

Nivel de Contaminación de Hidrocarburos Grasas y Aceites en el río Paraguay en la zona de Ñeembucú

Hydrocarbon, Oil, and Grease Contamination Levels in the
Paraguay river, Ñeembucú region

Gisel Arami Villalba Coronel

Universidad Nacional de Pilar

Pilar – Paraguay

coronलगiselarami.94@gmail.com

Artículo recibido: 12 de marzo de 2026

Aceptado para publicación: 11 de junio de 2026

Conflictos de interés: Ninguno que declarar.

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo analizar el nivel de contaminación por hidrocarburos grasas y aceites en el Río Paraguay en la zona de Ñeembucú, mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y su contraste con la Resolución N.º 222/02 de la SEAM. Se realizaron tres muestreos georreferenciados, en los cuales se determinaron temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto y concentración de grasas y aceites. Los resultados evidenciaron una homogeneidad notable en los primeros cuatro parámetros, con variaciones mínimas y valores dentro de los rangos permitidos por la normativa, lo que refleja estabilidad en la calidad del agua en estos indicadores. Sin embargo, la concentración de grasas y aceites superó ampliamente los límites normativos (10 mg/L), alcanzando valores entre 38 y 45.8 mg/L, con alta dispersión entre los puntos de muestreo. Esta situación revela una contaminación localizada atribuible a descargas puntuales de origen urbano o portuario. En conclusión, el Río Paraguay en la zona de estudio presenta condiciones estables en sus parámetros básicos, pero evidencia una problemática crítica en cuanto a contaminantes lipídicos, lo que justifica la implementación de monitoreo permanente y estrategias de gestión ambiental.

Palabras clave: Río Paraguay, calidad del agua, Resolución SEAM 222/02, parámetros fisicoquímicos, grasas y aceites, contaminación ambiental

Abstract

This study aimed to evaluate the water quality of the Paraguay River in front of the city of Pilar, through the analysis of physicochemical parameters and their comparison with Resolution No. 222/02 of SEAM. Three georeferenced sampling points were assessed, where temperature, pH, conductivity, dissolved oxygen, and concentration of fats and oils were determined. Results showed remarkable homogeneity in the first four parameters, with minimal variation and values within the normative ranges, reflecting stability in water quality. However, the concentration of fats and oils greatly exceeded the established limits (10 mg/L), reaching values between 38 and 45.8 mg/L, with high variability among sampling points. This situation indicates localized contamination, attributable to urban or port discharges. In conclusion, the Paraguay River in the studied area presents stable conditions in its basic parameters but reveals a critical problem regarding lipid pollutants, justifying the implementation of permanent monitoring and environmental management strategies.

Keywords: Paraguay River, water quality, SEAM Resolution 222/02, physicochemical parameters, fats and oils, environmental contamination

Todo el contenido de la **Revista Científica del Centro de Investigación y Desarrollo - RECIDE** publicado en este sitio está disponible bajo Licencia Creative Commons .

Cómo citar: Villalba, G. (2026). Nivel de Contaminación de Hidrocarburos Grasas y Aceites en el río Paraguay en la zona de Ñeembucú. *RECIDE*, 6 (1). 134 – 151.
<https://www.uticvirtual.edu.py/revista.recide/index.php/revistas/article/view/49>

Introducción

La calidad del agua es un componente esencial para la salud de los ecosistemas acuáticos y el bienestar de las comunidades humanas que dependen de este recurso. En Paraguay, el Río Paraguay constituye una fuente estratégica de abastecimiento, recreación y biodiversidad, por lo que su monitoreo resulta prioritario en el marco de la gestión ambiental sostenible. La Resolución N.º 222/02 de la Secretaría del Ambiente (SEAM) establece la clasificación de los cuerpos de agua del país según sus usos, fijando parámetros de calidad como pH, oxígeno disuelto, grasas y aceites, entre otros, con el objetivo de asegurar tanto la protección de la vida acuática como la salud pública.

En la actualidad, diversos estudios regionales han reportado presiones crecientes sobre los cursos de agua debido a descargas domésticas, actividades portuarias y ausencia de sistemas eficientes de tratamiento de efluentes (López Arias et al., 2021; MADES, 2023). Tales problemáticas se reflejan en alteraciones de la calidad fisicoquímica del agua, especialmente en zonas urbanas con interacción intensa entre usos antrópicos y ecosistemas ribereños.

Los hidrocarburos pueden ingresar a los ríos a través de diversas fuentes, entre las cuales destacan los derrames de petróleo, la descarga de efluentes industriales y las escorrentías urbanas (Jiménez et al., 2018). En el caso del río Paraguay, las fuentes de hidrocarburos son diversas debido a la navegación, las industrias cercanas, y las actividades agrícolas, que incrementan la probabilidad de derrames accidentales y descargas continuas. Las actividades en puertos y el uso de embarcaciones que transportan petróleo son contribuyentes significativos (Lima & Duarte, 2017).

Los hidrocarburos, grasas y aceites FOG/O&G (Fast, Oils, and Grease/Oil and Grease) constituyen un conjunto de compuestos que incluye fracciones de origen petrolero, vegetal y animal, presentes en forma libre o emulsionada en cuerpos de agua. Analíticamente, se determinan mediante el método EPA (Environmental Protection Agency) 1664, que cuantifica el material extraíble con n-hexano y permite discriminar fracciones no polares mediante gel de sílice (NEMI, s. f.). Este

enfoque operacional explica por qué la categoría FOG agrupa desde triglicéridos hasta hidrocarburos poco volátiles (EPA, 2025).

Las principales fuentes de aporte de grasas y aceites al medio acuático provienen de efluentes urbanos (cocinas, restaurantes y descargas domiciliarias), así como de actividades industriales y portuarias. Investigaciones recientes han demostrado que la escorrentía urbana y de carreteras transporta cantidades importantes de aceites y grasas, con concentraciones relacionadas con la intensidad de la precipitación y el tipo de uso del suelo (USGS, 2024). A esto se suman los efluentes aceitosos industriales, que poseen una elevada carga contaminante y requieren tratamientos avanzados para evitar la afectación de aguas superficiales y subterráneas (Springer, 2021).

La acumulación de hidrocarburos en los sedimentos y el agua puede afectar tanto a los organismos acuáticos como a las comunidades humanas que dependen de este recurso (Torres et al., 2021). Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs), por ejemplo, son compuestos tóxicos que afectan el sistema reproductivo y el desarrollo de especies acuáticas. En el río Paraguay, estudios han detectado concentraciones de PAHs en sedimentos y en la fauna local, lo que sugiere una bioacumulación en la cadena trófica (Franco & López, 2020).

En este contexto, la presente investigación se orienta a evaluar los parámetros fisicoquímicos del Río Paraguay en la ciudad de Pilar, con énfasis en la comparación con los valores establecidos por la normativa nacional vigente. El propósito es identificar condiciones críticas de calidad y generar evidencia técnica que sirva de base para la formulación de medidas de control y estrategias de gestión ambiental.

Método

La investigación se desarrolló en la ciudad de Pilar, capital del Departamento de Ñeembucú en la República del Paraguay, específicamente en el Río Paraguay dividido en tres puntos. El enfoque de la investigación fue el cuantitativo, porque

se analizaron los datos obtenidos a través de las muestras de agua y se interpretaron estadísticamente. El diseño de la investigación fue no experimental, puesto que no se manipularon de ninguna forma las variables de investigación, es decir, solo se observó las variables en un contexto existente, sin control ni influencia del investigador. Según (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p.149), en el diseño de una investigación no experimental, (...) no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza.

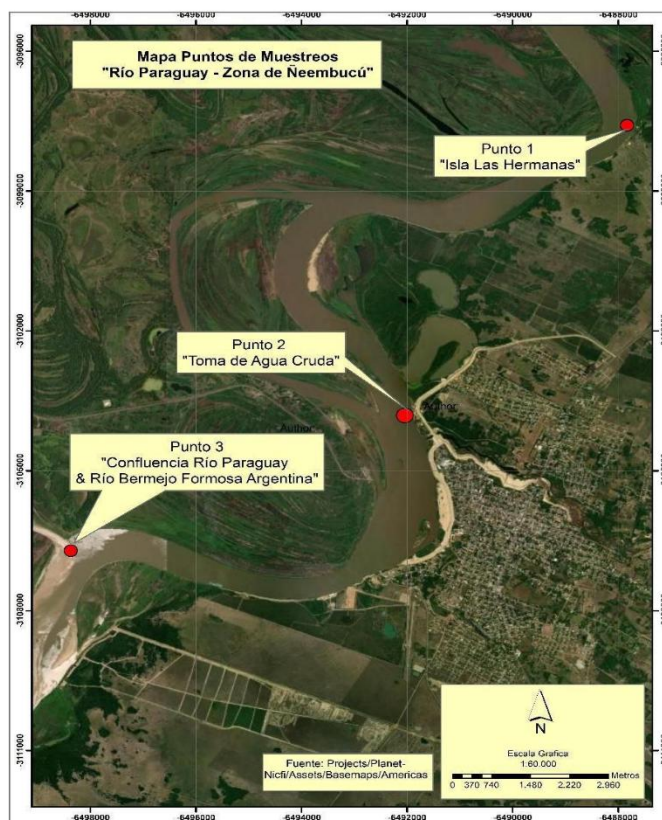
Y según el tiempo de recolección de datos, fue de corte transeccional o transversal porque los datos recolectados se realizaron una solo vez, y no en forma procesual o consecutiva en un periodo de tiempo. Para Hernández et al., (2010) se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único, su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado, es como tomar una fotografía de algo que sucede. (p. 151).

El tipo de investigación fue descriptivo, comparativo. El alcance descriptivo busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de un fenómeno. Su propósito es detallar cómo es y se manifiesta una variable o conjunto de variables. No pretende explicar las razones de un fenómeno, sino ofrecer una visión precisa de su comportamiento y estructura. Y el comparativo se enfoca en identificar similitudes y diferencias entre dos o más grupos, eventos o variables, bajo ciertas condiciones controladas (Hernández & Mendoza, 2018, p.142).

La población del trabajo de investigación estuvo conformada por el Río Paraguay en la zona del Departamento de Ñeembucú

La muestra de la investigación estuvo conformada por tres puntos de muestreo del río Paraguay y se detallan de la siguiente manera:

Figura 1
Vista general de los puntos de muestreo



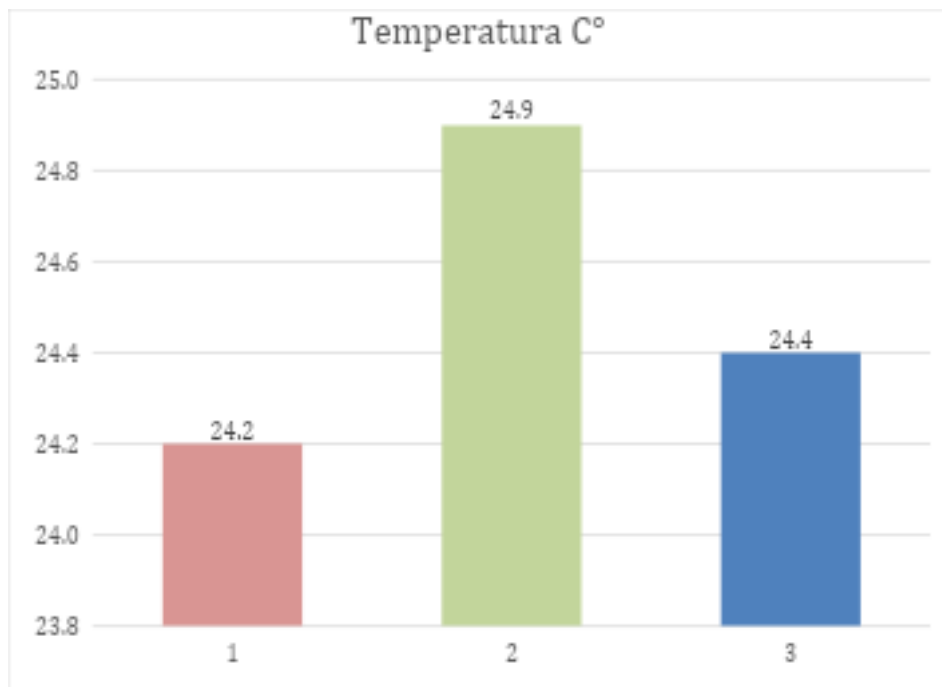
Fuente: Elaboración propia a través de Projects/Planet-Nicti/Assets/Basemaps

Resultados

Los hallazgos provenientes del análisis de las muestras de agua superficial recolectadas en tres puntos georreferenciados del río Paraguay, frente a la ciudad de Pilar, se exponen seguidamente a través de tablas y representaciones gráficas que facilitan la interpretación de los datos.

Figura 2

Temperatura

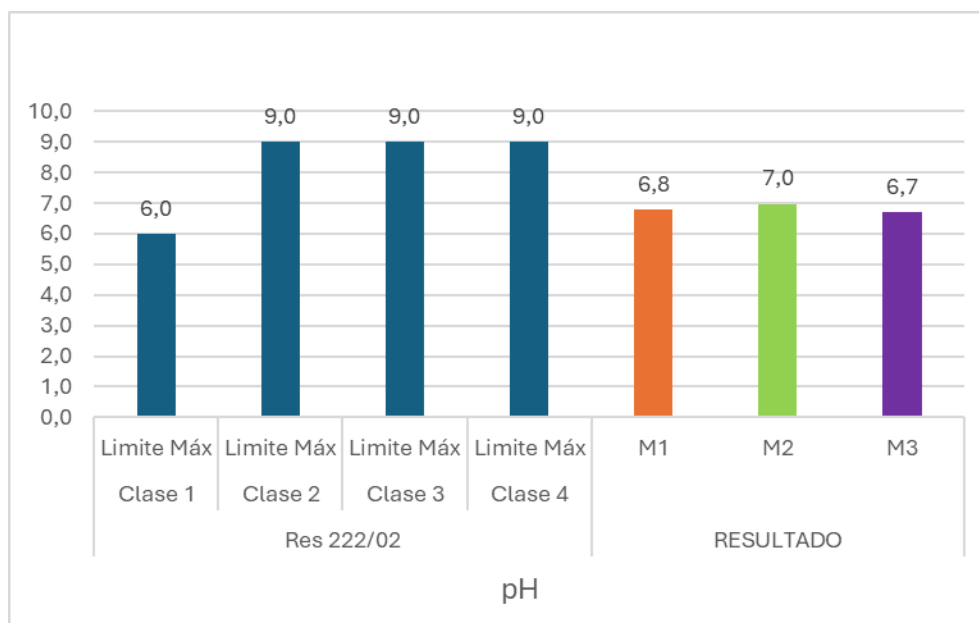


Fuente: *Elaboración Propia*

El análisis del parámetro temperatura se realizó considerando el conjunto total de mediciones obtenidas, evaluando su comportamiento global a través de medidas de tendencia central y dispersión, con el fin de determinar la estabilidad y consistencia del sistema evaluado.

El valor promedio del conjunto se ubicó en un rango medio homogéneo, evidenciando que las mediciones se concentraron alrededor de un punto central bien definido. Este comportamiento indica ausencia de fluctuaciones abruptas y una adecuada estabilidad térmica durante el período de evaluación.

Figura 2
pH

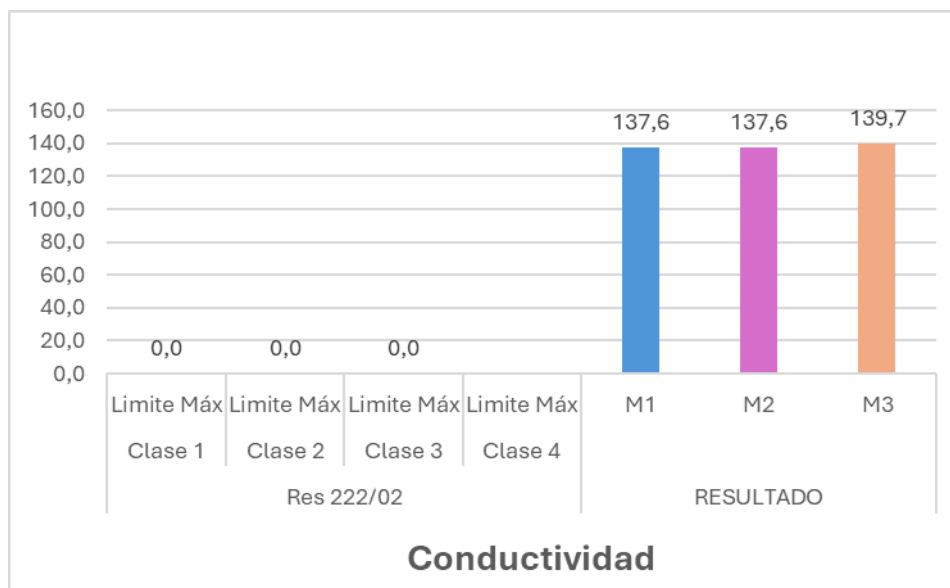


Fuente: *Elaboración Propia*

El análisis del parámetro pH se realizó considerando el conjunto total de mediciones obtenidas, evaluando su comportamiento global en relación con las clases establecidas en la Resolución 222/02 y los límites máximos permitidos.

El valor promedio del conjunto se ubicó dentro de un rango cercano a la neutralidad, lo que indica condiciones químicas estables en el sistema evaluado. La concentración de los valores alrededor de este punto central refleja uniformidad en las mediciones y ausencia de variaciones significativas.

Figura 3
Conductividad



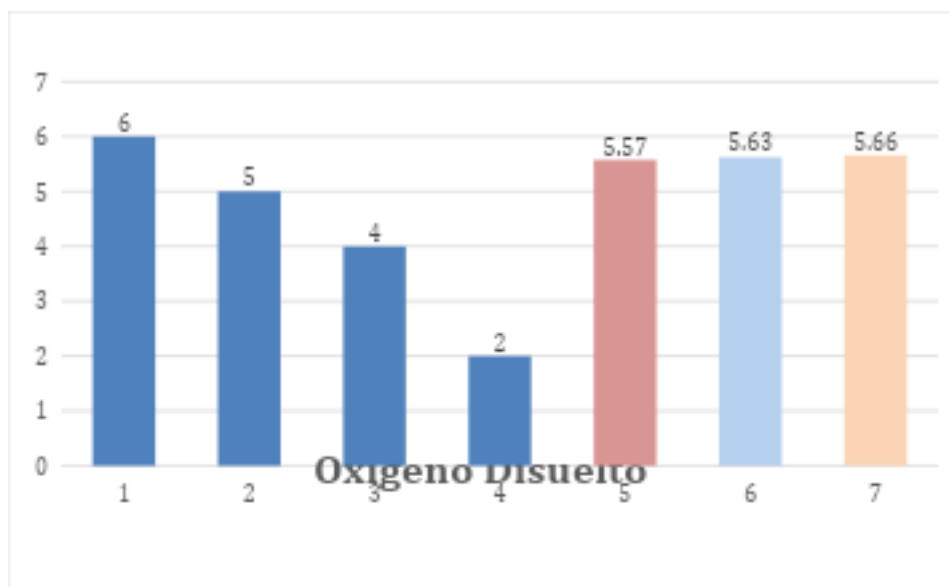
Fuente: *Elaboración Propia*

El análisis del parámetro conductividad se realizó considerando el conjunto total de mediciones obtenidas y su comparación con los límites máximos establecidos en la Resolución 222/02 para las diferentes clases de calidad.

Desde el punto de vista descriptivo, el comportamiento del conjunto de datos muestra una alta homogeneidad entre las mediciones. El valor promedio se mantiene dentro de un rango estrecho, evidenciando estabilidad en la concentración de sales disueltas presentes en el sistema evaluado.

La dispersión observada es baja, lo que indica consistencia entre las determinaciones realizadas y ausencia de fluctuaciones significativas. La reducida variabilidad confirma que el sistema presenta condiciones fisicoquímicas estables durante el período de evaluación.

Figura 4
Salinidad

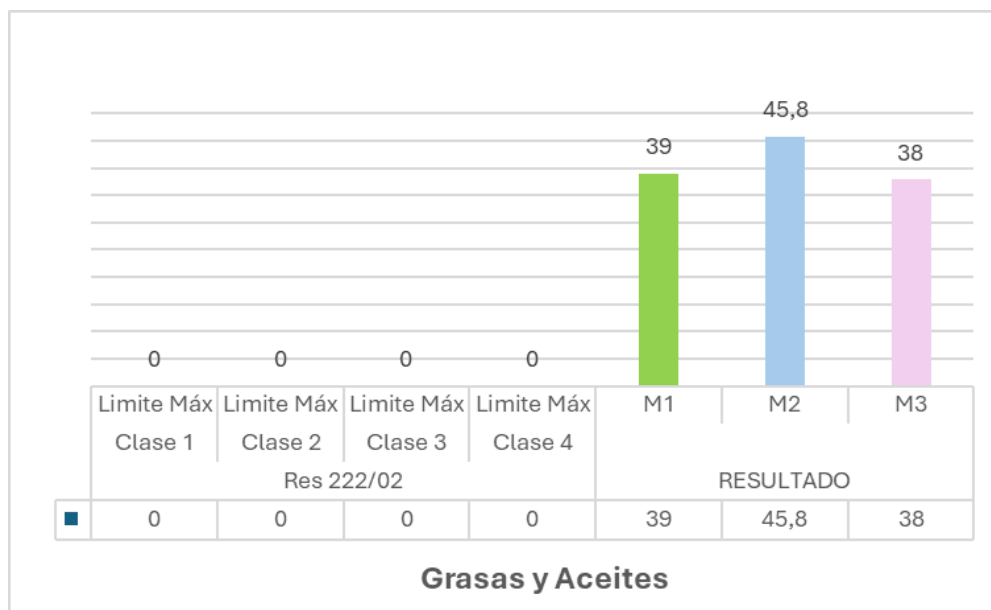


Fuente: *Elaboración Propia*

El análisis del parámetro oxígeno disuelto se realizó considerando el conjunto total de mediciones obtenidas y su comparación con los límites establecidos en la Resolución 222/02 para las distintas clases de calidad.

Desde el punto de vista descriptivo, el conjunto de datos presenta un comportamiento homogéneo, con valores concentrados alrededor de un punto central bien definido. La dispersión observada es baja, lo que indica estabilidad en la concentración de oxígeno disponible en el sistema evaluado y consistencia entre las mediciones realizadas.

Figura 5
Sólidos Totales Disueltos



Fuente: *Elaboración Propia*

El análisis del parámetro grasas y aceites se realizó considerando el conjunto total de mediciones obtenidas y su comparación con los límites máximos establecidos en la Resolución 222/02 para las distintas clases de calidad.

Desde el punto de vista descriptivo, el comportamiento del conjunto de datos muestra consistencia entre las mediciones, con una variabilidad moderada pero sin presencia de valores atípicos extremos. Las determinaciones se concentran en un rango relativamente estrecho, lo que indica estabilidad en la presencia de compuestos lipídicos durante el período evaluado.

El valor promedio obtenido se mantiene en un nivel claramente definido y la dispersión observada es baja en términos relativos, lo que evidencia uniformidad en la concentración del parámetro

Conclusiones

La calidad del agua del Río Paraguay, en los puntos muestreados, presentó homogeneidad en parámetros clave como temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto. Esto refleja un sistema con buena estabilidad ambiental y escasa variación espacial en dichos indicadores.

Según la Resolución SEAM 222/02, tanto el pH (6.7–6.97) como el oxígeno disuelto (5.57–5.66 mg/L) cumplen con los valores de referencia, aunque en el caso del oxígeno disuelto se encuentran muy próximos al límite mínimo permitido (5 mg/L), lo que denota cierta vulnerabilidad ecológica.

Los valores registrados de grasas y aceites (38–45.8 mg/L) superan ampliamente el límite normativo de 10 mg/L, constituyendo la principal amenaza a la calidad del agua en la zona de estudio. Este resultado sugiere la presencia de fuentes antrópicas puntuales, posiblemente relacionadas con descargas domésticas o portuarias.

La alta dispersión de grasas y aceites respecto al resto de parámetros indica un patrón de contaminación heterogéneo, lo que refuerza la hipótesis de aportes específicos y no de una contaminación difusa en todo el tramo del río.

Recomendaciones

Monitoreo continuo y ampliado: Implementar un sistema de monitoreo permanente con mayor densidad de puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo de la ciudad de Pilar, que permita identificar con precisión las fuentes de contaminación lipídica.

Gestión de efluentes urbanos y portuarios: Fortalecer la infraestructura de tratamiento de aguas residuales municipales e industriales, priorizando la reducción de grasas y aceites. Para el sector portuario, establecer planes de contingencia y protocolos de control de derrames y descargas.

Educación ambiental y control ciudadano: Desarrollar campañas comunitarias sobre el impacto de la disposición inadecuada de aceites domésticos y promover

programas de recolección diferenciada de residuos grasos, en alianza con municipios y organizaciones civiles.

Investigación complementaria: Profundizar en estudios de correlación entre grasas y aceites con otros indicadores de contaminación orgánica (DBO, DQO, coliformes), lo que permitiría una caracterización más integral del estado ecológico del río.

Articulación institucional: Integrar los resultados al marco de políticas ambientales locales y nacionales, de manera que el monitoreo de calidad del agua se convierta en una herramienta de gestión para la protección del Río Paraguay como recurso estratégico

Referencias

- Collin, T. D., Cunningham, R., Asghar, M. Q., Villa, R., MacAdam, J., & Jefferson, B. (2020). Assessing the potential of enhanced primary clarification to manage fats, oils and grease (FOG) at wastewater treatment works. *Water & Environment Journal*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32348944/>
- Edition. Ediciones Díaz de Santos, S. A., 1992. Juan Bravo, 3-A. 28006 Madrid (España). ISBN en lengua inglesa: 087553-161-X. ISBN en lengua española: 978-84-7978-031-9
- Franco, R. M., & López, H. P. (2020). Accumulation of PAHs in aquatic species of the Paraguay River. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 39(4), 813–820. <https://doi.org/10.1002/etc.4693>
- Gavilán Servín, B. S., Sanabria, S., Regunega Valiente, C. V., & Canata, A. (2024). Evaluación de la calidad del agua potable en Asunción y Gran Asunción: análisis fisicoquímico y microbiológico. UNIDA Salud, (edición especial), artículo. <https://doi.org/10.69940/sld.20240801>
- Gurd, B., et al. (2018). Determination of fats, oils and greases in food service establishment wastewater using a modification of the Gerber method. *Water and Environment Journal*. <https://doi.org/10.1111/wej.12431>
- IWA Publishing. (2019). Effects of oil exploration on surface water quality – a review. *Water Practice & Technology*, 17(10), 2171–2194. <https://iwaponline.com/wpt/article/17/10/2171/90371/>
- Jiménez, P. M., Sánchez, L. F., & Camacho, D. J. (2018). Sources and effects of hydrocarbon pollution in freshwater environments. *Water Science and Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. (2022). Review of biodiesel production by the esterification of wastewater containing FOGs. 110, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2022.02.045>
- López Arias, T. R., Villalba Duré, G., Policani Barrios, M. D., Bogarín Cantero, B. C., & Mendoza, A. E. (2021). Calidad de agua del Arroyo Guazú del Departamento Central evaluada mediante indicadores biológicos,

- parámetros fisicoquímicos y ecotoxicológicos. Revista Investigaciones y Estudios - UNA, 12(1), 4-18. <https://doi.org/10.47133/IEUNA2111>
- López Arias, T. R., Villalba Duré, G., Policani Barrios, M. D., Bogarín Cantero, B. C., & Mendoza, A. E. (2021). Calidad de agua del Arroyo Guazú del Departamento Central evaluada mediante indicadores biológicos, parámetros fisicoquímicos y ecotoxicológicos. Revista Investigaciones y Estudios - UNA, 12(1), 4-18. <https://doi.org/10.47133/IEUNA2111>
- MADES. (2023, abril 4). Resultados de análisis de calidad de agua del Río Paraguay y Bahía de Asunción. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.mades.gov.py/2023/04/04/resultados-de-analisis-de-calidad-de-agua-del-rio-paraguay-y-bahia-de-asuncion/>
- Martínez, M., Fernández, A., & Ruiz, J. (2019). Hydrocarbon pollution and its effects on river ecosystems: A study on South American rivers. Environmental Pollution, 258, 113650. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113650>
- MDPI. (2019). Oil and grease as a water quality index parameter for the conservation of marine biota. Water, 11(4), 856. <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/4/856>
- MÉTODOS NORMALIZADOS Para el análisis de aguas potables y residuales .Título original: «Standard Methods» For the Examination of Water and Wastewater. 17
- Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADES]. (2023, 4 de abril). Resultados de Análisis de Calidad de Agua del Río Paraguay y Bahía de Asunción. <https://www.mades.gov.py/2023/04/04/resultados-de-analisis-de-calidad-de-agua-del-rio-paraguay-y-bahia-de-asuncion/>
- Silva, G. R., Gómez, P. L., & López, M. R. (2020). Impact of hydrocarbon contamination in the Paraguay River basin: A review. Journal of Environmental Management, 267, 110638. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110638>

Springer. (2021). Treatment of industrial oily wastewater by advanced technologies: A review. *Applied Water Science*.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-021-01430-4>

Technology, 77(12), 2895–2904. <https://doi.org/10.2166/wst.2018.289> Lima, M. S., & Duarte, L. A. (2017). Urban runoff and hydrocarbon pollution in South American rivers: The case of Paraguay. *Environmental Research*, 156, 612–620. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.04.024>

Torres, F. J., Martínez, P. A., & Pérez, M. S. (2021). Environmental impacts of hydrocarbon contamination in rivers. *Marine and Freshwater Research*, 72(2), 201–211. <https://doi.org/10.1071/MF20231>