



WWF

**Impacto de Efluentes: Monitoreo de calidad
de agua & modelos de caja de nutrientes
como criterios para la formulación de
estándares**

Stanislaus Sonnenholzner

**FUNDACION CENAIM-ESPOL
GUAYAQUIL - ECUADOR**

Shrimp Aquaculture Dialogue
Guayaquil, 9-10 October 2008

INTRODUCCIÓN

El cultivo de camarón es una de las acuaculturas de mayor crecimiento en el mundo.

Ha surgido la preocupación pública y de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales de que los cultivos de camarón podrían estar afectando los ecosistemas y la sociedad

Potenciales Impactos de la Acuacultura de Camarón

- Diseño, construcción y ubicación de granjas
- Uso de agua y contaminación (efluentes)
- Manejo de alimento
- Escapes
- Problemas socio-económicos

IMPACTO POTENCIAL DE EFLUENTES CAMARONEROS

- Eutroficación (enriquecimiento de nutrientes) del sistema causante de “blooms” de algas
- Incremento de la carga de materia orgánica generando una mayor demanda de oxígeno
- Mayor sedimentación
- Toxicidad después de la descarga de aguas hypolimnéticas
- Contaminación con bacterias patógenas

El efecto final resulta en una degradación generalizada del ecosistema y pérdida de biodiversidad

CONSIDERACIONES

- Sistemas de cultivo de camarón muy heterogéneos entre países productores y dentro de países.

Construcción y tamaño de estanques

Intensidad de cultivo

Manejo de agua & alimento

Entorno ambiental

Como se puede establecer una serie de estándares que puedan ser aplicados globalmente?

OBJETIVO & META

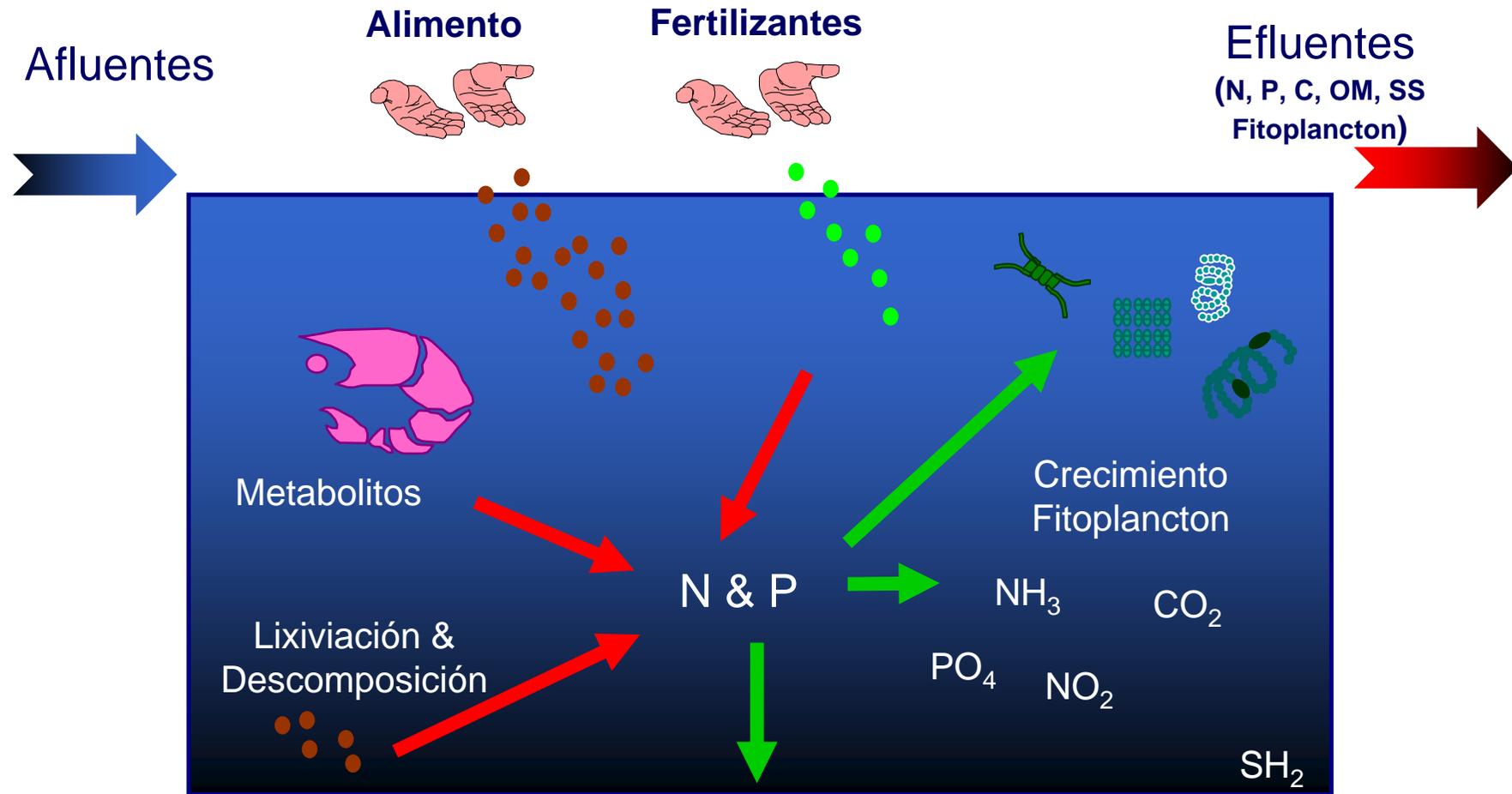
Proveer información sobre indicadores para la evaluación de efluentes de granjas camaroneras y contribuir con algunos conceptos y criterios a ser considerados en la elaboración de estándares de efluentes para acuacultura mediante el análisis de la composición de efluentes, determinación de las principales fuentes de contaminación asociados a las prácticas de manejo y criterios de calidad de agua.

Los estándares que resulten de este Diálogo de Camarones auspiciado por WWF son lo suficientemente estrictos para reducir o minimizar el riesgo de contaminación del agua de una manera efectiva protegiendo el ambiente, pero también lo suficientemente realistas para que pueda ser cumplido por la gran mayoría de operaciones camaroneras en el mundo.

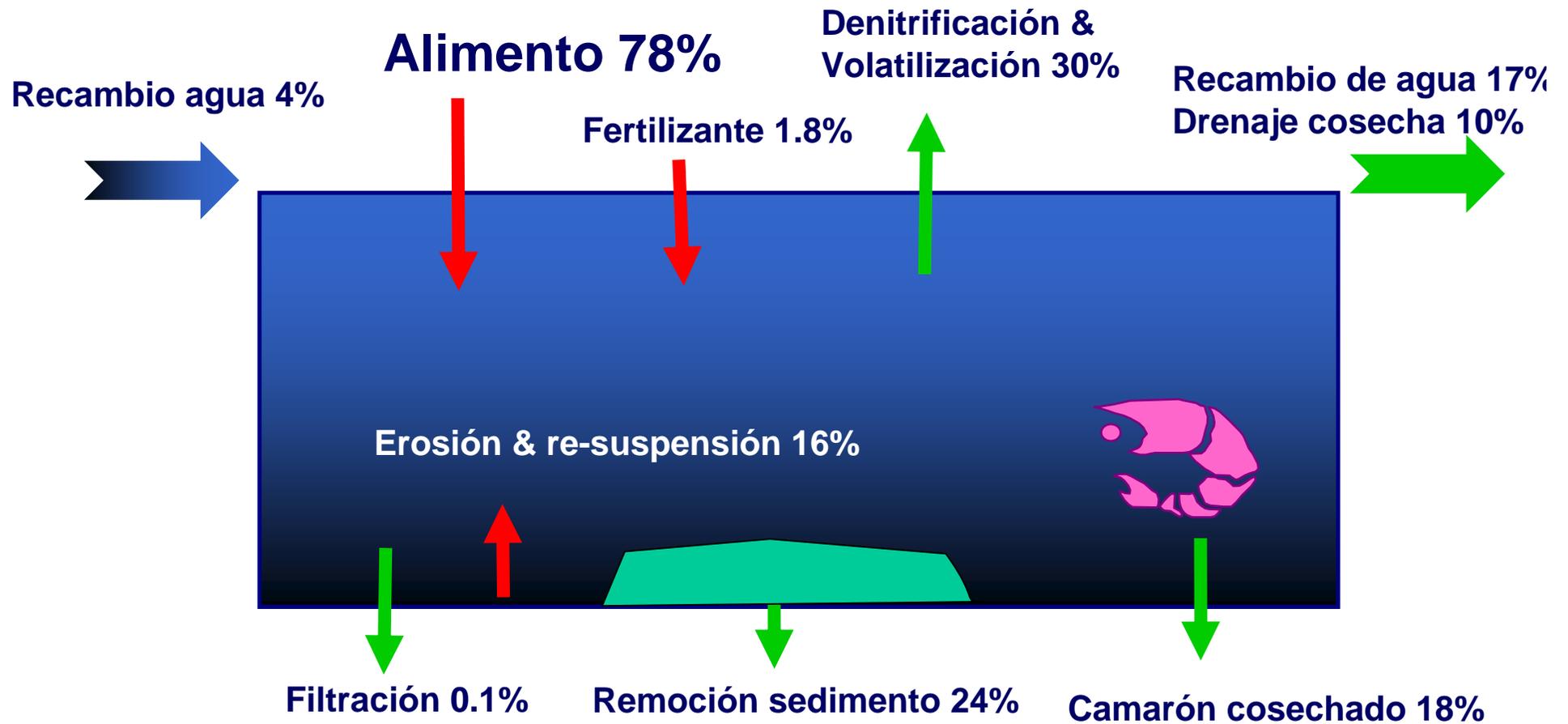
ESQUEMA DE PRESENTACIÓN

- Fuentes de contaminación y dinámica de nutrientes en los estanques camaroneros.
- Destino de los contaminantes en los estanques (casos de estudio de modelos de caja)
- Composición de efluentes (casos de estudio)
- Impactos potenciales de los efluentes sobre los cuerpos de agua adyacentes
- Consideraciones para la formulación de estándares
 - Clasificación de los cuerpos de agua
 - Criterios de calidad de agua
 - Cargas totales máximas diarias (TMDLs)
 - Toxicidad
- Practicas de manejo para reducir el impacto de efluentes
- Conclusiones

FUENTE DE CONTAMINANTES EN ESTANQUES

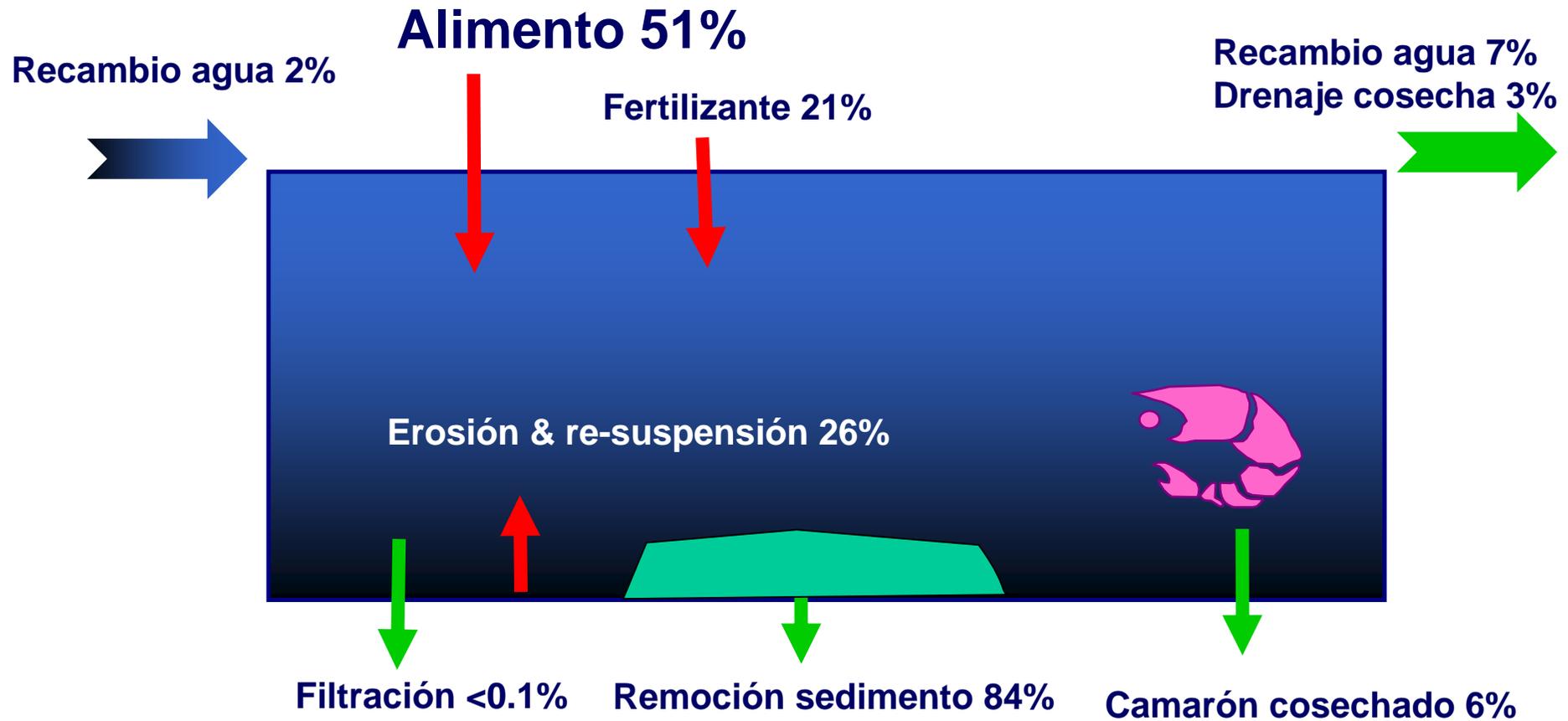


DESTINO DE CONTAMINANTES EN ESTANQUES



Nitrogen budget for intensive shrimp farming using water exchange
Adaptado de Funge-Smith & Briggs Aquaculture 164 (1998)

DESTINO DE CONTAMINANTES EN ESTANQUES



Phosphorus budget for intensive shrimp farming using water exchange
Adaptado de Funge-Smith & Briggs Aquaculture 164 (1998)

MODELO DE CAJA DE NITRÓGENO

TABLA. Modelo de caja de Nitrógeno para *Penaeus stylirostris* en New Caledonia

	Densidad de siembra (camar-n/m ²)					
	1	4	7	15	22	30
Alimento-N (kg/ha)	27.0	100.1	206.9	259.6	319.3	364.7
Camar-n-N (kg/ha)	9.3	30.3	54.4	76.4	63.2	62.1
Eficiencia C/A (%)	34.6	30.1	26.3	29.4	19.8	17.0
Desperdicio total-N (kg/ha)	17.7	70.4	152.4	183.6	255.9	302.7
Afluente-N (kg/ha)	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0
Efluente-N (kg/ha)	64.0	78.0	86.0	81.0	95.0	103.0
Desperdicio-N Efluente (kg/ha)	20.0	34.0	42.0	37.0	51.0	59.0
Desperdicio-N/camar-n (g/kg)	(113.0)	(48.3)	(27.6)	(20.2)	(20.0)	(19.5)
Desperdicio-N/camar-n (g/kg)	68.8	75.1	90.4	77.3	130.7	157.2

Fuente: Adaptado de Martin et al. Aquaculture 164, 1998

MODELO DE CAJA DE NITRÓGENO

TABLA. Modelo de caja de Nitrógeno para *Penaeus vannamei* en Ecuador & Honduras

	Densidad de siembra (camar—n/m ²)			
	4-9 Estuarino	13-19 Estuarino	13-19 Costero	6-8 Honduras
Alimento+Fertilizante N (kg/ha)	38.6	18.8	15.5	64.0
Camar—n-N (kg/ha)	5.7	7.9	11.5	29.0
Eficiencia C/A (%)	14.8	42.0	74.2	45.3
Desperdicio total-N (kg/ha)	32.9	10.9	4.0	35.0
Afluente-N (kg/ha)	60.0	49.0	68.0	N/A
Efluente-N (kg/ha)	66.0	61.0	80.0	N/A
Desperdicio-N Efluente (kg/ha)	6.0	12.0	12.0	N/A
	(18.2)	(110.1)	(1,240)	
Desperdicio-N/camar—n (g/kg)	329	54.2	10.4	35.0

Fuentes:

Adaptado de Saldías et al. VI Congreso Ecuatoriano de Acuicultura, 2001

C.E. Boyd & J. Queiroz. Aquaculture Asia, 1997

DESPERDICIO-N

Desperdicio de N que ingresa al estanque puede estimarse mediante:

$$\text{QN "desperdicio"/kg camarón} = \frac{(\text{QN alimento} + \text{QN fertilizante}) - (\text{QN camarón})}{\text{Biomasa de camarón producido}}$$

Donde:

QN alimento = Contenido de N en alimento (dw)

QN fertilizante = Contenido de N en fertilizante (dw)

QN camarón = Contenido de N en camarón cosechado (dw))

%N camarón (dw) = 11.2-11.5

%P camarón (dw) = 1.1-1.2

IMPACTO POTENCIAL DE EFLUENTES CAMARONEROS

Extensión del impacto depende de los siguientes factores:

- Intensidad del sistema de cultivo (densidad & alimentación).
- Porcentaje de recambio de agua y frecuencia
- Característica del cuerpo de agua que recibe los efluentes

Circulación de agua (sistema abierto o cerrado)

Calidad de agua existente

COMPOSICIÓN de EFLUENTES

- Tiene la misma composición que el agua del estanques y las variables de calidad de agua se tornan mas concentrados a medida que aumenta la densidad de siembra y alimentación.

N inorgánico ($\text{NH}_4\text{-NH}_3$, NO_2 , NO_3) & orgánico

P inorgánico (HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}) & orgánico

MO disuelta (proteínas, carbohidratos, ácido húmico) & particulada (fitoplancton)

Sólidos suspendidos (inorgánicos & orgánicos)

Sulfuros (SH_2), dióxido de carbono

AMPLIO RANGO DE CONCENTRACIONES en EFLUENTES

TABLA. Mediana, mínimo y máximo de concentraciones de variables de calidad de agua en efluentes camaroneros obtenidos de una revisión de 14 artículos y reportes publicados.

	Mediana	Mínimo (mg/L)	Máximo
Nitrógeno total	2.04	0.02	2,600
N-Nitrito	0.05	0.00	0.91
N-Nitrato	0.30	0.001	7.00
N-Amonio total	0.38	0.01	7.87
Fósforo total	0.26	0.01	110
P soluble reactivo	0.09	0.00	11.2
Oxígeno disuelto	5.6	0.4	9.6
pH (unidades estándar)	8.2	6.3	9.2
5-días BOD	8.9	1.3	50.7
Sólidos totales suspendidos	108	10	3,671
Sólidos volátiles suspendidos	43	8	713
Clorofila a	0.067	0.001	0.69

Fuente: C.E. Boyd and D. Gautier. The ADVOCATE, October 2000

CARGA DE EFLUENTES DURANTE LA COSECHA

TABLA. Concentración media (\pm SD) de variables de calidad de agua seleccionadas durante la cosecha y porcentaje del contenido de masa en los últimos 25% del volumen de la cosecha (Camarón: 4 piscinas, 6-8 camarones/m², 138 d & Camarón-Tilapia: 4 piscinas, 2-3 camarón/m² + 7,000-120 g Tilapia/ha, 242 d).

Variable	Camar—n		Camar—nTilapia	
	Kg/ha	(%) ltimos 25%	Kg/ha	(%) ltimos 25%
Nitr—geno total	26.4 \pm 6.3	29	23.3 \pm 1.8	25
N-amonio total	3.8 \pm 1.1		2.8 \pm 0.3	
F—sforo total	4.4 \pm 0.9	28	16.8 \pm 2.3	19
5-d'as BOD	100.5 \pm 34.1	38	231.6 \pm 18.7	25
S—idos suspendidos	2,441 \pm 1,319	51	7,047 \pm 1,392	42
Clorofila a	0.7 \pm 0.2	13	3.1 \pm 0.5	22

Fuente: S. Sonnenholzner and J. Cruz. Global Aquaculture Advocate, June 2003

Shrimp Aquaculture Dialogue
Guayaquil, 9-10 October 2008

CONSIDERACIONES EN FORMULACIÓN DE ESTÁNDARES

- Clasificación de cuerpos de agua acorde con su máximo uso benéfico anticipado
 - ✓ Fuentes de agua para uso público (potable)
 - ✓ Propagación de vida silvestre y pesca
 - ✓ Actividades de recreación
 - ✓ Uso industrial y agrícola
 - ✓ Navegación

Probablemente la mayoría de cuerpos de agua ya están recibiendo contaminación y han sido degradados por debajo de su condición prístino inicial. Sin embargo, esta clasificación puede prevenir una mayor degradación futura de la calidad de agua.

CONSIDERACIONES EN FORMULACIÓN DE ESTÁNDARES

- Criterios de calidad de agua
 1. Valores cuantitativos y cualitativos dentro de rangos aceptables
 2. Limitación de contaminantes en efluentes para que el agua de los ecosistemas receptores puedan cumplir con los estándares.
 3. Proteger el ambiente sin penalizar injustamente a la industria
 4. Estándares mas simples basado en concentraciones permisibles
 5. Estándares deben considerar criterios de masa (concentración x volumen de efluente); e.g. kg/día
 6. Establecer también concentraciones máximas en criterios de masa
 7. Considerar mezcla y dilución en cuerpos de agua receptores, con reconocimiento de que los estándares en la zona de mezcla pueden ser excedidos, siempre y cuando no se superen las condiciones tóxicas.

CONSIDERACIONES EN FORMULACIÓN DE ESTÁNDARES

- Carga total máxima diaria (TMDLs)

Máxima cantidad de contaminante de todas las fuentes (naturales & contaminación) sin violar los estándares del cuerpo de agua.

Carga máxima asignada entre las diferentes industrias.

Ejemplo: TMDL de BOD = 400 kg/día. Fuentes naturales = 100 kg/día. Entonces la carga máxima de BOD contenido en todos los efluentes = 300 día.

Se puede usar un factor de seguridad

CONSIDERACIONES EN FORMULACIÓN DE ESTÁNDARES

- Determinación de niveles tóxicos
 1. Difícil de establecer límites de toxicidad porque determinadas sustancias varían con las condiciones de la calidad del agua.
 2. Establecimiento de limitaciones tóxicas mediante ensayos de toxicidad con exposición de las especies acuáticas.
 3. Surge la pregunta de cual especie(s) deberán ser considerados como sujetos para los ensayos de toxicidad.
 4. Que tipo de ensayo de toxicidad debe ser considerado (aguda, crónica, estadios tempranos, etc)

PRACTICAS DE MANEJO PARA REDUCIR LOS IMPACTOS

- Uso de Buenas Prácticas de Manejo (GMPs)
 1. Limitar las densidades de siembra y alimentación.
 2. Reducir el N y P en alimento sin perjudicar la calidad del balanceado.
 3. Uso de practicas conservadoras de alimentación para reducir el desperdicio de alimento.
 4. Minimizar los recambios de agua
 5. Reutilizar el agua
 6. Restringir el uso de determinados químicos en la piscina.
 7. Minimizar la erosión mediante buena construcción de estanques y posicionamiento de aireadores.
 8. Descargar efluentes a través de piscina de sedimentación (25%)
 9. Tratamiento del fondo de las piscinas
 10. Prohibir la descarga de aguas salobres en cuerpos de agua dulce

CONCLUSIONES

- No es posible continuar ignorando la posibilidad de contaminación ambiental por efecto de efluentes camaroneros.
- Los estándares deberán formularse en términos de desempeño o efectividad de reducción de un impacto de calidad de agua reconocido.
- Formulación de estándares basados en criterios científicos
- Identificación clara del impacto sobre el cuerpo de agua receptor (eutroficación, toxicidad, salinización, sedimentación, etc).
- Identificación de variable(s) cuantificable y/o metodología (modelo de caja, concentración, masas, capacidad de carga)
- Amplio rango de concentración de variables de calidad de agua (intensidad de cultivo & manejo de agua).

CONCLUSIONES

- Potencial de contaminación directamente relacionado con ingreso de alimento.
- Sólo pocas variables de calidad de agua han sido medidos cuidadosamente en efluentes camaroneros.
- Adopte GMPs. Única forma económicamente viable para mejorar la calidad de los efluentes.
- Se requiere determinar que parámetros proveen la mejor evidencia del grado general de contaminación (mas datos, mas costos analíticos).
- Estuarios probablemente ya contienen elevados niveles de materia orgánica y nutrientes inorgánicos, los mismos que deberán ser considerados al momento de establecer estándares de calidad de agua.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN



Picture courtesy of L. Massaut

Shrimp Aquaculture Dialogue
Guayaquil, 9-10 October 2008