

Fundamentos de Ciencias Acuáticas – Clase 2

PRINCIPIOS EN ACUACULTURA



Fabrizio Marcillo Morla MBA

barcillo@gmail.com
(593-9) 4194239



Fabrizio Marcillo Morla

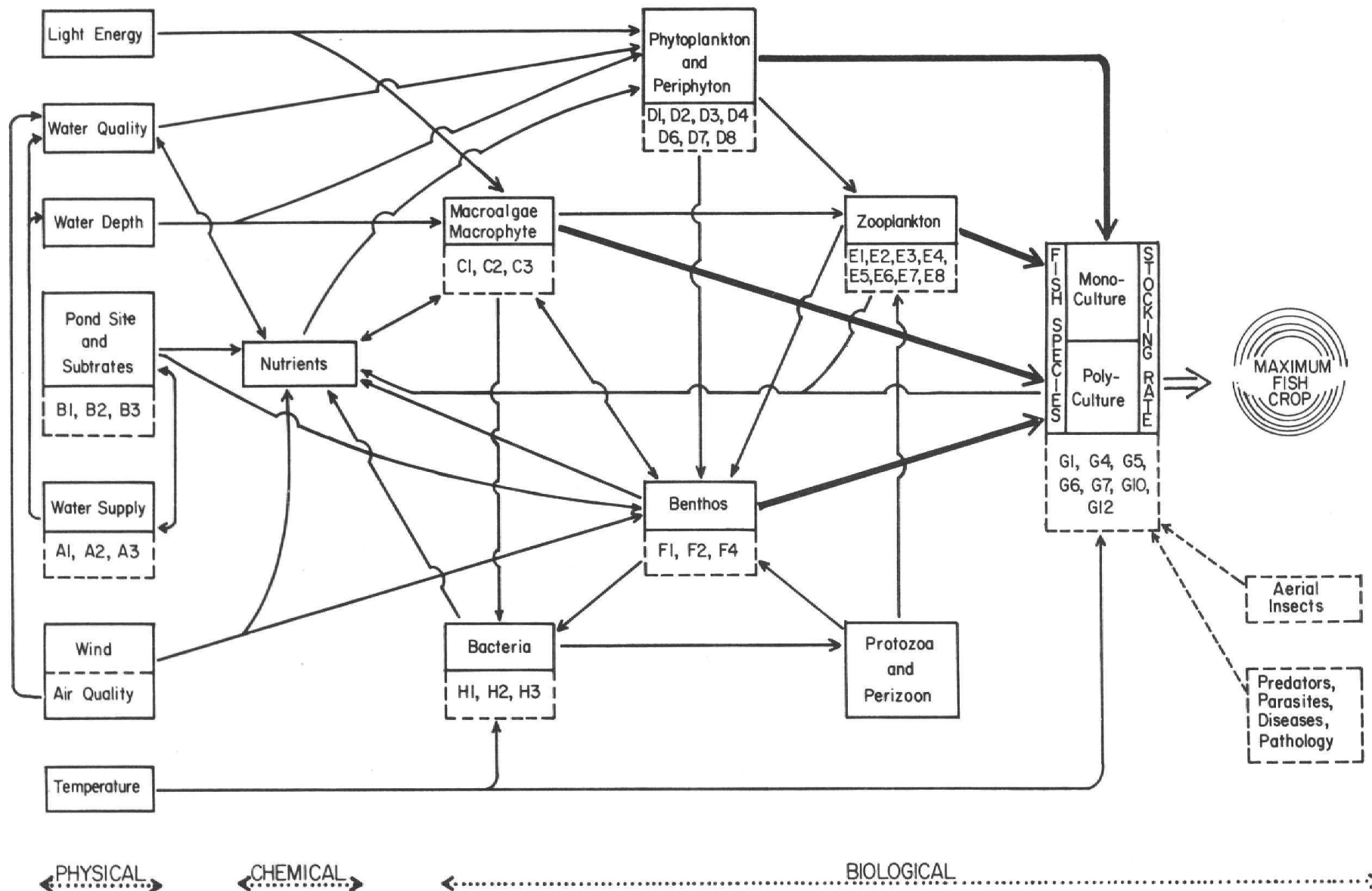
- Guayaquil, 1966.
- BSc. Acuicultura. (ESPOL 1991).
 - Magister en Administración de Empresas. (ESPOL, 1996).
- Profesor ESPOL desde el 2001.
- 20 años experiencia profesional:
 - ◆ Producción.
 - ◆ Administración.
 - ◆ Finanzas.
 - ◆ Investigación.
 - ◆ Consultorías.

Otras Publicaciones del mismo
autor en Repositorio ESPOL

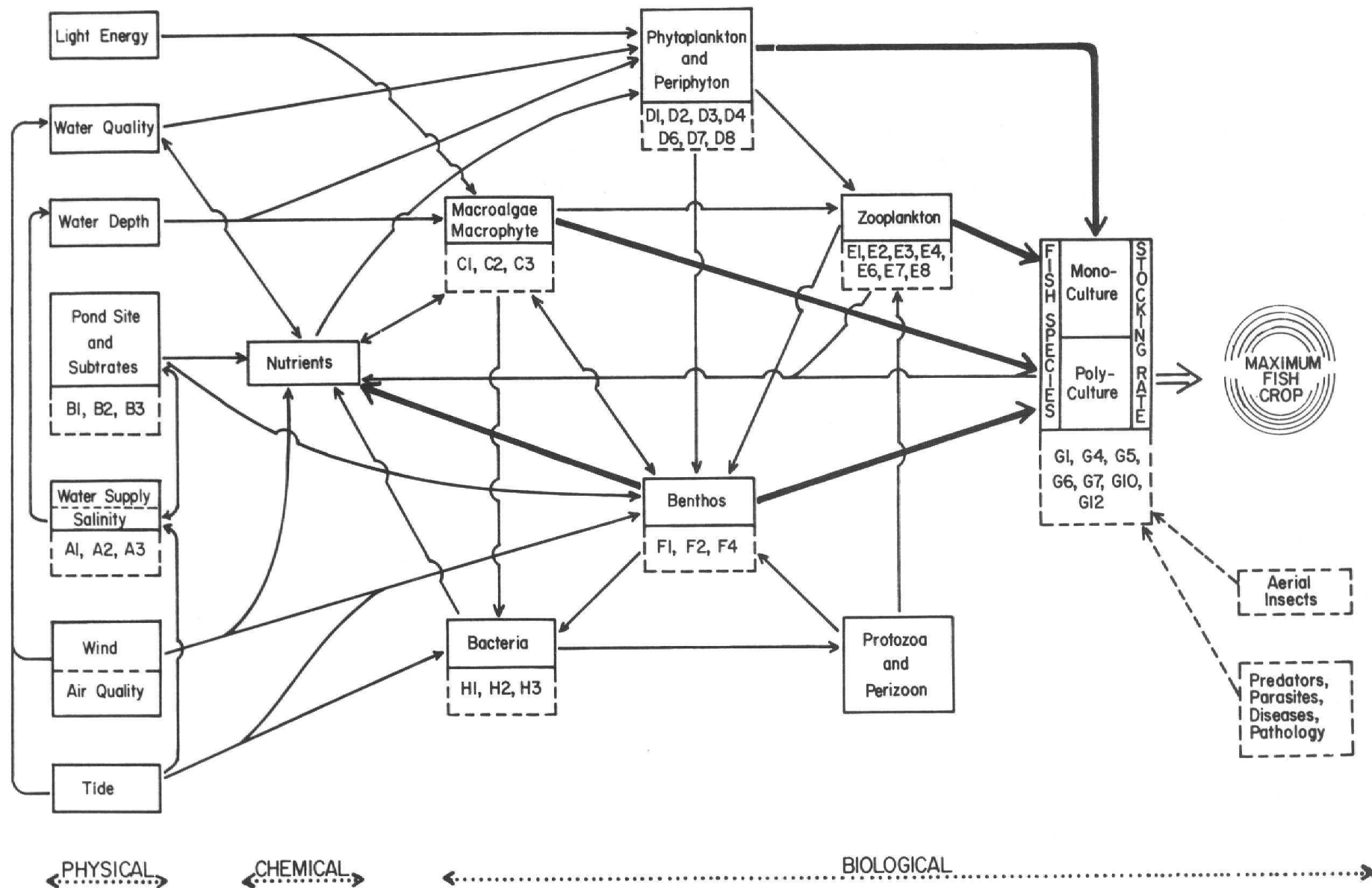
Principio #1

“Todos los animales son dependientes del alimento directa o indirectamente proporcionados por las plantas verdes”.

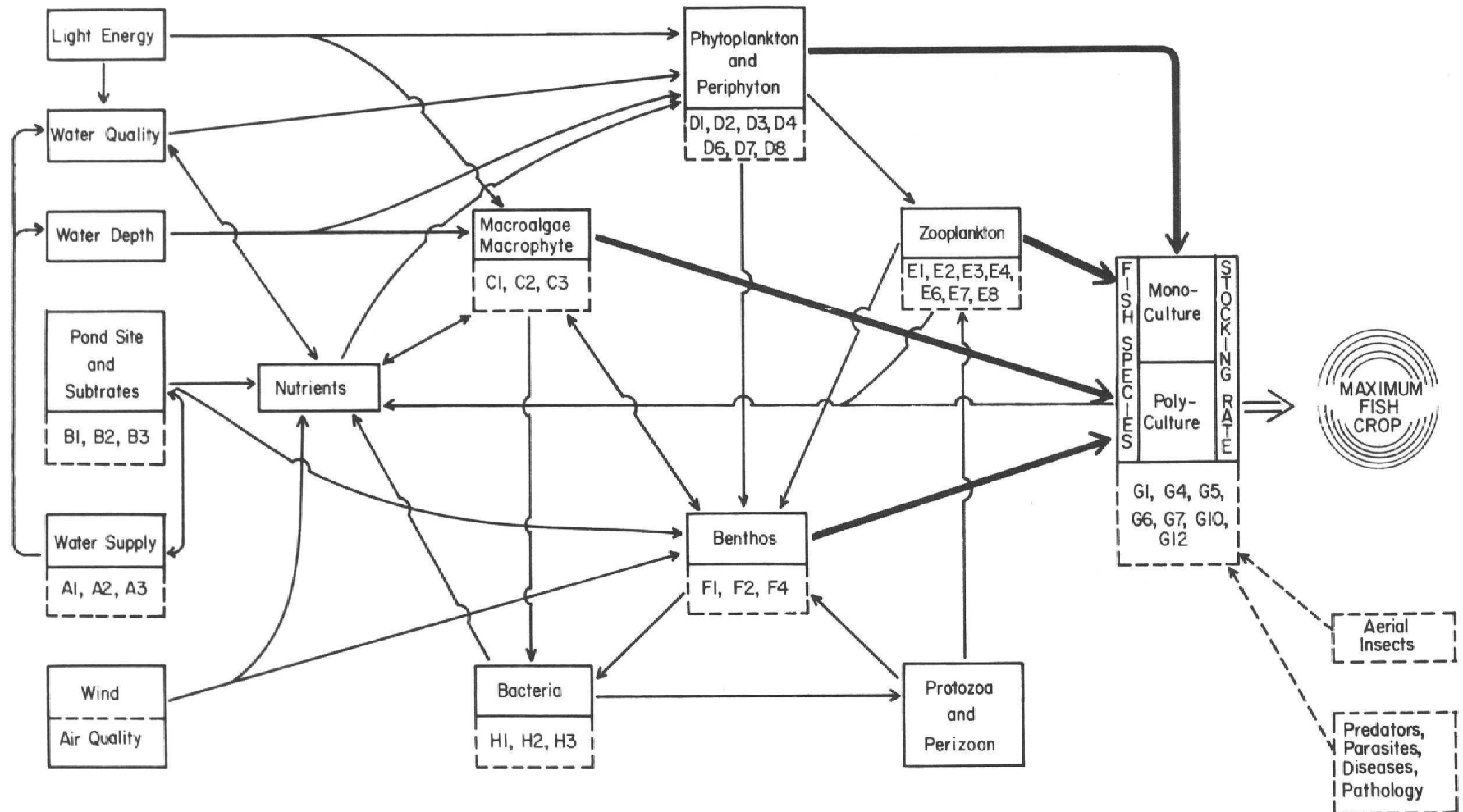
Piscinas tropicales de Agua dulce



Piscinas tropicales de Agua Salobre



Piscinas tropicales de baja intensidad

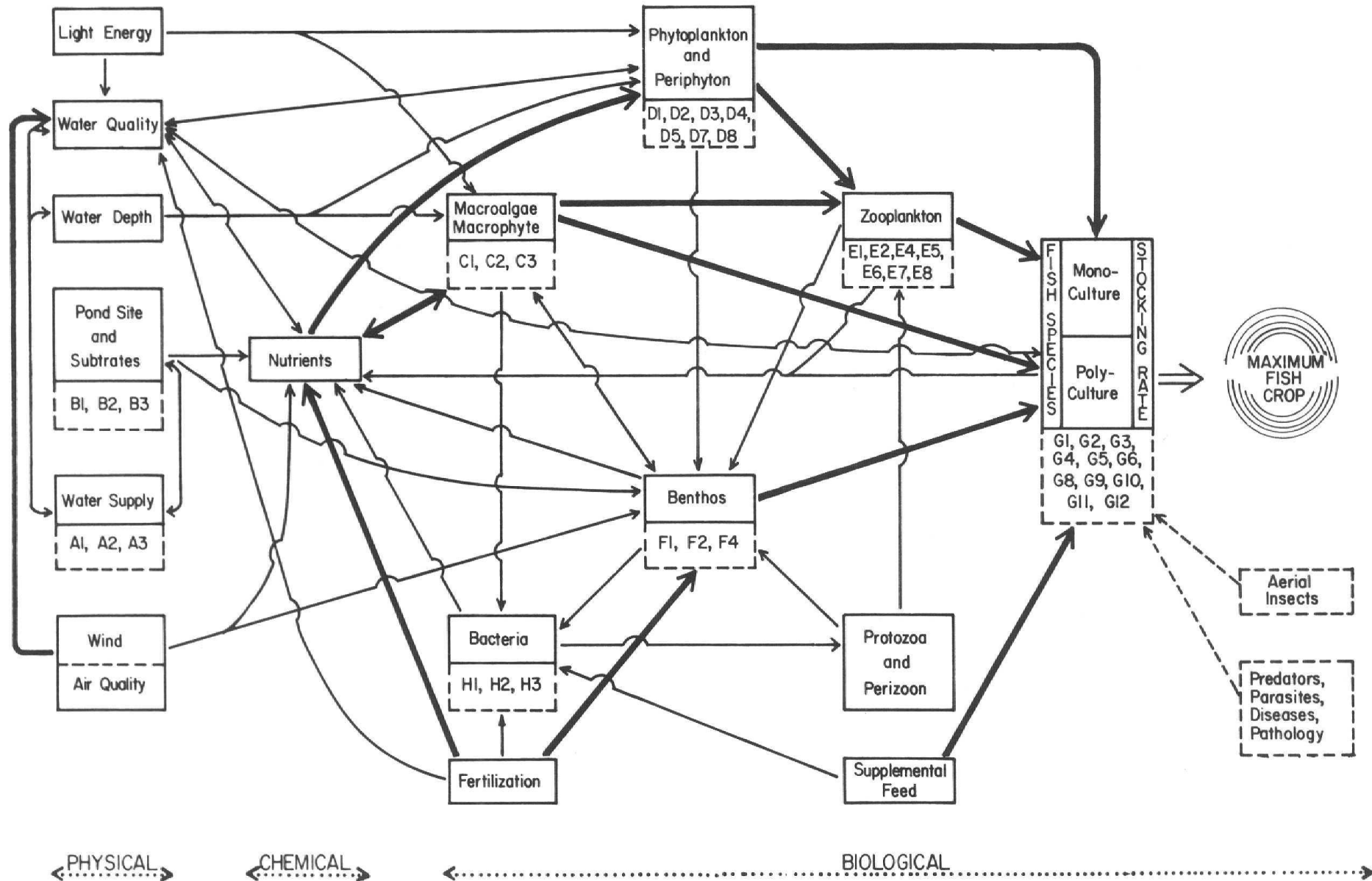


PHYSICAL

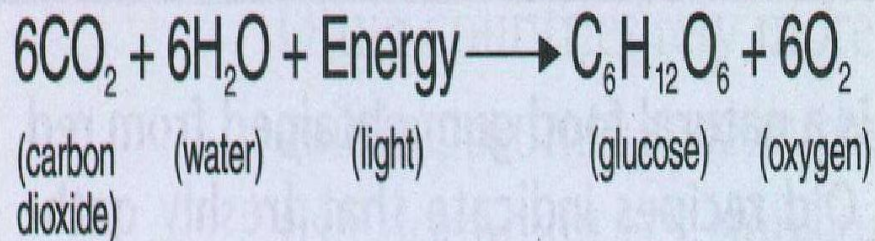
CHEMICAL

BIOLOGICAL

Piscinas tropicales de Alta intensidad

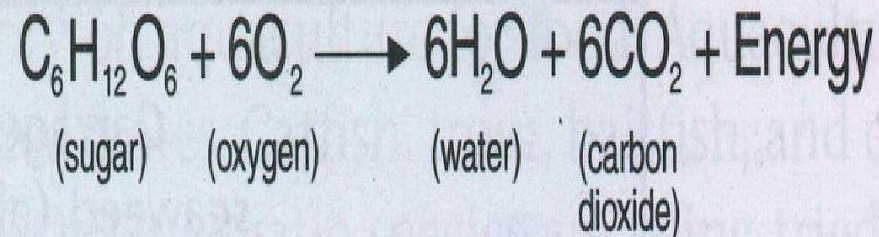


Photosynthesis



- constructive process
- food accumulated
- energy from sun stored in glucose
- carbon dioxide taken in
- oxygen given off
- complex compounds formed
- produces glucose
- goes on only in light
- only in presence of chlorophyll

Respiration



- destructive process
- food broken down (oxidized)
- energy released
- carbon dioxide given off
- oxygen taken in
- simple compounds formed
- produces CO_2 and H_2O
- goes on day and night
- in all cells

Principio #2

“El peso de organismos que se puede producir depende de la capacidad del agua para producir fitoplancton”

- La ley de Liebig's del MINIMO:
- Ley de Shelford de la TOLERANCIA:

■ Ley de Liebig's del MINIMO:

Para que ocurra y sea exitosa una situación dada, un organismo necesita tener materiales esenciales.

Estos requerimientos básicos varían con la especie y con la situación. De todos ellos el material necesario que se encuentre en cantidades pequeñas cercanas al mínimo crítico necesitado podrá ser el limitante para el desarrollo y supervivencia de la especie, aunque los otros se encuentren en abundancia.

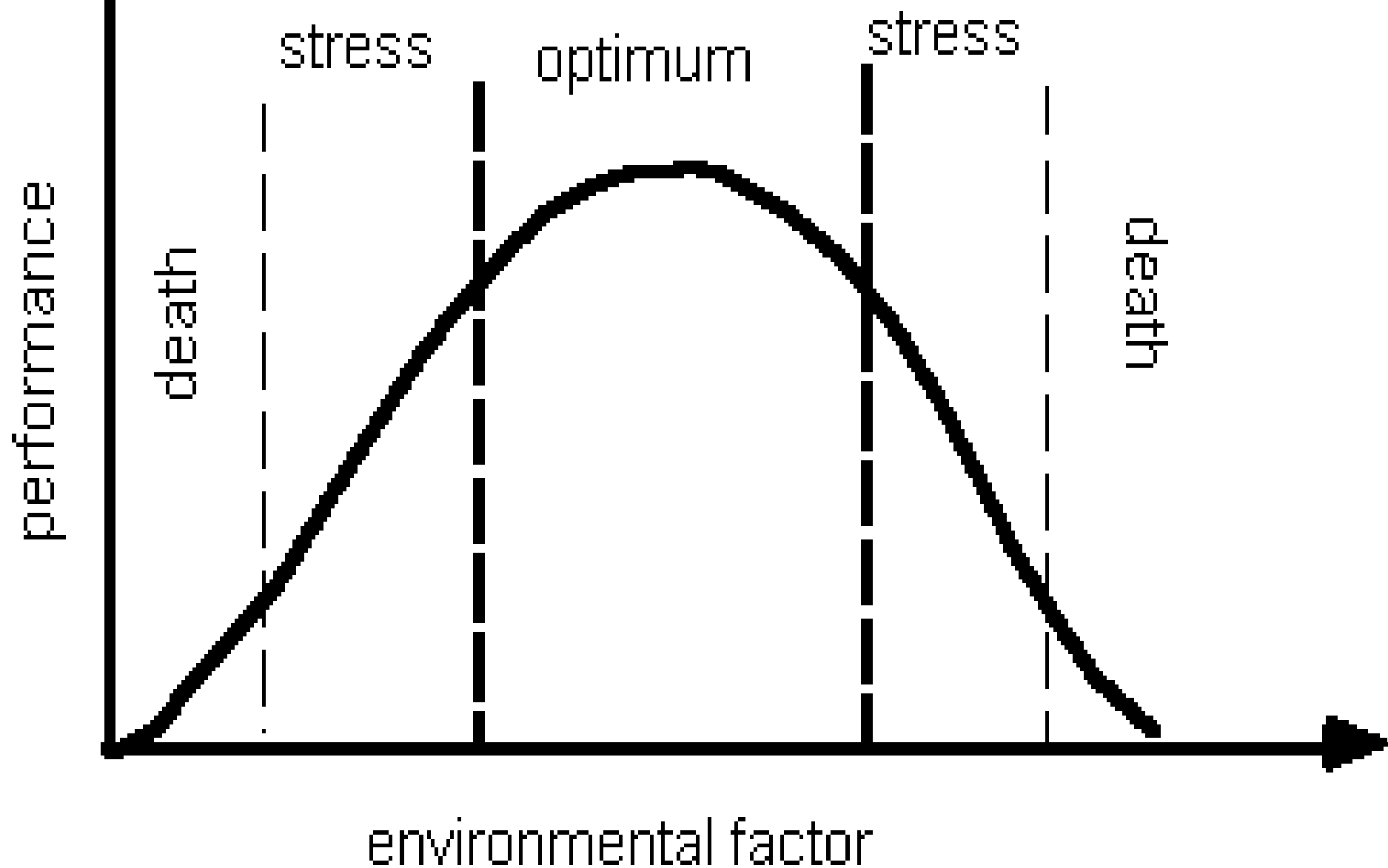
■ Ley de Shelford de la TOLERANCIA:

El éxito de un organismo depende completamente de un complejo de condiciones. El fracaso puede ser controlado por la calidad y cantidad deficiente o en exceso de alguno de los factores el cual se aproxima al límite de tolerancia del organismo.

- Organismos pueden tener un amplio rango de tolerancia para un factor y pequeño para otro
- Organismos con amplio rango de tolerancia para muchos factores están ampliamente distribuidos.

Principio #2

"El peso de organismos que se puede producir depende de la capacidad del agua para producir fitoplancton"



La habilidad del agua para producir fitoplancton depende de:

- 1) Luz.- La luz es importante para la fotosíntesis, durante el día esta actividad produce carbohidratos, la misma que se detiene al oscurecer, en donde para la actividad fotosintética y organismo comienza a consumir los carbohidratos, el oxígeno y eliminar CO_2 .

Luz.....

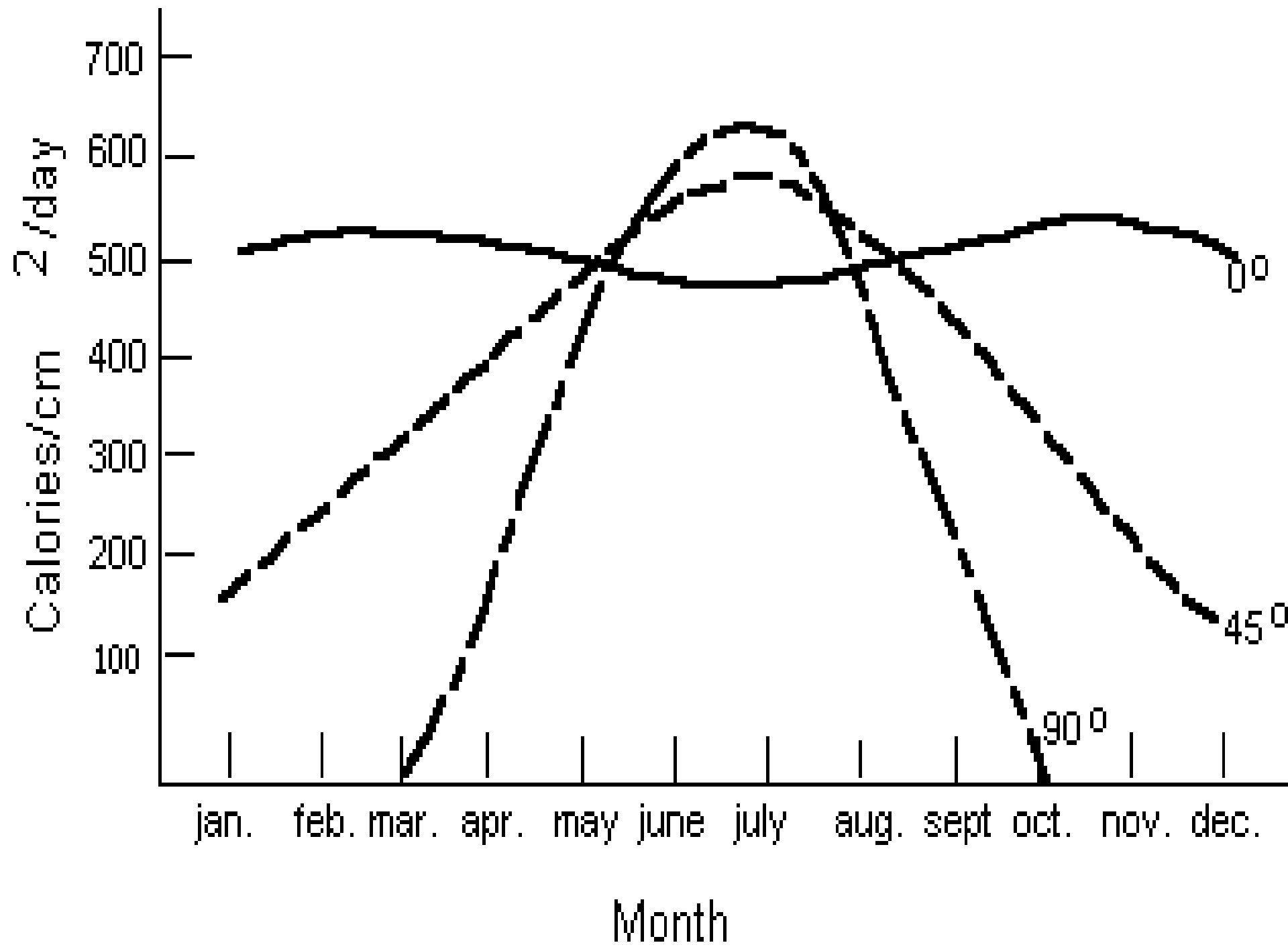
Considerar:

- Epocas del año.- Efecto verano.
 - a) Horas luz
 - b) Nutrientes
 - c) Latitud o altitud
- Nubes.- (tiempo)

Luz.....

Considerar:

- Turbidez (orgánica, inorgánica).-
- Hielo y nieve.-
- Árboles y ramas.-
- Plantas flotantes.- (1 – 5% luz penetra la superficie del agua)
- Profundidad del agua.-



2) Temperatura.-

Directamente responsable de la actividad metabólica de los organismos. Climas templados presentan ventajas no por máximas producciones mas bien por número de producciones al año.

3) Minerales

Agua

Acida

Alcalino

Acido

Alcalino

Suelo

Acido

Alcalino

Alcalino

Acido

Dry climates have alkline waters

Principio #2

"El peso de organismos que se puede producir depende de la capacidad del agua para producir fitoplancton"



Tropical rainforests have acid waters



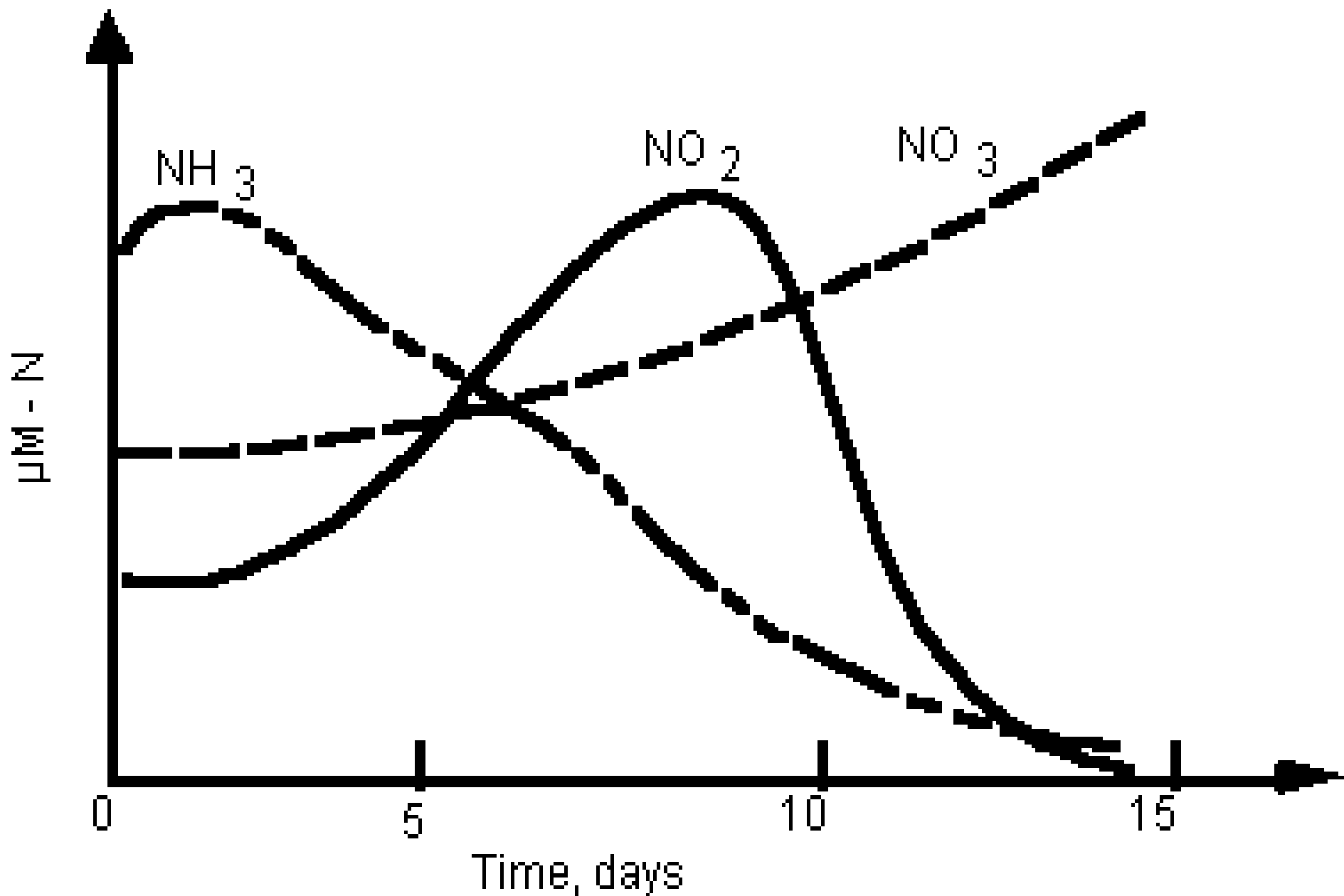
- Los factores limitantes son: nitrógeno (2 – 10), el fósforo (1), y el potasio (1).

Nitrogeno:

N_2	Gas	
NH_3	Amoniac o Amoniac no ionizado	(1-2 ppm toxico)
NH_4^+	Amoniac Ionizado (Ion amonia)	
$NH_4^+ + NH_3$	Total nitrogeno amoniacal (TAN)	
NO_2	Nitrito	
NO_3	Nitrato	

Nitrogeno Orgánico: Nitrogeno en aminoacidos, proteínas, etc. encontrados en cuerpos de animales y plantas.

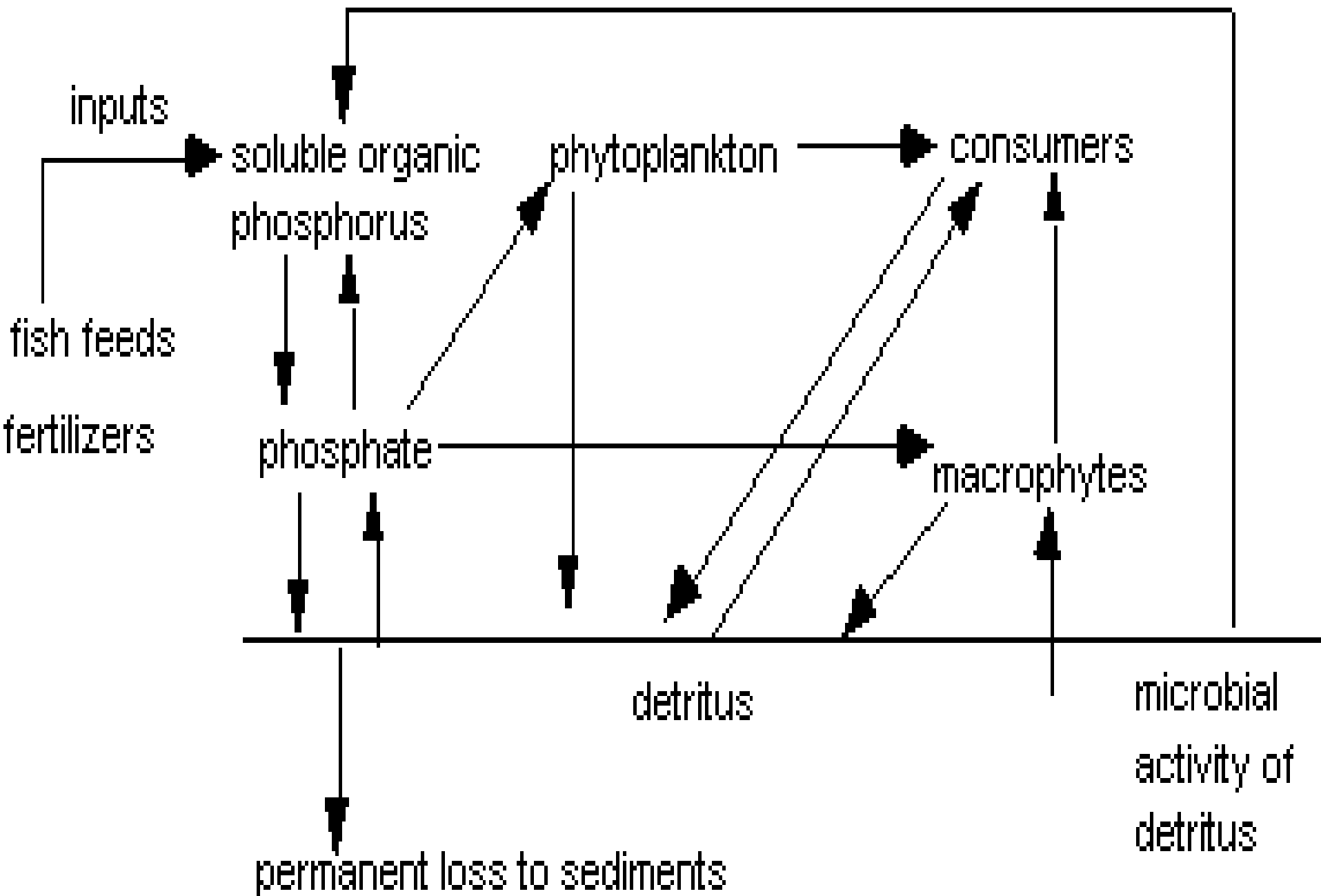
Variación de los niveles de Amonia, nitrito y nitrato en respuesta a la oxidación bacteriana en el tiempo (Shilo and Rimon, 1982).



Fosforo (P):

- Principal fuente: Alimento (70% de la proteína)
- No toxico, pero exceso puede provocar blooms de fito que pueden causar problemas de oxígeno y mal olor o sabor a lodo.
- Es el mas limitante por tener poca capacidad de retornar al medio (ciclo).

Ciclo del fosforo (Boyd, 1990)



Potasio (K):

- Rara vez limitante
- No tóxico en las concentraciones frecuentes

- Existen otros minerales: Ca, Mg, formas de carbonato y metales trazas

Aun más no se conoce exactamente la importancia de los minerales trazas en la producción primaria.

4) CO_2 .-

El CO_2 es importante para la fotosíntesis y puede presentarse como un limitante en estos sistemas acuáticos, si este no se presenta libre.

Aguas ácidas o alcalinas ($\text{pH} > 9$) no son muy productivas, por no disponer CO_2 libre.

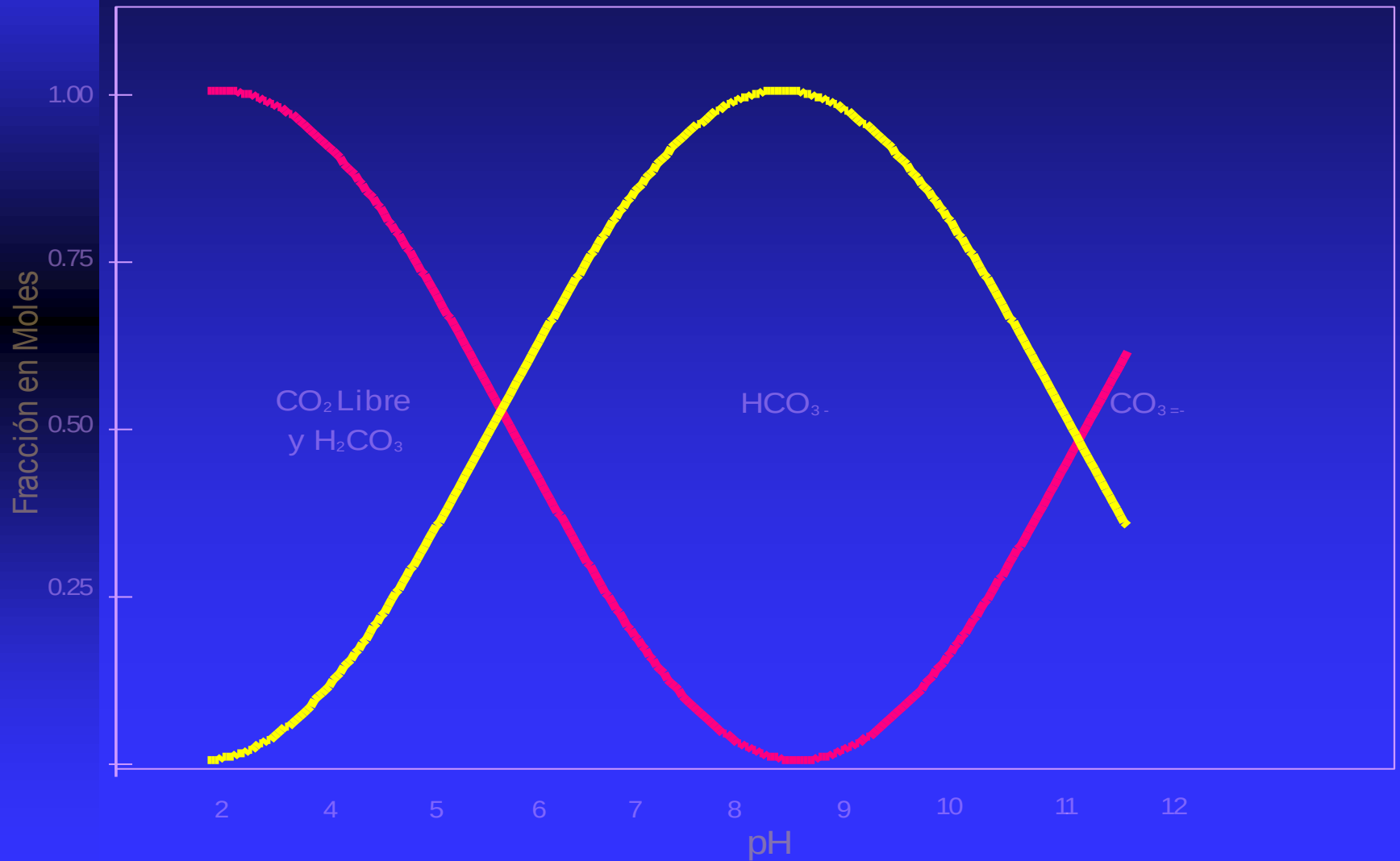
CO₂.....

Aguas con pH entre 6.5 y 9.5 son
consideradas buenas para cultivos.

Tenemos dos maneras de suplir de
CO₂:

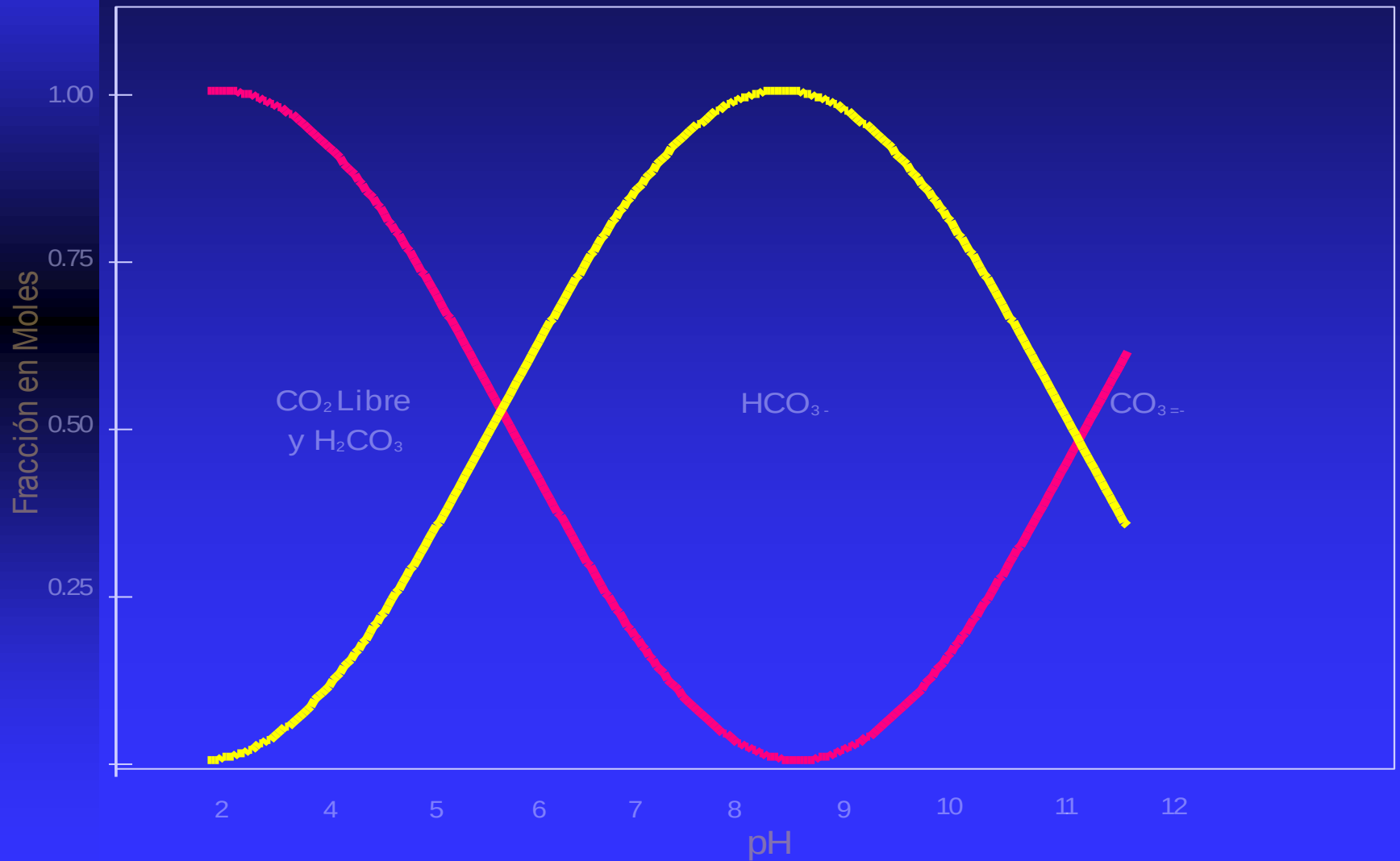
- Atmósfera
- Respiración de plantas

RELACION ENTRE pH Y FRACCIONES DE MOL



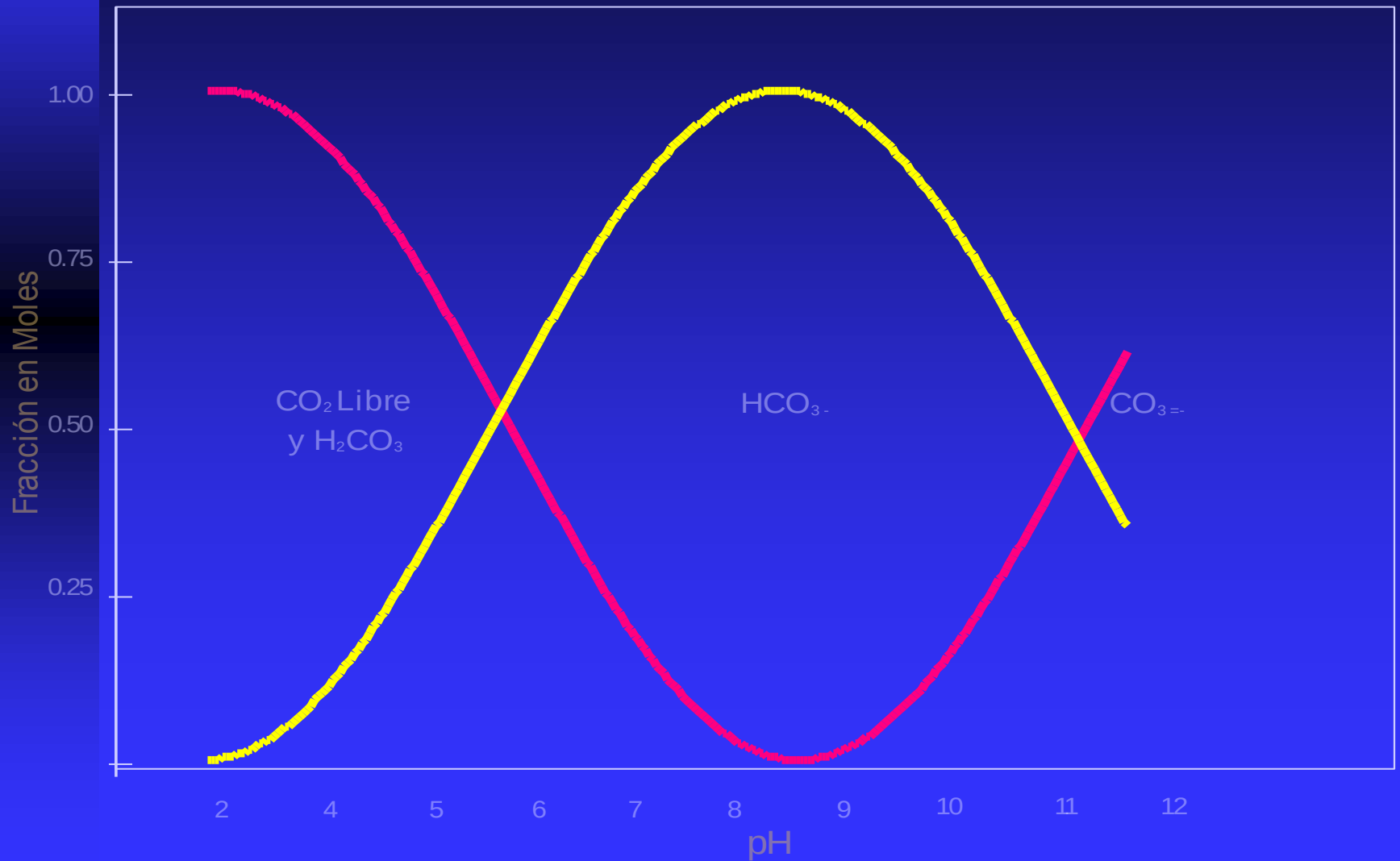
- Cuando el agua es ácida (<6) se tiene gran cantidad de CO_2 en el agua (asociado normalmente en forma de H_2CO_3) este CO_2 no está en estado libre.
- La presencia de un bicarbonato HCO_3^- , está asociado a la presencia de CO_2 libre.
- Con aguas de $\text{pH} < 6$ se tienen pocos bicarbonatos.

RELACION ENTRE pH Y FRACCIONES DE MOL

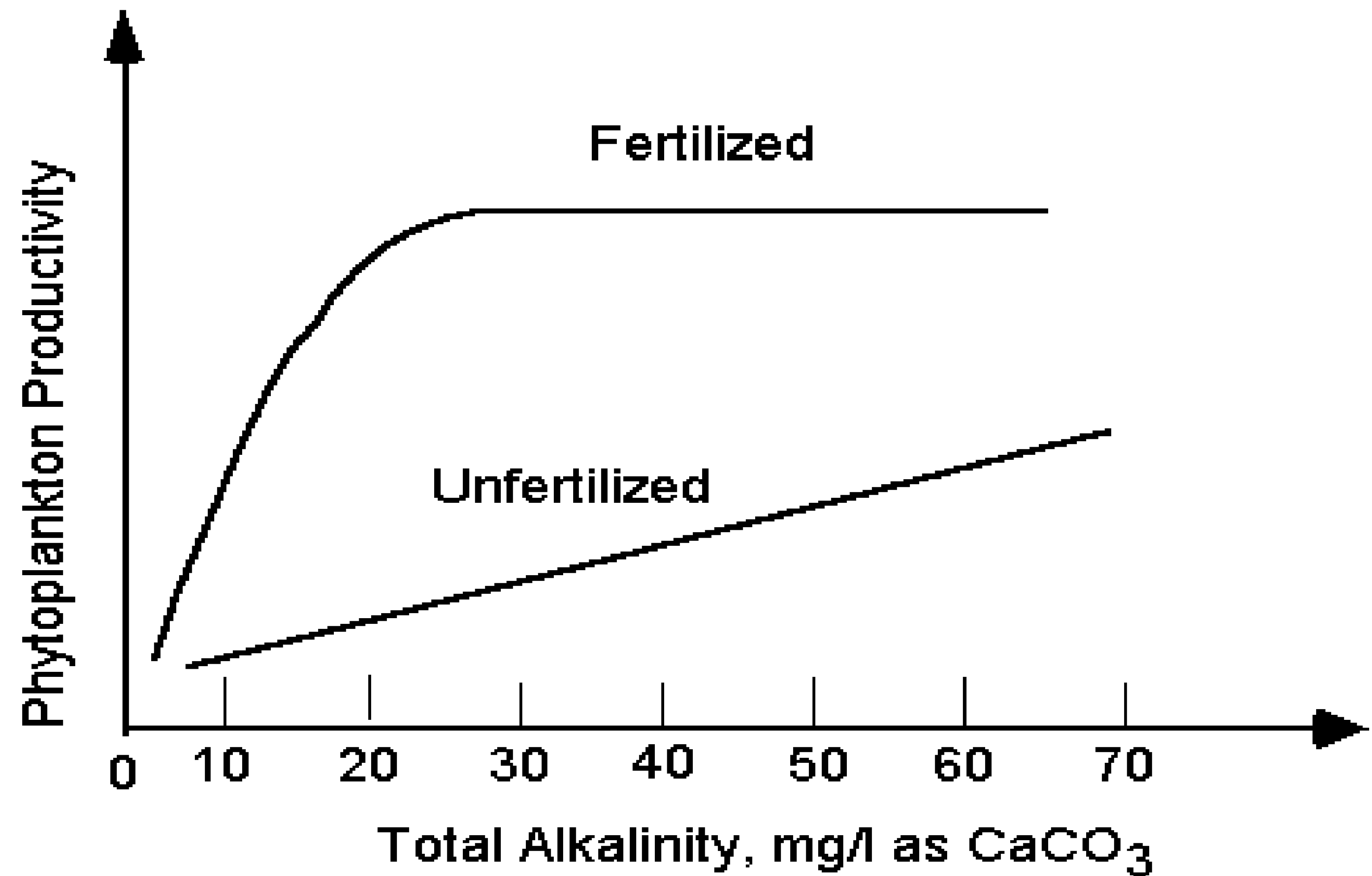


- Si el pH aumenta las cantidades de CO_2 libre encontrado en el agua disminuye llegando a 0, para pH de 8.3 podemos encontrar 0 ppm de CO_2 libre, pero en este punto se tiene la máxima cantidad de HCO_3^- .
- Cuando el pH se eleva, las cantidades de HCO_3^- baja y crece la cantidad de carbonatos ($\text{CO}_3^{=}$), (no dissociables para la forma de $\text{HCO}_3^{=}$).

RELACION ENTRE pH Y FRACCIONES DE MOL



Relación entre la productividad fitoplanctónica y la Alcalinidad total en piscinas fertilizadas y no fertilizadas en Auburn, AL.



Problemas asociados con medios ácidos:

- * Con materia orgánica (abono)
- * Cianoficeas
- * Fotosíntesis superficial
- * Cal

5) Oxígeno Disuelto O_2 .-

Importante por:

- * Producción de las plantas
- * Aumentar la velocidad de los procesos de descomposición.

Principio #3

“Las Plantas microscópicas son el alimento principal para la mayoría de organismos”

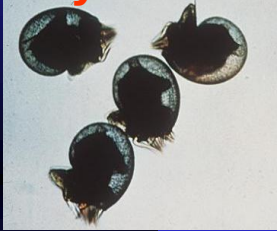
Porqué el fitoplancton es deseable?

- * Alto contenido de proteínas 20 a 50% (del peso seco)
- * Corto ciclo de vida
- * Más eficientes para usar la luz solar
- * Pequeño tamaño y fácil a consumir.
- * Movilidad
- * Buen productor de oxígeno
- * Fácilmente incorporado al organismo

Live food chains in marine larviculture



early and late



mollusc larvae

adults bivalve



molluscs

brine shrimp,



rotifers, copepods

late larval and early



juvenile crustaceans
and fish

early larvae of



crustaceans and fish

La maleza acuática no es beneficiosa?

- * Aumenta la tasa de evaporación
- * Inmóvil (interfiere en la cosecha)
- * Compite por nutriente
- * Ciclo de vida largo
- * Pobre valor nutricional
- * Provee de cubierta o obstáculo a predadores
- * Interfiere en la pesca deportiva

La maleza acuática no es beneficiosa?.....

- * Causa deficiencia de oxígeno
 - Consumen más oxígeno que lo que producen
 - Desequilibran balance O_2 .
- * Es un hábitat de mosquitos
- * Es un hábitat de caracoles
- * Reduce la capacidad de carga del estanque.

Que puede hacer la maleza que el fitoplancton no puede?

- * Atrapa nutrientes retenidos en el fondo.
- * Ellos pueden oxigenar aguas mas profundas.
- * Evitan la erosión de las zonas marginales.
- * Proveen de substrato como alimento a algunos especies.
- * Proveen de substrato para reproducirse.

Que puede hacer la maleza que el
fitoplancton no puede?.....

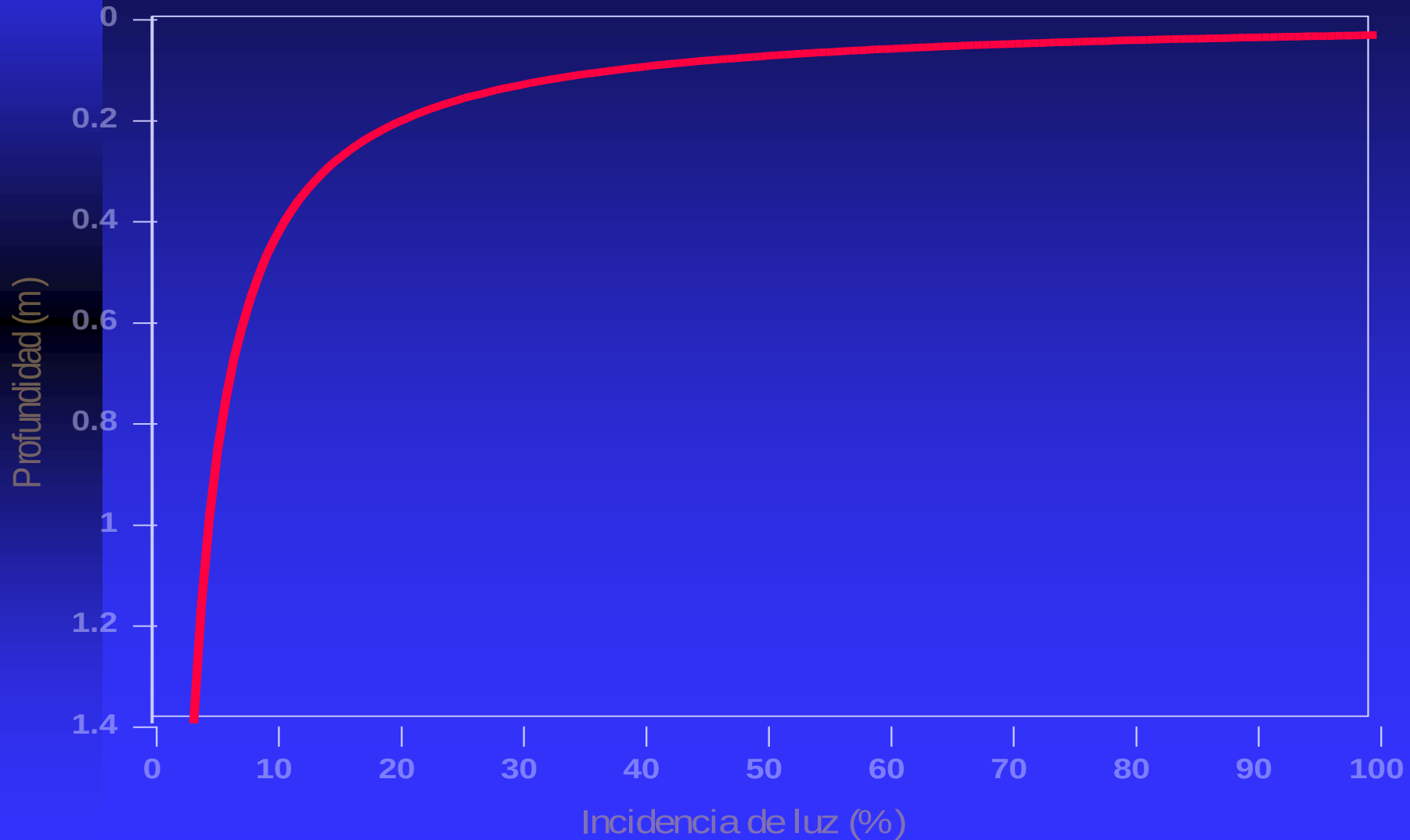
- * Reduce el exceso de nutrientes en el agua.
- * Provee de protección para pequeños peces.
- * Ayuda a precipitar los sólidos suspendidos.

Principio #4

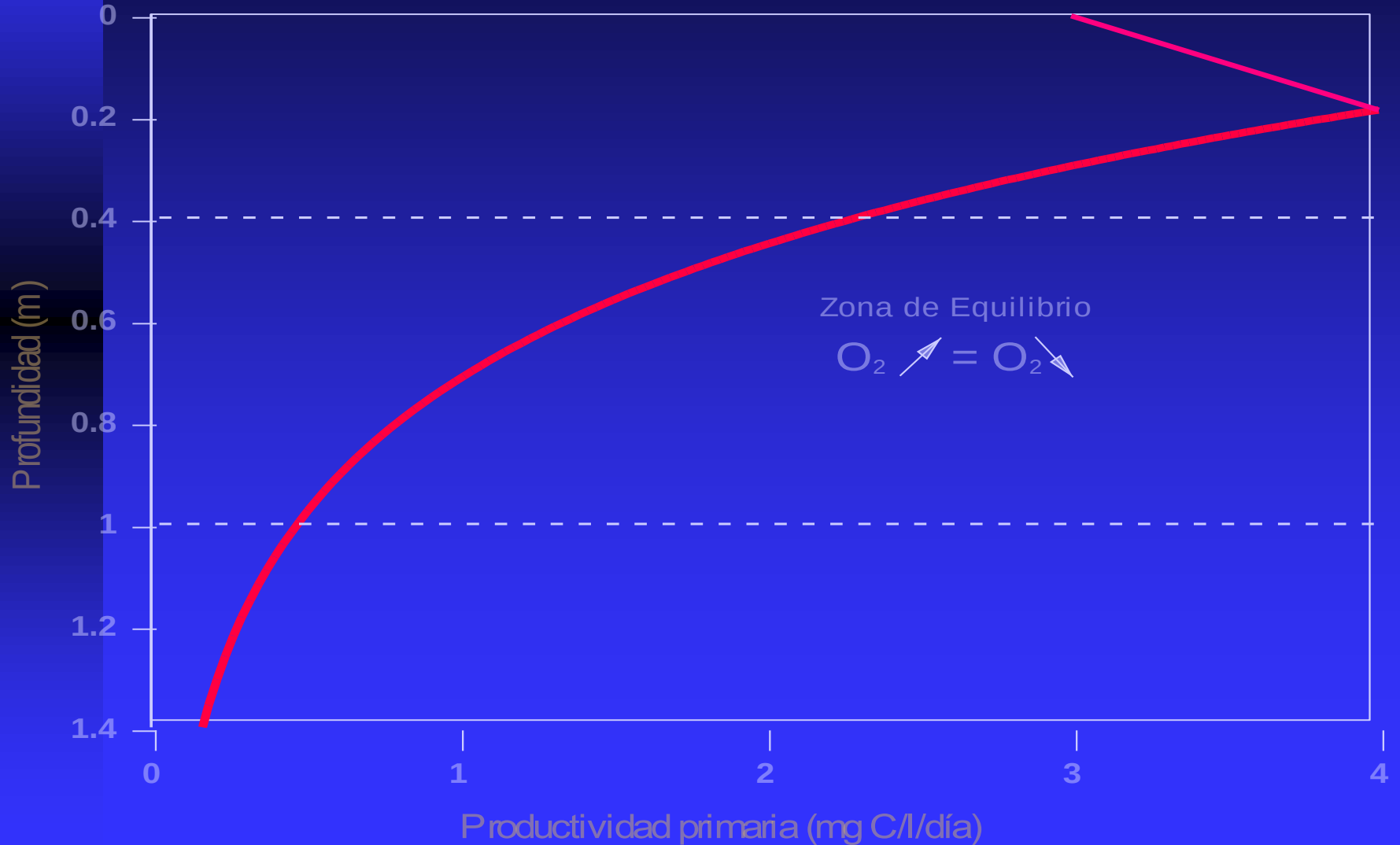
“Mucha fertilidad del agua en ausencia de maleza, provoca una aumentada densidad de fitoplancton, poca penetración de luz y reducción de oxígeno en el hipolimnio”

- a) Concentraciones elevadas de fitoplancton en la superficie pueden causar estratificación y baja de oxígeno en capas no superficiales.
- * En aguas de superficie hay menos producción pri-maria que cerca de los 0.2 m
 - * La luz gradualmente decrece a 0 cero a los 1.5 m.
 - * Entre los 0.4 y 1 m existe equilibrio en el balance de oxígeno.
 - * En piscinas fertilizadas las condiciones anaeróbi-cas se encuentran cerca a 1 m.

ABSORCION DE LUZ VS PROFUNDIDAD

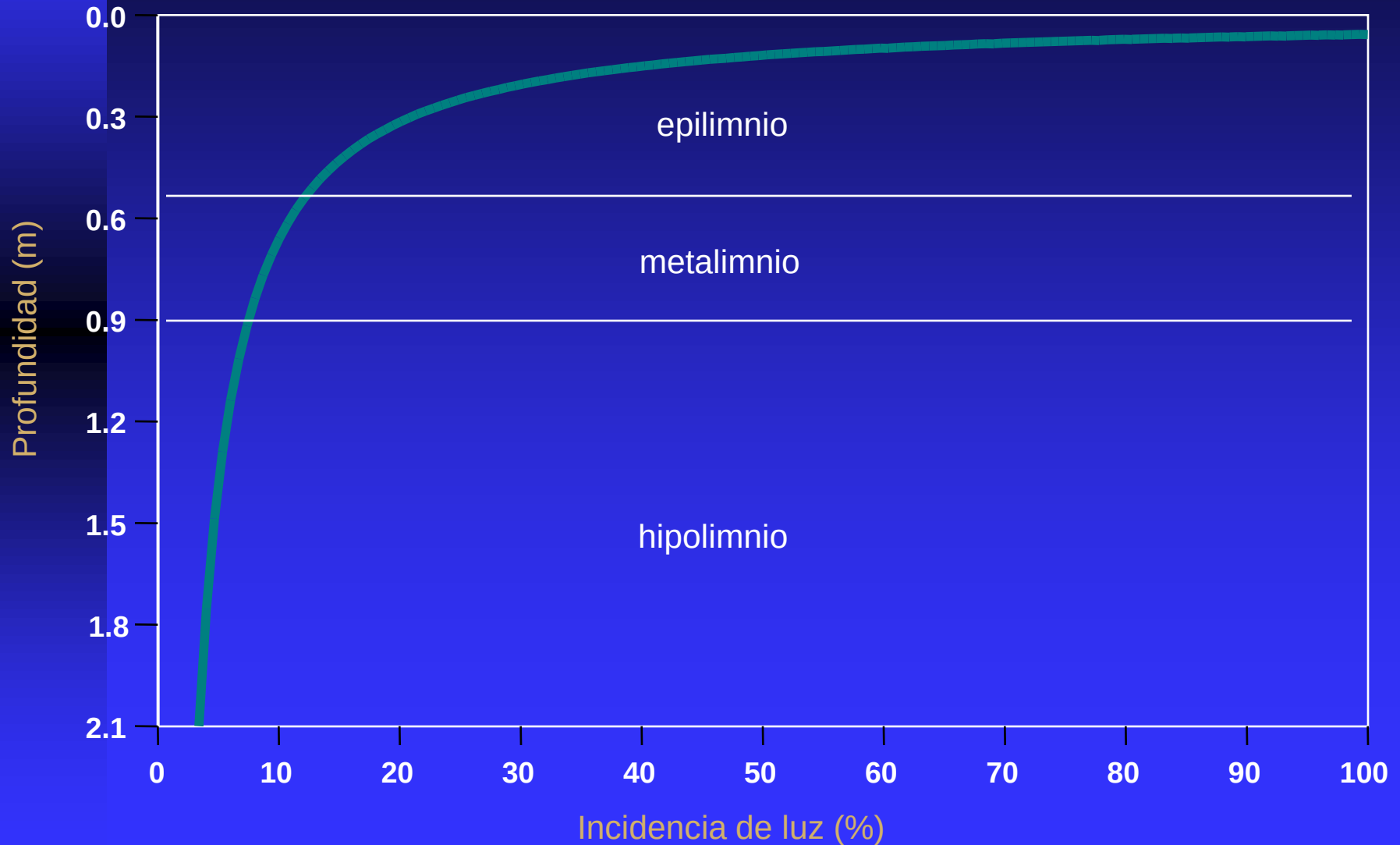


PRODUCTIVIDAD PRIMARIA VS PROFUNDIDAD



- b) En piscinas profundas un alto porcentaje del total del volumen es deficiente en oxígeno disuelto y muy peligroso para los organismos que se cultivan.
- * Existe en piscinas profundas una estratificación termal (baja productividad y estratificación térmica).
- * Buenas concentraciones de oxígeno en superficie (temperaturas fuertes).
- * El cambio brusco de temperatura, mas el efecto de nubes puede que todo el fitoplancton se precipite.

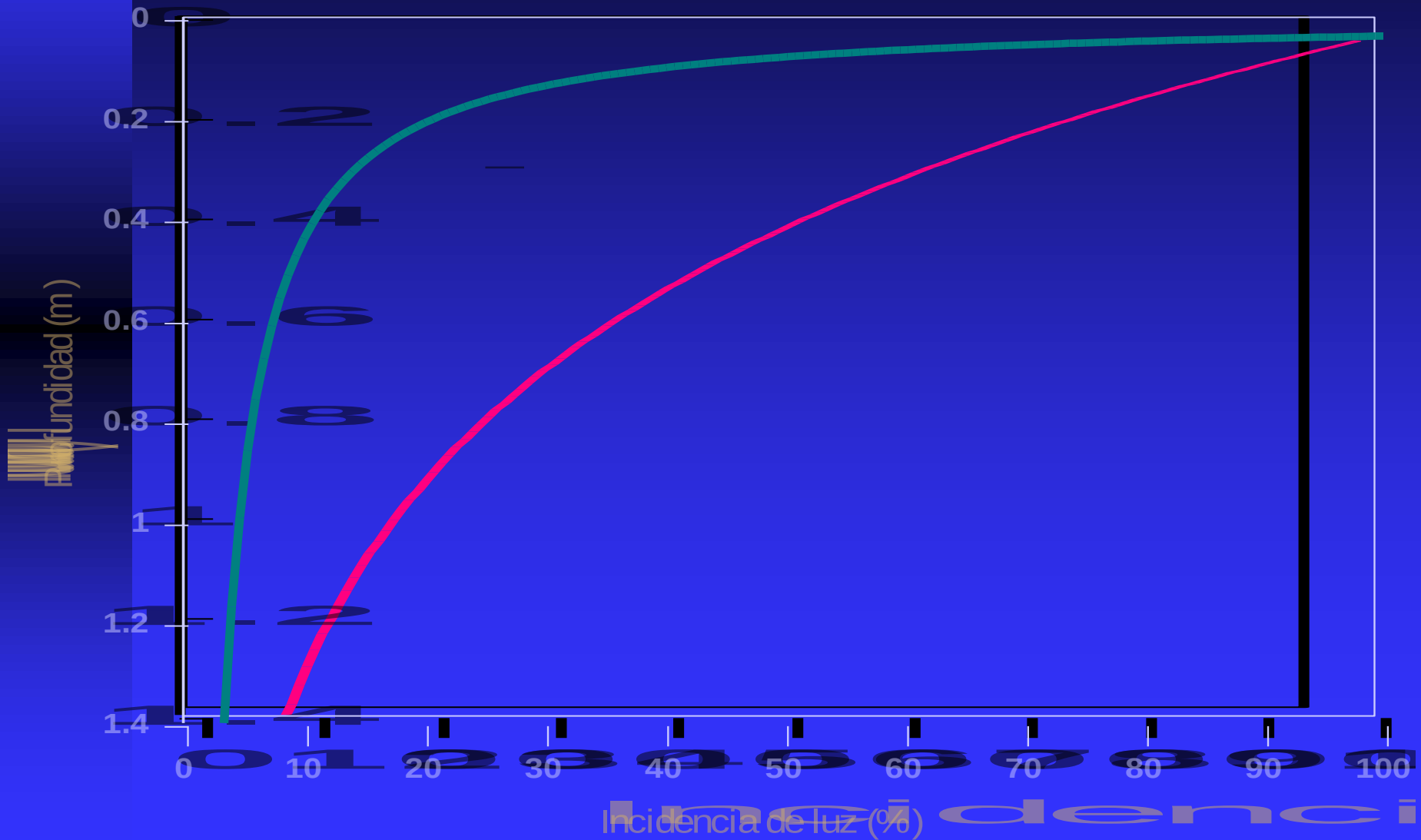
APARICION DE TERMOCLINA EN ESTANQUES PROFUNDOS



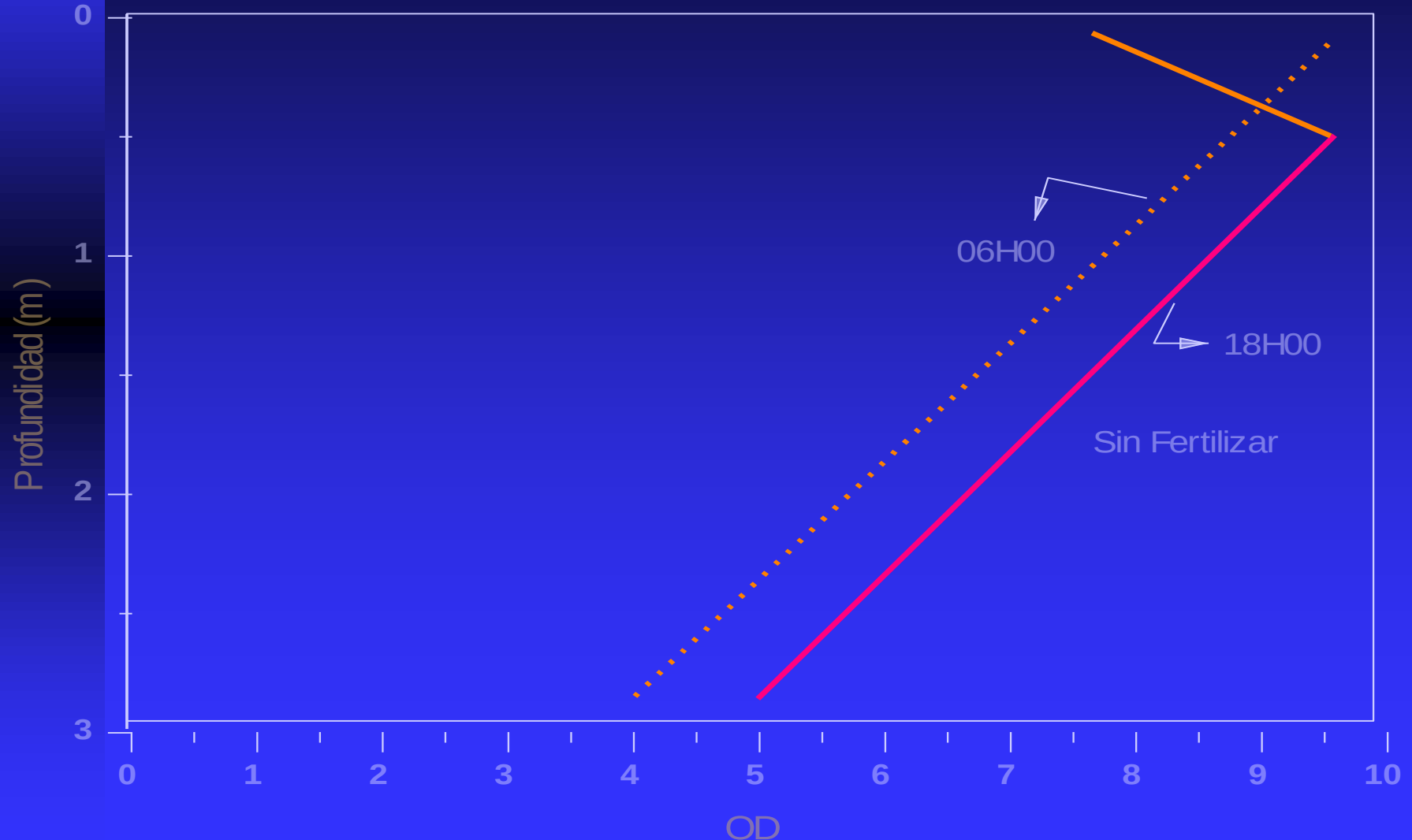
“Mucha fertilidad del agua en ausencia de maleza, provoca una alta densidad de fito, poca luz y pobre oxígeno en el hipolimnio”

c) Lagos o piscinas no fertilizadas tienen una distribución mayor de oxígeno a profundidades que los fertilizados.

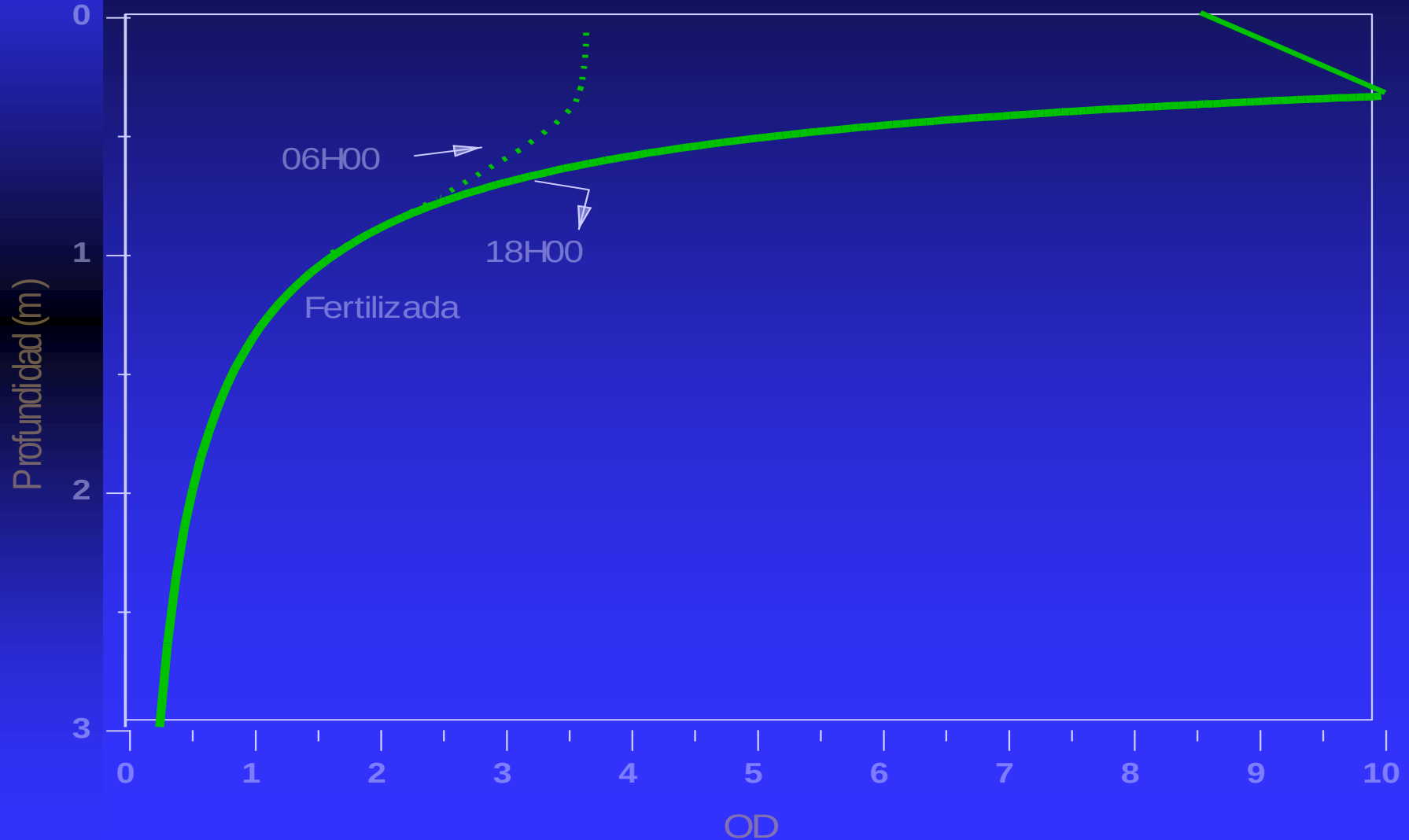
ABSORCION DE LUZ VS PROFUNDIDAD



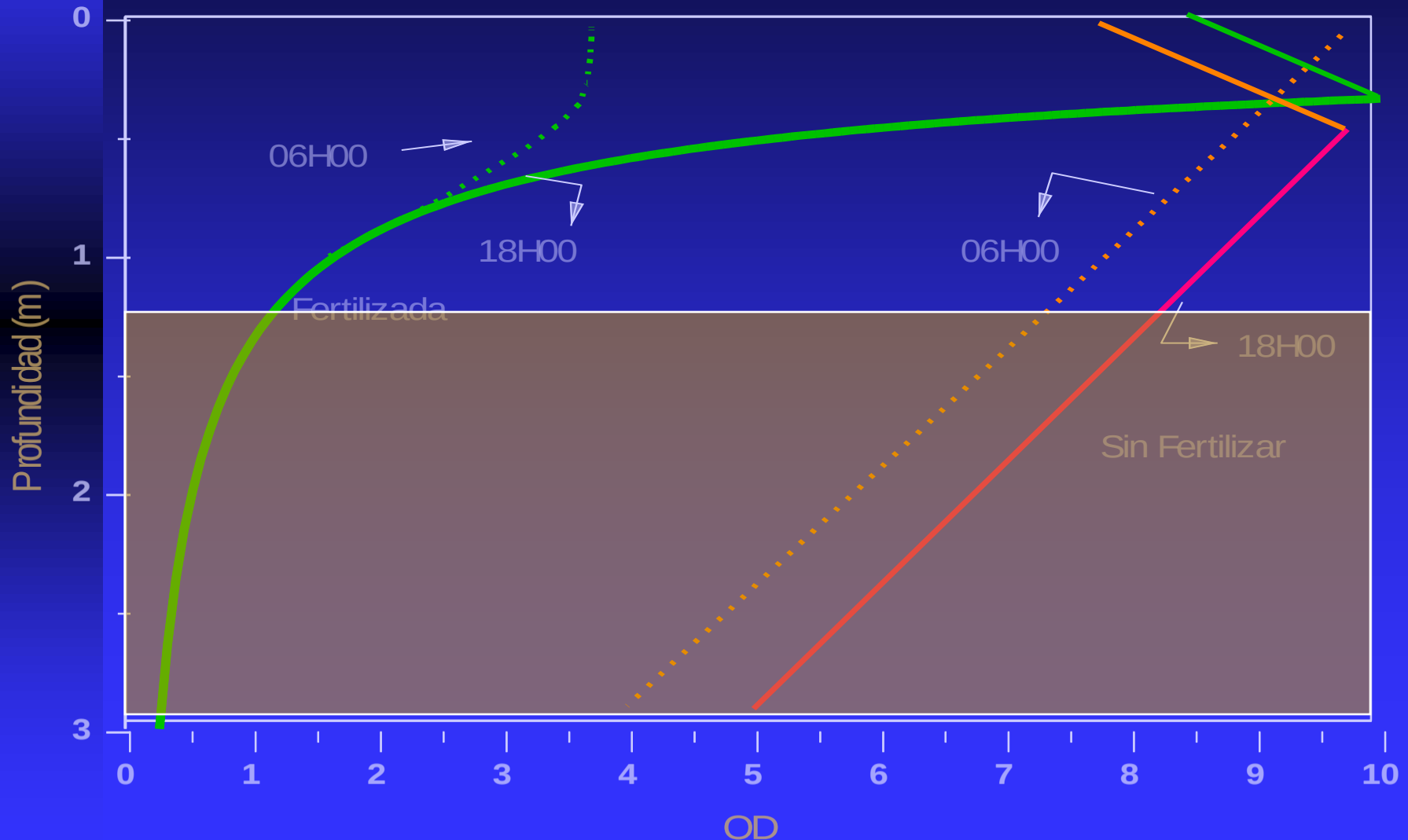
VARIACION DEL OXIGENO EN SISTEMAS NO FERTILIZADOS



VARIACION DEL OXIGENO EN SISTEMAS FERTILIZADOS



VARIACION DEL OXIGENO EN SISTEMAS FERTILIZADOS Y NO FERTILIZADOS



d) El mantenimiento de los niveles de oxígeno es más dependiente de la fotosíntesis que de la difusión desde el aire.

Este puede ser reducido por:

- 1.- La respiración y exceso de DBO y DQO,
DBO.- Demanda biológica de oxígeno es en muchos casos más importante que la respiración de los organismos vivos.
DQO.- La demanda química de oxígeno u oxidación de ciertos elementos en presencia de oxígeno.

d) El mantenimiento de los niveles de oxígeno es más dependiente de la fotosíntesis que de la difusión desde el aire.

Este puede ser reducido por:

- 2.- La inversión de la fotosíntesis
- 3.- La muerte del plancton.

**Mecanicamente como evitar la
estratificación y la baja de oxígeno
cuando el manejo así lo exige**

Sistemas de Aireacion

- Oxígeno disuelto es el factor mas critico en cultivos intensivos y semi-intensivos de camarón.
- La Aireación de emergencia provee oxigeno en determinados momentos para evitar el estres o muerte de los animales.
 - ◆ Necesario ocasionalmente.
- La aireación suplementaria provee oxigeno de forma continua para incrementar mas los niveles de produccion y permitir niveles de alimentación contínuos de > 50 kg/Ha/día.

Aireación: Funciones

1. Añade O_2 al agua:
 - a. Camarón usa $<20\%$ O_2 .
 - b. Procesos Bacterianos y Químicos.
2. Oxida capa orgánica superior del suelo.
3. Circula el agua y rompe estratificación.
 1. $> 5-10$ cm /s para mantener “flucular layer” en buen estado.
 2. > 20 cm/s para suspender sólidos con liner (ZEHS).
4. Aleja agua aireada y acerca agua sin airear.

Aireación: Funciones

5. Evita compuestos reducidos (NH_4 , H_2S , etc).
6. Ayuda a eliminar gases dañinos (NH_4 , CO_2).
7. ZEHS : Suspende sólidos para formar flóculos. (Sist. Heterótrofos cero recambio).
8. Acumula desechos en un área.
9. Contras:
 1. Ojo: reducen temperatura.

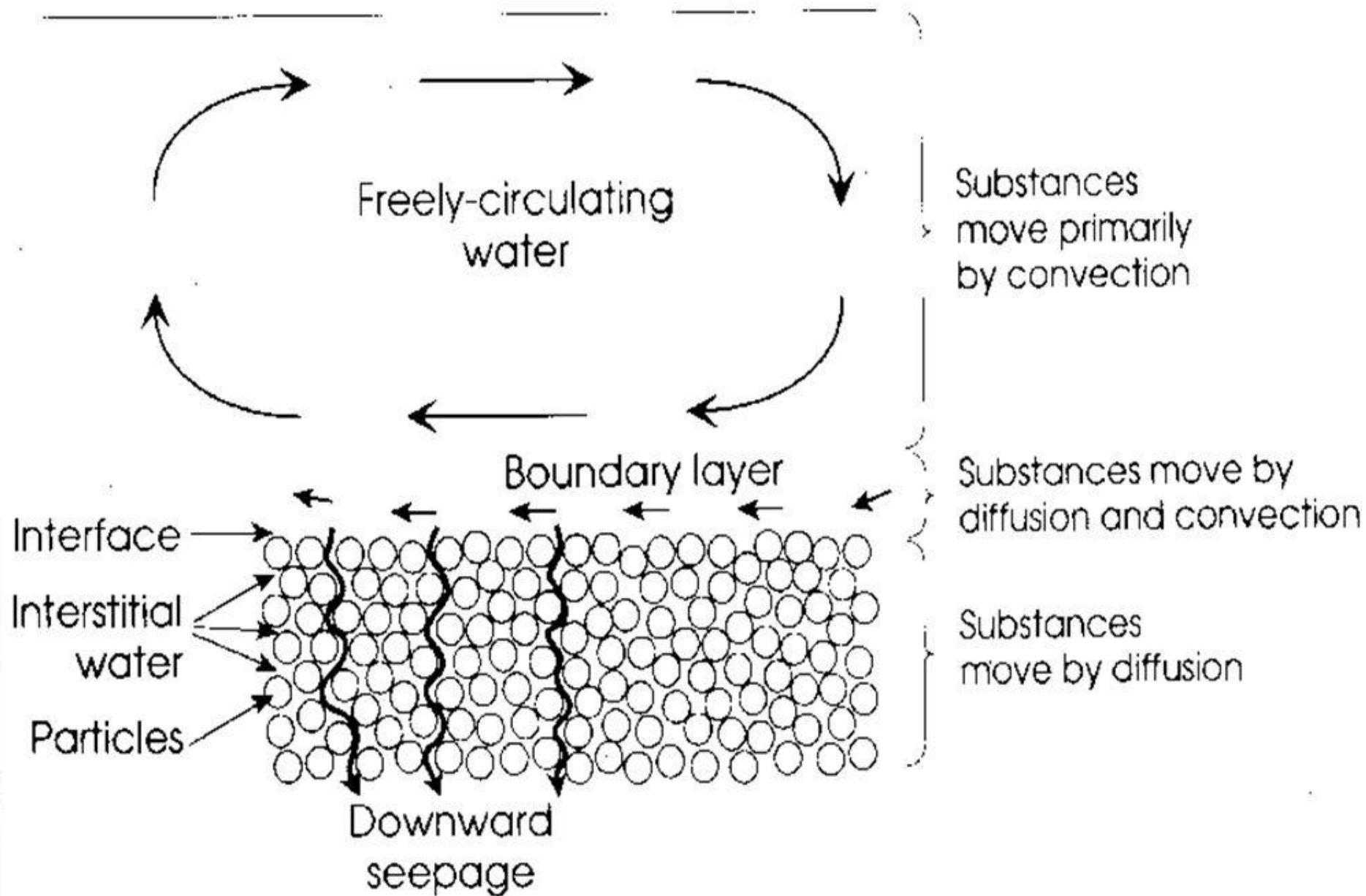
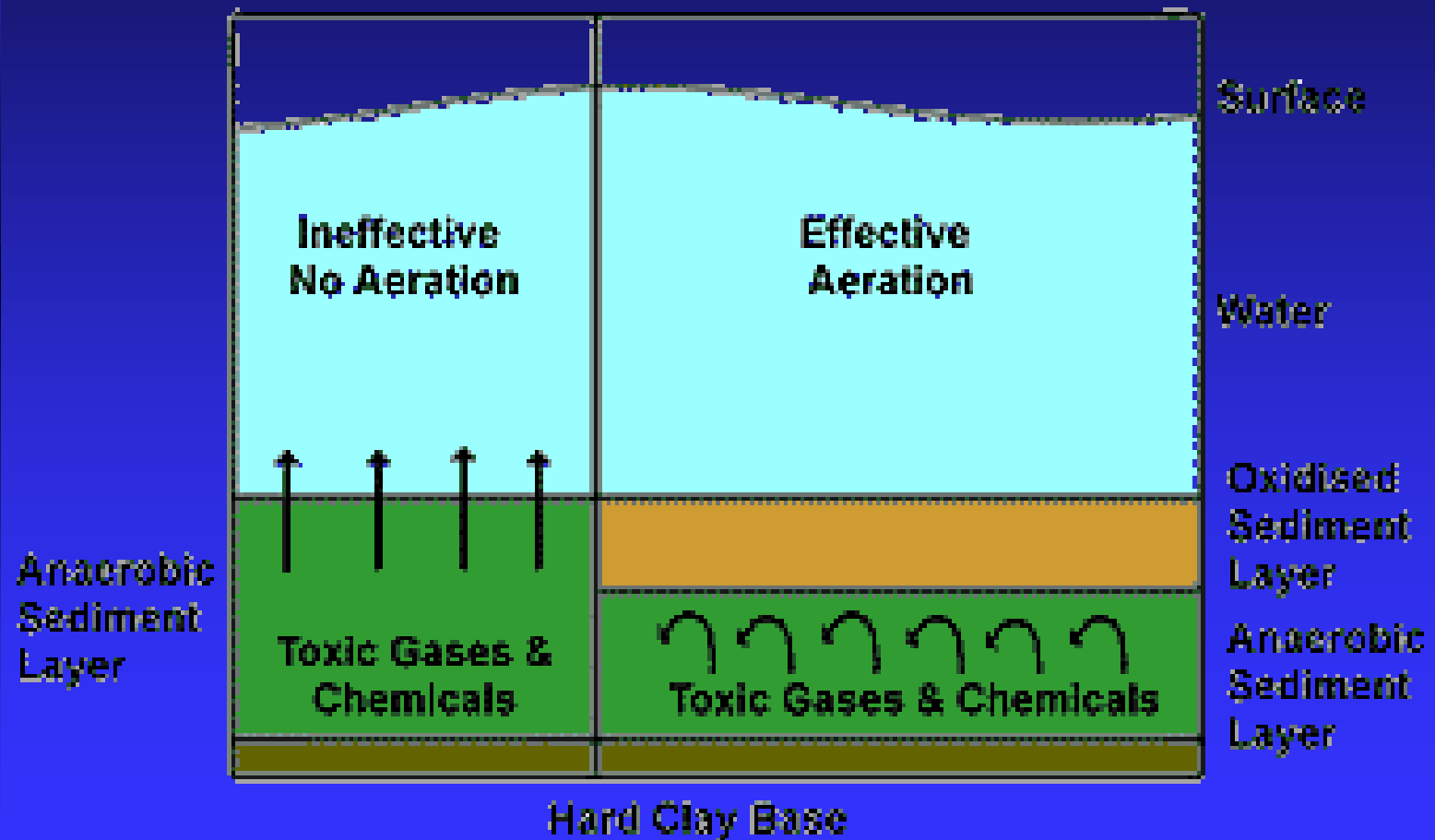


FIG. 5.4. Model of water and substance movement within a pond.

Capa Sedimentos Aerobica / Anaerobica

Fig 3 Aerobic and Anaerobic Layers



Oxigenación: Como Funciona?

- No se inyecta O_2 al agua, se lo disuelve.
- Es aumentar la difusión de oxígeno del aire al agua. Y la esta es función de:
 - ◆ Solubilidad ($T^{\circ}C$ y salinidad).
 - ◆ Diferencia de concentración.
 - ◆ Area de Contacto.
- ◆ Hay 3 formas de aumentar difusión:
- ◆ Aumentar % O_2 en Aire.
 - ◆ Oxígeno puro.
- ◆ Aumentar area de contacto.
 - ◆ Aireadores mecánicos (Circulan también).
 - ◆ Aireadores de gravedad

Solubilidad de O₂ en Agua

°C	Salinidad (ppt)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
20	9.1	8.8	8.6	8.3	8.1	7.8	7.6	7.4
21	8.9	8.7	8.4	8.2	7.9	7.7	7.5	7.3
22	8.7	8.5	8.2	8	7.8	7.5	7.3	7.1
23	8.6	8.3	8.1	7.9	7.6	7.4	7.2	7
24	8.4	8.2	7.9	7.7	7.5	7.3	7.1	6.9
25	8.2	8	7.8	7.6	7.4	7.2	7	6.8
26	8.1	7.9	7.7	7.4	7.2	7	6.8	6.6
27	7.9	7.7	7.5	7.3	7.1	6.9	6.7	6.5
28	7.8	7.6	7.4	7.2	7	6.8	6.6	6.4
29	7.7	7.5	7.3	7.1	7.7	6.7	6.5	6.3
30	7.5	7.3	7.1	6.9	7.6	6.6	6.4	6.2
31	7.4	7.2	7	6.8	6.6	6.5	6.3	6.1
32	7.3	7.1	6.9	6.7	6.5	6.4	6.2	6
33	7.2	7	6.8	6.6	6.4	6.3	6.1	5.9
34	7.1	6.9	6.7	6.5	6.3	6.2	6	5.8
35	6.9	6.8	6.6	6.4	6.2	6.1	5.9	5.8

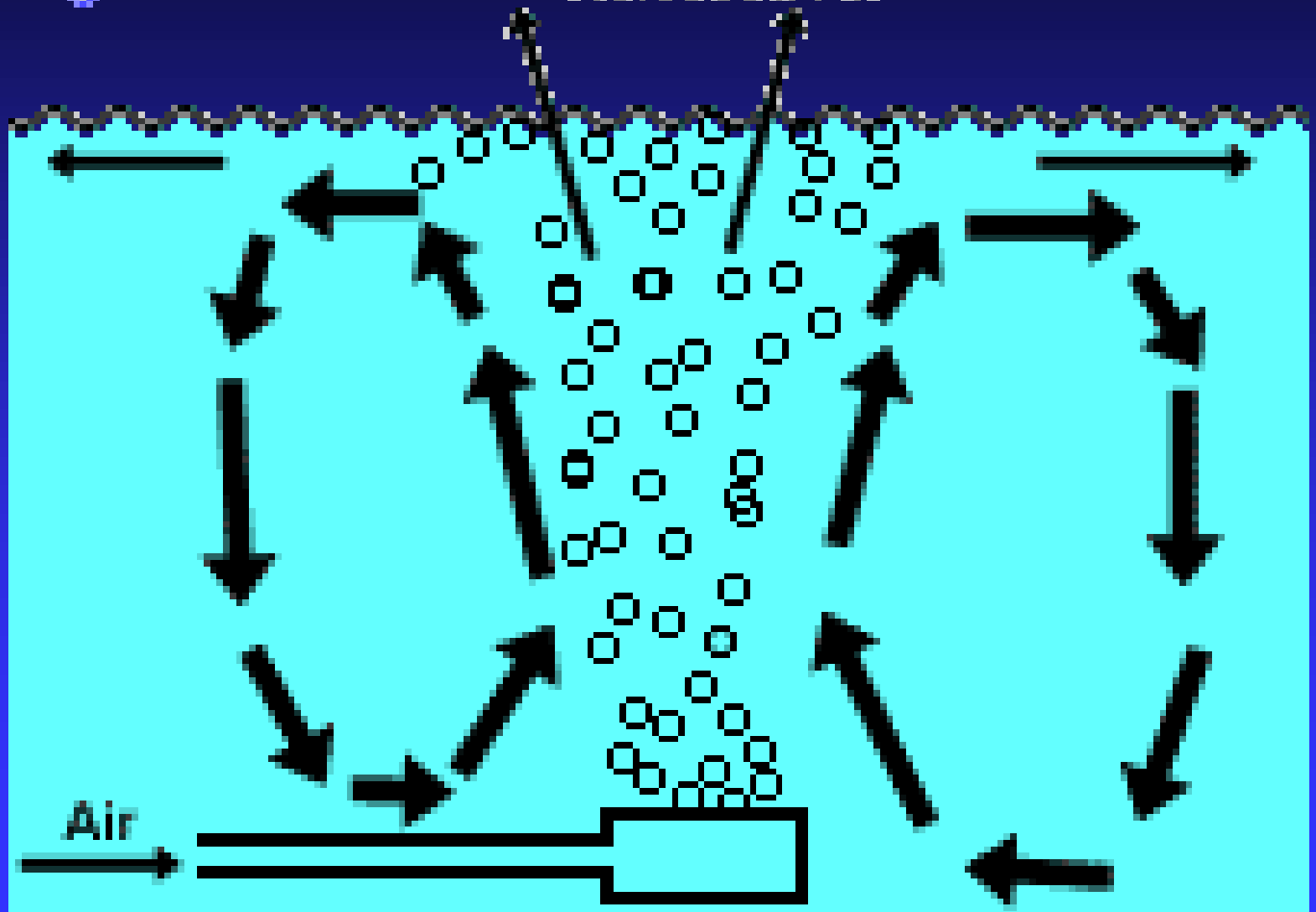
Tipos De Aireadores (1)

■ Difusores de Aire.

- ◆ Difusores de aire (mangueras, piedras, etc).
- ◆ Elevadores de aire, airlift. (bombas de aire).
- ◆ Bajísima transferencia de oxígeno /HP.
- ◆ Alto mantenimiento.
- ◆ Bajísima circulación agua.
- ◆ Método mas ineficiente para camaroneras.
- ◆ Util en piscinas profundas (>5m) o tanques.
- ◆ Eficiencia: tamaño burbuja/tiempo contacto.
 - ◆ > Tamaño burbuja > Circulación.
 - ◆ > Tamaño burbuja < Oxigenación.
 - ◆ > Tiempo contacto > Oxigenación.
 - ◆ Presión no influye.

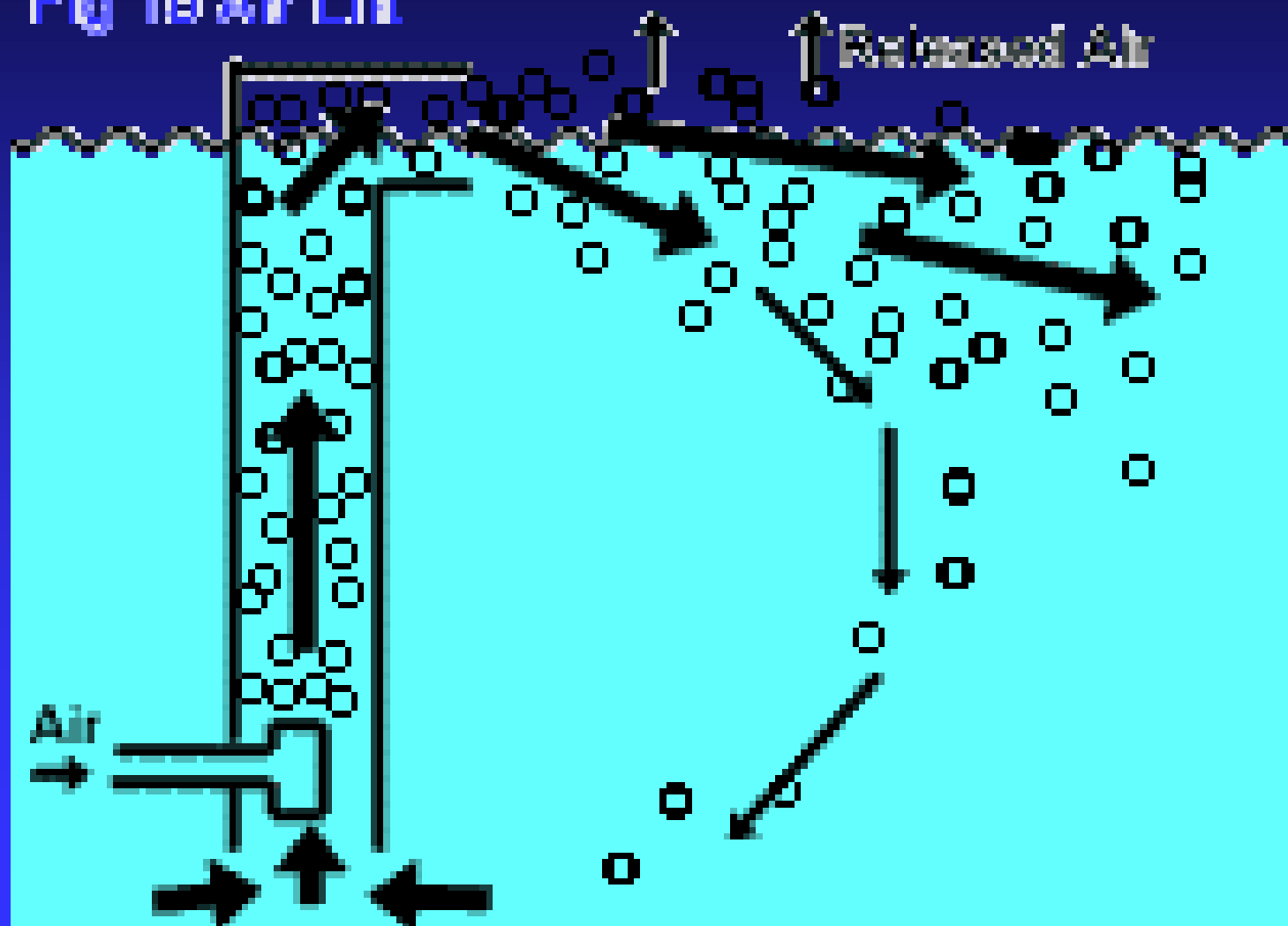
Difusores de agua

Fig 1a Diffused Air Released Air



Air Lift

Fig 1b Air Lift



Air Lift



Mangueras Difusión



1999. 6. 9

Difusor de Aire; Elevador de aire.
Diffused air; Airlift

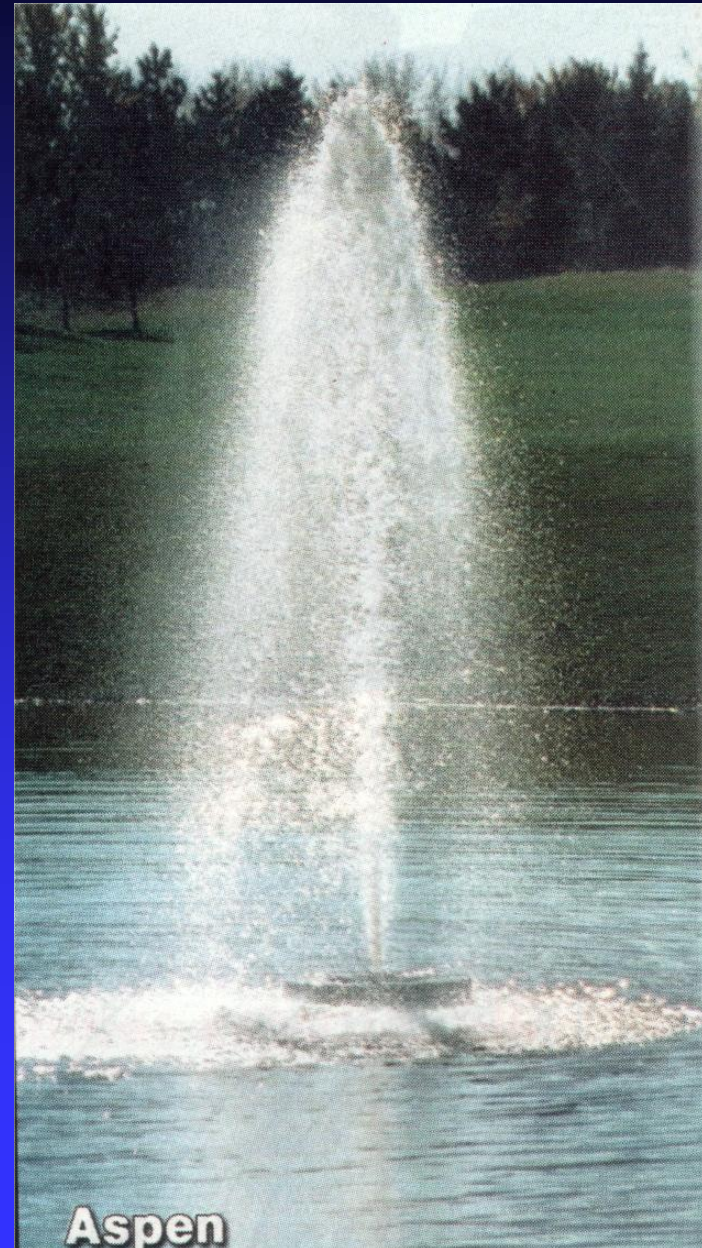
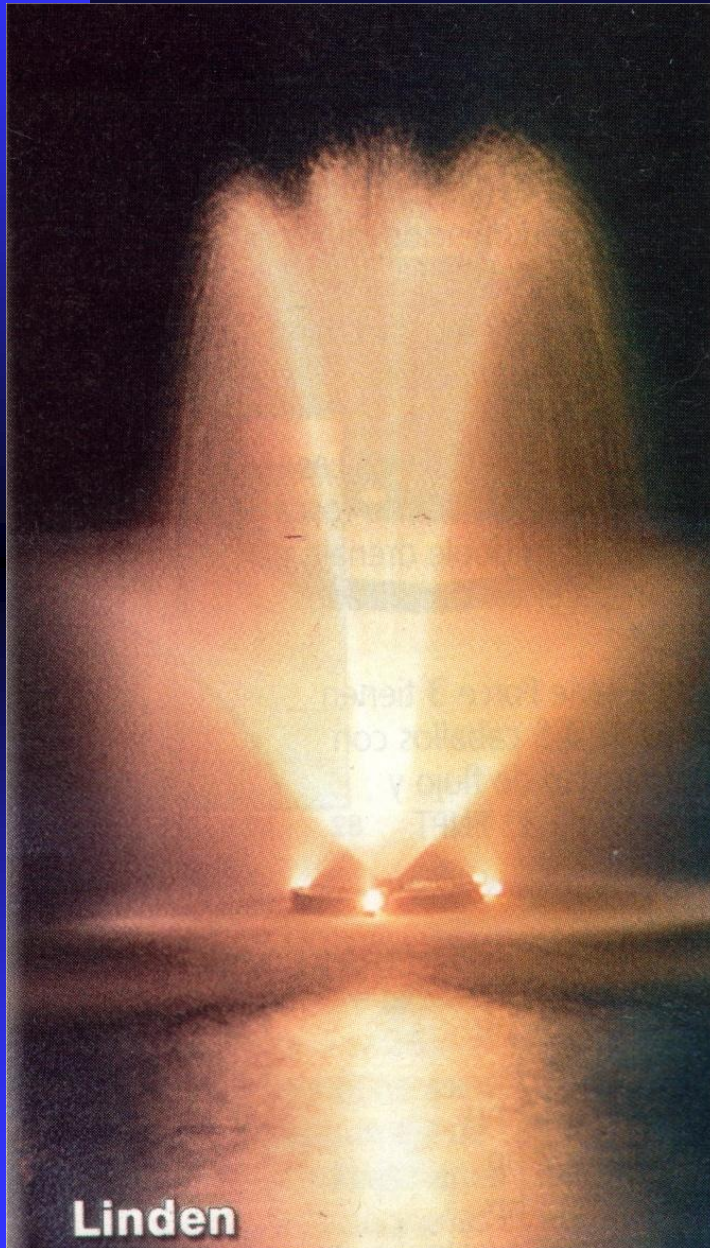


Tipos De Aireadores (2)

■ Bombas:

- ◆ Rociadora
- ◆ Vertical
- ◆ Sumergida
 - ◆ Muy bonitas para decoración.
 - ◆ Baja eficiencia.
 - ◆ Baja circulación.
 - ◆ Baja transferencia de oxígeno.
 - ◆ No aplicables para acuicultura.
 - ◆ Si le ponen luces de colores pueden usarlas para decorar jardines.

Aireador de Bomba Rociadora



Bomba Rociadora

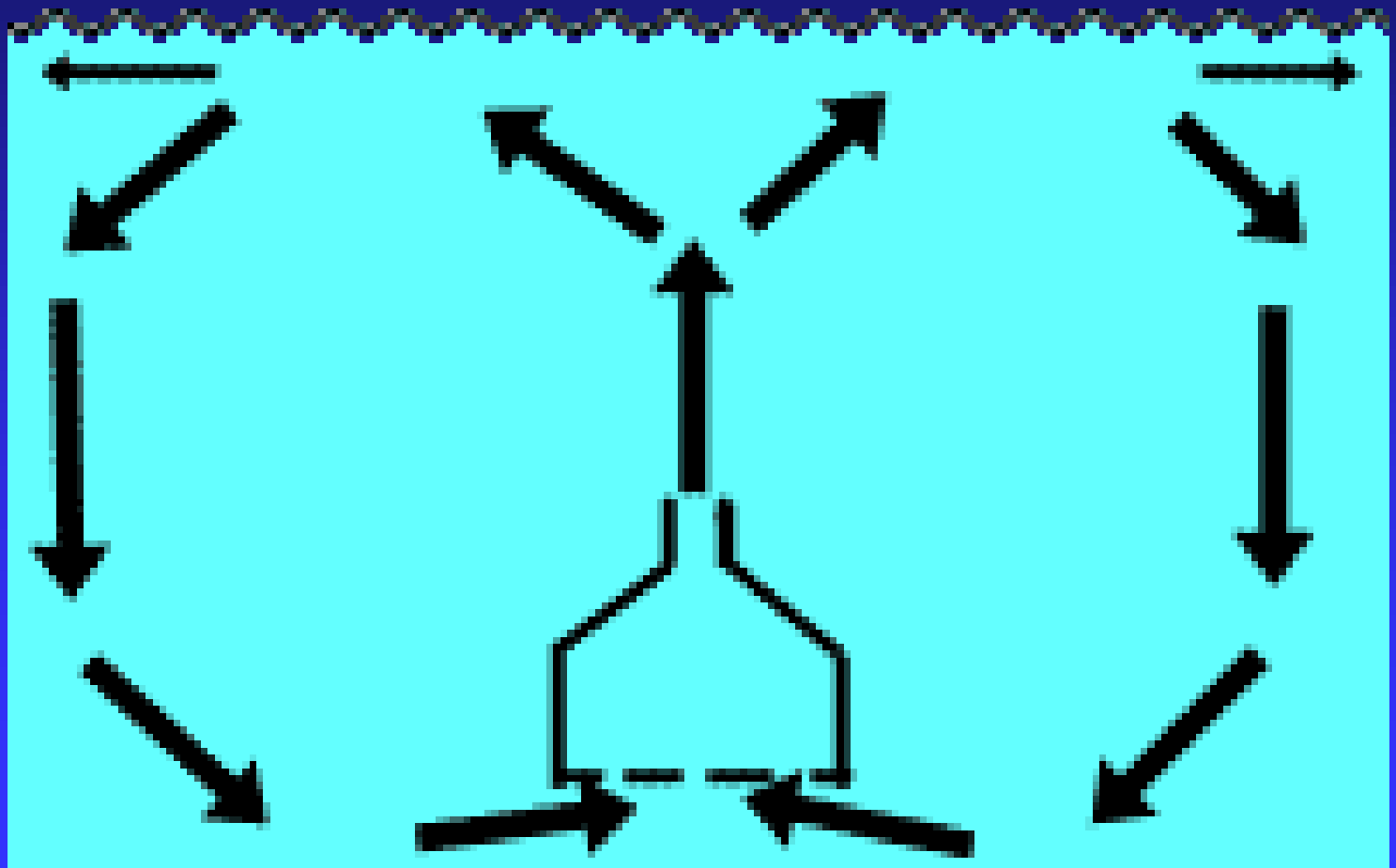


Bomba Vertical



Bomba Sumergible

Fig 1o Submersible pump



Bomba Sumergible / Splash

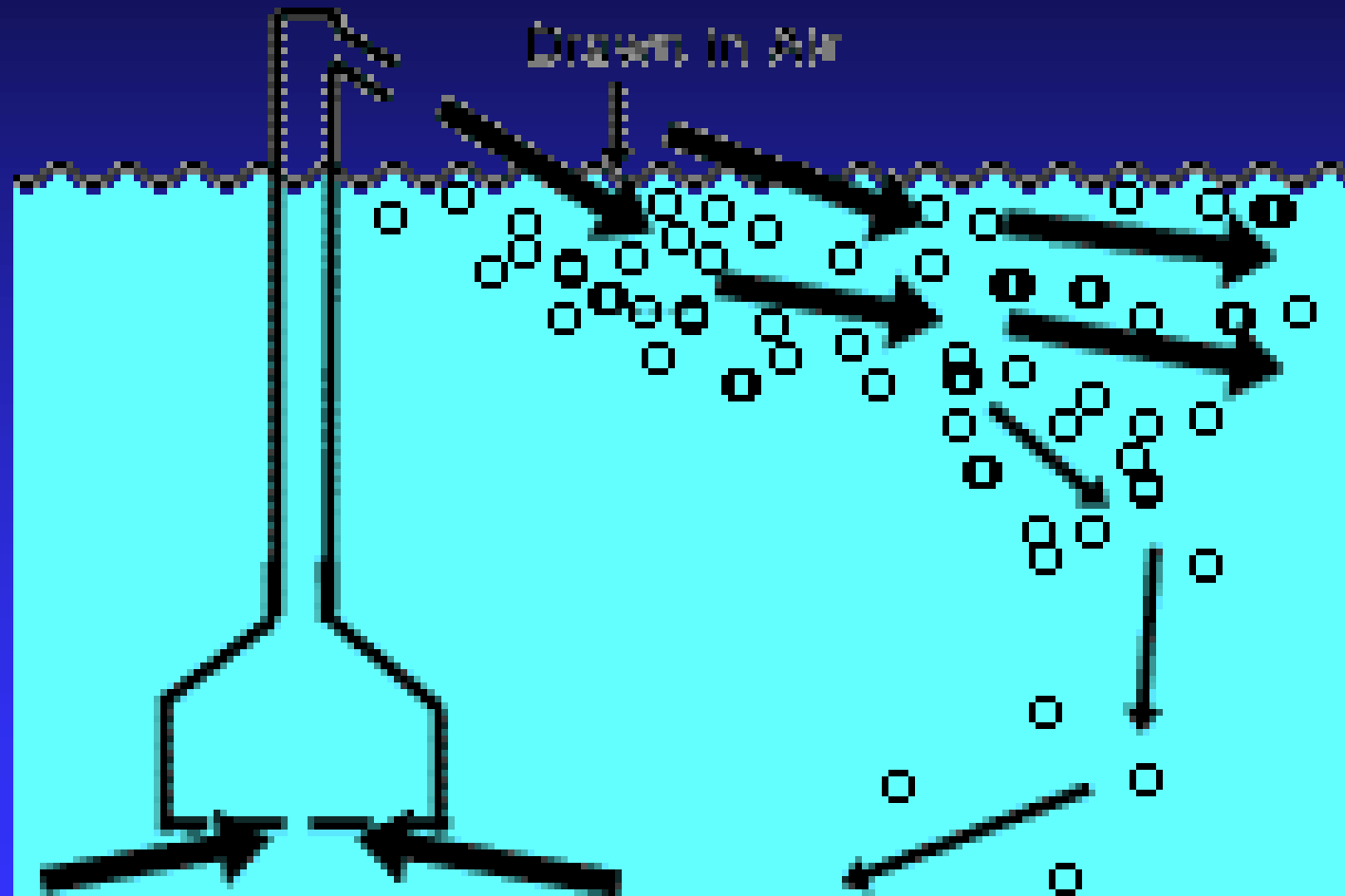


Fig 1d Submersible pump with Spray Bar

Tipos De Aireadores (3)

- Inyección por hélice.
 - ◆ Inyección Superficie (AireO₂ Tornado).
 - ◆ Inyección Sumergida. (Forza 7, Biomasa).
- ◆ Uno de los 2 sistemas mas eficientes/prácticos.
- ◆ Eficiencia similar a la de paletas.
- ◆ Son eficientes arriba de 5-10ppt.
- ◆ Diseñadas para mas profundidad (>1.5m).
- ◆ Circulan mas.
- ◆ Cuidado cortan camarón.
- ◆ Mas Caras.

Inyección Aire

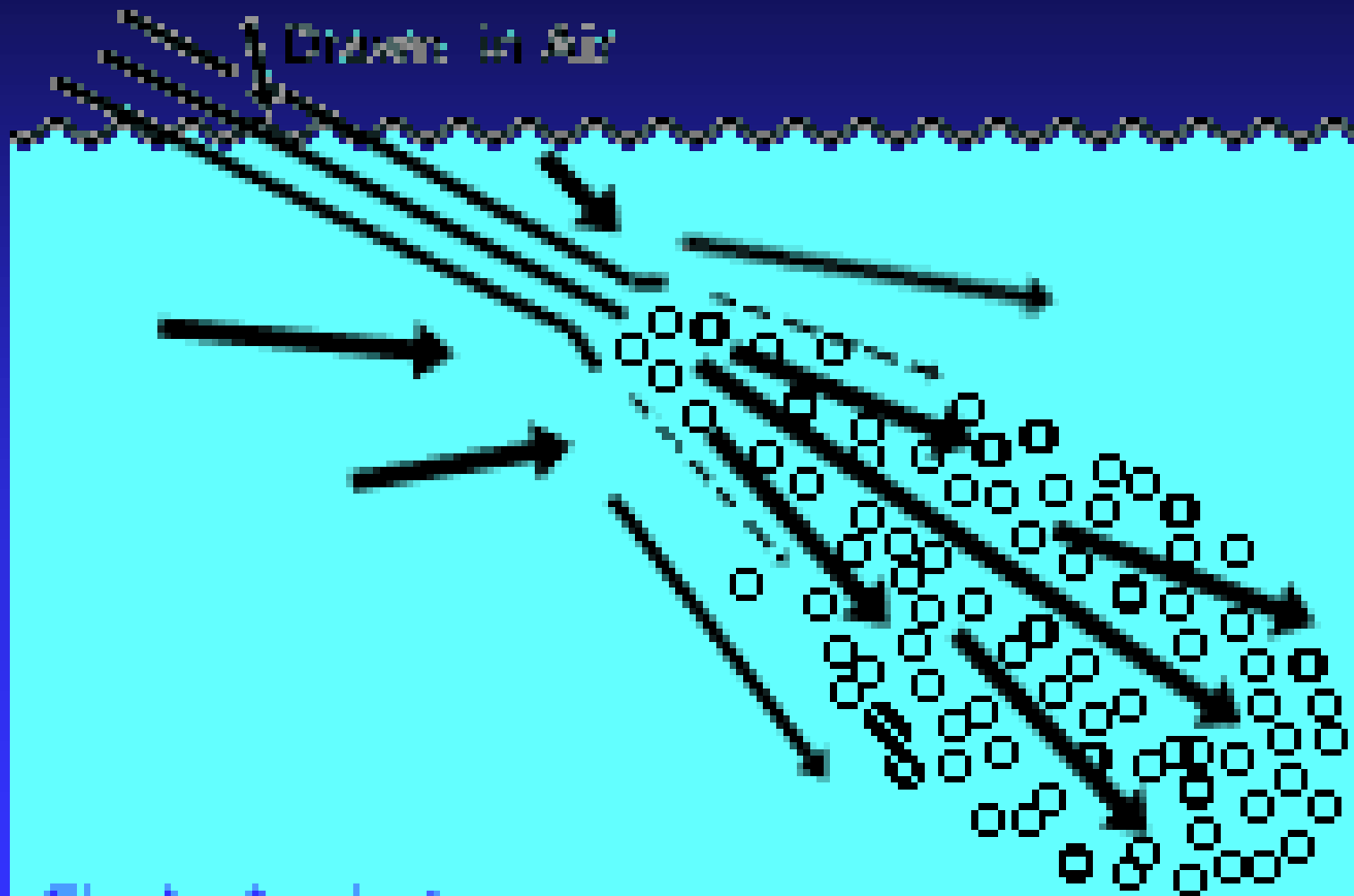


Fig 1e Aspirator

Inyeccion Sumergida (Forza7)



Bomba Inyectora de aire (“O₂”)



Tipos De Aireadores (4)

■ Paletas.

- ◆ Método mas utilizado.
- ◆ Uno de los 2 sistemas mas eficientes/ prácticos.
- ◆ Eficiencia similar a la de Inyección por Hélice.
- ◆ Eficiente para oxigenar, de estratificar y circular.
- ◆ Mayor mantenimiento.
- ◆ Tienen buena eficiencia en agua dulce.
- ◆ Diferencia entre eléctricos / diesel: 60%.
- ◆ Cantidad y tipo de paletas importantes.

Paletas

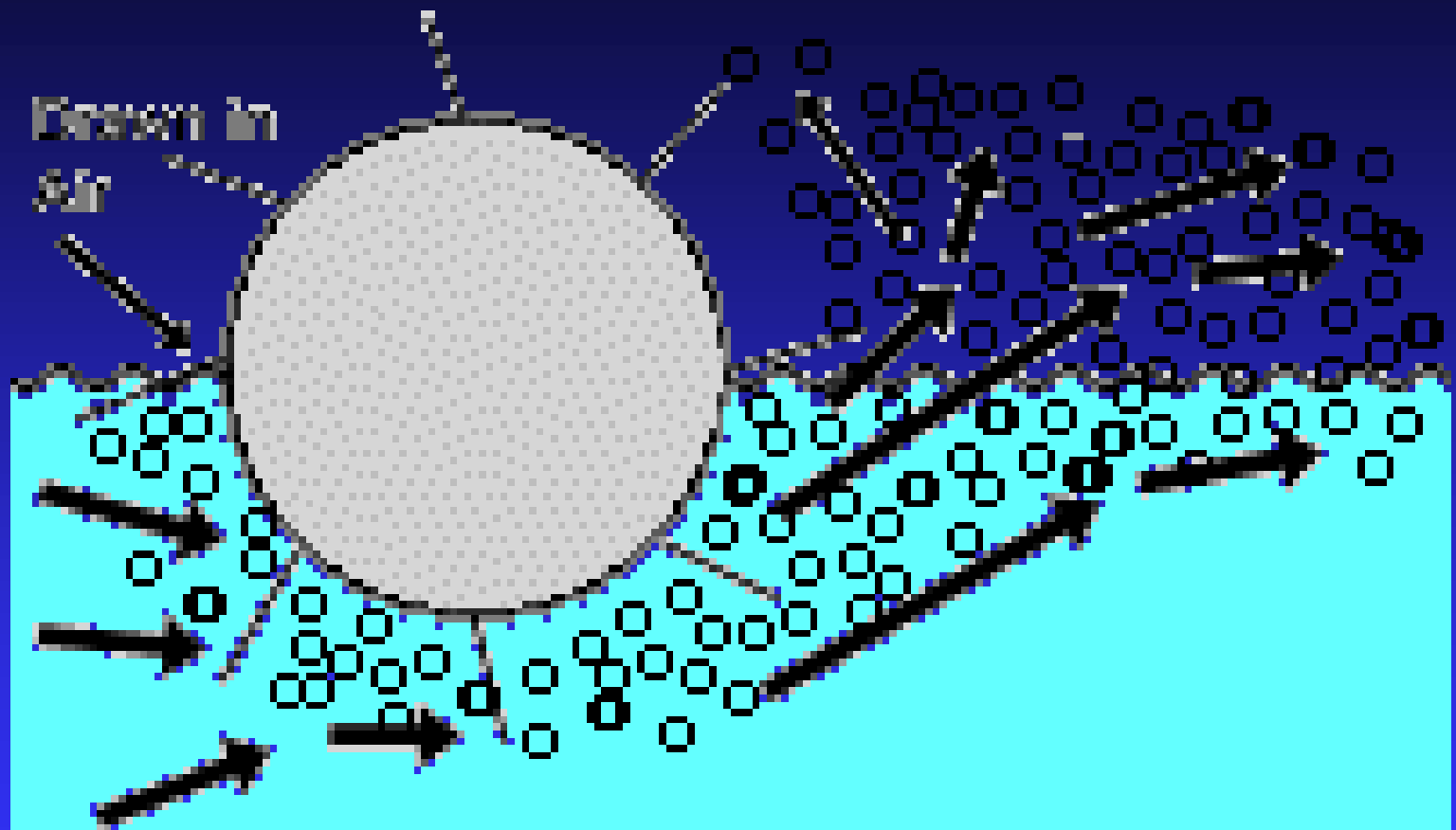


Fig 10 Puddle evaporation

Paletas Electricas 1HP

Paletas Electricas 2HP

Paletas a Diesel

Paletas a Diesel 2

Paletas o Paddle Wheel (electrica)



Paletas a Tractor



Aireación por gravedad

- Aprovechan energía cinética para meter oxígeno al agua.
- Utilizan el mismo principio de los aireadores mecánicos.
- Mayor área de contacto = Mayor oxigenación.
- Eficiencia depende de área de contacto aire – agua.

Aireación por Cascada 1



Aireación por Cascada 2



Eficiencia Aireadores

Tipo Aireador	SAE	
	Prom	Rango
Paletas	2.2	1.1-3.0
Inyección	1.6	1.3-1.8
Bombas verticales	1.4	0.7-1.8
Bombas rociadoras	1.3	0.9-1.9
Difusores	0.9	0.7-1.2

Uso De Aireación

- Por demanda. Se prende cuando OD baja:
 - ◆ 18H00 – 22H00 : < 7 ppm.
 - ◆ 00H00 – 03H00 : < 6 ppm.
 - ◆ 07H00 – 18H00 : < 4 ppm.
- De día para evitar estratificación térmica:
 - ◆ 13H00 – 15H00.
- Cantidad Aireación:
 - ◆ Agua Salada : 400 – 550 Kg / Hp.
 - ◆ Agua Dulce: 300 – 450 Kg/Hp.
 - ◆ Tensión Superficial a Salinidad > 5ppt permite burbujas mas pequeñas.
 - ◆ Minimo en sistemas cerrados 6HP/Ha para cubrir plancton.

Uso Aireadores (Panama - Camaron)

Días después de siembra	Aireación	Limpieza
1 a 20	Baja luminosidad, lluvias, ½ airead.	4-6 h en la noche cada 2 a 3 días
20 a 40	Idem	Cada noche, 8 a 12 horas
40 a 80	Idem con todos los aireadores	Idem con todos los aireadores
80 a cosecha	24 horas	24 horas

Uso Aireadores Otros Ecuador

- 30-60 HP/Ha.
- Todos los aireadores colocados al inicio del ciclo:
 - ◆ Evitar levantar sedimentos.
 - ◆ Mayor inversión Activos Fijos.
- Aireación antes de sembrar piscina.
 - ◆ Estabilizar agua.
 - ◆ Mayor costo.

Uso Aireadores Otros Ecuador

- Aireación 24 Horas, no dependiente OD.
 - ◆ “Posible mayor estabilidad.”
 - ◆ Costo prohibitivo.
- Altas tasas de aireación:
 - ◆ 100-200 Kg / Hp.
 - ◆ Viable económicamente?
 - ◆ Recomiendan estafa a Emelgur.
- Exceso de Aireacion = Mayor erosión y sedimentación de solidos en otras partes.

% Saturación

■ Intriago 2001:

- ◆ Se debe considerar % saturación y no solo su concentración. (Hopkins et al. 1991) mínimo $O_2 = 3$ mg/l en agua mar.
- ◆ $3\text{mg/l} = 60\%$ saturación en salinidad oceánica o muy cercana a esta 30- 35 ppt.
- ◆ Manteniendo % saturación (60%), los mínimos aceptables en salinidades bajas serían mucho mayores.

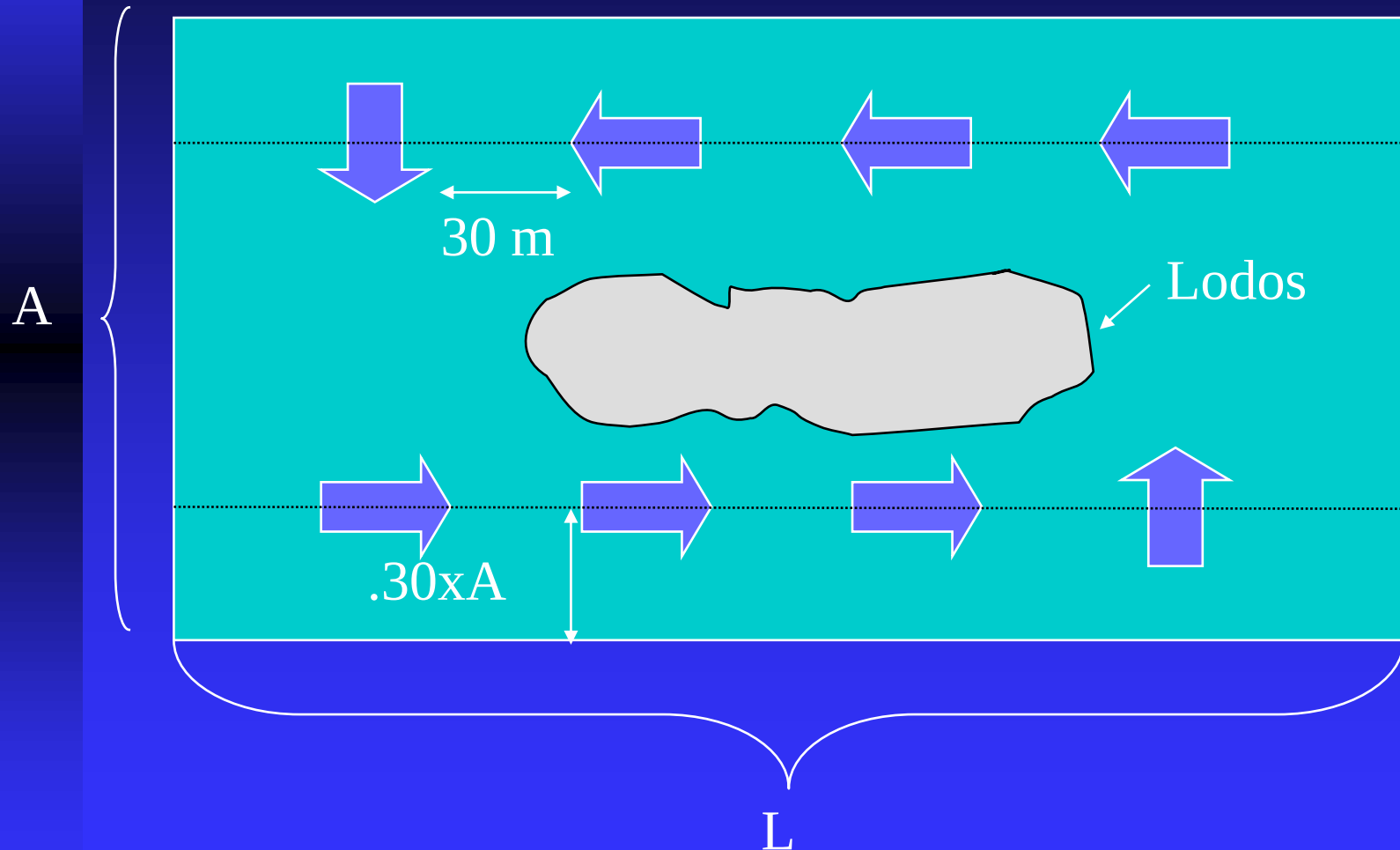
Relacion T°C Salinidad vs Solubilidad O₂

°C	Salinidad ppT							
	0	5	10	15	20	25	30	35
20	9.1	8.8	8.6	8.3	8.1	7.8	7.6	7.4
21	8.9	8.7	8.4	8.2	7.9	7.7	7.5	7.3
22	8.7	8.5	8.2	8	7.8	7.5	7.3	7.1
23	8.6	8.3	8.1	7.9	7.6	7.4	7.2	7
24	8.4	8.2	7.9	7.7	7.5	7.3	7.1	6.9
25	8.2	8	7.8	7.6	7.4	7.2	7	6.8
26	8.1	7.9	7.7	7.4	7.2	7	6.8	6.6
27	7.9	7.7	7.5	7.3	7.1	6.9	6.7	6.5
28	7.8	7.6	7.4	7.2	7	6.8	6.6	6.4
29	7.7	7.5	7.3	7.1	7.7	6.7	6.5	6.3
30	7.5	7.3	7.1	6.9	7.6	6.6	6.4	6.2
31	7.4	7.2	7	6.8	6.6	6.5	6.3	6.1
32	7.3	7.1	6.9	6.7	6.5	6.4	6.2	6
33	7.2	7	6.8	6.6	6.4	6.3	6.1	5.9
34	7.1	6.9	6.7	6.5	6.3	6.2	6	5.8
35	6.9	6.8	6.6	6.4	6.2	6.1	5.9	5.8

Localización de aireadores (1)

- Orientados paralelos a los diques para impulsar una circulación uniforme
- Separados del dique a una distancia igual al 30% del ancho del estanque
- Separación entre aireadores < 30 m.
- El lodo se depositará en el centro del estanque.

Localización de aireadores (2)



Localización de aireadores (3)

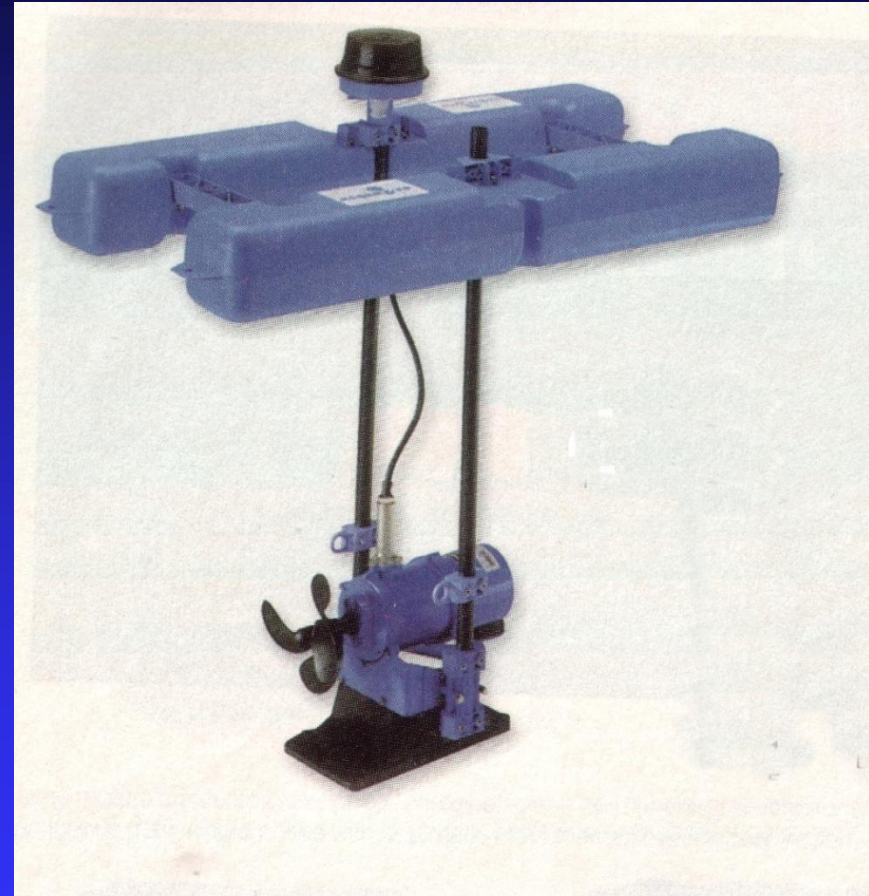


Muro Interno

Circuladores

- Remplazan Aireadores durante el dia.
- Objetivo es con menos energia mover mayor cantidad de agua.
- No airean pero aumentan cantidad de agua anoxica en contacto con aire.
- Disminuyen costo de energia versus aireadores solamente.

Circuladores



Circuladores



Revisar Sistema

■ Oxigenación:

- ◆ Medir OD en distintos lugares, a distintas profundidades y a distintas horas.
- ◆ Fondo oxidado, REDOX (no negro).

■ Circ. vertical/ Destratificación:

- ◆ Medir T°C agua en distintos lugares y a distintas profundidades en la tarde.

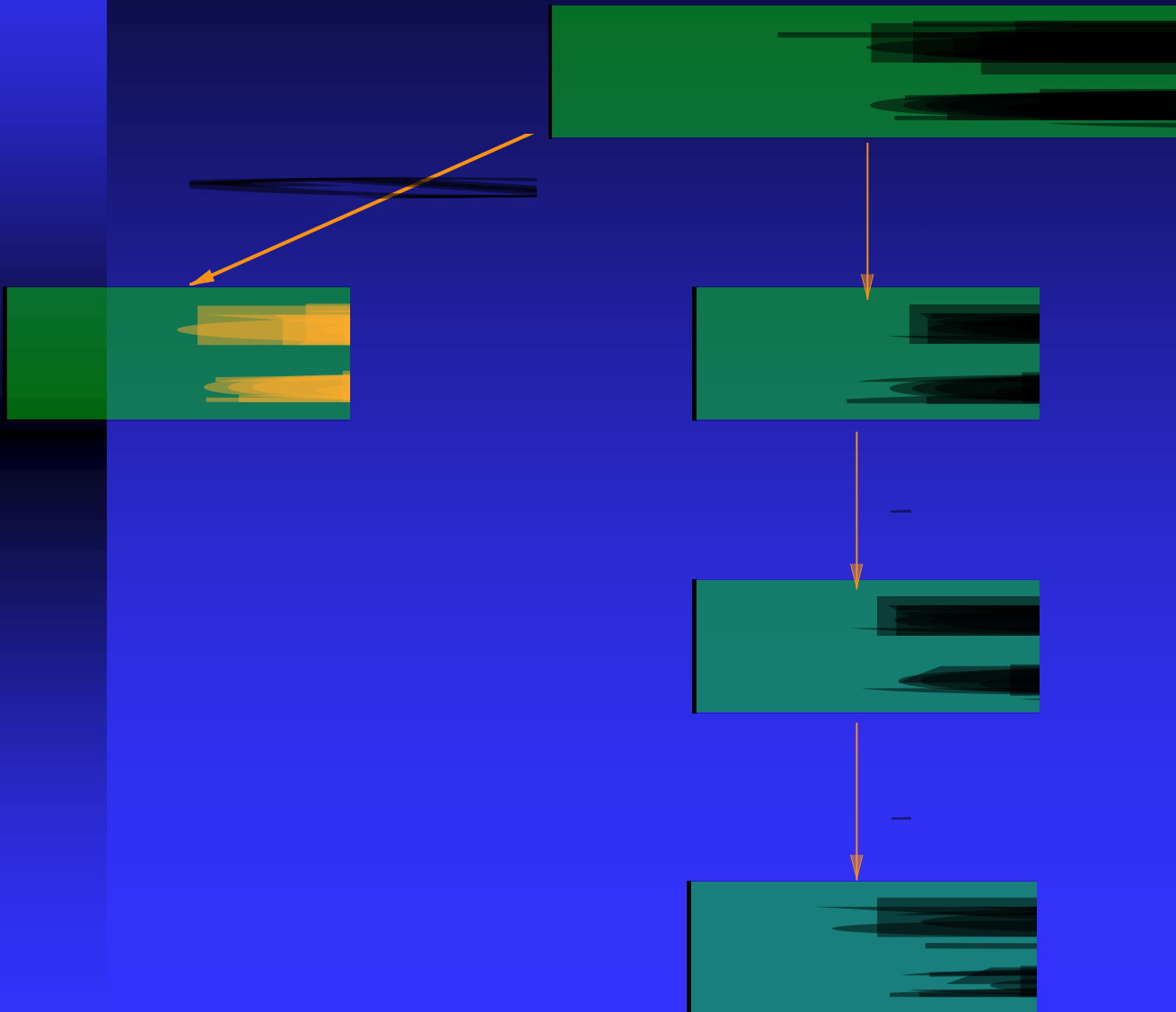
■ Circ. Horizontal / Enlace flujos:

- ◆ Boyas / Naranjas.

Principio #5

“A mayor distancia de la cadena trófica, menos será la producción obtenida”

PRODUCCION EN DIFERENTES NIVELES TROFICOS



PRODUCCION EN DIFERENTES NIVELES TROFICOS

Phytoplankton = 10,000 kg

10 to 1

1,000 kg of tilapia



5 to 1

insects = 2,000 kg

4 to 1

bluegill = 500 kg

4 to 1

bass = 125 kg



Principio #6

“Una unidad de agua solo puede producir y mantener una cierta biomasa de un organismo o de varios organismos dependiendo de ciertos factores y su interacción”

Estos factores son:

- * Calidad de agua
- * Temperatura
- * Cantidad y calidad de fertilizantes y frecuencias
- * Tamaño del pez
- * Especie de pez
- * Hábitos alimenticios
- * Policultivo

Principio #7

“La fertilidad de una unidad de agua y la capacidad para producir organismos en la cadena alimentaria puede ser incrementada por adición de fertilizantes orgánicos e inorgánicos (NPK) incrementando así la capacidad de carga del estanque”

La Capacidad de carga del agua puede ser incrementada por la adición de:

Fertilizantes inorgánicos (NPK)

Fertilizantes orgánicos (abonos)



Inorganic N, P, K granular fertilizer

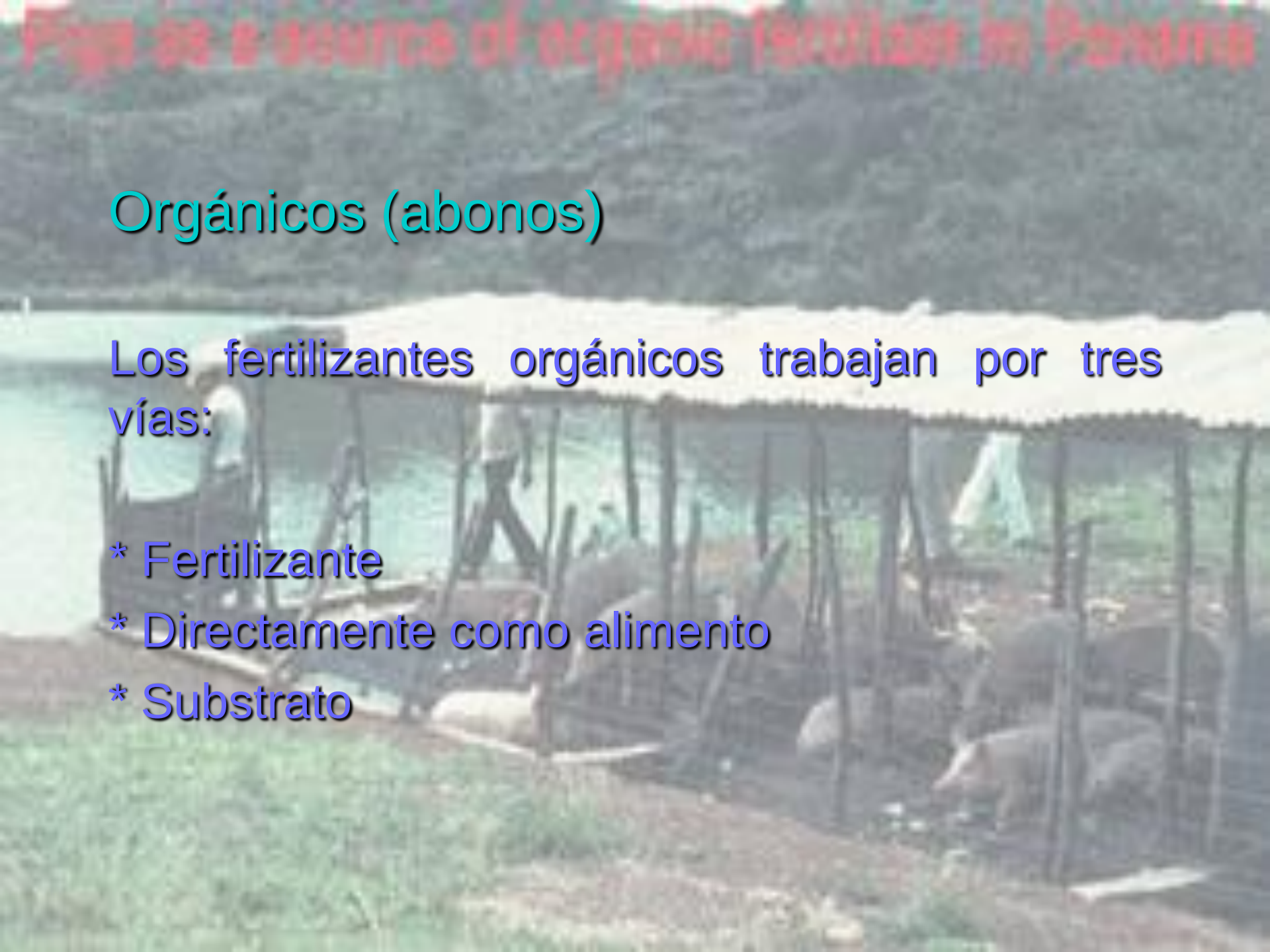
Inorgánicos (NPK)....

Los fertilizantes inorgánicos trabajan indirectamente liberando minerales que pueden estimular la producción de plantas verdes, incrementando su capacidad de carga.

Orgánicos (abonos)

Los fertilizantes orgánicos trabajan por tres vías:

- * Fertilizante
- * Directamente como alimento
- * Substrato



Principio #8

“Cuando la biomasa de organismos está utilizando todo el alimento natural presente y la capacidad de carga se ha alcanzado, un incremento de esta capacidad puede ser obtenida por adición de alimento suplementario”

Como?

cottonseed meal

rice bran

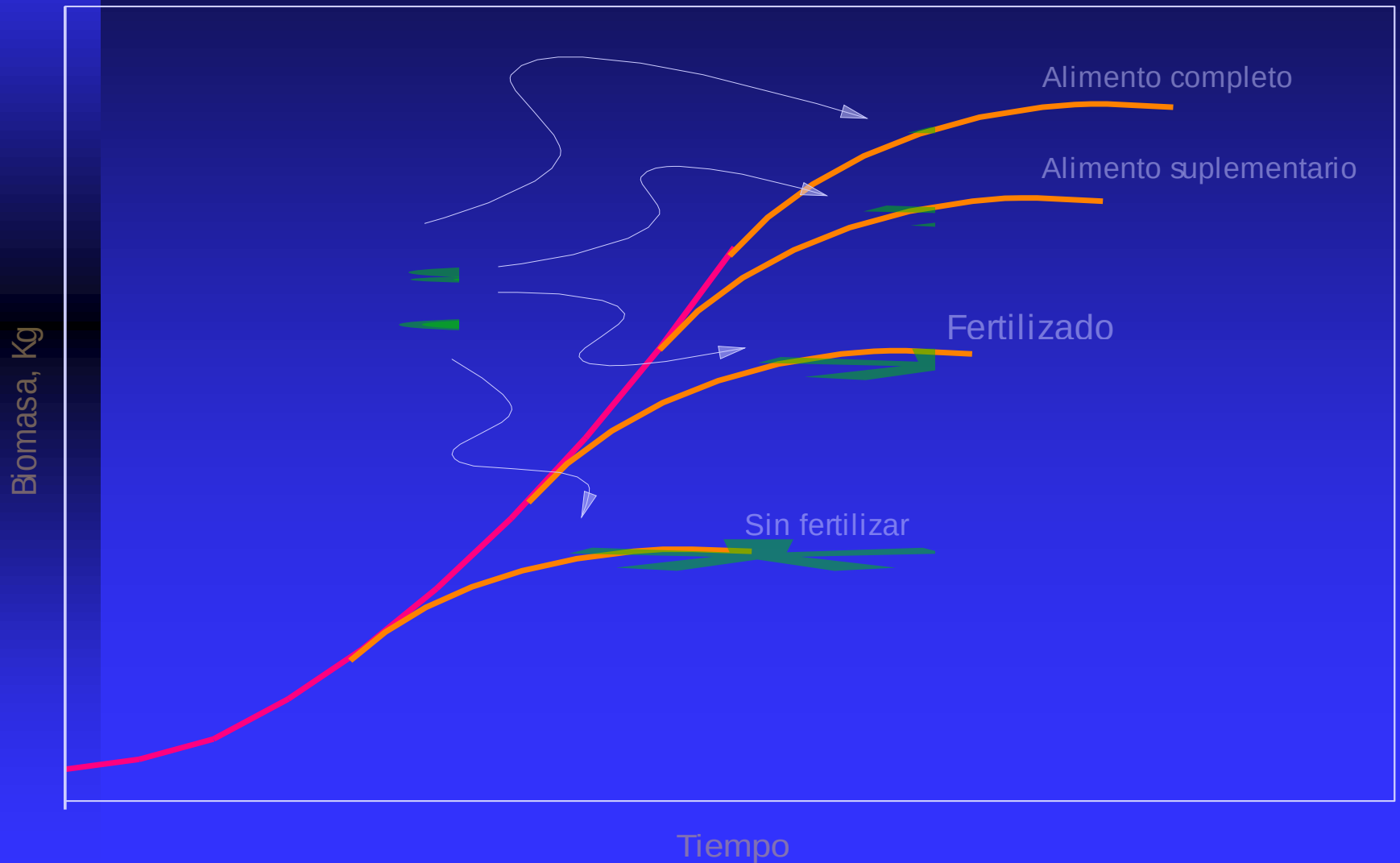
supplemental feeds



Como?

- * Abono orgánico esta entre fertilizante químico y alimento, puesto que puede actuar como los dos (con límites).
- * Suplemento alimenticio es adicionado cuando la productividad primaria estimulada por fertilización ha llegado a su máxima producción para los peces a cierto punto donde ellos ya no continúan creciendo.

FORMAS DE INCREMENTAR CAPACIDAD DE CARGA



Producción de machos de tilapia con densidades de 9.000/ha en piscinas de 0.04 ha sin incorporar nada (control), con abono y con alimento suplementario, en 227 días en Brasil.

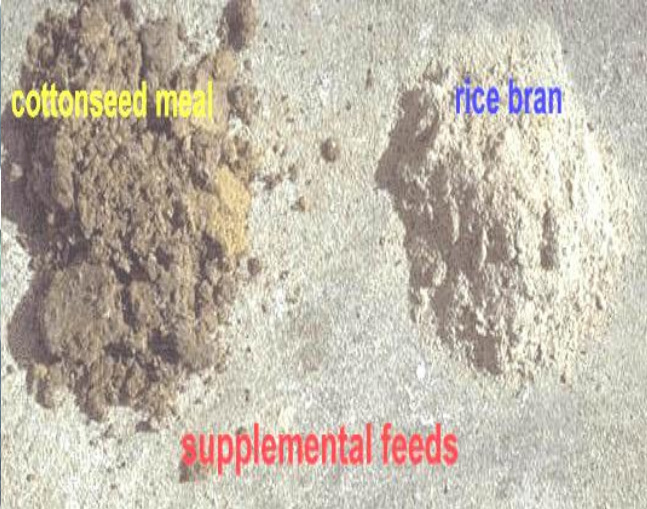
Performance measure	Control	Cattle manure	Feed
Avg. initial wt., g	8	7	7
Avg. final wt., g	36	148	229
Yield, kg/ha	277	1,016	1,778

1 rice bran, 3% of body wt. per day, 6 days/week (Lovshin, 1975)

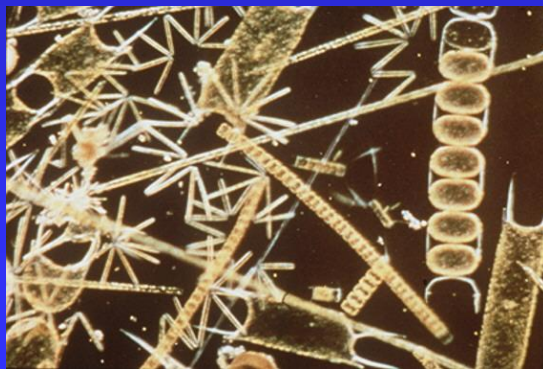
Principio #9

“Cuando una cantidad es dada como alimento, esta cantidad puede ser aumentada por el alimento natural que puede haber en la piscina y que es consumido por el organismo”

Pigs as a source of organic fertilizer in Panama



- * Los organismos en la piscina son ricos en proteínas
- * Se tiene una energía suplementaria



Principio #10

“Cuando el alimento no abastece la demanda del pez y este no puede ser suministrado en mayor frecuencia y cantidad, un alimento completo puede ser adicionado conteniendo nutrientes esenciales que pueden promover el incremento de la capacidad de carga del estanque”

Alimento completo



Aquel que contiene todos los aminoácidos, lípidos, carbohidratos (energía), vitaminas y minerales que el organismo acuático necesita en ausencia del alimento natural

1) Proteínas:	30 y 45%
Carpas	28%
Catfish	32%
Truchas	42%
<i>L. vannamei</i>	32%

Aminoácidos esenciales:

Arginina, histidina, Isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano, valina.

2) Energía: Carbohidratos y grasas (10 y 15%)

3) Minerales:

Macro: Ca, Cl, Mg, P, K, Na

Micro: Cu, I, Fe, Mn, Se, Zn

4) Vitaminas:

Tiamina, riboflamina, piridoxina, pantotenico, niacina, biotina, folate, Vit B12, colina, mioinositol, vitC. Vit: A, D, E, K.

Peso ganado y FCA para bagre sembrado con densidades de 6.250/ha en piscinas de 0.04 ha recibiendo fertilizantes o alimento completo, en 180 días (Chuapoehuk, 1977).

Treatment	Weight gain per fish, kg	Weight gain per hectare, kg	% gain	FCR
No nutrients	0.02	130	93	-
Fertilizers ¹	0.04	273	190	-
Complete feeds ²	0.55	3,300	2,233	1.1

¹ Organic and chemical fertilizers in amounts to match nutrients added in feeds.

² 40% protein sinking pellet

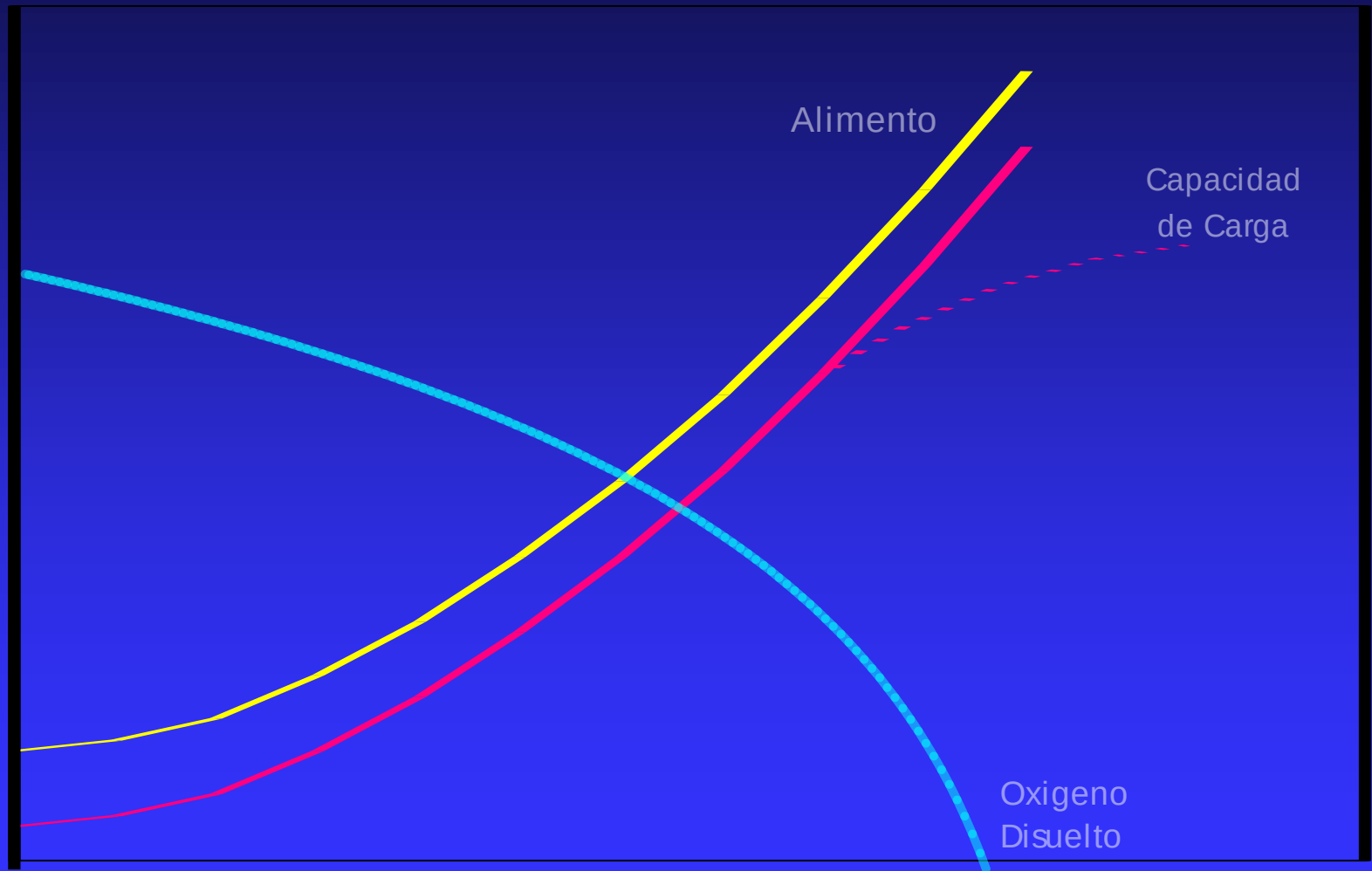
La calidad de la ración va a influenciar sobre:

- * Calidad de agua
- * Salud del pez
- * Grado de crecimiento

Principio #11

“La máxima biomasa de pez que puede ser producida en una unidad de agua depende de la calidad y cantidad de la ración que pueda ser introducida en la piscina sin que cause un cambio brusco en los niveles de OD. Porque causaría un estrés para el organismo”

CAPACIDAD DE CARGA ALIMENTO Y OXIGENO



Tiempo

Los desechos producen indirectamente:

- * La muerte del fito y peces o crustáceos
- * Mineralización que puede originar el crecimiento del fito.

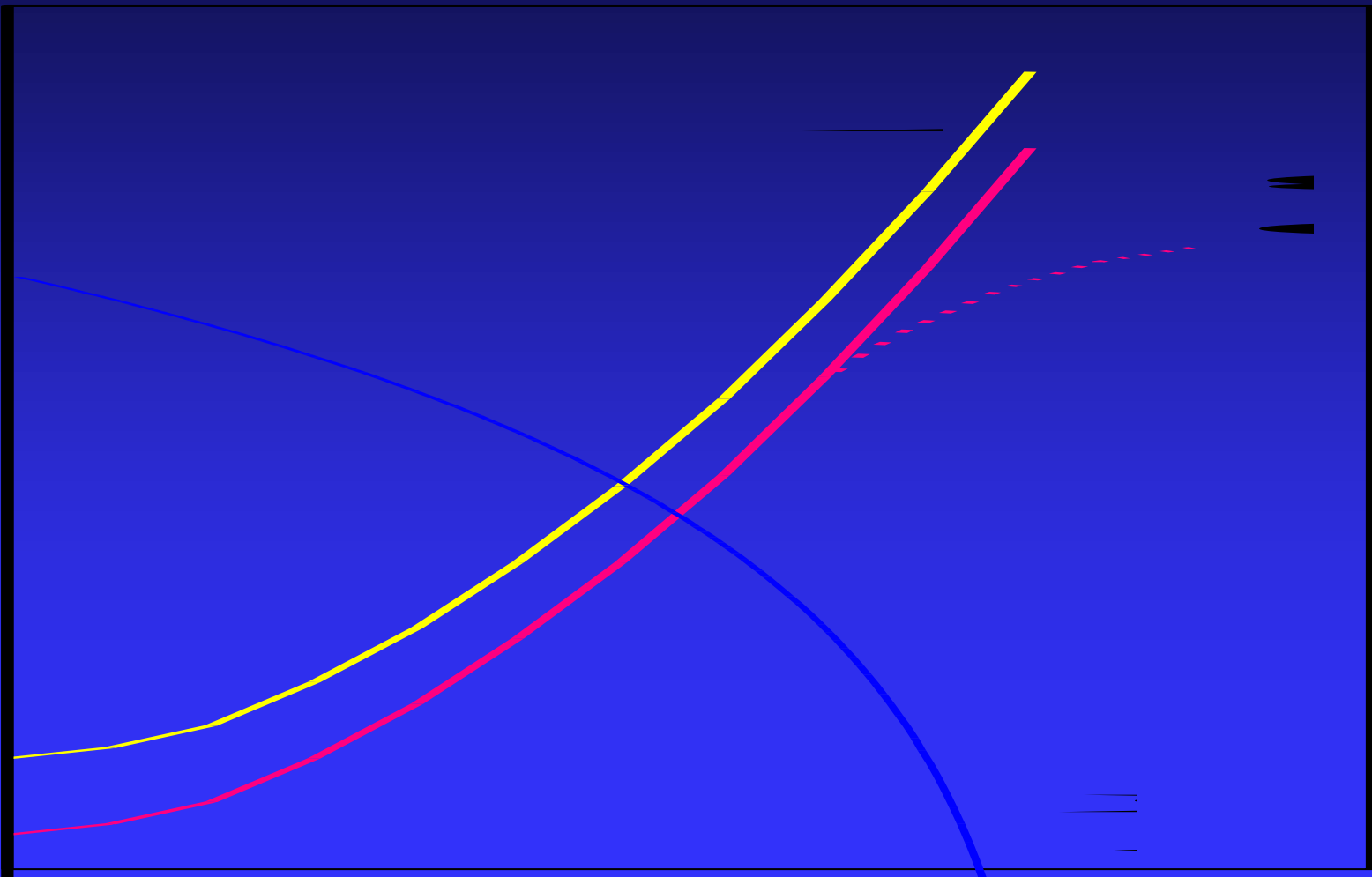
“Uno de los mayores factores limitantes es la polución del agua utilizada”

Principio #12

“La cantidad de alimento que puede ser usado por unidad de área por día está limitada por la eficiencia del sistema ecológico en procesar los desechos y reoxigenar el medio”

Costo medio unitario

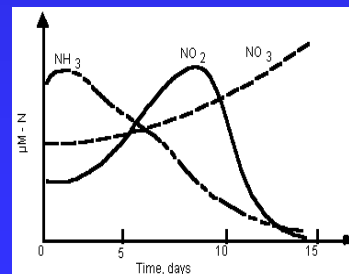
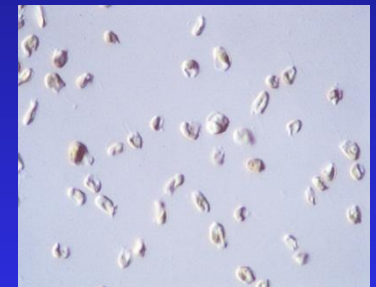
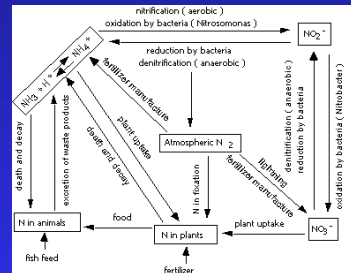
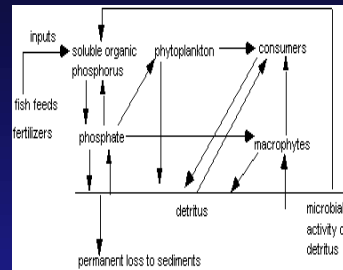
Costo medio unitario



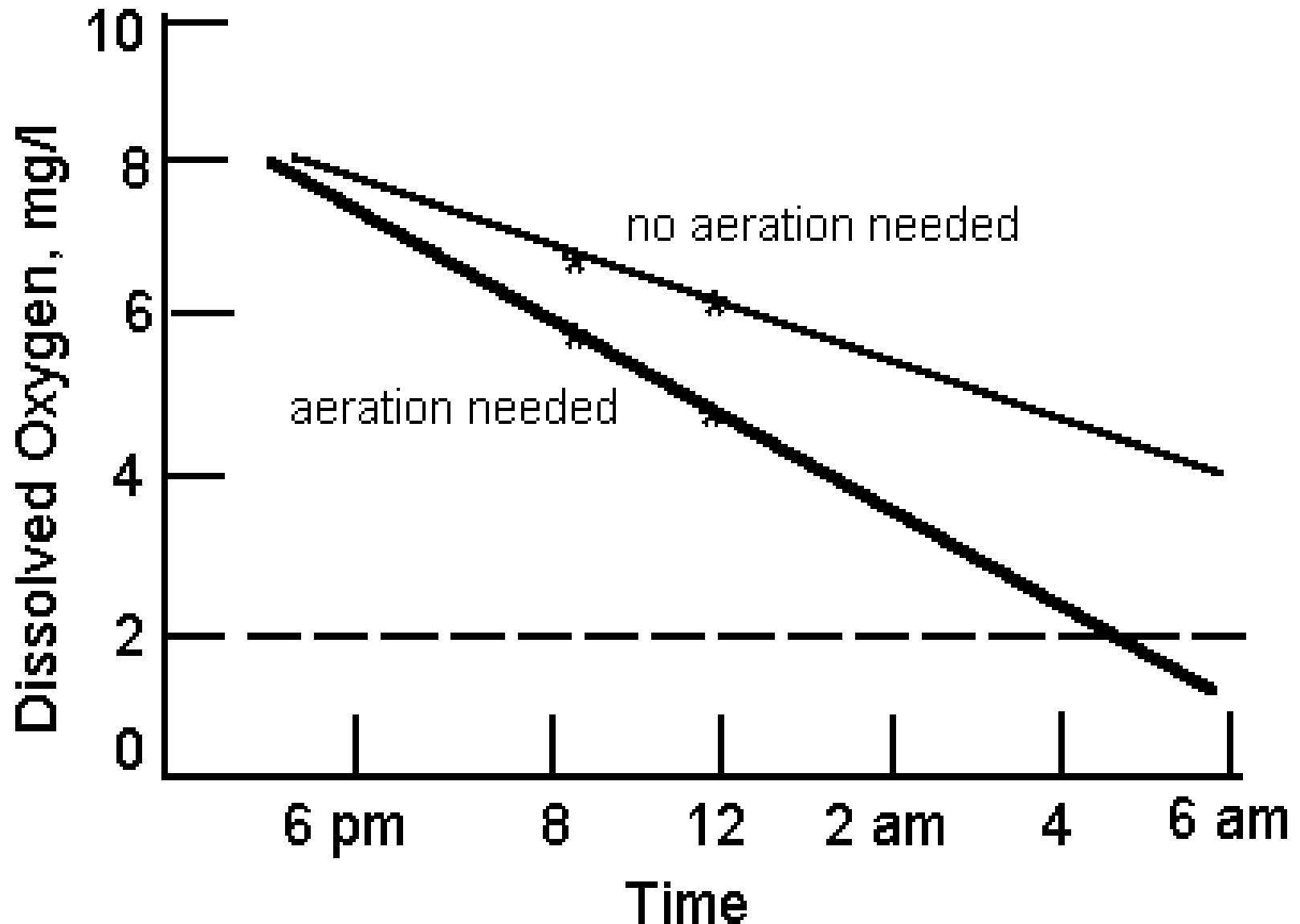
Tiempo

Costo medio unitario

Costo medio unitario



Calculo del oxígeno en la mañana, basado en el grado de declinación entre dos lecturas (Boyd, 1990).



Principio #13

“Cuando el oxígeno disuelto alcanza su limite debido al alimento en las piscinas, aireación o biofiltros pueden ser usados para poder incrementar la alimentación y la capacidad de carga”

Hay que considerar:

- * Hay una relación directa entre la concentración de CO_2 y la cantidad de alimento administrado.
- * Concentración de amonía se relaciona directamente con la cantidad de alimento.
- * La aireación aumenta la capacidad de carga, pero si la cantidad de alimento y acumulación de desechos es demasiado, este sistema no será efectivo.

Influencia de la aereación en bagre.

10.000/ha. 220 días. (La-fa and Boyd, 1988).



Performance measure	Aerated ponds ¹	Non-aerated ponds ¹
------------------------	-------------------------------	-----------------------------------

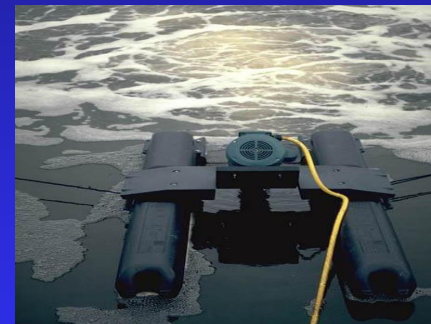
harvest weight, g	469	389
-------------------	-----	-----

yield, kg/ha	4,813	3,567
--------------	-------	-------

survival, %	97	94
-------------	----	----

feed applied, kg/ha	6,229	6,229
---------------------	-------	-------

FCR	1.32	1.75
-----	------	------



¹Aerated ponds received 6 hr/night aeration; non-aerated ponds received occasional, emergency aeration.



Principio #14

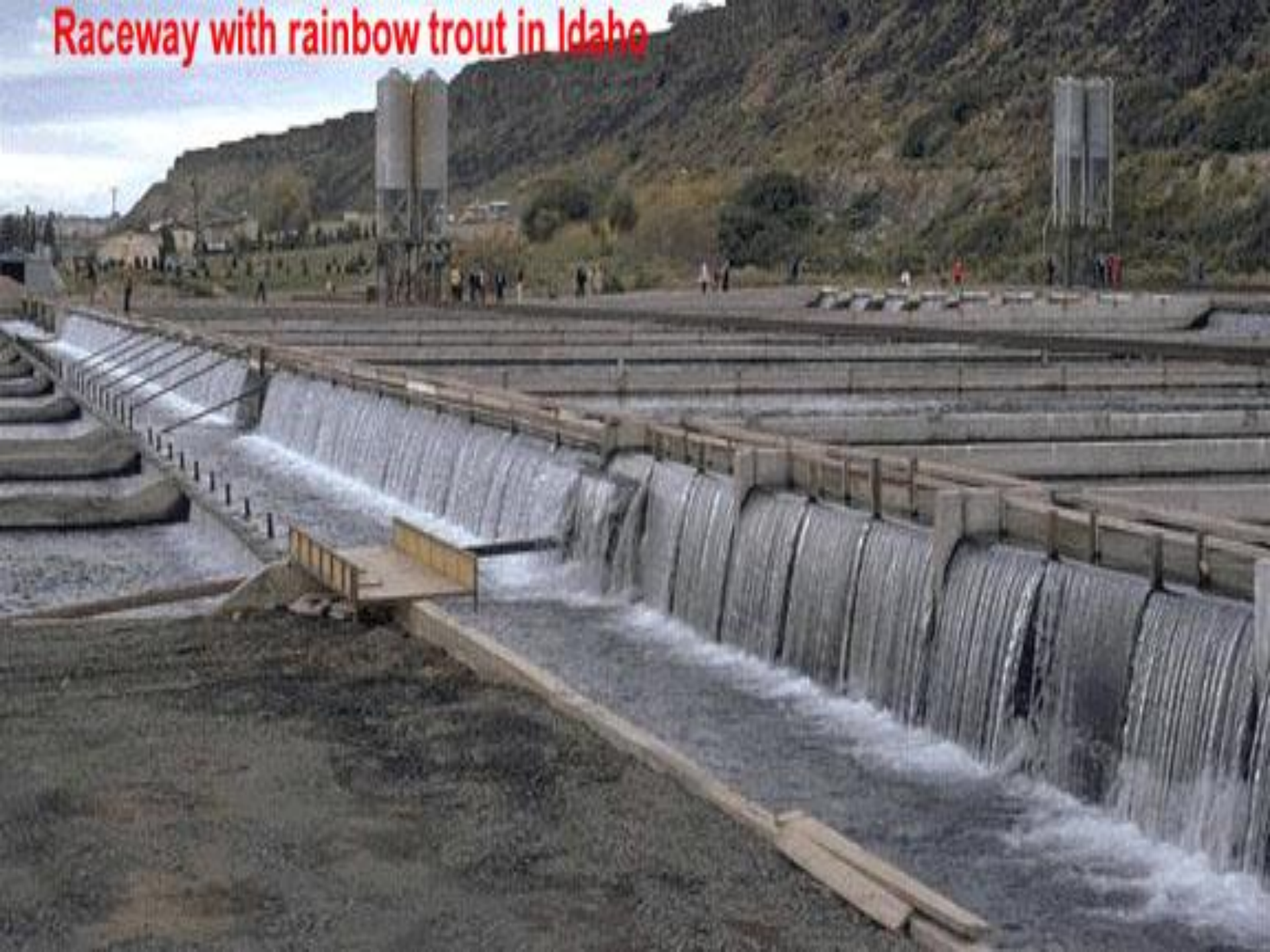
“La capacidad de carga por unidad de área puede ser incrementada por recambio de agua, para reducir la concentración de materia orgánica y la DBO e incrementar los niveles de oxígeno disuelto que han sido reducidos por la gran cantidad de alimento”

Items	(1)	(2)
Tiempo de cultivo (días)	180	180
Area (m ²)	10000	10000
Profundidad (m)	1	1
Frecuencia recambio	0.5/hora	2/ciclo
Producción (Kg./has)	100.000	3.000
Volumen usado (10000 m ³ /h)*(24h/día)*(180d)	21600000	30000
Relación Agua usada (m ³)/Producción Kg	216	10
Producción (g)/Volumen (m ³) usado	4.6	100
Relación de uso de agua (2/1)	720	

Tilapia tank with partial water exchange in Taiwan



Raceway with rainbow trout in Idaho



Recambios de Agua

- Metodología usada para:
 - ◆ Sacar compuestos no deseados del sistema.
 - ◆ Diluir compuestos no deseados en el sistema.
 - ◆ Ingresar compuestos deseados al sistema.
 - ◆ Proveer flujo mecánico.
- Efectos no deseados:
 - ◆ Estrés.
 - ◆ Hacinamiento.
 - ◆ Cambios imprevistos.
 - ◆ Costo.
 - ◆ Salida de elementos deseados.
 - ◆ Posible entrada de agua de menor calidad.

■ Flujo continuo: Metodologías de Recambio

- ◆ Entra agua al sistema y sale lo necesario para mantener el mismo nivel.
- ◆ Método mas ineficiente. Mayor costo.
- ◆ Menor cambio volumen / hacinamiento / estrés.
- ◆ Difícil cuantificar recambio real.

■ Dilución:

- ◆ Entra agua al sistema pero no sale: Se incrementa el nivel.
- ◆ Mejor eficiencia que anterior.
- ◆ No se saca nada no deseado.
- ◆ Cambio de volumen y hacinamiento positivo

Metodologías de Recambio

- Bajada y subida:
 - ◆ Sale agua del sistema y luego entra la misma cantidad: Nivel se recupera.
 - ◆ Mayor eficiencia que dilución.
 - ◆ Se saca algo de lo no deseado.
 - ◆ Cambio de volumen y hacinamiento temporal .
- Recambio Ninja:
 - ◆ Sale agua de sistema, se recambia a nivel bajo y se recupera.
 - ◆ Mayor eficiencia aún.
 - ◆ Se saca mas de lo no deseado.
 - ◆ Cambio de volumen y hacinamiento mayor.

Metodologías de Recambio

■ Traspaso:

- ◆ Cambio de agua total.
- ◆ Mas eficiente pero necesita mas instalaciones.
- ◆ Estrés de cambio y manipuleo.
- ◆ Mayor shock de cambio de condiciones.

■ Recirculación:

- ◆ Menor impacto ambiental.
- ◆ Recambio real y eficiencia depende de capacidad de filtración/ purificación. Y area dedicada a eso.

Metodologías de Recambio

- Recambio dirigido.
 - ◆ Sifoneo o recolección puntual.
 - ◆ Aumenta eficiencia.
 - ◆ Generalmente de fondo.
 - ◆ Generalmente de centro o salida.
 - ◆ Puede ser de otras partes según necesario.
 - ◆ Skimer, etc.

Puntos a Considerar

- Grado de mezcla de agua nueva y vieja.
- Dirección del flujo y coriolisis.
- Cuantificación de recambio.
 - ◆ Cuanta agua entra y sale?
 - ◆ Vertedero rectangular: Entrada o salida?
 - ◆ Variación de volumen.
 - ◆ Bernoulli u otros.
 - ◆ Cual es el grado real de mezcla?
 - ◆ Formula de Kraul??
 - ◆ Mas que eso o menos que eso??
 - ◆ Forma del tanque / piscina?
 - ◆ Saca agua mezclada o concentrada?
- Tipo de filtración en entrada y salida.

Grado Recambio

$$\%Agua = 1 - \frac{ConcNueva - ConcFinal}{ConcNueva - ConcInicial}$$

- Q= Caudal (l/h)
- %=Fracción Agua realmente remplazada
- V= Volumen tanque (l)
- T= Tiempo (h)

$$Q = -\ln(1 - \%) \times \frac{V}{T}$$

Sistemas Heterotrofos Cero Recambio

- Manejo de N y Materia Organica.
- % de la proteína en un balanceado es N.
 - ◆ 30% Prot. ~ C:N ~ 11:1.
 - ◆ 22% Prot. ~ C:N ~ 16:1.
 - ◆ 18% Prot. ~ C:N ~ 20:1.
 - ◆ 35-40% Prot. ~ C:N < 10:1.
- Relación C:N :
 - ◆ Muy alta: MO se descompone lento.
 - ◆ Muy baja: Acumula N y MO descompone lento.
 - ◆ Optimo : 15 – 30 : 1.
- Balanceado con menor proteína o aplicación de MO con baja proteína ayuda a

Manejo De N Y Materia Orgánica

- Descomposición de MO por bacterias necesita además de correcto C:N de Oxígeno.
 - ◆ Bacterias **Ya están presentes** en piscina, necesario para su desarrollo : Relación C:N y O_2 .
- Sistema ZEHS: Baja proteína, alta alimentación y alta aireación: Suspende MO y forma comunidades bacterianas, aportan alimento para el camarón.
 - ◆ Liners. Evitar suspender arcilla.
 - ◆ Alta biomasa y alta densidad ($125 - 140 \text{ Pl/m}^2$).
 - ◆ Alta Aireación (30 HP/Ha): O_2 para camarón, suspender sólidos ($6 - 12 \text{ m/Min.}$) y O_2 Bacterias.
 - ◆ Alto aporte MO. Alimento + Fertilización Orgánica.

Sistema Heterotrófico (1)

- En cultivos intensivos la nitrificación sola no es capaz de oxidar toda la amonía producida
- La alternativa es su asimilación (inmovilización) como proteína microbial
- La adición de carbono orgánico (C) promueve el desarrollo de una población abundante de bacterias heterotróficas

Sistema Heterotrófico (2)

- La proteína microbial puede ser consumida como fuente de proteína por el camarón
- Es necesario ajustar la relación C/N en el agua a 15:1
- Fuentes de carbono: harina de yuca, harina de arroz, melaza, etc
- La melaza tiene alto contenido de azúcares y es fácilmente degradada

Sistema Heterotrófico (3)

- Bacterias usan los carbohidratos como alimento para producir energía y crecer
- $C_{\text{orgánico}} = CO_2 + \text{Energía} + C_{\text{microbial}}$
- El 16% de la proteína es Nitrógeno
- El N excretado y producido por degradación de residuos es 50% del N consumido
- $\Delta N = \text{Alimento} \times \%N_{\text{alimento}} - \text{N excretado}$
- Se debe adicionar C orgánico para

Sistema Heterotrófico (4)

- Ejemplo: Se usan 100 kg alimento 35% P por día
- Nitrógeno excretado por día:
 - ◆ $100 \text{ kg} \times 0.35 \times 0.16 = 5.6 \text{ kg N/día}$
 - ◆ Carbono necesario = $5.6 \text{ kg N} \times 15 = 84 \text{ kg C}$
 - ◆ En melaza 50% es Carbono
 - ◆ $84 \text{ kg C} / 0.50 = 168 \text{ kg Melaza/día}$
- La melaza es rápidamente degradada

Aplicación Melaza



Sistema Heterotrófico (5)

- El conteo bacterial oscila entre 10^5 y 10^9 colonias/ml
- Las células microbiales forman grandes flóculos hasta de 200 micras de diámetro
- Estos flóculos son consumidos como alimento (45% Proteína)
- Los flóculos causan alta turbiedad y originan el cambio a un sistema dominado por bacterias

Sistema Heterotrófico (6)

