

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**COMUNIDADES DE FITOPLANCTON Y ZOOPLANCTON EN SISTEMAS
PRODUCTIVOS PISCÍCOLAS DE CABECERAS DE BOBONAZA,
VERACRUZ, PASTAZA**

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

AUTORA

Kelly Katherine Rivera Freire

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Leo Rodríguez Badillo, MSc

Puyo-Pastaza-Ecuador

2015-2016

PRESENTACIÓN DEL TEMA

COMUNIDADES DE FITOPLANCTON Y ZOOPLANCTON EN SISTEMAS
PRODUCTIVOS PISCÍCOLAS DE CABECERAS DE BOBONAZA, VERACRUZ,
PASTAZA

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Dra. C. Laura Salazar, Ph.D.

Dr. C. Edison Segura Chávez, Ph.D.

Ing. Edison Suntasig, MSc

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Director del informe de investigación sobre el tema: “COMUNIDADES DE FITOPLANCTON Y ZOOPLANCTON EN SISTEMAS PRODUCTIVOS PISCÍCOLAS DE CABECERAS DE BOBONAZA, VERACRUZ, PASTAZA” de la autora: Kelly Katherine Rivera Freire, 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.

.....
Ing. Leo Rodríguez Badillo, MSc

AUTORÍA DEL TRABAJO

Los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “COMUNIDADES DE FITOPLANCTON Y ZOOPLANCTON EN SISTEMAS PRODUCTIVOS PISCÍCOLAS DE CABECERAS DE BOBONAZA, VERACRUZ, PASTAZA”. Como también los contenidos, ideas, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autora de este trabajo de grado.

AUTORA

.....
Kelly Katherine Rivera Freire

DERECHO DEL AUTOR

El autor 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.

AUTORA

.....
Kelly Katherine Rivera Freire

APROBACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: “COMUNIDADES DE FITOPLANCTON Y ZOOPLANCTON EN SISTEMAS PRODUCTIVOS PISCÍCOLAS DE CABECERAS DE BOBONAZA, VERACRUZ, PASTAZA”, de la autora de nombres y apellidos Kelly Katherine Rivera Freire, estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental.

Puyo, 28 de abril de 2016

Para constancia firman

.....
Dra. C. Laura Salazar, Ph.D.

.....
Dr. C. Edison Segura Chávez, Ph.D.

.....
Ing. Edison Suntasig, MSc

AGRADECIMIENTO

A Dios, por su infinito amor y bondad, creador de todas las cosas, mi fortaleza, mi refugio, mi amor y guía en todo momento, quien me da la vida, sabiduría e inteligencia para llegar a este punto de mi carrera e iniciar una nueva etapa en mi vida.

A mi familia, quienes han sido mi fortaleza para seguir adelante y me han apoyado en todo momento para poder cumplir cada objetivo y meta propuesta en mi vida.

A todos quienes de alguna manera formaron parte en esta etapa universitaria, amigos y compañeros que con esfuerzo y responsabilidad hemos logramos llegar hasta el final del camino. Un agradecimiento especial al Ing. Leo Rodríguez, por su tiempo, paciencia y enseñanzas brindadas para la realización de esta investigación. Finalmente un eterno agradecimiento a todos mis maestros que me impartieron sus conocimientos día a día y a esta prestigiosa universidad por abrirme sus puertas y prepararme como una profesional con actitud ética y responsabilidad social, al servicio de mi ciudad, provincia y mi País Ecuador.

DEDICATORIA

A mis padres Marco y Beatriz, por ser el pilar fundamental en mi vida, quienes con su ejemplo de perseverancia, su amor, su dedicación y palabras de aliento no me han dejado caer. Les dedico todo mi esfuerzo en reconocimiento al sacrificio que día a día hacen por mí. Es por ellos que soy lo que soy ahora, los amo con mi vida.

A mis hermanos y cuñados, por ser ese ejemplo de lucha y constancia, por su amor, paciencia, y apoyo incondicional en todo momento.

A mis sobrinos, mi motivación, inspiración y felicidad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN DEL TEMA	2
1. RESUMEN	16
2. SUMMARY	18
3. INTRODUCCIÓN.....	20
4. OBJETIVOS	22
4.1 Objetivo General	22
4.2 Objetivos Específicos.....	22
4.3 HIPÓTESIS.....	22
5. REVISIÓN DE LITERATURA	23
5.1. Piscicultura Artesanal	23
5.2. Plancton y su función en los ecosistemas	24
5.2.1. Fitoplancton	25
5.2.2. Zooplancton.....	25
5.2.3. Plancton como fuente alimenticia.....	26
5.2.4. Nutrientes del agua y su función en el crecimiento de fitoplancton.....	27
5.3. Aspectos ambientales frecuentes.	28
5.4. Marco Legal aplicable.....	29
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
6.1. Área de estudio y condiciones meteorológicas	30
6.2. Duración de la investigación.....	31
6.3. Materiales y equipos	32
6.3.1. Muestreo y análisis in situ:	32
6.3.2. Análisis ex situ (Laboratorio	32
6.3.3. Materiales para levantamiento de la información y movilización a las diferentes asociaciones.....	33
6.4. Factores de estudio.....	33
6.4.1. Variables independientes´.....	33
6.4.2. Variables dependientes	36
6.5. Procedimientos, diseño de la investigación y sustentación estadística de los resultados.	37
6.5.1. Reconocimiento de la zona y sistemas de producción	37
6.5.2. Toma de muestras.....	37

6.5.3.	Análisis en laboratorio.....	40
6.6.	Análisis estadístico.....	42
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
7.1.	Descripción física de la zona	43
7.1.1.	Características topográficas y edafológicas de Cabeceras del Bobonaza.....	43
7.1.2.	Condiciones climáticas	44
7.1.3.	Hidrografía.....	44
7.1.4.	Ubicación de las unidades productivas, captaciones y receptores.....	44
7.2.	Descripción del Proceso Productivo	45
7.2.1.	Etapas en el proceso productivo	46
7.3.	Calidad físico química del agua.....	49
7.3.1.	Temperatura C°.....	50
7.3.2.	Potencial de Hidrógeno (pH).....	53
7.3.3.	Conductividad Eléctrica (CE).....	56
7.3.4.	Oxígeno Disuelto.....	59
7.3.5.	Fosfatos.....	62
7.4.	Poblaciones de Fitoplancton y Zooplancton	65
7.4.1.	Número Total de Individuos.....	65
7.4.2.	Índice de Diversidad de Shannon-Weaver (H).....	69
7.4.3.	Navicula.....	72
7.4.4.	Prorocentrum	75
7.4.5.	Paramecium	77
7.4.6.	Cyclotella.....	79
7.5.	Asociación entre variables dependientes e independientes.	81
8.	CONCLUSIONES.....	91
9.	RECOMENDACIONES	93
10.	BIBLIOGRAFIA.....	94
11.	ANEXOS.....	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales Parámetros Meteorológicos en 2011 (Valores Promedio).....	31
Tabla 2. Ubicación geográfica de las cuatro organizaciones piscícolas	44
Tabla 3. Procedencia y cuerpos receptores de agua en las diferentes Organizaciones de Cabeceras del Bobonaza.....	45
Tabla 4. Alimentación de Tilapia en medios de cultivos en Cabeceras de Bobonaza	47
Tabla 5. Valores de los parámetros físico-químicos respecto a las cuatro Organizaciones y a los tres Lugares de Muestreo.	49
Tabla 6. ANOVA para Temperatura (°C) en cuatro organizaciones y tres lugares de muestreo.....	50
Tabla 7. ANOVA para Potencial de Hidrógeno (pH) en cuatro organizaciones y tres lugares de muestreo	53
Tabla 8. ANOVA para Conductividad Eléctrica en cuatro organizaciones y tres lugares de muestreo.....	56
Tabla 9. ANOVA para Oxígeno Disuelto en cuatro organizaciones y tres lugares de muestreo.....	60
Tabla 10. ANOVA para Fosfatos en cuatro organizaciones y tres lugares de muestreo.....	62
Tabla 11. Valores promedios de poblaciones de Fito y Zooplancton para todos los casos y géneros.....	66
Tabla 12. ANOVA para el Número total de individuos por ml. en cuatro organizaciones piscícolas y tres lugares de muestreo.....	67
Tabla 13. Cálculo del Índice de Diversidad de Shannon-Weaver para todos los sitios de muestreo.....	70
Tabla 14. ANOVA para Navicula número de individuos por ml. en cuatro organizaciones piscícolas y tres lugares de muestreo.....	72
Tabla 15. ANOVA para Prorocentrum número de individuos por ml. en cuatro organizaciones piscícolas y tres lugares de muestreo.....	75
Tabla 16. ANOVA para Paramecium número de individuos por ml. en cuatro organizaciones piscícolas y tres lugares de muestreo.....	77
Tabla 17. ANOVA para Cyclotella número de individuos por ml. en cuatro organizaciones piscícolas y tres lugares de muestreo.....	79

Tabla 18. Resultados significativos del coeficiente de correlación de Pearson entre variables dependientes e independientes.....	81
--	----

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Ubicación de los sistemas productivos a estudiarse	30
Gráfico 2. Muestreo con red de fitoplancton en estanque	38
Gráfico 3. Muestreo con red de fitoplancton en cuerpo receptor	38
Gráfico 4. Sonda multiparamétrica.....	39
Gráfico 5. Medición de turbidez con el disco Secchi.....	39
Gráfico 6. Preparación de muestra en cámara de Neubauer.....	40
Gráfico 7. Observación de fitoplancton.....	40
Gráfico 8. Muestras Filtradas	41
Gráfico 9. Determinación de fosfatos en el espectrofotómetro	41
Gráfico 10. Diagrama del proceso productivo piscícola en Cabeceras de Bobonaza	48
Gráfico 11. Valores promedios para Temperatura (C°) en cuatro organizaciones piscícolas.	51
Gráfico 12. Promedios y prueba de Tukey al 5% para Temperatura en tres lugares de muestreo.....	51
Gráfico 13. Valores promedios de Temperatura (C°) para interacción Organización*Lugar de Muestreo	52
Gráfico 14. Valores promedios para Potencial de Hidrógeno (pH) en cuatro Organizaciones piscícolas.	54
Gráfico 15. Promedios y prueba de Tukey al 5% para pH en tres Lugares de Muestreo.....	54
Gráfico 16. Valores Promedios y prueba de Tukey al 5% de pH para la interacción Organización por Lugar de Muestreo.....	55
Gráfico 17. Promedios y prueba de Tukey al 5% para Conductividad Eléctrica en cuatro Organizaciones	57
Gráfico 18. Promedios y prueba de Tukey al 5% para Conductividad Eléctrica en tres lugares de muestreo.	57
Gráfico 19. Promedios y prueba de Tukey al 5% para Conductividad Eléctrica en la interacción Organización por Lugar de Muestreo.	58
Gráfico 20. Valores promedios para Oxígeno Disuelto en cuatro organizaciones piscícolas	60
Gráfico 21. Promedios y prueba de Tukey al 5% para Oxígeno Disuelto en tres lugares de muestreo.....	61

Gráfico 22. Promedios y prueba de Tukey al 5% para Oxígeno Disuelto en la interacción Organización por Lugar de Muestreo.	61
Gráfico 23. Valores promedios de Fosfatos (mg/L de P-PO ₄) para cuatro Organizaciones Piscícolas	63
Gráfico 24. Valores Promedios de Fosfatos (mg/L de P-PO ₄) para tres Lugares de Muestreo.	63
Gráfico 25. Valores Promedios de Fosfatos (mg/L de P-PO ₄) para la interacción Organización*Lugar de Muestreo	64
Gráfico 26. Prueba de Tukey al 5% para Número total de individuos en cuatro Organizaciones piscícolas.....	67
Gráfico 27. Prueba de Tukey al 5% para el Número total de individuos por ml. en tres Lugares de Muestreo.	68
Gráfico 28. Promedios para el Número total de individuos por ml. para interacción Organización por Lugar de Muestreo.	68
Gráfico 29. Cálculo del Índice de Diversidad de Shannon-Weaver a nivel de Captaciones	70
Gráfico 30. Cálculo del Índice de Diversidad de Shannon-Weaver a nivel de Estanques ...	71
Gráfico 31. Cálculo del Índice de Diversidad de Shannon-Weaver a nivel de Receptores .	71
Gráfico 32. Promedios y Prueba de Tukey al 5% para Navicula en cuatro Organizaciones piscícolas	73
Gráfico 33. Promedios y Prueba de Tukey al 5% para Navicula número de individuos por ml. en tres Lugares de Muestreo.....	73
Gráfico 34. Prueba de Tukey al 5% para Navicula número de individuos por ml. para interacción Organización por Lugar de Muestreo.	74
Gráfico 35. Promedios para Prorocentrum compressum en cuatro Organizaciones piscícolas	75
Gráfico 36. Promedios para Prorocentrum número de individuos por ml. en tres Lugares de Muestreo.	76
Gráfico 37. Promedios para Prorocentrum número de individuos por ml. para interacción Organización por Lugar de Muestreo.	76
Gráfico 38. Promedios para Paramecium en cuatro Organizaciones piscícolas.....	77
Gráfico 39. Promedios para Paramecium número de individuos por ml. en tres Lugares de Muestreo.	78

Gráfico 40. Promedios para Paramecium número de individuos por ml. para interacción Organización por Lugar de Muestreo.	78
Gráfico 41. Promedios para Cyclotella número de individuos por ml en cuatro Organizaciones piscícolas.....	79
Gráfico 42. Prueba de Tukey al 5% para Cyclotella número de individuos por ml. en tres Lugares de Muestreo.	80
Gráfico 43. Promedios para Cyclotella número de individuos por ml. para interacción Organización por Lugar de Muestreo.....	80
Gráfico 44. Correlación de Pearson entre Temperatura (°C) y Número de total de Organismos.....	82
Gráfico 45. Correlación de Pearson entre Temperatura (°C) y número de individuos por ml de Navicula.....	82
Gráfico 46. Correlación de Pearson entre Temperatura (°C) y número de individuos de Scenedesmus.....	83
Gráfico 47. Correlación de Pearson entre Temperatura (°C) y número de individuos de Proocentrum.....	83
Gráfico 48. Correlación de Pearson entre Temperatura (°C) y número de individuos de Oscillatoria.....	84
Gráfico 49. Correlación de Pearson entre Temperatura (°C) y número de individuos de Cosmarium.....	84
Gráfico 50. Correlación de Pearson entre Temperatura (°C) y número de individuos de Volvox.....	85
Gráfico 51. Correlación de Pearson entre pH y número de individuos de Proocentrum. ...	86
Gráfico 52. Correlación de Pearson entre pH y número de individuos de Pinnularia.....	86
Gráfico 53. Correlación de Pearson entre Oxígeno Disuelto y número de individuos de Volvox.....	88
Gráfico 54. Correlación de Pearson entre Oxígeno Disuelto y número de individuos de Anabaena.....	88
Gráfico 55. Correlación de Pearson entre Fosfatos P-PO ₄ (mg/L) y número de individuos de Cyclotella.....	90

1. RESUMEN

La presente investigación se basó en un estudio de la abundancia y diversidad de fitoplancton y zooplancton realizado en sistemas productivos piscícolas de las organizaciones La Delicia, Orquídeas de Manduro, Pitumsisa y Rancho Verde, inmersas en la comunidad “Cabeceras del Bobonaza” perteneciente a la Parroquia Veracruz del Cantón Pastaza. Proponiendo como objetivos: Describir los procesos productivos de la actividad piscícola en los cuales se involucra el recurso hídrico, determinar la abundancia y diversidad de fito y zooplancton en los sistemas de producción estudiados y cuerpos hídricos relacionados para fines de captación y descarga, caracterizar la composición físico-química del agua de los sistemas productivos y cuerpos receptores y realizar un análisis de la interrelación de las poblaciones de fito y zooplancton y la composición físico-química del agua desde una perspectiva ambiental.

En los factores de estudio analizados se consideró como variables independientes a las características físicas generales, y organización piscícolas y cuerpos hídricos relacionados; y como variables dependientes a las Poblaciones de fitoplancton y zooplancton, y a la composición físico-química del agua. La metodología con la cual se llevó a cabo la investigación abarcó, el reconocimiento de la zona de estudio, para levantamiento de información de campo incluyendo aspectos generales de los procesos productivos, la toma de muestras mediante el método de red de fitoplancton y por botella en cada una de las estaciones de muestreo establecidas: captación, estanque y receptor; conteo e identificación de fito y zooplancton, caracterización físico-química del agua, diseño estadístico: estadística descriptiva, análisis de varianza, correlación de Pearson e índice de diversidad Shannon-Weaver.

Los resultados de la investigación determinaron que la abundancia de Individuos Totales/mL en campo de fitoplancton y zooplancton fue de un promedio de 16,08; presentando mayor abundancia la Organización Rancho Verde con un promedio de 46,24 individuos presentes. Con respecto a lugares de muestreo la mayor abundancia se presentó en los estanques de producción con un promedio de 28,53, seguido de captaciones con 11,95 y una menor abundancia en receptores con 7,75. El género

Navicula presentó el mayor número de individuos, seguido de los géneros *Prorocentrum*, *Paramecium* y *Cyclotella* respectivamente. Las mayores diversidades de acuerdo al Índice de Shannon-Weaver se registraron en los estanques productivos de La Delicia con 2,15 y en Pitumsisa con 2,05. Con respecto a captaciones la mayor diversidad se presentó en Rancho Verde con 2,03 y menores diversidades en las organizaciones restantes con valores entre 1,52 y 0,97. Los cuerpos receptores presentaron bajas diversidades para todos los casos con valores entre 1,90 y 1,64. Se identificaron un total de 13 géneros.

La caracterización físico-química de cuerpos de agua determinó una mayor Temperatura a nivel de estanques con un promedio de 26,21 °C. El mayor valor de pH se registró en cuerpos Receptores con un pH de 7,48 considerado como ligeramente básico. La Conductividad eléctrica presentó mayor concentración de iones disueltos en la Organización la Delicia con 88,00 µS/cm, y a nivel de Lugares de Muestreo en Estanques con 69,64 µS/cm. Las concentraciones más altas para Oxígeno Disuelto se registraron en Captaciones y Receptores con 8,09 mg/L y 8,00 mg/L respectivamente. La concentración de Fósforo (P-PO₄) osciló entre 0,13 mg/L de P-PO₄ en la captación y estanque de Pitumsisa, y 0,39 en la captación de Orquídeas de Manduro.

Finalmente, en la relación entre variables físico químicas y abundancia de individuos, se encontró que la Temperatura mantiene una correlación positiva con respecto a la abundancia de Individuos Totales y de los géneros *Navicula*, *Scenedesmus*, *Prorocentrum*, *Oscillatoria*, *Cosmarium* y *Volvox*. El pH mostró una correlación inversa con relación a la abundancia de los géneros *Prorocentrum* y *Pinnularia*. Algo similar ocurre entre Oxígeno Disuelto y los géneros *Volvox* y *Anabaena*. Esta correlación inversa se presenta puesto que *Volvox* y *Anabaena* proliferan en ambientes eutróficos con niveles bajos de oxígeno, debido al consumo por respiración y oxidación de la materia orgánica. La variable Fosfatos P-PO₄ (mg/L) y el género *Cyclotella* presentaron por su parte, una correlación positiva, puesto que este género prolifera en aguas enriquecidas con P.

2. SUMMARY

This research was based on a study of the abundance and diversity of phytoplankton and zooplankton carried out in fish production systems of organizations La Delicia, Orquideas de Manduro, Pitumsisa and Rancho Verde, immersed in the community "Cabeceras de Bobonaza" belonging to the Parish Veracruz, Canton Pastaza. Proposing objectives: Describe the production processes of fish farming in which water resources are involved, determine the abundance and diversity of phytoplankton and zooplankton in production systems studied and water bodies related to the purposes of collection and discharge, characterizing the composition physical-chemical water production systems and receiving bodies and an analysis of the interaction of populations of phytoplankton and zooplankton and the physical and chemical composition of water from an environmental perspective.

In the study analyzed factors were considered as independent variables to the general physical characteristics, and fish organization and related water bodies; and as dependent populations of phytoplankton and zooplankton variables, and the physico-chemical composition of the water. The methodology which was carried out spanned research, recognition of the study area for gathering information field including general aspects of production processes, sampling by the method of phytoplankton net and bottle each of the sampling stations established: recruitment, pond and receiver; counting and identification of phytoplankton and zooplankton, water physico-chemical, statistical design characterization: descriptive statistics, analysis of variance, Pearson correlation and diversity index Shannon-Weaver.

The results of the investigation determined that the abundance of Total/mL Individuals field phytoplankton and zooplankton was an average of 16.08; introducing greater abundance Rancho Verde Organization with an average of 46.24 individuals present. With respect to sampling sites it showed the highest abundance in the production ponds with an average of 28.53, followed by deposits with 11,95 and lower abundance in receivers with 7,75. The genus *Navicula* had the highest number of individuals, followed by gender *Prorocentrum*, *Paramecium* and *Cyclotella* respectively. The greatest diversities according to Shannon-Weaver index

were recorded in production ponds of La Delicia with 2,15 and Pitumsisa with 2,05. With regard to raising the greatest diversity was presented in Rancho Verde with 2,03 and lower diversities in the remaining organizations with values between 1,52 and 0.97. Receiving bodies had low diversities for all cases with values between 1,90 and 1,64. A total of 13 genera were identified.

Physico-chemical characterization of water bodies determine a higher temperature level ponds with an average of 26,21 ° C. The higher pH value was recorded in bodies Receivers with a pH of 7,48 considered slightly basic. The electrical conductivity presented higher concentration of dissolved ions in the Organization Delicia with 88,00 µS/cm, and at the level of sampling sites in ponds with 69,64 µS/cm. The highest concentrations were recorded for Dissolved Oxygen in Captaciones and receivers with 8,09 mg/L and 8,00 mg/L respectively. The concentration of phosphorus (P-PO₄) ranged from 0,13 mg/L of in the recruitment and Pitumsisa pond, and 0.39 in raising orchids Manduro.

Finally, the relationship between physicochemical variables and abundance of individuals, it was found that the temperature has a positive correlation to the abundance of Total Individuals and genera *Navicula*, *Scenedesmus*, *Prorocentrum*, *Oscillatoria*, *Cosmarium* and *Volvox*. The pH showed an inverse correlation relative to the abundance of genres *Pinnularia* and *Prorocentrum*. Something similar happens between Dissolved Oxygen and *Volvox* and *Anabaena*. This inverse correlation is presented as *Anabaena* and *Volvox* proliferate in eutrophic environments with low oxygen levels, due to consumption by respiration and oxidation of organic matter. The Phosphates Variable P-PO₄ (mg/L) and gender *Cyclotella* meanwhile presented a positive correlation, since this genre proliferates in water enriched with P.

3. INTRODUCCIÓN

La acuicultura abarca todas aquellas acciones que tienen como objetivo primordial la producción, crecimiento y comercialización de organismos acuáticos animales o vegetales tanto de agua dulce, salobre o salada. Proporciona también el control en las diferentes etapas de desarrollo de los organismos hasta su cosecha, aportando los medios adecuados para su crecimiento y engorde (López *et al.*, 2003).

El cultivo de peces y otros organismos acuáticos es uno de los sectores productivos que ha experimentado un crecimiento mundial acelerado, la mayor parte de esta producción procede de la acuicultura rural a pequeña escala (Canal *et al.*, 2007). Latino América y el Caribe experimentaron el crecimiento más acelerado de la actividad acuícola en los últimos años, con una expansión mayor al 20% anual lo que contribuye con un 2.3% de la producción acuícola global. Los países que aportan la mayor producción en la región son Chile, Brasil, México y Ecuador (FAO, 2008).

La piscicultura, cultivo de peces, fue y sigue siendo la actividad más significativa dentro del volumen de la producción acuícola global, ya que representa una fuente de ingresos económicos y un medio de subsistencia para muchas familias (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 pertenecientes a aproximadamente 200 familias (FPOAPP, 2012).

La mayor cantidad de organizaciones de la FPOAPP se concentran en el área denominada “La Isla”, en la Parroquia Madre Tierra y en la zona de “Cabeceras de Bobonaza”, en la Parroquia Veracruz. Esta última zona constituye una gran extensión de bosque primario y semiintervenido, se encuentra rodeada por el río Bobonaza, donde habitan comunidades quichuas dedicadas principalmente a la piscicultura. La mayor parte de esta producción es para el autoconsumo y los excedentes se comercializan a nivel local principalmente.

Como toda actividad humana con fines productivos, la piscicultura genera diversos efectos sobre el medio ambiente que emergen del uso de recursos y de los procesos de producción involucrados en los sistemas piscícolas (Buschmann, 2001).

Esta actividad por si misma genera efectos negativos en los cuerpos receptores de agua que reciben grandes cantidades de desechos, como el alimento no consumido por los peces; antibióticos y sustancias químicas utilizadas en la producción y la introducción de especies exóticas que acaban poco a poco con las especies nativas (Velasco *et al.*, 2012).

Otro problema es el empleo de fertilizantes químicos ricos en P, C, N y K utilizados con el fin de incrementar la productividad natural del agua en los estanques piscícolas, sumándose a esto el aumento de la materia orgánica producida por los excrementos de los peces y sus alimentos no consumidos, generan un exceso de nutrientes que quedan disueltos en la columna de agua, produciendo fenómenos de eutrofización (Quintero, 2008).

Por lo cual la piscicultura debe desarrollarse como actividad sustentable que involucre una rentabilidad económica, compromiso ecológico y responsabilidad social, de manera que pueda satisfacer las necesidades de la población presente sin que sea un riesgo para que las futuras generaciones puedan hacerlo de la misma forma (Martínez Córdova *et al.*, 2010).

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 cuatro sistemas de producción piscícola del sector “Cabeceras del Bobonaza” que permita además relacionar los mismos con su importancia ambiental y productiva.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

- Caracterizar las comunidades de fito y zooplancton en cuatro sistemas de producción piscícola del Sector “Cabeceras del Bobonaza” (Parroquia Veracruz), junto a su relación e incidencia directa con parámetros físico-químicos del agua, a fin de establecer su influencia en la calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos relacionados.

4.2 Objetivos Específicos

- Describir los procesos productivos de la actividad piscícola en los cuales se involucra el recurso hídrico en el Sector “Cabeceras del Bobonaza” (Parroquia Veracruz).
- Determinar la abundancia y diversidad de fito y zooplancton en estanques de producción y cuerpos hídricos relacionados para fines de captación y descarga en el Sector “Cabeceras del Bobonaza” (Parroquia Veracruz).
- Caracterizar la composición física-química del agua de los sistemas productivos y cuerpos receptores en el Sector “Cabeceras del Bobonaza” (Parroquia Veracruz).
- Realizar un análisis de la interrelación de las poblaciones de fito y zooplancton y la composición físico-química del agua desde una perspectiva ambiental en el Sector “Cabeceras del Bobonaza” (Parroquia Veracruz)

4.3 HIPÓTESIS

La abundancia y diversidad de fito y zooplancton influyen en la calidad de agua de los cuerpos receptores de las aguas residuales generadas en los sistemas de producción piscícolas

5. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. Piscicultura Artesanal

La producción piscícola realizada en medios hídricos naturales o artificiales controlados enfocada en el cultivo racional y sistemático de peces, ha adquirido mucha importancia sobre todo en zonas rurales, de donde procede la mayor parte de producción de esta actividad (Canal *et al.*, 2007).

La piscicultura puede fácilmente integrarse a sistemas agrícolas tradicionales con varias ventajas, a más de ofrecer un aporte al ingreso económico de medianos y pequeños productores, permite la obtención de proteína animal de buena calidad aportando a la seguridad alimenticia en las zonas rurales (DINARA, 2010).

La piscicultura rural a pequeña escala, se ha desarrollado en regiones del Ecuador, en la Amazónica con el cultivo de varias especies nativas e introducidas y en la Sierra con especies como la trucha (Romero, 2009).

En la región Amazónica el cultivo de peces ha aumentado su volumen debido a la disponibilidad de recursos naturales y ambientes adecuados para el desarrollo de esta actividad, a la alta demanda para consumo humano, a la capacidad de distintas especies amazónicas de acoplarse a los medios de cultivo y a la oportunidad de generar ingresos económicos a muchas familias. Tanto la crianza y la comercialización de peces no conlleva gastos significativos como instalaciones sofisticadas, ni mano de obra y en parte la alimentación es natural ya que se nutren del fitoplancton y del zooplancton presentes en los cuerpos de agua (Lozano *et al.*, 2001).

Un aspecto ambiental positivo del sector piscícola radica en que los cuerpos de agua creados artificialmente, contribuyen a mantener la humedad en suelos vecinos y en el ambiente, con beneficios para flora y fauna en las zonas de influencia (DINARA, 2010).

Los procesos productivos en los cuales se involucra el recurso agua en la actividad piscícola son:

Llenado y fertilización: En un medio acuático con carencia de peces, antes de la siembra se recomienda que el cuerpo de agua sea fertilizado. **Siembra:** Consiste en la liberación de alevines a los estanques de cultivo, considerando la adaptación de los ejemplares al nuevo ambiente, controlando la temperatura. **Alimentación:** Para el proceso de crecimiento y supervivencia de los organismos acuáticos es importante conocer los requerimientos nutricionales de las especies para su correcto desarrollo. **Control básico:** Se recomienda realizar controles diarios de ciertas variables ambientales como: temperatura, oxígeno, pH y transparencia del agua semanalmente. **Recambios de Agua:** Para evitar el estrés y la muerte de peces por falta de oxígeno, el mal olor y la acumulación de alimento no consumido en el fondo (DINARA, 2010).

5.2. Plancton y su función en los ecosistemas

Comprenden aquellos organismos que viven suspendidos en medios acuáticos y por carecer de medios de locomoción o ser débiles, son arrastrados por los movimientos de las masas de agua. En su mayoría son organismos microscópicos, el plancton compuesto por vegetales toma el nombre de fitoplancton y el compuesto por animales es denominado zooplancton (Prieto, 2006).

El plancton se encuentra compuesto por microalgas, entre los diferentes grupos las diatomeas, y grandes cantidades de animales de pequeño tamaño como metazoarios (rotíferos) protozoarios, crustáceos (cladóceros), moluscos, vermes, y larvas de diferentes especies. El plancton varía de muchas maneras como en su composición en relación a organismos animales y vegetales presentes y al número de seres en un mismo volumen de agua. Lógicamente esto influye en la alimentación de los organismos que lo ingieren (Prieto, 2006).

5.2.1. Fitoplancton

Se denomina fitoplancton al conjunto de organismos microscópicos acuáticos con capacidad fotosintética, que habitan en ecosistemas acuáticos iluminados. Están compuestos de células simples y de sencilla organización, se encuentran flotando libremente y en suspensión en las masas de agua (Vicente *et al.*, 2005).

El fitoplancton está constituido por microorganismos integrados en diversos grupos: diatomeas, heterocontas, cianofíceas, escasas clorofíceas y un conjunto de organismos flagelados: dinoflagelados, silicoflagelados, cocolitofóridos, euglenidos (Balech, 1977).

La composición y abundancia de estos organismos varían de un medio acuático a otro, estando controlados por factores bióticos como la presencia y composición de zooplancton y factores abióticos como la luz, temperatura, salinidad y concentración de nutrientes (Tilman *et al.*, 1982).

Un factor necesario para el crecimiento de las algas es la luz. Mediante la fotosíntesis, el fitoplancton captura la energía solar para reducir el carbono inorgánico en carbono orgánico y producir oxígeno (Boyd *et al.*, 1998).

5.2.2. Zooplancton

El zooplancton es un grupo de microorganismos que habitan en medios acuáticos con movimientos controlados por las corrientes de agua, están constituidos esencialmente por rotíferos, animales unicelulares, protozoarios y crustáceos. Las comunidades de zooplancton de agua dulce están compuestas por animales con altas tasas de crecimiento y con capacidad para producir abundantes huevos de resistencia que mantienen su viabilidad durante décadas. El zooplancton es heterotrófico por lo cual tiene una relación de dependencia al fitoplancton para adquirir su alimento de forma disuelta o particulada (Conde *et al.*, 2004).

Según el tamaño se clasifican en microzooplancton: representado por rotíferos y nauplios de copépodos y metazooplancton: copépodos adultos y cladóceros (Paffenhofer, 1998). La composición de zooplancton está controlada por factores abióticos como la salinidad, temperatura y UV, y factores bióticos como presencia y tipo de fitoplancton y bacterias (Coman *et al.*, 2003).

El fitoplancton y zooplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas de los sistemas acuáticos (López *et al.*, 2001). Se desarrollan en ambientes lénticos que incluyen aguas estancadas como lagos, lagunas y embalses; y en ambientes lóticos de agua corriente, como los manantiales, ríos, arroyos, cascadas y canales (Oliva *et al.*, 2014).

5.2.3. Plancton como fuente alimenticia

En el desarrollo de la piscicultura el plancton es un grupo muy importante en cuanto a las características y fertilidad del medio acuático. La presencia de estos microorganismos en el agua determina la calidad de la misma y además constituye una relación directa para el buen desarrollo de las especies cultivadas. Una de las razones para la administración de alimentos vivos es que se tiene mayor variación en la dieta tornándose más nutritiva y equilibrada, estimulando su apetito, aportando a que su estado físico, crecimiento y producción mejore (Prieto, 2006).

Los organismos vivos representan el alimento natural de los peces, los cuales se originan en el medio acuático donde ellos habitan. Si exciten suficientes alimentos nutritivos que comer los peces crecerán de manera rápida y saludable.

La piscicultura se puede desarrollar bajo un sistema de alimentación mixta, donde el alimento natural corresponde al grupo de organismos planctónicos y el alimento suplementario a la utilización de balanceados para cada etapa de crecimiento. Dentro del fitoplancton se encuentran

diversos grupos de microalgas, principalmente diatomeas y clorofitas y dentro del zooplancton están organismos como los cladóceros, copépodos, el anostraco artemia y los rotíferos (Prieto, 2006).

La fertilización de estanques para estimular la producción planctónica, aporta nutrientes complementarios para los peces, por ejemplo microelementos del fitoplancton y zooplancton son 12%-15% de proteínas, 3%-7% grasa, cenizas 1%-4% y carbohidratos 71% (Lozano *et al.*, 2001). Se ha resaltado que la presencia de fitoplancton y zooplancton en piscinas de cultivo es fundamental para los organismos recién sembrados, debido que aportan elementos nutritivos esenciales que no se encuentran o son muy escasos en el alimento artificial (Coman *et al.*, 2003).

En la piscicultura se utilizan dos tipos de abono para la fertilización, el orgánico y el químico. El orgánico como estiércol de aves, cerdos, bovinos; mediante la adición de carbono, fosfatos y nitratos que se liberan de los mismos, incrementan la disponibilidad de nutrientes necesarios para la fotosíntesis y el aumento de fitoplancton como alimento vivo para los peces (DINARA, 2010).

Los abonos orgánicos como la gallinaza y la porquinaza son los más empleados en el sector rural para la piscicultura por ser de bajo costo y fácil accesibilidad. Dentro de los abonos químicos más empleados se encuentra el fitobloom (Lozano *et al.*, 2001).

5.2.4. Nutrientes del agua y su función en el crecimiento de fitoplancton

Tanto los organismos herbívoros y los factores físicos pueden incidir en el crecimiento de las poblaciones fitoplanctónicas en los medios acuáticos, pero a su vez esta producción algal está limitada por la presencia de sales nutritivas disponible en los estanques de cultivo. Los nutrientes más importantes en la productividad de fitoplancton además

del carbono, hidrógeno y oxígeno son el nitrógeno y el fósforo, si las concentraciones de unos de estos dos nutrientes aumenta en el medio acuático, el crecimiento del fitoplancton aumenta también (PAERL, 1982).

Concentraciones de fósforo total de 0,01 a 0,10 mg/L y de nitrógeno total de 0,10 a 0,75 mg/L están asociadas con densas poblaciones fitoplanctónicas (Boyd *et al.*, 1998).

Los organismos fitoplanctónicos están presentes en el medio ambiente del cultivo y su producción se puede estimular en los estanques por medio de la fertilización, empleando abonos orgánicos de cualquier especie, los más efectivos son la gallinaza y la porquinaza fresca o seca y abonos con componentes químicos como el 10-30-10 o el fitobloom (Vargas, 2000).

5.3. Aspectos ambientales frecuentes

El sector piscícola como toda actividad donde se aprovechen recursos naturales, puede ocasionar daños al ambiente. Los aspectos ambientales que se puede generar dependen de la especie utilizada para el cultivo, el método de cultivo, el tipo de alimentación y las condiciones hidrográficas (DINARA, 2010).

En cultivos donde se emplea la fertilización para la generación de plancton, un riesgo a originarse hacia los cuerpos receptores de agua de estos cultivos, es el incremento acelerado de algas conocido como un “bloom” de algas, consecuencia de elevadas concentraciones de nutrientes en el medio acuático, en especial fósforo. Las algas crecen muy rápido y poseen vida corta, esto da como resultado altas concentraciones de materia orgánica muerta que empieza a descomponerse, este proceso consume el oxígeno disuelto en el agua, ocasionando condiciones de hipoxia y reducción en la entrada de luz en la columna de agua. Las especies de animales y plantas mueren si no hay cantidades apropiadas de oxígeno (Rabassó, 2006).

Los fertilizantes orgánicos como la gallinaza y porquinaza utilizados en su gran mayoría en los sectores rurales, es importante que sean empleados con mucha precaución debido que liberan cantidades significativas de CO₂ el mismo que consume buena proporción de oxígeno disuelto (Vargas, 2000).

Otro de los temas de más atención en el desarrollo de la piscicultura a nivel global, es el impacto negativo ocasionado por la introducción de especies exóticas a los medios de cultivo, que al introducirse a los cuerpos de agua receptores, puede generar alteraciones como la introducción de agentes infecciosos afectando a las especies autóctonas existentes (DINARA, 2010).

5.4.Marco Legal aplicable

Para la ejecución del presente trabajo se han considerado las siguientes normas jurídicas:

- Constitución de la República del Ecuador 2008, Registro oficial N° 449 de 20-Octubre-2008.
- Ley de Gestión Ambiental, Registro Oficial Suplemento N° 418 de 10-Septiembre-2004.
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamientos del Agua, Registro Oficial N° 305 de 06-Agosto-2014.
- Acuerdo Ministerial 028, sustitución al libro VI del texto unificado de legislación secundaria, edición especial N^a270, 13-septiembre-2015
- Acuerdo ministerial 068, reforma al texto unificado de legislación secundaria del libro VI, título I del sistema Único de Manejo ambiental (SUMA), edición especial N^a 33, 31-julio-2013.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Área de estudio y condiciones meteorológicas

El estudio se realizó en la zona “Cabeceras de Bobonaza”, en la parroquia Veracruz, Cantón Pastaza; para la investigación fueron participes 4 organizaciones:

- La Delicia
- Orquídeas de Manduro
- Pitumsisa
- Rancho Verde.

La ubicación geográfica de estas unidades productivas se menciona detalladamente en el capítulo 7 en el literal 7.1.4.

Gráfico 1. Ubicación de los sistemas productivos a estudiarse



Fuente: IGM. Cartas Topográficas Puyo y Veracruz. Escala 1:50000

Adaptación: Autora

Las cuatro organizaciones tomadas en cuenta para el estudio están ubicadas en una zona de vida de tipo Bosque Pluvial Subtropical (Holdrige, 1982). Las condiciones climáticas presentan los valores señalados en la tabla 1.

Tabla 1. Principales Parámetros Meteorológicos en 2011 (Valores Promedio).

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

Fuente: INAMHI, Estación Meteorológica Veracruz.

6.2. Duración de la investigación

Desde el planteamiento del tema hasta la presentación de resultados, la duración de la investigación fue de 12 meses, dividida en las siguientes etapas:

- Inspección visual y reconocimiento de la zona establecida para el estudio, redacción del perfil y proyecto de tesis.
- El trabajo de campo donde se llevó a cabo los respectivos Monitoreos/muestreos, recopilación de información, análisis in situ y de laboratorio.
- Y finalmente la redacción del primer borrador y defensa de tesis.

6.3. Materiales y equipos

6.3.1. Muestreo y análisis in situ:

- Medidor multiparamétrico y material complementario
- Disco Secchi
- Red para fitoplancton
- Materiales para toma y conservación de muestras (Botellas ámbar, caja térmica, jarra)
- GPS
- Cámara fotográfica
- Cronometro
- Cinta métrica
- Flotador
- Regleta
- Equipo de protección personal: (botas, poncho de aguas, ropa adecuada para campo)

6.3.2. Análisis ex situ (Laboratorio)

- Espectrofotómetros y material complementario
- Termorreactor
- Kits analíticos para análisis fotométricos
- Estereomicroscopio
- Cámara de Neubauer
- Algodón y alcohol
- Equipo de protección personal: (mandil, guantes, mascarilla)
- Agua destilada.
- Tubos de ensayo.
- Vasos de precipitación
- Goteros

- Papel filtro
- Pipetas
- Gradilla

6.3.3. Materiales para levantamiento de la información y movilización a las diferentes asociaciones

- Tablas apoya manos
- Papel
- Bolígrafos
- Lápices
- Borradores
- Sacapuntas
- Marcadores Indelebles
- Transporte propio

6.4. Factores de estudio

6.4.1. Variables independientes

a) Características físicas generales

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

b) Organizaciones piscícolas y cuerpos hídricos relacionados

De esta manera se denominaron a 4 unidades productivas 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.

c) Composición físico-química del agua

La variable analizo 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 determinaron son:

–Potencial de Hidrógeno (pH)

Corresponde al nivel de hidrógeno que puede tener un determinado elemento, usado para indicar la naturaleza alcalina o ácida de un medio acuoso. Los cuerpos de agua con un valor de pH superior a 7 son alcalinas, y si es inferior son ácidas. El agua de los ríos que no ha sido contaminada presenta un valor de pH entre 6,5 a 8,5 en el cual los organismos acuáticos liberan y capturan dióxido de carbono durante la respiración y fotosíntesis, respectivamente (Alcántara, 1999). Parámetro medido mediante equipo multiparamétrico.

–Turbiedad

Es un indicador de la calidad del agua, resulta de la presencia de materiales sólidos en suspensión que interfieren con el paso de un haz de luz en el agua. Las impurezas en suspensión presentes en el agua pueden ser tanto de origen mineral: arcilla, sílice, azufre,

etc.; u origen orgánico: plancton, etc. (Alcántara, 1999).
Parámetro medido in situ mediante Disco Secchi.

– **Temperatura**

Es la medida del grado de calor de un cuerpo, se expresa en grado centígrado (°C). Este parámetro es de vital importancia debido que la mayoría de procesos ocurientes en un sistema acuático necesitan de la temperatura para su desarrollo, de tal manera que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de solidos disueltos y disminuyendo la de los gases. (Rojas, 2009). Por ende, la temperatura ejerce una influencia relevante sobre la reproducción, crecimiento y el status fisiológico de todas las entidades vivas (Arboleda, 2006). Parámetro medido in situ mediante equipo multiparamétrico.

– **Conductividad Eléctrica (CE)**

Es la medida de la actividad eléctrica de iones en una disolución, su unidad de medida se expresa en microsiemen por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y su medición se realiza con un conductímetro. Los valores de conductividad altos pertenecen principalmente a ecosistemas con elevado índice de productividad biológica (Roldan, 2003). Parámetro medido in situ mediante equipo multiparamétrico.

– **Oxígeno disuelto (OD)**

Es un parámetro que indica la capacidad de un cuerpo de agua para mantener la vida acuática. Su contenido depende de la concentración y estabilidad del material orgánico existente. Se expresa como mg/L de oxígeno disuelto en la muestra de agua (Rojas, 2009). Según Massol (2006) el ingreso de oxígeno al agua

engloba dos procesos: la entrada de oxígeno atmosférico y la generación de oxígeno dentro del cuerpo de agua por la actividad de organismos fotosintéticos. Además los factores abióticos que influyen en la cantidad de oxígeno en los cuerpos de agua son la temperatura, la salinidad y la presión atmosférica. La mayor parte del oxígeno lacustre (referente a los lagos) y de otros cuerpos lóticos proviene de la actividad fotosintética. La medición de este parámetro se la realizó in situ mediante equipo multiparamétrico.

– **Fosfatos (P-PO₄)**

Son necesarios para el crecimiento vegetal aquellos compuestos que contienen fósforo como los fosfatos y los nitrógenos (Orozco *et al.*, 2005). Un aumento excesivo de fosfatos causa la eutrofización, incrementando de manera anormal las floraciones algales de cianobacterias, lo cual produce toxinas en el organismo que las ingiera y una violenta disminución de oxígeno disuelto en el agua (Sharpley *et al.*, 2003). Se consideró la concentración de fósforo perteneciente al ion ortofosfato (mg/L de P-PO₄).

6.4.2. Variables dependientes

a) Poblaciones de fitoplancton y zooplancton

La variable comprendió una referencia cuantitativa y cualitativa en cuanto a la abundancia y diversidad de comunidades de fitoplancton y zooplancton existentes en los sistemas piscícolas del área de estudio y los cuerpos hídricos de captación y recepción; considerando el número de individuos por ml de cada género encontrado y el número de individuos totales en cada sitio de muestreo, como indicador de abundancia y el Índice de Shannon-Weaver como indicador de diversidad.

6.5. Procedimientos, diseño de la investigación y sustentación estadística de los resultados

6.5.1. Reconocimiento de la zona y sistemas de producción

Se efectuaron visitas a los cuatro sistemas de producción piscícola involucrados en el estudio, donde se realizó el levantamiento de información mediante entrevistas hacia los dueños de cada unidad, a fin de conocer los principales aspectos productivos y darles a conocer la finalidad e importancia de la presente investigación.

6.5.2. Toma de muestras

En las cuatro organizaciones piscícolas seleccionadas para el estudio se realizaron 5 muestreos con un intervalo de 15 días. En las cuatro organizaciones se establecieron tres puntos específicos de muestreo: captación, estanque y cuerpos receptores.

El muestreo de Fito y zooplancton se realizó en los mismos puntos en los que se tomó muestras para determinación de variables físico-químicas; esto fue para obtener la máxima información posible.

Se llevó un registro de cada muestra recolectada con su respectiva etiqueta debidamente rotulada, en la misma que consto:

- **Procedencia:** Lugar donde fue tomada la muestra.
- **Fecha:** Precisar día y mes.
- **Sitio:** Se refiere al punto de muestreo: captación, estanque o receptor.
- **Tipo de análisis:** Físico-químico (F-Q) o Plancton.

a) Muestras obtenidas con red de plancton

Se utilizó una red de fitoplancton de 32 μm de malla, la cual se arrastró horizontalmente en el seno del agua a profundidad Secchi (ver b.) a una distancia de desplazamiento previamente establecida entre 3,5 y 12,5 m (ver gráfico 2 y 3). Una vez terminado el recorrido, el colector de la red que se localiza al final de esta, de 131 ml, fue desprendido y la muestra filtrada se transfirió a una botella de 500 ml con su respectivo etiquetado para su posterior transporte en cadena de frío hasta su análisis en laboratorio. En ciertos puntos de muestreo por dificultad de acceso al lugar se realizaron tomas de muestras directamente con botella de 500 ml para su posterior centrifugación y análisis en laboratorio.



Gráfico 2. Muestreo con red de fitoplancton en estanque



Gráfico 3. Muestreo con red de fitoplancton en cuerpo receptor

b) Muestras para análisis físico-químicos in situ y ex situ

Las variables físico-químicas medidas in situ, fueron registradas con una sonda multiparamétrica (ver gráfico 4); se obtuvieron mediciones de la temperatura, conductividad eléctrica, concentración de oxígeno disuelto, pH y turbidez. Además se midió la profundidad de visión del disco Secchi (transparencia del agua) en cada estación de muestro para determinar profundidad Secchi para la toma de muestras con red de fitoplancton (ver gráfico 5). Posteriormente, se recolectaron muestras en botellas a una profundidad de 35cm para el análisis de las mismas en laboratorio. Antes de llenar la botella destinada para la muestra se enjuago tres veces con la misma muestra para que los resultados sean más satisfactorios.



Gráfico 4. Sonda multiparamétrica



Gráfico 5. Medición de turbidez con el disco Secchi.

6.5.3. Análisis en laboratorio

a) Identificación y conteo de microorganismos

Para el análisis cuantitativo y cualitativo de las muestras recolectadas de fito y zooplancton, en primera instancia fue necesario someterlas a un periodo de aclimatación a temperatura ambiente (4 horas aprox.), luego las botellas fueron homogenizadas manualmente mediante giros verticales y horizontales para evitar que la muestra se sedimente, con una pipeta se sustrajo un gota de la muestra para colocarla en la cámara de Neubauer y ser observada en el Estereomicroscopio (ver gráfico 6), esto nos permitió contar las células presentes y diferenciar las comunidades de fito y zooplancton mediante dibujos y fotografías tomadas a cada individuo encontrado (ver gráfico 7). Se realizó una centrifugación a aquellas muestras que requirieron ser concentradas en volumen para su posterior observación. El volumen a centrifugarse fue de 90ml a 2500rpm en 20 min.



Gráfico 6. Preparación de muestra en cámara de Neubauer

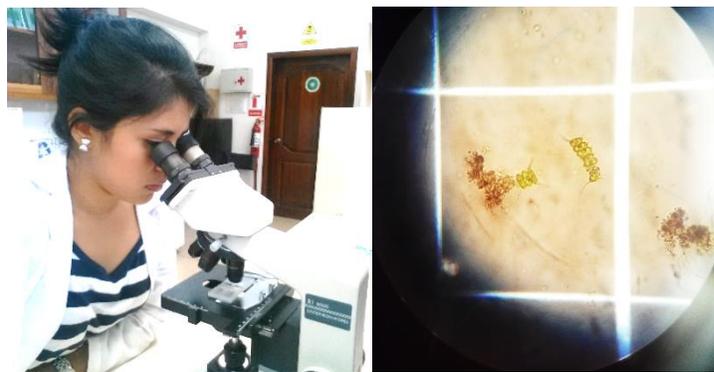


Gráfico 7. Observación de fitoplancton

b) Determinación de parámetros físico-químicos

Para el análisis físico-químico las muestras fueron sometidas de igual manera a un periodo de aclimatización a temperatura ambiente (4 hora aprox.), luego cada muestra fue filtrada a través de embudos con papel filtro hacia matraces de Erlenmeyer (ver gráfico 8). Obtenidas las muestras filtradas se las transfirió a tubos ensayos previamente etiquetados y se realizó el análisis correspondiente para determinación de fosfatos, nitratos, nitrógeno total, DQO y dureza total; utilizando los kits analíticos para análisis fotométrico, el espectrofotómetro y material complementario, y para ciertos parámetros el termorreactor (ver gráfico 9).



Gráfico 8. Muestras Filtradas



Gráfico 9. Determinación de fosfatos en el espectrofotómetro

6.6. Análisis estadístico

Los siguientes métodos fueron utilizados para la interpretación de resultados:

a) Estadística descriptiva

Fue empleado para recolectar, tabular, ordenar, analizar y representar gráficamente los valores promedios adquiridos sobre los parámetros físico-químicos, la diversidad y abundancia de fito y zooplancton presentes en los sistemas productivos y en los cuerpos receptores de cada una de las estaciones establecidas para el muestreo. Respecto a dicha diversidad y abundancia se calcularon dos indicadores:

- Número Total de Individuos
- Índice de Shannon-Weaver

b) Pruebas estadísticas:

Se aplicó:

- **Análisis de varianza:** Este método se utilizó para comparar los resultados promedios de organismos planctónicos y parámetros físico-químicos de los cuatro sistemas productivos piscícolas involucrados en el estudio y sus respectivos puntos de muestreo, a fin de establecer las diferencias significativas existentes entre los mismos. Se utilizó la prueba de Tukey al 5% para determinar rangos de significación entre los promedios comparados. Los resultados se obtuvieron con la ayuda del software para análisis estadístico Infostat.
- **Correlación:** Mediante este método se buscó establecer la relación o dependencia que existe entre los parámetros Físico-Químicos (considerados como variables independientes) y las poblaciones de fitoplancton y zooplancton (variables dependientes). Se utilizó el coeficiente de correlación “r” de Pearson para evaluar resultados. Los resultados se obtuvieron con la ayuda del software Microsoft Excel.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Descripción física de la zona

7.1.1. Características topográficas y edafológicas de Cabeceras del Bobonaza

La parroquia Veracruz perteneciente al cantón Pastaza, presenta relieves derivados de Piedemonte, se caracterizan por ser superficies planas a onduladas sobre basamento horizontal, desarrollados sobre materiales cretácicos, especialmente calizos. La topografía de la parroquia es plana y medianamente ondulada ya que corresponde a pendientes de hasta el 20%, además se encuentra una pequeña cadena montañosa a lo largo de toda la parroquia en sentido Noroccidente hacia Suroriente.

En esta parroquia se asienta la comunidad “Cabeceras del Bobonaza”, en la cual están inmersas en diferentes puntos, las cuatro organizaciones seleccionadas para la investigación: La Delicia, Orquídeas de Manduro, Pitumsisa y Rancho verde (ver Tabla 2). Esta zona presenta características topográficas y edafológicas de la zona denominada “MA Arajuno”, proveniente de la Era Terciaria (Cenozoico), dentro del periodo Mioceno (Tejada, 1994). Está ubicada a 520 – 896 msnm y con pendientes inferiores a 14%. El material base está compuesto de arcilla, areniscas y lignitos a menos de 1km de profundidad. Una de las características observadas es que esta zona aflora en declives bruscos (GADPV, 2015).

Los suelos se caracterizan por ser profundos, pseudos limosos, con un color negro en los primeros 30 a 50 cm y amarillos en profundidad, pueden presentar roca dentro de los 50 cm de profundidad. Otra característica es que estos suelos presentan alta retención de agua por tal razón la zona de estudio presenta exceso de humedad y abundancia de agua. Estos suelos corresponden al orden Inceptisoles, suborden Andepts y gran grupo HYDRANDEPT (Thompson *et al.*, 2002). Es un suelo poco fértil, con pH ácido y alto contenido de aluminio tóxico.

7.1.2. Condiciones climáticas

Corresponde a dos tipos de clima: lluvioso subtropical y muy húmedo tropical, esta zona presenta un tipo de clima verdaderamente ecuatorial con precipitaciones sobre los 3000 a 5000 mm. No presenta estación seca, llueve casi todo el año. La variación de temperatura oscila entre 17,4 y 26,6 °C (GADPV, 2015).

7.1.3. Hidrografía

La zona está ubicada en la cuenca del Río Pastaza y en la subcuenca del Río Bobonaza. La hidrografía de la zona de estudio se circunscribe al extremo superior y occidental de la cuenca del Río Bobonaza. Está conformada por el río del mismo nombre y los afluentes que lo conforman, Río Sucio, Río Yahuyzona, Río Soliz, Río Tiuyacu, Río Taculín Grande, Río Guamanyacu y Estero Manduro (GADPV, 2015).

7.1.4. Ubicación de las unidades productivas, captaciones y receptores

Para la ubicación exacta de las unidades productivas y sus respectivas estaciones de muestreo: captación, estanque y cuerpos receptores, fue necesario contar con un sistema de referencia bien establecido como se indica en la tabla 2.

Tabla 2. Ubicación geográfica de las cuatro organizaciones piscícolas

Lugar de muestreo		CORDENADAS UTMA ZONA 18 (BOBONAZA)SUR		ALTURA msnm
		X	Y	
La Delicia	Captación	179446	9834434	654
La Delicia	Estanque	179483	9834393	654
La Delicia	Receptor	179798	9834330	632
Orquídea de Manduro	Captación	181406	9834037	672
Orquídea de Manduro	Estanque	181402	9834055	666
Orquídea de Manduro	Receptor	181376	9833988	664
Rancho Verde	Captación	183484	9833485	638
Rancho Verde	Estanque	183505	9833479	656
Rancho Verde	Receptor	183492	9834060	625
Pitumsisa	Captación	183150	9833645	605
Pitumsisa	Estanque	182971	9833524	608
Pitumsisa	Receptor	183012	9833426	616

Elaboración: Autora

Respecto a la obtención del agua, esta varía en cada una de las unidades productivas. Las cuatro organizaciones tienen disponibilidad y descargas de agua de acuerdo a la tabla 3.

Tabla 3. Procedencia y cuerpos receptores de agua en las diferentes Organizaciones de Cabeceras del Bobonaza

Organización	Procedencia	Ocupación del H2O	Cuerpos Receptores
La Delicia	Manantial S/N en la comunidad Juan de Velasco, parroquia 10 de Agosto	Piscicultura y para consumo humano de la comunidad Cabeceras de Bobonaza	Río Soliz desemboca en el Río Bobonaza
Orquídeas de Manduro	Manantial S/N en la comunidad Juan de Velasco, parroquia 10 de Agosto	Piscicultura	Río Bobonaza
Pitumsisa	Estero S/N situado junto a la unidad productiva	Piscicultura y para consumo humano de la unidad productiva	Río Bobonaza
Rancho Verde	Pantano S/N situado junto a la unidad productiva	Piscicultura	Río Bobonaza

Elaboración: Autora

7.2. Descripción del Proceso Productivo

En la parroquia Veracruz se está desarrollando de manera intensiva el cultivo de tilapia sobre todo en la comunidad Cabeceras de Bobonaza, en donde los pequeños productores se han asociado con los productores de las parroquias Tarqui y Madre Tierra formando la Federación Provincial de Organizaciones Agrícolas y Piscícolas de Pastaza, esta organización busca promover el desarrollo económico y social de sus socios y a su vez de todo la comunidad, de manera que el desarrollo de la actividad piscícola sea una actividad económicamente rentable para todos los pequeños productores. La Federación por el momento cuenta con 170 socios quienes disponen de infraestructura para la producción 62.272,72 kg de tilapia/año, con poblaciones no mayor de 5000 alevines por productor, con especies de tilapia gris, roja y negra, en 98 estanques de distintas dimensiones.

7.2.1. Etapas en el proceso productivo

Las cuatro organizaciones piscícolas implicadas en el estudio, cuentan con un sistema integral de producción, el cual involucra las siguientes etapas y actividades:

a. Preparación piscinas

Para la preparación de las piscinas se retirara plantas en descomposición, piedras, hojas entre otros materiales que se encuentren en el fondo de las mismas. Según las dimensiones del estanque se emplea dos o más obreros.

b. Secado del estanque

Se expone el estanque al sol por un mínimo de 15 días para la mineralización de la materia orgánica.

c. Desinfección

Se realiza el proceso de desinfección con cal viva (CaO)₃ o cal apagada en los taludes y en el fondo de los estanques, se utiliza un aproximado de cal de 80 a 100 kg/1000 m² de estanque. Según los productores esto les ayuda corregir el pH del suelo y elimina huevos y fases larvarias de organismos acuáticos, hongos, bacterias, etc.

d. Llenado

La fase de llenado se realiza de forma gradual para evitar el deterioro del fondo y los taludes de los estanques. Se colocan filtros en el canal de abastecimiento ya que las fuentes de agua para los cultivos provienen de quebradas por lo general.

e. Fertilización

Por lo general previo a la siembra, el cuerpo de agua es fertilizado, la cantidad y tipo de fertilizante que utilizan es de acuerdo a la cantidad de nutrientes de la fuente de agua que abastece al cultivo, y de la composición del suelo del estanque. Este proceso no lo realizan todos los productores del área de estudio, en la unidad productiva Rancho verde su

propietaria manifestó que ocupan por estanque 12,5 kg de fitobloom, en tanto en Pitumsisa su propietario nos informó que no realiza el proceso de fertilización debido a problemas presentados anteriormente en los que los peces murieron por exceso de algas Fitobloom.

f. Siembra

Se realiza en primer lugar la aclimatación de los alevines, las bolsas que los contienen se sumergen cerradas al medio de cultivo, y después de 15 minutos, se abren permitiendo el paso de aire hasta que las temperaturas del agua de la bolsa y del estanque se hayan igualado, una vez igualadas las temperaturas, se procede a la liberación de los alevines al estanque.

g. Alimentación

Los productores manifestaron que para el desarrollo de los peces, el suministro de alimento es un requerimiento indispensable. Sus cultivos se alimentan de: plancton; y de raciones: utilizan balanceado de buena calidad y suministrado sólo en cantidad necesaria según su peso promedio (gr), días de cultivo y % de biomasa como se indica en la tabla 4:

Tabla 4. Alimentación de Tilapia en medios de cultivos en Cabeceras de Bobonaza

TILAPIA (gris, roja y negra)				
Peso promedio (gramos)	Días de cultivo	Alimento	Frecuencia alimentación al día	Cantidad
1 a 20	0 a 20	50% proteína (polvo)	4 a 6	18 sacos/mes
20 a 55	20 a 65	38% proteína	4 a 6	
55 a 145	65 a 110	32% proteína	3	
145 a 315	66 a 110	28% proteína	2	
315 a 360	67 a 110	24% proteína	2	

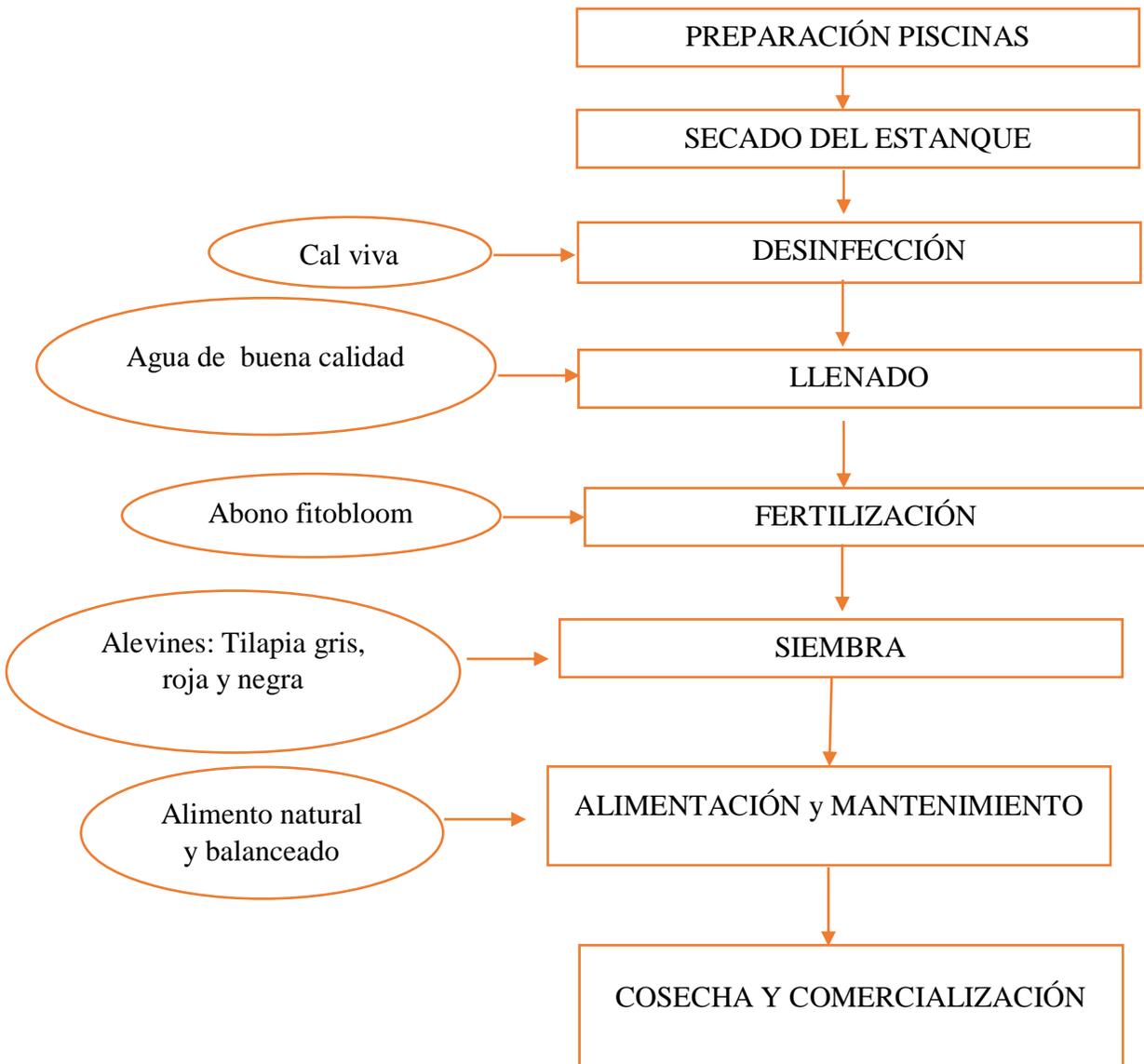
Elaboración: Autora

h. Cosecha y comercialización

La cosecha en los medios de cultivo se efectúa cuando los peces han alcanzado el tamaño y peso esperado por el productor de acuerdo al

mercado de consumo. Se realizan cosechas totales extrayendo todos los peces del estanque o cosechas parciales extrayendo los peces deseados en cantidad y calidad. Es una actividad importante para la generación de ingresos económicos para las familias del sector de estudio. En el gráfico 1 podremos observar todo el proceso productivo en general.

Gráfico 10. Diagrama del proceso productivo piscícola en Cabeceras de Bobonaza



7.3. Calidad físico química del agua

Se presentan los valores promedios obtenidos mediante análisis físico-químicos de las agua de cada una de las unidades productivas estudiadas, tanto para fines de captación, estanque y cuerpos receptores.

Tabla 5. Valores de los parámetros físico-químicos respecto a las cuatro Organizaciones y a los tres Lugares de Muestreo.

ORGANIZACIONES PISCÍCOLAS												
Parámetros Físico-químicos												
PARAMETROS	LA DELICIA			ORQUÍDEAS DE MANDURO			PITUMSISA			RANCHO VERDE		
	Captación	Estanque	Receptor	Captación	Estanque	Receptor	Captación	Estanque	Receptor	Captación	Estanque	Receptor
Temperatura	23,17	25,18	23,57	23,30	25,65	23,85	23,52	27,14	25,10	24,34	26,88	25,40
pH	7,87	6,89	7,55	6,98	6,53	7,46	6,94	7,00	7,33	6,03	7,25	7,58
Conductividad Eléctrica (μS/cm)	99,41	111,52	53,07	11,63	31,63	57,90	29,23	61,44	59,75	38,28	73,98	62,40
Oxígeno Disuelto (mg/L)	9,04	3,83	8,15	8,51	4,47	8,00	7,73	5,30	7,92	7,065	7,78	7,91
Oxígeno Disuelto Saturación %	114,69 %	52,27 %	102,73 %	108,50 %	59,23 %	102,12 %	96,08 %	71,34 %	101,05 %	91,85 %	107,91 %	99,78 %
Fosfatos (mg/L de P-PO ₄)	0,15	0,32	0,16	0,39	0,19	0,16	0,13	0,13	0,26	0,19	0,23	0,22

7.3.1. Temperatura

Para Temperatura el análisis de varianza (Tabla 6) indica que existieron diferencias significativas para un nivel de significación de 0,05 para Organización y Lugar de Muestreo y no existieron diferencias para la interacción Organización*Lugar de muestreo. De acuerdo al gráfico 12 existen 2 rangos de significación para Lugar de Muestreo, ocupando Estanque el primer rango por encima de los sitios restantes con un promedio de temperatura de 26,21°C, lo cual coincide con lo representado en el gráfico 13 respecto al mayor valor en los estanques de las 4 organizaciones en relación al resto de cuerpos hídricos.

El incremento de temperatura en estanques podría deberse al estancamiento de las aguas, lo cual favorece el calentamiento de las masas de agua por parte de la energía solar y, que al ser estanques poco profundos el calor alcance el fondo; otras causas que influyen en el aumento de temperatura pueden ser el calor atmosférico, la conducción de calor del fondo y el calor de reacciones químicas incluyendo los procesos fisiológicos de los peces (Welch, 1952). Según Arboleda Obregón (2006) el rango de temperatura óptimo para especies cálidas se encuentra entre 23 a 31°C y manifiesta que esta variable es importante para la distribución, periodicidad y reproducción de organismos, además es un parámetro que determina el rendimiento del cultivo.

Tabla 6. ANOVA para Temperatura (°C) en cuatro organizaciones y tres lugares de muestreo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-Valor	Sig.
Modelo	81,75	11	7,43	4,11	0,00050	
Organización	18,17	3	6,06	3,35	0,02873	*
Lugar de muestreo	56,34	2	28,17	15,56	< 0,00001	**
Organización*Lugar de muestro	6,07	6	1,01	0,56	0,76030	Ns
Error	70,59	39	1,81			
Total	152,35	50				
C.V: 5,41						

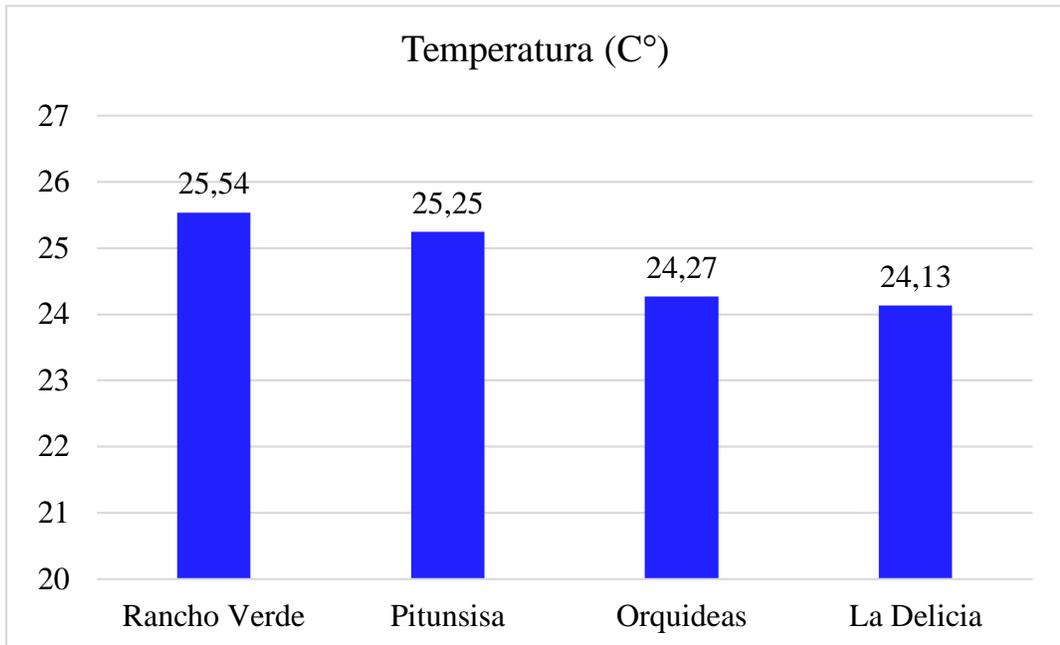


Gráfico 11. Valores promedios para Temperatura (C°) en cuatro organizaciones piscícolas.

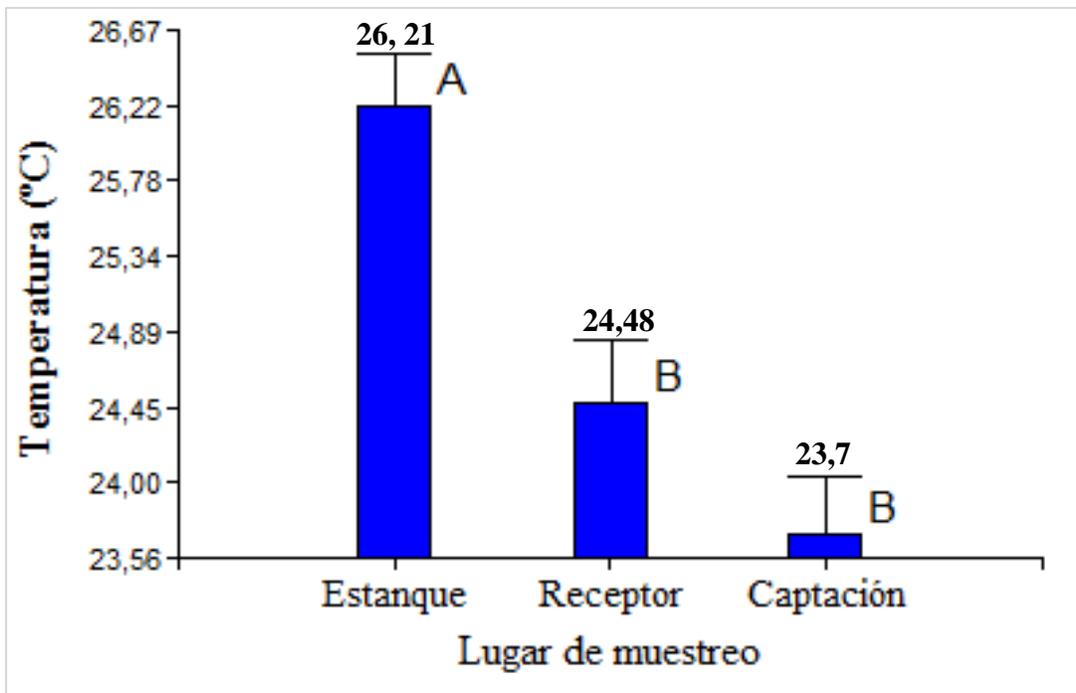


Gráfico 12. Promedios y prueba de Tukey al 5% para Temperatura en tres lugares de muestreo

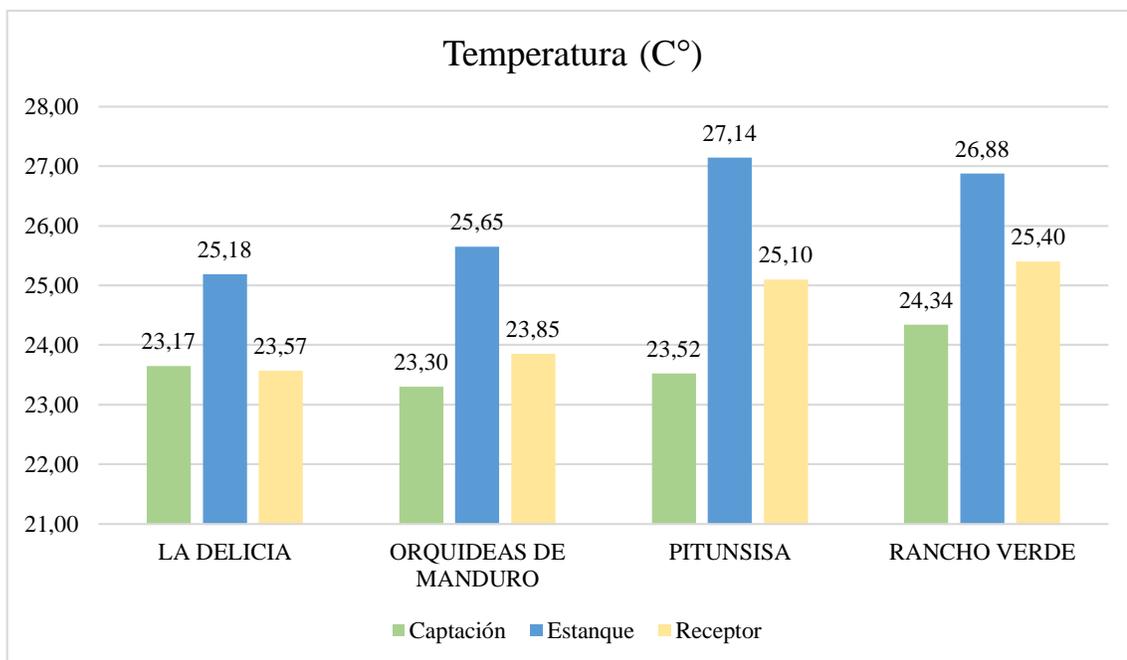


Gráfico 13. Valores promedios de Temperatura (C°) para interacción Organización*Lugar de Muestreo

7.3.2. Potencial de Hidrógeno (pH)

El análisis de varianza para Potencial de Hidrógeno (Tabla 7), muestra que existieron diferencias significativas para Organización, Lugar de Muestreo y para la interacción Organización*Lugar de muestreo. En el gráfico 15 se observa 2 rangos de significación para Lugar de Muestreo, ocupando el Receptor el primer rango de los tres lugares muestreados, con un pH de 7,48 ligeramente básico. Tomando en cuenta que el cuerpo receptor de los efluentes en las cuatro organizaciones piscícolas es el Río Bobonaza, el valor de pH puede deberse por el tipo de suelo existente en la zona, un suelo de textura Arcillo-limosa que ayuda a que el pH aumente (DINARA, 2010). Otros factores que influyen en esta variable son la intensidad de los procesos biológicos como fotosíntesis, respiración y actividades de descomposición de materia orgánica; la presión parcial de CO₂ en la atmósfera, la temperatura y la evaporación (Massol, 2002).

Según Barrenechea (2004), manifiesta que el pH constituye un parámetro cuyos valores pueden ser de vital importancia tanto para la química y biología del agua, como para el desarrollo de los peces.

Para la interacción Organización*Lugar de muestreo (Tabla 7), existen tres rangos de significación, encontrándose en primer lugar la captación de La Delicia, con un pH de 7,81 ligeramente básico. Habitualmente las aguas naturales tienen un cierto carácter básico con valores de pH correspondidos entre 6.5 a 8.5 (Romero, 1998).

Tabla 7. ANOVA para Potencial de Hidrógeno (pH) en cuatro organizaciones y tres lugares de muestreo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-Valor	Sig.
Modelo	10,86	11	0,9869	4,8864	0,0001	
Organización	1,78	3	0,5923	2,9327	0,0453	*
Lugar de muestreo	2,9	2	1,4522	7,1899	0,0022	**
Organización*Lugar de muestro	6,07	6	1,0114	5,0075	0,0007	**
Error	7,88	39	0,2020			
Total	18,73	50				
C.V: 6,33%						

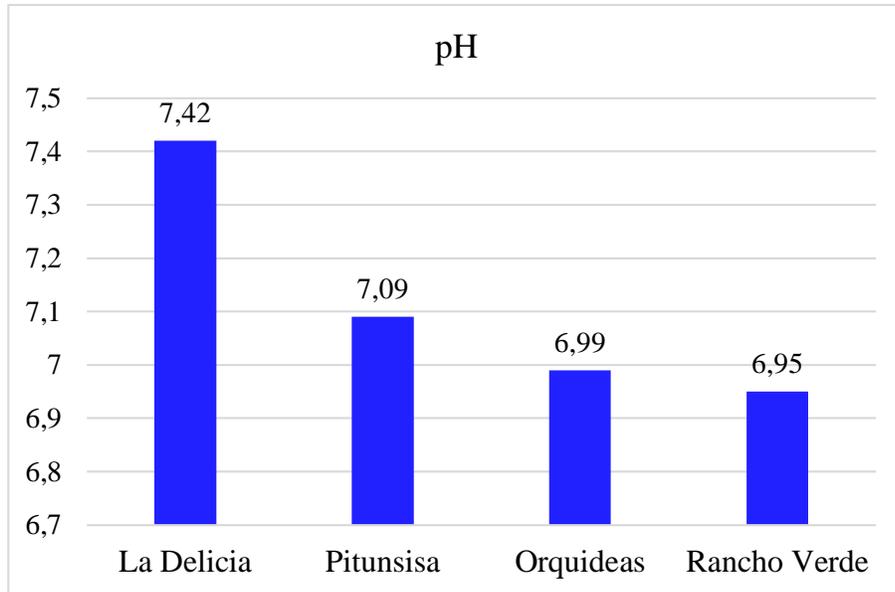


Gráfico 14. Valores promedios para Potencial de Hidrógeno (pH) en cuatro Organizaciones piscícolas.

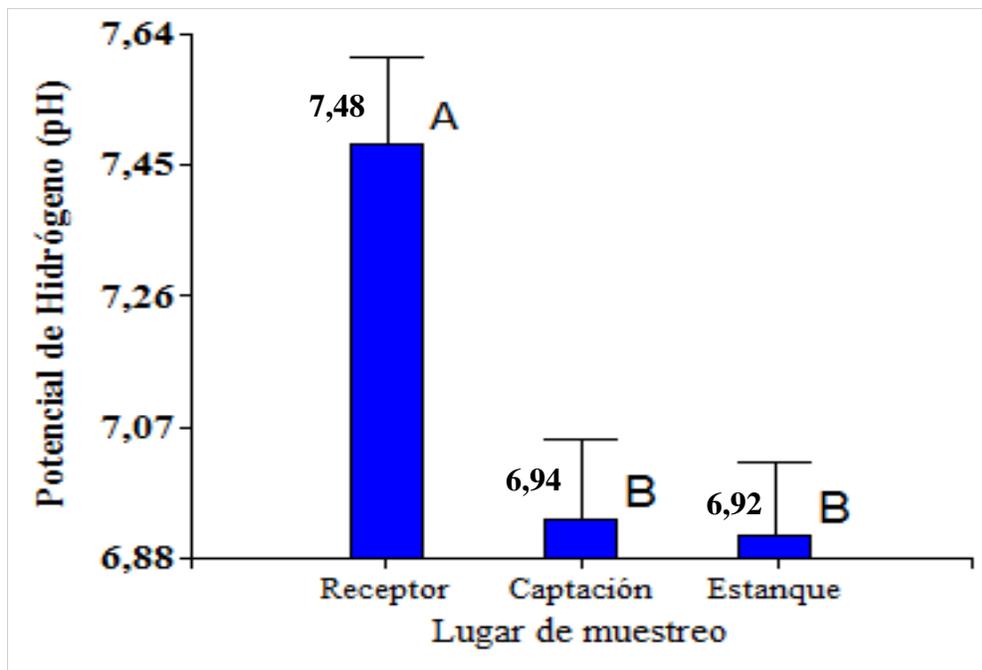


Gráfico 15. Promedios y prueba de Tukey al 5% para pH en tres Lugares de Muestreo

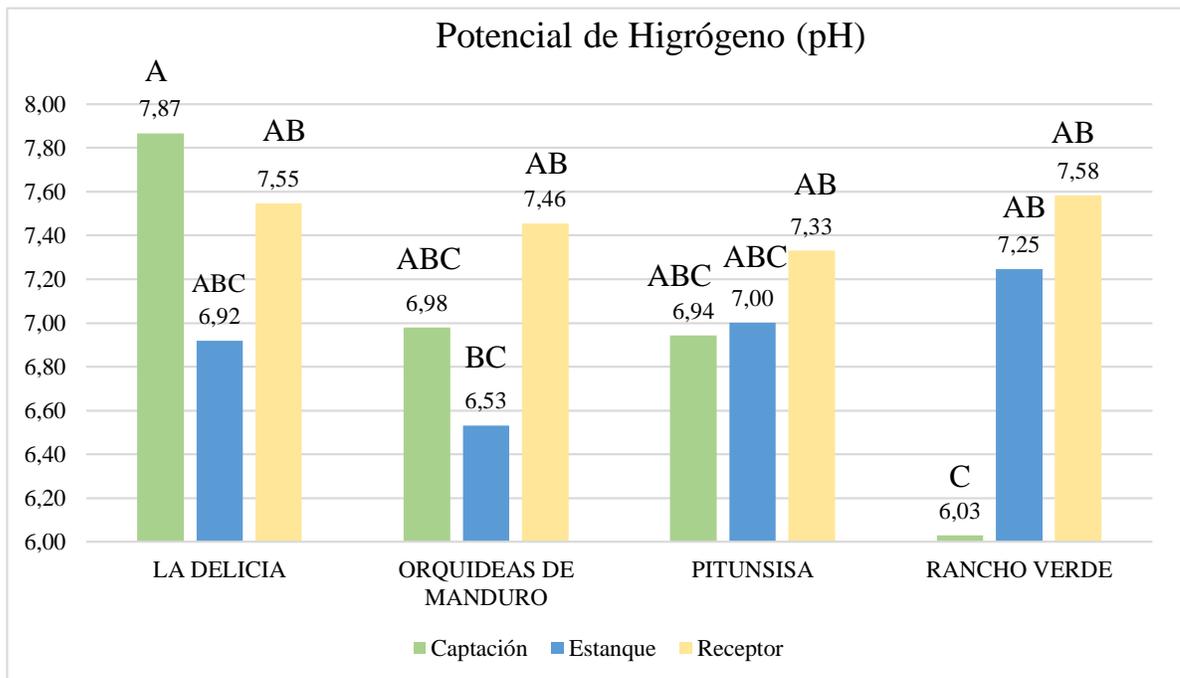


Gráfico 16. Valores Promedios y prueba de Tukey al 5% de pH para la interacción Organización por Lugar de Muestreo

7.3.3. Conductividad Eléctrica (CE)

El análisis de varianza para Conductividad Eléctrica (Tabla 8) indica diferencias significativas para Organización, Lugar de Muestreo y para la interacción Organización*Lugar de muestreo. En el gráfico 17 se observan tres rangos de significación para Organizaciones encontrándose en el primer rango la Delicia, en el segundo Rancho Verde y Pitumsisa, y el tercero Orquídeas. En el gráfico 18 se observan 2 rangos de significación para Lugar de Muestreo, ubicándose en primer lugar el Estanque por sobre los sitios restantes. En el gráfico 19 se observan 4 rangos de significación para la interacción Organización*Lugar de Muestreo, ubicándose en primer lugar el estanque de la Delicia por sobre los sitios restantes.

La conductividad eléctrica en el agua es un parámetro muy importante en limnología, puesto que permite conocer el metabolismo de un ecosistema acuático, además altas diversidades de especies, muchas veces corresponden a bajas conductividades y viceversa (Roldán, 2008).

Es así que, los resultados obtenidos para el estanque de La Delicia, indican una mayor concentración de iones disueltos, lo cual podría ser el resultado de condiciones geográficas, topográficas y actividad biológica de los cuerpos hídricos de origen (Roldan, 2008). Puesto que gran parte de los sólidos disueltos se originan por el contacto del agua con rocas y el suelo (Alcántara *et al.*, 1996). Lo cual se podría relacionar con las diferencias observadas en la captación de la organización la Delicia respecto a las demás (Gráfico 19).

Tabla 8. ANOVA para Conductividad Eléctrica en cuatro organizaciones y tres lugares de muestreo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-Valor	Sig.
Modelo	40102,6	11	3645,7	6,92	<0,0001	
Organización	19282,7	3	6427,6	12,20	<0,0001	**
Lugar de muestreo	5265,93	2	2633,0	5,00	0,0117	**
Organización*Lugar de muestreo	12951,3	6	2158,5	4,10	0,0028	**
Error	20551,2	39	527,0			
Total	60653,8	50				
C.V:38,37						

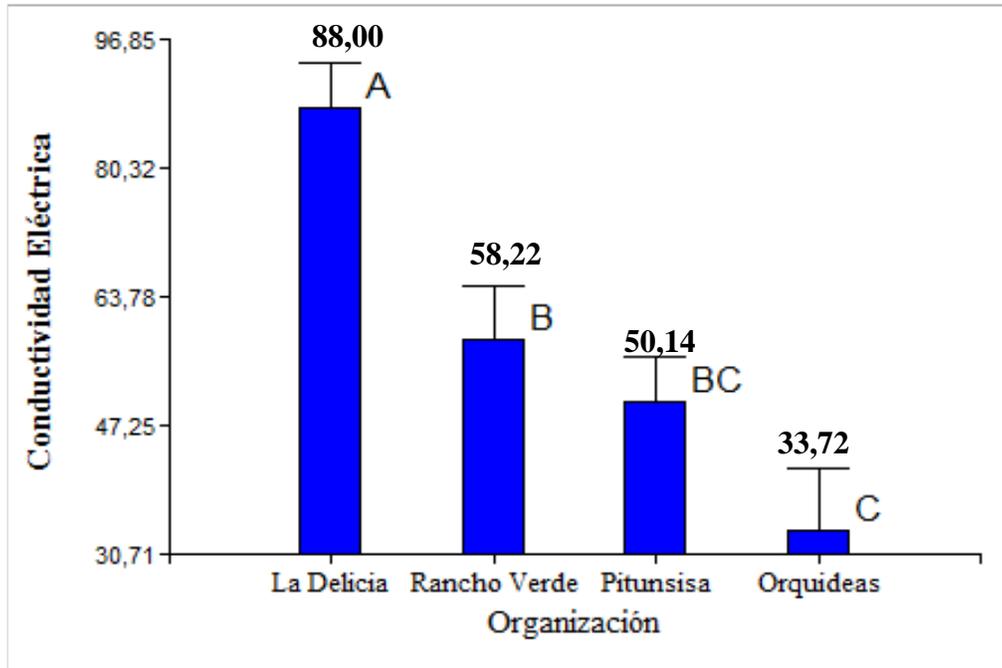


Gráfico 18. Promedios y prueba de Tukey al 5% para Conductividad Eléctrica en cuatro Organizaciones

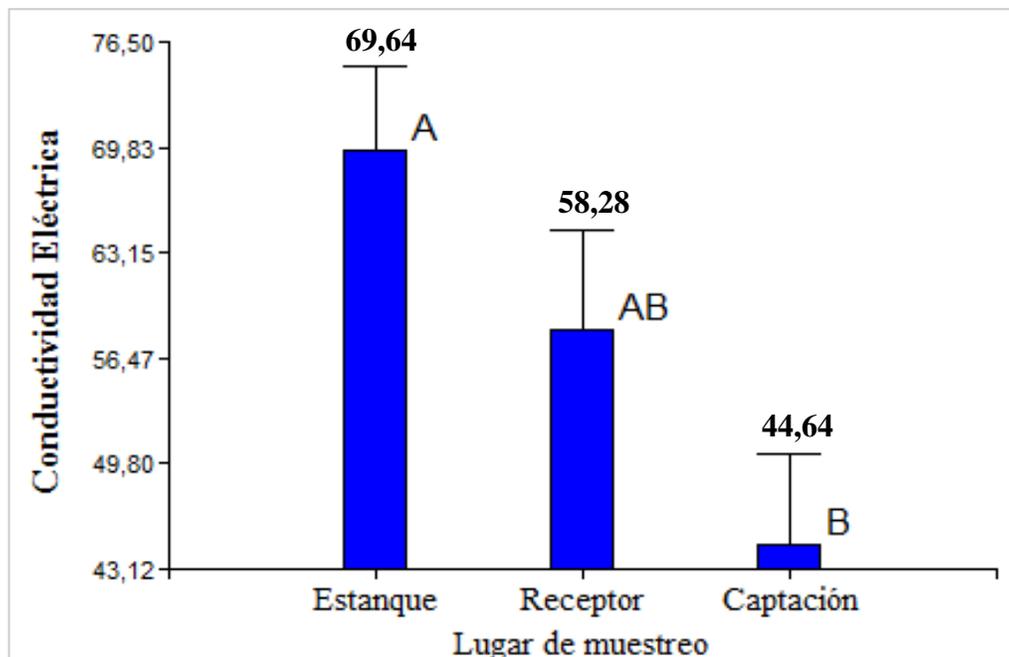


Gráfico 17. Promedios y prueba de Tukey al 5% para Conductividad Eléctrica en tres lugares de muestreo.

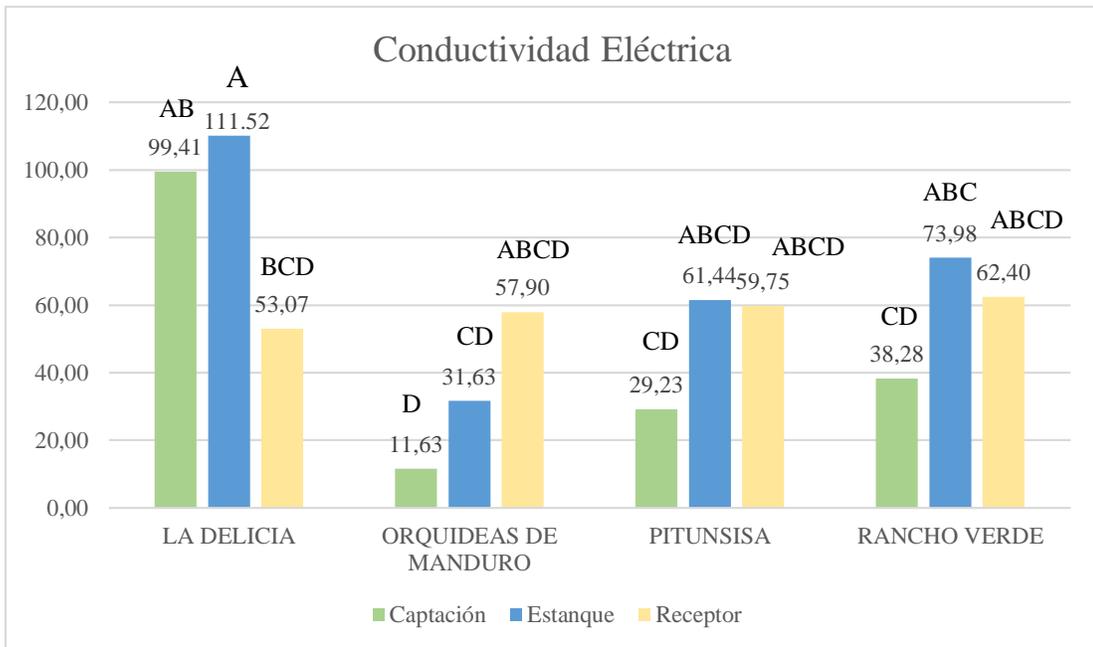


Gráfico 19. Promedios y prueba de Tukey al 5% para Conductividad Eléctrica en la interacción Organización por Lugar de Muestreo.

7.3.4. Oxígeno Disuelto

Para Oxígeno Disuelto en análisis de varianza (Tabla 9), indica que existieron diferencias significativas para Lugar de Muestreo y para la interacción Organización*Lugar de Muestreo y no existieron diferencias para Organización. El gráfico 21 presenta dos rangos de significación para lugar de muestreo ocupando el primer rango la Captación y Receptor con una concentración de 8,09 mg/L y 8,00 mg/L respectivamente. Para la interacción Organización*Lugar de muestreo (Gráfico 22), existe tres rangos de significación, ocupando el primer rango las captaciones y receptores de las 4 organizaciones piscícolas.

Los resultados observados para captaciones y receptores pueden explicarse debido que según Massol (2002) la concentración de oxígeno en cuerpos de agua naturales está determinada por dos procesos: la entrada de oxígeno atmosférico y la generación de oxígeno dentro del cuerpo de agua por la actividad de organismos fotosintéticos.

Alcántara *et al.*, (1996) manifiesta que al encontrarse en movimiento los cuerpos de agua, la turbulencia generada en la interface aire-agua, influye en la transferencia de oxígeno desde la atmósfera. Esta puede ser la razón de la mayor cantidad de oxígeno disuelto existente en las captaciones de la Delicia y Orquídeas ya que estas provienen de fuentes turbulentas situadas a gran altura respecto a los estanques, incrementándose la superficie de la interface aire-agua. En cambio, las captaciones de Pitumsisa y Rancho Verde proceden de esteros o pantanos en las cuales la velocidad de fluido es muy lenta.

Por otra parte, el OD presente puede ser el resultado además del flujo de las corrientes de agua, a la presencia de organismos fotosintéticos (Massol, 2002). Según Romero (1998) la cantidad de oxígeno disuelto depende también de la temperatura, es así que el agua más fría puede almacenar más oxígeno que aguas cálidas.

Tabla 9. ANOVA para Oxígeno Disuelto en cuatro organizaciones y tres lugares de muestreo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-Valor	Sig.
Modelo	145,36	11	13,2	17,66	<0,0001	
Organización	2,96	3	1,0	1,32	0,2821	Ns
Lugar de muestreo	81,92	2	41,0	54,75	<0,0001	**
Organización*Lugar de muestro	44,58	6	7,4	9,93	<0,0001	**
Error	29,18	39	0,7			
Total	174,54	50				
C.V: 12,41%						

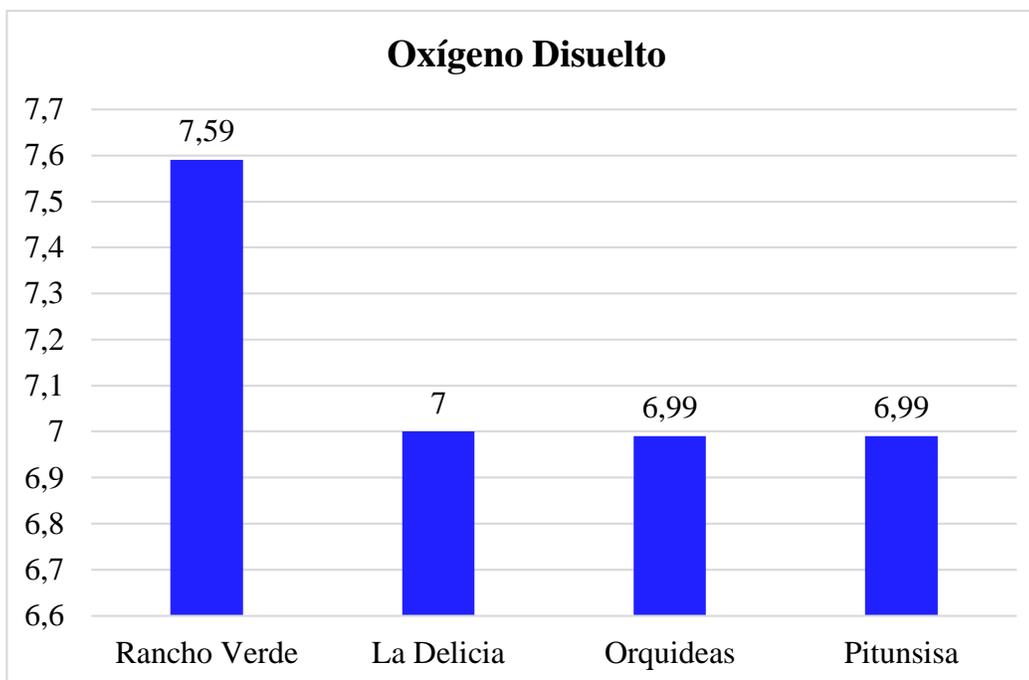


Gráfico 20. Valores promedios para Oxígeno Disuelto en cuatro organizaciones piscícolas

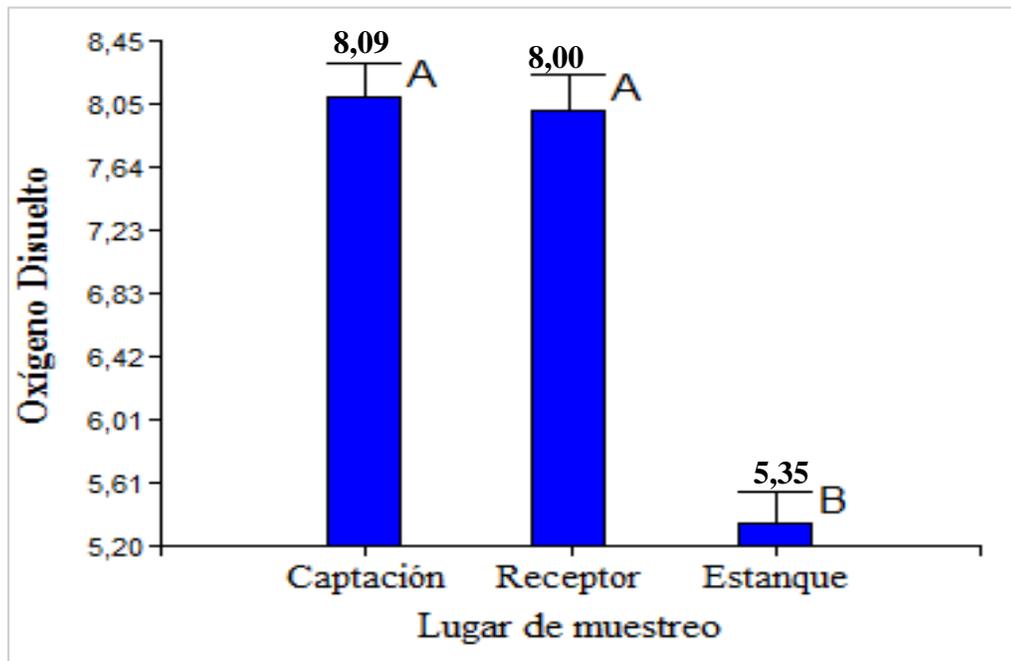


Gráfico 21. Promedios y prueba de Tukey al 5% para Oxígeno Disuelto en tres lugares de muestreo

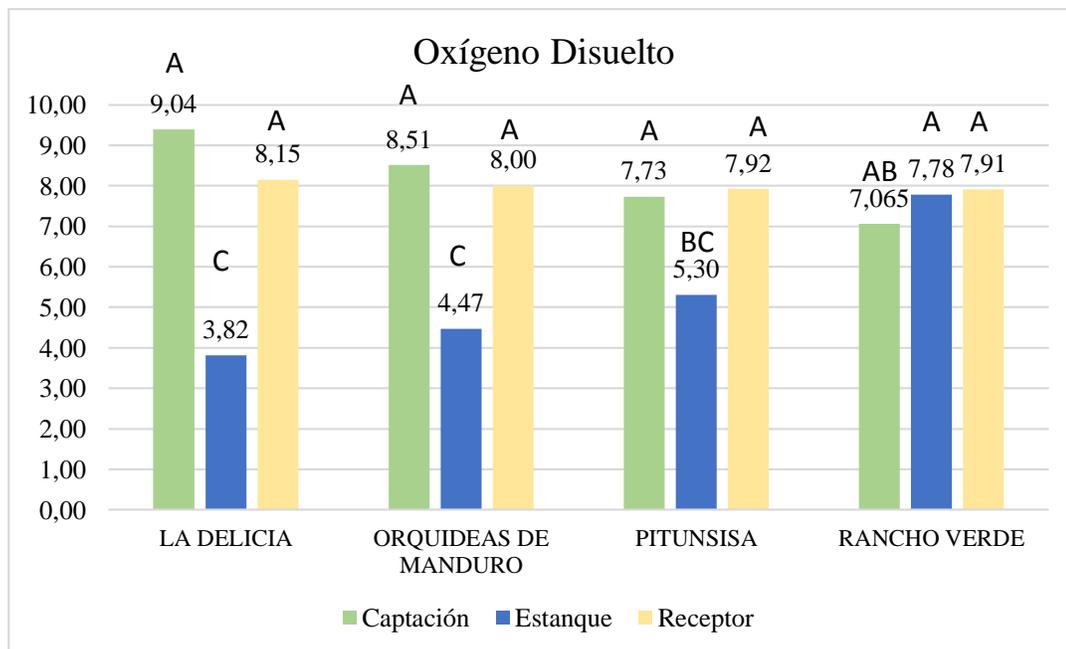


Gráfico 22. Promedios y prueba de Tukey al 5% para Oxígeno Disuelto en la interacción Organización por Lugar de Muestreo.

7.3.5. Fosfatos

Para la concentración de Fósforo (P-PO₄), el análisis de varianza demostró que no existieron diferencias significativas en ninguna de las fuentes de variabilidad (Tabla 10). Los valores oscilaron entre 0,13 mg/L de P-PO₄ en la captación y estanque de Pitumsisa, y 0,39 en la captación de Orquídeas de Manduro. Estos valores coinciden con lo expresado por Egna *et al.*, (1997) quien menciona que el fósforo en los cuerpos hídricos raramente excede los 0,5 mg/L, medidos como fósforo total y que en la mayoría de los casos suele ser menor a 0,1 mg/L, por lo cual los niveles observados podrían considerarse elevados. Esta afirmación coincide también con lo citado por Sierra (2011) quien señala que dichos niveles de P corresponden a condiciones eutróficas.

El Fósforo desempeña un papel muy importante en el metabolismo biológico, y es considerado el factor más limitante en la productividad primaria (Roldan, 2008).

Tabla 10. ANOVA para Fosfatos en cuatro organizaciones y tres lugares de muestreo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-Valor	Sig.
Modelo	0,29	11	0,0	0,67	0,7545	
Organización	0,03	3	0,0	0,25	0,8583	Ns
Lugar de muestreo	0	2	0,0	0,04	0,9634	Ns
Organización*Lugar de muestreo	0,25	6	0,0	1,06	0,4043	Ns
Error	1,51	39	0,0			
Total	1,8	50				
C.V: 94,10%						

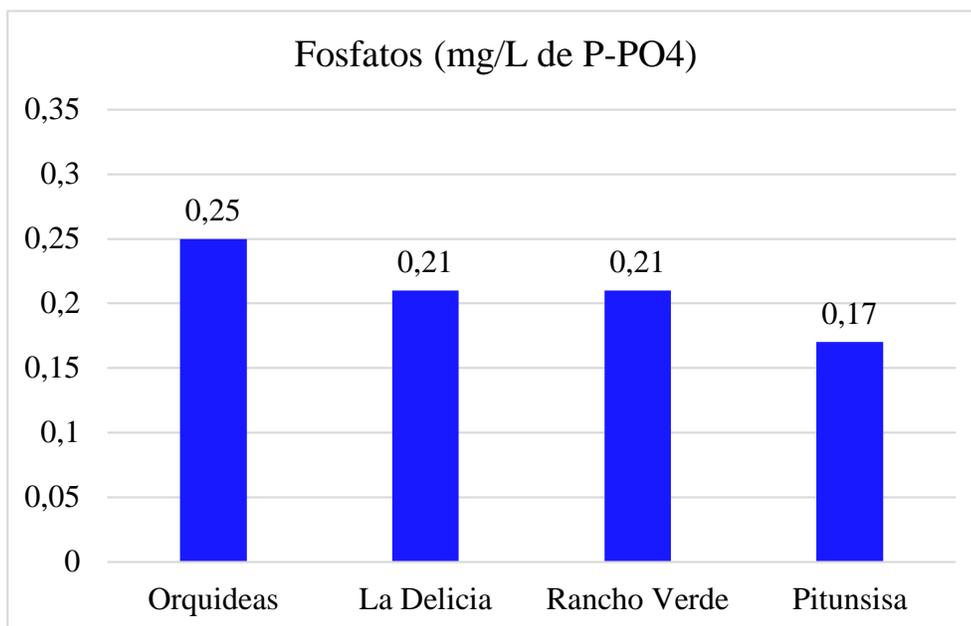


Gráfico 23. Valores promedios de Fosfatos (mg/L de P-PO4) para cuatro Organizaciones Piscícolas

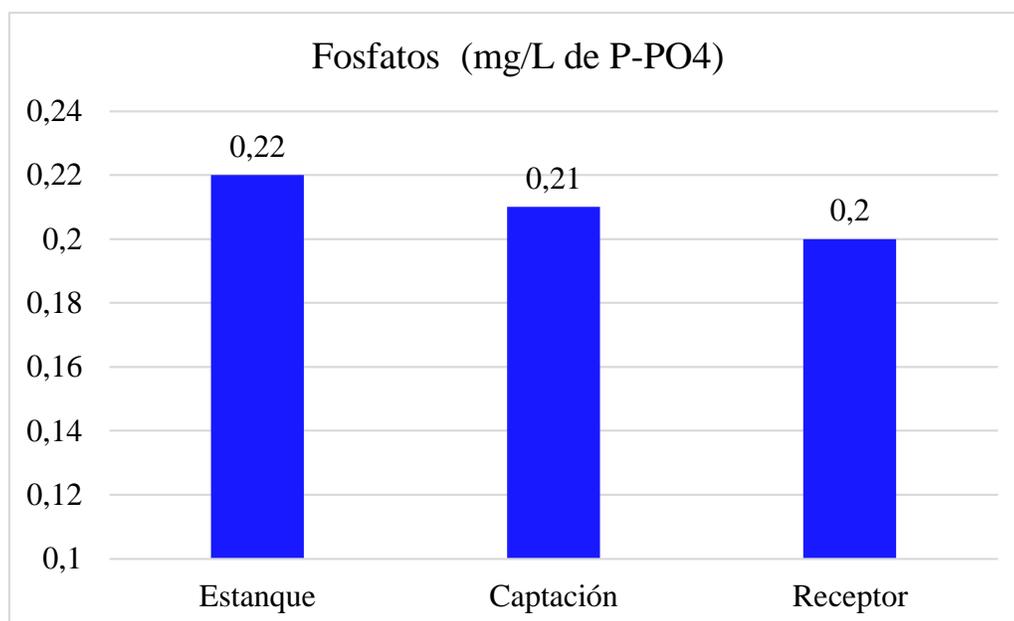


Gráfico 24. Valores Promedios de Fosfatos (mg/L de P-PO4) para tres Lugares de Muestreo.

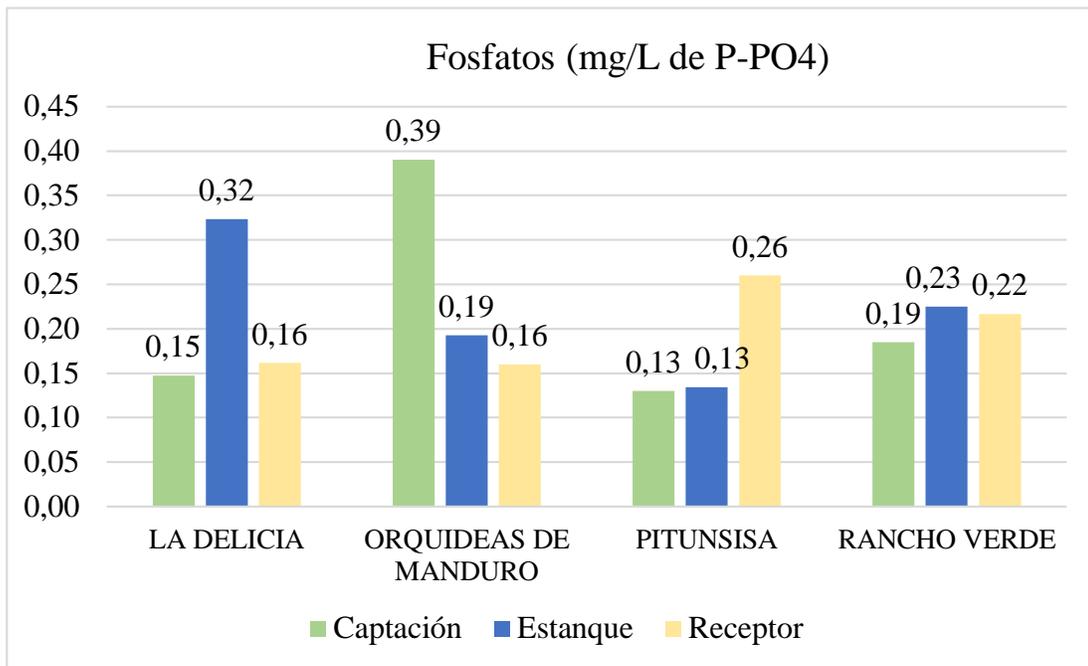


Gráfico 25. Valores Promedios de Fosfatos (mg/L de P-PO4) para la interacción Organización*Lugar de Muestreo

7.4.Poblaciones de Fitoplancton y Zooplancton

En la tabla 11 se presentan los valores promedios obtenidos respecto a organismos de fito y zooplancton en cada una de las unidades productivas y lugares de muestreo: captación, estanque y cuerpos receptores.

7.4.1. Número Total de Individuos

Respecto al Número Total de Individuos, el análisis de varianza (Tabla 12) indica que existieron diferencias significativas para Organización y Lugar de Muestreo, y no existieron diferencias para la interacción Organización*Lugar de Muestreo. El gráfico 26 presenta 2 rangos de significación para organizaciones encontrándose en el primer lugar Rancho Verde por encima de las restantes. Para Lugar de muestreo (gráfico 27) se observan 2 rangos de significación encontrándose en primero rango Estanque y en el segundo rango los restantes.

Los valores indican una mayor concentración de individuos totales tanto en la organización Rancho Verde y a nivel de Estanque en las cuatro organizaciones como lo indica el gráfico 28. Estos resultados podrían deberse a la acumulación de nutrientes en estanques, al ser ambientes con muy poco intercambio o renovación de agua. Estos nutrientes provendrían de las prácticas de manejo, las fuentes de captación, el aire, el suelo y las lluvias (Egna *et al.*, 1997). Según Tilman *et al.*, (1982) el crecimiento de estos organismos planctónicos está influenciado por la presencia de zooplancton y factores abióticos como la luz, temperatura, salinidad y concentración de nutrientes.

Tabla 11. Valores promedios de poblaciones de Fito y Zooplancton para todos los casos y géneros.

ORGANIZACIONES PISCICOLAS														
Número de individuos/ ml														
Fitoplancton y Zooplancton		LA DELICIA			ORQUIDEAS DE MANDURO			PITUMSISA			RANCHO VERDE			
		Captación	Estanque	Receptor	Captación	Estanque	Receptor	Captación	Estanque	Receptor	Captación	Estanque	Receptor	
Géneros:	<i>Volvox</i>	Valores Promedio	0,00	0,92	0,31	0,00	0,23	0,42	0,00	1,15	0,26	0,67	0,40	0,00
	<i>Anabaena</i>		0,00	0,22	0,00	0,00	0,69	0,00	0,18	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>Navicula</i>		0,00	1,25	1,82	1,78	7,22	1,41	1,84	2,93	2,38	6,00	11,68	1,75
	<i>Scenedesmus</i>		0,00	0,69	1,93	0,00	2,88	0,91	0,00	2,30	1,55	1,33	7,43	0,82
	<i>Prorocentrum</i>		2,00	2,56	0,85	4,44	5,36	2,32	1,56	5,58	3,77	4,00	5,59	1,14
	<i>Oscillatoria</i>		0,00	1,39	0,54	0,00	7,58	2,32	0,55	4,99	0,79	2,00	10,64	0,00
	<i>Paramecium</i>		2,67	2,22	0,71	1,78	0,98	0,00	0,73	3,21	0,67	3,33	3,76	0,53
	<i>Monhystera</i>		0,00	0,41	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00	2,00	1,58	0,00
	<i>Cyclotella</i>		0,67	4,77	0,66	3,56	0,40	0,49	0,28	2,65	0,57	3,33	2,38	0,53
	<i>Cosmarium</i>		0,00	0,40	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,79	0,00
	<i>Pinnularia</i>		0,00	0,95	0,00	1,78	1,76	0,49	0,00	0,75	0,00	1,33	1,78	0,74
	<i>Ceratium</i>		0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Brachionus</i>	0,00	0,26	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00		
<i>Individuos totales</i>		Promedio	0,41	1,24	0,55	1,03	2,10	0,64	0,40	1,88	0,77	1,85	3,56	0,42
		Suma	5,33	16,17	7,13	13,33	27,33	8,38	5,14	24,40	9,99	24,00	46,24	5,50

Tabla 12. ANOVA para el Número total de individuos por ml. en cuatro organizaciones piscícolas y tres lugares de muestreo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-Valor	Sig.
Modelo	6944,56	11	631,3	3,70	0,0012	
Organización	1656,2	3	552,1	3,23	0,0326	*
Lugar de muestreo	3988,68	2	1994,3	11,67	0,0001	**
Organización*Lugar de muestro	1287,78	6	214,6	1,26	0,2998	Ns
Error	6663,03	39	170,8			
Total	13607,6	50				
C.V: 81,07						

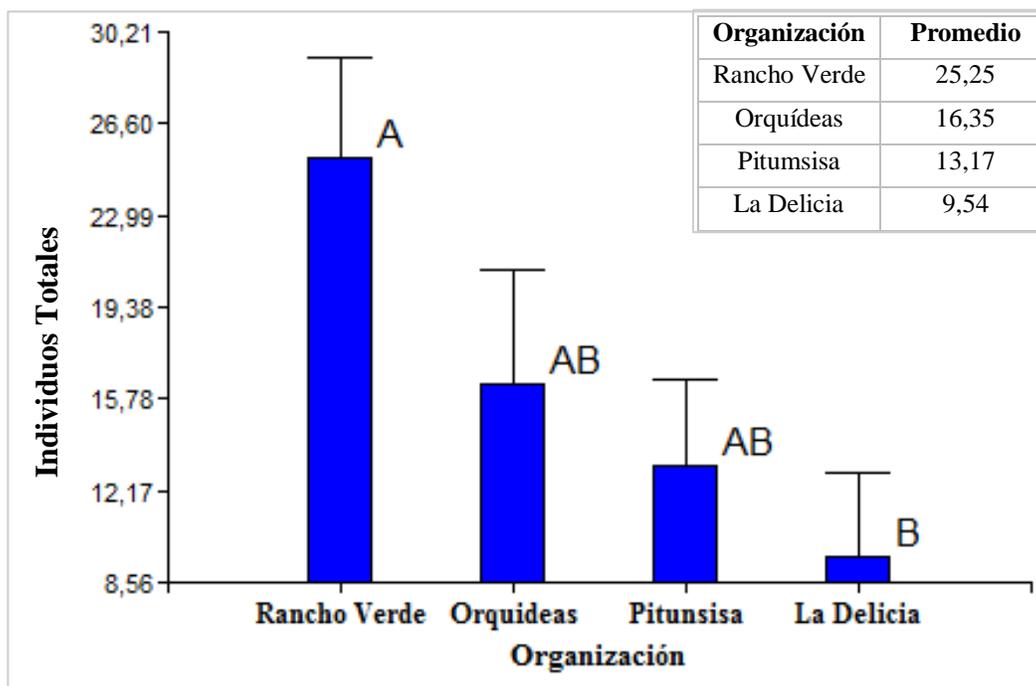


Gráfico 26. Prueba de Tukey al 5% para Número total de individuos en cuatro Organizaciones piscícolas.

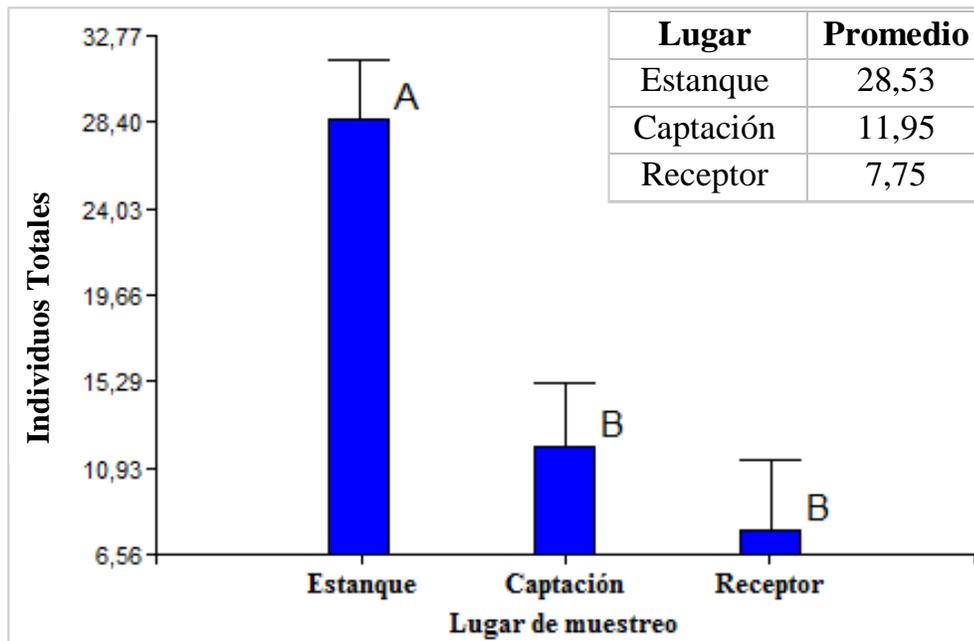


Gráfico 27. Prueba de Tukey al 5% para el Número total de individuos por ml. en tres Lugares de Muestreo.

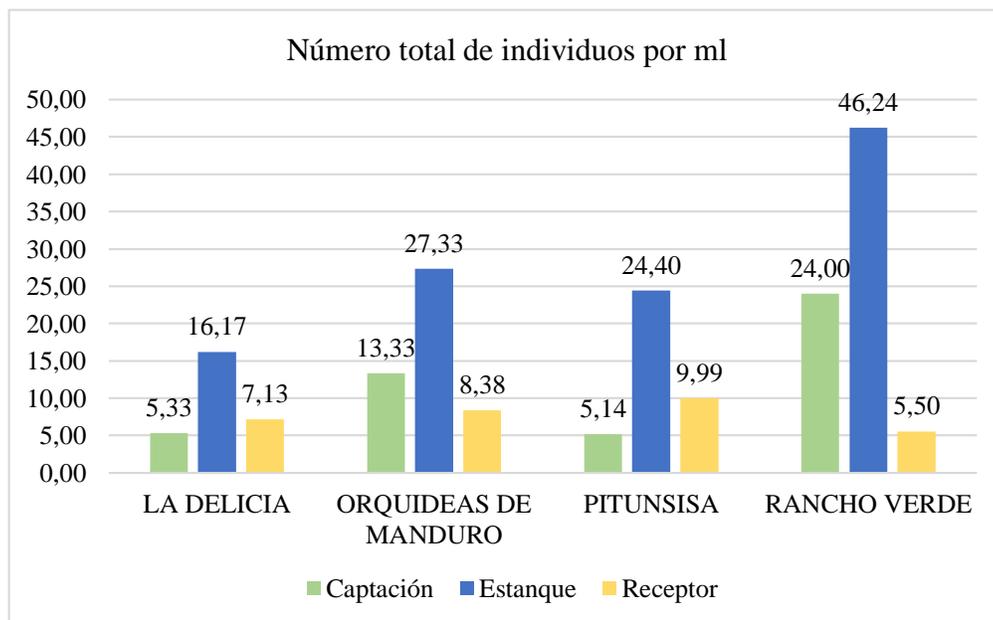


Gráfico 28. Promedios para el Número total de individuos por ml. para interacción Organización por Lugar de Muestreo.

7.4.2. Índice de Diversidad de Shannon-Weaver (H)

En la Tabla 13 se presentan los resultados totales del análisis de diversidad para comunidades de fitoplancton y zooplancton, determinado en cada una de las estaciones de muestreo aplicando el Índice de Shannon-Weaver.

El cálculo del Índice de Shannon-Weaver para Captaciones (Gráfico 29), registran una mayor diversidad en Rancho Verde con valores de H: 2,03 y menor diversidad con H: 0,97 para La Delicia.

Referente a Estanques (Gráfico 30), se determinó una mayor diversidad en La Delicia con valores de H: 2,15 y menor diversidad en Orquídeas de Manduro con H: 1,80.

Finalmente, los cuerpos Receptores (Gráfico 31), presentaron baja diversidad para todos los casos, con valores entre 1,90 y 1,64.

Estos resultados concuerdan con lo mencionado en Shannon *et al.*, citado en Tapia (2010) quien menciona que valores inferiores a 2,0 son considerados zonas de baja biodiversidad (en general como resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad.

Tabla 13. Cálculo del Índice de Diversidad de Shannon-Weaver para todos los sitios de muestreo.

ORGANIZACIONES PISCICOLAS		Índice de Diversidad de Shannon-Weaver (H)	Suma (N)	Número de Especies (S)
LA DELICIA	Captación	0,97	5,33	3
	Estanque	2,15	16,17	13
	Receptor	1,90	7,13	9
ORQUIDEAS DE MANDURO	Captación	1,52	13,33	5
	Estanque	1,80	27,33	10
	Receptor	1,74	8,38	7
PITUNSISA	Captación	1,52	5,14	6
	Estanque	2,05	24,40	11
	Receptor	1,64	9,99	7
RANCHO VERDE	Captación	2,03	24,00	9
	Estanque	1,97	46,24	11
	Receptor	1,69	5,50	6

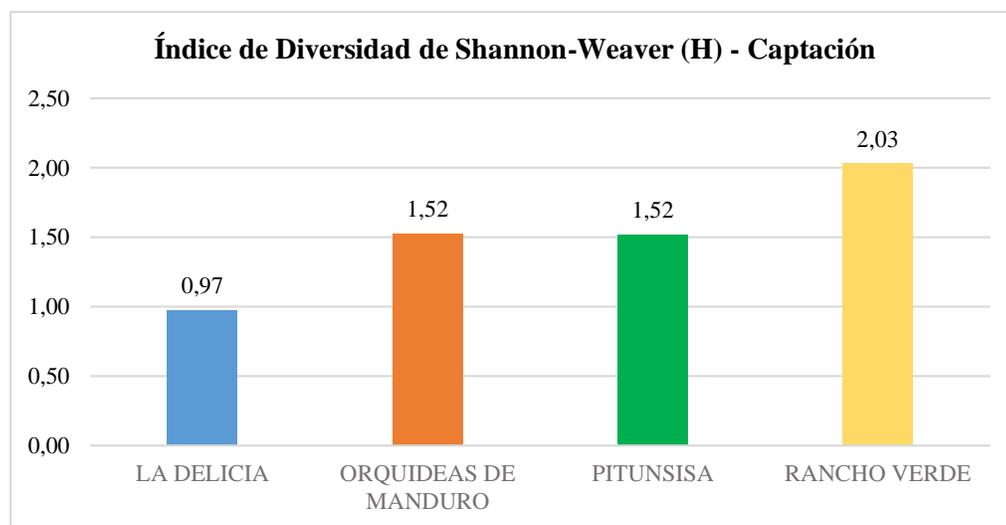


Gráfico 29. Cálculo del Índice de Diversidad de Shannon-Weaver a nivel de Captaciones

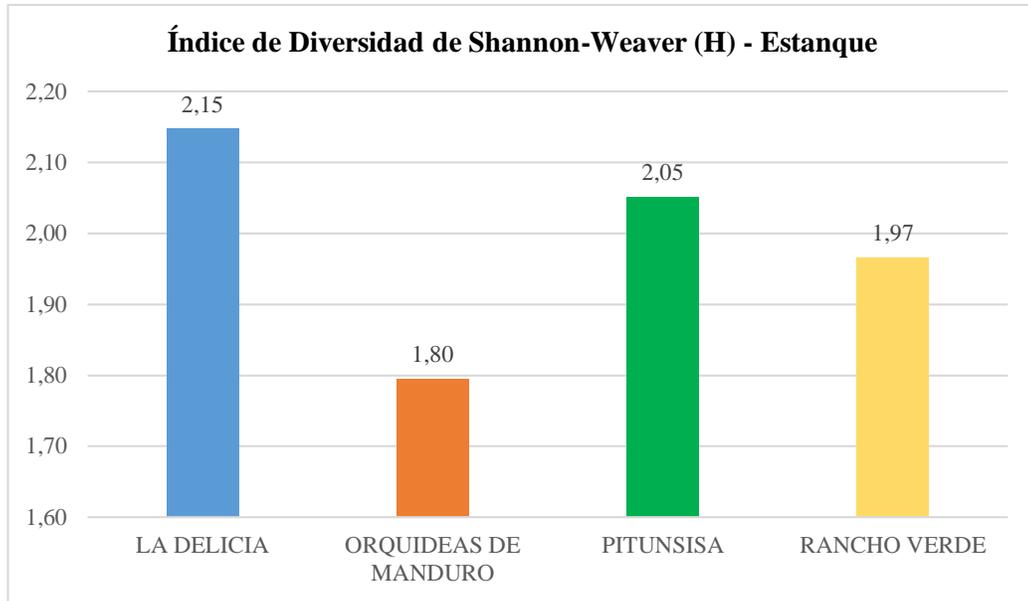


Gráfico 30. Cálculo del Índice de Diversidad de Shannon-Weaver a nivel de Estanques

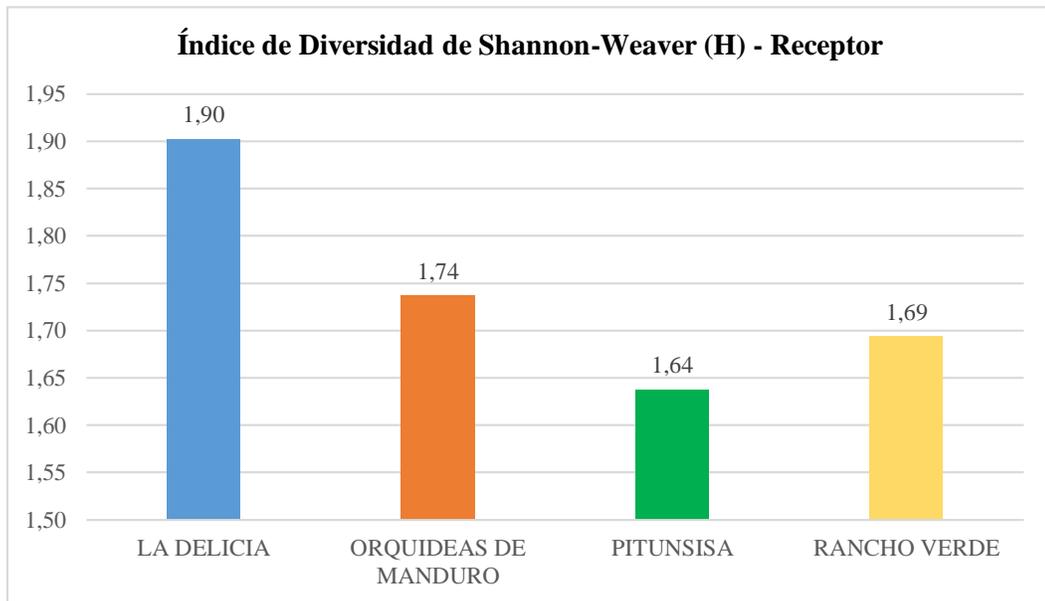


Gráfico 31. Cálculo del Índice de Diversidad de Shannon-Weaver a nivel de Receptores

7.4.3. Navicula

El análisis de varianza para el género *Navicula* (Tabla 14), presento diferencias significativas para Organización, Lugar de Muestreo y para la interacción Organización*Lugar de Muestreo. Respecto a organizaciones (Gráfico 32) se observan 2 rangos de significación, encontrándose en el primer lugar Rancho Verde por encima de las restantes. Para la variable Lugar de muestreo (Gráfico 33) se observan 2 rangos de significación ubicándose en el primero rango Estanque y en el segundo rango los restantes. En el gráfico 34 se observan 2 rangos de significación para la interacción Organización*Lugar de Muestreo, presentándose el Estanque de Rancho verde en el primer lugar por encima de los restantes.

Según Streble *et al.*, (1985) especies del género *Navicula* habitan en aguas estancadas, con alta conductividad y ricas en materia orgánica, lo cual guarda relación con la abundancia del mismo en la organización Rancho Verde, específicamente a nivel de estanque, en donde existe una alta conductividad, como lo expresa el gráfico 19.

Tabla 14. ANOVA para *Navicula* número de individuos por ml. en cuatro organizaciones piscícolas y tres lugares de muestreo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-Valor	Sig.
Modelo	490,26	11	44,6	4,24	0,0004	
Organización	198,2	3	66,1	6,29	0,0014	**
Lugar de muestreo	150,31	2	75,2	7,15	0,0023	**
Organización*Lugar de muestro	152,42	6	25,4	2,42	0,0440	*
Error	409,72	39	10,5			
Total	899,97	50				
C.V: 98,84						

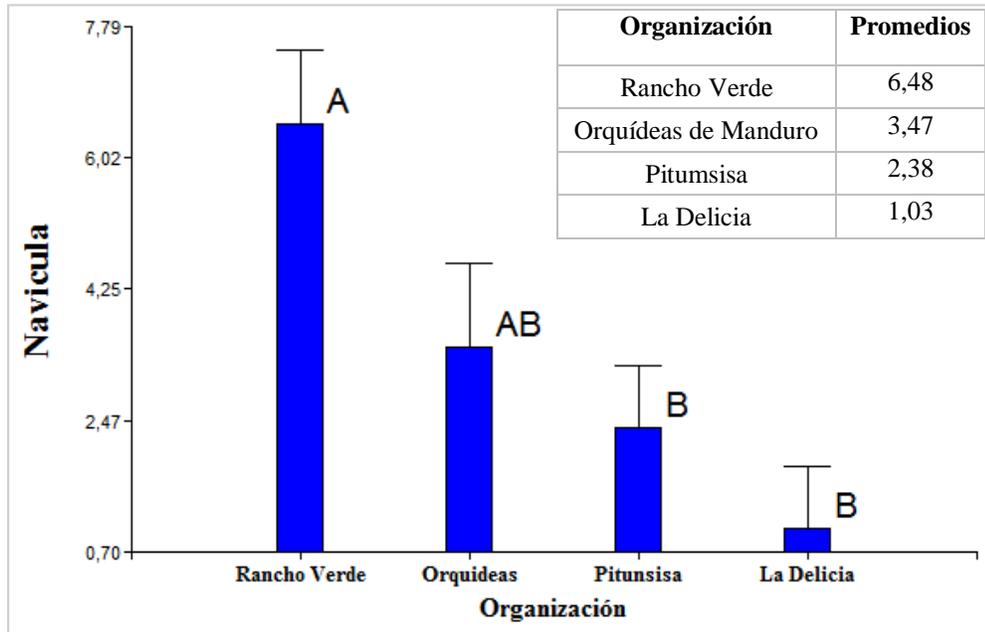


Gráfico 32. Promedios y Prueba de Tukey al 5% para *Navicula* en cuatro Organizaciones piscícolas

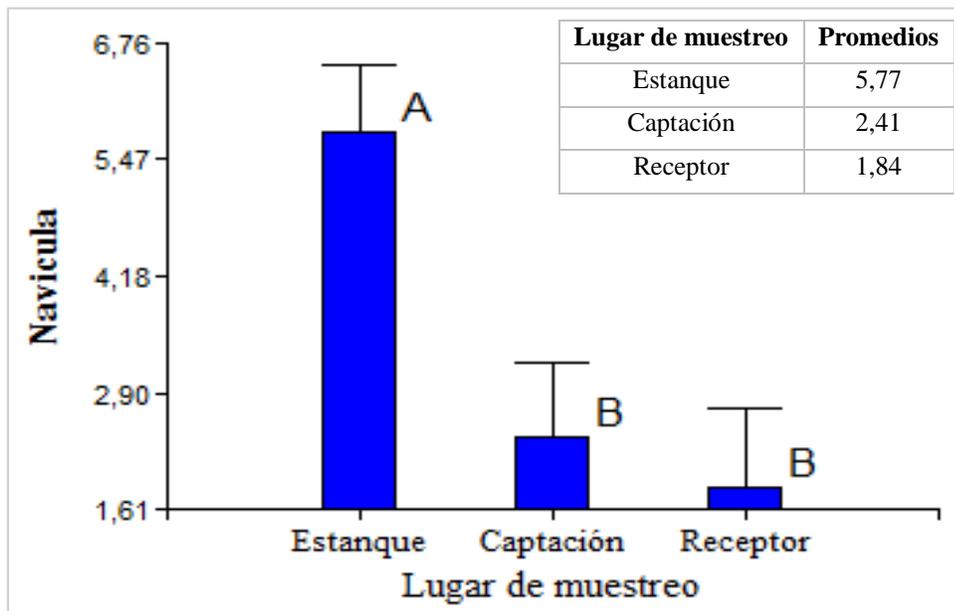


Gráfico 33. Promedios y Prueba de Tukey al 5% para *Navicula* número de individuos por ml. en tres Lugares de Muestreo

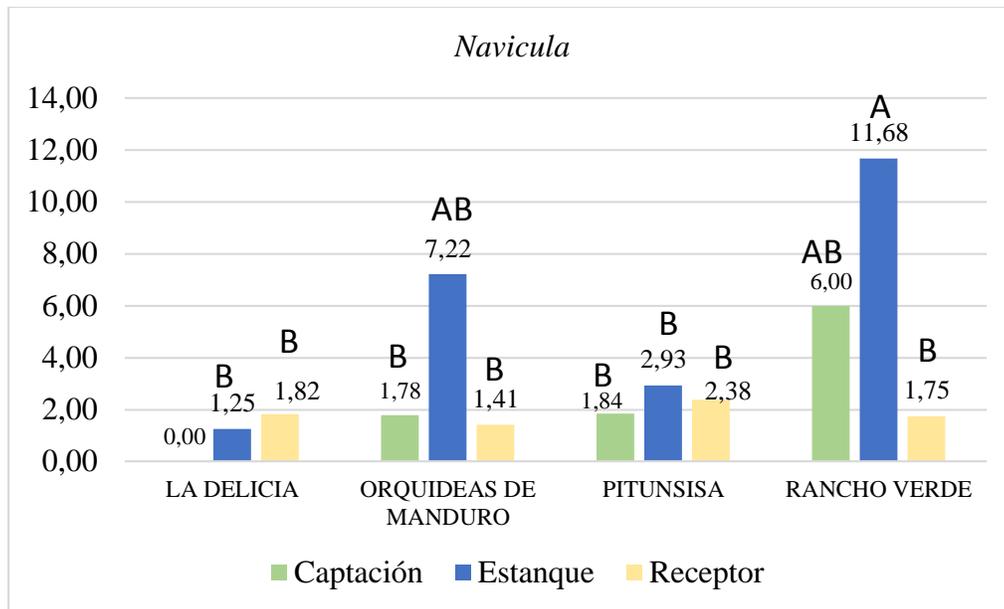


Gráfico 34. Prueba de Tukey al 5% para *Navicula* número de individuos por ml. para interacción Organización por Lugar de Muestreo.

7.4.4. Prorocentrum

Los resultados representados en la Tabla 15 para el análisis de varianza indican que no existieron diferencias significativas para Organización, Lugar de Muestreo y para la interacción Organización*Lugar de Muestreo.

Lo observado puede explicarse a que este género de dinoflagelados comprende especies cosmopolitas de aguas tropicales que pueden vivir en una variedad de hábitats según lo expresado por Dodge (1975).

Tabla 15. ANOVA para *Prorocentrum* número de individuos por ml. en cuatro organizaciones piscícolas y tres lugares de muestreo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-Valor	Sig.
Modelo	147,74	11	13,4	1,38	0,2225	
Organización	40,08	3	13,4	1,37	0,2664	Ns
Lugar de muestreo	62,62	2	31,3	3,21	0,0513	Ns
Organización*Lugar de muestro	38,92	6	6,5	0,66	0,6784	Ns
Error	380,54	39	9,8			
Total	528,28	50				
C.V: 96,98						

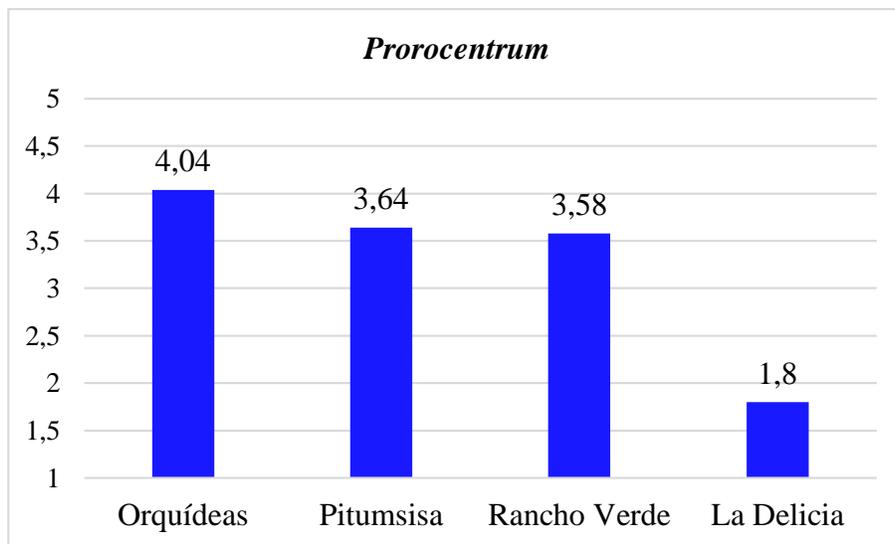


Gráfico 35. Promedios para *Prorocentrum compressum* en cuatro Organizaciones piscícolas

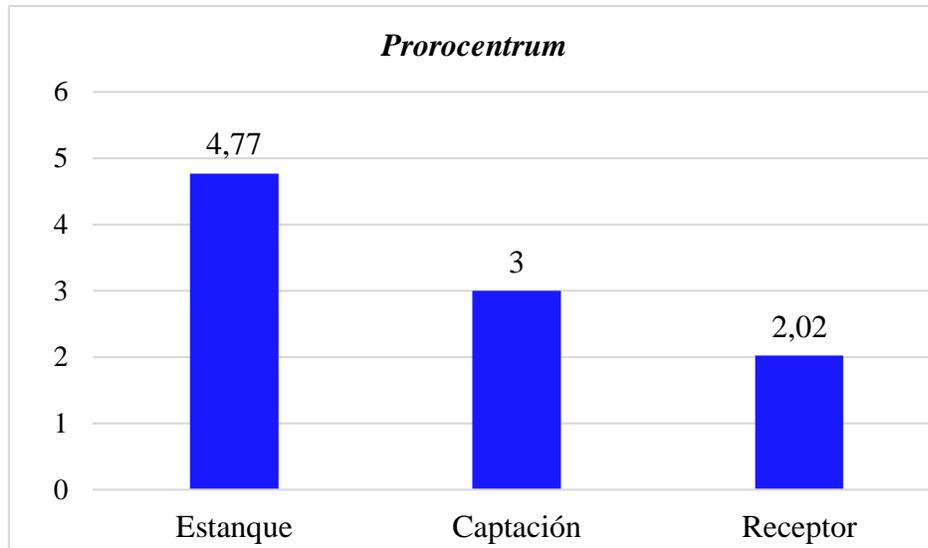


Gráfico 36. Promedios para *Prorocentrum* número de individuos por ml. en tres Lugares de Muestreo.

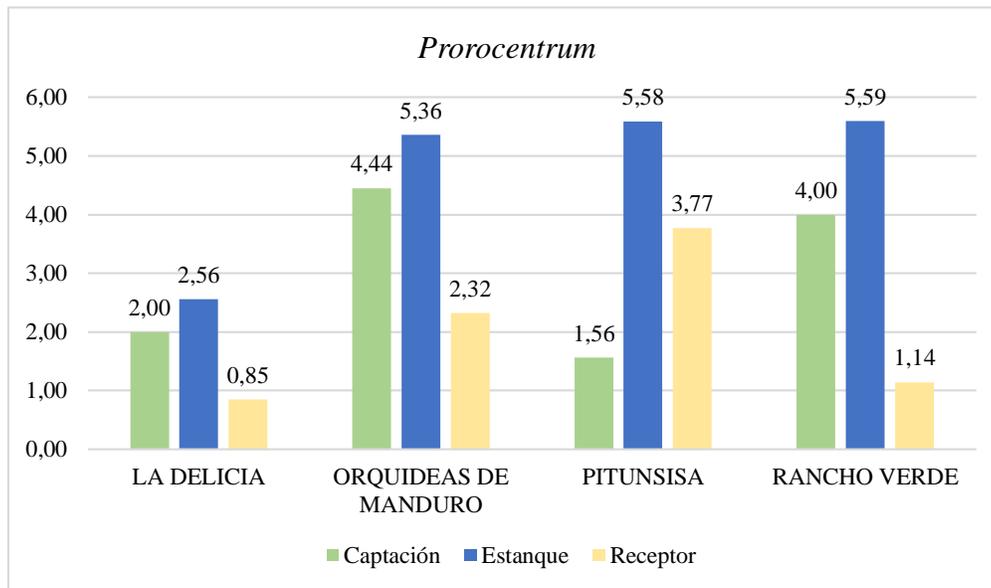


Gráfico 37. Promedios para *Prorocentrum* número de individuos por ml. para interacción Organización por Lugar de Muestreo.

7.4.5. Paramecium

Para el género *Paramecium* el análisis de varianza (Tabla 16) indica que no existieron diferencias significativas para Organización, Lugar de Muestreo y para la interacción Organización*Lugar de Muestreo.

Lo observado puede explicarse a que este género cosmopolita, que habita en aguas dulces estancadas y ricas en nutrientes (Streble *et al.*, 1985).

Tabla 16. ANOVA para *Paramecium* número de individuos por ml. en cuatro organizaciones piscícolas y tres lugares de muestreo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-Valor	Sig.
Modelo	71,94	11	6,5	0,66	0,7705	
Organización	13,37	3	4,5	0,45	0,7212	Ns
Lugar de muestreo	35,12	2	17,6	1,76	0,1856	Ns
Organización*Lugar de muestro	19,38	6	3,2	0,32	0,9207	Ns
Error	389,37	39	10,0			
Total	461,31	50				
C.V: 178,08						

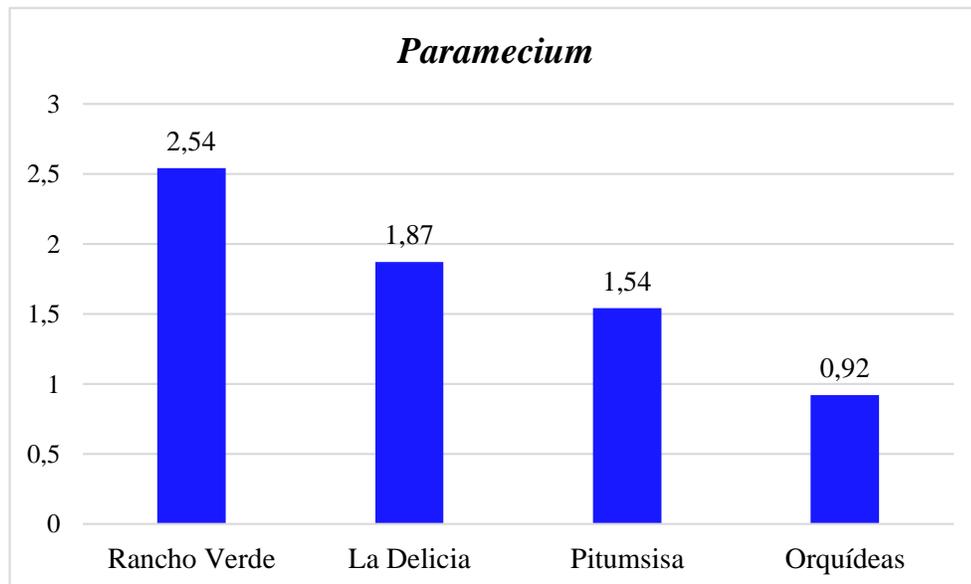


Gráfico 38. Promedios para *Paramecium* en cuatro Organizaciones piscícolas

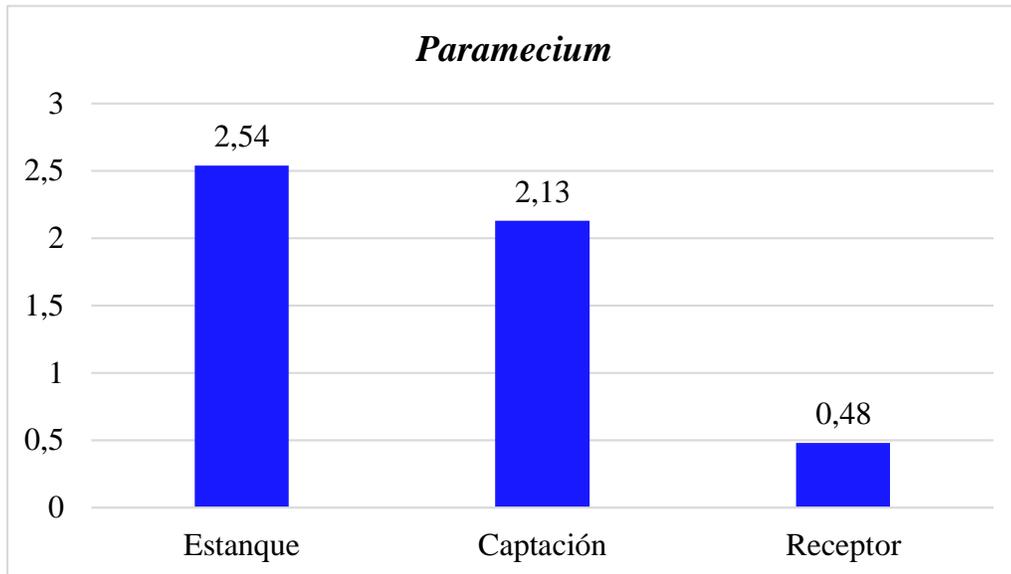


Gráfico 39. Promedios para *Paramecium* número de individuos por ml. en tres Lugares de Muestreo.

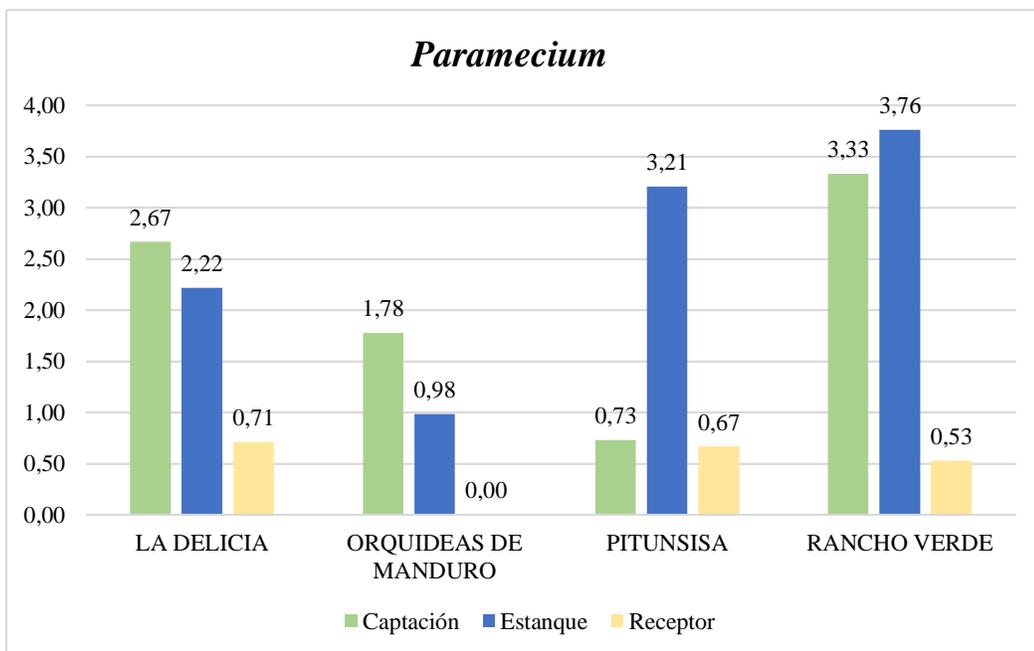


Gráfico 40. Promedios para *Paramecium* número de individuos por ml. para interacción Organización por Lugar de Muestreo.

7.4.6. Cyclotella

El análisis de varianza para el género *Cyclotella* (Tabla 17) presenta diferencias significativas para Lugar de Muestreo y para la interacción Organización*Lugar de Muestreo y no significativas para Organización. En el gráfico 42 se observan 2 rangos de significación para Lugar de Muestreo encontrándose en el primer lugar el sitio Estanque por encima de las restantes.

Los resultados podrían explicarse puesto que según Tomas (1997) *Cyclotella* es un género que se distribuye tanto en zonas costeras como en agua dulce, y se desarrolla en aguas estancadas.

Tabla 17. ANOVA para *Cyclotella* número de individuos por ml. en cuatro organizaciones piscícolas y tres lugares de muestreo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-Valor	Sig.
Modelo	124,65	11	11,3	2,83	0,0081	
Organización	7,88	3	2,6	0,66	0,5837	Ns
Lugar de muestreo	31,11	2	15,6	3,89	0,0288	*
Organización*Lugar de muestreo	70,23	6	11,7	2,93	0,0187	*
Error	155,98	39	4,0			
Total	280,63	50				
C.V: 112,85%						

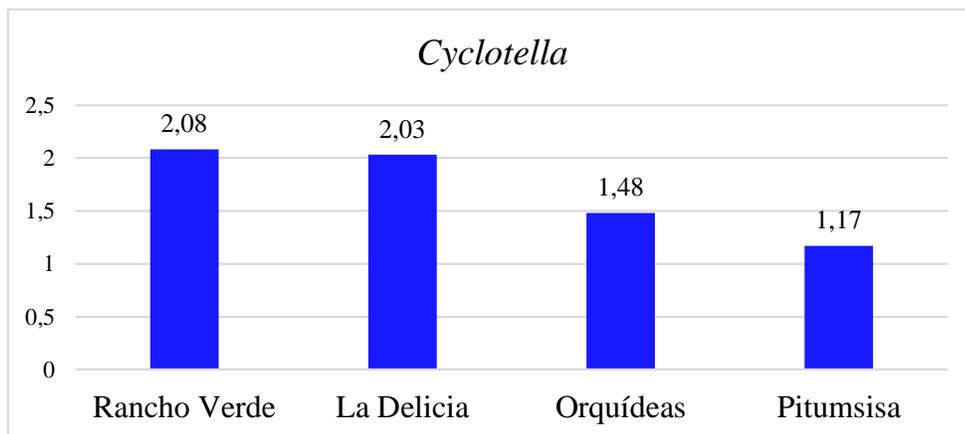


Gráfico 41. Promedios para *Cyclotella* número de individuos por ml en cuatro Organizaciones piscícolas.

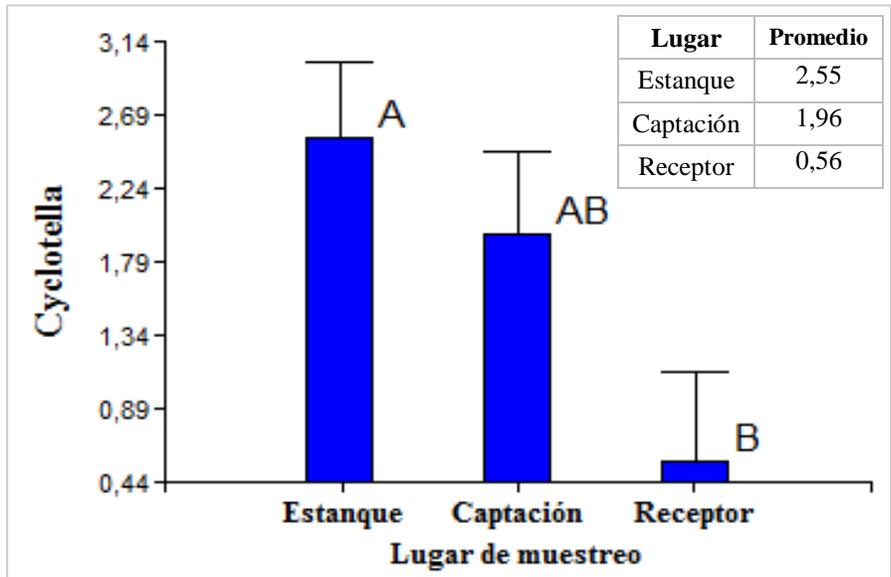


Gráfico 42. Prueba de Tukey al 5% para *Cyclotella* número de individuos por ml. en tres Lugares de Muestreo.

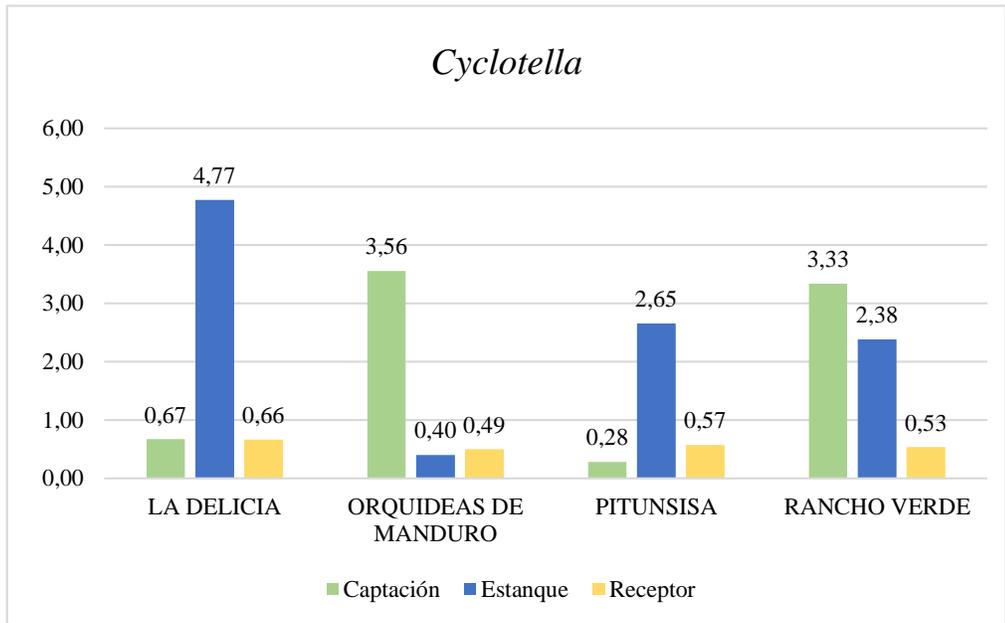


Gráfico 43. Promedios para *Cyclotella* número de individuos por ml. para interacción Organización por Lugar de Muestreo.

7.5. Asociación entre variables dependientes e independientes

En la Tabla 18 se presentan los resultados significativos de un total de 84 análisis de Correlación de Pearson que se obtuvieron para medir el grado de relación mutua entre las variables cuantitativas de tipo *parámetros físico-químicos* (independiente) y *número de individuos por mililitro* de cada género (dependiente).

Tabla 18. Resultados significativos del coeficiente de correlación de Pearson entre variables dependientes e independientes

CORRELACIONES SIGNIFICATIVAS				
Variable Independiente	Variable Dependiente	r	Sign.	Rangos de Calf.
Temperatura (°C)	Número total de Individuos	0,717	**	gl= 10 < a 0,497 -- Ns > a 0,497-- * > a 0,658 -- **
Temperatura (°C)	<i>Navicula</i>	0,587	*	
Temperatura (°C)	<i>Scenedesmus</i>	0,700	*	
Temperatura (°C)	<i>Prorocentrum</i>	0,636	*	
Temperatura (°C)	<i>Oscillatoria</i>	0,739	**	
Temperatura (°C)	<i>Cosmarium</i>	0,740	**	
Temperatura (°C)	<i>Volvox</i>	0,558	*	
pH	<i>Prorocentrum</i>	-0,506	*	
pH	<i>Pinnularia</i>	-0,569	*	
Oxígeno Disuelto (mg/L)	<i>Volvox</i>	-0,676	**	
Oxígeno Disuelto (mg/L)	<i>Anabaena</i>	-0,781	**	
Fosfatos (mg/L de P-PO ₄)	<i>Cyclotella</i>	0,603	*	

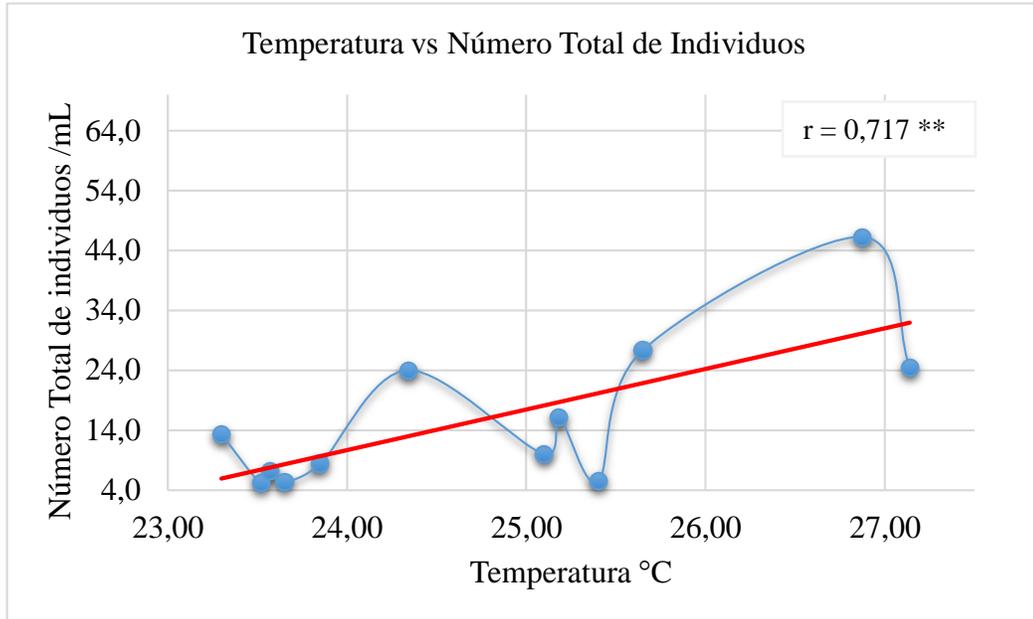


Gráfico 44. Correlación de Pearson entre Temperatura (°C) y Número de total de Organismos.

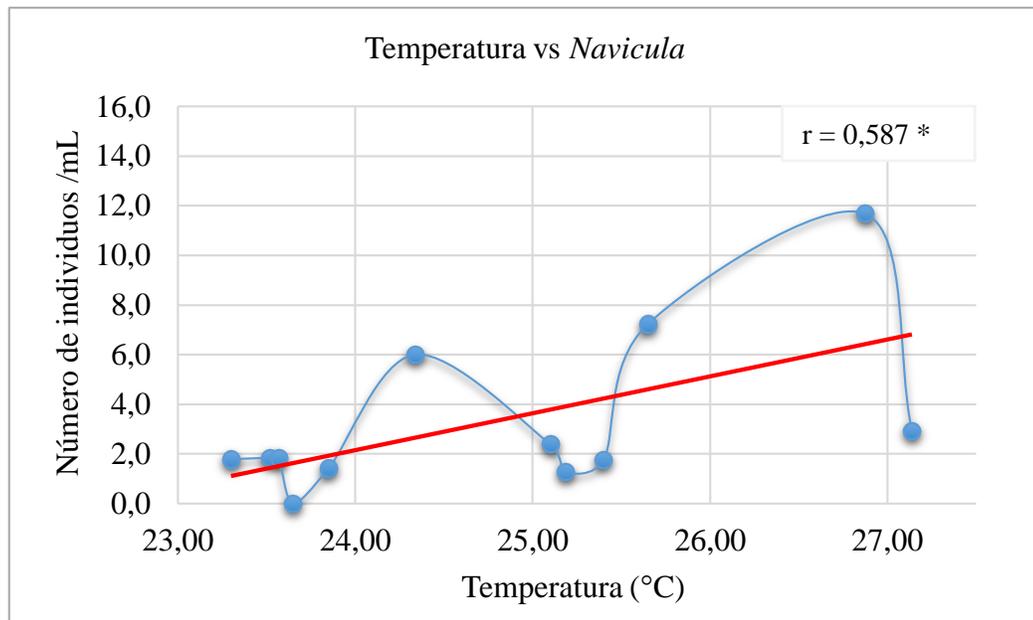


Gráfico 45. Correlación de Pearson entre Temperatura (°C) y número de individuos por ml de Navicula.

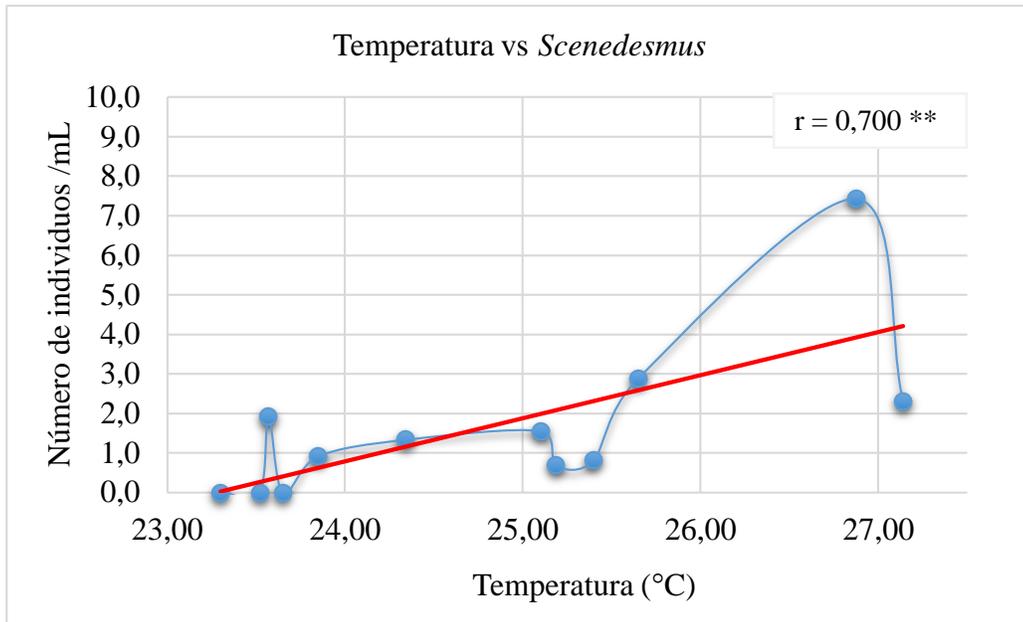


Gráfico 46. Correlación de Pearson entre Temperatura (°C) y número de individuos de *Scenedesmus*.

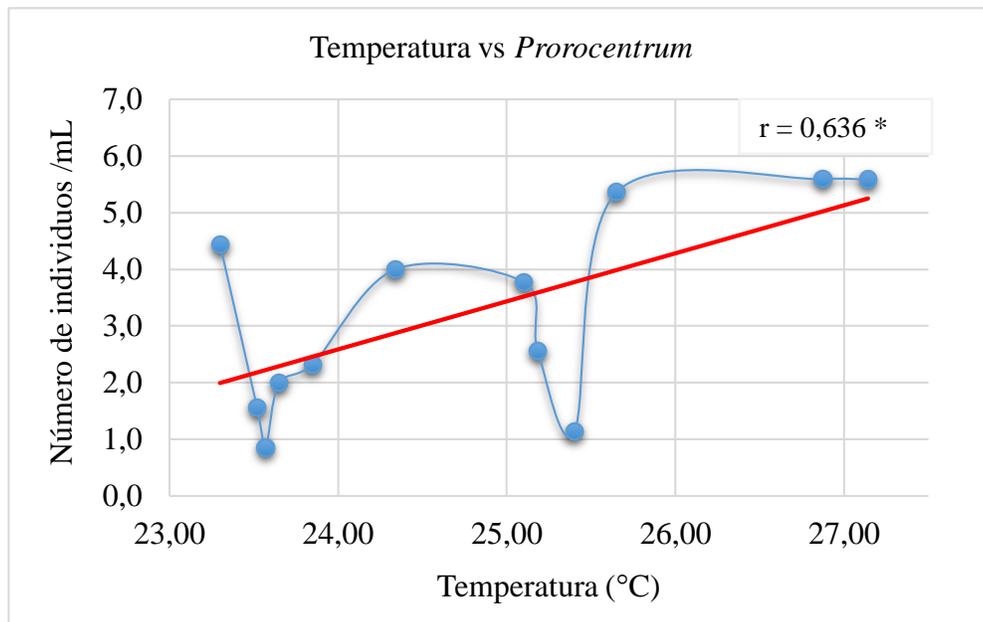


Gráfico 47. Correlación de Pearson entre Temperatura (°C) y número de individuos de *Prorocentrum*.

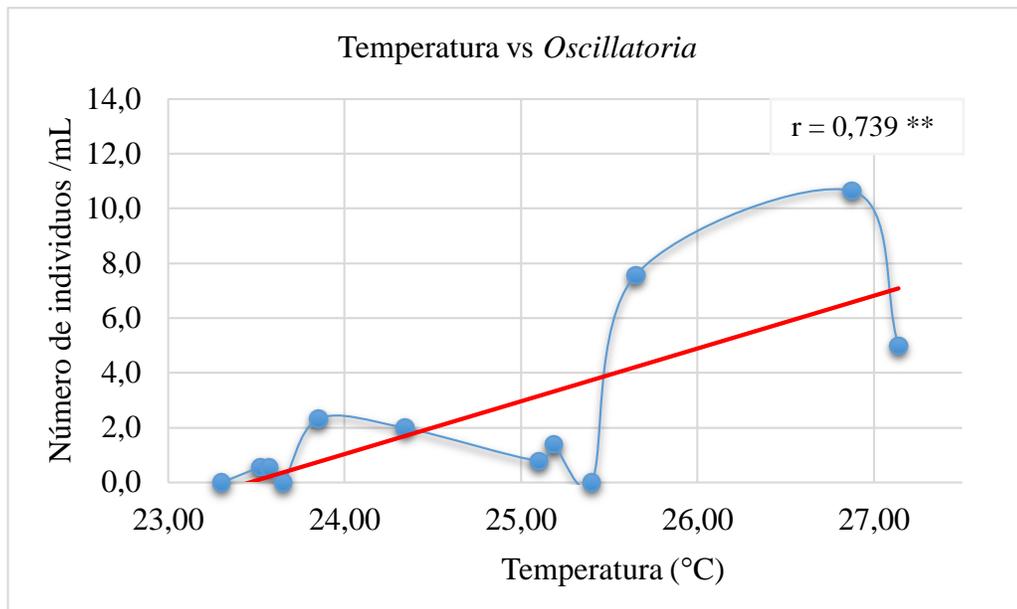


Gráfico 48. Correlación de Pearson entre Temperatura (°C) y número de individuos de *Oscillatoria*.

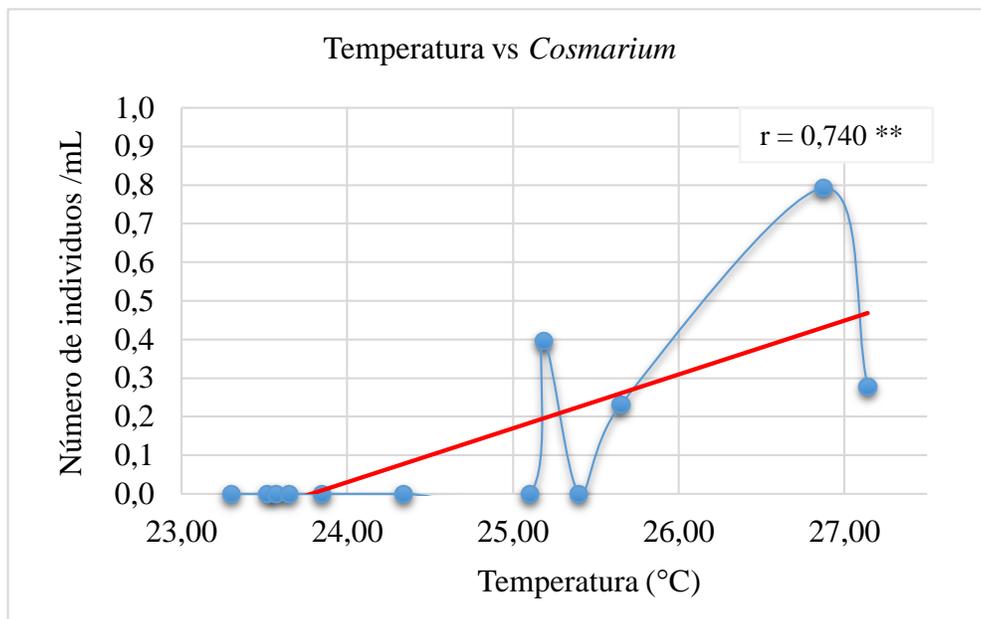


Gráfico 49. Correlación de Pearson entre Temperatura (°C) y número de individuos de *Cosmarium*.

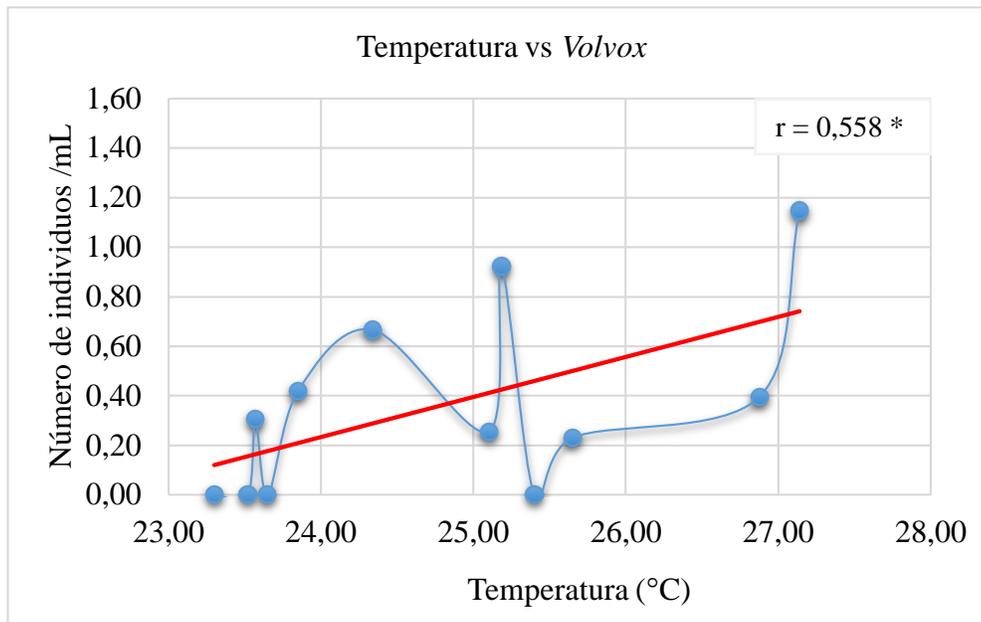


Gráfico 50. Correlación de Pearson entre Temperatura (°C) y número de individuos de *Volvox*.

El coeficiente de correlación de Pearson indica una correlación significativa al 1% entre las variables Temperatura y Número total de organismos (Gráfico 44). Se observa también que dicho coeficiente mantiene una correlación significativa al 5% entre la variable Temperatura y los géneros *Navicula* (Gráfico 45) y *Volvox* (Gráfico 50), y al 1% entre dicho parámetro y los géneros *Scenedesmus* (Gráfico 46), *Prorocentrum* (Gráfico 47), *Oscillatoria* (Gráfico 48) y *Cosmarium* (Gráfico 49).

Estos resultados implican que dentro del rango de temperatura comparado, el aumento de temperatura mantiene relación con el aumento de la abundancia de Individuos Totales, y de los géneros *Navicula*, *Scenedesmus*, *Prorocentrum*, *Oscillatoria*, *Cosmarium* y *Volvox*. Esto coincide con lo expresado por Roldán (2008), quien menciona que la temperatura es un factor ambiental importante que influye en la proliferación y supervivencia de los microorganismos, ya que a medida que aumenta la temperatura, se incrementan las reacciones enzimáticas y tasas de reproducción. Además, Arboleda (2006) expresa que la temperatura ejerce una influencia relevante sobre la reproducción y crecimiento de organismos de fitoplancton y zooplancton.

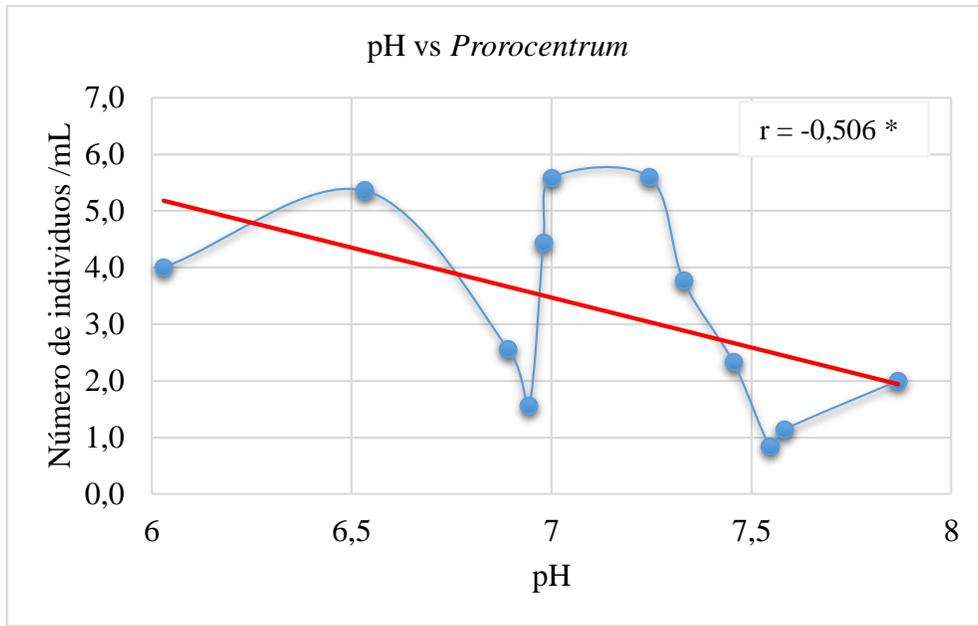


Gráfico 51. Correlación de Pearson entre pH y número de individuos de *Prorocentrum*.

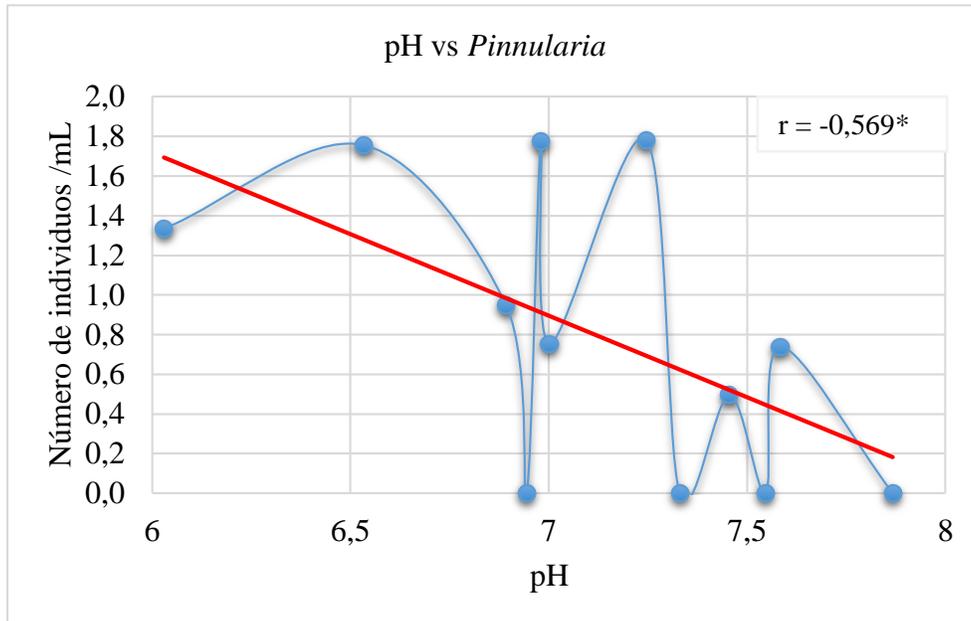


Gráfico 52. Correlación de Pearson entre pH y número de individuos de *Pinnularia*

El coeficiente de correlación de Pearson presenta una correlación inversa significativa al 5% entre la variable Potencial de Hidrógeno (pH) y los géneros *Prorocentrum* (Gráfico 51) y *Pinnularia* (Gráfico 52). Esto implica que a valores de pH 7,87 cercanos a la neutralidad, la abundancia de los géneros *Prorocentrum* y *Pinnularia* es menor. Al respecto Roldán (2008), manifiesta que cada organismo presenta un límite de pH en el cual su crecimiento se hace posible. Muy pocas especies puede desarrollarse en valores de pH inferiores a 2 o superiores a 10.

Con respecto al género *Prorocentrum*, se refiere a especies cosmopolitas de amplia distribución, las cuales pueden vivir en una variedad de hábitats según lo expresado por Dodge (1975). También Jiménez (1983) menciona que este género de dinoflagelados presenta mayor abundancia en ambientes con temperaturas altas (Gráfico 38) y valores de pH ligeramente ácidos.

El género *Pinnularia*, representa una de las diatomeas de agua dulce más comunes y extensas: Se desarrolla en cuerpos de agua estancada o corriente, normalmente con presencia de vegetación. Es frecuente en aguas ácidas (Junta de Andalucía, 2010).

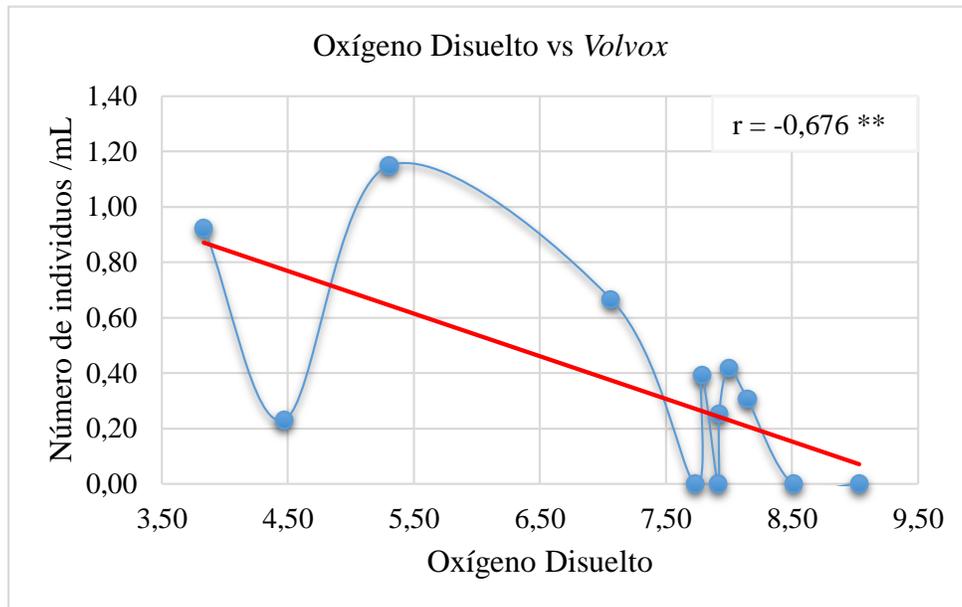


Gráfico 53. Correlación de Pearson entre Oxígeno Disuelto y número de individuos de *Volvox*

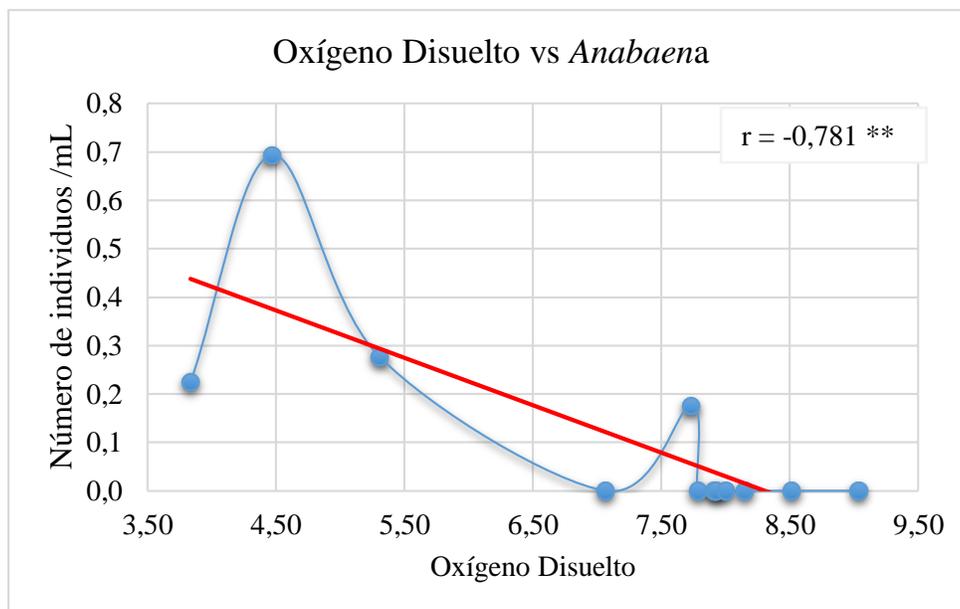


Gráfico 54. Correlación de Pearson entre Oxígeno Disuelto y número de individuos de *Anabaena*

El coeficiente de Correlación de Pearson presenta una correlación significativa inversa al 1% entre la variable Oxígeno Disuelto y los géneros *Volvox* (Gráfico 53) y *Anabaena* (Gráfico 54). Esto indicaría que a mayor concentración de oxígeno disuelto dentro del rango comparado, la abundancia de los géneros *Volvox* y *Anabaena* es menor.

Con respecto al *Volvox*, Desnitski (2002) menciona que es un género con especies cosmopolitas que habitan en aguas estancadas y suelen ser más abundantes en ecosistemas con vegetación sumergida. Para su desarrollo requieren aguas de baja salinidad y soporta un nivel trófico medio, o relativamente alto. Y a su vez Baird (2001) señala que en aguas estancadas los niveles de oxígeno son bajos, debido al consumo por respiración y oxidación de la materia orgánica presente en las mismas.

Para *Anabaena*, La Junta de Andalucía (2010) menciona que es un género de cianobacterias que habita en aguas eutróficas y estancadas. Al respecto Goldman *et al.*, (1983) menciona que este tipo de ambientes lénticos retienen y absorben menos oxígeno.

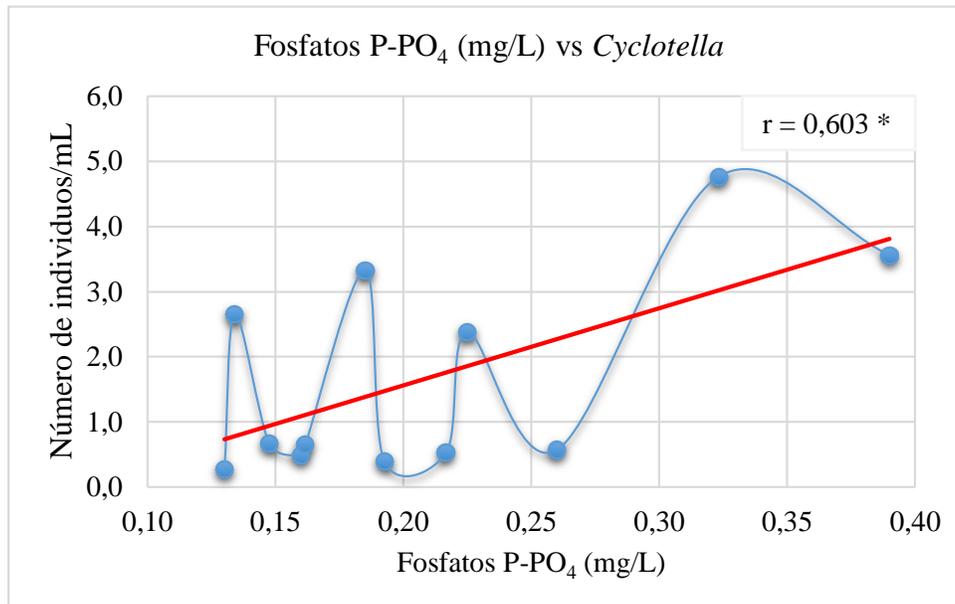


Gráfico 55. Correlación de Pearson entre Fosfatos P-PO₄ (mg/L) y número de individuos de *Cyclotella*.

El coeficiente de correlación de Pearson (Gráfico 55) registra una correlación significativa al 5% entre la variable Fosfatos P-PO₄ (mg/L) y el género *Cyclotella*. Esto implica que a mayor concentración de Fósforo P-PO₄ (mg/L) dentro del rango comparado, aumentaría la abundancia del género *Cyclotella*.

Este género abarca especies cosmopolitas, que aparecen en un amplio rango de salinidad y tolerantes a cantidades elevadas de contaminación orgánica (Junta de Andalucía (2010)). Además, Tomas (1997) menciona que este género se encuentra en aguas estancadas con elevado nivel trófico, especialmente si están enriquecidas en fósforo. A su vez Roldán (2008) manifiesta que el P es considerado el factor más limitante en la productividad primaria.

8. CONCLUSIONES

- Los cuatro Sistemas Piscícolas implicados en el estudio cuentan con un sistema integral de producción que involucra como etapas y/o actividades la preparación y secado del estanque; desinfección del fondo utilizando CaO, Ca (OH)₂ o CaCO₃; llenado del estanque; fertilización del cuerpo de agua con Mg, K y P; siembra de alevines; alimentación con plancton y balanceado; y finalmente la cosecha y comercialización.
- El promedio de Individuos totales/mL en campo fue de 16,08; encontrándose una mayor abundancia en la organización Rancho Verde con un promedio de 25,25 y una menor presencia de individuos en La Delicia con 9,54. Con respecto a lugares de muestreo la mayor abundancia se presentó en los estanques de producción con un promedio de 28,53, seguido de captaciones con 11,95 y una menor abundancia en receptores con 7,75. El género *Navicula* presentó el mayor número de individuos, seguido de los géneros *Prorocentrum*, *Paramecium* y *Cyclotella* respectivamente.
- Las mayores diversidades de acuerdo al Índice de Shannon-Weaver se registraron en los estanques productivos de La Delicia con 2,15 y en Pitumsisa con 2,05; y las menores diversidades se presentaron en los estanques de Rancho Verde con 1,97 y Orquídeas de Manduro con 1,80. Con respecto a captaciones la mayor diversidad se presentó en Rancho Verde con 2,03 y menores diversidades en las organizaciones restantes con valores entre 1,52 y 0,97. Los cuerpos receptores presentaron bajas diversidades para todos los casos con valores entre 1,90 y 1,64.
- La caracterización físico-química de cuerpos de agua determinó una mayor Temperatura a nivel de estanques con un promedio de 26,21 °C, seguido de los cuerpos receptores con 24,48 °C y una menor Temperatura en captaciones con 23,7°C. En cuanto al pH el mayor valor se registró en cuerpos Receptores con un pH de 7,48 considerado como ligeramente básico. La Conductividad eléctrica presentó mayor concentración de iones disueltos en la Organización la Delicia con 88,00 µS/cm, y a nivel de Lugares de Muestreo en Estanques con 69,64 µS/cm, menores conductividades presentaron Orquídeas de Manduro con 33,72 µS/cm y cuerpos hídricos con fines de Captación con 44,64 µS/cm. Las concentraciones más

altas para Oxígeno Disuelto se registraron en Captaciones y Receptores con 8,09 mg/L y 8,00 mg/L respectivamente y menor concentración en Estanques con 5,35 mg/L. Finalmente para la concentración de Fósforo (P-PO₄) los valores oscilaron entre 0,13 mg/L de P-PO₄ en la captación y estanque de Pitumsisa, y 0,39 en la captación de Orquídeas de Manduro.

- Respecto a la relación entre variables físico químicas y abundancia de individuos, se encontró que la Temperatura mantiene una correlación positiva con respecto a la abundancia de Individuos Totales y de los géneros *Navicula*, *Scenedesmus*, *Prorocentrum*, *Oscillatoria*, *Cosmarium* y *Volvox*. El pH mostró una correlación inversa con relación a la abundancia de los géneros *Prorocentrum* y *Pinnularia*. Algo similar ocurre entre Oxígeno Disuelto y los géneros *Volvox* y *Anabaena*. Esta correlación inversa se presenta puesto que *Volvox* y *Anabaena* proliferan en ambientes eutróficos con niveles bajos de oxígeno, debido al consumo por respiración y oxidación de la materia orgánica. La variable Fosfatos P-PO₄ (mg/L) y el género *Cyclotella* presentaron por su parte, una correlación positiva.

9. RECOMENDACIONES

- Realizar futuras investigaciones sobre la contribución del Fitoplancton como bioindicador de masas de agua, que involucre: Determinación de la composición taxonómica del Fitoplancton, abundancia de cada especie, toxicidad potencial de cada especie, métricas de porcentajes de Clorofila, porcentajes de Cianofitas, porcentajes de Diatomeas, etc., e índices del Fitoplancton. Con la finalidad de obtener información más precisa y detallada del estado trófico y calidad de cuerpos de agua.
- Realizar futuras investigaciones considerando diferentes metodologías para la toma de muestras de Fitoplancton, específicamente perfeccionar técnicas para llevarlas a cabo en sistemas productivos piscícolas y cuerpos hídricos de captación y descarga. Seleccionar los métodos apropiados de acuerdo al propósito que persigan: estudio taxonómico, inventarios biológicos o estudios ecológicos.
- Realizar estudios similares de Comunidades de Fito y zooplancton y su incidencia directa con parámetros físico-químicos, en otros lugares o ecosistemas diferentes al ya estudiado; y a lo largo de varios ciclos de producción, tomando en cuenta también la variación estacional.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara, A.S. 1999. Ingeniería Sanitaria I: Manual de Prácticas. Instituto Tecnológico de Santo Domingo. Pp. 33
- Alcántara, F. B., H. F. Guerra & L. A. Campos. 1996. Piscicultura amazónica con especies nativas. TCA. Lima. Perú. Pp. 169.
- Arboleda Obregón, D. A. 2006. Revista Electrónica de Veterinaria: Limnología aplicada a la acuicultura. REDVET 11 (7): 1-24.
- Baird, C. 2001. Environmental Chemistry. Second Edition. Editorial REVERTÉ. Barcelona. España. Pp. 593
- Barrenechea, A. 2004. Aspectos fisicoquímicos de la calidad de agua. Lima, Perú. Pp.58
- Bongers, T. 1999. The maturity index, the evolution of nematode life history traits, adaptive radiation and c-p scaling. Kluwer Academic Publishers. Plan and Soil 212: 13-22.
- Boyd, C. E. & C. S. Tucker. 1998. Pond Aquaculture Water Quality Management. Kluwer Academic Publishers. Amsterdam. Holanda.
- Boyd, C. E. 2003. Guidelines for Aquaculture Effluent Management at the farm-level. Aquaculture 226: 101-112.
- Buschmann, A. 2001. Impacto Ambiental de la Acuicultura. El Estado de la investigación en Chile y el Mundo. Editado Terram. Osorno. Chile.
- Canal, E., U. Lombardo, M. Lomeña, J. Mamani, J. Pascual, I. Romero, M. Vía & R. Wiefels. 2007. Piscicultura rural: Una experiencia de desarrollo en la

Amazonia Boliviana. Editado Centro de Estudios Amazónicos (CEAM).
Bolivia.

Coman, F.E., R. M. Connolly & N. P. Preston. 2003. Zooplankton and epibenthic fauna in shrimp ponds: factors influencing assemblage dynamics. *Aquac Res* 34: 359-371.

Conde, J. M., E. Ramos & R. Morales. 2004. El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lénticos. *Ecosistemas* 13 (2): 23-29.

Desnitski, A. 2002. Dormant stages of the green flagellate *Volvox* in a natural habitat. *Russian Journal Developmental Biology* 33: 107–109.

DINARA. 2010. Manual básico de Piscicultura en estanques. Dirección Nacional de Recursos Acuáticos. Departamento de Acuicultura. Montevideo. Uruguay. Pp. 50.

Dodge, J. 1975. The Prorocentrales (Dinophyceae). Revision of the taxonomy within the genus *Prorocentrum*. *Bot. J. Linn. Soc.* 71:103-125.

Egna, H.S. & C.E. Boyd. 1997. Dynamics of pond aquaculture. CRC Press, Boca Raton, Florida. Pp. 472.

FAO. 2008. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2008. Documentos de la FAO. En: <http://www.fao.org/docrep/011/i0250s/i0250s00.htm>. Consultado: 25/03/2015.

FAO. 2010. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2010. Documentos de la FAO. <http://www.fao.org/docrep/013/i1820s/i1820s00.htm>. Consultado: 25/03/2015

- Federación provincial de organizaciones agrícolas y piscícolas de Pastaza (FPOAPP). 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.
- Guerra-Martínez, S. L & M.A. Lara-Villa. 1996. “Florecimiento” de *Ceratium furca* (Peridinales: Ceratiaceae) en un ambiente salobre: Laguna de Sontecomapan, México. Rev. Biol. Trop., 44(1): 23-30
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Veracruz (GADPV). 2015. Plan De Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Veracruz. 14-05-2015. En: http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/DescargaGAD/data/sigadplu/sdiagnostico/1660011370001_DIAGNOSTICO%20PARROQUIA%20VERACRUZ_14-05-2015_19-43-37.pdf. Consultado: 18/01/2016
- Goldman, C.R. & A.J. Horne. 1983. Limnology. Mcgraw-Hill. New York. Pp. 464.
- Holdridge, L. R. 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.
- Jiménez, R. 1983. Diatomeas y dinoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico. Ecuador. INOCAR: 2(2): 193-282.
- Junta de Andalucía, 2010. Atlas de Microorganismos Planctónicos Presentes en los Humedales Andaluces. España. En: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/rediam/contenidos_ordenacion/PDF/Atlas_Org_Planctonicos_1.pdf. Consultado 22/02/2016.

- López, C., M. Villalobos & E. J. González. 2001. Estudio sobre el zooplancton de los embalses de Venezuela: Estado actual y recomendaciones para futuras investigaciones. *Ciencia* 9: 217-234.
- López, M., P. Mallorquín & M. Vega. 2003. *Genómica de especies piscícolas*. Editado Genoma España. Madrid. España.
- Lozano, R. & D. Hernán. 2001. *Manual de piscicultura de la región amazónica ecuatoriana*. Cámara Ecuatoriana del Libro-Núcleo de Pichincha. Quito. Ecuador
- Mancini, A. M. 2002. *Cursos Introducción a la Producción Animal y Producción Animal I*. FAV UNRC. <http://www.produccion-animal.com.ar/>. Consultado 26/03/2015.
- Martínez Córdova, L., M. Martínez, J. A. López, A. C. Torres, A. Miranda, E. Ballester, M. A. Porchas. 2010. *Alimento natural en acuicultura: una revisión actualizada*. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey. México. Pp. 668-699.
- Massol Deya, A. A. 2002. *Manual de Ecología Microbiana*. Universidad de Puerto Rico. En: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/>. Consultado: 08/02/2016.
- Oliva-Martínez, G., J. L. Godínez-Ortega & C. A. Zúñiga-Ramos. 2014. Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S54-S61
- Oltra, R & M.R. Miracle. 1984. Comunidades zooplanctónicas de la Albufera de Valencia. *Limnetica* 1: 51-61

- Orozco, B.C.; S. A. Pérez, D. M. N. Gonzáles, V. F. Rodríguez & B. J. M. Alfayate. 2005. Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química. Madrid, España, Thomson. Pp. 97-100.
- Pacheco Ávila, J.; R. Pat Canul & A. Cabrera Sansores. 2002. Análisis del ciclo de nitrógeno en el medio ambiente con relación al agua subterránea y su efecto en los seres vivos. México. Ingeniería Revista Académica 6(3): 73-81.
- PAERL, H.W. 1982. Factors limiting productivity of freshwater ecosystems. In: Advances in microbial ecology, Marshall ed. Plenum Press, New York 6: 75-110.
- Prieto, M. J. 2006. Alimento vivo y su importancia en la acuicultura. Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola. Vol. 2. Núm. 2. <http://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/view/1597/1939>. Consultado 03/06/2015.
- Rojas, J. 2009. Calidad del agua: Análisis físico del agua, Análisis químico del agua. Colombia. (3).105-202pp.
- Roldan Pérez, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMWP-COL. Colombia.
- Roldán Pérez, G & J. J. Ramírez Restrepo. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. 2da. Ed. Medellín. Colombia. Pp. 440.
- Romero, J. A. 1998. Calidad de Aguas. Editorial, NOMOS S.A. Madrid, España. Pp. 410.

- Quintero, A. 2008. Pesca y Acuicultura: Efectos y Consecuencias de los Impactos Ambientales Globales y Situación Actual y Perspectivas de los ecosistemas Piscícolas. *Agron* 16(1): 53-62.
- Reynolds, C. S. 1997. *Vegetation Processes in the Pelagic: A Model for Ecosystem Theory*. Ecology Institute. Oldendorf (Luhe). Alemania. Pp. 371.
- Rigola, L. (1990). Tratamiento de aguas residuales: aguas de procesos y residuales. Barcelona - España. Pp. 37-38.
- Rabassó, M. 2006. Los impactos ambientales de la acuicultura, causas y efectos. *Vector Plus: miscelánea científico-cultura* 28: 89-98.
- Romero, X. 2009. Manual de Piscicultura Rural a pequeña Escala en el Litoral ecuatoriana. Guía del Extensionista 1:1-5.
- Sawyer, C. N.; L. P. McCarty & G. F. Parkin. 2001. *Química para la ingeniería ambiental*. 4 ed. Mc Graw Hill: Colombia. Pp. 713.
- Shannon, C. E. & W. Weaver. 1964. *The mathematical theory of communication*. The University of Illinois Press. Urbana. Estados Unidos. Pp. 125.
- Sharpley, A.N.; T. Daniel, T. Sims, J. Lemunyon, R. Stevens & R. Parry. 2003. *Agricultural Phosphorus and Eutrophication*. 2 ed. Washington, D.C., USA, United States Department of Agriculture. Pp. 43.
- Sierra Ramírez, C.A. 2011. *Calidad del agua, evaluación y diagnóstico*. 1 ed. Universidad de Medellín. Medellín. Colombia. Pp. 457.
- Streble, H. & D. Krauter. 1985. *Atlas de los microorganismos de agua dulce: La vida en una gota de agua*. Barcelona: Omega.

- Tilman, D., S.S. Kilham & P. Kilham. 1982. Phytoplankton community ecology: the role of limiting nutrients. *Annual Review in Ecological Systems* 13:349-372.
- Thompson, L & F. R. Troeh. 2002. *Los suelos y su Fertilidad*. Reverte 4ta. Ed. Barcelona. España. Pp. 661.
- Tomas, C. 1997. *Identifying marine phytoplankton*. Academic Press. New York. Pp. 858.
- Vargas, W. 2000. *Cultivo de tilapia*. 2a ed. San José, Costa Rica. Pp. 110-130.
- Velasco, P. I., O. Calvario, P. Flores, A. Sandoval, R. J. Castro & A. D. Gutiérrez. 2012. Problemática Ambiental de la Actividad Piscícola en el Estado de Hidalgo, México. *Ingeniería* 16(3): 165-174.
- Vicente, E., C. de Hoyos, P. Sánchez & 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. Zaragoza. España.
- Welch, P. S., 1952. *Limnology: running Waters in General*. McGraw-Hill Book Company, New York. Pp. 405-442.
- Wetzel, R.G. 1975. *Limnology*. W.B. Saunders Company. Pp. 743.

11. ANEXOS

Anexo 1. Encuesta realizada a las cuatro organizaciones

DATOS GENERALES	
Cantón	
Parroquia	
Localidad	
Nombre Organización	
Representante de la organización	
Encuestador	
Observaciones	

Anexo 2. Ficha Técnica-Recopilación de datos en Campo

FICHA TECNICA				
Fecha		CORDENADAS UTMA ZONA 18		ALTURA msnm
Organización		X	Y	
Lugar de muestreo				
Estanque N^a		Repetición		
Longitud estanque		Mes Siembra		
Ancho Estanque		Método de muestreo		
Recorrido red (m)			Temperatura (°C)	
Tiempo llenado (s)			Oxigeno Disuelto (mg/L)	
Turbiedad Secchi (cm)			Oxigeno Disuelto Saturación (%)	
Conduct. Eléctrica (µS/cm)			Ph	
Observaciones				

Anexo 3. Número Total de Individuos por ml en campo

Número Total de Individuos por ml en campo															
		Volvox	Anabaena	Navicula	Scenedesmus	Protoctetrum	Oscillatoria	Paramecium	Monhystera	Cyclotella	Cosmarium	Pinnularia	Ceratium	Brachionus	Total de Individuos
LA DELICIA	Captación	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00	10,67	0,00	2,67	0,00	0,00	0,00	0,00	21,33
	Estanque	5,54	1,35	7,52	4,12	15,37	8,32	13,31	2,46	28,59	2,38	5,70	0,79	1,58	97,03
	Receptor	1,84	0,00	10,94	11,60	5,10	3,25	4,27	0,92	3,94	0,00	0,00	0,00	0,92	42,77
ORQUIDEAS DE MANDURO	Captación	0,00	0,00	5,33	0,00	13,33	0,00	5,33	0,00	10,67	0,00	5,33	0,00	0,00	40,00
	Estanque	0,92	2,77	28,88	11,54	21,44	30,31	3,93	0,00	1,58	0,92	7,02	0,00	0,00	109,33
	Receptor	0,84	0,00	2,82	1,83	4,65	4,65	0,00	0,00	0,99	0,00	0,99	0,00	0,00	16,75
PITUMSISA	Captación	0,00	0,88	9,20	0,00	7,81	2,77	3,65	0,00	1,39	0,00	0,00	0,00	0,00	25,70
	Estanque	5,74	1,39	14,65	11,48	27,92	24,95	16,04	1,39	13,27	1,39	3,76	0,00	0,00	121,98
	Receptor	1,28	0,00	11,90	7,76	18,86	3,97	3,33	0,00	2,85	0,00	0,00	0,00	0,00	49,95
RANCHO VERDE	Captación	2,67	0,00	24,00	5,33	16,00	8,00	13,33	8,00	13,33	0,00	5,33	0,00	0,00	96,00
	Estanque	1,58	0,00	46,73	29,70	22,38	42,57	15,05	6,34	9,50	3,17	7,13	0,00	0,79	184,95
	Receptor	0,00	0,00	5,25	2,45	3,42	0,00	1,59	0,00	1,59	0,00	2,22	0,00	0,00	16,51
															822,30

Anexo 4. Cuadro general del Índice de Shannon-Weaver para todos los casos

ORGANIZACIONES PISCICOLAS													
Índice de Diversidad de Shannon-Weaver (H)													
Fito y Zooplankton	LA DELICIA			ORQUIDEAS DE MANDURO			PITUNSI SA			RANCHO VERDE			
	Captación	Estanque	Receptor	Captación	Estanque	Receptor	Captación	Estanque	Receptor	Captación	Estanque	Receptor	
Géneros:	<i>Volvox</i>	0,97	2,15	1,90	1,52	1,80	1,74	1,52	2,05	1,64	2,03	1,97	1,69
	<i>Anabaena</i>												
	<i>Navicula</i>												
	<i>Scenedesmus</i>												
	<i>Prorocentrum</i>												
	<i>Oscillatoria</i>												
	<i>Paramecium</i>												
	<i>Monhystera</i>												
	<i>Cyclotella</i>												
	<i>Cosmarium</i>												
	<i>Pinnularia</i>												
	<i>Ceratium</i>												
	<i>Brachionus</i>												
Suma (N)	5,33	16,17	7,13	13,33	27,33	8,38	5,14	24,40	9,99	24,00	46,24	5,50	
#esp (S)	3	13	9	5	10	7	6	11	7	9	11	6	

Anexo 5. Cuadro general de Asociación entre variables dependientes e independientes.

Valores del coeficiente de correlación "r"														
Variables Independientes	Variables dependientes													
	Volvox	Anabaena	Navicula	Scenedesmus	Prorocentrum	Oscillatoria	Paramecium	Monhystera	Cyclotella	Cosmarium	Pinnularia	Ceratium	Brachionus	Total de organismos
Temperatura	0,539	0,387	0,619	0,701	0,752	0,798	0,521	0,318	0,274	0,726	0,520	0,092	0,147	0,778
	*	ns	*	**	*	**	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	**
pH	-0,340	-0,453	-0,437	-0,056	-0,489	-0,289	-0,311	-0,542	-0,410	-0,137	-0,629	-0,141	0,048	-0,451
	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	ns
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	0,421	-0,066	-0,114	0,126	-0,006	0,052	0,427	0,098	0,404	0,469	-0,086	0,596	0,569	0,146
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns
Oxígeno Disuelto (mg/L)	-0,726	-0,847	-0,252	-0,167	-0,560	-0,450	-0,360	-0,126	-0,597	-0,537	-0,575	-0,624	-0,393	-0,522
	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
Oxígeno Disuelto Saturación %	-0,689	-0,861	-0,148	-0,053	-0,480	-0,344	-0,272	-0,037	-0,555	-0,430	-0,493	-0,624	-0,352	-0,408
	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
Fosfatos (mg/L de P-PO4)	0,032	-0,095	-0,048	-0,079	0,124	-0,124	0,008	0,006	0,493	0,199	0,440	0,446	0,314	0,071
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns

Anexo 6. Registro Fotográfico



Muestreo con red de fitoplancton en estanque
Autora: Kelly Rivera Freire



Análisis in situ con medidor multiparamétrico
Autora: Kelly Rivera Freire



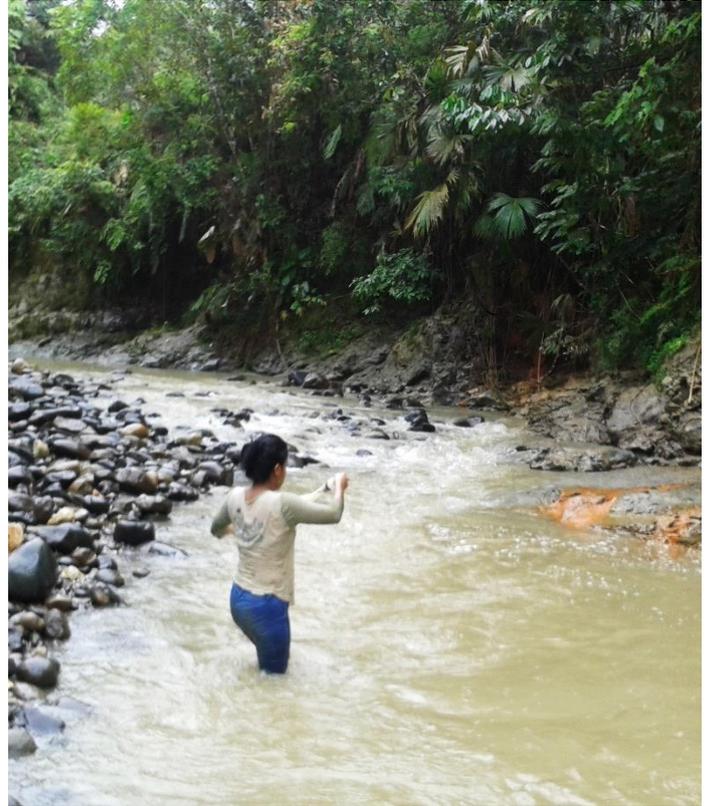
Muestra obtenida con red de fitoplancton
Autora: Kelly Rivera Freire



Muestreo con red de fitoplancton en estanque
Autora: Kelly Rivera Freire



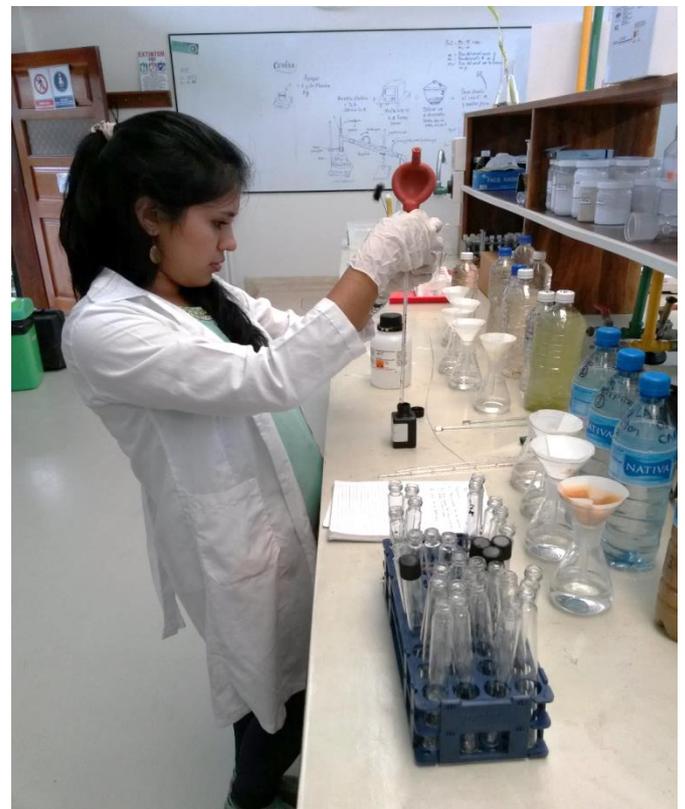
Análisis in situ con medidor multiparamétrico
Autora: Kelly Rivera Freire



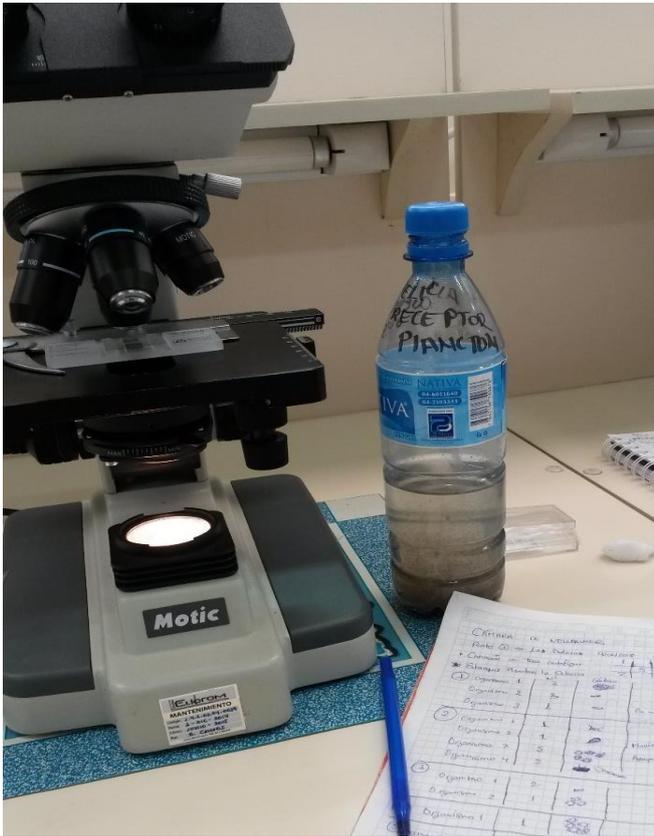
Muestreo con red de fitoplancton en receptor
Autora: Kelly Rivera Freire



Muestras filtradas para determinación F-Q
Autora: Kelly Rivera Freire



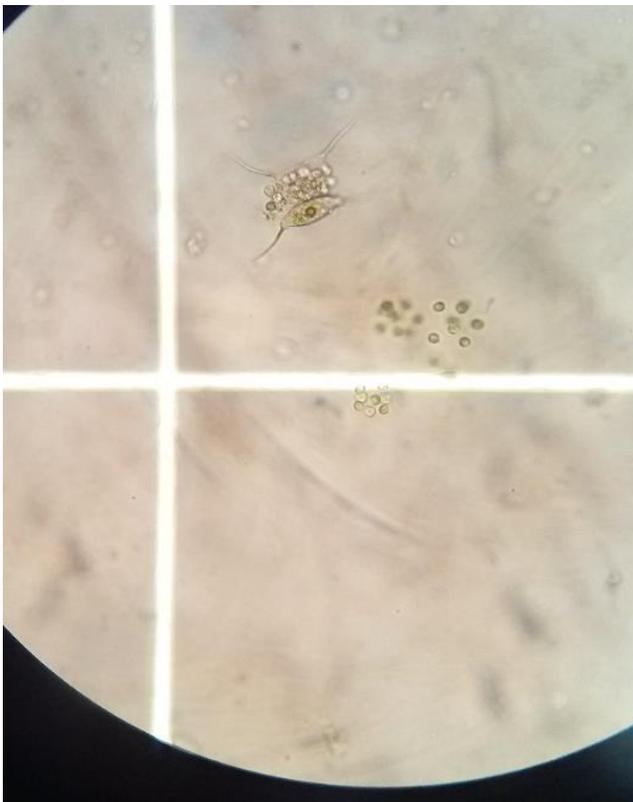
Determinación de Fosfatos P-PO₄ (mg/L)
Autora: Kelly Rivera Freire



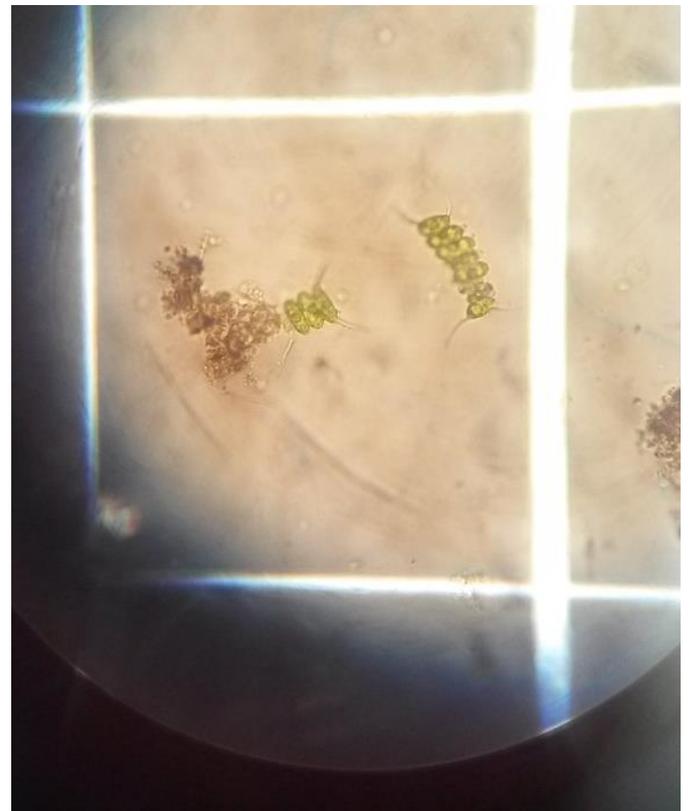
Conteo e identificación de plancton
Autora: Kelly Rivera Freire



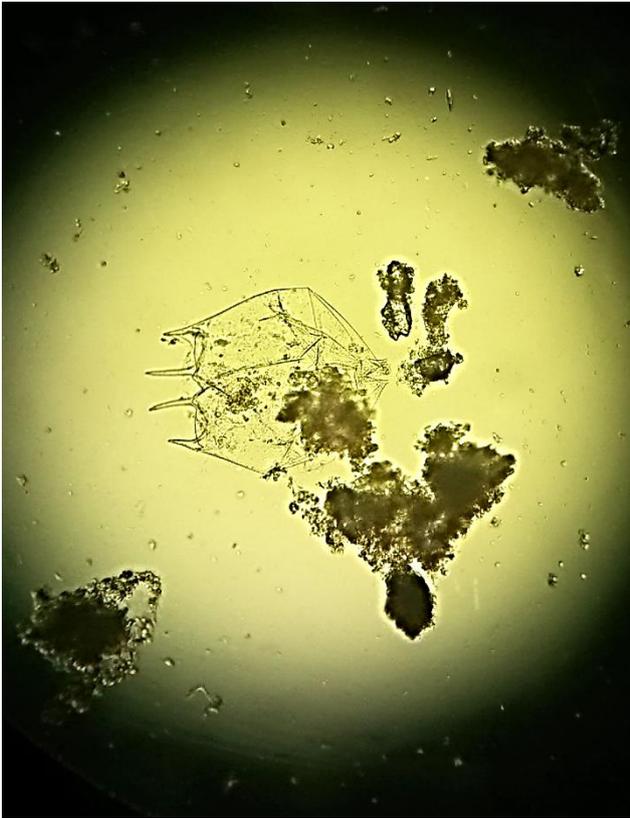
Muestras obtenidas con red fitoplancton
Autora: Kelly Rivera Freire



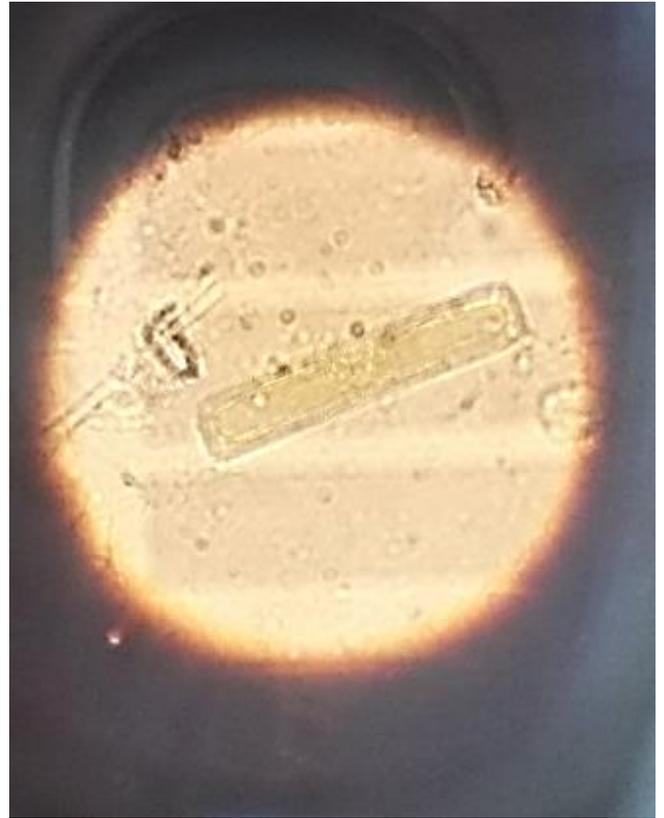
Género *Scenedesmus* y *Volvox* observado en Estereomicroscopio
Autora: Kelly Rivera Freire



Género *Scenedesmus* observado en Estereomicroscopio
Autora: Kelly Rivera Freire



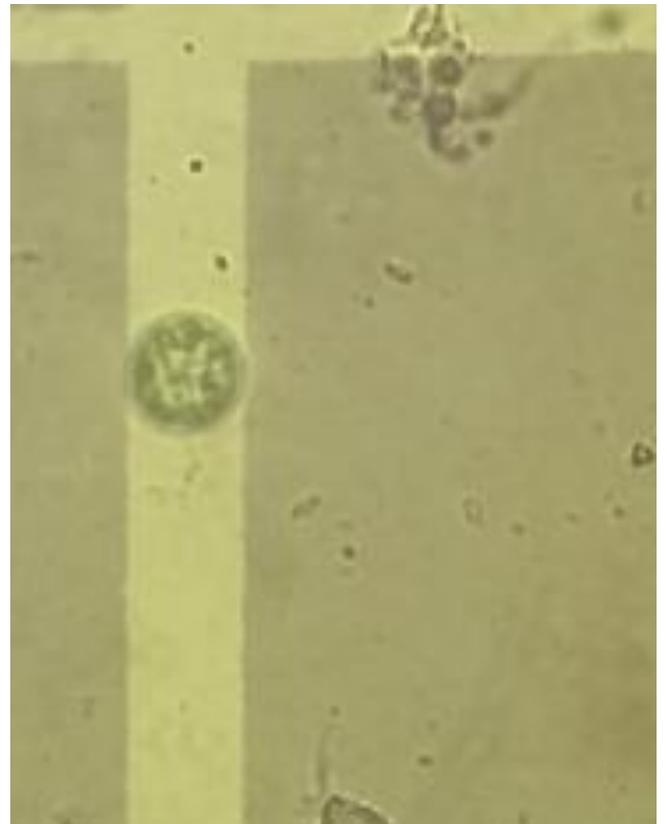
Género *Brachionus* observado en
Estereomicroscopio
Autora: Kelly Rivera Freire



Género *Pinnularia* observado en
Estereomicroscopio
Autora: Kelly Rivera Freire



Género *Cosmarium* observado en
Estereomicroscopio
Autora: Kelly Rivera Freire



Género *Cyclotella* observado en
Estereomicroscopio
Autora: Kelly Rivera Freire