



“Análisis químicos usados en la acuicultura; influencia del balance iónico en la producción”

Jorge L. Chávez Rigai
Natal, 8 de Junio del 2013



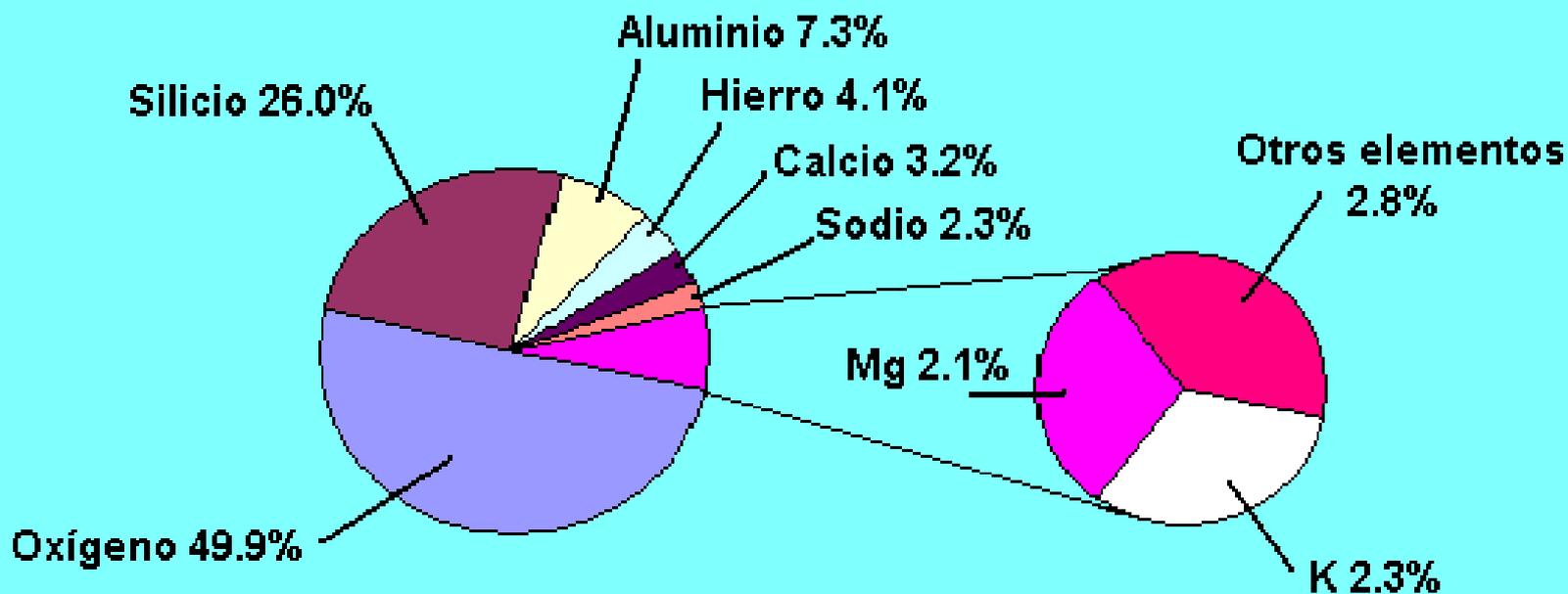
jorgechavezrr@hotmail.com

Elementos esenciales de todas las células vivas

MACROELEMENTOS		MICROELEMENTOS			
Principales Cationes	Principales Aniones				
Calcio (Ca)	Fósforo (P)	Cobalto (Co)	Hierro (Fe)	Manganeso (Mn)	Cromo (Cr)
Magnesio (Mg)	Cloro (Cl)	Níquel (Ni)	Vanadio (V)	Molibdeno (Mo)	Yodo (I)
Sodio (Na)	Azufre (S)	Estaño (Sn)	Cobre (Cu)	Silicio (Si)	
Potasio (K)		Selenio (Se)	Flúor (F)	Zinc (Zn)	

Underwood (1971); Reinhold (1975)

Composición de la corteza terrestre



La Salinidad y sus componentes

1.- Calcio	Ca^{+2}	5.- Bicarbonatos	HCO_3^-
2.- Magnesio	Mg^{+2}	6.- Carbonatos	CO_3^-
3.- Sodio	Na^{+1}	7.- Sulfatos	$\text{SO}_4^{=}$
4.- Potasio	K^{+1}	8.- Cloruros	Cl^-

- **Lavado** de las rocas en las cuencas de los ríos.
- **Equilibrio** entre: Evaporación – Precipitación.
- **La salinidad** de las aguas continentales esta dada por la composición iónica de:

Bioquímica de la Hemolinfa

Sodio Na^+ , Calcio Ca^{+2} , Cloruro Cl^-
Potasio K^+ , Magnesio Mg^{+2} .

$\text{Na} > \text{Mg} > \text{Ca} \geq \text{K}$



RELACIONES IÓNICAS DEL OCÉANO PACIFICO

$\text{Na} / \text{Ca} = 26$; $\text{Na} / \text{K} = 28$; $\text{Na} / \text{Mg} = 8$

$\text{Cl} / \text{Na} = 1.8$; $\text{Ca} / \text{K} = 1$; $\text{Mg} / \text{Ca} = 3$

* Susan Laramore, 1992 H.B.O.I

Salinidad - Densidad

- **La Salinidad** está dada, por la suma de los cloruros, sulfatos y carbonatos, disueltos en el agua, su distribución no es uniforme, ni constante, varía de un lugar a otro, tanto en dirección horizontal, como en vertical.
- **El principal factor** que determina las variaciones de salinidad en una área concreta, es la pérdida o ganancia de agua.
- **La Densidad** del agua del mar, esta dada por el peso de la cantidad de sales por unidad de volumen de agua, por lo tanto.
- **La densidad es directamente proporcional** a su salinidad, pero inversamente proporcional a la temperatura: a mayor temperatura, la densidad es menor.

Presión - Densidad

- **La Presión** es producida por el **peso de la columna** de agua que gravita sobre una superficie, situada a una determinada profundidad (+) la **presión atmosférica** que actúa sobre dicha superficie de agua.
- La presión del mar se obtiene mediante aparatos llamados nanómetros, que son de muy diversos tipos.
- **Presión – Densidad**, son dos propiedades físicas cuya relación así como su distribución, tiene gran significado en la oceanografía física.
- Debido a que, al combinarse con el movimiento de rotación de la Tierra, determinan la configuración de las principales corrientes de un océano ó de un estanque como hábitat controlado.

Los análisis químicos en finca

Toma de Muestras

1. **Sector:** el mejor lugar para la toma de una muestra de agua, será alrededor de la compuerta de salida, por delante del filtro.
2. **Profundidad:** a media columna de agua, entre 50-70 cm de profundidad.
3. **Hora** de la toma de muestra será rutinariamente entre las 6-7 am.
4. **Envases** limpios de 130 ml de “boca ancha con tapa”.
5. **Transporte:** será transportada inmediatamente al laboratorio, si tardaran mas de 30 minutos, hacerlo en un hielera para preservarlo de la luz y la temperatura.

Análisis químicos en Larvicultura

Toma de Muestras

1. **Sector:** el mejor lugar para la toma de una muestra de agua, será alrededor del filtro de salida.
2. **Profundidad:** a media columna de agua, entre 50-70 cm profundidad.
3. **Hora** de la toma de muestra será rutinariamente entre las 6-7 am, antes de los recambios.
4. **Envases** de 130 ml de “boca ancha con tapa”.
5. **Transporte:** será transportada inmediatamente al laboratorio, si tardaran mas de 30 minutos, hacerlo en un hielera para preservarlo de la temperatura.

Material utilizado en los análisis

1. Para los análisis químicos nos apoyaremos con el uso de un espectrofotómetro YSI 9300 / 9500, aunque podría usarse cualquier otro equipo de similares características.
2. Uso de pH metro (tipo pluma).
3. Salinómetro.
4. Para análisis de campo puede usarse kit rápidos API-Amonios y API-Nitritos.
5. Rejilla con tubos de ensayo de 20 ml.
6. Pipeta serológica de 10 ml con dispensador.
7. Papel toalla.
8. Agua des-ionizada.

Factores que alteran la salinidad

- Las concentraciones de **Cl, Na, Ca, Mg, K**, bajan conforme nos alejamos de las costas, para ir subiendo los SO_4 ,
- Las lluvias/nieves, arrastran gran cantidad de sales atmosféricas y terrestres, hacia las aguas de lagos y ríos, influyendo en su salinidad.
- El polvo en el viento arrastra grandes cantidades de calcio, que luego las incorporan a las nubes como núcleos de condensación y se precipitan como lluvias ó nieves.
- Altas temperaturas que consumen liquido.

El Cloro y el Sodio

- El cloro y el sodio son los principales componentes del agua del mar y se encuentran en forma de **cloruro de sodio**.
- Al ClNa , que se conoce como sal común y representan cerca del **83% de la salinidad del agua**.
- La composición y el rango entre el **Na** y el resto de iones, del agua del mar es muy semejante a la de los líquidos orgánicos: la Sangre, y la mayoría de los líquidos viscerales, que forman el medio celular interno de los animales.
- Por lo tanto juegan un decisivo papel en la fisiología celular, es decir, en todas las funciones vitales de los organismos vivientes.

***C. Darwin 1844**

Cálculos

- La salinidad de **32 ups** = 32‰ = 32 ppt.

- $32 \times 1.000 = 32.000$ **mg/L**.

- El 83% = 26.560 mg/L de **ClNa**.

- **Mol de ClNa** = 35,45 + 22,99 = **58,44**

- 26.560.....58,44

x 35,45 X= 16.111 mg/L Cl

+2.889

19.000 mg/L Cl

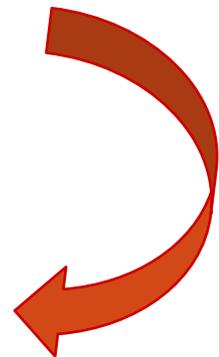
- 26.56058,44

x22,99 X= 10.449 mg/L Na

Que Análisis realizar y como interpretar sus resultados

- **La dureza** de las aguas naturales es producida sobre todo por las sales de calcio y magnesio y en menor proporción por las de hierro, aluminio u otros metales.
- Entonces en una muestra de agua estarán en disolución tanto el calcio como de magnesio en forma de cationes.
- **Expresada**, por lo general, en función del Carbonato de Calcio CO_3Ca , ésta no es una elección fortuita puesto que la masa molecular del $(12+48+40)= 100$ y su mili- equivalente químico es **50**, proporcionando una unidad conveniente de intercambio para expresar a todos los iones contenidos en el agua.

Lectura de Componentes	*mg/L	+ epm	CO3Ca mg/L
Calcio.....	46	2.30	115
Magnesio.....	14	1.15	57
Sodio	32	1.39	*75
Potasio	2.7	0.07	NR
Cationes totales	NR	4.91	247
Bicarbonatos	154	2.52	126
Sulfatos	67	1.40	70
Cloruros	34	0.96	48
Nitratos	3.6	0.06	3
Aniones totales	NR	4.94	247
Dureza total	172		
Sólidos disueltos	304		
Conductividad	483 (uOhms).		



* mg/L. = Método de Water Suply paper 1299. Original forma en ppm.
 + epm. = Equivalentes por millón,
 ejemplo= Si leemos 46 mg/L de Calcio / 20 numero atómico = 2.30 epm

*NALCO 2001.

***Siguiendo el caso anterior:**

- 14 mg/L de **Mg⁺²** ÷ **0.292** = 47.94 mg/L MgCO₃
- 47.94 mg/L de MgCO₃ ÷ **0.842** = **56.94 mg/L CaCO₃**
- Entonces la dureza total = la suma del CaCO₃ de la dureza cálcica mas el CaCO₃ obtenido a partir del análisis de Magnesio.
- Continuando con el mismo ejemplo tenemos:
- 46 mg/L(Ca)+14 mg/L(Mg) = 60 mg/L **Dureza iónica**
 - 46mg/L Ca ÷ 0,4008 = 115 mg/L CaCO₃
 - 14mg/L Mg ÷ 0,292 ÷ 0,842 = 57 mg/L CaCO₃
 - **Dureza total** = **172 mg/L CaCO₃**

Análisis – Equipos

- **Calcio: (YSI, método # 12)** Los equipos leen dureza cálcica, expresada en mg/L CaCO₃, y los resultados pueden o deben ser transformados a Calcio iónico:

$$\text{CaCO}_3 \times 0.4008 = \text{mg/L Ca}^{+2}$$

- **Magnesio: (YSI, método # 21)** Los equipos leen directamente el: mg/L Mg⁺²

$$\text{Mg}^{+2} \div 0,292 = \text{mg/L MgCO}_3$$

$$\text{MgCO}_3 \div 0,842 = \text{mg/L CaCO}_3$$

- **Potasio: (YSI, método # 30)** Los equipos leen directamente: mg/L K⁺

El factor de dilución

- En la mayoría de las veces, los análisis de Magnesio y Potasio requieren hacer varias diluciones, mostramos como se hacen los cálculos para estas:

- $$\frac{\Sigma V_{\text{mues.}} + V_{\text{agua}}}{V_{\text{muestra}}} = \text{Factor de multiplicación}$$

- $1 : 9 = \frac{10}{1}; \quad x \ 10$

- $2 : 8 = \frac{10}{2}; \quad x \ 5$

- $3 : 7 = \frac{10}{3}; \quad x \ 3,33$

- $4 : 6 = \frac{10}{4}; \quad x \ 2,50$

- $5 : 5 = \frac{10}{5}; \quad x \ 2,0$

- $6 : 4 = \frac{10}{6}; \quad x \ 1,66$

- $7 : 3 = \frac{10}{7}; \quad x \ 1,42$

- $8 : 2 = \frac{10}{8}; \quad x \ 1,25$

- $9 : 1 = \frac{10}{9}; \quad x \ 1,11$

El Calcio: Ca^{+2} ; mm= 40.08

- El calcio actúa de diversas maneras sobre el crecimiento y la dinámica de fitoplancton
 - Fitoplancton Superior: “Si”, sus membranas son muy poco permeables.
 - Fitoplancton Inferior: “No”, sus membranas permiten el intercambio iónico.
- Se considera al Ca, elemento esencial para algunas clorofíceas, y como elemento inorgánico fundamental para otras algas.
- Las desmidiáceas como el “Closteriun” viven en aguas de baja salinidad, muchas de ellas necesitan grandes cantidades de Ca, y son muy sensibles a la falta de éste.

Hutchinson, 1967

Magnesio: Mg^{+2} ; mm= 24.31.

- La principal proteína de las plantas es la **magnesioporfirina**, necesaria en la elaboración de la Clorofila.
- Es el micronutriente esencial en Bacterias, Hongos, Algas, Metazoos, necesaria para toda transformación enzimática.
- Las demandas metabólicas del magnesio son bajas si las comparamos con las cantidades disponibles en aguas marinas.
- Los compuestos de **Mg**, son mas solubles que los de **Ca**, por lo tanto, es poco posible de que se produzcan precipitaciones atmosféricas significativas de Magnesio.

El Sodio y el Potasio

- El Na y el K están implicados en todo el transporte e intercambio iónico celular.
- Los requerimientos de Na en cianofíceas son altos (**Allen, 1952; Gerloff et al, 1952, Kratz y Myers, 1954**) reportan un nivel de umbral para el Sodio de 4 mg/L.
- El potasio y los otros elementos de esta misma serie no pueden reemplazar al Sodio.
- Ejemplo a 40 mg/L de Na, en presencia del Fósforo (residuos de detergentes) caso de los vertederos domésticos, tienen condiciones optimas para *bloom* de cianofíceas. **Provasoli 1958, y Ward y Wetzel 1975.**

Calcio / Magnesio = 0.307

- El Cloruro de Calcio solo, a (170 ppm) es Letal, en aguas dulces.
- EL Calcio (60 – 112) ppm tiene un efecto negativo en la sobrevivencia, aún presente el Na,
- La relaciones Ca/Mg, ó Ca/Na tienen influencia en la sobrevivencia, pero si le aplicamos potasio disminuye el efecto negativo.
- Los sulfatos SO₄ (140ppm) presenta un efecto similar al potasio contra el calcio, a la falta del potasio.

* Susan Laramore HBOI.USA

Relación: $\text{Ca} / \text{Mg} = 0.3$

- La relación entre **Ca / Mg / K**, que mejor se aplica sin importar la salinidad será la más cercana a la relación del agua marina. **1-3-1**
- El Sodio y el potasio son iones importantes mostrando efectos positivos en la sobrevivencia.
- Los sulfatos SO_4 (140ppm) presenta un efecto similar al potasio contra el calcio, a la falta del potasio.

***Susan Laramore HBOI**

Relación Mg / Ca = 3

- A salinidades de 4 ups, los niveles de K⁺ (5, 10, 20, 40 mg/l) y Mg⁺² (10, 20, 40, 80, 160 mg/l) develaron un mejor crecimiento en *L. vannamei* con incremento de K⁺ porque?
- Con respecto al Mg⁺², este trabajo indica: “menor supervivencia con menores concentraciones”; pero sin diferencia en crecimiento.

Roy et al (2007). Aquaculture 262: 461-469.

Sodio Na⁺ / Potasio K⁺ = 28

- El Sodio es necesarios para la sobrevivencia de *L.vannamei*, pero, mueren a un rango Na / K de 187, sin importar el valor de salinidad, mejor supervivencia y crecimiento con rangos alrededor de 34. **Zhu et al,2004**
- La relación Na/K=1.8 muestra baja sobrevivencia mientras que la relación Na/K=2.4 incrementa la sobrevivencia en aguas dulces al 80%.
- Incrementar el Potasio a niveles de hasta 50 ppm no muestra efectos adicionales.
- Incrementar el Potasio solo, por encima de 60 ppm puede ser perjudicial en aguas dulces

***Susan Laramore HBOI.USA**

Bioquímica de la Hemolinfa

Relaciones iónicas del Océano Pacífico.

Cl / K	= 51
Na / Ca	= 26
Na / K	= 28
Na / Mg	= 8
Ca / K	= 1
Ca / Mg	= 0.37
Mg / Ca	= 3
Mg / K	= 3,4



Sodio Na⁺ Cloruro Cl⁻
Calcio Ca⁺² Potasio K⁺
Magnesio Mg

* Susan Laramore 1992

Patologías reportadas

*Shrimp Disease manual, James A. Brock and Kevan I. Main, Honolulu, 96825, 2000.

PATOLOGÍA	Siglas	ÓRGANO	¿CAUSA?
BLACK SPOT DISEASE	BSD	T/CUERPO	Vit B : Ca : Mg
BLACK SPLINTER SYNDROME	BSS	T/CUERPO	Vit B : Ca : Mg
CRAMPED MUSCLE SYNDROME	CMS	ABDOMEN	Ca : Mg : K
IDIPATHIC MUSCLE NECROSIS	NIM	ABDOMEN	Vit B : Ca : Mg
LARVAL DEFORMITY SUNDROME	LDS	T/CUERPO	Ca : Mg : K : Na



Diagnostico - Interpretación

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
pH	S‰	CLNa mg/L	Cl mg/L	Na mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	K mg/L	CO₃Ca (Ca)	CO₃Mg mg/L	CO₃Ca (Mg)	Dureza Total	Dureza Iónica
7,9	28	23240	14098	9142	145	850	65	362	1010	3457	3819	995
		0	0	0				0	0	0	0	0

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
T °C	TAN	NH3 mg/L	NH4 mg/L	ALK	C comp.	N-NO3 mg/L	NO3 mg/L	N-NO2 mg/L	NO2 mg/L	PO₄ mg/L	P2O5 mg/L	P mg/L
29	0,150	0,183	0,194	100	HCO3-	0,400	1,76	0,020	0,066	0,010	0,0075	0,0033
		0	0,000		0		0		0		0	0

RELACIONES					
Na / K	Cl/K	Ca/Mg	Ca/k	Mg/k	Mg/Ca
140,7	216,9	0,2	2,2	13,1	5,9

Tabla alterna para aguas dulces

	x 551	x 304,5	x 78,3	x 11,6	x 10,7	x 39,1	÷ 0,4008	÷ 0,842	÷ 0,292	
S‰-UPS	Cloro	Sodio	Sulfato	Calcio	Potasio	Magnesio	CO3Ca	CO3Mg	CO3Ca(mg)	D. total
35	19.285	10.658	2.741	406	375	1.369	1.013	1.625	5.566	6.579
32	17.632	9.744	2.506	371	342	1.251	926	1.486	5.089	6.015
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

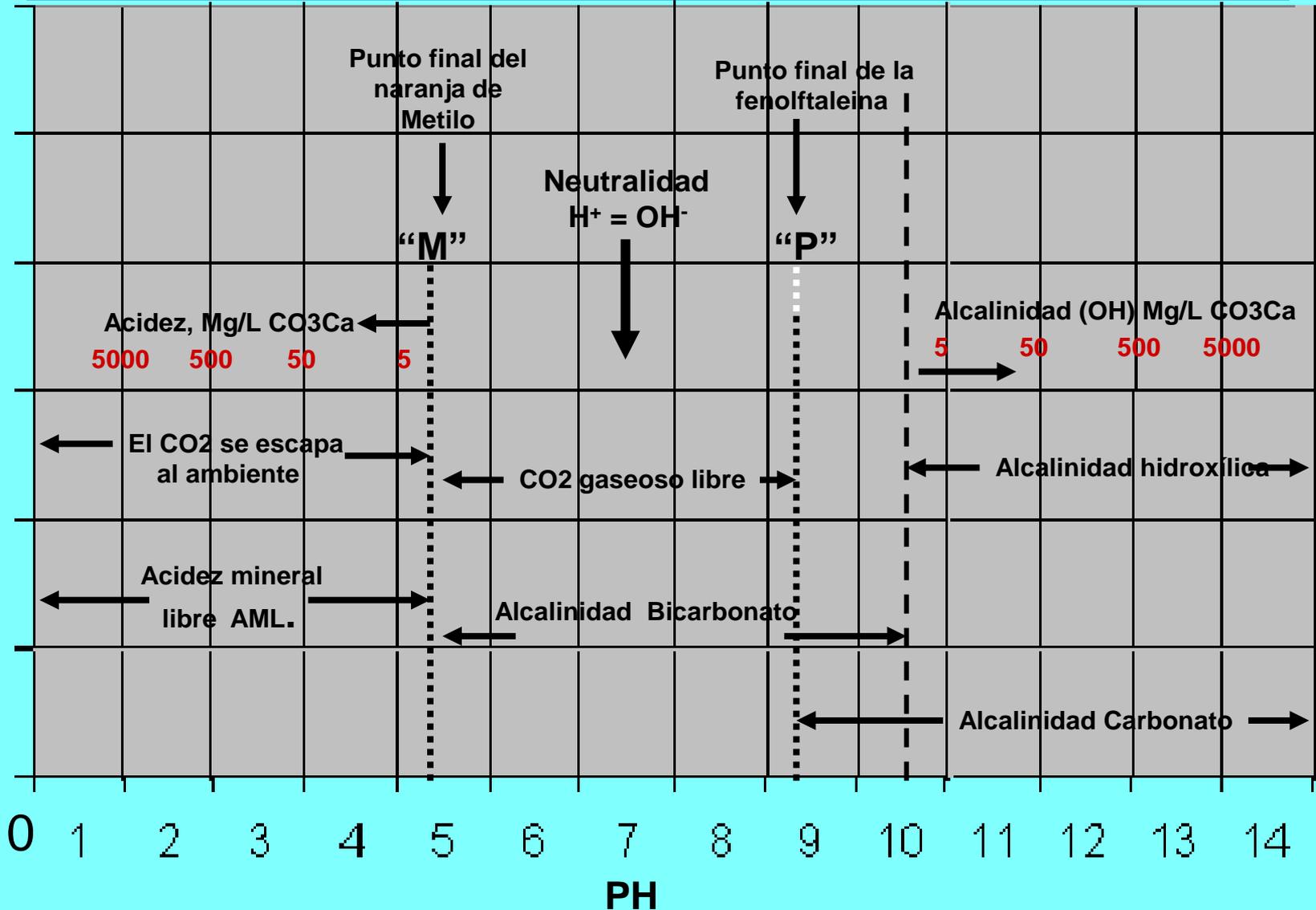
***Esto es Aplicable si las aguas tienen una alta cantidad de Calcio y una Alcalinidad superior a 75 mg/L CO3Ca**

A. Davis, S. Samocha, C. Boyd, 2004

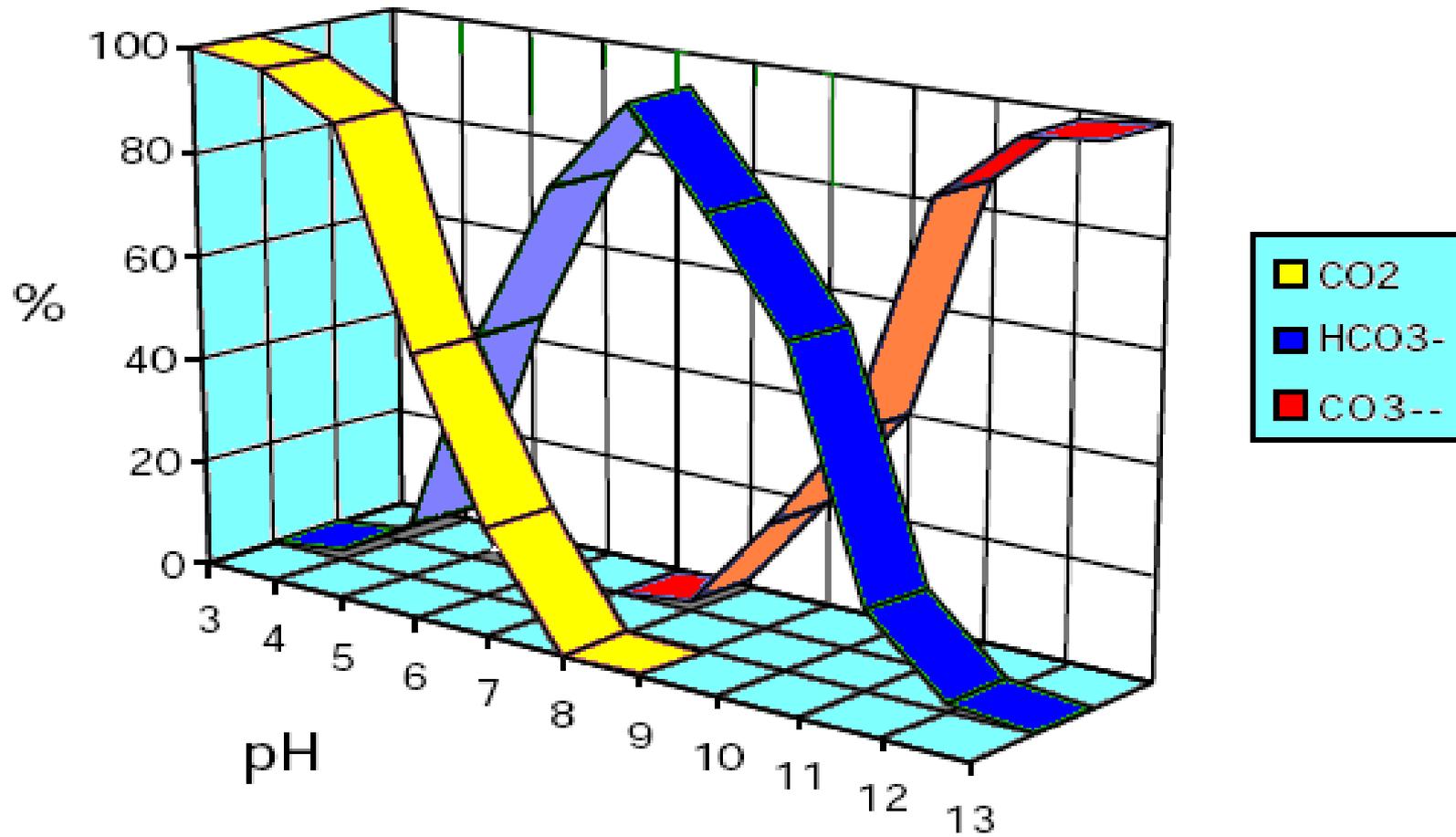
Interpretación de la alcalinidad

- **Para los Biólogos**, el punto divisorio entre acidez y la **alcalinidad**, es el pH 7.0
- **Para un Químico de aguas** es, sino el punto final de la alcalinidad “M” que corresponde a un pH 4.4, pero también está interesado en la alcalinidad “P”, que existe cuando el pH está entre 8.2 - 8.4.
- La gran mayoría de los suministros acuíferos naturales el pH es menor de 8.2, de forma que no tiene alcalinidad “P”.
- Muy pocas aguas naturales tienen un pH inferior a 5.0, de manera que es casi imposible encontrar ácido minerales fuertes en el agua dulce.
- El rango de pH entre los puntos “final M” y punto “final P” se define como la **Alcalinidad de bicarbonatos**, y pueden estar presente los ácido débiles como el ácido carbónico, dióxido de carbono en solución.

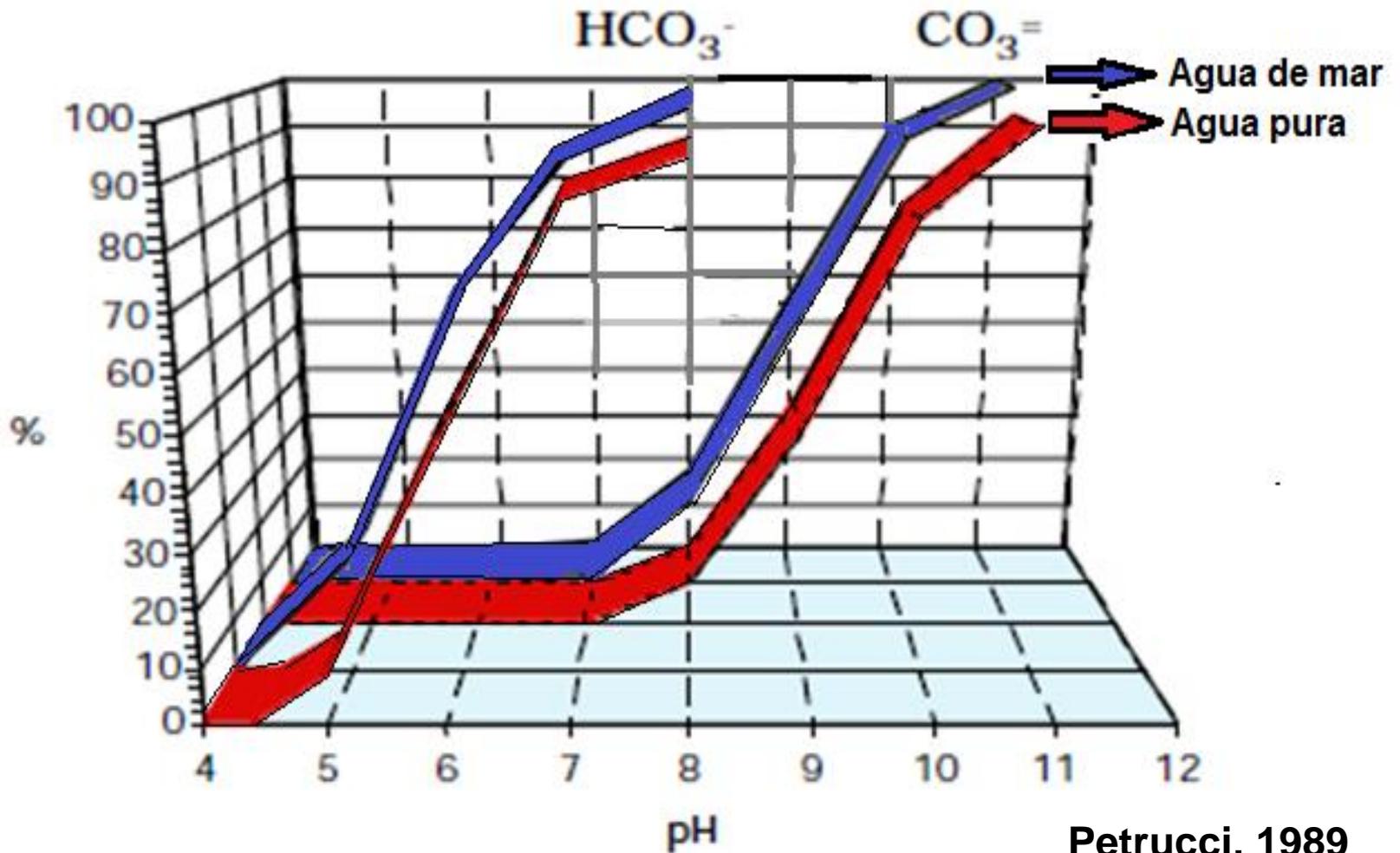
Tipos de Alcalinidad vs rangos de pH



Análisis de alcalinidad



La alcalinidad – El pH, en cuerpos de agua dulce y agua salada



Petrucci, 1989

La alcalinidad= $\text{CO}_2 + \text{CO}_3^{=} + \text{HCO}_3$

- **El bióxido de carbono** disuelto en el agua del mar, suele encontrarse en pequeñas cantidades 0.3 cc/L como promedio, debido a que tiene gran solubilidad para reaccionar químicamente con el agua del mar formándose en **Carbonatos y Bicarbonatos**.
- Tanto el **bióxido de carbono**, como **carbonatos y bicarbonatos** tienen especial importancia en la vida acuática.
- Los **carbonatos y bicarbonatos** forman parte de las estructuras esqueléticas de los seres marinos de naturaleza calcárea.
- **Los Océanos** son los principales filtros biológicos del **CO₂ atmosféricos**.

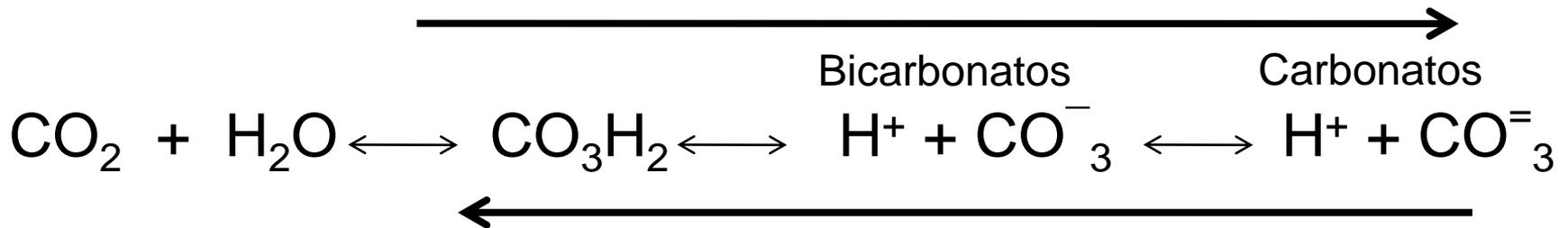
El bióxido de Carbono

- Las masas de aguas representan el principal regulador de la cantidad de **bióxido de carbono** en la atmósfera, ya que cuando este gas se produce durante la respiración de los organismos, aumenta su cantidad en el aire.
- Cuando él CO_2 hace contacto con la superficie del agua (océanos, ríos, estanques) se, transformándose en ácido carbónico CO_3H_2 .
- El bióxido de carbono es un elemento fundamental en el proceso de la fotosíntesis, es el principal nutriente del fitoplancton durante las horas de luz.

CO₂ en los procesos biológicos

- La variación del pH, esta directamente relacionada a la producción del CO₂.
- En la Respiración se libera CO₂ (acidificándose)

Hidrógenos libres



- En la Fotosíntesis se consume CO₂ (basificándose)

Relación entre el CO₂ y la alcalinidad M

Primera alternativa: El CO₂ x 1,14 = CO₂ como CO₃Ca

Segunda alternativa:

Ejemplo.

Sí el pH del agua a analizar es = 6,9

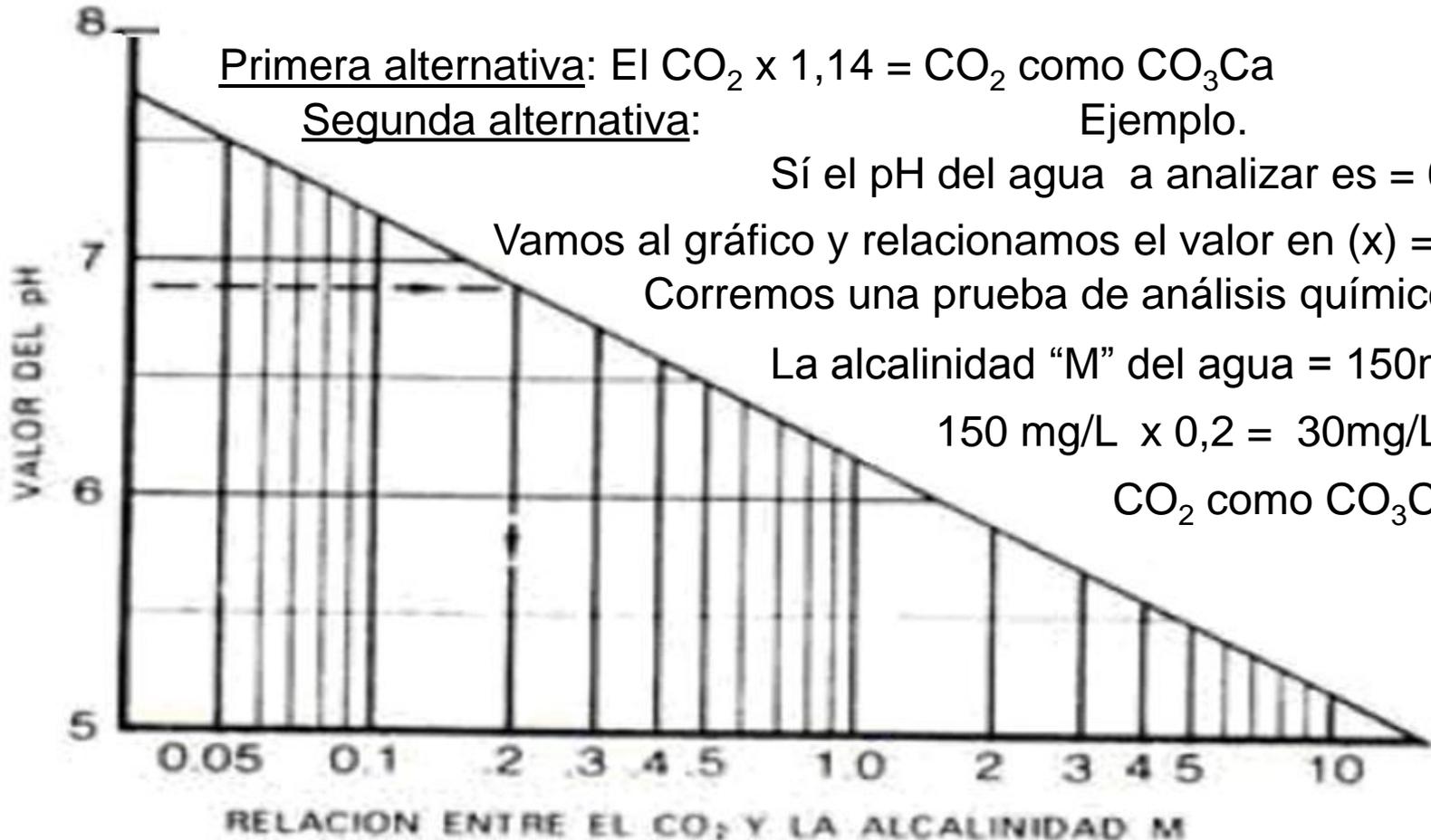
Vamos al gráfico y relacionamos el valor en (x) = 0,2.

Corremos una prueba de análisis químico;

La alcalinidad "M" del agua = 150mg/L

150 mg/L x 0,2 = 30mg/L

CO₂ como CO₃Ca.



Lecturas de los equipos

- **Nitritos:** (YSI # 24) los equipos leen mg/L de: Nitrógeno de Nitritos N-NO_2 y para expresar los resultados como nitritos:

$$\text{N-NO}_2 \times 3.3 = \text{mg/L NO}_2^-$$

- **Nitratos:** (YSI # 23) los equipos leen mg/L de: Nitrógeno de Nitratos = N-NO_3 y para expresar los resultados como nitratos:

$$\text{N-NO}_3 \times 4.4 = \text{mg/L NO}_3^+$$

- **Fosfatos:** (YSI #28) los quipos leen: mg/L de PO_4^- y para expresar los resultados como:

$$\text{PO}_4^- \times 0.33 = \text{mg/L de P}^+ \text{ (Fósforo iónico).}$$

$$\text{PO}_4^- \times 0.75 = \text{mg/L de P}_2\text{O}_5 \text{ (Oxido fosfórico).}$$

Amonio

- (YSI, método # 4) Ningún equipo lee el Amonio, todos leen: **Total de Nitrógeno Amoniacal (TAN)**: que deberá ser corregido a través de una tabla, para poder expresarlo como: **Amoniaco NH_3^-** ó **Amonio NH_4^+** , en la tabla, el TAN, es ajustado con las diferentes variables de pH, Temperatura, Salinidad.
- La alternativa.
- Sí no dispone de la tabla, se puede asumir los máximos valores a obtenerse en la “peor de las condiciones”.

TAN x 1.22 → mg/L NH_3^- Amoniaco.

TAN x 1.29 → mg/L NH_4^+ Amonio.

Cálculo de Melaza como fuente de Carbono en los balanceados.

$$\frac{A \times B \times C \times D \times E}{F} = \text{Lt.}$$

*Yoran Avnimelech.1999

A = Cantidad de balanceado en Kg. D = % taza de excreción-asimilación.
B = % de Proteína del balanceado. E = 16% (Nitrógeno en Proteína).
C = Rango (5-10-15-20-25-30 : 1) F = % de Carbono en la melaza.

* Ejemplo:

$$\frac{50\text{Kg} \times 0.35 \times 10 \times 0.5 \times 0.16}{0.40} = 35 \text{ Lts. de melaza.}$$

* 50 Kg x 0.35 x 10 x 0.2 = 35 Lts. de melaza.

* FJHM: 2000

$\frac{\text{TAN} \times 10.000 \text{ m}^3}{1.000} \times 16 = \text{Kg de Carbón orgánico para mantener la relación } 16 : 1 \text{ (C: N)}$

*James F. Collins,2001

Fertilización en piscinas

- Solo por costumbre, **“se ha dicho que los elementos nutritivos limitantes más importantes en los sistemas acuáticos son el (N y P)”** y los **micronutrientes limitantes?**
- La productividad de los ecosistemas acuáticos generalmente está limitada por las bajas concentraciones de ciertos iones nutritivos en el agua. **“ley del mínimo – ley de Liebec”**
- Existen varios tipos de fertilizantes: Químicos (minerales) y Orgánicos (principalmente estiércol)

Para efectos de cálculos

N total = N-NO₃ + N-NO₂ + TAN y **P total** = P-PO₄⁻³

Ej. **N= 0.60 mg/L** y **P= 0.10 mg/L; R= 6:1**

N= 0.80 mg/L y **P= 0.10 mg/L. R=.....**

N= 1.20 mg/L y **P= 0.10 mg/L R= 12:1,**

- Que tengo que hacer para llegar a la relación (10:1)?, entonces **N=1.2 mg/L**, el fósforo debe subir a 0,12 mg/L

R//= (0.12 – 0.10)= 0.02 mg/L de Fósforo.

- Ahora bien, **0.02ppm=0.02mg/L=0.02gr/m³**
- 0.02 gr/m³ x 10.000 m³/Ha= 200 gr/Ha(producto 100%) Pero mi producto es al 40%, entonces debo aumentarle el 60% a los cálculos iniciales:
200/0.4 = 500 gramos x Ha.

El Oxígeno

- El gas más estudiado, dada su importancia en los procesos biológicos. Sin embargo, el proceso de absorción del oxígeno por las masas de aguas y su transporte hacia las profundidades, es uno de los problemas que más nos interesan a nosotros como acuicultores.
- El oxígeno en nuestros sistemas acuícolas, procede en primer lugar del contenido en la atmósfera (21%) y en segundo lugar, como producto de la actividad fotosintética del fitoplancton, que viven en las capas superficiales de masas de agua, zona fótica.

Disponibilidad del oxígeno

- La composición de la atmosfera terrestre es aprox.
(79% N₂ + 21% O₂)
- Considerando que la primera capa de sedimentos (capa floculante) de un estanque debe ser altamente oxigenada, para poder oxidar la materia orgánica acumulada en los fondos.
- Los fondos de los estanques consumen el 80% del oxígeno disuelto en la columna de agua.
 $21 \times 80\% = 16,80 \text{ mg/L (suelos)} + 4.2 \text{ mg/L (camarón)}$
- Los camarones solo utilizan el 80% del oxigeno disponible.
 $4,2 \times 80\% = 3.36 \text{ mg/L}$
- La carga mínima de oxígeno requerido en un sistema camaronero es de 3 mg/L.

Concentración mínima de iones

- Las células vivas poseen una membrana capaz de permitir el paso de todos los iones, Na, K, Ca, Cl, Mg, y a la vez, ser selectivas y diseñadas para permitir el intercambio iónico a través de ella.
- Estructuras internas como la “**Bomba de sodio**” permiten la expulsión selectiva de los iones de Sodio y la retención de los iones de Potasio dentro de la célula.
- Así mismo la existe la Bomba de calcio.

Edwards, N - Hassall, K 1996

Bioquímica en la Hemolinfa

- Experimentos demuestran que los 5 mayores iones de la Hemolinfa del camarón son: **Sodio Na^+** , **Cloro Cl^-** , **Potasio K^+** , **Calcio Ca^{+2}** , **Magnesio Mg^{+2}** .
- Se determinó que las relaciones entre el Calcio y el Potasio en aguas dulces, es el punto mas critico de un cultivo, ya que a 170 ppm de Ca^{+2} en ausencia del Potasio, el calcio se convierte en letal para los camarones *vannamei*, requiriendo por lo mínimo la presencia del potasio en por lo menos las **$\frac{3}{4}$ partes** del Calcio.

Susan Laramore. 1992

Plasma

Eritrocito

CO₂ disuelto

Plasmalema del eritrocito

CO₂

Anhidrasa Carbónica

+ H₂O

H₂CO₃

Hb NH COO⁻

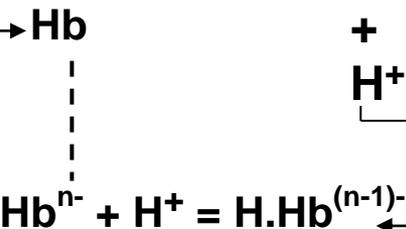
+ H⁺

H⁺

HCO₃⁻

Hb-NH₂

Hb O₂



Ayudado por el efecto Bohr

Desviación Hacia el Cloruro

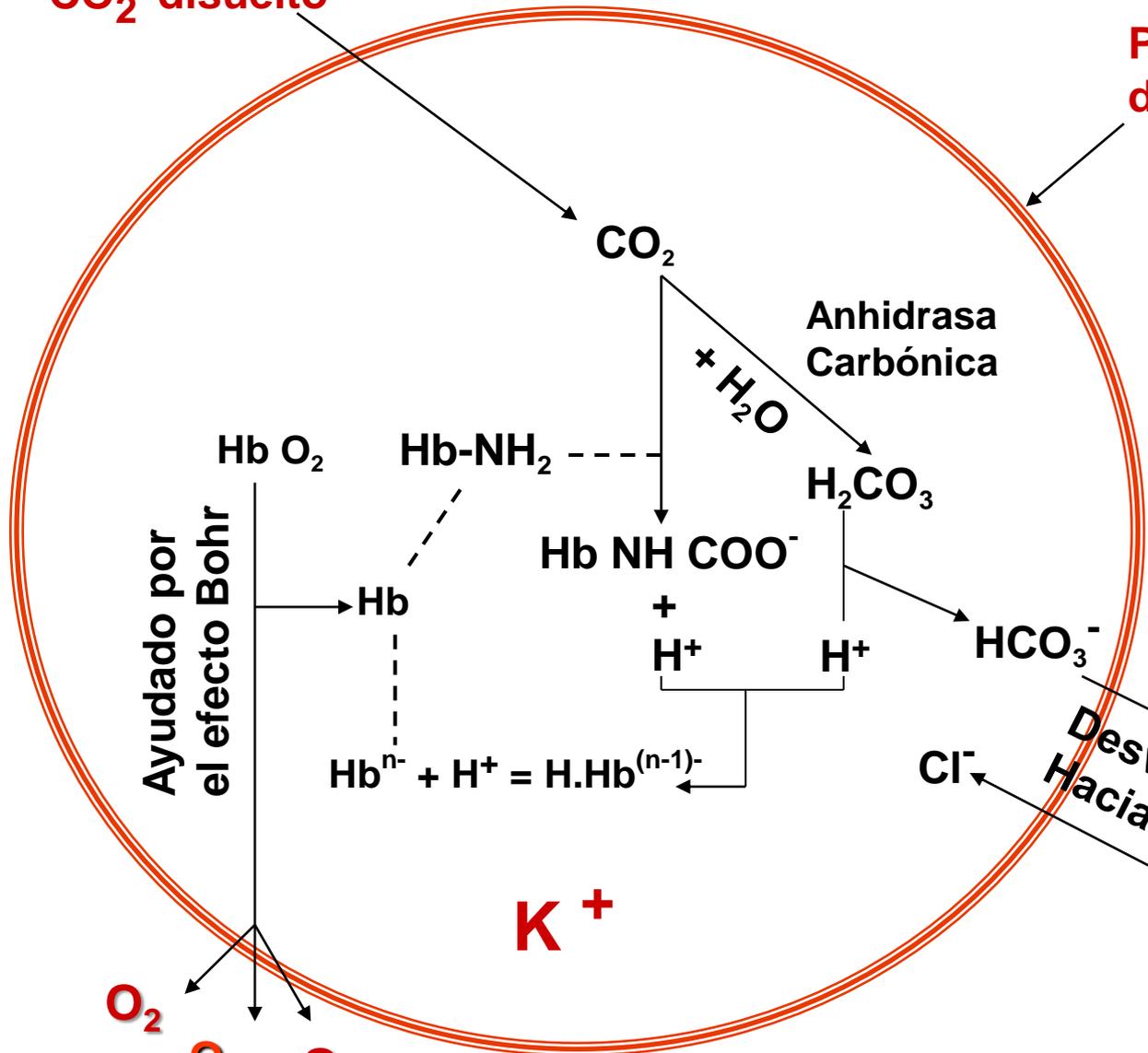
HCO₃⁻

Cl⁻

K⁺

Na⁺

O₂
O₂
O₂



Reseñas bibliográficas

- La actividad de la **enzima Na/K/ATPasa**, ó **bomba de sodio**, demostraron que el crecimiento y la supervivencia en *M. japonicus*, es *ampliamente* afectado por rangos entre Na^+ / K^+ y $\text{Mg}^{+2} / \text{Ca}^{+2}$

Relación directa entre $\text{Na}^+ / \text{K}^+ / \text{ATPasa}$ y el crecimiento.

Relación positiva entre $(\text{Na}^+ / \text{K}^+)$ y $(\text{Mg}^{+2} / \text{Ca}^{+2})$

Recomiendan Biocompensar los rangos entre:

- $\text{Mg}^{+2} / \text{Ca}^{+2}$ en 3.50;
- $\text{Ca}^{+2} / \text{K}^+$ en 1.31;
- Na^+ / K^+ en 30.45;

Pan et al (2007). Aquaculture 261: 1396-1402.

Reseñas bibliográficas

- Suplementación de K^+ de 6.2 a 40 mg/l y Mg^{+2} de 4.6 a 20 mg/l, respectivamente a aguas con salinidad de 2.6 ups, se incrementó significativamente la supervivencia en la producción de *L. vannamei*.

Mc.Nevin et al (2004). JWAS 35: 460-467.

- Suplementación en aguas subterráneas de 4 ups con minerales de K y Mg, significativamente mejoró la supervivencia de PL de camarón *L. vannamei* durante la aclimatación.

Davis et al (2005). JWAS 36: 416-419.

Reseñas bibliográficas

- Los niveles de Ca^{+2} en la hemolinfa, como en el hepatopáncreas, de *M. rosebergii*, se incrementaron durante la fase intermuda de 7.7 a 14.8 mmol/L, y de 0.8 a 1.2 mmol/L, respectivamente.
considerando que: $1 \text{ mmol/L Ca}^{+2} = 40 \text{ mg/l}$.

Fieber et al (1982). J. WAS 13: 21-27.

- Incremento de Mg^{+2} en la hemolinfa de camarones *C. gragnon*, previenen la caída del pH fisiológico, y el incremento de niveles de lactato de calcio, inducido por la anoxia.
- Así los altos niveles de Mg^{+2} que muestran el efecto protector, no solo dependen de rango $\text{Mg}^{+2}/\text{Ca}^{+2}$ del agua, sino también del Mg^{+2} intracelular.

Sartoris et al (1996). J. Exper. Biol. 2002: 785-792.

Balance iónico en aguas marinas

Ca 400 mg/L; Mg 1350 mg/L; K 375 mg/L;
Na 10.500 mg/L; Cl 19.000 mg/L

Zonas templadas $\text{Ca} > \text{Mg} \geq \text{Na} > \text{K}$ y $\text{CO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$

Atlántico sur $\text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{K}$ y $\text{Cl} \geq \text{SO}_4 > \text{CO}_3$,

***RODHE, 1949**

Pacífico ecuatorial, $\text{Na} > \text{Mg} > \text{Ca} \geq \text{K}$ y $\text{CO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$

***HBOI 1992**

Los iones de **Na, Mg, K y Cl**, tienen concentraciones **conservadoras**, porque en los lagos sufren fluctuaciones parciales y temporales.

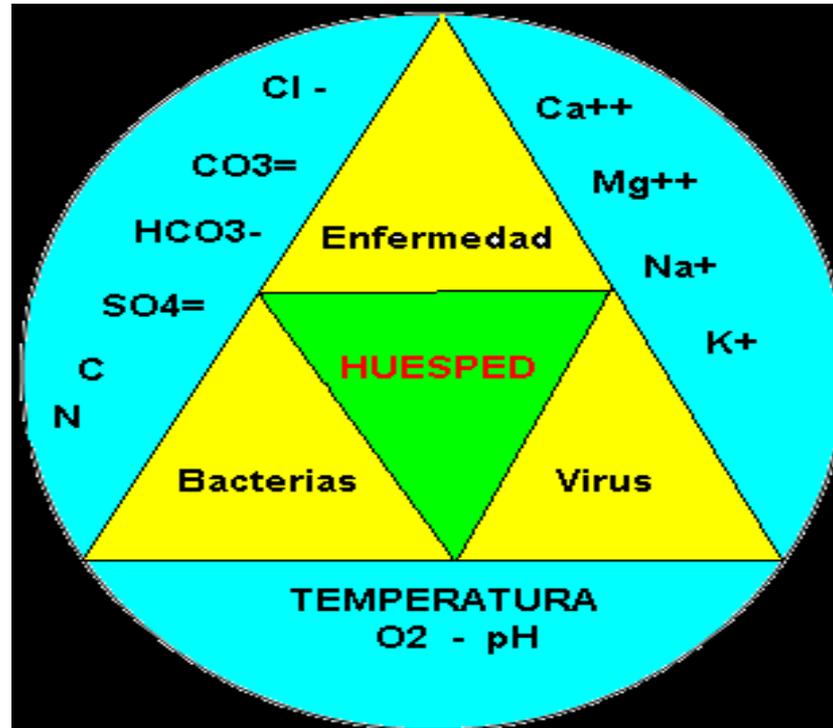
Los iones de **Ca, C, Sulfatos, son dinámicos**, y sus concentraciones están muy influenciadas por la población y el metabolismo microbiano.

R. Wetzel 1981

Balance iónico: FITOPLANCTON

- La relación entre los Cationes Monovalentes/Divalentes adquiere importancia especial con respecto a la distribución y abundancia de micro algas y plantas acuáticas en AGUAS DULCES.
- **Provasoli et al**, 1958, señalan que:
 - M:D = 0.0 a 0.8** van a favorecer a las Cianobacterias.
 - M:D = 0.9 a 1.2** van a favorecer a las Clorofíceas.
 - M:D = 1.3 a 1.5** van a favorecer a las Diatomeas.
 - M:D = +1.6** van a favorecer a las Desmidiáceas.
- Pero así mismo reporta, que si ocurría una descalcificación de los sedimentos, la población de diatomeas se reduciría a menos de la mitad, iniciando la formación predominante de las poblaciones de Clorofíceas y Cianofíceas.

R. Wetzel, 1981



Muchas gracias
jorgechavezrr@hotmail.com