

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN  
**EVALUACIÓN AL PROCESO DE  
MUESTREO REALIZADO A FUENTES  
DE AGUAS SUPERFICIALES  
CONTAMINADAS CON TPH, ZONA  
CAIGUA Y LOS MONOS-VILLA  
MONTES, TARIJA**

EVALUATION OF THE SAMPLING PROCESS CARRIED OUT AT SOURCES  
OF SURFACE WATER CONTAMINATED WITH TPH, CAIGUA ZONE AND LOS  
MONOS – VILLA MONTES, TARIJA

Fecha de recepción: 12/10/2022

Fecha de aceptación: 5/12/2022

**Autor:**

**<sup>1</sup>Hoyos López Marcela Elizabeth**

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Facultad  
de Ingeniería en Recursos Naturales y Tecnología, Av.  
Víctor Paz Estensoro 149/Colon/Suipacha

Correspondencia del autor: [ingmhoyos@gmail.com](mailto:ingmhoyos@gmail.com)<sup>1</sup>,  
Cel. (+591) 76822610  
Tarija- Bolivia.

## RESUMEN

Este documento contiene un análisis descriptivo sobre la calidad de las masas de aguas superficiales de las zonas denominadas los Monos y Caigua, pertenecientes al municipio de Villa Montes, Tarija, también este documento forma parte del desarrollo de investigación de la tesis doctoral denominada "Análisis de la vulnerabilidad a la contaminación hídrica por actividades hidrocarburíferas en áreas protegidas en el subandino del Chaco-boliviano – Zona Aguaraque".

Uno de los responsables de la contaminación hídrica a nivel mundial es el negocio de los hidrocarburos, que desde su expansión estuvo en manos de transnacionales, que monopolizaron las distintas fases desde la exploración, explotación, pasando por la comercialización, transporte y distribución de petróleo y sus derivados.

En tal sentido, en el presente artículo se describirá el proceso metodológico aplicado para la visita de inspección-muestreo de las zonas denominadas Los Monos y Caigua, donde se evidenciaron grandes impactos ambientales, referidos a la contaminación de fuentes de agua a causa de los diversos afloramientos hidrocarburíferos, especialmente en la zona Caigua, donde se pudo contabilizar más de 15 afloramientos sobre el cauce de la quebrada en un radio inferior a los 100 metros.

También se describirá los afloramientos encontrados en la zona Los Monos, donde se pudo evidenciar la alta presencia de rastros hidrocarburíferos, los cuales se encuentran sobre la principal masa de agua superficial de la zona.

Los análisis aplicados fueron de dos tipologías, la primera referida a la concentración de TPH en las muestras y las segundas en parámetros físico-químicos de las masas de aguas.

## ABSTRACT

This document contains a descriptive analysis of the quality of surface water masses in the areas called Los Monos and Caigua, belonging to the municipality of Villa Montes, Tarija. This document is also part of the research development of the doctoral thesis called "Analysis of Vulnerability to water contamination due to hydrocarbon activities in protected areas in the sub-Andean Chaco-Bolivian – Aguaraque Zone".

One of those responsible for water pollution worldwide is the hydrocarbon business, which since its expansion has been in the hands of transnationals, which monopolized the different phases from exploration, exploitation, through the marketing, transportation and distribution of oil and Their derivatives.

In this sense, this article will describe the methodological process applied for the inspection-sampling visit to the areas called Los Monos and Caigua, where great environmental impacts were evidenced, referring to the contamination of water sources due to the various hydrocarbon outcrops, especially in the Caigua area, where more than 15 outcrops could be counted on the bed of the ravine in a radius of less than 100 meters.

The outcrops found in the Los Monos area will also be described, where the high presence of hydrocarbon traces could be evidenced, which are found on the main body of surface water in the area.

The analyzes applied were of two types, the first referred to the concentration of TPH in the samples and the second in physical-chemical parameters of the water bodies.

**Palabras Claves:** Masas de aguas superficiales, contaminación por TPH, muestro, hidrocarburos.

**Keywords:** Surface water masses, contamination by TPH, sampling, hydrocarbons.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los productos con TPH incluyen una variedad de mezclas que contienen de cientos a miles de compuestos de hidrocarburos, entre los que se encuentran los compuestos alifáticos y los aromáticos<sup>1</sup>.

La determinación de los hidrocarburos totales de petróleo (TPH) es usada para la evaluación de sitios contaminados por hidrocarburos. El uso de concentraciones máximas de TPH para establecer los niveles de limpieza de muestras de suelo o agua contaminados con hidrocarburos es un enfoque común implementado por autoridades reglamentarias.

En el caso del suelo, los hidrocarburos impiden el intercambio gaseoso con la atmósfera, iniciando una serie de procesos físico-químicos simultáneos, como evaporación y penetración, que, dependiendo del tipo de hidrocarburo, temperatura, humedad, textura del suelo y cantidad vertida pueden ser procesos más o menos lentos lo que ocasiona una mayor toxicidad.

Además de tener una moderada, alta o extrema salinidad, lo que dificulta su tratamiento, debido a que altos gradientes de salinidad pueden destruir la estructura terciaria de las proteínas, desnaturar enzimas y deshidratar células, lo cual es letal para muchos microorganismos usados para el tratamiento de aguas y suelos contaminados. (Siva S. y otros (2004)).

En el agua, al llegar a esta, la mancha generada por los hidrocarburos vertidos flota por diferencia de densidades impidiendo la entrada de luz y el intercambio gaseoso, dando comienzo a la solubilización de compuestos hidrosolubles y a la afección de diferentes poblaciones: la primera población afectada por un derrame es el plancton, en segundo lugar son afectados los macroinvertebrados, y la última población afectada son los Bentos o población de macroinvertebrados que viven en los fondos de los ríos y ciénagas. (Fátima B. y otros (2003)).

Los hidrocarburos son capaces de disolver los tejidos vegetales, ocasionando una reducción de la transpiración y aumento de la respiración, que finalmente lleva a la sofocación de la planta.

Algunas especies vegetales son capaces de metabolizar y acumular hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), pero estos se transforman en compuestos aún más tóxicos, carcinógenos y mutagénicos, que fácilmente ingresan a la cadena trófica por medio de animales herbívoros.

En los animales, la inhalación de los hidrocarburos más volátiles puede generar irritación de las vías respiratorias, ocasionando incluso hemorragias. La ingestión de derivados del petróleo produce en primera instancia irritación y posteriormente destrucción de los epitelios del esófago, estómago e intestinos, siendo la consecuencia más grave la aparición de gastroenteritis hemorrágica.

La impregnación total de la piel de los animales con crudo, puede generar en ellos fenómenos de alteraciones en su regulación térmica al imposibilitar el intercambio térmico corporal con el ambiente, ocasionando hipotermia, al no poder retener su calor corporal o hipertermia al no poder eliminarlo.

El simple contacto con los ojos puede originar desde irritaciones y conjuntivitis, hasta úlceras corneales. En los seres humanos la inhalación o contacto directo con hidrocarburos tienen las mismas consecuencias que para los animales, además pueden presentarse alteraciones temporales o permanentes del sistema nervioso central por la exposición prolongada a compuestos volátiles.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. PLANIFICACIÓN DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN

La planificación del proceso de investigación, corresponde al segundo periodo de ingresos planificados en la zona de interés. Por tanto, mediante coordinación con el SERNAP – Aguarague, se coordinaron actividades preliminares y protocolares para fecha 27/11/2021, siendo esta la fecha de ingreso.

Además de ello se hizo la adquisición de reactivos destinados a la cuantificación de la concentración de TPH colectado en las muestras de agua tomadas en la zona de interés, así también se hizo la coordi-

nación con el laboratorio de aguas de la Universidad Católica San Pablo de Tarija, quienes desarrollarían el proceso químico establecido para dicha cuantificación.

## 2.2. EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO

El equipo que hizo acompañamiento al proceso de investigación estaba conformado por los siguientes actores.

- ⊙ Ing. Marcela Hoyos López, doctorando en ciencias y responsable de la investigación.
- ⊙ Ing. Ruth Flores, técnico designado por el SERNAP-AGUARAGUE.
- ⊙ Univ. Gina Analía Palacios Méndez, estudiante de la carrera de Ingeniería de recursos hídricos.

## 2.3. MATERIALES USADOS PARA EL PROCESO DE MUESTREO

Se aplicó el uso de reactivos e instrumentos básicos para la aplicación de pruebas in situ para la determinación de parámetros básicos como; pH, Temperatura, Fosfatos, Nitratos, CO<sub>2</sub> y dureza respectivamente. Además de ellos se utilizaron frascos de 500 ml de color ámbar con cadena de refrigeración respectiva.

## 2.4. CRONOLOGÍA DE LA ACTIVIDAD

Siendo las 06:00 horas del día sábado 27 del mes de noviembre se inicio con el recorrido de ingreso en primera instancia del tramo Yacuiba – Villa Montes (Caigua). Ya estando en la zona (09:00 horas), se inicio con la verificación de insumos, herramientas necesarias para dar pie al desarrollo de la inspección y tomas de muestras respectivas.

### 2.4.1. CAIGUA

Estando en el primer punto con coordenadas UTM (449362 y 7662020), a 743 s.m.n.m. se pudo coleccionar la primera muestra siguiendo los lineamientos de la NB 496, siendo notoria en la zona la presencia de películas lipídicas por encima de la lámina de agua, donde aplicando los ensayos in situ se pudo obtener un rango de pH de 8,00 a 8,30, presencia

de nitratos equivalentes a 0,5 gr en 10 ml de muestra como una también una alta presencia de dióxido de carbono.

De igual manera se identificó el punto número dos, con las siguientes coordenadas; (449164 y 7662098), a 731 m.s.n.m. y obteniendo datos in situ de pH de 8,00 a 8,20, presencia de nitratos equivalentes a 0,5 gr en 10 ml de muestra como una también una alta presencia de dióxido de carbono, siendo datos muy parecidos al primer punto, cabe señalar que el radio aproximado de los puntos fue aproximadamente de 100 metros.

Posteriormente también se hizo un tercer punto de muestreo a 100 metros también del punto anterior, teniendo como resultado los mismo valores in situ. Este punto tiene como ubicación las siguientes coordenadas UTM, (449044 y 7662449).



Figura N°1 – Muestreo zona Caigua

## 2.4.2. LOS MONOS

Siendo aproximadamente las 14:00 del mismo día veintisiete de noviembre, se llegó a la zona de interés, donde de igual manera se pudo observar la alta presencia de rastros hidrocarburíferos sobre el espejo de agua de la quebrada Los Monos.

Se realizaron tres muestreos respectivos con las siguientes coordenadas, cabe señalar que el primer punto relacionado con el tercer punto de interés tiene una separación de 50 metros aproximadamente con los mismos resultados de las muestras in situ. pH de 8,00 a 8,80, presencia de nitratos equivalentes a 0,7 gr en 10 ml de muestra como una también una alta presencia de dióxido de carbono.



Figura N°2 – Muestreo zona Los monos.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

También es de mucho interés señalar que después de un largo proceso temporal, la presencia de los rastros hidrocarburíferos en las fuentes de agua es muy evidentes, tomando en cuenta que a pesar de las recomendaciones y/o denuncias por los comunarios de estas zonas, la contaminación sigue vigente y latente.

Por tanto, se sugiere realizar una interpretación posterior a los resultados de los análisis aplicados a las muestras de aguas colectadas.

Esta información debe ser considerada como punta de lanza para identificar el grado de contaminación y el alcance de la misma, ya que, como antecedentes preliminares, se sabe que los arrastres de hidrocarburos en las masas de aguas llegan hasta las comunidades de Sachapera y Los Sotos.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Podemos concluir los siguientes criterios.

### 4.1. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el periodo de realización del muestreo, este ya contempla precipitaciones y aun así se pudo evidenciar la presencia de estos rastros hidrocarburíferos.

Se recomienda hacer un seguimiento y socializar estos resultados con los comunarios y autoridades respectivas, ya que estas masas de agua son destinadas al consumo humano y riego.

### 4.2. RECOMENDACIÓN

Se recomienda hacer un análisis sobre la pluma de contaminación en las fuentes de agua superficiales.

Realizar entrevistas a los comunarios asentados sobre las riveras de estas masas de agua, ya que se debe analizar las incidencias y repercusiones en la salud de los habitantes.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 🔖 López de Mesa, J. B., Quintero, G., Guevara Vizcaíno, A. L., Jaimes Cáceres, D. C., Gutiérrez Riaño, S. M., & Miranda García, J. (2016). Bio-remediación de suelos contaminados con hidrocarburos derivados del petróleo.
- 🔖 Siva S, Brett R, Tessa M, Vogeler I, Clothier B, Grant L. Northcott and Don McNaughton. Bio-remediation of soils contaminated with organic compounds. 2004. En: [http://www.regional.org.au/au/asssi/supersoil2004/pdf/1455\\_sivakumarans.pdf](http://www.regional.org.au/au/asssi/supersoil2004/pdf/1455_sivakumarans.pdf).
- 🔖 Fatima B, Flavio A, Oliveira C, Benedict O, William T. Bioremediation of soil contaminated by diesel oil. *Brazilian Journal Microbiology*. 2003;34(1)