



REVIEWARTICLE /ARTÍCULO DE REVISIÓN

SOCIAL PROBLEMS OF SCIENCE AND ITS ENVIRONMENTAL COGNITIVE INTERPRETATION TOWARD BIOMONITORS IN AQUATIC ECOTOXICOLOGY

PROBLEMAS SOCIALES DE LA CIENCIA Y SU INTERPRETACIÓN AMBIENTAL COGNOSCITIVA HACIA BIOMONITORES EN ECOTOXICOLÓGÍA ACUÁTICA

George Argota-Pérez¹ & José Iannacone^{2,3}

¹Laboratorio de Ecotoxicología. Grupo de Estudios Preclínicos. Centro de Toxicología y Biomedicina (TOXIMED). Universidad de Ciencias Médicas. Santiago de Cuba, Cuba.

²Laboratorio de Ecofisiología Animal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV) – Laboratorio de Cordados. ³Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma (URP). Lima, Perú. E-mail: george.argota@gmail.com / joseiannacone@gmail.com

The Biologist (Lima), 2014, 12(2), jul-dec: 349-361.

ABSTRACT

Since the appearance of man on the earth, different ways of resolving cognitive performance and dissimilar social problems have been incorporated according to the time. The development that the human species has reached is the product of transgenerational knowledge that undoubtedly has contradictions according to paradigms of existence, have represented different conceptual expressions for contemporary application of the very problems caused by the human species itself. One area of interest is the way that man has applied his knowledge in the environmental safety of surface water. The objective of the present work was to analyze several conceptions of social problems of science and their cognitive interpretation toward biomonitors in aquatic ecotoxicology. An analysis on the contemporary expression of cognitive paradigms, the tangible impact of contradictions of cognitive development, the methodological implications and potential values of learning and finally, the evolutionary interpretation from abiotic matrices to biomonitors in aquatic ecotoxicology. It was mentioned that the determinations of physico-chemical and microbiological parameters of water quality represent interpretations in time and space where they are limited, failing to report about possible effects and adverse impacts in certain populations, being then the use of representative organisms of the ecosystems, real tools for the environmental interpretation that generate the pollution. Finally, those organisms in their capacity as biomonitors are those that offer the best advantages for making predictive decisions in aquatic ecotoxicology.

Keywords: biomonitors, aquatic ecotoxicology, paradigms, scientific social disturbances, *Gambusia punctata*.

RESUMEN

Desde la aparición del hombre en la tierra, éste ha ido incorporando diferentes razones de interpretación cognoscitiva para resolver, disímiles problemas sociales de acuerdo al momento histórico. El desarrollo que la especie humana ha alcanzado, es producto del conocimiento transgeneracional que sin duda alguna, las contradicciones de acuerdo a paradigmas de existencia, han representado diferentes expresiones conceptuales para la aplicación contemporánea de los propios problemas ocasionados por la propia especie humana. Un área de interés, es la manera que el hombre ha ido aplicando su conocimiento en la evaluación ambientalmente segura, sobre los cuerpos de aguas superficiales. El objetivo del presente trabajo fue analizar diversas concepciones sobre problemas sociales de la ciencia y su interpretación cognoscitiva hacia biomonitores en ecotoxicología acuática. Se realizó un análisis sobre la expresión contemporánea de los paradigmas cognoscitivos, el impacto tangible de las contradicciones para el desarrollo cognoscitivo, las implicaciones metodológicas como valores potenciales del aprendizaje y finalmente, la interpretación evolutiva desde las matrices abióticas hacia biomonitores en ecotoxicología acuática. Se mencionó que las determinaciones de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de calidad de las aguas, representan interpretaciones en un momento y espacio determinado donde tienen como limitante, no poder informar sobre posibles efectos e impactos adversos en determinadas poblaciones, siendo entonces la utilización de organismos representativos de los ecosistemas, herramientas reales para las interpretaciones ambientales que generan las contaminaciones. Finalmente, aquellos organismos en su condición de biomonitores son los que ofrecen mayores ventajas para la toma de decisiones predictivas en ecotoxicología acuática.

Palabras clave: biomonitores, ecotoxicología acuática, *Gambusia punctata*, problemas sociales de la ciencia, paradigmas.

INTRODUCCIÓN

La ciencia y la tecnología han aportado invaluable resultados a la humanidad; sin embargo a más de veinte siglos de civilización del planeta, el ser humano afronta la inexcusable necesidad de rectificar estilos y formas de desarrollo económico que de continuar su desenfrenado ritmo, amenazan por agotar los recursos inapreciables del patrimonio universal; y lo que es peor, comprometer la existencia misma de las futuras generaciones de seres humanos (Clark 1998, Cazáres *et al.* 2006).

El pasado siglo XX, ha sido intensamente industrial y tecnológico donde ha sido una realidad en el ámbito social, el elevado costo del desarrollo que gravita sobre el capital

humano, la insuficiente valoración del impacto social en el proceso de desarrollo, la incipiente cultura ambiental en cuanto a gestión participativa, la insuficiente sensibilización humana sobre los problemas del ambiente y la escasa utilización de las elevadas potencialidades humanas para resarcir los efectos negativos sobre el ambiente. En relación al medio ambiente, los componentes más sensibles que alertaron sobre el deterioro se refieren, a los efectos nefastos de los actuales estilos de desarrollo, haciendo uso indiscriminado sobre diversos recursos como son las aguas, aire, suelos, diversidad biológica, condiciones culturales, así como la ética y estética de la propia naturaleza (Jiménez 1995).

Es importante reconocer que como actividad social, la ciencia es claramente producto de

una historia y de un proceso que ocurre en un tiempo y un espacio, donde están involucrados directamente actores humanos. Estos actores tienen vida no sólo dentro de la ciencia, sino en sociedades más amplias de las cuales son miembros. Sin embargo, en general la Filosofía de la Ciencia ha carecido de una comprensión social donde está en sí mismo centrada la verdad, el método científico empleado, la racionalidad entre otras consideraciones, todo lo cual la Filosofía ha prestado poca atención a las sociedades donde esos procesos realmente tienen lugar (Ibáñez 1988).

Los problemas ambientales entre otros, plantean a la ciencia y a la sociedad problemas nuevos. Ahora se admite que la ciencia y las políticas que en ella se asientan, se vinculan estrechamente con los valores que guían las decisiones (Cazáres *et al.* 2006). En muchos casos se carece de respuestas únicas y completas y en consecuencia, es preciso aprender a lidiar con la complejidad, incertidumbre y el riesgo. En materia ambiental con frecuencia no es posible explicar y predecir sobre la base de teorías probadas, pues frecuentemente sólo es posible tener modelos y/o simulaciones, generándose soluciones aproximadas (Funtowicz & Ravetz 1997).

Es por ello que incuestionablemente, los actuales patrones de desarrollo y consumo se perciben ante el conocimiento científico contemporáneo como absolutamente insostenibles en términos ecológicos y no pueden por tanto, servir de referencia futura a los que pretenden y pretenderán desarrollarse (Clark 1998, Cazáres *et al.* 2006).

El objetivo de la presente revisión fue analizar diversas concepciones sobre problemas sociales de la ciencia y su interpretación cognoscitiva hacia biomonitores en ecotoxicología acuática.

Expresión contemporánea de los paradigmas cognoscitivos

Sin duda alguna, los paradigmas han estimulado o contribuido a innumerables avances en todas las esferas de la sociedad, ya sea desde la astronomía, ciencias biológicas, la físico-química, ciencias de la tierra, entre otras (Saldivia 2007).

La revolución científico - técnica, llamada de igual manera Tercera Revolución Industrial, Revolución Tecnológica o Tecnológica, es reconocida a partir de la segunda mitad del siglo XX y su surgimiento se debe, según Hernández-Muñoz (2009), a varios factores entre los que se destacan, el grado de desarrollo alcanzado por la ciencia y la técnica, es decir, el nivel de madurez cognoscitivo existente (factor predisponente interno); y la II Guerra Mundial como acontecimiento de escala universal y catalizadora de los primeros grandes acontecimientos científico-técnicos entre ellos, el Proyecto Distrito Manhattan que culminó con la fabricación de la bomba atómica, la fabricación de la primera computadora, el proyecto del radar y otros considerados como factores externos.

Visualizándose lo expresado por González (2008), en la reinserción armónica de la responsabilidad social humana en tiempo y espacio correspondiente a su medio ambiente, entonces es que debe ser conocido la mega-interpretación que la ciencia contemporánea le ofrece al nuevo paradigma de la sustentabilidad, por cuanto se hace necesario la aspiración a un nuevo modelo de desarrollo.

Está resultando muy difícil comprender cómo los avances de la ciencia se multiplican cada vez más, pero sus resultados no son accesibles a la inmensa mayoría no solo de habitantes del planeta, sino de muchas sociedades que ven comprometidos sus recursos por altos hábitos de consumo e inadecuada forma de bienestar social como capacidad de crear nuevos conocimientos e ideas materializadas casi

siempre en productos y que representan el alimento palpable de lo que Castro (1992), planteó como históricamente la concepción del desarrollo para las sociedades, siendo una realidad muy ignorada para la mayoría de los países en vía de desarrollo, debido a que los avances tecnológicos de la ciencia, según Herrera (2004) y Piedra (2010), no son generalmente aceptados o practicados dado los conocimientos tradicionales que mantienen a sus generaciones arraigados como entendimientos de saberes (Cazáres *et al.* 2006).

Una de las características de la ciencia moderna que causa intranquilidad, es que la gestión está cada vez más motivada por los intereses económicos, por lo que se pierde la necesaria lógica de la ciencia para el bien de la humanidad, donde De Siqueira (2002), expresa que "El mundo se convierte en un enorme laboratorio a disposición de la tecnociencia, y la naturaleza humana y extrahumana es investigada y modificada sin respeto alguno por cualquier límite ético".

Es por ello que el carácter social de la ciencia debe ser orientado hacia la sostenibilidad social como prioridad. La práctica científica debe ayudar a lidiar con el término de la incertidumbre que caracteriza el riesgo, reconociendo que la capacidad de predicción y control de la ciencia, obliga a relacionarse convenientemente con la complejidad inherente tanto a la naturaleza como la sociedad (González 2008).

García *et al.* (2001) y Mavárez (2002), han expresado que en la visión clásica de la ciencia, es la búsqueda y descubrimiento de la verdad, donde solo puede avanzar y alcanzar su fin, si se mantiene libre de las interferencias de concepciones y prejuicios humanos, concentrándose de esta manera como proceso autónomo cultural con actividades valorativamente neutrales.

Según Lukomski & Mancipe (2008), la naturaleza de la ciencia está basada en cuatro paradigmas fundamentales tales como: positivismo, realismo, instrumentalismo y relativismo, siendo muy complejo su análisis, donde la sociologización de la teoría de la ciencia supone insistir no meramente en la existencia de una sociedad, sino además de una determinada clase de sociedad como puede valorarse según las teorías planteadas por Popper (1962) y Kuhn (1982).

De igual modo, Cardero (2011), expresó según su análisis de lo abordado por Lakatos (1983), sobre los programas de investigación donde se requiere reconocer que una comunidad científica consiste en si misma sobre quienes practican especialidades científicas, es decir, los investigadores no se desenvuelven en un vacío social sino en el seno de comunidades que son las productoras y validadoras del conocimiento.

El enfoque de la ciencia como actividad, presta especial atención a la institucionalización de la ciencia, siendo importante recordar que ello es una de las características que identifica la tercera etapa del conocimiento. Como se ha visto, la actividad científica supone el establecimiento de un sistema de relaciones informacionales y organizacionales entre otras, lo cual hace posible que el trabajo científico deba estar orientado a la producción, diseminación y aplicación de conocimientos. Garantizar ese sistema de relaciones es la tarea de las instituciones científicas (Duran 2010). La historia y el funcionamiento contemporáneo de las instituciones científicas transparentan claramente su condicionamiento social. Desde la creación en el siglo XVII de la Sociedad Royal de Londres y de la Academia de Ciencias de Paris, las cuales sirvieron como verdaderos modelos tanto a las instituciones actuales, sociedades académicas y organismos gubernamentales dedicados a realizar, organizar, promover y aplicar el trabajo científico, es que entonces la historia revela

una línea ascendente de compromiso de las estructuras políticas y económicas de la sociedad con la institucionalidad de la ciencia. En tal sentido, puede evaluarse por ejemplo como se institucionalizó la disciplina científica en Venezuela y México, respectivamente (Pulido & Aguilera 2004, Kleiche *et al.* 2013).

Impacto tangible de las contradicciones para el desarrollo cognoscitivo

Los investigadores de la cognición social examinan el flujo de información desde el medio ambiente hacia la persona. Una primera idea central de la perspectiva cognoscitiva, es que tiende espontáneamente a agrupar y a categorizar los objetos. Toda aproximación cognoscitiva, difiere de las aproximaciones del aprendizaje de dos maneras principales. Primero, las aproximaciones cognoscitivas se centran en las percepciones actuales más que en el aprendizaje pasado. Segundo, ellas enfatizan en la importancia de la percepción o interpretación que el individuo hace de una situación y no en la realidad objetiva de la situación como puede ser vista por un observador neutral (Durán & Lara 2013).

Debido a lo anterior, es que la ciencia avanza a través de la construcción de consensos comunitarios (Nuñez 2014). La realidad referente a la naturaleza proporciona de forma constante, disímiles respuestas a las preguntas que se formulan a través de experimentos y observaciones; sin embargo, son los investigadores los que interpretan, evalúan y adoptan conclusiones respecto a esa información para obtener impactos tangibles dependiendo de razones objetivas como disponibilidad de equipamientos, marcos teóricos utilizados, sagacidad interpretativa tanto de las personas como de colectivos que evalúan resultados, entre muchas otras razones. En la medida en que la ciencia se comporta como una entidad corporativa colectiva, la construcción de consensos a través del debate, la polémica y el escrutinio de opinión, es que según Pensado & Ortiz (2013),

puede comprenderse que la ciencia se convierte y representa entonces un asunto de vital importancia, ya que gran parte del capital intangible constituido por inversiones en capacitación, instrucción, actividades de investigación-desarrollo y coordinaciones son consagradas para la producción y transmisión del conocimiento.

La situación de los científicos, inventores y tecnólogos modernos en los países menos desarrollados ha estado cambiando, pues muchos de ellos pueden adquirir quizás la última edición de cualquier libro referido a diversas disciplinas, tener acceso a informaciones en internet y hasta facilitarse la asistencia a congresos científicos, pero aún persisten los problemas para acceder y generar el conocimiento científico y tecnológico. En tal sentido, no siempre es fácil ingresar a las redes internacionales de ciencia y participar incluso en proyectos de colaboración. El acceso a la información más valiosa considerando que ésta ha sido publicada, es cada vez más costoso. Unido a ello, en la práctica observable no todos los gobiernos están dispuestos a realizar esfuerzos necesarios para que la ciencia y la tecnología local se vuelvan capaces de sostener el crecimiento de estas economías y así; poder garantizar su contribución a la ciencia mundial (Forero & Jaramillo 2002).

Implicaciones metodológicas como valores potenciales del aprendizaje

Todo conocimiento es perfectible y no hay un método infalible, sea este de tipo inductivo o deductivo que garantice la certeza del conocimiento. El conocimiento científico tiene una permanente relación con el conocimiento ordinario. Entre ambos tipos de conocimiento existe una evidente relación dialéctica. Parte del conocimiento inicial de toda investigación presenta un conocimiento ordinario y precisamente, es el proceso de investigación quien tiene como misión verificar dicho conocimiento ordinario. Ello

lleva a la situación de que finalmente, el conocimiento ordinario no sea más que un conocimiento científico sistematizado, donde con el transcurso del tiempo se irá consolidando o fosilizando. Lo que diferencia un conocimiento científico del conocimiento ordinario mediante la creación de un método, no es el objeto de estudio que está determinado por la demarcación entre ciencia y otras actividades intelectuales, sino es la utilización en sí mismo sobre un determinado método. Las tendencias actuales indican que el aprendizaje de calidad se produce cuando las personas se involucran activamente en el proceso y siente el deseo de aprender valorándose no solo el aprendizaje en sí, sino además el tipo de experiencias que se adquiere, comprometiéndose finalmente con más tiempo hacia su trabajo académico y por ende, más esfuerzo y tiempo a invertir para contribuir a la obtención de resultados positivos (Romero 2002).

Para que se produzca aprendizaje debe materializarse según Aebli *et al.* (1995), una reestructuración de las teorías o sistemas de conceptos y debe llevarse a cabo una toma de conciencia de esta modificación, donde la toma de conciencia posibilita no solo resolver satisfactoriamente el problema, sino además de su comprensión.

Aguilar (2013), en su trabajo sobre enfoques epistemológicos de la investigación relacionado a desigualdades educativas en México, deja como concepción que la preocupación por el logro de una explicación científica a un determinado fenómeno social, está desde el punto de vista del positivismo-empirista, manteniendo controlado la razón metafísica o lo calificado como filosófico especulativo. Esta preocupación reside supuestamente en el énfasis de los hechos concretos, problemas puntuales, lo útil, así como lo casi tangible, es decir, lo que se traduce en el sostenimiento del empirismo, objetivismo, instrumentalismo y

metodologismo exacerbado por el estandarizado uso del método científico en la investigación social.

De lo que se puede interpretar del propio Aguilar (2013), es que la concepción objetivista, empirista-positivista y metodologista de las ciencias sociales, hace de las ciencias naturales el modelo a seguir, generándose un cierto universalismo de los cánones y las prácticas de un tipo de ciencia, que es en sí misma la natural. Es importante destacar, que es el objeto de estudio el que constituye el método y no es el método científico lo que constituye al estudio, tal como puede privilegiarse en algunas evidencias al uso del método científico en las investigaciones sociales. El método científico no puede ser siempre adecuado a todo y a cualquier clase de objeto de estudio, principalmente en lo que a investigación social se refiere. Por consiguiente, no se trata de construir objetos de estudio a partir de las normas y reglas del método científico, sino de constituir métodos de investigación a partir de las características de dichos objetos.

En el pasado siglo, lo científico radicaba en la posibilidad de consenso a partir de la fundamentación más racional disponible y no necesariamente en una objetividad sancionada como tal por recurrir al método científico, ya que como es conocido, la confiabilidad de un conocimiento obtenido mediante el uso del método científico no es en realidad fruto del método en cuestión, sino de la racionalidad que representa, pues un ejemplo de tal afirmación puede ser analizado en el trabajo realizado por Granados & Ahumada (2013), sobre la concepción de ciencia y método científico en estudiantes de psicología.

A consideración, debe tenerse en cuenta que un aspecto relevante con relación al método científico, es que significa el único método válido en la investigación científica, ya sea este aplicado tanto en ciencias naturales como las

sociales, donde lo relevante radica en la búsqueda de explicación científica a problemas existentes, desconociendo o subestimándose en múltiples ocasiones, la comprensión por considerarse no objetiva o extremadamente subjetiva. Este aspecto introduce el análisis tanto de la explicación científica como comprensión de la acción social, debiéndose quedar explícitamente planteado por ser lo fundamental, es que la diferencia entre la explicación y la comprensión radica en una base teórica y epistemológica que sustenta a cada una de ellas, inclusive a la filosofía social que les sirve de base (Prats 2014).

Algunos autores como Bunge (1983), consideran que precisamente por la posibilidad de aplicar el método científico al estudio de los fenómenos sociales, las ciencias sociales son verdaderas ciencias, aunque el estudio de lo real social es un proceso diverso y complejo, sujeto a constante evolución y cambio. Estas características hacen difícil la medición y el establecimiento de regularidades y generalizaciones en el proceso investigativo de dichas ciencias, donde se tiene como piedra angular el metodologismo, empirismo, defensa soterrada del positivismo involucrado, así como desconocimiento de la presencia del pluralismo metodológico en la investigación de lo real social.

La integración de metodologías remite a la posibilidad de combinar la metodología cualitativa y cuantitativa dentro de una misma investigación, de manera tal que sostiene la complementariedad entre métodos. Shaffer (2000), identifica tres estrategias de integración metodológica, las cuales no pueden ser ajenas en el proceso de aprendizaje y éstas son: complementación, combinación y triangulación.

Interpretación evolutiva desde las matrices abióticas hasta biomonitores en ecotoxicología acuática

Considerando las interpretaciones de los

acápites anteriores, puede observarse que históricamente la salud o calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos, ha estado referida a la determinación de los parámetros físico-químicos de calidad del agua (Ramírez *et al.* 2008). Sin embargo, las fluctuaciones de los parámetros físico-químicos pueden ser tan normales que cualquier tipo de contaminación natural puede traer en consecuencia, malas interpretaciones del comportamiento o salud ambiental de los ecosistemas (Lakshmanan *et al.* 2009, Sierra 2011).

En cuanto a la determinación de la calidad de agua de un determinado ecosistema, aún en la actualidad, siguen existiendo un sin-número de índices mediante una expresión matemática para calcular el ICA (Índice de Calidad de Agua) (Tyagi *et al.* 2013). Por ejemplo, “Water Quality Index” (WQI) o ICA, fue desarrollado en 1970 por la National Science Foundation de los Estados Unidos (NSF) para comparar la calidad de distintos ríos localizados en lugares distantes de USA, es uno de los índices más difundidos para el estudio de la calidad del agua. Para su creación se utilizó el método Delphi de la Corporación Rand. El nombre del método, basado en el oráculo de Delfos habla de una metodología de investigación multidisciplinar para la realización de pronósticos y predicciones. Así, un conjunto de 142 expertos analizó la pertinencia de 35 variables asociadas a la calidad del agua, calificando a cada una según consideraban que debía ser “incluida”, “no incluida” o estaban “indecisos”. Las variables seleccionadas debían ser calificadas de 1 a 5, siendo 1 el valor más importante (Brown *et al.* 1970, Ott 1978). En relación a los resultados del sondeo realizado, éstos se redistribuyeron entre los expertos, quienes debieron volver a elegir los parámetros, hasta que la lista quedó reducida a nueve de ellos con su propio peso específico sobre el valor total (Sólidos Disueltos Totales, Turbidez, Nitritos, Fosfatos, Temperatura, DBO₅, pH, Coliformes Totales y Oxígeno Disuelto). Tyagi *et al.* (2013) realizaron una

evaluación de cuatro índices de calidad de agua formulados por varias organizaciones internacionales calificando este recurso en cinco categorías que van de excelente a de muy mala calidad de agua [(1)NSF-WQI; (2) Consejo de Ministros Canadienses del Ambiente – CCME-WQI; (3) Oregon-WQI; y (4) Peso Aritmético-WQI]. De igual forma, en Colombia se ha propuesto el índice ICOCOSU (Índice de calidad del agua para corrientes superficiales), que incluye parámetros representativos de los aspectos físico-químicos, y biológicos (Sierra 2011).

Al analizar los parámetros físico-químicos exclusivamente y compararlos con determinada norma, quizás no pueda visualizarse los posibles efectos e impactos que generan las contaminaciones sobre las poblaciones biológicas y sus transferencias a hacia otras matrices ambientales incluyendo a la propia salud humana. Por ejemplo, en la

figura 1 se observa una realidad, al comparar un valor determinado ($0,4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), con relación al límite máximo permisible por cualquier norma ($0,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), donde la interrogante estriba en cómo poder justificar entonces que puedan observarse efectos e impactos en la biota de los ecosistemas, si el valor obtenido ($0,4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), es menor que el recomendado ($0,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$).

La observación en cuanto a la comparación de los valores (obtenidos y reportado), es que las limitaciones existentes en los programas de vigilancia ambientales sobre la base de muestreo y/o monitoreo, no posibilitan que determinadas normas de calidad sean rectificadas, haciendo reconocer que lo más importante no son los límites máximos permisibles sino los límites máximos deseados, pues los mismos garantizan ausencias de daños en la biota (Pesson 1979).

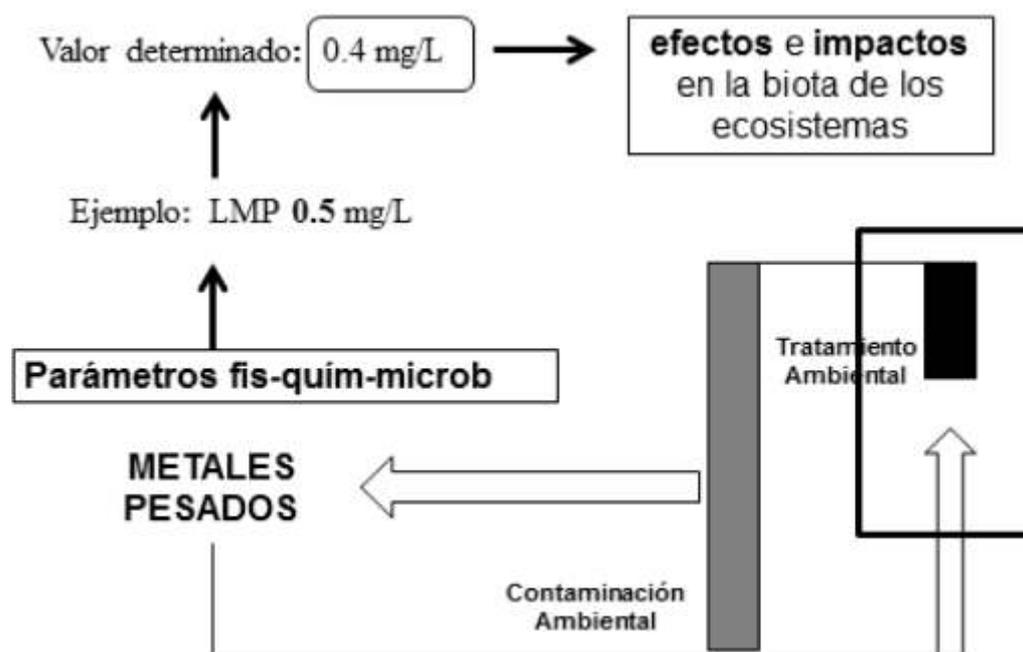


Figura 1. Efectos e impactos en la biota por exposición a metales pesados según la comparación entre un valor determinado y el límite máximo permisible. Fis = físico. Quim = químico. Microb = microbiológico.

Considerando lo anterior y reconociéndose que los parámetros físico-químicos y microbiológicos, presentan como principal desventaja no predecir cambios observados en los organismos, es que en los últimos años se ha intensificado la búsqueda de métodos de estudio para detectar los impactos sobre los ecosistemas acuáticos, con motivo de diseñar e implementar medidas preventivas. En tal sentido, han surgido los organismos bioindicadores, pero éstos pueden tener cierta limitación debido a que solo expresan ausencia o presencia según las fluctuaciones del parámetro o elemento de interés, pudiendo traer como consecuencias el utilizarlos en un programa de monitoreo o vigilancia ambiental histórica (Aguirre-Pabón *et al.* 2012, Cortéz-Useche & Mendoza-Aldana 2012). Ante tal situación, es que se están utilizando organismos biomonitores, los cuales son naturales o representativos de los ecosistemas, debiéndose ser seleccionados los mismos, atendiendo a una serie de criterios como fue realizado con la especie *Gambusia punctata* (Poev, 1854) por Argota & Iannacone (2014).

Para ello, de igual importancia está siendo el uso y desarrollo de biomarcadores, pues los mismos han cobrado un interés creciente para evaluar el riesgo en lo particular de una sustancia o mezcla química potencialmente tóxica, ya que los biomarcadores constituyen valiosos indicadores de presencia de sustancias exógenas o cambios biológicos ocurridos como respuestas a distintos xenobióticos (West *et al.* 2006, Zagatto & Bertoletti 2006, Borbón & González 2012).

En el campo de investigación referente a la ecotoxicología, los cambios biológicos expresados por los organismos, poblaciones o comunidades sirven como señales de la posible alteración que está sufriendo un ecosistema debido principalmente, a las actividades de origen antropogénico (Crane *et al.* 2009). Cada nivel de respuesta biológica, representa una señal integrada de los niveles de

contaminación en un área determinada y de esta forma, funciona como indicador del riesgo ecotoxicológico a que una población natural está siendo expuesta (Orrego *et al.* 2005, Öztürk *et al.* 2009).

A nivel del ecosistema acuático, los peces han sido muy utilizados en los protocolos de evaluación toxicológico, además de ser considerados especies centinelas, debido a que ellos se ubican en la cumbre de la cadena trófica y por tanto, pueden afectar la salud humana y aumentar su importancia para los estudios ambientales (Gutleb *et al.* 2002, Zhou *et al.* 2008, Nwani *et al.* 2010). Debido a lo planteado, es que ha sido relevante la utilización de la especie *G. punctata*, un pez de la familia Poeciliidae en varios estudios ecotoxicológicos (Argota *et al.* 2012a,b, 2013).

Puede indicarse que, teniéndose en cuenta la evolución cognoscitiva relacionada con la interpretación del estado de salud referido a los cuerpos superficiales para su control ambiental, constituyen en la actualidad aquellos organismos en su condición de biomonitores, los que ofrecen mayores ventajas predictivas para la toma de decisiones en ecotoxicología acuática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argota, G.; González Y.; Argota H.; Fimia R. & Iannacone J. 2012a. Desarrollo y bioacumulación de metales pesados en *Gambusia punctata* (Poeciliidae) ante los efectos de la contaminación acuática. REDVET Revista electrónica Veterinaria, 13: 5.
- Argota, G.; Argota, H.; Larramendi, D.; Mora, Y.; Fimia, R. & Iannacone, J. 2012b. Histología y química umbral de metales pesados en hígado, branquias y cerebro de *Gambusia punctata* (Poeciliidae) del

- río Filé de Santiago de Cuba. REDVET Revista electrónica Veterinaria, 13: 5.
- Argota, G.; Iannacone, J. & Fimia, R. 2013. Características de *Gambusia punctata* (Poeciliidae) para su selección como biomonitor en ecotoxicología acuática en Cuba. The Biologist (Lima), 11: 229-236.
- Argota-Pérez, G. & Iannacone, J. 2014. Similarity in the prediction of ecological risk between the software GECOTOX® and biomarkers in *Gambusia punctata* (Poeciliidae). The Biologist (Lima), 12: 85-98.
- Aebli, H.; Colussi, G. & Sanjurjo, L. 1995. *Fundamentos psicológicos de una didáctica operativa*. Ed. Homo Sapiens, Argentina.
- Aguilar, N.J. 2013. Enfoques epistemológicos de la investigación sobre desigualdades educativas en México 1971-2010. Revista Mexicana de Investigación Educativa, 18: 1077-1101.
- Aguirre-Pabón, J.; Rodríguez-Barrios, J. & Ospina-Torres, R. 2012. Deriva de macroinvertebrados acuáticos en dos sitios con diferente grado de perturbación, Río Gaira, Santa Marta – Colombia. Intropica, 7: 9-19.
- Borbón, J.F. & González, M.J.M. 2012. Exposición aguda a fentión en juveniles de cachama blanca (*Piaractus brachyomus*): efectos tóxicos, cambios en actividad colinesterasa y uso potencial en monitoreo ambiental. Revista Ciencias Salud, 10 (Especial): 43-51.
- Brown, R. M.; McClelland, N. I.; Deininger, R.A. & Tozer, R.G. 1970. A Water Quality Index- Do We Dare?. Water and Sewage Works, 117: 339-343.
- Bunge, M. 1983. *La investigación científica. Su estrategia y su filosofía*. Barcelona. Ed. Ariel.
- Cardero, Y.R. 2011. *Desarrollo sostenible a partir de los enfoques de los problemas sociales de la ciencia y la tecnología*. En: *Contribuciones a las Ciencias Sociales. Disponible en: www.eumed.net/rev/cccss/14/* leído el 12 de abril del 2014.
- Castro, R.F. 1992. *Informe presentado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo*. Ed. Granma, La Habana: p.12.
- Cázares, G. Y.M.; Morales, F.F.; Lozano, V.A.L. & Camacho, L.M.I. 2006. *Ética y valores 2. Un Acercamiento práctico*. Thomson. México. 354 p.
- Clark, I. 1998. *Ciencia, tecnología y sociedad: Desafíos éticos. En Tecnología y Sociedad*. Tomo II, Ed. Grupo de Estudios Sociales de la Tecnología (GEST), La Habana, Cuba. pp. 1-10.
- Cortez-Useche, C. & Mendoza-Aldana, J. 2012. Estructura de la comunidad macrobéntica en cuatro playas arenosas del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (Caribe Colombiano) sometidas a diferentes niveles de uso. Intropica, 7: 121-127.
- Crane, M.; Boxall, A.B.A. & Barrett, K. 2009. *Veterinary Medicines in the Environment*. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). CRC Press. Pensacola. Florida.
- De Siqueira, J.E. 2002. *El principio de responsabilidad de Hans Jonas. El hombre como objeto de la tecnociencia*. En: Acosta-Sariego, J.R. (Ed. científico). *Bioética para la sustentabilidad*. La Habana. Acuario. pp 87-123.
- Durán, M. & Lara, M. 2013. Teoría de la psicología social. Cuaderno hispanoamericano de Psicología, 1: 23-44.
- Durán, V.T. 2010. Importancia del proceso de aprendizaje y sus implicaciones en la educación del siglo XXI, Campeche, México. Revista Electrónica Pedagógica *O d i s e o* , En : <http://www.odiseo.com.mx/bitacora-educativa/importancia-proceso->

- aprendizaje-sus-implicaciones-educacion-siglo-xxi leído el 10 de marzo del 2014.
- Granados, E.E. & Ahumada, A.M.F. 2013. Concepción de ciencia y método científico en estudiantes de psicología. Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria, 7: 19-32.
- Forero, P.C. & Jaramillo, S.H. 2002. *El acceso de los investigadores de los países menos desarrollados a la ciencia y la tecnología internacional*. UNESCO, Revista Internacional de Ciencias Sociales- Resúmenes pp. 175-192. En: <http://www.unesco.org/issj/> leído el 12 de marzo del 2014.
- Funtowicz, S. & Ravetz, J. 1997. *Problemas ambientales, ciencia post-normal y comunidades de evaluadores extendidas*. En: *Ciencia, Tecnología y Sociedad. Lecturas Seleccionadas*. Ed. Ariel, Barcelona.
- García, E.; Gonzales, J.; López, J.; Lujan, J.; Gordillo, M.; Osorio, C. & Valdés, C. 2001. *Ciencia tecnología y sociedad: Una aproximación conceptual*. Primera Edición. Ed. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI). En: www.oei.es/ctsipanama/cp4elec.pdf leído el 8 de mayo del 2014.
- González, C. 2008. *Problemas sociales de la ciencia y tecnología frente al reto del desarrollo sustentable*. En: <http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/problemas-sociales-de-la-ciencia-y-la-tecnologia.htm> leído el 18 de marzo del 2014.
- Gutleb, A.C.; Helsberg, A. & Mitchell, C. 2002. Heavy metal concentration in fish from a pristine rainforest valley in Peru: A baseline study before the start of oil drilling activities. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 69: 523-529.
- Hernández-Muñoz, L.E. 2009. *Ética y bioética. Separata de Hernández Muñoz, L.E.*
- Herrera, D. 2004. *La intervención Bioética*. En: *ILé Anuario de ecología, cultura y sociedad* (4). La Habana, Editorial Félix Varela. pp 57-59.
- Ibáñez, J. 1988. *Lo cuantitativo vs. lo cualitativo*. En Reyes R. (ed.): *Terminología científico-social*. Barcelona: Anthropos.
- Jiménez, H.L. 1995. El desarrollo sostenible como proceso de cambio. UNED, Colección Monografías, Madrid, pp 77.
- Kleiche, D.M.; Zubieta, G.J. & Rodríguez, S.M.L. 2013. *La institucionalización de las disciplinas científicas en México (siglos XVIII, XIX y XX): estudios de caso y metodología. Prelis institucionalización*. En: ru.iis.sociales.unam.mx/dspace/bitstream/IIS/4399/1/La%20Institucionalizacion%20de%20las%20disciplinas%20cientificas%20en%20Mexico.pdf leído el 28 de marzo del 2014.
- Kuhn, T. 1982. *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de cultura económica, México.
- Lakatos, I. 1983. *La metodología de los programas de investigación científica*. Vol. 2. Editorial Alianza, Madrid.
- Lakshmanan, R.; Kesavan, K.; Vijayanand, P.; Rajaram, V. & Rajagopal, S. 2009. Heavy metals accumulation in five commercially important fishes of Parangipettai, Southeast coast of India. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 1: 63-65.
- Lukomski, A. & Mancipe, E. 2008. El paradigma emergente y su impacto en la investigación epistemológica de las ciencias sociales. *Revista de Investigaciones*, 10: 133-145.
- Mavárez, R.M.L. 2002. El problema de la objetividad en la investigación social. *Revista Educere*, 6: 141-144. Disponible en: www.redalyc.org/pdf/356/35601802.pdf leído el 28 de marzo del 2014.
- Nuñez, J.J. 2014. *La ciencia y la tecnología como procesos sociales. Lo que la*

- educación científica no debería olvidar.* Organización de Estados Americanos. Para la Educación, la Ciencia y la Cultura. En: <http://www.oei.es/salactsi/nunez05.htm> leído el 12 de abril del 2014.
- Nwani, C.D.; Nwachi, D.A.; Okogwu, O.I.; Ude, E.F. & Odoh, G.E. 2010. Heavy metals in fish species from lotic freshwater ecosystem at Afikpo, Nigeria. *Journal of Environmental Biology*, 31: 595-601.
- Orrego, R.; Moraga, C.G.; González, M.; Barra, R.; Valenzuela, A.; Burgos, A. & Gavilán, J.F. 2005. Reproductive, physiological, and biochemical responses in juvenile female Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to sediment from pulp and paper mill industrial discharge areas. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24: 1935-1943.
- Ott, W. 1978. *Environmental Indices, Theory and Practice*. Aa Science, Estados Unidos, Ann Arbor, Michigan.
- Öztürk, M.; Özözen, G.; Minareci, O. & Minareci, E. 2009. Determination of heavy metals in fish, water and sediments of Avsar Dam Lake in Turkey. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 6: 73-80.
- Pensado, F.M.E. & Ortiz, G.J.M. 2013. Algunos fundamentos educativos y administrativos para la propuesta de creación de la línea de generación y aplicación del conocimiento: Gestión Educativa en el Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores de las Ciencias Administrativas. *Ciencia Administrativa*, 2: 1-8.
- Pesson, P. 1979. *La contaminación de las aguas continentales. Incidencia sobre las biocenosis acuática*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 335 p.
- Piedra, H.D. 2010. La Ciencia y la Ética. *Revista Redbioética/UNESCO*, 1: 21-27.
- Popper, R.K. 1962. *La lógica de la investigación científica*. Editorial Tecnos, Madrid.
- Prats, J. 2014. *Las ciencias sociales en el contexto del conocimiento científico. La Investigación en Ciencias Sociales. Apuntes*. Universitat de Barcelona. Departament de Didàctica de les Ciències Socials. 21 p. En: <http://www.ub.edu/histodidactica/images/documentos/pdf/prats-%20que%20son%20las%20ccss.pdf> leído el 5 de mayo del 2014.
- Pulido, N. & Aguilera, O. 2004. *La institucionalización de la ciencia en Venezuela. El caso de la Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, XX*. *Journal Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 14: 387-408.
- Ramírez, M.A.P.; León, M.M.L. & Piñeiro, P.S. 2008. Metales pesados en trucha (*Micropterus salmoides floridanus*) de la presa Habanilla, Cuba. *Revista AquaTIC*, 29: 1-9.
- Romero, B.S. 2002. Aprendizaje emocional, conciencia y desarrollo de comportamiento social en la educación. Doc. 3 CIDE. En: <http://cdiserver.mbasil.edu.pe/mbapage/BoletinesElectronicos/Administracion/aprendizajecompetenciassociales.pdf> leído el 15 de marzo del 2014.
- Saldivia, M.Z. 2007. *Principales paradigmas que han marcado la evolución de las ciencias. Eleutheria*. En: http://www.eleutheria.ufm.edu/Articulo_sPDF/079818_principales_paradigmas.pdf leído el 3 de marzo del 2014.
- Shaffer, D.R. 2000. *Psicología del desarrollo, infancia y adolescencia*. México DF. Editorial Thomson. 639 p.
- Sierra, R.C.A. 2011. *Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico*. Universidad de Medellín. Ediciones de la U. Medellín. Colombia. 457 p.
- Tyagi, S.; Sharma, B.; Singh, P. & Dobhal, R. 2013. Water quality assessment in terms

- of water quality index. American Journal of Water Resources, 1: 34-38.
- West, D.W.; Ling, N.; Hicks, B.J.; Tremblay, L.A.; Kim, N.D. & Van den Heuvel, M.R. 2006. Accumulative impacts assessment along a large river, using brown bullhead catfish (*Ameiurus nebulosus*) populations. Environmental Toxicology and Chemistry, 25: 1868-1880.
- Zagatto, P.A. & Bertoletti, E. 2006. *Ecotoxicologia Aquática. Princípios e Aplicações*. RiMa Editora. Sao Carlos. 464 p.
- Zhou, Q.; Zhang, J.; Fu, J.; Shi, J. & Jiang, G. 2008. Biomonitoring: an appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem. Analytica Chimica Acta, 606:135-150.

Received August 27, 2014.
Accepted September 15, 2014.