

## **FÁRMACOS EN EL MEDIO AMBIENTE**

**Laura Flamini<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional, Ramón Franco 5050, Villa Domínico, Buenos Aires

<sup>2</sup> Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes, R. Sáenz Peña 352, Bernal, Buenos Aires

E-mail: [liflamini@gmail.com](mailto:liflamini@gmail.com)

### **Resumen**

Numerosas investigaciones dan cuenta de la presencia de fármacos en suelo, aguas superficiales y subterráneas incluidos los seres vivos que los habitan. En particular, todo fármaco que se encuentre en agua puede ser considerado como una preocupación ambiental debido a su actividad biológica y farmacológica. Al ser liberados en el ambiente acuático representan un riesgo potencial para el ecosistema y la salud pública: sus efectos sanitarios y ambientales aún no son lo suficientemente conocidos.

El presente trabajo tiene como objetivos, realizar una revisión del estado del arte vinculado a esta problemática así como también evaluar las posibilidades de su incorporación en el aula a partir de la vinculación con contenidos de química, tales como solubilidad, concentración, entre otros.

Su divulgación, que resulta acorde con los lineamientos de la alfabetización científica y tecnológica, puede favorecer la formación de los estudiantes para su participación como miembros activos de la sociedad en torno al cuidado y preservación del medio ambiente.

**Palabras clave:** Fármacos; Impacto ambiental; Implicancias didácticas.

### **Introducción**

Una de las problemáticas ambientales que empieza a generar preocupación es la causada por los efectos que los medicamentos consumidos y los restos de fármacos no utilizados puedan producir en el medio ambiente.

Si bien no se registran estudios de campo que provean de información acerca del estado de situación en nuestro país, se cuenta con numerosas investigaciones internacionales que demuestran la presencia de trazas de fármacos o sus metabolitos en suelos, aguas superficiales y subterráneas, incluidos en los seres vivos que los habitan, muchas de las cuales alertan sobre sus posibles riesgos sanitarios y ambientales.

Uno de los objetivos de este trabajo es realizar una revisión del estado del arte vinculado a esta problemática con el propósito de ser divulgada en el aula a partir su implementación de diferentes estrategias así como también reflexionar sobre el posible impacto que afectaría, en un futuro, la presencia de medicamentos en el agua de no establecer medidas preventivas para la disposición, manejo y control de los mismos. Por otra parte, se propone analizar las posibilidades de incorporación en actividades para el aprendizaje de la química en forma contextualizada.

### **Antecedentes y fundamento**

Una de las vías por las que pueden ingresar los medicamentos al medio ambiente es en estado sólido, tal como ocurre con los que son desechados por particulares en sus domicilios al finalizar un tratamiento o por caducidad de los mismos. De manera más reducida y limitada ingresan a la atmósfera (anestésicos empleados en los hospitales o medicamentos eliminados por vía pulmonar). Finalmente, lo hacen también disueltos en agua, cuando una vez suministrados son excretados en su misma forma activa o bien como metabolitos. Dentro de la problemática global, dada la incidencia que tienen en el medio ambiente y la vinculación con contenidos de química, resultan de interés analizar la presencia de fármacos en cursos de aguas.

Estudios realizados durante las últimas décadas en aguas superficiales y subterráneas reconocen la presencia de restos de fármacos correspondientes a distintos grupos terapéuticos (analgésicos, antidepresivos, antiepilépticos, antineoplásicos, antibióticos, entre otros) que se encuentran en niveles de concentración variables, oscilando entre ng/L y µg/L. [1]

Los fármacos presentan una serie de características que los hace diferentes a los contaminantes químicos industriales convencionales:

- Constituyen un grupo de compuestos formados por moléculas grandes y químicamente complejas, muy diferentes en peso molecular, estructura, funcionalidad, forma, etc.
- Son moléculas polares y tienen más de un grupo ionizable.
- La persistencia en el medio ambiente es mayor a 1 año, para algunos fármacos (eritromicina) y de varios años para otros (ácido clofíbrico).
- Ingresan al medioambiente a través de su excreción y metabolización por el hombre. El medicamento administrado puede ser excretado sin ningún cambio, en forma de conjugados de glucurónidos o sulfatos, como un metabolito principal, o como una mezcla de muchos metabolitos. Así por ejemplo, el bezafibrato es un antilipemiente que se excreta un 50% en forma de glucurónidos y un 20% en su forma original [2]

Debido a que los medicamentos son compuestos caracterizados por su actividad biológica y farmacológica al ser liberados en el ambiente acuático representan un potencial riesgo para el ecosistema y para la salud pública. Muchos de los medicamentos son resistentes a los tratamientos que actualmente se llevan a cabo en las plantas depuradoras de aguas residuales, por lo que llegan a los ríos y lagos de los que se surten las poblaciones [3]. Las instalaciones de tratamiento de aguas residuales convencionales, incluyendo los procesos de fangos activados, no consiguen eliminarlos en su totalidad de las aguas residuales.

En general, en el organismo son metabolizados por diversos mecanismos (oxidación, hidrólisis, etc.) para luego ser excretados en forma de derivados más polares y solubles en agua, que presentan una actividad farmacológica reducida respecto al compuesto original. Sin embargo, estudios realizados determinaron efectos sobre reproducción de peces, alteraciones en el comportamiento y fisiología de los insectos, inhibición o estimulación del crecimiento en plantas acuáticas y algas, y desarrollo de bacterias resistentes [2]

Para entender el comportamiento de un fármaco en el medioambiente, en principio, es necesario conocer las propiedades físico-químicas del mismo, así como las características del lugar donde se encuentra. Sin embargo, con la complejidad y cantidad de datos requeridos, no siempre se puede predecir exactamente lo que ocurrirá con un medicamento cuando ha entrado en el ambiente.

Por otra parte, el fármaco no permanece intacto por tiempo indefinido en el medio ambiente, ya que con el tiempo puede sufrir transformaciones, influenciado por los microorganismos, el pH, el clima, entre otros.

Pese a la complejidad del problema existe un conjunto de características físico-químicas cuantificables que permiten predecir el lugar donde pudiera encontrarse un medicamento en dependencia de su concentración, como la solubilidad, la presión de vapor, la constante de la ley de Henry, el coeficiente de partición octanol-agua, entre otras.

De acuerdo a los valores de la solubilidad, los compuestos tenderán a disolverse principalmente en agua. Los fármacos estudiados presentan bajo potencial para volatilizarse, siendo fácilmente transportados del lugar del vertimiento por una fuerte lluvia, riego o escurrimiento, hasta cuerpos de agua superficial y/o subterránea. Cuando el valor del coeficiente de partición octanol-agua es alto, el medicamento puede fijarse a la materia orgánica, sedimento o biota. Valores bajos dan noción de presencia del medicamento en los acuíferos y en aguas superficiales. [4]

Para detectarlos se requiere de la cromatografía de gases, acoplada a espectrometría de masas o la cromatografía líquida de alto rendimiento acoplada a masas. Es un requisito previo (para llegar a un límite prescrito de detección) el enriquecimiento y separación de los analitos de la matriz, para ello es necesaria la preparación adecuada de la muestra por medio de un pre-tratamiento crítico, que influye significativamente en los resultados.

## Aplicaciones didácticas

La necesidad de una alfabetización científica y tecnológica como parte esencial de la educación básica de todas las personas aparece reflejada en numerosos informes de política educativa. En este marco, se busca promover en los estudiantes, saberes y competencias para comprender y desenvolverse en el mundo actual favoreciendo su participación como ciudadanos críticos. Así, la implementación de estrategias didácticas que conecten temáticas científico-tecnológicas con las necesidades y problemas sociales y ambientales podrían promover enlaces con aspectos que tienen significado para los alumnos.

Si bien en nuestro país no ha alcanzado demasiada notoriedad la difusión de la problemática analizada, resulta relevante su evaluación y discusión en las aulas, así como también la del desecho domiciliario de fármacos.

Una revisión de los diferentes aspectos vinculados a la cuestión tratada permite identificar conceptos que son desarrollados en cursos de química de diferentes niveles educativos. De esta manera, contextualizar bajo la problemática propuesta permitiría abordar una variedad de conceptos, tales como: concentración de soluciones, solubilidad, presión de vapor, fuerzas intermoleculares, ley de Henry, coeficiente de partición, métodos de separación e identificación (cromatografía de gases o espectrometría de masas), así como también promover la adquisición de competencias transversales (búsqueda bibliográfica, elaboración de textos en diferentes géneros discursivos).

No es el objetivo del presente trabajo profundizar en la implementación de secuencias didácticas, si en cambio, hacer referencia al aprendizaje de contenidos de química en un contexto poco difundido y de interés medioambiental como una alternativa para contribuir a formar ciudadanos responsables.

## Conclusiones

Dado que la clave del aprendizaje significativo implica que el estudiante pueda considerar el objeto de aprendizaje como algo propio: estrategias educativas que conecten temáticas científico-tecnológicas con problemas sociales y ambientales tienden a promover el enlace con aspectos que tienen significado personal para los alumnos. Por otra parte, la incorporación de actividades de química contextualizadas en la problemática analizada ofrece la posibilidad de divulgación de la misma, favoreciendo la formación de los alumnos como miembros activos de la sociedad.

## Referencias Bibliográficas

- 1- E. Manzano Miguel, Tesis doctoral Universidad de Almería *“Eliminación de fármacos presentes en aguas residuales urbanas mediante procesos tipo fenton heterogéneos”*, 2010, Consultado en: <http://hdl.handle.net/10115/5568>
- 2- J. Cortacans, A. Lehmann, I. Castillo Gonzalez, E. Montes Carmona, A. Hernandez Muñoz, *“Presencia de fármacos en aguas residuales y eficacia de los procesos convencionales en su eliminación”* Actas del III Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente. Zaragoza 2006. Consultado en: <http://es.scribd.com/doc/142249402/IV-Boletin-2#scribd>
- 3- A. Colón Ortiz *“Determinación de la presencia de naproxeno, fluoxetina, atorvastatina, enalapril y acetaminofeno en el Rio Guayo, el Lago Guayo y el Lago Lucchetti en el sur de Puerto Rico”*. Revista del Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Interamericana de Puerto Rico, 2010,5. Consultado en: <http://cremc.ponce.inter.edu/360/revista360/ciencia/ciencia.htm>
- 4- C. Ramos Alvariño *“Medicamentos de consumo humano en el agua, propiedades físico-químicas”*. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 2009, 47(2). Consultado en: <http://scielo.sld.cu>