

## Artículos

**Elaboración de un protocolo para la Evaluación de Riesgo Ecológico en el embalse El Nihuil, Mendoza***Elaboration of a Protocol for the Ecological Risk Assessment in El Nihuil dam, Mendoza*

Palma Leotta, M. E.<sup>1</sup>; Caliri, M. N.<sup>1</sup>;  
Cáceres, A. R.<sup>2</sup>; Gorla, N. B.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Genética, Ambiente y Reproducción (GenAR), Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza, Argentina.

<sup>2</sup>Laboratorio de Fisiopatología ovárica y Neurobiología. Instituto de Medicina y Biología Experimental de Cuyo (IMBECU-CONICET), Mendoza, Argentina.

<sup>3</sup>CONICET Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

Contacto: mae.leotta@gmail.com

**Palabras claves:** riesgo ambiental, salud ambiental, contaminación acuática, biomonitoreo, *Percichthys trucha*

**Keywords:** environmental risk, environmental health, aquatic pollution, biomonitoring, *Percichthys trucha*

**Resumen**

El embalse El Nihuil, ubicado sobre el Río Atuel, en San Rafael, Mendoza, es el espejo de agua dulce más grande de la provincia (9600 ha). Se utiliza para la generación de energía eléctrica, pesca, deportes náuticos, regadío y turismo. Se han reportado repetidos eventos de mortandad de peces en el mismo. Sobre esta preocupante alerta surgió la necesidad de diseñar un protocolo de Evaluación de Riesgo Ecológico basado en lineamientos internacionales referenciales y adaptado a la realidad de nuestras posibilidades investigativas y económicas. El protocolo que se propone incluye las caracterizaciones pertinentes. Se completaron en esta primera etapa los tres primeros pasos para la identificación de los procesos contaminantes, selección de especie animal para estudios de biomonitoreo y los programas analíticos más adecuados a implementar. Se elaboró un plan de muestreo para la perca criolla *Percichthys trucha* por ser la especie nativa más abundante del embalse, con capacidad de bioacumulación y biomagnificación de tóxicos ambientales y con antecedentes de efectos negativos sobre la misma. Se seleccionaron: el arte de pesca para la captura y el manejo posterior de los peces, el modo de eutanasia, la evaluación macroscópica de

lesiones y la toma de muestras para estudios lepidológicos para el cálculo de edad, los estudios toxicológicos para determinar biomarcadores de exposición y los estudios genéticos e histológicos para determinar biomarcadores de efecto (los resultados obtenidos de estos estudios específicos no fueron incluidos en este trabajo). Se recomienda el uso de biomarcadores de contaminación en *Percichthys trucha* como posible metodología eficaz, económica y factible para determinar el grado de salud ambiental de este sistema acuático.

**Abstract**

El Nihuil dam, located on Atuel river, in San Rafael, Mendoza, is the largest fresh water body in the province (9600 ha). It is used for electric power generation, fishing, water sports, irrigation and tourism. Repeated fish mortality events have been reported in the place. Due to these worrying episodes, an Ecological Risk Assessment protocol was designed based on international referential guidelines adapted to the reality of our research and economic possibilities. The protocol that is proposed for the ecological risk assessment includes the characterization of the geological, human and ecological scenes, the estimation and characterization of the risk, conclusions and

recommendations. The first three steps were completed in this stage for the identification of polluting processes, species selection for biomonitoring and sampling plan with the most appropriate analytical programs. A sampling plan for native perch (*Percichthys trucha*) was elaborated. This species is abundant and has shown capacity for bioaccumulation and biomagnification of environmental toxicants and with antecedents of negative effects. Fishery gear was selected for the capture and subsequent management of fish. Also were determined: type of euthanasia, gross lesion assessment and sampling for lepidological studies for age calculation, toxicological studies to determine biomarkers of exposure and genetic and histological studies to determine biomarkers of effect. The use of contamination biomarkers in *Percichthys trucha* was selected as an efficient, economical and feasible methodology to determine the environmental health of this water reservoir.

### Introducción

El medio ambiente está continuamente cargado de contaminantes liberados por las comunidades urbanas y las industrias. En el Siglo XX, diversos contaminantes orgánicos en concentraciones traza, como los bifenilos policlorados (PCB), plaguicidas organoclorados (OCP), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), dibenzofuranos policlorados (PCDF) y dibenzo p-dioxinas (PCDD) se han producido y, en parte, liberados al ambiente. Desde principios de los años sesenta la humanidad ha tomado conciencia de los potenciales efectos adversos de estos productos químicos en general y los riesgos potenciales para los ecosistemas. El sumidero final para muchos de estos contaminantes es el medio acuático, ya sea debido a las descargas directas o a las corrientes hidrológicas (1). Muchos de los compuestos orgánicos hidrofóbicos y sus metabolitos, que contaminan ecosistemas acuáticos, aún no se han identificado y su impacto en la vida acuática aún no se ha determinado.

La Evaluación de Riesgo Ecológico o Ambiental (ERE /ERA) ha sido definida como el proceso de caracterización y estimación basada en evidencia científica de la probabilidad que hayan ocurrido, estén ocurriendo o vayan a ocurrir efectos adversos en sistemas ecológicos debido a actividades humanas (2). De este modo puede establecerse si el grado de contaminación presente en un sitio genera efectos nocivos. Mientras mayor sea el riesgo de que la contaminación afecte a los seres vivos, mayor será la necesidad de instrumentar programas de restauración (3). Esto integra el concepto de «Salud Ambiental» de la Organización Panamericana de la Salud (4)

que establece como prioridad básica la protección ambiental y la reducción de los efectos nocivos del ambiente en la salud como requisitos inseparables de los esfuerzos para construir un proceso efectivo y sostenido de desarrollo económico y social.

Muchos de los contaminantes y sus metabolitos pueden combinarse y potenciar sus efectos tóxicos, por lo tanto la ERE basada sólo en la medición de los niveles ambientales de los químicos no sería representativa del riesgo real (5). Los efectos deletéreos generados por la contaminación, son a menudo difíciles de detectar en organismos presentes «bioindicadores», ya que tienden a manifestarse de manera tardía, y cuando se hacen notables ya no pueden corregirse ni reducirse los riesgos. Existen señales de alarma temprana de riesgos basadas en «biomarcadores» que reflejan los efectos biológicos en respuestas a las toxinas ambientales antropogénicas (6). Los biomarcadores son medidos en fluidos corporales, células o tejidos que indiquen modificaciones debido a la presencia y magnitud de los tóxicos (biomarcadores de exposición), o debido a la respuesta del huésped a estos tóxicos (biomarcadores de efecto) (7). En un contexto medioambiental, los biomarcadores se ofrecen como indicadores sensibles que demuestran cómo los tóxicos se introducen en los organismos, distribuyen en los tejidos, y provocan un efecto tóxico en objetivos críticos (8). Los métodos de medición de biomarcadores para evaluación de la contaminación ambiental son avalados por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de EEUU) y por la Organización Mundial de la Salud (2, 9, 10, 11).

Los peces son considerados indicadores representativos de la salud general de sistemas acuáticos porque integran los efectos de muchos contaminantes que actúan en el ecosistema y reflejan los impactos secundarios del estrés crónico, debido a su posibilidad de biomagnificación y bioacumulación de tóxicos (12). La mayoría de los biomarcadores generales pueden ser directamente transferibles a determinados biomarcadores de peces (1). Por este motivo, los peces pueden ser considerados para la vigilancia de la contaminación en los sistemas acuáticos.

Es importante tener en cuenta la complejidad del proceso de contaminación en sitios de riesgo y cómo se hace necesario desarrollar una metodología específica ordenada, simple y eficaz para su análisis. La realidad de los países en desarrollo nos muestra también la falta de recursos humanos altamente especializados, la escasez de laboratorios con programas de control de calidad e insuficiente información técnica de las áreas geográficas en estudio (13).

El objetivo general de esta investigación es proponer un protocolo de evaluación de riesgo aplicado al embalse El Nihuil, Mendoza. Para esto se consideran como objetivos específicos obtener una caracterización detallada de los escenarios integrantes, que permita identificar posibles procesos contaminantes, analizar el uso de biomarcadores de exposición y de efecto en peces, seleccionar la especie más adecuada y desarrollar una metodología eficaz, económica y factible que permita visualizar la salud ambiental de este sistema acuático.

### Metodología

Se diseñó un protocolo metodológico para la ERE basado en las metodologías de la «Evaluación de Riesgo en Salud» (13, 14, 15) y de la «Evaluación de Riesgo Ecológico» (2, 15, 16) con el fin de lograr una visión integral de los escenarios geográficos, ecológicos y humanos para poder caracterizar los procesos contaminantes y las fuentes de contaminación específicas para el sitio de estudio.

Se determinaron los criterios de selección para determinar la especie de pez más adecuada para el biomonitorio en el sitio en estudio: *Percichthys trucha*. Ya que reúne las condiciones de «biomonitor ideal» (según el método de selección expuesto por Páez Osuna y Osuna Martínez, y Zhou et al.) (17, 18), como aspectos de la forma de alimentación, historia de vida y biología de la especie, que faciliten la capacidad de acumular contaminantes, presentar amplia abundancia y distribución, ser una especie longeva y fácil de muestrear, transportar y manipular, estar disponible a lo largo del año, soportar una amplia gama de condiciones climáticas y ambientales. Deben ser bien conocidas a nivel taxonómico, estado de conservación y tener preferentemente importancia comercial y económica.

Se establecieron los biomarcadores a analizar en la especie de pez seleccionada. Se siguieron los lineamientos expuestos por Stegeman (1) para la selección del biomarcador: que debe ser identificado por un ensayo confiable, accesible y fácil de realizar, la respuesta es sensible a la exposición de los contaminantes o a los efectos, para servir de alerta temprana; los datos basales del biomarcador están bien definidos para poder distinguir entre variabilidad natural (ruido) y el estrés inducido por contaminantes (señal); el impacto de los factores de confusión en la respuesta del biomarcador debe estar bien establecido; al igual que el mecanismo entre respuesta de biomarcadores y exposición a contaminantes (dosificación y tiempo); el significado toxicológico del biomarcador, es decir las relaciones entre su respuesta y el impacto (a largo plazo) en el organismo, deben ser conocidas. Deben ser preferentemente no invasivos y/o no destructivos, para permitir o facilitar

la vigilancia de los efectos de la contaminación en zonas protegidas (19).

Se diseñó el plan de muestreo de peces sobre la técnica propuesta por el Consejo Internacional de Exploración Marítima (ICES) (20). Esta se basa en la captura de mínimo 30 animales, por medio de redes de pesca agalleras de 4 por 4 cm de enmalle y 25 mt de longitud. Se cuenta con el aval del Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio, Investigación y Docencia (CICUALID) de la Universidad Juan Agustín Maza.

Para determinar los diferentes biomarcadores de exposición y efecto por contaminantes, se desarrollaron las siguientes metodologías:

- Caracterización de las variables ambientales en el sitio y momento del muestreo: temperatura ambiente y temperatura del agua (con termómetro de mercurio), pH del agua (con pH metro Adwa AD12 y método colorimétrico McolorpHast TM) y oxígeno disuelto (con oxímetro Hanna HI9146)
- Modo de eutanasia basado en lo acordado por la Comisión Europea (21), por concusión (golpe en la cabeza) y desmedulación cervical (corte inciso en caudal de los opérculos).
- Evaluación macroscópica del estado de salud de los peces capturados (22) longitud (con cinta métrica), pesaje (con balanza electrónica Acculab GS 2001), sexado (observación macroscópica interna), edad (recuento de anillos en escamas por microscopía óptica a 40X) (23).
- Determinación de biomarcadores.

Para la obtención de biomarcadores histopatológicos de branquias, hígado y riñón las muestras deberán ser remitidas al laboratorio en formaldehído 4%, y se las procesarán para microscopía óptica mediante técnicas histológicas de rutina (de deshidratación, inclusión, corte y tinción) para obtener preparados histológicos. Brevemente, se deshidratarán progresivamente las muestras, en alcoholes (70%-90%-100%) y xilol (100%) con posterior imbibición en parafina durante 12 horas, en estufa a 50°C. En el paso siguiente, el material será cortado en secciones de 4 -5  $\mu$ , utilizando un micrótopo de deslizamiento. Para la técnica de tinción con hematoxilina-eosina, se procederá a re-hidratar la muestra en alcoholes y xiloles de graduación decreciente. Se sumergirá la muestra en hematoxilina y luego se la dejará en agua destilada. Se extraerá del agua y se sumergirá en eosina. Luego, se deshidratará en alcoholes y xiloles de graduación creciente. Después de la coloración, se agregará sobre el tejido un medio de montaje (albúmina o clara de huevo al 1%) y se montará con un cubreobjetos, para poder ser analizados en

microscopio óptico a 40, 100 y 400 X. Se identificarán y cuantificarán alteraciones patológicas tisulares específicas en órganos diana de contaminantes: branquias, hígado y riñón de *P. trucha*.

Para la obtención de biomarcadores genotóxicos se colocarán un par de gotas de la sangre obtenida sobre un portaobjetos para realizar el extendido por desplazamiento, se dejan secar y se transportan refrigerados al laboratorio, donde son fijados con metanol absoluto durante 10 minutos y se colorean con Giemsa al 10% en agua destilada durante 10 -14 minutos. Se analizarán en microscopio óptico a 1000 X para la identificación y cuantificación de alteraciones nucleares y micronúcleos en eritrocitos de *P. trucha*.

Para la obtención de biomarcadores toxicológicos se seleccionarán los contaminantes críticos a analizar y se remitirán muestras de tejido a un laboratorio de química analítica oficialmente habilitado que pueda identificarlos y en lo posible cuantificarlos. Se considerarán como contaminantes críticos a aquellos que suponen una carga alta en el ambiente, que estén biodisponibles, que generen preocupación social, o que puedan interactuar con otros contaminantes incrementando la toxicidad. La selección se condiciona con los costos económicos. Según las características químicas de los tóxicos a detectar se seleccionará la muestra de tejido donde puedan acumularse (grasa, encéfalo, hígado, músculo) y los métodos de laboratorio para su detección.



Figura 1  
Protocolo para la Evaluación de  
Riesgo Ecológico.

## Resultados

El diseño del Protocolo para la ERE quedó conformado por una serie de pasos a seguir de forma práctica y simple (Figura 1).

### Aplicación del Protocolo

#### Caracterización del escenario geográfico y humano:

1. El embalse El Nihuil es la obra de cabecera del sistema hidroeléctrico Los Nihuales, recibe los afluentes del río Atuel y del río Salado. Se encuentra en una zona de clima árido, con temperaturas históricas extremas que oscilan entre 42°C en verano y -20°C en invierno. La precipitación media anual es de alrededor de 250 mm. Los suelos presentan depósitos aluviales (bloques, gravas, arenas y limos). Los cauces de los ríos acarrean materiales clásticos gruesos. Se identifican zonas de cultivo en el distrito de El Sosneado, departamento de San Rafael y en el departamento de Malargüe con drenaje potencial hacia el embalse (Figura 2). Los principales cultivos de la zona son la papa semilla y especies forrajeras (principalmente alfalfa).

El embalse se usa para la generación de energía eléctrica, pesca, deportes náuticos, regadío y turismo. Se utilizan embarcaciones a motor. Periódicamente se realizan actividades de limpieza del embalse mediante el uso de maquinaria «cortalamas» que mantiene la gran masa de macrófitas que allí habitan.

Actividades industriales en la zona: a la orilla del embalse se encuentra la fábrica Manferro (ex Carbometal) que produce ferro silicio, materia prima del acero y carburo de calcio como materia prima del plástico. Al oeste de la zona de El Sosneado, junto al río Atuel, se encuentra un proyecto minero de azufre, actualmente abandonado. En el 2009 se inauguró una planta de tratamiento de efluentes cloacales del distrito, cerca del puente de entrada al pueblo El Nihuil, aguas abajo de la pared del embalse.



**Figura 2**  
Imagen satelital de la cuenca  
afluente del Embalse El Nihuil  
(35°04'S, 68°45'O).  
Los círculos amarillos denotan  
las zonas de cultivo aguas arriba  
del embalse.

El pueblo de El Nihuil tiene una población estable que ronda los mil habitantes y ésta aumenta temporariamente en el verano por la llegada de turistas. Las viviendas son de ladrillo cocido de tierra, algunas cuentan con sistema de cloaca y otras con pozo séptico. Los residuos son recolectados por la entidad municipal. Los habitantes se dedican a actividades relacionadas con el turismo y la pesca, algunos a la cría de ganado caprino o son empleados en las industrias de la zona. Existe una percepción de los pobladores de que el lago es sucio, principalmente por el alto contenido de vegetales (lamas) y evitan comer los peces del embalse.

## 2. Caracterización del escenario ecológico:

El embalse El Nihuil posee más desarrollo litoral que zona pelágica, sin existir zona profunda. Se ha detectado en estudios previos, aportados como colaboración por la Empresa Hidroeléctrica HINISA-HIDISA, un valor de biomasa con el uso de ecosondas de 800 peces/ha, con una distribución del 90% sobre el fondo y en las densas masas de vegetación subacuática. Las especies identificadas fueron trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), pejerrey patagónico (*Odonesthes hatcheri*) y perca criolla (*Percichthys trucha*). Cabe destacar que estas tres especies son utilizadas para consumo humano.

Se seleccionó *Percichthys trucha* (*Percichthyidae*) por ser un pez endémico, ampliamente distribuido en ríos y embalses del sur de la provincia de Mendoza y República Argentina, desde el río Tunuyán (33°33'S, 69°00'O, 868 msnm) como límite norte, hasta el río Santa Cruz (50°14'S, 71°25'O, 185 msnm) como límite sur, al este de la Cordillera de los Andes. Además, existe información disponible sobre las características biológicas y genéticas de estos peces (24, 25, 26); dieta amplia, posición superior en la red trófica,

estado de conservación, especie no evaluada; identificación fenotípica y genotípica, etc.

Se han reportado repetidos eventos de mortandad masiva de esta especie en el sitio de estudio lo que representan claros antecedentes de efecto negativos expresados en la especie seleccionada. Las características más importantes de estos eventos fueron:

**Febrero, 2005:** Se reporta el hallazgo de peces muertos en el embalse El Nihuil. Los primeros resultados de los análisis realizados por especialistas sacaron a la luz la causa de la mortandad de peces que llamaba la atención de ambientalistas y vecinos del embalse El Nihuil. Así se detectó la aparición de un parásito (*Lernaea sp.*) que en forma conjunta con otros microorganismos pueden resultar letales para la fauna ictícola del lago (27, 28). Esto se asoció al aumento de la temperatura del agua. También se han observado mortandades adjudicadas al mismo parásito en el embalse del Valle Grande, aguas abajo (29).

**Marzo, 2009:** Se registró otro evento de mortandad de peces (30). Los testigos comentaron que pudieron ver percas y truchas con lesiones eruptivas multifocales de color rojo en la superficie externa (31).

**Agosto, 2010:** Se reportó la aparición de unas 400 ó 500 percas muertas. Según develaron entonces los estudios de la Dirección de Recursos Naturales Renovables de la provincia la mortandad fue como consecuencia de una explosión causada por una persona, lo que descartó que las aguas estuvieran contaminadas.

**Septiembre, 2012:** También aparecieron gran cantidad de peces muertos en la parte baja del paredón y se le atribuyó a la apertura de compuertas del complejo hidroeléctrico (32).

### 3. Estimación del Riesgo

#### a) Caracterización de las Rutas de Exposición

En la Tabla I se exponen los caminos que pueden llevar los distintos contaminantes desde las fuentes que los emiten hasta la población estudio. Se definen también los puntos de exposición como el lugar donde la población (humana o biótica) entra en contacto con los contaminantes. La vía de exposición, en estos casos es por ingesta (de alimento

contaminado tanto para peces como para humanos que consumen pescados del embalse) y absorción dérmica (en peces por el contacto con branquias en la filtración y en humanos por baños de inmersión). La población receptora sería la población (humana o biótica) expuesta. Se detalla también si se conoce la ruta en forma completa o incompleta y si el riesgo potencial es pasado presente o futuro.

Ruta	Fuentes	Contaminantes críticos	Punto de exposición	Población receptora	Pasada presente o futura	Completa o potencial
AGUA	Fábrica Manferro ex carbometal	Carbón cal viva Ferrosilicio carburo de calcio	Cuerpo de agua del embalse. Alimento	Residentes temporales y permanentes. Biota	Presente	Completa
AGUA	Planta de tratamientos cloacales	Materia orgánica Desinfectantes Xenobióticos	Cuerpos de agua del embalse. Alimento	Residentes temporales y permanentes. Biota	Presente	Completa
AGUA	Pozos sépticos	Materia orgánica Desinfectantes Xenobióticos	Cuerpos de agua del embalse. Alimento	Residentes temporales y permanentes. Biota	Presente	Completa
AGUA	Proyecto minero abandonado	Azufre	Cuerpos de agua del embalse. Alimento	Residentes temporales y permanentes. Biota	Pasado	Completa
AGUA	Zonas cultivadas de El Sosneado y Malargüe	Plaguicidas Fertilizantes	Cuerpos de agua del embalse. Alimento	Residentes temporales y permanentes. Biota	Presente	Completa
AGUA	Embarcaciones a motor	Hidrocarburos derivados del petróleo	Cuerpos de agua del embalse	Residentes temporales y permanentes Biota	Presente	Completa

Tabla I

Caracterización de las rutas de exposición a los diferentes contaminantes.

#### b) Análisis de la Contaminación Ambiental: Plan de muestreo y Programa de métodos analíticos

Plan de muestreo: La unidad de análisis será la especie de pez *Percichthys trucha*, mediante la cual se determinarán biomarcadores de exposición y de

efecto. Para conseguir una cantidad específica de ejemplares de un tamaño y peso similar se seleccionará como arte de pesca la captura con redes pasivas de 25 mt de longitud por 2 de ancho y enmalle de 4 x 4 cm. Al seleccionar por tamaño, también se ase

gura que los especímenes sean adultos, de una edad similar. El sitio de calado de redes será determinado mediante la ubicación del cardumen de *P. Trucha* (a través de ecosondas y testimonios de pescadores). Se controlará el tiempo de permanencia de las redes en función de la cantidad de animales capturados para llegar al «n» muestreal (calculado sobre los datos de biomasa, de manera que la muestra sea representativa y con mínimo efecto en la población local). Se registran las variables ambientales al momento del muestreo: temperatura ambiente, temperatura del agua, oxígeno disuelto y pH del agua.

Una vez capturado el pez vivo pueden aplicarse dos técnicas de muestreo en función de los resultados esperados:

- **Muestreo no letal:** en búsqueda de resultados cuantitativos para:
  - Biomarcadores genotóxicos: toma de muestra de sangre con aguja fina y jeringa de 3 ml de la vena dorsal ingresando por línea media ventral, a caudal del ano.
  - Biomarcadores histopatológicos: mediante biopsia de branquia de la zona del filamento de 3 por 5 mm.
- **Muestreo letal:** en búsqueda de resultados cualitativos para:
  - Evaluación macroscópica interna de alteraciones patológicas. necropsia, sexado, y determinación del estado de maduración gonadal.
  - Biomarcadores histopatológicos de branquias, hígado y riñón.
  - Biomarcadores toxicológicos en muestras de hígado, cerebro, grasa y músculo.

#### 4. Caracterización de Riesgo

Una vez obtenidos los resultados estos deben ser discutidos a modo de generar una escala de valores de acuerdo al nivel de toxicidad que puede ser evidenciado, más allá de que el conjunto de datos y/o variables no evalúen en su totalidad la interacción humano-ambiente. El criterio de selección de las variables para este estudio intenta que la discusión se dé en un enfoque multidimensional de la problemática ambiental, partiendo de las alteraciones microscópicas (biomarcadores), macroscópicas, en término de organismos, poblaciones, ambiente, comunidades y ecosistemas para poder determinar si existe un riesgo ecológico y/o humano en el sitio de estudio y poder dar las recomendaciones pertinentes orientadas a describir cómo responder ante un resultado bueno, malo, parcial, moderado de Riesgo Ecológico. Por ejemplo, si a través del ERE se detecta un riesgo bajo, cada cuánto se debería volver a realizar un control. O en cambio, si el ERE detecta un riesgo alto, qué sectores deberían estar involucrados: autoridades gubernamentales municipales y/o ministeriales; sector privado, comunidad, etc.

#### Discusión

La realización de un sistema de protocolización permite agrupar y ordenar la información más relevante para lograr los objetivos primordiales de un ERE. A su vez este sistema se torna ventajoso para la toma de decisiones ambientales. Proporciona una base para comparar y priorizar los riesgos, así como los medios sistemáticos para mejorar la comprensión de los riesgos. En todos los casos, coincidente con Suter (16), el vínculo lógico entre las fuentes de contaminación y los efectos es la exposición al contaminante. La evaluación retrospectiva de los riesgos y amenazas por contaminación existente debe ser establecida mediante mediciones reales de concentraciones y efectos en el campo, contemplando los procesos de bioacumulación y biomagnificación, mediante la utilización de biomarcadores.

En el embalse El Nihuil todas las rutas de exposición de posibles contaminantes concluyen en el agua del embalse y potencialmente en los peces que en este habitan y que pueden ser utilizados también como recurso alimentario. Los tóxicos tienen efectos de dilución, metabolización, traslado en el agua y absorción en biota y sedimento. Los métodos analíticos para identificar tóxicos por espectrofotometría y cromatografía se limitan a detectar sólo la presencia del tóxico o sus metabolitos cuando superan ciertas cantidades, en el momento del muestreo y en la zona de muestreo. Estos métodos no captan derrames anteriores, o el recorrido que pueden haber seguido los tóxicos en un medio dinámico como el agua. Además, para la detección por métodos espectrofotométricos es necesario especificar el tóxico que se quiere detectar. Estos estudios tienen un elevado costo económico.

El plan de biomonitoreo que se propone utilizando como especie centinela a *P. trucha* se fundamenta en que es la especie íctica nativa más abundante del sitio, integra una amplia cadena trófica (fitoplancton - zooplancton - moluscos gasterópodos - macrófitas) por lo que puede presentar efectos por bioacumulación y biomagnificación de contaminantes (33), además de ser un animal de consumo humano. Van der Hoost (22), propone un modelo explicativo de cómo los químicos pueden acumularse en los organismos acuáticos mediante la captación directa del agua por branquias y piel (bioconcentración), mediante la absorción de las partículas en suspensión (ingestión) y por el consumo de otros organismos contaminados (biomagnificación). La presencia o acción de estos tóxicos pueden evidenciarse mediante el estudio de biomarcadores de exposición o efecto en los peces como plantea este trabajo. La importancia de la metodología propuesta radica en plantear y estandarizar la forma de llevarlo a cabo y cuáles estudios

son los más eficaces para la determinación de estos biomarcadores, que sirven para obtener los datos de referencia en esta especie, en el lugar y tiempo de realización con posibilidad de estudios comparativos en otros sitios o en otro tiempo. Como exponen Peakell y Walker (34), la importancia de tener claramente establecidos los datos que se van a utilizar para satisfacer objetivos específicos de los programas de monitoreo ambiental. La detección temprana de la presencia de contaminantes mediante el uso de biomarcadores se puede analizar retrospectivamente y/o prospectivamente, tanto las modificaciones como el impacto de los contaminantes sobre el ambiente acuático. Muchos autores y organismos referenciales de control recomiendan el uso de varios biomarcadores para integrar los programas de monitoreo ambiental de una forma más completa (2, 9, 11, 35, 36, 37).

Para definir el biomarcador que debe ser analizado entre la población expuesta en un sitio peligroso, se debe anticipar que por lo general estos sitios se encuentran contaminados por una mezcla de sustancias químicas. Esto es, ante la imposibilidad técnica y económica de evaluar la exposición para todas las sustancias presentes en un sitio, se debe generar un sistema que permita la categorización de las sustancias contaminantes, de forma que se evalúe la exposición sólo para aquéllas que representen mayor riesgo. Coincidente con lo expuesto por Handy et al. (38), la identificación de biomarcadores de exposición da la pauta sobre la biodisponibilidad de las sustancias en el ambiente. El uso de biomarcadores de exposición encarece la metodología, pero los resultados y las conclusiones que pueden obtenerse con su empleo justifican plenamente el costo, al determinar no solamente cuál es el tóxico en proceso de bioacumulación en los peces y sino también la posibilidad de relacionarlos directamente con la presencia de biomarcadores de efecto en los mismos.

El uso de biomarcadores histopatológicos en peces para advertir sobre la polución en ecosistemas es reconocido para metales pesados (39), hidrocarburos (40) y plaguicidas (41). Muestran el efecto de cambios bioquímicos, moleculares y celulares en el organismo como resultado de la exposición a contaminantes y son indicadores en el presente de efectos biológicos que se manifiestan en el futuro. Pueden utilizarse en programas de evaluación de riesgo y biomonitoreo como herramientas eficientes y de bajo costo y son suficientes para tomar decisiones en programas de conservación (42). Los biomarcadores de genotoxicidad que incluyen la detección de micronúcleos y alteraciones nucleares es una de las técnicas más confiables para determinar cambios genéticos en los organismos y con resultados sensibles para el monitoreo de contaminación acuática (43).

Para poder realizar la caracterización del riesgo es necesario analizar de la siguiente manera los resultados: dado que se identificó como ruta de exposición el agua que llena el embalse, los controles deben centrarse en la misma para reducir el riesgo. Al identificarse un riesgo para la población humana, ya sea por contacto directo con el agua del embalse o por consumo de peces expuestos (truchas, pejerrey, percas), debe indagarse más si hay poblaciones de mayor riesgo, qué factores aumentan la exposición de la población a los contaminantes, qué estudios serían adecuados en personas, etc. Al existir un riesgo ecológico, es necesario identificar si los contaminantes están en el agua, si afectan a la biota, si están biodisponibles, si hay evidencias de ecotoxicidad, si los análisis de laboratorio son confiables, si se identifica algún componente de la biota que estuviere particularmente en mayor riesgo, si hay otros agentes estresantes en el sitio, etc.

Será necesario considerar la severidad del efecto tomando en cuenta la concentración de contaminantes, la frecuencia de la exposición y la ecotoxicidad. Se podrían comparar los datos de bioensayos con los obtenidos en especies nativas, la duración de la exposición versus la duración de los efectos (atención a la inducción de resistencia, recuperación y adaptación al medio contaminado) y la dimensión de los efectos que hayan sido identificados. Finalmente, comentar sobre la reversibilidad del daño ecológico y/o sobre su potencial agravamiento en caso de no introducir acciones correctivas.

### Conclusión

El protocolo para la Evaluación de Riesgo Ecológico o Ambiental establecido en el siguiente trabajo y aplicado en el Embalse El Nihuil, Mendoza, permitió obtener una visión integrada de la totalidad de las variables que pueden influenciar en la calidad ambiental del ecosistema. Se identificaron las posibles fuentes reales de contaminación y las rutas de exposición que usan como medio de dispersión el agua. Se identificó como población receptora la biota del embalse y los pobladores humanos residentes permanentes o temporarios por inmersión recreativa o consumo de peces del embalse.

Se seleccionó el biomonitoreo con *Percichthys trucha*, como el método de análisis que permite evidenciar la presencia actual o pasada de un tóxico, dada la capacidad que tienen los peces para la bioacumulación y biomagnificación de xenobióticos, además que al ser organismos móviles en el medio acuático, las probabilidades de contactar al tóxico son altas. Los estudios desarrollados para la identificación de biomarcadores de contaminación en *P. trucha* tienen el potencial de evidenciar toxicidad acuática.

Se propone específicamente la caracterización de biomarcadores genotóxicos e histopatológicos como métodos económicos, sensibles y eficaces para el análisis de la contaminación en este sitio en particular.

El protocolo diseñado puede aplicarse en otros sistemas acuáticos de características similares para mejorar la calidad y la eficiencia del proceso de evaluación, favorecer el intercambio de información entre salud humana y estudios ecotoxicológicos y proveer de mejores argumentos para el proceso de toma de decisiones ambientales.

### Agradecimientos

Se agradece la colaboración de la Dirección de Recursos Naturales Renovables, Gobierno de Mendoza y de la empresa Hidroeléctrica Los Nihules HINISA-HIDISA, por la facilitación de información y recursos. A Roberto Mera y Sierra por la colaboración en la traducción y lectura crítica. Este estudio fue financiado por Ciencia y Técnica, Universidad Juan Agustín Maza y por la Dirección de Ciencia y Técnica del Ministerio de Salud, Gobierno de Mendoza.

### Referencias

1. Stegeman, J.J.; Hahn, M.E. Biochemistry and molecular biology of monooxygenase: current perspective on forms, functions, and regulation of cytochrome P450 in aquatic species. En: Malins DC, Ostrander GK. (Eds.). *Aquatic toxicology; Molecular, Biochemical and Cellular Perspectives*. Boca Raton: Lewis Publishers, CRC press, 1994. p. 87-206. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK223004/>
2. EPA. *Guidelines for ecological risk assessment*. Risk assessment forum U. S. Environmental Protection Agency. EPA/630/ R-95/002F. Washington DC. 1998. [https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-11/documents/eco\\_risk\\_assessment1998.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-11/documents/eco_risk_assessment1998.pdf)
3. Depledge, M.H.; Fossi M.C. *The role of biomarkers in environmental assessment* (2). *Ecotoxicology*. 1994. 3 (3): 161-72.
4. Organización Panamericana de la Salud. *Orientaciones estratégicas y prioridades pro gramáticas*, 1991-1994. Washington, DC: OPS. 1991.
5. Calabrese, E.J. *Multiple Chemical Interactions*. Chelsea, MI. Lewis Publishers. 1991.
6. Bucheli, TD.; Fent, K. Induction of cytochrome P450 as a biomarker for environmental contamination in aquatic ecosystems. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 1995. 25 (3): 201- 268. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10643389509388479>.
7. NRC: **Committee on Biological Markers of the National Research Council**, 1987. Biological markers in environmental health research. *Environ. Health Perspect.* 1987. 74, 3-9. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1474499/>
8. McCarthy, J. F.; Shugart, L.R. *Biomarkers of Environmental Contamination*. United States: Chelsea, MI (US); Lewis Publishers, 1990.
9. EPA. *Screening Level Ecological Risk Assessment Protocol Appendix E: Toxicity Reference Values U.S. EPA Region 6*. Multi-media Planning and Permitting Division Center for Combustion Science and Engineering. U.S. EPA. Office of Solid Waste. 1999.
10. Suter, G.W. *Ecological Risk Assessment*. Boca Raton, FL. Lewis Publishers. 1993
11. WHO **International Programme on Chemical Safety (IPCS)**. Biomarkers and risk assessment: concepts and principles. *Environmental Health Criteria* 155, World Health Organization, Geneva. 1993.
12. Adams, S.M.; Brown, A.; Goede R. A quantitative health assessment index for rapid evaluation of fish condition in the field. *T Am Fish Soc.* 1993. 122:63-73. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.592.3683&rep=rep1&type=pdf>
13. Díaz Barriga F. *Metodología de identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados*. Lima. OPS/CEPIS/PUB. 1999. <http://www.bvsde.ops-oms.org/tutorial/fulltex/metodolo.pdf>
14. ATSDR. *Public health assessment guidance manual*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services. Atlanta Georgia. Boca Raton, Florida Lewis Publishers. 2005. [https://www.atsdr.cdc.gov/hac/phamanual/pdfs/phagm\\_final1-27-05.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/hac/phamanual/pdfs/phagm_final1-27-05.pdf)
15. ATSDR. *Environmental data needed for public health assessments. A guidance manual*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services. Atlanta Georgia. Lewis Publishers. 1994.
16. Suter G. *Ecological risk assessment*. Second Edition. London. Lewis Publishers. 1995.
17. Páez Osuna, F.; Osuna Martínez C. Biomonitores de la contaminación costera con referencia a las costas mexicanas: una revisión sobre los organismos utilizados. *Hidrobiológica*. 2011. Vol.21 no.3. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-88972011000300002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972011000300002)
18. Zhou, Q.J.; Zhang, J.; Fu, J.; Jiang, G. *Biomonitoring: an appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem*. *Anal Chim Acta.* 2008. 135-150.
19. Marsili, L.; Fossi, M.C.; Casini, S.; Savelli, C.; Jimenez, B.; Junin. Fingerprint of polycyclic aromatic hydrocarbons in two populations of southern sea lions (*Otaria flavescens*). *Chemosphere*. 1997. 34(4):759-70.

20. Feist, T.; Lang, G.D. Biological effects of contaminants: Use of liver pathology of the European flatfish dab (*Limanda limanda* L.) and flounder (*Platichthys flesus* L.) for monitoring". In: *ICES Techniques in Marine Environmental Sciences*. 2004. n° 38. [http://ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Techniques%20in%20Marine%20Environmental%20Sciences%20\(TIMES\)/times38/TIMES38.pdf](http://ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Techniques%20in%20Marine%20Environmental%20Sciences%20(TIMES)/times38/TIMES38.pdf)
21. Close, B.; Banister, K.; Baumans, V.; Bernoth, E.M.; Bromage, N.; Bunyan, J. Recommendations for euthanasia of experimental animals: Part 1. DGXI of the European Commission. *Lab Anim*. 1996. 30 (4): 293-316.
22. Van der Oost, R.; Beyer, J.; Vermeulen, N.P. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2003. 13, 57-149. [http://www.dbbe.fcen.uba.ar/contenido/objetos/vanderOostetal2003Fishbioaccumulationandbiomarkersreview\\_1465491986892607.pdf](http://www.dbbe.fcen.uba.ar/contenido/objetos/vanderOostetal2003Fishbioaccumulationandbiomarkersreview_1465491986892607.pdf)
23. Sendra E, Colautti D. Procedimiento metodológico para el estudio del crecimiento del Pejerrey (*Odontesthes bonariensis bonariensis*) de la laguna de San Miguel del Monte, prov. Buenos Aires, Argentina. *Natura Neotropicalis*, 1997 28 (2): 105- 115.
24. Ruzzante, D.; Walde, S.; Cussac, V. Phylogeography of the Percichthyidae (Pisces) in Patagonia: roles of orogeny, glaciation, and volcanism. *Mol Ecol*. 2006. 15, 2949-2968. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16911213>
25. Paterson, I.; Walde, S.; Cussac, V. Isolation and characterization of 13 microsatellite loci for *Percichthys trucha* (Percichthyidae). *Mol Ecol Resour*. 2008. 8, 907-909. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21585926>
26. Crichigno, S.; Battini, M.; Cussac, V. Diet induces phenotypic plasticity of *Percichthys trucha* (Valenciennes, 1833) (Perciformes, Percichthyidae) in Patagonia. *Zool Anz*. 2014. 253, 192 - 02. [https://www.researchgate.net/publication/260215828\\_Diet\\_induces\\_phenotypic\\_plasticity\\_of\\_Percichthys\\_trucha\\_Valenciennes\\_1833\\_Perciformes\\_Percichthyidae\\_in\\_Patagonia](https://www.researchgate.net/publication/260215828_Diet_induces_phenotypic_plasticity_of_Percichthys_trucha_Valenciennes_1833_Perciformes_Percichthyidae_in_Patagonia)
27. Giménez, A. Mortandad de peces en el Dique El Nihuil en el Sur de Mendoza [Internet]. Cuyonoticias. 16 de febrero 2005. Disponible en: <http://argentina.indymedia.org/news/2005/02/265336.php>
28. Sosa, E. *OIKOS informe Ambiental: El Estado del Ambiente en la Provincia de Mendoza*. Observatorio regional de conflictos ambientales. Mendoza. 2005.
29. Giménez, A. A la muerte de los peces en el dique El Nihuil, se le suma el mismo efecto en Valle Grande, San Rafael, Mendoza [Internet]. Cuyonoticias. 17 de febrero 2005. Disponible en: <http://argentina.indymedia.org/news/2005/02/265577.php?theme=2>
30. Larregle, D. Peces muertos y reclamos varios en El Nihuil [Internet]. Diario Los Andes. 25 de marzo 2009. Disponible en: <http://www.losandes.com.ar/noticia/departamentales-415165>
31. Rodríguez, E. El Nihuil, un lugar abandonado a su suerte [Internet]. Diario Los Andes. 5 de mayo 2009. Disponible en: <http://www.losandes.com.ar/article/escribelector-422496>
32. Quinteros, M. La limpieza de las turbinas de El Nihuil provocó una grave mortandad de peces [Internet]. Diario MDZ. 5 de septiembre 2012. Disponible en: <http://www.mdzol.com/nota/415959-la-limpieza-de-las-turbinas-de-el-nihuil-provoco-una-grave-mortandad-de-peces/>
33. Espina, S.; Vanegas, C. Ecotoxicología y Contaminación. En: A. V. Botello, Rendón von Osten Agraz- Hernández (eds.) *Contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias*. Segunda edición. Golfo de México. Univ Autónoma de Campeche, Universidad Nacional de México. Instituto Nacional de Ecología 696. 1995. P 70- 120.
34. Peakall, D.W.; Walker, C.H. The role of biomarkers in environmental assessment. *Ecotoxicology*. 1994. 3, 173 - 179.
35. ICES. Review of the status of biological effects techniques relative to their potential application programs. *ICES Cooperative Research Report*. 1997. No 222, 12-20. [http://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Cooperative%20Research%20Report%20\(CRR\)/crr263/CRR263.pdf](http://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Cooperative%20Research%20Report%20(CRR)/crr263/CRR263.pdf)
36. Au, D.W.T. The application of histo.-cytopathological biomarkers in marine pollution monitoring: a review. *Mar Pollut Bull*. 2004 48, 817-834. <https://pdfs.semanticscholar.org/1f33/a1c8800278d63bf23b1a7133d2b3e1683bfc.pdf>
37. Toro Restrepo, B. Uso de los biomarcadores en la evaluación de la contaminación. *Luna Azul*. 2011.No. 32 pag. <http://www.redalyc.org/pdf/3217/321727234011.pdf>
38. Handy, R.; Galloway, T.; Depledge, M. A Proposal for the Use of Biomarkers for the Assessment of Chronic Pollution and in Regulatory Toxicology. *Ecotoxicology*. 2003. 12:1-4, 331-343. file:///C:/Users/Maria/Downloads/Handy%20et%20al%202003.pdf
39. Abdallah, A.T. On the efficiency of some histological techniques as biomarker for heavy metal pollution. *Science, Technology and Education of Microscopy: An Overview*. 2000. 287-296.
40. Oliva, M.; Vicente Martorell, J. Histopathological alterations in Senegal sole, *Solea Senegalensis*, from a polluted Huelva estuary (SW, Spain). *Fish Physiol Biochem*. 2013. 39: 523-545.
41. Dos Santos, A.P.; Rocha, T.; Borges, C.; Bailão, A. A glyphosate-based herbicide induces histomorphological and protein expression changes in the liver of the female guppy *Poecilia reticulata*. *Chemosphere*. 2017. 168: 933-943.
42. Freire, M., Gómez Santos, V. Biomarcadores na avaliação da saúde ambiental dos ecossistemas acuáticos. *Oecol bras*. 2008. 12 (3) 347-354.
43. Arslan, C; Parlak, H; Katalay, S. Detecting micronuclei frequency in some aquatic organisms for monitoring pollution of Izmir Bay (Western Turkey). *Environ Monit Assess*. 2010. 165: 55-66. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-009-0926-5>

## Artículos

**Repensar la publicidad Argentina del Siglo XX desde una perspectiva socio-histórica. La década del 1900***Rethinking Argentina advertising twentieth century from a socio-historical perspective. The decade of 1900*

Tomba, F. C.; Muñoz, M. C.; Allisiardi, A. A.

Facultad de Periodismo, Universidad  
Juan Agustín Maza, Mendoza, Argentina

Contacto: carolinatomba@gmail.com

**Palabras claves:** publicidad, historia, sociedad, evolución,  
medios de comunicación masiva

**Keywords:** advertising, history, society, evolution, mass media

**Resumen**

Esta investigación propone un análisis socio-histórico y publicitario que nos permita comprender en profundidad la influencia de los diferentes contextos sociales en la publicidad gráfica argentina a lo largo de la década de 1900 a 1909. Es una mirada introspectiva desde la publicidad, tratando de desentrañar la esencia de los mensajes publicitarios y contextualizarlos como resultado de la interacción entre lo social, lo económico, lo político, lo cultural y lo ideológico. Desde una metodología descriptiva se trabajó en la reconstrucción de los contextos históricos sociales y su reflejo en las campañas publicitarias de la época reflexionando también acerca de la construcción comunicacional y creativa.

**Abstract**

This research proposes a socio-historical and advertising analysis that allows us to fully understand the influence of different social contexts in display advertising Argentina throughout the decade of 1900 to 1909. It is an introspective look from advertising and publicity, trying to unravel the essence of advertising messages and contextualize them as a result of the interaction between social, economic, political, cultural and ideological. From an exploratory-descriptive methodology, worked on the reconstruction of social and historical contexts reflected in the advertising campaigns of the time also reflecting on the communicational and creative construction on a sample of one hundred commercials, one per year.

**Introducción**

Este trabajo tiene como finalidad observar y analizar cómo, en las diferentes piezas y campañas pu-

blicitarias, se refleja la realidad económica, política y social del país. Sucede que al revisar la historia de la publicidad se pueden adoptar dos perspectivas: la primera, responde a una visión formal y clásica, en la cual predominan los aspectos técnicos y el análisis de variables rígidas. La segunda propone entender la evolución publicitaria como resultado de la interacción entre lo social, lo económico, lo político, lo cultural y lo ideológico. Es por lo antes expuesto que pretendemos demostrar que la publicidad es una expresión social que influye en la construcción de la realidad y donde se refleja, de forma concentrada, la cosmovisión de una sociedad en un tiempo y espacio determinado.

**Metodología**

La metodología utilizada es de carácter descriptivo ya que se trabajó en la reconstrucción de los contextos histórico-sociales y su reflejo en las campañas publicitarias de la época. Se seleccionó una gráfica de cada año del Siglo XX y fue sometida a un análisis detallado desde la construcción comunicacional y creativa para encontrar su correlación con el contexto histórico social. La muestra total de la investigación es de 100 piezas publicitarias, para esta publicación se realizó un corte temporal en la primer década, 10 publicidades entre el 1900 y 1910. La selección de las mismas se basó en la disponibilidad de las gráficas y el acceso a las fuentes. También se generó una matriz de análisis que permite integrar todas las variables:

- **Análisis contexto:** variables económicas, de consumo, sociales y culturales.
- **Elementos formales y análisis de contenido:** composición gráfica y estética de la pieza (diseño, técnicas, colores, tipografía, recursos, etc.) y el mensaje en su esfera lingüística.