

Aspectos de riesgo para la salud humana: existen asociaciones con el cultivo intensivo de peces?

Aspects of human health risks: is there any association with intensive fish farming?

Peña M,R. ¹

Resumen

El presente artículo pretende introducir el tema de la salud humana desde la dimensión ambiental en un contexto amplio pero relacionado con la práctica de la piscicultura. Una primera parte del texto comprende los antecedentes del tema desde el punto de vista de riesgos a la salud con base en el trabajo desarrollado por OMS en relación con la práctica de la piscicultura utilizando aguas residuales o efluentes tratados. Luego se presentan algunos aspectos conceptuales y la racionalidad del análisis de riesgo en salud focalizado en problemas de calidad de agua. En una tercera sección se presentan casos documentados y con datos de campo sobre problemas de calidad del agua en el río Cauca, básicamente con la presencia de contaminantes prioritarios (i.e., metales pesados y compuestos orgánicos) que además evidencian problemas de bioacumulación de metales en especies ícticas nativas de este río en la zona de Cali y en el humedal de Sonso ubicado 50 Km aguas abajo de la ciudad de Cali. Hacia el final se presentan algunas consideraciones sobre posibles riesgos a la salud humana por esquemas intensivos de piscicultura. Esta parte se centra sobre todo en los riesgos asociados a contaminantes traza del tipo hormonas y antibióticos, usualmente empleados en la producción piscícola. Finalmente, se concluye que la causa primaria de riesgo para la salud humana es la calidad del agua con la cual se desarrolla la actividad piscícola. De otro lado, esta actividad desarrollada de forma intensiva produce contaminantes prioritarios como hormonas y antibióticos cuya descarga en el ambiente aún en cantidades traza puede tener efectos crónicos en la salud. Consecuentemente, el sector debería implementar estrategias de reducción, eliminación o sustitución de estos insumos químicos en el marco de su programa de BPM.

Palabras clave: Calidad del agua, compuestos orgánicos, metales pesados, piscicultura, riesgo en salud.

¹ *Universidad del Valle, Instituto Cinara. Director Grupo GISAM. AA 25157. Cali, Colombia.
E-mail: miguelpe@univalle.edu.co*

Introducción

El uso de las aguas residuales (ARs) y las excretas en acuicultura es considerado hoy día como un método sostenible de reciclaje de aguas y nutrientes que permite mejorar la seguridad alimentaria y la nutrición de hogares de bajos recursos. Sin embargo, desde la ética ambiental esta práctica debe y puede extenderse en cuanto sea posible a diferentes grupos humanos bajo diferentes condiciones socio-económicas, ya que esta es una forma de recuperar recursos valiosos a través de una actividad económica que contribuye a la sostenibilidad ambiental de un recurso estratégico como el agua.

El interés creciente en los últimos años por incorporar la reutilización de aguas servidas y excretas de origen animal y humano en la acuicultura surge por diferentes causas, entre las cuales sobresalen: la escasez de agua, falta de disponibilidad de nutrientes y alto costo de los mismos, impactos ambientales del vertimiento de nutrientes asociados a las aguas servidas sin tratar, y preocupaciones por los efectos en la salud humana.

Un elemento central de política internacional para promover y desarrollar proyectos en el área de reutilización de ARs y excretas en acuicultura, tiene que ver con las metas de desarrollo del milenio (MDM). En este sentido, la MDM-1 “*Eliminar la pobreza extrema y el hambre*”, y la MDM-7 “*Asegurar la sostenibilidad ambiental*” se relacionan directamente con el cultivo de peces en sistemas alimentados con aguas residuales y sus nutrientes, la cual es una práctica ampliamente diseminada en el mundo, pero con mayor intensidad en Asia. En segundo lugar, esta práctica puede ayudar a muchas comunidades a producir alimentos de mejor calidad proteica al tiempo que se utilizan racionalmente recursos escasos como el agua y los nutrientes en ella contenidos. Sin embargo, esta práctica que si bien es deseable desde todo punto de vista, debe desarrollarse de manera segura para maximizar sus potenciales beneficios en la salud humana y el ambiente.

Es aquí donde surge la dimensión de protección a la salud pública derivada de esta actividad económica. Por lo tanto, para proteger la salud pública y facilitar el uso racional de las ARs y las excretas en actividades agrícolas y acuícolas, la OMS desde el año 1973 viene desarrollando y actualizando periódicamente las directrices de calidad de las ARs para su uso en agricultura y acuicultura. Después de una revisión cuidadosa de los estudios epidemiológicos disponibles e información complementaria sobre las prácticas y extensión de la acuicultura, estas directrices de 1973 fueron actualizadas en 1989 bajo el título *Directrices de salud para el uso de las ARs en agricultura y acuicultura* (OMS, 1989). Estas directrices influenciaron bastante la gestión de la calidad del AR para reuso ya que varios países las adoptaron y adaptaron para sus propias prácticas de manejo y uso de este recurso hídrico en actividades productivas como la acuicultura.

Sin embargo, con el paso del tiempo y la aplicación más extendida de las prácticas agrícolas y acuícolas se hizo necesaria la actualización de las directrices de 1989

tomando en consideración la evidencia científica mas reciente sobre microorganismos patógenos, compuestos químicos y factores como el cambio en las características de la población, en las prácticas de saneamiento, mejores métodos para la evaluación del riesgo, aspectos de equidad social y prácticas socio-culturales. Se efectuó entonces una revisión exhaustiva de los métodos de valoración del riesgo y datos epidemiológicos, para de esta forma llegar a la versión actual de las directrices que constan de 4 volúmenes, y donde el volumen III: *Uso de ARs y excretas en acuicultura*, es de particular importancia en la presente discusión (OMS, 2006).

Con base en estos antecedentes, el presente trabajo busca presentar los aspectos más relevantes del análisis de riesgo para la salud humana asociado con la producción piscícola tanto en sistemas que reutilizan aguas residuales tratadas como en sistemas con aguas naturales.

Conceptos y racionalidad del análisis de riesgo en salud humana

Evaluación de la exposición. Este es un proceso que examina las causas de peligros en el ambiente, y evalúa las diferentes rutas de exposición a dichos peligros en poblaciones de humanos o animales. La Figura 1 presenta un esquema con el continuo de la salud publica cuando esta es afectada por factores ambientales (i.e., salud ambiental).

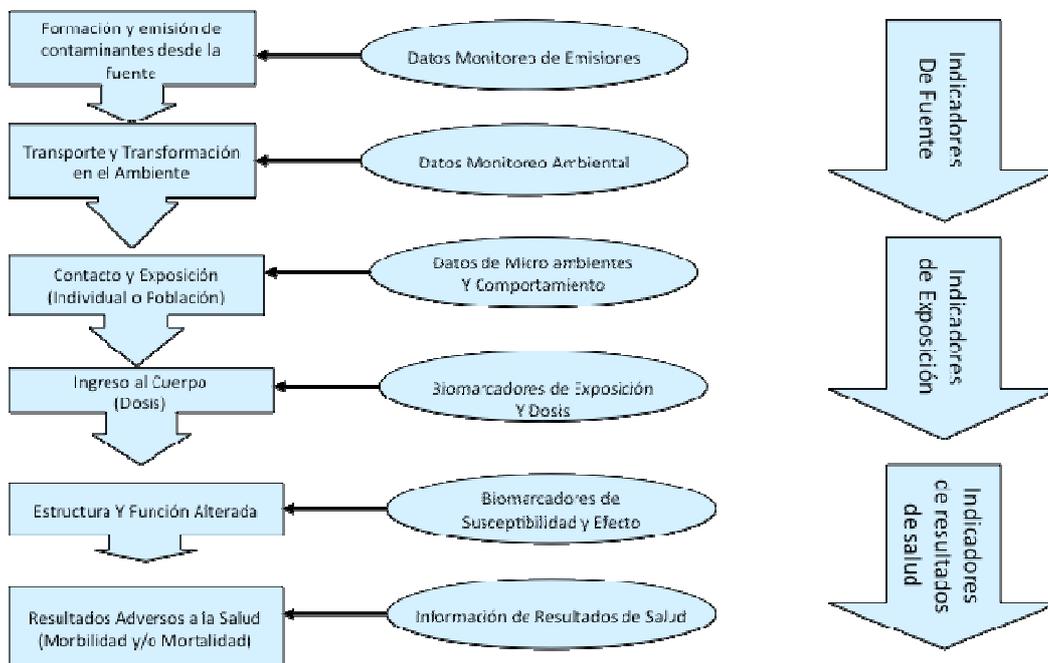


Figura 1. El continuo de la salud publica ambiental.

De otro lado, en la Figura 2 se muestra un flujo-grama con las rutas de exposición y vías de adquisición de contaminantes por humanos a partir de la fuente del contaminante y las matrices ambientales afectadas.

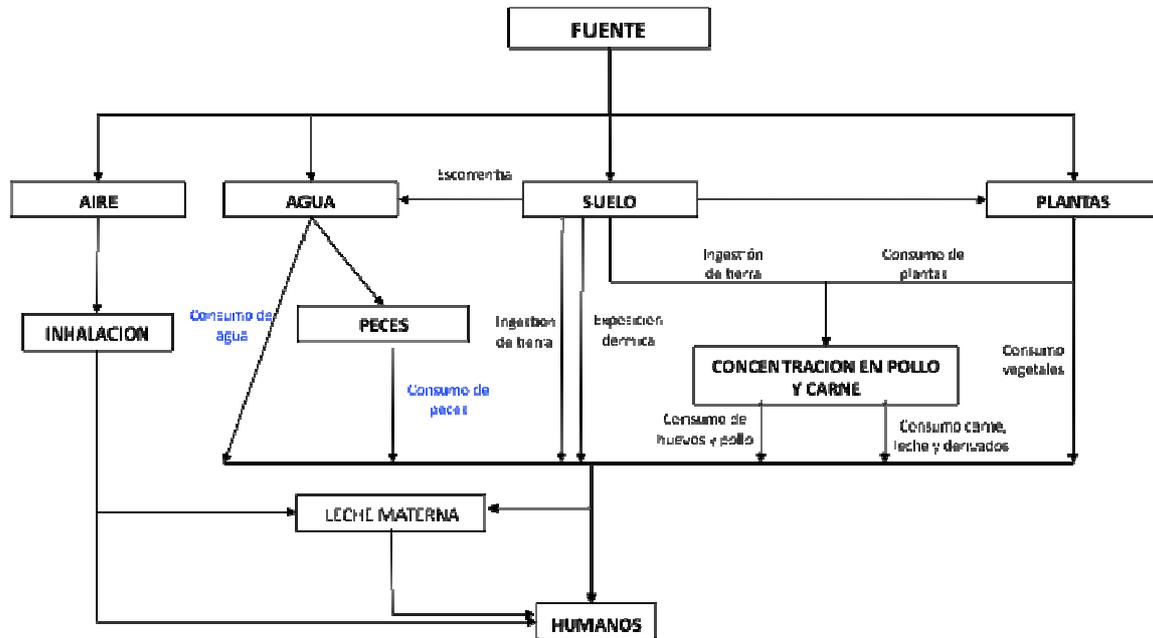


Figura 2. Rutas de exposición y vías de adquisición de contaminantes.

Para el caso de la piscicultura, los principales peligros están relacionados con la presencia de patógenos bacterianos, algunos vectores de parásitos, virus, y compuestos químicos prioritarios como agro-químicos (pesticidas y herbicidas), metales pesados y disruptores endocrinos. Usualmente, estas sustancias llegan al agua por diferentes rutas y luego son transferidas al fitoplancton y los peces por fenómenos de adsorción en superficie (i.e., membranas, escamas y piel), aunque en algunos casos se presenta asimilación, bio-acumulación y bio-aumentación.

Calidad del agua. La Tabla 1 presenta algunos de los contaminantes mas importantes por grupo de sustancias, que pueden generar riesgos importantes de salud aun en concentraciones muy bajas (rangos de ppb). Nótese que en general la contaminación microbiológica genera efectos de salud en el corto plazo (horas a días), mientras que la contaminación química por compuestos prioritarios evidencia los efectos en salud al cabo de años o décadas. En el primer caso se tienen exposiciones cortas e infecciones rápidas e intensas, y de ahí que se califique este riesgo como *agudo*. En el segundo caso, se tienen exposiciones largas a concentraciones muy bajas y las patologías se desarrollan lentamente, de ahí que este riesgo se califique como *crónico*.

En este sentido, la última revisión y actualización de las directrices para el reuso de ARs y efluentes tratados en acuicultura de la OMS recomienda criterios de calidad microbiológica y físico-química basados en concentraciones de los contaminantes para el agua de los estanques y la carne ya procesada de los peces (OMS, 2006).

Tabla 1. Contaminantes más importantes por grupo de sustancias.

Sustancia	Organismo/compuesto	Concentración	Referencia
Naturaleza biológica	.Huevos de trematodos		
	-Incluye <i>Chlonorchis sp.</i> , <i>Fasciola sp.</i> & <i>Schisto.sp.</i>	No detectable	OMS (2005b)
	.Huevos de helmintos	≤ 1 huevo l ⁻¹	Codex (2003), OMS (2005b)
	.Coliformes fecales		
	- <i>E. coli</i>	≤ 10 ³ cel x 100 ml ⁻¹	Blumenthal et al. (2000)
Naturaleza química	.Metales pesados*		
	-Arsénico	No estándar	
	-Cadmio	0.05-1.0 mg kg ⁻¹	EC (2001)
	-Plomo	0.2 mg kg ⁻¹	Codex (2003)
	-Metil-mercurio	0.5-1.0 mg kg ⁻¹	Codex (2003)
	.Orgánicos*		
	-DDT, TDE	5.0 mg kg ⁻¹	USFDA (2003)
	-Diuron	No estándar	
	-PCBs	2.0 mg kg ⁻¹	USFDA (2003)
-DEs (Estradiol, Naproxeno, Ibuprofeno)	No estándar	Toro et al. (2011)	

* Varios de estos compuestos presentan lipo-afinidad, y por lo tanto tienden a bioacumularse en el tejido graso animal.

Fuente: Adaptado de OMS (2006).

Tal como se manifiesta en el *Volumen III: Uso de ARs y excretas en acuicultura* de OMS (2006), en el caso de la acuicultura piscícola, la calidad microbiológica y físico-química de los peces cosechados es una buena medida de la calidad del agua donde estos organismos se desarrollan, y por lo tanto, también indica la naturaleza, origen y magnitud de la contaminación presente en los estanques de producción piscícola. Podría así argumentarse que desde el punto de vista de la trazabilidad de la contaminación ambiental, los peces actúan como bioindicadores o biomarcadores de compuestos de interés sanitario. El vacío central en nuestro contexto es que las normas de calidad de productos cárnicos en el país solo interrogan por contaminantes de naturaleza microbiológica, y por lo tanto, se desconocen la naturaleza, extensión y magnitud de la contaminación química prioritaria presente en dichas matrices.

De otro lado, es completamente plausible que el tipo y magnitud de la contaminación ambiental, e hídrica específicamente, venga incrementándose en el país por causa del aumento paulatino de la industrialización, la agricultura industrializada y extensiva de monocultivos y el crecimiento del sector pecuario. Por supuesto que la débil gestión institucional en relación con el control ambiental

y las sanciones respectivas, es el término que falta en la ecuación desarrollo económico vs. ambiente sano.

Dosis de ingesta. Este factor es tal vez el más difícil de determinar con precisión ya que el consumo de alimentos está altamente influenciado por hábitos culturales, condiciones socio-económicas y hasta creencias religiosas. En este sentido, el desafío está en el cálculo certero de la cantidad de pescado consumido en un periodo de tiempo determinado para miembros de interés (i.e., niños, mujeres gestantes o adultos mayores) en una comunidad específica.

Esta información normalmente se levanta con encuestas de nutrición aplicadas a una muestra aleatoria de la población bajo estudio. De este modo, se puede caracterizar la composición, frecuencia y tamaño promedio de las raciones ingeridas para así llegar a una estimación de la ingesta en un periodo de tiempo determinado.

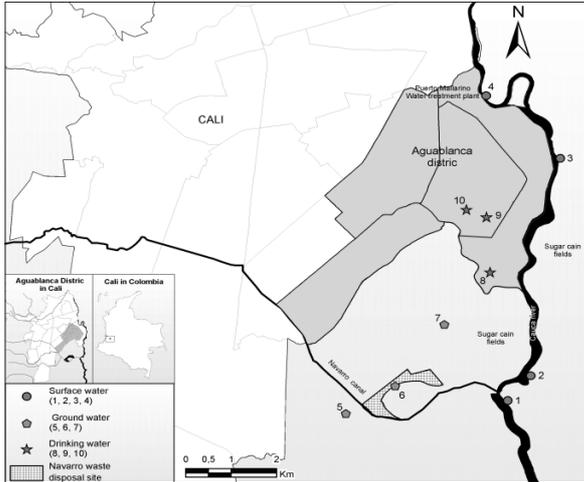
Estimación del riesgo. Esta fase de la investigación se define a través del diseño del estudio epidemiológico. Dependiendo del evento en salud, se utiliza un diseño de casos y controles (eventos de rara ocurrencia) o un diseño de cohortes (eventos frecuentes). Mayores detalles sobre diseño de estudios epidemiológicos se pueden consultar en Gordis (2004). A la muestra poblacional seleccionada se le aplica normalmente una encuesta epidemiológica donde se indaga por los eventos de enfermedad, factores de riesgo, hábitos y comportamientos, y percepción del riesgo.

Modelo para la estimación de riesgo. La integración de toda la información sobre exposición, concentraciones de los contaminantes en los peces, dosis de ingesta y encuesta epidemiológica se logra a través del modelo de análisis de riesgo. Estos modelos normalmente estocásticos son del tipo dosis-respuesta y permiten calcular la probabilidad de ocurrencia del evento en salud bajo estudio en función de la exposición ambiental. El modelo arroja el poder de la asociación entre el factor causal y el evento en salud, arroja estadígrafos sobre el riesgo relativo, el riesgo atribuible, y el valor del riesgo en salud para la población en estudio. Hoy día los modelos de estimación de riesgo utilizan herramientas robustas de simulación estocástica computacional como la Simulación Montecarlo. Esta herramienta precisamente se utilizó para los análisis de riesgo que llevaron a la revisión y actualización de las directrices vigentes para el *Uso de ARs y excretas en acuicultura* de OMS (2006).

Nótese que para todo el ejercicio de un estudio de riesgo en salud por factores ambientales como la calidad físico-química y microbiológica del pescado, se necesita del concurso de disciplinas como la química, la ingeniería ambiental, la nutrición, la epidemiología, la salud pública y eventualmente la estadística. Esta es una área de trabajo transdisciplinaria, dada la complejidad de la problemática involucrada.

Algunas evidencias de contaminantes prioritarios

Caso Río Cauca, Ciudad de Cali. El río Cauca es el segundo río interandino mas grande del país y presenta altos niveles de contaminación tanto microbiológica como físico-química desde su cuenca alta.



En estudios recientes realizados por la Universidad del Valle se han encontrado contaminantes prioritarios en el río a su paso por la ciudad de Cali. Las siguientes tablas y figuras presentan los datos obtenidos sobre la presencia de metales pesados y compuestos orgánicos en este trayecto del río.

Nótese la presencia de Cd y Pb en las aguas del río desde antes de ingresar a Cali, y aún hasta la bocatoma principal del acueducto de la ciudad.

Figura 3. Localización de la zona del proyecto.

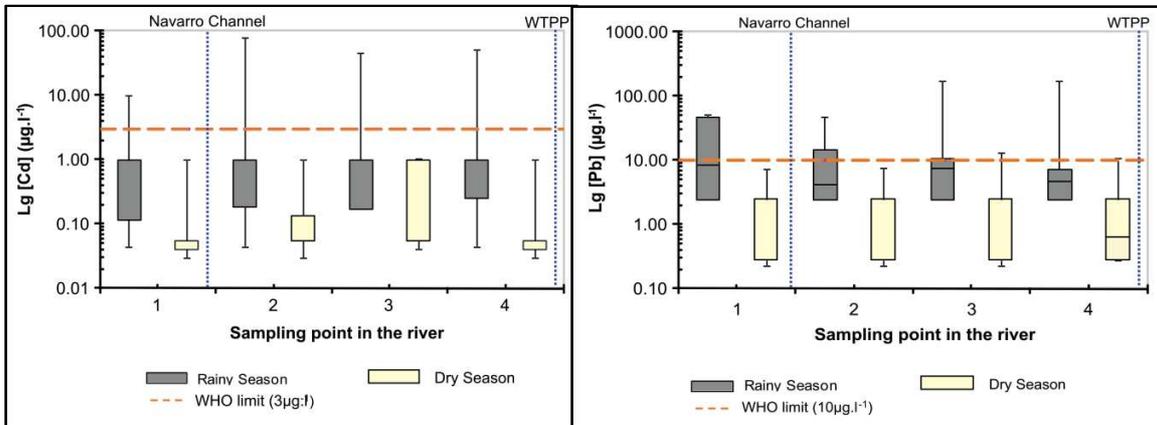


Figura 4. Concentración de Cd y Pb en columna de agua del río.

La Tabla 2 muestra la presencia y concentraciones de metales pesados en especies ícticas nativas del río. En términos generales, el factor principal de riesgo está asociado a la presencia de metales pesados, y esto a su vez con la captura, compra y consumo de las dos primeras especies ícticas de la Tabla. Estas especies sobrepasan las concentraciones límite de Pb y Hg recomendadas por la FAO (1985).

La Tabla 3 presenta los resultados de un muestreo exploratorio de compuestos orgánicos efectuado en la columna de agua del río Cauca.

Tabla 2. Presencia y concentraciones de Cd, Pb y Hg en especies ícticas.

Pescado consumido en la Comuna	Cd $\mu\text{g g}^{-1}$		Pb $\mu\text{g g}^{-1}$		Hg $\mu\text{g g}^{-1}$	
	max	min	max	min	max	min
<i>C. bleekeri</i> (Río Cauca)	0.15	-	2.23	0.002	1.58	0.024
<i>Prochilodus magdalenae</i> (Río Cauca)	0.214	-	2.54	0.002	4.53	0.05
<i>Pseudomelodus huasquis</i> (Río Cauca)	ND	ND	ND	-	0.073	0.074
<i>Pyrrilus snyderi</i> * (Experiencias en la Cascaja)	ND	ND	ND	-	0.064	ND
WHO water Limit (ng/l)	3.0		10		1.0	
Swedish soil Limit (mg/kg)	0.8		50		0.3	
FYCF fish limit (mg/kg)	0.5		10.5		0.4	

* Esta especie se conoce popularmente como manteco y es traído del Ecuador.

Tabla 3. Identificación de compuestos orgánicos presentes en agua del río Cauca.

Compuesto	Fuente	Descripción
Acéite mineral	Derivados del aceite	Hidrocarburos aromaticos policiclicos: neuro-tóxicos y carcinogénicos
Hidrocarburos totales		
Diuron y Fenuron	Herbicidas	Efectos carcinogénicos y eco-toxicológicos sobre la fauna acuática
2-D etilhexilptalato	Plásticos	
Nonifenoles y Octofenol	Sustancias sintéticas	Efectos carcinogénicos
Dinoserbe y Dinoterbe	Herbicidas del tipo dinitrofenol	La volatilización e ingestión directa pueda afectar el desarrollo del embarazo y la fertilidad masculina
Diocetil-Tin y Mono-octyl-Tin	Fosfatos orgánicos	Neurotóxico, posibles efectos en función hepática y disrupción del sueño
2,4-D (*)	Herbicida	Sin resultados consistentes sobre efectos en la salud
Carbamatos	Insecticidas	Sin neurotoxicidad demostrada
Terbutireno	Herbicida	Sin evidencia de efectos en la salud
Hidroxiatrazina	Herbicida	Metabolito secundario, afecta el sistema reproductivo y el riesgo de parto prematuro

Las aguas del río Cauca presentan una contaminación química compleja cuyos riesgos crónicos y efectos de largo plazo en la salud son aun desconocidos. Eventos de rara ocurrencia como el brote epidémico de malformaciones congénitas en la ciudad de Cali ocurrido entre 2004 y 2008 generó alertas y revivió el tema de la calidad del agua del río Cauca y sus posibles efectos en la salud de los caleños (Méndez et al.,2008).

En la actualidad se desarrolla un estudio epidemiológico que pretende establecer la asociación entre la concentración de metales pesados (Cd y Pb) en receptores (mujeres gestantes) y dos eventos observados al momento del nacimiento (BPN:

bajo peso al nacer, RCIU: restricción al crecimiento intrauterino). Se están determinando concentraciones ambientales de estos contaminantes en agua cruda del río Cauca, agua tratada de la red de suministro del acueducto, agua embotellada, vegetales de consumo fresco hiper-acumuladores de metales y en peces de consumo frecuente. En la cohorte de mujeres gestantes se está determinando la concentración de Cd y Pb en sangre, y se hace seguimiento postparto durante 1.5 años a los niños y las madres. A los primeros se les monitorean variables del desarrollo, y a las segundas se les monitorea su estado general de salud.

Caso humedal de Sonso en el Río Cauca, Valle del Cauca. El humedal natural de Sonso es una zona buffer y de regulación hídrica del río Cauca ubicado a la altura del corregimiento de Media Canoa sobre la margen derecha de la vía Loboguerrero-Buga; se ubica a 50 kilómetros al noroccidente de Cali (ver Figura 5). Este humedal natural ha sido objeto de investigación de diferentes disciplinas en las últimas décadas, y los estudios desarrollados han mostrado el deterioro paulatino de este recurso hidrobiológico como consecuencia de la contaminación ambiental que recibe por el río mismo y por la escorrentía agrícola.

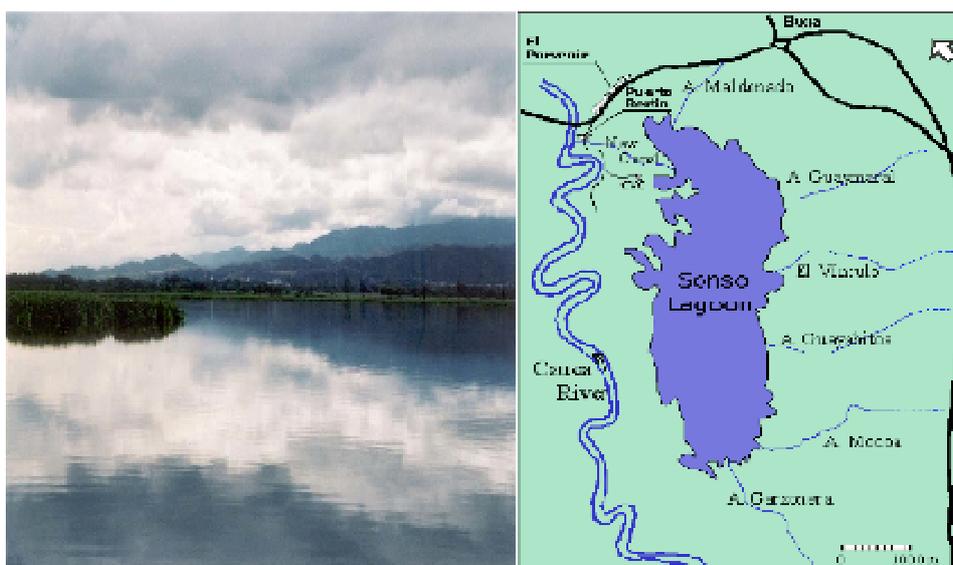


Figura 5. Ubicación general laguna de Sonso.

Fuente: Gischler (2005).

El trabajo de investigación desarrollado por Gischler (2005) encontró presencia de metales pesados en especies ícticas nativas del río Cauca que habitan en la laguna y que son pescadas como alimento de subsistencia por una comunidad rural ubicada en la vereda Puerto Bertin. Las Tablas 4 y 5 muestran los principales datos obtenidos por este autor.

Tabla 4. Presencia de metales pesados en especies ícticas laguna de Sonso.

Location	Species	Tissue	Cr [µg/kg]	Pb [µg/g]	Hg [µg/g]	Source
Sonso Lag. on Colombia	Tilapia <i>Oreochromis mossambicus</i>	Heart	0,0018	0,28 ± 0,26	0,022	Thomson et al. (2003)
		Muscl.	0,0018	0,15 ± 0,16	0,022	
Sonso Lag. on Colombia	Carpinef L. <i>Cyprinus carpio</i>	Heart	0,0018	1,1 ± 0,15	0,022	Thomson et al. (2003)
		Muscl.	0,0018	0,22 ± 0,15	0,022	
Sonso Lag. on Colombia	Characin	Heart	0,0010	0,8 ± 0,21	0,022	Thomson et al. (2003)
		Muscl.	0,0018	0,16 ± 0,16	0,022	
Sonso Lag. on Colombia	Sard	Integrated	0,0010	0,18 ± 0,10	0,022	Thomson et al. (2003)
Agua de Caramant River Spain	Trout <i>Salmo trutta</i>			8,50 ± 0,04		Schäfer et al. (2004)
Amazona Brazil	Shrimp <i>Penaeus</i>		0,0520			Costa et al. (2006)
Amazona Brazil	Fish		0,0585		2,73	Costa et al. (2006)
North Sea & English Channel	Actinoids, 10% + more	Body wall	0,70	0,15	0,07	Kaur et al. (2007)
		Skeleton	0,75	0,15		
		Gonads			0,12	

Fuente: Gischler (2005).

Tabla 5. Metales pesados en humanos de Puerto Bertin, Colombia.

Location	Type of sample	Type of sample	Cr [µg/l]	Pb [µg/l]	Hg [µg/l]	Source
Puerto Bertin Colombia	Fishman	Blon		150,0 ± 3,0		Thomson et al. (2003)
Aychar Guaman	Unspiced pakette	21 hr pack	0,82	0,11	0,12 ± 0,21	Strauss et al. (2002)
Aychar Guaman	Unspiced pakette	Blon		0,0087	1,17	Strauss et al. (2002)
Aychar Guaman	Commercially spiced pakette	21 hr pack	0,2	0,11 ± 0,04	1,15 ± 0,50	Strauss et al. (2002)
Aychar Guaman	Commercially spiced pakette	Blon		0,8 ± 0,07	0,2	Strauss et al. (2002)
Ireland	Unspiced pakette	21 hr pack	1,2			Kalman et al. (2006)
Rio de Janeiro Brazil	Commercially spiced worker	21 hr pack			0,1 ± 0,08	Costa et al. (2006)
Amazon Brazil	Fishman	Hair			10,0 ± 0,8	Costa et al. (2006)

Fuente: Gischler (2005).

Gischler (2005) señala que la bio-acumulación de Pb en las especies ícticas de la laguna de Sonso es un problema potencial para la salud humana de un grupo muy específico de habitantes, lo cual se correlaciona con los altos niveles de Pb en sangre de los pescadores de Puerto Bertin. Este hecho se debe muy seguramente al consumo continuado de los pescados provenientes de la laguna.

Este mismo autor también encontró niveles de Cr en sedimentos de la laguna por encima de los estándares nacionales e internacionales. Muy posiblemente las fuentes de este contaminante son las curtiembres ubicadas aguas arriba de Sonso, en los municipios de Cerrito y Yumbo, así como la contribución industrial de Cali y Palmira.

Consideraciones sobre riesgos a la salud por esquemas intensivos de piscicultura

Con la evidencia presentada anteriormente, se deduce que la calidad del agua donde se desarrollan los peces es tal vez el factor más determinante para la calidad tanto microbiológica como físico-química del producto final para consumo. Es por esta razón que un pez criado en una laguna de estabilización que recibe solo aguas domésticas, por ejemplo, puede ser de mejor calidad que ese mismo pez viviendo libremente en alguno de los ríos interandinos del país. De este modo, no siempre el uso de aguas superficiales es una garantía de calidad para esta actividad productiva. Aquí aparece una deficiencia intrínseca relacionada con las metodologías y parámetros que actualmente se utilizan en el país para juzgar la calidad del agua.

Debemos entonces pasar de utilizar parámetros microbiológicos y físico-químicos clásicos y agregados como Conteo en Placa, CT, CF, DQO, DBO₅, OD, pH, TKN, etc. a parámetros más finos para caracterizar bien la calidad de las aguas. De esta forma, podríamos llegar a una percepción más real del riesgo para la salud humana si conocemos la presencia y concentraciones de compuestos químicos prioritarios como los presentados anteriormente.

Ahora bien, con este requisito satisfecho queda por examinar la contaminación propia que produce la piscicultura intensiva sobre todo cuando se hace con recursos hídricos continentales. Se sabe que este sector fundamentalmente genera nutrientes (N & P) los cuales tienen impactos ambientales conocidos, como la eutrofización. Sin embargo, hay otro espectro de contaminantes relacionado con el desarrollo inicial y posterior engorde de los peces, así como el control de patógenos del cultivo. Los contaminantes de mayor interés en estas fases son las hormonas y los antibióticos. Estas sustancias constituyen un amplio grupo de compuestos químicos que son hoy por hoy el centro de atención de la investigación en calidad del agua y salud humana, ya que las trazas de estos compuestos una vez descargadas en el ambiente tienen efectos endocrinológicos en animales superiores y humanos; y por el lado de los antibióticos, además de desequilibrar los ecosistemas acuáticos, contribuyen a la resistencia microbiana

con todo lo que ello implica en términos de patógenos cada vez mas resistentes y agresivos.

Al menos 31 esteroides entre naturales y sintéticos vienen siendo usados en la reversión sexual de los peces de importancia económica. Algunas de las hormonas reportadas por Pandian and Sheela (1995) con base en una revisión de literatura son las siguientes:

Androgenas: 17 α -metiltestosterona es la hormona más ampliamente usada a nivel mundial. Esta ha sido probada en mas de 25 especies como *Salmonidae*, *Cichlidae*, *Cyprinidae*, *Anabantidae*, *Poecilidae* y *Cyprinodontidae*. Desde el punto de vista de su potencial los andrógenos pueden ser ubicados en el siguiente orden: mibolona > 19-nor-etiltestosterona > 17 α -metiltestosterona > testosterona.

Estrogenos: estradiol-17 β y etinilestradiol son las hormonas mas preferidas y usadas para el tratamiento en la feminización de mas de 15 especies de *Salmonidae*, *Cichlidae*, *Cyprinidae*, *Anabantidae*, *Poecilidae* y *Ictaluridae* (Pandian and Sheela, 1995; Hanselman et al., 2003). El uso de estrogenos sinteticos como el 17 α etinilestradiol y el dietilstilbestrol han venido siendo utilizados en una variedad de especies y son los mas potentes agentes feminizantes probados, sin embargo, este último no debería ser siquiera considerado por sus propiedades cancerigenas (Piferrer, 2001).

De este modo, ante la falta de evidencia científica sistemática y contundente sobre esta problemática en nuestro contexto, debemos al menos aplicar el principio de precaución y obrar con base en la mejor evidencia científica disponible y por el lado de la prevención del riesgo.

Por lo tanto, para prevenir los riesgos potenciales en salud asociados con contaminantes prioritarios propios del sector piscícola (i.e., hormonas y antibióticos) debemos trabajar bajo los principios de la producción limpia, y las buenas prácticas de manejo (BPM) del sector. Así pues, lo deseable será la reducción, eliminación o sustitución de estos agentes químicos por otros productos amigables con el ambiente, por ejemplo, los probióticos.

De otro lado, dentro de la esfera de la responsabilidad social empresarial (RSE), esta incluida la responsabilidad ambiental, y dentro de esta, las empresas están en la obligación de contribuir al mejoramiento ambiental mas allá del solo cumplimiento de las normas vigentes, pues se reconoce que la RSE comprende un conjunto de prácticas, estrategias y sistemas de gestión empresariales que persiguen un nuevo equilibrio entre las dimensiones económica, social y ambiental. En otras palabras, la RSE debe asumirse como un sistema de gestión basado en una ética de la responsabilidad hacia los diferentes elementos y actores constituyentes del entorno ambiental.

Conclusiones

Con base en la información y los argumentos presentados se deduce que la causa primaria de riesgo para la salud humana es la calidad del agua con la cual se desarrolla la actividad piscícola. Por lo tanto, las posibles asociaciones entre riesgo a la salud y cultivo intensivo de peces son de naturaleza indirecta, por lo cual una estrategia de control de riesgo debe centrarse en mejoramiento de la calidad del agua utilizada en el proceso productivo.

La actividad piscícola intensiva produce contaminantes prioritarios como hormonas y antibióticos cuya descarga en el ambiente aún en cantidades traza puede tener efectos crónicos en la salud. Por lo tanto, en el programa de BPM del sector y con enfoque preventivo se deben implementar estrategias de reducción, eliminación o sustitución de estos insumos químicos.

Con base en los casos presentados en este artículo de reflexión se evidencia una vez más el principio que fundamenta la concepción de ECOSALUD, si el ecosistema está enfermo o contaminado en igual condición estarán los seres vivos que lo habitan. Por lo tanto, mientras no reduzcamos efectivamente la contaminación ambiental siempre existirá un riesgo potencial para la salud de grupos humanos con inequidad por diferentes causas.

Referencias

FAO (1985). Water quality for agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Technical papers series. Rome, Italy.

Gischler, C. (2005). Pathways of Heavy Metals and Implications for Stakeholders, Sonso Lagoon, Colombia. M.Sc thesis. KTH Architecture and the built environment. Vetenskap OCH Konst. Sweden.

Gordis, L. (2004). Epidemiología. 3rd Ed. Elsevier Science. Amsterdam, NL.

Hanselman, T., Graetz, D.A. & Wilkie, C. (2003). Manure-borne Estrogens as Potential Environmental Contaminants: A Review. *Environ. Sci. Technol.* 37 (24), 5471–5478.

Méndez, F., Ariza, Y., Isaza, C., Benítez, N., Martínez, G., Orejuela, Y. & Pachajoa, H. (2008). Evaluation of Factors Associated with Occurrence of Congenital Malformations in an Area Close to a Large Municipal Dump Site in Cali, Colombia. In: *Proceedings of the ISEE*. Pasadena, USA.

OMS (1989). Directrices de salud para la utilización de aguas residuales en agricultura y acuicultura. Ginebra, Suiza.

OMS (2006). Directrices OMS. Volumen III: Uso seguro de aguas residuales y grises en acuicultura. Ginebra, Suiza.

Pandian, T.J. & Sheela, S.G. (1995). Hormonal induction of sex reversal in fish. *Aquaculture*. 138, pag 1-22.

Piferrer, F. (2001). Endocrine sex control strategies for the feminization of teleost fish. *Aquaculture*. 197, 229–38.