

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
SEDE CONCEPCION - REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**EUTROFICACIÓN, TÉCNICAS DE MANEJO Y  
RECUPERACION DE LAGOS URBANOS**

Trabajo de Titulación para optar al  
Título de Técnico Universitario en  
CONTROL DEL MEDIO AMBIENTE

Alumno:

Claudia Andrea Burgos Ulloa

Profesor Guía:

Gloria De Lourdes Barría Espinoza



## **Agradecimientos**

Mis más sinceros agradecimientos todos aquellos que estuvieron presentes durante toda o la mayor parte de la realización y el desarrollo de este trabajo y me han ofrecido su ayuda y compañía.

A mis profesores y a la universidad en general por todo lo anterior en conjunto con todos los conocimientos que me han otorgado.

A mis hermanos por ser fuente de superación personal

A Carola y Marina por sus consejos, y contención

Y por último a Jeans por su infinito amor y apoyo que ha sido fundamental durante todo el periodo y más, motivándome constantemente a alcanzar mis metas.



## Resumen

El origen de este trabajo surge considerando las problemáticas ambientales que por lo general no se abordan totalmente, como lo es la contaminación de los lagos urbanos ocurrida principalmente por acción humana lo que provoca eutrofización.

Cada lago y laguna es un sistema diferente y tiene una biodiversidad única debido a esto son sistemas totalmente vulnerables que hay que rescatar y cuidar pues tienen una importancia real en la sociedad.

Se realizó una investigación sobre nuevas técnicas que se están aplicando en el extranjero, una de las más efectivas es la utilización de viruta de eucalipto procedente de la industria de la madera y como complemento la manipulación de cadenas tróficas que si es bien implementada puede dar resultados positivos.

Descubrimos que la efectividad de la viruta de eucalipto para inhibir a las cianobacterias (algas verdeazuladas) radica en una reacción química que ocurre con la degradación del material, los ácidos originados en la actividad bacteriana y fúngica incorporan carbono orgánico al cuerpo de agua, considerando que el entorno está ubicado en un ambiente bien oxigenado con luz óptima es el lugar propicio para la producción de peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) que es el compuesto que inhibe las floraciones.

El uso de estos métodos significa una mejora casi permanente del ambiente acuático si se implementan de manera correcta, junto a las medidas de protección, de esta manera protegiendo a las especies de la mortandad que pueden causar las floraciones algales, disminuyendo significativamente la materia orgánica presente en el cuerpo de agua.

Bastante destacable es el mínimo gasto económico y el bajo impacto ambiental de estos métodos, además del reciclaje de los residuos de la industria de la madera que favorece a la disminución del volumen de desechos en los aserraderos por ello se cree que pueden ser las soluciones más apropiadas para la problemática.



# ÍNDICE

Introducción .....	1
Objetivo general .....	3
Objetivos específicos .....	3
Alcance.....	3
CAPÍTULO 1 .....	I
1 IMPORTANCIA, ORIGEN Y CONTAMINACION DE LOS LAGOS .....	I
1.1 ¿Qué son los lagos?.....	5
1.2 Importancia.....	5
1.3 ¿Qué es un lago somero?.....	5
1.4 EL ECOSISTEMA LACUSTRE.....	6
1.4.1 Principales elementos en un lago .....	6
1.5 EUTROFIZACIÓN .....	8
1.5.1 Estratificación térmica.....	9
1.5.2 Temperatura y densidad .....	9
1.5.3 Epilimnio .....	10
1.5.4 Metalimnio.....	10
1.5.5 Hipolimnio.....	10
1.5.6 Ciclo estacional de un lago .....	11
1.6 FUENTES EUTROFIZANTES .....	13
1.6.1 Naturales.....	13
1.6.2 Antropogénicas .....	13
1.6.3 Factores que afectan el grado de eutrofización.....	13
1.6.4 Medidas para controlar la eutrofización .....	14
1.6.5 Control de la eutrofización dentro del cuerpo de agua .....	14
1.6.6 Agentes involucrados en la eutrofización.....	14
CAPÍTULO 2 .....	II
2 NORMATIVA VIGENTE SOBRE PARAMETROS DE CALIDAD PARA AGUAS .....	II
2.1 NORMATIVA VIGENTE CALIDAD DE AGUAS NCh 1333 .....	21
2.1.1 Introducción.....	21
2.1.2 Alcance y campo de aplicación .....	21
2.1.3 Requisitos del agua para consumo humano.....	21
2.1.4 Requisitos del agua para la bebida de animales.....	21
2.1.5 Requisitos del agua para riego .....	22
2.1.6 Requisitos bacteriológicos.....	23
2.1.7 Requisitos para agua destinada a recreación y estética .....	23

2.1.8 Sustancias tóxicas .....	25
CAPÍTULO 3 .....	III
3 MEDIDAS DE PROTECCION PARA LAGOS URBANOS .....	III
3.1 Manejo y recuperación de lagos urbanos .....	27
3.1.1 Medidas de protección (externas).....	28
CAPÍTULO 4 .....	IV
4 MEDIDAS DE RECUPERACION PARA LAGOS URBANOS .....	IV
4.1 TÉCNICAS DE BIOMANIPULACIÓN DE CADENAS TROFICAS PARA LA GESTIÓN DE LA EUTROFIZACIÓN .....	31
4.1.1 Introducción .....	31
4.1.2 ¿Qué es la Biomanipulación?.....	32
4.1.3 Objetivos .....	32
4.1.4 Medidas biológicas .....	33
4.2 “CONTROL DE LAS FLORACIONES DE CIANOBACTERIAS MEDIANTE EL USO DE VIRUTA DE EUCALIPTO PROCEDENTE DE LA INDUSTRIA MADERERA”:.....	36
4.2.1 Introducción .....	36
4.2.2 Floración de cianobacterias (blooms).....	37
4.3 ASPECTOS BIOQUIMICOS.....	39
4.3.1 Toxicidad en cianobacterias .....	39
4.3.2 Método .....	40
4.4 APLICACION DEL METODO .....	43
4.5 EJEMPLOS PRACTICOS .....	45
4.5.1 Laguna Las Tres Pascualas .....	45
4.5.2 Laguna lo Galindo .....	49
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....	51
BIBLIOGRAFÍA: .....	52
ANEXOS.....	54
ANEXO A: GLOSARIO TÉCNICO .....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.0 Cadena Trófica en ambientes acuáticos .....	7
Figura 1.1 consecuencias de la eutrofización .....	8
Figura 1.2 Estratificación térmica.....	9
Figura 1.3 La estratificación térmica según estación y zona geográfica .....	12
Figura 1.4 Estructura alga dinoflagelada .....	16
Figura 1.5 Estructura alga diatomea .....	17
Figura 1.6 Estructura algas flageladas verdes .....	17
Figura 1.7 Estructura celular cianobacterias .....	18
Figura 1.8 Ave expuesta a Bloom de cianobacterias .....	19
Figura 1.9 plancton y zooplancton.....	19
Figura 3.0 Lago en asentamiento urbano .....	27
Figura 4.0 Ejemplar de bagre .....	34
Figura 4.1 Ejemplar de trucha común.....	34
Figura 4.2 Esquema cadena trófica lago eutrofizado, (1)lago eutrofizado sin aplicaciones de Biomanipulación, (2)lago eutrofizado con aplicaciones de Biomanipulación. ....	35
Figura 4.3 Esquema factores causas y efectos de los Bloom de cianobacterias .....	38
Figura 4.4 Limnocorrales para el estudio del efecto de la fermentación anaerobia de la viruta de eucalipto en el embalse de "As Forcadas". .....	44
Figura 4.5 Dispositivos para el tratamiento (limnocorrales)viruta de eucalipto en el embalse de "A Baxe", Caldas de Reis.....	44
Figura 4.6 Imagen satelital laguna tres pascualas.....	45
Figura 4.7 Cyprinus carpio mas conocida como "carpa".....	46
Figura 4.8 Cichlasoma facetum "castañeta" .....	46
Figura 4.9 Parámetros de la laguna tres pascualas año 2011 .....	47
Figura 4.9.1 Imagen satelital laguna lo Galindo.....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.0 Concentraciones máximas de elementos químicos en agua para riego .....	22
Tabla 2.1 Clasificación de aguas para riego según su salinidad.....	23
Tabla 2.2 Requisitos para agua con contacto directo para recreación .....	24
Tabla 2.3 Parámetros para preservar vida acuática en aguas dulces .....	25
Tabla 2.4 Criterios de seguridad para sustancias tóxicas .....	25



## ***Sigla y simbología***

### ***Sigla***

DNA: ..... Ácido desoxirribonucleico

EULA: ..... Centro de ciencias ambientales, universidad de concepción

%: ..... Porcentaje

PH ..... Potencial de Hidrogeniones

### ***Simbología*** (de acuerdo a los estipulado por el sistema i. de unidades)

°C: ..... Grados centígrados

C: ..... Coulomb

Cm: ..... Centímetros

Ha: ..... Hectárea

Kg: ..... Kilogramos

Lt: ..... Litro

M: ..... Metro

m<sup>2</sup>: ..... Metro cuadrado

m<sup>3</sup>: ..... Metro cúbico

Mg: ..... Milígramo

ml: ..... Mililitros

µm: ..... Micrón o micra





## **Introducción**

Los lagos ubicados en drenajes no disturbados (sin intervención) funcionan de forma tal que en ellos se reciclan todas las sustancias que, disueltas o suspendidas en el agua, alcanzan a un lago a través de múltiples entradas (aéreas, superficiales y sub-superficiales), todas las entradas de nutrientes son prácticamente integradas al funcionamiento interno del lago experimentando solo cambios estacionales, disturbios de baja magnitud.

Sin embargo cuando hay un cambio en las fuerzas externas del lago (intervención), este mismo tiende a resistir y a intentar remediar los cambios, generalmente sin éxito, tarde o temprano la estructura del lago comienza a cambiar, a medida que el ambiente externo al lago intensifica su cambio, el lago intensifica el suyo desequilibrando el proceso natural de depuración, este suceso es llamado eutrofización.

En este trabajo se abordarán de forma detallada las posibles medidas de mitigación para eutrofización en lagos urbanos someros.



### ***Objetivo general***

Investigar medidas de protección y recuperación de masas de agua afectada para lagos urbanos

### ***Objetivos específicos***

- Explicar la importancia de los lagos, su origen y contaminación
- Investigar y mencionar normativa vigente sobre parámetros de calidad para aguas
- Investigar medidas de recuperación para lagos urbanos
- Mencionar medidas de protección para lagos urbanos afectados

### ***Alcance***

Exclusivo para lagos someros urbanos en general.



# **CAPÍTULO 1**

## **1 IMPORTANCIA, ORIGEN Y CONTAMINACION DE LOS LAGOS**







## ***1.1 ¿Qué son los lagos?***

Son cuerpos de agua, generalmente dulce, de una extensión considerable separada del mar. El aporte de agua a todos los lagos viene de los ríos, de aguas freáticas y precipitación sobre el espejo del agua.

Los lagos se forman en depresiones topográficas creadas por una variedad de procesos geológicos como movimientos tectónicos, movimientos de masa, vulcanismo, formación de barras, acción de glaciares e incluso impactos de meteoritos. También existen lagos creados artificialmente por la construcción de una presa.

Para adentrarnos en el tema de este proyecto es fundamental que todos conozcamos qué es un lago, su funcionamiento y su estructura, a continuación se dará a conocer tal información.

## ***1.2 Importancia***

Los lagos y otros cuerpos de agua son reconocidos como sistemas especialmente importantes y valiosos que desarrollan una amplia serie de funciones ecológicas, son hábitats indispensables para gran cantidad de especies silvestres, resulta necesario por tanto adoptar medidas de diagnóstico y control de la eutrofización así como de conservación del hábitat amenazado.

La reducción en la carga externa de nutrientes a la masa de agua se considera uno de los principales métodos para el control a largo plazo de la biomasa algal en ocasiones constituida por especies “no deseables”. De manera incuestionable cuando el fósforo se reduce significativamente en el cuerpo de agua por largos periodos de tiempo lo hace de manera subsiguiente la masa algal.

## ***1.3 ¿Qué es un lago somero?***

Los lagos someros o lagunas ocupan una posición intermedia en el gradiente entre un lago y un humedal.

En los lagos el ambiente pelágico predomina sobre el ambiente litoral porque el fitoplancton es el productor primario del lago, los lagos se diferencian en profundos y someros en función de que exista o no estratificación térmica. Aunque se acepta generalmente el límite de 3m de profundidad media para diferenciar unos de otros.

## 1.4 EL ECOSISTEMA LACUSTRE

Un ecosistema de lago se compone de elementos vivos y no vivos que interactúan entre sí para formar un sistema estable. Estas interacciones aseguran la salud y la sostenibilidad del ecosistema del lago. Por lo tanto, se trata de un delicado equilibrio de la producción y descomposición, su estado es bastante dinámico, evoluciona lentamente con el tiempo y el clima., hecho posible por la diversidad biológica que se produce en un ecosistema lacustre saludable. Existe también la saturación química lo cual es el tema central de este proyecto y será tratado conforme avanzamos en este documento.

### *1.4.1 Principales elementos en un lago*

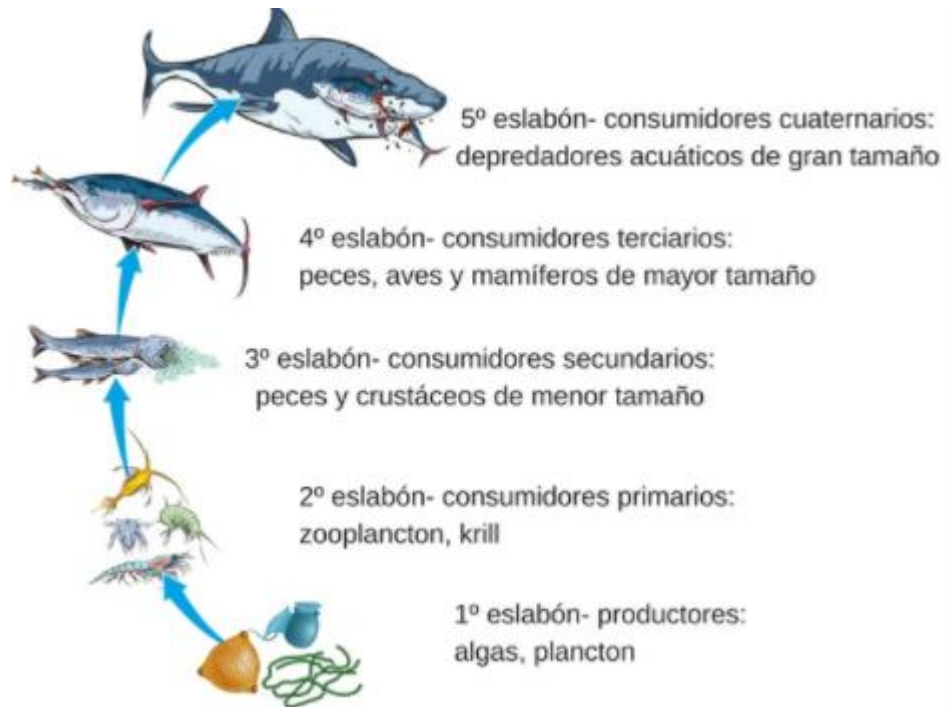
**El sol:** Es el principal proveedor proporciona lo necesario para el crecimiento de las fuentes de alimentos básicos. En el caso de los lagos del sur, el fitoplancton (compuesto principalmente de algas) es la fuente básica de alimento. El fitoplancton es un fotosintetizador que requiere luz solar y temperatura específica para crecer.

**Productores:** El fitoplancton se conoce como un productor. Además de luz solar requiere de ingredientes inorgánicos como el fósforo y el nitrógeno para prosperar. Un ecosistema saludable requiere la cantidad justa de fitoplancton en un momento dado. Si es escaso, no hay suficiente alimento para todos los organismos, si hay demasiado, no habrá suficiente luz.

**Los consumidores primarios:** Estos consumidores son el zooplancton. El zooplancton un pequeño organismo que flotan en el agua. Como consumidor primario, se alimenta de bacterias, algas, detritus y a veces otro tipo de zooplancton. es parte fundamental de la existencia de dicho ecosistema.

**Los consumidores secundarios:** Algunos de ellos, como los peces, se alimentan de plancton e invertebrados, además de zooplancton. Los consumidores secundarios incluyen organismos bentónicos como invertebrados. Algunos pequeños peces, como el pez luna, comen principalmente zooplancton, poniéndolos en la categoría de productores.

**Los consumidores terciarios:** Incluyen los peces más grandes y otros animales carnívoros (cisnes, garzas y nutrias). Ellos consumen peces pequeños. Dependiendo del tamaño y la ubicación del lago, es posible encontrar diversas especies. Es por ello que en muchos de los lagos es posible ver algunas aves que no se logran avistar en otros sitios.



**Figura 1.0** Cadena Trófica en ambientes acuáticos

## 1.5 EUTROFIZACIÓN

Nuestra salud y muchas de nuestras actividades dependen de la salud de los ecosistemas acuáticos. Si un sistema de lago o de un río no es saludable, el agua puede que no logre ser segura para beber o no apta para la industria, la agricultura, o la recreación (incluso después del tratamiento). Es por esto que los humanos deben tratar de ocasionar el menor impacto posible en los ecosistemas de los lagos, ayudando a que se puedan preservar.

La eutrofización es un proceso de deterioro de la calidad del agua producido por el enriquecimiento de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, que afecta a los cuerpos de agua en todo el mundo.

Las aguas domésticas no depuradas y la escorrentía pluvial procedente de zonas agrícolas y urbanas contienen habitualmente elevadas concentraciones de nitrógeno y fósforo, estos nutrientes son esenciales para el crecimiento y desarrollo de organismos fitoplanctónicos como las algas verdes, las cianobacterias o las algas diatomeas. Sin embargo, una entrada excesiva de nutrientes en el agua puede disparar el crecimiento del fitoplancton.

Al morir, el fitoplancton es degradado por bacterias heterótrofas que, en el proceso, consumen oxígeno. Cuando la cantidad de fitoplancton muerto es muy abundante, la actividad bacteriana aumenta notablemente reduciendo el nivel de oxígeno en el agua. Esto produce, entre otros efectos, malos olores y la muerte de especies acuáticas que necesitan aguas bien oxigenadas para sobrevivir, desequilibrando así el drenaje natural del agua.



Figura 1.1 consecuencias de la eutrofización

### 1.5.1 Estratificación térmica

La estratificación térmica es un fenómeno en el cual las masas de agua se dividen en función de su temperatura producto de la densidad. Cada capa de agua se apila encima o por debajo de las otras con el agua más cálida (menor densidad) en la parte superior y la más fría (mayor densidad) en la parte inferior.

### 1.5.2 Temperatura y densidad

En un lago eutrófico temperatura y densidad son variables inestables, dependen de la estación del año, profundidad del lago y drenaje, el agua posee su mayor densidad a 4°C, en una situación ideal y debido al calor del sol se produciría un perfil gradual descendente de temperatura, sin embargo debido a la acción del viento

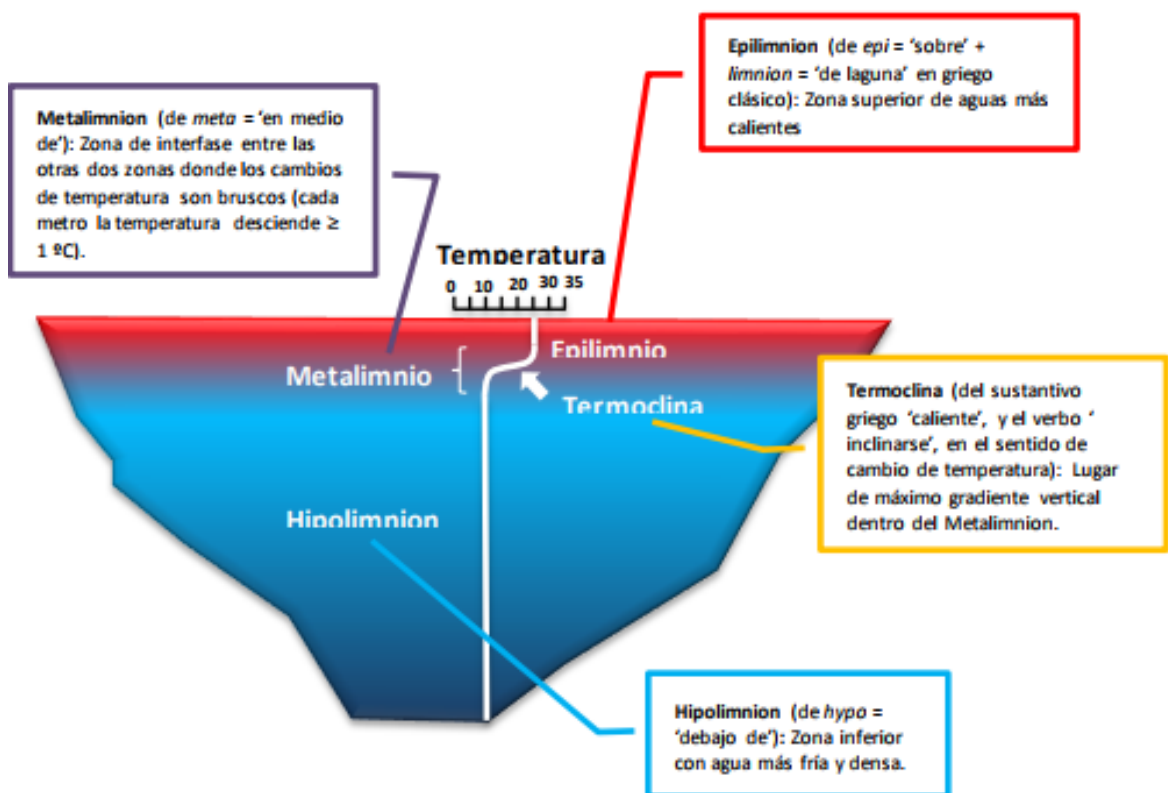


Figura 1.2 Estratificación térmica

### ***1.5.3 Epilimnio***

Es la capa superficial del agua de un lago, en la cual la temperatura es más elevada en verano y más rica en organismos; se sitúa por encima del estrato de mayor discontinuidad térmica; y por encima del hipolimnion.

Estando expuesta en la superficie, típicamente se realizan mezclas por turbulencia, a resultas del viento. También pueden intercambiarse gases disueltos (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>) con la atmósfera. Debido a que esta capa recibe la mayor luz contiene el máximo de fitoplancton. Al crecer y reproducirse, absorben nutrientes del agua, y al morir descienden al hipolimnion resultando en una recarga de nutrientes en esa capa.

### ***1.5.4 Metalimnio***

Es la zona de transición entre el epilimnio y el hipolimnion. Constituye el punto de inflexión del perfil de temperaturas. Además, es en esta capa donde se sitúa la Termoclina (la parte donde se produce un descenso brusco de la temperatura).

### ***1.5.5 Hipolimnio***

Capa inferior de temperatura generalmente más baja próxima a los 4°, de agua con mayor densidad, con niveles bajos de oxígeno.

En los lagos eutróficos esta capa no tiene oxígeno y está cargada de con materiales tóxicos y materia orgánica en descomposición.

### ***1.5.6 Ciclo estacional de un lago***

El gradiente de temperatura no siempre es el mismo. La época del año influye.

En primavera y en otoño el gradiente térmico disminuye siendo prácticamente homogéneo.

Con la llegada del otoño, el epilimnio experimenta una pérdida de calor. Esta estructura de la columna de agua en tres estratos, comienza a destruirse con la llegada de los fríos y el incremento de los agentes generadores de turbulencia, principalmente el viento.

El enfriamiento de la capa superficial provoca un aumento de su densidad y por consiguiente su hundimiento, alcanzándose la homogeneización térmica de toda la columna de agua, e induciéndose el afloramiento de las aguas más profundas. Este proceso de mezcla finaliza con un estado de homotermia vertical, característica del invierno.

Durante el verano las aguas de las capas superficiales alcanzan mayor temperatura haciendo que esta porción de agua sea menos densa que las más profundas que se encuentran más frías y densas, de esta forma llega un momento en que las capas se separan debido a su temperatura y densidad.

La estratificación térmica ocurre de acuerdo al clima de la zona geográfica del lago por ejemplo:

En nuestros lagos estratificación térmica solo ocurre una vez al año sin manifestarse el fenómeno por completo debido a los vientos y la temperatura de la región, nuestros lagos se clasifican como polimícticos (ver en esquema). Ya que no ocurre estratificación ni en invierno ni en verano.

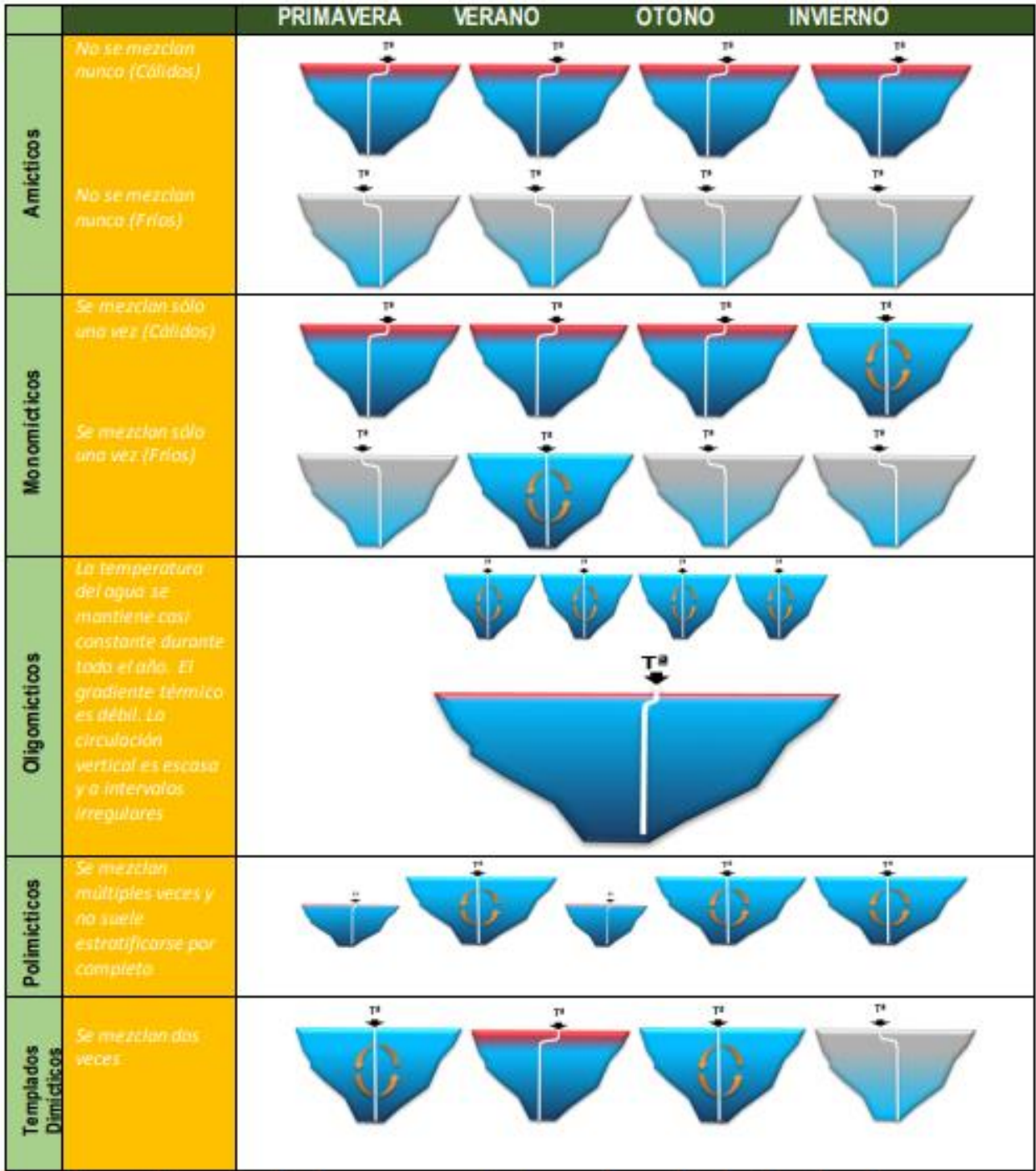


Figura 1.3 La estratificación térmica según estación y zona geográfica

## **1.6 FUENTES EUTROFIZANTES**

Existen variadas formas de las cuales podemos contaminar un lago, tales formas van desde factores naturales a la intervención humana, se presentan a continuación las fuentes.

### ***1.6.1 Naturales***

- Aportes atmosféricos: precipitación.
- Re-suspensión de los sedimentos del fondo.
- Liberación desde los sedimentos anóxicos.
- Descomposición y excreción de organismos.
- Fijación de nitrógeno por microorganismos.

### ***1.6.2 Antropogénicas***

- Vertidos de residuos industriales, agrícolas, urbanos y de plantas de tratamiento.
- Deforestación que aumenta la erosión y disminuye el reciclaje de nutrientes en la cuenca, aumentando su ingreso al cuerpo de agua.
- Fertilizantes aplicados en exceso.
- Aguas residuales de granjas (silos, tambos).
- Tanques sépticos.
- Uso de detergentes con grandes cantidades de fósforo.
- Aporte de contaminantes por agua de lluvia.
- Sistema de alcantarillado de ciudades y pueblos.

### ***1.6.3 Factores que afectan el grado de eutrofización***

- Clima: los climas cálidos favorecen el proceso.
- Cuerpos de agua poco profunda y/o de bajo caudal
- Área de drenaje: la poca cubierta de árboles junto a precipitaciones abundantes favorece la erosión y el arrastre de nutrientes hacia el cuerpo de agua

- Geología: en áreas de drenaje donde predominan rocas sedimentarias hay mayor aporte de fósforo por escorrentía. Los suelos arcillosos drenan pobremente y también favorecen la escorrentía y consecuentemente el aporte de nutrientes.

#### ***1.6.4 Medidas para controlar la eutrofización***

Control de la entrada de nutrientes:

- Tratamiento de residuos antes de ser volcados al cuerpo de agua.
- Restricción del uso de detergentes fosfatados.
- Control del uso de la tierra.
- Pre-pantanos: para eliminar nutrientes de las aguas residuales que quedan fijados en la biomasa de algas.
- Tratamiento físico y químico de aguas residuales: precipitación química y filtración.

#### ***1.6.5 Control de la eutrofización dentro del cuerpo de agua***

- Dragado.
- Recolección de algas.
- Agregado de productos químicos que precipiten el fósforo.
- Control biológico que disminuya el crecimiento de malezas acuáticas.

#### ***1.6.6 Agentes involucrados en la eutrofización***

Antes de continuar, debemos familiarizarnos con los principales seres agentes involucrados en este proceso los cuales tendrán un rol fundamental a continuación:

##### **Fosforo**

Los seres vivos obtienen el fósforo en forma de fosfatos de las rocas, que a causa de la meteorización se descomponen y liberan los fosfatos. Estos son absorbidos por los vegetales desde el suelo quienes luego son digeridos por los animales. Cuando éstos excretan, los descomponedores actúan volviendo a producir fosfatos.

Parte de estos fosfatos son arrastrados por las aguas hacia el mar, sintetizados por las algas, peces y aves marinas.

En la descomposición bacteriana de los cadáveres, el fósforo se libera en forma de ortofosfatos ( $H_3PO_4$ ) que pueden ser utilizados directamente por los vegetales verdes,

formando fosfato orgánico (biomasa vegetal), la lluvia puede transportar este fosfato a los mantos acuíferos o a los océanos.

### **Nitrógeno y su ciclo**

El nitrógeno es un elemento químico versátil pues se encuentra de forma orgánica e inorgánica y a su vez en muchos estados de oxidación.

El nitrógeno cumple un ciclo de esta forma circula y re-circula por todo el mundo, consta de tres etapas

- a) Amonificación
- b) Nitrificación

Amonificación: Es el proceso en el cual los residuos orgánicos nitrogenados que están en el suelo son descompuestos en proteínas, aminoácidos etc., son degradados en compuestos simples por hongos y bacterias quienes metabolizan los compuestos y liberan el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco o ion amonio.

Nitrificación: proceso en el cual las bacterias presentes en los suelos oxidan el amoníaco y ion amonio, transformando el ion amonio en nitrito y el amoníaco en nitrato.

### **Algas**

Las algas son similares a las plantas, organismos fotosintéticos y acuáticos, pero a diferencia de las plantas no tienen verdadera raíz, tallo, hojas o tejido vascular y su reproducción es simple.

Se distribuyen generalmente en el mar, aguas superficiales y mayoritariamente en la tierra. La mayoría son microscópicas, pero algunas algas tienen un gran tamaño, ej. Algunas algas marinas pueden tener una longitud de 50m.

Las algas tienen clorofila y pueden producir su propio alimento mediante la fotosíntesis. Recientemente las algas se clasifican como protistas, que incluye una variedad de organismos unicelulares, organismos multicelulares simples y organismos multicelulares eucariota (con núcleos celulares separados con membranas).

La mayoría de las algas son eucariotas y llevan a cabo la fotosíntesis dentro de estructuras con membranas denominadas cloroplastos, que contienen el DNA.

Dentro de las algas se encuentra el fitoplancton, según su tamaño se puede clasificar en

Picoplancton (0,2-2 micras): bacterias, cianobacterias, prasinofíceas

Nanoplancton (2-20 micras): fitoflagelados

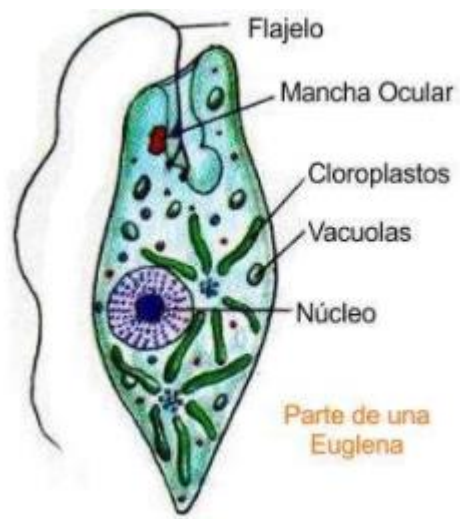
Microplancton (20-200 micras): diatomeas, peridíneas, tintínidos, radiolarios, ostrácodos, cladóceros.

*Según su naturaleza el fitoplancton se clasifica en:*

- Dinoflagelados: organismos flagelados unicelulares cuya pared celular es gruesa y con forma de tecas.
- Diatomeas: algas unicelulares caracterizadas por su pared de silicio y su color pardo. Resistentes a la acción de elementos y a la temperatura
- Flageladas verdes: algas unicelulares de formas, redondas, ovaladas y de color verde con dos o más flagelos
- Cianobacterias: bacterias que pueden llevar a cabo la fotosíntesis unicelulares, coloniales y filamentosas



**Figura 1.4** Estructura alga dinoflagelada



**Figura 1.5** Estructura alga diatomea



**Figura 1.6** Estructura algas flageladas verdes

### 1.6.7 Las cianobacterias

Son organismos que tradicionalmente se incluyen dentro de las algas, pero en realidad tienen una célula procariota que es la estructura típica de las bacterias y además, las cianobacterias realizan la fotosíntesis directamente dentro del citoplasma sin que existan orgánulos especializados para llevar a cabo esta función.

Pero debemos mencionar el tema desde una postura mucho más general

El fitoplancton así como cualquier planta realiza fotosíntesis, para que este fenómeno exista se debe tener las condiciones adecuadas en el ambiente propicio, la Cianobacteria es parte del fitoplancton, al ocurrir un Bloom (temperatura alta) por la estratificación térmica, estas se posicionan en la superficie y la cubren por completo no dejando entrar la luz.

Debido a la falta de luz, el fitoplancton que no logra emerger a la superficie empieza a morir y las bacterias empezaran con el proceso de degradación del material orgánico consumiendo altas cantidades de oxígeno haciendo que el problema de la eutrofización sea aún mayor.

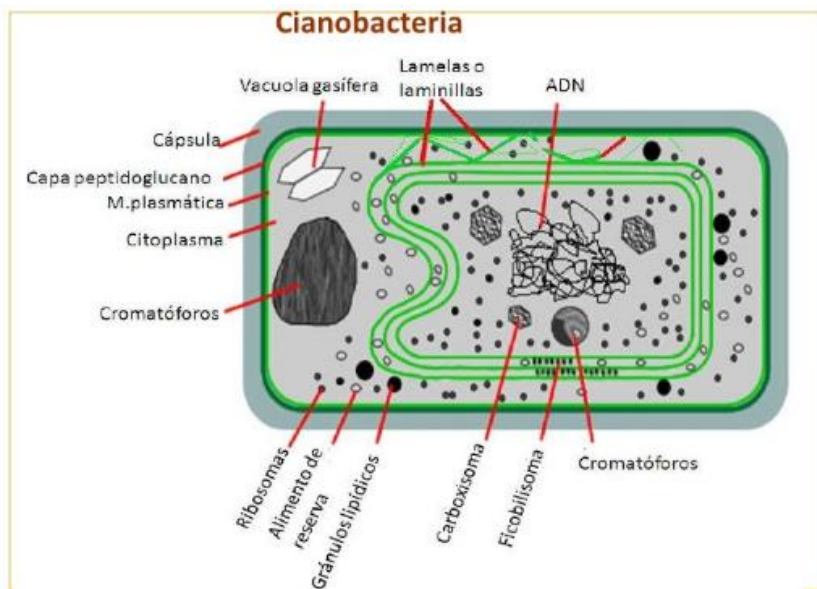


Figura 1.7 Estructura celular cianobacterias



Figura 1.8 Ave expuesta a Bloom de cianobacterias

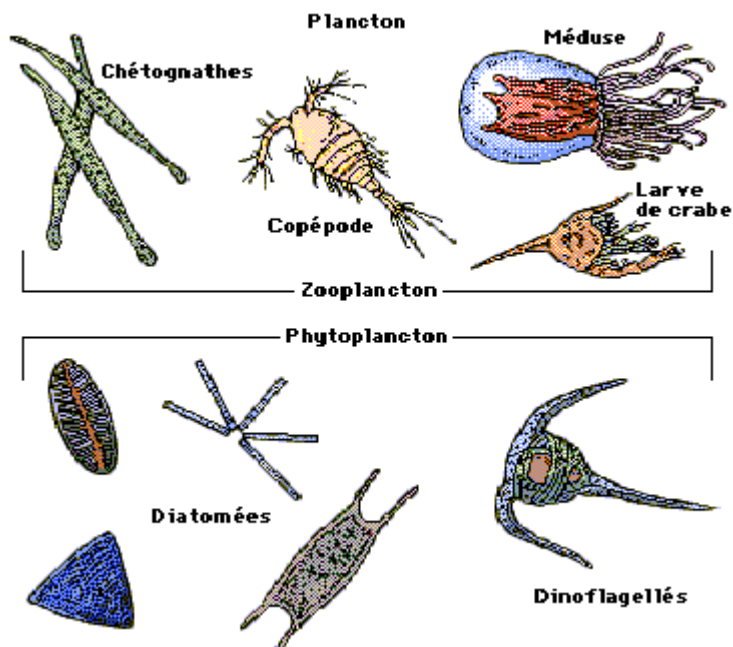


Figura 1.9 plancton y zooplancton





## **CAPÍTULO 2**

### **2 NORMATIVA VIGENTE SOBRE PARAMETROS DE CALIDAD PARA AGUAS**





## **2.1 NORMATIVA VIGENTE CALIDAD DE AGUAS**

### **NCh 1333**

#### ***2.1.1 Introducción***

Esta norma fija un criterio de calidad del agua de acuerdo a requerimientos científicos referidos a aspectos físicos, químicos y biológicos, según el uso determinado. Estos criterios tienen por objeto proteger y preservar la calidad de las aguas que se destinen a usos específicos, de la degradación producida por contaminación con residuos de cualquier tipo u origen. El vaciamiento de residuos contaminantes a masas o cursos de agua deberá ajustarse a los requerimientos de calidad especificados para cada uso, teniendo en cuenta la capacidad de auto purificación y dilución del cuerpo receptor, de acuerdo a estudios que efectúe la Autoridad Competente en cada caso particular.

#### ***2.1.2 Alcance y campo de aplicación***

Esta norma establece los requisitos de calidad del agua de acuerdo a su uso.

Esta norma se debe aplicar a las aguas destinadas a los usos siguientes:

- a) agua para consumo humano;
- b) agua para la bebida de animales;
- c) riego;
- d) recreación y estética;

#### ***2.1.3 Requisitos del agua para consumo humano***

Debe cumplir con la norma NCh409.

#### ***2.1.4 Requisitos del agua para la bebida de animales***

Debe cumplir con la norma NCh409. La Autoridad Competente debe determinar casos especiales.

## 2.1.5 Requisitos del agua para riego

Requisitos químicos

pH

El agua para riego debe tener un pH comprendido entre 5,5 y 9,0 (ver A.1).

Elementos químicos

En la tabla 1 se dan los valores máximos permisibles de algunos elementos químicos en agua de riego (ver A.1).

Elemento	Unidad	Limite máximo
Aluminio (Al)	mg/l	5,00
Arsénico (As)	mg/l	0,10
Bario (Ba)	mg/l	4,00
Berilio (Be)	mg/l	0,10
Boro (B)	mg/l	0,75
Cadmio (Cd)	mg/l	0,010
Cianuro (CN)	mg/l	0,20
Cloruro (Cl)	mg/l	200,00
Cobalto (Co)	mg/l	0,050
Cobre (Cu)	mg/l	0,20
Cromo (Cr)	mg/l	0,10
Fluoruro (F)	mg/l	1,00
Hierro (Fe)	mg/l	5,00
Litio (Li)	mg/l	2,50
Litio (cítricos) (Li)	mg/l	0,075
Manganeso (Mn)	mg/l	0,20
Mercurio (Hg)	mg/l	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/l	0,010
Níquel (Ni)	mg/l	0,20
Plata (Ag)	mg/l	0,20
Plomo (Pb)	mg/l	5,00
Selenio (Se)	mg/l	0,020
Sodio porcentual (Na)	%	35,00
Sulfato (So <sub>4</sub> =)	mg/l	250,00
Vanadio (V)	mg/l	0,10
Zinc (Zn)	mg/l	2,00

**Tabla 2.0** Concentraciones máximas de elementos químicos en agua para riego

El Ministerio de Obras Públicas podrá autorizar valores mayores o menores para los límites máximos de cada uno de los elementos de la tabla 1, mediante Resolución fundada en aquellos casos calificados que así lo determinen.

### 6.1.3 Razón de adsorción de sodio (RAS)

La Autoridad Competente debe establecerla en cada caso específico. (Ver A.2 y A.3).

### 6.1.4 Conductividad específica y sólidos disueltos totales

En la tabla 2 se da una clasificación de aguas para riego de acuerdo a sus condiciones de salinidad, en base a las características de conductividad específica y concentración de sólidos disueltos totales. (Ver A.4).

Clasificación	Conductividad específica, c, $\mu$ mhos/cm a 25°C	Sólidos disueltos totales, s, mg/l a 105°C
Agua con la cual generalmente no se observarán efectos perjudiciales	$c \leq 750$	$s \leq 500$
Agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles	$750 < c \leq 1\ 500$	$500 < s \leq 1\ 000$
Agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos	$1\ 500 < c \leq 3\ 000$	$1\ 000 < s \leq 2\ 000$
Agua que puede ser usada para plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos	$3\ 000 < c \leq 7\ 500$	$2\ 000 < s \leq 5\ 000$

**Tabla 2.1** Clasificación de aguas para riego según su salinidad

Los valores de conductividad específica de un curso o masa de agua en particular no deben ser incrementados más allá de los límites que la Autoridad Competente determine, de acuerdo con el tipo de cultivo, manejo del agua y calidad excepcional del suelo.

Pesticidas

Herbicidas

La Autoridad Competente se debe pronunciar en cada caso específico. (Ver A.2 y A.5).

Insecticidas

No se considera que tengan efectos perniciosos en agua para riego. (Ver A.2).

### ***2.1.6 Requisitos bacteriológicos***

El contenido de coliformes fecales en aguas de riego destinadas al cultivo de verduras y frutas que se desarrollen a ras de suelo y que habitualmente se consumen en estado crudo, debe ser menor o igual a 1 000 coliformes fecales / 100 ml. (Ver A.2).

### ***2.1.7 Requisitos para agua destinada a recreación y estética***

#### **Estética**

El agua destinada a usos estéticos debe estar exenta de las siguientes sustancias atribuibles a descarga o vaciamiento de residuos: (Ver A.4).

- a) materias que sedimenten formando depósitos objetables;
- b) desechos flotantes, aceite, espuma y otros sólidos;
- c) sustancias que produzcan color, olor, sabor o turbiedad objetable;
- d) materias, incluyendo radionucleidos, en concentraciones o combinaciones que sean tóxicas o que produzcan reacciones fisiológicas indeseables en seres humanos, peces, otros animales y plantas.

e) sustancias y condiciones o combinaciones de éstas, en concentraciones que produzcan vida acuática indeseable.

### Recreación con contacto directo

7.2.1 El agua destinada a recreación con contacto directo (natación, buceo, esquí acuático) debe cumplir como mínimo con los requisitos que se indican en tabla 3. (Ver A.2 y A.6).

Características	Requisito
pH	6,5 a 8,3 excepto si las condiciones naturales de las aguas muestren valores diferentes, pero en ningún caso menor de 5,0 ó mayor de 9,0
Temperatura, °C, máximo	30
Claridad, mínimo <sup>1)</sup>	Visualización de discos Secchi a 1,20 m de profundidad
Sólidos flotantes visibles y espumas no naturales	Ausentes
Aceites flotantes y grasas, mg/l, máximo <sup>1)</sup>	5
Aceites y grasas emulsificadas, mg/l, máximo <sup>1)</sup>	10
Color, unidades Escala Pt-Co, máximo <sup>1)</sup>	100
	Ausencia de colorantes artificiales
Turbiedad, unidades Escala Sílice, máximo <sup>1)</sup>	50
Coliformes fecales / 100 ml, máximo <sup>1)</sup>	1 000
Sustancias que produzcan olor o sabor inconvenientes	Ausentes

**Tabla 2.2** Requisitos para agua con contacto directo para recreación

### Recreación sin contacto directo

El agua destinada a recreación sin contacto directo debe cumplir los mismos requisitos que se indican para recreación con contacto directo, en las características siguientes:

- a) sólidos flotantes visibles y espumas no naturales;
- b) aceites flotantes y grasas;

Según la norma Nch1333 of 1978 para preservar la vida acuática en aguas dulces debe cumplir con los siguientes parámetros:

Características	Requisito
Oxígeno disuelto, mg/l	5 mínimo
pH	6,0 a 9,0
Alcalinidad total, mg/l de CaCO <sub>3</sub>	20 mínimo
Turbiedad debido a descarga, unidades Escala Sílice	No debe aumentar el valor natural en más de 30 unidades.
Temperatura	En flujos de agua corriente, no debe aumentar el valor natural en más de 3 °C.
Color	Ausencia de colorantes artificiales
Sólidos flotantes visibles y espumas no naturales	Ausentes
Sólidos sedimentables	No deben exceder del valor natural
Petróleo o cualquier tipo de hidrocarburo	No debe haber detección visual. No debe haber cubrimiento de fondo, orilla o ribera. No debe haber olor perceptible.

**Tabla 2.3** Parámetros para preservar vida acuática en aguas dulces

Quistes protozoos o huevos:

La autoridad competente se debe pronunciar en cada caso específico.

### 2.1.8 Sustancias tóxicas

El límite máximo de sustancias tóxicas debe estudiarse mediante bioensayo para cada caso específico. El valor obtenido se expresa en LTM 96 debiendo respetarse los siguientes criterios de seguridad presentes en la siguiente tabla.

Tóxico	Factor de seguridad
Pesticidas	1/100 de la LTm96
Metales pesados	1/100 de la LTm96
Cianuros	1/10 de la LTm96
Tóxico no acumulativo	1/10 de la LTm96
Tóxico acumulativo y persistente	1/100 de la LTm96
Detergentes	1/10 de la LTm96

**Tabla 2.4** Criterios de seguridad para sustancias tóxicas

Nutrientes (N y P):

La autoridad competente se debe pronunciar en cada caso específico.

### **Cultivo de organismos filtradores**

El agua destinada a organismos filtradores debe cumplir en la parte bacteriológica con lo que establece el reglamento sanitario de los alimentos en lo que se refiere a crianza, recolección y purificación de ostras y organismos filtradores.

## **CAPÍTULO 3**

### **3 MEDIDAS DE PROTECCION PARA LAGOS URBANOS**







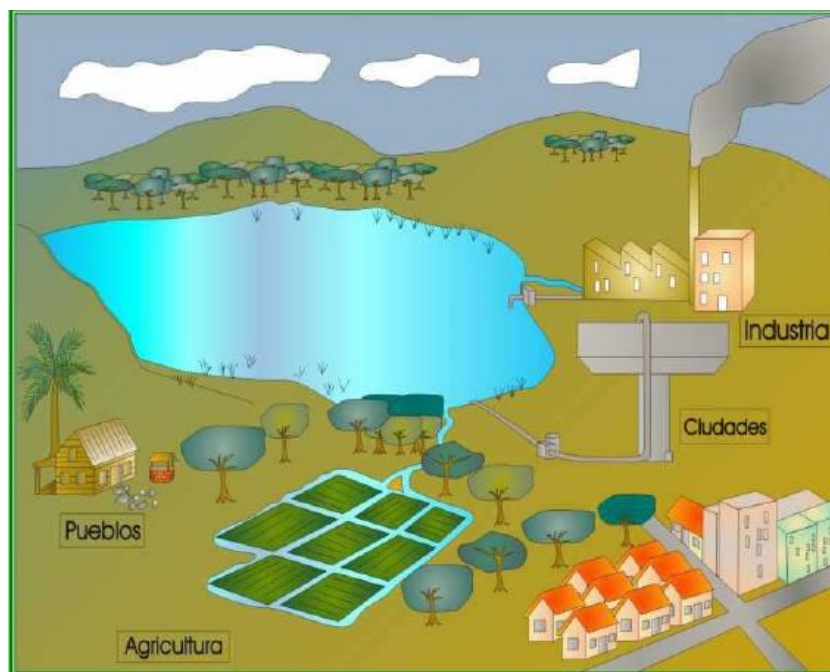
### 3.1 Manejo y recuperación de lagos urbanos

La recuperación de los lagos urbanos es una de las problemáticas ambientales que más desafíos presenta.

Ubicados en plena ciudad los drenajes de estos soportan una cantidad enorme de nutrientes de distintas fuentes, actividades humanas, escorrentía etc. Lo que afecta finalmente de forma descontrolada la calidad ambiental del cuerpo de agua.

Viendo los hechos de esta forma se debe luchar de manera permanente contra la contaminación del lago pues las fuentes son innumerables, sin embargo observando la situación desde esta perspectiva no estamos solucionando el problema desde su origen, solo estamos ofreciendo una solución temporal y como resultado el tratamiento sería inviable en términos económicos y poco efectivo.

Por tanto debemos abordar el tema con otra visión, se debe priorizar la aplicación de medidas externas para disminuir los niveles de nutrientes y tóxicos previo a que alcancen las aguas del lago urbano para luego enfocarnos en las medidas internas que debido a los tratamientos anteriores tendrán éxito, estas medidas aplicadas de manera simultánea harán que el estado ambiental del lago sea aceptable y perdure en el tiempo reduciendo los costos económicos.



**Figura 3.0** Lago en asentamiento urbano

### ***3.1.1 Medidas de protección (externas)***

Tienen como función la identificación del problema pero... ¿por qué se debe identificar el problema? La respuesta es simple si la problemática no se identifica correctamente se suelen ofrecer medidas poco asertivas, muchas veces inadecuadas o erróneas que finalmente no tienen éxito. Las medidas externas son parte del desarrollo del plan de manejo y recuperación, un componente crítico que jamás debe ser obviado si se desea que las medidas aplicadas sean efectivas.

La premisa es la siguiente “obrar para disminuir la carga externa de nutrientes a los lagos”

Para ello se deben considerar lo siguiente:

- a) Aplicación de políticas específicas para el uso de los alrededores y el mismo lago “prácticas de buen manejo ambiental”

Ejemplos:

- Se debe establecer y mantener franjas de vegetación entre los cultivos y los cursos de agua, para minimizar la erosión y evitar la contaminación del agua.
- Se debe nivelar los terrenos cercanos al lago, de manera de dirigir el escurrimiento de aguas superficiales lejos de esta área.
- No se debe alterar los ambientes acuáticos en la zona especialmente cuando sirvan de albergue a especies de aves migratorias u otros animales (anfibios, peces nativos, etc.).
- Se debe evitar introducir o utilizar especies exóticas que puedan resultar potencialmente invasoras ya que pueden transformarse en plagas difíciles de erradicar o alterar el desarrollo de las especies nativas existentes.
- Se recomienda destinar áreas del lugar para fines de conservación de biodiversidad. Estas áreas deben ser identificadas en el plano del predio. En estas zonas se debe minimizar las intervenciones.

- En terrenos que se produzca escurrimiento superficial del agua, se recomienda mantener una cobertura vegetal para reducir la erosión. Esta cobertura se puede basar en la siembra de cultivos (por ejemplo, maíz y alfalfa); alternando cultivos herbáceos con otros, por ejemplo, empastadas con franjas de arbustos o árboles; etc. Con esto varía la velocidad de escurrimiento superficial del agua, con lo que se disminuye la erosión del suelo. También, se tiende a una estabilización física y química del suelo y se proporciona sombra, reduciendo las pérdidas de agua por evaporación.
- Recurrir a afiches o propaganda sobre la importancia de los recursos naturales y sobre las prohibiciones del lugar para que los visitantes estén informados.
- Poner estrictiones a la pesca teniendo en cuenta las especies existentes y su época de reproducción.
- No desechar la vegetación presente en la orilla de los lagos, pues marca los límites de este y evitar inundaciones.
- Realizar estudios frecuentes sobre la flora y fauna del cuerpo de agua para comprobar que las medidas y políticas que se han acordado estén dando buenos resultados.
- Entablar una relación entre la administración y los agricultores de la zona para informar capacitar y entregar las herramientas necesarias para que su oficio no sea un problema en las condiciones sanitarias del cuerpo de agua

#### a) Capacitación

Se debe considerar y capacitar al personal encargado y a los vecinos del sector para que las medidas de protección sean efectivas y se apliquen a largo plazo

- Todos deben conocer el plan que existe sobre la protección de los recursos naturales en el lugar y comprender su rol en él.
- Realizar reuniones en una frecuencia definida con los vecinos del sector.

b) Evitar la entrada de nutrientes y tóxicos a través de la instalación de cámaras de retención de barros previo al ingreso al lago

c) Impedir la entrada de nutrientes y tóxicos rediseñando la topografía rodeando el perímetro del lago construyendo zonas con vegetación nativa de acceso restringido

Esto incluye planificación, ocupación y ordenamiento territorial de espacios localizados en las zonas periféricas a la cuenca conservando y agregando vegetación nativa.

Propósito: propiciar la migración urbano-industrial fuera de la cuenca, facilitando con ello el descongestionamiento poblacional necesario para mejorar la calidad de vida de la misma en un corto a mediano plazo.

(Importante → la vegetación actúa como filtro de sustancias perjudiciales)

d) Identificar y desviar las entradas con altas concentraciones de nutrientes y sustancias tóxicas.

Identificar cada una de las fuentes contaminantes domésticas, industriales etc.

Para gestionar su nuevo destino



## **CAPÍTULO 4**

### **4 MEDIDAS DE RECUPERACION PARA LAGOS URBANOS**





## **4.1 TÉCNICAS DE BIOMANIPULACIÓN DE CADENAS TRÓFICAS PARA LA GESTIÓN DE LA EUTROFIZACIÓN**

### ***4.1.1 Introducción***

La herbivoría, depredación y reciclado de los nutrientes por los animales se ha considerado un factor con efectos importantes sobre la biomasa y demografía de especies en ambientes acuáticos. Estas ideas se han desarrollado en un conjunto de trabajos experimentales sobre las cadenas tróficas y los organismos que controlan la biomasa en los diferentes niveles tróficos. Es un hecho que la biomasa de un determinado nivel trófico está controlada por los productores.

Los fenómenos de eutrofización no dependen solo del exceso de nutrientes también depende de la tasa de herbivoría (consumo de biomasa) por parte de los consumidores primarios (herbívoros)

En los cuerpos de agua este factor presenta una relevancia mayor que en ecosistemas terrestres ya que se puede llegar a consumir hasta un 80% de la biomasa generada.

El término “biomanipulación” se define como una serie de modificaciones en la cima de la cadena trófica del lago y de su hábitat para promover ciertas interacciones obteniendo resultados que consideramos “beneficiosos”.

### **4.1.2 ¿Qué es la Biomanipulación?**

El término Biomanipulación se define como una serie de modificaciones en la cima de la cadena trófica del medio (lagos) para fines que se consideran beneficiosos como es en este caso reducir la biomasa algal, específicamente la de las cianobacterias en base a la reducción de la abundancia de los peces zooplanctívoros o agregar peces piscívoros..

Es recomendable especialmente en lagos eutróficos someros y polimícticos como es el caso de nuestra zona debido a que para aplicar este método y que resulte eficiente y eficaz se debe tener un conocimiento profundo del medio acuático, en especial la naturaleza y magnitud de las interacciones de todos los seres vivos que allí habitan, lo que presentaría dificultad en un lago de más de 3 m de profundidad

### **4.1.3 Objetivos**

Equilibrar la población de peces piscívoros y planctívoros llegando indirectamente a regular los niveles de nutrientes que causan la eutrofización reduciendo la biomasa algal y con ello la población de Cianobacterias”.

Cadena trófica:

- El consumo de fitoplancton es ejercido por el zooplancton ubicado incluso en el sedimento.
- En un lago eutrofizado la estructura del zooplancton está dominada por micro filtradores (ejercen una menor presión de herbivoría a diferencia de otras especies)
- Los organismos zooplanctívoros consumen zooplancton disminuyendo su población y disminuyendo junto con ello el consumo de fitoplancton (algas)
- Los piscívoros son peces cuya labor es crucial para equilibrar los sistemas eutrofizados la presión por la depredación que ejercen los peces piscívoros sobre los zooplanctívoros provoca de forma indirecta una disminución en la abundancia fitoplanctónica lo cual soluciona indirectamente el problema de la calidad del agua por lo cual se genera un efecto cascada en la cadena trófica.

La sobrepoblación de especies planctívoras es una de las causas de la resistencia biológica del sistema a regresar a aguas sin turbidez

Por ello se debe reestructurar la comunidad de peces evitando la pesca artesanal o deportiva sobre los depredadores (piscívoros).

#### ***4.1.4 Medidas biológicas***

- Cultivo y incorporación de peces piscívoros regulando su explotación
- Remoción de vegetación sumergida(opcional)depende totalmente de los recursos de la administración

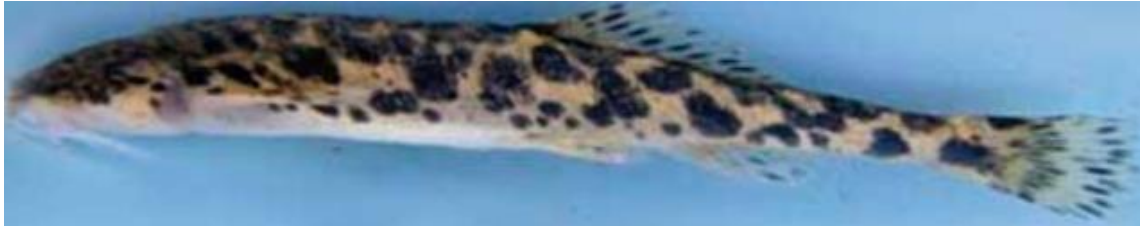
Es necesario control de la pesca para que las medidas de mitigación duren más tiempo, esto requiere de un complejo trabajo de formación de la comunidad, por ello es importante que en el caso de implementar esta medida el municipio pueda desarrollar proyectos de co-manejo para la protección del lago.

En la mayoría de los casos, el éxito no se ha mantenido en el tiempo, sin embargo con una previa reducción de la carga externa de nutrientes, los resultados pueden ser mejores. En efecto se trata de un método prometedor cuya aplicación es teóricamente recomendable, especialmente en sistemas eutróficos someros y polimícticos, en los que se puede tener un conocimiento profundo de la naturaleza e importancia de las interacciones tróficas (debido a la profundidad).

Una alternativa sería introducir población de peces nativos carnívoros de la zona en peligro de extinción pues así se pondrían a salvo de la depredación de las especies introducidas

Ejemplos son:

Bagre (bagrecito)



**Figura 4.0** Ejemplar de bagre

### **“Trichomycteruschiltoni”**

Especie cabeza pequeña, ancha y alargada, tiene una alimentación de tipo bentónica (insectos) o también puede ser un depredador carnívoro, su alimentación posee bastante flexibilidad

Su periodo de reproducción ocurre entre primavera y verano.

Trucha Común



**Figura 4.1** Ejemplar de trucha común

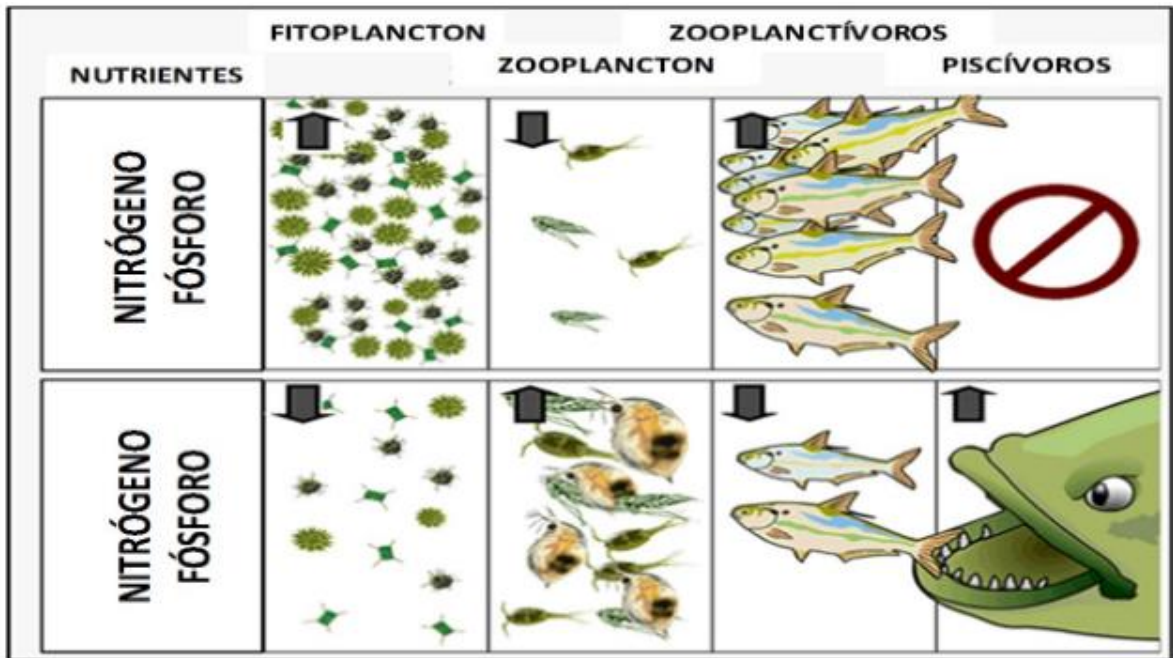
Nombre científico: salmo trutta

Incluida en la lista de las 100 especies introducidas más dañinas del mundo

Las truchas de agua dulce son de color café, con el vientre de tonalidades amarillas. Cuenta con manchas en su cuerpo en la zona superior de tonalidades verdes, en los lados tonalidades rojas envueltas en círculos pálidos.

Su alimentación se adapta a las condiciones del lugar desde invertebrados acuáticos hasta otros peces por tanto es un depredador

Desova entre primavera y verano



**Figura 4.2** Esquema cadena trófica lago eutrofizado, (1)lago eutrofizado sin aplicaciones de Biomaniplulación, (2)lago eutrofizado con aplicaciones de Biomaniplulación.

## **4.2 “CONTROL DE LAS FLORACIONES DE CIANOBACTERIAS MEDIANTE EL USO DE VIRUTA DE EUCALIPTO PROCEDENTE DE LA INDUSTRIA MADERERA”:**

### ***4.2.1 Introducción***

Las cianobacterias (algas verdes en suspensión acuática) son organismos que realizan fotosíntesis oxigénica con una estructura celular comúnmente bacteriana.

Actualmente las cianobacterias presentan una amplia distribución geográfica encontrándose en ambientes muy diversos, tanto terrestres como marítimos.

Muchas cianobacterias son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico. La existencia conjunta de la fotosíntesis y de la fijación de nitrógeno requiere implementar estrategias que ralenticen el deterioro ambiental. Las cianobacterias no pueden ser eliminadas con la depuración del agua ni con la técnica del filtrado de arena

Estas células realizan un proceso que provoca drásticos cambios, tanto estructurales como funcionales, encaminados a aumentar la eficacia del proceso de fijación y a la protección de éste frente al oxígeno (tanto ambiental como el producido mediante la fotosíntesis oxigénica).

Las cianobacterias en grandes cantidades “blooms” además de que son un serio problema en el medio acuático lo son para la salud de la población por ello es de vital importancia prevenir y dar solución a estos eventos.

#### ***4.2.2 Floración de cianobacterias (blooms)***

Una floración de cianobacterias es el incremento descontrolado de fitoplancton en la superficie del agua provocado por la eutrofización y un aumento de la temperatura del agua.

Este aumento del fitoplancton se puede observar mediante los cambios en la coloración del agua. Las floraciones son predecibles pues se producen cuando existen altas temperaturas y escaso viento (verano) por tanto se pueden prevenir.

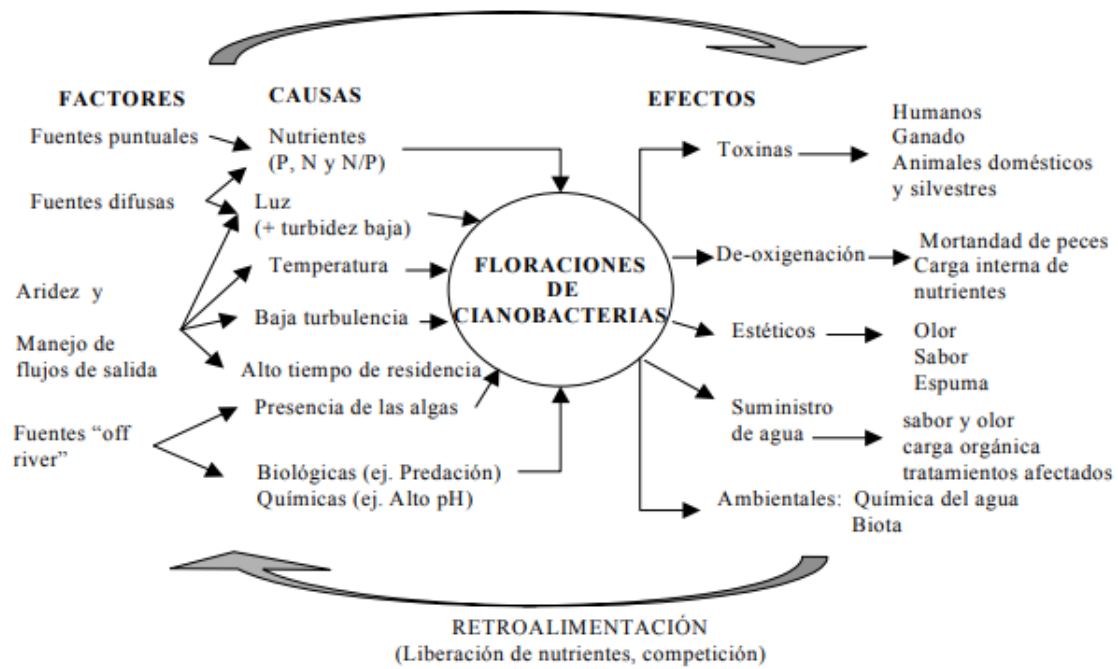
Las proliferaciones masivas de cianobacterias presentan un problema económico y ecológico de grandes magnitudes en la gestión del agua y de los ecosistemas acuáticos. El incremento de biomasa además de ocasionar problemas físicos como la aparición de espumas y malos olores, altera el sabor del agua de consumo y al descomponerse causan desoxigenación alterando la composición química del agua.

*Las algas cianobacterias no se eliminan con la depuración del agua ni con la técnica del filtrado de arena (F. Cobo)*

#### **Entre las causas que favorecen y controlan el desarrollo de floraciones se destacan:**

- La carga excesiva de nutrientes en el agua, principalmente de nitrógeno (N) y fósforo (P)
- Aumento de la luminosidad propia de primavera y verano, que generalmente va unida al incremento de la temperatura y la duración del día solar con lo cual aumenta la actividad fotosintética y el consumo de nutrientes (O<sub>2</sub>)
- El aumento de la temperatura del agua sobre 20 °C favorece el desarrollo de las cianobacterias, ya que incrementa las tasas de crecimiento y de reproducción celular.
- Ausencia de viento o baja turbulencia (velocidad del viento menor a 3 m/s), acelera el proceso de sedimentación de las partículas, incluidas otras especies de algas, el agotamiento de los nutrientes y la acumulación superficial de las cianobacterias.
- La turbulencia, generalmente asociada al viento, determina una disminución de la transparencia del agua por aumento de la turbidez en ambientes someros (re-suspensión), actuando como un factor controlador de las floraciones, ya que ocasiona una disminución de la tasa de fotosíntesis y de la biomasa algal.

- Factores adicionales como la disminución en la concentración de carbono inorgánico disuelto en el agua con el consiguiente incremento del pH, también favorece el desarrollo de floraciones. Este incremento del pH puede estar dado por las características naturales del sistema (aguas duras) o por los efectos del crecimiento de la comunidad fitoplanctónica.



**Figura 4.3** Esquema factores causas y efectos de los Bloom de cianobacterias

## 4.3 ASPECTOS BIOQUIMICOS

### *4.3.1 Toxicidad en cianobacterias*

Las cianobacterias producen “cianotoxinas” que constituyen un problema ambiental adicional con graves repercusiones sobre la biodiversidad. La necesidad de remediar los problemas ocasionados por las cianobacterias ha conducido a utilizar múltiples técnicas para ralentizar su desarrollo y mejorar la calidad de los cuerpos de agua.

La neurotoxina: es una sustancia capaz de alterar el funcionamiento del sistema nervioso. Las alteraciones pueden ser a nivel fisiológico (parálisis), morfológico o manifestarse en cambios de comportamiento.

La hepatoxina: altera el funcionamiento del hígado.

El fenómeno se hace importante solo cuando hay una floración (una explosión demográfica) debido a la abundancia de nutrientes, sobre todo el fósforo (eutrofización de las aguas).

Estas toxinas se manifiestan en la muerte o enfermedad de quienes hacen uso del agua contaminada, ya sean humanos, animales silvestres etc.

### **El rol del fósforo en los blooms**

El fósforo es el principal nutriente que favorece la propagación de las cianobacterias. Las fuentes de fósforo son los tripolifosfatos de sodio (están en detergentes para lavar ropa y vajillas), en agua cloacal, cenizas de quemados forestales y de pastizales, abonos orgánicos, etc.

### **4.3.2 Método**

#### **¿Cómo prevenir y ralentizar un Bloom?**

A través de un método de remediación del agua mediante el uso de desechos de la industria maderera del eucalipto (*Eucalyptus* spp.).

El método consiste en disponer en la masa de agua de los desechos de la madera de asegurando la degradación aeróbica de viruta y/o corteza, controlando la floración y así reducir su toxicidad.

#### **¿Cómo funciona?**

La clave de nuestro método es la producción del peróxido de hidrogeno que es finalmente el compuesto que inhibe la floración

Los ácidos húmicos y fúlvicos producto de la actividad bacteriana y fúngica producen un incremento de carbono orgánico en el agua. Este incremento de carbono orgánico en condiciones de una intensidad de luz óptima y un medio bien oxigenado se crea el ambiente propicio para la producción de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

El alto peso molecular del “carbono orgánico disuelto” hace que éste absorba la energía de la luz solar y pueda proporcionarles esta energía a las moléculas de oxígeno que se encuentran disueltas en el medio; luego las moléculas de oxígeno se vuelven inestables y se descomponen en dos radicales libres de oxígeno, moléculas extremadamente reactivas que poseen una vida corta. Estos radicales libres forman rápidamente radicales súperóxido, a su vez, forman el peróxido de hidrógeno, molécula estable que puede persistir hasta unos días en el medio acuático. Así, la presencia continua de las moléculas de carbono orgánico crea unas condiciones en las cuales el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y otros agentes oxidantes están produciéndose continuamente. Según estudios se ha observado que una concentración de 2 ppm de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> es eficaz para inhibir el crecimiento del fitoplancton.

**Sector de la técnica:** El tratamiento contribuye, además de reducir el número de Cianobacterias, a limitar el poder tóxico de la floración. El método resulta económico y ambientalmente aceptable.

**Estado de la técnica:** Las Cianobacterias causan problemas de coloración y olores en el agua potable e incluso llegan a causar problemas de salud en personas, ganado, peces, etc. impiden el flujo en los sistemas de drenaje, taponan bombas y canales e interfieren con la pesca y otras formas de ocio.

Se han realizado pruebas en el extranjero mediante este método que han resultado con éxito

*Un ejemplo de la aplicación de este método es el embalse de umia en caldas de reis cuya aplicación fue exitosa*

### **Sobre el eucalipto**

El *Eucalyptus melliodora*, nombre científico del eucalipto, originario de Australia su cultivo se expande en todo el mundo debido a su rápido crecimiento para la producción de la madera, fabricación de pulpa de papel y aceite esencial, erradicación de plagas de insectos causantes de enfermedades como la malaria

Contiene en sus hojas y corteza aceites esenciales, entre ellos destaca el eucaliptol y los flavonoides responsables de sus cualidades medicinales

El aceite esencial, cuyos constituyentes más importantes son cineol o eucaliptol, taninos

### **Sobre el peróxido de hidrógeno**

El peróxido de hidrógeno es un compuesto altamente oxidante. Su actividad antimicrobiana se basa en su poder oxidante. De esta forma reacciona con grupos sulfhidrilo y dobles enlaces en proteínas, lípidos y afectando por lo tanto la membrana citoplasmática.

Este compuesto podría ser considerado como el antiséptico y desinfectante más natural, ya que no es tóxico para el medio ambiente. Su descomposición (oxígeno y agua) no deja residuos

Su concentración de uso puede variar desde el 3% para desinfecciones de rutina hasta el 25% para cuando se requieren altos niveles de desinfección, mostrando mayor eficacia frente a bacterias Gram positivas.

El tiempo de contacto suficiente entre el microorganismo y el desinfectante es crucial para asegurar la desinfección y así alcanzar la disminución de la población bacteriana normalmente el tiempo de contacto para evaluar un desinfectante es de 5 minutos.

“Estudios sobre el tratamiento de melones contaminados, en contacto con peróxido de hidrógeno al 5% (2 minutos) produjo una reducción en la carga microbiana de *Salmonella* sp. Mientras que al 1% se disminuyó la población de *E. coli* en la superficie de manzanas y comparándolo con otros desinfectantes como por ejemplo hipoclorito los resultados fueron iguales o mejores sin dejar impacto ambiental.”

## **Efectos**

Puede afectar algunas especies de zooplancton y fitoplancton aunque en menor medida que a las cianobacterias, por tanto es beneficioso igualmente. En condiciones naturales disminuye conteo de coliformes fecales.

Las Diatomeas y clorofitas son 10 veces menos sensibles al  $H_2O_2$  por tanto predominaría su población y dado que estas se alimentan de nitrógeno y fósforo y producen oxígeno este efecto es positivo

## **Descomposición de biomasa muerta**

Sin duda el tratamiento con peróxido deja una buena cantidad de organismos muertos y una liberación accidental de toxinas la rápida degradación de la materia puede dejar una anoxia en el medio seguida de muerte de peces este riesgo puede ser reducido realizando el tratamiento con anterioridad a la floración

## **Beneficios**

- *Método amigable con el medio ambiente* incorporar carbono en forma de viruta de corteza de eucalipto convirtiéndose en peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) el cual se descompone en oxígeno y agua.
- *Incrementa la producción del micro-plancton*, que compite con las cianobacterias por ejemplo las algas diatomeas (algas rojas) estas se mantienen con vida mientras el agua está cargada de nutrientes pues son capaces de sintetizarlos.
- *Método económico* La materia prima a utilizar se obtiene de los desechos de la industria maderera.
- *Materia prima bactericida* la efectividad del eucalipto no solo está dada por su descomposición (producción de carbono orgánico) sino también por su composición química original.
- *Producción de carbono orgánico*

## 4.4 APLICACION DEL METODO

- Se emplea viruta y corteza de madera de eucalipto de 2-5mm de ancho y de 2 a 8 cm de largo, secada con anterioridad mediante exposición al aire en un lugar protegido de la humedad durante un período mínimo de un mes antes de iniciar el tratamiento.
- Una vez secas, la viruta o corteza se empaqueta en cantidades o dosis de 5kg por unidad aprox. en sacos de tal forma que la corteza y restos reciban flujo de aire, luego debe ser empacada sin apretar para permitir un buen flujo de agua a través de su interior.
- El procedimiento de inhibición de cianobacterias incluye una dosis inicial, una dosis de respaldo y una tercera dosis de mantenimiento.
- La viruta y corteza deberá ser colocada en la masa de agua seis meses antes de la floración.
- Los sacos se disponen en flotadores (limnocorales) que se encuentran anclados al fondo del lago para evitar su desplazamiento en este manteniéndose cerca de la superficie del agua.
- La dosis **inicial** corresponde a 5 kg por cada 100 m<sup>2</sup> de la mezcla (500 kg/ha) (6 meses antes de la floración)
- Pasados dos o tres meses se aplica la dosis de **respaldo** de 250 kg/ha (2.5 kg/ 100 m<sup>2</sup>)
- Transcurridos otros dos meses se continúa con una dosis de **mantenimiento** de 100 kg/ha. (1kg/100m<sup>2</sup>)
- La dosis de mantenimiento se prolonga cada tres meses hasta el completo control de la floración.



**Figura 4.4** Limnocorrales para el estudio del efecto de la fermentación anaerobia de la viruta de eucalipto en el embalse de "As Forcadas".



**Figura 4.5** Dispositivos para el tratamiento (limnocorrales)viruta de eucalipto en el embalse de "A Baxe", Caldas de Reis

## 4.5 EJEMPLOS PRACTICOS

### 4.5.1 Laguna Las Tres Pascualas

Tomaremos como un ejemplo la laguna “las tres pascualas”

- laguna de origen fluvial
- profundidad máxima aproximada a los 8 metros
- superficie de 58.950 m<sup>2</sup> (5.3 ha)



**Figura 4.6** Imagen satelital laguna tres pascualas.

Ubicada en la comuna de concepción en el sector de barrio norte ha sido objeto de estudio para el EULA debido a la mortandad de peces por “anoxia” a inicios del año 2009 producto de la eutrofización que aquejaba al cuerpo de agua. Los peces afectados eran en su mayoría carpas, cuando se analizaron los cuerpos de estas en el laboratorio se descubrió que murieron por intoxicación.

Los veterinarios tomaron las carpas sobrevivientes las sanaron y las dispusieron en estanques esperando su reproducción para que posteriormente al mejorar las condiciones de la laguna fuesen reincorporadas y se multiplicaran.

Uno de los problemas de los que se hace mención es que las aguas servidas de algunos hogares tienen conexión directa con la laguna y que por ello ha sido víctima de la materia orgánica.

- Toxicidad por crecimiento excesivo de micro algas cianofíceas
- Toxicidad asociado a altas concentraciones de amonio debido a la descomposición de materia orgánica (especies autóctonas y elóctona).
- Bajas o mínimas concentraciones de oxígeno

Principales especies que habitan en la laguna son:

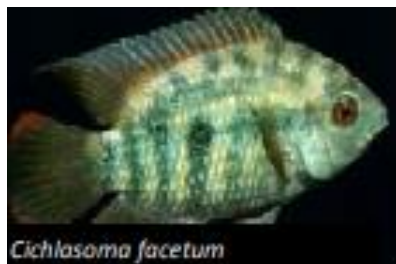


**Figura 4.7** *Cyprinus carpio* más conocida como “carpa”

### **Carpa**

Es un pez muy resistente, puede vivir en aguas con una temperatura entre 17 y 24 °C. Es una especie introducida y se considera una amenaza para el ecosistema debido a su predilección por el sustrato vegetal de los fondos poco profundos, que sirve de alimento para la mayoría de la fauna.

Su alimento incluye zooplancton, algunas especies de antropodos y carroña. Su reproducción ocurre entre primavera y verano y prefieren aguas de baja profundidad con densa vegetación



**Figura 4.8** *Cichlasoma facetum* “castañeta”

### **Castañeta**

Vive en aguas con una dureza menor de 10°, pH entre 6 y 7 y temperatura entre 18 y 25°C alcanzan un tamaño máximo de 22 cm, su apariencia cambia según su estado de ánimo aunque principalmente son de tonalidad verde, amarillo, gris y negro.

Su alimentación se basa en el consumo de otros peces es un depredador de tamaño pequeño.

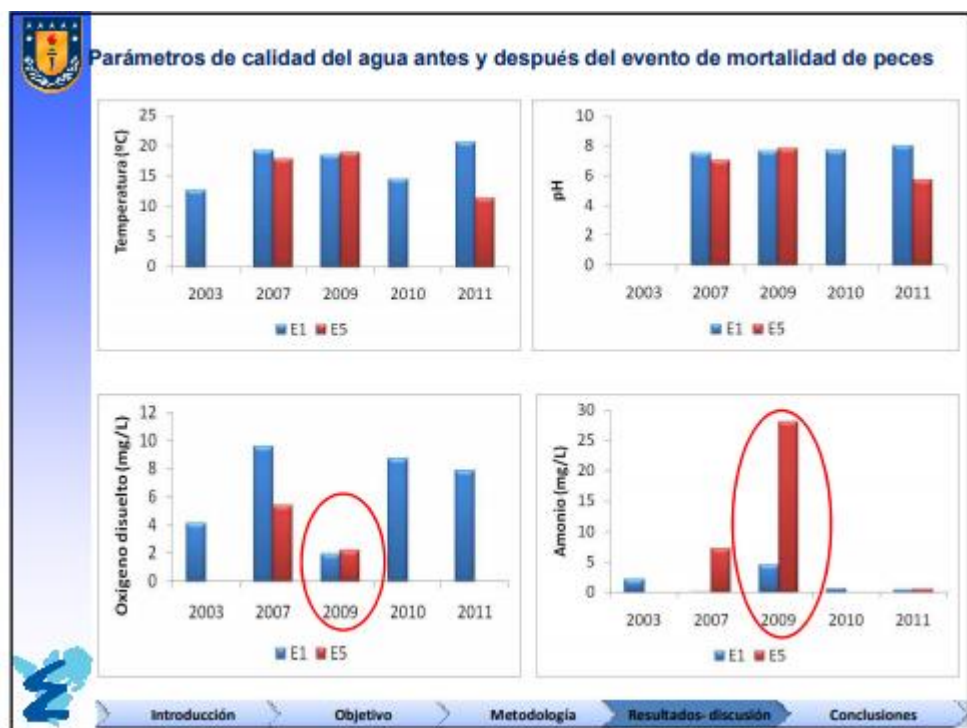


Figura 4.9 Parámetros de la laguna tres pascualas año 2011

Conociendo esta situación podemos explicar cómo aplicaríamos nuestros métodos

Para empezar como se hacía mención en los capítulos anteriores sobre estos casos (una laguna urbana con fuentes difusas) antes de gestionar directamente el cuerpo de agua se deben gestionar *las medidas de protección externa* como por ejemplo:

Conseguir un apadrinamiento del cuerpo de agua por parte de empresas o instituciones

Mantener información científica sobre parámetros de agua y fauna actualizada

Definir el uso de la laguna y de su entorno

Concientizar e informar a la población aledaña al cuerpo de agua sobre la importancia de esta laguna, las causas de la problemática, las consecuencias de no tomar medidas inmediatas y las soluciones esto incluye la gestión de las fuentes contaminantes, políticas de protección afiches y multas.

Definir reuniones entre el municipio, algunos servicios públicos, la entidad encargada de proporcionar la información científica y el representante de los vecinos del sector para crear planes de manejo y de ordenamiento territorial si fuese necesario

Aplicando las medidas externas podemos empezar a gestionar las *medidas internas*

Según las investigaciones uno de los principales motivos por lo que los peces murieron fue producto del amonio cabe destacar que el ion amonio es producto de una reacción entre el amoniaco y el agua (iones hidronio) y a su vez el amoniaco se origina producto

de la metabolización por parte de bacterias y hongos del sedimento altamente nitrogenado producto de la descomposición de materia orgánica.

Lo que también trae consigo bajos niveles de oxígeno debido a la degradación bacteriana aerobia

También está involucrado un Bloom de algas cianofíceas las cuales producen un fenómeno llamado fijación de nitrógeno lo que contribuye mucho más a la producción del amonio debido a las cianotoxinas

Como solucionarlo?

Aplicando nuestro método de inhibición de la floración a mediados de año para prevenir que vuelva a ocurrir lo mismo en verano, conseguir la materia prima como donación de la industria forestal y conseguir recursos económicos para la fabricación de los limnocorrales

Para este proyecto se necesitarían (58.950 m<sup>2</sup>) 5.9 Háuna aproximación a los valores reales

- La dosis **inicial** corresponde a 5 kg por cada 100 m<sup>2</sup> de la mezcla (500 kg/ha) (6 meses antes de la floración).

580 limnocorrales → 2900 kg de viruta

- Pasados dos o tres meses se aplica la dosis de **respaldo** de 250 kg/ha (2.5 kg/ 100 m<sup>2</sup>)

1450 kg viruta

- Transcurridos otros dos meses se continúa con una dosis de **mantenimiento** de 100 kg/ha. (1kg/100m<sup>2</sup>)

580 kg de viruta

- La dosis de mantenimiento se prolonga cada tres meses hasta el completo control de la floración.

### ***4.5.2 Laguna lo Galindo***

Laguna lo Galindo es un cuerpo de agua de origen fluvial-eolico ubicada en barrio norte en la comuna de concepción

Extensión: 482.5 metros aproximadamente

Superficie: 40.000 m<sup>2</sup>

Profundidad máxima: 3m



**Figura 4.9.1** Imagen satelital laguna lo Galindo

En enero del año 2011 se presentó una varazón de peces en la laguna según estudios de la municipales efecto de la materia fecal vertida de manera usual e ilegal a través de los ductos de evacuación de aguas lluvias, lo que provocó eutrofización, nuevamente la especie más afectada fue la carpa.

Se deben aplicar las mismas medidas externas que en el caso de “tres pascualas” (véase ejemplo anterior)

En el caso de las medidas internas se debe aplicar la inhibición de floraciones de cianobacterias con limnocorrales tomando en consideración que hablamos de 40.000 m<sup>2</sup> (4 ha) y limnocorrales de 0.785 m<sup>2</sup> se necesitarán:

370 limnocorrales aproximadamente

- La dosis **inicial** corresponde a 5 kg por cada 100 m<sup>2</sup> de la mezcla (500 kg/ha)

(6 meses antes de la floración).

390 limnocorrales → 1950 kg de viruta.

- Pasados dos o tres meses se aplica la dosis de **respaldo** de 250 kg/ha (2.5 kg/ 100 m<sup>2</sup>)

975 kg viruta

- Transcurridos otros dos meses se continúa con una dosis de **mantenimiento** de 100 kg/ha. (1kg/100m<sup>2</sup>)

390 kg de viruta

- La dosis de mantenimiento se prolonga cada tres meses hasta el completo control de la floración.

Dado que cada limnocorral tiene un valor aproximado a \$4000

La inversión sería \$1.560.000

Se podrían abaratar costos comprando material en gran volumen y con un valor más económico

## **CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES**

Según los resultados encontrados en base a investigación personal con estudios de respaldo se puede afirmar que el tema de la eutrofización en lagos urbanos es un problema totalmente reversible si se aplican las medidas adecuadas, sin embargo debemos hacer un énfasis en las medidas externas pues son fundamentales para el éxito de la inversión, el tema más importante es crear conciencia en las personas y se puede hacer a través de reuniones entre las partes involucradas o capacitaciones para así contribuir en comunidad haciendo que las medidas internas perduren en el tiempo volviendo a aguas sin turbiedad incluso aptas para consumo ante emergencias.

En ocasiones será necesario el reordenamiento territorial para acabar de cierta forma con la contaminación difusa de las zonas aledañas pero eso dependerá de quien se encargue de las lagunas en este caso las municipalidades.

## BIBLIOGRAFÍA:

Alejandro Baladrón IBERO-REST CONSULTORÍA febrero 2016 [en línea]

<<http://ibero-rest.com/tratamiento-de-eutrofizacion/>>

[Consulta: 25 mayo 2017]

Comisión nacional del medio ambiente (chile), requisitos de calidad del agua para diferentes usos, NCh 1333 versión 2001, publicada en diario oficial el 22 de mayo de 1978, 10 P.

Fernando Cobo, Estación de Hidrobiología "Encor do Con", Universidad de Santiago de Compostela, Castro Agudín, Cea, 36617

Vilagarcía de Arousa, Pontevedra, España. "Methods to control cyanobacteria blooms in inland waters"

<[http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne34/L34a247\\_Control\\_cianobacterias\\_aguas\\_continental.pdf](http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne34/L34a247_Control_cianobacterias_aguas_continental.pdf)>

[Consulta: 30 julio 2017]

Cruz-Pizarro, L., Moreno-Osto, E., Rodrigues Da Silva, S.L., De Vicente, I., Amores, M.V., El Mabrouki, K., FabíanRoland, D. 2003

Instituto del agua, Universidad de Granada, Depto. de Eco toxicología Universidad Sta. Cecilia, Santos, S. Paulo Brasil

"Aplicación de técnicas de biomanipulación para la gestión de la eutrofización en las albuferas de adra."

<[http://www.almediam.org/PDF/Aplicacion\\_de\\_tecnicas\\_de\\_biomanipulacion\\_para\\_la\\_gestion\\_de\\_la\\_eutrofizacion\\_en\\_las\\_albuferas\\_de\\_adra.pdf](http://www.almediam.org/PDF/Aplicacion_de_tecnicas_de_biomanipulacion_para_la_gestion_de_la_eutrofizacion_en_las_albuferas_de_adra.pdf)>

[Consulta: 27 mayo 2017]

Rolando Quirós (2007), Área de sistemas de producción acuática departamento de producción animal, facultad de agronomía Universidad de Buenos Aires. "Manejo y recuperación de lagos urbanos"

<[https://www.agro.uba.ar/users/quiros/Working/Manejo\\_de\\_Lagos\\_Urbanos.pdf](https://www.agro.uba.ar/users/quiros/Working/Manejo_de_Lagos_Urbanos.pdf)>

[consulta: 27 mayo 2017]

<[Http://www.eula.cl/fonis/wp-content/uploads/2014/06/Identificación-Monitoreo-y-Evaluación-del-Riesgo-.O.-Parra.pdf](http://www.eula.cl/fonis/wp-content/uploads/2014/06/Identificación-Monitoreo-y-Evaluación-del-Riesgo-.O.-Parra.pdf)>

[Consulta 30 de marzo 2018]

<[http://pescarecreativa.sernapesca.cl/presentaciones/001\\_Especies\\_protegidas\\_v3.pdf](http://pescarecreativa.sernapesca.cl/presentaciones/001_Especies_protegidas_v3.pdf)>

[Consulta 31 de marzo 2018]

<<http://www.iib.unsam.edu.ar/archivos/docencia/licenciatura/biotecnologia/2017/QuimicaBiol/1495120476.pdf>>

[Consulta 31 de marzo 2018]

## ANEXOS

### *ANEXO A: GLOSARIO TÉCNICO*

Cianobacteria (Cyanobacteria, gr."azul"):

Algas de apariencia verde-azuladas consideradas bacterias, Son los únicos procariontes capaces de realizar fotosíntesis oxigénica.

Cineol (C<sub>10</sub>H<sub>18</sub>O)

También conocido como aceite de eucalipto es una sustancia presente en este árbol cuya principal característica es su actividad antibacteriana, es utilizada en la industria farmacéutica en ungüentos, jarabes, enjuagues bucales e incluso en la industria apícola para el control de ácaros.

Cianotoxinas

Las cianotoxinas son toxinas producidas por un grupo de bacterias denominadas cianobacterias. Estas cianobacterias se encuentran en casi todos los lugares, desde desiertos hasta aguas heladas, pero se desarrollan especialmente en lagos de agua dulce y océanos en los que, bajo ciertas condiciones de eutrofización, se reproducen exponencialmente formando grandes floraciones algales y generando consecuencias desfavorables en los ecosistemas.

Citofaringe:Pequeño canal que comunica la superficie con el protoplasma en algunos organismos unicelulares y que funciona en los ciliados como una especie de garganta.

Citoplasma: Parte de la célula que rodea el núcleo y que está limitada por la membrana exterior. Su función es albergar los orgánulos celulares y contribuir al movimiento de estos.

Diatomeas:

Las diatomeas, es un grupo de algas unicelulares que constituye uno de los tipos más comunes de fitoplancton, se hallan rodeadas por una pared celular única hecha de sílice opalino (dióxido de silicio hidratado) llamada frústula.

Dinoflagelados:

Microorganismos unicelulares y forman parte del fitoplancton de agua dulce al ser su nutrición principalmente autótrofa son productores primarios por lo que, junto a las diatomeas, constituyen el nivel trófico primario en la cadena alimentaria acuática.

Estratificación térmica:

Es un fenómeno natural que ocurre en los cuerpos de agua producto del clima (altas temperaturas) en el cual las aguas se separan en estratos (epilimnio, metalimnio, hipolimnio) acumulándose los sedimentos en la capa más profunda y las micro algas en la capa superior

Eutrofización:

Ecosistema o ambiente caracterizado por una condición alta de nutrientes (procedentes de actividades humanas), sobre todo N y P, por lo cual se produce una propagación descontrolada de bacterias cianofíceas en su última fase (lo que provoca la esterilidad del lago), ya que existe P que es factor límite de su desarrollo. Estas bacterias forman una capa en superficie, que impide el paso de la luz solar, como consecuencia en el fondo se hace imposible la fotosíntesis, productora de oxígeno libre, a la vez que aumenta la actividad metabólica consumidora de oxígeno (respiración aeróbica) de los descomponedores.

Fitoplancton:

Forman parte de este grupo seres considerados algas. Actualmente, estos organismos se encuentran clasificados como bacterias (ejemplo algas verdeazuladas). El fitoplancton se encuentra en la base de la cadena alimentaria de los ecosistemas acuáticos, ya que sirve de alimento a organismos mayores; es decir realiza la parte principal de la producción primaria en los ambientes acuáticos, sobre todos los animales marinos.

Los principales componentes del fitoplancton son las procariotas, algas verde azules (División Cyanophyta), las flageladas, mayormente los dinoflagelados, (División Pyrrophytophyta), las algas silíceas, diatomeas, las algas pardas y cocolitoforos (División Chrysophyta) y las algas verdes, (División Cyanophyta).

Fotosíntesis oxigénica:

Propia de las cianobacterias La fotosíntesis necesita un reductor (una fuente de electrones), que en este caso es el agua (H<sub>2</sub>O). Al tomar el H del agua se libera oxígeno.

Fuente o contaminación difusa:

Contaminación ocasionada por una fuente no puntual (contaminación del aire y el agua) aporte de nutrientes desde muchas fuentes lo que supone un problema sin una solución específica, haciéndolo difícil de regular. Este tipo de contaminación es actualmente la principal causa de contaminación del agua en el mundo.

Impacto ambiental: Actividad generalmente humana que causa efectos negativos o positivos en el ambiente.

Micro-plancton: conjunto de organismos microscópicos que flotan en los cuerpos de agua salados o dulces abundantes desde o a 200 metros de profundidad. Su estructura es compleja compuesta principalmente por una citofaringe con estigma (mancha con pigmentos fotosensibles) que les es útil para orientarse hacia la luz emergiendo a la superficie y buscando alimentos. El micro-plancton incluye a las algas diatomeas y a los dinoflagelados.

Ordenamiento territorial: Ciencia Interdisciplinaria que incluye Políticas y Técnicas Administrativas que analiza, desarrolla y gestiona los procesos de planificación y desarrollo de los espacios geográficos y territorios, tanto Urbanos como Rurales,

Polimíctico:

Nombre que se aplica a un lago en que las aguas se mezclan vertical y completamente muchas veces al año y por ello no se alcanza nunca una estratificación total, ni en verano, ni en invierno. En general aplica en el caso de los lagos someros en el que el viento produce la mezcla de las aguas cada vez que aparece.

Termoclina:

Línea imaginaria que separa dos masas de agua de temperatura diferente. Contextual (cambio brusco de temperatura entre metalimnio e hipolimnio).

Taninos: en las plantas también funcionan como defensas contra los microorganismos debido a su toxicidad. Por ejemplo, el corazón de madera muerta de muchos árboles contiene altas concentraciones de taninos que ayudan a prevenir el desmoronamiento por ataques de hongos y bacterias patógenos.

Zooplancton:

Son organismos heterótrofos que ocupan las primeras posiciones de consumidores, alimentándose de los productores primarios (componentes del fitoplancton), de organismos descomponedores, como bacterias, o de otros componentes del zooplancton. Está constituido por protozoos, También por larvas como esponja, gusanos, equinodermos, moluscos o crustáceos y fases juveniles de peces (alevines).