



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2024,
Volumen 8, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3

Contaminación de masas de aguas superficiales por actividades hidrocarburíferas (TPH) en la serranía del Aguaragüe, zonas Cororoy y el Tucán (Bolivia)

Contamination of surface water masses by hydrocarbon activities (TPH) in the Aguaragüe mountain range, Cororoy and el Tucán areas (Bolivia)

Marcela Elizabeth Hoyos López
Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

Julio César Mamani Alemán
Universidad de Alcalá

María Alejandra Leigue Fernández
Universidad Católica Boliviana

Roxana Alemán Castillo
Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

Karen Daniela Hoyos López
Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11542

Contaminación de masas de aguas superficiales por actividades hidrocarburíferas (TPH) en la serranía del Aguaragüe, zonas Cororoy y el Tucán (Bolivia)

Marcela Elizabeth Hoyos López¹

marcela.hoyos@uajms.edu.bo

<https://orcid.org/0009-0007-0231-6729>

Universidad Autónoma Juan Misael Saracho
Bolivia

Julio César Mamani Alemán

julio.mamani@edu.uah.es

<https://orcid.org/0009-0002-2523-9037>

Universidad de Alcalá
España

María Alejandra Leigue Fernández

aleigue@ucb.edu.bo

<https://orcid.org/0000-0002-0542-3729>

Universidad Católica Boliviana
Bolivia

Roxana Alemán Castillo

roxana.aleman@uajms.edu.bo

<https://orcid.org/0000-0001-9523-8932>

Universidad Autónoma Juan Misael Saracho
Bolivia

Karen Daniela Hoyos López

danielahoyos.oym@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-2054-6478>

Universidad Autónoma Juan Misael Saracho
Bolivia

RESUMEN

La Serranía Aguaragüe, situada en el departamento de Tarija, es una de las principales áreas petroleras de Bolivia, explotada desde los años 70's, donde se han descubierto importantes reservas de gas natural y petróleo, sin embargo, la explotación petrolera en esta zona, ha sido objeto de controversias y conflictos, debido a su impacto ambiental y social. A pesar de los esfuerzos del gobierno boliviano para regular y controlar la explotación petrolera en la Serranía Aguaragüe, considerada un área protegida, la actividad sigue siendo objeto de debate y polémica, porque se pueden evidenciar emanaciones de rastros hidrocarburíferos en las fuentes de agua de esta serranía. El objetivo de este trabajo, es describir las características de concentración de TPH (Total Petroleum Hydrocarbons) en las masas de aguas superficiales de las quebradas Cororoy y El Tucán (zona Sanandita) y sus pozos, SAN9, SANX31 y SAN3, que están en la Serranía Aguaragüe. La metodología utilizada corresponde a la medición de absorbancia utilizando la técnica de espectrofotometría y el protocolo interno PR-T010, además de contemplar el uso de fuentes primarias y secundarias de información, los resultados de laboratorio, aplicados en las zonas de interés, nos permitieron obtener información cualitativa y cuantitativa de las concentraciones de TPH en las masas de aguas superficiales de las quebradas en cuestión, además de permitirnos realizar una comparación con valores considerados por organismos internacionales, comprendiendo el grado de contaminación de estos recursos hídricos y su impacto en los ecosistemas dependientes, en especial el impacto en los ecosistemas que se encuentran dentro de estas unidades hidrográficas

Palabras claves: muestreo, hidrocarburos, contaminación, masas de agua y tph

¹ Autor Principal

Correspondencia: marcela.hoyos@uajms.edu.bo

Contamination of surface water masses by hydrocarbon activities (TPH) in the Aguaragüe mountain range, Cororoy and el Tucán areas (Bolivia)

ABSTRACT

The Serranía Aguaragüe, located in the department of Tarija, is one of the main oil areas in Bolivia, exploited since the 1970s, where significant reserves of natural gas and oil have been discovered; however, oil exploitation in this area has been the subject of controversies and conflicts, due to its environmental and social impact. Despite the efforts of the Bolivian government to regulate and control oil exploitation in the Serranía Aguaragüe, considered a protected area, the activity continues to be the subject of debate and controversy, because trace hydrocarbon emissions can be seen in the water sources of this area. The objective of this work is to describe the concentration characteristics of TPH (Total Petroleum Hydrocarbons) in the surface water masses of the Cororoy and El Tucán streams (Sanandita zone) and their wells, SAN9, SANX31 and SAN3, which are in the Serranía Aguaragüe. The methodology used corresponds to the measurement of absorbance using the spectrophotometry technique and the internal protocol PR-T010, in addition to contemplating the use of primary and secondary sources of information, the laboratory results, applied in the areas of interest, allowed us to obtain qualitative and quantitative information on TPH concentrations in the surface water masses of the streams in question, in addition to allowing us to make a comparison with values considered by international organizations, understanding the degree of contamination of these water resources and its impact on dependent ecosystems, especially the impact on the ecosystems found within these hydrographic units.

Keywords: sampling, hydrocarbons, pollution, bodies of water and TPH

Artículo recibido 28 abril 2024

Aceptado para publicación: 25 mayo 2024

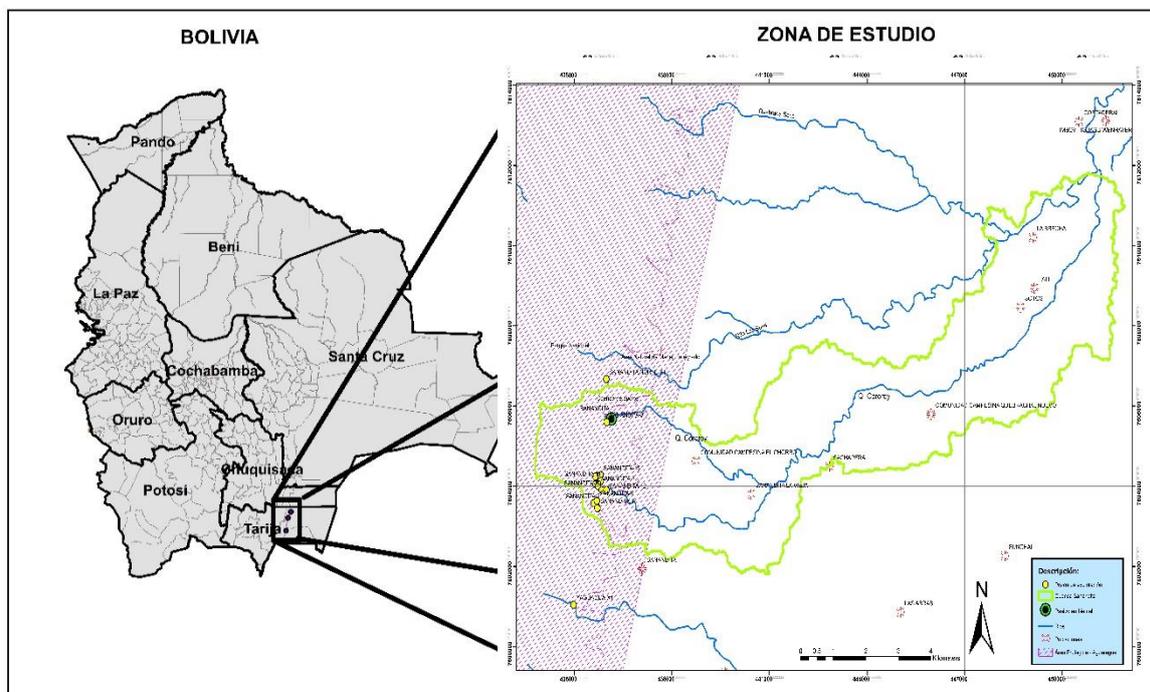


INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional y Área de Manejo Integrado Aguaragüe fue creado por la Ley N° 2083 del 20 de abril de 2000 y tiene una superficie de 108.307 hectáreas (ha), de las cuales 45.822 hectáreas se catalogan como Parque Nacional y 62.485 hectáreas, como Área Natural de Manejo Integrado (ANMI). Estableciéndose el área de Parque Nacional a partir de la cota 900 (González y Ríos, 2021).

La Serranía del Aguaragüe, se localiza en los municipios de Yacuiba, Caraparí y Villa Montes, en la provincia Gran Chaco del Departamento de Tarija; se encuentra a 63°28' – 63°45' Longitud Oeste y 21°00' – 22°00' Latitud Sur, el área inicia con la frontera territorial de la República Argentina rumbo al norte teniendo un límite interdepartamental con el Departamento de Chuquisaca. (Figura I).

Figura I. Ubicación de la zona de estudio



Fuente: Geobolivia²

El área protegida depende por Ley del Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP), que es una entidad dependiente del Ministerio de Medio Ambiente y Agua del Estado Plurinacional de Bolivia. El SERNAP se ocupa de las tareas de gestión y protección, además de que el Parque Nacional y Área de Manejo Integrado (PNAMI) Aguaragüe cuenta con un convenio de gestión compartida con el pueblo

² Geobolivia, Infraestructura de datos espaciales del Estado Plurinacional de Bolivia.

<https://geo.gob.bo/geonetwork/srv/spa/catalog.search.jsessionid=node01uhy7bxm8drwe1en3gu511xiqn35654.node0>

guaraní debido a que la población mayoritaria que lo habita pertenece a este pueblo indígena (*SERNAP, 2008*).

Los recursos hídricos de la zona del parque tienen relación con la cuenca del Pilcomayo, que a su vez, es parte de la gran cuenca del Plata. El río Pilcomayo tiene la característica de atravesar la Serranía del Aguarague que va de Norte a Sur y concentrar la gran mayoría de efluentes que se generan en la serranía. No obstante, varios cursos de agua menores que se originan en el Aguaragüe se insumen en el llano y proporcionan características particulares a los distintos ecosistemas existentes, generando a su vez subcuencas y microcuencas de importancia para la población local.

La evaluación ambiental preliminar del Aguaragüe citada por *Centeno y Sánchez (2018)*, señala que la actividad petrolera en el departamento de Tarija se inicia en 1867, por otra parte, *Mariaca y Enrique (2001)*, mencionan el otorgamiento de las primeras concesiones. A partir de 1920 la empresa Richmond Levering, inicia actividades de exploración y en 1922 transfirió los derechos petroleros a la Estándar Oil Company (*López, 2020*).

El descubrimiento de petróleo, se realiza en la zona de Sanandita en 1926 y a partir de 1937, con la nacionalización, las operaciones quedan a cargo de la estatal YPF. Los principales campos petroleros que operó YPF en la Serranía del Aguaragüe, fueron Sanandita, Los Monos, Camatindí y Caigua; así como la refinería de Sanandita, desmantelada en la década del setenta del siglo pasado. Exploraciones petroleras sucesivas y anteriores, dejaron numerosos pasivos ecológicos en forma de daños a los ecosistemas y contaminación ambiental por pozos abandonados (SAN31, SANX3 y SANX31) en la zona de Sanandita y alrededores, donde se perciben derrames y emisiones de olores a hidrocarburos, como de alquitrán o diésel y estas emisiones contaminantes afectan periódicamente a las comunidades de Sanandita, Sachapera, Yaguacua y Sotos. (*Gonzales y Ríos, 2021*).

Entendiendo el contexto y de acuerdo a la Norma Boliviana NB512 para la Calidad de Agua para Consumo Humano, así como al Reglamento de Materia de Contaminación Hídrica de la Ley 1333, se establecen los requisitos para la calidad del agua destinada esencialmente al consumo humano y otros usos. Estas normas establecen los valores máximos permitidos para diversos parámetros, tales como los físicos, químicos y microbiológicos, pH, la turbidez, el cloro residual, los nitratos, los coliformes totales y fecales, entre otros.



Es importante tener en cuenta que varios de los parámetros en estas masas de agua no cumplen con los requerimientos de la legislación vigente del Estado Plurinacional de Bolivia, referidos a esta materia, lo que indica que el agua no es apta para el consumo humano. Específicamente, se ha identificado la presencia de contaminantes que superan los límites permitidos por la norma y la ley, lo que representa un riesgo para la salud pública. Así también, los minerales presentes en las masas de aguas superficiales, pueden ser: Aluminio, Bario, Antimonio, Cadmio, Plomo, Fenoles, Magnesio, Turbiedad, Conductividad, Bario, pH, Calcio, Cromo, Níquel, Amonio, Sodio, Zinc, Cianuro, Cloruro, Benceno, Sulfato, Sulfuros, Fluoruros, Arsenio, Nitrito, Nitrato, Hierro, Benceno, Color, Zinc, Mercurio, Benzo (A) Pireno. Estos minerales existen de forma natural de acuerdo a la geomorfología de la Serranía del Aguaragüe, sin embargo, los parámetros son superados, debido a la producción y extracción de hidrocarburos. Cuando estos componentes se encuentran dentro del límite permisible (metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos “PAH”, constituyentes no orgánicos y orgánicos) llegan a ser bioacumulativos.

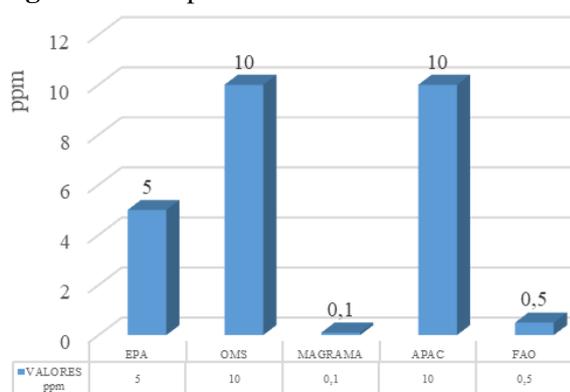
Las sustancias que tienden a bioacumularse pueden alcanzar concentraciones cada vez mayores a medida que se avanza en los niveles tróficos de la cadena alimentaria. Estas sustancias pueden acumularse a partir de fuentes abióticas, como el suelo, el aire y el agua, o bióticas, como otros organismos vivos. Como resultado, los contaminantes pueden permanecer en el organismo del depredador y su concentración puede aumentar a medida que se avanza en la cadena trófica.

En el caso de los hidrocarburos, los límites permisibles de Total de Hidrocarburos (TPH) en el agua varían según el país, la región y el uso del agua. A continuación, se proporcionan algunos límites permisibles de TPH en el agua según diversos autores y organismos:

- **Para la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, EPA, (2012)**, el límite máximo de TPH en el agua potable es de 5 partes por millón (ppm), mientras que, para otros usos no potables, el límite máximo puede ser de hasta 100 ppm.
- **Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021)**: La OMS no ha establecido un límite máximo de TPH en el agua potable, pero ha recomendado que los niveles de hidrocarburos en el agua no superen los 10 ppm para proteger la salud humana.

- **Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2015).** (MAGRAMA): El Real Decreto 817/2015 establece un límite máximo de 0.1 ppm de TPH en el agua subterránea para protección de la salud humana.
- **Environment and Climate Change Canada. (2019):** El límite máximo de TPH en el agua potable es de 10 ppm.
- **Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2020):** La FAO recomienda un límite máximo de 0.5 ppm de TPH en el agua para el riego de cultivos.

Figura II. Comparación de lineamientos referenciales de organismos internacionales



Fuente: (elaboración propia).

MATERIALES Y MÉTODOS

• Descripción del recorrido realizado para identificación de los pasivos ambientales

En el recorrido de la zona de estudio, se observó la existencia de árboles nativos típicos del chaco boliviano-tucumano, mientras que el cauce de la quebrada Cororoy, está encajonado en un valle accidentado, con pendientes moderadas a fuertes, típicas de las zonas de nacientes de cauces de afluentes, identificándose la interacción humana con el aprovechamiento de las aguas de esta quebrada, esto por la existencia de una antigua obra de toma de agua (abandonada y colmatada), como también una nueva obra de toma ubicada aguas arriba de la anterior estructura, destinada al riego y consumo de la comunidad Sanandita La Vieja.

Durante el tramo de acceso, se evidenciaron películas aceitosas que indican la presencia de actividad hidrocarbúrfica en gran parte del flujo de agua de la quebrada y se encontraron restos de tuberías metálicas oxidadas en el cauce de la quebrada (Figura III). El personal de SERNAP, explicó que se realizaron trabajos de mitigación y control de emanaciones naturales de petróleo en la zona de los pozos

SANX31 y SANX3, información que fue corroborada en función al aporte bibliográfico de *Gonzales y Ríos (2021)*. Aunque todavía se puede observar la presencia de películas aceitosas en algunas zonas circundantes a los pozos, debido al arrastre constante por el cauce de la quebrada. (Figura IV).

Figura III. Residuos metálicos y películas aceitosas sobre el cauce de la quebrada Cororoy, información colectada mediante inspección directa en la zona de influencia



Fuente: Registro fotográfico propio

Figura IV. Zonas en las que realizaron las tomas de muestras



Fuente: Elaboración propia

Estando en la zona de interés, se realizó la toma de muestras de forma estratégica, siguiendo los lineamientos de la Ley 1333 de medio ambiente y su reglamento de materia en contaminación hídrica, Ley 1333, (1992).

A continuación, se realizaron dos muestras en cada quebrada, las muestras fueron colectadas en fecha 06/12/2021, en horas de la mañana, siendo estos los pozos SANX31 (436146.00; 7605679.00), SANX3 (436138.00; 7605686.00) y SAN31 (436021.00; 7605648.00), la metodología aplicada fue la siguiente:

1. Identificación de la ubicación del muestreo: Se seleccionaron los puntos de muestreo representativos que reflejaron las condiciones del afluente. Se utilizaron mapas, fotografías aéreas y otros datos para identificar las zonas de interés.

2. Preparación de los materiales: Se prepararon los materiales necesarios para la toma de muestras, como guantes, botellas de muestra (cristal color ámbar), etiquetas, equipos de medición de campo, entre otros.

3. Medición de campo: Antes de recolectar la muestra, se midió las condiciones del agua, como la temperatura, el pH, la conductividad y la turbidez. Estos datos útiles para la interpretación y análisis de los resultados.

4. Recolección de la muestra: La muestra de agua superficial se recolectó mediante la inmersión de una botella de muestra en el agua, teniendo cuidado de evitar la contaminación de la muestra durante la recolección.

5. Etiquetado y transporte la muestra: La muestra se etiquetó con información como la ubicación del muestreo, la fecha y hora del muestreo, y la profundidad de la muestra, las cuales después de todo lo anterior descrito, fue enviada al laboratorio de aguas de la Universidad Católica San Pablo de Tarija.

6. Análisis: Medición de absorbancia de cuatro muestras.

Los resultados obtenidos describen las siguientes condiciones:

Tabla I. Resultados obtenidos

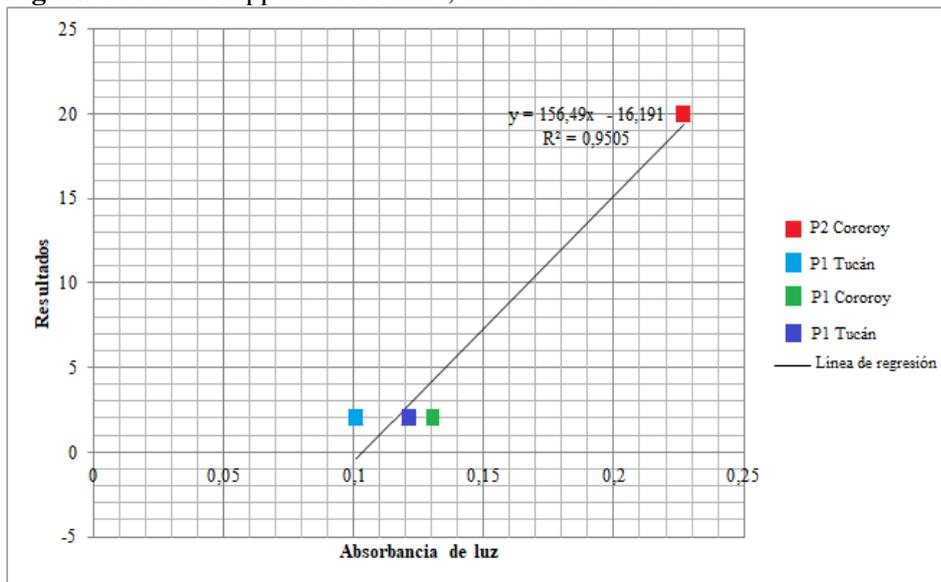
Código	Técnica o método de ensayo	Protocolo Interno	Absorbancia de luz	Resultados	Resultados referencial	Fecha
P1 Cororoy	Espectrofotometría	PR-T-010	0,131	>2 ppm	1 ppm	06-12-2021
P2 Cororoy		PR-T-010	0,227	>20 ppm	1 ppm	06-12-2021
P1 Tucán		PR-T-010	0,121	<2 ppm	1 ppm	06-12-2021
P2 Tucán		PR-T-010	0,101	<2 ppm	1 ppm	06-12-2021

Fuente: (Laboratorio bajo la dirección del departamento de ingeniería y ciencias exactas de la Universidad Católica San Pablo de Tarija).

Los resultados corresponden a la medición de absorbancia de cuatro muestras (P1 y P2 de Cororoy y P1 y P2 de Tucán) utilizando la técnica de espectrofotometría y el protocolo interno PR-T-010. La absorbancia es una medida de la cantidad de luz absorbida por una muestra y se utiliza para cuantificar la concentración de un compuesto en una muestra, no tiene unidades representativas. Por tanto, los resultados indican que las muestras P1 y P2 de Cororoy presentan niveles elevados de algún compuesto

que absorben luz a la longitud de onda utilizada para la medición, con valores de absorbancia de 0,131 y 0,227, estando en un rango de 1 a 2 ppm respectivamente. El protocolo interno establece un valor referencial de 1 ppm, lo que indica que los resultados de ambas muestras superan este valor. Así también, se concluye que los niveles de contaminación en las muestras P1 y P2 de Cororoy son superiores a 2 ppm. A continuación, en la figura V, se hace una relación de tendencia lineal entre los resultados obtenidos.

Figura V. Relación ppm/absorbancia, línea de tendencia



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, las muestras P1 y P2 de Tucán presentan niveles bajos de algún compuesto que absorben luz a la longitud de onda utilizada para la medición, con valores de absorbancia de 0,121 y 0,101, respectivamente. El protocolo interno establece un valor referencial de 1 ppm, lo que indica que los resultados de ambas muestras se encuentran con una tendencia al límite permisible de 1 ppm. Por lo tanto, se concluye que los niveles de contaminación en las muestras P1 y P2 de Tucán son inferiores a 2 ppm.

Esta información sugiere que hay una posible contaminación en las muestras P1 y P2 de Cororoy, mientras que las muestras P1 y P2 de Tucán no presentan niveles preocupantes de contaminación.

Esto puede ser un indicador de que hay una fuente de contaminación en Cororoy que debe ser investigada y abordada para proteger la calidad del agua en esa área.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos resultados son solo una instantánea en el tiempo y que los niveles de contaminación pueden variar en diferentes momentos y condiciones

ambientales. Además, la interpretación de los resultados del TPH debe ser realizada por personal especializado en la evaluación ambiental, quienes pueden utilizar esta información para determinar la fuente de contaminación y su impacto en la calidad del agua en la zona de estudio.

Tal como lo expresa Mamani y otros (2008). *“En el caso de la interpretación de los datos que revelan contenido de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) en las aguas —parámetro que no está considerado en el reglamento de la Ley de Medio Ambiente—, para efectos de comparación se asumieron los parámetros de aceites y grasas que sí figuran en el mencionado reglamento. Teóricamente, los parámetros de aceites y grasas aglutinan mayor cantidad de hidrocarburos, mientras que el TPH es más específico en cuanto a los carbonos de hidrocarburos. Se tomó en cuenta también el parámetro de hidrocarburos disueltos o emulsionados establecidos en las Directivas de la Comunidad Europea (este parámetro es prácticamente igual al TPH)”*.

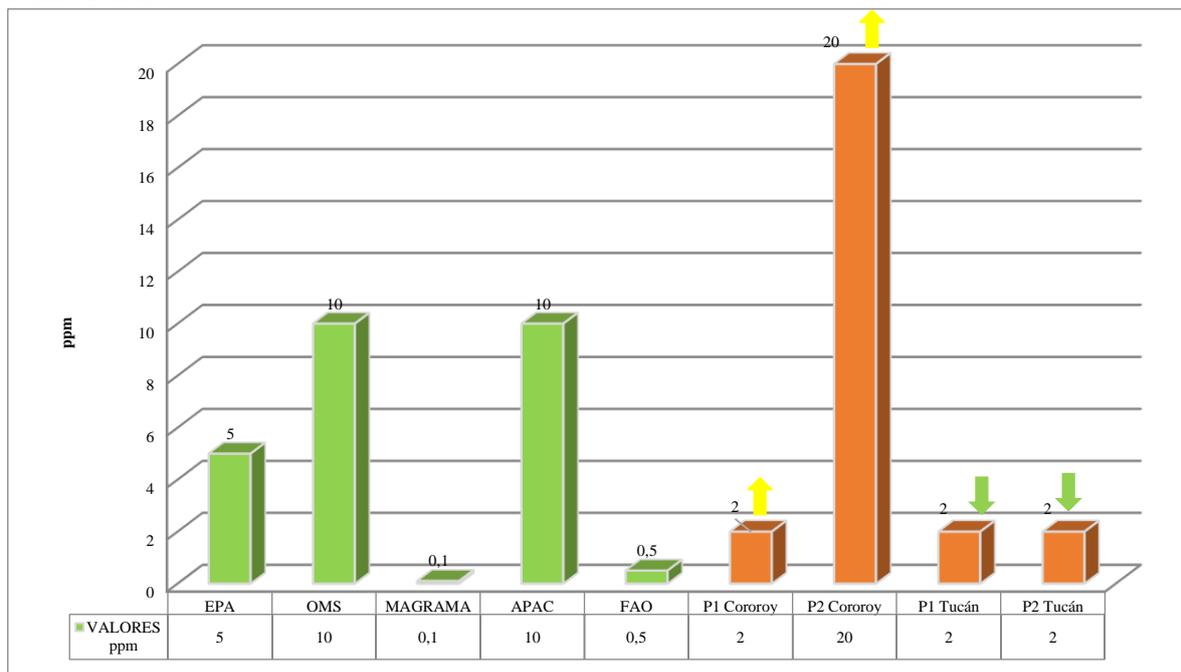
Al comparar los datos de los puntos de muestreo P1 y P2 en Cororoy y Tucán con los límites permisibles de Total de Hidrocarburos (TPH) en las aguas establecidas por diferentes organismos, podemos hacer las siguientes observaciones:

Para el punto de muestreo P1 en Cororoy, el valor de TPH es mayor que el límite permisible establecido por el MAGRAMA de 0,1 ppm, lo que indica una posible contaminación del agua en esa ubicación. Además, el valor también supera el límite establecido por la EPA de 5 ppm, lo que podría representar un riesgo para la salud humana en caso de ser agua potable.

Para el punto de muestreo P2 en Cororoy, el valor de TPH es mayor que los límites permisibles establecidos por todos los organismos de referencia, lo que indica una alta contaminación del agua en esa ubicación y la necesidad de tomar medidas inmediatas para reducir los niveles de hidrocarburos.

Para los puntos de muestreo P1 y P2 en Tucán, los valores de TPH son menores que los límites permisibles establecidos por todos los organismos de referencia, lo que indica que el agua en esas ubicaciones cumple con los estándares de calidad establecidos.

Figura VI. Comparación de los resultados obtenidos con los lineamientos referenciales de organismos internacionales



Fuente: (elaboración propia)

CONCLUSIONES.

Para abordar la posible contaminación en la zona de muestreo sobre la quebrada Cororoy, se recomienda llevar a cabo una evaluación más detallada para determinar la fuente y el alcance de la contaminación, así como implementar medidas de control y prevención para proteger la calidad del agua en esa área, las cuales deben ser implementadas de manera mensual durante el primer año de monitoreo, esto con la finalidad de conocer la continuidad de la contaminación, por otro lado este monitoreo, nos dará las pautas para implementar medidas de mitigación necesarias. También se debe considerar la posibilidad de llevar a cabo una evaluación de la calidad del agua en otras zonas cercanas para determinar si el problema se extiende más allá de Cororoy.

En cuanto a las muestras de Tucán, se recomienda continuar monitoreando la calidad del agua en esa zona para detectar cualquier cambio en los niveles de contaminación y tomar medidas preventivas si se observan niveles elevados en el futuro.

Es importante destacar que la evaluación de la calidad del agua es un proceso continuo y dinámico que requiere monitoreo regular y atención constante para proteger la salud y el bienestar de las personas y la vida silvestre que depende del agua en esas zonas. Las autoridades ambientales y los responsables de

la gestión de los recursos hídricos deben trabajar en conjunto para garantizar la protección de la calidad del agua y prevenir cualquier impacto negativo en el medio ambiente y la salud pública.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gonzáles, R., & Ríos, J. (2021). Plan de manejo del Parque Nacional y Área de Manejo Integrado Aguaragüe: Propuesta de actualización y ampliación de los límites del área protegida. Tarija, Bolivia: Gobierno Autónomo Departamental de Tarija.

Mariaca Bilbao & Enrique. (2001). PETRÓLEO EN BOLIVIA. *Temas Sociales*, (22), 13-46. Recuperado en 04 de mayo de 2023, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0040-29152001000100001&lng=es&tlng=es.

López, L. (2020). Los contratos petroleros en Bolivia: Una revisión crítica del régimen contractual de hidrocarburos. Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. Recuperado de <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/21228>

Mamani Q W. Suarez R. N. (2008) Contaminación del agua e impactos por actividad hidrocarburífera en Aguaragüe. La Paz, Bolivia.

Sánchez-Adams, J., Zavala-Nevárez, M. J., & Sánchez-Salazar, M. E. (2018). Hydrocarbon pollution in aquatic ecosystems: Sources, effects, and remediation. In *Environmental Risk Assessment of Soil Contamination* (pp. 111-133). Springer, Cham.

Ministerio de Medio Ambiente (2017). Inventariación y Caracterización de Pasivos Ambientales Hidrocarburíferos Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Aguaragüe Ministerio de Agua y Medio Ambiente. NB 512

SERNAP. Servicio Nacional de Áreas Protegidas (2008): Serranías del Aguaragüe - Estrategia de protección 2009 – 2010, Ministerio de Desarrollo Rural, La Paz.

Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos. (2012). National Primary Drinking Water Regulations: Total Petroleum Hydrocarbons (TPH). Recuperado de <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulations-total-petroleum>



Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). Guidelines for Drinking-water Quality, Sixth Edition.

Recuperado de <https://www.who.int/publications/i/item/9789240037022>

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2015). Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental en las masas de agua subterránea. BOE núm.231, 90167-90241. Recuperado de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2015/09/11/817/con>

Environment and Climate Change Canada. (2019). Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document – Petroleum Hydrocarbons (PHCs). Recuperado de <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/water-quality/drinking-water/federal-provincial-territorial-committee-drinking-water/canadian-drinking-water-quality-guidelines/guideline-technical-document-petroleum-hydrocarbons-phcs.html>

Rincón-Castro, F. J. (2014). Contaminación ambiental y salud pública. Revista Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, 62(2), 205-216.
<https://doi.org/10.15446/revfacmed.v62n2.44891>

