

## CAPÍTULO I

### 1 INTRODUCCIÓN

El embalse de San Jacinto fue construido en el año 1988 en el lugar denominado El Angosto de San Jacinto, próximo a la confluencia de los ríos Tolomosa y El Molino, ambos afluentes del río Guadalquivir, cuenca del Bermejo. (Laviolette, 2006).

El espejo de agua de 700 hectáreas construida con el fin de dotar de energía eléctrica y riego a las comunidades del valle central de Tarija. Con una capacidad de almacenamiento de alrededor de 56 millones de metros cúbicos hoy enfrenta amenazas de gran magnitud., notándose los efectos negativos en la productividad, sostenibilidad y vida útil del embalse. (Oficina técnica nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo (OTN), 2008 en su informe titulado Diseño e implementación proyecto piloto “Control de contaminación de los afluentes al lago San Jacinto.

El daño a una fuente de agua suele relacionarse por la evidente pérdida de la biodiversidad en el ecosistema acuático, afectando a la calidad de vida de los individuos allí residentes, e inclusive ocasionando la muerte masiva de los mismos.

Combatir la contaminación de las fuentes de agua es de vital importancia, no sólo para la protección del medio ambiente, sino de la fauna y de la vegetación que vive en ellos. (Martinez F, 2014).

Las sociedades modernas vierten gran cantidad de desechos a los lagos, y esto produce una serie de efectos denominados “contaminación”, tales efectos se consideran indeseables. Sin embargo, se sigue haciendo fluir a los lagos una serie de contaminantes que generalmente provienen de los asentamientos poblacionales que los rodean y de sus múltiples actividades (agrícolas, industriales, comerciales, turísticas). Los vertidos humanos aceleran el proceso hasta convertirlo, muchas veces, en un grave problema de contaminación. (Moreta, J.C, 2008).

El estudio realizado en 2006 por el “Laboratorio de Proyectos Ambientales de la Universidad Nacional Autónoma de México”, denominado “Informe de la UNAM”,

ha obtenido criterios básicos concluyendo que las fuentes principales de contaminación son la presencia de plomo y sedimento.

Otro estudio realizado por la Oficina técnica nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo (OTN), 2008 en su informe titulado Diseño e implementación proyecto piloto “Control de contaminación de los afluentes al lago San Jacinto” ha afirmado que, si bien las aguas del embalse San Jacinto son utilizadas en la mayoría para su riego, otra parte de los afluentes son consumidas en los centros poblados asentados en el área del proyecto. Las características físicas y químicas de dichas aguas, están dentro de los parámetros indicados por la NB 512, pudiendo ser utilizadas para consumo humano previo tratamiento.

La comprensión de la ecología es importante para el manejo adecuado de los recursos naturales, ya que estudia las interacciones entre los organismo (bióticos) y su ambiente (abióticos).

### **Delimitación**

#### **Límite Sustantivo**

El presente estudio se rigió dentro de las normas, teorías y conceptos usados en áreas de ecología y de Limnología. En base a la Ley 1333 en el marco del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.

Dentro las normas bolivianas, la Norma Boliviana 512, siguiendo pautas metodologías establecidas en anteriores trabajos de investigación.

#### **Límite Temporal**

El estudio se realizó en el periodo correspondiente a los meses de Abril a Noviembre del año 2018.

#### **Límite Geográfico**

El lugar donde se desarrolló el estudio se encuentra ubicado en la ciudad de Tarija específicamente en el Valle Central de Tarija, embalse del Lago San Jacinto, ubicado entre los paralelos 20° 55` 44`` y 22° 13` 35`` de latitud sur y los meridianos de 64° 15` 14`` y 65° 02` 03`` de Longitud Oeste, a una distancia aproximada de 7 Km de

la ciudad de Tarija.

### **1.1. Justificación**

Para dar continuidad a la productividad del lago se debe considerar muchos aspectos, entre los cuales destaca el balance de materia y energía entre los diferentes componentes del ecosistema acuático. Uno de los componentes fundamentales de las comunidades biológicas de los sistemas acuáticos es el plancton. Representa el consumidor primario entre los productores (fitoplancton) y los consumidores secundarios (peces y algunas aves). El fitoplancton se encuentra en la base de la cadena alimentaria de los ecosistemas acuáticos, ya que sirve de alimento al zooplancton; es decir se encarga de la producción primaria en los ambientes acuáticos.

En este contexto, se considera que la composición, cantidad del fitoplancton puede ser de criterio excelente para caracterizar el estado de los sistemas acuáticos y para deducir la estructura de las comunidades acuáticas y el los efectos que presentan frente a diversos factores físicos químicos: pH, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos, fosforo total, nitrógeno total y turbidez del agua.

#### **1.1.1. Justificación Ambiental**

Las actividades agrícolas, con el uso no controlado de agroquímicos y plaguicidas suponen un peligro para la sociedad ya que estas sustancias se diseñan para ser tóxicas persistentes. Las altas concentraciones de nutrientes pueden llevar a florecimientos o blooms en el crecimiento del fitoplancton, es decir a un crecimiento rápido y explosivo, impidiendo que la luz penetre hasta las aguas más profundas. Esto impide el crecimiento de plantas a mayor profundidad y se reduce la diversidad biológica. También el exceso de nutrientes puede favorecer el desarrollo de algunas especies de fitoplancton que producen toxinas. Algunos peces y moluscos zooplanctófagos pueden acumular estas toxinas al filtrar el agua y así llegar hasta los humanos a través de su consumo.

Otra de las actividades que afecta al ecosistema del embalse San Jacinto es el vertido de aguas servidas que salen sin ningún tipo de tratamiento de las comunidades que se encuentran cercanas, en el que a través de diferentes formas estas llegan al lago.

Los residuos sólidos generados por los negocios de comida, por los visitantes que concurren a estos sitios para degustar de las variedades de platillos que de algún modo llega al embalse, de tal manera están contribuyendo a su malogración. Por tanto es necesaria la realización de un estudio que nos permita determinar las características y distribución de la comunidad fitoplanctónica tomando en cuenta que el fitoplancton produce el 50 % de oxígeno importante para la vida además que forma parte de la base de la cadena alimentaria.

Otra manera en la que se está disminuyendo la vida útil del embalse San Jacinto es mediante el arrastre de sedimentos. Cuando se construye una presa en el lecho del río, esta actúa como una trampa de sedimentos, y una parte de los sólidos transportados por la corriente queda retenida en el embalse, disminuyendo así el volumen de almacenamiento o volumen útil. Es inevitable que no ocurra sedimentación aguas arriba de la presa debido a que es un fenómeno netamente de Hidráulica Fluvial. Su origen es muy sencillo: al elevarse artificialmente los tirantes del río y aumentar considerablemente la sección transversal del río, la velocidad de la corriente disminuye, y aun en avenidas puede tener valores muy pequeños, lo que favorece a la sedimentación. (Proyecto Múltiple San Jacinto, 2009).

### **1.1.2. Hipótesis**

La composición y abundancia de la comunidad de fitoplancton en el embalse San Jacinto está influenciada por la zona fótica.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo General**

- Evaluar la comunidad de fitoplancton a través de métodos adecuados de colecta, identificación y estimaciones para comprender su funcionamiento ecológico en el ecosistema acuático del Embalse San Jacinto.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Estimar la composición y abundancia de la comunidad de fitoplancton del embalse San Jacinto mediante instrumentos de colecta y mediante utilización de un microscopio óptico.
- Determinar la Zona Fótica (ZF) del embalse San Jacinto, mediante análisis directos e indirectos y obtener así la estimación del coeficiente de extinción luminosa (k).
- Determinar las características Físico-Químicos base de 8 parámetros del embalse San Jacinto, mediante análisis en laboratorio y campo (equipos de medición) de esta manera saber el estado en que se encuentra el embalse.

## **CAPÍTULO II**

### **2 MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Limnología**

La limnología es la rama de la ecología que en un principio estudiaba los ecosistemas acuáticos continentales (lagos, lagunas, ríos, charcas, marismas y estuarios) y las interacciones entre los organismos acuáticos y su ambiente, que determinan su distribución y abundancia en dicho ecosistema. En la actualidad se enfoca a los lagos, que son sistemas utilizados para realizar diversas actividades económicas (Ortega, 2010)

#### **2.2. Ecosistema**

Toda unidad que incluye todos los organismos (es decir: la "comunidad") en una zona determinada interactuando con el entorno físico de tal forma que un flujo de energía conduce a una estructura trófica claramente definida, diversidad biótica y ciclos de materiales (es decir, un intercambio de materiales entre las partes vivientes y no vivientes) dentro del sistema. (Odum & Sarmiento, 1998)

#### **2.3. Cadena Trófica**

En los sistemas naturales, se presentan dos ciclos, uno de materia y otro de energía. El primero es cerrado e implica el consumo de materia orgánica viva y el segundo consiste en la degradación de la materia orgánica muerta, que pasa a formar parte de un organismo vivo (Ricklefs y Miller, 2000). Estas relaciones mantienen el flujo energético dentro del ecosistema y originan las cadenas tróficas, que se pueden representar por nodos, cada uno de estos nodos están compuestos por especies o grupos de especies que tienen similares presas y similares depredadores, por lo que las distintas especies están dispuestas en un orden determinado en el ecosistema (Ricklefs & Miller, 2000). Entonces se establecen tres niveles tróficos: autótrofos, herbívoros y carnívoros (Odum & Sarmiento, 1998).

En estas cadenas de alimentación el rendimiento es cada vez menor conforme se

asciende en los eslabones y alcanza un 10% entre uno y otro, ya que el resto de la materia orgánica que se asimila como alimento, se gasta en forma de energía durante las funciones del organismo (movimiento, respiración, reproducción, etcétera), o se pierde bajo la forma de restos orgánicos o detritos.

En un ecosistema acuático muchos consumidores son omnívoros, pues se alimentan filtrando del agua tanto plantas como animales (La Naturaleza Trabaja, 1992).

## **2.4 Comunidad**

Según Whittaker, 1975 comunidad es un conjunto de poblaciones de plantas, animales, bacterias y hongos que viven en un entorno e interactúan unos con otros, formando en un conjunto un sistema de vida distintivo con su propia composición, estructura, las relaciones del medio ambiente, desarrollo y función.

### **Embalse**

Son ecosistemas acuáticos creados por el hombre con el propósito de generar energía eléctrica, para irrigación, suministro de aguas de consumo y con fines turísticos y recreativos (Roldán, 1992). Se los puede considerar como un híbrido entre río y lago y su estudio se basa en una visión completa de la Limnología. El río embalsado retarda su flujo, se extiende en forma de una capa de agua que alcanza un equilibrio más avanzado, tanto en relación con el entorno físico como con referencia al desarrollo de la vida. (Margalef, 1983).

La conservación de estos ecosistemas depende del adecuado balance entre la precipitación, la escorrentía, la infiltración y la evapotranspiración. El tiempo de duración está sujeto a muchos factores como ser: el tiempo de retención del agua en el embalse, la limpieza previa del terreno a inundar, la cobertura vegetal de la cuenca y la calidad de las aguas que lo surten (Ramírez, 1989).

Al ser el embalse un sistemas acuático lentic, se pueden dividir en diferentes tipos de acuerdo con su carga de nutrientes y capacidad productiva, pudiendo ser oligotróficos, mesotróficos y eutróficos. En el caso del embalse San Jacinto se trata

de un lago de tipo eutrófico, ya que las actividades humanas contribuyen a incrementar la carga de nutrientes.

## **2.5 Eutrofización**

La eutrofización de un cuerpo de agua es definida como el proceso de adición excesiva de nutrientes inorgánicos (Nitrógeno y Fósforo) y materia orgánica resultando en un incremento en la producción biológica. (Sinke, 1992). Puede ser natural o resultado de actividades antrópicas.

## **2.6 Productividad Primaria**

Además de la luz del Sol los vegetales verdes necesitan para vivir, crecer y multiplicarse: agua, bióxido de carbono y ciertas sales minerales en solución, principalmente nitratos y fosfatos, y representan la única fuente que forma sustancias orgánicas o alimento. A lo anterior se le llama productividad primaria o simplemente producción, y su acción se aprecia tanto en los continentes como en el océano, sobre todo en los mares poco profundos (Rodríguez & Graña 2006).

## **2.7 Plancton**

El plancton es el conjunto de organismos microscópicos, que viven en las aguas dulces o marinas, flotando o dotados de escasos elementos de locomoción; generalmente presentan tamaño microscópico y para medirlos se utiliza la micra (la milésima parte de un milímetro). (Cifuentes Lemus & Torres-García, 1997)

Ese término fue utilizado por primera vez por Víctor Hensen en el año de 1887. Deriva del griego “plankton” que significa “errante o que deriva”. Por lo tanto los seres que forman el plancton son aquellos que se caracterizan por su independencia biológica con respecto al fondo y que están siendo acarreados por las aguas o nadando débilmente.



## Escala de clasificación de especies

Según Avaria, (1965)

**Cuadro N°1 Clasificación de especies según su abundancia**

Rango	Ponderación
>3000	Muy abundante
1000-3000	Abundante
500-999	Moderado
1-499	Escaso
0	Ausente

### 2.8 Características

La densidad del plancton es variable y depende de los nutrientes y de la estabilidad del agua. El plancton marino a veces se hace tan abundante que le da color al agua. Dentro de la gran heterogeneidad que presentan los organismos del plancton por las condiciones de su vida al ocupar las capas superficiales, han evolucionado desarrollando una serie de adaptaciones que les permiten prevenir el hundimiento y conservar el equilibrio. Ello ha traído como consecuencia que los seres que constituyen el plancton tomen una singular fisonomía (Laviolette, 2006)

La diferencia entre el peso o densidad del agua y el peso específico de los seres que en ella flotan es pequeña: alcanza de 1.02 a 1.05 gramos por centímetro de agua, y para contrarrestar o atenuar esta ligera diferencia, los organismos recurren a diversas adaptaciones entre las que destacan el aligerar el peso de su cuerpo o aumentar la superficie de contacto con el agua, permitiendo incrementar la resistencia friccional entre el organismo y el agua del mar, lo que hace mayor la resistencia a hundirse.

La relación entre la superficie del cuerpo del organismo planctónico y su volumen o peso recibe el nombre de "superficie específica" y mientras más elevada sea ésta, más favorece a la flotación así como a la absorción de nutrientes.

Los seres planctónicos se despojan de toda estructura como cubiertas protectoras o formaciones esqueléticas; que pudiera ser un obstáculo para lograr su estabilidad en el medio acuático. Por ejemplo, si se compara el cuerpo ligero de un copépodo que

nada en la superficie provisto de un sutilísimo caparazón, con el cuerpo de la langosta, que vive en el fondo, se observa en esta comparación la significación de la manera en que la arquitectura de estos seres se encuentra perfectamente acondicionada al tipo de vida que uno y otro soportan en relación con las condiciones de las zonas en las que despliegan sus actividades.

Desde el punto de vista cuantitativo, es decir por lo que se refiere a cantidad de organismos en relación con el área que ocupan, también llamada biomasa, existe disminución al aumentar la profundidad de las aguas y dicha disminución se acentúa conforme se aleja de la zona fótica (zona hasta donde llega la luz) donde se realiza la producción de alimento o producción primaria.

## 2.9 Clasificación

Según Cifuentes & Tórriz-García (1997):

**Cuadro N°2: Tipos de plancton según su tamaño**

<b>Tipos De Plancton</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Ejemplos</b>	<b>Métodos De Colecta</b>
Ultraplancton	0.5-10 $\mu\text{m}$	Bacterias y flagelados	Sedimentación y filtros
Nanoplancton	10-50 $\mu\text{m}$	Coccolistofóridos y pequeñas diatomeas	Centrifugación
Microplancton	50 $\mu\text{m}$ -1mm	Dinoflagelados, diatomeas, larvas, rotíferos, moluscos y copépodos	Redes de plancton
Mesoplancton	1 mm-5mm	Larvas de peces	Redes de plancton
Macroplancton	5 mm-10 cm	Copépodos, cladóceros (sargazo, algunas medusas)	Redes de plancton
Megaloplancton	10 cm	Sifonóforos coloniales y medusas grandes	Coladores y frascos

## 2.10 Por Duración de Vida Planctónica

Se puede dividir al plancton según el tiempo que vivan en estado planctónico, que puede ser durante toda su vida o solo durante un ciclo de su desarrollo.

- **Holoplancton:** Aquellos que viven durando todas las etapas de su ciclo biológico se los conoce como holoplancton. Una de las especies más representativas son los copépodos.
- **Meroplancton:** Aquellas que solo pasan una parte de su vida como organismos planctónicos, podemos nombrar muchas larvas y huevos de coral, crustáceos como camarones, langostas, gusanos y los huevos y larvas de los peces, que luego sufren la metamorfosis y se convierten en bentos.

## 2.11 Según la Profundidad (Distribución Vertical)

En general, cuando se habla del plancton se considera que solamente se encuentra en las aguas superficiales; sin embargo, también se localiza hasta en las mayores profundidades. Se puede asegurar que existe plancton en todas las zonas verticales del océano, e incluso se ha demostrado que algunas especies del fitoplancton se dispersan a través del aire que está encima del mar, como por ejemplo algunos dinoflagelados y diatomeas que se han encontrado en muestras de aire colectadas en esta zona.

- **Seuston:** Está en la superficie en contacto con el aire, como ser algunos protozoos, copépodos pontelidos, algunos huevos de larvas de peces. Por ejemplo las "fragatas portuguesas", que son colonias de hidrozoarios cuyo flotador hace las veces de una vela y permite el desplazamiento del organismo principalmente por la acción del viento.
- **Neuston:** Habita la zona justo por debajo de la superficie, a unos pocos mm. El ejemplo más característico lo representan los insectos hemípteros del género *Halobates*, considerados como los únicos insectos marinos que se conocen.
- **Fitoplancton:** Localizado entre 1 a 30 m en la zona más iluminada.
- **Epipelágico:** Habita la zona iluminada o zona fótica a una profundidad que varía entre los 0 a 50 m.

- **Mesopelágico:** Viven desde los 50 a 200 m.
- **Infrapelágica:** Desde los 200 a 600 m.
- **Batipelágica:** De los 600 a los 2 500 m, aún está poblada por animales planctónicos, principalmente del grupo de los crustáceos llamados copépodos, pero con especies distintas a las que habitan en las zonas superiores. También se pueden encontrar los juveniles de organismos que en su estado adulto viven en otras de las zonas como, por ejemplo, sifonóforos, crustáceos, peces.
- **Hadopelágica:** Por debajo de los 2 500 metros y llegando hasta los 6 500 o a mayores profundidades. En ellas la fauna es muy pobre cualitativamente, ya que contiene pocas especies, principalmente de crustáceos del tipo de los ostrácodos, pequeños parientes del camarón que encierran su cuerpo en dos valvas.

### 2.12 Según Distribución Horizontal

- **Nerítico:** Es el que habita en aguas de la plataforma continental.
- **Oceánico:** Que vive lejos de la costa, en aguas del talud y llanura abisal.
- **Estuario:** Viven en aguas salobres.

### 2.13 Variación Estacional

Por lo general el plancton nerítico presenta variaciones durante las diferentes estaciones del año. Se considera que existe una máxima abundancia en primavera, cuando las aguas empiezan a calentarse, y otra máxima en otoño, al iniciarse el enfriamiento, y dos mínimas: una en invierno y otra en verano.

### 2.14 Tipos de Plancton

Pueden ser: zooplancton y fitoplancton.

### 2.15 Fitoplancton (microalgas)

El fitoplancton está compuesto por organismos autótrofos unicelulares microscópicos como bacterias y algas verdes, formando generalmente grandes colonias. Es capaz de sintetizar su propio alimento. Al igual que la mayoría de las plantas, fijan carbono por

medio del proceso de fotosíntesis, a partir del agua, gas carbónico y energía luminosa. Para poder desarrollarse el fitoplancton debe vivir en lugares donde exista luz y minerales en suspensión. Por este motivo el fitoplancton solamente puede desarrollarse en las primeras capas de agua, dado que la luz que traspasa esta profundidad no tiene suficiente calidad para producir la fotosíntesis adecuadamente.

### **2.16 Importancia**

El fitoplancton es importante por ser los productores primarios del medio marino. De la misma manera que en el medio terrestre, la hierba y los vegetales, son los alimentos primarios del ecosistema, el fitoplancton realiza la misma función. Se encarga de fijar el CO<sub>2</sub> atmosférico de manera que el carbono pasa a ser parte de la cadena alimentaria, y por tanto, fuente de energía. Progresivamente la cadena trófica va enriqueciéndose, pues el fitoplancton es consumido por el zooplancton que a su vez puede ser consumido por los peces y así hasta llegar al ser humano.

Otra parte de su importancia se encuentra en la posibilidad de ser un sumidero de carbono. Al encargarse de fijar el CO<sub>2</sub> atmosférico, parte del exceso de CO<sub>2</sub> que hay en la atmósfera entra en la cadena trófica del medio ambiente acuático, de manera que todos los organismos están compuestos por carbono. Estos cada vez son organismos más grandes como peces, que poseen esqueletos y estructuras muy abundantes en carbono, al morir, por gravedad caen al fondo marino de manera que este CO<sub>2</sub> queda retenido en las profundidades.

El fitoplancton alcanza su mayor desarrollo en primavera, que es cuando más luz solar llega a la zona fótica, llegando a producir el 50% del oxígeno molecular necesario para la vida. La parte superior más cálida (epilimnion) se aísla de la más fría (hipolimnion) por una zona llamada termoclina que actúa como barrera ante el intercambio de materiales. Esto hace que pronto sea insuficiente el suministro de O<sub>2</sub> en el hipolimnion y de nutrientes en el epilimnion. El 95% de la productividad primaria en el mar se debe al fitoplancton. Este constituye la base de la pirámide alimenticia de todo el ecosistema acuático.

Los grupos más representativos debido a su incidencia en la producción son: las diatomeas, los cocolitoforidos y los dinoflagelados (algas pardodoradas, las algas verdes y las algas verdeazuladas).

## 2.17. Ecología General

### Crecimiento

Mientras más luz hay en el ecosistema, hay más fotosíntesis y mayor crecimiento del fitoplancton. Pero si hay demasiada luz, se produce una fotoinhibición y las enzimas fito se lastiman, si la densidad del fitoplancton es mucha se ve afectada por su auto-sombra.

Fotosíntesis (luz)

Sales minerales del agua-----fitoplancton

(N, P, Ca,etc)

CO<sub>2</sub>—H<sub>2</sub>O

(CH<sub>2</sub>O)

La productividad del fitoplancton o productividad primaria, es decir la síntesis de la materia nutritiva, representada por los azúcares, grasas y proteínas, a partir del agua, el bióxido de carbono y los nutrientes que fijan del agua del, como nitrógeno, potasio, calcio, sílice, hierro y otros elementos. Durante este proceso de síntesis los vegetales expulsan oxígeno que se disuelve en el agua o pasa a la atmósfera. Se puede considerar que las aguas que cubren a la plataforma continental representan la zona más propicia para el desarrollo del fitoplancton, porque en ella se encuentran los elementos básicos, nutrientes y luz solar, que éste necesita para su vida. La superficie en el océano abierto recibe gran cantidad de luz solar, pero es pobre en nutrientes, y aunque éstos abundan en las aguas profundas, al faltar la luz, la existencia del fitoplancton es muy escasa.

Cualquier organismo que se hunda o se desplace fuera del estrato eufótico representa una pérdida neta de materia orgánica. La profundidad a la que se encuentre el fitoplancton depende de la densidad, de la salinidad y de la temperatura del agua.

## **Presencia de Micronutrientes Orgánicos**

El fitoplancton, depende de la presencia o ausencia de nutrientes en el medio ambiente para su desarrollo. Puede excretar hasta el 20% de la producción orgánica de sus fotosíntesis en forma de componentes orgánicos como ácido glicólico, hidratos de carbono, polisacáridos, sustancias hormonales, toxinas, etc.

## **Sucesión del Fitoplancton**

### ➤ **Anual**

- Invierno: Mínimo de fitoplancton. Pequeños flagelados adaptados a luz y temperatura bajas.
- Primavera: Explosión de diatomeas, seguida de algas verdes (clorofícea)
- Verano: Diatomeas predominan en aguas pobres en nutrientes.
- Otoño: Se presentan explosiones pequeñas de Diatomeas que sobreviven en los fondos.
- **Diaria** En general, máxima en la mañana de 10 a 11, baja al medio día por el exceso de luz, vuelve a subir por la tarde.

## **Pigmentos Fotosintéticos**

- Clorofila: Presentes en todas las algas, con una absorción máxima de 660-665 a 430 nm.
- Carotenes: Presentes en todas las algas.
- Xantofilas: Presentes en cianofíceas.

## **Taxonomía**

Según Laviolette (2005):

### **A. Cianofíceas (algas verdes-azules)**

Es un grupo primitivo similar a las bacterias, con una estructura procarionte: ausencia de membrana nuclear, mitocondrias y cloroplastos. Tiene ventajas en condiciones estables y dominan en verano en lugares con buena fertilización.

**Características:**

- Reproducción por división celular o esporas.
- Existen Cianofíceas unicelulares, filamentosas y coloniales.
- Adaptación a la luz baja.
- Especies con vacuolas permitiendo migración vertical rápida y flotación regulable.
- Especies fijadoras de nitrógeno, que las hacen más competitivas en verano, cuando las reservas de nitrógeno fueron acabadas.
- Fotosíntesis eficiente a pH alto.
- Pueden aguantar condiciones extremas.
- Poseen toxinas y están en grandes colonias, lo que las protegen de ser comidas por el zooplancton.
- Buen crecimiento a temperatura alta.

**B. Clorofíceas (algas verdes)**

Son un grupo importante y muy diverso morfológicamente. Se reproducen mejor en verano pero presentan desventajas en aguas turbias a favor de las diatomeas.

**Características:**

- Muchas especies son flageladas (2-4 flagelos)
- Se reproducen por división celular, producción de esporas (asexual) y gametas (sexual) (1.5-2/día)
- En aguas dulces con salinidad muy baja.
- Dependen de la turbulencia para mantenerse en suspensión.
- Buen crecimiento a luz y temperatura altas.
- Representan un buen alimento para el zooplancton

**C. Diatomeas (algas amarillas)**

Tienen la pared celular de silicio, por lo que solo crecen en ambientes en donde hay este mineral, tienen buena sobrevivencia en invierno y un alto crecimiento en primavera.



### **Características**

- Poseen dos tapas o valvas que forman un caparazón traslúcido constituido por sílice. Dichas valvas encierran el citoplasma
- Reproducción nocturna por división celular.
- Adaptabilidad a luz baja
- Buen crecimiento a temperatura baja.
- Mucha predación por parte del zooplancton
- Existen más de 9000 especies.

#### **D. Dinoflagelados**

Grupo menos común, tienen ventajas en condiciones muy selectivas: cuando hay carencia extrema y crónica de nutrientes. Predación importante por zooplancton y estratificación.

### **Características**

- Unicelulares flagelados de tamaño grande,
- Reproducción asexual y sexual.
- Algunas especies presentan toxinas.
- Poca predación por zooplancton.

#### **E. Otras Algas**

Euglenofíceas, xantofíceas, chrysofíceas. Son especies poco importantes en el embalse San Jacinto.

### **2.2. Zona Fótica**

Es aquel volumen de agua en el océano o lago que recibe suficiente luz como para llevar a cabo fotosíntesis. La Zona Fótica (Zeu) está determinada por la profundidad a lo que la tasa de fotosíntesis limitada por la luz es prácticamente cero. A efectos prácticos, se considera que esta limitación se produce cuando la radiación restante representa el 1% de la superficial. (Reynolds, 1984).

### 2.2.1. Transmisión y absorción de la radiación solar en el agua

La cantidad y calidad de energía lumínica que penetra en la columna de agua de un lago a partir de la radiación solar incidente en la superficie, sufre dos procesos básicos: una parte es dispersada y otra es absorbida. La disminución de esta energía radiante con la profundidad se denomina atenuación (Wetzel 1981, 2001).

Es importante para conocer la transparencia del agua de un lago comprender las propiedades de la absorción selectiva del agua, y su transformación en energía radiante o calor, en principio sobre el agua pura y después en el agua del lago que contiene además muchos otros elementos en disolución y suspensión.

Es posible asegurar que el color natural del agua de un lago es el resultado de la dispersión de la luz desde el lago hacia arriba, después de haber atravesado el agua a distintas profundidades y de haber sufrido por el camino una absorción selectiva.”

(Wetzel, 1981).

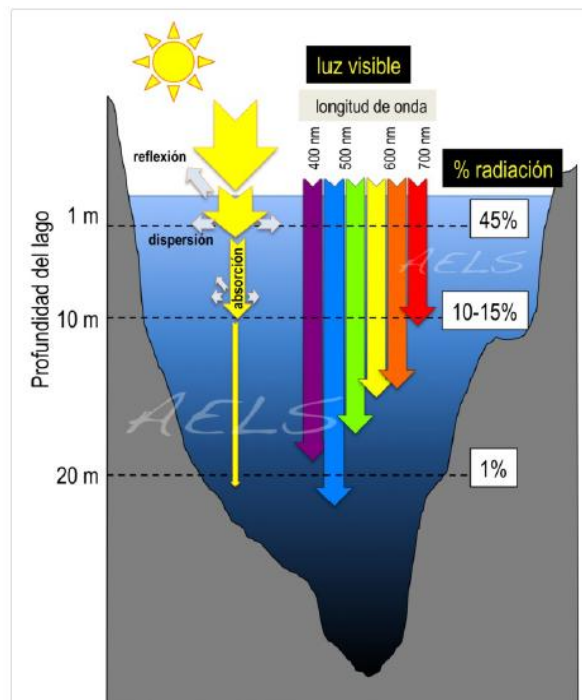


Figura 1. Proceso de atenuación de la radiación solar incidente dentro del agua de un lago profundo

### 2.2.2 Atenuación de la luz en un lago

Pero esta relación es imperfecta en el caso de un lago ya que la luz solar no es monocromática, sino que está compuesta por muchas longitudes de onda. Y además

penetra en distintos ángulos y a lo largo de una columna de agua con materiales disueltos y en suspensión.

Esto modifica el coeficiente de atenuación total que finalmente está compuesto por tres factores:  $\eta_a$  coeficiente del agua pura,  $\eta_s$ , coeficiente de las sustancias en suspensión (seston), y  $\eta_c$ , coeficiente de las sustancias en disolución (el color del agua).

$$\eta = \eta_a + \eta_s + \eta_c$$

### 2.2.3 Transparencia del agua de un lago a la luz

Existen instrumentos de analítica precisos y complejos para evaluar la extinción vertical y las características espectrales de la luz en los lagos y embalses. Sin embargo se ha validado empíricamente una evaluación aproximada de la transparencia del agua a la luz solar con una metodología muy sencilla y de muy bajo coste.

Fue ideada por el monje y científico italiano Pietro Angelo Secchi, y se basa en calcular el punto en el cual deja de verse un disco blanco o blanco y negro que se va hundiendo en el agua; y que ha tomado su nombre: disco de Secchi -DS-.

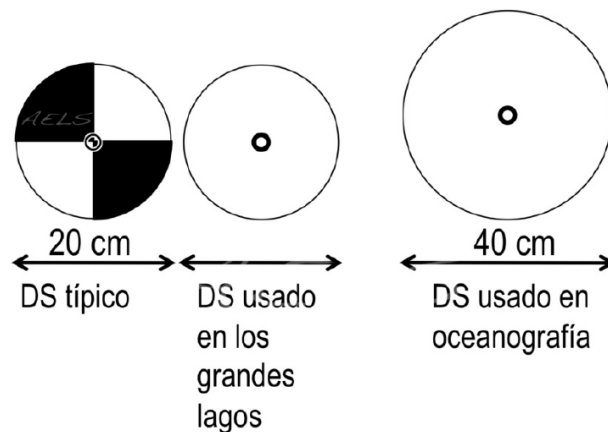


Figura 2 Tipos de disco sechi utilizados en limnología

Es un método muy usado debido a su simplicidad y rapidez, lo que permite ser utilizado por todos los investigadores y hacer multitud de medidas a lo largo de una jornada de trabajo a muy bajo coste. No es una medida de precisión pero sí una aproximación muy fiable y rápida. Sin embargo tiene como mayor inconveniente que

se trata de un método muy influenciado por las condiciones locales de iluminación y oleaje, y también al ojo del observador.

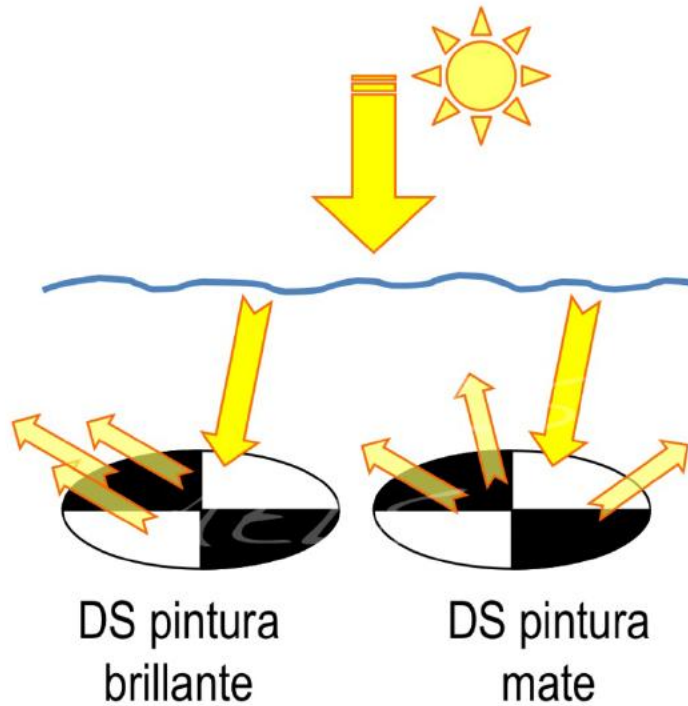


Figura 3 Influencia del tipo de pintura utilizado

La transparencia calculada con el disco de Secchi -DS- puede a su vez ser utilizada para conocer la zona fótica del lago, una medida muy importante en el estudio de la producción primaria de la masa de agua y para conocer su estado ecológico.

Es posible hacer medidas DS desde apenas 40 cm en embalses muy turbios hasta casi 40 m en lagos alpinos de condiciones prístinas y aguas ultraoligotróficas.

Medición de disco sechi a 6 m. en un lago lo que permite aproximar que la zona iluminada alcance por lo menos los 15 m de profundidad

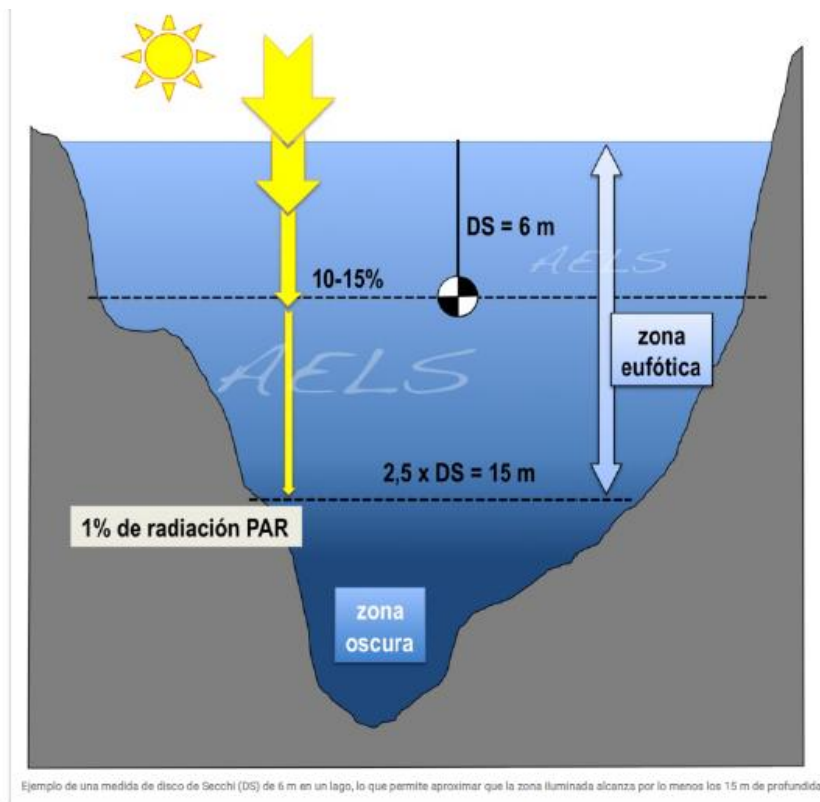


Figura 4 Ejemplo de medición de DS

Existe una correlación entre la medida DS y el porcentaje de transmisión de la radiación en la columna de agua. Aunque existen variaciones interanuales y estacionales en la transmisión de la luz en las masas de agua Octavio et al. (1977) calculan una relación entre el  $DS/\eta$  : 1,7 para aguas oceánicas (en French et al. 1982). Margalef (1983) y Wetzel (2001) aceptan utilizar un valor del factor de 1,7 en agua dulce y 1,45 en aguas saladas para calcular la extinción del 99% de la radiación incidente o punto de compensación de la luz en las aguas dulces. Este punto de la columna de agua define como zona eufótica la profundidad por debajo de la cual no es posible la fotosíntesis por falta de radiación fotosintéticamente activa (PAR).

### ¿Cómo se calcula ese factor?

Se ha relacionado empíricamente que  $\eta_{\text{total}} = K / DS$ , siendo  $K = 1,7$  en el caso general validado por Rull et. al. Para 98 embalses españoles en 1974 (en Margalef 1983).

- Luego  $I_z / I_0 = e^{-(1,7/DS)z}$
- y por lo tanto el punto donde  $I_0$  vale el 1% es:  $0,01 = e^{-(1,7/DS)z}$
- de donde  $z = -\ln 0,01 (DS/1,7) = (4,6 * DS) / 1,7 = 2,7 * DS$

Y entonces la relación entre la profundidad DS y el punto de compensación 1% es un factor de 2,7 para extrapolar la potencia de la zona eufótica del lago. En la práctica se suele redondear la multiplicación a un factor K de 2,5; y esta es la cifra que habitualmente se utiliza en los seguimientos periódicos de calidad y de estado trófico. Según esto De Hoyos (1996) en las medidas directas de atenuación de la luz realizada durante 5 días de 1989 y 1991 calcula que la distancia DS supone el 51% de la zona eufótica; debido en gran medida a que las sustancias húmicas y otras orgánicas e inorgánicas disueltas en el agua absorben especialmente en la región del azul y no en la zona del rojo. Mientras que los organismos con clorofila absorben principalmente en la región del azul y del rojo.

En lagos muy oligotróficos y transparentes la luz azul es predominante en la zona de compensación, mientras que en los lagos húmicos las longitudes más penetrantes son las rojas y en las orillas más someras la luz más abundante es la verde, por lo que el ecosistema se aprecia visualmente de un cierto color amarillento.

(Hutchinson, 1957).

### **2.3. Parametros fisico-quimicos determinantes en la vida de organismos acuaticos**

#### **Temperatura**

La temperatura del agua es un parámetro fundamental para la vida acuática por el hecho de que la gran mayoría de los organismos acuáticos son de sangre fría, significa que su metabolismo dependa de la temperatura del agua, lo que hace que su crecimiento sea mayor a temperaturas más altas y menor a temperaturas bajas.

Pueden existir diferencias de temperatura muy puntuales, por ejemplo en zonas litorales donde existe mucho jacinto acuático que impide la circulación lateral del agua lo que puede ser provechoso para la vida piscícola. Por otro lado, se puede observar en algunas ocasiones algún gradiente térmico entre las desembocaduras de los ríos y la parte sur del embalse cerca de la presa. En consecuencia, se puede decir que las temperaturas más variables y extremas de los ríos pueden tener alguna influencia sobre la temperatura del agua del embalse, pero esta influencia es bastante puntual sobre todo en período de estiaje. En los meses de diciembre enero y febrero, existe un fuerte gradiente térmico vertical a pocos metros llamado termoclina. En otras palabras, esto significa que la temperatura del agua varía mucho sobre pocos metros de profundidad ya que el agua caliente mucho en la superficie durante el día y se queda muy estable. Por lo tanto, no puede existir mezcla o circulación vertical del agua ya que el agua caliente de superficie es más liviana que el agua más fría de profundidad por la simple relación temperatura-densidad del agua. (Laviolette, 2007)

### **Ph**

Mide la acidez o alcalinidad. La escala de valores es de 0 a 14 unidades de pH. Las aguas que tienen un pH inferior a 7 son ácidas y las superiores a 7 son básicas.

Los lagos hipereutróficos que son ricos en materia orgánica poseen valores de pH bajos (aguas ácidas) turbas, pantanos. (P.Moreta, 2008).

Este parámetro nos da una información valiosa acerca de algunos equilibrios químicos y reacciones del agua como el efecto tapón de la misma (= estabilidad del agua acerca de los cambios de acidez) o la abundancia de gas carbónico en el agua, el mismo que está utilizado por el fitoplancton cuando realiza la fotosíntesis. También este parámetro nos indica si puede existir alguna acumulación de sustancias tóxicas como el amoníaco (producto de excreción de los peces) que se acumula más a pH alcalino (transformación del amonio no tóxico en amoníaco tóxico). A pH muy ácido (debajo de pH 6) pueden existir otros procesos químicos que afecten la vida piscícola y que incluso puedan volverse letales para los mismos. Por lo tanto, un pH cerca de la neutralidad es generalmente favorable para la vida acuática en general. (Laviolette, 2007)

### **Oxígeno disuelto**

El oxígeno disuelto proviene de la mezcla del agua con el aire, ocasionada por el viento y/o, en la mayoría de los casos, principalmente del oxígeno que liberan las plantas acuáticas en sus procesos de fotosíntesis. El oxígeno disuelto es esencial para el mantenimiento de lagos y ríos saludables, pues la presencia de oxígeno es una señal positiva, mientras que la ausencia indica una fuerte contaminación. Es muy importante para mantener la vida acuática en los cuerpos de agua (Malina, 1996).

Las fuentes de oxígeno para el agua de un embalse son principalmente la difusión del oxígeno atmosférico (la acción del viento aumenta esta difusión) y la fotosíntesis del fitoplancton y también de algunas plantas a partes verdes sumergidas. Por lo anterior, ya que el plancton vegetal necesita luz para fotosintetizar y producir oxígeno, el contenido en oxígeno va a depender mucho de la penetración de la luz en el agua más bien de la transparencia o turbidez de la misma. Cabe decir que la medición del oxígeno disuelto del agua no es siempre muy fiable por problemas de calibración del equipo o por la misma técnica de muestreo. Puede ocurrir que al agarrar agua en un frasco para su posterior análisis, algo de oxígeno atmosférico logre difundir por el chorro o la turbulencia que se provoca al llenar el frasco. (Laviolette, 2007)

### **Conductividad**

Este parámetro corresponde a la totalidad de iones o electrolitos disueltos presentes en el agua y su medición es fundamental para conocer la riqueza natural del agua fuera de los nutrientes N (nitrógeno) y P (fósforo). La productividad natural de los medios acuáticos es directamente ligada a la conductividad del agua a tal punto que varios estudios han relacionado este factor con la producción piscícola. De esta manera, se han elaborado de manera empírica fórmulas de cálculo de la producción piscícola en base a la conductividad y profundidad media de los ecosistemas acuáticos (hablando de índices morfoedáficos, ver la sección que trata de los recursos piscícolas).(Suarez, 2005)



### **Turbiedad, Transparencia y sólidos**

La turbiedad refleja la cantidad de materia en suspensión (sólidos) y nos da indicaciones sobre las posibles limitaciones de fotosíntesis debido a la no penetración de la luz solar en el agua por esta misma materia. La transparencia nos informa sobre la penetración de la luz en profundidad. En caso de alta turbidez o baja transparencia, la productividad primaria (del plancton vegetal) es reducida y puesto que se trata de la base de la producción del ecosistema acuático, la misma producción piscícola se ve muy afectada. Sería como cultivar un terreno ubicado en una cueva donde no llega mucha luz y en tal caso, la producción de forraje y luego de ganado sería baja. A continuación, hablaremos sobre todo la transparencia del agua ya que se trata de un parámetro más general y más fácil para medir.(Lavolette, 2005)

### **Otros parámetros**

#### **Nitrógeno y fósforo**

Los nutrientes N y P son obviamente fundamentales para la vida acuática, sobre todo respecto al fitoplancton que los necesita para poder desarrollarse.

#### **DBO y coliformes fecales**

La demanda Biológica en Oxígeno (DBO) es un buen indicador de los niveles de contaminación de las aguas sobre todo por las materias orgánicas y refleja las exigencias del agua en oxígeno por parte de los microorganismos que descomponen tales materias. Aguas naturales presentan DBO menores a 2 mg/l de O<sub>2</sub> mientras que la DBO de aguas muy contaminadas alcanza valores de 50 mg/l o más.

## **2.4 base legal**

### **Ley N° 1333 Ley Del Medio Ambiente**

La presente disposición legal la Ley Medio Ambiente N° 1333 del 29 de abril de 1992 dispone en el Artículo 1.La protección y conservación del medioambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población.

Establece, como parte de la Política Ambiental Nacional, la optimización y racionalización del uso de aguas, aire, suelos y otros recursos naturales renovables, garantizando su disponibilidad a largo plazo (Art. 5, inciso 4). Asimismo, señala que la protección y conservación del recurso agua es tarea fundamental y de prioridad nacional del Estado y la sociedad (Arts. 36 y 37); así como su planificación, uso y aprovechamiento integral, para beneficio de la comunidad nacional, con el propósito de asegurar su disponibilidad permanente; priorizando acciones a fin de garantizar agua de consumo para toda la población (Art. 38). En este sentido, el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH), como parte de la Política Ambiental y de Seguridad Hídrica, planteo la Clasificación de Cuerpos de Agua (CCA) como una herramienta para la Gestión Integral de los Recursos Hídricos señalando que la misma debe realizarse con base en su aptitud de uso y que debe entenderse como el establecimiento del nivel de calidad existente o el nivel a ser alcanzado y/o mantenido en un cuerpo de agua.

Por tanto este estudio pretende dar a conocer el estado en que se encuentra el embalse esperando pueda ayudar a formar nuevos estudios para el mejoramiento y conservación de este recurso.

1. El artículo 3º en el Título I y en Capítulo I Indica que los recursos naturales constituyen patrimonio de la Nación, su protección y aprovechamiento se encuentran regidos por Ley y son de orden público.
2. Según la ley 1333 en su Artículo 6º bajo el Reglamento en materia de contaminación hídrica; se considera como parámetros básicos, los siguientes: DBO5; DQO; Colifecales NMP; Oxígeno Disuelto; Arsénico Total; Cadmio; Cianuros; Cromo hexavalente, Fosfato Total; Mercurio; Plomo; Aldrin; clordano; Dieldrin; DDT; Endrin; Malatión y Paration.
3. En el presente trabajo tomara en cuenta los siguientes parámetros básicos; conductividad; Oxígeno disuelto; solidos totales disueltos; fósforo total; pH ; nitrógeno total; temperatura y DBO.

4. En el título IV del monitoreo, evaluación, prevención, protección y conservación de la calidad hídrica de la Ley 1333 en el capítulo I de monitoreo y evaluación de la calidad hídrica indica lo siguiente en los artículos a continuación:
5. Artículo 36, "En caso de que un cuerpo de agua o sección de un cauce receptor tenga uno o más parámetros con valores mayores a los establecidos según su clase, la Instancia Ambiental Competente deberá investigar y determinar los factores que originan esta elevación, para la adopción de las acciones que mejor convengan, con ajuste a lo establecido en el Reglamento de Prevención y Control Ambiental".
6. Cabe mencionar que según la ley se debe investigar los efectos que causan que un cuerpo de agua sobrepase los límites permisibles para que luego los resultados se acompañen de acciones de mejora.
7. El artículo 53° En caso de que las condiciones físicas y/o químicas. De un cuerpo de agua se alteren en forma tal que amenacen la vida humana o las condiciones del medio ambiente, el Gobernador informará al MDSMA a objeto de que éste, conjuntamente las autoridades de Defensa Civil, disponga con carácter de urgencia las medidas correspondientes de corrección o mitigación.
8. De acuerdo a lo suscrito en los artículos anteriores (37 y 53) debe analizarse según sus parámetros para poder informar a la población y poder tomar las medidas pertinentes.

## **2.5 Norma Boliviana 512**

### Calidad de agua potable para consumo humano – requisitos

Esta norma toma en consideración la importancia sanitaria de los parámetros a analizar, la calidad y la sensibilidad de las fuentes utilizadas para la producción de agua para consumo humano.

## **CAPÍTULO III**

### **3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

#### **3.1 Localización del área de estudio**

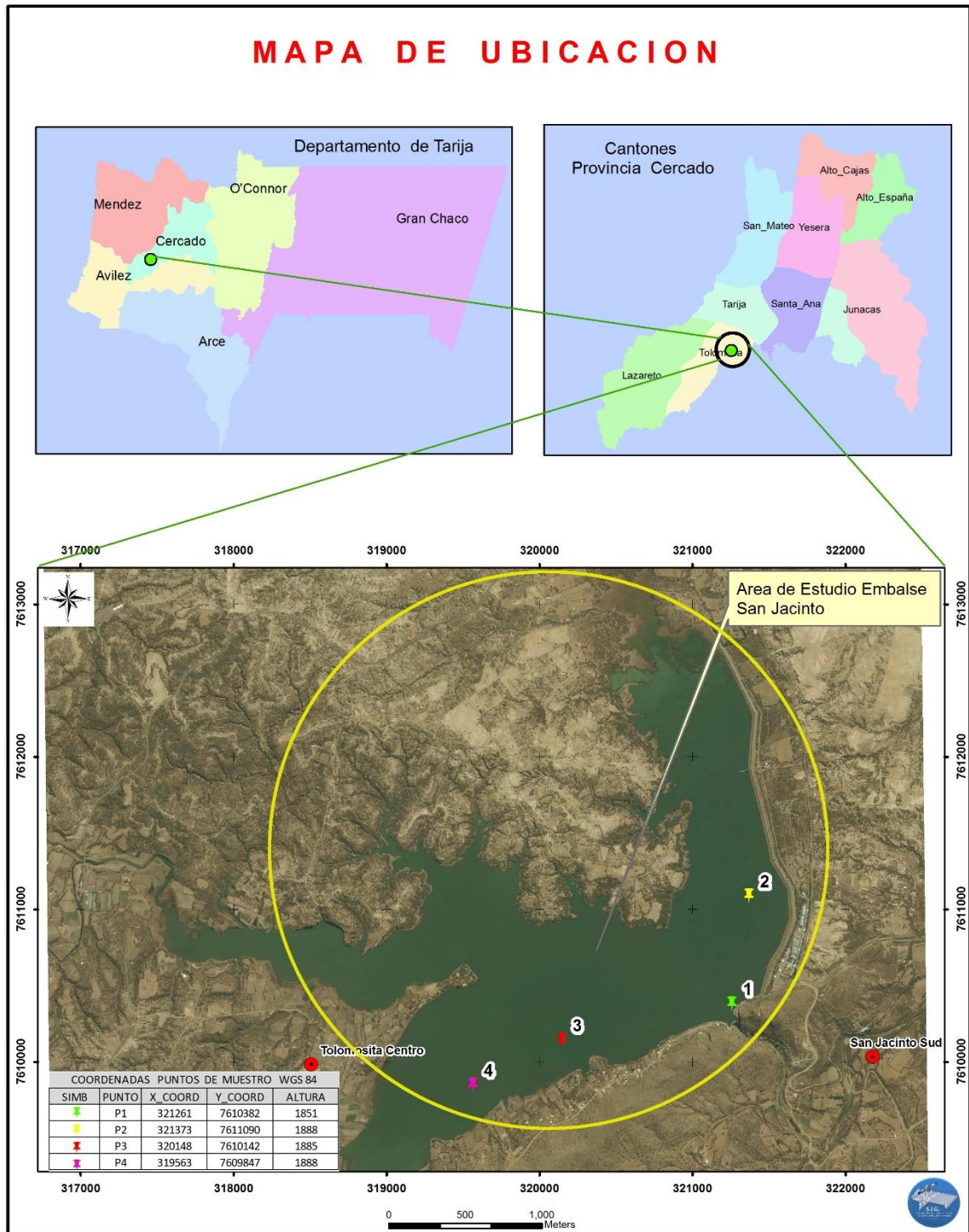
La presa de San Jacinto es una construcción de gran envergadura ya que esta cuenta con varias etapas, la presa fue construida con grandes visiones para el desarrollo del departamento de Tarija. (Laviolette, 2005)

Ubicado alrededor de 7 Km de la ciudad de Tarija y se encuentra formado por el dique La Tablada, el angosto de San Jacinto y su principal aportante es el río Tolomosa.

Está ubicada aproximadamente en la latitud sur con  $21^{\circ}36'04,84''$  y longitud de  $64^{\circ}43'36,39''$ , se abastece con la cuenca de Tolomosa, la presa está en el cauce del río Tolomosa el área aproximada del vaso es de 700 Has.

El cuerpo de la presa está ubicado en la boca del vaso con un ancho de aproximado de 85 m y una altura de 45 m aproximadamente. El terreno del lugar es fino, la parte baja de la presa esta sedimentada a causa de que la presa está ubicada en el cauce y el tipo de suelo que predomina. (Laviolette, 2005)

# Mapa N° 1 Área de estudio lago San Jacinto



Fuente: Elaboración Propia

### **3.1.1 El Embalse San Jacinto**

Es un ambiente acuático de aguas estacionadas o quietas, (medio lentic), producto del represamiento de los Ríos Tolomosa y Río molino. Proporciona agua para regar 2900 hectáreas de cultivos de alto valor económico como es la viticultura, en beneficio directo de 1300 regantes de 13 comunidades del área de influencia del proyecto múltiple San Jacinto. Así mismo sus aguas se utilizan para la generación de energía hidroeléctrica para la ciudad de Tarija, para el turismo y la pesca deportiva.

Las características físico químicas promedio del agua de la represa son:

#### **Aspectos climáticos.**

Pertenece a la alta cuenca del río Tolomosa donde los afluentes, como el río de Calderillas, Pinos, y Sola son la mayor influencia.

Entre los parámetros climáticos más representativos podemos indicar a la precipitación, la temperatura, la humedad relativa y la evaporación.

### **3.1.2 .Precipitación.**

Los datos de precipitación señalan que el promedio anual es de 657,4 mm para todo el sistema y los valores varían desde los 386,3 mm, hasta los 1074,1 mm. La precipitación se caracteriza por periodos relativamente cortos de lluvias (noviembre-Abril), con regímenes de precipitaciones muy variables en cuanto a frecuencia e intensidad y con un periodo largo de estiaje (Mayo-Octubre), periodo en el cual es más notorio el déficit de agua en las subcuencas del Río Santa Ana.

También se presenta precipitaciones máximas en 24 horas en un promedio de 109,4mm.

### **3.1.3. Temperatura.**

La temperatura media del área del embalse, comunidad de San Jacinto oscila alrededor de los 17.4° C. con máximas durante el periodo de verano de aproximadamente 39.4°C. En cuanto a las mínimas registradas éstas alcanzan los -8°C. Sobre todo durante el invierno que por las características de la zona la humedad es un factor decisivo para alcanzar estos valores extremos

#### **3.1.4. Humedad relativa.**

La humedad relativa en el área de influencia de la presa, comunidad de San Jacinto depende de factores como temperatura, altura sobre el nivel del mar, orientación de las pendientes y régimen de precipitación, es así que varía de acuerdo a zonas bien diferenciadas,

Los meses con humedad relativa más alta que son: enero, febrero y marzo con valores cercanos a 80% de humedad, mientras que en junio y julio este valor es alrededor del 35%.

#### **3.1.5. Granizadas.**

Los valles que desarrollan actividades agrícolas en la cuenca del Tolomosa especialmente aquellos próximos a la cordillera de Sama y con menor frecuencia en el Sub Andino, son azotados por las granizadas, con una ocurrencia muy local de las tormentas y la falta de registro de datos resulta muy difícil pronosticar la ocurrencia de granizadas.

#### **3.1.6. Evaporación.**

La evaporación desde la superficie libre de agua está alrededor de los 1600mm/año, estimándose la evapotranspiración potencial en 1280mm/año originándose como consecuencia un déficit hídrico de 670mm, siendo los meses más críticos los de agosto, septiembre y octubre con valores que sobrepasan los 150mm.

#### **3.1.7. Frentes fríos.**

Sin duda la mayor frecuencia de frentes fríos se presenta durante el invierno austral (mayo, junio, julio y agosto) estos frentes se caracterizan por vientos de componente meridional positiva, es decir vientos de dirección “Sur” con abundante humedad.

El posterior descenso de temperaturas depende sustancialmente del apoyo del sistema anticiclónico post-frontal después del paso del frente.

### **3.1.8. Heladas**

La época de mayor probabilidad de heladas se inicia a fines del mes de mayo y se extiende hasta fines del mes de agosto.

El periodo medio libre de heladas esta alrededor de los 273 días quedando un periodo medio con heladas de 92 días, comprendidas entre el 25 de mayo y el 25 de agosto.

La máxima frecuencia de heladas corresponde a 1962 con 44 heladas y la mínima corresponde a 1980 en la que se presentaron heladas en solo 8 días.

### **3.1.9. Vientos.**

La época en la cual se registran con mayor intensidad está comprendida entre los meses de julio a octubre, se registran las mayores velocidades del viento que generalmente son del orden de 8.7 km/h, a 2 m de altura con dirección sud.

Los vientos predominantes se presentan del sudeste, con una velocidad media de 6.3 km/h en los meses de septiembre y octubre, se tiene las mayores velocidades con 8.8 y 9.2 km/h, respectivamente, mayo es el mes con vientos con velocidades menores a 4.9 km/h.

### **3.1.10. Aspectos hidrográficos.**

La cuenca del río Tolomosa está formada por seis subcuencas ; La quebrada de Tablada, Rio Seco, Río el Molino, que desembocan directamente al embalse de San Jacinto, el Río Sola con el Rio Pinos forman el Rio Tolomosa que desemboca en el rio Mena el cual es el principal alimentador del embalse.

Estos ríos nacen en las serranías de Tajsara, mientras avanzan por su recorrido aumentan su caudal, constituyéndose en las principales fuentes de agua para la zona y en especial al lago.

### **3.1.11. Aspectos bióticos.**

### **3.1.12. Vegetación.**

El tipo de vegetación está constituido por matorrales xerofíticos de los valles interandinos que tiene su mayor expresión en las colinas bajas y las pendientes inferiores de las serranías circundantes; La vegetación de la zona se caracteriza por la



presencia de especies vegetales nativas y algunas exóticas implantadas, la flora representativa de la zona se caracteriza por presentar bosques ralos de especies dominantes, población de leguminosas espinosas pertenecientes a la familia Mimosácea, formando matorrales puros también se encuentran algunas especies como molle, jarca y con pequeños rodales de pinos alisos, las partes altas están representados por el género de *Polylepis* que se presentan dispersas en cañadones y valles formando pequeños bosques. *Eupatorium* y *baccharin* formando arbustales de diferente cobertura en laderas. Además pajonales de los géneros *Deyuxia*, *Eliuxia*, *Elyunorus*, *Estipa* y *Aristida*. (Beck, Killen & Garcia, 1993)

Además están presentes los géneros *Alnus*, *Podocarpus* y varias especies arbustivas Mirtaceas, formando parte de los bosques húmedos nublados montanos a partir de los 2050 a 2.800 msnm aproximadamente. En el pie de monte y llanuras se caracterizan los géneros de *acacia*, *prosopis* formando matorrales con algunos árboles emergentes de la zona del valle.

Dentro de las especies implantadas las que más predominan en la zona es el Eucalipto, Ciprés Álamos blanco y plateado, Ceibo, Grevilla, que fueron implantados de acuerdo al requerimiento de los comunarios, especies que fueron comprados o adquiridos por donación de algunas entidades públicas.

**Cuadro N° 3: Vegetación**

<b>Tipo de Vegetación</b>	
<b>Nativas</b>	
Churqui	<i>Acacia caven</i>
Molle	<i>Schinus molle</i>
Tarco	<i>Acacia visco</i>
Tusca	<i>Acacia aramo</i>
Chañar	<i>Geofrea decorticans</i>
Algarrobo	<i>Prosopis nigra</i>
<b>Exóticas</b>	
Ceibo	<i>Erythrina cristagalli</i>
Tarco	<i>Jacaranda mimosifolia</i>
Pino	<i>Pinus radiata</i>
Carnaval	<i>Casia carnaval</i>
Chacatea	<i>Dodonaea viscosa</i>
<b>Cactáceas</b>	
Ulala	<i>Cereus validus</i>
Cardón	<i>Cereus peruviana</i>
Penca	<i>Opuntia salmiana</i>
<b>Arbustivos</b>	
Chilca	<i>Bacharis sp.</i>
Cedrón del monte	<i>Aloysia gratissima</i>
Hediondilla	<i>Cestrun parqui</i>
Palan Palan	<i>Nicotiana glauca</i>

Fuente: (Zonisig, 2001)

### **3.1.13 Relieve y Altitud**

El relieve es montañoso varía de 4614 msnm en la cima del cerro Negro del Chiquiro hasta los 1884 msnm del embalse San Jacinto, determinando un gradiente altitudinal de 2.730 m.

### **3.1.14 Red de Drenaje**

La red de drenaje es moderada a densa conformando varias subcuencas como Río Sola, Pino, El Molino, Río Mena con recursos hídricos superficiales importantes y de calidad que alimentan al embalse San Jacinto.

Podría decirse, son la pesca y junto a ello se generan puestos de comida de gran apreciación para turistas.

### **3.1.15. Fauna.**

Las comunidades circundantes al área de embalse de la presa de San Jacinto está constituido por una variedad de flora y fauna de acuerdo al estudio de la Reserva

Biológica Sama se identificaron 207 especies de aves, 57 de mamíferos 23 de reptiles 4 especies de peces nativos y 83 especies de artrópodos.

### **3.1.16 Composición de la Ictiofauna**

De acuerdo al régimen alimenticio, los peces que habitan el lago San Jacinto, se clasifican en carnívoros, omnívoros y planctófagos; de acuerdo a su procedencia, se puede identificar peces nativos y peces introducidos.

***Peces nativos:*** Doradito (*Oligosarcus bolivianus*), mojarrita (*Diplodus annularis*), churujma (*Plecostomus borelli*), llausa (*Heptapterus mustelinus*), misquincho (*Pygidium* sp). Estos peces han llegado al lago procedente de los ríos embalsados es decir del Rio Tolomosa y Rio Molino. Morfológicamente son peces reófilos es decir adaptados a la vida en agua corrientes, sin embargo se han adaptado muy bien al nuevo ambiente artificial de aguas quietas. De las cinco especies mencionadas, el doradito (*Oligosarcus bolivianus*) se ha adaptado mejor y se reproduce muchas veces al año, le sigue la mojarrita (*Diplodus annularis*), sin embargo no se puede decir lo mismo de la churujma (*Plecostomus borelli*) que al parecer ya no esta presente en el lago como al principio, tal como lo reportaron los científicos rusos en sus investigaciones de los años 90. La llausa (*Heptapterus mustelinus*) y el misquincho (*Pygidium* sp) se encuentran más bien cerca al desemboque de los ríos.

***Peces introducidos:*** La carpa (*Cyprinus carpio*), pejerrey (*Odontesthes bonariensis*), tilapia (*Oreochromis niloticus*), anguila (*Anguillidae*).

La carpa (*Cyprinus carpio*) y el pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) fueron introducidos legalmente a través de la estación piscícola San Jacinto en el lago, procedentes de Chuquisaca, Cochabamba respectivamente, para fomentar la pesca

deportiva. La tilapia (*Oreochromis niloticus*) se dice que llegó al lago por fuga de un criadero cercano. En el caso de anguila (*Anguillidae*), son utilizados como carnada viva para la pesca del pirayu (*Salminus brasiliensis*) y surubi (*Pseudoplatystoma*) por lo que se supone que algún pescador los echó al lago cuando ya no los necesitaba, la morenita es más bien una especie ornamental propia de la cuenca del bermejo y pudo haber sido liberado al lago por acuaristas arrepentidos. Sea cual fuera la verdad, la presencia de estos peces ilegalmente introducidos afectan en diferente medida en equilibrio biológico del embalse. Muchos pescadores deportivos se quejan de la anguila (*Anguillidae*), pez carnívoro oportunista, al que atribuyen que está desplazando a otros peces de importancia deportiva. Para afirmar o desmentirlas aseveraciones se requiere realizar investigaciones, que permitan hacer correctivos en el manejo de dichas especies.

### **3.1.17. La Fauna de Invertebrados**

Como el nombre los indica son animales que no tienen columna vertebral, se trata de insectos acuáticos adultos y en formas larvas como chinches, larvas de libélula, gusanos anélidos y planos, crustáceos como caracoles, ostrácodos, etc. Muchos de ellos viven sobre el fondo o enterrados en ella, otros viven en las raíces de plantas acuáticas como los coleópteros, o sobre sus hojas como algunos arácnidos.

Todos estos animales cumplen una función en el ecosistema acuático del lago San Jacinto, son como una pieza importante de un gran sistema que está en equilibrio. En la pirámide trófica, estos organismos se alimentan de otros más pequeños y sirven de comida a otros más grandes como los peces. Por ejemplo los peces doraditos dependen de estos invertebrados para su vida. Las carpas comen gusanos y caracoles que desentierran del barro.

**Cuadro N° 4: Fauna del área de influencia “San Jacinto”**

<b>Aves</b>	
Paloma manchada	<i>Columba maculosa</i>
Colibrí grande	<i>Colibrí curuscans</i>
Perdiz	<i>Tiramolis pentiandi</i>
Martin pescador	<i>Chlorocenyle americana</i>
Águila mora	<i>Acopiter siriatus</i>
Garza blanca	<i>Egretia ihula</i>
Carpintero real	<i>Colaptes mela</i>
<b>Mamíferos</b>	
Zorro	<i>Pseudolopex culpaeus</i>
Zorrino	<i>Conepalus chingarex</i>
Ratón	<i>Mus musculus</i>
Huron	<i>Galidis cuja luleola</i>
Gato andino	<i>Felis jacobita</i>
Liebre	<i>Lepus europaeus</i>
<b>Peces</b>	
Doradito	<i>Oligosarcus bolivianus</i>
Mojarra	<i>Diplodus annularis</i>
Chujruma	<i>Plecostomus borelli</i>
Doradito	<i>Acrobrycom tarije</i>
<b>Reptiles</b>	
Lagartija	<i>Liolaemus alyicolor</i>
Víbora	<i>Philodrias aestivus</i>
Sapo	<i>Bufo arenarun</i>
Rana	<i>Hyla albonigra</i>
Culebra	<i>Tachymenis perubiana</i>

Fuente: Plan de Manejo de la R.B.C.S

### **3.1.18. Las plantas litorales**

La vegetación acuática más notoria de cualquier espejo de agua está constituida por los macrófitas o plantas acuáticas grandes que pueden ser sumergidas, semi-sumergidas o flotantes. Cada una de estas tres categorías contiene plantas con enraizadas y plantas sin raíces.

En nuestras investigaciones, hemos observado la vegetación acuática en cada una de nuestras salidas por el embalse, para poder tener una idea general de la composición y abundancia de la misma. Pudimos apreciar que las plantas flotantes como el camalote (*Eichkornia crassipens*) y en un menor medida el helecho acuático azolla (*Azolla filiculoides*) son las más abundantes y permanentes y ocupan por ello un eslabón fundamental en el ecosistema del mismo lago.

### **3.1.19 El camalote o jacinto acuático (*Eichkornia crassipens*)**

Puede cubrir grandes extensiones del embalse, sobre todo en el transcurso del verano y otoño hasta el invierno. Es común observar hectareas de agua cubiertas por esta planta en diferentes zonas del lago y se reporta incluso que algunos años hasta más de una tercera parte del embalse estaba ocupada por esta vegetación flotante. Sin embargo, esta planta que suele ser muy invasiva y causar problemas graves en cuerpos de agua tropicales no trae los mismos aspectos negativos en San Jacinto debido a una regulación "natural" de la misma por las condiciones específicas del embalse. La rápida bajada del nivel de agua del lago provoca una fuerte mortalidad del camalote ya que una gran proporción de plantas se quedan secando por la orilla. Por otro lado, el mismo rebalse del agua en temporada de lluvia hace que se pierdan plantas por arrastre por encima de la presa. Finalmente, las leves heladas del invierno causan también una cierta mortalidad del jacinto.

### **3.1.20 El helecho acuático flotante o azolla (*Azolla filiculoides*)**

Es mucho más discreto en el embalse por su menor tamaño y presencia. Suele encontrarse después de las primeras precipitaciones en octubre-noviembre cuando los

tributarios arrastran esta planta en la cuenca y la traen hasta el embalse donde prolifera. Esta planta tiene la capacidad de captar el nitrógeno atmosférico como las leguminosas y sirve como forraje, abono vegetal y compost. Sin embargo, en Tarija generalmente se desconoce sus numerosas ventajas ya que esta planta pasa desapercibida. En el embalse San Jacinto, el azolla puede ofrecer las mismas ventajas que el camalote, pero en una muchísima menor escala por su menor tamaño y presencia más limitada (la planta tiende a secarse más por la orilla debido a que sus raíces cortas no la mantienen en el agua como lo que ocurre con el jacinto).

Por observación visual de las partes litorales del embalse San Jacinto, se puede notar la presencia de otras macrófitas como *Potamogeton spp.* o algunas Scrophulariaceae y Poaceae aunque en mucho menor abundancia que el camalote. Estas plantas suelen desarrollarse cuando el nivel del lago es máximo y estable durante varios meses (de enero-febrero a junio-agosto según los años). Por este motivo, no pueden actuar como sustrato de desove para el pez carpa y tampoco como refugio para alevines de esta especie. Sin embargo, la presencia de esta vegetación acuática a pesar de ser muy temporaria es beneficiosa para numerosos organismos acuáticos sobre todo como sustrato de vida (fuente de alimento, protección, etc).

### **3.2 Aspectos socioeconómicos.**

#### **Descripción de las características productivas**

Dada las características de la zona geoeconómicas de la zona se ha podido evidenciar que la misma se basa en la agricultura en mayor medida, el cual es el pilar fundamental de las economías familiares sin dejar de lado como complemento la ganadería el cual se constituye en el banco de ahorro de las familias.

Las características productivas de la comunidad están sometidas a dos modalidades

A riego, con dotación hídrica suficiente durante todo el año, los principales cultivos son el maíz, papa cebolla, arveja.

A secano, que son parte de las tierras, las cuales no se encuentran en cercanía a los canales de distribución y/o a los ríos.

**Cuadro N°5 Características productivas de las comunidades**

<b>Cultivos</b>	<b>Variedades</b>
Alfalfa	Africana forrajera americana 2001
Maíz	Forrajero pisankalla blanco
Papa	Revolucionaria decire americana
Avena	Variedades de Cochabamba

### **3.2.1 Descripción de la tenencia de la tierra.**

De acuerdo a la información obtenida se tiene en la zona las parcelas son de propiedad de los agricultores cuyas parcelas tiene tamaños que van desde 1.5 has, A 100has/familia; Así también existen en la zona familias que tiene menos tierra y el tamaño de sus terrenos va de 0.25 a 1.5 has

### **3.2.2 Actividades económicas de las familias**

Las familias de la zona de estudio, por las características productivas y el acceso al recurso agua para los cultivos, realizan más de una actividad para obtener sus ingresos económicos.



## CAPÍTULO IV

### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

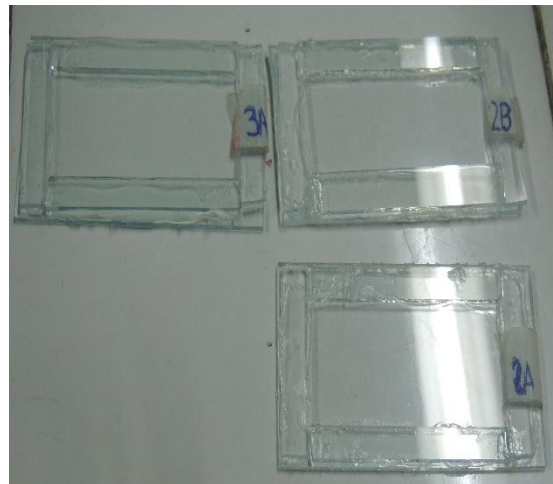
#### 4.1. Materiales

- Microscopio
- Cubre y porta objetos cámara Sedgwick-Rafter
- Malla colectora de fitoplancton
- Embarcación
- Disco Sechi
- Gps
- Planilla de campo
- Computadora e impresora
- Cámara fotográfica
- Ropa de agua
- Frascos de vidrio para muestras
- Marcadores indelebles

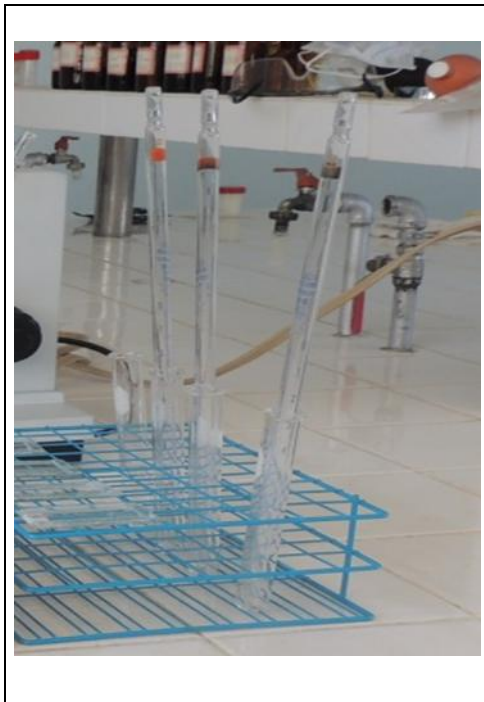
#### Instrumentos utilizados en laboratorio



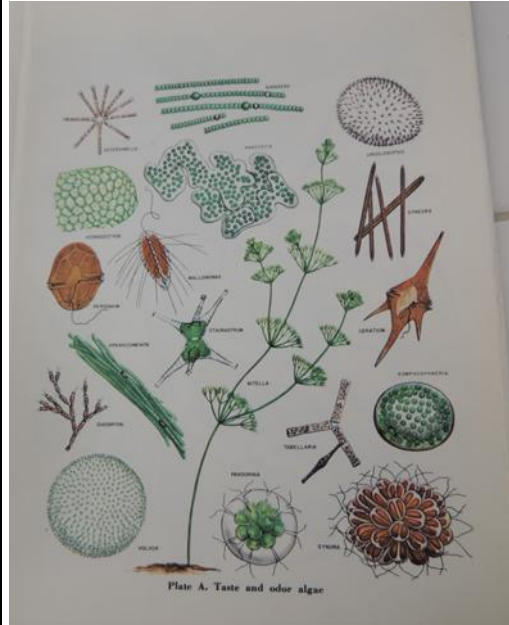
Microscópio Olympus invertido



Cámaras de Sedgwick-Rafter



Pipetas



Guía para la identificación de fitoplancton

### Instrumentos de muestreo en campo



Malla cónica



Disco Sechi



## 4.2. Métodos

La investigación del presente trabajo se desarrolló en dos fases:

**Fase de campo:** El trabajo fue desarrollado con la colecta de la muestra del lago de cada una de los puntos seleccionados, para la toma de muestra se utilizó la malla cónica haciendo un arrastre, posteriormente se procedió al etiquetado y registro de cada una de las muestras.

**Fase de gabinete y laboratorio:** Se analizaron las muestras y se procesaron los datos.

#### 4.2.1. Tipo de Investigación

Este estudio se realizó con un enfoque de investigación de tipo exploratorio-descriptivo no experimental, ya que se observará la comunidad fitoplanctónica en su entorno natural.

#### 4.2.3 Puntos Estratégicos de Medición y Muestreo

Considerando la superficie del embalse que varía entre los 550 Ha a 700 Ha, de acuerdo a la temporada del año. Los puntos de muestreos se identificaron en base a criterios de representatividad, considerando 4 puntos de muestreos:

**Cuadro: N° 6 Puntos de Muestreo**

<b>PUNTOS</b>	<b>X-COORD</b>	<b>Y-COORD</b>	<b>ALTURA</b>
Punto 1. Centro del Lago (Z.C)	321261	7610382	1851
Punto 2. Parte más profunda (P.M.P)	321373	7611090	1888
Punto 3. Este del embalse (P.E)	320148	7610142	1885
Punto 4. Oeste del embalse (P.O.E)	319563	7609847	1888

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4 Procedimientos

El embalse de San Jacinto fue objeto de muestreo cada 15 días. Metodología empleada en cuerpos de agua, Instituto Nacional del agua- Córdoba Argentina, 1993

Cada campaña de terreno comprendió:

- La colecta de fitoplancton mediante una malla de 30  $\mu\text{m}$ . Margalef R. 1956 para la estimación de composición y abundancia de fitoplancton.
- La medición de la transparencia del agua mediante el disco Secchi para la estimación del coeficiente de extinción luminosa (k) de tal manera se obtuvo datos estimativos de la zona fótica.
- La realización de mediciones de las características físicas químicas, temperatura, conductividad, turbidez, pH, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos, fósforo total y nitrógeno total. con la ayuda de equipos de medición (termómetro, disco sechi y phchímetro), análisis en laboratorio por parte del personal de Cossalt Ltda.

#### **4.2.2 Fase de Campo**

Para determinar el grado de transparencia del agua, se identificaron puntos estratégicos de medición y muestreo, tomando en cuenta factores como movimiento del agua e influencia del viento. La medición de la transparencia se realizó mediante método de disco Sechi.

#### **4.2.5 Medición de la Transparencia del Agua**

Se realizó por Método de Disco Sechi, que consiste en la medición de la profundidad de visibilidad en cm de un disco metálico de 30 cm. de diámetro con contraste blanco y negro, sujeto a una cinta métrica. Con los datos obtenidos de transparencia se estimó mediante el coeficiente de extensión luminosa (k) para obtener resultados estimativos de la zona fótica. (Kalff, 2002).

#### **4.2.6 Mediciones de Parámetros In Situ**

Las mediciones de, temperatura (°C), turbidez (NTU) y pH, se realizaron con la ayuda de equipos de medición *in situ* (termómetro de mercurio, disco sechi y pHímetro).

Para determinación del estado en que se encuentra Metodología empleada en cuerpos de agua, Instituto Nacional del agua- Cordoba Argentina, 1993 y en la evaluación de la productividad primaria fitoplanctónica a partir de la medición de oxígeno disuelto en tres lagunas del sistema lacustre de chingaza, bogota 2015.

#### **4.2.7 Colecta del Fitoplancton**

Las muestras de fitoplancton se colectaron mediante una red cónica colectora de fitoplancton de 30 micras de claro de malla, filtrando un volumen de 60 litros de agua colectadas directamente de los puntos de muestreo. Las muestras se conservaron en frascos plásticos de 50 ml y fijarán 4 muestras con formol y 4 muestras sin formol.

#### **4.2.8 Fase de Laboratorio**

##### **Estimaciones de la Abundancia y Composición del Fitoplancton**

La estimación de la comunidad de plantas microscópicas (Fitoplancton) se efectuó con ayuda de un microscopio. Las muestras se concentraron para contener el conjunto de los individuos capturados en 50 ml (formol 40%).

Mediante una pipeta, se tomó 1ml del precipitado de la muestra de fitoplancton y se la colocó en la cámara de Sedgwick-Rafter el mismo que bajo un microscopio se sometió a observaciones.

Se recolectó agua hasta la zona fótica, en cada campaña de terreno sobre el embalse. La observación del fitoplancton se efectuó después de la sedimentación y concentración, es decir, se fijó en formol (40%) de 4 muestras y las otras 4 muestras sin formol y se conservaron las muestras en recipientes de 50 ml.

La estimación de abundancia del fitoplancton se realizará por el método de la Cuadrícula de Whipple

- Es un cuadrado que delimita una superficie de 1 mm<sup>2</sup>, con un aumento 100X.
- Este cuadrado está subdividido en 100 cuadritos de 100 μm de lado y 10000 μm<sup>2</sup> de superficie cada uno.
- El cuadrado central está a su vez dividido en 25 cuadritos más pequeños de 20 μm de lado y de 400 μm<sup>2</sup> de superficie.

##### **Identificación de comunidad de plantas microscópicas (Fitoplancton)**

La identificación del fitoplancton, se realizó mediante la observación de las características morfológicas y contrastadas de la muestra en microscopio óptico. La clasificación sistemática se realizará de acuerdo a la “Guía de Identificación de organismos dulce acuícolas de (Needham.R.P, 1940) y para complementación del estudio limnología según (Margalef R, 1956)

## **Análisis de Datos y Conclusiones**

Se lo efectuó después que culminó el tratamiento de los datos de campo.

### **4.3 Método de campo utilizado para el muestreo de plantas microscópicas (fitoplancton).**

Las muestras de agua superficial para el conteo de algas se tomaron directamente en recipientes plásticos de 50ml. Para la recolección de la muestra de agua se empleó una malla muestreadora tipo cónica de fitoplancton y el agua se transfirió inmediatamente a un recipiente de plástico. Las muestras de agua para el conteo algal se fijaron con formol al 40 % cada 50 ml de muestra. El material colectado fue cubierto para evitar los efectos de la luz, los frascos con la muestra fueron transportados hasta el laboratorio previamente refrigerado.

### **Método de laboratorio de algas fitoplanctónicas**

Antes de la observación en el laboratorio, las muestras se agitaron suavemente y se procedió a depositar con la ayuda de una pipeta un ml de muestra en la cámara de Sedgwick-Rafter, para la observación de las muestras se empleó un microscopio invertido olympus, provisto de una reglilla ocular utilizando una cámara de conteo de capacidad conocida. Las observaciones al microscopio se efectuaron por medio de un conteo tomando en cuenta los campos con una magnificación total de 10X, para ello se contó todo el recorrido de la cámara. (Semina pythoplankton manual, ed sournia.) Las determinaciones de los taxa fitoplanctónicos se realizaron hasta el nivel de especie.

### **Método utilizado para estimar la zona fótica (Zeu)**

La penetración de luz en un cuerpo acuático se midió determinando el límite de visibilidad del disco sechi en la columna de agua, sumergiendo el instrumento hasta la columna de agua donde se pudiera distinguir y obtener el dato de transparencia con dicha finalidad se utiliza el disco Secchi, una vez se obtiene ese valor, podemos calcular el por ciento de luz que va penetrando a través de la columna de agua.

La determinación de la zona fótica se realizó mediante el método indirecto ya que los resultados fueron obtenidos através de un procedimiento y no así de forma instantánea.

Estimación de la zona fótica (Zeu) según la siguiente fórmula:

$$K = 1.7/S$$

$$Zeu = 4.6/k$$

Dónde: k es la constante

S: Profundidad

Zeu: Zona fótica

Reemplazando valores obtener el valor de K, para la segunda fórmula el valor de K y nos da el dato estimado de Zeu.

#### **Método para la determinación de las características físico-químicas**

Para la determinación de los parámetros físico-químicos in situ se utilizaron los siguientes instrumentos de medición, termómetro de mercurio, ph.

Para la medición de la temperatura se introdujo el termómetro sobre la superficie de la columna de agua tomando en cuenta que solo la parte de mercurio toque la superficie.

En cuanto al ph se utilizó un frasco de plástico de 50 ml el cual fue sumergido tan solo sobre la superficie y se recolectó una muestra de menos de 50 ml puesto que el phmetro debía introducirse en el frasco.

Para determinar los 6 parámetros restantes que son DBO, Oxígeno disuelto, conductividad, sólidos totales disueltos, fósforo total y nitrógeno total, se tomaron muestras en botellas de 2 lt previamente rotuladas, que una vez codificadas fueron dejadas a laboratorio de Cosaalt Ltda Tarija.



## CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### a) Composición y abundancia de la comunidad del fitoplancton

La estimación de la composición y abundancia de las especies encontradas se presenta a continuación en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 7 Especies encontradas en el P1 con formol N° Ind/ml**

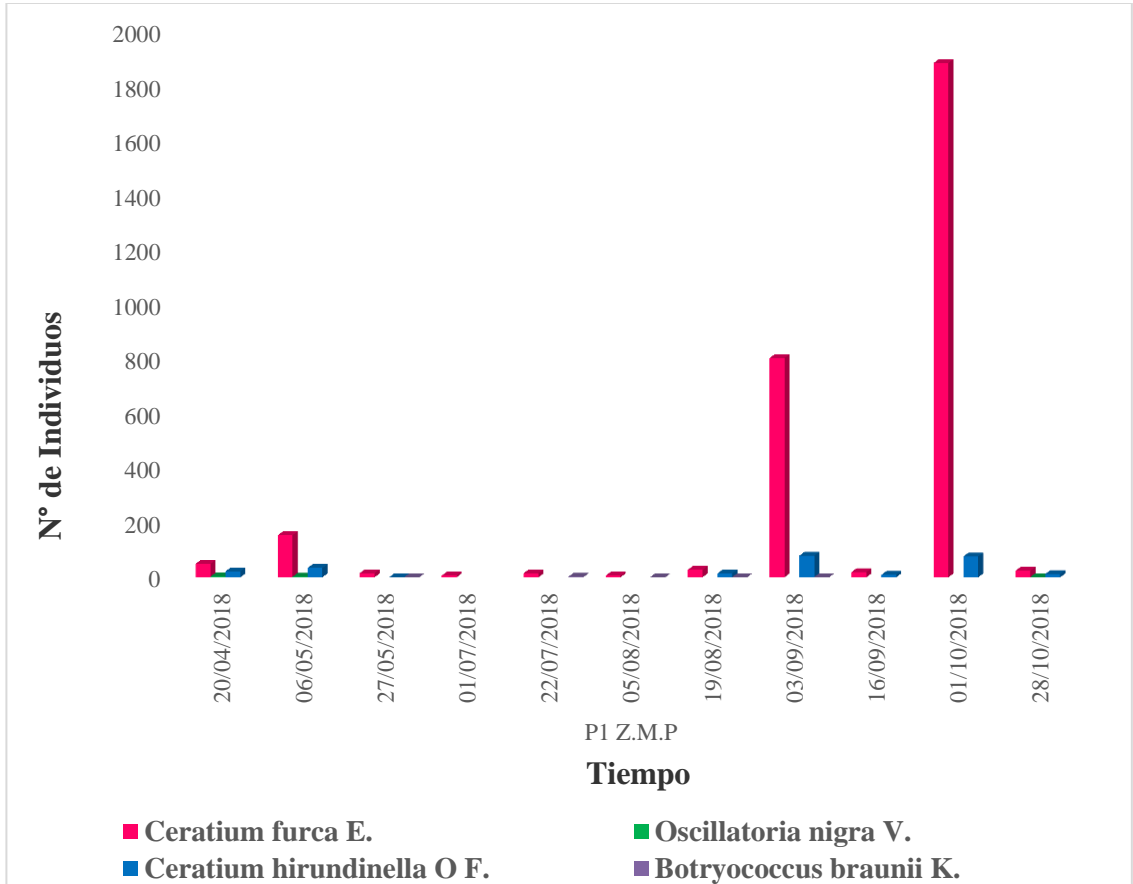
Punto de muestreo	Fecha	Especies			
		<i>Ceratium furca</i> <i>E.</i>	<i>Oscillatoria</i> <i>nigra V.</i>	<i>Ceratium hirundinella</i> <i>O.F</i>	<i>Botryococcus braunni K.</i>
<b>P1 Zona más profunda (Z.M.P/F)</b>	20/04/2018	50	3	22	0
	06/05/2018	154	2	34	0
	27/05/2018	15	0	1	1
	01/07/2018	6	0	0	0
	22/07/2018	15	0	0	2
	05/08/2018	6	0	0	1
	19/08/2018	27	0	14	1
	03/09/2018	803	0	79	1
	16/09/2018	19	0	9	0
	01/10/2018	1884	0	76	0
	28/10/2018	24	1	12	0
	Total	3003	6	247	6

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el cuadro, la especie *Ceratium furca E.* tuvo mayor presencia en fecha 1/10/2018 con un total de 1884 inds/ml y en fecha 1/07/2018 -5/08/2018 respectivamente el número de individuos disminuyo a 6 ind/ml.

La estimación de la composición y abundancia de las especies encontradas en el P1 (Z.M.P/F) se presenta a continuación en el siguiente gráfico:

**Gráfico N°1 Especies encontradas en el P1 con formol N° Ind/ml**



Fuente: Elaboracion Propia

En el presente grafico se observa la dominancia de la especie *Ceratium furca E.* en fecha 1/10/2018 con 1884 inds/ml y con menor proporcion en tiempo seco de 6 inds/ml. Según (Laviolette, 2005) los organismos dinoflagelados tiene la aptitud de moverse verticalmente en la columna de agua gracias a su flagelo y por lo tanto, en caso de alta turbidez, se encontrará preferencialmente en los primerso cm de agua donde llega la luz solar, presentan estrategias claras de sobrevivencia en condiciones de alta turbidez (poca luz) y nutrientes escasos.

La estimación de la composición y abundancia de las especies encontradas se presenta a continuación en el siguiente cuadro:

**Cuadro N°8 Especies encontradas en el P1 sin formol N° Ind/ml**

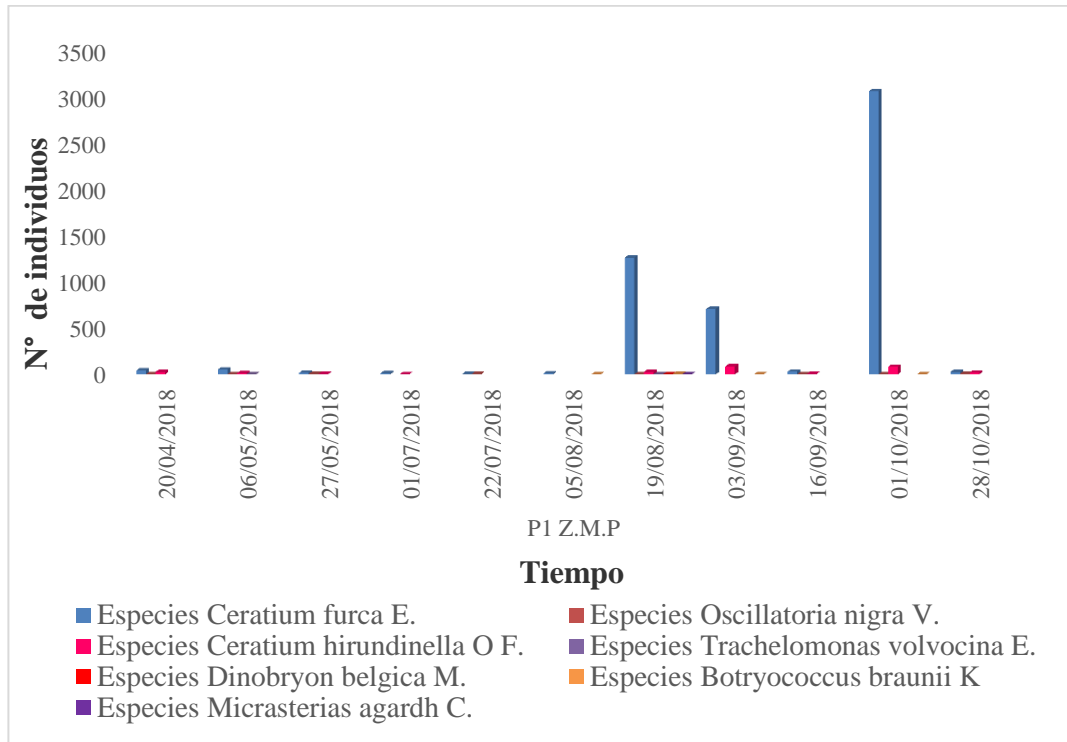
Punto de muestreo	Fecha	Especies						
		<i>Ceratium furca E.</i>	<i>Oscillatoria nigra V.</i>	<i>Ceratium hirundinella O.F</i>	<i>Trachelomonas volvocina E.</i>	<i>Dinobryon belgica M.</i>	<i>Botryococcus braunii K.</i>	<i>Micrasterias agardh C.</i>
P1 Zona más profunda (Z.M.P)	20/04/2018	42	1	26	0	0	0	0
	06/05/2018	52	1	12	1	0	0	0
	27/05/2018	18	3	2	0	0	0	0
	01/07/2018	12	0	1	0	0	0	0
	22/07/2018	2	2	0	0	0	0	0
	05/08/2018	10	0	0	0	0	1	0
	19/08/2018	1263	1	26	1	1	2	1
	03/09/2018	708	0	86	0	0	1	0
	16/09/2018	29	1	4	0	0	0	0
	01/10/2018	3064	1	82	0	0	1	0
	28/10/2018	26	6	18	0	0	0	0
Total	5226	16	257	2	1	5	1	

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 3 se presentan con mayor confluencia la especie *Ceratium furca E.* 3064 Ind/ml en fecha 1/10/2018 y con menor incidencia en periodo seco con un total de 2 Ind/ml. En fecha 5/08/2018 se puede observar otro dato mínimo de 10 Ind/ml y en el mismo mes 19/08/2018 se encuentran cambios radicales obteniendo un total de 1263 Ind/ml para el periodo seco.

La estimación de la composición y abundancia de las especies encontradas en el P1 (Z.M.P) se presenta a continuación en el siguiente gráfico:

**Gráfico N°2 Especies encontradas en el P1 sin formol N° Inds/ml**



Fuente: Elaboracion propia

En el presente grafico se observa la presencia de la especie *Ceratium furca E.* en menor cantidad para el periodo seco con 2 Inds/ml y en fecha 1/10/2018 se da un aumento en el numero de individuos de 3064 Inds/ml.

Según (Laviolette, 2005) La temperatura del agua es un parámetro fundamental para la vida acuática por el hecho de que la gran mayoría de los organismos acuáticos son de sangre fría. Por lo tanto, su temperatura corporal lo que significa su metabolismo depende de la temperatura del agua, lo que hace que su crecimiento es mayor a temperaturas más altas y menor a temperaturas bajas.

La estimación de la composición y abundancia de las especies encontradas se presenta a continuación en el siguiente cuadro:

**Cuadro N°9 Especies encontradas en el P2 con formol N° Ind/ml**

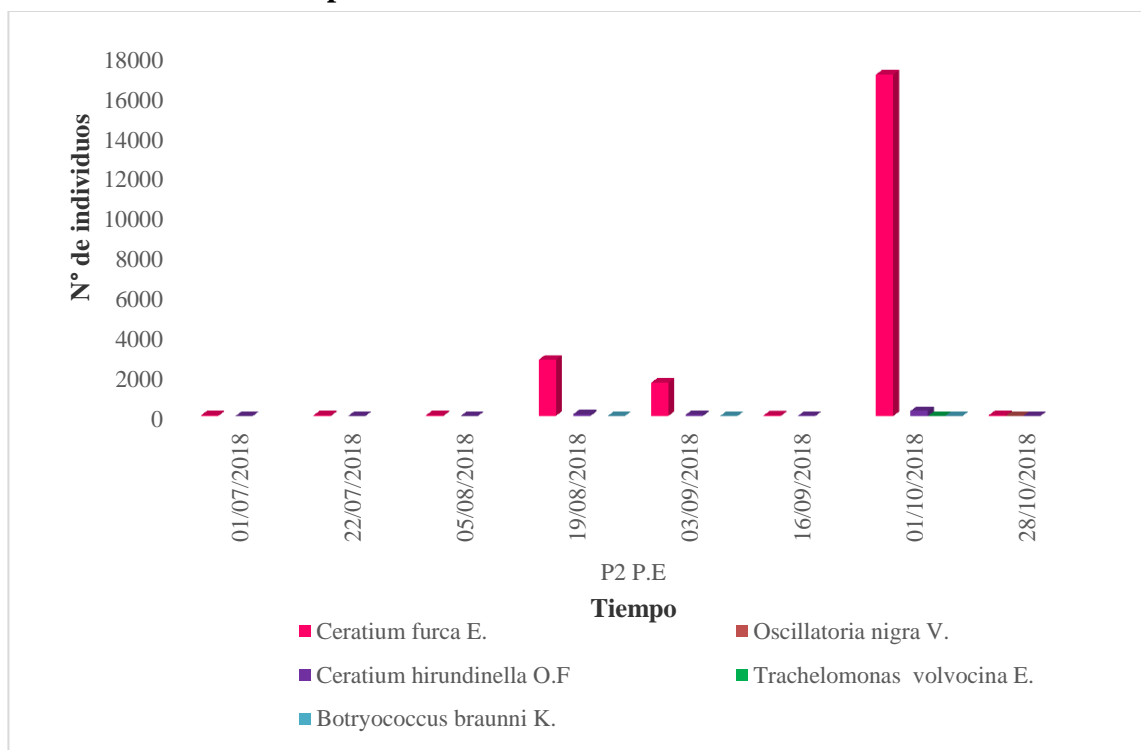
Punto de muestreo	Fecha	Especies				
		<i>Ceratium furca E.</i>	<i>Oscillatoria nigra V.</i>	<i>Ceratium hirundinella O.F</i>	<i>Trachelomonas volvocina E.</i>	<i>Botryococcus braunii K.</i>
P2 Parte Este (P.E/F)	01/07/2018	34	0	2	0	0
	22/07/2018	33	0	2	0	0
	05/08/2018	36	0	2	0	0
	19/08/2018	2809	0	84	0	1
	03/09/2018	1662	0	59	0	5
	16/09/2018	25	0	12	0	0
	01/10/2018	17098	0	254	1	2
	28/10/2018	29	7	6	0	0
Total		21726	7	421	1	8

Fuente: Elaboración Propia

La presencia de la especie *Ceratium furca E.* para el P2 Parte Este se presentó con un mínimo de 25 Inds/ml en fecha 16/09/2018 y un máximo de 17098 Ind/ml el 1/10/2018 siendo uno de los resultados más altos a lo largo de los muestreos.

La estimación de la composición y abundancia de las especies encontradas en el P2 (P.E) se presenta a continuación en el siguiente gráfico:

**Gráfico N°3 Especies encontradas en el P2 con formol N° Ind/ml**



Fuente: Elaboración propia

La frecuencia de la especie *Ceratium furca E.* en cada uno de los muestreos la hace sobresalir entre las otras especies también presentes pero en menor cantidad, en este muestreo para el P2 Parte Este sin uso de reactivo formol se obtuvo como mínimo de 25 Inds/ml y un máximo de 17098 Inds/ml.

Otro dinoflagelado presente fue *Ceratium hirundinella O.F.* con una presencia de 254 Inds/ml en fecha 1/10/2018 a diferencia del P1 donde se tuvo una mínima participación de la especie en el P2 se vio un aumento considerable, una mínima de 2 Inds/ml en periodo seco.

La estimación de la composición y abundancia de las especies encontradas se presenta a continuación en el siguiente cuadro:

**Cuadro N°10 Especies encontradas en el P2 sin formol N° Ind/ml**

Punto de muestreo	Fecha	Especies				
		<i>Ceratium furca E.</i>	<i>Oscillatoria nigra V.</i>	<i>Ceratium hirundinella O.F</i>	<i>Favella sp</i>	<i>Botryococcus braunni K.</i>
<b>P2 Parte Este (P.E)</b>	01/07/2018	34	1	2	1	1
	22/07/2018	32	3	3	0	0
	05/08/2018	5	1	0	0	0
	19/08/2018	5410	0	68	0	2
	03/09/2018	1372	0	67	0	2
	16/09/2018	28	0	8	0	0
	01/10/2018	3723	1	45	1	0
	28/10/2018	0	6	2	0	0
Total		10604	12	195	2	5

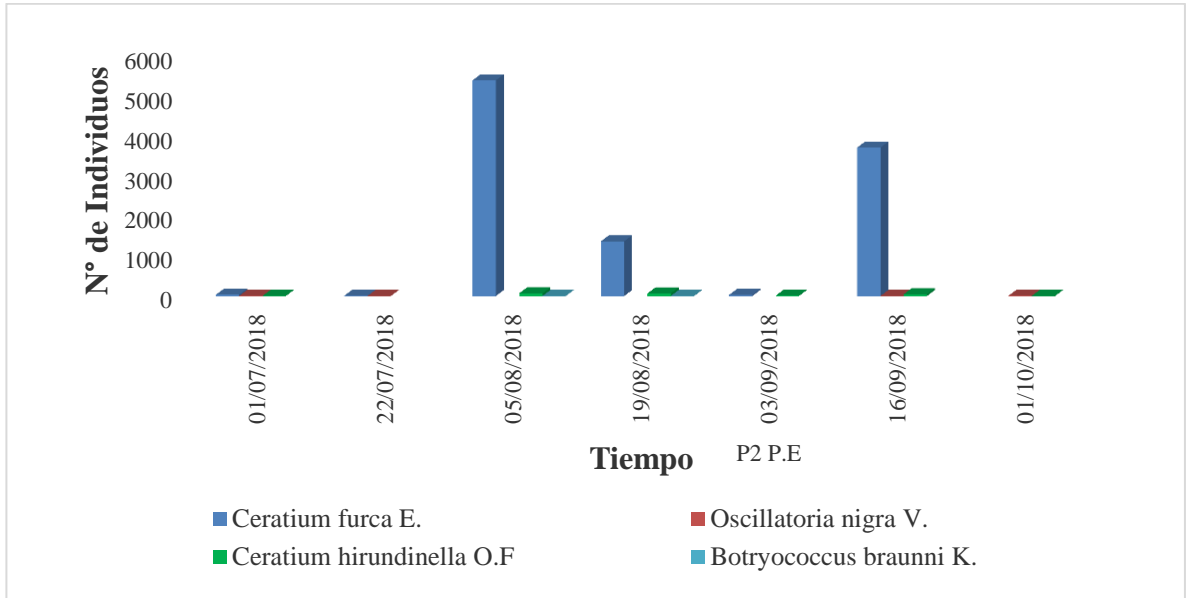
Fuente: Elaboración Propia

En el P2 Parte Este se obtuvieron datos con mayor presencia de individuos la especie *Ceratium furca E.* en periodo seco con un máximo de 5410 Ind/ml y un mínimo de 5 Ind/ml también presentes en periodo seco.

Por el contrario para la Especie *Ceratium hirundinella O.F* se obtuvo el dato máximo 68 Ind/ml en periodo seco y en fecha 3/09/2018 con mínima diferencia se registró 67 Ind/ml.

La estimación de la composición y abundancia de las especies encontradas en el P2 (P.E) se presenta a continuación en el siguiente gráfico:

**Gráfico N°4 Especies encontradas en el P2 sin formol N° Ind/ml**



Fuente: Elaboración Propia

En el siguiente grafico se puede observar la dominancia de la especie *Ceratium furca E.* sin formol con un total de 5410 Inds/ml en el periodo seco y como minimo dato obtenido en fecha 5/08/2018.

Según (Laviolette, 2005) En consecuencia, se puede decir que las temperaturas más variables y extremas de los ríos pueden tener alguna influencia sobre la temperatura del agua del embalse, pero esta influencia es bastante puntual sobre todo en período de estiaje.

Tomando en cuenta que los datos maximos y minimos obtenidos en este punto presentaron variabilidad en abundancia de especies, podriamos apuntar que la temperatura juega un papel muy importante, pero se requieren mas estudios para su acersoramiento.



La estimación de la composición y abundancia de las especies encontradas se presenta a continuación en el siguiente cuadro:

**Cuadro N°11 Especies encontradas en el P3 con formol N° Ind/ml**

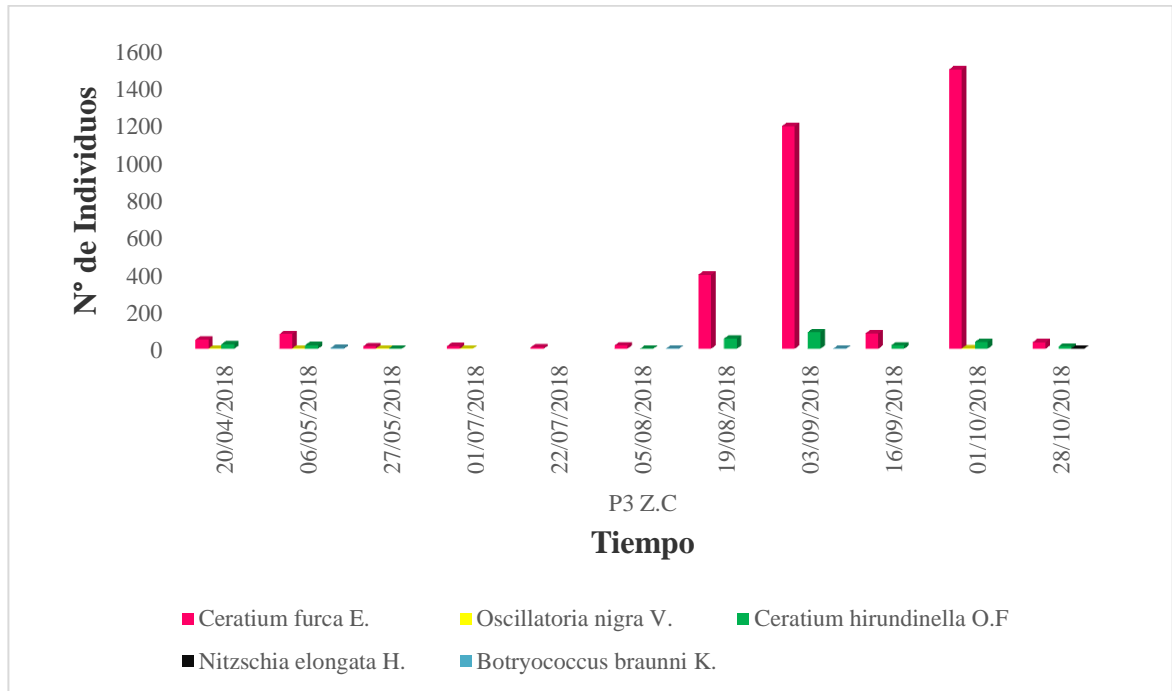
Punto de muestreo	Fecha	Especies				
		<i>Ceratium furca E.</i>	<i>Oscillatoria nigra V.</i>	<i>Ceratium hirundinella O.F</i>	<i>Nitzschia elongata H.</i>	<i>Botryococcus braunii K.</i>
<b>P3 Zona central (Z.C/F)</b>	20/04/2018	49	1	24	0	0
	06/05/2018	78	2	19	0	5
	27/05/2018	13	2	2	0	0
	01/07/2018	14	1	0	0	0
	22/07/2018	8	0	0	0	0
	05/08/2018	18	0	1	0	1
	19/08/2018	394	0	54	0	0
	03/09/2018	1186	0	88	0	1
	16/09/2018	82	0	18	0	0
	01/10/2018	1488	3	36	0	0
	28/10/2018	35	0	12	1	0
	Total		3365	9	254	1

Fuente: Elaboración Propia

Se registró la presencia de *Ceratium furca E.* con mayor incidencia en fecha 1/10/2018 con un total de 1488 Inds/ml y un mínimo de 8 Inds/ml en época seca. Para *Ceratium hirundinella O.F* tuvo mayor presencia en fecha 3/09/2018 con un máximo de 88 Inds/ml y un mínimo de 1 Inds/ml en época seca.

La estimación de la composición y abundancia de las especies encontradas en el P3 (Z.C/F) se presenta a continuación en el siguiente gráfico:

**Gráfico N°5 Especies encontradas en el P3 con formol N° Ind/ml**



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico 5 se observa la dominancia de la especie *Ceratium furca E.* con un total de 1488 Inds/ml en fecha 1/10/2018 y en época seca se obtuvo una mínima de 8 Inds/ml.

Según García 2010 pone en manifiesto que los dinoflagelados presentan una mayor presencia a lo largo del año, debido a su adaptación y modo de sobrevivencia.

La estimación de la composición y abundancia de las especies encontradas se presenta a continuación en el siguiente cuadro:

**Cuadro N°12 Especies encontradas en el P3 sin formol N° Ind/ml**

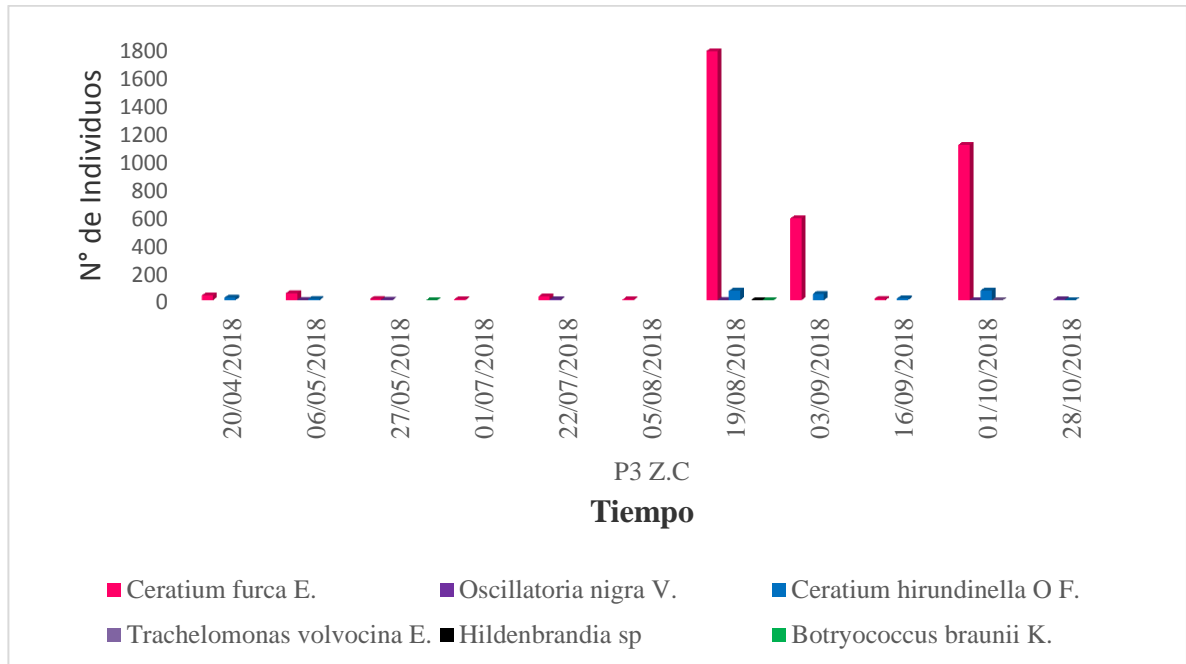
Punto de muestreo	Fecha	Especies					
		<i>Ceratium furca E.</i>	<i>Oscillatoria nigra V.</i>	<i>Ceratium hirundinella O.F</i>	<i>Trachelomonas volvocina E.</i>	<i>Hildenbrandia</i>	<i>Botryococcus braunni K.</i>
<b>P3 Zona central (Z.C)</b>	20/04/2018	34	0	17	0	0	0
	06/05/2018	50	2	9	0	0	0
	27/05/2018	9	3	0	0	0	1
	01/07/2018	6	0	0	0	0	0
	22/07/2018	26	5	0	0	0	0
	05/08/2018	4	0	0	0	0	0
	19/08/2018	1775	2	66	0	1	1
	03/09/2018	583	0	44	0	0	0
	16/09/2018	9	0	11	0	0	0
	01/10/2018	1107	1	69	1	0	0
	28/10/2018	0	4	1	0	0	0
Total		3603	17	217	1	1	2

Fuente: Elaboración Propia

En presente cuadro se registraron datos de presencia de la especie *Ceratium furca E.* en el periodo seco con 1775 Ind/ml y 4 Ind/ml para el mismo mes. *Ceratium hirundinella O.F* en fecha 1/10/2018 tuvo un máximo de 69 Ind/ml y para el periodo seco 9 Ind/ml.

La estimación de la composición y abundancia de las especies encontradas en el P3 (Z.C) se presenta a continuación en el siguiente gráfico:

**Gráfico N°6 Especies encontradas en el P3 sin formol N° Ind/ml**



Fuente: Elaboración Propia

En el grafico 6 se puede observar la consecuencia de la especie *Ceratium furca* E.

En cada uno de los muestreos realizados, obteniendo en el periodo seco 1775 Ind/ml y un minimo de 6 Inds/ml tambien registrados en periodo seco.

La abundancia y distribucion de *Ceratium furca* E. fue mas amplia con relacion al resto de las especies.

Según Garcia 2010 La especie *Ceratium furca* E. es un indicador de aguas templadas frias a tropicales.

La estimación de la composición y abundancia de las especies encontradas se presenta a continuación en el siguiente cuadro:

**Cuadro N°13 Especies encontradas en el P4 con formol N° Ind/ml**

Punto de muestreo	Fecha	Especies				
		<i>Ceratium furca E.</i>	<i>Oscillatoria nigra V.</i>	<i>Ceratium hirundinella O.F</i>	<i>Favella sp</i>	<i>Botryococcus braunni K.</i>
P4 Parte Oeste (P.O.E/F)	01/07/2018	5	0	0	0	1
	22/07/2018	8	1	0	0	0
	05/08/2018	428	0	54	0	2
	19/08/2018	5432	0	89	0	0
	03/09/2018	2026	0	74	1	0
	16/09/2018	372	0	69	0	0
	01/10/2018	926	3	49	0	0
	28/10/2018	22	0	7	0	1
	Total	9219	4	342	1	4

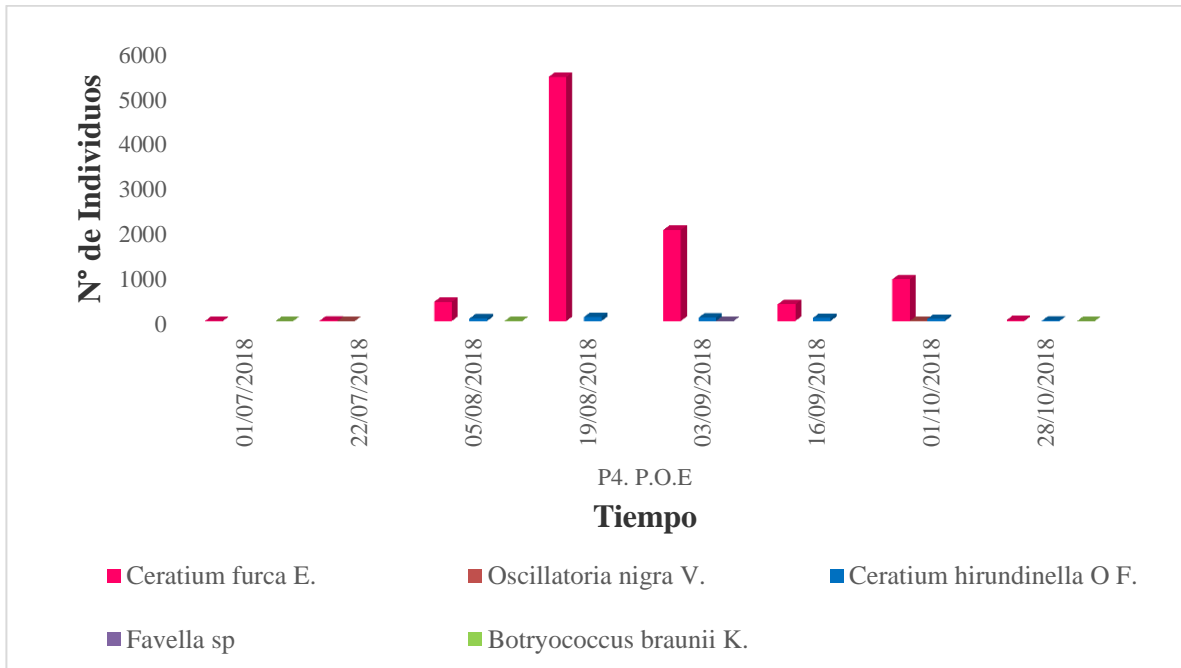
Fuente: Elaboración Propia

La presencia de *Ceratium furca E.* en el P4 consta de 5432 Inds/ml dados en el periodo seco mediados de agosto y se obtuvo un mínimo registrado de 5 Inds/ml en periodo seco a inicios de julio.

Se observó la presencia de 5 especies de fitoplancton entre las que resaltan *Ceratium furca E.* y *Ceratium hirundienlla O.F* con un máximo registrado de 89 Inds en periodo seco mediados de agosto y un mínimo de 7 Inds/ml inicios del periodo lluvioso.

La estimación de la composición y abundancia de las especies encontradas en el P4 (P.O.E/F) se presenta a continuación en el siguiente gráfico:

**Gráfico N°7 Especies encontradas en el P4 con formol N° Ind/ml**



Fuente: Elaboración Propia

El siguiente gráfico muestra los valores de abundancia y composición de las especies que se obtuvieron en los muestreos realizados, de los cuales la especie *Ceratium furca E.* tiene mayor presencia de Inds/ml (5432), en periodo seco mediados de agosto, seguido por *Ceratium hirundinella O.F.* (89), *Oscillatoria nigra V.* (3), *Botryococcus braunii K.* (2) y *Favella sp* (1)Inds/ml.

La alta tasa de deforestación y la elevada precipitación, generan arrastre de materiales y sedimentos que al igual que las grandes áreas agrícolas que utilizan cantidades considerables de pesticidas, llegan en forma disuelta al lago (Challenger y Dirzo *et al.*, 2009). Esto de alguna manera influye en las cargas de nutrientes y en la potencial eutrofización del sistema, modificando la estructura de la comunidad del fitoplancton.

La estimación de la composición y abundancia de las especies encontradas se presenta a continuación en el siguiente cuadro:

**Cuadro N°14 Especies encontradas en el P4 sin formol N° Ind/ml**

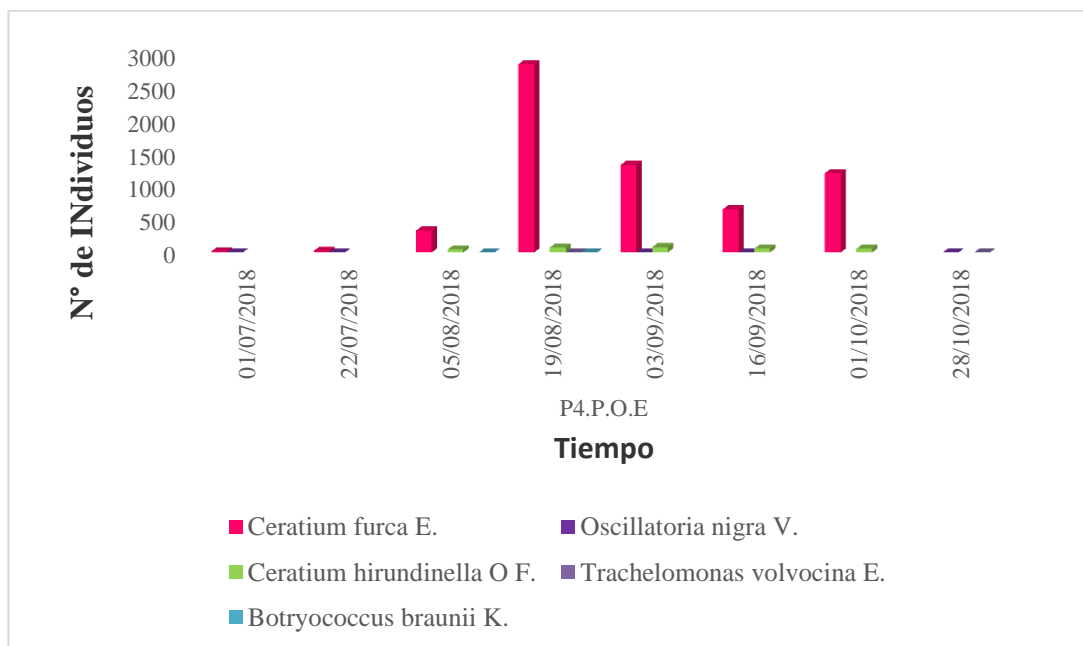
Punto de muestreo	Fecha	Especies				
		<i>Ceratium furca E.</i>	<i>Oscillatoria nigra V.</i>	<i>Ceratium hirundinella O.F</i>	<i>Trachelomonas volvocina E.</i>	<i>Botryococcus braunni K.</i>
P4 Parte Oeste (P.O.E)	01/07/2018	15	1	0	0	0
	22/07/2018	22	1	0	0	0
	05/08/2018	331	0	43	0	1
	19/08/2018	2851	0	75	1	3
	03/09/2018	1326	2	81	0	0
	16/09/2018	654	2	56	0	0
	01/10/2018	1201	0	55	0	0
	28/10/2018	0	1	0	1	0
Total	6400	7	310	2	4	

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro siguiente se muestra los valores de las especies estimadas en composición y abundancia de las cuales la especie con valores más altos fue *Ceratium furca E.* con 2851 Inds/ml en periodo seco mediados de agosto y un mínimo de 15 Inds/ml del periodo seco, seguido por *Ceratium hirundinella O.F* (81), *Botryococcus braunni K.* (3), *Oscillatoria nigra V.* (2) y *Trachelomonas volvocina E.* (1).

La estimación de la composición y abundancia de las especies encontradas en el P4 (P.O.E) se presenta a continuación en el siguiente gráfico:

**Gráfico N°8 Especies encontradas en el P4 sin formol N° Ind/ml**



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico se muestran los valores de la composición y abundancia de especies de los cuales *Ceratium furca E.* ha obtenido el valor más alto con 2851 Inds/ml en periodo seco y un valor mínimo de 15 Inds/ml presente en periodo seco.

### Escala de clasificación de especies

Para estimar la abundancia realtiva de las diferentes especies se utilizo la metodologia propuesta por Avaria (1965)

Rango	Ponderación
>3000	Muy abundante
1000-3000	Abundante
500-999	Moderado
1-499	Escaso
0	Ausente

Avaria, (1965)



**Cuadro N° 15 Número total de especies encontrados por especie**

<b>Especies</b>	<b>N° de inds. Con formol</b>	<b>N° de inds. sin formol</b>
Ceratium furca E.	37313	25833
Ceratium hirundinella O.F	26	979
Nitzschia elongata H.	1	0
Micrasterias agardh C.	0	1
Brotryococcus braunii K.	25	16
Dinobryon belgica M.	0	1
Trachelomonas volvocina E.	1	5
Oscillatoria nigra V.	26	38
Hildenbrandia	0	1
Favella sp	1	2

Fuente: Elaboración propia

La especie *Ceratium furca* E. se encuentra mayor al rango con 37313 inds, seguido de *Ceratium hirundinella* O.F con 25833 inds por lo cual se encuentran en abundancia según Avaria, 1965 y en menor proporción las especies *Nitzschia elongata* H, *Micrasterias agardh* C., *Dinobryon belgica* M. e *Hildenbrandia* con 1 ind, por lo cual se encuentra como escaso según Avaria, 1965.

## Estimacion de la Zona Fótica

Segun Rull et. al. Para 98 embalses españoles en 1974 (en Margalef 1983).

### a) Estimación de la zona fótica (Zeu) según la siguiente formula:

$$1) K= 1.7/S$$

$$2) Zeu= 4.6/k$$

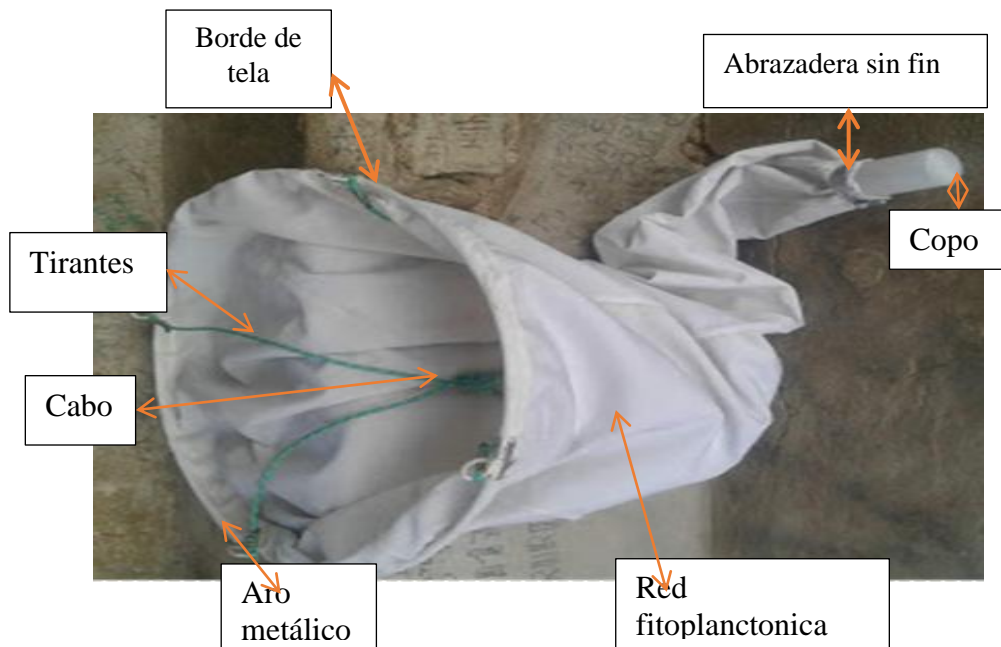
Dónde: k es la constante

S: Profundidad

Zeu: Zona fótica

Para obtener resultados de la zona fótica se aplicó la primera fórmula para obtener K, en la segunda fórmula se utilizó el resultado d K, se procedió a reemplazar los datos, obteniendo como resultado los datos que se muestran en el siguiente cuadro.

**Figura 5: Instrumento de Captura red de fitoplancton**



### b) Determinación de la zona fótica (Zeu)

Estimación de la zona fótica a partir de los datos de D-S y el cálculo de la constante presente a continuación en el siguiente cuadro:

**Cuadro N°16 Datos obtenidos de la Zona Fóptica (Zeu)**

<b>Tiempo</b>	<b>Punto de Muestreo</b>	<b>Transparencia/ Profundidad Secchi (m)</b>	<b>Zona Fóptica (m)</b>	<b>Cal. de constante k</b>
<b>20/04/2018</b>	P1 Zona más profunda	1,74	4,71	0,98
	P3 Zona central	1,45	3,92	1,17
<b>06/05/2018</b>	P1 Zona más profunda	1,28	3,46	1,33
	P3 Zona central	1,32	3,57	1,29
<b>27/05/2018</b>	P1 Zona más profunda	1,4	3,79	1,21
	P3 Zona central	1,62	4,38	1,05
<b>01/07/2018</b>	P1 Zona más profunda	1,71	4,63	0,99
	P2 Parte Este	1,6	4,33	1,06
	P3 Zona central	1,96	5,30	0,87
	P4 Parte Oeste	1,55	4,19	1,10
<b>22/07/2018</b>	P1 Zona más profunda	1,67	4,52	1,02
	P2 Parte Este	1,72	4,65	0,99
	P3 Zona central	1,54	4,17	1,10
	P4 Parte Oeste	2	5,41	0,85
<b>05/08/2018</b>	P1 Zona más profunda	2,15	5,82	0,79
	P2 Parte Este	2,36	6,39	0,72
	P3 Zona central	2,7	7,31	0,63
	P4 Parte Oeste	1,38	3,73	1,23
<b>19/08/2018</b>	P1 Zona más profunda	1,76	4,76	0,97
	P2 Parte Este	1,66	4,49	1,02
	P3 Zona central	1,82	4,92	0,93
	P4 Parte Oeste	1,62	4,38	1,05
<b>03/09/2018</b>	P1 Zona más profunda	1,54	4,17	1,10
	P2 Parte Este	1,68	4,55	1,01
	P3 Zona central	1,92	5,20	0,89
	P4 Parte Oeste	1,74	4,71	0,98
<b>16/09/2018</b>	P1 Zona más profunda	1,6	4,33	1,06
	P2 Parte Este	1,33	3,60	1,28
	P3 Zona central	1,69	4,57	1,01
	P4 Parte Oeste	1,68	4,55	1,01
<b>01/10/2018</b>	P1 Zona más profunda	0,61	1,65	2,79
	P2 Parte Este	0,75	2,03	2,27
	P3 Zona central	0,56	1,52	3,04
	P4 Parte Oeste	0,45	1,22	3,78
<b>28/10/2018</b>	P1 Zona más profunda	0,61	1,65	2,79
	P2 Parte Este	0,77	2,08	2,21
	P3 Zona central	0,48	1,30	3,54
	P4 Parte Oeste	0,56	1,52	3,04

Fuente: Elaboración Propia

En el siguiente cuadro se puede observar que el valor estimado más alto se registró en el punto 3 zona central (Z.C) en fecha 5/08/2018 con un valor máximo de 7.31 y un valor mínimo de 1.22 en fecha 1/10/2018 para el P4 Parte Oeste (P.O.E).

**Cuadro N°17 Datos obtenidos de la Zona Fóptica (Zeu) en el P1**

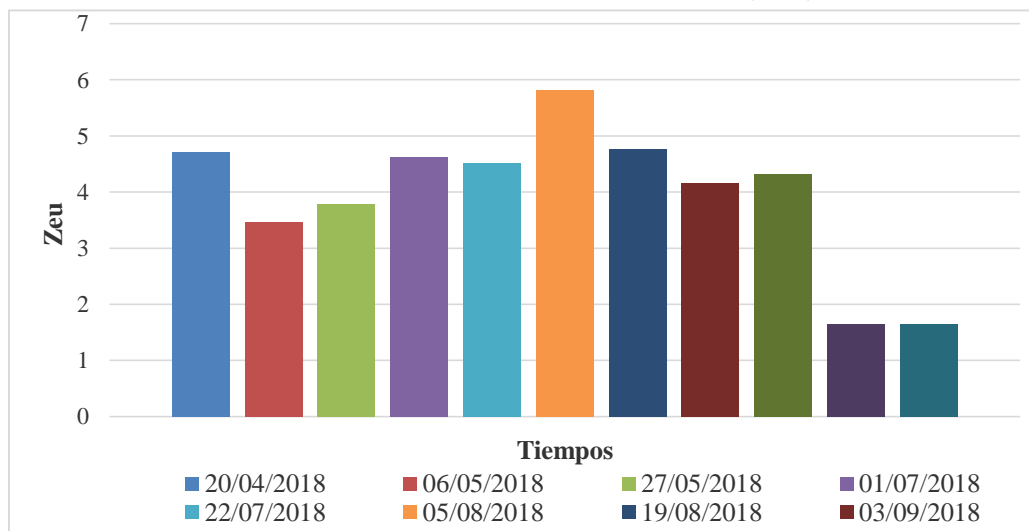
<b>Tiempo</b>	<b>Zona Fóptica (m)</b>
20/04/2018	4.71
06/05/2018	3.46
27/05/2018	3.79
01/07/2018	4.63
22/07/2018	4.52
05/08/2018	5.82
19/08/2018	4.76
03/09/2018	4.17
16/09/2018	4.33
01/10/2018	1.65
28/10/2018	1.65

Fuente: Elaboración Propia

El valor más alto obtenido en fecha 20/04/2018 fue de 5.82 m y como valor mínimo 1.65 m en el mes de octubre, observándose una diferencia considerable entre ambos periodos.

La estimación de los datos obtenidos a partir D-S y el cálculo de la constante presente a continuación en el siguiente gráfico:

**Gráfico N°9 Datos obtenidos de la zona fóptica (Zeu) en el P1**



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se observa que el 5/08/2018 fue el valor máximo más alto obtenido de 5.82 m en el punto 1 en cuanto al valor mínimo obtenido 1.65 m para periodo lluvioso.

Según (Suarez 2007) durante la estación seca, la luz alcanza hasta 4m de profundidad, incluso si la intensidad de la luz superficial es menor este fenómeno relacionado de manera inconsistente, se debe a la turbidez del agua que es mayor durante la temporada de lluvia debida a sólidos en suspensión.

**Cuadro N°18 Datos obtenidos de la Zona Fótica (Zeu) en el P2**

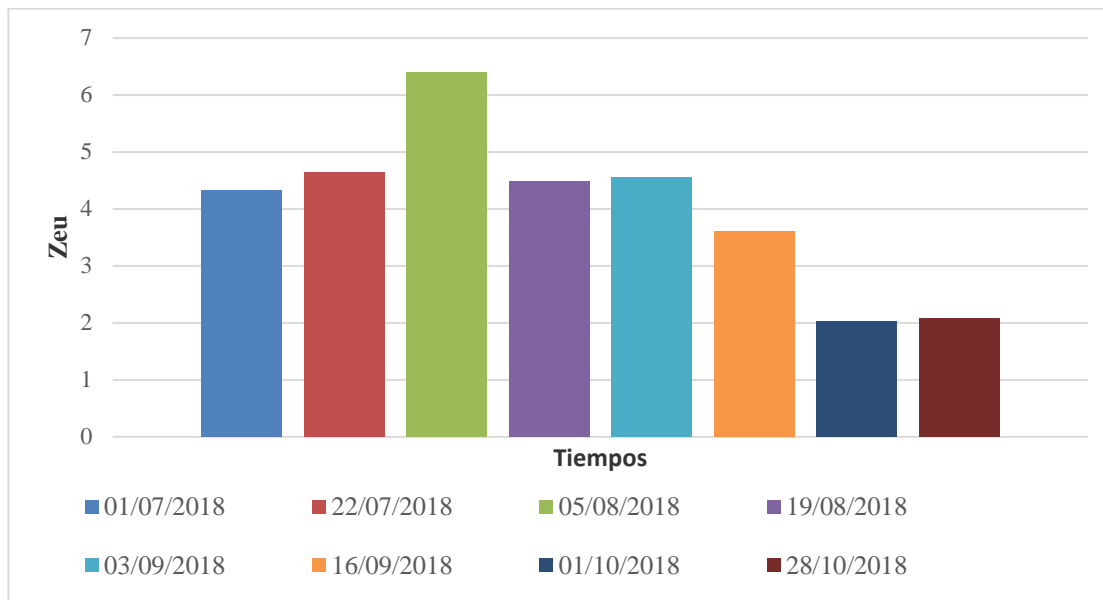
<b>Fecha</b>	<b>Zona Fótica (m)</b>
01/07/2018	4.33
22/07/2018	4.65
05/08/2018	6.39
19/08/2018	4.49
03/09/2018	4.55
16/09/2018	3.6
01/28/2018	2.03
28/10/2018	2.08

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente cuadro se observa que valor más alto para el P2 se da en fecha 5/08/2018 con un dato de 6.39 m y el valor mínimo obtenido fue de 2.03 m en fecha 1/10/2018.

La estimación de los datos obtenidos a partir D-S y el cálculo de la constante presente a continuación en el siguiente gráfico:

**Gráfico N° 10 Datos obtenidos de la zona fótica (Zeu) en el P2**



Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico se puede observar el valor más alto se dio en fecha 5/08/2018 con un valor estimado de 6.39 m y un valor mínimo de 2.03 m registrado en 1/10/2018.

Según Suarez (2007) el sedimento es muy importante, dando como resultado la turbidez, contribuyendo a la atenuación de la luz en la columna de agua.

**Cuadro N°19 Datos obtenidos de la Zona Fótica (Zeu) en el P3**

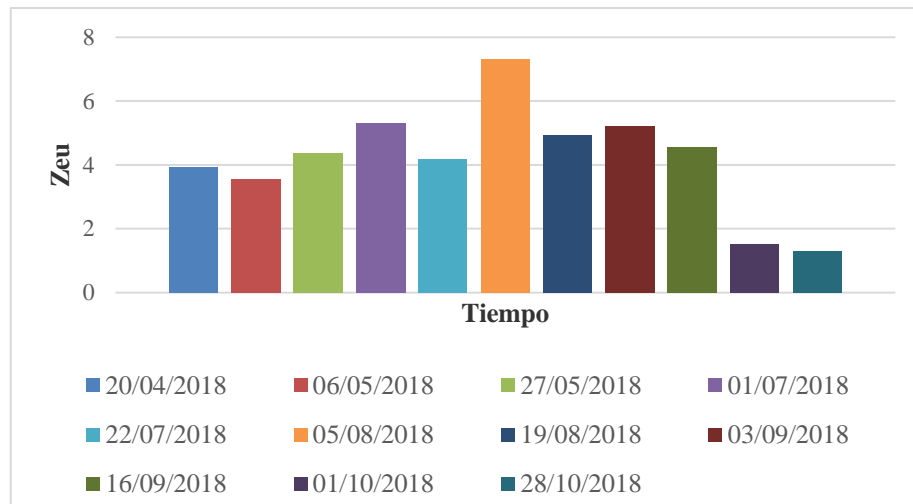
Fecha	Zona Fótica (m)
20/04/2018	3.92
06/05/2018	3.57
27/05/2018	4.38
01/07/2018	5.3
22/07/2018	4.17
05/08/2018	7.31
19/08/2018	4.92
03/09/2018	5.2
16/09/2018	4.57
01/10/2018	1.52
28/10/2018	1.3

Fuente: Elaboración propia

Las diferencias que se observan en el siguiente cuadro en cuanto a los valores estimados de la zona fónica dan como resultado un valor máximo de 7.31 m el 5/08/2018 y un valor mínimo de 1.3 m en época lluviosa.

La estimación de los datos obtenidos a partir D-S y el cálculo de la constante presente a continuación en el siguiente gráfico:

**Gráfico N° 11 Datos obtenidos de la zona fónica (Zeu) en el P3**



Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico se denota que en fecha 5/08/2018 se obtuvo el valor más alto para el P3 (Parte Este) con 7.31 m y un valor mínimo estimado de 1.3 m en periodo lluvioso.

**Cuadro N°20 Datos obtenidos de la Zona Fónica (Zeu) en el P4**

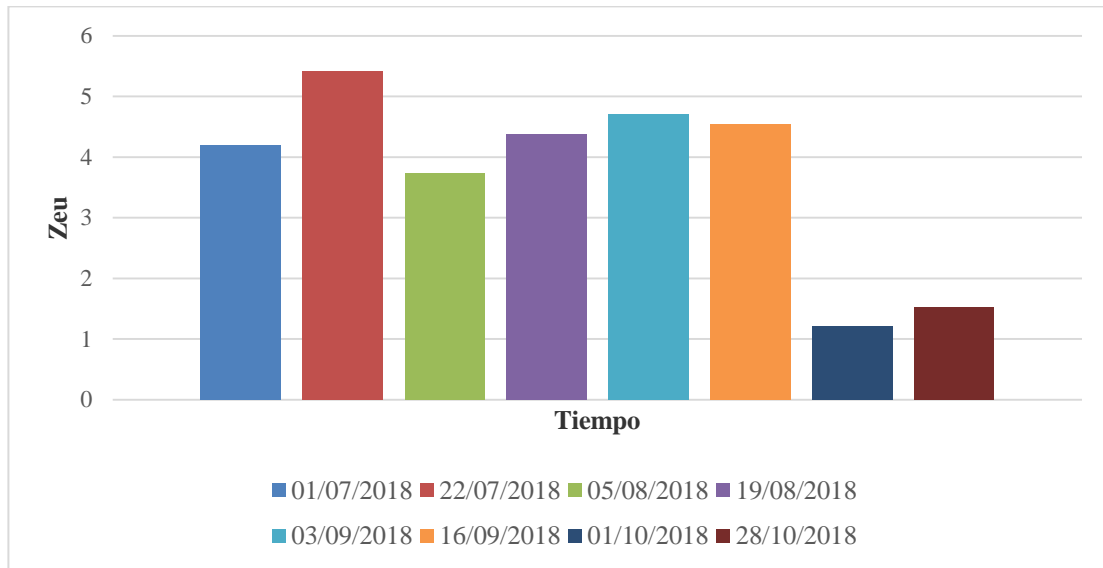
Fecha	Zona Fónica (m)
01/07/2018	4.19
22/07/2018	5.41
05/08/2018	3.73
19/08/2018	4.38
03/09/2018	4.71
16/09/2018	4.55
01/10/2018	1.22
28/10/2018	1.52

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en el P4 Parte Oeste (P.O.E) nos da como valor más alto 5.41 m en fecha 22/07/2018 y un valor mínimo de 1.22 m en periodo lluvioso.

La estimación de los datos obtenidos a partir D-S y el cálculo de la constante presente a continuación en el siguiente gráfico:

**Gráfico N° 12 Datos obtenidos de la zona fótica (Zeu) en el P4**



Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos y representados en el siguiente grafico P4 (P.O.E) muestran que el valor más alto se da en periodo seco con 5.41 m y un valor mínimo de 1.22 m en periodo lluvioso.

**Cuadro N°21 Datos obtenidos de la Zona Fótica (Zeu) en el (P1-P2-P3-P4)**

Fecha	Punto de Muestreo	Zona Fótica (m)
20/04/2018	P1 Zona más profunda	4.0
	P2 Parte Este	4.1
28/10/2018	P3 Zona central	4.0
	P4 Parte Oeste	3.9

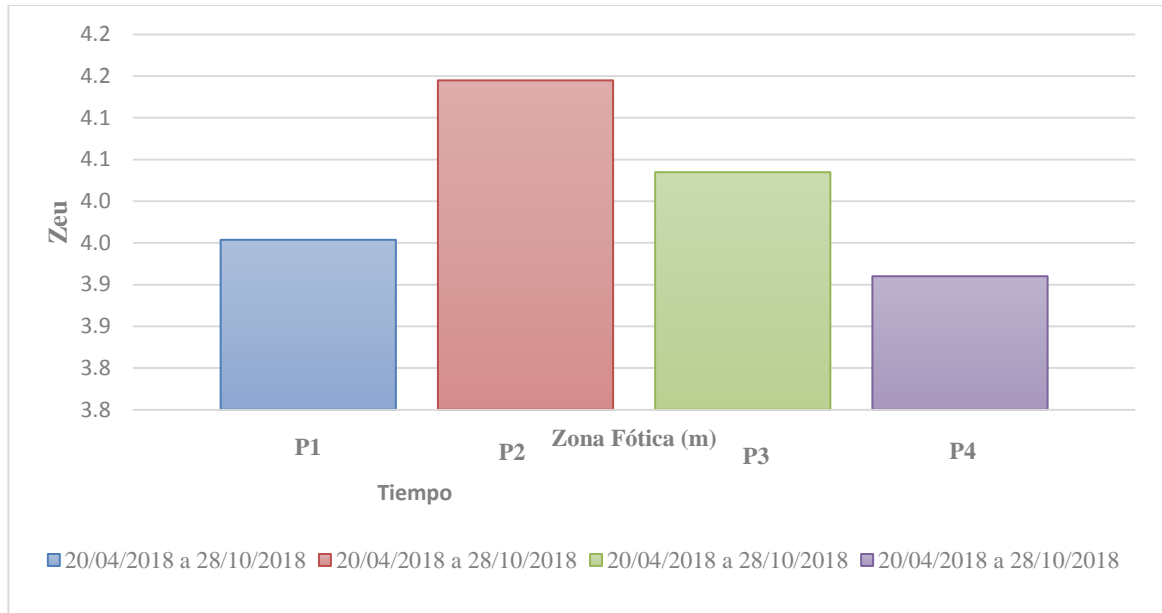
Fuente: Elaboración propia

En el siguiente cuadro se observa que el dato más alto fue obtenido en el P2 con un valor máximo de 4.1 m y el valor mínimo de 3.9 m en el P4.



La estimación de los datos obtenidos a partir D-S y el cálculo de la constante presente a continuación en el siguiente gráfico:

**Gráfico N° 13 Datos obtenidos de la zona fótica (Zeu) en el (P1-P2-P3-P4)**



Fuente: Elaboración propia

Según la estimación de datos se obtuvo para el P2 el valor más alto con 4.1 m y con un valor mínimo en el P4 con 3.9 m.

### c) Características de los parámetros físico-químicos

Datos obtenidos de 8 parámetros utilizados en este estudio presentados a continuación en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 22 Parámetros básicos obtenidos en la Zona más profunda (P1)**

Parámetros básicos obtenidos								
Parte Más Profunda (Z.M.P)								
Tiempo	Temperatura °C	Conductividad µs/cm	Oxígeno disuelto mg/l	Solidos tot. Dis. mg/l	Fosforo Total mg/l	Ph	Nitrogeno Total mg/l	DBO (5 Dias)mg/l
20/04/2018	24.75	32.85	5.25	15.20	0.09	7.59	0.10	0.38
16/09/2018	20.95	45.08	6.30	21.08	0.26	7.61	0.10	0.36

Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos en el siguiente cuadro con respecto a la temperatura muestran que el dato mínimo registrado fue de 20.95 °C y un máximo valor de 20.95 °C, seguido de la conductividad 45.08  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , oxígeno disuelto 6.30 mg/l, sólidos totales disueltos 21.08 mg/l, fósforo total 0.26 mg/l, Ph 7.61, nitrógeno 0.10 y DBO 0.38.

Datos obtenidos de 8 parámetros utilizados en este estudio presentados a continuación en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 23 Parámetros básicos obtenidos en la Zona Central (P3)**

<b>Parámetros básicos obtenidos</b>								
<b>Centro del lago (Z.C)</b>								
<b>Tiempo</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Conductividad <math>\mu\text{s}/\text{cm}</math></b>	<b>Oxígeno disuelto mg/l</b>	<b>Sólidos tot. Dis. mg/l</b>	<b>Fósforo Total mg/l</b>	<b>Ph</b>	<b>Nitrógeno Total mg/l</b>	<b>DBO (5 Días)</b>
20/04/2018	24.88	34.33	5.73	15.40	0.12	7.32	0.10	3.01
16/09/2018	20.43	45.05	5.81	21.03	0.31	7.43	0.09	3.01

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente cuadro se muestran los datos obtenidos del P3 Zona central en dos tiempos, con respecto a la temperatura se observó el dato más alto de 24.88 °C, conductividad 45.05, oxígeno disuelto 5.81 mg/l, sólidos totales disueltos 21.03 mg/l, fósforo total 0,31 mg/l, ph 7.43, nitrógeno total 0.10 mg/l y DBO 3.01 en ambas campañas de muestreo.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

- Se determinó que en el embalse de San Jacinto la especie *Ceratium Furca E.* de las muestras con formol es una de las que se encuentran en mayor número, con un 97 % (37313 inds) , sin formol 96 % (25840 inds) de presencia a diferencia de las otras especies tomando en cuenta que estuvo presente desde comienzos de muestreo 20 de abril hasta 28 de octubre, obteniéndose presencia constante, pero variando en el número de individuos.
- En cuanto a la abundancia de la especie *Ceratium furca E.* se pudo constatar que tiene mayor presencia en P2 Parte Este del lago San jacinto con formol con un 58 % (21726 inds) y sin formol 41 % (10604 inds) la diferencia respecto a los demas puntos (P1,P3 y P4) pudo darse por ser un punto que se halla favorecido por la ubicación y los rayos del sol que reflejan con mayor intensidad en este sector.

Para el punto Punto 1 con formol se obtuvo un porcentaje de 8 % (3003 inds), seguido del punto Punto 3 con un 9 % (3365 inds) y el punto 4 con 25 % (9219 inds).

- La especies encontradas en los 4 puntos de muestreo fueron 10 nombradas a continuacion *Ceratium furca E*, *Oscillatoria nigra V*, *Ceratium hirundinella O.F*, *Trachelomonas volvocina E.*, *Hildenbrandia*, *Favella sp*, *Nitzschia elongata H*, *Dinobryon belgica M*, *Botryococcus braunni K*, *Micrasterias agardh C*.
- Para la estimación de la zona fótica se sustento que el Punto 2 fue el que presento un mayor valor promedio de 4.1 m, como se mencionaba

anteriormente, pudo haber sido favorecido por la ubicación recibiendo en comparación de los demás puntos mayor energía luminosa.

- En cuanto a los parámetros básicos establecidos para el presente estudio conclusión, el pH del embalse es generalmente favorable y estable ya que se encuentra cerca de la neutralidad tanto en las aguas de superficie como en el fondo. Por lo tanto, la vida acuática no se encuentra afectada por este factor que en otras condiciones puede limitar hasta impedir toda vida piscícola
- El pH del agua de superficie del lago San Jacinto es similar en todo ello y se encuentra a lo largo del año en valores próximas de la neutralidad, las variaciones que se presentan de pH puede ser debida a la acción del fitoplancton, el cual consume gas carbónico cuando realiza la fotosíntesis, lo que tiende a hacer subir el valor de pH
- El agua del embalse San Jacinto es bastante oxigenada incluso hasta el fondo del lago y por lo tanto, no parece haber un estrés del oxígeno en este cuerpo de agua (salvo en condiciones particulares muy locales como en medio de los jacintos acuáticos).
- La conductividad media del lago San Jacinto fue de 37  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (rango: 16,3-55,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), lo que es bajísimo e indica que el agua es muy pobre en electrolitos y por lo tanto, se trata de un factor limitante para la productividad natural del embalse. Esta situación se debe a las características de la cuenca del lago y es casi imposible de hacer algo al respecto. No se observaron diferencias significativas entre la conductividad del agua de superficie y de fondo.
- En el lago San Jacinto, la transparencia del agua ha variado de 48 cm en octubre a 138 cm en agosto. Esto significa que la penetración de la luz era muy baja en octubre y por lo tanto que el fitoplancton sólo podía realizar la fotosíntesis en los primeros cm de la columna de agua. Por lo tanto, a pesar de las temperaturas favorables del verano, la alta turbidez o baja transparencia

del agua del lago en época de lluvias afecta significativamente la producción primaria y altera con seguridad la producción piscícola

- En invierno, la transparencia alcanzó valores de 138 cm, lo que ha permitido una mejor penetración de la luz solar y un mejor aprovechamiento del fitoplancton. Por lo tanto, a pesar de las temperaturas del agua menos favorables en invierno, el fitoplancton tiene mejores condiciones de luz en época de frío, lo que se traduce por una mayor diversidad de los taxones. En la primavera y en otoño, la transparencia es intermedia.
- En resumen, podemos decir que la alta turbidez del embalse San Jacinto en la época de mayor productividad natural de las aguas es un factor definitivamente negativo que no permite una producción fitoplanctónica.
- Los niveles bajos de coliformes fecales (bacterias que descomponen las heces) confirman esta situación de agua poco contaminada. En efecto, los niveles anuales promedios de 277 coliformes/100 ml son bajos si uno se recuerda que aguas servidas muestran generalmente niveles de coliformes de  $10^5$  o  $10^6$ /100 ml. Según algunas observaciones, pareciera que el ganado que pasta por las orillas del embalse constituye la mayor fuente de excrementos, los mismos que pueden afectar la calidad del agua potable que se extrae del embalse. A nivel de la producción piscícola, esta incorporación de materias fecales son las bienvenidas ya que mejoran los bajos niveles de fertilización natural.
- El estado del lago San Jacinto tomando en cuenta su vida útil, de acuerdo a los estudios realizados conforme a su duración se encuentra dentro los límites permisibles, si el aumento de sólidos en el lago se mantienen constantes, el periodo de vida útil del embalse se encontraría comprometido.

## RECOMENDACIONES

- Incentivar más trabajos con enfoque a estudio de fitoplancton tomando en cuenta la importancia que tiene en la vida acuática.
- Realizar talleres a los comunarios sobre la importancia de la prevención y cuidados del agua especialmente a las personas que tienen sus actividad a la venta de producto alimenticio de en la represa San Jacinto.
- Recomendar a las autoridades públicas tener más atención con la represa ya que se encuentra comprometida su vida útil.
- Es necesario realizar un estudio completo de erosión, para poder aplicar medidas de control para frenar la sedimentación del embalse.
- Proponer que se construyan de servicios básicos, pozos de desviación de los diferentes lavados que se tiene en el comercio que están ubicados en las orillas del embalse.
- Construir zanjas de desviación para desviar el arrastre de sedimentos hacia el embalse.
- Se sugiere un plan de control sobre el uso de agroquímicos que vierten al embalse.