

Conceptos básicos de calidad de agua y variables importantes de monitorear en en el cultivo de camarón

Stanislaus Sonnenholzner

**CENAIM-ESPOL
GUAYAQUIL - ECUADOR**

Machala Acuicola 2011, Machala,
22-24 junio 2011

INTRODUCCIÓN

La clave para una exitosa producción de organismos acuáticos es mantener una buena calidad de agua.



Pobre calidad de Agua = Pobre Producción



Principales factores que influyen en la calidad de agua

FOTOSÍNTESIS/RESPIRACIÓN

FERTILIZACIÓN

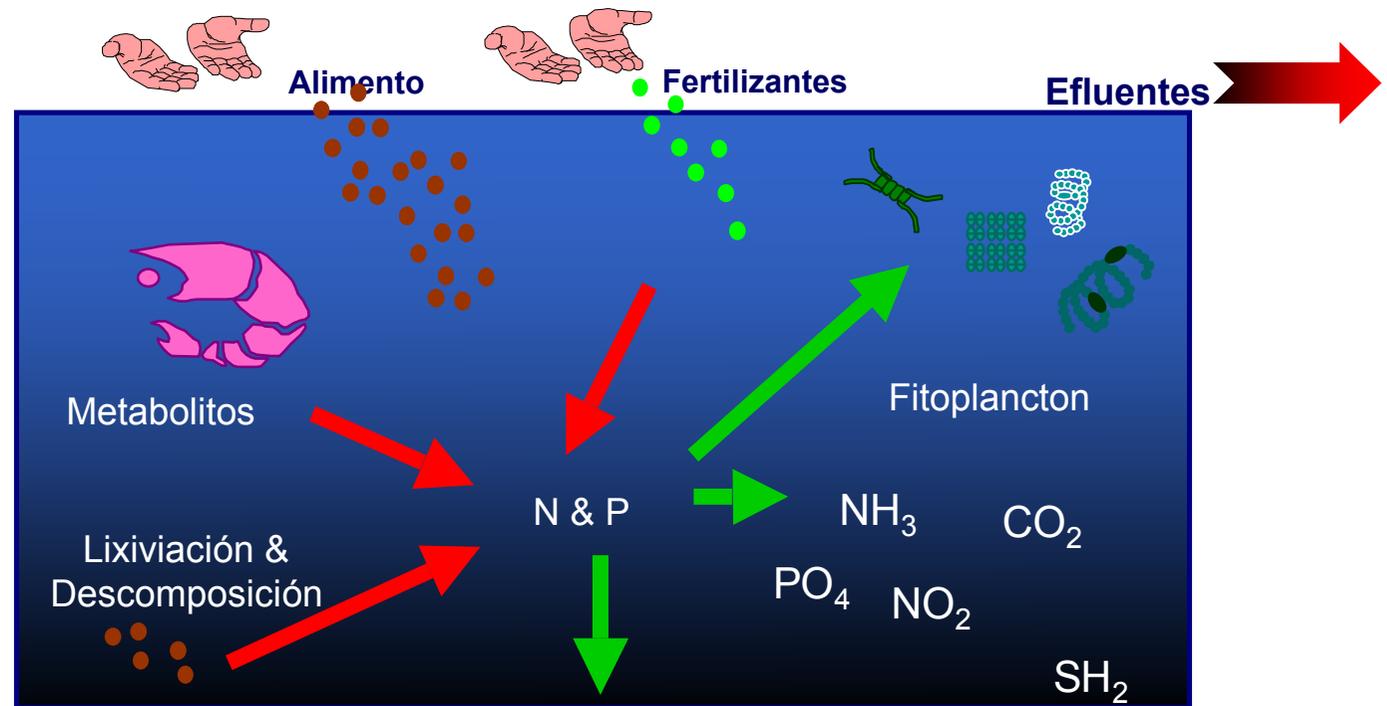
ALIMENTOS

TEMPERATURA

AIREACIÓN

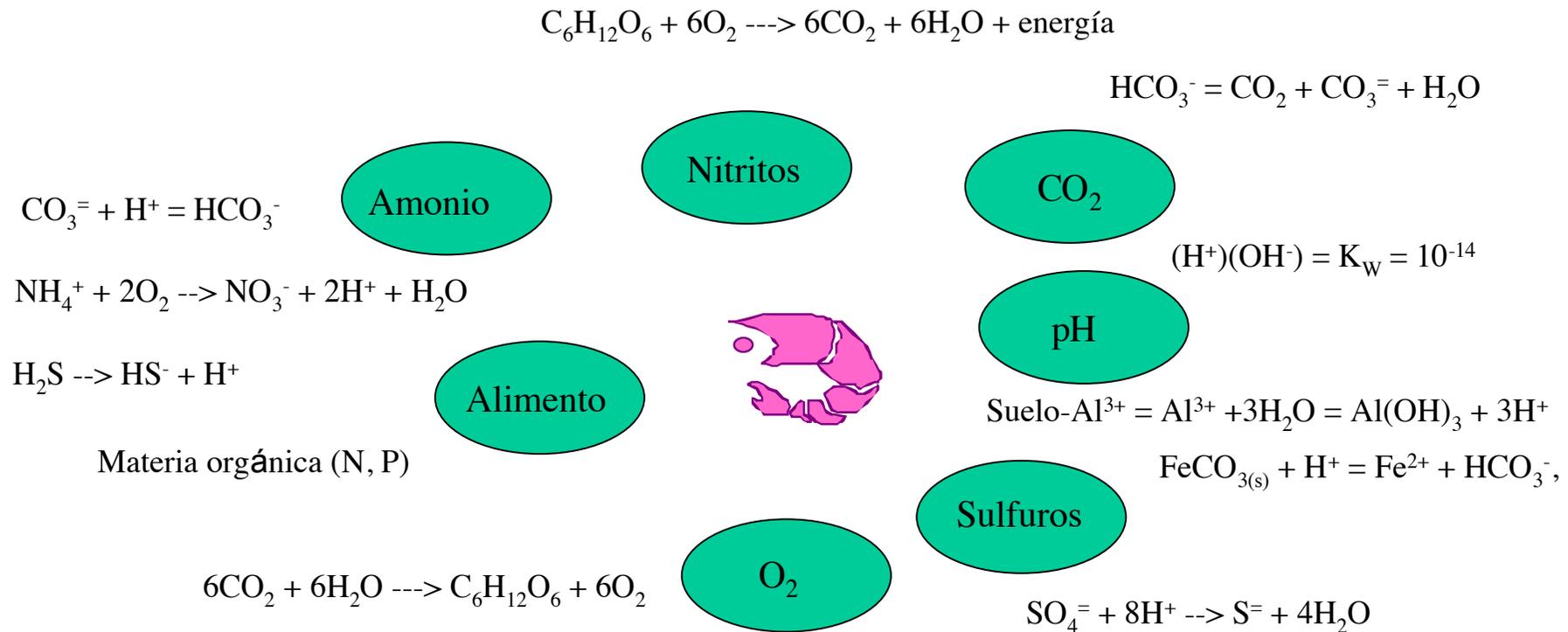
RECAMBIOS

SUELOS

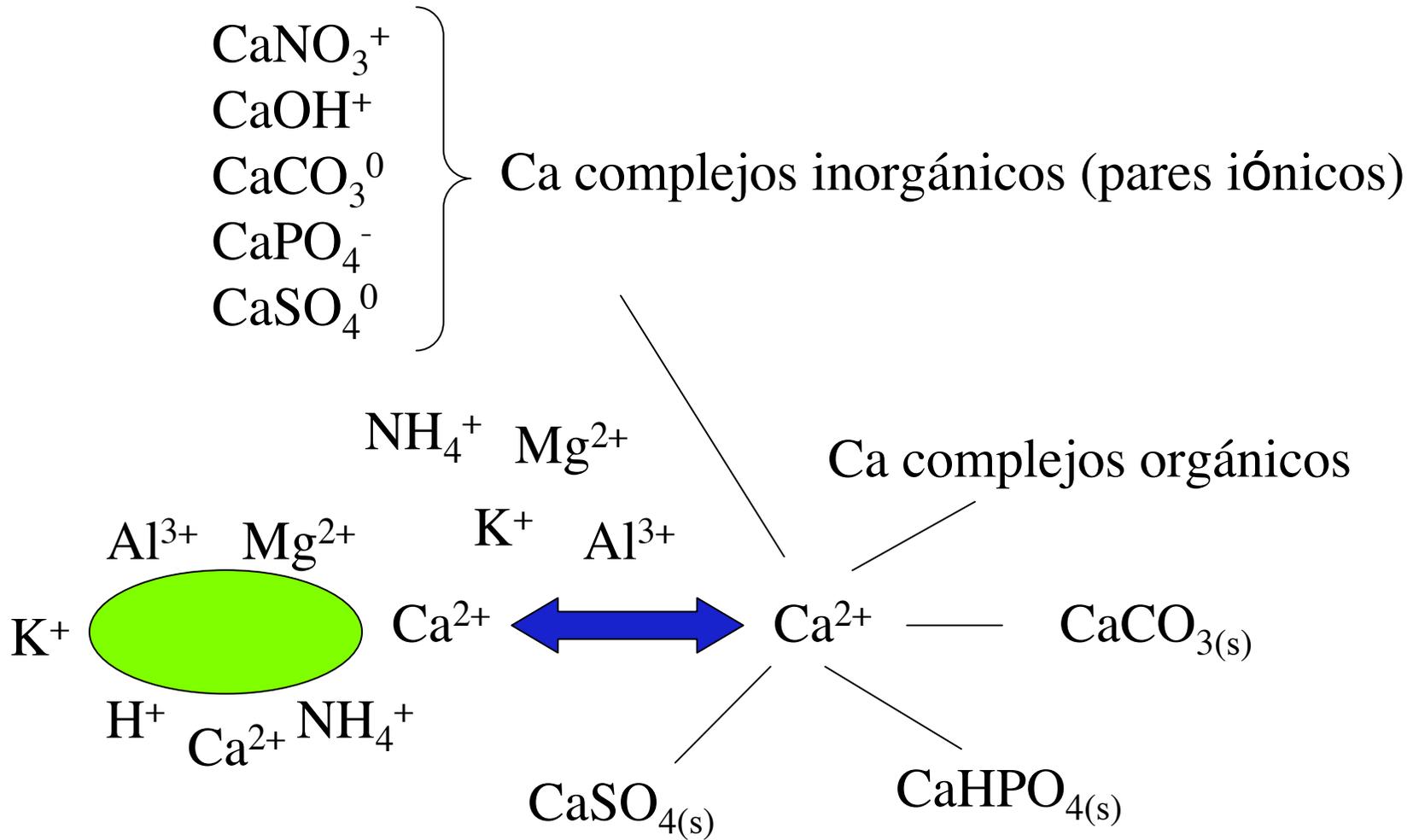


Sopa Química

Los procesos físicos-químicos y biológicos (precipitación-disolución, descomposición materia orgánica, nitrificación, intercambio de gases, respiración, etc) interactúan produciendo una “sopa” química.

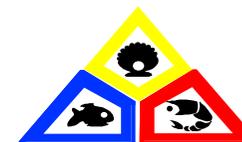


Equilibrio de iones en compartimientos químicos



Variables críticas de calidad de agua para Acuicultura

- Temperatura
- O₂
- Alcalinidad
- CO₂
- pH
- Salinidad (iones)
- Compuestos nitrogenados: amonio, nitrito
- Sulfuros
- Metales
- Químicos & desinfectantes



Variables críticas: Temperatura

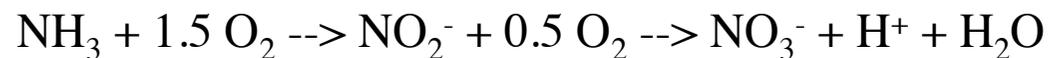
Peces y crustáceos son poikilotérmicos (Temperatura corporal se ajusta continuamente a cambios de T)

Afecta procesos fisiológicos (respiración, alimentación, asimilación de nutrientes, crecimiento)

Las tasas de procesos bioquímicos son dependientes de temperatura ($\Delta 10^{\circ}\text{C} \rightarrow$ duplica tasas de reacciones químicas y biológicas).

Afecta estado inmune y por ende mas propenso a enfermedades.

Afecta las variables químicas controladas (generadas) por actividades biológicas, ejemplo: nitrificación & acumulación de amonio y nitrito.



Nitrosomonas

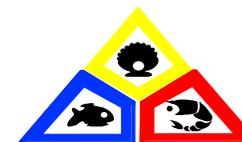
Nitrobacter



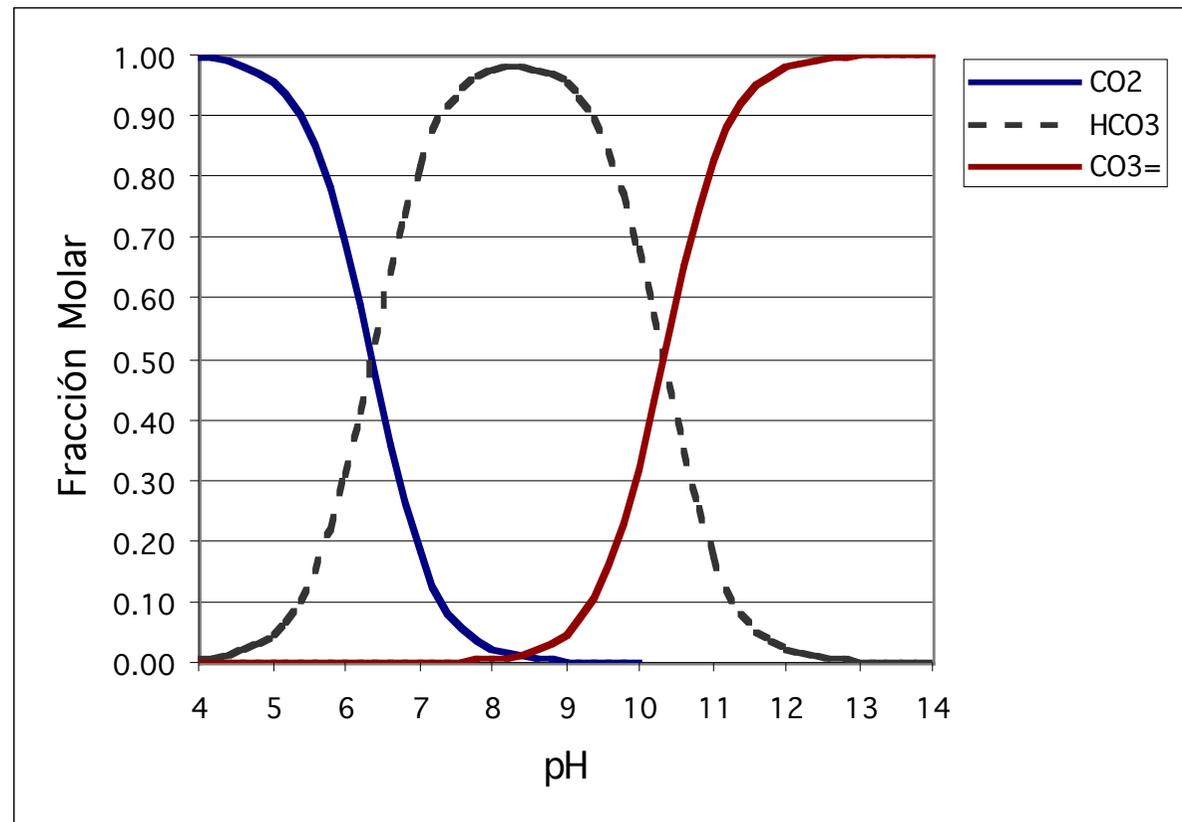
Variables críticas: Alcalinidad & Sistema Carbonatado

Organismos acuáticos no poseen un requerimiento fisiológico significativo por carbonato o bicarbonato. Sin embargo la alcalinidad es una variable ambiental muy importante porque reacciona con otras variables que afectan la salud de los organismos acuáticos y fertilidad del ecosistema.

- principales iones: $\text{CO}_3^{2=}$, HCO_3^- , hidróxidos, amonio, boratos, silicatos y fosfatos.
- medida de capacidad buffer (cambios de pH) o neutralización de acidez de agua.
- agua de mar: 120 mg/L (como CaCO_3).
- agua < 30 mg/L considerados pobremente tamponados.
- 20 a 30 mg/L suficiente CO_2 para fotosíntesis
- Solubilidad de metales potencialmente tóxicos y la concentración de iones metálicos libres en solución decrece a con incremento de pH. Toxicidad potencial de metales decrece a medida que alcalinidad se incrementa porque pH generalmente aumenta con alcalinidad total.



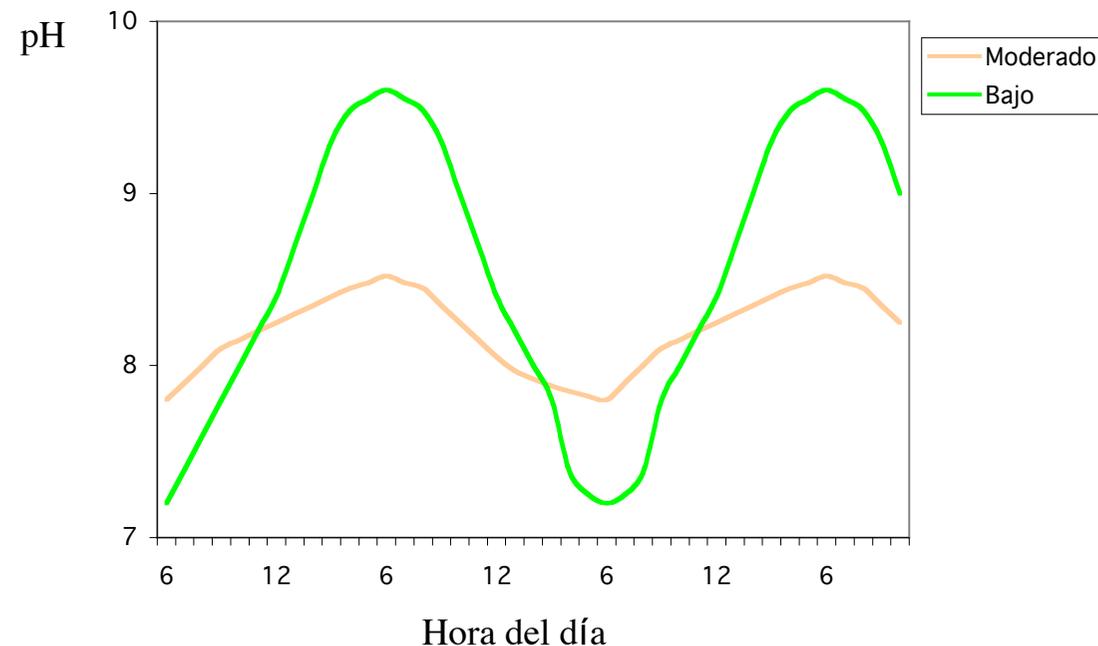
Variables críticas: CO_2 , HCO_3^- y CO_3^{2-} en función del pH



Variables críticas: pH vs alcalinidad

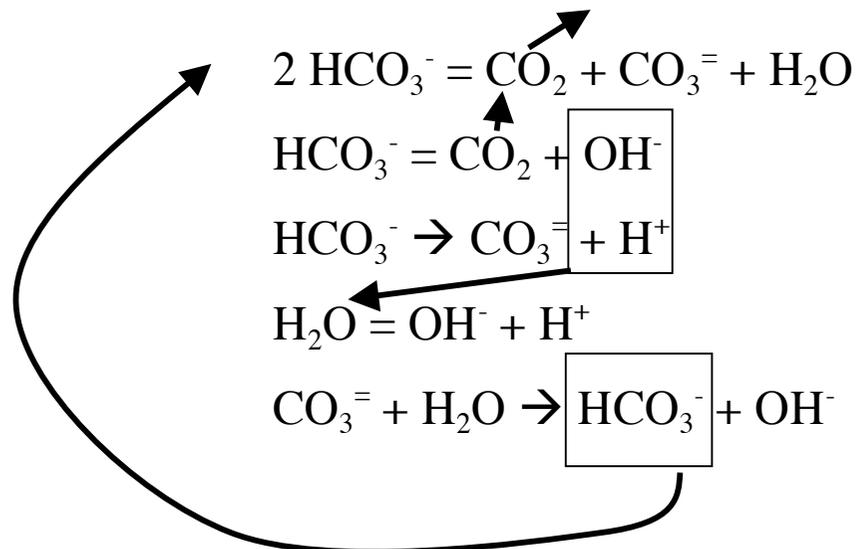
La capacidad tampón que imparte el bicarbonato (HCO_3^-) al agua dificulta incrementos o reducciones súbitas y/o permanentes del pH al agregar bases o ácidos, respectivamente.

Las fluctuaciones de pH por procesos biológicos tales como producción/consumo de CO_2 por fotosíntesis/respiración son menores a medida que aumenta la alcalinidad del agua

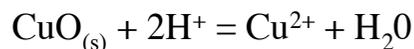


Variables críticas: Capacidad “buffer” de HCO_3^-

Cuando CO_2 es removido del sistema, bicarbonato se disocia para formar mas CO_2 . Nótese que dos bicarbonatos deben disociarse para reemplazar una molécula de CO_2 y el carbonato va a incrementar. La hidrólisis de carbonato reemplaza solo 1 ion bicarbonato por cada par de iones bicarbonato removidos para mantener equilibrio cuando el CO_2 es removido. La hidrólisis de carbonato solo reemplaza parcialmente el bicarbonato utilizado cuando el CO_2 es removido y el pH debe incrementarse porque el carbonato aumenta.



Variables críticas: Toxicidad de Cu & Alcalinidad



@ pH 7 $\text{Cu}^{2+} = 10^{-6.35} \text{ M} = 28.34 \text{ ug/L}$

@ pH 8 $\text{Cu}^{2+} = 10^{-8.35} \text{ M} = 0.284 \text{ ug/L}$

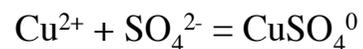
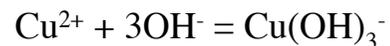
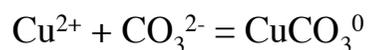
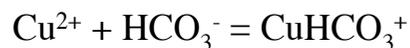
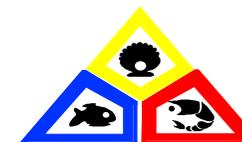


Tabla: Concentraciones de Cu^{2+} , CuCO_3^0 y cobre total (Cu_T) en equilibrio con Tenorita (CuO) en aguas con diferentes pH y de alcalinidad de 50 mg/L como CaCO_3 .

pH	Mole/Litro 10^{-7}		
	Cu^{2+}	CuCO_3^0	Cu_T
7.0	4.50	10.2	15.2
7.5	0.45	3.21	3.81
8.0	0.045	1.02	1.12
8.5	0.0045	0.32	0.35
9.0	0.00045	0.10	0.11

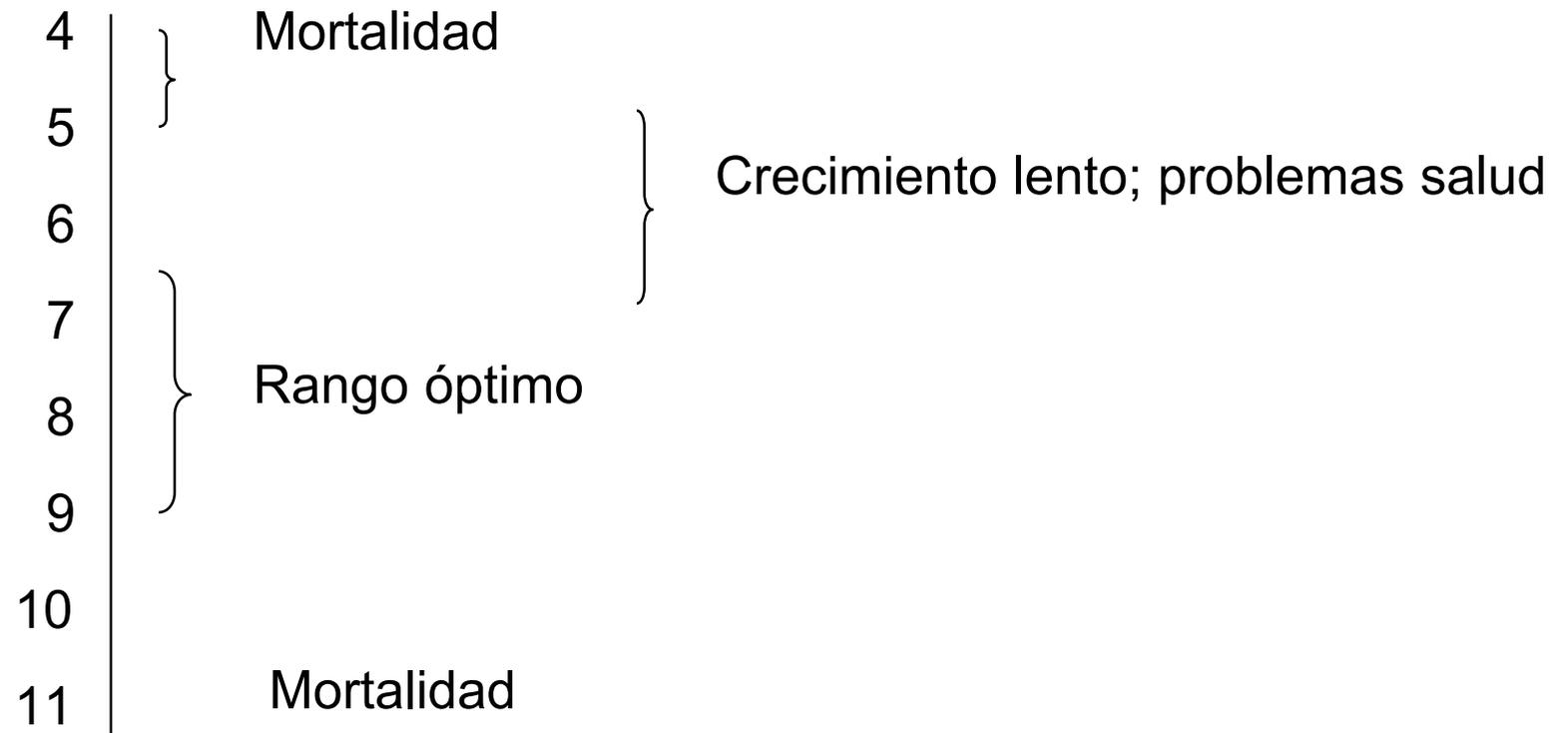
Tabla: Concentraciones de Cu^{2+} , CuCO_3^0 y cobre total (Cu_T) en equilibrio con Tenorita (CuO) en aguas con diferentes concentraciones de alcalinidad a pH 8.

Alcalinidad total (mg/L CaCO_3)	Mole/Litro 10^{-7}		
	Cu^{2+}	CuCO_3^0	Cu_T
8	0.045	0.161	0.25
25	0.045	0.509	0.60
50	0.045	1.02	1.12
100	0.045	2.03	2.15
200	0.045	4.05	4.25



Variables críticas: pH

El pH óptimo para organismos de agua dulce esta en el rango de 6.5 a 9.0. Para organismos marinos el rango óptimo es mas reducido por encontrarse en una ambiente mejor tamponado.



Variables críticas: pH sobre organismos acuáticos

pH altos

Las branquias es el tejido primario afectado por concentraciones bajas de H^+ .
Células del mucos en la base de los filamentos se hipertrofian.

Daño en lentes y cornea

Afectación de balance iónico y osmoregulación

Eliminación de amonio (NH_3) hacia el medio externo se ve afectado, porque difusión pasiva decrece al reducirse el gradiente de concentración. La concentración de NH_3 en relación a NH_4^+ del medio externo aumenta con el pH

pH bajos

Afecta el mantenimiento del balance iónico interno.

Eficiencia de respiración afectada por producción de mucus y daño en la estructura de las branquias.

La acidosis de la sangre también afecta la respiración, debido a que la afinidad de los pigmentos de la sangre (hemoglobina) por oxígeno decrece.



Variables críticas: fuentes de H

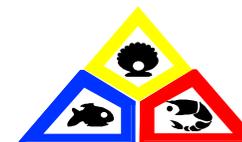
Acidez intercambiable



Acidez por minerales de azufre (pirita)



Acidez por procesos biológicos



Variables críticas: CO₂

- Altamente soluble en agua (0.035% atm)
- Producto de respiración y consumido en fotosíntesis (limitante para productividad primaria)
- Concentraciones (>30 mg/L) efecto narcótico.
- Mas tóxico a bajos niveles de O₂.
- Elevado CO₂ (hypercapnia) reduce la excreción de CO₂ en branquias, elevando los niveles del plasma y acidosis respiratoria.
- Decrece la afinidad de hemoglobina por O₂, aunque niveles de O₂ sean elevados.
- Altas concentraciones pueden formar depósitos calcáreos (nephrocalcinosis) dentro de los túbulos del riñón, y uretra.
- Niveles bajos pueden reducir crecimiento y factor de conversión alimenticio.



Variables críticas: Salinidad

Concentración de sales disueltas en fluidos corporales de peces y crustáceos debe mantenerse dentro de límites para amortiguar cambios que pueden causar daños fisiológicos-->proceso denominado osmoregulación (genera gasto energético)

Osmoregulación

- Especies de agua dulce toman iones del ambiente y restringen su pérdida. Excretan agua
- Especies salinas toman agua y excretan iones

Crustáceos son euryhalinos: poseen tolerancia a un amplio rango de salinidad.

L. vannamei puede sobrevivir dentro de un amplio rango de salinidad: 1-78 ppt, y vivir normalmente dentro de un rango de 5-40ppt (Wang, 2000)

Mas allá de la concentración total de sólidos disueltos (salinidad) es importante considerar la composición y concentración de iones, así como el radio iónico entre los mismos (Na/K, Ca/Mg, Cl/SO₄⁼, etc)



Variables críticas: Ca Mg K Na

Estos iones intervienen en varios mecanismos fisiológicos de balance de osmótico, regulación acido-base extracelular & intracelular y en varios procesos metabólicos (e.g. muda)

K^+ cation primario intracelular e importante en activación de enzima Na^+-K^+ -ATPasa (osmoregulación).

Ca^{2+} importante en mineralización de tejido (exoesqueleto crustáceos).

Mg^{2+} en protección de pH intracelular y niveles de ATP.



INTRODUCCIÓN:

Composición química de agua de mar

<i>Compuesto</i>	mg/L	mM	<i>Compuesto</i>	mg/L	mM
Cl	19,000	535.92	Li	0.17	0.02
Na	10,500	456.72	Rb	0.12	0.001
SO ₄	2,700	28.11	P	0.07	0.002
Mg	1,350	55.54	I	0.06	0.0004
Ca	400	9.98	Ba	0.03	0.0002
K	380	9.72	Al	0.01	0.0003
HCO ₃ ⁻	142	2.33	Fe	0.01	0.0002
Br	65	0.81	Mo	0.01	0.0001
Sr	8	0.09	Zn	0.01	0.0001
SiO ₂	6.4	0.11	Se	0.004	<0.0001
B	4.6	0.42	Cu	0.003	<0.0001
F	1.3	0.07			
N	0.5	0.04			



Salinidad: Mayores cationes & aniones en aguas de pozo

Table 6. Major ions, total dissolved solids (TDS), and salinity for saline well water in Ecuador.

Sample	Cations (mg/ L)				Anions (mg/ L)			TDS (mg/L)	Salinity (ppt)
	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	SO ₄	Cl		
1	1,862	649	5,884	150	144	280	13,346	23,280	22
2	283	267	2,479	24	400	292	8,397	8,310	8
3	1,419	902	2,259	62	356	289	11,746	7,570	7
4	732	405	2,195	44	170	333	7,798	18,720	10
5	1,440	1,003	1,776	70	237	315	8,747	13,588	16
6	563	596	4,075	77	453	653	7,648	14,065	15
7	99	33	406	11	236	177	950	1,474	1
8	377	400	3,373	27	257	367	6,998	12,128	12
9	985	430	1,735	1	225	675	7,898	11,949	9
10	762	454	1,703	2	207	448	7,048	10,624	9
11	165	95	348	0	189	128	1,200	2,125	2
12	723	440	2,258	0	279	691	7,948	12,339	10
Mean	784	473	2,374	39	263	387	7,477	11,348	10
SD	553	287	1,522	45	94	191	3,543	6,162	6

Boyd. 2002



Variables críticas: Ca Mg K Na

Concentración cationes en cuerpos de agua y radios Na^+/K^+ & $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$

Elemento	Pozo C	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Mar
Ca	285.6	690.4	350.6	792.8	353.3
K	7.9	38.4	45.3	44.7	355.9
Mg	46.6	411.5	377.0	450.7	967.4
Na	232.0	2117.4	4435.7	2447.8	9112.1

Radio	Pozo C	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Mar
Na/K	50.2	93.8	166.5	93.1	43.6
Mg/Ca	0.27	0.98	1.77	0.94	4.51

*Radios (mM/mM)



Variables críticas: Ca Mg K Na

Zhu et al (2004). Aquaculture 234: 485-496. A salinidad de 30 ppt camarones *L.vannamei* mueren con un radio Na^+/K^+ de 187. Mejor supervivencia y crecimiento con radio de 34.

Roy et al (2007). Aquaculture 262: 461-469. A salinidad de 4 ppt y niveles de **K** (5, 10, 20, 40 mg/l) y **Mg** (10, 20, 40, 80, 160 mg/l) develaron un mejor crecimiento en *L. vannamei* con incremento de K^+ (decrecimiento de radio Na^+/K^+). Con respecto a Mg^{2+} , menor supervivencia con menores concentraciones pero sin diferencia en crecimiento.

Pan et al (2007). Aquaculture 261: 1396-1402. Actividad $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{ATPasa}$, crecimiento y supervivencia de *M. japonicus* afectado por radios Na^+/K^+ y $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$. Relación negativa entre Na^+/K^+ y $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{ATPasa}$, y relación positiva entre Na^+/K^+ y $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$. Recomiendan modular radios Na^+/K^+ y $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ y concentraciones de Mg^{2+} y Ca^{2+} en 30, 4.5 y 1,312 mg/l, 291 mg/l, respectivamente.



Variables críticas: Ca Mg K Na

McNevin *et al* (2004). JWAS 35: 460-467. Suplementación de K^+ y Mg^{2+} de 6.2 a 40 mg/l y 4.6 a 20 mg/l, respectivamente a aguas con salinidad de 2.6 ppt, incrementó significativamente la supervivencia y producción de *L. vannamei*.

Davis *et al* (2005). JWAS 36: 416-419. Suplementación de aguas subterráneas (4 ppt) con minerales de K^+ y Mg^{2+} significativamente mejoró la supervivencia de PL de camarón *L. vannamei* durante la aclimatación.

Fieber *et al* (1982). J. WAS 13: 21-27. Niveles de Ca^{2+} en hemolinfa y hepatopancreas en *M. roosembegii* incrementan durante intermuda de 7.7 a 14.8 mmol/l, y 0.8 a 1.2 mmol/l, respectivamente. (1 mmol Ca^{2+} /l = 40 mg/l).

Sartoris *et al* (1996). J. Exper. Biol. 200: 785-792. Incremento de Mg^{2+} en hemolinfa de camarón *C. gragnon* previene caída de pH_i e incremento de niveles de lactato inducido por anoxia. Efecto protector de altos niveles de Mg^{2+} extracelular no depende de radio Mg^{2+}/Ca^{2+} , sólo de Mg^{2+} .

CENAIM. 2003. PL (0.09 g) *L. vannamei* en agua 33.1 ppt y concentraciones de K^+ entre 0-350 mg/L tuvieron un 24h LC50 entre 50 a 100 mg/L



Variables críticas: Hierro (Fe)

Los compuestos de hierro son altamente insolubles bajo condiciones aeróbicas, y su solubilidad esta gobernada por el pH del medio.

Aguas altamente ácidas y anaeróbicas pueden contener hierro ferroso (Fe^{2+}) en altas concentraciones > 20 mg/L, pero en contacto con oxígeno el Fe^{2+} es oxidado rápidamente a hidróxido férrico.

El “ Fe^{2+} ” puede precipitarse sobre las branquias de los organismos, formando depósitos de hidróxido de hierro amorfo. Esto afecta la capacidad de intercambio de gases en las branquias, sofocando a los animales.

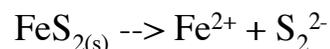
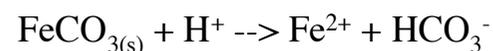
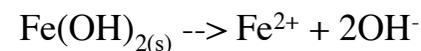
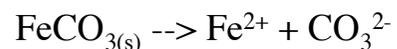
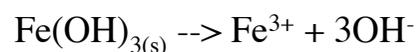
Formas oxidadas como el hidróxido férrico tienden a formar flóculos que permanecen en suspensión por algun tiempo.

Literatura de toxicidad de Fe en camarones es escasa. En “grass shrimp” *Palaemonetes* sp. (0.1 g) Fe^{3+} LC50 = 0.34 mg L⁻¹.

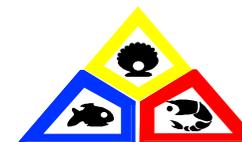
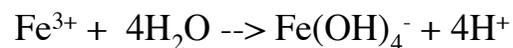
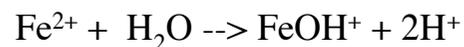
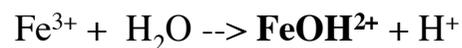
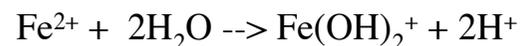
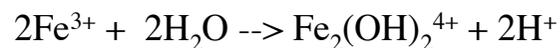
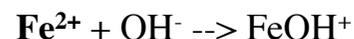
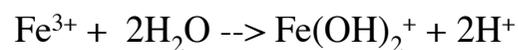


Variables críticas: Hierro (Fe)

Hierro (Fe) puede estar en equilibrio con varios sólidos: carbonato ferroso (FeCO_3), óxido férrico ($\text{Fe}(\text{OH})_3$), hidróxido ferroso ($\text{Fe}(\text{OH})_2$), pirita (FeS_2)



Iones (Fe^{2+} o Fe^{3+}) hidrolizan formando complejos o pares Iónicos en equilibrio.



Variables críticas: Compuestos nitrogenados

Fuentes de N:

Alimento Balanceado

Fertilización

Recambio de agua

Fijación atmosférica de N por algas especializadas

Principales Compuestos:

Amonio, nitrito, nitrato



Variables críticas: Amonio

NH_3 excretado durante catabolismo de proteínas a través de branquias.

Producido durante descomposición de urea, heces, alimento no consumido, y otros compuestos orgánicos conteniendo N.

Posibles problemas de amonio cuando tasa de alimentación en piscinas > 56 kg/ha/día

El incremento de amonio ambiental reduce la habilidad de los organismos de excretar amonio, lo que origina un aumento de amonio en tejidos y fluidos

Es necesario distinguir dos formas de amonio: ionizado (NH_4^+) y no-ionizado (NH_3). **La forma no ionizada es la fracción tóxica**

El porcentaje de la fracción no ionizada es pH y temperatura dependiente (aumenta con pH).

Niveles de toxicidad aguda (N- NH_3) = 0.1 - 0.4 mg/L.

Niveles de toxicidad crónica (N- NH_3) = 0.05 mg/L.



Variables críticas: Toxicidad de Amonio

Causas de acumulación de Amonio

Baja tasas de nitrificación ($\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$)

Altas tasas de siembra y alimentación

Cambios bruscos de T

Ausencia de O_2

Mortalidad de algas (“crash”)

Descomposición de materia orgánica, alimento no consumido, y/o bacteria

Síntomas de toxicidad

Nado errático

Tratamientos

Recambiar agua

Suprimir alimentación

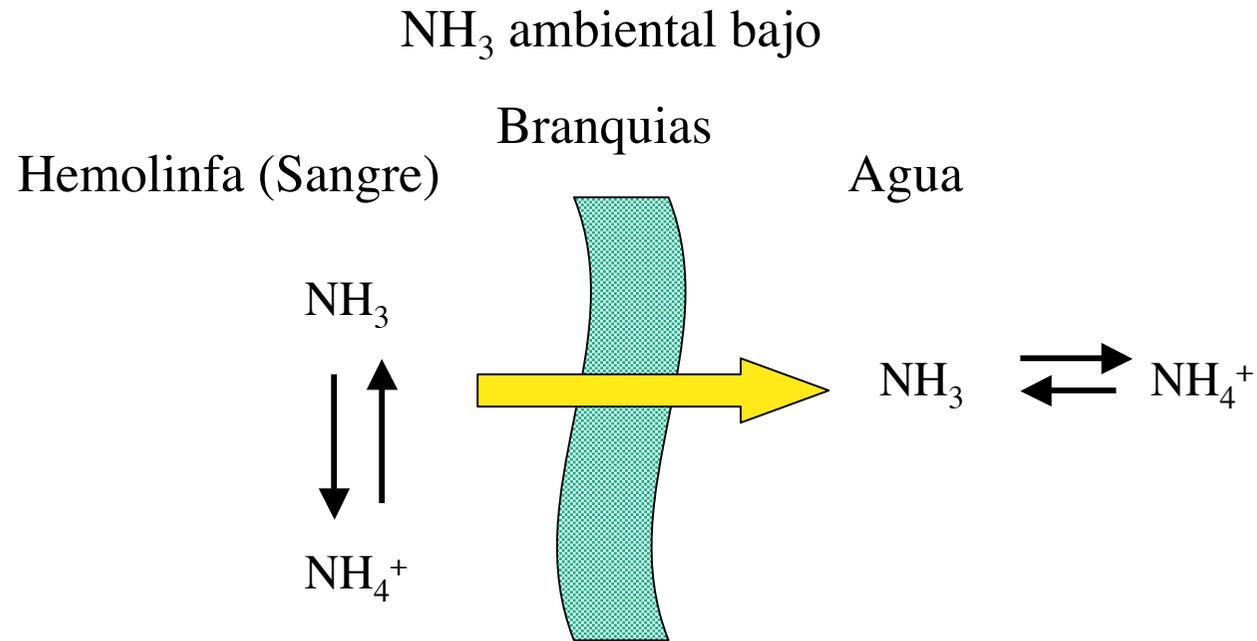
Reducir pH

Reducir densidad

Airear (oxigenar)



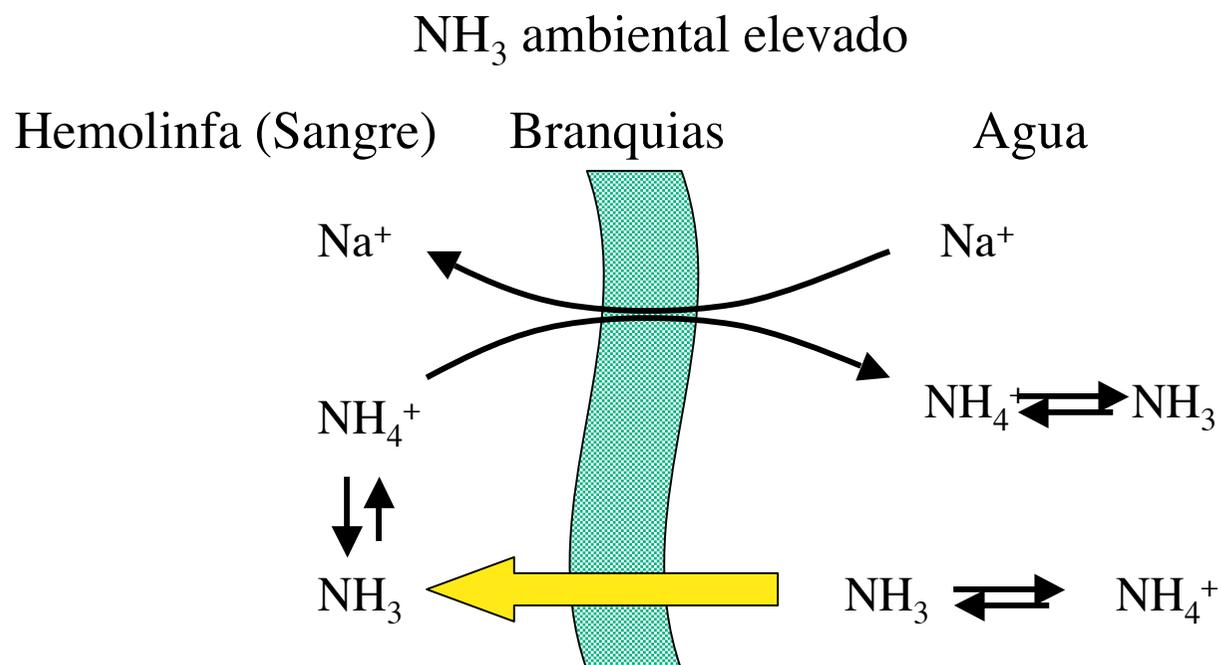
Variables críticas: Toxicidad de Amonio



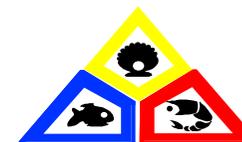
El amonio no ionizado puede difundirse libremente a través de las branquias en respuesta a los gradientes de concentración. El amonio es removido porque la concentración externa es baja.



Variables críticas: Toxicidad de Amonio

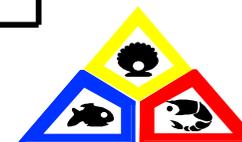


El amonio no puede difundirse porque la concentración externa es alta. Sin embargo, el amonio puede ser transportado a través de la membrana de las branquias en intercambio con sodio.

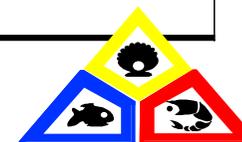
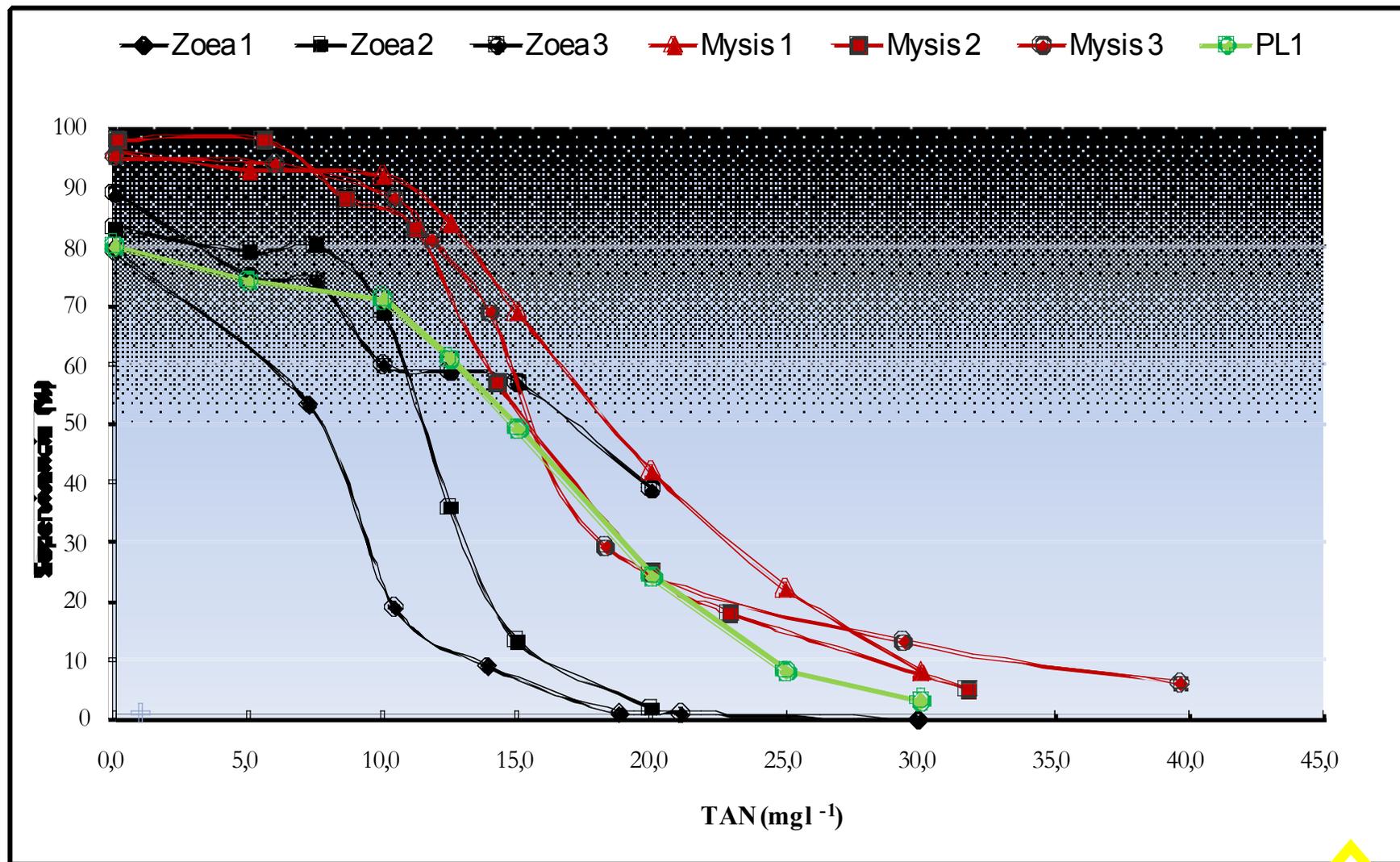


Variables críticas: Toxicidad de Amonio

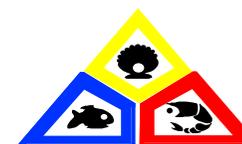
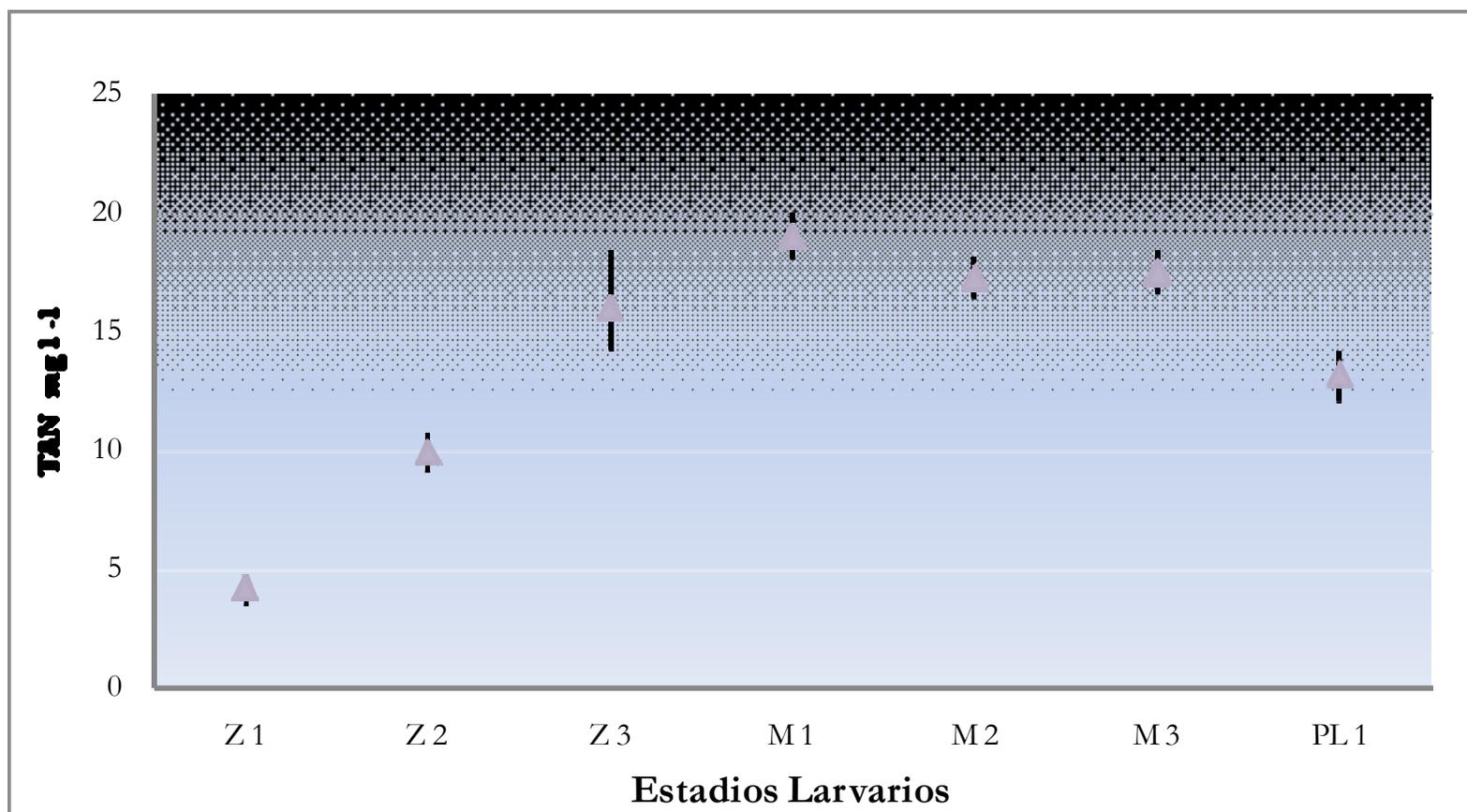
Especie	LC50 (mg L ⁻¹)	Test	Referencia
<i>M. rosebergii</i>			
PL	1.4	72-h	Strauss et al. (1991)
Juveniles	2.2	72-h	Strauss et al. (1991)
<i>P. monodon</i>			
Nauplios	0.5	24-h	Chin and Chen (1987)
PL	4.7	24-h	Chin and Chen (1987)
Juveniles	1.3	96-h	Chen an Lei (1990)
	1.7	96-h	Allan et al. (1990)
<i>P. chinensis</i>			
Juveniles	1.9-2.5	96-h	Chen and Loin (1992)
<i>P. vannamei</i>			
PL	1.77 (13.7)	72-h	Vanegas et al. (2003)
Juveniles	1.4 (10.9)	72-h	Vanegas et al. (2003)
<i>P. setiferus</i>			
PL	1.20 (9.4)	72-h	Vanegas et al. (2003)
Juveniles	0.94 (7.3)	72-h	Vanegas et al. (2003)
<i>P. semisulcatus</i>			
Juveniles	1.17 (13.4)	72-h	Kir et al. (2004)



Variables críticas: Amonio - Supervivencia Larvas 24-h



Variables críticas: Amonio 24-h LC50



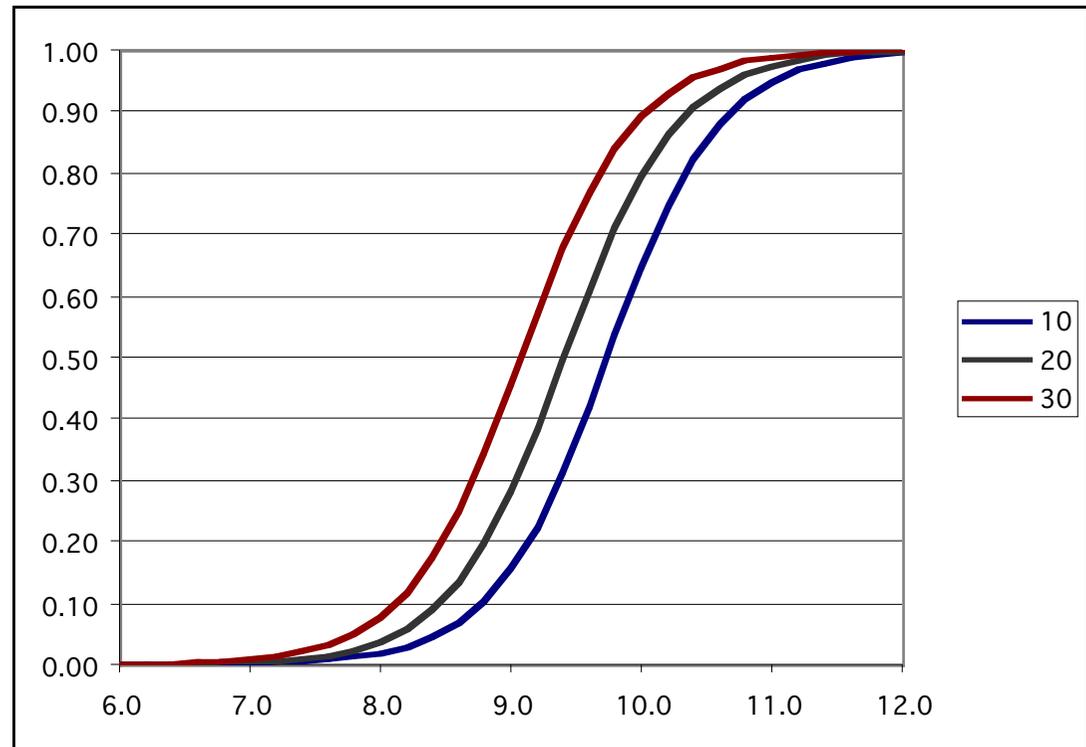
Variables críticas: Amonio

$$\text{N-Amonio Total (TAN)} = \text{N-NH}_3 + \text{N-NH}_4$$

Fracción de N-NH₃ & N-NH₄ es pH dependiente

Métodos analíticos no distinguen entre N-NH₃ y N-NH₄

Reportes como N-Amonio Total (N-TAN) y cálculo de N-NH₃ a partir de relaciones de pH, T & Salinidad.



$$\text{N-NH}_3 = 1 \div [1 + 10^{(10.068 - 0.033T - \text{pH})}]$$



Variables críticas: Nitrificación

Nitrificación es el proceso químico (biológico) de oxidación de amonio hacia nitrito, seguido de la oxidación de nitritos en nitratos.

La nitrificación de 1 mol de NH_3 hacia nitrato **demanda** 2 moles de oxígeno y **produce** una mol de hidrógeno



Variables críticas: Nitrito

Es un producto intermedio de dos procesos mediados por bacterias aeróbicas, gram negativas chemoautotróficas.

Por lo general no se acumula en el ambiente debido a que es convertido a nitrato.

Puede ser letal al igual que amonio

Toxicidad principal sobre el transporte de O_2 y consecuente daño de tejidos.

El ion nitrito ingresa al sistema circulatorio y oxida el hierro en la hemoglobina del estado ferroso (Fe^{2+}) al estado férrico (Fe^{3+}) generando metahemoglobina que no es capaz de combinarse con el O_2 .

Toxicidad depende de concentración de Cl^- , pues compiten con NO_2^- por transporte activo a través de las membranas en branquias. Se recomienda un radio de $Cl^-:NO_2^- = 20:1$. En agua salina no debe producirse la toxicidad de NO_2^- .



Variables críticas: Brown blood disease



Fuente: aquanic.org/images/photos



Variables críticas: Nitrito

Especie	LC50 (mg L ⁻¹)	Test	Referencia
<i>M. rosenbergii</i>			
Juveniles	8.5-12.9	96-h	Chen & Lee (1997)
<i>P. monodon</i>			
Mysis	8.3	48-h	Chen and Chin (1988)
PL	33.0	48-h	Chen and Chin (1988)
<i>P. vannamei</i>			
PL	208.9	72-h	Vanegas et al. (2003)
Juveniles	153.0	72-h	Vanegas et al. (2003)
<i>P. setiferus</i>			
PL	167.3	72-h	Vanegas et al. (2003)
Juveniles	183.7	72-h	Vanegas et al. (2003)



Variables críticas: Sulfuros

Fuentes:

Agua de mar ($\text{SO}_4 = 2,700 \text{ mg/L}$)

Alimento balanceado

Compuestos:

S^{2-} , HS^- , H_2S

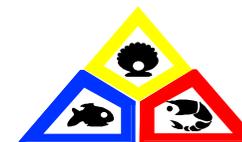
Niveles:

Recomendado: $0.002 \text{ mg S-SH}_2/\text{L}$

LC50 (peces): $0.05 \text{ mg S-SH}_2/\text{L}$

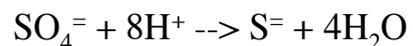
Medición

Sujeto a rápida oxidación a SO_4^{2-}



Variables críticas: Sulfuro de Hidrógeno

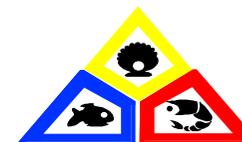
- Producido por bacterias heterotróficas bajo condiciones anaeróbicas.
- Bacterias usan SO_4^{2-} como elemento receptor de electrones durante proceso metabólicos y libera sulfuro S^{2-} .



- El sulfuro excretado es un producto de ionización del sulfuro de hidrógeno (H_2S) y existe en equilibrio con:

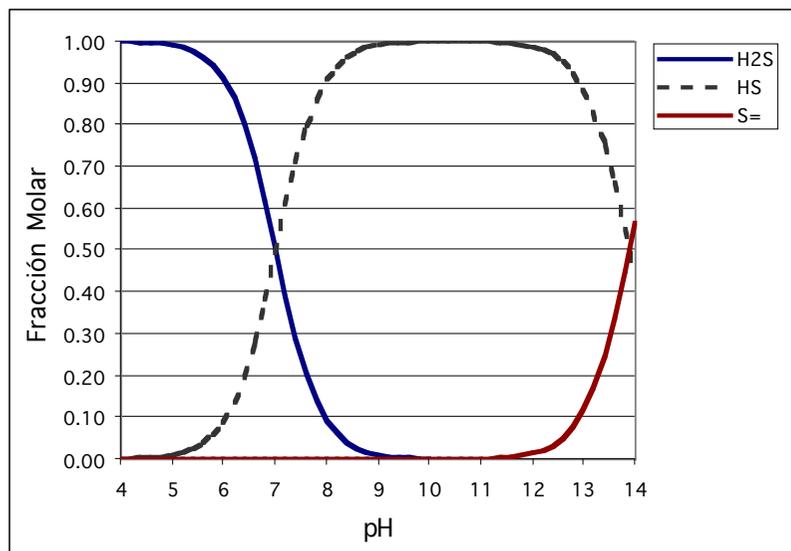


- La fracción tóxica es H_2S y su proporción relativa con las otras dos fracciones es pH dependiente



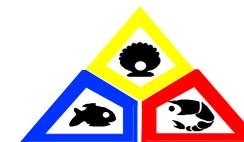
Variables críticas: Sulfuro de Hidrógeno

Distribución de H_2S , HS^- y $\text{S}^{=}$ en función de pH

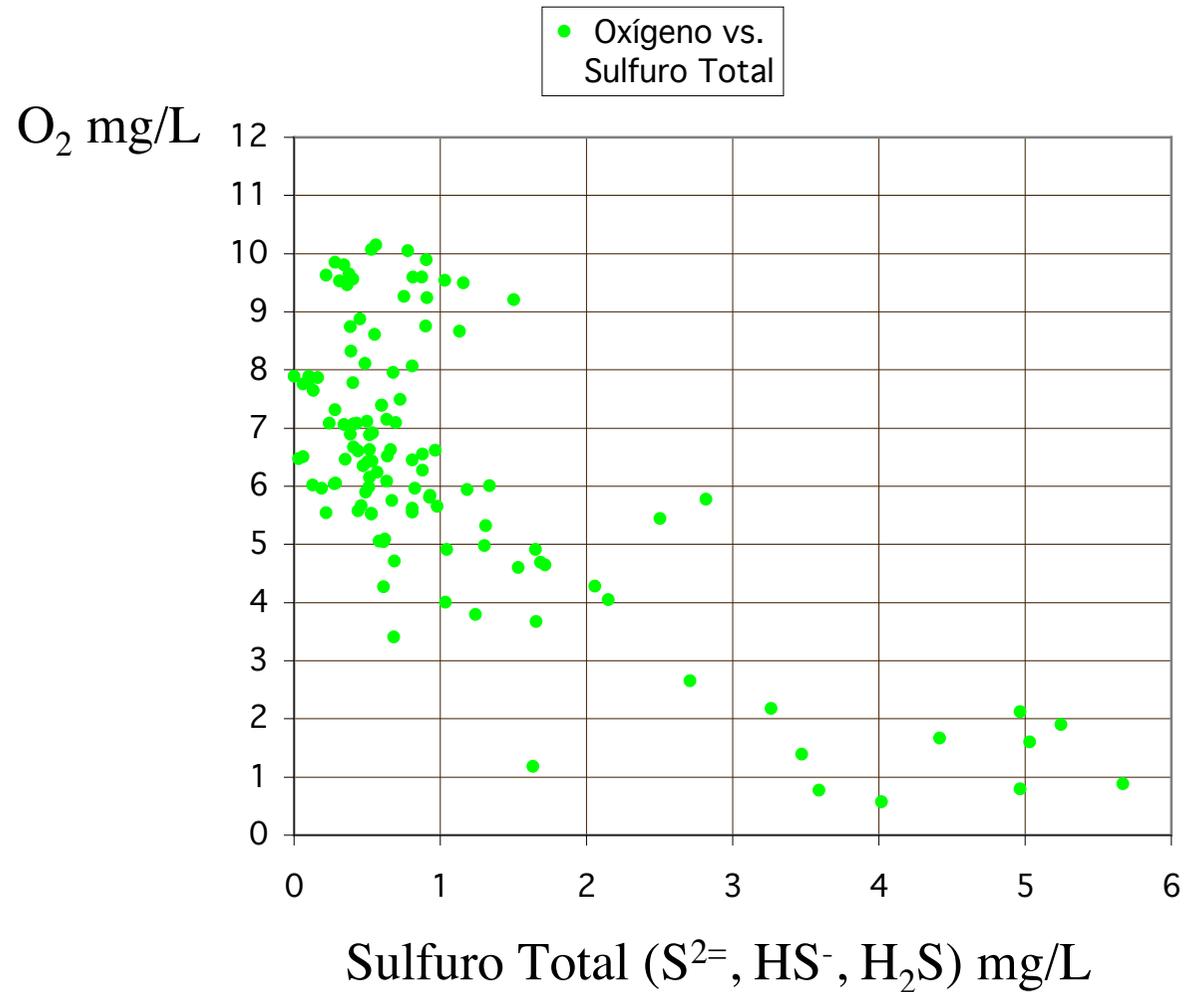


Porcentaje de sulfuro de hidrógeno no-ionizado a diferentes valores de pH y temperatura.

pH	16	20	24	28	32
5.0	99.3	99.2	99.1	98.9	98.9
6.0	93.2	92.3	92.0	90.3	89.1
6.5	81.2	79.2	77.0	74.6	72.1
7.0	57.7	54.6	51.4	48.2	45.0
7.5	30.1	27.5	25.0	22.7	20.6
8.0	12.0	10.7	9.6	8.5	7.6
8.5	4.1	3.7	3.2	2.9	2.5
9.0	1.3	1.2	1.0	0.9	0.8



Variables críticas: Sulfuros en Piscinas



GRACIAS POR SU ATENCIÓN



Stanislaus Sonnenholzner

Machala Acuicola 2011, Machala,
22-24 junio 2011

