

CI4102 - Limnología

James McPhee

Lago General Carrera



http://farm3.static.flickr.com/2287/2376222878_67fc26878a.jpg?v=0

Lago Chungará



http://www.dur.ac.uk/j.p.davidson/images2/Parinacota_Chungara.jpg

Lago Villarrica



<http://www.municipalidadpucon.cl/JPG/fotos%20turismo/normal/PanoramicaPozaPucon.jpg>

Lagos como ejemplos de Ecosistema

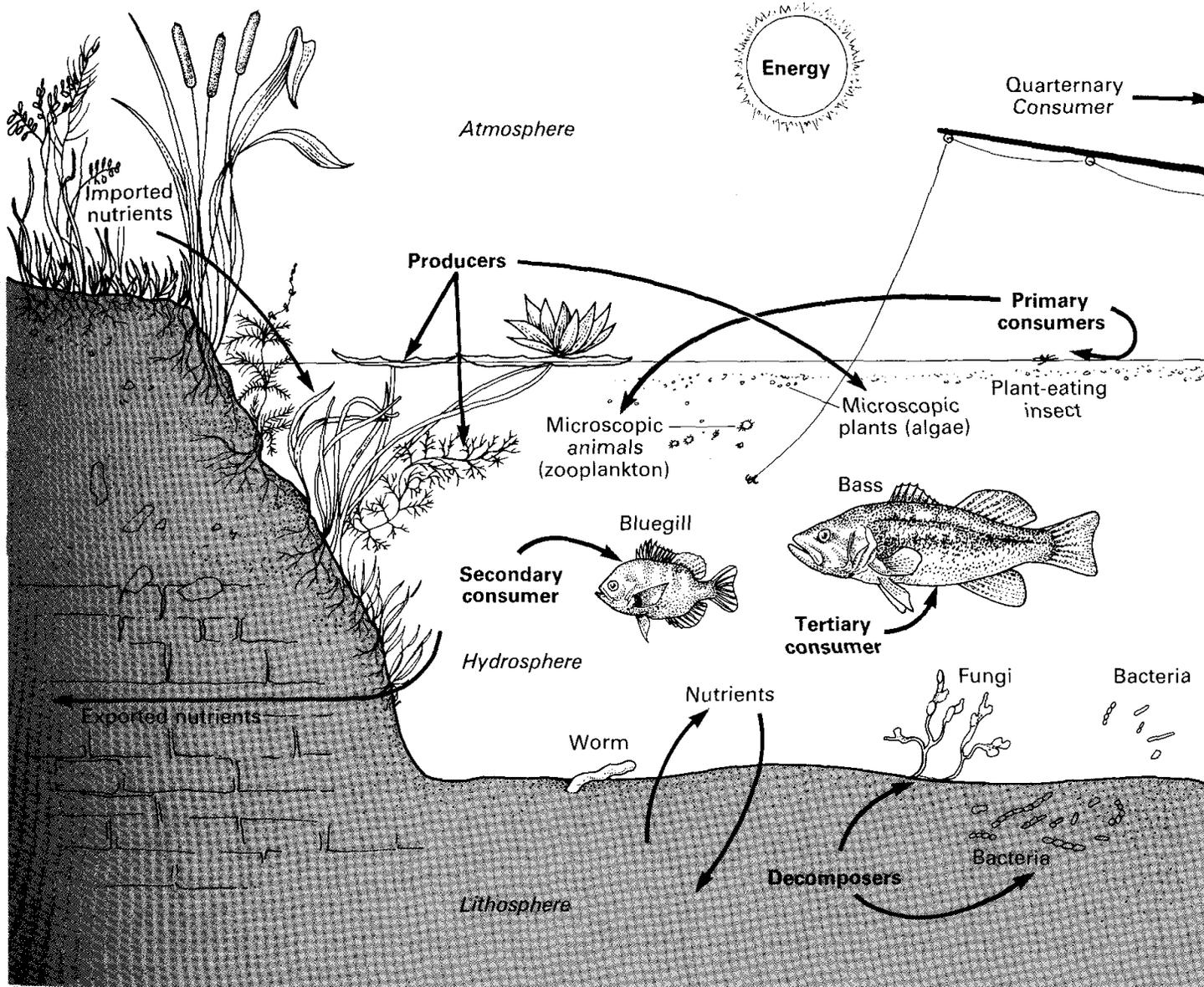
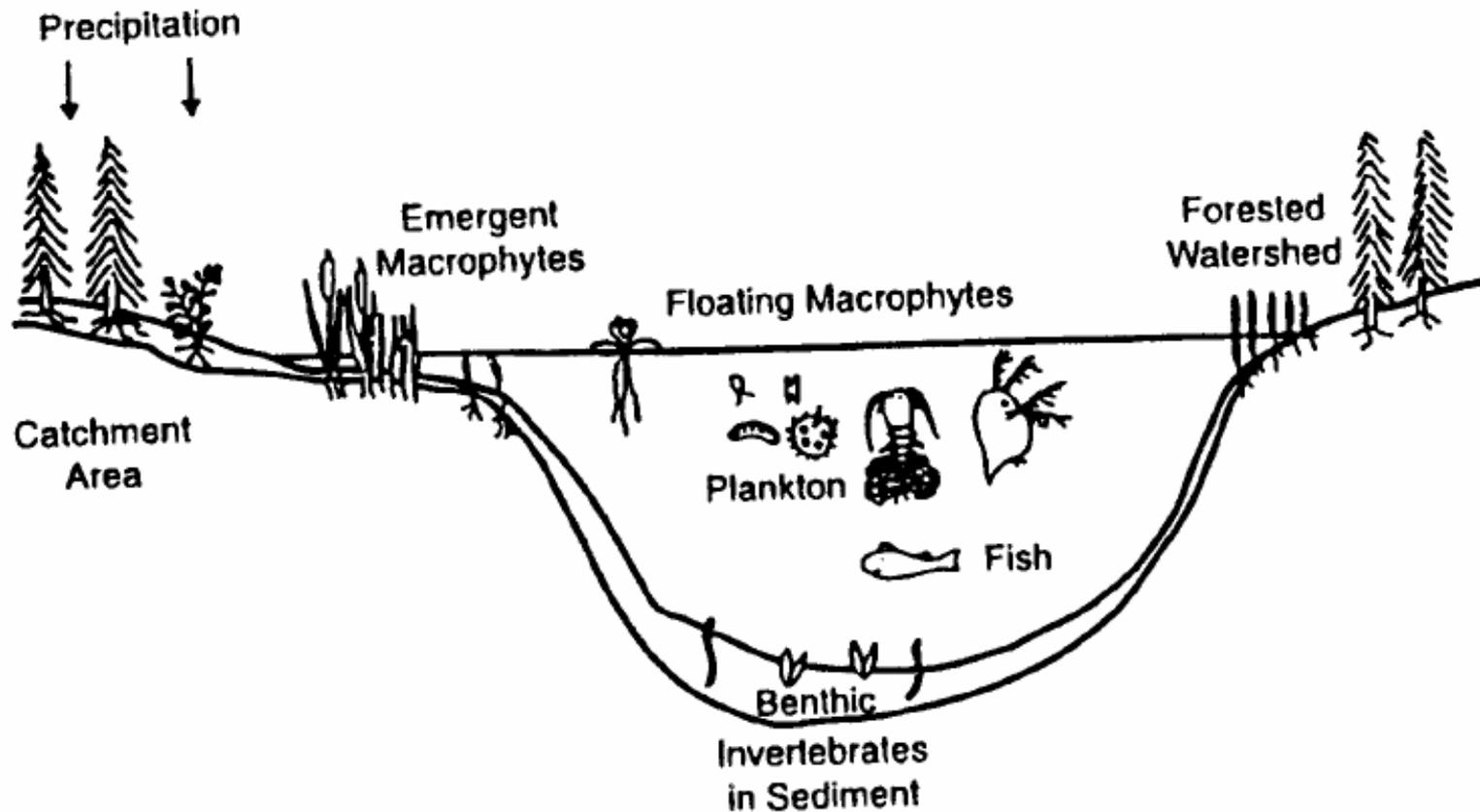


Diagrama Esquemático de un Lago

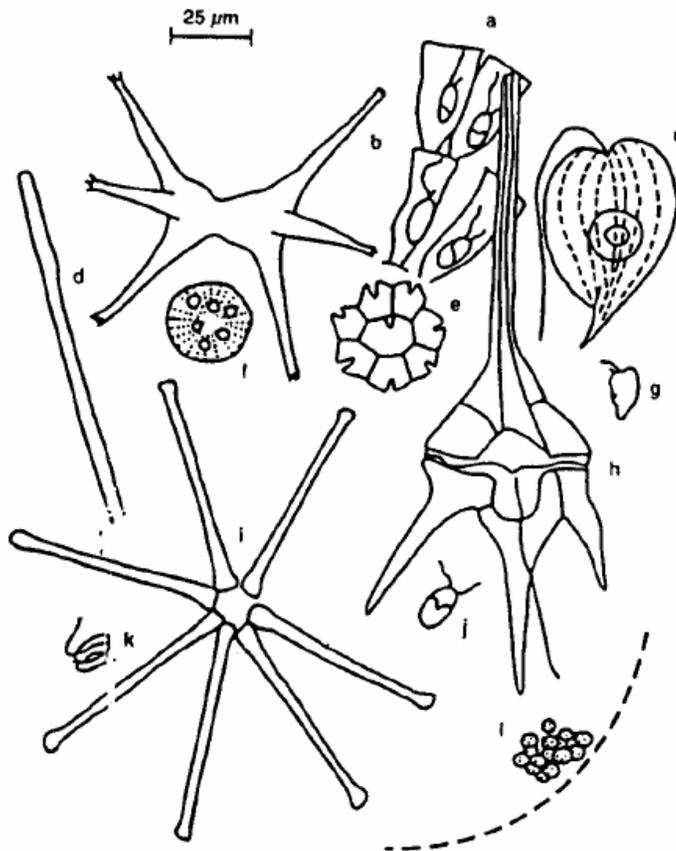


Macrófitas son plantas acuáticas que pueden ser emergentes, submergentes, o flotantes. En lagos, además de producir oxígeno, proveen cubierta para peces y habitat para invertebrados acuáticos. Son el alimento de algunos peces y otras especies de vida silvestre.

Los organismos microscópicos que viven suspendidos en una columna de agua se denominan **plancton**.

- Fitoplacton: algas verdes microscópicas
- Zooplacton: pequeños crustáceos

Ejemplos de Fitoplancton



Ejemplo de Zooplacton



Los organismos que viven en o cerca del fondo de un cuerpo de agua se denominan **bentos**.

Ejemplos de macrobentos



Luz en Lagos

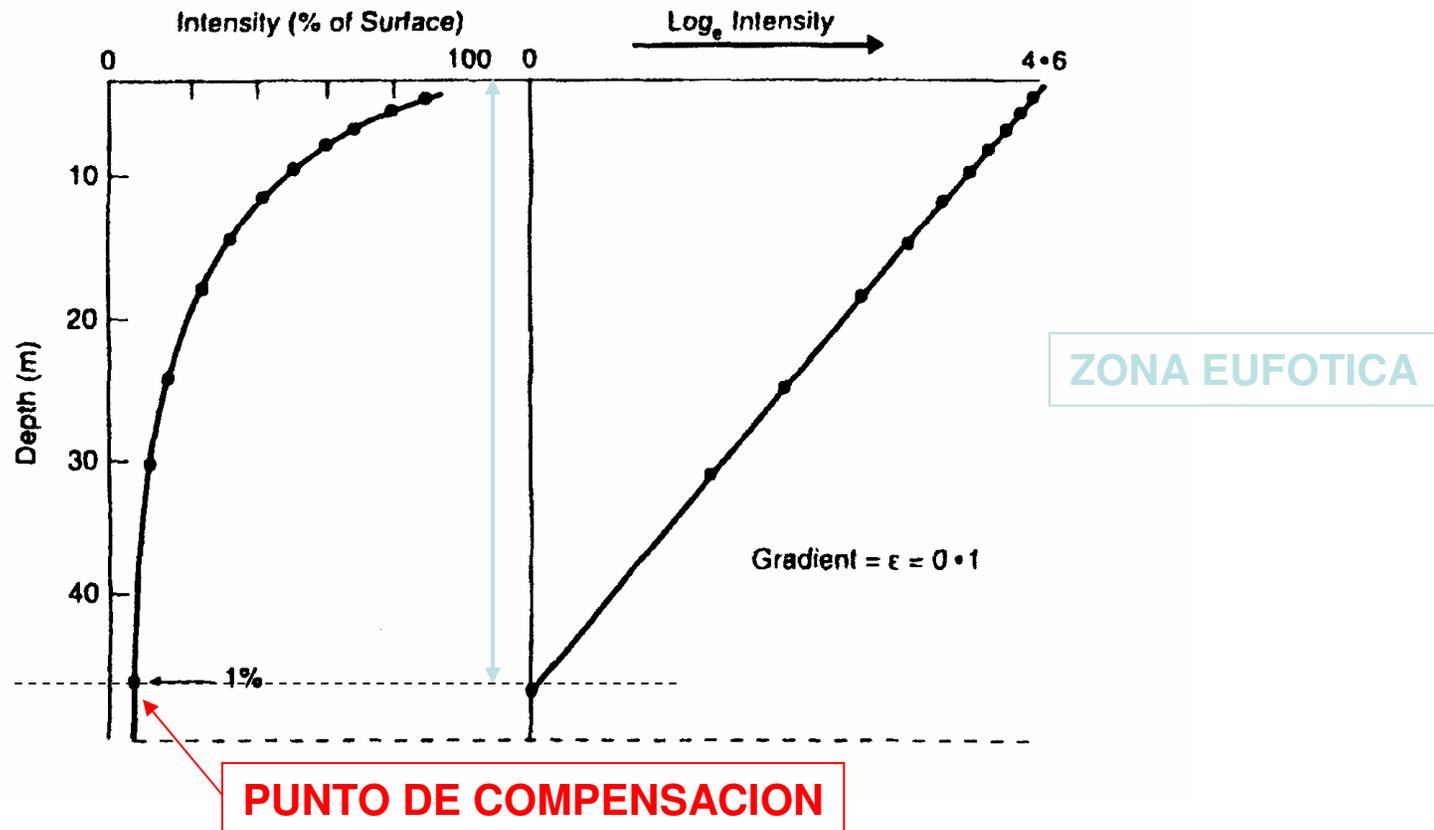
La cantidad de luz disponible en diferentes profundidades en lagos es **importante para la ecología**.

La luz visible es absorbida por el agua, por las sustancias disueltas, y por material particulado. Las longitudes de onda más largas y más cortas (azul y roja) son absorbidas preferencialmente, por lo que en el agua más profunda las **longitudes de onda verde y amarilla** son predominantes.

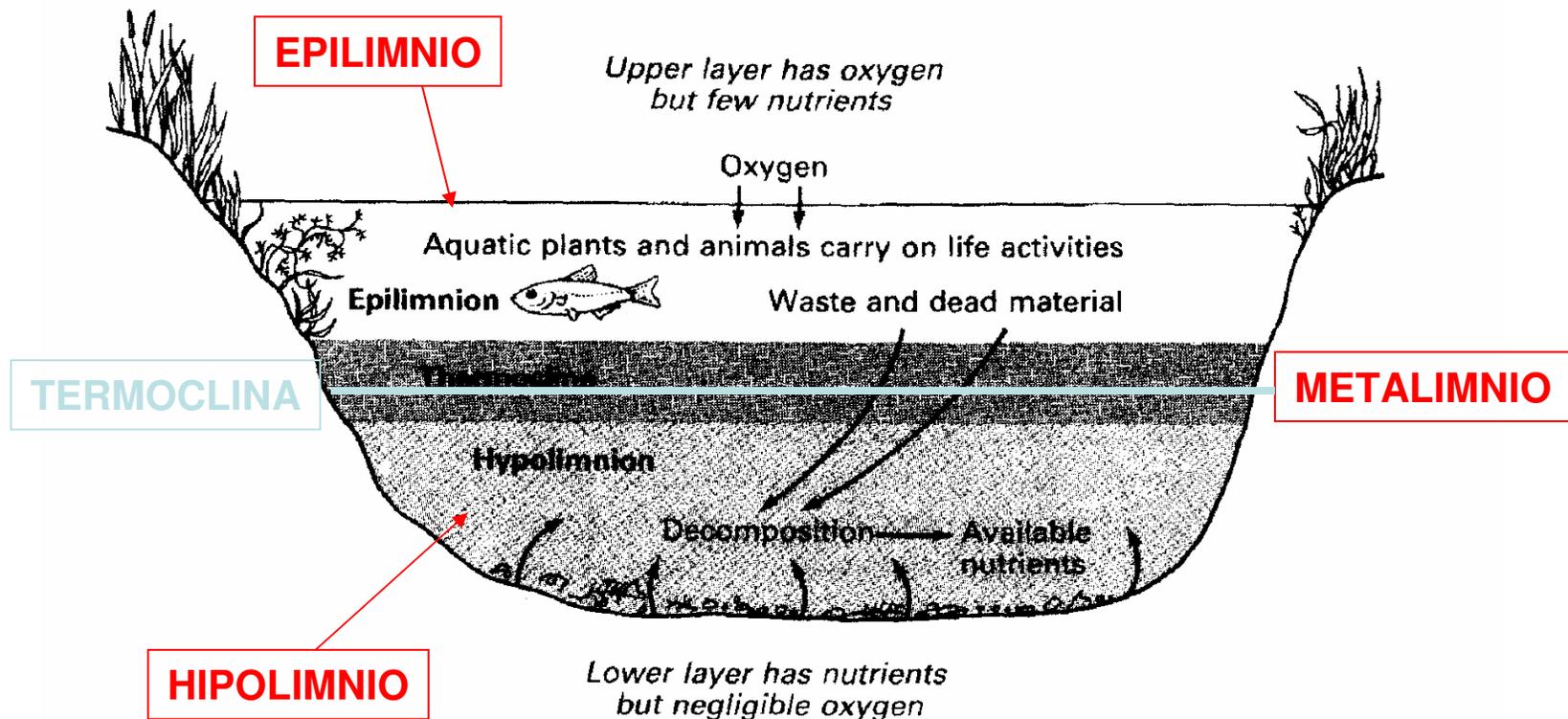
Teóricamente, cada metro de profundidad que se desciende la luz se extingue en una proporción fija. De esta manera, a pesar que nunca desaparece por completo, alcanza valores indetectables visualmente, los que caen debajo de un 1% de intensidad.

Luz en Lagos

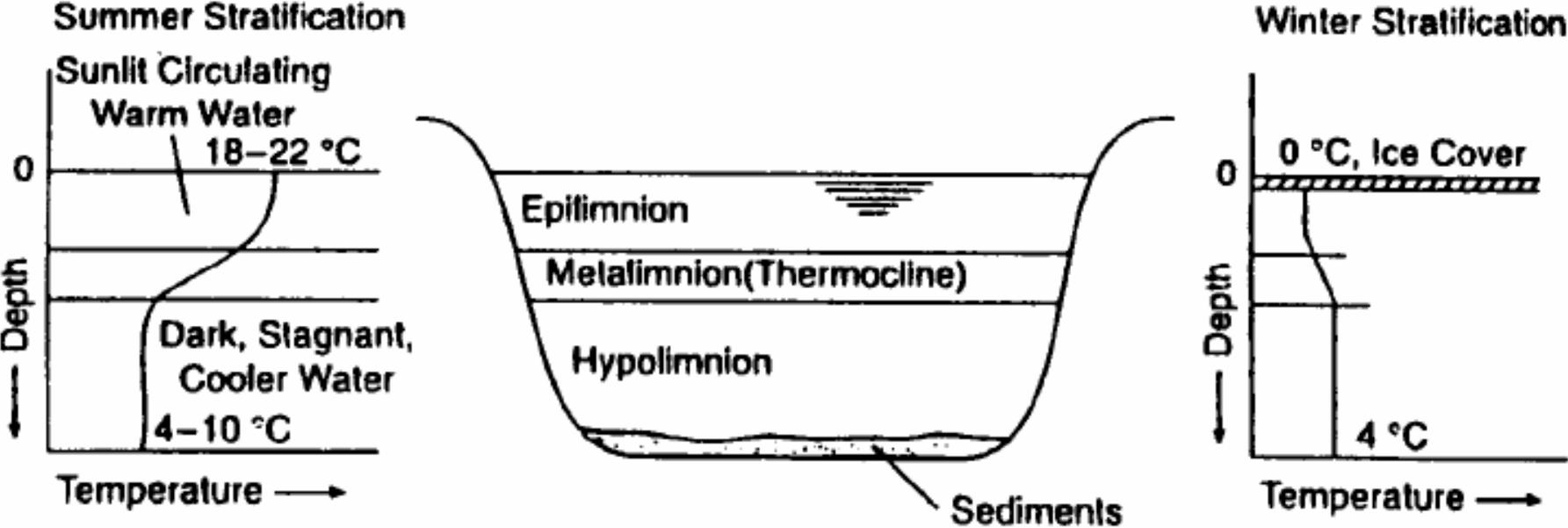
Por convención se define el límite de 1% de intensidad como la profundidad límite para la ocurrencia de fotosíntesis. Este punto se denomina **punto de compensación**.



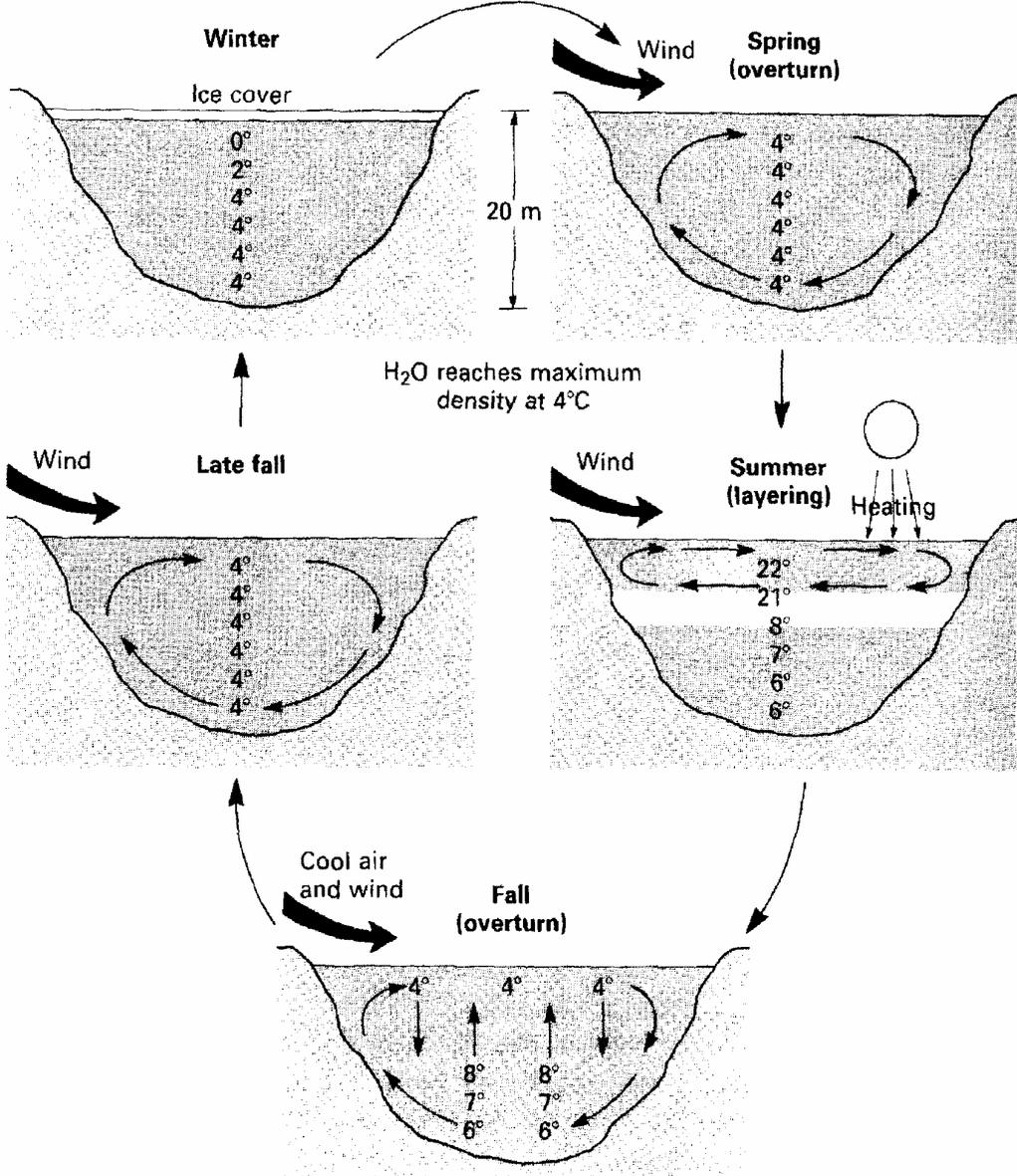
Estratificación en Lagos



Estratificación en Lagos: Ciclo Estacional



Estratificación en Lagos: Ciclo Estacional



Nutrientes y Eutroficación

La palabra **eutroficación** proviene de las palabras griegas; *eu* que significa *bueno* y *trofos* que significa *alimento*. De esta forma, el sentido literal de esta palabra es “rico en alimento”.

Todos los lagos desarrollan un enriquecimiento natural con el tiempo. Sedimentos son arrastrados desde las cuencas aportantes y nutrientes solubles son lixiviados desde ellos.

Esta **eutroficación natural** es un proceso lento desde un punto de vida humano, tomando un período del orden de miles de años.

La descarga de aguas residuales e industriales no tratadas en un lago acelera este proceso en forma muy dramática. Este proceso acelerado se denomina **eutroficación cultural**.

Nutrientes y Eutroficación

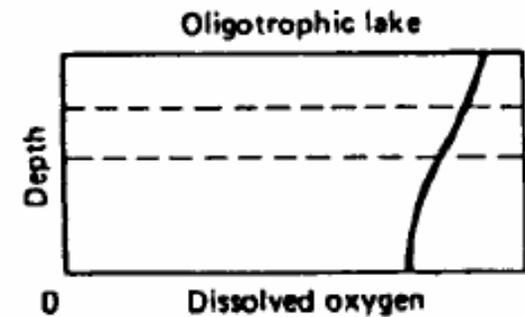
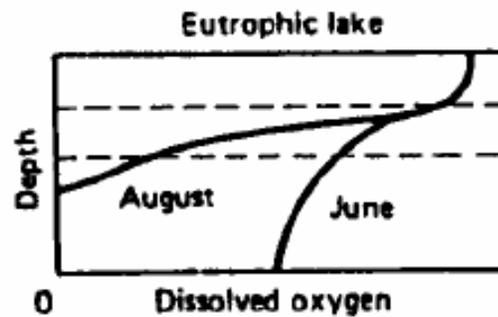
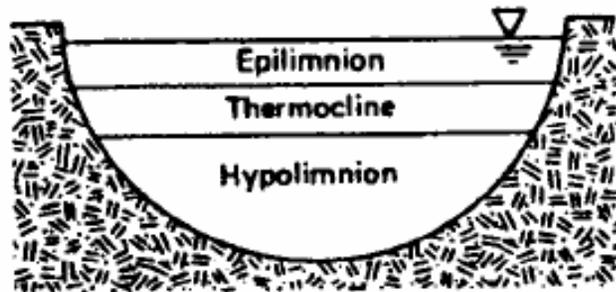
Lagos en los cuales el nivel de nutrientes es muy alto, que se caracterizan por abundante vegetación en sus riberas y por la ocurrencia de **algal blooming** se denominan lagos **eutróficos**. Lagos con bajo nivel de nutrientes son llamados **oligotróficos**, mientras que lagos en un nivel intermedio de nutrientes se llaman **mesotróficos**.

El crecimiento biológico que se produce en el **epilimnio**, principalmente algas, muere y se deposita hacia el hipolimnio donde es degradado, produciéndose el consumo del oxígeno disuelto en el agua.

Nutrientes y Eutroficación

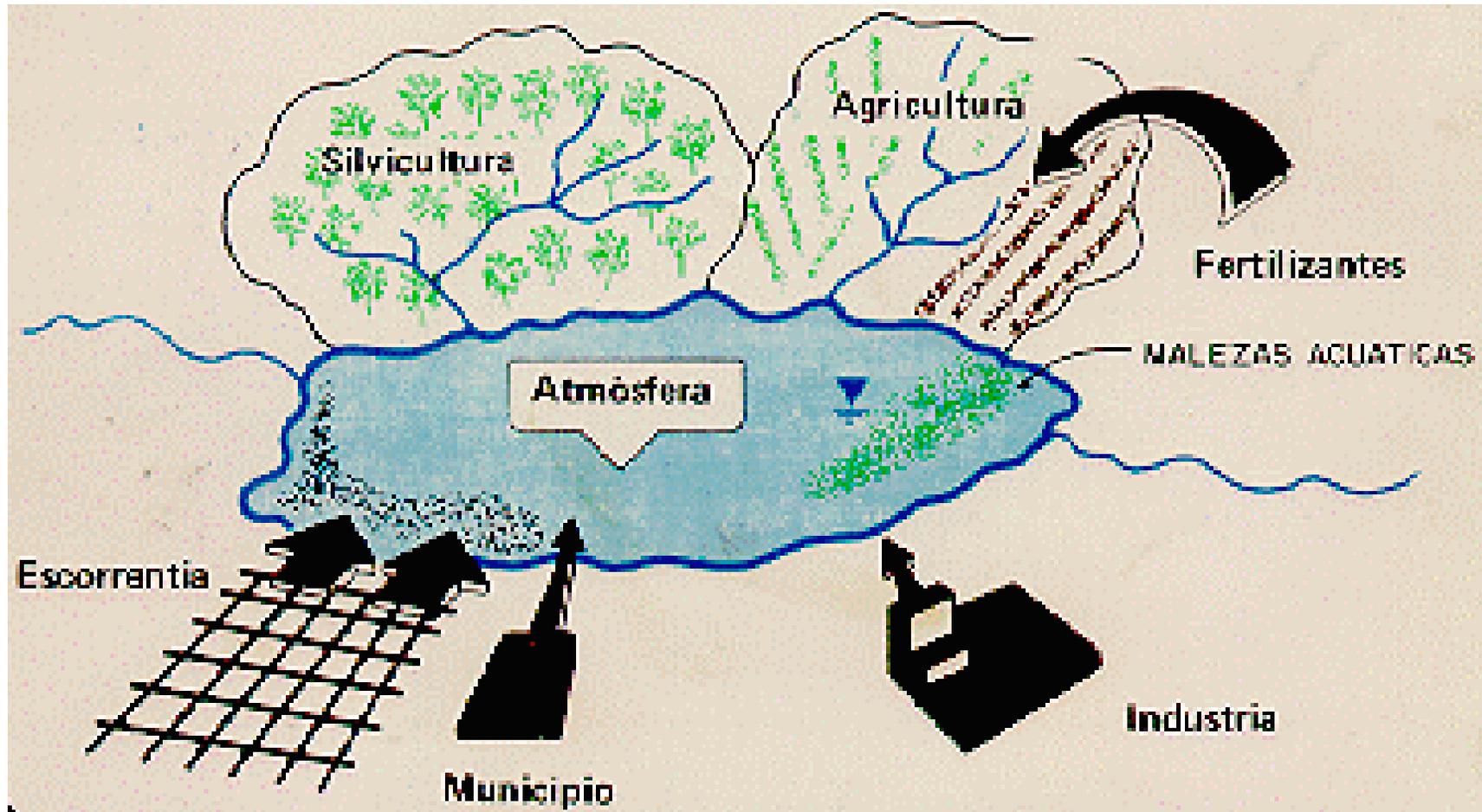
Bajos niveles de oxígeno cerca del fondo asociados a:

- Demanda de oxígeno para degradar materia orgánica que sedimenta (Ej: algas muertas)
- Poca o nula reoxigenación del hipolimnion.



Nutrientes y Eutroficación

FUENTES DE NUTRIENTES → Actividades en la cuenca



Nutrientes y Eutroficación

La eutroficación cultural puede ser revertida si el flujo de nutrientes al lago es eliminado.

Antes de tomar medidas específicas es necesario desarrollar **campañas de terreno** para mostrar el origen de los nutrientes (nitrógeno y fósforo) al lago: **fuentes puntuales o difusas**.

Fuentes puntuales, tales como descargas municipales, son controlables mediante métodos alternativos de descarga o mediante tratamientos terciarios que eliminen el nitrógeno y el fósforo.

Los nutrientes contenidos en **fuentes difusas**, como por ejemplo lixiviación agrícola, pueden ser controlados mediante mejoras en los métodos de riego y aplicación de fertilizantes.

Métodos alternativos de control son el uso de algicidas (sulfato de cobre) o la aeración artificial de lagos y la cosecha de semillas y plantas acuáticas para evitar su proliferación.

Nutrientes y Eutroficación

Los más importantes problemas creados por la excesiva eutroficación se listan a continuación:

- El efecto negativo sobre la industria de pesca comercial y deportivo debido a los cambios en las especies de peces encontradas en lagos, lo que es causado por el bajo nivel de oxígeno encontrado en las aguas más profundas.
- El efecto en turismo y recreación debido al excesivo crecimiento de algas y otras plantas acuáticas. Las algas filamentosas son depositadas en las playas y riberas luego de tormentas produciendo pilas de material en descomposición.
- Los crecimientos explosivos de algas (algal blooming) que provocan problemas de olor y sabor en el agua y tapa los filtros de las plantas de tratamiento.

Nutrientes y Eutroficación

Los principales factores que controlan la tasa de producción de algas son:

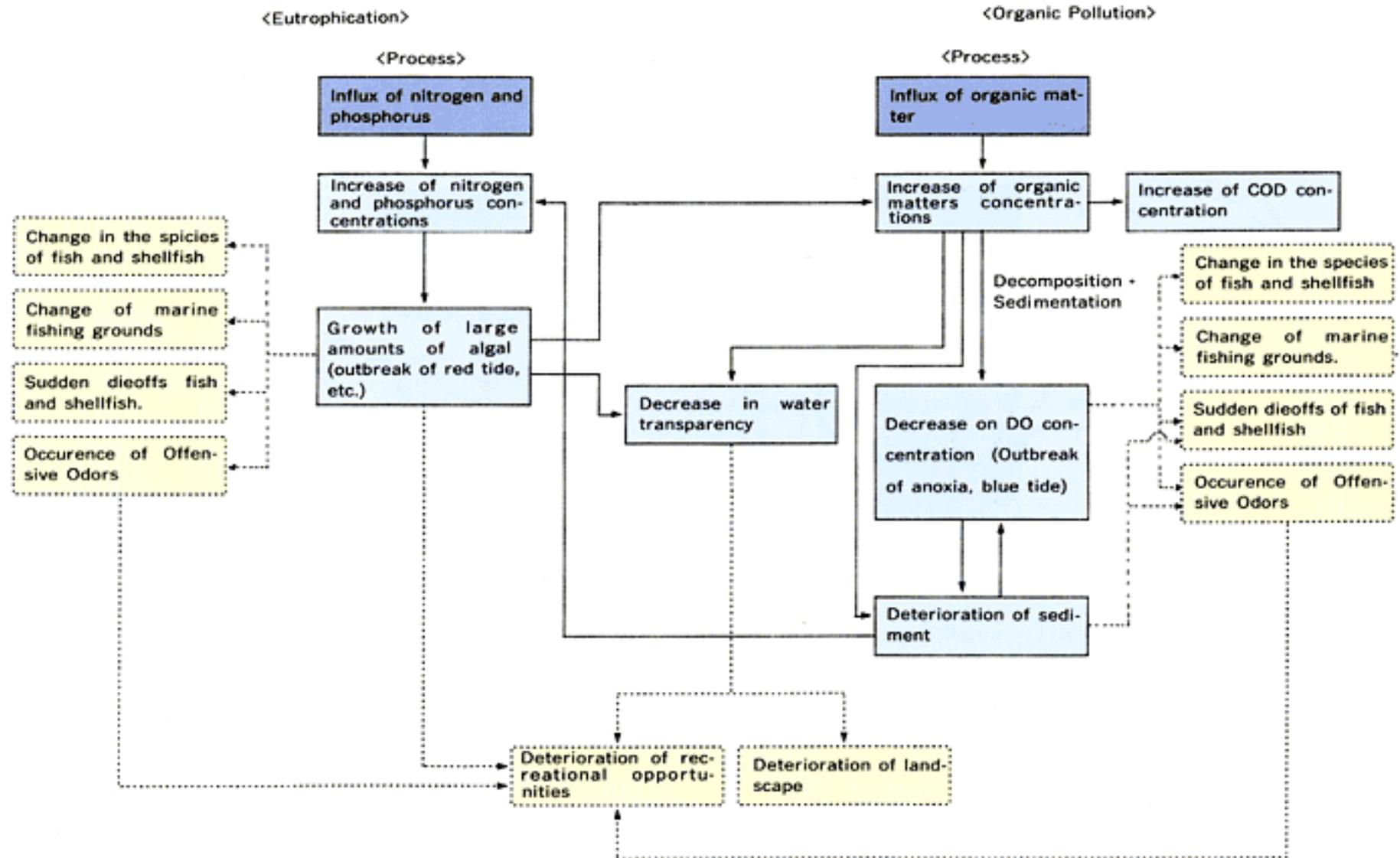
- La **cantidad de luz** se relaciona directamente con la transparencia del agua, la que es a su vez una función del nivel de eutroficación.
- La lista de **nutrientes** que controlan eutroficación incluye elementos tales como carbón, nitrógeno, fósforo, sulfuro, calcio, magnesio, potasio, sodio, hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, y otros. Afortunadamente el proceso es más manejable si nos concentramos en un único nutriente, usualmente fósforo o nitrógeno.

En 1840 se formuló la idea que “el crecimiento de una planta depende de la cantidad de alimento que se le presenta”. De esta manera, existen algunos elementos esenciales que, al ser reducidos, limitan el crecimiento potencial de algas en lagos → **Factor Limitante**.

Nutrientes y Eutroficación

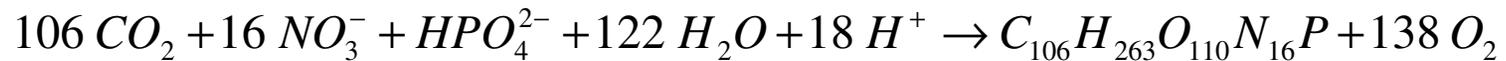
EFFECTOS DE LA ACUMULACION DE NUTRIENTES

■ Eutrophication and Organic Pollution



Nutrientes y Eutroficación

Para ilustrar las cantidades relativas de nitrógeno y fósforo que se requieren para el crecimiento de algas podemos considerar la siguiente representación de la fotosíntesis algal:



Usando un análisis estequiométrico muy simple podemos calcular la razón entre los pesos de nitrógeno y fósforo en esta alga:

$$\frac{N}{P} = \frac{16 \cdot 14}{1 \cdot 31} = 7.2$$

Lo anterior muestra que se requiere alrededor de 7 veces más nitrógeno que fósforo para producir una cantidad fija de algas.

$$\frac{N}{P} > 20 \quad \text{Fósforo es limitante}$$

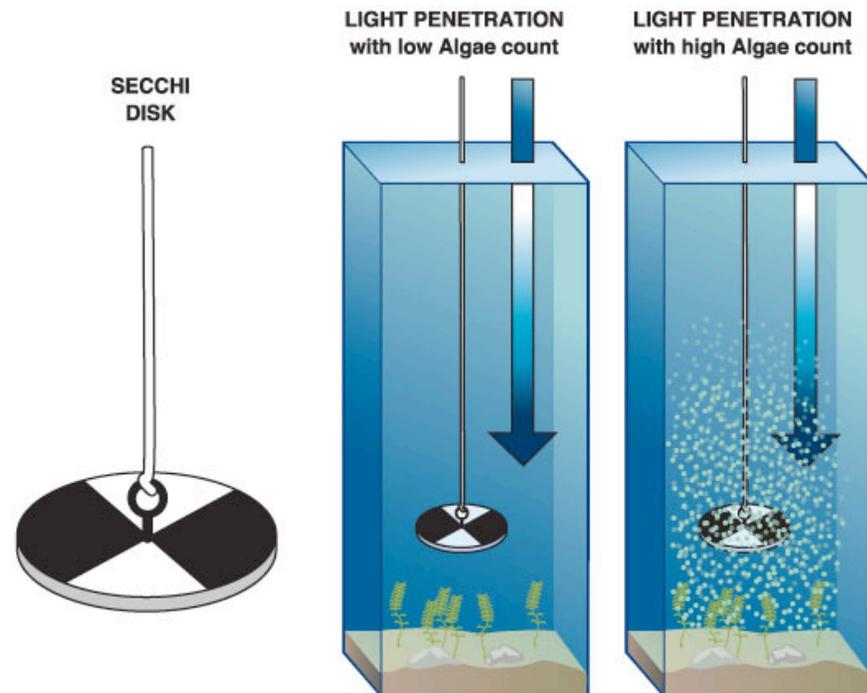
$$\frac{N}{P} < 5 \quad \text{Nitrógeno es limitante}$$

Nutrientes y Eutroficación



Evaluación y comparación de estado trófico de lagos

- Nivel de turbidez se mide mediante disco Secchi (ver material docente)
- Índice de Carlson (TSI) puede ser calculado a partir de lectura de disco Secchi, o bien a partir de datos de clorofila o fósforo.



Clasificación de estado trófico en lagos

TI	Chl	P	SD	Trophic Class
<30—40	0—2.6	0—12	>8—4	Oligotrophic
40—50	2.6—20	12—24	4—2	Mesotrophic
50—70	20—56	24—96	2—0.5	Eutrophic
70—100+	56—155+	96—384+	0.5—<0.25	Hypereutrophic

Fuente: Carlson, 1986

TI: Índice de turbidez

Chl: clorofila (ug/l)

P: fósforo (ug/l)

SD: profundidad disco Secchi (m)