



**Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí**

**Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías**

**Carrera de Ingeniería Ambiental**

**Artículo Académico**

Previo a la Obtención del Título de Ingeniera Ambiental

**Tema:**

Evaluación del riesgo ambiental del fármaco sulfametoxazol utilizando las especies *Litopenaeus vannamei* y *Scenedesmus sp* como bioindicadores

**AUTORA:**

María Verónica Vera Bailón

**TUTORA:**

Macías Mayorga Dayanara María PhD.

**Manta, enero 2026**

|                                                                                   |                                                                                               |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|  | NOMBRE DEL DOCUMENTO:<br>CERTIFICADO DE TUTOR(A).                                             | CÓDIGO: PAT-04-F-004 |
|                                                                                   | PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO<br>BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR | REVISIÓN: 1          |
|                                                                                   |                                                                                               | Página 1 de 1        |

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante **María Verónica Vera Bailón**, legalmente matriculada en la carrera de Ingeniería ambiental, período académico 2025-1, cumpliendo el total de **384 horas**, cuyo tema del proyecto o núcleo problémico es **"Evaluación del riesgo ambiental del fármaco sulfametoxazol utilizando las especies *Litopenaeus vannamei* y *Scenedesmus sp* como bioindicadores"**

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 08 de agosto de 2025

Lo certifico,



**Dra. Dayanara Macías Mayorga PhD**  
**Docente Tutor(a)**  
**Área: Toxicología ambiental y Ecotoxicología**

**Nota 1:** Este documento debe ser realizado únicamente por el/la docente tutor/a y será receptado sin enmendaduras y con firma física original.

**Nota 2:** Este es un formato que se llenará por cada estudiante (de forma individual) y será otorgado cuando el informe de similitud sea favorable y además las fases de la Unidad de Integración Curricular estén aprobadas.

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La suscrita **María Verónica Vera Bailón** con cedula de identificación N°131685728-1, dejo constancia que, el presente Trabajo de Titulación Modalidad Artículo Académico, cuyo título es **“Evaluación del riesgo ambiental del fármaco sulfametoxazol utilizando las especies *Litopenaeus vannamei* y *Scenedesmus sp* como bioindicadores”** es original, y se ha transcrito contenido de obras científicas, para enriquecer esta investigación, el resultado del trabajo es emprendido por su autor.

Manta, enero del 2026



**María Verónica Vera Bailón**  
**C.I. 131685728-1**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo con amor a los pioneros de mis sueños, los promotores de este logro mis padres que con dedicación y amor han hecho posible este triunfo, esto es por ustedes Víctor Vera y Marina Bailón, los amo con todo mi corazón, son los mejores padres que Dios me pudo enviar, para mi familia van mis logros y triunfos por ser protagonistas a mi lado.

Aunque parece que a veces estuviéramos en guerra, hay momentos en que nuestros problemas cesan y nos unimos por nuestros objetivos.

Para mis hermanos Sunny y Víctor, dedico este esfuerzo que han estado presentes en cada paso de mi vida y que todo lo bueno que me sucede también es por ustedes, los amo infinitamente.

Dedico este trabajo a dos ángeles del cielo que sé que me acompañan en cada paso que doy tanto personal como profesionalmente, Stalyn Macías sé que donde sea que estás celebras este triunfo como propio y Rosco García que siempre fuiste un gran amigo.

Para mis padrinos el Sr. Ramón Cedeño y la Sra. Zoila Mendoza por siempre estar en cada momento sea bueno o malo apoyándome y brindándome su amor y comprensión.

Para todos mis amigos que me brindan cada espacio y amor en sus vidas, a los que están presentes y a los que partieron antes de tiempo.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios en primer lugar por enviarme a las personas correctas en los momentos indicados, por la vida de mis padres, mis bellos hermanos, la hermosa familia que tengo, los maravillosos amigos/as gracias por cada día llenar mi vida de bendiciones. El amor recibido y la dedicación de mis padres desde el inicio de mi vida académica; gracias a mi madre por la paciencia y los consejos, gracias al amor de mi vida; mi papá, por desear y anhelar siempre lo mejor para mí.

Gracias a mis hermanos Víctor y Sunny que a lo largo del camino siempre me han brindado su hombro para llorar y compañía, gracias al pilar de nuestra familia, mi abuela que gracias a Dios aún tengo la dicha de abrazar, gracias a mis tíos/as que siempre estuvieron presentes con su apoyo y amor incondicional que los caracteriza a los cuatro los amo muchas gracias; a mis primos/as gracias por estar en mi vida, por siempre tener palabras de aliento y llenarme de fuerzas.

A mi tutora, la Dra. Dayanara Macías Mayorga PhD, por su guía, paciencia y valiosos consejos a lo largo de este proceso. Sus conocimientos y experiencia han sido invaluable para la realización de este trabajo.

Muchas gracias al Subdecano George García Mera por su apoyo brindado en cada momento, gracias por su amistad, por sus consejos y ayudarme a crecer como estudiante y como persona, por siempre estar conmigo.

Le agradezco profundamente a mis amistades de la Universidad por mostrarme lo fuerte y dedicada que puedo ser, en especial a César Chavez, Angie Bailón, Deyalid España, José Chavez, Jhomer López, Joel Castillo, Cristhofer Pico, Kevin Flores, entre otros. A mis amistades de la Clínica Arboleda por el tiempo y esfuerzo compartido en cada jornada de

trabajo, en especial a Daryl Mera, Andrea Franco, Katherine Mendoza, Douglas Chancay, Javier Vera, entre otros, por compartir la vida y sonrisas. Simplemente gracias a todos.

# **Evaluación del riesgo ambiental del fármaco sulfametoxazol utilizando las especies *Litopenaeus vannamei* y *Scenedesmus sp* como bioindicadores**

María Verónica Vera Bailón; Macías-Mayorga Dayanara

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Facultad de Ciencias de la Vida y  
Tecnologías. Carrera de Ingeniería Ambiental

## **RESUMEN**

El objetivo de este estudio fue evaluar el riesgo ambiental del contaminante emergente sulfametoxazol utilizando las especies *Litopenaeus vannamei* y *Scenedesmus sp* como bioindicadores. Se utilizaron especímenes del camarón blanco *L. vannamei* en ensayos de exposición forzada (toxicidad aguda) para evaluar la potencial toxicidad del fármaco sulfametoxazol. Cinco concentraciones fueron testadas: 25, 50, 100, 200, 400, 800 mg/L de sulfametoxazol, más un control. El ensayo tuvo una duración de 96 horas, y la respuesta a observada fue la mortalidad de los organismos a las 24, 48, 72, y 96 horas del experimento. En el caso del ensayo de fitotoxicidad con la especie *Scenedesmus sp* tres concentraciones de exposición (50, 100 y 200 mg/L de sulfametoxazol) más un control fueron testadas. A las 24, 48, 72 y 96 horas de exposición se determinó la densidad celular. En base a los resultados obtenidos, no se observó mortalidad *L. vannamei* expuesto a sulfametoxazol, por lo que se estimó que la concentración letal media (CL<sub>50</sub>) sería mayor a 800 mg/L de sulfametoxazol para esta especie. Por el contrario, la densidad celular de *Scenedesmus sp* disminuyó de forma notable con respecto al control, en las concentraciones de 100 y 200 mg/L en todos los tiempos evaluados de 24 h a 96 h ( $p < 0,05$ ). Este efecto fue mucho más marcado en el tratamiento de 200 mg/L, que mostró una tendencia decreciente continua. En conclusión, el sulfametoxazol representa un riesgo ambiental para los organismos acuáticos, sin embargo, de los modelos biológicos utilizados para evaluar su potencial toxicidad, la microalga *Scenedesmus sp*. ha sido un indicador ecológico mucho más sensible y adecuado que el camarón *L. vannamei*, lo que la hace una especie más apta para monitorizar la contaminación por este fármaco.

**Palabras claves:** Sulfametoxazol, *Litopenaeus vannamei*, *Scenedesmus sp*, Concentración letal media

## 1. INTRODUCCIÓN

La presencia de contaminantes en el agua es un nuevo desafío global para el uso del recurso hídrico de calidad, derivando así amenazas potencialmente graves para la salud humana y afectando a los ecosistemas. El agua limpia y de buena calidad es especial para sostener las necesidades del bienestar humano, los medios de vida y el medio ambiente. Estos contaminantes de procedencia química sintética o natural se los conoce como contaminantes emergentes. Los contaminantes emergentes, son compuestos identificados como una amenaza potencial para el medio ambiente, productos que aún no evidencian su regulación por la legislación nacional o internacional, su nombre no es considerado por ser un contaminante nuevo en el ambiente, sino más bien por evidenciar una creciente preocupación en el mundo entero. (López, 2019)

Hay diversos tipos de contaminantes emergentes en el agua, que están clasificados como: pesticidas o plaguicidas, productos farmacéuticos (analgésicos, antihipertensivos, antibióticos), drogas ilícitas, hormonas esteroideas, compuestos “estilo de vida”, cuidado personal, surfactantes, etc. Los contaminantes emergentes de origen farmacéutico antibióticos forman parte de los antimicrobianos, que son antivíricos, antifúngicos y antiparasitarios (Mel, 2012).

El descubrimiento de los productos farmacéuticos ha sido considerado uno de los éxitos del siglo XX, por mejorar la higiene y revolucionar la medicina humana y veterinaria, sin embargo, el consumo mundial de fármacos antibacterianos se refleja de manera directa en el medio ambiente. La presencia de estos productos farmacéuticos plantea una grave problemática ambiental para los organismos vivos que habitan en el medio, causando efectos de manera inmediata como la toxicidad aguda hacia aquellos organismos sensibles, asimismo, la exposición prolongada de los antimicrobianos a los organismos vivos puede provocar concentraciones subinhibitorias las cuales están vinculadas a la presencia de toxicidad crónica (Felis *et al*, 2019)

El sulfametoxazol es un fármaco antibacteriano el cual se utiliza para el tratamiento sistémico de infecciones bacterianas en los seres humanos (Lannacone y Alvarino, 2020). Este fármaco tiene un efecto perjudicial sobre los peces, se ha demostrado que este contaminante se bioacumula en la red alimentaria, afectando diversas especies de ámbito



acuáticas y terrestres cada vez que estas se alimentan de organismos de la cadena alimentaria se biomagnifican (Water Resources Mission Area, 2019).

Según Thompson (2022) durante más de 20 años, los científicos han sabido que los medicamentos que tomamos, para enfermedades que van desde dolores de cabeza hasta diabetes, eventualmente llegan a nuestras vías fluviales, donde pueden dañar el ecosistema y potencialmente promover la resistencia a los antibióticos en animales y personas.

Fármacos de origen natural y sintéticos tienen el rol de inhibir la síntesis de las proteínas bacterianas, estos fármacos son agentes bacteriostáticos, los cuales desempeña una gran actividad ante diversos organismos, con usos limitados debido a su generación de resistencia inmunitaria (Pérez e Iglesia, 2023). El sulfametoxazol, es un antibiótico bacteriostático tipo sulfonamida, medicamento esencial para tratar infecciones bacterianas, en donde su actividad primaria es contra cepas susceptibles como la *Streptococcus*, *Staphylococcus Aureus*, *Escherichia Coli*, *Haemophilus Influenzae*, y anaerobios orales. Este tipo de fármacos es usado de manera frecuente para el tratamiento de infecciones urinarias. asimismo, es utilizado como medicamento basado en amoxicilina para tratamientos de sinusitis, y para tratar casos de toxoplasmosis. (Química Alkano, 2016)

Según La Agencia Medica Europea (EMA), el impacto de los antibióticos en el medio ambiente manifiesta un enfoque escalonado, provocando riesgos por su presencia, destino y efecto de toxicidad. El uso de los antibióticos como las sulfonamidas, se prohibió en el 2006 por ser fármaco promotor del crecimiento de las crías de animales, sin embargo, se han propuestos leyes y restricciones que han reducido el uso de este medicamento (Prasannamedha y Kumar, 2020)

El sulfametoxazol puede producir efectos tóxicos que representan una amenaza para la vida y salud humana a través de la cadena alimentaria, el sulfametoxazol según la Organización Mundial de la Salud es considerado un carcinógeno de tercera clase, por lo que sus efectos tóxicos y sus mecanismos requieren atención especializada. Antibióticos del grupo de las sulfonamidas son los principales contaminantes en los cuerpos de agua, como las aguas superficiales evidenciadas en el río Haihe (norte de China), detectado en el 2012. No obstante, sus efectos de toxicidad demostraron que el sulfametoxazol y otros fármacos manifiestan retrasos en el desarrollo, inmunodeficiencia, genotoxicidad y cambios histopatológicos en los peces, además, se informa que la toxicidad inmunológica induce anomalías histopatológicas y de comportamiento en peces adultos (Ifthikhar *et al.* 2023).

De acuerdo con Dongmei *et al.* (2022), estudios realizados anteriormente manifiestan que el sulfametoxazol tiene efectos tóxicos en la producción primaria de las algas verdes de agua dulce como *Selenastrum capricornutum*, y *Chlorella vulgaris*. También muestra toxicidad para el crustáceo *Daphnia magna*, el anfibio *Limnodynastes peronii* (rana rayada de los pantanos australiana) y *Danio rerio* (pez cebra).

La mayoría de los estudios enfocados en el sulfametoxazol se han centrado en su toxicidad aguda, y los efectos que se evidencian en los organismos a nivel individual y celular. Asimismo, estudios han demostrado que la citotoxicidad de los antibióticos para las algas se da principalmente en los orgánulos y sus biomacromoléculas, en donde se evidencia que bajo el estrés antibiótico estos organismos no pueden mantener su función normal, mostrando crecimiento anormal y un metabolismo alterado, daño de orgánulos, degeneración de macromoléculas biológicas, metabolismo energético desordenado e incluso la muerte (Dongmei *et al.* 2022)

La pandemia generada por el coronavirus causante del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2) también conocida como Covid 19, impactó en diversos ámbitos en el Ecuador, aspectos sociales, económicos y ambientales se vieron afectados tras la amenaza de este incidente, el COVID-19 conllevó a implementar el uso de antibióticos durante la pandemia, sin embargo, la presencia masiva de estos contaminantes tóxicos ha generado grandes problemáticas en el desarrollo metabólico de la vida de las especies existentes en los cuerpos de agua (Cipriani *et al* 2023) . Es por ello por lo que en el presente trabajo se evaluó el riesgo ambiental del fármaco sulfametoxazol utilizando las especies *Litopenaeus vannamei* (camarón blanco) y *Scenedesmus sp.* como bioindicadores.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1 Bioensayos de exposición con el camarón blanco *L. vannamei* para determinación de la CL50**

Especímenes de camarón blanco (*L. vannamei*) en estado PL 20 fueron utilizados en ensayos de exposición forzada para determinar la potencial toxicidad del fármaco sulfametoxazol. Los organismos se obtuvieron en granjas de acuicultura. Una vez en el laboratorio los camarones fueron aclimatados durante una semana en tanques de 32 L, fotoperiodo natural de 12 h / 12h (luz: oscuridad) y aireación constante.

Este ensayo de toxicidad aguda fue realizado en unidades experimentales de 500 ml. Seis concentraciones del fármaco fueron testadas: 25, 50, 100, 200, 400, 800 mg/L de sulfametoxazol, más un control. Cada concentración de exposición fue considerada un tratamiento de exposición. Los tratamientos y el control fueron testados por triplicado. Diez individuos de *L. vannamei* fueron colocados en cada unidad experimental y la respuesta observada fue la mortalidad de los organismos. El ensayo tuvo una duración de 96 horas y cada 24 horas se observó si había o no organismos muertos en cada unidad experimental, con el objetivo de determinar la concentración letal media (CL50).

## **2.2 Bioensayos con la especie *Scenedesmus sp***

Este ensayo fue realizado en matraces Erlenmeyer de 125 ml de capacidad. Tres concentraciones de exposición (50, 100, y 200 mg/L de sulfametoxazol) más un control fueron testadas por triplicado. A cada matraz se le añadió la concentración del fármaco de manera que quedará disuelto en 100 ml, incluida la cantidad en volumen de cultivo de microalgas. A las 24, 48, 72 y 96 horas de exposición se realizó el conteo de microalgas mediante una cámara Neubauer y se determinó la densidad celular.

Para el conteo celular se utilizó una cámara de Neubauer de 0,1 mm de profundidad, la cual consta de nueve cuadrados con lados de 1 mm (área total de recuento = 9 mm<sup>2</sup>). Cada uno de los cuales corresponde a un volumen de 0,1 µl. Para la observación de las microalgas se utilizó el microscopio óptico binocular (LABOMED, modelo Lx500). El conteo fue realizado en los cuadrantes 1, 3, 7, 9 (Fig.1)

La fórmula para la determinación de la densidad celular es la siguiente:

$$DC = N \times 10^4 \times (F.d)$$

Dónde:

**DC** = densidad celular (x10<sup>4</sup> cel/mL)

**N** = promedio de células presentes en 1 mm<sup>2</sup> (0,1 µl). Este número de células se divide de acuerdo con el número de cuadrantes contados. Por ejemplo, si se contaron 245 en los 4 cuadrantes de una de las dos cámaras, entonces la población de células corresponde a: 61,25x10<sup>4</sup> cel/mL.

$10^4$  = factor de conversión de 0,1  $\mu$ l a 1 ml

F.d = factor de dilución (cuando se considera necesario diluir la muestra).

F.d: (Vol i.+ Vol. F / vol. i).

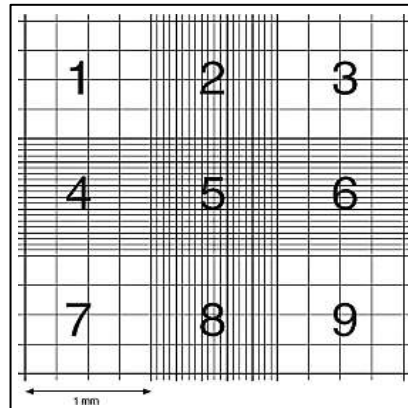


Fig. 1 Cuadrantes de la Cámara Neubauer.

### 2.3 Procesamiento de datos

La normalidad de los datos fue revisada a través de la prueba de Shapiro Wilk, la homocedasticidad fue verificada a través de la prueba de Levene. Un análisis de varianza de una vía (ANOVA) fue aplicado para determinar si existía o no diferencia significativa entre los tratamientos de exposición. Una prueba de Tukey fue utilizada para identificar que medias eran distintas.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Bioensayos de exposición forzada con el camarón blanco *L. vannamei*.

El sulfametoxazol es un fármaco antibacteriano que se utiliza para el tratamiento sistémico de infecciones bacterianas en los seres humanos (Iannacone y Alvaríño, 2009). La aparición de diversas concentraciones de antibióticos en los cuerpos de agua ha provocado efectos adversos en su salud y además en la aceleración de procesos de resistencia microbiana en animales y personas (Thompson, A. 2022).

En el presente estudio durante el ensayo de exposición aguda, no se observó mortalidad en la especie *L. vannamei* en ninguna de las concentraciones testadas (25, 50, 100, 200, 400, 800 mg/L), lo que indica que la  $CL_{50}$  de sulfametoxazol para esta especie es  $> 800$  mg/L.

Un trabajo realizado en el crustáceo *Daphnia magna* también determinó una  $CL_{50}$  alta (1480 mg/L de sulfametoxazol) en esta especie (Iannacone y Alvaríño 2009). Otra investigación realizada con *Daphnia magna* y *Artemia salina* expuestos a los antibióticos sulfametoxazol y ciprofloxacina, determinaron que *A. salina* fue insensible a ambos antibióticos, mientras que *D. magna* mostró una concentración de efecto media ( $CE_{50}$ ) de  $CE_{50}$  53,8 mg/L y 95,9 mg/L (sulfametoxazol y ciprofloxacina, respectivamente).

En contraste, otros estudios han demostrado una sensibilidad significativamente mayor en la especie *L. vannamei* expuesta a antibióticos como enrofloxacin y florfenicol, reportando valores de  $CL_{50}$  de 46,47 mg/L (Soto-Rodríguez & Armenta 2006).

La normativa europea en cuanto a la toxicidad en organismos vivos establece un sistema de clasificación de sustancias basado en el riesgo según la concentración letal media ( $CL_{50}$ ) en organismos acuáticos. Una  $CL_{50}$  inferior a 1 mg/L se consideran extremadamente tóxicas; entre 1 y 10 mg/L, tóxicas; y entre 10 y 100 mg/L, peligrosas (Castro-Pastrana *et al.* 2015). Bajo este criterio el valor de  $CL_{50}$  ( $> 800$  mg/L de sulfametoxazol) obtenido en este estudio, indicaría que este fármaco no es peligroso. No obstante, es importante resaltar que la mortalidad representa la manifestación más severa del efecto agudo de un compuesto sobre los organismos, y estos ensayos se realizan generalmente con exposiciones a altas concentraciones en periodos cortos de tiempo. Además, estos resultados corresponden netamente al ensayo llevado a cabo con

individuos de *L. vannamei*, por lo que en otras especies más sensibles podrían obtenerse valores de  $CL_{50}$  menores.

### 3.2 Bioensayos con la microalga *Scenedesmus sp*

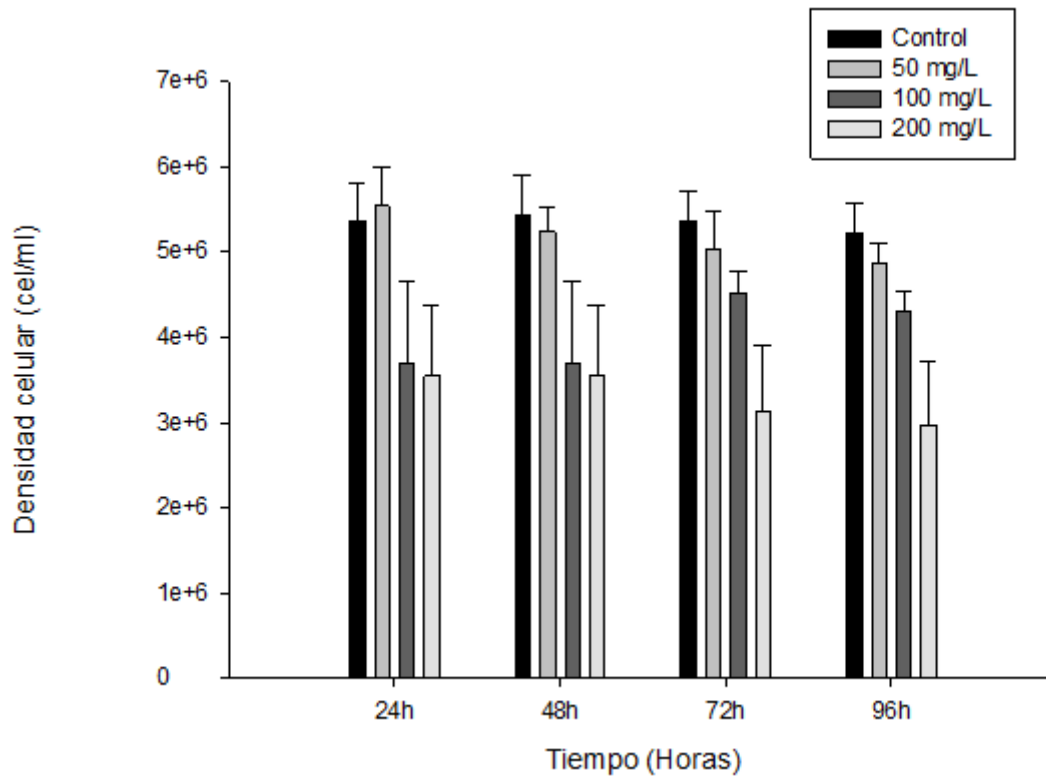


Fig. 2. Densidad celular de la microalga *Scenedesmus sp* expuesta a tres concentraciones de sulfametoxazol

En la figura 2 se muestra que, a medida que aumenta la concentración de sulfametoxazol, la densidad celular de *Scenedesmus sp* disminuye de forma notable con respecto al control, en las concentraciones de 100 y 200 mg/L en todos los tiempos evaluados de 24 h a 96 h ( $p < 0,05$ ). Este efecto fue mucho más marcado en la concentración de 200 mg/L, que mostró una tendencia decreciente continua, observándose una reducción de la población casi a la mitad o un tercio con respecto al control. Esto indica que, las algas no logran adaptarse al fármaco a esa dosis, y la población sigue disminuyendo conforme pasan los días. Todo esto demuestra que el fármaco tiene un efecto tóxico o inhibitorio sobre la división celular de *Scenedesmus sp*.

A las 24h en el tratamiento de 50 mg/L la densidad celular es ligeramente superior al control, pero a partir de las 48h muestra un leve descenso. Esto posiblemente a un fenómeno común en toxicología llamado hormesis, donde una dosis baja de un tóxico estimula temporalmente el crecimiento celular como mecanismo de defensa. Un estudio realizado sobre el comportamiento de cepas de *Scenedesmus sp* expuestas a contaminantes farmacéuticos, explica que las concentraciones bajas o tolerables disparan respuestas adaptativas (hormesis), incrementando temporalmente la actividad metabólica y los mecanismos de detoxificación antes de manifestar efectos nocivos crónicos (Rajamickam y Selvasembian en 2024).

De forma general, *Scenedesmus sp.* es una especie de microalga capaz de crecer en condiciones nutricionales y ambientales simples, presentando tasas de crecimiento bastante altas, si la comparamos con especies actualmente cultivadas como *Dunaliella salina*, *Haematococcus pluvialis*, *Chlorella sp*, y *Spirulina platensis*, entre otras, que muestran varias limitaciones en su crecimiento y requieren de condiciones especiales controladas difíciles de mantener (Ambati *et al.*, 2018). Es por ello, que la inhibición del crecimiento celular observado en la especie *Scenedesmus sp* evidenció la potencial ecotoxicidad del fármaco sulfametoxazol para los ecosistemas acuáticos, ya que las microalgas como productores primarios son la base de la red trófica.

#### 4. CONCLUSIONES

- Según la concentración letal media (CL<sub>50</sub>) de sulfametoxazol (> 800 mg/L) determinada para la especie *L. vannamei*, este fármaco no sería considerado como peligroso según el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA), y lo pautado por la normativa europea. No obstante, es importante resaltar que la afectación a los organismos también se debe validar a través de ensayos de sensibilidad, de exposición crónica y de comportamiento.
- La exposición a sulfametoxazol inhibió el crecimiento celular de la especie *Scenedesmus sp*, mostrando el potencial ecotóxico de este fármaco, que puede afectar la estructura y funcionamiento de comunidades microalgales esenciales para la productividad primaria en los ecosistemas acuáticos.
- De los modelos biológicos utilizados para evaluar el potencial tóxico de sulfametoxazol, la microalga *Scenedesmus sp.* ha sido un indicador ecológico

mucho más sensible y adecuado que el camarón *L. vannamei*, lo que la hace una especie más apta para monitorizar la contaminación por este tipo de fármacos.

## 5. REFERENCIAS

- Ambati, R. (2018). *Critical Reviews In Food*. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1432561>
- Cipriani, I; Molinero, J; Cabrera, M; Medina, E; Capparelli, M; Negrete, E; Pinos, V; Acosta, S; Leiva, D; Barrado, M; Mogollón, N. 2023. Occurrence of emerging contaminants in surface water bodies of a coastal province in Ecuador and possible influence of tourism decline caused by COVID-19 lockdown. (en línea). Consultado 30 sept 2023. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722084443>
- Dongmei, X; Yeting, X; Jun, L. 2022. Toxic effects and molecular mechanisms of sulfamethoxazole on *Scenedesmus obliquus*. (en línea). Consultado 22 oct. 2023. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651322000987>
- Felis, E; Kalka, J; Sochacki, A; Kowalska, K; Bajkacz, S; Harnisz, M; Korzeniewska, E. 2019. Antimicrobial pharmaceuticals in the aquatic environment-occurrence and environmental implications. (en línea). Consultado 18 oct. 2023. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0014299919307654>
- Iftikhar, N; König, I; Inglés, C; Ivantsova, E; Souders, C; Hashmi, I; Martyniuk, C. .2023. Sulfamethoxazole (SMX) Alters Immune and Apoptotic Endpoints in Developing Zebrafish (*Danio rerio*). (en línea). Consultado 30 sept 2023. Disponible en <https://www.mdpi.com/2305-6304/11/2/178#:~:text=SMX%20can%20also%20impact%20the,%C2%B5g%2FL%20%5B17%5D>
- Iannacone J., Alvarino L. 2009. Evaluación del riesgo acuático de siete productos farmacéuticos sobre *Daphnia magna*. Ecología aplicada. 8 (2), 2009.
- López, Á. (Febrero de 2019). *SMOUN*. Obtenido de <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-laica-eloy-alfaro-de-manabi/historia-del-ecuador/diagnostico-ambiental-de-manta-contaminacion-y-crisis-hidrica/142315579>



- Mel, G. (Agosto de 2012). Obtenido de <https://www.researchgate.net/signup.SignUp.html>
- Castro-Pastrana, L., Baños-Medina, M., López-Luna, M., Torres-García, B. 2015. Ecofarmacovigilancia en México: perspectivas para su implementación. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*. Vol. 46 (3). pp 16-40
- Prasannamedha, G; Kumar, P. 2020. A review on contamination and removal of sulfamethoxazole from aqueous solution using cleaner techniques: Present and future perspective. (en línea). Consultado 30 sept 2023. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619344233>
- Pérez, E; Iglesias, L. 2003. Tetraciclinas, sulfamidas y metronidazol. (en línea). Consultado 28 sept. 2023. Disponible en <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-pdf-13052338>
- Pietropoli E., Zgheib R., Selmo M., Melotto G., Lopparelli R., Lucatello L., Pauletto M., De Liguoro M. (2025). Aquatic Toxicity of Antibiotics Ciprofloxacin and Sulfamethoxazole: Significant Impact on Early Life Stages of Crustaceans, a Marine Diatom, and a Freshwater Plant. *Toxics*. 13(11), 979 <https://www.mdpi.com/2305-6304/13/11/979>
- Química Alkano. 2016. Sulfametoxazol. (en línea). Consultado 28 sept. 2023. Disponible en <http://quimicaalkano.com/product/sulfametoxazol/>
- Rajamanickam R., Selvasembian R. 2024. Mechanistic insights into the potential application of *Scenedesmus* strains towards the elimination of antibiotics from wastewater. *Bioresource Technology*. Vol. 410. DOI [10.1016/j.biortech.2024.131289](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2024.131289)
- Thompson, A. (2022). Common Drugs Pollute Rivers on Every Continent. (en línea). Consultado 27 sept. 2023. Disponible en <https://www.scientificamerican.com/article/common-drugs-pollute-rivers-on-every-continent/>
- Water Resources Mission Area. 2019. Emerging Contaminants (en línea). Consultado 13 sept. 2023. Disponible en <https://www.usgs.gov/mission-areas/water-resources/science/emerging-contaminants#overview>