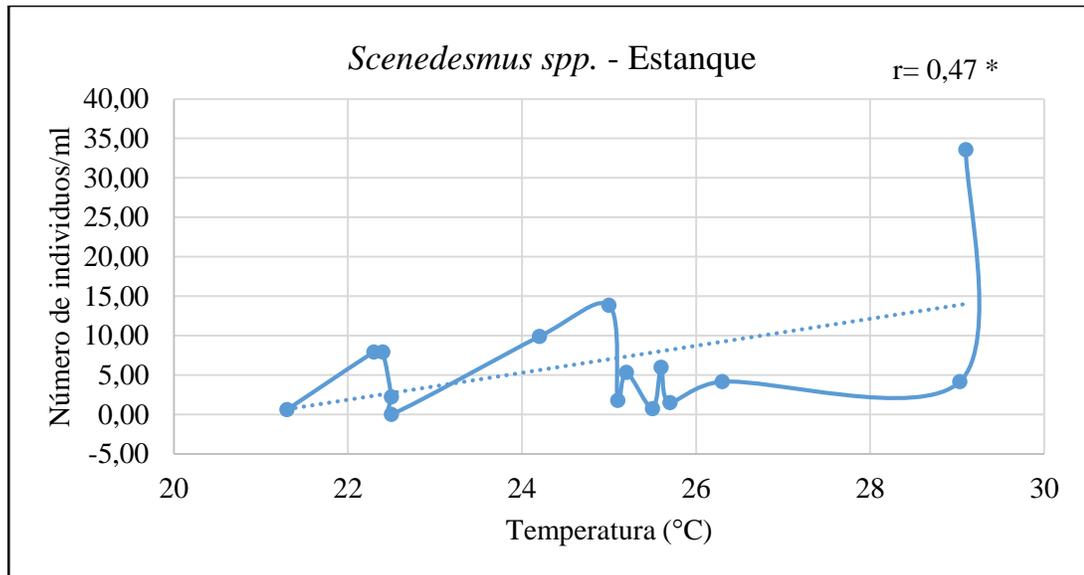
Elaboración: Autor



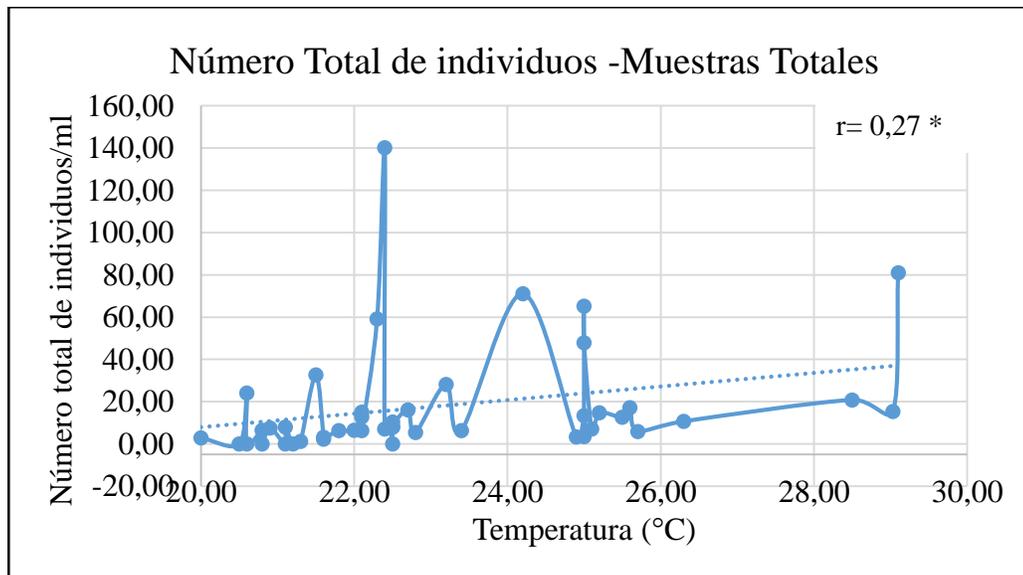
**Gráfico 29.** Correlación de Pearson entre Temperatura (°C) y número de individuos de *Scenedesmus spp.* para muestras totales.



**Gráfico 30.** Correlación de Pearson entre Temperatura (°C) y número de individuos de *Pinnularia spp.* para muestras totales.

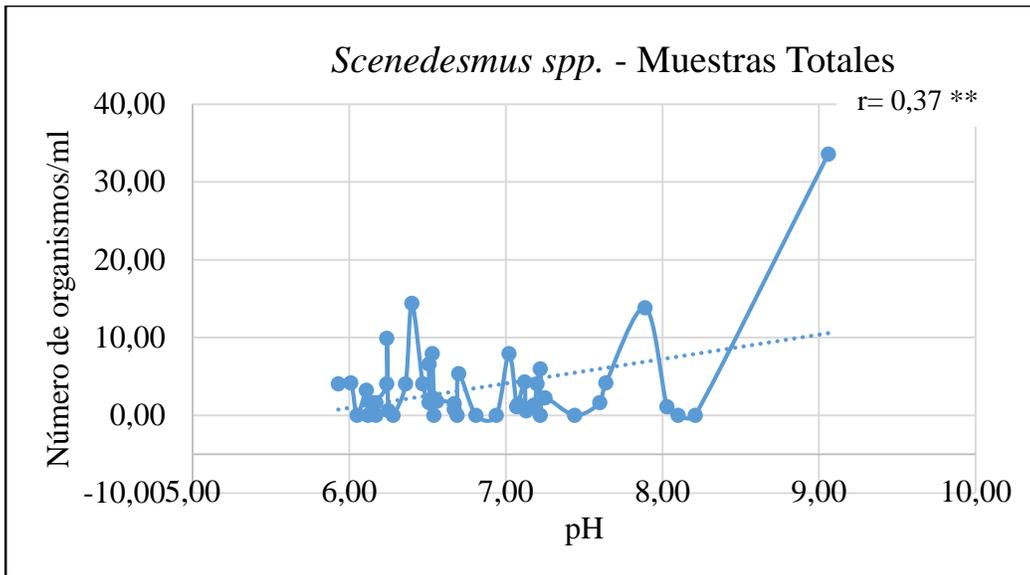


**Gráfico 31.** Correlación de Pearson entre Temperatura y número de individuos de *Scenedesmus spp.* para estanques.

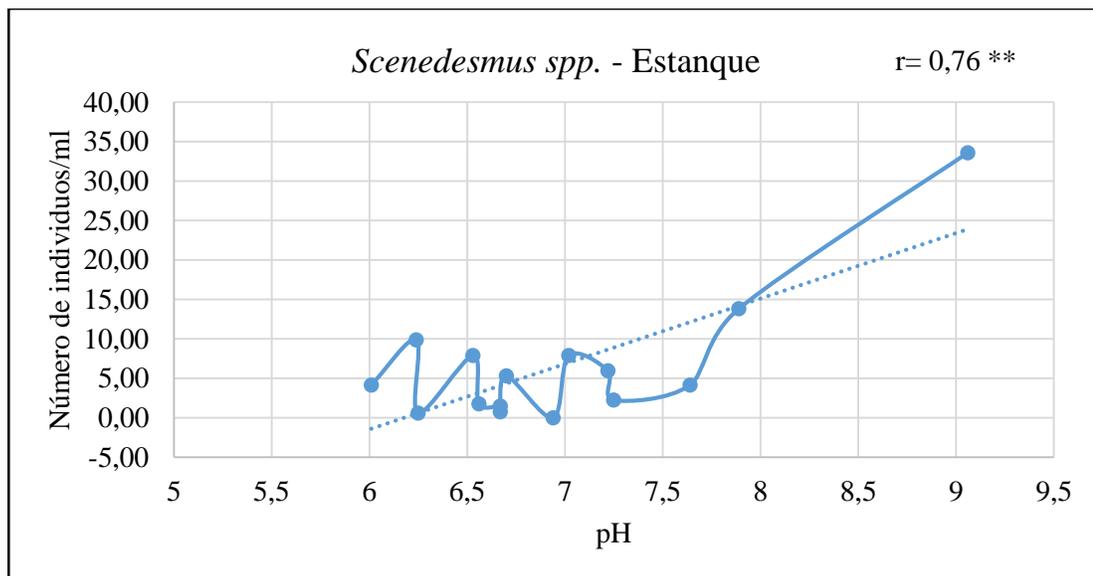


**Gráfico 32.** Correlación de Pearson entre Temperatura y número total de individuos para muestras totales.

El Grafico 29 se observa que el coeficiente de correlación de Pearson se comprueba una correlación significativa al 1% entre las variables Temperatura y *Scenedesmus spp.* El en Gráfico 30 se observa también que dicho coeficiente mantiene una correlación significativa al 5% entre las variables Temperatura y *Pinnularia spp.* (en ambos casos respecto a Muestras Totales). En el Gráfico 31 se observa una correlación significativa al 5% entre las variables Temperatura (°C) y *Scenedesmus spp.*-Estanque. En el Gráfico 32 se observa una correlación significativa al 5% entre las variables Temperatura y Número total de individuos-Muestras Totales. Esto implica que a mayor temperatura dentro del rango comparado, aumenta la abundancia de ambos tipos de individuos. Esto concuerda con lo expresado por Benavente-Valdés *et al* (2012), debido a que la temperatura es un factor importante para el crecimiento de las microalgas y el desarrollo de los individuos. Según Mehlitz (2009), la temperatura óptima para el desarrollo de microalgas se encuentra generalmente entre los 17 y 34 °C. Además, Roldán (2008) expresa que la temperatura es un factor que influye en la proliferación y supervivencia de poblaciones de microorganismos, lo cual podría ser beneficioso para el establecimiento de individuos de fitoplancton y zooplancton.

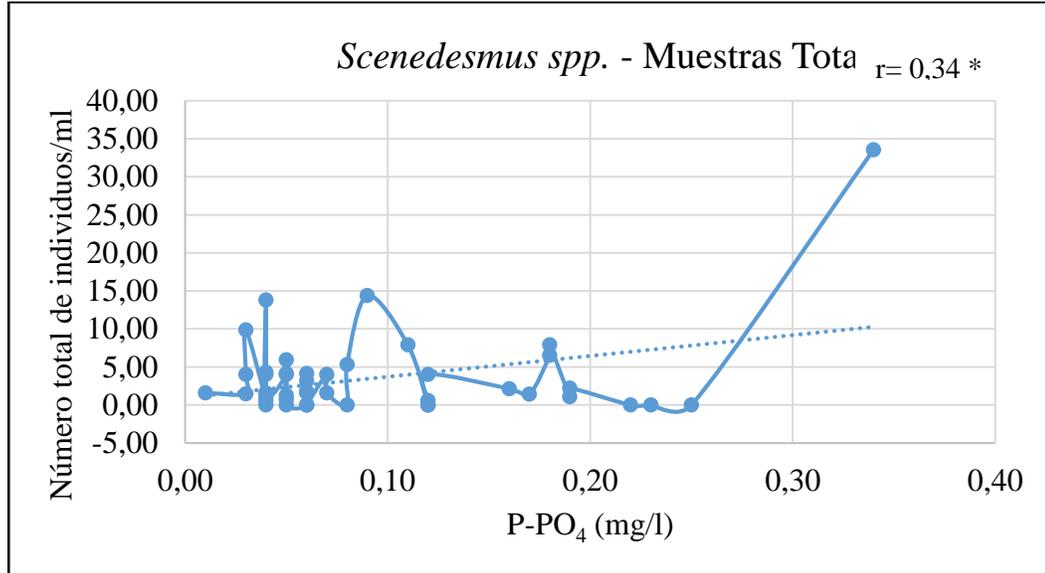


**Gráfico 33.** Correlación de Pearson entre pH y número de individuos de *Scenedesmus spp.* para muestras totales.

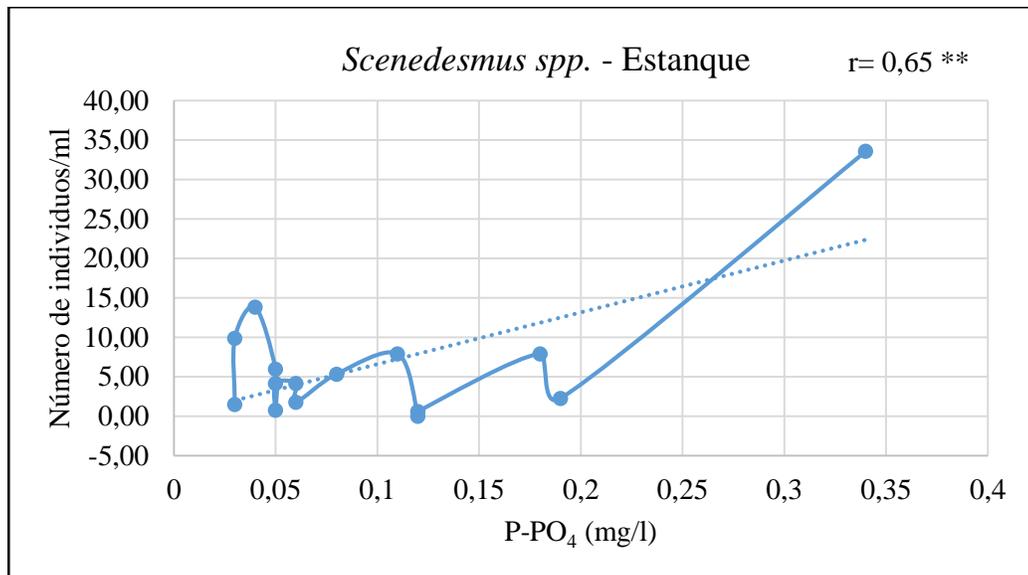


**Gráfico 34.** Correlación de Pearson entre pH y número de individuos de *Scenedesmus spp.* para estanques.

En el Gráfico 33 se observa que el coeficiente de correlación Pearson se comprueba una correlación significativa al 1% entre las variables pH y *Scenedesmus spp.*-Muestras Totales. El en Gráfico 34 se observa también que dicho coeficiente mantiene una correlación significativa al 1% entre las variables pH y *Scenedesmus spp.*-Estanque. Al respecto Moreno L. y Pacheco L. (1999), definieron que en sistemas lacustres el pH es la variable ambiental que más influye en la población de zooplancton respecto a otros factores físico-químicos. Los resultados para este género difieren de lo expresado por Roldán (2008), quien afirma que los valores de pH neutros se asociarían a un establecimiento y desarrollo favorable de poblaciones de algunos grupos de fitoplancton y zooplancton.



**Gráfico 35.** Correlación de Pearson entre P-PO<sub>4</sub> (mg/l) y número de individuos de *Scenedesmus spp.* para muestras totales.



**Gráfico 36.** Correlación de Pearson entre Fosfatos P-PO<sub>4</sub> (mg/l) y número de individuos de *Scenedesmus spp.* para estanques.

En el Gráfico 35 se observa que el coeficiente de correlación de Pearson se comprueba una correlación significativa al 5% entre las variables P-PO<sub>4</sub> (mg/l) y *Scenedesmus spp.*-Muestras Totales. En el Gráfico 36 se observa también que dicho coeficiente mantiene una correlación significativa al 1% entre las variables P-PO<sub>4</sub> (mg/l) y *Scenedesmus spp.*-Estanque. Esto implica que a mayor concentración de Fósforo P-PO<sub>4</sub> (mg/l) dentro del rango comparado, aumentaría la abundancia de individuos de *Scenedesmus spp.* por volumen. Esto concuerda con lo expresado por Andrade *et al.* (2009) debido a que este género se desarrolla con mayor facilidad en aguas con alta concentración de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno por lo que se constituye un medio apropiado para su crecimiento y supervivencia.

## 7. CONCLUSIONES

- El proceso de producción en los sistemas productivos de La Isla se basó en una serie de etapas. Para el inicio de este proceso se seca y prepara los estaqués, se realiza la limpieza de los bordes y fondo de los estanques. Luego de estas actividades se realiza al encalado del lugar para proseguir con el llenado. A continuación se procedió a la colocación de alevines. El ciclo promedio de crecimiento que tienen los peces es de 5 a 6 meses, durante este tiempo se realiza la alimentación (2 a 4 veces al día durante todos los días). Al culminar con el tiempo de crianza se realiza la cosecha de los peces..
- En los resultados del conteo de fitoplancton y zooplancton realizado en los sistemas productivos estudiados, se encontró la existencia de un promedio de 90,11 individuos/ml de agua. Se logró registrar un total de 16 géneros de los cuales los más representativos fueron *Scenedesmus spp.*, con 162,36 individuos /ml, *Volvox*, con 204,05 individuos /ml, *Prorocentrum,spp.* con 191,35 individuos/ml y *Cosmarium spp.* 122,97 individuos/ml. La mayor presencia de individuos de fitoplancton y zooplancton se registró en el estanque de la organización Chawamangu 416,74 individuos /ml, lo cual podía ser atribuido a que dicho estanque cumple con valores de parámetros físico-químicos ubicados en rangos favorables para el desarrollo y crecimiento de los microorganismos.
- En los resultados del análisis físico-químico realizado en las captaciones, estanques y cuerpos receptores, se demostró que no existen variaciones estadísticas para los parámetros pH, OD, Fosfatos (P-PO<sub>4</sub>) y Nitratos (N-NO<sub>3</sub>). Respecto a temperatura se puede demostrar que la misma alcanza niveles superiores a nivel de estanque, atribuible al estancamiento de las aguas, la radiación solar, descomposición de la materia orgánica y calor del suelo. Y en relación a Conductividad Eléctrica se encontró valores estadísticamente superiores a nivel de receptor y la organización Mushuk Kausay atribuibles al origen geológico de los cuerpos hídricos.

- Se encontraron 5 correlaciones significativas entre parámetros Físico-Químicos y número de individuos a nivel general y 3 correlaciones significativas entre dichos parámetros y el número de individuos a nivel de estanque. En estos resultados se demostró la correlación positiva existente entre el incremento de pH, temperatura y concentración de fosfatos y las poblaciones del género *Scenedesmus spp.*, tanto a nivel general como de estanque. A nivel de todas la muestras se encontró la existencia de correlación positiva entre la temperatura y la concentración del genero *Pinnularia spp.*

## 8. RECOMENDACIONES

- Realizar una futura investigación en las aguas de las organizaciones piscícolas con la utilización de diferentes parámetros Físico-Químicos a los utilizados en el estudio como: dureza, calcio, aluminio, potasio, etc. con la finalidad de analizar la influencia que podrían tener en el comportamiento en las poblaciones del plancton.
- Profundizar sobre la clasificación taxonómica del fitoplancton y zooplancton encontrado en este estudio con la finalidad de obtener resultados a nivel de especie.
- Relacionar los resultados del presente estudio con información que permita cuantificar los niveles de beneficio o afectación a la productividad.
- Realizar estudios con metodologías diferentes de muestreo y análisis que permitan establecer comparaciones con los métodos utilizados en el siguiente estudio para de esta manera establecer el método más apropiado a las condiciones del sector.

## 9. RESUMEN

Se realizó un estudio de la abundancia y diversidad de fitoplancton y zooplancton en los sistemas de producción piscícola de las organizaciones Libertad, Chawamangu y Mushuk Kausay en la zona geográfica denominada "La Isla", ubicada en la Parroquia Madre Tierra del Cantón Mera, proponiendo como objetivos: Realizar una descripción del proceso de producción en el sistema productivo piscícola con especial detalle en los aspectos relacionados con el recurso hídrico, determinar la abundancia y diversidad del fito y zooplancton en los sistemas de producción estudiados y cuerpos hídricos en los cuales se realizan las actividades de captación y descarga, caracterizar las condiciones físico-químicas del agua de los estanques de producción y cuerpos receptores mediante nueve parámetros y analizar la relación existente entre la abundancia y diversidad de poblaciones de fitoplancton y zooplancton y las condiciones físico-químicas del agua junto a sus implicaciones ambientales.

En los factores de estudio analizados se consideró como variables independientes a las características físicas generales y organizaciones piscícolas; y como variables dependientes a las poblaciones de fito y zooplancton, y a la calidad físico-química del agua. Los métodos empleados para la realización del estudio comprendieron en el reconocimiento de la zona y acercamiento a las organizaciones piscícolas para de esta manera levantar información de campo incluyendo aspectos relacionados con la organización productiva, la determinación de la procedencia del recurso hídrico; la colecta de las muestras se realizó bajo la metodología de red de fitoplancton y por botella en los diferentes sitios establecidos como fueron captación, estanque y receptor; el conteo de fitoplancton y los análisis de los parámetros Físico-Químicos se los realizaron en los laboratorios de Química y Biología de la UEA.

Finalmente se determinó la diversidad y abundancia del fito y zooplancton y su importancia ambiental en el proceso productivo, relacionándolo con los parámetros físico-químicos para de esta manera establecer si existe influencia sobre el crecimiento y desarrollo de los individuos. La información encontrada se sistematizó mediante estadística descriptiva y se aplicó análisis de correlación para

determinar la asociación entre variables relacionadas con los organismos y los parámetros Físico-Químicos.

Los resultados del estudio permitieron determinar que existieron 16 géneros de los cuales los más representativos fueron: 162,02 individuos de *Scenedesmus spp./ml* de agua, 204,06 individuos de *Volvox spp./ml* de agua, 191,35 individuos *Prorocentrum spp./ml* de agua y 122,97 individuos *Cosmarium spp./ml* de agua, y que es en la organización Chawamangu en donde se encontró la mayor cantidad de organismos (593,40 individuos/ml) y especial en su estanque en donde se presentaron 416,75 individuos/ml de agua, es decir la mayor concentración de fitoplancton y zooplancton. Esto fue atribuido ya que en dicho estanque existen las condiciones necesarias para el desarrollo y crecimiento de los organismos.

## 10. SUMMARY

It was made a research on the abundance and diversity of phytoplankton and zooplankton in fish production organization systems of Libertad, Chawamangu and Mushuk Kausay in the geographical area called The Island, located in the parish of Mera, province of Pastaza proposing the following objectives:

- Provide a description of the production process in the fish production system with special attention on issues related to water resources.
- Determine the abundance and diversity of phytoplankton and zooplankton in production systems that has been studied, and water bodies, in which activities are performed intake and discharge.
- Characterizing the quality of water production ponds and containers using nine physicochemical parameters.
- Analyze the relationship between abundance and diversity of phytoplankton and zooplankton populations and water quality with their environmental implications.

In this study were taken into account as independent variables to general physical characteristics and fish organizations; and as dependent variables were considered the fish production and physicochemical water quality. The methods used for this study were the recognition of the zone and the approach to the fishing areas in order to gather information on the field, including aspects related to the organization of production and the determination of the origin of water resources. The collection of samples was carried out under the methodology of network and bottle phytoplankton. Different sites were established as catchment pond and receiver. Phytoplankton counts and analyzes of the physical-chemical parameters are performed in the laboratories of Chemistry and Biology at the UEA.

Finally, the diversity and abundance of phytoplankton, and zooplankton was determined. The environmental importance in the production process is determined by relating it to the physic-chemical parameters to thereby establish whether there is influence on growth and development of organisms. Systematized information was found using descriptive statistics

and correlation analysis was applied to determine the association between variables related agencies and physicochemical parameters.

The study results allowed to determine that existed 16 genres of organisms of which the most representative were: 162,02 individuals of *Scenedesmus spp.*/ml of water, 204,06 of individuals of *Volvox spp.*/ml of water, 191,35 individuals of *Prorocentrum spp.*/ml of water and 122,97 individuals of *Cosmarium spp.*/ml of water. In the pond of the Chawamangu organization was where the highest concentration of phytoplankton and zooplankton occurs (593,40 individuals/ml). This was attributed because in that pond exists the necessary conditions for the development and growth of organisms.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Abbayes, H., M. Chadefaud, J. Feldmann, Y. De Ferré, H. Gausсен, P. Grassé, A. Prévot. 1989. Botánica Vegetales Inferiores. [https://books.google.com.ec/books?id=zjqqXtzghvoC&pg=PA320&dq=fitoplancton&hl=es&sa=X&ei=Xb9TVZfAF4i\\_ggSi04CADA&ved=0CCAQ6AEwAQ#v=onepage&q=fitoplancton&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=zjqqXtzghvoC&pg=PA320&dq=fitoplancton&hl=es&sa=X&ei=Xb9TVZfAF4i_ggSi04CADA&ved=0CCAQ6AEwAQ#v=onepage&q=fitoplancton&f=false). Consultado: 02/06/2015.
- Aguirre Solís, M. 2015. *Evaluación ambiental y plan de manejo para Mushuk Kausay, Chawamangu Isla, FPOAPP y Libertad, organizaciones piscícolas de la Isla Madre Tierra, Pastaza*. (Tesis previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental, inédito). Universidad Estatal Amazónica. Puyo.
- Amalfi, M. 1998. Lago Pellegrini-Características Limnológicas.
- Andrade, C., A. Vera, C. Cárdenas y E. Morales. 2009. Biomass production of microalga *Scenedesmus* sp. with wastewater from fishery. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia*. 32 (2).
- Benavente-Valdés, J., J. C. Montañez, C. N. Aguilar, A. Méndez-Zavala, B. Valdivia. 2012. Tecnología de cultivo de microalgas en fotobiorreactores. *Acta Química Mexicana*.
- Boyd, C. 2003. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. Department of Fisheries and Allied Aquacultures. Alabama.
- Buschamann, A. 2001. Impacto Ambiental de la Acuicultura: El estado de la investigación en Chile y el Mundo. Terram, Chile. p. 67.
- Chivatá, J. (Ed.), K. Farfán (Ed.) y L. López (Ed.). 2014. Cartilla ilustrada del fitoplancton y zooplancton del humedal de Córdova. Bogotá.

- Conde-Porcuna, J., E. Ramos-Rodríguez y R. Morales-Baquero. 2004. El zooplancton como integrante de la estructura Trófica de los ecosistemas lénticos. *Rev. Ecología y Medio Ambiente*. 13(2): 29-29.
- Corral, M., H. Grizel, J. Montes, E. Polanco. 2000. *La acuicultura: Biología, regulación, fomento, nuevas tendencias y estrategia comercial, I: Análisis del desarrollo de los cultivos: Medio, Agua y Especies*. Fundación Alfonso Martín Escudero, España.
- Cifuentes, J., M. Torres y M. Mondragón. 1997. *El Océano y sus recursos XI. Acuicultura*. México.
- Crites, R. y G. Tchobanoglous. 2000. *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*.
- Desnitski, A. 2000. Development and reproduction of two species of the genus *Volvox* in a shallow temporary pool. Biological Research Institute, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia. 1 (4): 195–198.
- Dodge, J. 1975. The Prorocentrales (Dinophyceae). Revision of the taxonomy within the genus *Prorocentrum*. *Bot. J. Linn. Soc.* 71:103-125.
- Escribano, R. y L. Castro. 2013. *Plancton y productividad*. <http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Libros/2013/BioMarina/10.pdf>. Consultado: 02/06/15.
- Espinoza, J., O. Amaya y R. Quintanilla. 2013. *Atlas de fitoplancton marino*. Universidad del Salvador.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2010. “El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2010”.
- FPOAPP (Federación provincial de organizaciones agrícolas y piscícolas de Pastaza). 2012. *Fortalecimiento Del Circuito Del Buen Alimento A Través De La Implementación*

de 18 Sistemas Piscícolas En La Provincia De Pastaza. Proyecto presentado al Ministerio de Inclusión Económica y Social, Instituto de Economía Popular y Solidaria.

Fuenmayor, G., L. Jonte, N. Rosales-Loaiza y E. Morales. 2009. Crecimiento de la cianobacteria marina *Oscillatoria sp.* MOF-06 en relación al pH en cultivos discontinuos. Rev. Soc. Ven. Microbiol. 29 (1).

Fuentes, F. y A. Massol-Deyá. 2002. Manual de laboratorios: Ecología de microorganismos. Universidad de Puerto Rico.

GADPPz (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza). 2015. Prefectura de Pastaza. <http://www.pastaza.gob.ec/pastaza/tarqui>. Consultado: 13/12/2015.

Guiry, M.D. y Guiry, G.M. 2015. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>. Consultado: 23/10/15.

Herron, M., A. Desnitskiy y R. Michod. 2010. Evolution of Developmental Programs in Volvox (Chlorophyta). J. Phycol. 46: 316–324.

Holdridge, L. 1982. Life Zone Ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. (Traducción del inglés por Humberto Jiménez): «Ecología Basada en Zonas de Vida», San José, Costa Rica: IICA. 1a. ed.

Huynh, M. y N. Serediak. 2006. Algae identification Field Guide. Agriculture and Agri-Food Canada. p. 40.

INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). 2011. Estación meteorológica Veracruz.

- Krohnert, M. 2006. Los impactos ambientales de la acuicultura, causas y efectos. 28(1): 89-98.
- Junta de Andalucía. 2010. Atlas de Microorganismos Planctónicos Presentes en los Humedales Andaluces, España.
- Loreto, C., N. Rosales, J. Bermúdez y E. Morales. 2003. Producción de pigmentos y proteínas de la cianobacteria anabaena PCC 7120 en relación a la concentración de nitrógeno e irradiancia. *Gayana Bot.* 60(2): 83-89.
- MAE (Ministerio del Ambiente Ecuador). 2015. Texto Único de Legislación Ambiental. Ecuador.
- MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca). 2002. Topografía de la Parroquia Madre Tierra. Ecuador.
- Mehlitz, TH. 2009. Temperature influence and heat management requirements of microalgae cultivation in photobioreactors. Tesis de Maestría. California Polytechnic State University, USA.
- Mora, J. y R. Escribano. 2013. Análisis automático de zooplancton utilizando imágenes digitalizadas: estado del conocimiento y perspectivas en Latinoamérica. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 41(1): 29-41.
- Moreno, L. y L. Pacheco. 1999. El zooplancton del lago de Nicaragua y la influencia de los parámetros físico – químicos.
- Mundo Pecuario. 2012. Manual de cultivo de tilapia.
- Oliva-Martínez, M., J. Godínez-Ortega y C. Zuñiga-Ramos. 2014. Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. *Rev. Mexicana de Biodiversidad.* p.8.

- Pla, Laura. 2006. Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), 583-590. Recuperado en 16 de febrero de 2016, de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442006000800008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000800008&lng=es&tlng=es).
- Prieto, M. 2006. Alimento vivo y su importancia en acuicultura. Dep. Ciencias Acuícolas.
- Quevedo, C., S. Morales y A. Acosta. 2008. Crecimiento de *Scenesmus sp.* en diferentes medios de cultivo para la producción de proteína microalgal. *Rev. Facultad química farmacéutica*. 15 (1): 25-31.
- Quiroz-Castelán, H., F. Molina-Astudillo y A. Ortega-Salas. 1999. Abundancia y diversidad del fitoplancton en estanques con policultivo de peces, utilizando fertilizantes orgánicos, inorgánicos y combinados. p. 3-12.
- Rapal, U. 2010. Contaminación y eutrofización del agua. Uruguay.
- Ryding, S. y W. Rast, (Eds.). 1992. El control de la eutrofización en lagos y pantanos. Ediciones Pirámide, Madrid y UNESCO, París. p. 375.
- Roldán, G. y J. J. Ramírez. 2008. Fundamentos de la limnología neotropical. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Román-Reyes, J., D. Castañeda-Rodríguez, H. Castillo-Ureta, R. Bojórquez-Domínguez y G. Rodríguez-Montes de Oca. 2014. Dinámica poblacional del rotífero *Brachionus ibericus* aislado de estanques para camarón, alimentado con diferentes dietas. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 42(5): 1159-1168.
- Romero, X. 2009. Manual de Piscicultura Rural a pequeña Escala en el Litoral ecuatoriana. Guía del Extensionista 1:1-5.

Saavedra, M. 2006. Introducción al Cultivo de Tilapia. Coordinación de Acuicultura, Departamento de Ciencias Ambientales y Agrarias, Facultad de Ciencia, Tecnología y Ambiente. Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua.

SECS (Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia de Suelo). 1986. Mapa geológico Nacional de la República del Ecuador.

Scenedesmus. 2015. *Encyclopædia Britannica*.  
<http://www.britannica.com/science/Scenedesmus>. Consultado: 13/10/2015

Setiowati, T., D. Furgonita. 2007. Biologi Interaktif.  
[https://books.google.com.ec/books?id=YeYAR\\_CL8aYC&pg=PA171&lpg=PA171&dq=plancton,+necton,+neuston,+perifiton&source=bl&ots=a3cZtDmgzS&sig=sUMM5hNySd8nt5W-H87PriQus7s&hl=es&sa=X&ved=0CGQQ6AEwDGoVChMIpdaam6fNyAIVxFweCh2F5A74#v=onepage&q=plancton%2C%20necton%2C%20neuston%2C%20perifiton&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=YeYAR_CL8aYC&pg=PA171&lpg=PA171&dq=plancton,+necton,+neuston,+perifiton&source=bl&ots=a3cZtDmgzS&sig=sUMM5hNySd8nt5W-H87PriQus7s&hl=es&sa=X&ved=0CGQQ6AEwDGoVChMIpdaam6fNyAIVxFweCh2F5A74#v=onepage&q=plancton%2C%20necton%2C%20neuston%2C%20perifiton&f=false). Consultado: 18/10/15.

Sierra, C. 2011. Calidad del agua, evaluación y diagnóstico. Medellín: Ediciones de la U.

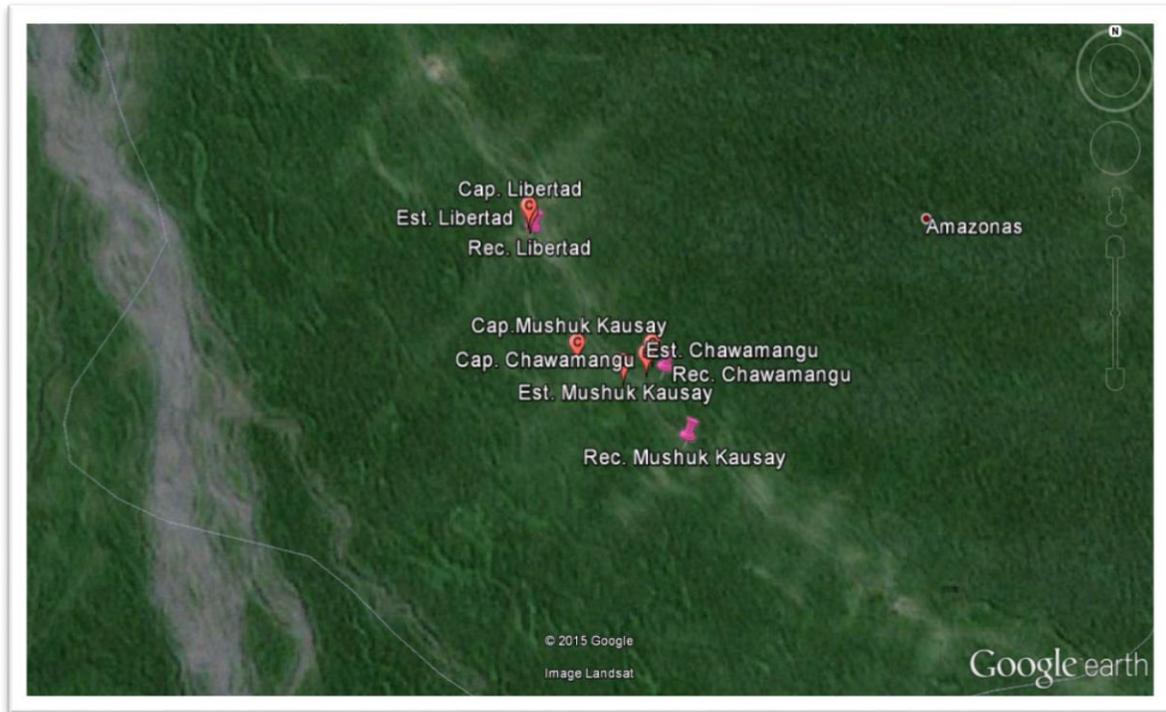
Silva, H.J., J.M. Luco, D.M. González y O.M. Baudino. 1994. Producción de metabolitos olorosos en un lago eutrófico por floraciones de *Anabaena spiroides*. Identificación de productos volátiles. *Acta toxicológica argentina*.

Spinetti, M., R. Foti, L. Ares y M. Viera. 2010. Manual básico de piscicultura en estanques. Dirección Nacional de Recursos Acuáticos, Montevideo. DINARA-FAO. p. 50.

Suárez, R., C. Buitrago y X. Sanclemente, (Eds.). 2004. Calidad del Recurso Hídrico de Bogotá D.C. Imprenta Nacional de Colombia Bogotá, D.C.

- Toledo, L. y A. Comas. 2011. Especies dulceacuícolas del género *Pinnularia* (Bacillariophyceae) de Cuba. Revista del Jardín Botánico Nacional. p. 285-292.
- UNE-EN (Una Norma Española). 1994: Calidad del agua: Determinación del oxígeno disuelto: método electroquímico. Asociación Española de Normalización y Certificación. p. 15.
- Vergara, M., H. Tabraue., M. González., L. Molina., M. Briz Miquel., A. Boyra., L. Gutiérrez y A. Ballesta. 2005. “Evaluación de Impacto Ambiental de Acuicultura en Jaulas en Canarias”. (Eds. Vergara Martín, J.M., Haroun Tabraue, R. y González Henríquez, N.) Oceanográfica, Telde. p. 110.
- Vicente, E., C. De Hoyos, P. Sánchez y J. Cambra. 2005. Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva MARCO del agua. Protocolos de muestreo y análisis para fitoplancton. Confederación Hidrográfica del Ebro.

## 12. ANEXOS



**Figura 3.** Ubicación aérea de los sistemas productivos (Captaciones, estanques, receptores) de las 3 organizaciones.

**Tabla 59.** Procedimiento de cálculo del Índice de Diversidad de Shannon-Weaver.

ORGANIZACIONES PISCÍCOLAS																											
Número de organismos / ml																											
GÉNEROS	Mushuk Kausay									Chawamangu									Libertad								
	Captación			Estanque			Receptor			Captación			Estanque			Receptor			Captación		Estanque		Receptor				
	ni	pi	pi*ln(pi)	ni	pi	pi*ln(pi)	ni	pi	pi*ln(pi)	ni	pi	pi*ln(pi)	ni	pi	pi*ln(pi)	ni	pi	pi*ln(pi)	ni	pi	pi*ln(pi)	ni	pi	pi*ln(pi)			
<i>Scenedesmus spp.</i>	8,5 9	0,3 8	-0,37	10,4 3	0,2 3	-0,34	2,17	0,0 7	-0,19	16	0,2 4	-0,34	73,08	0,1 8	-0,31	25	0,2 3	-0,34	8,01	0,1 7	-0,30	16,0 0	0,3 3	-0,37	3	0,12	-0,25
<i>Volvox spp.</i>	7,5 2	0,3 3	-0,37	11,1 7	0,2 4	-0,34	12,8 3	0,4 3	-0,36	32,1 7	0,4 7	-0,33	86,90	0,1 1	-0,68	33,4 2	0,3 1	-0,51	6,41	0,1 4	-0,86	4,74	0,1 0	-1,02	8,8 9	0,38	-0,42
<i>Oscillatoria spp.</i>	0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		4,02	0,0 6	-1,23	0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,00	
<i>Pinnularia spp.</i>	1,0 7	0,0 5	-0,14	5,21	0,1 1	-0,25	0,56	0,0 2	-0,07	12,0 6	0,1 8	-0,75	16	0,0 4	-1,42	4,8	0,0 4	-1,35	4,80	0,1 0	-0,99	4,74	0,1 0	-1,02	0,6 9	0,03	-1,53
<i>Centropyxis spp.</i>	1,0 7	0,0 5	-0,14	1,49	0,0 3	-0,11	4,21	0,1 4	-0,28	0	0,0 0		9,88	0,0 2	-1,63	1,92	0,0 2	-1,75	3,2	0,0 7	-1,16	6,52	0,1 3	-0,88	0,6 9	0,03	-1,53
<i>Paramecium spp.</i>	0	0,0 0		2,98	0,0 6	-0,18	0	0,0 0		0	0,0 0		1,98	0,0 0	-2,32	0	0,0 0		1,6	0,0 3	-1,46	1,19	0,0 2	-1,62	2,4 8	0,11	-0,97
<i>Closterium spp.</i>	1,0 7	0,0 5	-0,14	0	0,0 0		0,56	0,0 2	-0,07	0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		1,6	0,0 3	-1,46	0	0,0 0		1,9 7	0,08	-1,07
<i>Prorocentrum spp.</i>	3,2 2	0,1 4	-0,28	9,68	0,2 1	-0,33	5,73	0,1 9	-0,32	0	0,0 0		138,2 6	0,3 3	-0,48	3,84	0,0 4	-1,45	17,6 2	0,3 8	-0,42	10,6 7	0,2 2	-0,66	2,3 3	0,10	-1,00
<i>Peridinium spp.</i>	0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		6,55	0,0 6	-1,22	0	0,0 0		2,37	0,0 5	-1,32	0	0,00	
<i>Cosmarium spp.</i>	0	0,0 0		3,72	0,0 8	-0,20	1,43	0,0 5	-0,14	4,02	0,0 6	-1,23	88,88	0,2 1	-0,67	18,4 2	0,1 7	-0,77	0	0,0 0		2,96	0,0 6	-1,22	3,5 3	0,15	-0,82
<i>Pleurotaenium spp.</i>	0	0,0 0		0,74	0,0 2	-0,07	0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,00	
<i>Anabaena spp.</i>	0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		1,6	0,0 3	-1,46	0	0,0 0		0	0,00	
<i>Rotíferos</i>	0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		1,98	0,0 0	-2,32	0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,00	
<i>Amoeba spp.</i>	0	0,0 0		0,74	0,0 2	-0,07	0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,00	
<i>Chroococcus spp.</i>	0	0,0 0		0	0,0 0		2,51	0,0 8	-0,21	0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		1,60	0,0 3	-1,46	0	0,0 0		0	0,00	
<i>Navícula spp.</i>	0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,0 0		14,3 9	0,1 3	-0,88	0	0,0 0		0	0,0 0		0	0,00	
<b>SUBTOTAL (N)</b>	<b>22,55</b>			<b>46,17</b>			<b>30,01</b>			<b>68,35</b>			<b>416,75</b>			<b>108,29</b>			<b>46,43</b>			<b>49,18</b>			<b>23,28</b>		
<b>#esp (S)</b>	<b>16</b>			<b>16</b>			<b>16</b>			<b>16</b>			<b>16</b>			<b>16</b>			<b>16</b>			<b>16</b>			<b>16</b>		
<b>Índice Shannon H</b>	<b>1,45</b>			<b>1,88</b>			<b>1,65</b>			<b>3,88</b>			<b>9,83</b>			<b>8,27</b>			<b>9,58</b>			<b>8,09</b>			<b>7,59</b>		

Elaboración: Autor

**Tabla 60.** Tabla de muestreo de valores individuales de los individuos presentes por sitio de muestreo

Datos de Ubicación				Número de individuos / ml en campo																	
# Muestra	Organización	Repetición	Lugar de muestreo	<i>Scenedesmus spp.</i>	<i>Volvox spp.</i>	<i>Oscillatoria spp.</i>	<i>Pinnularia spp.</i>	<i>Centropyxis spp.</i>	<i>Paramecium spp.</i>	<i>Closterium spp.</i>	<i>Prorocentrum spp.</i>	<i>Peridinium spp.</i>	<i>Cosmarium spp.</i>	<i>Pleurotaenium spp.</i>	<i>Anabaena spp.</i>	<i>Amoeba spp.</i>	<i>Chroococcus spp.</i>	<i>Navicula spp.</i>	<i>Rotíferos</i>	Número total de individuos	
1	Mushuk Kausay	1	Captación	2,15	2,15	0	0	1,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,37
2	Mushuk Kausay	1	Estanque	1,49	0,74	0	0,74	1,49	0,74	0	0,74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,96
3	Mushuk Kausay	1	Receptor	0,56	1,12	0	0,56	0,56	0	0,56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,37
4	Chawamagu	1	Captación	4,02	12,06	4,02	8,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28,15
5	Chawamagu	1	Estanque	33,58	5,93	0	0	5,93	0	0	9,88	0	25,68	0,00	0	0	0	0	0	0	80,98
6	Chawamagu	1	Receptor	0	1,92	0	0	1,92	0	0	3,84	0	3,84	0	0	0	0	0	0	0	13,42
7	Libertad	1	Captación	3,20	3,20	1,60	4,80	0	1,60	1,60	4,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,82
8	Libertad	1	Estanque	4,15	1,78	0	1,19	6,52	0,59	0	0,59	0,59	0	0	0	0	0	0	0	0	15,41
9	Libertad	1	Receptor	0	1,37	0	0,69	0,69	0	0,69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,43
10	Mushuk Kausay	2	Captación	1,07	4,30	0	1,07	0	0	0	1,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,52
11	Mushuk Kausay	2	Estanque	2,23	4,47	0	1,49	0	0,74	0	0,74	0	0	0,74	0	0	0	0	0	0	10,43
12	Mushuk Kausay	2	Receptor	1,61	1,61	0	0,0	0	0	0	3,22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,44
13	Chawamagu	2	Captación	4,02	16,08	0	4,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,12
14	Chawamagu	2	Estanque	7,90	13,83	0	5,93	3,95	0	0	51,35	0	55,30	0	0	0	0	0	1,975	140,23	

**Tabla 61.** Tabla de muestreo de valores individuales de los individuos presentes por sitio de muestreo (continuación).

Datos de Ubicación				Número de individuos / ml en campo																	
# Muestra	Organización	Repetición	Lugar de muestreo	<i>Scenedesmus spp.</i>	<i>Volvox spp.</i>	<i>Oscillatoria spp.</i>	<i>Pinnularia spp.</i>	<i>Centropyxis spp.</i>	<i>Paramecium spp.</i>	<i>Closterium spp.</i>	<i>Prorocentrum spp.</i>	<i>Peridinium spp.</i>	<i>Cosmarium spp.</i>	<i>Pleurotaenium spp.</i>	<i>Anabaena spp.</i>	<i>Amoeba spp.</i>	<i>Chroococcus spp.</i>	<i>Navicula spp.</i>	<i>Rotiferos</i>	Número total de individuos	
15	Chawamagu	2	Receptor	6,55	13,10	0	0	0	0	0	0	6,55	6,55	0	0	0	0	0	0	0	<b>32,76</b>
16	Libertad	2	Captación	1,60	0	0	0	0	0	0	3,20	0	0	0	1,601	0	1,601	0	0	0	<b>8,01</b>
17	Libertad	2	Estanque	1,78	0,59	0	1,78	0	0	0	0,59	1,78	0,59	0	0	0	0	0	0	0	<b>7,11</b>
18	Libertad	2	Receptor	1,43	2,85	0	0	0	1,43	0	0	0	1,43	0	0	0	0	0	0	0	<b>7,13</b>
19	Mushuk Kausay	3	Captación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0,00</b>
20	Mushuk Kausay	3	Estanque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0,00</b>
21	Mushuk Kausay	3	Receptor	0	1,43	0	0	0	0	0	0	0	1,43	0	0	0	0	0	0	0	<b>2,86</b>
22	Chawamagu	3	Captación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0,00</b>
23	Chawamagu	3	Estanque	7,90	15,80	0	0	0	0	0	35,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>59,25</b>
24	Chawamagu	3	Receptor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0,00</b>
25	Libertad	3	Captación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0,00</b>
26	Libertad	3	Estanque	0,59	0,59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>1,19</b>
27	Libertad	3	Receptor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0,00</b>
28	Mushuk Kausay	4	Captación	4,30	0	0	0	0	0	1,07	1,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>6,45</b>

**Tabla 62.** Tabla de muestreo de valores individuales de los individuos presentes por sitio de muestreo (continuación).

Datos de Ubicación				Número de individuos / ml en campo																	
# Muestra	Organización	Repetición	Lugar de muestreo	<i>Scenedesmus spp.</i>	<i>Volvox spp.</i>	<i>Oscillatoria spp.</i>	<i>Pinnularia spp.</i>	<i>Centropyxis spp.</i>	<i>Paramecium spp.</i>	<i>Closterium spp.</i>	<i>Proocentrum spp.</i>	<i>Peridinium spp.</i>	<i>Cosmarium spp.</i>	<i>Pleurotaenium spp.</i>	<i>Anabaena spp.</i>	<i>Amoeba spp.</i>	<i>Chroococcus spp.</i>	<i>Nanocula spp.</i>	Rotíferos	Número total de organismos	
28	Mushuk Kausay	4	Captación	4,30	0	0	0	0	0	1,07	1,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>6,45</b>
29	Mushuk Kausay	4	Estanque	5,96	3,72	0	2,23	0	0,74	0	1,49	0	2,23	0	0	0,74	0	0	0	0	<b>17,13</b>
30	Mushuk Kausay	4	Receptor	0	7,54	0	0	2,51	0	0	2,51	0	0	0	0	0	2,51	0	0	0	<b>15,07</b>
31	Chawamagu	4	Captación	4,02	4,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>8,04</b>
32	Chawamagu	4	Estanque	9,88	19,75	0	3,95	0	1,98	0	35,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>71,10</b>
33	Chawamagu	4	Receptor	4,02	4,02	0	0	0	0	0	0	0	8,03	0	0	0	0	0	0	0	<b>16,07</b>
34	Libertad	4	Captación	1,60	1,60	0	0	1,60	0	0	8,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>12,81</b>
35	Libertad	4	Estanque	5,33	1,19	0	1,19	0	0,59	0	4,74	0	1,78	0	0	0	0	0	0	0	<b>14,81</b>
36	Libertad	4	Receptor	1,28	2,56	0	0	0	0	1,28	1,28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>6,39</b>
37	Mushuk Kausay	5	Captación	1,07	1,07	0	0	0	0	0	1,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>3,22</b>
38	Mushuk Kausay	5	Estanque	0,74	2,23	0	0,74	0	0,74	0	6,70	0	1,49	0	0	0	0	0	0	0	<b>12,66</b>
39	Mushuk Kausay	5	Receptor	0	1,13	0	0	1,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>2,27</b>
40	Chawamagu	5	Captación	4,02	0	0	0	0	0	0	0	0	4,02	0	0	0	0	0	0	0	<b>8,04</b>
41	Chawamagu	5	Estanque	13,83	31,60	0	5,93	0	0	0	5,93	0	7,90	0	0	0	0	0	0	0	<b>65,18</b>

**Tabla 63.** Tabla de muestreo de valores individuales de los individuos presentes por sitio de muestreo (continuación).

Datos de Ubicación				Número de individuos / ml en campo																	
# Muestra	Organización	Repetición	Lugar de muestreo	<i>Scenedesmus</i> spp.	<i>Volvox</i> spp.	<i>Oscillatoria</i> spp.	<i>Pinnularia</i> spp.	<i>Centropyxis</i> spp.	<i>Paramecium</i> spp.	<i>Clostridium</i> spp.	<i>Prorocentrum</i> spp.	<i>Peridinium</i> spp.	<i>Cosmarium</i> spp.	<i>Pleurotaenium</i> spp.	<i>Anabaena</i> spp.	<i>Amoeba</i> spp.	<i>Chroococcus</i> spp.	<i>Navicula</i> spp.	Rotíferos	Número total de individuos	
41	Chawamagu	5	Estanque	13,83	31,60	0	5,93	0	0	0	5,93	0	7,90	0	0	0	0	0	0	0	<b>65,18</b>
42	Chawamagu	5	Receptor	14,39	14,39	0	4,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,39	0	0	<b>47,95</b>
43	Libertad	5	Captación	1,60	1,60	0	0	1,60	0	0	1,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>6,41</b>
44	Libertad	5	Estanque	4,15	0,59	0	0,59	0	0	0	4,74	0	0,59	0	0	0	0	0	0	0	<b>10,67</b>
45	Libertad	5	Receptor	0	2,11	0	0	0	1,05	0	1,05	0	2,11	0	0	0	0	0	0	0	<b>6,32</b>
<b>TOTAL</b>				<b>162,02</b>	<b>204,06</b>	<b>5,62</b>	<b>49,74</b>	<b>28,97</b>	<b>10,22</b>	<b>5,20</b>	<b>191,35</b>	<b>8,92</b>	<b>122,97</b>	<b>0,74</b>	<b>1,60</b>	<b>0,74</b>	<b>4,11</b>	<b>14,39</b>	<b>1,98</b>	<b>814,56</b>	

Elaboración: Autor



Fotografía: Estanque Chawamangu  
Autor: Mayra Tamayo, 2015



Fotografía: Est. Libertad, colecta de plancton  
Autor: Mayra Tamayo, 2015



Fotografía: Capt. Libertad  
Autor: Mayra Tamayo, 2015



Fotografía: Capt. Mushuk Kausay, Eq.  
Multiparamétrico  
Autor: Mayra Tamayo, 2015



Fotografía: Est. Chawamangu  
Autor: Mayra Tamayo, 2015



Fotografía: Est. Chawamangu  
Autor: Mayra Tamayo, 2015



Fotografía: Capt. Libertad  
Autor: Mayra Tamayo, 2015



Fotografía: Estanque Mushuk Kausay  
Autor: Mayra Tamayo, 2015



Fotografía: Filtración de muestras, FQ.

Autor: Mayra Tamayo, 2015



Fotografía: Análisis de muestras, FQ.

Autor: Mayra Tamayo, 2015



Fotografía: Preparación de muestras, FQ.

Autor: Mayra Tamayo, 2015



Fotografía: Análisis de DQO

Autor: Mayra Tamayo, 2015



Fotografía: Muestra sobre cámara de Neubauer

Autor: Mayra Tamayo, 2015