

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**PRODUCCION DE PLANCTON EN CONDICIONES SEMICONTROLADAS EN EL
CENTRO EXPERIMENTAL DEL IIAP-HUANUCO, LEONCIO PRADO, SAI PAI**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

RUIZ BALCAZAR KEVIN ALEJANDRO

Tingo María – Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°046-2022-FRNR-UNAS

Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 16 de setiembre de 2022 a horas 04:20 p. m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental:

“PRODUCCION DE PLANCTON EN CONDICIONES SEMICONTROLADAS EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DEL IIAP- HUÁNUCO, LEONCIO PRADO, SAI PAI”.

Presentado por el Bachiller: **RUIZ BALCAZAR, Kevin Alejandro**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 25 de octubre de 2022


Blga. **MARIELA MORILLO ALVA**
PRESIDENTE


Dr. **LUCIO MANRIQUE DE LARA SUÁREZ**
MIEMBRO


Dra. **TANIA GUERRERO VEJARANO**
MIEMBRO


Dr. **EDILBERTO CHUQUILÍN BUSTAMANTE**
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
(RIDUNAS)

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 209 - 2022 - CP-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Facultad:

Facultad de Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
PRODUCCION DE PLANCTON EN CONDICIONES SEMICONTROLADAS EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DEL IIAP-HUANUCO, LEONCIO PRADO, SAI PAI	RUIZ BALCAZAR KEVIN ALEJANDRO	12% Doce

Tingo María, 18 de noviembre de 2022


Mg. Ing. García Villegas, Christian
Coordinador del Repositorio Institucional
Digital (RIDUNAS)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



**PRODUCCION DE PLANCTON EN CONDICIONES SEMICONTROLADAS EN EL
CENTRO EXPERIMENTAL DEL IIAP- HUANUCO**

Autor : RUIZ BALCAZAR, Kevin Alejandro.
Asesor : Dr. CHUQUILIN BUSTAMANTE, Edilberto.
Coasesor : Ing. COTRINA DORIAN, Marcelo.
Programa de investigación : Ciencia y Tecnologías Ambientales.
Línea de investigación : Ecosistemas y servicios ecosistémicos
Eje temático de investigación : Aprovechamiento de los Recursos Naturales
Lugar de ejecución : Centro Experimental del IIAP.
Duración : Fecha de inicio : 25/11/17
Terminó : 25/05/18
Financiamiento : IIAP.

DEDICATORIA

A Dios por la fortaleza, conocimientos y voluntad que me brindó para lograr mis objetivos y por cuidarme durante todo este tiempo.

A mis queridos padres LUZ ELITA BALCAZAR TERRONES y ALEJANDRO RUIZ JANJE por su amor, cuidado, confianza y apoyo incondicional para lograr mi desarrollo personal y profesional.

A mis hermanos, DANIEL ERICK RUIZ BALCAZAR y ANDREE RUIZ BALCAZAR por su paciencia, apoyo y fortaleza en cada una de mis metas.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios por su protección y bendición durante toda mi vida y por guiarme hacia el buen camino.
- A mi UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA, por darme la oportunidad de ser profesional, brindarme su acogedor calor en cada una de sus instalaciones durante toda mi formación profesional.
- AL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA – HUANUCO, por brindarme todas las facilidades y asesoría durante el desarrollo de la investigación.
- A mi asesora Blga. Mg. Vadillo Gálvez, Giovana y Coasesores Blgo. Valdivieso Arenas, Glauco y Cotrina Dorian Marcelo, por toda la experiencia y conocimientos compartidos.
- A mis hermanos y amigos Ahnel Zelaya Moya, Elvis Medina Dionisio, Cristhian Harry Yacha Solis, Jesus Quezada Tapullima, Daniela Charri Reyes y Luz Alenka Nuñez por su apoyo, consejos y leal amistad, durante mi formación profesional y desarrollo de mi tesis.
- A mis familiares y compañeros de la universidad por su apoyo en todo momento y su leal amistad durante mi formación profesional.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Marco teórico	3
2.1.1. Acuicultura y piscicultura	3
2.1.2. Acuicultura en la región amazónica.....	3
2.1.3. Producción de alevinos	4
2.1.4. Alimento vivo.....	5
2.1.5. Función del plancton en los ecosistemas	6
2.1.6. Nutrientes en el agua y su función en el crecimiento del plancton	6
2.1.7. Interacción entre comunidades zooplanctónicas.	7
2.1.8. Aspectos ambientales de la acuicultura	8
2.1.9. Temperatura y uso de invernaderos.....	9
2.2. Marco conceptual.....	10
2.2.1. Fitoplancton	10
2.2.2. Zooplancton	10
2.2.3. Estándar de Calidad Ambiental para Agua	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1. Lugar de ejecución.....	13
3.1.1. Ubicación política	13
3.1.2. Ubicación política	13
3.1.3. Características climáticas	14

3.1.4.	Características topográficas	14
3.1.5.	Características topográficas	14
3.2.	Equipos y materiales	14
3.2.1.	Materiales para muestreo	14
3.2.2.	Equipos y materiales de laboratorio.....	14
3.2.3.	Reactivos	15
3.2.4.	Software	15
3.3.	Metodología	15
3.3.1.	Determinación de la calidad fisicoquímica y composición plantónica de la quebrada Cruz de Motupe	15
3.3.2.	Determinación del comportamiento de las variables meteorológicas y fisicoquímicas durante la producción de plancton.....	18
3.3.3.	Determinación de la variación de la densidad de plancton durante la producción.....	18
3.4.	Condiciones Semicontroladas	19
3.5.	Análisis estadístico.....	19
3.5.1.	Diseño experimental	19
3.5.2.	Variable dependiente	20
3.5.3.	Variable independiente.....	20
3.6.	Tipo y nivel de investigación.....	21
3.6.1.	Tipo de investigación.....	21
3.6.2.	Nivel de investigación	21
3.6.3.	Diseño de investigación.....	21
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	22
4.1.	Calidad fisicoquímica y composición planctónica de la quebrada Cruz de Motupe	22
4.1.1.	Calidad fisicoquímica de la fuente de agua	22

4.1.2. Composición plantónica de la fuente de agua	23
4.2. Comportamiento de las variables meteorológicas y fisicoquímicas durante la producción de plancton	25
4.2.1. Parámetros meteorológicos	25
4.2.2. Parámetros fisicoquímicos del agua	28
4.3. Variación de la densidad de plancton durante la producción	33
V. CONCLUSIONES	38
VI. PROPUESTAS A FUTURO	39
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	40
VIII. ANEXOS	49

INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Características de los principales grupos de zooplancton de sistemas continentales	11
2. Variables fisicoquímicas de la quebrada Cruz de Motupe	16
3. Variables fisicoquímicas de la quebrada Cruz de Motupe	22
4. Composición plantónica de la quebrada Cruz de Motupe	23
5. Parámetros meteorológicos analizados.....	25
6. Prueba U de Mann Whitney a las variables meteorológicas a un error α de 0.05.....	26
7. Parámetros fisicoquímicos del agua.	29
8. Prueba U de Mann Whitney a las variables físico-químicas del agua a un error α de 0.05.	30
9. Producción de plancton hasta el quinto día de evaluación.	33
10. Producción de plancton hasta el final de la evaluación.	34
11. Prueba T-Student realizada a la producción de plancton en cada uno de los phyla encontrados.....	35
12. Pruebas estadísticas de normalidad a variables meteorológicas.....	51
13. Pruebas estadísticas de normalidad a variables fisicoquímicas del agua.	51
14. Datos de Producción de plancton y consumo de solidos totales disueltos.	52
15. Prueba de normalidad de datos.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Esquema general de las interacciones biológicas que implica al zooplancton.	7
2. Ubicación política del Centro Experimental IIAP – Huánuco, Sai Pai, Leoncio Prado	13
3. Representación de la composición de plancton en la quebrada Cruz de Motupe.....	24
4. Variación horaria de la temperatura ambiental durante el día.....	26
5. Variación horaria de la Humedad relativa durante el día.	27
6. Variación horaria de la luminosidad durante el día.	28
7. Variación de la temperatura del agua durante la evaluación diaria.	30
8. Variación del oxígeno disuelto durante la evaluación diaria.....	31
9. Variación del pH del agua durante la evaluación diaria.....	31
10. Variación de la conductividad eléctrica del agua durante la evaluación diaria.....	32
11. Variación de la cantidad de sólidos totales disueltos en agua durante la evaluación diaria.....	32
12. Variación en la densidad de rotíferos.	36
13. Variación en la densidad de artrópodos.....	36
14. Dinámica poblacional de phyla Arthropoda.....	37
15. Nubosidad Diaria.....	50
16. Nubosidad horaria	50
17. Producción de Chlorophytas y consumo de solidos totales disueltos.	53
18. Producción de Euglenophytas y consumo de solidos totales disueltos.	53
19. Producción de Cyanophytas y consumo de solidos totales disueltos.....	54
20. Producción de Bacillariophytas y consumo de solidos totales disueltos.....	54
21. Unidades experimentales del testigo.	57

22. Unidades experimentales del tratamiento.....	57
23. Evaluaciones fisicoquímicas del agua.....	58
24. Evaluaciones de las variables meteorológicas.....	58
25. Muestras de plancton tomadas durante los 10 días de evaluación.....	59
26. Preparación de muestra para el conteo de plancton.....	59
27. Llenado de la cámara de Sedwick Rafter para conteo de plancton.....	60
28. Conteo de fito y zooplancton.....	60
29. Utilización del software para toma de fotos de individuos contados.....	61
30. Phyla Cyanophyta, familia Microcystaceae.....	61
31. Phyla Chlorophyta, genero Actinastrum.....	62
32. Phyla Chlorophyta, genero Ankistradesmus.....	62
33. Phyla Chlorophyta, genero Golenkinia.....	63
34. Phyla Chlorophyta, genero Pediastrum.....	63
35. Phyla Chlorophyta, genero Scenedesmus.....	64
36. Phyla Chlorophyta, genero Desmodesmus.....	64
37. Phyla Chlorophyta, genero Acutodesmus.....	65
38. Phyla Bacillariophyta, genero Aloucoseira.....	65
39. Phyla Euglenophyta, genero Euglena.....	66
40. Phyla Euglenophyta, genero Phacus.....	66
41. Phyla Rotifera, Genero Brachionus.....	67
42. Phyla Rotifera, genero Keratela.....	67
43. Phyla Arthropoda, subclase Copepodo.....	68
44. Phyla Arthropoda, subclase Cladocera.....	68
45. Vista de cámara de Sedwick Rafter para conteo de fitoplancton.....	69
46. Vista de cámara de Sedwick Rafter para conteo de zooplancton.....	69

RESUMEN

En esta investigación se evaluó la producción de plancton generado bajo condiciones semicontroladas (invernadero) en el Centro Experimental del IIAP – Huánuco en el año 2017, ubicado en el caserío de Sai Pai, del distrito de Pueblo Nuevo, provincia de Leoncio Prado y región Huánuco, cuya clasificación climática es de tipo tropical con una temperatura media anual de 23.8°C y una precipitación anual de 3200 mm. Se utilizaron 10 baldes transparentes que fueron llenados con el agua proveniente de la quebrada Cruz de Motupe, previamente caracterizada, se colocaron 5 baldes en condiciones semicontroladas (dentro de un invernadero de 270 m²), y los 5 restantes fueron colocados en condiciones naturales, se realizaron aireaciones mecánicas durante cada evaluación para evitar condiciones anaeróbicas. La evaluación duró 10 días, durante los cuales se realizaron mediciones de parámetros fisicoquímicos del agua (temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, CO₂, OD), meteorológicas (temperatura del aire, humedad relativa y luminosidad) y biológicas (zooplancton y fitoplancton). Se determinó que la variación de la densidad de plancton durante la producción bajo condiciones semicontroladas es mayor y más acelerada, existiendo una diferencia estadística significativa en la producción de rotíferos y artrópodos; se encontró una alta presencia de cyanophytas en el agua proveniente de la quebrada Cruz de Motupe lo que está asociado a un cambio en el uso de suelo y vegetación, y a las actividades antropogénicas que se llevan a cabo en los alrededores de la quebrada Cruz de Motupe.

Palabra claves: Acuicultura, piscicultura, zooplancton, calefacción solar.

ABSTRACT

Plankton production under semi-controlled conditions at the IIAP-Huanuco Experimental Center

In this research, the production of plankton generated under semi-controlled conditions (greenhouse) at the Experimental Center of IIAP - Huanuco in 2017, was evaluated, the center is located in the village of Sai Pai, in the district of Pueblo Nuevo, province of Leoncio Prado and Huanuco region, whose climatic classification is tropical with an average annual temperature of 23.8°C and a annual rainfall of 3200 mm. 10 transparent buckets were used, which were filled with water from the Cruz de Motupe stream, previously characterized. , 5 buckets were placed under semi-controlled conditions (inside a 270 m² greenhouse), and the remaining 5 were placed under natural conditions, mechanical aeration was performed during each evaluation to avoid anaerobic conditions. The evaluation lasted 10 days, during which measurements were made of physicochemical parameters of the water (temperature, pH, electrical conductivity, total dissolved solids, CO₂, DO), meteorological (air temperature, relative humidity and luminosity) and biological (Zooplankton and phytoplankton). It was determined that the variation in plankton density during production under semi-controlled conditions is greater and faster, with a significant statistical difference in the production of rotifers and arthropods; A high presence of cyanophytes was found in the water from the Cruz de Motupe creek, which is associated with a change in the use of land and vegetation, and the anthropogenic activities that take place in the surroundings Cruz de Motupe stream.

Keywords: Aquaculture, fish farming, zooplankton, solar heating.

I.INTRODUCCIÓN

La piscicultura de peces amazónicos es una actividad cada vez más difundida, siendo las especies más utilizadas: *Colossoma macropomum* (gamitana), *Piaractus brachypomus* (paco) y *Prochilodus nigricans* (boquichico). El constante incremento de la población y de la demanda de proteína de pescado ha ido generando un aumento en la presión que esta actividad genera a los recursos hidrobiológicos, ya que el abastecimiento inicial de alevinos para el cultivo de estas especies se realizaba del medio natural.

En el año 1985 el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) mediante sus investigaciones en Iquitos, logró desarrollar tecnologías para producir alevinos de *C. macropomum* y *P. brachypomus*, y en 1986 con *P. nigricans*, logrando reducir la presión que esta actividad generaba a los recursos hidrobiológicos. Un aspecto importante a considerar durante la producción de alevinos es la alimentación durante las fases de post larvas, estas se alimentan de plancton, principalmente zooplancton, razón por la cual en la alimentación de post larvas normalmente se utiliza el nauplio de *Artemia sp.* (artemia), producto que se comercializa como quistes y se venden en lata de media libra con un costo de 400 nuevos soles, la mayoría importada de Estados Unidos.

El Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, sede Huánuco en Saipai, Leoncio Prado, produce alevinos de *C. macropomum*, *P. brachypomus* y *P. nigricans*, en su centro experimental, lugar que no cuenta con energía eléctrica a disposición para la incubación de quistes de *Artemia sp.* (artemia); pero su ubicación es estratégica, debido al clima tropical de la zona y la presencia de una quebrada que provee de agua durante todo el año de nombre Cruz de Motupe, lo que podría ser utilizado para la búsqueda de una metodología alternativa y de fácil manejo para la alimentación de post larvas.

Existen investigaciones dirigidas al uso térmico de la energía solar para el calentamiento del agua, que se centran en mejorar la producción de peces; pero en lo que respecta a la producción de plancton las investigaciones están centradas principalmente en la utilización de fertilizantes y el uso de organismos zooplanctónicos cultivados en laboratorio.

Por lo antes mencionado, se propone la aplicación de un método de menor costo y de fácil adquisición utilizando un invernadero como sistema de calefacción solar para incrementar

la producción de plancton; teniendo como problema de investigación ¿Cuál es la producción de plancton en condiciones semicontroladas en el Centro Experimental del IIAP-Huánuco, Leoncio Prado, Saipai?, teniendo como hipótesis que la producción de plancton en condiciones semicontroladas en el Centro Experimental del IIAP-Huánuco, Leoncio Prado, Saipai es de al menos 5 000 000 Ind/L.

1.1. Objetivo general

Evaluar la producción de plancton en condiciones semicontroladas en el Centro Experimental del IIAP-Huánuco, Leoncio Prado, Sai Pai.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar la calidad fisicoquímica y composición plantónica de la Quebrada Cruz de Motupe, Sai Pai.
- Estimar los parámetros meteorológicos y fisicoquímicos durante la producción de plancton.
- Determinar la producción de plancton en condiciones semicontroladas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Acuicultura y piscicultura

La piscicultura consiste en el cultivo de peces y la acuicultura en el cultivo de cualquier organismo acuático (peces, algas, moluscos, crustáceos, moluscos, etc.), esta crianza tiene la finalidad de incrementar la producción, siendo necesaria la intervención humana para concentrar, alimentar y proteger poblaciones de peces o de cualquier otro organismo acuático, así mismo obteniéndose propiedad sobre la producción (Moyano, 2013).

Para la piscicultura es necesaria la instalación de pozas, estos cuerpos de agua creados de manera artificial brindan beneficios para la flora y fauna que se encuentran en la zona, manteniendo la humedad de los suelos vecinos y el ambiente (Dinara, 2010).

2.1.2. Acuicultura en la región amazónica

La alta demanda para el consumo ha hecho que se incremente la producción de peces amazónicos, para el cultivo de peces y su comercialización no se requiere instalaciones costosas, ni mano de obra ni realizar muchos gastos, además una parte de la alimentación es natural a través del plancton que se encuentra en el mismo cuerpo de agua. (Lozano et al., 2001).

En acuicultura amazónica mayormente se cultivan los peces: *Arapaima gigas* (paiche), *Colossoma macropomun* (gamitana), *Piaractus brachypomus* (paco), *Brycon erythropterum* (sábalo de cola roja), *P. nigricans* (boquichico) y la pacotana, un híbrido derivado del paco y la gamitana (Mendoza, 2011). En la selva alta (San Martín) y la zona norte del Perú (Lambayeque) se cultiva al *Macrobrachium rosenbergii* (camarón de Malasia), una especie introducida y utilizada para consumo local en esas zonas (Hurtado, 2003).

La piscicultura ha tenido un desarrollado veloz en los últimos años gracias a avances tecnológicos para la producción de alevinos, hace unas décadas esta práctica solo se realizaba a nivel familiar, pero desde que se desarrollaron las hormonas para la reproducción de las especies: *Colossoma macropomum* (gamitana), *Piaractus brachypomus* (paco) y *Prochilodus*

nigricans (*boquichico*) se ha incrementado la producción de peces amazónicos (Guerra et al., 2000).

2.1.3. Producción de alevinos

Según Guerra et al. (2000), los alevinos de las especies *C. macropomum*, *P. brachypomus* y *P. nigricans* pueden ser recolectados de cuerpos de agua natural en las fechas de desove o también pueden ser producidos en condiciones controladas, este proceso de producción de alevinos involucra:

- Manejo de reproductores.
- Selección de reproductores.
- Inducción reproductiva.
- Ovulación, desove y fertilización.
- Incubación y eclosión.
- Larvaje.
- Alevinaje.

Al nacer las larvas cuentan con un saco vitelino que les permite obtener nutrientes hasta que logren desarrollar su aparato bucal y puedan alimentarse de plancton, esto ocurre en su fase de post larva, durante la cual requieren una buena alimentación para convertirse en alevinos que crezcan rápido y obtengan buen tamaño. Las post larvas se requieren alimento vivo de un tamaño adecuado para sus mandíbulas, siendo los organismos zooplanctónicos como: rotíferos, cladóceros y copépodos. Para la alimentación, también se pueden obtener de manera comercial nauplios (larvas) de *Artemia salina*.

Durante los primeros 2 a 3 días de haber eclosionado de sus huevos, las larvas realizan un movimiento vertical, nadan desde la superficie hasta el fondo y viceversa. Luego del quinto día de haber eclosionado logran desarrollar todos sus órganos lo que les permite alimentarse. Es importante utilizar organismos vivos para la alimentación de las post larvas, ya que el movimiento es una característica importante que permite atraer la atención de las post larvas para que los consuman (Campos, 2015).

Producir alimento vivo en buena cantidad y calidad nos permite brindarle a las post larvas una fuente adecuada de proteína que permita su desarrollo y una buena producción de

alevinos. En larvicultura normalmente se utiliza zooplancton previamente fertilizado y enriquecido, en pocos casos se ha utilizado alimento preparado (Ascón, 1988). Las post larvas mayormente se alimentan de rotíferos, cladóceros y copépodos; pero también existen depredadores que pueden mermar la población de post larvas, como insectos acuáticos y otros invertebrados del género anostraca, ostrácoda. En la dinámica poblacional y ecológica del zooplancton la sucesión empieza con los rotíferos, posteriormente los copépodos y cladóceros menores y finalmente los grandes cladóceros y copépodos. En Brasil se demostró que en los primeros días del proceso de larvicultura en la especie *Colossoma macropomum* (Gamitana) las post larvas prefieren consumir rotíferos y nauplios, y en última instancia se alimentan de cladóceros (Batista et.al, 1986).

Para la producción de alevinos es importante considerar varios factores ambientales que permitan el buen desarrollo de los individuos, como: una temperatura del agua entre 24°C y 29°C, organismos vivos de 0,15 a 0,20 mm, tales como rotíferos), óptima concentración de oxígeno disuelto en el agua de 6 a 8 mg/L y evitar la presencia de insectos y otros organismos del plancton de gran tamaño. Es importante tomar en cuenta que las temperaturas que superen los 30°C son letales para las larvas y post larvas (Campos, 2015).

Luego de haber instalado el cultivo de alimento vivo, al quinto día se puede obtener una máxima producción de rotíferos, que puede permanecer hasta 3 o 4 días después. Se puede obtener un buen inóculo de alimento vivo al filtrar 1 a 3 ml filtrando de 100 L de agua de estanque acuícola utilizando una red de 20-180 µm. (Campos, 2015).

2.1.4. Alimento vivo

El alimento vivo tiene características que lo permiten ser más atractivo para las post larvas que un alimento inerte, su movimiento estimula a las post larvas a alimentarse de estos; una coloración llamativa también puede ser un factor importante para que sean preferidos por los depredadores; y para una buena calidad de alevinos se debe considerar un alimento vivo nutritivo que brinde un adecuado y rápido crecimiento (Castro et al., 2003).

Se puede utilizar como alimento vivo el zooplancton (rotíferos, copépodos, cladóceros, nauplios de crustáceos pequeños), el fitoplancton (las microalgas son la primera fuente de alimento de las post larvas, cuando recién están terminando de desarrollarse y empiezan a

buscar fuentes de alimento), las pupas o larvas de mosca de la fruta, también pueden utilizarse lombrices de tierra y otras larvas más pequeñas, de peces forrajeros (Castro et al., 2003).

El alimento vivo es consumido antes de precipitarse en el fondo del cuerpo de agua, evitando su descomposición, por lo que no afecta en gran medida a la calidad del agua, por otro lado, el alimento inerte que no puede permanecer flotando en la superficie por un tiempo muy prolongado se terminará precipitando en el fondo del estanque afectando a su calidad e incrementando la mortalidad de post larvas (Castro et al., 2003).

2.1.5. Función del plancton en los ecosistemas

El plancton contiene diversas poblaciones de especies vegetales (fitoplancton) y animales (zooplancton) que puede variar mucho en distintas muestras de volumen de un cuerpo de agua, el plancton influye en la alimentación de los organismos que lo consumen, por lo que su enriquecimiento mejorara la nutrición de los alevinos (Prieto, 2006).

El plancton está compuesto mayormente por organismos microscópicos que se encuentran suspendidos en los cuerpos de agua salada y aguas continentales, y que son arrastrados por los movimientos de masas de agua (Prieto, 2006).

2.1.6. Nutrientes en el agua y su función en el crecimiento del plancton

El fósforo y el nitrógeno son los nutrientes más importantes, además del carbono, hidrogeno y oxígeno, ya que al incrementarse la concentración de estos dos nutrientes el crecimiento del fitoplancton se incrementará afectando a su vez en las poblaciones zooplanctónicas que se encuentran en el medio acuático. Por eso es importante considerar la cantidad de nutrientes presentes en los estanques de cultivo (Paerl, 1982). Según Byd *et al.* (1998) Las altas densidades de fitoplancton se encuentran relacionadas con concentraciones de fósforo total de 0,01 a 0,10 mg/L y de nitrógeno total de 0,10 a 0,75 mg/L.

Dentro de los individuos que conforman el zooplancton se ha encontrado que los rotíferos se encuentran más afectados a las limitaciones de fósforo que los crustáceos (Morales & Conde, 2000). Las concentraciones de carbono, fósforo y nitrógeno en algas se encuentran relacionadas con las concentraciones de estos nutrientes en el medio acuático, siendo así que se ha encontrado que en concentraciones de carbono y fosforo elevadas en el medio acuático

Las cianobacterias producen toxinas del tipo microcistinas, segregadas para favorecer su desarrollo eliminando la competencia de muchos organismos (Fredrickson & Stephanopoulos,1981). Su proliferación puede tener un efecto considerable en la estructura comunitaria del plancton, utilizan sus toxinas para reducir el crecimiento de otras algas que podrían servir como fuente de alimento para otros organismos (González, 1988). *Microcystis sp.* es una bacteria cuya proliferación está relacionada con el impacto de actividades antrópicas realizadas en la cuenca por el cambio de uso de suelo (Fredrickson & Stephanopoulos,1981).

Las altas densidades de microcrustáceos (cladóceros, copépodos) está relacionado a cuerpos de agua de alto estado eutrófico y de alta densidad de algas, por otro lado, en muestras que provenían de cuerpos de agua de menor estado eutrófico se encontraron altas densidades de rotíferos (Villabona et al., 2015)

En otras investigaciones realizadas en embalses y cuerpos de agua con alta densidad de algas conformada por especies poco apetecibles para el zooplancton como: Loaiza et al. (2011) para charophytas del género *Staurastrum sp.*; Hansson & Tranvik (1996) alta presencia de cyanophytas coloniales como *Microcystis wesenbergii*; Palacio et al. (2013) para cyanophytas filamentosas como *Dolichospermum sp.*; Bonecker et al. (2007), para cyanophytas coloniales como *Microcystis aeruginos*; para los 4 casos se encontró una predominancia de cladóceros en la biomasa de zooplancton, demostrándose que no existe limitación de alimento para los cladóceros, en especial para el género *Bosmina*.

El metabolismo de los organismos acuáticos es afectado directamente por la temperatura del agua. A temperaturas más altas el tiempo de desarrollo y la tasa de crecimiento poblacional se incrementan (Melão, 1999). El zooplancton también puede alimentarse de detritos, los rotíferos pueden utilizarlo como fuente de alimento cuando no existen bajas densidades de algas, o cuando las algas predominantes no les son de utilidad nutricional (Nogrady et al.,1993).

2.1.8. Aspectos ambientales de la acuicultura

Toda actividad genera impactos ambientales, en el caso de la acuicultura esto dependerá de la especie con la que se esté trabajando, los métodos y tecnologías para el cultivo, la alimentación que se utilice y las condiciones ambientales de la cuenca (Dinara, 2010).

Cuando se utiliza fertilización para enriquecer la producción de plancton, se debe tomar en cuenta que las aguas residuales pueden generar la eutrofización de los cuerpos de agua cercanos, y también puede ocurrir la introducción de especies cuando se utilice alimento vivo comercial (artemia salina). El fósforo y nitrógeno que puedan ser vertidos a través de aguas residuales generadas en los procesos de producción de plancton pueden generar el crecimiento acelerado del fitoplancton afectando negativamente al cuerpo de agua. (Rabassó, 2006).

La introducción de especies exóticas en los ecosistemas acuáticos receptores de las aguas residuales puede introducir agentes infecciosos y desplazar especies nativas, reduciendo la biodiversidad y calidad del cuerpo de agua. Es importante evaluar la acuicultura a nivel global para monitorear y prevenir esta problemática. (Dinara, 2010).

2.1.9. Temperatura y uso de invernaderos

La temperatura del agua afecta de manera significativa en el metabolismo de los organismos acuáticos, afectando a sus tasas de crecimiento, reproducción, alimentación y desarrollo (Alatorre et al., 2011). La temperatura afecta a los parámetros fisicoquímicos del agua y es necesaria para que puedan ocurrir distintos procesos acuáticos importantes para la acuicultura (Rojas, 2009).

La temperatura de un cuerpo de agua varía en función a las variables meteorológicas y también la temperatura se estratifica variando con los cambios en la profundidad del cuerpo de agua. Cuando un cuerpo de agua recibe energía solar, ocurren toda una serie de procesos de intercambio de calor y procesos de evaporación (Arboleda, 2006). El invernadero es un sistema muy complejo, cuyas variables altamente dependientes de las condiciones climáticas exteriores dependerán a su vez del diseño del invernadero.

En un estudio realizado por Hahn (2016) se determinó que los estanques con piso en tierra y cubierta plástica son más fáciles de manejar, más eficientes, tienen mejor rendimiento productivo (g/día/pez) y económico, presentan una mayor densidad de plancton y estabilidad térmica que los estanques sin cubierta plástica.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. 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).

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).

2.2.2. Zooplancton

El zooplancton está conformado por organismos acuáticos, mayormente por protozoos, rotíferos, seres unicelulares y microcrustáceos. En aguas continentales el zooplancton presenta altas tasas de crecimiento y reproducción (Conde et al., 2004).

El zooplancton se puede clasificar en microzooplancton: (rotíferos y nauplios de copépodos) y metazooplancton (copépodos y cladóceros). La densidad y composición del zooplancton depende de la salinidad, temperatura y radiación UV, y de la densidad y composición del fitoplancton y bacterias (Coman et al., 2003).

En la **Tabla 1** se puede apreciar que los rotíferos son el eslabón entre el fitoplancton y los consumidores secundarios de las cadenas tróficas. Los crustáceos planctónicos pueden clasificarse en braquiópodos y copépodos (Conde et al., 2004).

Tabla 1. Características de los principales grupos de zooplancton de sistemas continentales

Zooplancton	Tamaño aprox. (mm)	Reproducción	Fuentes principales de alimento	Sistemas acuáticos donde predominan
Rotíferos	0.05-1.5	Partenogenética (sexual ocasional)	- Algas - Detritos - Bacterias - Otros rotíferos	- Eutróficos - Sistemas no limitados en P - Sistemas con peces planctívoros
Cladoceros	0.5-3.0	Partenogenética (sexual ocasionalmente)	- Algas - Bacterias	- Oligotróficos - Sistemas sin peces planctívoros
Copépodos	0.5-2.0	Sexual	- Algas - Rotíferos - Ciliados	- Eutróficos - Sistemas salinos

Fuente: CONDE et al. (2004)

2.2.3. Estándar de Calidad Ambiental para Agua

En el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM indica los niveles de concentración a los que deben encontrarse distintos parámetros para que el cuerpo de agua no presente riesgos al ecosistema ni a la salud de las personas (MINAM, 2017). Según sus características el cuerpo de agua se puede dividir en:

Categoría 1: Poblacional y recreacional, subdividido en: Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable y Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación.

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, subdividido en: Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras, Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras, Subcategoría C3: Actividades marino portuarias,

industriales o de saneamiento en aguas marino costeras y Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas.

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, subdividido en: Subcategoría D1: Riego de vegetales y Subcategoría D2: Bebida de animales.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, subdividido en: Subcategoría E1: Lagunas y lagos, Subcategoría E2: Ríos y Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación política

El presente estudio se realizó en el Centro Experimental del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, políticamente ubicado en:

Región : Huánuco
Provincia : Leoncio Prado
Distrito : Pueblo Nuevo
Caserío : Sai Pai

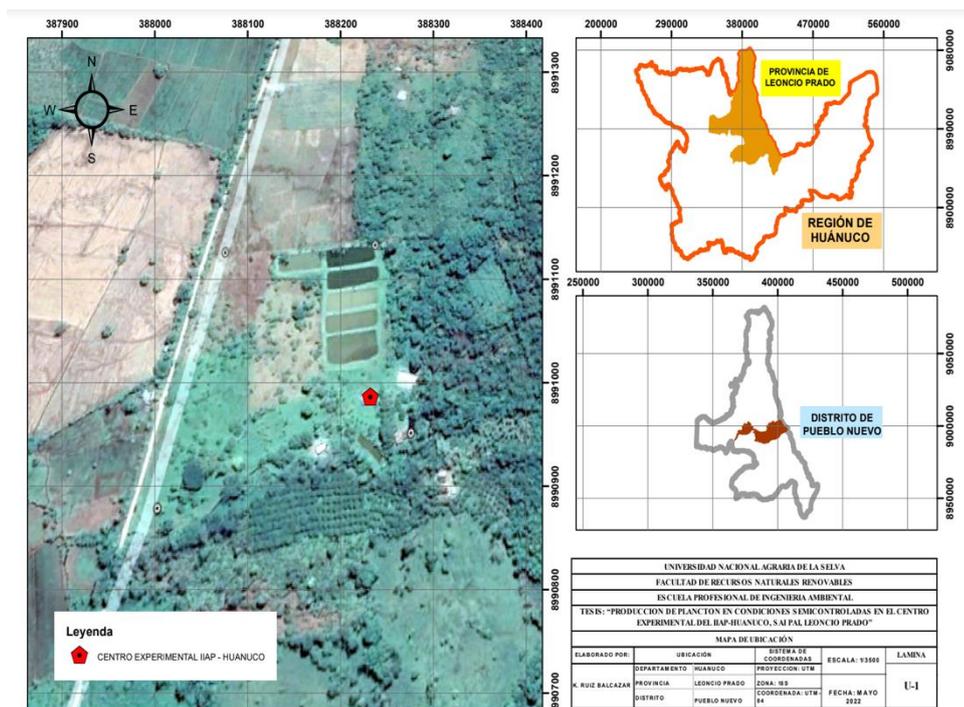


Figura 2. Ubicación política del Centro Experimental IAP – Huánuco, Sai Pai, Leoncio Prado

3.1.2. Ubicación política

Geográficamente el caserío de Sai Pai, se encuentra en la hoja 1652, 19-k, serie J631 edición 2-IGN, de la Carta Nacional del Instituto Geográfico Nacional (IGN), a una altitud de 540 msnm y bajo las siguientes coordenadas del sistema UTM WGS84 Zona 18S:

Este (m) : 388207.25

Norte (m) : 8990976.75

3.1.3. Características climáticas

Según SENAMHI (2022), la zona de estudio posee un clima tropical con temperaturas medias anuales de 23.8°C, temperaturas máximas de 30.9°C y mínimas de 18.6°C, cálido y húmedo, con una temperatura media de 25.3°C, precipitación mayor de 3200 mm y una humedad relativa entre el 80-85%.

3.1.4. Características topográficas

La topografía característica de la zona es relevante accidentada, presentando protuberancias con pendientes de dimensiones regulares, las mismas que son características propias de la región selva alta (IGN, s.d.).

3.1.5. Características topográficas

La actividad económica principal, de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2017) es la agricultura donde más del 53% de los habitantes lo practican y la ganadería (36%), seguido del comercio (11%).

3.2. Equipos y materiales

3.2.1. Materiales para muestreo

Frascos de vidrio de 150 ml, frascos de plástico de 500 ml, red para fitoplancton y red para zooplancton.

3.2.2. Equipos y materiales de laboratorio

Probetas de 100, 50 y 25 ml, dosificadoras o pipetas de 1 ml, vasos de precipitado de 200 y 50 ml, luxómetro, multiparámetro Thermo Modelo ORION 4 STAR (Temperatura, pH, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos), oxímetro YSI modelo 550 A, kit de análisis

de agua LaMotte modelo AQ-2 (CO₂), termo higrómetro Templec, microscopio invertido y cámara digital acoplada y cámara de recuento Sedgewick Rafter.

3.2.3. Reactivos

Agua desionizada y formaldehído (HCHO) al 2- 4%.

3.2.4. Software

SPSS y AmScope.

3.3. Metodología

Se utilizaron 10 baldes transparentes que fueron llenados con el agua proveniente de la fuente, quebrada Cruz de Motupe, previamente caracterizada, se colocaron 5 baldes dentro de un invernadero de 270 m², y los 5 restantes fueron colocados fuera, en ambos casos se taparon los baldes durante las lluvias y se los mantenía destapados el resto del tiempo, se realizaron aireaciones mecánicas durante cada evaluación para evitar condiciones anaeróbicas; la evaluación duró 10 días, durante los cuales se realizaron mediciones de variables fisicoquímicas (temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, CO₂, OD, amonio, nitritos, nitratos y fosfatos), meteorológicas (temperatura, humedad, luminosidad y fotoperíodo) y biológicas (Zooplancton y fitoplancton).

3.3.1. Determinación de la calidad fisicoquímica y composición plantónica de la quebrada Cruz de Motupe

Inicialmente se procedió a evaluar las características fisicoquímicas y biológicas de la fuente de agua, quebrada Cruz de Motupe, que se utilizó para abastecer cada uno de los baldes (20 litros) a utilizar.

Características fisicoquímicas

Para tomar mediciones de temperatura, pH, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos, se utilizó un multiparámetro Thermo Modelo ORION 4 STAR, para medir la cantidad de CO₂ se utilizó el Kit de análisis de agua LaMotte modelo AQ-2, siguiendo las instrucciones

indicadas en el Kit, que consiste inicialmente en el llenado del tubo de prueba (0608) con 20 ml de muestra, luego añadir 2 gotas de Fenolftaleína 1% (2246), si llega a tomar una coloración roja indica que no hay presencia de CO₂ libre, en caso contrario se procede a llenar el titulador de lectura directa (0380) con CO₂ reactivo B (4253DR), la muestra se titula hasta que tome una coloración rosada (durante 30 segundos), se anotará la cantidad de CO₂ en ppm ; para la medición de oxígeno disuelto se utilizará un Oxímetro YSI modelo 550 A, sumergiendo el electrodo para tomar la medición.

Para el muestreo de nutrientes se realizó según lo indicado por DIGESA (2007), evitando las áreas de turbulencia excesiva, considerando la profundidad, velocidad de la corriente. Se muestreó en el centro de la corriente y en dirección opuesta, utilizando un envase de plástico de 500 ml (VIVES, 2003), se forró el envase con papel aluminio para evitar la exposición a la luz y se mantendrá en frío. Las muestras se enviaron a analizar al laboratorio de química de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, el mismo día de muestreo, en donde se realizó: determinación de amonio por el método del azul de indofenol (RODIER, 1981), determinación de nitritos por el método propuesto por RODIER (1981), determinación de nitrato por el método espectrometría ultravioleta (APHA, 1998), determinación de fosfato por el método del fósforo reactivo, (GARAY, 1993).

Se utilizó el Estándar de Calidad Ambiental para Agua, publicados por el Ministerio del Ambiente (2017), para la Categoría 4 – ríos de selva:

Tabla 2. Variables fisicoquímicas de la quebrada Cruz de Motupe

Parámetros	UM	ECA	Metodología
Temperatura	°C	**	Equipo multiparámetro portátil, Thermo Modelo ORION 4 STAR.
Oxígeno disuelto	mg/L	>=5	Oxímetro YSI modelo 550 A
pH	Valor de pH	**	pH, Conductividad, Sólidos Totales – Método Instrumental Potenciométrico.
Conductividad (25 °C)	uS/cm	**	Equipo multiparámetro portátil, Thermo Modelo ORION 4 STAR.

Parámetros	UM	ECA	Metodología
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	
Nitratos	mg/L	10	Espectrometría ultravioleta (APHA, 1998)
Fosfato	mg/L	0,5	Fósforo reactivo, (GARAY, 1993)

UM: Unidad de medida; ECA: Estándar de Calidad Ambiental

Composición plantónica

Para el análisis de plancton se tomaron dos muestras: para fitoplancton y zooplancton, siguiendo lo indicado por la UNMSM (2014): “Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: Plancton, perifiton, bentos y nectos en aguas continentales del Perú”, para lo cual se utilizaron 2 botellas de vidrio de 150 ml, filtrándose 1 litro de muestra en una malla de fitoplancton para filtrar la primera muestra y una malla de zooplancton para el filtrado de la segunda muestra, se utilizó una solución de formaldehído al 2% para conservar las muestras.

Para determinar la densidad de fitoplancton y zooplancton se realizó un conteo de las muestras utilizando una cámara de Sedgewick Rafter, cuyas medidas son de 50 mm de longitud, 20 mm de ancho y 1 mm de profundidad, el área total es de 1000 mm² y el volumen es 1000 mm³. Se realizó un conteo con cada muestra respectiva, considerando cada taxón por separado y en conjunto tanto para zooplancton como fitoplancton. Se agitaron las muestras para permitir que los individuos tengan una distribución homogénea, luego se tomó una alícuota de 1 ml por muestra. Cuando la muestra estaba muy concentrada se realizaron diluciones de la muestra con agua destilada, el recuento se realizó por transeptos y en caso de muestras escasas se realizará un conteo total, en caso de contar transeptos se utilizó la siguiente fórmula:

$$N^{\circ}/ml = \frac{Cx1000mm^3}{LxDxWxS} \quad (1)$$

En donde:

N = Número de organismos contados.

L = Longitud de cada transepto (largo de la cámara Sedgewick Rafter) mm.

D = Profundidad de un transepto (profundidad de la cámara Sedgewick Rafter) mm.

W = Ancho del transepto mm.

S = Número de transeptos contados.

Para tener un recuento más preciso, se realizaron tres repeticiones de cada muestra y con éstas se calculó la concentración media.

3.3.2. Determinación del comportamiento de las variables meteorológicas y fisicoquímicas durante la producción de plancton

Características fisicoquímicas

Se realizó la medición en cada una de las unidades experimentales durante los 10 días de evaluación en 3 horarios: 8:00 a.m., 12:00 p.m. y 4:00 p.m. (OLIVO, 2018).

Las mediciones fisicoquímicas de las unidades experimentales se hicieron siguiendo la misma metodología que se utilizó para evaluar la calidad fisicoquímica de la fuente de agua descrito en el inciso 3.3.1.

VARIABLES meteorológicas

Se realizó la medición de tres variables meteorológicas, temperatura ambiental, humedad relativa ambiental y luminosidad, el horario de evaluación fue de 7:00 a.m hasta las 4:00 p.m., considerándose las horas pico hipotéticas de luz en el horario de 10:00 am hasta las 3:00 p.m., tomando un lapso de luz efectiva diaria de cinco (05) horas, (NIETO, *et al*, 2017).

3.3.3. Determinación de la variación de la densidad de plancton durante la producción

La variación de la densidad plancton se determinó a través de la diferencia entre la densidad de plancton obtenida al final de la producción (día 10) y la densidad de plancton inicial (día 0), también se determinó la variación de la densidad de plancton a la mitad de la producción (día 5).

Para determinar la densidad de plancton se tomaron muestras a una profundidad de 15 centímetros de cada unidad experimental, utilizando la misma metodología de muestreo descrita para la evaluación de la composición plantónica de la fuente (ver inciso 3.3.1, sección de composición plantónica de la fuente de agua) y siguiendo el mismo procedimiento para el conteo de individuos de zooplancton y fitoplancton; se realizaron 3 mediciones (al inicio, a mitad y al final).

3.4. Condiciones Semicontroladas

Para evaluar la producción de plancton como alimento vivo en condiciones semicontroladas, se utilizó un invernadero de 270 m², dentro del cual fueron colocadas 5 unidades experimentales (baldes de 20 litros). Para comparar los datos se colocaron 5 unidades experimentales (baldes de 20 litros) fuera del invernadero, en condiciones naturales.

3.5. Análisis estadístico

3.5.1. Diseño experimental

Para el análisis estadístico se aplicó el diseño completo al azar (DCA) con 5 repeticiones, para determinar la producción de plancton.

$$Y_{ij} = u + T_i + E_{ij} \quad (2)$$

Donde:

I : 1,2,3, t

J : 1,2,3, n

Y_{ij} : Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento.

U : Media general.

T_i : Efecto del tratamiento i.

E_{ij} : Error aleatorio, donde $E_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

Para el cual:

H_0 : $T_1 = T_2 = \dots = T_t$

H_a : Al menos un efecto de tratamiento es diferente a los demás.

Se realizó la prueba U de mann Whitney para los datos que no presentaban distribución normal y la prueba T de student para la comparación de datos que presentaban distribución normal.

3.5.2. Variable dependiente

Producción de Plancton

- Producción de Chlorophytas.
- Producción de Euglenophytas.
- Producción de Cyanophytas.
- Producción de Bacillariophytas.
- Producción de Rotíferos.
- Producción de Arthropodos.

3.5.3. Variable independiente

Meteorológicos ambientales

- Humedad relativa.
- Temperatura del aire.
- Luminosidad.

Fisicoquímicos del agua

- Temperatura.
- pH.
- Nutrientes (amonio, nitritos, nitratos y fósforo).
- Oxígeno disuelto.
- Dióxido de carbono.
- Conductividad.

- Sólidos totales disueltos.

3.6. Tipo y nivel de investigación

3.6.1. Tipo de investigación

Se recurrió a la ciencia biológica para describir la composición planctónica encontrada, a la ciencia ambiental para relacionarlo con la calidad fisicoquímica del agua de la quebrada Cruz de Motupe y a la ciencia meteorológica para la evaluación de las condiciones ambientales. Por lo que según Jacobo (2013) la investigación se puede clasificar como aplicada.

3.6.2. Nivel de investigación

El estudio es descriptivo según Jacobo (2013) ya que sirve como base y fundamento para la realización de próximas investigaciones, porque se utiliza la estadística para analizar la producción de plancton en condiciones semicontroladas.

3.6.3. Diseño de investigación

El estudio es experimental de tipo cuantitativo transversal, porque corresponde al estudio de la relación de causalidad entre la variable independiente y dependiente, así como su análisis y/o explicación de los fenómenos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Calidad fisicoquímica y composición planctónica de la quebrada Cruz de Motupe

4.1.1. Calidad fisicoquímica de la fuente de agua

En la **Tabla 3** se muestran los resultados que se obtuvieron en cada uno de los parámetros evaluados en la quebrada Cruz de Motupe el 7 de noviembre del 2017, encontrándose: temperatura (25.8 ± 0.01 °C), pH (8.16 ± 0.01), oxígeno disuelto (6.5 ± 0.05 mg/L), conductividad eléctrica (297 ± 0.58 μ S/cm), y nitratos (4.585 ± 0.0024 mg/L), se encuentran dentro de lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en la categoría 3, Subcategoría D1: Riego de vegetales (MINAM, 2017)

Tabla 3. Variables fisicoquímicas de la quebrada Cruz de Motupe

Parámetros	UM	ECA	Media	\pm (D.e.)
Temperatura	°C	**	25.8	0.01
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 5	6.5	0.05
Ph	Valor de pH	**	8.16	0.01
Conductividad	μ S/cm	**	297	0.58
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	95	0.58
Dióxido de carbono	mg/L	**	1.9	0
Amonio	mg/L	**	0	0
Nitritos	mg/L	**	0.05	0.002
Nitratos	mg/L	10	4.585	0.0024
Fósforo	mg/L	0,5	0.012	0.001

UM: Unidad de medida; ECA: Estándar de Calidad Ambiental, D.e: Desviación estándar, **: Valor no establecido.

Según Obregón (2006), Barrenechea (2004), Alcántara (1996), Massol (2002) y Roldan (2008), Egna (1997), Boyd (1998), los valores mostrados en la **Tabla 3** de dióxido de carbono (1.9 ± 0 mg/L), solidos totales disueltos (95 ± 0.58 mg/l), amonio (0.00 ± 0 mg/l), se encuentra dentro de los valores adecuados y característicos de un cuerpo natural. Considerando la utilización del agua para la producción de plancton, la concentración de fosforo fue 0.012 ± 0.001 mg/L y según Boyd (1998), las concentraciones de fósforo total de 0,01 a 0,10 mg/L

están asociadas con densas poblaciones planctónicas; por lo tanto, se puede considerar que se cuenta con valores adecuados de nutrientes para la producción de plancton.

4.1.2. Composición plantónica de la fuente de agua

En la **Tabla 4** se muestran los distintos géneros que componen el plancton presente en la quebrada Cruz de Motupe y la densidad de cada uno. Se observa una mayor densidad en el phyla Cyanophyta de la familia Microcystaceae con el valor de 8 500 000 Ind/L, seguido del phyla Chlorophyta para los géneros Golenkinia y Ankistrodesmus, con valores de 550 000 Ind/L y 137 500 Ind/L.

Tabla 4. Composición plantónica de la quebrada Cruz de Motupe

Phyla	Género	Densidad (Ind/L)
Chlorophyta	Actinastrum	75 000
Chlorophyta	Chlamydomonas	87 500
Chlorophyta	Ankistrodesmus	137 500
Chlorophyta	Golenkinia	550 000
Chlorophyta	Pediastrum	75 000
Chlorophyta	Acutodesmus	12 500
Chlorophyta	Scenedesmus	37 500
Euglenophyta	Euglena	37 500
Euglenophyta	Phacus	12 500
Cyanophyta	Microcystaceae (Familia)	8 500 000
Bacillariophyta	Aulacoseira	25 000
Rotifera	Brachionus	200
Rotifera	Keratella	100
Total		9 550 300

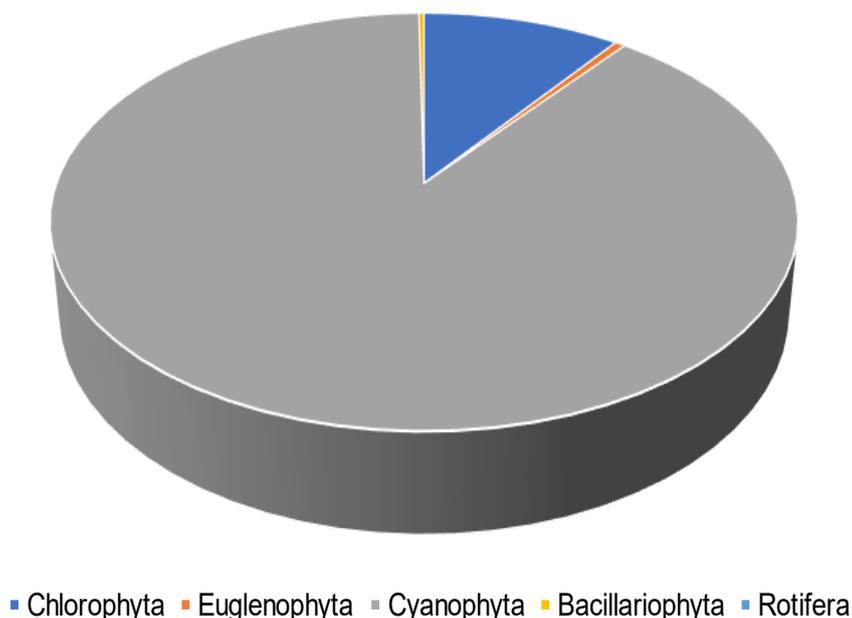


Figura 3. Representación de la composición de plancton en la quebrada Cruz de Motupe

De acuerdo a la **Figura 3**, phyla más representativo es el Cyanophyta (89.000%), seguido de Chlorophyta (10.209%), Euglenophyta (0.524%), Bacillariophyta (0.262%) y finalmente el phyla Rotifera (0.003%). Se puede apreciar que la Quebrada Cruz de Motupe presenta mayor densidad de algas del phyla Cyanophyta (8 500 000 Ind/L) de la familia Microcystaceae (**Tabla 3**), según Fredrickson & Stephanopoulos (1981), la distribución potencial de *Microcystis* sp. perteneciente a la familia Microcystaceae, se encuentra asociada al cambio en el uso de suelo y vegetación, y a las actividades antropogénicas que se llevan a cabo en la cuenca del sistema, producen toxinas del tipo microcistinas, segregadas para favorecer su desarrollo eliminando la competencia de muchos organismos.

4.2. Comportamiento de las variables meteorológicas y fisicoquímicas durante la producción de plancton

4.2.1. Parámetros meteorológicos

En la **Tabla 5** se muestran los datos obtenidos en los parámetros meteorológicos durante los 10 días de evaluación observándose que la temperatura mínima (24.2 °C), máxima (53.2 °C) y media (37.7 °C) del aire tiene valores mayores en condiciones semicontroladas, en cambio en condiciones naturales presentan valores de 20.1°C, 37 °C y 28.7 °C, respectivamente.

Para la humedad relativa, el valor mínimo (38%) y media (65.6%) en condiciones semicontroladas presentan valores por encima de los obtenidos en condiciones naturales, con 31% para el mínimo y 60.4% para la media, sin embargo, el valor máximo es el mismo para ambas evaluaciones.

Tabla 5. Parámetros meteorológicos analizados.

Parámetros	Condiciones	N	Mínimo	Máximo	Media	CV
Temperatura del aire (°C)	Naturales	5	20.1	37	28.7	15%
	Semicontroladas	5	24.2	53.2	37.7	21.1%
Humedad relativa (%)	Naturales	5	31	88	60.4	24.6%
	Semicontroladas	5	38	88	65.5	19.3%
Luminosidad (klx)	Naturales	5	1.3	141.5	51.6	69.3%
	Semicontroladas	5	0.32	46.1	18.2	68.8%

N: Número de repeticiones, Cv: Coeficiente de variación expresado en porcentaje.

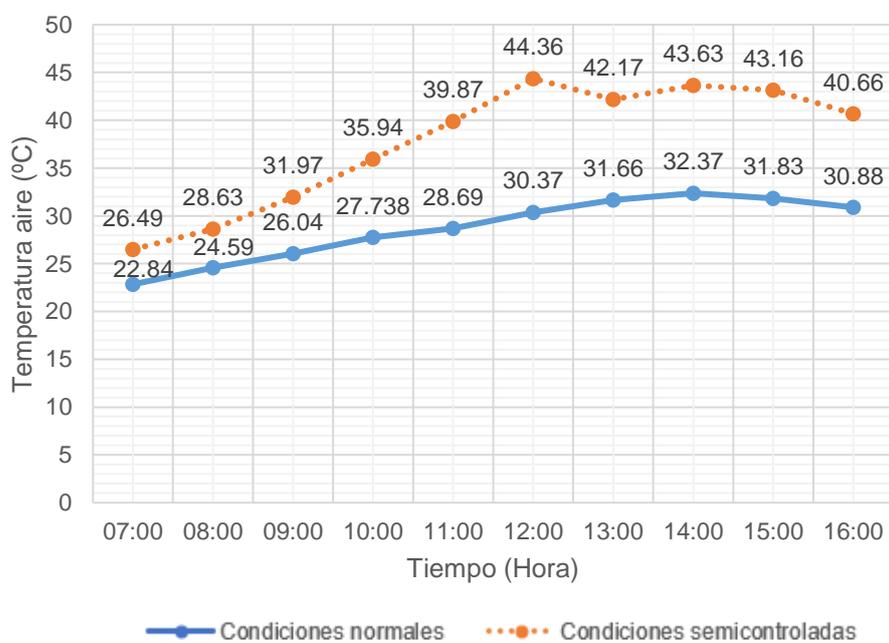
Los resultados en las pruebas U de Mann Whitney a los parámetros meteorológicos (**Tabla 6**) muestran una diferencia significativa entre las condiciones naturales y semicontroladas, desde las 7:00 hasta las 16:00 horas, con excepción de la humedad relativa que a las 7:00, 9:00 y 11:00 horas no mostró diferencias significativas.

Tabla 6. Prueba U de Mann Whitney a las variables meteorológicas a un error α de 0.05.

	Hora	T ° Aire.	H%	Lum.
07:00	Sig. Asintótica	<0.001*	0.862 ^{NS}	<0.001*
08:00	Sig. Asintótica	<0.001*	<0.001*	<0.001*
09:00	Sig. Asintótica	<0.001*	0.560 ^{NS}	<0.001*
10:00	Sig. Asintótica	<0.001*	<0.001*	<0.001*
11:00	Sig. Asintótica	<0.001*	0.226 ^{NS}	<0.001*
12:00	Sig. Asintótica	<0.001*	0.025*	<0.001*
13:00	Sig. Asintótica	<0.001*	0.003*	<0.001*
14:00	Sig. Asintótica	<0.001*	<0.001*	<0.001*
15:00	Sig. Asintótica	<0.001*	0.002*	<0.001*
16:00	Sig. Asintótica	<0.001*	<0.001*	<0.001*

T ° Aire.: Temperatura aire, H%: Humedad relativa, Lum.: Luminosidad, *: La variable es diferente entre el tratamiento y testigo, ^{NS}: La variable no es diferente entre el tratamiento y testigo.

En la **Figura 4** se muestran los promedios horarios de los resultados obtenidos en la temperatura del aire en condiciones naturales y semicontroladas, obteniéndose valores más altos en condiciones semicontroladas.

**Figura 4.** Variación horaria de la temperatura ambiental durante el día.

En la **Figura 5** se muestran los promedios horarios de los resultados obtenidos para la humedad relativa en condiciones naturales y semicontroladas, observándose valores similares entre ambos a las 7:00 horas y empezándose a notar diferencia a partir de las 8:00 horas.

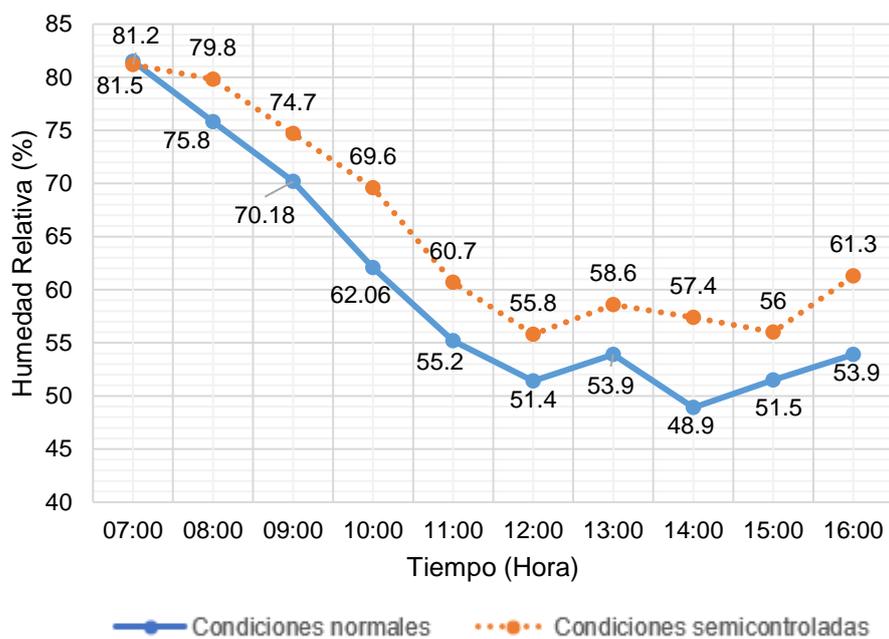


Figura 5. Variación horaria de la Humedad relativa durante el día.

En la **Figura 6** se observan los promedios horarios de los resultados obtenidos para la luminosidad, observándose valores más altos en condiciones naturales, la diferencia entre los valores en condiciones naturales y semicontroladas se incrementan desde las 10:00 hasta las 15:00 horas.

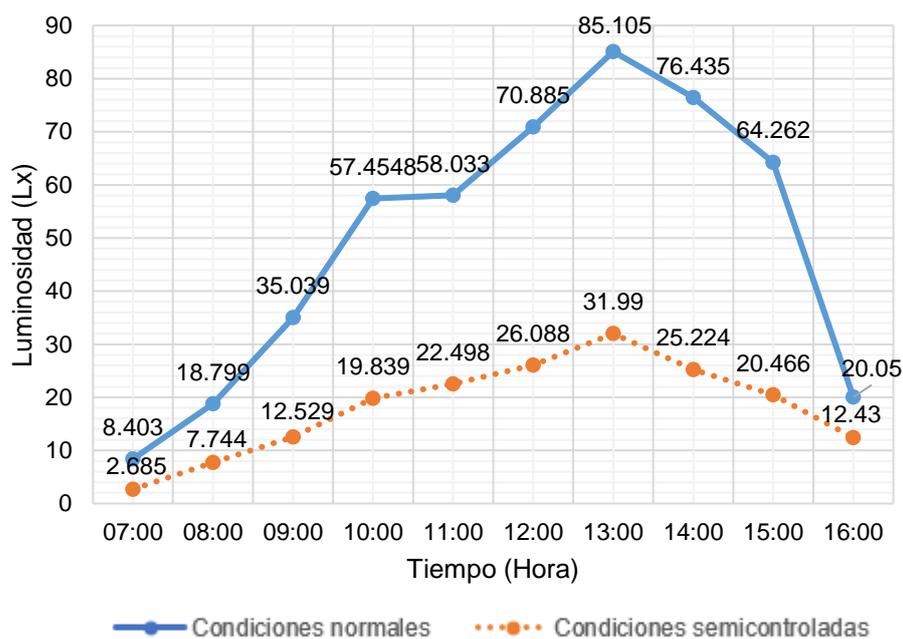


Figura 6. Variación horaria de la luminosidad durante el día.

4.2.2. Parámetros fisicoquímicos del agua

En la **Tabla 7** se muestran los resultados obtenidos en los parámetros fisicoquímicos del agua durante los diez días de evaluación, observándose un valor más alto en la media de la temperatura en condiciones semicontroladas, las medias de la conductividad y sólidos totales disueltos fueron mayores en condiciones naturales, y para el caso del oxígeno disuelto y el pH las medias mostraron valores cercanos.

Los parámetros fisicoquímicos del agua en condiciones semicontroladas muestran diferencia significativa a los valores obtenidos en condiciones naturales (**Tabla 8**), ya que según HAHN (2016), la humedad relativa, temperatura ambiental son factores que al transcurrir el tiempo modifican la temperatura de un cuerpo de agua, y esta a su vez es la más importante de la ecología acuática y modifica a las demás variables físico-químicas y su dinámica, considerando que en las variables de oxígeno disuelto y pH fueron equilibradas con aireación mecánica constante y previa a cada medición realizada, lo que se refleja en las similitudes entre los valores obtenidos a las 16:00 y 12:00 horas para el oxígeno disuelto y pH, respectivamente, a pesar de eso se observaron diferencias significativas en ambas variables durante la mayoría de mediciones realizadas; la concentración de sólidos totales disueltos fue disminuyendo durante

los 10 días de evaluación, indicando una reducción de la concentración de calcio, fosfatos, nitratos, sodio, potasio, cloruro y otros componentes orgánicos, siendo esta reducción mayor en condiciones semicontroladas, indicando un mayor consumo de sólidos totales disueltos.

Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos del agua.

Parámetros	Condiciones	N	Mínimo	Máximo	Media	CV
Temperatura (°C)	Naturales	5	22.60	38.60	29.70	14.93%
	Semicontroladas	5	25	41.7	32	13.59%
Oxígeno Disuelto (mg/l)	Naturales	5	4.13	7.17	5.45	12%
	Semicontroladas	5	3.72	6.59	5.09	13%
Ph	Naturales	5	8.26	9.08	8.54	1.76%
	Semicontroladas	5	7.16	8.83	8.5	2%
Conductividad Eléctrica (μ S/cm)	Naturales	5	171.5	199.8	188.96	3.98%
	Semicontroladas	5	159	198.4	182.96	6.19%
Sólidos Totales Disueltos (mg/l)	Naturales	5	83	98	92.57	4.03%
	Semicontroladas	5	78	97	89.65	6.20%

N: Número de repeticiones, Cv: Coeficiente de variación expresado en porcentaje.

En la **Tabla 8** se muestran los resultados de las pruebas U de Mann Whitney realizadas a las variables fisicoquímicas del agua, obteniéndose diferencias significativas entre los valores obtenidos en condiciones naturales y los valores obtenidos en condiciones semicontroladas, para todas las variables con excepción del pH, durante las 12:00 horas y el Oxígeno disuelto durante las 16:00 horas.

Tabla 8. Prueba U de Mann Whitney a las variables físico-químicas del agua a un error α de 0.05.

Hora		T°	OD	pH	Cond	STD
7:00	S. A.	<0.001*	0.003*	0.016*	0.042*	0.034*
12:00	S. A.	<0.001*	<0.001*	0.336 ^{NS}	0.006*	0.004*
16:00	S. A.	<0.001*	0.565 ^{NS}	0.014*	0.012*	0.013*

T°: Temperatura del agua, OD: Oxígeno disuelto, Cond.: Conductividad eléctrica, STD: Solidos totales disueltos, S.A.: Significancia asintótica, *: La variable es diferente entre el tratamiento y testigo, ^{NS}: La variable no es diferente entre el tratamiento y testigo.

En la **Figura 7** se muestran las diferencias entre los promedios de la temperatura del agua en condiciones naturales y semicontroladas, observándose mayores valores de temperatura en condiciones semicontroladas.

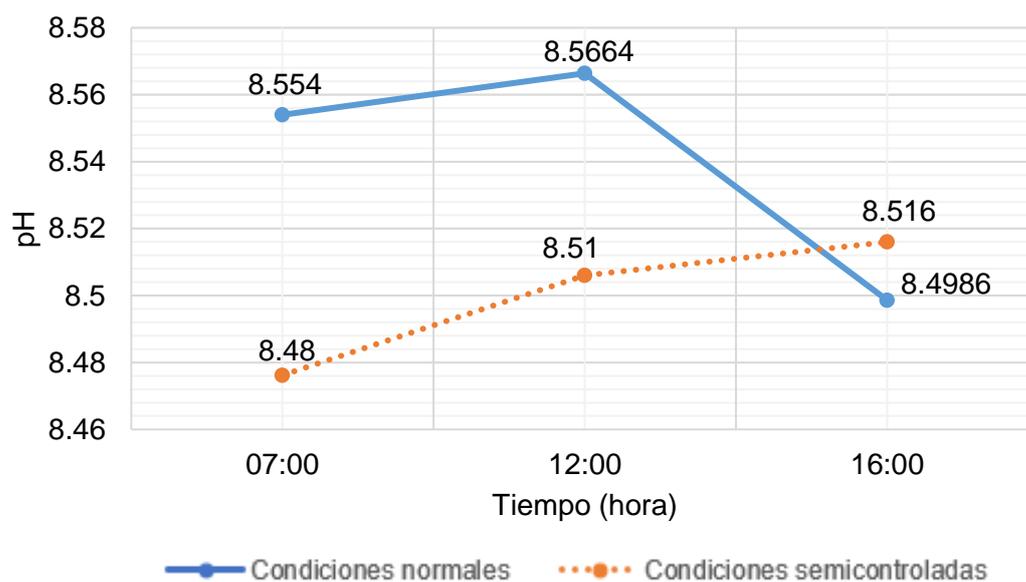


Figura 7. Variación de la temperatura del agua durante la evaluación diaria.

En la **Figura 8** se muestran las diferencias entre los promedios del oxígeno disuelto en condiciones naturales y semicontroladas, observándose valores mayores de oxígeno disuelto en condiciones naturales hasta llegadas las 16:00 horas en donde los valores son similares a los que se obtuvieron en condiciones semicontroladas.

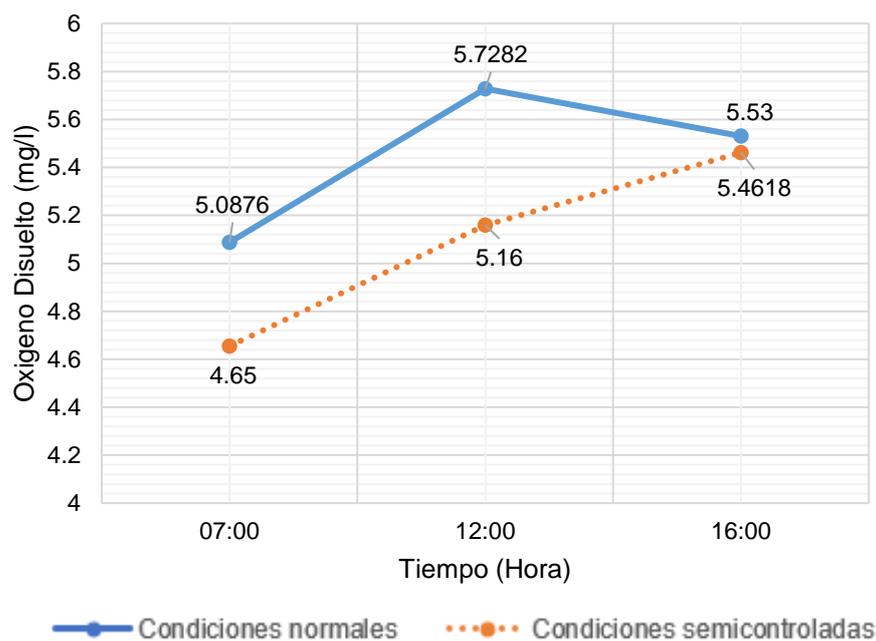


Figura 8. Variación del oxígeno disuelto durante la evaluación diaria.

En la **Figura 9** se muestran las diferencias entre los promedios del pH en condiciones naturales y semicontroladas, observándose mayores valores en los promedios del pH en condiciones naturales hasta llegadas las 16:00 horas en donde los valores son mayores en condiciones semicontroladas.

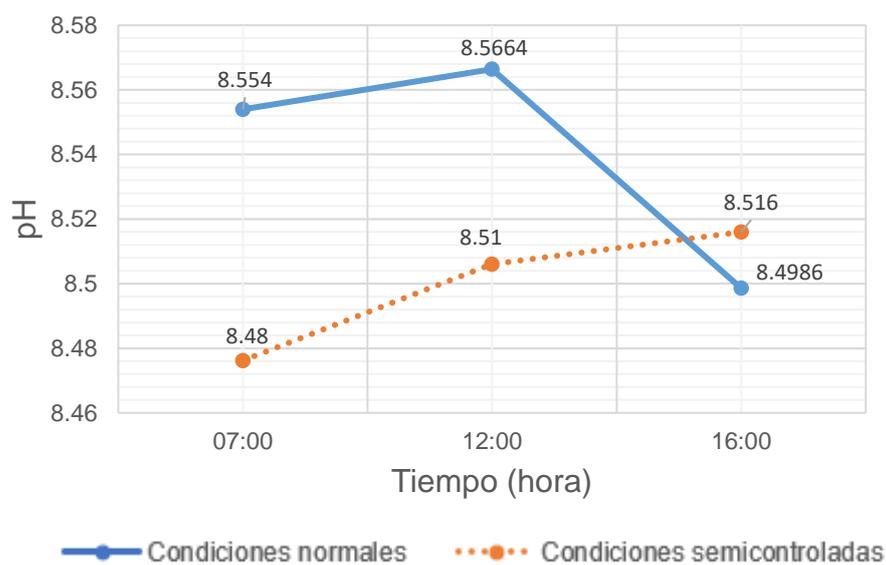


Figura 9. Variación del pH del agua durante la evaluación diaria.

En la **Figura 10** se muestran las diferencias entre los promedios de la conductividad eléctrica en condiciones naturales y semicontroladas, observándose mayores valores en los promedios de la conductividad en condiciones naturales.

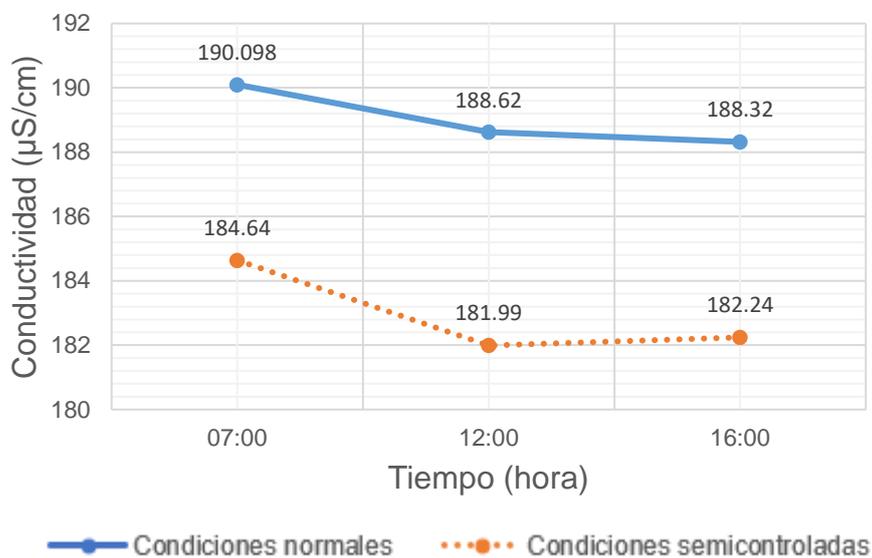


Figura 10. Variación de la conductividad eléctrica del agua durante la evaluación diaria.

En la **Figura 11** se muestran las diferencias entre los promedios de sólidos totales disueltos en agua en condiciones naturales y semicontroladas, observándose mayores valores en los promedios de sólidos totales disueltos en condiciones naturales.

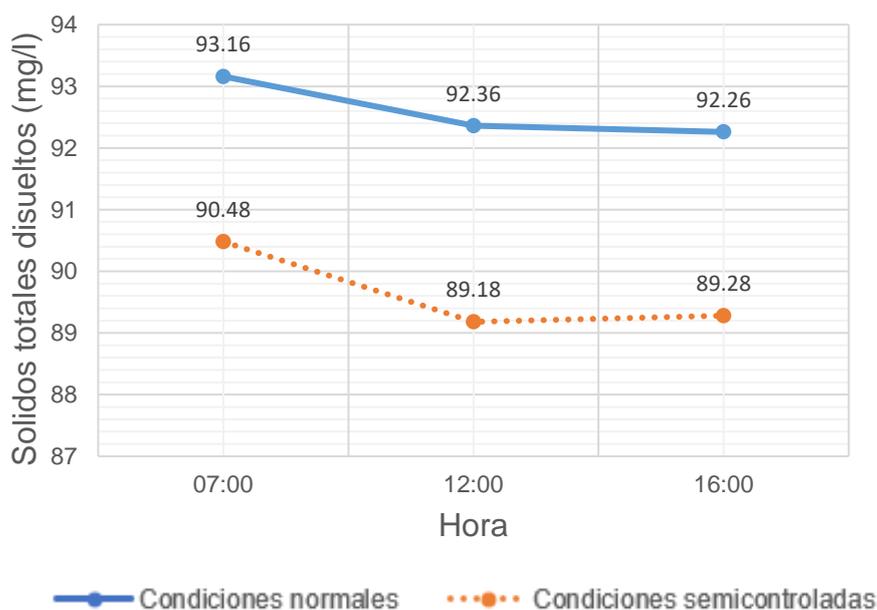


Figura 11. Variación de la cantidad de sólidos totales disueltos en agua durante la evaluación diaria.

4.3. Variación de la densidad de plancton durante la producción

En la **Tabla 9** se muestran la producción de plancton obtenida hasta el quinto día de evaluación, se puede apreciar que para las Cyanophytas la producción tiene valores negativos en condiciones naturales y semicontroladas, indicando consumo, de igual forma para Euglenophytas, Bacillariophytas y Rotíferos se registraron valores negativos como valores mínimos registrados entre las repeticiones, indicando consumo en algunos casos, para estos 3 phyla.

En condiciones naturales se observa una mayor producción de los phyla: Chlorophyta, Euglenophyta, y Rotifera comparándolo con la obtenida bajo condiciones semicontroladas. en condiciones semicontroladas se obtuvo una mayor producción de los phyla: Bacillariophyta y Artrópoda; también se obtuvo un mayor consumo de Cyanophytas en condiciones semicontroladas.

Tabla 9. Producción de plancton hasta el quinto día de evaluación.

Variable	Condiciones	N	Mínimo	Máximo	Media	CV
Producción	Naturales	5	682 295	1 557 095	1 097 115	38.33%
Chlorophyta	Semicontroladas	5	305 000	1 502 400	887 920	48.00%
Producción	Naturales	5	2 500	77 500	45 000	72.44%
Euglenophyta	Semicontroladas	5	-12 500	87 500	42 500	94.39%
Producción	Naturales	5	-2 012 500	112 500	-985 000	88.73%
Cyanophyta	Semicontroladas	5	-2 537 500	337 500	-1 697 500	68.59%
Producción	Naturales	5	165 625	340 625	243 125	29.17%
Bacillariophyta	Semicontroladas	5	-12 500	787 500	290 000	111.92%
Producción	Naturales	5	-230	1 770	648	134.04%
Rotifera	Semicontroladas	5	-400	700	180	269.75%
Producción	Naturales	5	590	2 640	1 700	44.14%
Artrópoda	Semicontroladas	5	1 440	2 840	2 190	25.01%

N: Número de repeticiones, Cv: Coeficiente de variación expresado en porcentaje.

En la **Tabla 10** se muestran la producción de plancton obtenida hasta final de la evaluación, se puede apreciar que para las Cyanophytas y rotíferos la producción tiene valores negativos en condiciones naturales y semicontroladas, indicando consumo, de igual forma para Euglenophytas se registraron valores negativos como valores mínimos registrados entre las repeticiones, indicando consumo en algunos casos.

En condiciones naturales se observa una mayor producción de los phyla: Chlorophyta, Rotifera y Artrópoda. En condiciones semicontroladas se obtuvo una mayor producción de los phyla: Euglenophyta y Bacillariophyta, de igual forma se obtuvo un mayor consumo de Cyanophytas y se registró consumo de rotíferos en lugar de producción.

Tabla 10. Producción de plancton hasta el final de la evaluación.

Variable	Condiciones	N	Mínimo	Máximo	Media	CV
Producción	Naturales	5	267 203	1 367 303	647 323	64.69%
Chlorophyta	Semicontroladas	5	57 500	1 007 400	364 900	108.96%
Producción	Naturales	5	15 000	152 500	65 000	87.07%
Euglenophyta	Semicontroladas	5	-25 000	187 500	105 000	81.00%
Producción	Naturales	5	-4 300 000	-1 750 000	-2 992 500	34.62%
Cyanophyta	Semicontroladas	5	-3 700 000	-2 300 000	-3 077 500	17.61%
Producción	Naturales	5	262 500	450 000	397 500	20.06%
Bacillariophyta	Semicontroladas	5	87 500	1 775 000	630 000	110.35%
Producción	Naturales	5	60	560	338	66.76%
Rotifera	Semicontroladas	5	-150	0	-80	71.26%
Producción	Naturales	5	1 750	2 400	2 050	12.44%
Artrópoda	Semicontroladas	5	300	1300	950	41.11%

N: Número de repeticiones, Cv: Coeficiente de variación expresado en porcentaje.

En la **Tabla 11** se muestran los resultados obtenidos en la prueba T student realizada a la producción de plancton en cada uno de los phyla encontrados, en donde se observa que sólo se obtuvieron diferencias significativas para la producción de artrópodos y rotíferos en condiciones semicontroladas en el último día de evaluación (Día 10).

Tabla 11. Prueba T-Student realizada a la producción de plancton en cada uno de los phyla encontrados.

Variable	Día 5	Día 10
	Significancia (bilateral)	Significancia (bilateral)
Producción Chlorophyta	0.457 ^{NS}	0.306 ^{NS}
Producción Euglenophyta	0.917 ^{NS}	0.407 ^{NS}
Producción Cyanophyta	0.306 ^{NS}	0.875 ^{NS}
Producción Bacillariophyta	0.760 ^{NS}	0.498 ^{NS}
Producción Rotifera	0.324 ^{NS}	0.013*
Producción Arthropoda	0.272 ^{NS}	0.001*

*: La variable es diferente entre el tratamiento y testigo, ^{NS}: La variable no es diferente entre el tratamiento y testigo.

Al comparar los valores de la producción de zooplancton en condiciones naturales y semicontroladas (**Tabla 10**), se observa que bajo condiciones naturales se presenta mayor producción de artrópodos y rotíferos, lo cual contradice a lo indicado por MELÃO (1999), que el aumento de la temperatura afecta directamente el metabolismo de los organismos, disminuye los tiempos de desarrollo e incrementa las tasas de crecimiento poblacional; pero, al ver las densidades obtenidas en rotíferos al inicio, mitad y final de la evaluación (**Figura 12**) se puede apreciar que en el día 5 (a la mitad de la producción) existió una mayor densidad de rotíferos en condiciones naturales, a pesar de que en el día 0 la densidad de rotíferos era mayor en condiciones semicontroladas; esto cobra sentido al considerar que en condiciones semicontroladas la dinámica poblacional de rotíferos es más acelerada, por lo que pudo haberse obtenido un mayor valor de densidad de rotíferos si se evaluaba en los días anteriores al día 5. Según Alcántara (2015), para un tiempo de experimentación de 11 días y utilizando distintos tratamientos de harina de pescado, los resultados mostraron que entre el día 4 y 8 la producción promedio de rotíferos incrementó significativamente, además menciona que durante su estudio la temperatura de los diferentes tratamientos osciló en promedio entre los 28 y 29 °C; las evaluaciones realizadas por Alcántara (2015) fueron en condiciones naturales, teniendo valores en la temperatura del agua similares a los que se obtuvieron en el tratamiento (**Tabla 7**), por lo que considerando que en condiciones semicontroladas el metabolismo es más acelerado producto del incremento en la temperatura, entonces los mayores valores de densidad de rotíferos se deben encontrar en los días anteriores al 5.

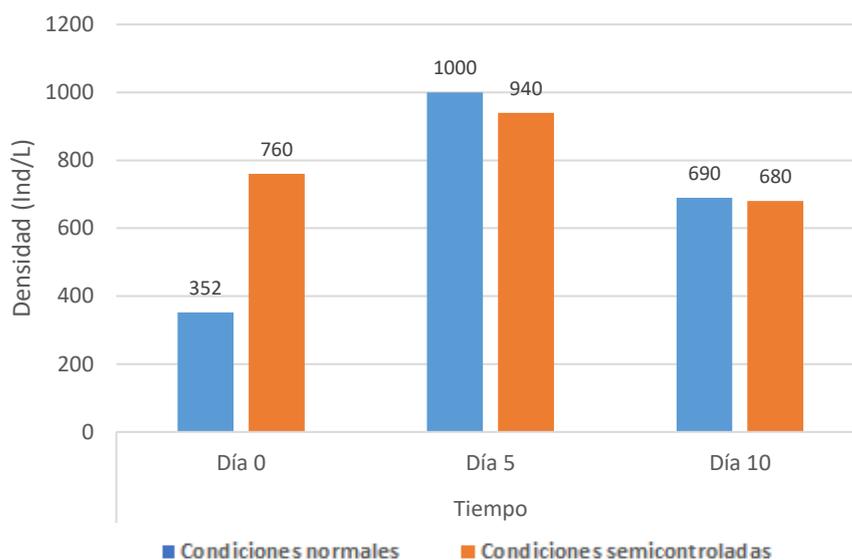


Figura 12. Variación en la densidad de rotíferos.

En la **Figura 13** se puede apreciar que el phyla Artrópoda inició con la misma densidad en condiciones naturales y semicontroladas, en el quinto día se obtuvo una mayor densidad en condiciones semicontroladas, pero en el último día se obtuvo una mayor densidad en condiciones naturales. Este comportamiento en la variación de la densidad de artrópodos se puede explicar de igual forma que en el caso de los rotíferos considerando que en condiciones semicontroladas el metabolismo es mayor generando una dinámica poblacional más acelerada que en condiciones naturales.

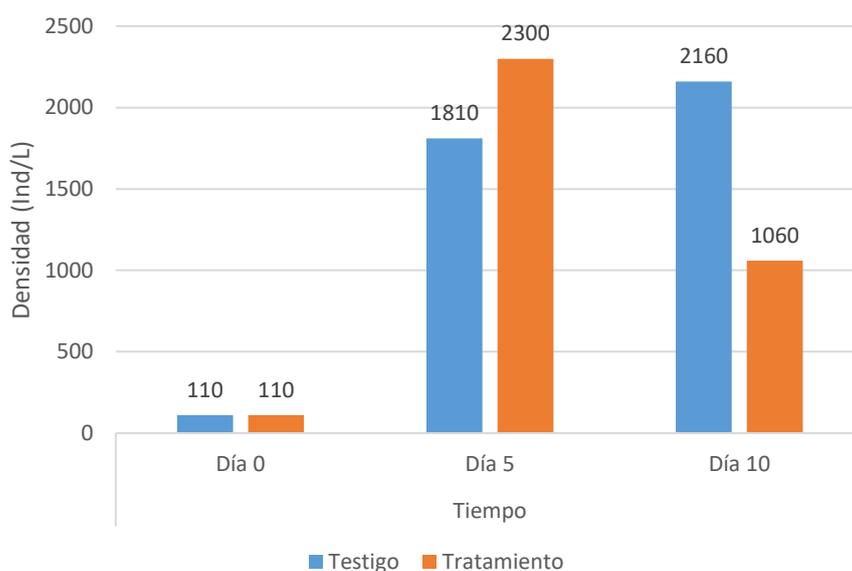


Figura 13. Variación en la densidad de artrópodos.

En la **Figura 14** se puede apreciar la curva de crecimiento del phyla Arthropoda en condiciones naturales y semicontrolados en donde se puede apreciar que en condiciones naturales la población de artrópodos continua en crecimiento hasta el día 10, pero en condiciones semicontroladas se observa que la población de artrópodos llega a un máximo en el día 5 y a un declive en el día 10; pudiéndose corroborar la una dinámica poblacional más acelerada para los artrópodos y confirmándose así lo planteado por MELÃO (1999).

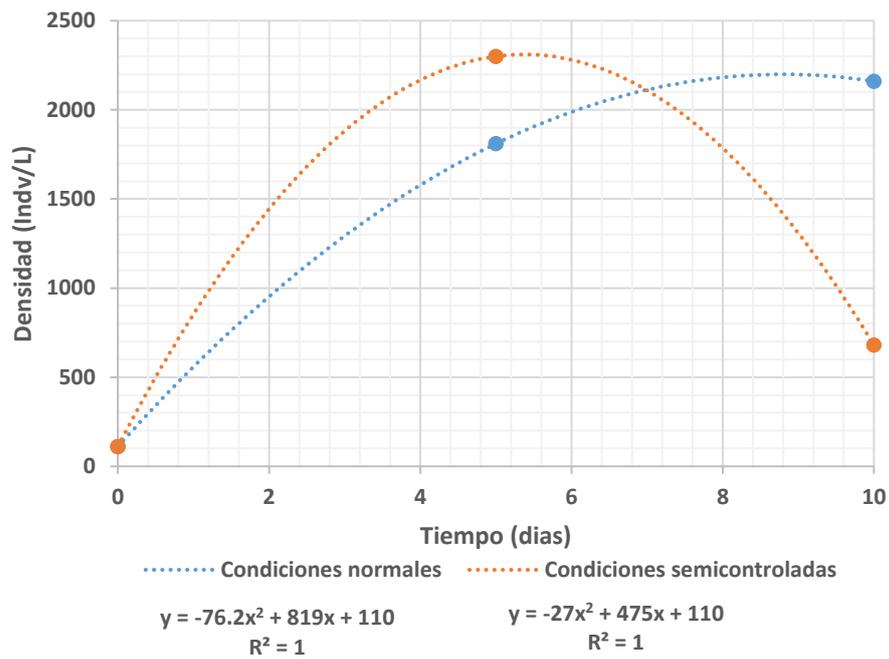


Figura 14. Dinámica poblacional de phyla Arthropoda.

V. CONCLUSIONES

1. La calidad fisicoquímica de la quebrada Cruz de Motupe se encuentran dentro de lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en la categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático: Ríos de selva (MINAM, 2017), la abundancia de Cyanophytas de la familia Microcystaceae, está asociada al cambio en el uso de suelo y vegetación, y a las actividades antropogénicas que se llevan a cabo en la cuenca, producen toxinas del tipo microcistinas, segregadas para favorecer su desarrollo eliminando la competencia de muchos organismos.
2. Se determinó que existe diferencia estadística significativa en el comportamiento de los parámetros fisicoquímicas y meteorológicas durante la producción de plancton en condiciones semicontroladas, generándose valores óptimos para la proliferación de plancton.
3. Se determinó que la variación de la densidad de plancton durante la producción en condiciones semicontroladas es mayor y más acelerada, existiendo una diferencia estadística significativa en la producción de rotíferos y artrópodos.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Estudiar la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y otros bioindicadores que faciliten la evaluación ambiental de la quebrada Cruz de Motupe.
2. Estudiar la dinámica de la comunidad planctónica de la quebrada Cruz de Motupe y su comportamiento estacional para determinar el momento adecuado para su disposición, y su potencial acuícola.
3. Establecer los requerimientos físicos y nutritivos adecuados para el mantenimiento en condiciones de laboratorio y la aceptabilidad alimenticia de cada cepa de la comunidad planctónica de la quebrada Cruz de Motupe de Sai Pai.
4. Incrementar la frecuencia de muestreo de plancton, al momento de la producción, para conseguir el análisis de todo el ciclo reproductivo y fases de crecimiento de cada cepa.

VII.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alatorre, J., García F., Rico, E., Soto, .G. (2011). Calidad del agua para la acuicultura en pequeña escala. Productores La acuicultura y el medio ambiente: un destino compartido, InTech pp 125-140. (<http://www.intechopen.com/books/aquaculture-and-the-environment-a-shareddestiny/aquaculture-waterquality-for-small-scale-producers>), Consultado 02/08/17.
- Alcántara, B., Guerra, H. (1990). Aspectos de alevinaje de las principales especies nativas utilizadas en piscicultura en la amazonia peruana. Folia Amazónica. 2. IIAP. Iquitos. Perú.
- Alcántara, F. (1991). Situación de la piscicultura en la amazonia peruana y estrategia para su desarrollo. Folia Amazónica. IIAP. Perú. 14 p.
- Alcántara, F. B., H. F. Guerra & L. A. Campos. (1996). Piscicultura amazónica con especies nativas. TCA. Lima. Perú. Pp. 169.
- Alcántara, F., Murrieta, G., Nájjar, J. (2015). Producción experimental de rotíferos en bolsas de plástico utilizando harina de pescado como fuente de nutrientes. Instituto de Investigaciones de la Amazonía peruana, Folia amazónica. Iquitos, Perú. 8p.
- APHA. (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Edition 20. APHA/ AWWA/WPCF. 4-114 pp.
- Ascon, G. (1988). Trabajos de investigación pesquera en Selva Alta Perú. Informe Técnico Anual en el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Iquitos, Perú.

- Arboleda, D. (2006). Revista Electrónica de Veterinaria: Limnología aplicada a la acuicultura. 24p.
- Batista, M., De Araujo, M., & Senhorini. (1986). Alimento vivo (Fito y Zooplancton) para la crianza de larvas de las especies del género *Colossoma*. Síntesis de dos trabajos realizados con Especies del Género *Colossoma* Marzo/82-Abril/86. Proyecto Acuicultura, Pirassununga, Brasil 3:15.
- Barrenechea, A. (2004). Aspectos fisicoquímicos de la calidad de agua. Lima, Perú. Pp.58
- Benjumea, C. & Toro, A., (2007). Evaluación de la estratificación térmica y su relación con el oxígeno disuelto del agua en la ciénaga Cachimbero Santander. Universidad Antioquia. Colombia. 18p.
- Boyd, C, & Tucker, C. (1998). Gestión Kluwer de acuicultura de estanque. Academic Publishers. Amsterdam. Holanda.
- Bonecker, C., Nagae, M., Bletler, M., Machado, L. & Lansac, F. (2007). Biomasa de zooplancton en Embalses tropicales en el sur de Brasil. Hidrobiología. Brasil (1): 115-123 p.
- Burns, C. & Gilbert, J. (1986). Observaciones directas del mecanismo de interferencia entre *Daphnia* y *Keratella cochlearis*, *Limnología y Oceanografía*, 866 p.
- Brett, M., Müller D. & Park, S. (2000). Análisis Empíricos del Efecto de la Limitación de Fósforo en los Alimentos de Algas Calidad para Zooplancton de Agua Dulce. *Limnología y oceanografía*, 1575 p.

- Campos, L., (2015). Cultivo de Gamitana en Latinoamérica. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 54 p.
- Castro, T.; De Lara, R.; Catro, G.; Castro, J. Y Malpica, A., (2003). Alimento vivo en la acuicultura. Departamento El Hombre y su Ambiente. División de CBS. UAM Unidad Xochimilco. México. 7p.
- Coman, F.E., R. M. Connolly & N. P. Preston. (2003). Zooplankton y fauna epibentónica en estanques de camarón: factores que influyen en la dinámica de ensamblaje. *Aquac Res* 34: 359-371.
- Conde, J. (2000). Importancia Relativa de la Competencia con *Daphnia* (Cladocera) y la Limitación de Nutrientes en *Anuraeopsis* (Rotifera) dinámica de poblaciones en un estudio de laboratorio. *Biología de agua dulce*, 430 p.
- Conde, J., Ramos E. & Morales R. (2004). El zooplankton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lénticos. *Ecosistemas*, Instituto del Agua, Universidad de Granada, Ramón y Cajal, *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*. Granada, España. 29 p.
- Declerck, S., Podoor, N., Geenens, V., Conde, J.M. Y Demeester, L. (2003). Dependencia de Densidad Intraespecífica en la Dinámica del Zooplankton Bajo Condiciones Hipertróficas, *Revista Canadiense de Pesca y Ciencias Acuáticas*. Canadá, 60 p.
- Dinara. (2010). Manual Básico de Piscicultura en estanques. Dirección Nacional de Recursos Acuáticos. Departamento de Acuicultura. Montevideo. Uruguay. 50 p.

- DIGESA. (2007). Protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. Perú. 21 p.
- Duran, G. (2002). Evaluación de la producción y uso del rotífero *Brachionus plicatilis* en la larvicultura de *Litopenaeus vannamei*. Universidad Pontificia Católica del Ecuador, Campus Manabí. Ecuador. 73 p.
- Egna, H, & Boyd. (1997). Dynamics of pond aquaculture. CRC Press, Boca Raton, Florida. Pp. 472.
- Fredrickson, A. & Stephanopoulos G. (1981). Ciencia de la competencia microbiana. 979.p
- Gonzáles, A. (1988). El Fitoplancton de las Aguas Continentales. OEA, Washington, D. C. 125 p.
- Garay, J.; Panizzo, L.; Ramírez, G.; Sánchez, J., (1993). Manual de técnicas analíticas de parámetros físicoquímicos y contaminantes marinos. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, CIOH. Cartagena.
- Guerra, H., Rebaza, M., Alcántara, F., Rebaza, C., Deza, S., Tello, S., Cortez, J., Padilla, P., Montreuil, V., Tello, G. (2000). Cultivo y procesamiento de peces nativo: una propuesta productiva para la amazonia peruana. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Programa de Ecosistemas Acuáticos. Perú. 86 p.
- Hansson, L. & Tranvik, L. (1996). Cuantificación de Depredación y herbivoría de invertebrados en cadenas alimenticias de baja complejidad. ecología, 108 p.

- Hahn, C. (2016). Evaluación de invernaderos en producciones piscícolas. Boletín Científico. Museo de Historia Natural. Universidad de Caldas. Colombia. 14 p.
- Hurtado, N. (2003). La tilapia roja en el Perú. AquaTIC. 52 p.
- Instituto Geográfico Nacional. (s/d). Mapas topográficos del Perú. [En línea]: https://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/86/PLAN_86_2014_escalade1_100_000.pdf.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2017). Indicadores macroeconómicos del Perú.
- Jeffrey, S. & Humphrey G., (1975). Nuevas ecuaciones espectrofotométricas para determinar las clorofilas a, b, c1 y c2 en plantas superiores, algas y fitoplancton natural. *Biochem. Physiol. Pfl anzen* 167: 191-194.
- Loaiza, A., Ramírez, J., Echenique, R., Vallejo, A. & Ortiz, L. (2011). Dinámica espacio temporal de cuatro especies de *Staurastrum* Meyen, en un embalse eutrófico colombiano. *Oecología Australis*, 15 p.
- Lozano, R. & D. Hernán. (2001). Manual de piscicultura de la región amazónica ecuatoriana. Cámara Ecuatoriana del Libro-Núcleo de Pichincha. Quito. Ecuador.
- Magurran, A., (2004). Medición de la diversidad biológica. Editorial Blackwell , India. 256 p.
- Massol, D., (2002). Manual de Ecología Microbiana. Universidad de Puerto Rico. En:<http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/>. Consultado:08/ 02/2016

- Melão, M. (1999). Desenvolvimento e aspectos reproductivos de cladóceros e copépodos de águas continentales brasileñas. *Perspectivas de Limnología en Brasil*, 57p.
- Mendoza, D. (2011). *Panorama de la Acuicultura Mundial, en América Latina y el Caribe, y en el Perú*. Lima, Perú. Dirección General de Acuicultura del Ministerio de la Producción. 66 pp.
- MINAM. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental para Agua*. Ministerio del Ambiente. Lima, Perú. 12 p.
- Moyano, F., (2013). *La acuicultura como sistema de producción de alimentos*. Universidad de Almería. Argentina. 15 p.
- Morales, R. & Conde, J. (2000). Efecto de las Áreas de Captación en la Abundancia de Zooplancton en Alta Lagos de Montaña de Sierra. *Asociación Internacional de Teóricos y Aplicados. Limnología*. Nevada, España. 27 p.
- Nieto, C., Redondo, D., Valderrama, F. (2017). *Diagnóstico de la incidencia de la radiación solar presente en las instalaciones de la sede principal de la Universidad Cooperativa de Colombia Sede Villavicencio*. Tesis Ing. Civil. Villavicencio, Colombia. Universidad Cooperativa de Colombia. 116 p.
- Nogrady, T., Wallace, R. & Snell, T. (1993). *Rotifera. Vol. 1: Biología, ecología y sistemas. Guías para la identificación de los microinvertebrados. De las aguas continentales del mundo*. La Haya, El Países Bajos, 298 pp.
- Obregón, A. (2006). *Revista Electrónica de Veterinaria: Limnología aplicada a la acuicultura*. REDVET 11 (7): 1-24.

- Olivo, M. (2018). Prototipo para el monitoreo automatizado de parámetros de calidad del agua en una granja de camarón. *Científica, Instituto Politécnico Nacional*. 22(2):87-95.
- Paerl, H.W. (1982). Factores que limitan la productividad de los ecosistemas de agua dulce. En: *Avances en la ecología microbiana*, Marshall ed. Plenum Press, New York 6:75-110.
- Palacio, J., Herrera, N., López, M., Palacio, H. & Rodríguez, M. (2013). Limnoecología de los embalses Riogrande II, La Fe y Porce II. En: *Estudio de la problemática ambiental de tres embalses de empresas públicas de Medellín ESP para la gestión integral y adecuada del recurso hídrico*, Universidad de Antioquia y Universidad Nacional sede Medellín. Informe técnico Medellín, Colombia 28p.
- 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.
- Rabassó, M. (2006). Los impactos ambientales de la acuicultura, causas y efectos. *Vector Plus: miscelánea científico-cultura* 28: 89-98.
- Ramos, E. Y Conde, J. (2003). Limitación de Nutrientes en un Rotífero Planctónico: Consecuencias de la Historia de Vida y Resistencia al Hambre. *Limnología y oceanografía*. 938p.
- Rodier, J. (1981). *Análisis de las aguas. Aguas naturales, aguas residuales y agua de mar*. Ediciones Omega.Barcelona-España.

- Rojas, J. (2009). Calidad del agua: Análisis físico del agua, Análisis químico del agua. Colombia. 105-202pp.
- Rojo, A., Román, J., Rodríguez, G., Nieves, M., Piña, P., Medina, M. (2012). Balance energético del rotífero *Brachionus rotundiformis*, alimentado con 4 especies de microalgas. Universidad y Ciencia. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. Sinaloa, México. 14 p.
- Roldán, P., G & J. J. Ramírez R. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. 2da. Ed. Medellín. Colombia. Pp. 440.
- Sánchez, J. & Alvarez, L. (2014). Experimentos de cultivo intensivo del Rotífero *Brachionus rotundiformis*. Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Mazatlán. México. 5 p.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). (2022). Condiciones de tiempo. [En línea]: SENAMHI. (http://www.senamhi.gob.pe/main_mapa.php?t=dHi). Artículo, 10 May. 2022).
- Tilman, D., S.S. Kilham & P. Kilham. (1982). Ecología comunitaria del fitoplancton: el papel de los nutrientes limitantes. *Annual Review in Ecological Systems* 13:349-372.
- UNMSM. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: Plancton, perifiton, bentos y nectos en aguas continentales del Perú. Departamento de limnología e ictiología. Ministerio del Ambiente. Perú. 39 p.

- Vicente, E., C. De Hoyos, P. Sánchez & J. Cambra. (2005). Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la directiva Marco del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para fitoplancton. Confederación Hidrográfica del Ebro. Zaragoza. España.
- Villabona, S., Ramírez, J., Palacio, J., Costa, C. (2015). Respuesta de la biomasa zooplanctónica a los gradientes de estado trófico y precipitación de un embalse tropical, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 15 p.
- Vives, J., (2003). Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos (aguas, sedimentos, organismos). Instituto de investigaciones marinas y costeras. Colombia. 148 p.

VIII.ANEXOS

ANEXO A. Datos de Nubosidad durante los días de evaluación.



Figura 15. Nubosidad Diaria.

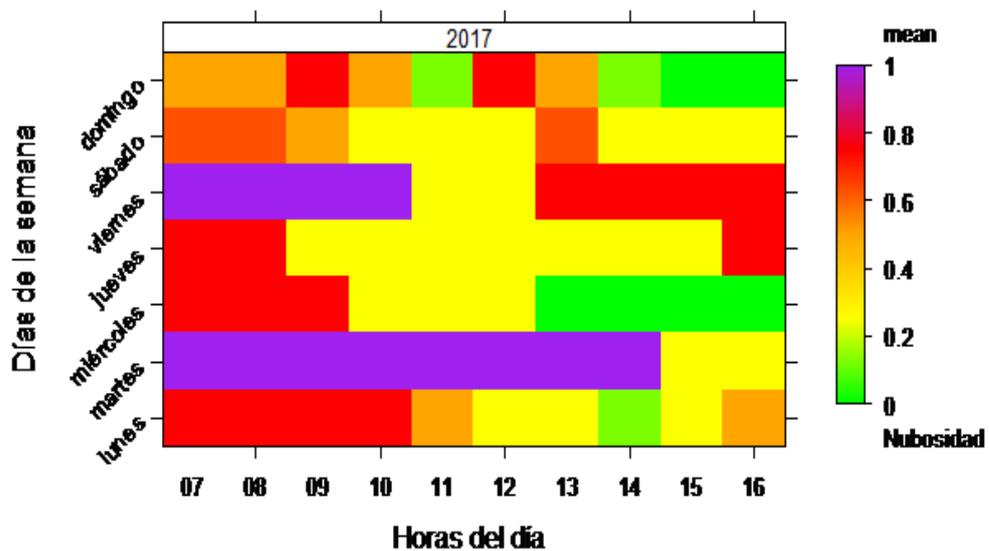


Figura 16. Nubosidad horaria

ANEXO B. Normalidad de datos para prueba U de Mann Whitney.

Tabla 12. Pruebas estadísticas de normalidad a variables meteorológicas.

Variable	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Est.	gl	Sig.	Est.	gl	Sig.
T° Amb.	Testigo	0.1	500	<0.001	0.967	500	<0.001
	Tratamiento	0.126	500	<0.001	0.938	500	<0.001
H%	Testigo	0.117	500	<0.001	0.953	500	<0.001
	Tratamiento	0.139	500	<0.001	0.936	500	<0.001
Lum.	Testigo	0.098	500	<0.001	0.944	500	<0.001
	Tratamiento	0.092	500	<0.001	0.936	500	<0.001

Est.: Estadístico. gl: Grados de libertad. Sig.: Significancia. T° Amb.: Temperatura ambiental. H%: Humedad relativa. Lum.: Luminosidad.

Tabla 13. Pruebas estadísticas de normalidad a variables fisicoquímicas del agua.

Variable	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Est.	gl	Sig.	Est.	gl	Sig.
T°	Testigo	0.13	150	<0.001	0.906	150	<0.001
	Tratamiento	0.164	150	<0.001	0.924	150	<0.001
OD	Testigo	0.084	150	0.012	0.977	150	0.012
	Tratamiento	0.076	150	0.035	0.98	150	0.029
pH	Testigo	0.098	150	0.001	0.95	150	<0.001
	Tratamiento	0.143	150	<0.001	0.766	150	<0.001
Cond.	Testigo	0.13	150	<0.001	0.905	150	<0.001
	Tratamiento	0.129	150	<0.001	0.925	150	<0.001
STD	Testigo	0.17	150	<0.001	0.902	150	<0.001
	Tratamiento	0.139	150	<0.001	0.922	150	<0.001

Est.: Estadístico. gl: Grados de libertad. Sig.: Significancia. T°: Temperatura del agua. OD: Oxígeno disuelto en agua. Cond.: Conductividad eléctrica del agua. STD: Sólidos Totales Disueltos en agua.

ANEXO C. Producción de plancton y consumo de solidos totales disueltos.

Tabla 14. Datos de Producción de plancton y consumo de solidos totales disueltos.

Tratamiento	Día	Prod.	Prod.	Prod.	Prod. Bacill.	Prod. Rot.	Prod. Arthr.	Consumo
		Chl.	Eugl.	Cyan.				STD
		(Ind/L)	(Ind/L)	(Ind/L)	(Ind/L)	(Ind/L)	(Ind/L)	(mg/L)
Testigo	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Testigo	5	1097115	45000	-985000	243125	648	1700	5.20
Testigo	10	647323	65000	-2992500	397500	338	2050	9.20
Tratamiento	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Tratamiento	5	887920	42500	-1697500	290000	180	2190	6.80
Tratamiento	10	364900	105000	-3077500	630000	-80	950	17.20

Prod. Chl.: Producción de Chlorophytas. Prod. Eugl: Producción de Euglenophytas. Prod. Cyan.: Producción de Cyanophytas. Prod. Baill: Producción de Bacillariophytas. Prod. Rot.: Producción de Rotíferos. Prod. Arthr.: Producción de Arthropodos. Consumo STD: Consumo de Sólidos Totales Disueltos.

ANEXO D. Ajuste de regresión exponencial y coeficiente de determinación, para los datos de producción de plancton y consumo de sólidos totales disueltos

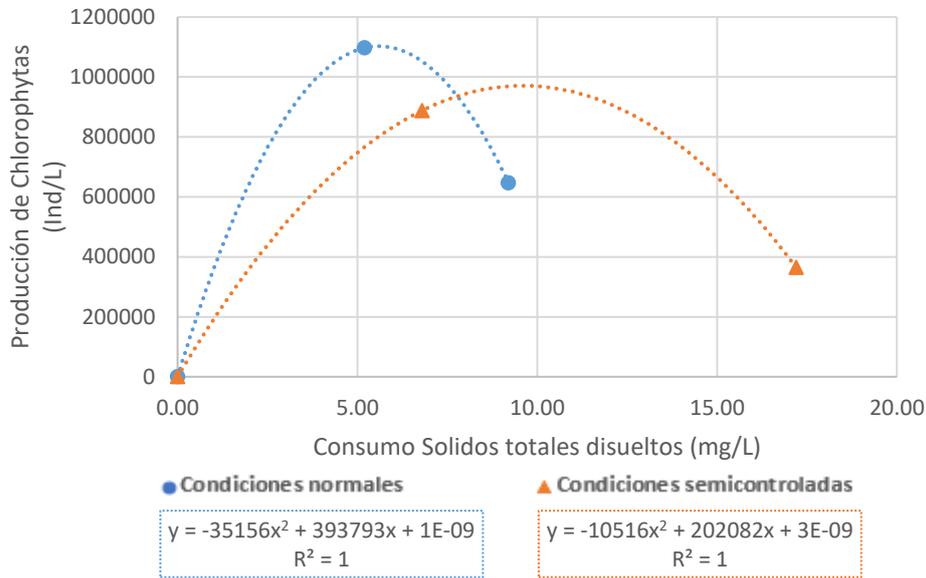


Figura 17. Producción de Chlorophytas y consumo de sólidos totales disueltos.

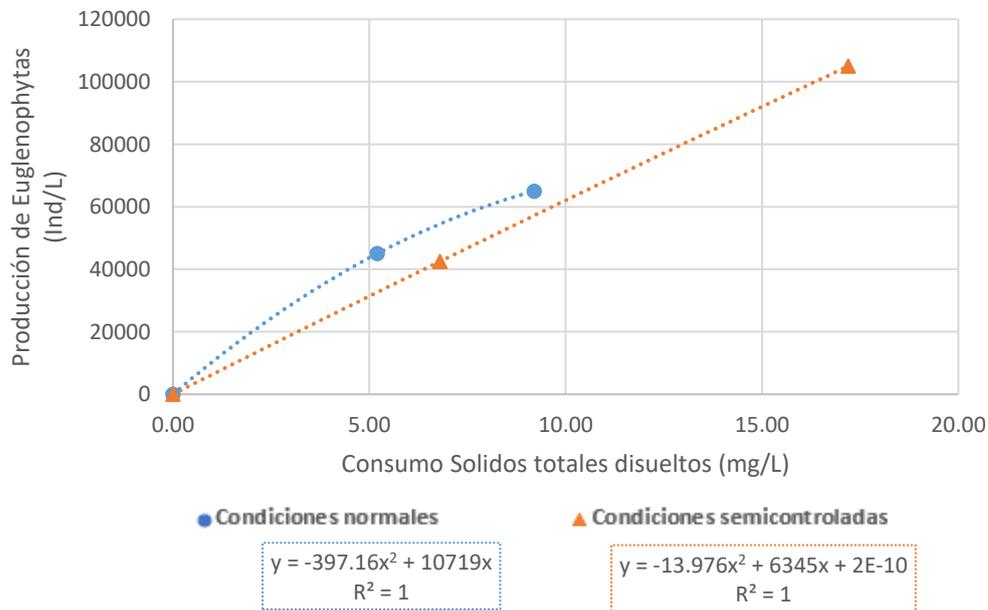


Figura 18. Producción de Euglenophytas y consumo de sólidos totales disueltos.

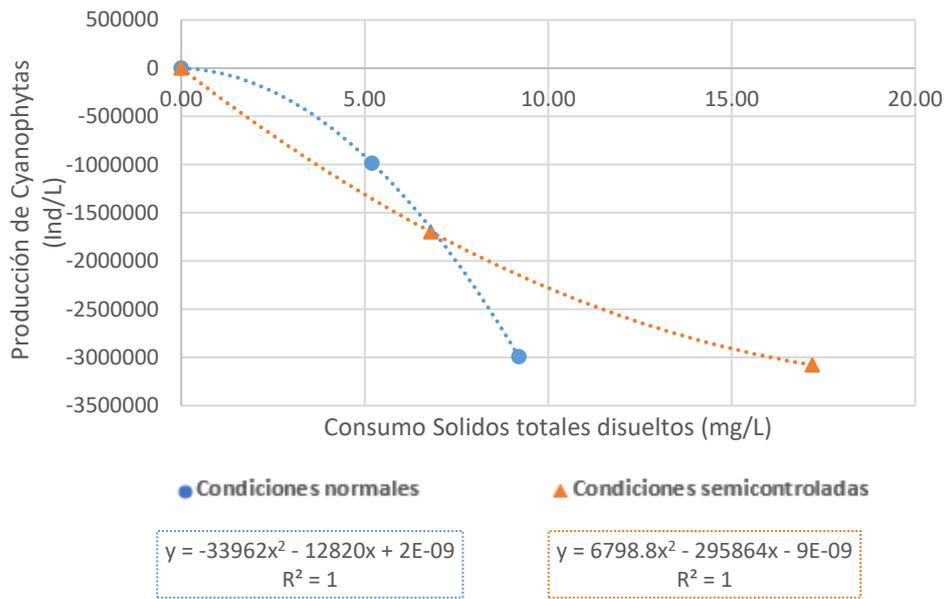


Figura 19. Producción de Cyanophytas y consumo de sólidos totales disueltos.

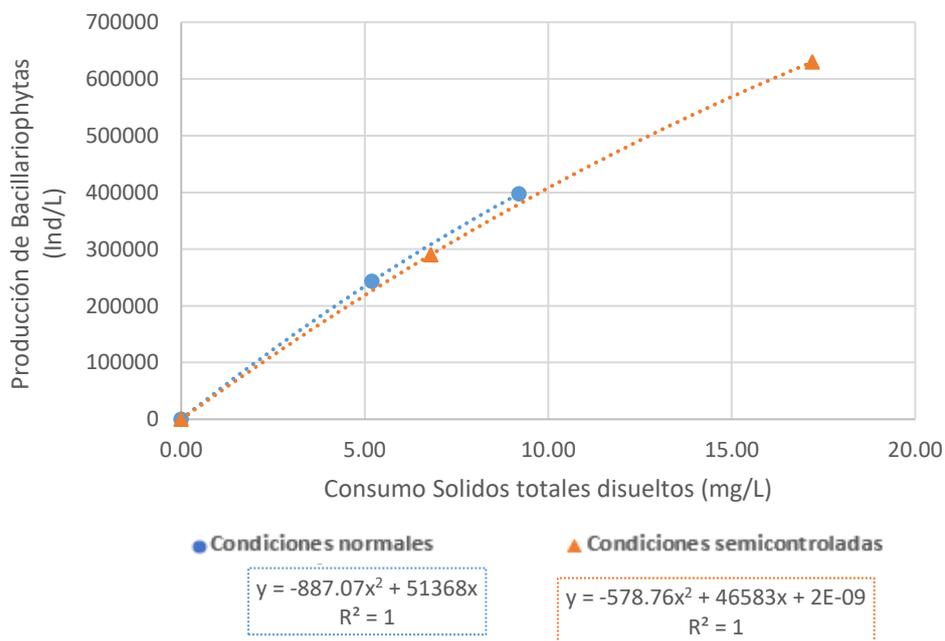


Figura 20. Producción de Bacillariophytas y consumo de sólidos totales disueltos.

ANEXO E. Normalidad de datos para prueba T- Student.

Tabla 15. Prueba de normalidad de datos.

Variable	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Est.	gl	Sig.	Est.	gl	Sig.
Producción Chlorophyta (Día 5)	Testigo	0.296	5	0.177	0.809	5	0.096
	Tratamiento	0.244	5	0.2	0.939	5	0.66
Producción Chlorophyta (Día 10)	Testigo	0.399	5	0.009	0.769	5	0.054
	Tratamiento	0.321	5	0.102	0.817	5	0.111
Producción Euglenophyta (Día 5)	Testigo	0.241	5	0.2	0.902	5	0.421
	Tratamiento	0.191	5	0.2	0.958	5	0.794
Producción Euglenophyta (Día 10)	Testigo	0.271	5	0.2	0.885	5	0.332
	Tratamiento	0.218	5	0.2	0.911	5	0.473
Producción Cyanophyta (Día 5)	Testigo	0.171	5	0.2	0.961	5	0.818
	Tratamiento	0.348	5	0.05	0.743	5	0.026
Producción Cyanophyta (Día 10)	Testigo	0.243	5	0.2	0.94	5	0.665
	Tratamiento	0.251	5	0.2	0.951	5	0.743
Producción Bacillariophyta (Día 5)	Testigo	0.251	5	0.2	0.938	5	0.655
	Tratamiento	0.212	5	0.2	0.901	5	0.416
Producción Bacillariophyta (Día 10)	Testigo	292	5	0.189	0.767	5	0.043

	Tratamiento	0.349	5	0.05	0.79	5	0.067
Producción Rotíferos (Día 5)	Testigo	0.309	5	0.134	0.871	5	0.271
	Tratamiento	0.212	5	0.2	0.906	5	0.443
Producción Rotíferos (Día 10)	Testigo	0.226	5	0.2	0.893	5	0.372
	Tratamiento	0.237	5	0.2	0.961	5	0.814
Producción Artrópodos (Día 5)	Testigo	0.19	5	0.2	0.977	5	0.917
	Tratamiento	0.139	5	0.2	0.985	5	0.961
Producción Artrópodos (Día 10)	Testigo	0.178	5	0.2	0.979	5	0.927
	Tratamiento	0.25	5	0.2	0.862	5	0.234

Est.: Estadístico. gl: Grados de libertad. Sig.: Significancia.

ANEXO F. Panel fotográfico

Figura 21. Unidades experimentales del testigo.



Figura 22. Unidades experimentales del tratamiento.



Figura 23. Evaluaciones fisicoquímicas del agua.



Figura 24. Evaluaciones de las variables meteorológicas.



Figura 25. Muestras de plancton tomadas durante los 10 días de evaluación.



Figura 26. Preparación de muestra para el conteo de plancton.



Figura 27. Llenado de la cámara de Sedwick Rafter para conteo de plancton.



Figura 28. Conteo de fito y zooplancton.

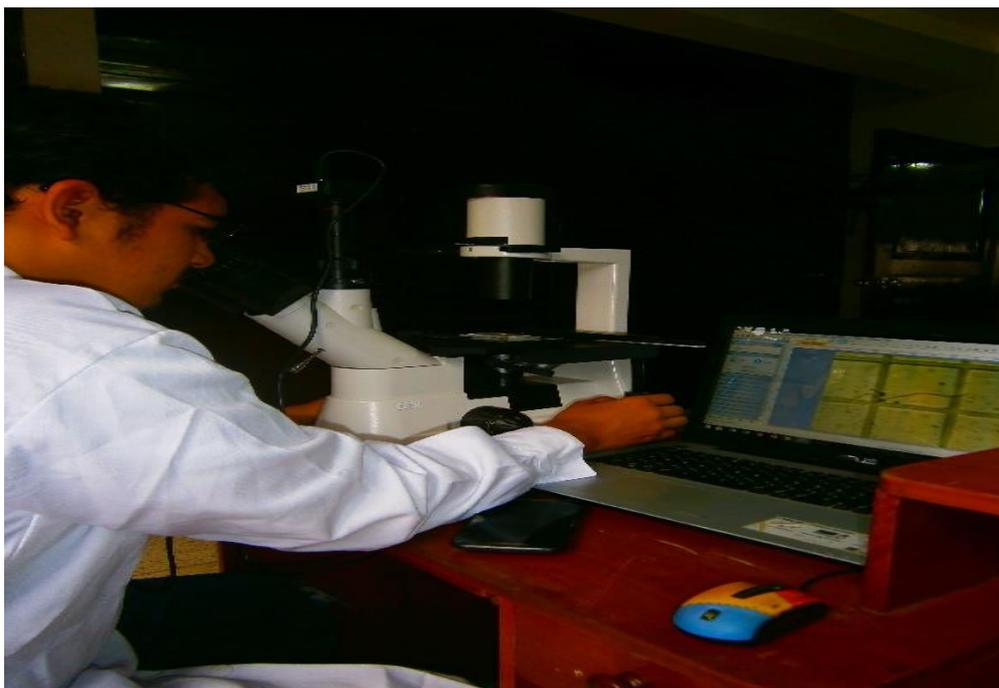


Figura 29. Utilización del software para toma de fotos de individuos contados.

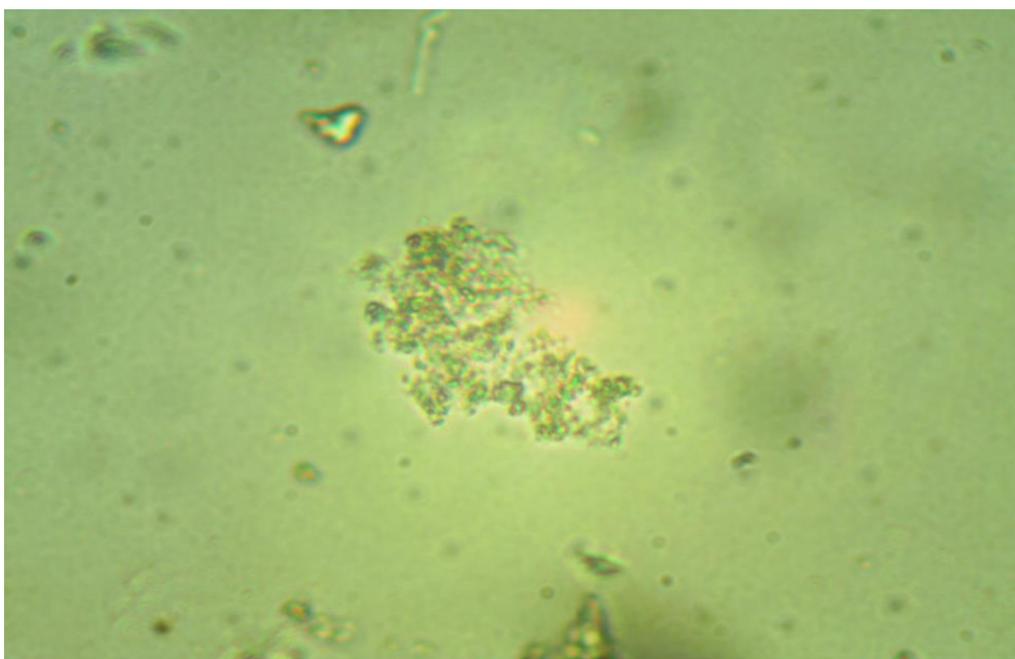


Figura 30. Phyla Cyanophyta, familia Microcystaceae.

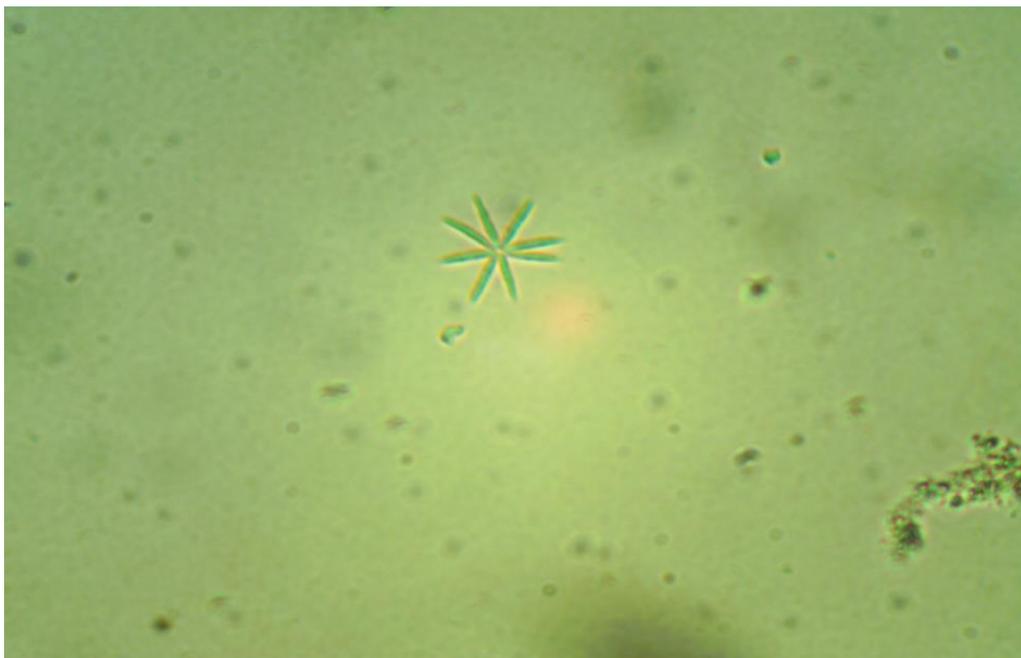


Figura 31. Phyla Chlorophyta, genero Actinastrum.

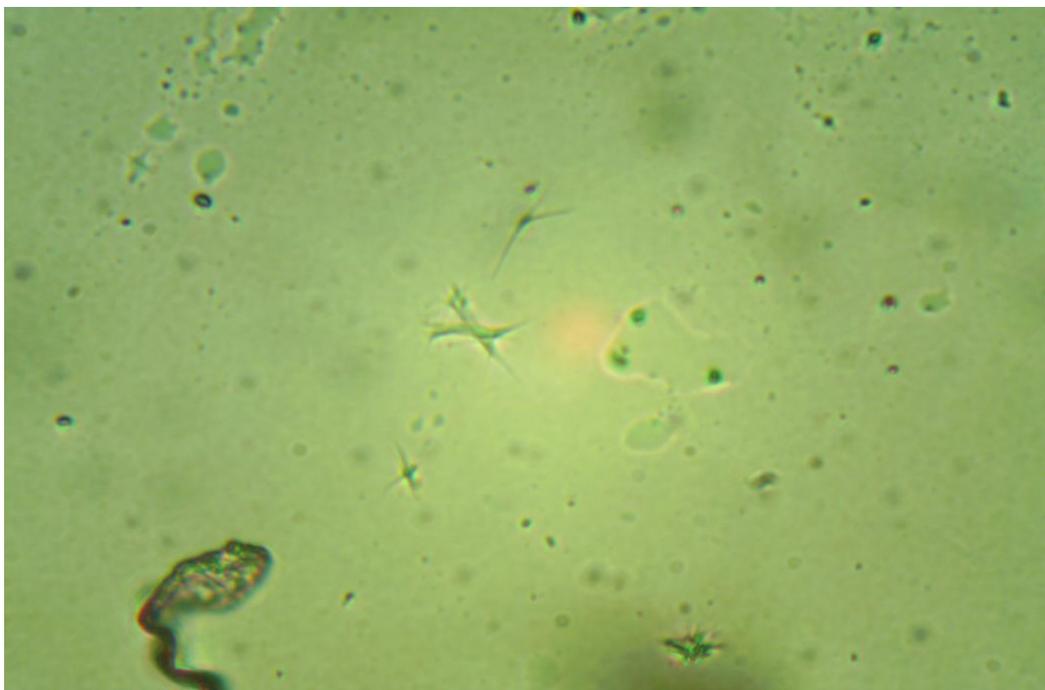


Figura 32. Phyla Chlorophyta, genero Ankistradesmus.

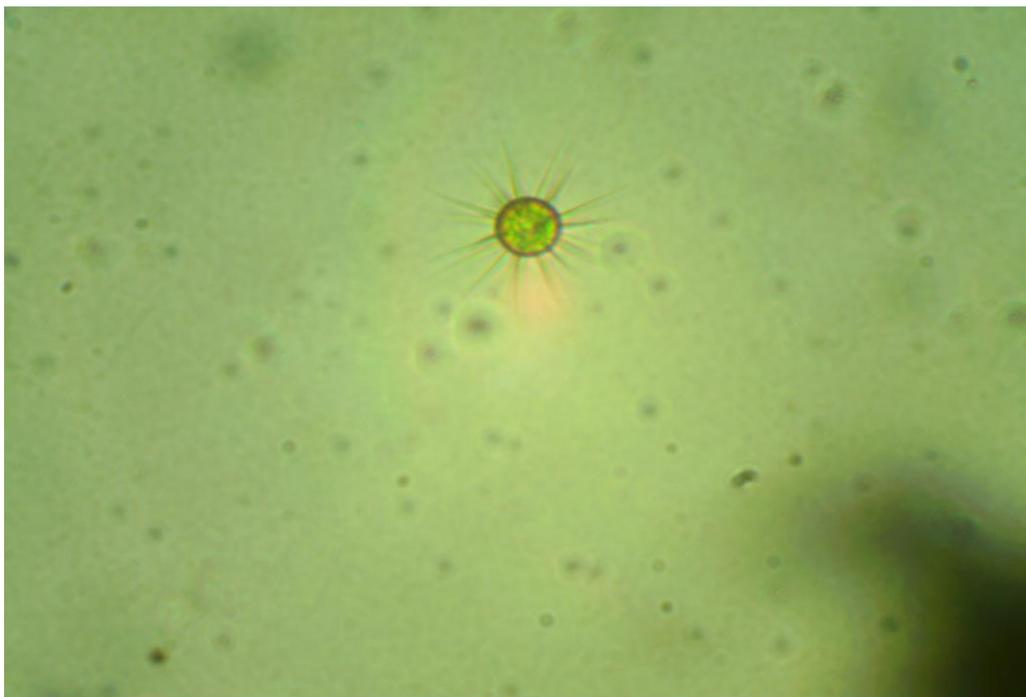


Figura 33. Phyla Chlorophyta, genero Golenkinia.

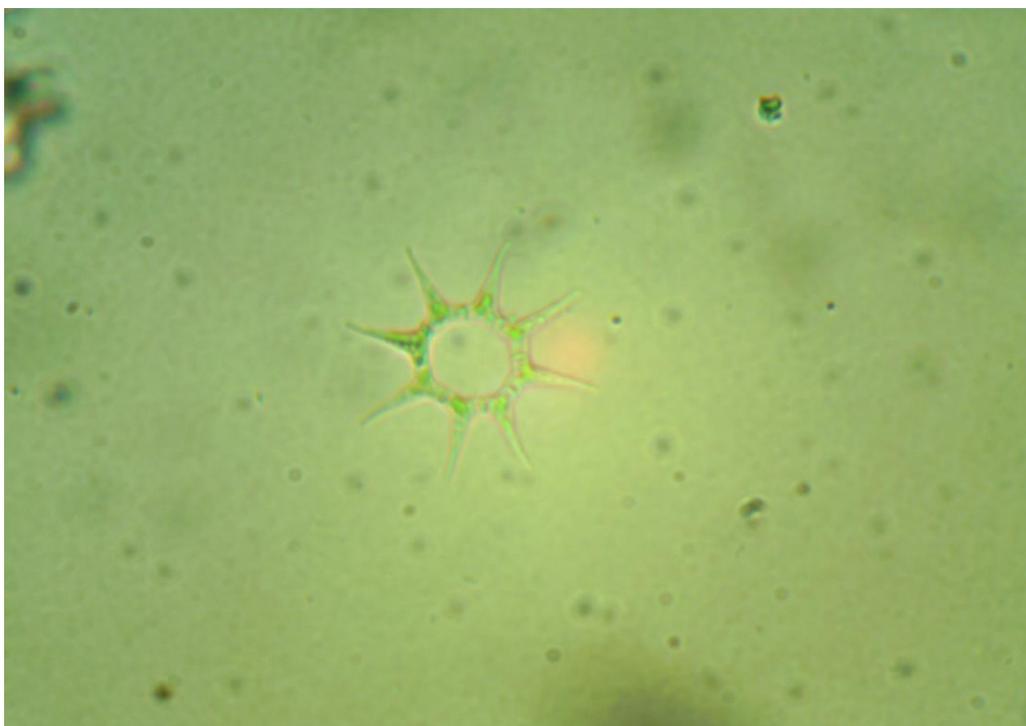


Figura 34. Phyla Chlorophyta, genero Pediatrum.

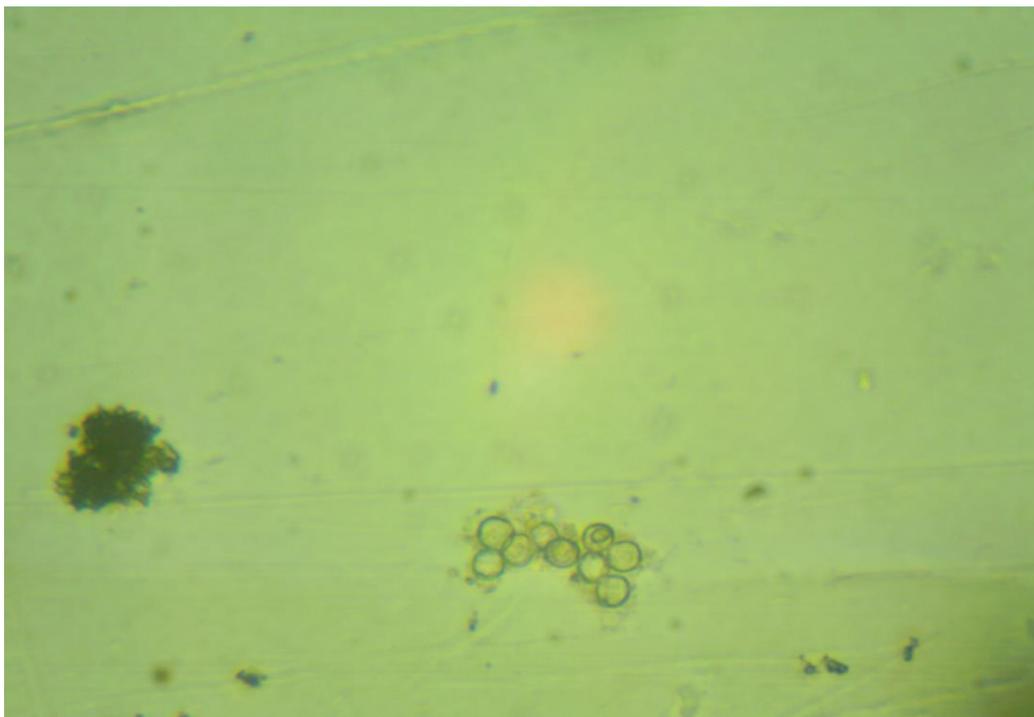


Figura 35. Phyla Chlorophyta, genero Scenedesmus.



Figura 36. Phyla Chlorophyta, genero Desmodesmus.

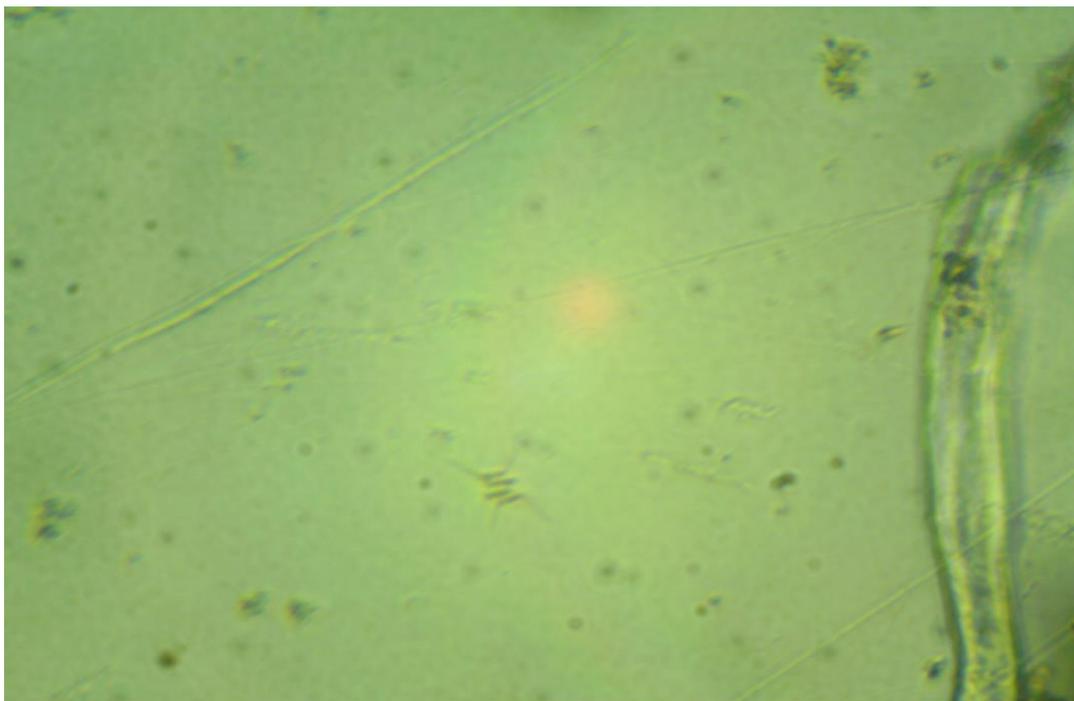


Figura 37. Phyla Chlorophyta, genero Acutodesmus.

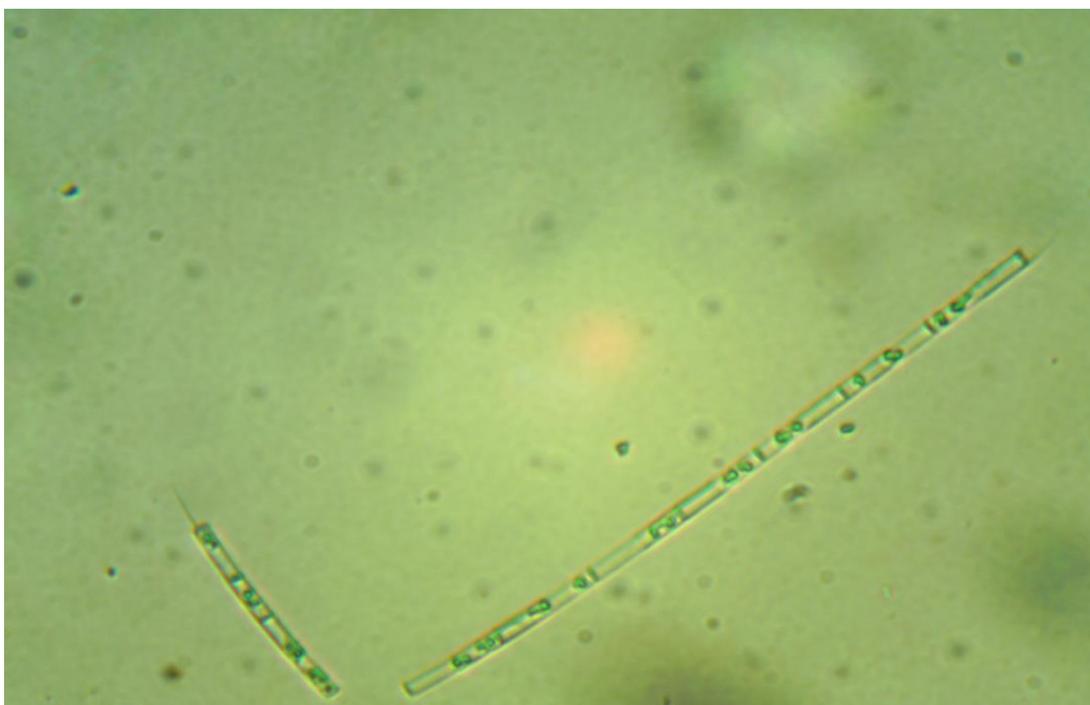


Figura 38. Phyla Bacillariophyta, genero Alouloseira.

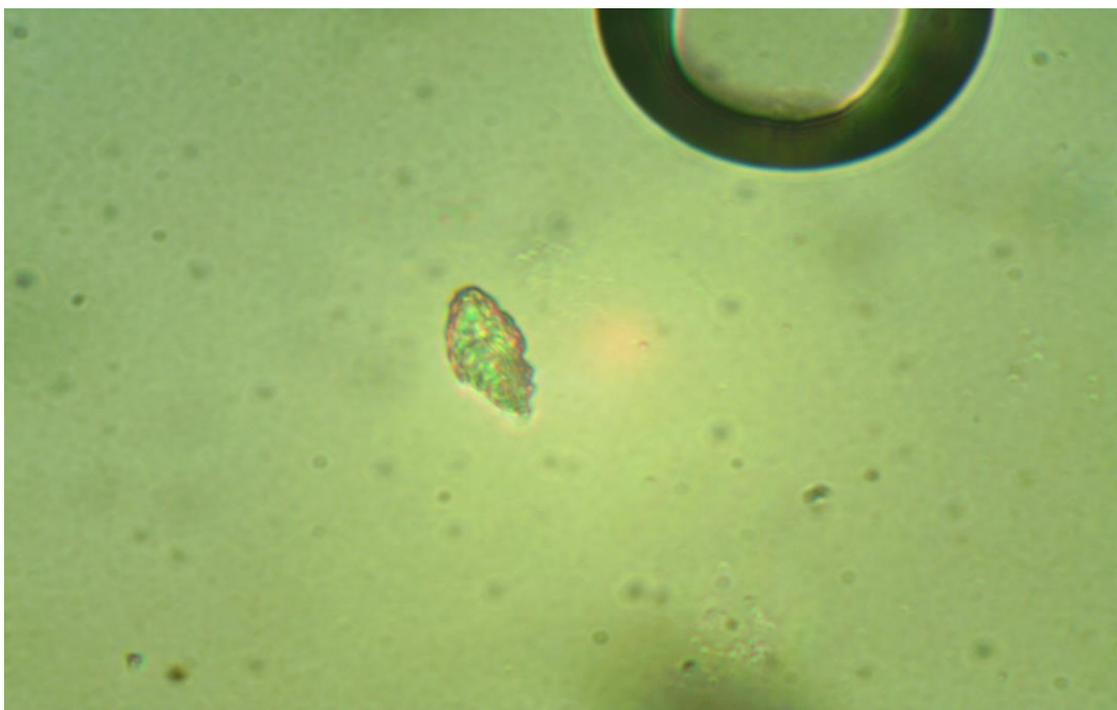


Figura 39. Phyla Euglenophyta, genero Euglena.



Figura 40. Phyla Euglenophyta, genero Phacus.

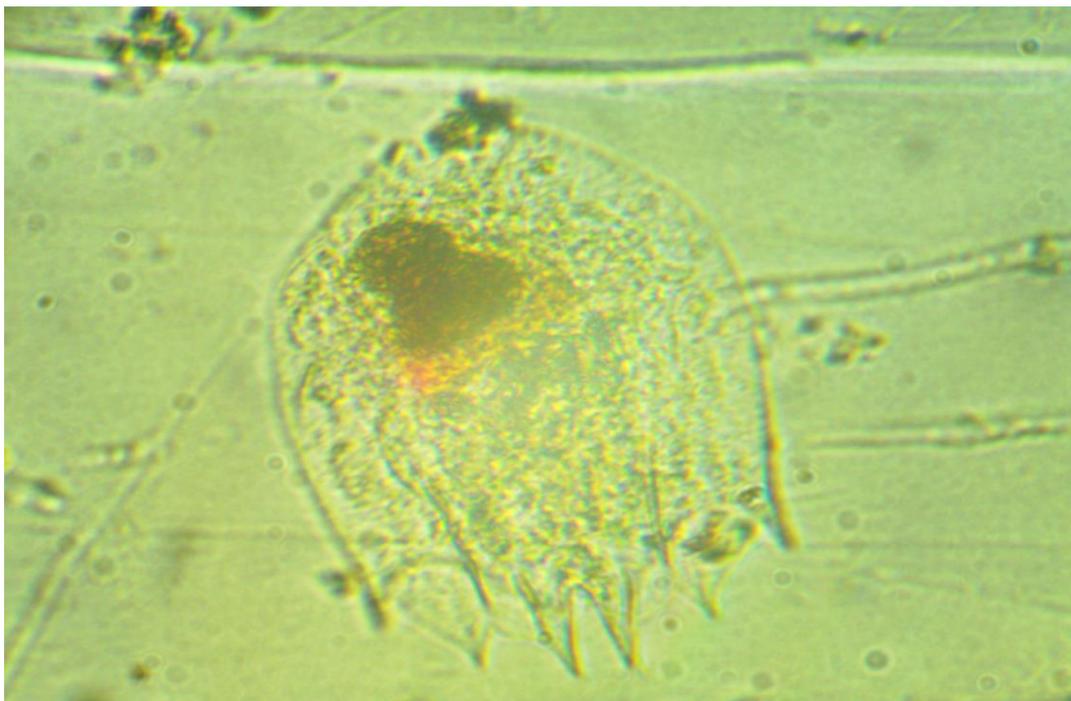


Figura 41. Phyla Rotifera, Genero Brachionus.



Figura 42. Phyla Rotifera, genero Keratella.



Figura 43. Phyla Arthropoda, subclasse Copepodo.



Figura 44. Phyla Arthropoda, subclasse Cladocera.

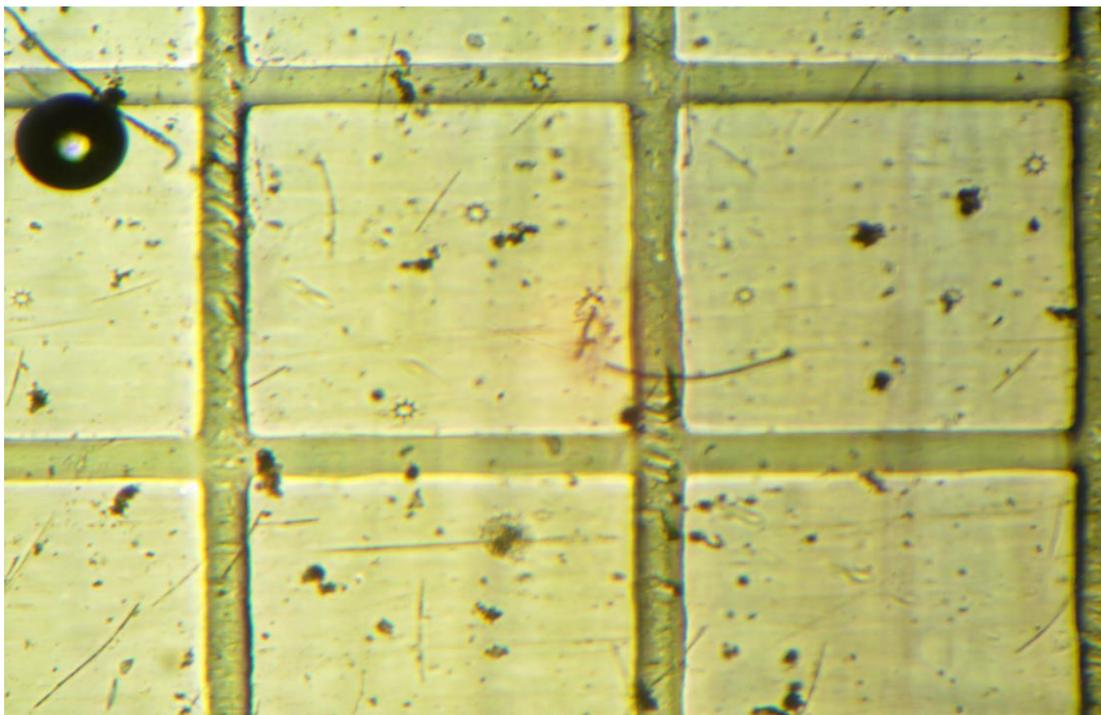


Figura 45. Vista de cámara de Sedwick Rafter para conteo de fitoplancton.

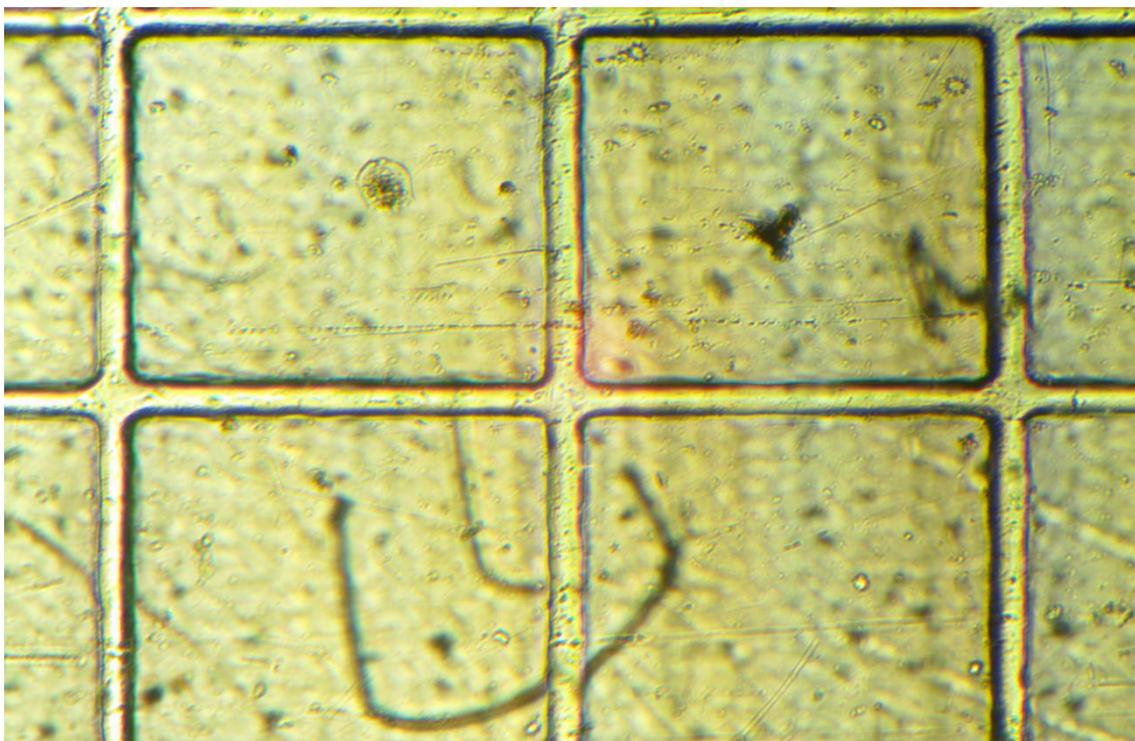
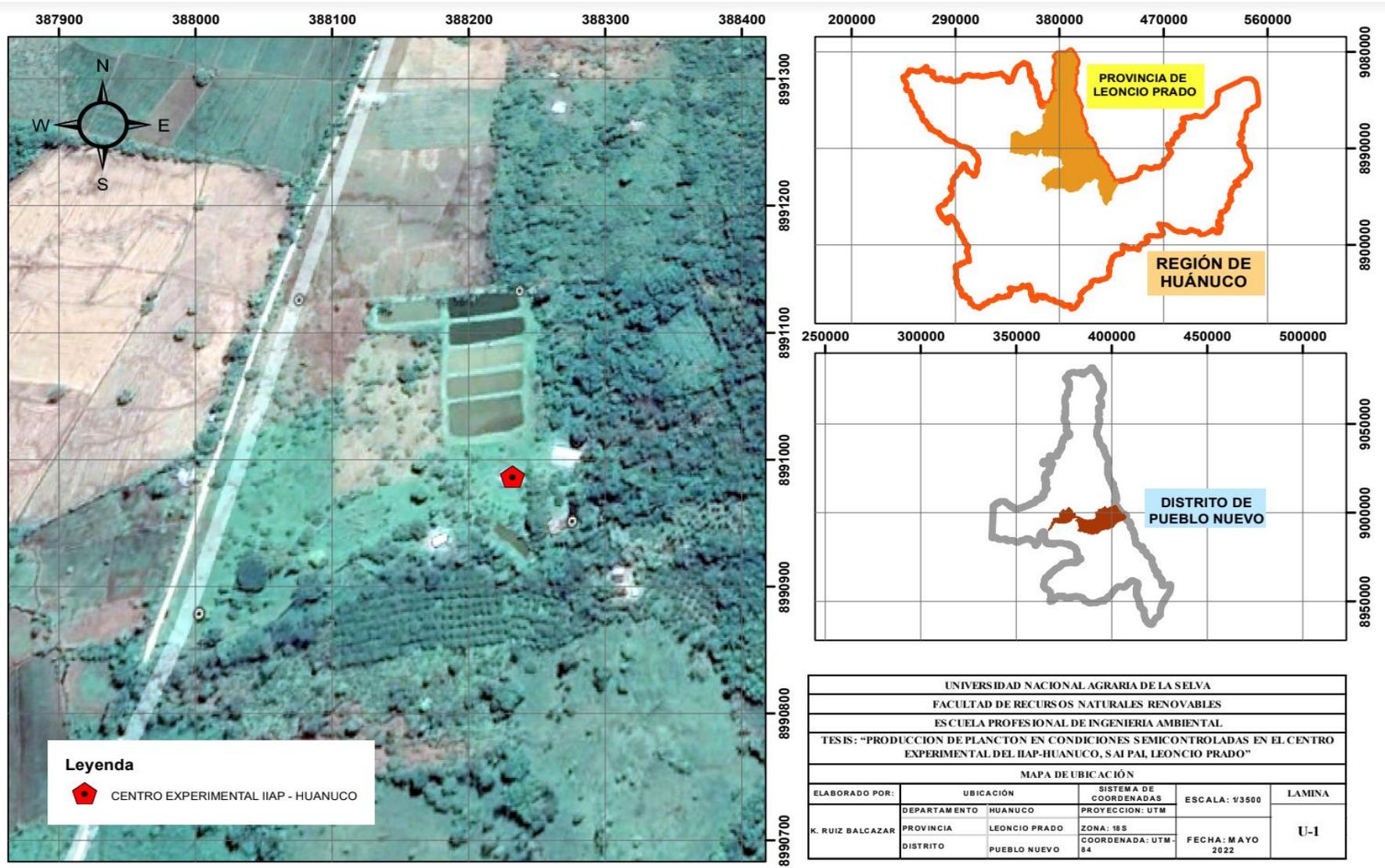


Figura 46. Vista de cámara de Sedwick Rafter para conteo de zooplancton.

ANEXO G. Mapa de ubicación



IDENTIFICACION TAXONOMICA DE PLANCTON

LIZ MICHIELLE GARCÍA ZARE, Bióloga especialista en Biotecnología

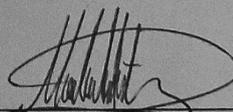
CERTIFICA

Que las especies de plancton identificadas, en las muestras pertenecientes a la quebrada Cruz de Motupe, de la localidad de Saipai, distrito de Pueblo Nuevo, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco; mostradas por el Bach. Kevin Alejandro Ruiz Balcazar, ante mi persona doy constancia que pertenecen a la clasificación taxonómica:

Clase	Orden	Familia	Género
Trebouxiophyceae	Chlorellales	Chlorellaceae	Actinastrum
Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Chlamydomonadaceae	Chlamydomonas
Chlorophyceae	Sphaeropleales	Selenastraceae	Ankistrodesmus
Chlorophyceae	Sphaeropleales	Neochloridaceae	Golenkinia
Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyceae	Pediastrum
Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Acutodesmus
Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Scenedesmus
Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Desmodesmus
Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	Euglena
Euglenophyceae	Euglenales	Phacaceae	Phacus
Cyanophyceae	Chroococcales	Microcystaceae	-
Coccolodiscophyceae	Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	Aulacoseira
Branchiopoda	-	-	-
Maxillopoda	-	-	-
Eurotatoria	Ploimida	Brachionidae	Brachionus
Eurotatoria	Ploimida	Brachionidae	Keratella

Se expide la presente a solicitud del interesado para los fines pertinentes.

Tingo María, 23 de febrero del 2018



Liz Michielle García Zare

MsC. Biotecnología Agroindustrial y Ambiental