

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

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



TEMA:

Caracterización del plancton en las piscinas del
programa de recursos acuáticos del CIPCA

Autor

MARÍA JOSÉ ANDRADE LÓPEZ

Directora

DRA. LAURA INÉS SALAZAR COTUGNO, Ph.D.

Abril - 2016

PRESENTACIÓN DEL TEMA:

CARACTERIZACIÓN DEL PLANCTON EN LAS PISCINAS DEL
PROGRAMA DE RECURSOS ACUÁTICOS DEL CIPCA.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

M.Sc. Leo Rodriguez

M.Sc. Pedro Ríos

M.Sc. Ricardo Burgos

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Directora del informe de investigación sobre el tema: “Caracterización del plancton en las piscinas del programa de recursos acuáticos del CIPCA.” de autoría de: María José Andrade López, estudiante de la Carrera de Ingeniería Ambiental, considero que reúne los requisitos para ser sometido a la evaluación del jurado examinador designado por Consejo Directivo.

DIRECTORA

Dra. Laura Inés Salazar Cotugno, Ph.D.

AUTORÍA DEL TRABAJO

Los criterios emitidos en el trabajo de investigación: CARACTERIZACIÓN DEL PLANCTON EN LAS PISCINAS DEL PROGRAMA DE RECURSOS ACUÁTICOS DEL CIPCA, así como también los contenidos, ideas, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este trabajo de grado.

AUTOR

María José Andrade López

DERECHO DE AUTOR

El autor cede sus derechos, para que la Universidad Estatal Amazónica pueda hacer uso de esta información en lo que estime conveniente; siempre y cuando sea para fines de investigación o de consulta.

AUTOR
María José Andrade López

APROBACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: CARACTERIZACIÓN DEL PLANCTON EN LAS PISCINAS DEL PROGRAMA DE RECURSOS ACUÁTICOS DEL CIPCA, del autor de nombres y apellidos María José Andrade López, estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental.

Para constancia firman,

M.Sc. Leo Rodriguez

M.Sc. Pedro Ríos

M.Sc. Ricardo Burgos

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad Estatal Amazónica fueron 5 años de continuo aprendizaje y experiencias que me supo brindar y ahora me encuentro concluyendo mis estudios. A mi Tutora Dra. Laura Salazar que con su tiempo, conocimientos y paciencia ha encaminado este proyecto de investigación; al Ing. Diego Torres, Ing. Jorge Luis Alba, Dra. Verena Torres y al Sr. Alex Acurio quienes durante la fase de campo me ayudaron con sus conocimientos.

A mis profesores en especial a la Dra. Margarita Jara Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Ambiental y a mis compañeros que con sus ocurrencias y locuras hicieron de este tiempo algo muy especial para mí.

Sin duda, tengo mucho que agradecer y quiero enfatizar mi agradecimiento a Dios quien es el ser superior en quién yo creo, seguidamente a mi hijo Mattew ya que invertí mucho tiempo que te pertenecía a ti para lograr llegar hasta aquí; a mi madre Jenny López por su apoyo incondicional; a mi padre Jorge Andrade por sus sabios consejos; a mi hermano Andrés Andrade por impulsarme a elegir esta carrera; a mis abuelitos Piedad Mayorga y Enrique López por su amor, cariño y apoyo que han tenido durante mi vida; a mis tíos Aurelia, Santiago, Patricia y Javier por estar al pendiente siempre de cada paso que doy; a mi enamorado Carlos por su cariño y apoyo incondicional; y finalmente a mi familia en general ya que cada uno se ha preocupado por mí y gracias a todos ustedes se ha logrado llegar a la tan anhelada meta.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto de investigación a mi hijo Mattew, puesto que tú fuiste quien dio un nuevo rumbo a mi vida, quien me ha enseñado a vivir y experimentar la mejor etapa que una mujer puede tener, quien me da ánimos, quien comparte sus risas, enojos, tristezas, alegrías y sobre todo tus logros que hacen que mi orgullo hacia ti se engrandezca cada día más.

Que esta meta que la hemos alcanzado sea tu ejemplo para que en tu vida seas quien quieras ser y llegues muy alto.

Con amor,
Mamá

RESPONSABILIDAD

Yo, María José Andrade López, declaro que el contenido de la presente Tesis de Grado es de mi responsabilidad exclusiva.

María José Andrade López

Contenido

1	INTRODUCCIÓN	14
	a) Objetivos	15
	b) Hipótesis.....	15
2	REVISIÓN DE LITERATURA	16
3	MATERIALES Y MÉTODOS	20
	3.1 Localización y duración del estudio	20
	3.1.1 Localización del estudio	20
	3.1.2 Duración del estudio	21
	3.2 Condiciones meteorológicas.....	21
	3.3 Materiales y equipos.....	22
	3.4 Factores de estudio	23
	3.5 Diseño estadístico	23
	3.5.2 Muestreo de parámetros fisicoquímicos del agua	24
	3.6 Manejo del estudio.....	24
	3.6.1 Análisis estadísticos.....	24
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
	4.1 Diversidad y abundancia de plancton	25
	4.2. Influencia de los parámetros físico-químicos sobre la diversidad y abundancia del fitoplancton y zooplancton	28
	4.3. Comparación de la composición de plancton y los parámetros físico-químicos entre el río Piatúa y las piscinas del Programa de Recursos acuáticos del CIPCA.....	29
	4.4 Especies de plancton como indicadoras de la calidad del agua	30
5	CONCLUSIONES	32
6	RECOMENDACIONES.....	33
7	RESUMEN	34
8	REFERENCIAS	35

Índice de Tablas

Tabla 1	Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo del programa de recursos acuáticos del CIPCA.	21
Tabla 2	Clasificación Taxonómica del plancton	25
Tabla 3	Distribución de los grupos taxonómicos de plancton encontrado en las piscinas del programa de recursos acuáticos del CIPCA	26
Tabla 4	Resultados del índice de diversidad de Shannon y abundancia de individuos de plancton por sitio de muestreo	27
Tabla 5	Resultados de la regresión múltiple que muestra la influencia de los parámetros físico-químicos sobre la diversidad de plancton	28
Tabla 6	Resultados de la regresión múltiple que demuestra la influencia de los parámetros físico-químicos sobre la abundancia de plancton	28
Tabla 7	Resultados del análisis de varianza para comparar la composición de plancton entre el río Piatúa, la caja de distribución y las piscinas del programa de recursos acuáticos del CIPCA	29
Tabla 8	Resultados del análisis de varianza para comparar la composición de los parámetros físico-químicos entre el río Piatúa, la caja de distribución y las piscinas del programa de recursos acuáticos del CIPCA	30
Tabla 9	Abundancia de individuos de plancton por grupos taxonómicos encontradas en los sitios de muestreo	31

Índice de Figuras

Figura 1	Mapa del área del programa de recursos acuáticos donde se llevó a cabo el presente estudio.....	20
Figura 2	Distribución de las piscinas del programa de Recursos Acuáticos del CIPCA. Las letras mostradas en rojo representan las piscinas usadas para esta investigación.....	23

Índice de Anexos

Fotografía 1 <i>Cyclops</i> sp. encontradas en las piscinas C, E, y H del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA	44
Fotografía 2 <i>Cyclops</i> sp. (FRESHWATER ZOOPLANKTON)	44
Fotografía 4 Ilustraciones de la morfología de Copepoda. (Araya, J.M & Zuñiga, L.R, 1985).....	45
Fotografía 3 <i>Arctodiaptomus</i> sp. encontradas en las piscinas C, D, E, F y H del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA	45
Fotografía 5 <i>Sida</i> sp. encontradas en las piscinas F, D y H del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA	46
Fotografía 6 Ilustración de Cladocera. (Araya, J.M & Zuñiga, L.R, 1985)	46
Fotografía 8 Ilustración de la morfología de <i>Moina</i> sp. (Brazilian Journal of Biology,. 2014).	47
Fotografía 7 <i>Moina</i> sp. encontradas en las piscinas D, E, F y H del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA	47
Fotografía 9 <i>Hydrachna</i> sp. Encontradas en las piscinas D, E, F y H del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA	48
Fotografía 10 Ilustración de la morfología de <i>Hydrachna</i> sp. (Hanson, Paul, Springer, Monika, & Ramirez, Alonso, 2010).....	48
Fotografía 11 <i>Daphnia</i> sp. Encontradas en las piscinas F y D del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA	49
Fotografía 12 Ilustración de la morfología de <i>Daphnia</i> sp. (Nell & Lacertido, 2015).....	49
Fotografía 14 Ilustración de la morfología de <i>Hexarthra</i> sp. (Araya, J.M & Zuñiga, L.R, 1985).....	50
Fotografía 13 <i>Hexarthra</i> sp. encontradas en las piscinas E, F y H del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA	50
Fotografía 15 <i>Keratella</i> sp. encontradas en las piscinas D, F y H del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA	51
Fotografía 16 Ilustración de la morfología de <i>Keratella</i> sp. (DISCOVERLIFE,. 2011).....	51

Fotografía 17 <i>Amoeba sp.</i> encontrada en el Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA.....	52
Fotografía 18 Ilustración de la morfología de <i>Amoeba sp.</i> (The University of Edinburgh,. 2002).	52
Fotografía 19 <i>Trachelomona sp.1</i> encontradas en las piscinas C, D, E, F, H, tanque de distribución y río Piatúa del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA.....	53
Fotografía 20 Ilustración de la morfología de <i>Trachelomona sp.</i> (Guerrón, 2015).....	53
Fotografía 21 <i>Oedogonium sp.</i> encontradas en las piscinas C, D, E, F y H del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA	54
Fotografía 22 Ilustración de la morfología de <i>Oedogonium sp.</i> (Huynh & Serediak, 2006).....	54
Fotografía 23 <i>Navicula sp.1</i> encontradas en el Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA.....	55
Fotografía 24 <i>Navicula sp.1</i> (Guerrón, 2015).	55
Fotografía 25 <i>Navicula sp. 2</i> encontradas en el Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA.....	56
Fotografía 26 Ilustración de la morfología de <i>Navicula sp. 2</i> (<i>MarineBioPhotography.</i> , 2005).).....	56
Fotografía 27 <i>Euglena sp.</i> encontradas en el Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA.....	57
Fotografía 28 Ilustración de la morfología de <i>Euglena sp.</i> (Suthers, I. & Rissik, D., 2008).	57
Fotografía 29 <i>Bacteriastrium sp.</i> encontradas en el Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA.....	58
Fotografía 30 Ilustración de la morfología de <i>Bacteriastrium sp.</i> (Rivera, M. & Sánchez, P., 2011).	58
Fotografía 31 <i>Trachelomona sp.2</i> encontradas en del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA.....	59
Fotografía 32 Ilustración de la morfología de <i>Trachelomona sp.2</i> (Suthers, I. & Rissik, D., 2008).	59

1 INTRODUCCIÓN

Plancton

El término Plancton cuyo significado es errante, fue utilizado por primera vez en el año de 1887 por Víctor Hensen. Estos organismos marinos o dulceacuícolas se caracterizan por su independencia biológica y se encuentran acarreados por las aguas o nadando débilmente en la superficie del agua para su supervivencia. El plancton se divide en poblaciones vegetales que forman el fitoplancton y los animales el zooplancton; estos organismos son muy importantes en los ecosistemas acuáticos debido a que constituyen el primer eslabón en la cadena alimenticia (Lemus *et al.*, 1997). Además, el plancton presenta un gran valor para el desarrollo de la acuicultura debido a que la calidad del agua puede ser determinada con la presencia de estos organismos (Prieto Guevara, 2006).

Este estudio pretende aportar información sobre la clasificación taxonómica de las comunidades de plancton de las piscinas del programa de recursos acuáticos del CIPCA y el río Piatúa; mediante el análisis de diversidad y abundancia, y la relación de éstas variables con los parámetros fisicoquímicos. Considerando que algunas especies de fitoplancton y zooplancton son fuente de alimento para los peces, estos organismos pueden ser utilizados como indicadores de la calidad de agua. El presente estudio es de trascendental importancia, puesto que existen pocos estudios sobre este tema en la Amazonía ecuatoriana y en general en el país; entre ellos se realizó recientemente el proyecto de investigación denominado “Estudio de fitoplancton y zooplancton y su importancia ambiental en la producción piscícola de “La Isla” Madre Tierra, Pastaza” (Tamayo, 2016).

a) Objetivos

1.1. Objetivo General

Caracterizar las comunidades de plancton y las condiciones fisicoquímicas en el río Piatúa y las piscinas del programa de recursos acuáticos del CIPCA.

1.2. Objetivos Específicos

- Identificar las especies de fitoplancton y zooplancton del río Piatúa y cinco piscinas del programa de recursos acuáticos del CIPCA.
- Medir los parámetros fisicoquímicos del río Piatúa y de cinco piscinas, para determinar si estos factores influyen en la diversidad y abundancia de fitoplancton y zooplancton.
- Comparar la composición de plancton y los parámetros fisicoquímicos entre el río Piatúa y las piscinas del programa de recursos acuáticos del CIPCA.
- Reconocer las especies de fitoplancton y zooplancton que podrían funcionar como indicadores de la calidad del agua.

b) Hipótesis

1.3. Hipótesis General

La diversidad y abundancia del fitoplancton y zooplancton es diferente entre las piscinas para uso de acuacultura y el río Piatúa debido a las posibles diferencias entre los parámetros fisicoquímicos del agua.

1.4. Hipótesis Específicas

- Los parámetros fisicoquímicos influirán en la diversidad y abundancia del fitoplancton y zooplancton de las piscinas y el río Piatúa.
- La composición del plancton y los parámetros fisicoquímicos es distinta entre el río Piatúa y las piscinas del programa de recursos acuáticos del CIPCA.
- El fitoplancton y zooplancton funcionan como indicadores de la calidad del agua.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

Fitoplancton

El término fitoplancton proviene del griego φυτόν (phyton - planta) y πλαγκτός (planktos - errante) (Oliva-Martínez *et al.*, 2014). Se conoce como fitoplancton a los microorganismos que se encuentran suspendidos en cuerpos de agua (Ministerio de Medio Ambiente, 2005); entre estos organismos encontramos a las cianobacterias y microalgas que tienen la capacidad de realizar fotosíntesis (autótrofos), este proceso es de importancia debido a que así logran sintetizar la materia orgánica del medio en el que habitan. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua (Oliva-Martínez *et al.*, 2014).

En las capas superficiales de los cuerpos de agua ya sea de mar o agua dulce se encuentran algas de tamaño microscópico que componen el fitoplancton; estos organismos se encuentran disputando su espacio en donde llega la luz e incluso compiten entre sí por los nutrientes indispensables para llevar a cabo sus reacciones metabólicas como por ejemplo la fotosíntesis (Penchaszadeh, 2009).

Según Reynolds (1996), el tamaño de los organismos fitoplanctónicos varía tal como se muestra a continuación: picoplancton 0.2-2 μm , nanoplancton 2-20 μm , microplancton 20-200 μm y mesoplancton 200-2000 μm (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014). La gran mayoría de especies del fitoplancton pueden pasar parte de su ciclo de vida en forma de células en reposo, inclusive muchos de ellos pueden presentar flagelos (Montes, 2009).

Zooplancton

El zooplancton está conformado por organismos que viven en suspensión en el agua, los mismos que presentan movimientos de traslación, y en ocasiones se cree que estos organismos son capaces de mover las corrientes marinas (Penchaszadeh, 2009). En la comunidad zooplanctónica se encuentran los Protozoos, siendo los más comunes en

este grupo las amebas y los ciliados. Otros grupos como los Rotíferos tienen un tamaño entre 50 – 200 µm, los Cladóceros poseen un caparazón que cubre y protege la cabeza y el cuerpo y los Copépodos están constituidos por regiones que se pueden diferenciar por sus apéndices (Pérez, 2009).

El zooplancton está dividido en permanentes y temporales; los permanentes son los que pasan todos los estados de su ciclo biológico como parte del plancton a diferencia del temporal que no cumple con todas las etapas de su vida; el zooplancton temporal está formado por larvas de peces, anélidos, crustáceos, moluscos, etc. (Escolástico León, 2013).

Estudios a nivel mundial

Se han realizado varios estudios a nivel mundial principalmente para determinar la influencia del cambio climático en varios grupos de organismos acuáticos y entre ellos el plancton (Quéré *et al.*, 2005).

Según la Agencia Iberoamericana para la difusión de la Ciencia y la Tecnología se está realizando un estudio de especies de plancton como alternativa alimenticia en acuicultura con la colaboración de la Universidad ISA (Instituto Superior de Agricultura), el Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales y la Misión Técnica de Taiwán, el objetivo es identificar y cuantificar las principales especies de plancton en los cuerpos de agua dulce de la Universidad ISA, y su relación con los factores físico-químicos del ecosistema, el propósito de esta investigación es tener como alternativa alimenticia al fitoplancton y zooplancton para reducir los costos de alimentación en la acuicultura.

Estudios a nivel regional

En la región se han realizado estudios similares por ejemplo en Chile se realizó un estudio en donde se analizó la respuesta de la comunidad microfitoplanctónica a los cambios en la estructura física y química producidos por un evento de surgencia; teniendo que la salinidad es la

variable que influyó en la estructura comunitaria de estos organismos (Santander *et al.*, 2003). De igual manera, en ríos de Paraguay y Uruguay se han llevado a cabo estudios de la riqueza de especies de la comunidad planctónica (Perbiche-Neves *et al.*, 2014).

Existe un estudio donde se muestra las consecuencias del cambio climático en aguas dulceacuícolas en América Central y Sudamérica (Sarmiento *et al.*, 2013)

En Cuba se estudió la composición taxonómica de la comunidad fitoplanctónica de la Bahía de Santiago de Cuba, la cual se usó como indicadora de parámetros fisicoquímicos para realizar una evaluación del impacto de la contaminación de este lugar. Como resultados se identificó 10 géneros y 3 especies, pertenecientes a 4 familias: Bacillariophyceae (diatomeas), Cyanophyceae, Chlorophyceae y Euglenophyceae. Adicional a esto concluyeron que el fitoplancton es sensible a altas concentraciones de nitrito en el medio. (Gómez *et al.*, 2001).

Estudios en Ecuador

En la época de verano se realizó un estudio de las comunidades de fitoplancton en los ríos Daule, Guayas y Estero Salado en donde se evaluó la biomasa, diversidad y relación del fitoplancton con las comunidades planctónicas del estuario considerando los parámetros ambientales. Como resultados se muestra que el estuario interior del Golfo de Guayaquil corresponde a un área de alta diversidad planctónica, debido a la dominancia de especies encontradas (Tapia, 2002).

Importancia del plancton para la piscicultura

Práctica utilizada para el cultivo de peces, en donde teniendo una densidad alta que garantice una buena producción de peces en cada uno de los estanques se logre una alta producción en tamaño y variedad de peces que son de importancia en el comercio local. Los peces respiran el oxígeno disuelto del agua, en volumen reducidos de agua varía la

concentración del oxígeno motivo por cual puede ponerse en peligro la vida de los peces (Meyer, 2004).

Para los organismos acuáticos, la composición bioquímica del fitoplancton y zooplancton son considerados el alimento con la mayor cantidad de sustancias nutritivas; adicional a esto, se conoce que existe una estimulación por parte del zooplancton debido al movimiento natural que tienen estos organismos logrando que active el comportamiento predador de las larvas (Prieto Guevara, 2006).

Según Escolástico León (2013), el enriquecimiento en nutrientes del agua superficial y el incremento de temperatura origina el desarrollo de fitoplancton y el descenso de agua más fría provoca que aumente el oxígeno disuelto en el fondo. La materia orgánica del medio es tomada por el fitoplancton debido a que es una fuente de nutrientes necesaria para el crecimiento y reproducción de estos organismos; en el ambiente acuático, estos organismos son considerados los habitantes más importantes del planeta puesto que ocupan el primer eslabón en la red trófica (Penchaszadeh, 2009).

Según Prieto Guevara (2006) “El alimento vivo (fitoplancton y zooplancton) es esencial durante el desarrollo larvario de peces, crustáceos y moluscos convirtiéndose así en factor importante para el desarrollo de la actividad acuícola”.

El plancton como indicador la calidad del agua

La contaminación del agua sea esta orgánica, por pérdida de hábitats o por causas antropogénicas se puede determinar realizando una comparación entre las comunidades que fueron perturbadas y las que no han sufrido alteraciones; por ello, una perturbación moderada se puede identificar cuando las especies tolerantes aparecen y las intolerantes disminuyen; en la presencia de perturbaciones altas las especies intolerantes desaparecen y en situaciones extremas se pueden encontrar bacterias, algas y ciliados (Perez, 1999).

La mayoría de especies de fitoplancton se considera que son utilizados como bioindicadores de la calidad de agua debido a que son muy sensibles a los contaminantes, entre los contaminantes de origen antropogénico tenemos herbicidas, fungicidas, antibióticos, metales pesados, etc. (Marva Ruiz, 2008).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y duración del estudio

3.1.1 Localización del estudio

El proyecto se desarrolló en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica -CIPCA-, que forma parte de la Universidad Estatal Amazónica -UEA-, en las Provincias de Napo y Pastaza, cantones Arosemena Tola y Santa Clara, respectivamente. El CIPCA comprende 2848 ha., está ubicado en el Km. 44 de la vía Puyo-Tena, a una altitud mínima de 443 msnm y máxima de 1137 msnm, presenta un clima húmedo tropical con una temperatura promedio de 24 °C precipitación anual entre 3600 y 5500 mm. Se halla junto a la desembocadura de los ríos Anzu y Piatúa.



Figura 1 Mapa del área del programa de recursos acuáticos donde se llevó a cabo el presente estudio

Tabla 1 Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo del programa de recursos acuáticos del CIPCA.

Punto de muestreo	Longitud	Latitud
Piscina C	077°53.159´O	01°14.387´S
Piscina D	077°53.172´O	01°14.400´S
Piscina E	077°53.192´O	01°14.414´S
Piscina F	077°53.217´O	01°14.439´S
Piscina H	077°53.236´O	01°14.461´S
Tanque de distribución	077°53.268´O	01°14.443´S
Río Piatúa	077°53.510´O	01°14.598´S

3.1.2 Duración del estudio

La fase campo de esta investigación duró aproximadamente cuatro meses. Se empezó en noviembre del 2015 y finalizó en febrero del 2016.

3.2 Condiciones meteorológicas

Presenta un clima húmedo tropical con una temperatura promedio de 24 °C y precipitación anual entre 3600 y 5500 mm.

3.3 **Materiales y equipos**

Cantidad	Material y equipo
1	Red estándar para muestras de plancton de 153 μm de luz.
1	Frasco colector
72	Frascos estériles de 100ml
1	Microscopio
1	Cámara de Neubauer
1	Cubre objetos
1 litro	Formaldehido
50	Hojas de registro de datos
1	Marcador permanente para rotular las muestras
1	Sonda multiparamétrica con sensores para temperatura, pH y conductividad.
1	Hielera portátil
1	Flotador
1	Jarra de 1 litro
1	Cronómetro
1	Cámara digital
1	Disco de Secchi
1	GPS

3.4 Factores de estudio

- a) Variables dependientes: Diversidad y abundancia de plancton.
- b) Variables independientes: Parámetros físico-químicos del agua

3.5 Diseño estadístico

3.5.1 Muestreo de la diversidad y abundancia del Plancton

Se efectuaron muestreos en la época lluviosa, mediante arrastres superficiales por 1 minuto mediante una red cónica simple para muestras de plancton con un ojo de malla de 153 μm en 7 puntos de muestreo comprendidos de la siguiente manera: en la toma de agua del río Piatúa, en el taque de distribución de agua y en cinco piscinas del programa de recursos acuáticos del CIPCA (Figura 2) donde están creciendo tres especies de peces nativos *Arapaima gigas* (Paiche), *Piaractus brachipomus* (Cachama) y *Prochilodus nigricans* (Bocachico). La ventaja del uso de red es que concentran los organismos al filtrar el agua (Ferrario *et al.*, 1995).

Se realizaron cinco repeticiones por punto de muestreo.

La identificación de los grupos taxonómicos se realizó mediante el apoyo de claves y guías. Cabe aclarar que, debido a la falta de experiencia en la identificación taxonómica de estos organismos, la determinación con nombres científicos solo llegó hasta el nivel de género.

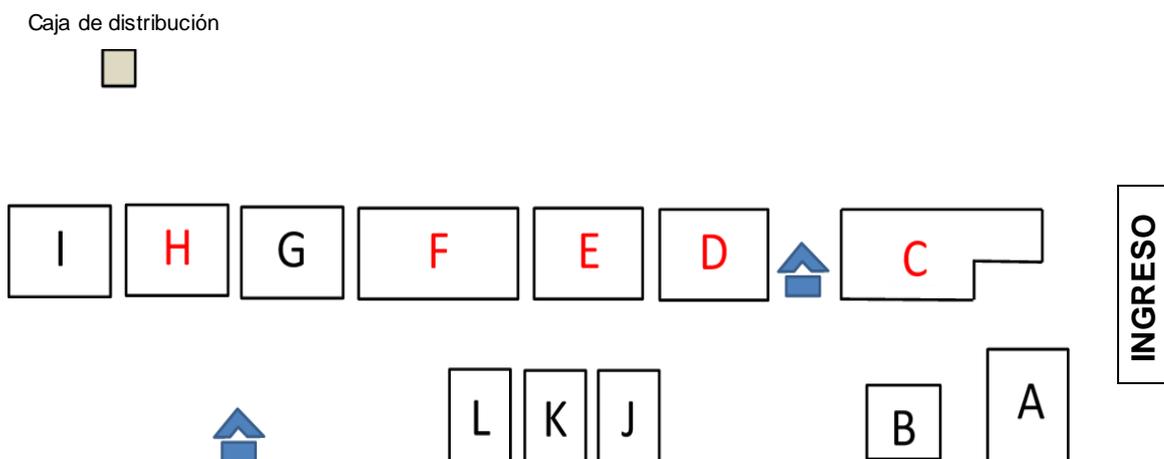


Figura 2 Distribución de las piscinas del programa de Recursos Acuáticos del CIPCA. Las letras mostradas en rojo representan las piscinas usadas para esta investigación

Para determinar el número de individuos por ml de cada especie se realizaron conteos bajo el microscopio utilizando la cámara de Neubauer. Para esto se tomó una pequeña muestra de agua previamente fijada con formaldehído y se colocó una gota en la cámara hasta llenar el espacio del cubreobjetos. En la cámara de Neubauer existen 5 cuadrantes, sin embargo, para realizar el conteo se toman en cuenta los cuadrantes del 1 al 4, debido a que el 5 es el central de la cámara (Bastidas, 2012).

3.5.2 Muestreo de parámetros fisicoquímicos del agua

Se analizaron los parámetros fisicoquímicos in situ de todos los puntos de muestreo que incluye a la toma de agua del río Piatúa, el tanque de distribución de agua y las cinco piscinas donde se realizó el muestreo del zooplancton y fitoplancton.

Los parámetros fisicoquímicos fueron determinados mediante la lectura de valores proporcionados en campo. Cada parámetro fue medido siguiendo diferentes procedimientos, así para temperatura, pH y conductividad se utilizó una sonda multiparamétrica con sensores (Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, 1996). La turbidez se midió una sola vez después de los 5 muestreos para tener datos referenciales para determinar la calidad de agua en los sitios de muestreo; debido a que no estuvo disponible el disco de secchi durante la duración de la fase de campo de este estudio.

3.6 Manejo del estudio

3.6.1 Análisis estadísticos

La diversidad de especies se calculó mediante el uso del índice de diversidad de Shannon & Wiener (1949).

Se realizaron regresiones múltiples para evaluar la influencia de los parámetros fisicoquímicos sobre la diversidad y abundancia del plancton.

Además, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar si existen diferencias significativas de las variables fisicoquímicas y

biológicas entre las 5 piscinas, el tanque de distribución y el río Piatúa. Se utilizó la prueba de Tukey ($P < 0,05$), para identificar las diferencias detectadas cuando existieron diferencias significativas en el test F a los niveles de significación $P < 0,05$, $P < 0,01$ y $P < 0,001$.

Para todos los análisis estadísticos se utilizó el programa estadístico PAST (Hammer, 2001).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Diversidad y abundancia de plancton

En la presente investigación se identificaron 7 especies de fitoplancton y 9 de zooplancton como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2 Clasificación Taxonómica del plancton

Clasificación Taxonómica de Fitoplancton						
#	Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
1	Euglenozoa	Euglenoidea	Euglenida	Euglenaceae	<i>Trachelomona</i>	<i>Trachelomona sp.1</i>
2	Chlorophyta	Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i>	<i>Oedogonium sp.</i>
3	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>	<i>Navicula sp. 1</i>
4	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>	<i>Navicula sp. 2</i>
5	Euglenozoa	Euglenoidea	Euglenida	Euglenaceae	<i>Euglena</i>	<i>Euglena sp.</i>
6	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Chaetocerotanae	Chaetocerotaceae	<i>Bacteriastrum</i>	<i>Bacteriastrum sp.</i>
7	Euglenozoa	Euglenoidea	Euglenida	Euglenaceae	<i>Trachelomona</i>	<i>Trachelomona sp.2</i>
Clasificación Taxonómica de Zooplancton						
1	Arthropoda	Maxillopoda	Cyclopoida	Cyclopidae	<i>Cyclops</i>	<i>Cyclops sp.</i>
2	Arthropoda	Maxillopoda	Calanoida	Diaptomidae	<i>Arctodiaptomus</i>	<i>Arctodiaptomus sp.</i>
3	Arthropoda	Branchiopoda	Diplostraca	Sididae	<i>Sida</i>	<i>Sida sp.</i>
4	Arthropoda	Branchiopoda	Diplostraca	Moinidae	<i>Moina</i>	<i>Moina sp.</i>
5	Arthropoda	Arachnida	Acari	Hydrachnidae	<i>Hydrachna</i>	<i>Hydrachna sp.</i>
6	Arthropoda	Branchiopoda	Diplostraca	Daphniidae	<i>Daphnia</i>	<i>Daphnia sp.</i>
7	Rotifera	Monogononta	Gastropoda	Hexarthridae	<i>Hexarthra</i>	<i>Hexarthra sp.</i>
8	Rotifera	Monogononta	Ploimida	Brachionidae	<i>Keratella</i>	<i>Keratella sp.</i>
9	Amoebozoa	Tubulinea	Euamoebida	Amoebidae	<i>Amoeba</i>	<i>Amoeba sp.</i>

La especie más abundante de fitoplancton fue *Trachelomona sp.1*, la cual se encontró en todos los sitios de muestreo, mientras que *Oedogonium sp.* se encontró en menor número y distribuida solo en las piscinas C, D, E, F y H (tabla 3).

La abundancia y distribución de zooplancton se muestra en la tabla 3. La especie *Arctodiaptomus sp.* contó con 129 individuos mostrando la mayor

abundancia y estuvo distribuida en las piscinas C, D, E, F y H. En contraste, la especie con menor abundancia es *Keratella sp.* encontradas en las piscinas D, F y H con un total de 4 individuos.

En cuanto a *Navicula sp.1*, *Navicula sp.2*, *Euglena sp.*, *Bacteriastrum sp.*, *Trachelomona sp2*, *Amoeba sp.* no fueron contabilizadas debido a que se realizó el conteo de individuos de los cuadrantes 1 y 4 de la cámara de Neubauer y estos individuos estaban fuera de los mismos.

Tabla 3 Distribución de los grupos taxonómicos de plancton encontrado en las piscinas del programa de recursos acuáticos del CIPCA

Fitoplancton									
#	Especie	Cuerpos de Agua							# total de individuos/ 100ml
		C	D	E	F	H	Caja de distribución	Río Piatúa	
1	<i>Trachelomona sp. 1</i>	x	x	x	x	x	x	x	830
2	<i>Oedogonium sp.</i>	x	x	x	x	x			226
3	<i>Navicula sp.1</i>	No contabilizados							
4	<i>Navicula sp.2</i>								
5	<i>Euglena sp.</i>								
6	<i>Bacteriastrum sp.</i>								
7	<i>Trachelomona sp2</i>								
Zooplancton									
#	Especie	Cuerpos de Agua							# total de individuos/ 100ml
		C	D	E	F	H	Caja de distribución	Río Piatúa	
1	<i>Cyclops sp.</i>		x	x	x	x			129
2	<i>Arctodiaptomus sp.</i>	x	x	x	x	x			16
3	<i>Sida.sp</i>		x	x		x			14
4	<i>Moina sp.</i>		x	x	x	x			11
5	<i>Hydrachna sp.</i>		x	x	x	x			9
6	<i>Daphnia sp.</i>				x	x			8
7	<i>Hexarthra sp.</i>			x	x	x			5
8	<i>Keratella sp.</i>		x		x	x			4
9	<i>Amoeba sp.</i>	No contabilizado							

Para calcular el índice de diversidad se utilizaron solo las especies de las que se registró su abundancia.

Como se aprecia en la tabla 4, según el índice de diversidad de Shannon, para el fitoplancton, las piscinas H y D fueron las más diversas, mientras que la caja de distribución y el río fueron los sitios menos diversos. Con respecto a la abundancia las Piscina C y D presentaron la mayor cantidad

de individuos, pero la caja de distribución y el río fueron los sitios con menor cantidad de individuos.

El índice de diversidad de Shannon para el zooplancton, revela que en los sitios de muestreo de la caja de distribución y el río Piatúa se refleja la más baja diversidad a diferencia de las piscinas C, D, E, F y H. Siendo la piscina H la que contó con mayor diversidad (tabla 4).

Tabla 4 Resultados del índice de diversidad de Shannon y abundancia de individuos de plancton por sitio de muestreo

Sitio	Fitoplancton		Zooplancton	
	Índice de diversidad (Shannon)	Número de individuos	Índice de diversidad Shannon	Número de individuos
Piscina C	0.372	212	0.455	59
Piscina D	0.641	264	1.117	55
Piscina E	0.376	168	1.475	33
Piscina F	0.440	106	1.323	26
Piscina H	0.684	166	1.541	25
Caja de distribución	0	85	0	0
Río Piatúa	0	55	0	0

De la identificación de todos los especímenes de plancton, se concluye que el fitoplancton no fue muy diverso, mientras que su abundancia es relativamente alta en los sitios de muestreo. En contraste, el zooplancton exhibió una mayor diversidad, pero una baja abundancia de individuos. Estos hallazgos podrían deberse a que el fitoplancton es quien controla al zooplancton ya que estos organismos se alimentan del fitoplancton (Pinilla *et al.*, 2007). Cabe destacar que el fitoplancton y zooplancton muestran una diversidad considerable y la mayor abundancia de fitoplancton en la piscina D, probablemente debido al policultivo (sábalos, bocachicos y tilapias) haciendo que este sitio sea favoreciendo en la producción de estos individuos; debido a que estos peces al poseer características y hábitos alimenticios distintos sean aprovechados los estratos y recursos alimenticios de las piscinas de manera eficiente (Tafur *et al.*, 2009).

4.2. Influencia de los parámetros físico-químicos sobre la diversidad y abundancia del fitoplancton y zooplancton

De acuerdo a los resultados de las regresiones múltiples presentados en las tablas 5 y 6 los parámetros físico-químicos, analizados en este estudio, son no significativos ya que el valor de p es mayor que 0,05, es decir ninguno de los parámetros tiene influencia sobre la diversidad y abundancia de fitoplancton y zooplancton en los sitios de muestreo.

Tabla 5 Resultados de la regresión múltiple que muestra la influencia de los parámetros físico-químicos sobre la diversidad de plancton

Coeficientes estadísticos y de regresión				
	Fitoplancton		Zooplancton	
	p	R ²	p	R ²
Índice de diversidad	0.3328		0.2160	
pH	0.4915	0.0237	0.5166	0.0541
Temperatura	0.3197	0.1933	0.2463	0.4274
Caudal	0.4775	0.0013	0.8646	0.1583
Conductividad	0.4428	0.0215	0.3878	0.0631

Tabla 6 Resultados de la regresión múltiple que demuestra la influencia de los parámetros físico-químicos sobre la abundancia de plancton

Coeficientes estadísticos y de regresión				
	Fitoplancton		Zooplancton	
	p	R ²	p	R ²
Número de Individuos	0.6988		0.5935	
pH	0.3069	0.1448	0.1448	0.1308
Temperatura	0.4263	0.0054	0.2357	0.0283
Caudal	0.4613	0.0028	0.2068	0.0190
Conductividad	0.3945	0.0264	0.1423	0.4243

Con los resultados de los análisis de los parámetros físico-químicos se determinó que estos no tienen influencia en la composición, diversidad y abundancia del plancton; a pesar que estos organismos pueden tolerar ciertas variaciones de los parámetros físico-químicos debido a que la composición de cada cuerpo de agua posee características bióticas y abióticas diferentes (Quiroz *et al.*, 2006).

4.3. Comparación de la composición de plancton y los parámetros físico-químicos entre el río Piatúa y las piscinas del Programa de Recursos acuáticos del CIPCA.

La composición del plancton de la piscina C, la caja de distribución y el río Piatúa muestran una diferencia significativa en relación a las piscinas E, D, H y F como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7 Resultados del análisis de varianza para comparar la composición de plancton entre el río Piatúa, la caja de distribución y las piscinas del programa de recursos acuáticos del CIPCA

Índices de diversidad		
Sitios	Promedio	Rango
Piscina C	0	A
Caja distribución	0	A
Rio Piatúa	0	A
Piscina E	0,61	B
Piscina D	0,71	B
Piscina H	0,95	B
Piscina F	1	B
EE(±) Sign	0,13 ***	

Con respecto a los factores físico-químicos, según los resultados de análisis de varianza (Tabla 8), solo se encontraron diferencias significativas entre los sitios de muestreo para caudal. Siendo la caja de distribución y la piscina C diferentes a los demás sitios de muestreo.

El pH, la temperatura y la conductividad no mostraron diferencias significativas entre sitios de muestreo.

Tabla 8 Resultados del análisis de varianza para comparar la composición de los parámetros físico-químicos entre el río Piatúa, la caja de distribución y las piscinas del programa de recursos acuáticos del CIPCA

	pH	Temperatura	Caudal	Conductividad
Sitios	Promedio	Promedio	Promedio	Rango
Caja distribución	3,65	22,1	0	A
Piscina H	3,67	23,5	0,22	B
Piscina E	3,78	23,84	0,22	B
Piscina D	3,82	23,88	0,22	B
Río Piatúa	3,84	23,94	0,23	B
Piscina F	4,04	24,6	0,25	B
Piscina C	4,07	25,38	0,32	C
EE(±) Sign	0,12 NS	0,80 NS	0,007 ***	0,006 NS

4.4 Especies de plancton como indicadoras de la calidad del agua

De acuerdo a los resultados de las mediciones de los parámetros físico-químicos y observaciones directas en el campo se considera que el agua de la caja de distribución y el río Piatúa muestra características de buena calidad entre todos los sitios de muestreo; según Lanza-Espino (2000) “ciertos organismos de fitoplancton exhiben amplia distribución, otras ciertas preferencias ambientales y otros individuos alta frecuencia de algún taxón en aguas fuertemente contaminadas”. Por lo tanto, las especies de fitoplancton y zooplancton que sean más abundantes en estos sitios se las podría considerar como indicadoras de buena calidad de agua.

Por el contrario, en las piscinas E y F se observó que el agua presenta una coloración verde y de mal olor, registrándose además un nivel alto de turbidez (20 – 40 cm), por lo que se podría considerar que el agua en estos sitios de muestreo es de mala calidad; sin embargo, en estos sitios no se ha podido evidenciar la abundancia marcada de una determinada especie (tabla 9), es decir, a partir de estos resultados no podemos concluir qué especies podrían ser indicadoras de una mala calidad de

agua; ya que el fitoplancton es tolerante a la contaminación y estos organismos son usados como bioindicadores del incremento de turbiedad y la eutrofización (Lanza-Espino, 2000).

Por otro lado, las piscinas C, D y H podrían ser consideradas de buena calidad agua después de la caja de distribución y el río Piatúa, debido a que presentan aguas no turbias. Como se aprecia en la tabla 9, en estos tres sitios de muestreo encontramos una importante cantidad de individuos de la especie *Trachelomona sp.1* y de varias especies de zooplancton representados por los Copépodos. Según los resultados de este estudio, dichas especies de plancton podrían ser utilizadas como indicadores de agua de relativa buena calidad. Sin embargo, según la literatura, las especies del género *Trachelomona*, son algas unicelulares, de color amarillo, marrón o hialino, se encuentran principalmente en cuerpos de agua que contienen hierro, nitratos y fosfatos; la mayoría de estas son cosmopolitas, y se desarrollan cuando existe materia orgánica disuelta y son frecuentes en aguas estancadas (Guerrón, 2015).

Tabla 9 Abundancia de individuos de plancton por grupos taxonómicos encontradas en los sitios de muestreo

		Fitoplancton														
#	Especie	Cuerpos de agua							Resistencia a la contaminación							
		C	D	E	F	H	Caja de distribución	Río Piatúa								
1	<i>Trachelomona sp. 1</i>	186	174	147	89	94	85	55	Medio							
2	<i>Oedogonium sp.</i>	26	90	21	17	72	0	0	Alto							
3	<i>Navicula sp.1</i>	No contabilizados							Medio							
4	<i>Navicula sp.2</i>								Medio							
5	<i>Euglena sp.</i>								Bajo							
6	<i>Bacteriastrum sp.</i>								Medio							
7	<i>Trachelomona sp2</i>								Medio							
									Zooplancton							
1	<i>Cyclops sp.</i>								10	0	6	0	4	0	0	Bajo
2	<i>Arctodiaptomus sp.</i>	49	36	16	15	9	0	0	Bajo							
3	<i>Sida.sp</i>	0	3	0	4	1	0	0	Bajo							
4	<i>Moina sp.</i>	0	3	2	1	2	0	0	Bajo							
5	<i>Hydrachna sp.</i>	0	3	3	2	6	0	0	Bajo							
6	<i>Daphnia sp.</i>	0	7	0	1	1	0	0	Bajo							
7	<i>Hexarthra sp.</i>	0	0	2	2	1	0	0	Medio							
8	<i>Keratella sp.</i>	0	1	0	2	1	0	0	Medio							
9	<i>Amoeba sp.</i>	No contabilizado							Alto							

El fitoplancton es considerado como un indicador de calidad de agua, debido a que estos organismos reaccionan rápidamente a alteraciones del ambiente y tienen un ciclo de vida corto (Quiroz et al., 2006).

Con respecto a los indicadores de calidad de agua, se considera que donde se encontró que *Oedogonium sp.*, existe cierto grado de contaminación en los sitios en donde fueron encontrados estos organismos; ya que, estos individuos suelen estar en aguas putrefactas y por tanto otros organismos no se desarrollan debido a la contaminación (Negrete, 2010).

Por otro lado, las especies de zooplancton encontradas en las piscinas de los recursos acuáticos son indicadoras de buena calidad, pero se asume que estas no fueron encontradas en la caja de distribución y el río Piatúa debido a que existe una mayor corriente de agua en relación con los demás sitios de muestreo donde el agua está sin movimiento aparente. Los organismos encontrados en los muestreos se podrían considerar como indicadores de buena calidad a las especies de zooplancton de la subclase Copépoda pertenecientes al Subphylum de los Crustáceos. Estos organismos requieren de altas concentraciones de oxígeno disuelto por lo que en su mayoría los limita a estar presentes en aguas limpias y frías (Pujante, 1997). Mientras que Phylum Rotifera se considera como un organismo tolerante a contaminantes como agroquímicos, aceites y detergentes (Escobar, 2013).

5 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de este estudio se concluye que la hipótesis general propuesta: “la diversidad y abundancia del fitoplancton y zooplancton es diferente entre las piscinas para uso de acuacultura y el río Piatúa debido a las posibles diferencias entre los parámetros fisicoquímicos del agua” ha sido parcialmente aceptada porque la diversidad y abundancia de plancton si es diferente entre las piscinas y el río, pero no hemos encontrado diferencias de los parámetros fisicoquímicos entre todos los sitios de muestreo. Únicamente se encontró diferencias con respecto al caudal.

Al medir los parámetros fisicoquímicos del río Piatúa, la caja de distribución y de las cinco piscinas, se determinó que estos factores no influyen sobre la diversidad y abundancia de fitoplancton y zooplancton, por lo cual se rechaza la primera hipótesis específica: “los parámetros fisicoquímicos influirán en la diversidad y abundancia del fitoplancton y zooplancton de las piscinas y el río Piatúa”.

Según los resultados de la comparación de la diversidad y abundancia de plancton y los parámetros fisicoquímicos se concluye que la diversidad y abundancia si es diferente entre el río y las piscinas, pero los parámetros fisicoquímicos no fueron diferentes, con excepción del caudal, por tanto, se acepta parcialmente la segunda hipótesis específica: “la composición del plancton y los parámetros fisicoquímicos es distinta entre el río Piatúa y las piscinas del programa de recursos acuáticos del CIPCA”.

Según Pujante (2013) y Escobar (2013) se determinó que ciertos individuos de la subclase Copépodos y *Trachelomona sp1* funcionan como indicadores de calidad de agua relativamente buena. Estos hallazgos nos permiten aceptar la tercera hipótesis específica planteada en este estudio: “el fitoplancton y zooplancton funcionan como indicadores de la calidad del agua”

6 RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con estudios de plancton en la Amazonía ya que estos podrían ser una herramienta como indicadores de calidad de agua y podrían ofrecer beneficios a los piscicultores ya que el plancton puede ser utilizado como fuente de alimentación de ciertas especies de peces.

Se recomienda, adquirir redes de plancton pequeñas con diámetro de 25cm y longitud de red 40cm, tamaños de malla 5-200 micras; redes de plancton con diámetro de 40cm y longitud de red 60cm, tamaños de malla 50-500 micras; redes de plancton con diámetro de 50cm y longitud de red 200cm, tamaños de malla 50-500 micras para colectas de Fitoplancton y Zooplancton por parte de la Universidad para la realización de estudios relacionados al tema ya que como es de conocimiento existe escasa información y datos de la Amazonía ecuatoriana y la Universidad al

poseer estaciones científicas podrían aportar significativamente dentro de la Institución.

7 RESUMEN

En el presente estudio se caracterizaron las comunidades de plancton y las condiciones fisicoquímicas en el río Piatúa y las piscinas del programa de recursos acuáticos del CIPCA. El estudio se llevó a cabo en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica de la Universidad Estatal Amazónica, el cual está ubicado en las Provincias de Napo y Pastaza.

Durante la época lluviosa, se efectuaron 5 muestreos en 7 puntos de muestreo en la época lluviosa, mediante una red simple para muestras de plancton.

Para determinar el número de individuos por ml se realizaron conteos utilizando la cámara de Neubauer y los parámetros fisicoquímicos se analizaron *in situ*.

Se identificaron 7 grupos taxonómicos de fitoplancton, según el índice de diversidad de Shannon, las piscinas H y D fueron las más diversas para el fitoplancton, mientras que para el zooplancton son las piscinas H y E; los sitios menos diversos fueron la caja de distribución y el río Piatúa. Con respecto a la abundancia de fitoplancton las Piscina C y D presentaron la mayor cantidad de individuos, a diferencia de la caja de distribución y el río que tuvieron menor cantidad de individuos.

Con respecto al zooplancton, se identificaron 9 grupos taxonómicos, de las cuales, la especie con mayor número de individuos (129) fue la *Cyclops sp.*, mientras que la especie con menor abundancia fue *Keratella sp.* con un total de 4 individuos; los índices de diversidad revelaron que los sitios de muestreo de la caja de distribución y el río Piatúa tienen la más baja diversidad a diferencia de las piscinas C, D, E, F y H.

De acuerdo a los resultados de las regresiones múltiples, los parámetros físico-químicos no tienen influencia sobre la diversidad y abundancia del plancton.

Según los resultados de la comparación de la diversidad y abundancia de plancton y los parámetros fisicoquímicos se concluye que la diversidad y abundancia si es diferente entre el río y las piscinas, pero los parámetros fisicoquímicos no fueron diferentes, con excepción del caudal.

8 REFERENCIAS

- ADL, S., SIMPSON, A., LANE, C., LUKES, J., BASS, D., & BOWSER, S. et al. (2012). The Revised Classification of Eukaryotes. *International Society Of Protistologists*, 59(2). Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1550-7408.2012.00644.x/pdf>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2014). Recuperación, rehabilitación y restauración de la estructura ecológica principal y de los espacios del agua de la localidad de Suba. 40.
- Araya, J. &. (1985). *Boletín Informativa Limnológico*. Valdivia: Instituto de Zoología, Facultad de Ciencias y Dirección de Extensión de la Universidad Austral de Chile.
- Bastidas, O. (2012). Technical Note. Neubeuer Chamber Cell Counting. Recuperado el 5 de marzo del 2015. <http://www.celeromics.com/es/resources/docs/Articles/Conteo-Camara-Neubauer.pdf>
- Barnes, Robert D. (1982). *Invertebrate Zoology*. Holt-Saunders International. pp. 272–286
- Brazilian Journal of Biology*. (2014). *Figures 2-8. Moina macrocopa*. Retrieved from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842014000200518
- Boltovskoy, D., Gibbons, M.J., Hutchings, L. & Binet, D., 1999. General biological features of the South Atlantic. In: Boltovskoy, D. (ed.). *Zooplankton of the South Atlantic*. Backhuys Publishers, Leiden. pp. i-xvi+1706. (2 volumes)

- Derek J. Taylor, Paul D. N. Hebert & John K. Colbourne (1996). "Phylogenetics and evolution of the *Daphnia longispina* group (Crustacea) based on 12S rDNA sequence and allozyme variation" (PDF). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 5 (3): 495–510. doi:10.1006/mpev.1996.0045
- DISCOVERLIFE,. (2011). *Keratella cochlearis forma robusta*. Retrieved from <http://www.discoverlife.org/mp/20q?search=Keratella>
- El Acuario Gallego* (2014). *Acuariogallego.com*. Retrieved 9 April 2016, from <http://www.acuariogallego.com/fichas-subidas-al-atlas/ficha-y-fotografia-hydrachna-sp-o-acaros-de-agua/>
- Escobar, M., Terneus, E., & Yáñez, P. (2013). EL PLANCTON COMO BIOINDICADOR DE LA CALIDAD DEL AGUA EN ZONAS AGRÍCOLAS ANDINAS: ANÁLISIS DE CASO. *Instituto De Investigaciones Científicas Y Tecnológicas Y Carrera De Administración Turística, Universidad Iberoamericana Del Ecuador*, 5, 17; 37.
- Escolástico León, Consuelo. *Ecología II: comunidades y ecosistemas*. España: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2013. ProQuest ebrary. Web. 21 January 2015.
- Ferrario, M.E., Sar, E.A. y Sala, S.E. (1995). Metodología básica para el estudio del fitoplancton con especial referencia a las diatomeas en: Alveal, K., Ferrario, M.E., Oliveira, E.C. y Sar, E. editores. *Manual de métodos ficológicos*. Universidad de Concepción. Concepción-Chile. P.1-19.
- FRESHWATER ZOOPLANKTON. *NAUPLIUS AND CYCLOPS*. Retrieved from <http://www.gettyimages.es/detail/foto/x-36mm-fotograf%C3%ADa-de-stock/128120978>

- Fuentes, J., Zoppi de Roa, E., Morón, E., Gámez, D., & López, C. (2012). CONOCIMIENTO DE LA FAUNA DE CLADOCERA (CRUSTACEA: BRANCHIOPODA) DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA, COLOMBIA. *Boletín De Investigaciones Marinas Y Costeras*, 41(1). Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v41n1/v41n1a07>
- Gómez, L., Larduet, Y., & Abrahantes, N. (2001). Contaminación y biodiversidad en ecosistemas acuáticos. El fitoplancton de la bahía de Santiago de Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 22(3), 191-197.
- Guerrón, P. (2016). Relación entre las variables fisicoquímicas y la concentración de microalgas en la laguna de Monte Redondo. *Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano*, 21, 22, 23. Retrieved from <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4518/1/IAD-2015-026.pdf>
- Hanson, P., Springer, M. & Ramirez, A. (2010). Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58(Suppl. 4), 3-37.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Huynh, M., & Serediak, N. (2006). *Algae Identification Field Guide*. Canadá: Agriculture and Agri-Food Canada.
- Lanza-Espino, G., Hernández Pulido, S., & Carbajal Pérez, J. (2000). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. [Mexico, D.F.]: Plaza y Valdés.
- Leidy, J. (1878). "Amoeba Proteus," *The American Naturalist* 12, no. 4. Pp 235-238.

- Marin, B., Palm, A., Klingberg, M., & Melkonian, M. (2003). Phylogeny and taxonomic revision of plastid-containing euglenophytes based on SSU rDNA sequence comparisons and synapomorphic signatures in the SSU rRNA secondary structure. *Protist*, 154(1), 99-145
- MarineBioPhotography. (2005). *Navicula LATERAL*. Retrieved from <http://www.marinebiophotography.com/keyword/Navicula/>
- Marv Ruiz, Fernando. Adaptación de microorganismos fotosintéticos del placton de aguas continentales al cambio ambiental brusco: contaminantes de origen antropogénico y condiciones naturales extremas. España: Universidad Complutense de Madrid, 2008. ProQuest ebrary. Web. 21 January 2015.
- Mercado, N. & Suárez, E. (2011). Morfología, diversidad y distribución de los Cyclopoida (Copepoda) de zonas áridas del centro–norte de México. I. Cyclopinae. *Hidrobiológica*, 21(1). Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972011000100002
- M.D. Guiry in Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2002. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 06 Abr 2016
- Meyer, D. E. (2004). Introducción a la Acuacultura. Honduras.
- Ministerio de Medio Ambiente. 2005. Protocolo de muestreo y análisis de Fitoplancton. 43.
- Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. (1996). Manual de procedimientos analíticos para aguas y efluentes. 174.

- Montes, R., Gálvez, M., and Rivera, H. (2009). Fitoplancton de la bahía de Sechura, Piura 2005. Perú: Universidad Nacional de Piura. ProQuest ebrary. Web. 21 January 2015.
- Negrete, P., Romero, J., Cruz, S., & Guzmán, E. (2010). *Oedogonium capillare* (Linnaeus) (Kuetzing, 1845) como estrategia para purificar alimento vivo *Tubifex tubifex* (Müller, 1974) para peces. *Veterinaria México*, 41(3), 201-210. Recuperado en 14 de marzo de 2016, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-50922010000300004&lng=es&tlng=es.
- Nell & Lacertido. (2015). Recolección de Invertebrados de Agua Dulce. *Crustanews* , 52.
- Oliva-Martínez, M. G., & Godínez-Ortega, J. L.-R. (2014). Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 54-61.
- Penchaszadeh, Pablo, and Broggër, Martín. *Biología marina*. Argentina: Eudeba, 2009. ProQuest ebrary. Web. 21 January 2015.
- Perbiche-Neves, G., Boxshall, G. A., Nogueira, M. G., & da Rocha, C. E. (2014). Trends in planktonic copepod diversity in reservoirs and lotic stretches in a large river basin in South America. *Marine and Freshwater Research*, 65(8), 727-737.
- Pérez, M. (2009). Estructura de la comunidad Zooplanctónica en un humedal urbano andino Neotropiacal por un periodo de siete meses.
- Pierotto, M., & Daga, I. (2011). Guía de reconocimiento de algas y monitoreo de sistemas acuáticos. Córdoba: Instituto de Enseñanza Superior Simón Bolívar.
- Pinilla, G., Canosa, A., Vargas, A., Gavilan, M., López, L. (2006). Evaluación de la eficiencia fotosintética del fitoplancton en un lago amazónico (Lago Boa) y en un lago andino (Lago Guatavita). *Acta*

Amazonica, 36(2). <http://dx.doi.org/10.1590/s0044-59672006000200012>

Prieto Guevara, M. (2006). Alimento vivo y su importancia en acuicultura. *Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola*, 2(2).
Shannon, C.E. y Wiener. (1949). *The mathematical theory of communication*. University Illinois Press, Urbana.

Pujante, A. (1997). Los artrópodos como bioindicadores de la calidad de las aguas. *Bol. S.E.A*, 20, 277-284.

Quiroz Castelán, H., Solis Perez, O., García Rodríguez, J., Molina, I., & Diaz Vargas, M. (2006). Variación de Componentes fitoplanctónicos en un bordo temporal utilizado para acuicultura extensiva en Norte del Estado de Guerrero, México. *Revista Electrónica De Veterinaria REDVET*, VII(11), 2;3.

Quéré, C. L., Harrison, S. P., Colin Prentice, I., Buitenhuis, E. T., Aumont, O., Bopp, L., Claustre, H., Cotrim Da Cunha, L., Geider, R., Giraud, X., Klaas, C., Kohfeld, K. E., Legendre, L., Manizza, M., Platt, T., Rivkin, R. B., Sathyendranath, S., Uitz, J., Watson, A. J. and Wolf-Gladrow, D. (2005), Ecosystem dynamics based on plankton functional types for global ocean biogeochemistry models. *Global Change Biology*, 11: 2016–2040. doi:10.1111/j.1365-2486.2005.1004.x

Rivera, M. & Sánchez, P. (2011). DIATOMEAS PLANCTÓNICAS DEL LITORAL DE ANDALUCÍA (ESPAÑA). *Departamento De Botánica. Facultad De Ciencias, Universidad De Granada.*, 36.

Ruttner-Kolisko, A. 1974. *Plankton rotifers. Biology and taxonomy*. English translation of *Die Binnengewasser* v. 26, part 1. 146 p.

Santander, Edgardo, Herrera, Liliana, & Merino, Carlos. (2003). Fluctuación diaria del fitoplancton en la capa superficial del océano

durante la primavera de 1997 en el norte de Chile (20°18'S): II. Composición específica y abundancia celular. *Revista de biología marina y oceanografía*, 38(1), 13-25. Recuperado en 27 de octubre de 2015, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-19572003000100002&lng=es&tlng=es. 10.4067/S0718-19572003000100002.

Sarmiento, H., Amado, A. M., & Descy, J. P. (2013). Climate change in tropical fresh waters (comment on the paper 'Plankton dynamics under different climatic conditions in space and time' by de Senerpont Domis et al.). *Freshwater Biology*, 58(10), 2208-2210.

Saros, J. E., & Anderson, N. J. (2015). The ecology of the planktonic diatom *Cyclotella* and its implications for global environmental change studies. *Biological Reviews*, 90(2), 522-541.

Shannon, C.E. y Wiener. (1949). *The mathematical theory of communication*. University Illinois Press, Urbana.

Simpson, E.H. (1949). Measurement of Diversity. *Nature* 1163:688.

Suthers, I. & Rissik, D. (2008). *PLANKTON A guide to their ecology and monitoring for water quality* (p. 133). Australia: CSIRO.

Tafur, J., Alcántara, F., Del Águila, M., Cubas, R., Mori-Pinedo, L., & Chu-Koo, F. (2009). Paco *Piaractus brachypomus* y *Gamitana Colossoma macropomum* criados en policultivo con el Bujurqui-Tucunaré, *Chaetobranchus semifasciatus* (Cichlidae). *FOLIA Amazónica*, 18(1-2), 97; 104. Retrieved from <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/publ563.pdf>

Tapia, M. E. (2002). Estudio de las Comunidades del Fitoplancton en los ríos Daule, Guayas y Estero Salado. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 11(1), 79-90.

The University of Edinburgh,. (2002). *Amoeba (sp)*. Retrieved from <http://www.bms.ed.ac.uk/research/others/smaciver/amoeba.htm>

Tomas, C. R., Hasle G. R., Syvertsen, E. E., Steidinger, K. A., Tangen, K., Thronsen, J., Heimdal, B. R., (1997). *Identifying Marine Phytoplankton*, Academic Press.

ANEXO 1: Especies de plancton encontrados en el programa de recurso acuáticos del CIPCA

ZOOPLANCTON

Cyclops sp.



Fotografía 1 *Cyclops sp.* encontradas en las piscinas C, E, y H del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA

El género *Cyclops* considerado uno de los más comunes de los copépodos de agua dulce, conocidos también como pulgas de agua (Mercado & Suárez, 2011).



Fotografía 2 *Cyclops sp.* (FRESHWATER ZOOPLANKTON)

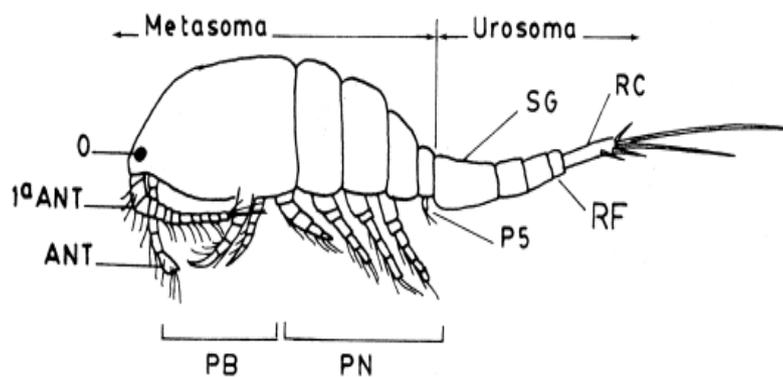
ZOOPLANCTON

Arctodiaptomus sp.



Fotografía 4 *Arctodiaptomus sp.* encontradas en las piscinas C, D, E, F y H del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA

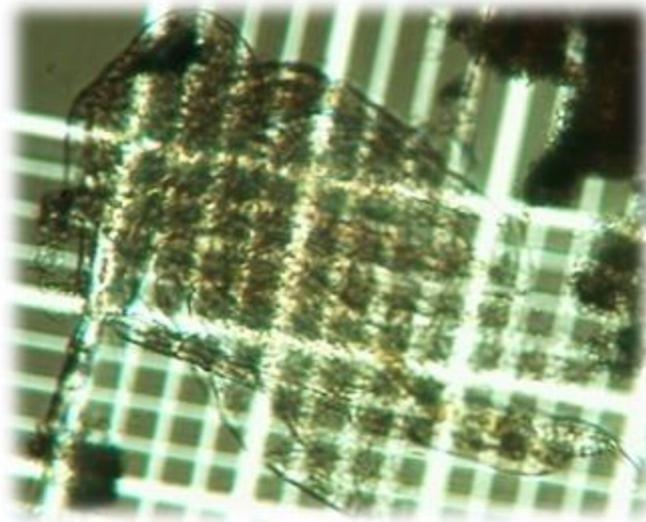
Calanoida es un orden de copépodos, uno de los principales grupos de zooplancton tanto marinos como de agua dulce. Muchas especies de peces de importancia comercial dependen de estos animales para su alimentación (Boltovskoy *et al.*, 1999).



Fotografía 3 Ilustraciones de la morfología de Copepoda. (Araya, J.M & Zuñiga, L.R, 1985).

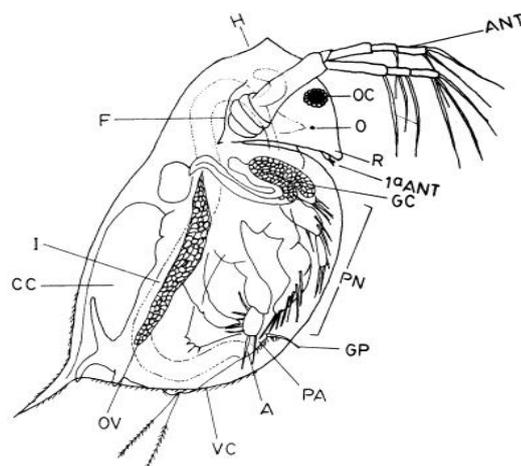
ZOOPLANCTON

Sida sp.



Fotografía 5 *Sida sp.* encontradas en las piscinas F, D y H del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA

Cuerpo ovoide, margen ventral de las valvas con setas largas y plumosas, postabdomen corto y con espinas anales solitarias, garra del postabdomen con dos espinas. Longitud del cuerpo 0.70 mm y de la garra 0.04 mm (Fuentes *et al.*, 2012).



Fotografía 6 Ilustración de Cladocera. (Araya, J.M & Zuñiga, L.R, 1985)

ZOOPLANCTON

Moina sp.



Fotografía 8 *Moina sp.* encontradas en las piscinas D, E, F y H del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA

Postabdomen con espina bidentada desigual. Característica diagnóstica es la presencia de seta anterior en el penúltimo segmento del primer par de patas, pelos ausentes en la cabeza y la valva. Uña caudal larga, curvada hacia la parte distal con una serie de setas finas en la parte superior de la base. Longitud del cuerpo 0.37 mm y garra 0.01 mm (Fuentes *et al.*, 2012).



Fotografía 7 Ilustración de la morfología de *Moina sp.* (Brazilian Journal of Biology, 2014).

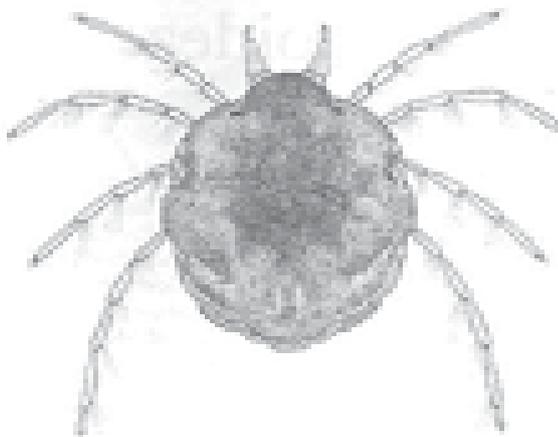
ZOOPLANCTON

Hydrachna sp.



Fotografía 9 *Hydrachna sp.* Encontradas en las piscinas D, E, F y H del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA

Los ácaros son los ectoparásitos más frecuentes, numerosos y variados. Anteriormente estaban incluidos dentro de los arácnidos, pero por sus diferencias actualmente son agrupados en una clase separada denominada Acárida (*El Acuario Gallego, 2014*).



Fotografía 10 Ilustración de la morfología de *Hydrachna sp.* (Hanson, Paul, Springer, Monika, & Ramirez, Alonso, 2010)

ZOOPLANCTON

Daphnia sp.



Fotografía 11 *Daphnia sp.* Encontradas en las piscinas F y D del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA

Se conocen vulgarmente como dafnias, como lías de agua y también como pulgas de agua, debido a lo pequeñas que son y a su forma de nadar como “saltando”, aunque las pulgas, al ser insectos, están muy alejadas de las dafnias, biológicamente (Derek *et al.*, 1996).



Fotografía 12 Ilustración de la morfología de *Daphnia sp.* (Nell & Lacertido, 2015)

ZOOPLANCTON

Hexarthra sp.



Fotografía 14 *Hexarthra* sp. encontradas en las piscinas E, F y H del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA

Según Ruttner Kolisko (1974), “las distintas características morfológicas (tamaño, relación de la longitud del brazo / ventral del cuerpo, número de cerdas, el número de dientes en el Uncus) por el cual las especies de este género se distinguen muestran una variación considerable



Fotografía 13 Ilustración de la morfología de *Hexarthra* sp. (Araya, J.M & Zuñiga, L.R, 1985)

ZOOPLANCTON

Keratella sp.



Fotografía 15 *Keratella* sp. encontradas en las piscinas D, F y H del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA

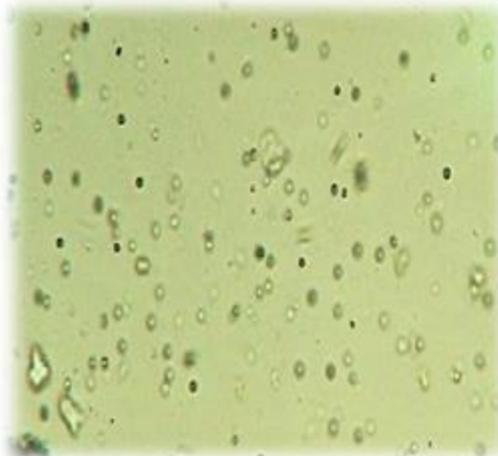
Tiene una lorica ovalada, una cutícula externa de protección en forma de concha. En el extremo anterior son tres pares de espinas. La curva de par central hacia la superficie ventral, el siguiente par divergen ligeramente y el par exterior convergen. También hay una boca central en forma de embudo (Barnes, 1982).



Fotografía 16 Ilustración de la morfología de *Keratella* sp. (DISCOVERLIFE,. 2011).

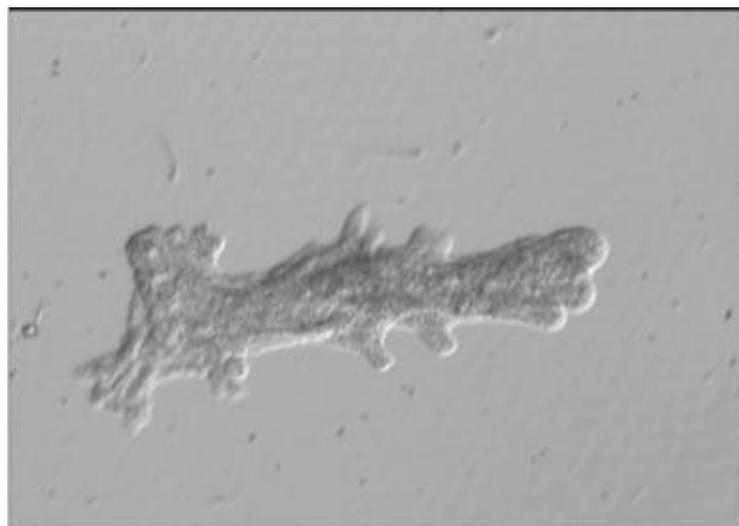
ZOOPLANCTON

Amoeba sp.



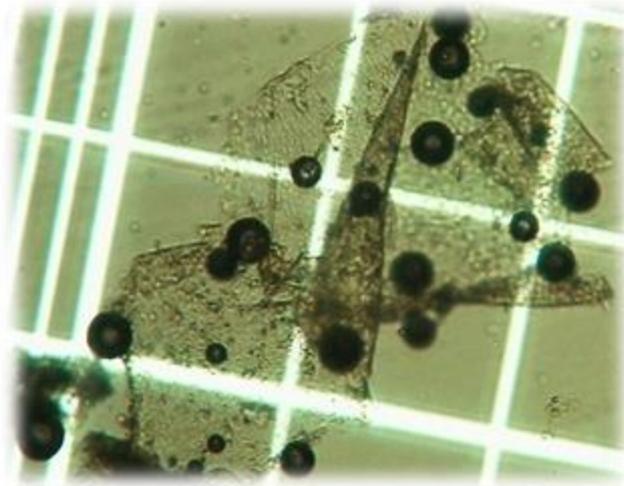
Fotografía 17 *Amoeba sp.* encontrada en el Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA

Protozoo caracterizado por su forma cambiante, puesto que carece de pared celular, y por su movimiento ameboide a base de pseudópodos, que también usa para capturar alimentos a través del proceso llamado fagocitosis. Las especies de este género viven libres en agua o en tierra, alimentándose de organismos más pequeños o de partículas en descomposición (Leidy, 1878).



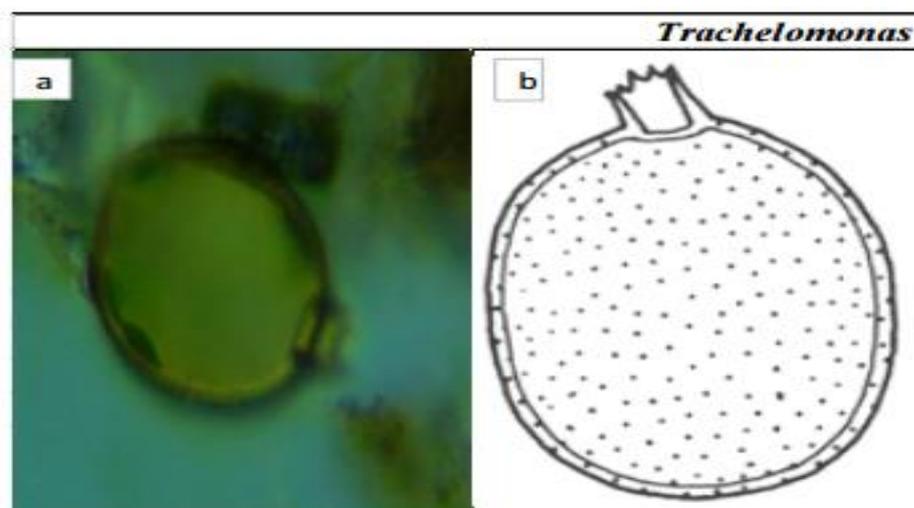
Fotografía 18 Ilustración de la morfología de *Amoeba sp.* (The University of Edinburgh, . 2002).

Trachelomona sp.1



Fotografía 19 *Trachelomona sp.1* encontradas en las piscinas C, D, E, F, H, tanque de distribución y río Piatúa del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA

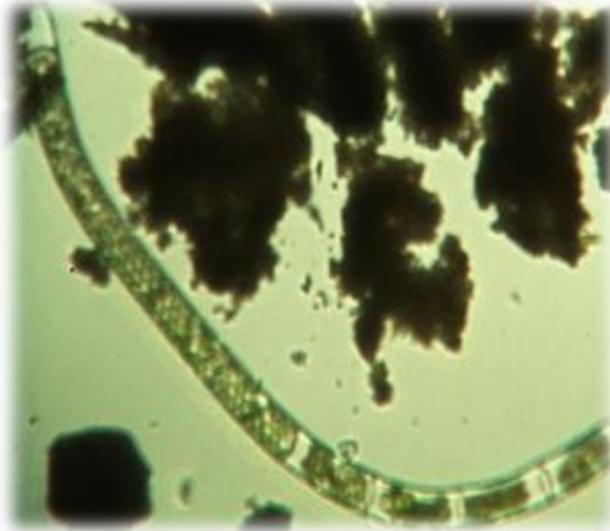
Género de algas unicelulares del grupo de los Euglénidos, se caracterizan por la presencia de una cubierta protectora denominada lorica. La importancia de la estructura lorica determinan la clasificación de las distintas especies del género (ADL, et al., 2012).



Fotografía 20 Ilustración de la morfología de *Trachelomona sp.* (Guerrón, 2015).

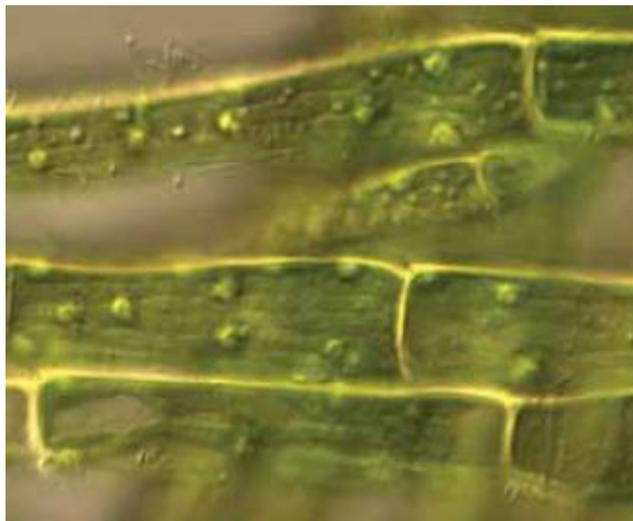
FITOPLANCTON

Oedogonium sp.



Fotografía 21 *Oedogonium sp.* encontradas en las piscinas C, D, E, F y H del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA

Oedogonium es un género de algas verdes filamentosas , con filamentos ramificados que son una célula de espesor. Oedogonium puede ser de libre flotación , aunque por lo general se une a las plantas acuáticas por un disco basal. Al parecer, de color verdoso y habita , el agua dulce tranquila (M.D. Guiry, 2002).



Fotografía 22 Ilustración de la morfología de *Oedogonium sp.* (Huynh & Serediak, 2006)

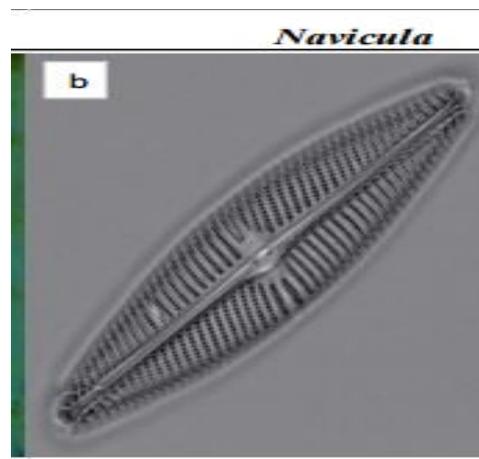
FITOPLANCTON

Navicula sp.1



Fotografía 23 *Navicula sp.1* encontradas en el Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA

Algas en forma de barco, organismos acuáticos, eucariotas, fotosintéticos, que varían en tamaño desde una sola célula. Comprende más de 1.200 especies. Juega un papel importante en la ecología global; ya que produce aproximadamente una cuarta parte de todo el oxígeno dentro de la biosfera de la Tierra (M.D. Guiry, 2002).



Fotografía 24 *Navicula sp.1* (Guerrón, 2015).

FITOPLANCTON

Navicula sp.2



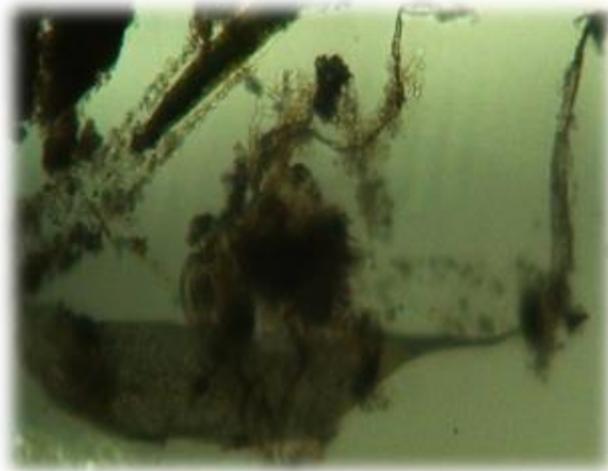
Fotografía 25 *Navicula sp. 2* encontradas en el Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA



Fotografía 26 Ilustración de la morfología de *Navicula sp. 2* (*MarineBioPhotography., 2005.*)

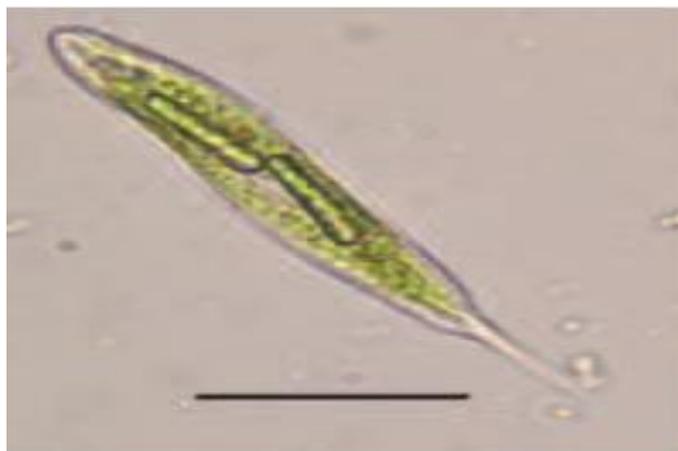
FITOPLANCTON

Euglena sp.



Fotografía 27 *Euglena sp.* encontradas en el Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA

Euglena perteneciente al grupo de los Euglénidos, que puede contener numerosos cloroplastos en forma de lente o aplanados. Cuando estos organismos se someten a la oscuridad por cierto tiempo pierden los cloroplastos y se alimentan únicamente de manera heterótrofa, cuando recuperan la radiación lumínica pueden volver a sintetizar cloroplastos (Marin *et al.*, 2003).



Fotografía 28 Ilustración de la morfología de *Euglena sp.* (Suthers, I. & Rissik, D., 2008).

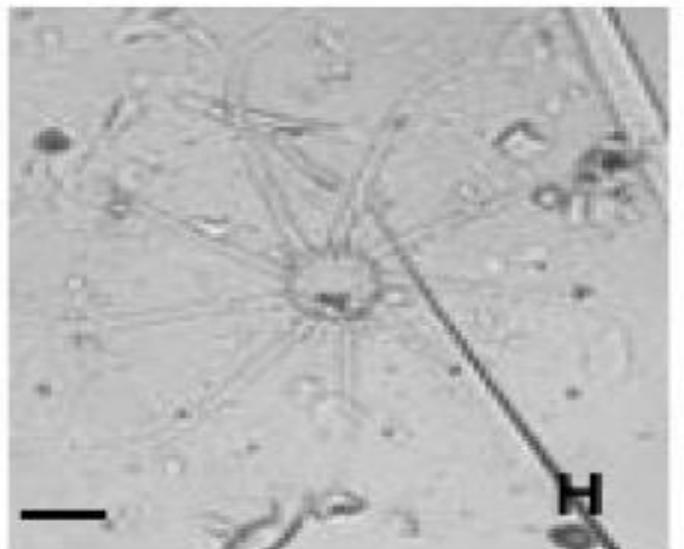
FITOPLANCTON

Bacteriastrum sp.



Fotografía 29 *Bacteriastrum* sp. encontradas en el Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA

Bacteriastrum es un género de diatomeas. Existen más de 30 especies descritas para este género, pero muchos de estos no son aceptados en la actualidad (Tomas *et al.*, 1997).



Fotografía 30 Ilustración de la morfología de *Bacteriastrum* sp. (Rivera, M. & Sánchez, P., 2011).

FITOPLANCTON

Trachelomona sp.2



Fotografía 31 *Trachelomona* sp.2 encontradas en del Programa de Recursos Acuáticos del CIPCA



Fotografía 32 Ilustración de la morfología de *Trachelomona* sp.2 (Suthers, I. & Rissik, D., 2008).