



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Universidad del Bio-Bio
Facultad de Educación y Humanidades
Departamento de Ciencias de la Educación
Actividad de Titulación
Pedagogía en Ciencias Naturales con mención
Biología, Física o Química.

Composición y abundancia de plancton en Laguna Avendaño, Quillón para elaborar material divulgativo y colaborar con el desarrollo de conciencia ambiental sobre el recurso hídrico.

**Tesis para obtener el título
Pedagogía en Ciencias Naturales con mención Biología**

AUTORAS: Camila Cruces Fuentes
Isleyn Sepúlveda Contreras
PROFESORA GUÍA: Patricia Arancibia Ávila

Chillán, 2022



Agradecimientos

Isleyn Sepúlveda Contreras

En primera instancia quiero dar gracias a mi familia, a mi madre Cecilia y mi padre Eduardo quienes con su infinito amor me comprendieron, apoyaron, escucharon y aconsejaron durante toda mi estancia en la universidad. A mi hermano Eduardo y cuñada Daniela quienes se encontraron presentes en momentos adversos siendo un soporte importante para mí. También quisiera agradecer a una de las mujeres más importantes en mi vida, la cual ya no se encuentra a mi lado, ella me motivó a escoger esta profesión y es la responsable de parte fundamental de mi formación, mi abuela Hilda.

En segundo lugar, quiero dar las gracias a mi amiga y compañera Tamara, por sus seis años de amistad, manteniéndose conmigo, dándome momentos inolvidables, incontables risas hasta las lágrimas, volviéndose uno de mis pilares de apoyo. Espero en el futuro poder devolver todo el amor que me han entregado de diferentes maneras.

Camila Cruces Fuentes

A mis padres Claudio y Beatriz, ustedes han sido siempre el motor que impulso mis sueños y mi motivación a través de este proceso, gracias por apoyarme, aconsejarme y escucharme en todo momento, así como mis hermanos, Claudia y Kevin, de quienes estoy muy orgullosa porque, así como yo, han podido cumplir todos sus objetivos y espero que sigan planificando más en el futuro. A mis amigas Ana y Denisse, les agradezco por incontables momentos que siempre recordaré y por enseñarme más de mi misma tanto profesional como personalmente.

Para finalizar, destacamos el enorme esfuerzo de los estudiantes de recursos naturales y de nuestra tutora de tesis la Profesora Patricia Arancibia Ávila, cuyos consejos fueron siempre útiles para impulsar nuestras ideas a la hora de escribir lo que hemos logrado. Usted es parte importante de este equipo de trabajo con sus aportes profesionales que la caracterizan.



Índice

Agradecimientos	2
Resumen	5
Abstract	6
Introducción	7
Capítulo I: Presentación del Estudio	10
Antecedentes:	10
El problema y su justificación	11
Planteamiento del problema y pregunta de investigación	12
Capítulo II: Bases teóricas	13
Marco teórico	13
Los recursos Hídricos	13
Laguna Avendaño	13
Influencia Económica y Ambiental	14
La vida microscópica en la laguna - plancton	14
Estados tróficos de los cuerpos de agua.	16
Capítulo III: Organización metodológica	18
Material y metodología	18
Metodología	18
Tipo de investigación	18
Manual de Divulgación	20
Resultados	20
Parámetros fisicoquímicos	21
Descripción morfológica de las especies de la comunidad planctónica.	25
Clase Dinophyceae	25
Clase Chlorophyceae	27
Clase Zygnematophyceae	36
Clase Bacillaryophyceae	39
Clase Cyanophyceae	44
Clase Cryptophyceae	49
Clase Synurophyceae	50
Clase Trebouxiophyceae	51
Clase Euglenoidea	53
Clase Trebouxiophyceae	54
Descripción de organismos planctónicos animales (zooplancton).	54
Clase Actinophryida	54
Clase Monogononta	55



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Clase Branchiopoda	56
Clase Copepoda	57
Discusión	59
Conclusión	62
Referencias	63



Resumen

La Laguna Avendaño, es una masa de agua dulce ubicada en la comuna de Quillón, provincia de Diguillín, región de Ñuble. El clima que la caracteriza es de tipo mediterráneo, con estaciones secas y lluviosas de igual duración en el año. Las principales actividades son; agrícola, forestal y turismo. Durante todo el año, la Laguna Avendaño atrae a numerosos turistas, pero en la época estival, la ciudad de Quillón puede triplicar su población. Los atractivos turísticos principales son el Cerro Cayumanqui para los amantes del trekking y disfrutar de un paseo en la laguna. Es así como este recurso hídrico se considera una de las fuentes de mayores ingresos para los ciudadanos de Quillón. Del mismo modo, los recursos hídricos atraen comunidades completas, emplazan sus viviendas y actividades en las cuencas hidrográficas alrededor de laguna, causando la eutrofización o aumento de material orgánico en el agua. Tal proceso es provocado por el exceso de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo. Es un proceso lento y natural que puede ser acelerado debido a la actividad humana, en cuyo caso se denomina “eutrofización cultural”. Los bioindicadores se sitúan en la composición y abundancia de los diversos grupos de microalgas que conforman el plancton. Este trabajo presenta una descripción gráfica y escrita de los organismos presentes en Laguna Avendaño en el período otoñal y primaveral del año en curso. El objetivo principal es divulgar este conocimiento a los habitantes de la comuna de Quillón, con el fin de enseñar a preservar los recursos hídricos.

Palabras clave: Nivel trófico, recurso hídrico, eutrofización, fitoplancton, zooplancton.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Abstract

The Avendaño Lagoon is a body of fresh water located in the commune of Quillón, province of Diguillín, Ñuble Region. The climate that characterizes it is Mediterranean, with dry and rainy seasons of equal duration throughout the year. The main activities are agriculture, forestry, and tourism. Throughout the year, the Avendaño Lagoon attracts numerous tourists, but during the summer, the city of Quillón can triple its population. The main tourist attractions are the Cayumanqui Hill for those who love trekking and enjoying a walk in the lagoon. Thus, this water resource is considered one of the sources of major income for the citizens of Quillón. Likewise, the water resources attract entire communities, who place their homes and activities in the watersheds around the lagoon, causing eutrophication or increase of organic material in the water. This process is caused by excess nutrients, mainly nitrogen and phosphorus. It is a slow and natural process that can be accelerated due to human activity, in which case it is called "cultural eutrophication". The bioindicators are in the composition and abundance of the various groups of aquatic microalgae. This work presents a graphic and written description of the organisms present in Laguna Avendaño in the autumn and spring period of the current year. The main objective is to disseminate this knowledge to the inhabitants of the commune of Quillón, in order to teach how to preserve water resources.

Key words: trophic level, water resources, eutrophication, phytoplankton, zooplankton.



Introducción

Los cuerpos de agua dulce, lagos, embalses, lagunas, generalmente se encuentran rodeados por comunidades humanas que desarrollan actividades agrícolas, industriales o turísticas en sus riberas, lo cual ocasiona un deterioro del mismo por el aumento de materia orgánica que llega desde la cuenca hidrográfica a sus aguas. Lo anterior se denomina eutrofización cultural, debido a que el aumento de materia orgánica es causado por las actividades humanas. Es recomendable conocer el estado de trofia de un cuerpo de agua con el fin de mitigar la eutrofización temprana o acelerada, controlando las actividades humanas en sus riberas. Uno de los índices de eutrofización es el aumento de nutrientes como fosfato y nitrato en el agua y de organismos planctónicos. Existe un estudio sobre caracterización de aspectos limnológicos de Laguna Avendaño incluyendo la composición del plancton invernal y otoñal realizado en 1986 por Caro y Barrientos. Casi 37 años más tarde, este estudio describe nuevamente la composición de la comunidad planctónica en un período anual relacionándolos con la variación de parámetros ambientales, físico-químicos.

El término microalga no es taxonómico, sino que se refiere a un grupo de microorganismos acuáticos, denominado fitoplancton. Son organismos autótrofos pertenecientes al Reino Protista. Son unicelulares, pueden vivir en forma solitaria o formar colonias, o bien largos filamentos que fluyen con las corrientes de agua y se mantienen flotando gracias a los apéndices o capas gelatinosas en las que están envueltas. Se caracterizan también por poseer pigmentos accesorios aparte de la clorofila *a* o *b*. Dichos pigmentos le confieren color a la célula, por lo que, los taxónomos las han clasificado en grupos llamados Divisiones o Clases. El fitoplancton forma el grupo de los productores dentro de la cadena trófica y necesita nutrientes que se encuentran disponibles en el agua, tales como nitratos y fosfatos, además de la captación de carbono atmosférico esenciales para la fotosíntesis (Nebel y Wright, 1999). La siguiente escala trófica la constituye el zooplancton, son organismos microscópicos consumidores de fitoplancton o herbívoros. Son heterótrofos y también pertenecen al Reino Protista. Ambos grupos conforman el plancton, definido como microorganismos de vida libre y flotantes llevados por las corrientes, sin movimiento propio. Su flotabilidad se debe a apéndices, flagelos, cilios y mucílago alrededor de las células que, aunque no tienen movimiento de largo alcance, pueden circular en pequeñas distancias microscópicas. De acuerdo a la física del movimiento de fluidos, estos microorganismos se



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

mueven con un bajo número de Reynolds (Vogel, 1994) lo cual los hace moverse en un medio altamente viscoso para ellos, equivalente a un ser humano nadando en una piscina de gelatina.

Estos microorganismos se reproducen asexualmente por escisión o fragmentación de sus colonias filamentosas y si las condiciones son favorables (nutrientes, carbono y luz en exceso) la velocidad de reproducción es alta. También se pueden reproducir sexualmente, es decir intercambiando información genética, lo cual, les permite adaptarse a un medio desfavorable. Su rápida reacción frente a los cambios ambientales los hace ser candidatos a contribuir como bioindicadores de la calidad del agua, es decir podemos deducir ciertas características del agua (exceso de sílice, nitrato o fosfato, pH básico o ácido) por la presencia o abundancia de algún grupo planctónico en particular y también los verdes azulados (Wilcox and Graham, 2008).

El hecho de ser microorganismos los hace ser inconspicuos y normalmente son invisibles al ojo humano. Las microalgas, si bien son organismos, en su mayoría pertenecientes al Reino Protista, también hay algunos organismos que pertenecen al Reino Monera, es decir son bacterias fotosintéticas, o bien cianobacterias por su color verde-azulado (Caro y Barrientos, 1986).

Los microorganismos solamente se ven con la ayuda de un microscopio, es por ello que las personas que habitan alrededor de los recursos hídricos no siempre conocen acerca de la presencia de estos microorganismos en el agua. También desconocen que sus acciones antrópicas como agricultura o verter aguas servidas directamente a la laguna causan problemas que afectan a las comunidades de organismos acuáticos y eventualmente pueden afectar a las mismas personas provocando problemas a la salud humana. Es por ello que la educación ambiental para la ciudadanía se ha vuelto una acción de necesidad, tarea que conlleva un largo y complejo proceso que incluye preparar al público con conceptos, métodos, valores y actitudes (Aydim en Torres et al., 2017).

Una solución para los múltiples problemas ambientales que agobian a la sociedad, es implementando proyectos de educación, a modo de, fomentar un pensamiento de conciencia ambiental con el ideal del desarrollo sustentable en los futuros ciudadanos (Fith y Winter en Torres et al., 2017), dicha propuesta establecida en la carta de Belgrado, tiene el propósito de



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

avanzar como sociedad a través de la instrucción en los niños y jóvenes, sobre la conciencia del medio ambiente, el interés por él y todos los problemas relacionados.

En particular la Municipalidad de Quillón cerró los balnearios de la laguna Avendaño y Bello Bosque, en febrero de 2022 debido a una serie de denuncias por parte de los turistas sobre aparición de alergias cutáneas. Dicha resolución emanada por la Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) de Salud, a pesar de que la raíz del problema aún es de origen desconocido, deja una alerta preocupante ante el descuido ambiental sobre la laguna (Vidal y Polanco, 2022). Si bien, la Municipalidad es el principal gestor de este proceso y otros agentes gubernamentales, también existe evidencia por falta de conocimiento ambiental por parte de los mismos pobladores y turistas de la zona.

La idea de esta investigación surge a partir de la preocupante desinformación de los residentes, al desconocer la riqueza biológica vegetal y animal que rodea todo el entorno natural del cuerpo acuático, lo cual ha ocasionado que se practiquen conductas prohibidas e incluso penadas por la coordinación medioambiental de la Municipalidad (Henríquez, 2021). En consecuencia, en esta tesis se plantea que la solución a la desinformación se aborda desde el plano de la investigación y divulgación de la información para fomentar conciencia medioambiental en los pobladores. La descripción física, ilustración gráfica y la función ecológica de los microorganismos que habitan en el agua, será compartida en forma didáctica con la entrega de un manual o folleto. Esperamos que la comunidad de Quillón comprenda que el fitoplancton es el productor primario de los procesos fotosintéticos, esencial en la fijación de carbono y la primera forma de vida como alimento para otras especies acuáticas, y que son bioindicadores precisos de lo que ocurre en la cuenca hidrográfica que rodea al recurso hídrico (Torres et al., 2017).



Capítulo I: Presentación del Estudio

Antecedentes:

La problemática que sale a la luz sobre el poco interés que poseen las personas por los recursos hídricos, es debido a que, no lo reconocen como parte de su problema, puesto que, sus preocupaciones se centran en otros aspectos tales como la economía. En un estudio de opinión pública realizado por Squella en el año 2000 se reveló que el 57% de la población encuestada piensa que, la información y educación ambiental es una de las mejores herramientas para proteger el medioambiente del país, mientras que el otro 45% sostiene que la falta de compromiso en estas temáticas, son las escasas de medidas por parte del gobierno y la falta de regulaciones hacia las industrias (Fuentes, 2017).

Por otro lado, también se debe enfatizar que la principal fuente de información medioambiental para el ciudadano promedio son los medios de comunicación, que se establecen de forma insuficiente, ya que, mucha de esta información carece de antecedentes y consecuencias claras, lo que declina directamente al sensacionalismo. También se debe resaltar que muchas noticias son de carácter negativos-catastrofistas, por consiguiente, se suele esconder la verdadera naturaleza de los problemas, obviando de esta manera la profundización en el contexto de la información, esto según Perales como se cita en Muñoz (2014).

Los cambios actitudinales suelen producirse cuando las personas entran en un conflicto entre lo que se piensa, versus la información nueva que se está adquiriendo (Benegas y Marcen, 1995). Lo anterior, no es favorecido en la educación chilena, ya que, los programas educativos están orientados en su mayoría a los conocimientos y no generan acción pro-ambiental (Bazarte et al., 2014). Como solución, se propone que en los colegios se generen instancias de análisis de problemas, contrastando conocimientos adquiridos con la realidad de su entorno (Möller et al., 2006).

Debido a que el agua es fundamental para el desarrollo de la vida, es deber del estado gestionar el uso sustentable de este recurso. Aún más, siendo el agua un recurso público de primera necesidad, es responsabilidad del estado monopolizar su protección y conservación (Segura Artero, 1998 en Jouravlev). En Chile, cada comunidad cuenta con una entidad dependiente del nivel gubernamental, para designar funciones en el dominio y conservación



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

del recurso hídrico. Sin embargo, el principal problema sobre la contaminación en la laguna Avendaño radica en la falta de fiscalización que existe debido al limitado poder que posee la municipalidad sobre su cuenca. Se han creado planes idóneos para generar los esfuerzos en recuperar el recurso hídrico, pero el esfuerzo real debe ser impulsado a través de planes de educación y creación de conciencia ambiental de sus habitantes (Jouravlev, 2003).

El problema y su justificación

La Laguna Avendaño es uno de los destinos turísticos más característicos de la región de Ñuble. En el periodo estival la ciudad de Quillón llega a triplicar su población, esto genera grandes aportes a la comunidad desde el punto de vista económico por lo que se considera la fuente de mayores ingresos para los ciudadanos. Debido a la necesidad de mantener un cuidado en el destino turístico e ingreso económico más importante de la comunidad, a fines del año 2021, la municipalidad de Quillón comenzó a impulsar y favorecer estudios de calidad de agua en la laguna (Cabrera & Polanco, 2022). Un análisis de calidad de agua comprende análisis de parámetros físicos (temperatura y radiación lumínica), parámetros químicos (pH, concentración de nutrientes como nitratos y fosfatos); parámetros biológicos (composición y abundancia de especies de fitoplancton y zooplancton). Los microorganismos suelen mantener un equilibrio dentro del ecosistema, pero cuando existe una perturbación, como por ejemplo llegada de exceso de nutrientes, este equilibrio se altera permitiendo que otros organismos prevalezcan en composición y abundancia (Escenarios Hídricos (EH) 2030, 2020).

Estos parámetros indican cambios de calidad de agua, deterioro de la trofia o cantidad de materia orgánica que puede influir en la salud de los mismos habitantes de la cuenca hidrográfica. Sin embargo, los habitantes de la cuenca hidrográfica ejercen un fuerte impacto antrópico sobre el cuerpo de agua (extracción ilegal de agua para relleno de piscinas, riego de jardines), a pesar de estar estrictamente prohibido por la coordinación medioambiental de la municipalidad (Henríquez, 2021). Es por ello que se requiere un plan estratégico para enseñar a la comunidad la importancia del mantenimiento de la calidad de agua, lo cual permitirá que la ciudadanía aprenda a cuidar su propio entorno natural.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

En consecuencia, este estudio describe los microorganismos que habitan el cuerpo de agua relacionando la presencia y crecimiento de los mismos con las características físicas y químicas del cuerpo de agua durante el período otoñal e invernal.

Planteamiento del problema y pregunta de investigación

¿Qué medidas se deben adoptar para desarrollar conciencia ambiental del recurso hídrico de la comunidad de Quillón?

Objetivo general

Elaborar un manual de divulgación acerca de la composición de la comunidad planctónica, en el periodo otoñal y primaveral, de Laguna Avendaño, Quillón.

Objetivos específicos

- Analizar taxonómicamente la composición del plancton en el periodo otoñal y primaveral en la laguna Avendaño de la comunidad de Quillón.
- Realizar un estudio descriptivo y gráfico de la comunidad planctónica relacionándola con los parámetros fisicoquímicos en la laguna Avendaño de la comuna de Quillón.
- Diseñar material didáctico e informativo sobre el impacto medioambiental en la laguna Avendaño para la comunidad de Quillón.



Capítulo II: Bases teóricas

Marco teórico

Los recursos Hídricos

El agua es el recurso y pilar fundamental para el desarrollo de la vida en el planeta, considerado el eje para el desarrollo socioeconómico y la producción de energía y alimento. Asimismo, es importante para el crecimiento de los ecosistemas y supervivencia de los seres vivos que interactúan. Como tal, un recurso público al que toda persona, animal, planta y todo ser vivo tiene derecho a obtener (Kammeyer, 2017).

Hoy en día el mundo se ve envuelto en constantes crisis de escasez de agua dulce. Dado el evidente crecimiento exponencial de las poblaciones, existe a su vez un incremento en la demanda del recurso hídrico, junto a ella le acompañan múltiples consecuencias que repercuten en el recurso del agua, como la contaminación. Los materiales más comunes observados en la polución de aguas son: materias orgánicas, bacterias, hidrocarburos, desperdicios industriales, pesticidas, productos químicos agrícolas, productos químicos domésticos, entre otros (Peredo, 2010). Los entes gubernamentales se han enfocado en controlar algunos de estos factores que, han ocasionado el desgaste del recurso hídrico, centrados en proyectos de sustentabilidad, tales como mejoras en los sistemas de saneamiento, lo que ha permitido tener calidad de higiene para sus pobladores y a la vez recuperar parte del agua utilizada (EH2030, 2020). De tal manera, se busca disminuir el impacto de las sequías durante los años venideros, de los cuales se espera que su demanda sobrepase el 50% hasta la mitad del siglo XXI (Kammeyer, 2017).

Laguna Avendaño

La laguna Avendaño es un humedal urbano que se encuentra situado al norte de la comuna de Quillón en la región de Ñuble, junto al río Itata, siendo el recurso más importante de la comunidad. Aunque no hay estudios hidrológicos realizados hasta el momento, se presume que la laguna está surtida por napas subterráneas, debido a la ausencia de cursos de agua superficiales que desembocan en ella. Es característica debido a la forma que posee, la cual se asemeja a una ballena, dicha forma fue descubierta por primera vez entre sus pobladores cuando lograron subir el cerro Cayumanqui, que es conocido por ser un cerro emblemático de la comuna de Quillón. Según Caro y Barrientos (1986), la laguna Avendaño



se encuentra superpuesta en la Cordillera de la Costa, extendiéndose desde el norte hacia el sur conectando las zonas entre Piamonte de Laja y la Cordillera de la Costa. Sus coordenadas son 36°45'20.1 latitud sur y 72°26'51.8 latitud oeste (Figura 1) (Fuentevilla y Navarrete, 1989).

Influencia Económica y Ambiental

En el ámbito social económico, la laguna Avendaño es uno de los principales atractivos turísticos de la comuna, además de, su fiesta costumbrista, en la temporada estival es la principal fuente de ingresos de los ciudadanos, debido al gran flujo de turistas que visitan la zona en los sectores de balnearios de la laguna Avendaño y Bello Bosque (Municipalidad de Quillón, 2003).

Un estudio hidrológico del Ministerio de Agricultura (2019), considera que el cruce del río Ñuble al cuerpo de agua como la laguna Avendaño, han permitido disminuir el incremento térmico año a año, regulando la temperatura en el aire y el suelo. A su vez, se han considerado las especies vegetales que se conservan durante las temporadas de mayor temperatura, donde los cuerpos de agua tienen el papel principal para su conservación y humedad ambiental.

La vida microscópica en la laguna - plancton

¿Qué es el plancton?

Son organismos microscópicos llevados por las corrientes de agua sin poseer movimiento propio, a pesar que algunos poseen flagelos o cilios para un desplazamiento limitado. Se dividen en fitoplancton y zooplancton. Desde el punto de vista trófico, el fitoplancton corresponde a los productores y el zooplancton al nivel de consumidor. En general pertenecen al Reino Protista por ser unicelulares y muchos de ellos coloniales (Calbet, 2022).

¿Qué es el zooplancton?

El zooplancton o plancton animal son microorganismos que se alimentan de fitoplancton, considerados así un consumidor primario. Son por lo tanto heterótrofos, es un grupo conformado por rotíferos y crustáceos entre otros. Pueden atrapar su alimento creando vórtices de agua o bien atrapándolos con estructuras específicas para ello (Conde-Porcuna, 2004).

¿Qué es el fitoplancton?



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

La terminología “fitoplancton” fue acuñada por Hensen en 1887, para describir organismos microscópicos (Popovich,2004), su uso es generalizado y con abundantes criterios de identificación tales como: ambiente, tamaño, pigmentos, entre otros (Fuentevilla y Navarrete, 1989). El fitoplancton, también conocido como microalgas, son organismos microscópicos acuáticos presentes en lagos, ríos, lagunas y similares. Son organismos autótrofos, es decir capaces de realizar fotosíntesis. Utilizan los nutrientes que se encuentran disponibles en el agua tales como nitrato y fósforo, además de la captación de carbono atmosférico disuelto en el agua o ácido carbónico (Doods & Whiles, 2010). Estos seres vivos poseen una capacidad natatoria incapaz de superar la inercia de las olas, mareas o corrientes que puedan presentarse en los cuerpos de agua. Su importancia se encuentra en la cadena trófica, ya que son los productores primarios en el océano, lagos, ríos, etc. Mediante la captación de carbono de la atmósfera incorporan este elemento a la cadena alimentaria, por tanto, una fuente de energía, dado que, el fitoplancton es consumido por el zooplancton, que a su vez puede ser consumido por determinados peces (consumidores terciarios) (Costas, 2014).

Las especies taxonómicas que componen el fitoplancton presenta una gran diversidad, y habitan los cuerpos de agua dependiendo del contenido de nutrientes, pH, radiación lumínica, entre otras características. A su vez, la presencia de estos seres puede modificar las características de su hábitat provocando episodios de eutrofización. Los organismos se clasifican en las siguientes clases taxonómicas: Bacillaryophyceae (diatomeas), Dinophyceae (dinoflagelados), Phaeophyceae (algas pardas), Chlorophyceae (algas verdes), Xanthophyceae (algas pardo-doradas), Chrysophyceae (algas doradas), Rodophyceae (algas rojas). La clase Cyanophyceae comprende cianobacterias o algas verde-azules (Costas, 2014). La distribución del fitoplancton generalmente se restringe a las capas superficiales de agua, dado que necesitan la presencia de la luz para el proceso de fotosíntesis. Esta capa se denomina capa fótica. La transparencia del agua depende de la cantidad de sedimentos disueltos y/o de partículas húmicas en suspensión y también de los mismos organismos fitoplanctónicos que se encuentran en el agua. El fitoplancton debe mantenerse en la superficie y para ello poseen estructuras que favorecen su flotabilidad como vesículas gaseosas, mucílago, apéndices extracelulares u otros. Las turbulencias o movimientos de agua hacia arriba también colaboran con la permanencia de estos microorganismos en la zona



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

fótica (Fuentevilla y Navarrete,1989). Si las aguas comienzan a tornarse turbias, las zonas fóticas se reducirán. En situaciones extremas el agua podrá tornarse de un color verde o del color de la microalga que esté en mayor cantidad. El fitoplancton adquiere tales densidades solo cuando se encuentra en presencia de aguas ricas en nutrientes, que absorbe del medio. En caso de encontrarse en aguas escasas de nutrientes, esto limitará el crecimiento del fitoplancton (Graham et al., 2008; Nebel y Wright,1999).

Estados tróficos de los cuerpos de agua.

Oligotrofia

La condición oligotrófica. Es la condición original de los cuerpos de agua tales como, ríos, bahías. Los cuerpos de agua que se encuentran con pocos nutrientes, principalmente carecen de compuestos de fosfato y nitrógeno. Si el cuerpo de agua se encuentra rodeado de árboles, los nutrientes se mantendrán en el ciclo del suelo que posteriormente serán absorbidos nuevamente por los árboles los que se perderán por erosión o lixiviación; de esta manera los niveles de fósforo y nitrógeno en el agua es baja y por ello son considerados nutrientes limitantes del crecimiento del fitoplancton. Sin embargo, existen organismos dentro del plancton que pueden fijar nitrógeno atmosférico por lo que el fósforo es el nutriente que realmente limita la productividad en un lago. La única forma natural que los organismos tienen de acceder al fósforo es por surgimiento de éste desde el sedimento. Si el fósforo es aportado por causas antrópicas (fertilizantes u otros) entonces el fitoplancton aumenta en cantidad, la materia orgánica aumenta y sedimenta. De esa manera, los fondos se vuelven anóxicos (falta de oxígeno) debido a que la descomposición de la materia orgánica consume todo el oxígeno del fondo. Esta falta de oxígeno permite que el fósforo se solubilice desde los sedimentos y se incorpore nuevamente al ciclo provocando una mayor productividad. Pasando al nivel de mesotrofia.

Mesotrofia

Las condiciones mesotróficas son observables en los cuerpos de agua, a partir de una moderada claridad, lo que aumenta la tendencia de formar capas con distintas densidades, según variadas temperaturas durante la temporada estival. En condiciones de una laguna templada existen cortos periodos con la presencia abundante de diatomeas, principalmente *Asterionella*, gran diversidad de especies entre las cuales se encuentran; crisofíceas, dinoflagelados, cianofíceas y para final del verano algunas floraciones de clorofíceas. Es



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

común encontrar condiciones oligotróficas o mesotróficas en lagunas y lagos de las regiones australes, mientras que en regiones de la zona centro de Chile, los parámetros tróficos demuestran índices de eutrofización para estos ecosistemas (Ministerio de Obras Públicas, 2018).

Eutrofia

La eutrofización se manifiesta cuando las masas de agua oligotróficas adquieren nutrientes, generando una cadena de cambios. Primero, este enriquecimiento del agua favorece el crecimiento y la multiplicación del plancton, lo que aumenta la turbiedad del agua. El cambio del color del agua oscurece la vegetación que habita el cuerpo de agua y no permite el traspaso de la luz para generar el proceso de fotosíntesis. De hecho, aun cuando la luz pueda llegar al fondo, la flora béntica, probablemente, no podría hacer fotosíntesis, esto debido a que sus hojas y tallos quedarían cubiertos con las algas epífitas que habitan en aguas de esta calidad (Nebel y Wright, 1999).

La turbiedad del agua, que puede ser debido a múltiples factores, incluidos remoción de tierras en la cuenca aledaña, ocasiona que muchas plantas no puedan realizar fotosíntesis, generando la desaparición de la vegetación acuática sumergida. Por tanto, se perderán lugares de refugio y alimento de aves y otros animales y el oxígeno que era creado en el proceso de fotosíntesis. Generalmente el fitoplancton se localiza en las capas superficiales de agua, estas capas se saturan del gas que posteriormente es liberado a la atmósfera. Por tanto, la fotosíntesis no restablece los niveles de oxígeno disuelto a las aguas más profundas, excepto en las temporadas de primavera y otoño donde se intercambian las capas superiores e inferiores de agua (Nebel y Wright, 1999).

El fitoplancton tiene acelerados índices de crecimiento y reproducción. En condiciones óptimas, su biomasa puede duplicarse en 24 horas, esta capacidad es mucho mayor a la de la flora béntica, de esta manera el fitoplancton en muy poco tiempo alcanza su máxima capacidad poblacional. Al superar la capacidad de carga del cuerpo de agua, los organismos mueren y sedimentan produciendo un depósito de detrito en el fondo (Doods & Whiles 2010).



Capítulo III: Organización metodológica

Material y metodología

Metodología

El presente estudio se enmarca en un paradigma crítico, el cual indica que la investigación es impulsada continuamente por los investigadores, pero, que todo el proceso de recolección de información debe llevarse a cabo en base a una exhaustiva planificación y con esto se adhiere el compromiso por parte de los investigadores de seguir lo establecido. Este paradigma invita al lector a un proceso reflexivo y de análisis con respecto a lo expuesto, de esta manera, se busca que en base a datos específicos y corroborables pueda generar una opinión y así constituirse como sujetos activos en sus propios procesos (Melero, 2012).

La investigación realizada es en base al método cualitativo, con un enfoque descriptivo. Se establece que una investigación cualitativa se enfoca en palabras, discursos, imágenes, gráficos y textos, se enfoca en la búsqueda de respuestas de fenómenos que no son cuantificables (Quecedo y Castaño, 2002). El enfoque descriptivo es aquel que busca reunir conocimiento en base un objeto de estudio mediante rigurosas observaciones y descripción del fenómeno. Busca las respuestas del qué, quién, cuando y donde de los eventos (Aguirre y Jaramillo, 2015).

Tipo de investigación

Estudio descriptivo, que clasifica taxonómicamente las especies de las comunidades planctónicas de la temporada otoño y primavera en un período anual en el cuerpo de agua de la laguna Avendaño.

En la presente investigación, se colectaron especies planctónicas desde la zona superficial pelágica de la Laguna Avendaño, indicadas con un punto rojo en el mapa de la figura 1. La colecta se realizó en los meses de mayo, junio, septiembre y octubre cubriendo otoño e invierno y comienzos de primavera. Las muestras de plancton fueron colectadas con una red de plancton de 25 μ m de abertura de poro, mediante el método de arrastre. Se pasó agua superficial de la laguna por la red en doce ocasiones consecutivas. Posteriormente, las muestras fueron fijadas con lugol al 1% y trasladadas al laboratorio para su observación al microscopio Olympus CX31, equipado con contraste de fases. Las microfotografías fueron



obtenidas con un microscopio Leitz Dialux20 adaptado con una cámara Cannon EOS Rebel T3.

Los microorganismos planctónicos de Laguna Avendaño fueron clasificados taxonómicamente utilizando claves presentes en la literatura. Se presenta su microfotografía seguido de la descripción original del autor. Se describe también su hábitat y sus requerimientos ambientales. Si estos requerimientos son restrictivos podría ser considerado como un indicador biológico.

La densidad poblacional o abundancia se obtuvo mediante el método Utermöhl de conteo de células. Las muestras fueron colectadas desde la zona pelágica en superficie colectando la muestra en un envase de un litro. Las muestras (14 mL) fijadas con lugol 1% fueron dispuestas en cámara Utermöhl para sedimentar durante 24 horas. Posteriormente, las muestras sedimentadas fueron observadas en un microscopio invertido en un campo visual de 100x. Se contó todo el campo visual realizando transectas paralelas. La cantidad de organismos por mL se calculó multiplicando el número de células por el área de conteo ($5,06 \text{ mm}^2$) y divididos por el volumen de muestra en la cámara (14 mL). Las colonias y los filamentos eran contabilizadas como una célula.

Los parámetros físico-químicos: temperatura del agua en grados Celsius, pH y oxígeno disuelto en mg de oxígeno por litro) fueron registrados en terreno mediante el instrumento multiparamétrico Aquaread AP800 el cual era sumergido en el agua colectada. La transparencia del agua fue obtenida mediante lectura del disco Secchi (disco de 30 cm de diámetro pintado blanco y negro). El disco Secchi fue sumergido y se registró la profundidad a la cual desapareció de la vista del observador, luego fue ascendido y se registró la profundidad a la cual el observador lo vió nuevamente. El promedio de ambas profundidades se registró como medida de transparencia por disco Secchi en metros.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

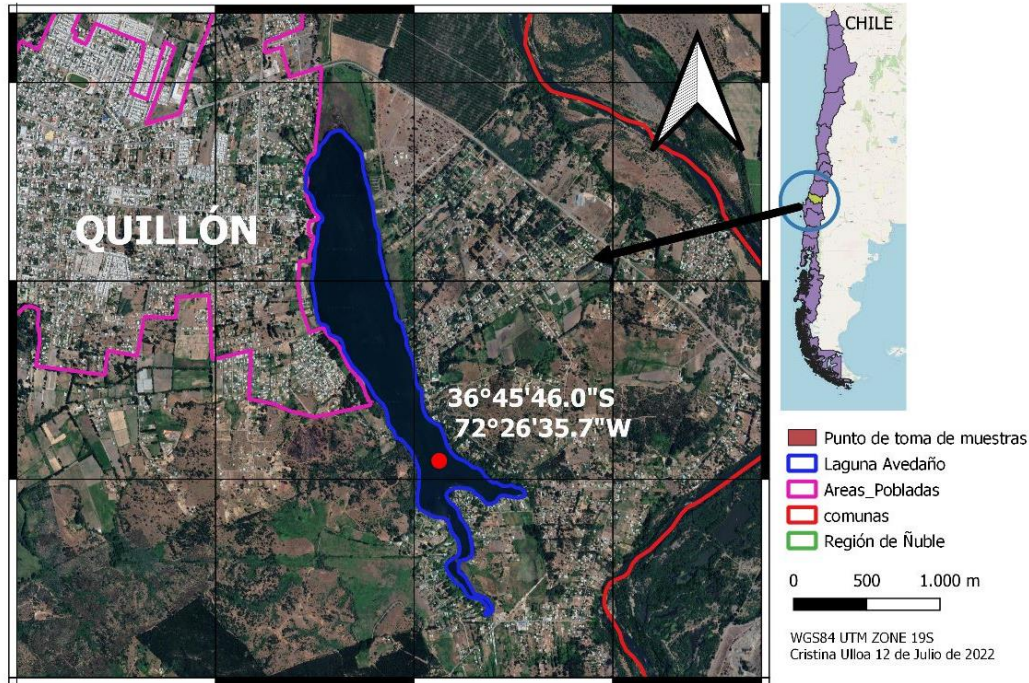


Figura 1. Imagen satelital de la laguna Avedaño. La comuna de Quillón se enmarca con un polígono de color rosado. El círculo de color rojo denota el punto de muestreo.

Manual de Divulgación

El Manual de Divulgación generado en esta investigación es una adaptación del manual de campo, BIODIVERSIDAD de las Trancas propuesto por CONAMA (2007). En cuyo estudio se aplicó una descripción de treinta y siete especies, veintisiete de fauna y diez de flora, las que fueron indicadas por los alumnos de primero a sexto básico de la Escuela Centro Ecoeducativo. Tomando su estructura base, el Manual se adaptó a las especies de fitoplancton de la laguna Avedaño, considerando su nombre científico, clasificación científica, dibujo y densidad poblacional durante el periodo colectado. Las imágenes son originales, en forma de microfotografía o esquema.

Resultados

De los muestreos realizados en el periodo otoño-invierno en Laguna Avedaño de la Comuna de Quillón, Provincia del Diguillín, Región de Ñuble se describieron aproximadamente treinta taxa, de la zona superficial pelágica de la Laguna Avedaño. Con la obtención de ejemplares de plancton, también se testeó los parámetros físico químicos del cuerpo de agua que arrojaron un pH alcalino con una temperatura de 15°C promedio y una medida de disco Secchi de 3,5 m como promedio.



Parámetros fisicoquímicos

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos del cuerpo de agua laguna Avendaño en el periodo otoño-invierno del año 2022. Datos recolectados en superficie de la zona pelágica.

Fecha	Temperatura (°C)	pH	Oxígeno disuelto (ppm)	Secchi (m)
13 mayo	15,1	7,6	6,09	3
15 junio	11,4	8,6	4,77	4
12 septiembre	13,3	8,1	5,20	3
26 octubre	20,4	7,6	4,16	4

Especies encontradas en la laguna Avendaño de la comunidad de Quillón durante los meses de mayo, junio, septiembre y octubre del 2022. Se presenta cada taxa con nombre científico y densidad poblacional de superficie org/mL

Tabla 2. Especies encontradas en la laguna Avendaño de la comunidad de Quillón durante el mes de mayo 2022.

Taxa	Organismos/ml
<i>Ceratium hirundinella</i>	3866
<i>Melosira granulata</i>	379
<i>Staurastrum gracile</i>	38
<i>Fragilaria crotonensis</i>	76
<i>Mallomonas</i> sp.	606
<i>Asterionella formosa</i>	569
<i>Scenedesmus</i> sp.	38
<i>Cryptomonas</i> sp.	948
<i>Pediastrum duplex</i>	38

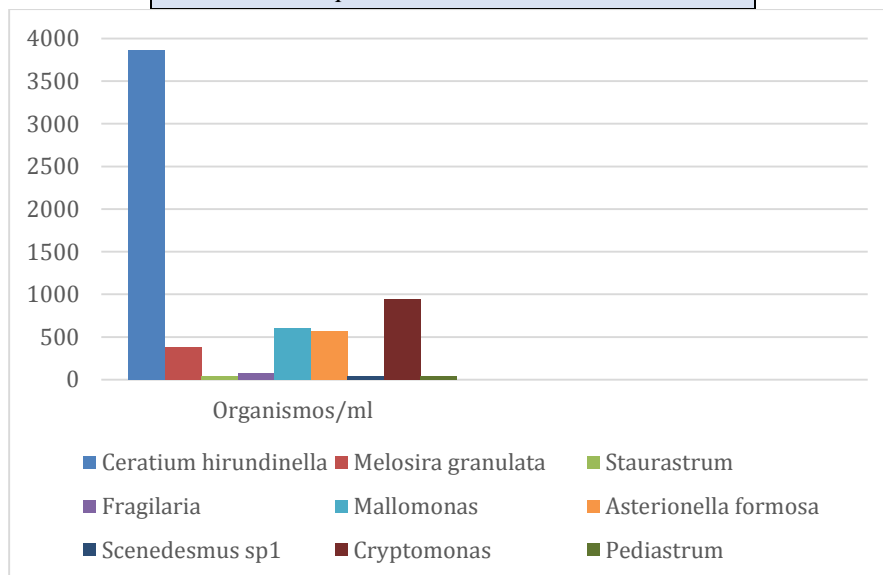
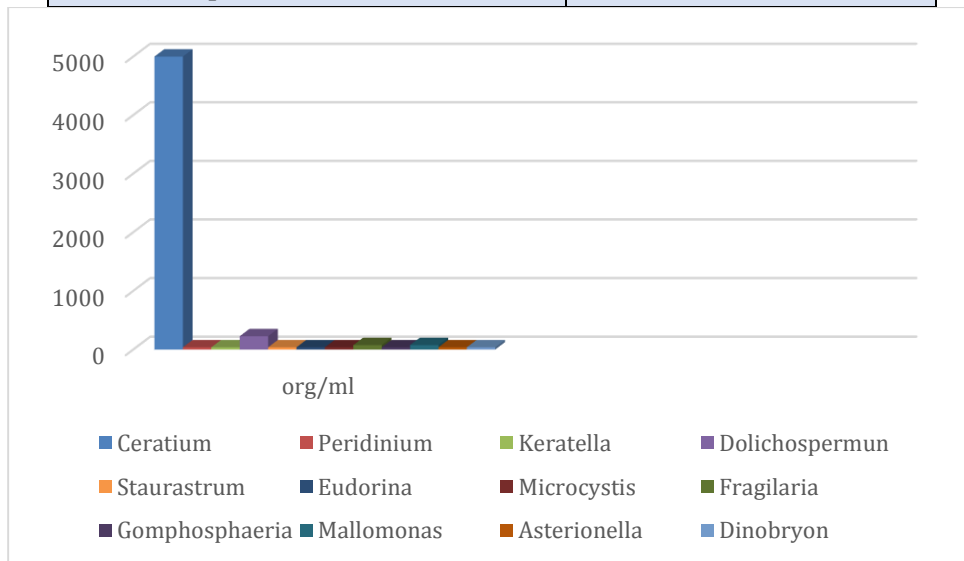




Tabla 3. Abundancia de organismos por mL de especies en la laguna Avendaño de la comunidad de Quillón durante el mes de junio 2022. Agua de zona pelágica colectada en superficie.

Taxa	Organismos/ml
<i>Ceratium hirundinella</i>	5193
<i>Peridinium willei</i>	38
<i>Keratella cochlearis</i>	38
<i>Dolichospermum planctonicum</i>	227
<i>Mougeotia</i> sp.	303
<i>Staurastrum gracile</i>	38
<i>Eudorina elegans</i>	38
<i>Microcystis aeruginosa</i>	38
<i>Fragilaria crotonensis</i>	76
<i>Gomphosphaeria</i> sp.	38
<i>Mallomonas</i> sp.	76
<i>Asterionella formosa</i>	38
<i>Dinobryon</i> sp.	38

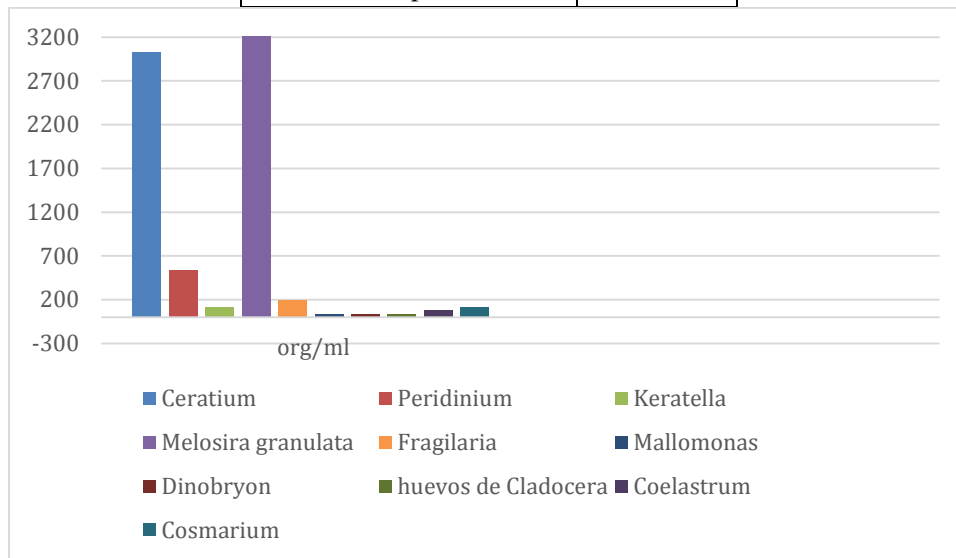




UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Tabla 4. Abundancia de organismos por mL de especies en la laguna Avendaño de la comunidad de Quillón durante el mes de septiembre 2022. Agua de zona pelágica colectada en superficie.

Taxa	org/ml
<i>Ceratium hirundinella</i>	3032
<i>Peridinium willei</i>	531
<i>Keratella cochlearis</i>	114
<i>Melosira granulata</i>	3260
<i>Fragilaria crotonensis</i>	190
<i>Mallomonas</i> sp.	38
<i>Dinobryon</i> sp.	38
huevos de <i>Cladocera</i>	38
<i>Coelastrum microporum</i>	76
<i>Cosmarium</i> sp.	114

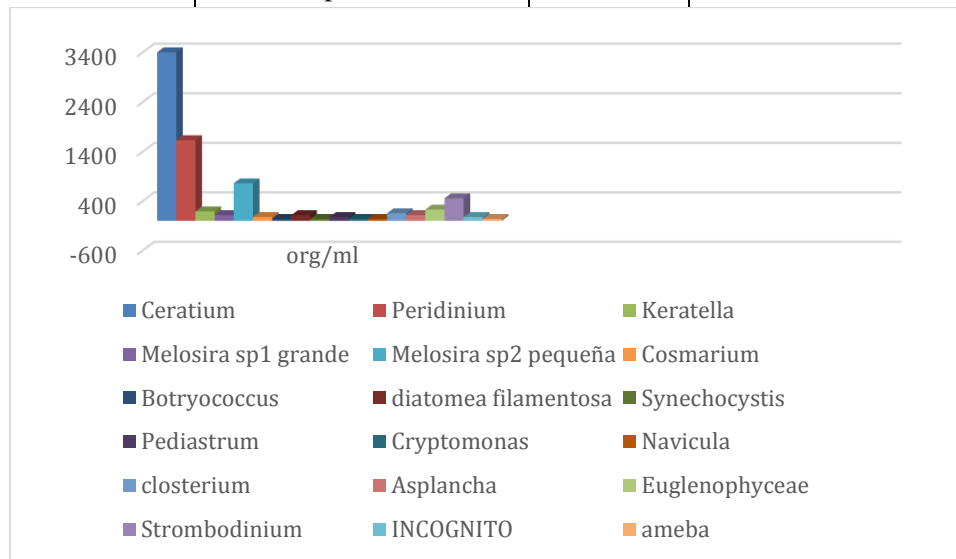




UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Tabla 5. Abundancia de organismos por ml. de especies en la laguna Avendaño, Quillón durante el mes de octubre 2022. Agua de zona pelágica colectada en superficie.

Taxa	org/ml
<i>Ceratium hirundinella</i>	3601
<i>Peridinium willei</i>	1630
<i>Keratella cochlearis</i>	190
<i>Melosira</i> sp	114
<i>Melosira</i> sp	758
<i>Cosmarium</i> sp.	76
<i>Botryococcus braunii</i>	38
<i>Diatomea filamentosa</i>	114
<i>Synechocystis</i> sp.	38
<i>Pediastrum duplex</i>	76
<i>Cryptomonas ovata</i>	38
<i>Navicula</i> sp.	38
<i>Closterium fragile</i>	152
<i>Asplancha</i> sp.	114
<i>Euglenophyceae</i>	227
<i>Strombodinium</i> sp.	455
<i>n.n.</i>	76
<i>Amoeba</i> sp.	38





Descripción morfológica de las especies de la comunidad planctónica.

Clase Dinophyceae

Taxón: *Ceratium hirundinella* (O.F.Müller) Dujardin

Descripción morfológica: Poseen un contorno fusiforme ancho y estrecho, esto, dependerá del grado de divergencia de los cuernos; desde el punto de vista dorsi-ventralmente es muy aplanado; la epiteca o caparazón posee márgenes agudamente convergentes desde arriba del surco transversal, luego se estrecha más gradualmente para terminar formando un cuerno largo; surco transversal relativamente estrecho; posee un cuerpo de hipoteca ancha y corta por debajo del surco transversal, encontrándose dividido en cuernos, el número de cuernos posteriores puede variar, generalmente son 3, a veces solo 1, el cuerno que se encuentra ubicado en el centro (cuerno central) es el de mayor longitud y se encuentra constituido por placas antapicales (placas toscas reticuladas). Dependiendo de las condiciones ambientales del cuerpo de agua la longitud de este fitoplancton puede variar de 100 a 400 μm de largo. La flotabilidad, dependerá principalmente de la cantidad de cuernos que posea (Prescott, 1995).

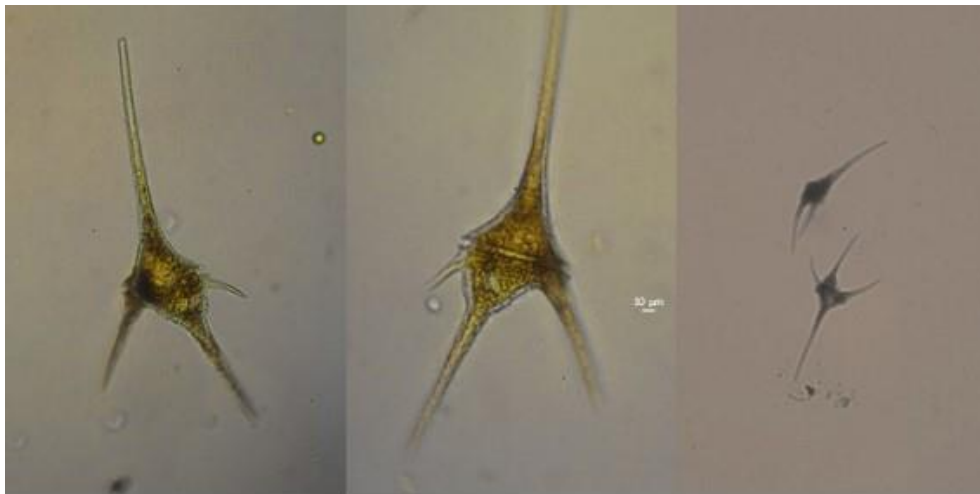


Imagen 1. *Ceratium hirundinella* (O.F.Müller) Dujardin. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10 μm .

Descripción del hábitat: Se considera una especie común, se encuentra mayor facilidad en lagos de agua dura (que posee altos niveles de iones no alcalinos), el pH del agua que habita esta especie de fitoplancton deber ser alcalino con un rango de 8,0 a 8,7 (Silverio



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

et al., 2009), puede llegar a ser tan abundantes para teñir el cuerpo de agua de color marrón oscuro. Las floraciones de esta especie se desarrollan y desaparecen repentinamente (Prescott, 1995). La temporada donde puede producirse una floración depende de algunos factores con respecto al cuerpo de agua, en algunos lagos estudiados en Europa que se caracterizan por ser templados y oligotróficos (Silverio et al., 2009).

Indicador Biológico: Estos organismos son indicadores de ambientes eutrofizados (Prescott, 1995).

Taxón: *Peridinium willei* Huitfeldt-Kaas

Descripción morfológica: Los dinoflagelados del orden *Peridiniales*, *Peridinium* sp. Presenta un contorno celular de forma hexagonal o poligonal, su epiteca puede llegar a ser cónica de lados rectos o levemente convexos que coinciden en un cuerno apical corto, su canal es ligeramente perceptible rodeado de tres salientes. En algunas especies su hipoteca puede mostrar formas angulares o redondeadas en las que recurrentemente se pueden observar espinas antapicales de diversos tamaños. Su protoplasma puede variar en tonalidades de color entre verde pálido a casi incoloro, a su vez, pueden encontrarse múltiples corpúsculos semejantes a cloroplastos. En algunos estudios de mareas rojas se puede observar esta variabilidad en la pigmentación a partir del tamaño de la célula. En células de mayor era notoriamente más pigmentada que otras, a su vez, las células de mayor tamaño su figura solía ser ovoide o menos angulares que en las pequeñas. Las medidas regulares del género *Peridinium* sp suelen rodear entre los 13,5 a 33,9 μm de longitud (Barón-Campis, et al., 2005).

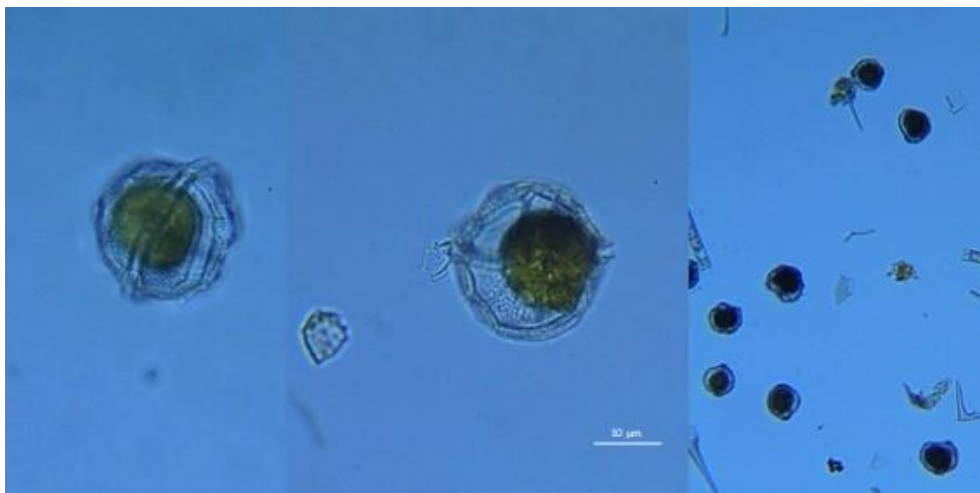




Imagen 2. *Peridinium willei* Huitfeldt-Kaas. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10µm.

Descripción de hábitat: El género *Peridinium* generalmente se halla en aguas dulces principalmente lagos, sin poder tolerar altos grados de salinidad, por lo cual, es imposible encontrarla en el mar. Este género está presente en la mayoría de las lagunas y lagos a nivel mundial principalmente en aquellas ricas en calcio, aunque también se encuentra en aguas de bajo nivel de pH y bajos nutrientes. En América del Norte suele ser bastante regular al punto en que muchas especies pueden formar floraciones que producen blooms (Guiry, 2013). Son dinoflagelados cuya proliferación se ve favorecida debido al pH alcalino cuyo rango aborda valores de 7,4-8, que a niveles más altos podría generar una floración o bloom del mismo (Ascencio et al., 2015).

Indicador biológico: Es un organismo considerado un indicador biológico de eutrofia (Sarmiento, 2017).

Clase Chlorophyceae

Taxón: *Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs

Descripción morfológica: Es un alga relativamente común que se asocia formando colonias con 1-4 fascículos de cuatro células, hasta varias decenas de individuos que unidos por el centro y con los extremos curvados dan lugar a la formación de colonias estrelladas con las células largas, fusiformes, ligeramente curvadas, falcadas, 26-30 veces más largas que anchas, unidas por la región medial convexa, gradualmente cónica hacia el ápice; solo un cloroplasto parietal sin pirenoides. Dimensiones de la celda: 40-78.5 µm de longitud, 1.5-2.5 µm de ancho. Según Hindák (1984), cuando hay desplazamiento de las dos células centrales de *Ankistrodesmus falcatus* formando ángulos cercanos o iguales a 90°, la colonia tiene una morfología similar a la de *A. fusiformis*; sin embargo, esta especie se distingue por el tamaño de sus células que son más pequeñas (Aguirre,2018).

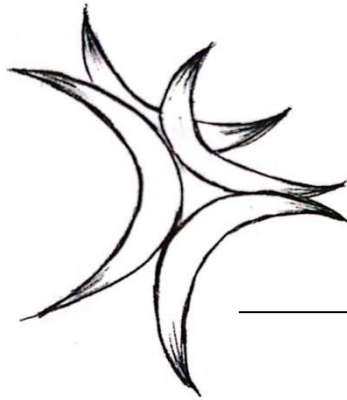


Imagen 3. Esquema de colonia de *Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs. Barra= 10µm

Descripción del hábitat: Se encuentra en ambientes eutrofizados, con parámetros de temperatura, pH, densidad óptica, biomasa, concentración de oxígeno, clorofila, amonio y fosfatos. El pH promedio necesario para la supervivencia de este organismo es alcalino (9,34), con una temperatura 18.21°C, la clorofila 7.375 mg/l (Aguirre,2018).

Indicador Biológico: Indicador biológico de cuerpo de agua eutrófico (Aguirre,2017).

Taxón: *Coelastrum microporum* Nägeli

Descripción morfológica: Colonias más o menos esféricas, con 8-16-32-64 (usualmente 16-32) células y con pequeños espacios intercelulares. Células esféricas a ovoides, encerradas por una delicada vaina gelatinosa e interconectada por casi imperceptibles procesos gelatinosos. Cloroplasto único parietal. Células con vaina de 4-27 µm de diámetro, colonias de 20-90 µm de diámetro (Prescott, 1975).



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO



Imagen 4. *Coelastrum microporum* Nägeli. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10μm.

Descripción del hábitat: *Coelastrum microporum* suele presentarse principalmente en las temporadas de lluvias. En la superficie se establece que los parámetros fisicoquímicos son: pH ligeramente ácido, desde los 4,7 a 5. La temperatura varía desde 16 a 18°C. Oxígeno disuelto de 2,2 a 14,1 mg/L (Rodríguez y Aranguren, 2014).

Indicador Biológico: La mayor densidad poblacional de esta microalga se relaciona con una mayor trofia de la calidad del agua, llegando a ser eutrófica (Rodríguez y Aranguren, 2014).

Taxón: *Eudorina elegans* Ehrenberg

Descripción morfológica: Se le considera una especie que se encuentra en los límites entre ser un organismo unicelular y pluricelular diferenciado, se compone de dieciséis a treinta y dos células con un diámetro de 5,0- 7,0 μm (Sun et al., 2009), las células tienen una forma de ovoide que disponen uniformemente dentro de una envoltura gelatinosa (Prescott, 1975). Posee una complejidad morfológica, ya que, la célula crece en tamaño y mediante división celular produce células hijas unicelulares. En general todas las células crecen y se dividen, pero en algunos casos de dos a cuatro células no logran dividirse y se mantienen como células somáticas (Lerche y Hallmann, 2013).



E. elegans es un esferoide de crecimiento vegetativo, con células biflageladas en la superficie del organismo. Cada célula posee una forma redondeada y contiene un solo cloroplasto grande en forma de copa. La mayor parte del volumen del esferoide consiste en una matriz extracelular rica en glicoproteínas, compleja pero transparente, que mantiene todas las células en su lugar (Lerche y Hallmann, 2013).

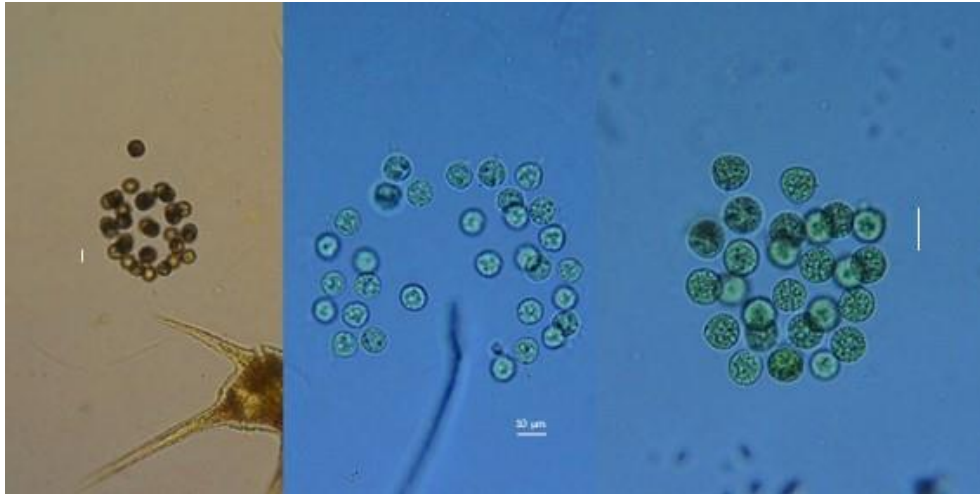


Imagen 5. *Eudorina elegans* Ehrenberg. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10µm.

Descripción del hábitat: Alga de agua dulce común en lagos de aguas duras (Prescott,1975). La biomasa de *E. elegans* varía dependiendo de la estacionalidad, suele aumentar drásticamente en la temporada de verano, específicamente a mediados y finales de este. Las temperaturas del agua y los valores de pH se relacionan íntimamente con los índices de crecimiento (Sun et al., 2009). El cuerpo de agua debe mantener un pH básico (superior a 8,0), en cuanto a la temperatura mantiene un rango de 18-25°C (Varol, 2019).

Indicador Biológico: En caso de proliferación de esta especie, sería directamente un indicador de que el cuerpo de agua posee la calidad de mesotrófica o supertrofia (Varol, 2019).

Taxón: *Pediastrum duplex* Meyen 1829.

Descripción morfológica: Es un disco mono estromático circular de células que flota libremente y que puede ser continuo o perforado; células periféricas del disco con 1 o 2



lóbulos o procesos, o simplemente emarginadas sin procesos; las células interiores tienen la misma forma que las marginales o son diferentes; el cloroplasto y el retículo parietal, cubriendo la pared, con un pirenóide; las células son multinucleadas. Debido a que las placas de *Pediastrum* están formadas por la yuxtaposición de zoosporas desarrolladas dentro de una vesícula que se extruye de la célula madre, no es infrecuente que se desarrollen cenobios irregulares o anormales cuando las zoosporas no logran alinearse en un plano (Prescott, 1975).

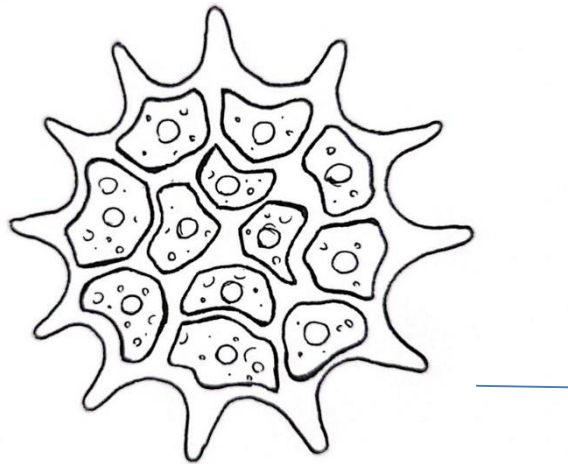


Imagen 6. Esquema de *Pediastrum duplex* Meyen 1829. Presente en La laguna Avendaño de Quillón. Barra= 10 μm .

Descripción del hábitat: Puede adaptarse a sobrevivir en hábitats con condiciones extremas, como lo son: Cambios bruscos de pH, temperatura o nutrientes. Son microalgas de agua dulce (Borel, 2003).

Indicador Biológico: Si se encuentra en abundancia poblacional es indicador de que el cuerpo de agua es eutrófico (Rivas, 1999).

Taxón: *Scenedesmus* sp. Meyen, 1829.

Descripción morfológica: Células elipsoidales o fusiformes, de 2-4-8 células dispuestas en series lineales para formar una colonia plana. Las células están dispuestas unas al lado de otra con sus ejes mayores paralelos. Los cenobios de ocho células están a menudo constituidos por dos hileras alternadas de cuatro células. Pared lisa o verrugosa. Cada célula presenta un cloroplasto con un pirenóide (Prescott, 1975).



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO



Imagen 7. *Scenedesmus* sp. Meyen, 1829. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10 μ m.

Descripción del hábitat: *Scenedesmus*, es un tipo de alga de agua dulce, que en determinadas condiciones fisicoquímicas puede llegar a generar un bloom el cual es perjudicial para su hábitat. Los parámetros físico químicos incluyen una temperatura promedio de 28°C, un pH que varía entre 6,5 a 7,3 y un oxígeno disuelto entre 6,3 a 6,6 mg/l (Ismiño et al.,2020).

Indicador Biológico: Si se encuentra en abundancia poblacional es indicador de que el cuerpo de agua es eutrófico (Vargas, 2020).

Taxón: *Sphaerocystis schroeteri* Chodat

Descripción morfológica: Colonias esféricas, de 4-8-16-32-64 células distribuidas irregularmente en una membrana mucilaginosa homogénea, colonias hijas frecuentemente presentes. Células esféricas, poseen un diámetro de 8-22 μ m. Cloroplasto único, parietal, cubriendo toda la célula, poliforme, con un pirenoide (Prescott, 1975).



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

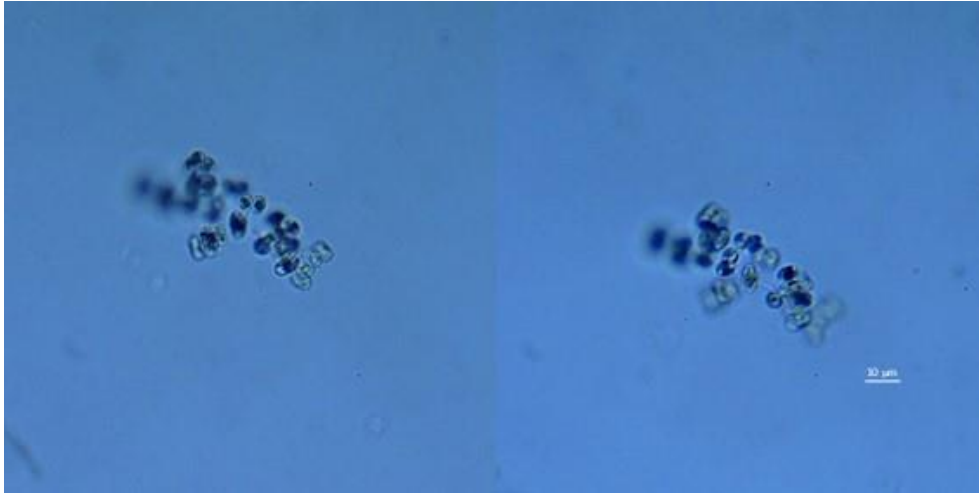


Imagen 8. *Sphaerocystis schroeteri* Chodat. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10μm.

Descripción del hábitat: Se encuentra raramente en invierno y primavera en Laguna Avendaño (Caro y Barrientos, 1986). Suele encontrarse junto a *Oocystis*, *Coenochloris*, *Eudorina*, *Pandorina* y *Volvox*. Las cuales también proliferan en verano y en cuerpos de agua con calidad de agua mesotrófica. La diferencia entre el grupo de *Oocystis* y *Coenochloris*, con el grupo de *Eudorina*, *Pandorina* y *Volvox* es su posición en relación con la radiación solar. *Sphaerocystis schroeteri*, *Oocystis* y *Coenochloris* reaccionan de manera sensible al enriquecimiento de fósforo y nitrógeno debido a su menor capacidad competitiva por la luz y el carbono (Kampe et al., 2007).

Indicador biológico: Suelen aumentar su densidad poblacional al inicio del verano en lagos mesotróficos.

Taxón: *Staurastrum gracile* Ralfs ex Ralfs

Descripción morfológica: Las algas de la clase *Staurastrum* generalmente poseen una figura estrellada y espinosa, posee brazos largos o cortos dependiendo de la especie, puede alcanzar hasta ocho brazos. Posee una simetría. *Staurastrum gracile* posee una estructura de forma estrellada de radios contraídos, cuyos contornos poseen una forma triangulada y de cuyos vértices se extienden tres brazos (Calderon y Tavera, 2020).



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO



Imagen 9. *Staurastrum gracile* Ralfs ex Ralfs. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10 μ m.

Descripción del hábitat: *Staurastrum gracile*, es un tipo de microalga de agua dulce que en condiciones ambientales específicas puede proliferar de manera excesiva, llegando a producir blooms que pueden ser perjudiciales, estos parámetros son fisicoquímicos y corresponden a: temperatura que oscila entre los 16 a 34°C con un pH aproximado de 7,0, además requiere de un clima cálido y húmedo (Garduño et al.,2017).

Indicador biológico: Si se encuentra con una mayor densidad poblacional, se le considera un indicador biológico de eutrofia (Garduño et al., 2017).

Taxón: *Tetraedron mínimum* (A.Braun) Hansgirg

Descripción morfológica: Células pequeñas cuadrangulares con los lados cóncavos y ángulos redondeados. Pared celular lisa. Células de 6-20 μ m de diámetro (Prescott, 1975).

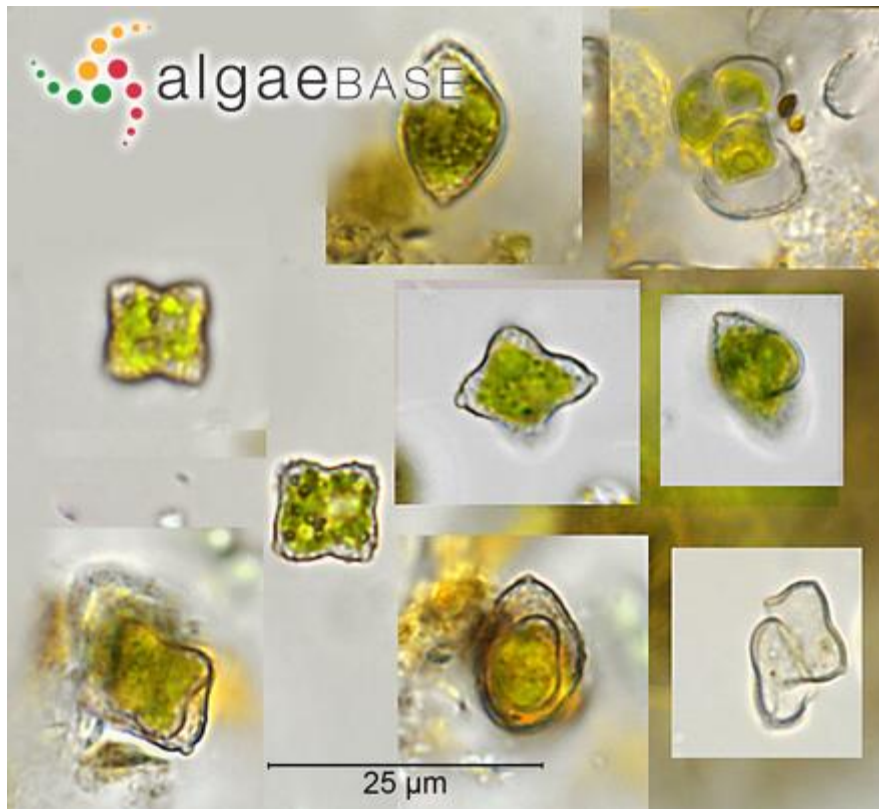


Imagen 10. *Tetraedron minimum* (A. Braun) Hansgirg. Diversos estados de ciclo de vida y vistas. Park Pond, Castle Ashby, Northamptonshire, UK. - 31 October 2011. C.F. Carter (chris.carter@6cvw.freeuk.com). Extraído de https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=27440.

Descripción del hábitat: Se encuentra en el plancton invernal en Laguna Avendaño, pero su presencia es escasa (Caro y Barrientos, 1986). Pueden proliferar en cuerpos de agua con una temperatura entre 7 a 30.5°C, con un pH 8.3-8.0. con los niveles de oxígeno disuelto en agua de 9 a 10 ppm (Moreno et al., 2005).

Indicador biológico: Si se encuentra con una mayor densidad poblacional, se le considera un indicador biológico de eutrofia (Sarmiento, 2017).

Taxón: *Volvox aureus* Ehrenberg

Descripción morfológica: Microalga que conforma colonias de natación libre, esférica u ovalada, compuesta de 500 a varios miles de células dispuestas en la periferia de una esfera gelatinosa de mucílago homogéneo, en la que, sin embargo, las vainas de las



células individuales pueden ser distintas; todas las células dirigidas hacia afuera y cada una con dos flagelos de igual longitud. En algunas especies, las células están interconectadas por hebras protoplásmicas o 'canales'. Cloroplasto una copa parietal incompleta que cubre la mayor parte de la pared celular. Las colonias hijas se forman dentro del interior de la esfera por división repetida de células gonidiales especiales que se han retirado de la capa periférica. Reproducción sexual oógama; gametos femeninos grandes células esféricas dentro de la esfera; gametos masculinos fusiformes, formados en varias o muchas placas rectangulares o haces en el interior de la colonia, los anterozoides con sus ejes longitudinales en ángulo recto con el plano superficial de la placa. Cigoto de paredes gruesas, liso o con decoraciones externas como espinas y verrugas (Prescott, 1975).

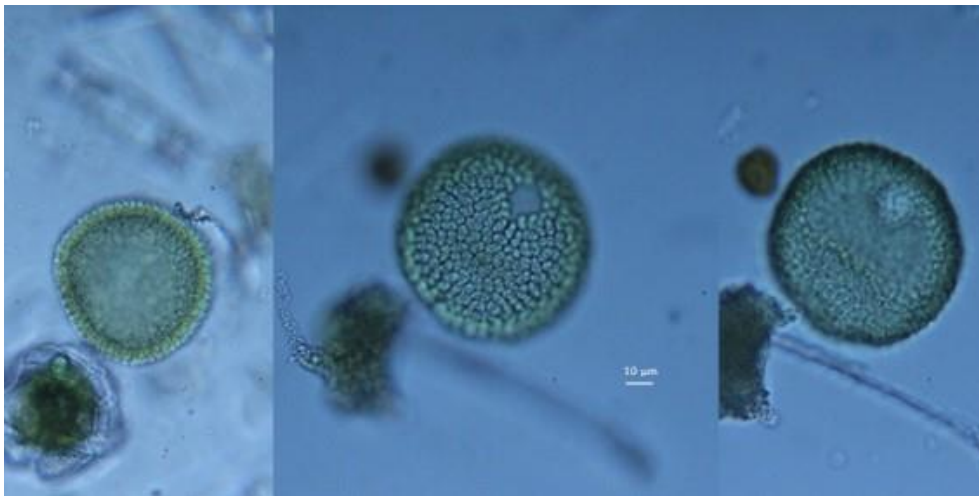


Imagen 11. *Volvox aureus* Ehrenberg. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10μm.

Descripción del hábitat: *Volvox* es un tipo de microalga de agua dulce, para su supervivencia tiene parámetros fisicoquímicos establecidos, el cuerpo de agua debe ser alcalina (pH 7,3 a 7,5), los niveles de nutrientes orgánicos ligeramente elevados (NO 0,25-0,35 mg/l; -N 0,30-0,32 mg/l) (Halder, 2016).

Indicador biológico: Si esta microalga se encuentra con una mayor densidad poblacional se puede establecer que la calidad del agua es mesotrófica (Halder, 2016).

Clase Zygnematophyceae

Taxón: *Closterium gracile* Brébisson ex Ralph



Descripción morfológica: Presentan una estructura recta o casi recta en el medio, de márgenes paralelos ligeramente atenuados y curvadas cerca de los ápices; de paredes delgadas e incoloras o tono amarillo pálido, a veces puede tener ligeros espesos apicales que con frecuencia se extiende hasta su zona de alargamiento; cloroplastos pálidos; vacuolas apicales no tan delimitados y con 2 gránulos pequeños (Buell, 1968).

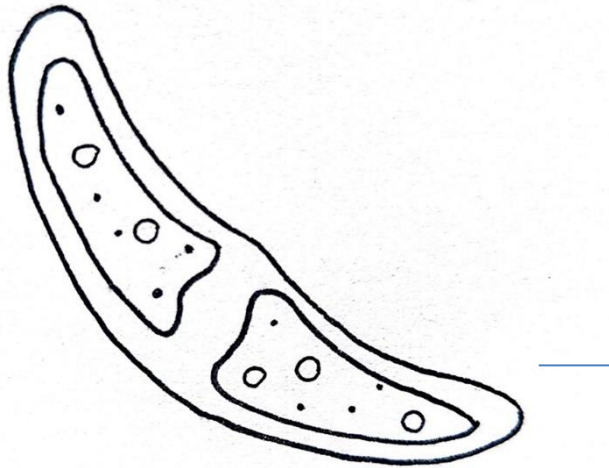


Imagen 12. *Closterium gracile* Brébisson ex Ralph. Esquema de la especie presente en laguna Avendaño de Quillón. Barra= 10 μ m.

Descripción del hábitat: La elongación de las *Closterium* dependen de las condiciones ambientales en las que se encuentran. Dicha elongación se verá afectada en cada división celular si estas no son favorables. Su crecimiento está más favorecido en temporadas frías pero su reproducción no se ve afectada por la temperatura, lo cual permite encontrarlas durante todo el año (Buell, 1968). Su presencia suele ser común en aguas duras y fuertemente alcalinas de eutróficas a hidrófilas e incluso salobres. El pH que tolera es alcalino en el rango de pH 8,1-8,7 (Stamenković y Cvijan, 2008).

Indicador biológico: Indicador trófico de meso-eutrofia (Ngearnpat y Perrapornpisal, (2007).

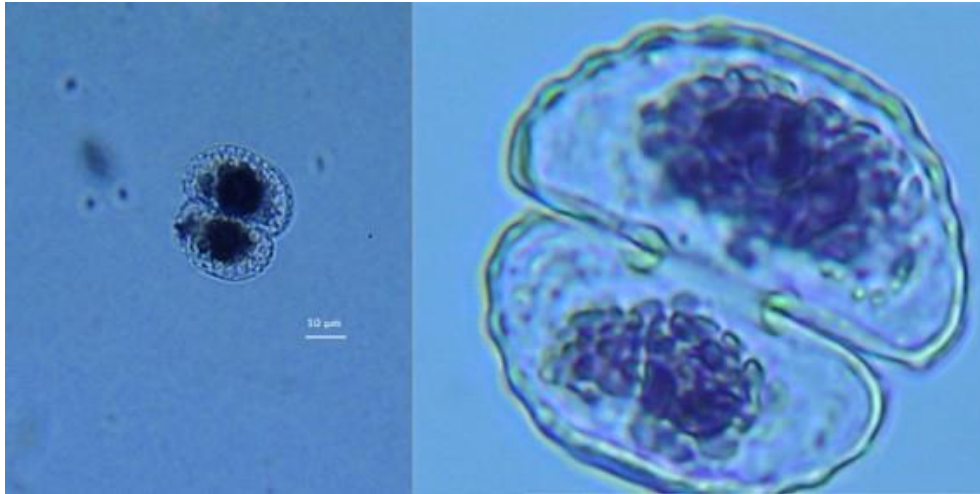
Taxón: *Cosmarium* sp. y *Cosmarium lacunatum* G.S. West

Descripción morfológica: Células solitarias, raramente en cadenas cortas, variables en tamaño, usualmente más largas que anchas, por lo general comprimidas, simétricas en tres planos; constricción media profunda o suave, notoria. Hemicélulas de contornos variables,

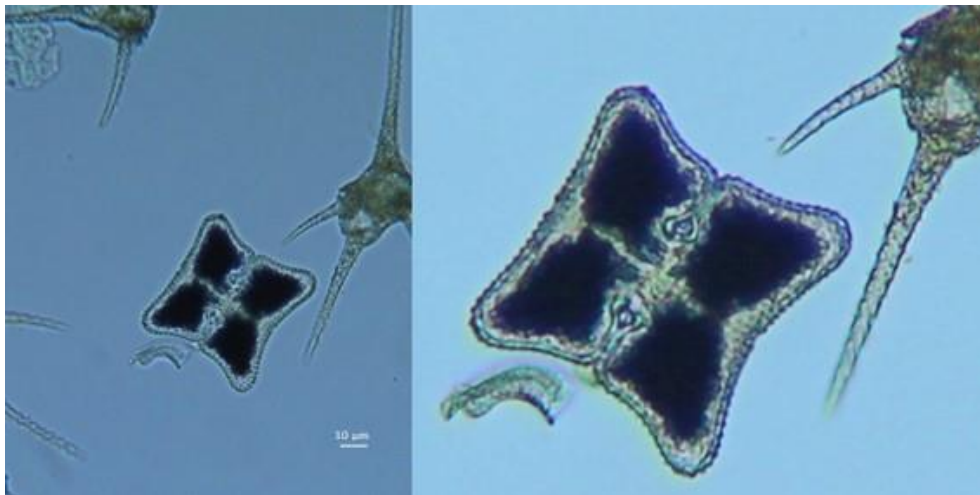


UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

elípticas, sub- circulares, sub- cuadradas o truncado - piramidales. Vista polar elíptica sub elíptica u oblonga. La ornamentación de la pared celular es típica para cada especie. Cloroplastos generalmente axiales, uno en cada hemicélula, con uno o dos pirenoides de gran tamaño. En algunas especies el cloroplasto puede ser parietal y en número de cuatro a ocho en cada hemicélula y con uno o más pirenoides en cada cloroplasto (Osorio et al., 2018).



13 A. *Cosmarium* sp.



13 B. *Cosmarium lacunatum*

Imagen 13. *Cosmarium* sp. y *Cosmarium lacunatum* G.S. West. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10µm.



Descripción del hábitat: Microorganismo catalogado como extremófilo, el cual es capaz de soportar temperaturas extremadamente altas o bajas, pH ácidos o básicos. En el estudio realizado por Camacho en el año 2021, realizadas en la reserva Ecológica del Antisana, este tipo de microalga fue capaz de sobrevivir en temperaturas de 4 a 8°C (Camacho, 2021).

Indicador biológico: fueron encontrados en cuerpos de agua catalogados como oligotróficos y mesotróficos, es decir, aguas con un moderado o muy bajo grado de contaminación orgánica (Sarmiento, 2017).

Clase Bacillariophyceae

Taxón: *Asterionella Formosa* Hassall

Descripción morfológica: Presenta válvulas alargadas y estrechas, con ápices capitados. Las válvulas son heteropolares o pueden presentar márgenes asimétricos de forma variable dentro de una población. El esternón central es estrecho y puede no ser distinguible. Las estrías son uniseriadas y algo espaciadas de forma irregular. Las estrías están ligeramente desplazadas entre sí en el esternón central. Las espinas marginales pueden no estar presentes. Una sola rimopórula está presente en el ápice más grande. Las espinas también pueden estar espaciadas irregularmente. Las células vivas pueden pasar desapercibidas de forma individual, pero suelen formar colonias, unidas cara a cara de válvula con una figura particular en forma de “estrella”. Su largo varía de 65 a 72 μm ; su ancho de 3,5 a 4 μm ; en cuanto a la cantidad de estrías que se pueden encontrar es de 22 a 23 en 10 μm (Carrascal, 1973).

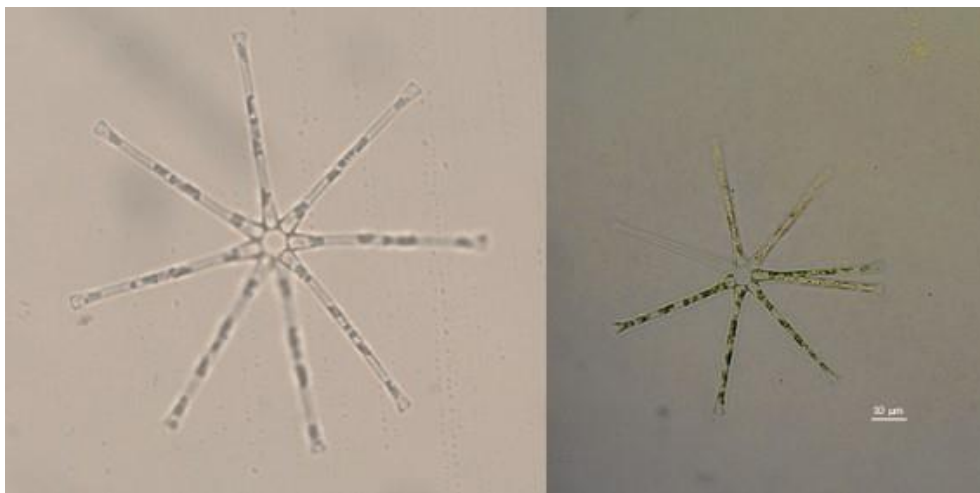




Imagen 14. *Asterionella Formosa* Hassall. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10µm.

Descripción del hábitat: Se encuentra en aguas dulces (Carrascal, 1973). Los factores físicos como la luz y temperatura son importantes, esta puede crecer activamente dentro de un rango de temperatura bajas (Carrascal, 1973) de los 1,5°C hasta los 24°C (Jensen, et al., 2019). Puede verse afectada letalmente al captar demasiada luz solar. En condiciones normales pueden mantenerse a una profundidad determinada, en capas superiores (0-5-10m). Suele encontrarse constantemente en el mismo hábitat que *Fragilaria crotonensis* (Lund, 1950). La población de *Asterionella formosa* varía considerablemente con el cambio estacional (Kaye y Meltezer, 2020). Es una microalga de agua dulce y marina (Jensen, et al., 2019). Según Duthie & Ostrofsk en su publicación establecen que según lo estudiado *Asterionella formosa* puede sobrevivir en pH superiores a 6,0 (Duthie y Ostrofsky, 1974).

Indicador biológico: Indicador biológico de elevación de los niveles de nutrientes, mesotrófica y eutrofia. (Szabó, et al.,2020).

Taxón: *Cymbella* sp. C. Agardh

Descripción morfológica: Poseen un diámetro que puede variar entre 41 a 47 µm, posee estrías anchas e iguales en número, de siete a siete y media en 10 µm y de 4 a 5 µm de longitud, dejando una amplia área central completamente lisa (Margalef, 1947).

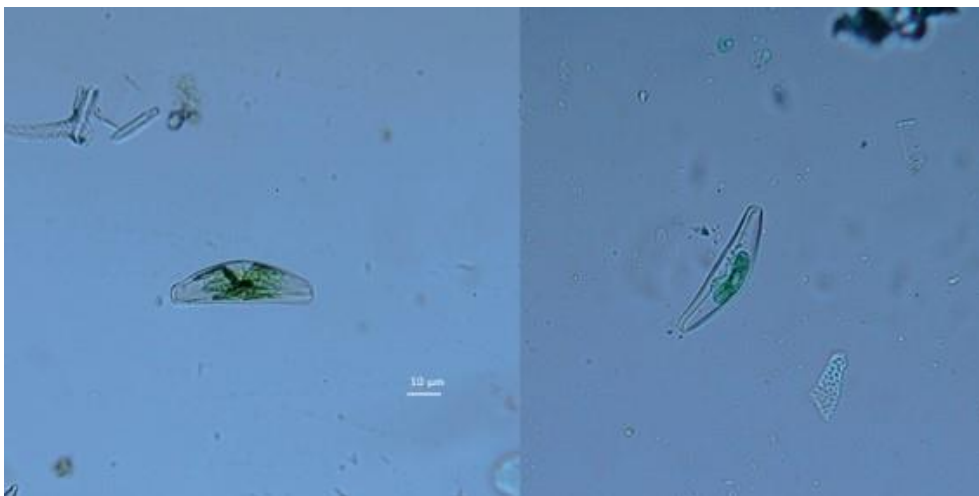




Imagen 15. *Cymbella* sp. C. Agardh. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10µm.

Descripción del hábitat: Habitan cuerpos de agua con una temperatura 11,8 a 15,7°C, con un pH alcalino de 6,5 a 8,74. Suelen encontrarse en aguas duras con sólidos en suspensión ya sea por la aplicación de fertilizantes, actividad humana o ganadera (Alarcón y Peláez, 2014).

Indicador biológico: Si se encuentra en una alta densidad poblacional se estima como un indicador biológico de eutrofia (Alarcón y Peláez, 2014).

Taxón: *Fragilaria crotonensis* F. Kitton

Descripción morfológica: Constituye largas cadenas en forma de balsa, estas células se adhieren a través de espinas entrelazadas para formar una zona de enlace en la mitad de la válvula, las espinas son estrechas en la base y se ensanchan hacia sus puntas espatuladas, que se interdigitan con las de la valva hermana. Fuera de la zona de enlace, las espinas cambian su forma, se estrechan distalmente y tienden a inclinarse hacia el vértice celular. Las válvulas en los extremos de los filamentos intactos que carecen de enlace pueden considerarse válvulas de separación. En estas valvas todas las espinas son cónicas, simples y pequeñas. Las espinas que se encuentran en el borde entre la cara de la válvula (generalmente se puede observar que la punta de la válvula es ensanchada con una forma alargada y ligeramente cuneada) y el manto generalmente, pero no invariablemente, se encuentran en línea con las estrías que pasan cerca de la línea media de la ronda de la válvula hacia el manto. Las estrías consisten en filas individuales de areolas simples cuyas aberturas se suponen que poseen velas. Las áreas características de engrosamiento ocurren cerca de los márgenes de las valvas (Crawford, et al.,1984).

En el vértice de la valva acampanada hay un ocelo con cuatro o cinco filas horizontales de pequeños poros debajo de los cuales el manto se sumerge casi verticalmente. Por encima del ocelo generalmente esparcidas entre sus poros hay una serie de pequeñas espinas. El ocelo es mucho más pequeño y menos profundo que en la valva ensanchada y consta de sólo dos o tres filas de pequeños poros. En cuanto al manto, en lugar de volverse



más profundo hacia el ápice se vuelve más superficial de manera abrupta (Crawford, et al., 1984).

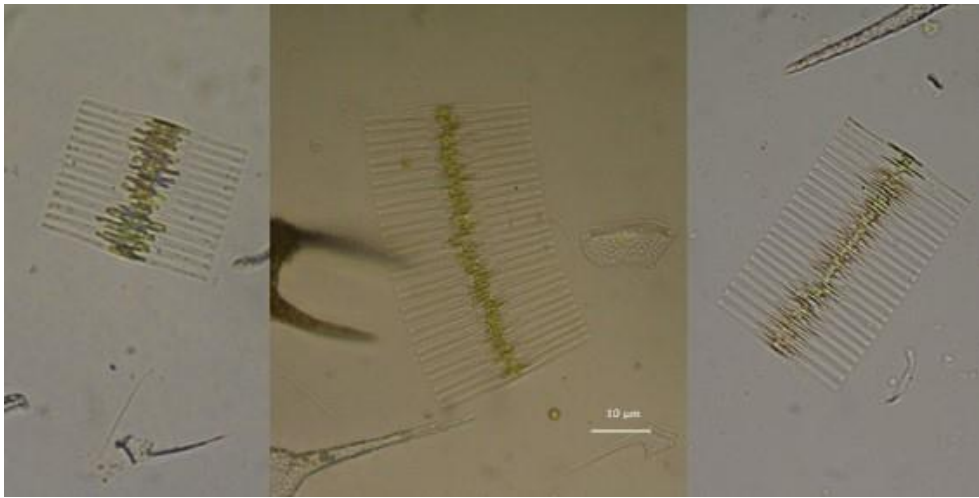


Imagen 16. *Fragilaria crotonensis* F. Kitton. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10μm.

Descripción del hábitat: Suele encontrarse en sistemas de agua dulce, incluidos lagos oligotróficos e hipereutróficos (Zepernick, et al., 2022). Este tipo de microalgas puede encontrarse en cuerpos de agua con altos valores de turbiedad y con sólidos suspendidos, esto, limita la penetración de luz en la columna de agua. Se establece que las condiciones fisicoquímicas a las que puede sobrevivir sean: pH de 6- 7.3. Temperatura de 11 a 22°C (López-López et al., 1999).

Indicador biológico: Indicador biológico de eutroficación (Zepernick, et al., 2022).

Taxón: *Melosira granulata* Pritchard, A.

Descripción morfológica: Puede formar colonias en cadena, con un número normal de entre 6 y 8 células, más frecuentemente 6 por colonia, aunque se contaron colonias de hasta 12 células en diciembre / 87. Cada célula mide entre 30 y 45 μm de largo (eje pervalvar), por lo que una colonia formada por 6 células mide entre 180 y 270 μm, tamaño suficiente para producir la obturación de los filtros cuando apareció en grandes concentraciones (Sastre et al., 1994).



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

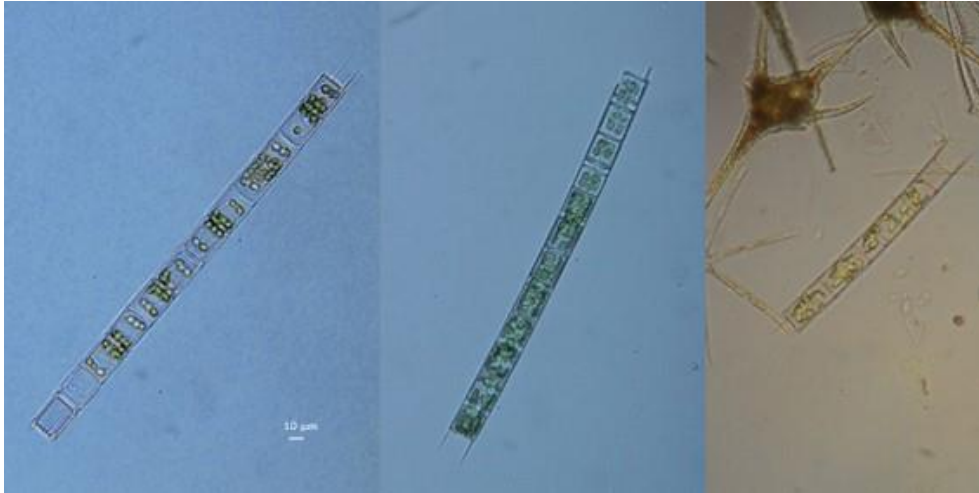


Imagen 17. *Melosira granulata* Pritchard, A. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10μm.

Descripción del hábitat: Suele proliferar en otoño y disminuye en verano. Puede prosperar en cuerpos de agua con un pH alcalino cercano a 7,0 y con una temperatura alta, cercana a los 30°C (Pesántes, 1998). También es importante la cantidad de silicio disuelto, esta debe ser relativamente alta (>5 -10mg) (Kilham y Kilham, 1975).

Indicador biológico: Si se encuentra en abundancia poblacional es indicador de que el cuerpo de agua se encuentra eutroficado (Prescott, 1975).

Taxón: *Synedra* sp. Ehrenberg, C.G

Descripción morfológica: El esternón es distintivo, central, regular y típicamente del mismo ancho que la estríaca, que es ancha, densa, paralela y rara vez irradia en los polos. Hay estrías en 10 μm. El área central está siempre presente y situada centralmente a un lado del esternón. Una única rimoportula está presente en cada polo y está alineada transapicalmente. En el SEM, la válvula se compone de costillas colocadas regularmente, que se integran con el esternón para formar la capa silíceo basal. Externamente, los puntales que conectan las costillas están nivelados con la superficie de la válvula, pero internamente están empotrados debajo del esternón y las costillas. Las estrías son biseriadas, cada poroide está ocluido por una placa de cierre irregular pero simple. El área central es hialina y se encuentra nivelada con el resto de la válvula externamente. En el margen interno, existe una tira ligeramente engrosada, conectando las costillas. externamente, el manto es liso y



uniforme. El esternón es continuo de polo a polo. Un campo de poros apicales está situado en el centro de cada polo. Consiste en una placa distintiva insertada en el manto de la válvula. Internamente, la malla se encuentra adyacente a la cara de la válvula, mientras que externamente, debido a que está insertada, la malla está rodeada por un borde. Un solo rimoportule se encuentra cerca del campo de poros, sobresaliendo de la superficie interna y orientado transapicalmente (William, 1986).

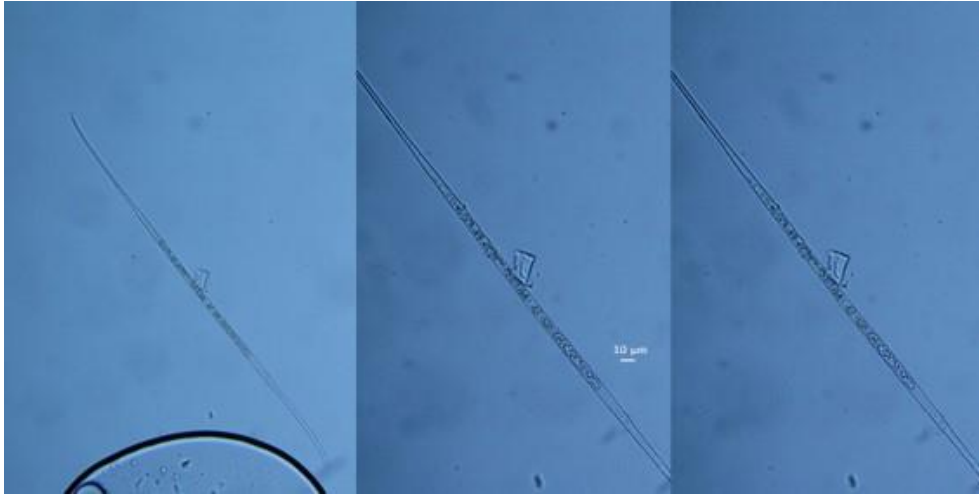


Imagen 18. *Synedra* sp. Ehrenberg, C.G. Microfotografía tomada con una cámara Canon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10μm.

Descripción del hábitat: El silicio tiene una gran importancia en el desarrollo de esta diatomea, seguida por hierro y fosfato, la temperatura ideal es de 25°C, también necesita un pH alcalino (8,0). Se debe considerar los siguientes elementos y las cantidades disueltas en agua N 30mg; P 3mg; Si 14,8 mg y Fe 0,448mg (Li et al., 2017).

Indicador biológico: Indicador biológico de eutrofia.

Clase Cyanophyceae

Taxón: *Dolichospermum planctonicum* Wacklin, L.H. & Komárek, J.

Descripción morfológica: Cianobacteria planctónica filamentosa, son importantes ecológicamente hablando, ya que, ellas participan en la fijación del nitrógeno (Suzuki et al., 2019). El género *Anabaena* se presenta en filamentos solitarios que en ocasiones forman agregados, los que pueden ser rectos, curvos o enrollados de forma regular o irregular. Los



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

tricomas no presentan envoltura de vainas, pero, en algunas especies se puede observar un fino mucílago. Las células que la componen pueden ser muy variadas e irregulares, tales como, subesferas y cilíndricas. Las células terminales pueden tener mucho parecido a las células vegetativas con presencia de vesículas de gas, cuyo tamaño rodea los 9-15 μm de ancho y 10 μm de alto. Heterocigotos de forma esférica de un ancho similar al de las células vegetativas. El acineto adquiere forma oval a cilíndrica de bordes redondeados, cónicos y en algunas ocasiones hexagonales, su tamaño puede duplicar al heterocisto (Cirés y Quesada, 2011). Esta especie de cianobacteria es productora de toxinas y neurotoxinas tales como: saxitoxinas (SXT) conocidas como toxinas parálíticas de los mariscos, que es considerada una de las toxinas naturales más potentes (Chernova et al., 2017).

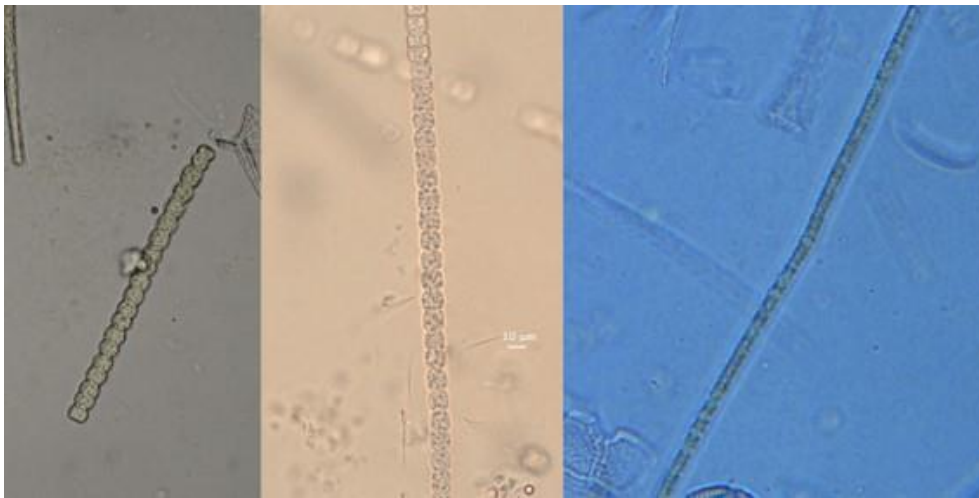


Imagen 19. *Dolichospermum planctonicum* Wacklin, L.H. & Komárek, J. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10 μm .

Descripción del hábitat: Cianobacteria de agua dulce (Suzuki et al., 2019). Los periodos estivales específicamente a finales de verano combinado con altos niveles de nutrientes, para esta bacteria el fósforo es el elemento que le permitiría generar una floración incluso con altos periodos de insolación, ya que, es considerada una coliforme termotolerante (Jardín et al., 2015). De modo general, la especie *Dolichospermum planctonicum* puede estar expuesta a altos y bajos niveles de pH, los que afectan a la composición de toxinas, entre ellas la Anatoxina que es degradada rápidamente a niveles de pH un poco arriba del neutro (pH mayor a 7.0) y con exposición a luz solar, del mismo modo, con un pH ligeramente ácido



y ausencia de luz puede ser conservada por varias semanas en el medio acuático (Brutemark, et al., 2015).

Indicador biológico: Indicador biológico de mesotrófica y eutrofia (Suzuki et al., 2019).

Taxón: *Gomphosphaeria* sp. Kützing

Descripción del hábitat: Se puede encontrar en lagos someros, con aguas alcalinas de regiones tropicales, necesitan aguas templadas. El pH del cuerpo de agua varió de 6,9 a 7,4, con una temperatura de 25 a 30 °C (Nava y Valadez, 2012).

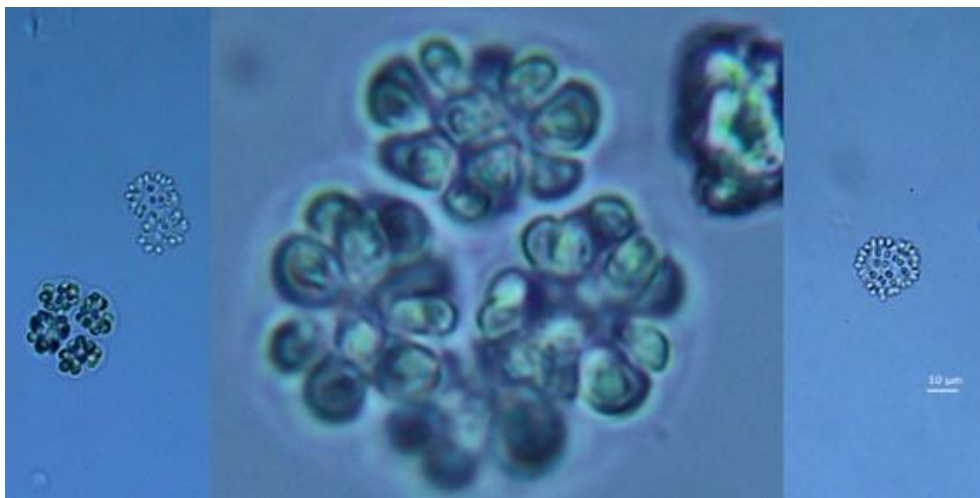


Imagen 20. *Gomphosphaeria* sp. Kützing. Microfotografía tomada con una cámara Canon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10µm.

Descripción morfológica: Cianobacteria que conforma colonias elipsoidales o esféricas a menudo comprimida hasta 30 (-40) µm de diámetro, con un mucílago hialino; células elipsoidales, esféricas u ovoides, con 1,5-2,5 µm de ancho, y de 2-4 µm de longitud; con envolturas Individuales gelatinosas, y bien definidas holgadamente; con pedúnculos mucilaginosos, verde azules o rojizos, de células estrechas o delgadas que proceden irregularmente del centro de la colonia. Observación: esta especie se presenta abundante en el plancton invernal y primaveral en Laguna Avendaño. Células de 1,2 -3,7 µm de diámetro; 1,8 -6,2 µm de largo; colonia de 27,5 µm de diámetro (Caro y Barrientos, 1986).



Indicador biológico: Si se encuentra con alta densidad poblacional se establece que el cuerpo de agua es eutrófico (Rodríguez et al., 2020).

Taxón: *Microcystis aeruginosa* Kützing

Descripción morfológica: Colonias cuando jóvenes esféricas o ligeramente anchas, sólidas, cuando viejas llegan a ser perforadas, con un mucilago alrededor de la colonia hialino y definido; células de 3-4 μm de diámetro, esféricas, generalmente con vacuolas gaseosas. Generalmente en plancton forman una floración o bloom en aguas estancadas (Prescott, 1975).

Una colonia ovada, esférica o con lóbulos irregulares, con numerosas células esféricas que están muy apretadas dentro de una matriz gelatinosa (varias colonias a veces revestidas por un tegumento común); mucilago colonial hialino y homogéneo, conservando una forma definida; contenido celular azul verdoso, altamente granular y con pseudo-vacuolas conspicuas; células 3-4.5 de diámetro (Prescott, 1995).

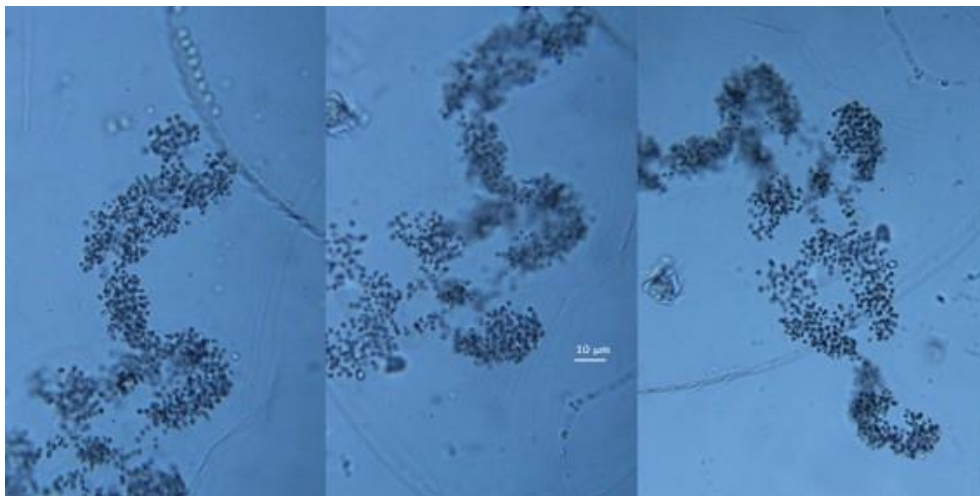


Imagen 21. *Microcystis aeruginosa* Kützing. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10 μm .

Descripción del hábitat: Cianobacteria muy común en lagos de aguas duras, volviéndose especialmente abundante durante los últimos períodos de verano y apareciendo en formaciones tan densas en hábitats favorables como para colorear el agua. Su tasa de crecimiento aumenta con la temperatura del agua. Esta cianobacteria genera microcistinas o



péptidos cíclicos que son tóxicos a la salud humana y animal alcanzando su mayor toxicidad cuando la temperatura del agua alcanza 20°C.

Esta especie es un componente frecuente de florecimientos acuáticos, especialmente en lagos con características eutróficas, aunque es común a una gran variedad de hábitats acuáticos. La tendencia a flotar en la superficie del agua da como resultado la formación de coágulos macroscópicos grandes y costras flotantes que se desarrollan a medida que las plantas se empujan unas a otras sobre la superficie. Al igual que *Aphanizomenon flos-aquae*, esta especie es famosa por arruinar el agua para usos domésticos, nadar y recrearse y, a menudo, causa la muerte de peces en lagos muy infestados (Prescott, 1995).

Indicador biológico: Si esta alga se encuentra con una alta densidad poblacional, es debido a que el cuerpo de agua que habita se encuentra en calidad de eutroficación (Prescott, 1995).

Taxón: *Synechocystis* sp. Sauvageau, C.

Descripción morfológica: Pequeño (2 µm de diámetro) esférico unicelular fotosintéticas sin vaina mucilaginosa, célula más larga que extensa. Puede formar pequeñas colonias. Capaz de cambiar entre anoxigénico y fotosíntesis oxigénica ganando electrones de H₂S (anóxico) (oxigenado). Posee una capa de peptidoglicano (PG) de la pared celular bacteriana es un determinante importante de la forma de la célula (Marbouty et al., 2009).

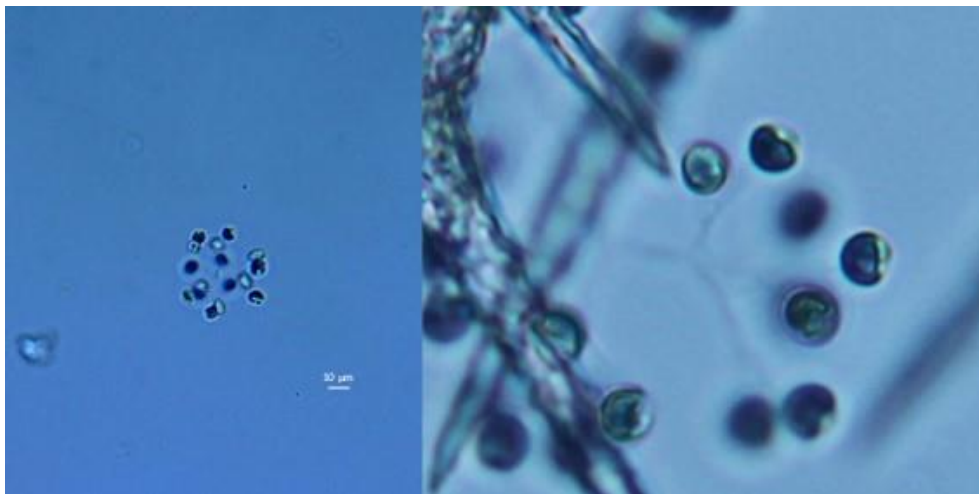




Imagen 22. *Synechocystis* sp. Sauvageau, C. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10µm.

Descripción del hábitat: El hábitat de las cianobacterias debe tener condiciones idóneas las cuales son, temperatura aproximada de 25-30°C, un pH alcalino (8,0) (Heidorn et al.,2011).

Indicador biológico: Es considerado un indicador biológico de contaminación orgánica. Cuerpos de agua eutrofizados (Peinador,1999).

Clase Cryptophyceae

Taxón: *Cryptomonas ovata* Ehrenberg

Descripción morfológica: Posee un ancho de 7-8 µm y un largo de 15-20 um. Posee un cloroplasto bilobulado, que se encuentra en la región central de la célula, este cloroplasto es opaco, se estima que se debe al compactamiento y empaquetamiento de los tilacoides. Los tilacoides presentan una estructura fina, distintiva de las especies de la clase Cryptophyceae. Cada tilacoide es una bolsa extendida aplanada rellena de ficobiliproteínas (Glazer et al., 1971).



Imagen 23. *Cryptomonas ovata* Ehrenberg. Bainbridge Island, Washington, USA; pond, Lugol's, 1000x, DIC Fecha: 28 febrero 2009. Fotógrafo: Karl Bruun Copyright: © Karl Bruun



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

(skogenman@earthlink.net)

Image

Reference:5564

Extraído

de:

https://www.algaebase.org/search/images/detail/?img_id=5564

Descripción del hábitat: Pueden habitar cuerpos de agua variados tanto en pH como en temperatura. El pH en el que pueden habitar varía desde los 5 a los 6,7 aproximadamente. Mientras que la temperatura oscila desde los 4,2°C -35°C (Glazer et al., 1971).

Indicador biológico: Si se encuentra en abundancia en el cuerpo de agua es un indicador de eutrofia (Princiotta et al., 2019).

Clase Synurophyceae

Taxón: *Mallomonas* sp. Perty

Descripción morfológica: Organismo unicelular, nadador libre. Posee una forma elíptica, fusiforme, también puede ser cilíndrica. La membrana se encuentra rodeada con placas similares a escamas, ubicadas y dispuestas apretadamente, las placas pueden tener espinas muy largas y delgadas del mismo material (sílice) también, en algunas especies con espinas cerca de los polos de las células; escamas circulantes, elípticas, ovoides o poligonales; cromatóforos son dos discos parietales café dorados; un flagelo anterior; reserva de alimento en la forma de leucosina que reúne en la parte posterior de la célula (Prescott, 1975).

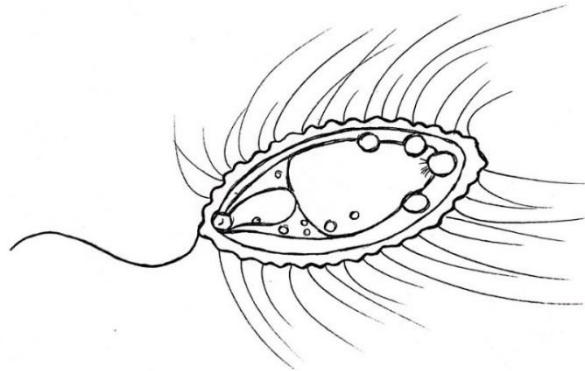


Imagen 24. Esquema de la especie *Mallomonas* sp. Perty, presente en La laguna Avendaño de Quillón. Barra= 10 μ m



Descripción del hábitat: Habita ambientes de agua dulce, en un rango de temperatura de 27 a 30°C, entre un rango de pH de 7,5 a 7,6, y con niveles de oxígeno disuelto entre un rango de 9,0 a 18,4 ppm (Frau, 2014).

Indicador biológico: Si se encuentra en abundancia en el cuerpo de agua es un indicador de eutrofia (Diaz et al., 2013).

Clase Trebouxiophyceae

Taxón: *Botryococcus braunii* Kützing

Descripción morfológica: irregular, sin una envoltura gelatinosa visible, pero completamente cerrada por una membrana hialina resistente, de color naranja u oscura que tiene pliegues o espinas. Colonias a menudo unidas en combinación con una red de agregados por medio de largos y delicadas proyecciones mucilaginosas desde la envoltura colonial. Células ovoides a elipsoides y dispuestas radialmente en la periferia de la colonia, la célula individual está cubierta por una capa interna de sustancia grasa y una capa externa de pectina. Células de 3-6 μm de ancho, 6-12 μm de largo. Colonias simples hasta 100 μm y colonias compuestas hasta 15 μm de diámetro (Prescott, 1975).

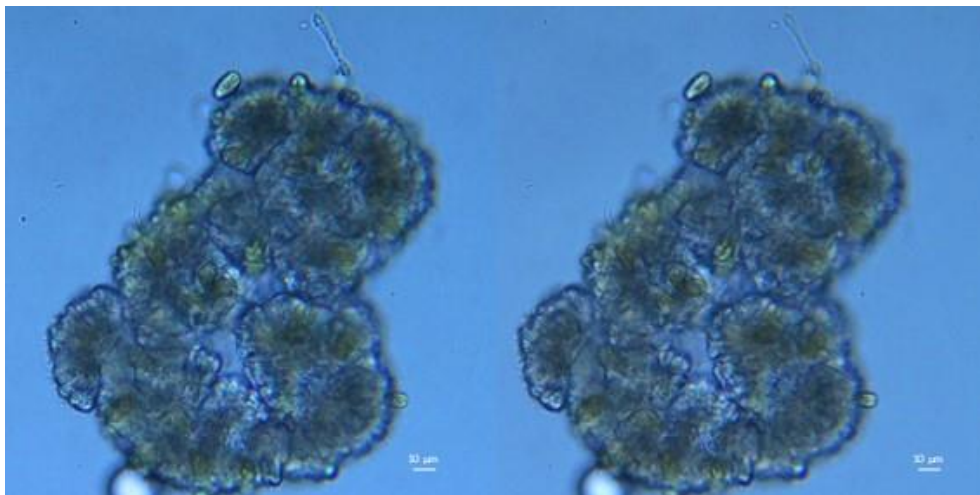


Imagen 25. *Botryococcus braunii* Kützing. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10 μm .



Descripción del hábitat: Está ampliamente distribuida en ambientes de agua dulce, la temperatura ideal para su proliferación es sobre los 20°C, con un pH básico (7,2). Este Taxón de fitoplancton es capaz de sintetizar hidrocarburos (Carrascal et al., 2021).

Indicador biológico: Si se encuentra con una alta densidad poblacional, se le considera un indicador biológico de calidad de agua eutrófica (Carrascal et al., 2021).

Taxón: *Oocystis* sp. Braun

Descripción morfológica: Células que generalmente nadan libremente, solitarias incluidas dentro de la pared materna para formar colonias temporales. Células esféricas, ovoides, elípticas, fusiformes o cilíndricas con extremos redondeados o puntuados. Pared celular lisa o con engrosamiento nodulares conspicuos en los polos, raramente granulares. Cloroplastos uno o más, parietales, discoideos, laminados, irregularmente estrellados o reticulados, con o sin pirenoides. Las células poseen μm de diámetro 20, 0-27-5 μm de diámetro; 32, 5-38,75 μm de largo (Prescott, 1975).

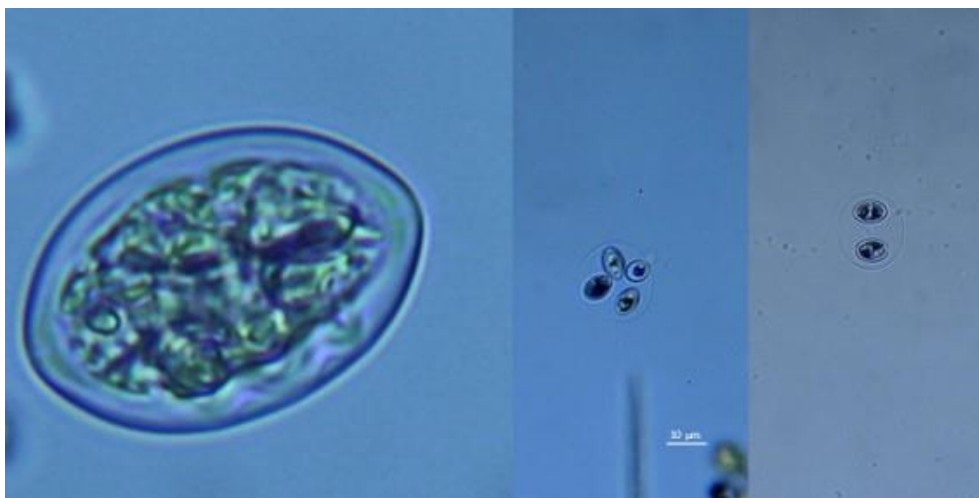


Imagen 26. *Oocystis* sp. Braun. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10 μm .

Descripción del hábitat: Su hábitat ideal para proliferar necesita un rango de temperatura desde los 20 a 26°C, también es importante el pH, un pH alcalino favorece el aumento poblacional de esta clase. Suele encontrarse en el mismo hábitat de *Asterionella formosa* teniendo una interacción de parasitismo (Arauzo et al., 1987).



Indicador biológico: Si esta microalga se encuentra con una mayor densidad poblacional se puede establecer que la calidad del agua es mesotrófica (Halder,2016).

Clase Euglenoidea

Taxón: *Trachelomonas hispida* (Perty) F.Stein

Descripción morfológica: La especie *Trachelomonas hispida* puede llegar a medir 22 a 38 μm de largo y 19 a 28 μm de ancho. La lorica posee una forma amplia y elipsoide y por el lado lateral se puede establecer que es ligeramente hinchada, se encuentra cubierta con largas espinas puntiagudas. Mediante microscopio óptico es posible observar estrías en las células, se podían encontrar de 19 a 25 estrías por cada 10 μm . Debajo de estas estrías se podía observar gránulos diminutos, que se encuentran dispuestos en espiral a lo largo de las estrías. Los cloroplastos que se encuentran de estas células eran de tipo discoides parietales de 5 a 8 μm de ancho, este poseía una figura redondeada y ligeramente ondulada. El número de cloroplastos varía de célula en célula, pero, en células más pequeñas se podían apreciar al menos 6 y 15 en las células de mayor tamaño (Kim et al., 1999).

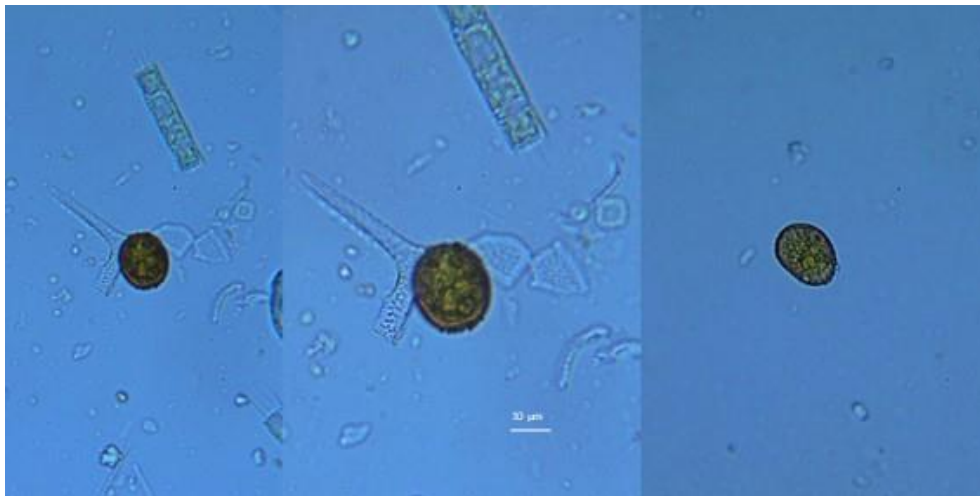


Imagen 27. *Trachelomonas hispida* (Perty) F.Stein. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10 μm .

Descripción del hábitat: Su hábitat posee alto contenido orgánico, suelen proliferar cuando se encuentra un alto nivel de nitrógeno disponible en el agua (Graham y McCoy, 2014). Se puede encontrar presente en todas las temporadas del año. Suele encontrarse en



cuerpos de aguas con un pH básico rodeando los 8.1 y con una temperatura que varía desde los 8°C hasta los 26°C (Mohebbi et al., 2016).

Indicador biológico: Se considera un indicador biológico de agua meso-eutrófica o eutrófica (Mohebbi et al., 2016).

Clase Trebouxiophyceae

Taxón: *Nephrocytium lunatum* W. West

Descripción morfológica: Colonias de 2-4 células, incrustadas dentro de una vaina gelatinosa; cuerpo celular de forma creciente, 10-16 µm de largo, 4-8 µm de ancho; una sola placa de cloroplasto, con un pirenóide (Lacoste et al., 1987).

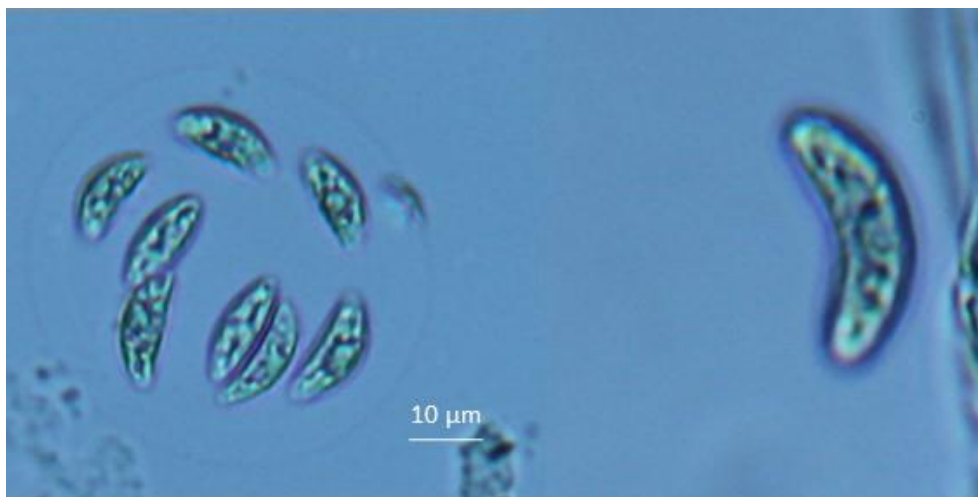


Imagen 28. *Nephrocytium lunatum* W. West. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10µm.

Descripción del hábitat: Puede habitar cuerpos de agua con un rango de temperatura de 6,5 a 29,5°C. Con un pH aproximado cercano a 7 (Margalef, 1949).

Indicador biológico: En presencia de abundancia se considera un indicador biológico de agua meso-eutrófica o eutrófica (Lacoste et al., 1987).

Descripción de organismos planctónicos animales (zooplancton).

Clase Actinophryida

Taxón: *Actinophrys sol* Brown, 1946



Descripción morfológica: Los heliozoos son protista fagótrofos unicelulares ubicuos con axopodios delgados y radiantes para atrapar presas. Esférica e hialina, con amplio ectoplasma muy vacuolizado y rodeada de pseudópodos. Sus movimientos locomotores son ausentes, ya que son arrastrados por corrientes. Poseen estructuras especializadas Axopodios (pseudópodos largos y finos) orientados de forma radial (Isac et al., 1994).

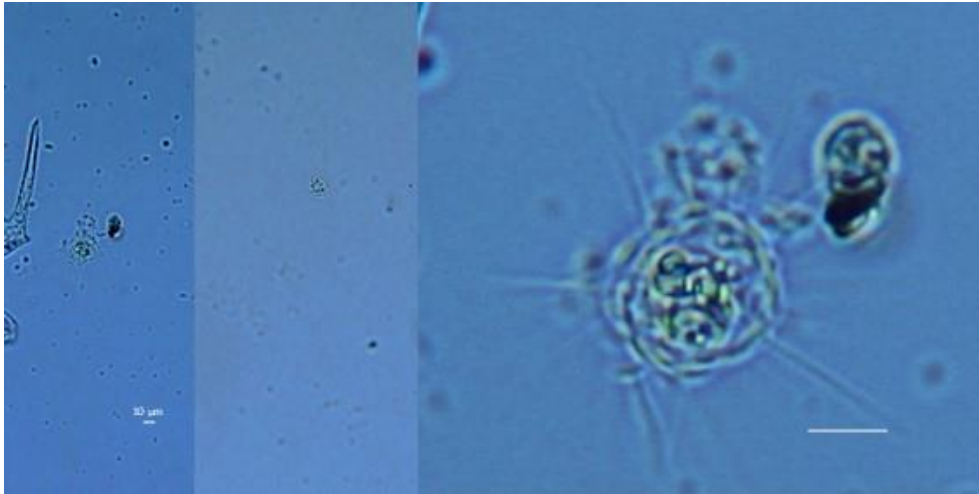


Imagen 29. *Actinophrys sol* Brown, 1946. (grupo de protistas heliozoos). Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10µm.

Descripción del hábitat: Suele encontrarse en cuerpos de agua dulce, potables y piscinas (Estrada et al., 2016). También puede encontrarse en hábitats muy extremos, con pH ácidos y altas concentraciones de metales disueltos (López-Archilla, 2005)

Indicador biológico: Parámetros bioindicadores asociados: Con escaso significado, son habituales en procesos de fangos activos muy poco concentrados. Indicadores de baja carga orgánica (Isac et al., 1994).

Clase Monogononta

Taxón: *Keratella cochlearis* P.H. Gosse, 1851

Descripción morfológica: Su morfología depende directamente de factores ambientales. Si presenta una espina caudal larga, significa que hay un crecimiento lento a baja temperatura y con una calidad de agua oligotrófica. Por otro lado, en aguas eutróficas,



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

con aguas de temperaturas cálidas, tendrán un crecimiento rápido y su forma no tendrá espina (Eloranta,1982).



Imagen 30. *Keratella cochlearis* P.H. Gosse,1851. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10 μ m.

Descripción del hábitat: Los rotíferos generalmente se encuentran en hábitats con condiciones extremas en cuanto a pH dentro de un rango de 8.3 a 9.7 y la temperatura debe mantenerse cercano a los 30°C, esta microalga puede comenzar a generar una proliferación excesiva en la fecha de septiembre periodo de primavera. Normalmente se encuentran fácilmente en lagos someros, poseen una estrategia de vida tipo K (suelen ser longevos). Para este tipo de microalgas, la temperatura tiene que ver directamente con la densidad de fitoplancton (Ardohain et al., 2005). Su mayor recurso alimenticio son las *Cryptomonas* y tiene una relación de competencia con *Keratella daphia* (Burns et al.,1986).

Indicador biológico: Dependiendo la morfología y la tasa de crecimiento puede ser un indicador de aguas eutróficas (Eloranta,1982).

Clase Branchiopoda

Taxón: *Daphnia* sp. Straus, 1820

Descripción morfológica: Micro crustáceos. Suelen mostrar variaciones adaptativas en su morfología. Dentro del género *Daphnia*, varias especies generan estructuras morfológicas de defensa como dientes nucales y crestas cuando se encuentran en presencia



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

de insectos En juveniles de *Daphnia* se ha observado también un crecimiento alométrico de la espina del caparazón y estas estructuras anti-depredación producen una reducción del fitness que se traduce en un costo demográfico de la población. La inducción de defensas anti-depredación en *Daphnia* es generada a través de kairomonas, que son sustancias químicas liberadas al medio por los organismos depredadores que dan señal de alerta a las presas sobre su presencia en el ambiente. En *Daphnia*, la recepción de kairomonas inicia una serie de reacciones biológicas, señales neurales que se convierten a señales endocrinas que subsecuentemente inducen cambios en la expresión de factores morfogenéticos resultando en la formación de una estructura de defensa en la progenie (Wolinski et al.,2018).



Imagen 31. *Daphnia* sp. Straus, 1820. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10µm.

Descripción del hábitat: *Daphnia* se alimenta de microalgas tales como *Sphaerocystis* y *Pandorina*. Presente en cuerpos de agua dulce (Kampe et al., 2007). Los parámetros físico químicos que necesita para su supervivencia son: temperatura la cual oscila desde los 22,7 a 25,2°C, en cuanto al pH este se mantuvo alcalino (8,2 - 8,9), mientras que la concentración de oxígeno disuelto varió entre 4,8 y 8,9 mg l-1 (Ruiz, 2008).

Indicador biológico: Se le conoce como un organismo indicador ecotoxicológico estándar.

Clase Copepoda

Taxón: *Copépodo* sp. H. Milne-Edwards, 1840



Descripción morfológica: Se encuentra una alta variabilidad en la longitud total del cuerpo, que está directamente relacionada con los factores medioambientales. Posee una proporción de largo/ancho de sus ramas caudales de más de 4, la seta caudal dorsal es más corta que las ramas caudales y las setas apicales internas de las ramas caudales son mayores por más de la mitad de longitud de éstas. La parte proximal de la somita genital tiene una forma redondeada, lo que está presente en la mayoría de especies comunes de *Copépodos*. En otras especies se ha observado una depresión muy marcada en el margen interno del primer segmento endopodal, mientras que en otros suele ser débil y en algunos casos incluso ausente (Mercado-Salas y Suárez-Morales, 2011).



Imagen 32. Zooplancton de la Clase *Copépodo* sp. H. Milne-Edwards, 1840. Microfotografía tomada con una cámara Cannon EOS Rebel T3 adaptada al microscopio Leitz Dialux20 con lente objetivo de 400X. Barra= 10 μ m.

Descripción del hábitat: Los copépodos son una clase sumamente común en la mayoría de los cuerpos de agua, su población suele ser tan abundante, que cualquier muestra planctónica contiene estos organismos. Están distribuidos mundialmente en múltiples regiones incluyendo la Antártica. Considerando una múltiple adaptación de estas especies en aguas tanto saladas como dulces y temperaturas extremas (Mercado-Salas y Suárez-Morales, 2011).

Indicador biológico: Es un indicador biológico de mesotrofia (Mercado-Salas y Suárez-Morales, 2011).



Discusión

La Laguna Avendaño perteneciente a la Región de Ñuble es un cuerpo de agua importante para la comunidad de Quillón, puesto que, es un regulador natural de la temperatura en aire y suelo, además, de ser un atractivo turístico llamativo para la región, siendo considerado una de las principales fuentes de ingresos para los habitantes de dicha zona (Municipalidad de Quillón, 2003). Esta investigación es un estudio pionero por ser el segundo en describir la composición de los organismos planctónicos presentes en Laguna Avendaño después de aproximadamente 34 años.

Los muestreos realizados durante el periodo otoño-invierno y comienzos de la primavera en el año 2022, están centrados en la recolección de comunidades planctónicas y estudio de los parámetros físico-químicos del cuerpo de agua, tales como pH y temperatura (Tabla 2). A partir de estos resultados, se afirma que la laguna posee condiciones alcalinas, debido a que el pH promedio en el periodo fue 8,0. La descripción de los treinta taxa contiene información que los clasifica como organismos alcalófilos, es decir los microorganismos se encuentran en un equilibrio dinámico dentro del ecosistema lacustre (Ramírez et al., 2006). Al comparar los hallazgos de Caro y Barrientos (1986) con los actuales, se puede evaluar el cambio en el pH del cuerpo de agua Laguna Avendaño. El pH promedio aumentó de 6,72 en 1986 a un pH promedio de 8,0 en 2022. Ambos valores de pH promedios obtenidos en las mismas estaciones del año.

La Laguna Avendaño es uno de los tres cuerpos de agua con mayor superficie de la región de Ñuble. En 1986, Caro y Barrientos (1986) detectaron una estratificación térmica en periodo estival y por ello este cuerpo de agua sería un lago mono-estratificado de verano. Otro cuerpo de agua con características similares es la Laguna del Laja que queda en la Región del Bío-Bío y que según Torres-Mura y Lemus, (1991) también se considera un lago al contar con entradas y salidas de agua.

Los cuerpos de agua de la Región del Bío-Bío, han recibido mayor atención por parte de la comunidad científica y han sido estudiados creando manuales de composición planctónica de siete lagunas: Laguna Chica San Pedro (mesotrófica), Laguna Grande San Pedro (eutrófica), Laguna Tres Pascualas (eutrófica), Laguna Redonda (mesotrófica), Laguna



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Lo Méndez (eutrófica), Laguna Lo Galindo (eutrófica), Laguna Lo Custodio (eutrófica) (Gonzales e Inostroza, 2017).

Tanto en la Laguna Chica San Pedro, Laguna Redonda y en la Laguna Avendaño, todas mesotróficas, se encontró proliferaciones de *Ceratium* y *Peridinium* con gran densidad poblacional, encontrándose presente también *Cryptomonas* y *Sphaerocystis* en cantidades menores. Las lagunas de la Región del Bío-Bío son de origen fluvial, así como también lo es Laguna Avendaño. Además, las lagunas de ambas regiones se encuentran en grandes Cuencas Hidrográficas: las lagunas de la Región del Bío-Bío están en la Cuenca Hidrográfica del Bío-Bío y los cuerpos de agua de la Región de Ñuble se encuentran en la Cuenca Hidrográfica del Itata. Ambas cuencas reciben el fuerte impacto antrópico de la comunidad humana que se ha asentado alrededor de estos recursos hídricos. En consecuencia, tanto los parámetros físico-químicos como la composición de la comunidad planctónica se espera que sean semejantes.

Las condiciones físico-químicas de la Laguna Avendaño son idóneas para la proliferación de algunas microalgas en específico y la que más resalta durante todo el estudio por su alta densidad poblacional es *Ceratium hirundinella*, esto, se debe a la calidad del agua, el pH alcalino y su temperatura templada. En cuanto a *Melosira granulata* tuvo una floración en el mes de septiembre, si se comprueba lo investigado, tiene coherencia, debido a su necesidad de un pH alcalino al igual que *Ceratium* y una temperatura cercana a los 15°C, así como la temporada del año promueve el aumento en su población.

Todos los taxa encontrados en laguna Avendaño en el periodo de mayo, junio, septiembre y octubre 2022 son organismos que viven en condiciones de mesotrofia y eutrofia con pH alcalino. La mayor riqueza de especies (n=18) fue en el mes de octubre 2022 probablemente por la mayor temperatura del agua. La alta proliferación de *Ceratium hirundinella* se debe a la presencia de nitratos en el agua y la alta proliferación de las diatomeas *Fragilaria crotonensis* y *Melosira granulata* se debe a la presencia de sílice pues su pared celular está compuesta principalmente por este elemento.

Es preocupante que en el mes de junio de 2022, proliferan las cianobacterias *Dolichospermum planctonicum* y *Microcystis aeruginosa*, ambas generadoras de hepatotoxinas fatales para el ser humano y animales. La toxina alcanza su mayor toxicidad a 20°C



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

por lo que se sugiere un monitoreo constante para evitar daños a la salud. La mesotrofia de la laguna es evidente por la presencia de microalgas cuyo hábitat es mesotrófico. Este nivel de trofia ha aumentado en un lapso de cuatro décadas y probablemente se incremente aún más si no se toman medidas mitigadoras para evitar escurrimiento de nutrientes al agua.

Comparando el estado trófico de la Laguna Avendaño en la actualidad con los datos obtenidos en la tesis de Caro y Barrientos (1986), podemos decir que el cuerpo de agua estudiado subió el pH promedio en la época otoñal-invernal desde 6,7 a un promedio de 8,0. Un mayor pH en el agua significa que disminuye el ácido carbónico (dióxido de carbono soluble). Lo anterior, indica que actualmente existe mayor productividad en el periodo otoño-invierno comparado con datos de 1986. En cuanto a los indicadores biológicos, la especie de dinoflagelado *Ceratium hirundinella* se encontraba presente en 1986, así como en la actualidad. Aunque, Caro y Barrientos (1986) no reportaron proliferación inusual del dinoflagelado, en la actualidad el dinoflagelado se encuentra en la capa fótica en cantidades que superan las 30.000 células por mL, lo cual indica que existen niveles de nitrato que superan lo aceptado para una buena calidad de agua.

La necesidad de que la comunidad tome la iniciativa en el control y monitoreo de la calidad de agua de laguna Avendaño se hace cada vez más imperativa. Es por ello que esta investigación que será plasmada en un manual de divulgación servirá para que la comunidad tome mayor conciencia ambiental.



Conclusión

El estado trófico de la Laguna Avendaño se mantiene como mesotrófico, pero el nivel de trofia no solo ha persistido, sino que ha avanzado unos niveles aumentando con respecto a lo reportado en 1986, dado el alto pH y presencia abundante de células de dinoflagelados. Lo anterior es consecuencia de la presión ambiental que la población humana ejerce sobre la cuenca hidrográfica. Por lo tanto, dicho impacto se debe mitigar con planes estratégicos de fiscalización, monitoreo y construcción de zonas buffer alrededor de la laguna para evitar el escurrimiento superficial de nutrientes.

Por otro lado, concluimos que es necesario establecer un plan de monitoreo de parámetros ambientales y de composición y abundancia de microalgas, en particular las dos especies de cianobacterias *Dolichospermum planctonicum* y *Microcystis aeruginosa*, cuya toxicidad puede provocar graves problemas a la salud humana y animal.

Debido a que la actividad humana, repercute en el desequilibrio y cambio abrupto del medio, de forma acelerada e inevitable, es necesario preservar este recurso vital, lo cual recae en importancia y dependencia de educar a la ciudadanía. El hecho de conocer que nosotros, los seres humanos, somos parte de la naturaleza y que podemos revertir procesos contaminantes, permitirá a la población empoderarse de las acciones que mejoren la calidad del ecosistema.

En consecuencia, el Manual Divulgativo generado con la información de esta tesis creará conciencia ambiental al ser apropiadamente y efectivamente difundido en la comunidad de Quillón.



Referencias

- Aguirre, T., R. (2018). *Aislamiento, cultivo de la microalga Ankistrodesmus falcatus y biorremediación de los malos olores de las aguas residuales del dren 3100 Chiclayo – Pimentel, del departamento de Lambayeque, enero - agosto de 2017*. [Tesis de post grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio institucional- Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Escuela de Post Grado; pp 31-35. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/6040>
- Aguirre, J. C., & Jaramillo, L. G. (2015). *El papel de la descripción en la investigación cualitativa*. Cinta de moebio, (53), 175-189. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-554X2015000200006>
- Alarcón-Rojas, N., & Peláez-Peláez, F. (2014). *Calidad del agua del río Sendamal (Celendín, Cajamarca, Perú): determinación mediante uso de diatomeas, 2012*. Rebiol, 34(2), 29-37. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8143145>
- Arauzo, M., Álvarez Cobelas, M. & Rubio, Á. (1987). *Infeción por hongos Chytridiales en una población de Oocystis borgei (Oocystaceae, Chlorophyceae)*. Universidad de Málaga. UMAeditorial, 12, 35-47. <https://doi.org/10.24310/Actabotanicaabmabm.v12i.9731>
- Aravena, T. M., Moreno, C. G., Gonzalez, A. D., Moreno, Q. G. & Molina, T. G. (2007). *Manual de Campo Biodiversidad Las Trancas, Pinto, Ñuble, Chile*. Taller Laboral y Cultural La Cascada de las Trancas y Escuela Centro Ecoeducativo Las Trancas, Fondo de Protección Ambiental. CONAMA.
- Ardohain, D., Benítez, H., Claps, M. & Gabellone, N. (2005). *Estructura y dinámica de rotíferos planctónicos en dos lagunas pampasicas: Similitudes y diferencias*. Biología Acuática; 22. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/69256>
- Ascencio, E., Rivera, P., Cruces, F., & Vila, I. (2018). *Estudio morfológico de Naiadinium polonicum (Dinophyceae) reportado por primera vez en aguas continentales de Chile*. Gayana. Botánica, 75(1), 438–446. doi:10.4067/s0717-66432018000100438
- Baeza, C, Rodríguez, R., & Toro-Núñez, O. (2019). *Flora vascular de la Laguna Avendaño, Provincia de Diguillín, Chile; Gayana. Botánica*, 76(1), pp. 74-83. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432019000100074>



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

- Barón-Campis, S., Hernández-Becerril, D., Juárez-Ruíz, N., & Ramírez-Camarena, C. (2005). *Marea roja producida por el dinoflagelado Peridinium quinquecorne en Veracruz, México (oct-nov,2002): morfología del agente causal*. *Hidrobiológica*, 15(1), 73-78. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972005000100006&lng=es&tlng=es.
- Bazarte, R., Neaman, A., Vallejo, F. & García, P (2014). *El conocimiento ambiental y el comportamiento proambiental de los estudiantes de la enseñanza media, en la región de Valparaíso (Chile)*. *Revista de educación*, 12(34), 66-92.
- Benegas, J. & Marcén, C. (1995). *La educación ambiental como desencadenante de actitudes ambientales*. *Revista Complutense de educación*, 6(2), pp 11-27. <https://revistas.ucm.es/index.php/RCED/article/view/RCED9595220011A>
- Borel, C. M., Guerstein, G. R., & Prieto, A. R. (2003). *Palinomorfos acuáticos (algas y acritarcos) del Holoceno de la laguna Hinojales (Buenos Aires, Argentina): interpretación paleoecológica*. *Ameghiniana*, 40(4), 531-544. <https://www.ameghiniana.org.ar/index.php/ameghiniana/article/view/981>
- Brutemark, A., Engström-Öst, J., Vehmaa, A. & Gorokhova, E. (2014). *Crecimiento, toxicidad y estrés oxidativo de una cianobacteria cultivada (Dolichospermum sp.) bajo diferentes condiciones de CO₂/pH y temperatura*. *Investigación filológica*, 63(1), 56–63. doi:10.1111/pre.12075
- Buell, H. F. (1968). *Closterium gracile Breb. (Desmidiaceae)-a New Interpretation*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 95(5), 449. doi:10.2307/248347
- Burns, C. W., & Gilbert, J. J. (1986). *Effects of daphnid size and density on interference between Daphnia and Keratella cochlearis*. *Limnology and Oceanography*, 31(4), 848–858. doi:10.4319/lo.1986.31.4.0848
- Cabrera, M. & Polanco, F. (2022, febrero 26). *Ordenan peritajes a municipalidad de Quillón para aclarar contaminación de agua de Laguna Avendaño*. *Radio Biobío*. <https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-nuble/2022/02/26/ordenan-peritajes-a-municipio-de-quillon-para-aclarar-contaminacion-de-agua-de-laguna-avendano.shtml>



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

- Calbet, A. (2022). *El plancton y las cadenas tróficas marinas*. https://books.google.cl/books?id=HvqhEAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=plancton&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=plancton&f=false
- Camacho, K. (2021). *Identificación morfológica y molecular de Cosmarium sp. aislado de los lagos de la reserva ecológica Antisana*. [Tesis de ingeniería, Universidad Internacional SEK]. <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4212/1/Katherine%20Johanna%20Camacho%20Mediavilla.pdf>
- Caro, M., & Barrientos, M. (1986). *Estudio taxonómico de la comunidad Fitoplanctónica (exceptuando diatomeas) y determinación de algunos parámetros fisicoquímicos en el periodo invernal en la laguna Avendaño, Quillón, Octava Región*. Tesis para optar al título de pedagogía en ciencias naturales no publicada. Universidad del Biobío, Chillán, Chile.
- Carrascal, D. D., Tasco, A. C., Barajas-Solano, A. F., García-Martínez, J. B., & Machuca, F. (2021). *Análisis De Las Aplicaciones De La Microalga Botryococcus Braunii En Procesos Industriales*. *Ciencia en Desarrollo*, 12(2). <https://doi.org/10.19053/01217488.v12.n2.2021.12688>
- Chernova, E., Sidelev, S., Russkikh, I., Voyakina, E., Babanazarova, O. & Romanov, R., Mazur-Marzec, H. (2017). *Dolichospermum and Aphanizomenon as neurotoxins producers in some Russian freshwaters*. *Toxicon*, 130, 47–55. doi: 10.1016/j.toxicon.2017.02.016
- Cirés, G. S. & Quesada, A. (2011). *Catálogo de cianobacterias planctónicas potencialmente tóxicas de las aguas continentales españolas*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. doi: 9788449110726
- Conde-Porcuna, J., Ramos-Rodríguez, E., & Morales-Baquero, R. (2004). *El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lénticos*. *Asociación Española de Ecología Terrestre*. *Ecosistemas* 13 (2): 23-29. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/204>
- Costas, G. (19 de marzo de 2014). *Fitoplancton*. *Ciencia y Biología*. <https://cienciaybiologia.com/fitoplancton/>



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

- Crawford, R., Canter, M., & Jaworski, M. (1985). *A study of two morphological variants of the diatom Fragilaria crotonensis kitton using electron microscopy*. *annals of botany*, 55(4), 473–485. doi: 10.1093/oxfordjournals.aob.a086925
- Díaz-Ramos, J. R., Subero-Pino, S., Troccoli-Ghinaglia, L., Chaerzeddine-Chaerzeddine, L., Fermín, I., Martínez, G., & Márquez, B. (2013). *Estructura de la comunidad fitoplanctónica del sistema fluvial-estuarino de Caño Mánamo, Estado Amacuro*. Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 52 (1): pp 55-62. <https://www.academia.edu/19646765>
- Dodds & Whiles (2010). *Freshwater Ecology*. Elsevier.
- Duthie, H. C., & Ostrofsky, M. L. (1974). *Plankton, Chemistry, and Physics of Lakes in the Churchill Falls Region of Labrador*. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 31(6), 1105–1117. doi:10.1139/f74-125
- Eloranta, P. (1982). *Notes on the morphological variation of the rotifer species Keratella cochlearis (Gosse) s.l. in one eutrophic pond*. *Journal of Plankton Research*, 4(2), pp 299–312. doi:10.1093/plankt/4.2.299.
- Escenarios hídricos 2030 Chile. (06 de agosto de 2020). *Ecosistemas: ¿Qué son y por qué son importantes?* <https://escenarioshidricos.cl/noticia/ecosistemas-que-son-y-por-que-son-importantes/>
- Estrada, R. M., Santos, M. R., Aguilar, M. E. V., & Aguilar, R. A. (2016). *Protozoarios (Protozoa)*. *La biodiversidad en la Ciudad de México*, 2, pp 204-207. https://www.researchgate.net/publication/312538890_Protozoarios_Protozoa
- Frau, D. (2014). *Riqueza y abundancia específica de fitoplancton de la laguna “El Mirador” (Santa Fe, Argentina) durante la estación de verano*. 1(43), pp 48-57. doi: 10.14409/natura.v1i43.4282
- Fuentes, M. (2017). *Evaluación del taller de educación ambiental del proyecto pequeños cetáceos en la isla de Chiloé, Patagonia, Chile [Universidad de Chile]*. <https://mascn.forestaluchile.cl/wp-content/uploads/2018/01/Marjorie-Fuentes.pdf>
- Fuentevilla, J. & Navarrete, I. (1989). *Caracterización temporal y espacial del fitoplancton en el Lago Avenaño*. Seminario para optar al título de profesor no publicado, Universidad del Bio-Bio, Chillán, Chile.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

- Garduño, S. G., Rodríguez P. M., Martínez G. M., Quintanar Z. R., Lozano R. C., Campos C. J., & Monsalvo R. A. (2017). *Cultivos de microalgas del Lago de Catemaco, Veracruz*. Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal, 2(2). <http://www.solabiaa.org/ojs3/index.php/RELBAA/article/view/29>
- Glazer, A. N., Cohen-Bazire, G., & Stanier, R. Y. (1971). *Characterization of phycoerythrin from a Cryptomonas sp.* Archiv For Mikrobiologie, 80(1), 1–18. doi:10.1007/bf00410574
- Graham, P., T., & McCoy, J., J. (1974). *Los efectos de crecimiento de concentraciones variables de nitrato y fosfato en la Trachelomonas hispida euglenoidea*. Bios, 45(2), pp 74–79. <http://www.jstor.org/stable/4607229>
- Guiry, M. D., & Guiry, G. M. (2021). AlgaeBase, World-wide electron. publ., Nat. Univ. Ireland, Galway, 2018.
- Halder, N. (2016). *Two algal species of Volvox L. with their taxonomy and ecology from West Bengal, India*. Songklanakarin Journal of Science and Technology, 38(4), pp 435-437. <https://www.thaiscience.info/Journals/Article/SONG/10984722.pdf>
- Heidorn, T., Camsund, D., Huang, H.-H., Lindberg, P., Oliveira, P., Stensjö, K. & Lindblad, P. (2011). *Biología sintética en cianobacterias*. Biología sintética, Parte A, 539-579. doi:10.1016/b978-0-12-385075-1.00024-x
- Henríquez, A. (2021, diciembre 4). *Las cinco amenazas que se ciernen sobre la Laguna Avendaño*. <https://www.ladiscusion.cl/las-cinco-amenazas-que-se-ciernen-sobre-la-laguna-avendano/>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: Mcgraw-HILL / Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Ilustre municipalidad de Quillón [Internet]. Quillón; c2003 [citado 08 agosto 2022]. Disponible en: <https://home.quillon.cl>
- Isac, L., Rodríguez, E., Salas, M. D., Fernández, N., GBS, G. B. S., Pérez-Uz, B., & Serrano, S. (1994). *Protozoos en el fango activo*. Madrid: Universidad Complu-tense de Madrid, Facultad de Biología. http://www.bibliotecagbs.com/archivos/089_156_capficha_protozoos.pdf
- Ismiño, A. R., Araujo-Solis, J. J., Vargas-Del Castillo, M. S., Ruiz-Tafur, M. K., Arbildo-Ortiz, H. & Alvan-Aguilar, M. A. (2020). *Desarrollo del cladócero nativo*



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Ceriodaphnia sp con *clorofitas* (*Scenedesmus* sp y *Chlorella* sp) en condiciones de laboratorio. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 31(1), e17555. <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i1.17555>

- Jensen, E. L., Yangüez, K., Carrière, F. y Gontero, B. (2019). *Acumulación de compuestos de almacenamiento en diatomeas como respuesta a una concentración elevada de CO₂*. *Biología*, 9(1), 5. doi:10.3390/biology9010005
- Jouravlev, A. (2003). *Los municipios y la gestión de los recursos hídricos*. CEPAL. Santiago, Chile. pp (28-41). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/6429-municipios-la-gestion-recursos-hidricos>
- Kammeyer, C., (2017). *Los desafíos mundiales del agua*. Pacific Institute. <https://pacinst.org/worlds-water-challenges-2017/>
- Kampe, H., König-Rinke, M., Petzoldt, T., & Benndorf, J. (2007). *Direct effects of Daphnia-grazing, not infochemicals, mediate a shift towards large inedible colonies of the gelatinous green alga Sphaerocystis Schroeteri*. *Limnologia - Ecology and Management of Inland Waters*, 37(2), 137–145. doi: 10.1016/j.limno.2007.01.001
- Kilham, S. S., & Kilham, P. (1975). *Melosira granulata* (Ehr.) Ralfs: morphology and ecology of a cosmopolitan freshwater diatom. *SIL Proceedings*, 1922-2010, 19(4), 2716–2721. doi:10.1080/03680770.1974.1189636
- Kim, J., Woongghi, S & Sung, M. (1999). *Una reevaluación taxonómica de Trachelomonas hispida (Euglenophyceae) de aguas continentales coreanas*. *Algae* 14 (1). 1-7. <https://www.e-algae.org/journal/view.php?number=2176>
- Lacoste, E. N., Vigna, M. S., Mac Carthy, S., & Maidana, N. I. (1987). *Algas de Aguas Continentales de Argentina VII. Entre Ríos II*. *Darwiniana*, 28(1/4), 105–145. <http://www.jstor.org/stable/23218933>
- Lerche, K., & Hallmann, A. (2013). *Stable nuclear transformation of Eudorina elegans*. *BMC Biotechnology*, 13(1), 11. doi:10.1186/1472-6750-13-11
- Li, X., Marella, T. K., Tao, L., Li, R., Tiwari, A. y Li, G. (2017). *Optimización de las condiciones de crecimiento y análisis de ácidos grasos para tres aislados de diatomeas de agua dulce*. *Investigación filológica*, 65(3), 177–187. doi:10.1111/pre.12174



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

- López-López, E., & Serna-Hernández, J. A. (1999). *Variación estacional del zooplancton del embalse Ignacio Allende, Guanajuato, México y su relación con el fitoplancton y factores ambientales*. *Revista de Biología Tropical*, 47(4), 643-657. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77441999000400001&lng=en&tlng=es.
- López-Archilla, A. I. (2005). *Riotinto: un universo de mundos microbianos*. *Ecosistemas*, 14(2). <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/154>
- Lund, J. W. G. (1950). *Estudios sobre Asterionella formosa Hass: II. Agotamiento de nutrientes y el máximo de primavera*. *La Revista de Ecología*, 38(1), pp 15-35. doi:10.2307/2256523
- Marbouty, M., Mazouni, K., Saguez, C., Cassier-Chauvat, C. y Chauvat, F. (2009). *Caracterización de las proteínas de unión a penicilina PCC 6803 de Synechocystis y proteínas citocinéticas FtsQ y FtsW y su red de interacciones con ZipN*. *Revista de bacteriología*, 191(16), 5123–5133. doi:10.1128/jb.00620-09
- Margalef, R. (1947). *Observaciones micro paleontológicas sobre los sedimentos lacustres miocénicos de Libros (Teruel)*. CSIC - Instituto Lucas Mallada de Investigaciones Geológicas. *Estudios geológicos* 5: 171-177. <http://hdl.handle.net/10261/165259>
- Matamala, G. J. & Gallardo A. I. (1993). *Programa riego y drenaje. Comisión Nacional de Riego: informe técnico temporada*. Unidad Penciahue. Tomo 1. CNR. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/9858>
- Melero A. N. (2012). *El paradigma crítico y los aportes de la investigación acción participativa en la transformación de la realidad: un análisis desde las ciencias sociales*. *Cuestiones pedagógicas*, 21, 339-355. <https://idus.us.es/handle/11441/12861>
- Ministerio de Agricultura (2019). *Comuna Quillón, Recursos Naturales*. Región de Ñuble, Chile. <https://www.sitrural.cl/>
- Ministerio de Obras Públicas (2018). *Evaluación de la condición trófica en cuerpos lacustres*. Santiago, Chile. <https://snia.mop.gob.cl/sad/LGO5811.pdf>



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

- Ministerio de Obras Públicas (2020). *Diagnóstico y estado ambiental de las aguas naturales de la comunidad de Quillón*. Región de Ñuble, Chile. <https://snia.mop.gob.cl/sad/CQA5891.pdf>
- Mohebbi, F., Riahi, H., Sheidaei, M & Shariatmadari, Z. (2015). *Fitoplancton del embalse de la presa de Aras (Irán): un intento de evaluar la calidad del agua*. IJFS; 15 (4) :1318-1336. <http://jifro.ir/article-1-1814-en.html>
- Möller, P., Pantoja, J. & Morandé, X. (2006). *Proceso de innovación curricular en escuelas aledañas al humedal del río cruces, sitio Ramsar de Chile*. Gestión Ambiental. 12. 55-68. https://www.ceachile.cl/revista/cdn/GA_12_2006_Moller.pdf
- Moreno-Ruiz, L. J., Tapia-García, M., González-Macias, Ma. & Figueroa-Torres, Ma. G. (2008). *Fitoplancton del río Tehuantepec, Oaxaca, México y algunas relaciones biogeográficas*. Revista de Biología Tropical, 56(1), 27-54. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442008000100003&lng=en&tlng=es
- Muñoz-Pedrerros, A. (2014). *La educación ambiental en Chile, una tarea aún pendiente*. Ambiente & Sociedades. 17(3), pp. 177-198. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2014000300011>
- Nava-Ruiz, V. M., & Valadez, F. (2012). *Flora planctónica de laguna Lagartos, Quintana Roo*. Revista mexicana de biodiversidad, 83(3), 561-582. <https://doi.org/10.7550/rmb.24868>
- Nebel, B. & Wright, R. (1999). *Ciencias Ambientales ecología y Desarrollo Sostenible*. México; Pearson.
- Ngearnpat, N., & Peerapornpisal, Y. (2007). *Aplicación de la diversidad desmid en la evaluación de la calidad del agua de 12 recursos de agua dulce en Tailandia*. Revista de Ficología Aplicada, 19(6), 667–674. doi:10.1007/s10811-007-9191-6
- Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). *Desafíos Globales del Agua*. <https://www.un.org/es/global-issues/water>.
- Osório, Nicolli Cristina, Aparecida Miranda Polinario , Bárbara Dunck , Kisay Lorena Adame , Luciana Carapunarla , Maria Gabriela Junqueira , Ubirajara Lima Fernandes , and Liliana Rodrigues. (2018). *Periphytic Cosmarium (Zygnematophyceae, Desmidiaceae) in lentic environments of the Upper Paraná*



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

River floodplain: Taxonomy and ecological aspects. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 2018, vol. 30, e203 <https://doi.org/10.1590/S2179-975X4717> ISSN 2179-975X on-line version

- Peinador, M. (1999). *Las cianobacterias como indicadores de contaminación orgánica*. *Revista de Biología Tropical*, 47(3), 381-391. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77441999000300011&lng=en&tlng=es.
- Peredo, E. (2010). *Contaminación del agua en la región del Maule y Biobío*. *Interamericana de Ambiente y Turismo-RIAT*, 6(1) pp 61-68. <http://dx.doi.org/10.4067/riatvol6iss1pp61-68%250718-235X>
- Popovich, C. (2004). *Fitoplancton. Ecosistema del estuario de Bahía Blanca*. 69-78. https://www.researchgate.net/publication/313658799_Fitoplancton
- Prescott, W. G. (1975). *Algae: Of the wester great lakes area*. WM. C. Brown Company Publishers. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/23616#page/7/mode/1up>
- Princiotta, S. D., Hendricks, S. P. & White, D. S. (2019). *La producción de cianotoxinas por Microcystis aeruginosa media las interacciones con las criptomonas flageladas mixotróficas*. *Toxinas*, 11(4), 223. doi:10.3390/toxinas11040223
- Quecedo, R., & Castaño, C. (2002). Introducción a la metodología de investigación cualitativa. *Revista de Psico didáctica*, (14),5-39. [fecha de Consulta 6 de enero de 2023]. ISSN: 1136-1034. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17501402>
- Ramírez D., Ninfa; Serrano R., José Antonio; Sandoval T., Horacio. (2006). *Microorganismos extremófilos. Actinomicetos halófilos en México*. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 37(3), pp. 56-71. *Asociación Farmacéutica Mexicana, A.C.* Distrito Federal, México.
- Rivas, N. K. (1999). *Importancia ecológica de la comunidad algal en el lago Cocibolca*. In IX Congreso Científico UNAN-Managua, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. <https://core.ac.uk/download/pdf/53104879.pdf>



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

- Rodríguez, J. C., & Gómez, L. M. (2020). *Trophic status of twenty-four water reservoirs in the eastern of Cuba*. Revista Cubana de Química, 32(1), 136-153. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212020000100136&lng=es&tlng=pt.
- Rodríguez-Zambrano, A. P., & Aranguren-Riaño, N. J. (2014). *Comunidad planctónica de un embalse con alta tensión ambiental: La Playa, cuenca alta del río Chicamocha (Tuta, Boyacá), Colombia*. Biota Colombiana, 15(2), pp 95-110. <https://www.redalyc.org/pdf/491/49140782008.pdf>
- Ruiz, G. C., Ardohain, D. M., Solari, L. C., & Gabellone, N. A. (2008). *Análisis de las interacciones tróficas en microcosmos: estudio preliminar; Instituto de Limnología Dr. R. A. Ringuelet; Biología Acuática; pp 73-77*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/25602>
- Sarmiento, M. (2017). *Microalgas como indicadores biológicos del estado trófico de las ciénagas de Malambo y Santo Tomás, en el departamento del Atlántico [Tesis de magíster]*. Repositorio institucional- Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. <http://hdl.handle.net/20.500.12010/3137>
- Sastre, V., Santinelli, N. Sendin, E. M. (1994). *Floración de Aulacoseira granulata (ERH.) Simonsen (Bacillariophyceae) en el curso inferior del río Chubut, Patagonia Argentina*. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de la Patagonia. Revista Brasil Biología; 54(4), pp 641-647. https://www.researchgate.net/publication/254258251_Floracion_de_Aulacoseira_granulata_Ehr_Simonsen_en_el_curso_inferior_del_rio_Chubut_Patagonia_Argentina
- Secretaría de GBIF (2022). *Taxonomía troncal de GBIF*. <https://doi.org/10.15468/39omei>
- Silverio, M. J., Montañez, G., Fra, E., Saracho, M., Arjona, M., Amaya, S., & Traccanna, B. (2009). *Variación poblacional de Ceratium hirundinella (Dinophyceae) en Embalses Eutróficos de Catamarca (Argentina) y su relación con parámetros ambientales*. Huayllu-Bios, 3, 13-31. <https://exactas.unca.edu.ar/HUAYLLUBIOS/num-3/1.pdf>



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

- Stamenković, M & Cvijan, M. (2008). *Desmid flora (Chlorophyta, Zygnematophyceae) del Danubio en la provincia de Voivodina (norte de Serbia)*. Arch. Biol. Sci., Belgrado, 60 (2), 181-199. https://www.researchgate.net/publication/236963568_Desmid_flora_Chlorophyta_Zygnematophyceae_of_the_Danube_in_the_Province_of_Vojvodina_Northern_Serbia
- Sun, L., Jin, X. C., Zhong, Y., Zhi, Y. L., Li, H., Zhou, Q. X. & Zhuang, Y. Y. (2009). *Dinámica estacional del fitoplancton en relación con factores clave del hábitat acuático en un pequeño cuerpo de agua urbano contaminado en Tianjin, China*. Boletín de Contaminación Ambiental y Toxicología, 82(5), 543–548. doi:10.1007/s00128-009-9655-2
- Suzuki, S., Yamagushi, H. & Kawachi, M. (2019). *Proyecto de secuencias genómicas de tres cepas filamentosas de cianobacterias, Dolichospermum planctonicum NIES-80, Planktothrix agardhii NIES-905 y Sphaerospermopsis reniformis NIES-1949*. Revistas ASM; 8(43). <https://doi.org/10.1128/MRA.00605-19>
- Szabó, Z., Buczkó, K., Haliuc, A., Pál, I., L. Korponai, J., Begy, R.-C., Magyari, E. K. (2020). *Cambio del ecosistema de un lago de montaña bajo el clima y la presión humana: un movimiento fuera del espacio operativo seguro*. Science of The Total Environment, 743, 140584. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140584
- Torres, L., Benavides, J., Latoja, C. & Novoa, E. (2017). *Presencia de una Educación Ambiental basada en conocimiento, actitudes y prácticas en la enseñanza de las ciencias naturales en establecimientos municipales de la ciudad de Los Ángeles, Chile*. Estudios pedagógicos (Valdivia), 43(3), 311-323. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052017000300018>
- Torres-Mura, C., J. & Lemus, L., M. (1991). *Avifauna acuática de la Laguna del Laja (Andes de Chile)*. Zoología. Museo Nacional Historia Natural Casilla, 42: 89-95. https://www.researchgate.net/publication/282705523_Avifauna_acuatica_de_la_Laguna_del_Laja_Andes_de_Chile
- Vargas, M. R. (2020). *Biorremediación de aguas residuales domésticas aplicando la microalga Scenedesmus sp.* [Tesis para obtener el título profesional de: Ingeniería Ambiental]. Universidad Cesar Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/48526>



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

- Varol, M. (2019). *Grupos funcionales de fitoplancton en un reservorio monomítico: sucesión estacional, preferencias ecológicas y relaciones con variables ambientales*. *Ciencias Ambientales e Investigación de la Contaminación*. doi:10.1007/s11356-019053540
- Vidal, M. J. & Polanco, F. (2022). *Prohíben el ingreso a Laguna Avendaño tras confirmar que aguas provocan brote de dermatitis atópica*. Radio Biobío. <https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-nuble/2022/02/25/prohiben-el-ingreso-a-laguna-avendano-tras-confirmar-que-aguas-provocan-brote-de-dermatitis-atopica.shtml>
- VOGUEL, Steven (1994). *Life in moving fluids: the physical biology of flow*. Second Edition. Princeton University Press, 467 p. ISBN: 06-910-3485-0.
- Williams, D. M. (1986). *Morfología Comparativa de algunas especies de Synedra ehrenb. con una nueva definición del género*. *Investigación de diatomeas*, 1(1), 131–152. doi:10.1080/0269249x.1986.9704963
- Wolinski, L. I., Modenutti, B. E. & Balseiro, E. G. (2019). *Respuestas eco-fisiológicas de Daphnia frente a la radiación ultravioleta y variables ambientales*. *Biología Marina, Limnología*. Repositorio Institucional CONICET Digital. <http://hdl.handle.net/11336/93459>
- Zepernick, N., Truchon R., Gann R. & Wilhelm S. (2022). *Borrador de la secuencia del genoma de la diatomea de agua dulce Fragilaria crotonensis SAG 28.96*. *Microbiol Resour Announc*. doi: 10.1128/mra.00289-22