

REVISTAS.UNAMAD.EDU.PE



Revista **Biodiversidad** Amazónica

Volumen 1, Número 1. Año 2022.

 La producción científica de la UNAMAD
a disposición de la comunidad académica y científica



**Universidad Nacional
Amazónica de Madre de Dios**

© **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**

Instituto de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente
Av. Jorge Chávez N° 1160, Puerto Maldonado - Perú

Editor Dirección de Institutos de Investigación, Universidad Nacional
Amazónica de Madre de Dios

Editorial Universidad Nacional de Madre de Dios

**Diseño de
la portada** Lic. Manuel Angel Rojas Torres

Volumen 1, Número 1, Año 2022

DOI: <https://doi.org/10.55873/rba>

e-ISSN: 2810-8752

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2022-XXXX

Puerto Maldonado - Perú

Revista Biodiversidad Amazónica

e-ISSN: 2810-8752

DOI: 10.55873/rba

Vol. 1 • Número 1

Enero - Junio 2022

Puerto Maldonado - Perú

Enfoque y propósito

La Revista Biodiversidad Amazónica es publicación científica arbitrada, disciplinaria, de acceso abierto, patrocinada por el Vicerrectorado de Investigación y editada por la Dirección de Institutos de Investigación en coordinación con el Instituto de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Puerto Maldonado, Perú.

La Revista Biodiversidad Amazónica publica artículos originales e inéditos que contribuyan al conocimiento científico en áreas temáticas de las disciplinas de Biología, Bioquímica, Genética, Botánica, Ecología, Geociencias, Geología y Ciencias Ambientales. Sólo se aceptan artículos en español, enviados por la plataforma OJS siguiendo las normas indicadas en las Directrices para autores.

Periodicidad

Publicación semestral (enero-junio y julio-diciembre), en su versión Online.

Dirección de contacto

fondoeditorial@unamad.edu.pe

Telf: (+51) 942855797

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios

Instituto de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente

Puerto Maldonado, Perú.

Revista Biodiversidad Amazónica

e-ISSN: 2810-8752
DOI: 10.55873/rba

Vol. 1 • Número 1
Enero - Junio 2022
Puerto Maldonado - Perú

Equipo editorial

Editor jefe

 M. Sc. Liset Rodríguez Achata
lrodriguez@unamad.edu.pe
Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios
Perú

Comité editorial

 Dr. Gabriel Alarcón Aguirre
galarcon@unamad.edu.pe
Universidad Nacional Amazónica de
Madre de Dios
Perú

 Dr. German Heber Correa Nuñez
gcorrea@unamad.edu.pe
Universidad Nacional Amazónica de
Madre de Dios
Perú

 M. Sc. Edgar Rafael Julian Laime
ejulian@unamad.edu.pe
Universidad Nacional Amazónica de
Madre de Dios
Perú

Comité científico

 Dr. Gabriel Emilio Vargas Arana
gvargas@iiap.gob.pe
Universidad Nacional de la Amazonía
Peruana
Perú

 Dr. Juan Carlos Rodríguez Reyes
fjcrodriguez@utec.edu.pe
Universidad de Ingeniería y Tecnología
Perú

 Dr. Julio Manuel Araujo Flores
araujojm@wfu.edu
Asociación Centro de Innovación
Científica Amazónica
Perú

 Dr. Miguel Jiménez Carrión
mjimenezc@unp.edu.pe
Universidad Nacional de Piura
Perú

 M. Sc. Ronad Corvera Gomringer
rcorvera@iiap.org.pe
Instituto de Investigaciones de la
Amazonía Peruana
Perú

 M. Sc. Leoncio Julio Ugarte Guerra
coordinadorbm@bosques.gob.pe
Universidad Nacional Agraria
La Molina
Perú

 M. Sc. Miguel Ángel Vizcardo
Cornejo
mvizcardoc@unsa.edu.pe
Universidad Nacional de San Agustín
de Arequipa
Perú

**Gestor de la
revista**

 **M. Sc. Edgar Rafael Julian Laime**
ejulian@unamad.edu.pe
Universidad Nacional Amazónica de
Madre de Dios
Perú

Autoridades

Rector

 **Dr. Hernando Hugo Dueñas Linares**
hduenas@unamad.edu.pe

**Vicerrectora de
Investigación**

 **Dra. Luz Marina Almanza Huamán**
lalmanza@unamad.edu.pe

**Vicerrector
Académico**

 **Dr. Joab Maquera Ramirez**
jmaquera@unamad.edu.pe

Índice general

Editorial	La producción científica de la UNAMAD a disposición de la comunidad académica y científica The scientific production of UNAMAD available to the academic and scientific community <i>Liset Rodríguez-Achata</i> e173
Artículos originales	Obtención de colágeno a partir de subproductos de Paco (<i>Piaractus brachyomus</i>) Obtaining collagen from by-products of Paco (<i>Piaractus brachyomus</i>) <i>María Isabel Cajo-Pinche, Javier Eduardo Díaz-Viteri, Yban Vílchez-Navarro, Pedro Saul Montalvoan-Apolaya</i> e148
	Impacto ambiental de los residuos sólidos en una Universidad Amazónica Peruana Environmental impact of solid waste in a Peruvian Amazon University <i>Yolanda Paredes-Valverde, Rosel Quispe-Herrera, Jhon Roque-Huamani, Rosell Darwin Quispe-Paredes</i> e165
	Diagnóstico económico de plantas medicinales en el distrito de Tambopata Economic diagnosis of medicinal plants in the district of Tambopata <i>Yolanda Paredes-Valverde, Rosel Quispe-Herrera, Abelardo Quispe-Herrera, José Carlos Belisario-Ferrel</i> e167
	Evaluación ambiental de la calidad del agua en pozas formadas por trabajos de extracción de minería no metálica, Madre de Dios Environmental evaluation of the water quality in pools formed by non-metallic mining extraction works, Madre de Dios <i>Elmo Luque-Quino, Liset Rodríguez-Achata</i> e170
	Actividad minera y suelos contaminados en el sector de km 100 La Pampa región Madre de Dios Mining activity and contaminated soils in the sector of km 100 La Pampa region Madre de Dios <i>Lastenia Cutipa-Chávez, Virne Mego-Mego, Jaime Cuse-Quispe, Miguel Chávez-Pinchi, Jesualdo Mamani-Condori, Javier Galindo-Pacherres, Janet Gonzales Bellido</i> e172



La producción científica de la UNAMAD a disposición de la comunidad académica y científica

The scientific production of UNAMAD available to the academic and scientific community

Liset Rodríguez-Achata ¹

¹ Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Puerto Maldonado, Perú

Recibido: 15/12/2021

Aceptado: 05/01/2022

Publicado: 25/01/2022

*Autor de correspondencia: lrdriguez@unamad.edu.pe

El Instituto de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente, creado por Ley N°27297, desde su instauración ha sentado las bases para que, dentro de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios en base a los lineamientos de la Ley Universitaria N°30220, priorice, planifique, promueva, ejecute y monitoree proyectos de investigación científica y tecnológica (Cervantes Liñán et al., 2019). Este año presentamos a la comunidad local, nacional e internacional el volumen 1 número 1 de su revista “Biodiversidad Amazónica”. La comunidad universitaria en general da reconocimiento al esfuerzo e interés que han puesto los editores y autores de los artículos que aquí se divulgan.

La Revista Científica Biodiversidad Amazónica es un soporte en la difusión del conocimiento local y regional sobre avances de investigación de ciencia, tecnología e innovación.

La finalidad de la Revista Científica es contar con un órgano de difusión científica del Instituto de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, a través de la edición y publicaciones de proyectos de investigación ejecutados por profesionales destacados en el ámbito local, regional y nacional en las áreas de ciencias naturales con las disciplinas de biología, bioquímica, genética, botánica, ecología, geociencias, geología y ciencias ambientales, que contribuyan a la región de Madre de Dios.

Conflicto de intereses

El autor declara no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias bibliográficas

Cervantes Liñán, L., Bermúdez Díaz, L., & Pulido Capurro, V. (2019). Situación de la investigación y su desarrollo en el Perú: reflejo del estado actual de la universidad peruana. *Pensamiento & Gestión*, 46, 311-322. <https://doi.org/10.14482/PEGE.46.7615>



Artículo original / Original article

Obtención de colágeno a partir de subproductos de Paco (*Piaractus brachypomus*)

Obtaining collagen from by-products of Paco (*Piaractus brachypomus*)

María Isabel Cajo-Pinche ^{1*}; Javier Eduardo Díaz-Viteri ¹; Yban Vílchez-Navarro ¹
; Pedro Saul Montalvan-Apolaya ¹

¹ Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Puerto Maldonado, Perú

Recibido: 02/11/2021

Aceptado: 10/12/2021

Publicado: 25/01/2022

*Autor de correspondencia: mcajo@unamad.edu.pe

Resumen: Madre de Dios, departamento amazónico del Perú presenta restingas y bajiales ofreciendo oportunidades para el desarrollo de la acuicultura, sin embargo, a medida que se incrementa el número de acuicultores el precio de peces disminuirá. Por ello se planteó la obtención de colágeno a partir de la piel de paco (*Piaractus brachypomus*), a través de dos métodos de; extracción con ácido acético a 45 °C por 12 horas en la etapa de extracción y relación materia prima: agua: 1:10 y 1:22, obteniéndose mayor rendimiento en la relación 1:22. Para el segundo método de extracción con hidróxido de sodio, ácido sulfúrico y ácido cítrico, a 45 °C por 12 horas en la etapa de extracción, y relación de materia prima: agua: 1:10 y 1:22, mejor rendimiento con la relación 1:10; además con este segundo método las características organolépticas del colágeno son mejores.

Palabras clave: ácido acético; ácido sulfúrico; colágeno; paco; piel

Abstract: Madre de Dios, Amazonian department of Peru, presents restingas and shallows offering opportunities for the development of aquaculture, however as the number of aquaculturists increases, the price of fish will decrease. For this reason, the obtaining of collagen from the skin of paco (*Piaractus brachypomus*) was proposed, through two methods of; extraction with acetic acid at 45 °C for 12 hours in the extraction stage and raw material: water ratio: 1:10 and 1:22, obtaining a higher yield in the 1:22 ratio. For the second method of extraction with sodium hydroxide, sulfuric acid and citric acid, at 45 °C for 12 hours in the extraction stage, and ratio of raw material: water: 1:10 and 1:22, better performance with the ratio 1:10; In addition, with this second method, the organoleptic characteristics of the collagen are better.

Keywords: acetic acid; collagen; paco; skin; sulfuric acid

1. Introducción

El paco (*Piaractus brachypomus*) es una especie cuya distribución está comprendida en toda la extensión de la cuenca Amazónica. Es una de las especies más grandes de los peces dulceacuícolas de Sudamérica (Chaverra Garcés et al., 2017). Habita los cuerpos de agua de la Amazonía, los adultos realizan migraciones laterales y longitudinales; en el primer caso, desde la planicie de inundación hacia el canal principal; en el segundo, a lo largo del canal principal. Realiza, además, otra migración corta, de carácter reproductivo, hacia las áreas de mezcla de aguas en la confluencia de los ríos. Las larvas inician su fase de alimentación en los remansos de los ríos, en zonas con abundante vegetación en proceso de descomposición, que propicia una alta productividad de microorganismos planctónicos. Los alevinos realizan migraciones para alcanzar nuevos ambientes laterales en los que viven hasta alcanzar su estado adulto (López & Anzoátegui, 2012).

La gelatina es un biopolímero de gran importancia con aplicación en la industria de alimentos, industria farmacéutica, cosmética e industria fotográfica. Es uno de los agentes más versátiles utilizados en la elaboración de alimentos debido a que mejora las propiedades de los alimentos tales como la elasticidad, consistencia y estabilidad, logrando una mejora también en la percepción de “derretimiento en la boca”. Generalmente la gelatina es obtenida de la piel o el colágeno de los huesos del bovino o el porcino mediante la aplicación de un tratamiento ácido o básico (Labeaga Viteri, 2018).

Para los propósitos industriales, la principal fuente de gelatina proviene de bovinos y porcino (animales de sangre caliente) y ésta se caracteriza y aprecia por su alto punto de fusión y gelificación, mayor al de los peces de agua fría, sin embargo, existen muchos problemas sanitarios producidos por el uso de residuos de animales de sangre caliente. Por otra parte, enfermedades infectocontagiosas, así como la enfermedad de las vacas locas, *Spongiform encephalopathy Transmisible* (TSE), y la enfermedad de la boca (FMD) en los cerdos y ganado ha limitado el uso de colágeno derivado de estos animales para los propósitos industriales ya que podrían transmitir sus enfermedades al ser humano (Gudmundsson & Hafsteinsson, 1997).

La industria de los alimentos se encuentra en constante evolución con la finalidad de obtener productos nuevos y aprovechar eficientemente los recursos naturales (Valenzuela B. & Valenzuela B, 2015). En ese sentido se han desarrollado diferentes investigaciones orientadas a aprovechar eficientemente los recursos ictiológicos orientados a la alimentación de productos frescos o en conservas, así como también aprovechar los residuos que no pueden ser destinados directamente a la alimentación (Scartascini, 2012).

Madre de Dios como todo departamento amazónico presenta condiciones limitadas para el desarrollo de la agricultura pues cultivos anuales se ven afectados por los regímenes irregulares de lluvia y el nivel de los ríos los cuales constituyen una fuente importante de riesgo para el empresario productor.

El uso de restingas y bajiales ofrece oportunidades para el desarrollo de la acuicultura como actividad económica importante para la población, así como en una fuente importante para la alimentación del poblador amazónico, sin embargo, a medida que se incremente el número de empresarios acuícolas los precios de los productos tendrán tendencia a bajar de precio, disminuyendo la rentabilidad del cultivo. Es por ello que es necesario que los centros de investigación y las universidades promuevan investigaciones a cerca de la generación del valor agregado de la producción y la búsqueda del aprovechamiento eficiente del recurso (Medina Coronado, 2018).

Dentro de las alternativas para la incorporación de valor agregado se encuentran las industrias de la conserva de pescado, así como también la obtención de colágeno a partir de la piel y los huesos de algunas especies ictiológicas que sirve como aditivos de gran importancia en la

industria farmacéutica y alimentaria, especialmente en la industria de los productos cárnicos, vitivinícola, pastelería, confitería, etc.

La gelatina es un biopolímero más importante con aplicaciones en los alimentos pues mejora las propiedades de los alimentos tales como la elasticidad, consistencia y estabilidad logrando una mejora también en la percepción, es usado también en productos farmacéuticos, cosmética e industria fotográfica

La gelatina es una molécula proteica que forma las fibras colágenas que sirven de agente ligante en productos cárnicos, agente precipitante de polifenoles en vino tinto y como agente gelificante y aglutinante en la confitería.

Con la ejecución del proyecto se pretendió proponer alternativas tecnológicas para el aprovechamiento del colágeno a partir de la piel de paco el cual se convertiría en una alternativa para la mejora de vida tanto de productores, de la industria de alimentos, así como de la población en general. Siendo el objetivo Obtener colágeno a partir de los subproductos de paco (*Piaractus brachypomus*).

2. Materiales y métodos

2.1. Métodos

Previamente a la implementación de los métodos de extracción de colágeno se realizó:

2.1.1. Análisis de la materia prima

Se realizó los análisis fisicoquímicos de la materia prima y de la piel con escamas, empleando métodos recomendados por (A.O.A.C., 1990) referidos a el análisis de ceniza, humedad, método termo gravimétrico, proteína total, extracto etéreo.

2.1.2. Preparación de la muestra

Las pieles con escamas previamente congeladas o refrigeradas se acondicionaron realizando previamente un proceso de descongelación, y sometida a un lavado para eliminar posibles impurezas, luego ello se cortó en tiras de 4 o 5 cm de ancho para reducir el tamaño, facilitando la manipulación y el almacenamiento.

Luego se realizó el envasado y almacenado en bolsas de polietileno de aproximadamente 500g y 1 000g, para ser congelados en forma seccionada hasta su posterior tratamiento.

2.1.3. Métodos de extracción

a. Extracción con ácido acético

El proceso se encuentra esquematizado en el flujo de la figura 1.

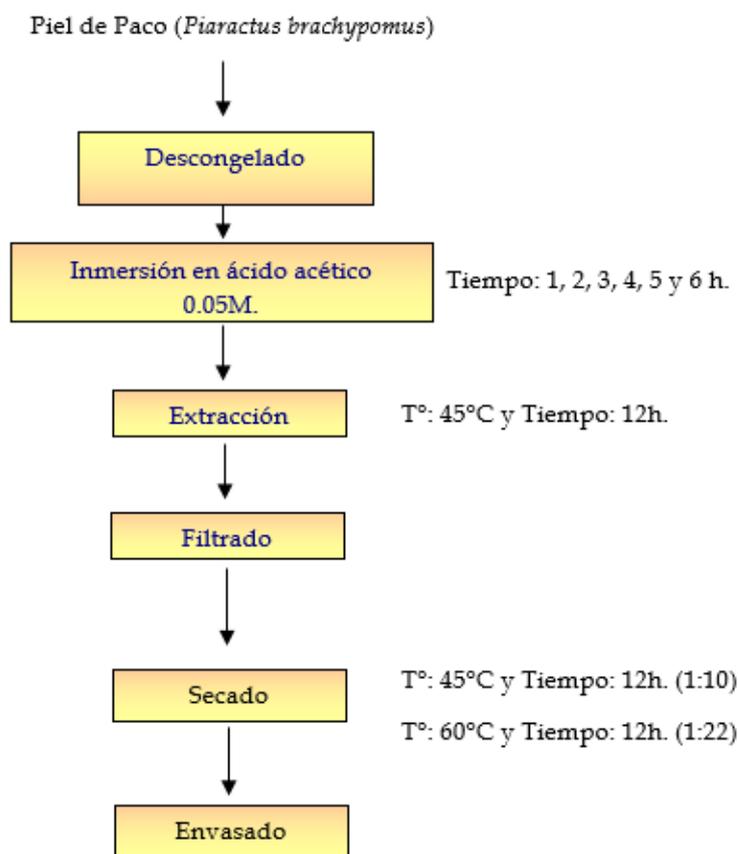


Figura 1. Extracción con Ácido Acético

Materia Prima. Se descongeló la piel con escamas previamente lavadas y cortadas.

Pre tratamiento. Se remojó la piel en ácido acético 0.05 en una proporción de 35g de piel por 350ml de solución, por tiempo de remojo de 1, 2, 3, 4, 5 y horas.

Extracción. Luego del pretratamiento las muestras se depositaron en vasos de precipitado para iniciar la extracción que consiste en someter el producto a 45°C por 12 horas en baño isotérmico con agua desionizada en proporciones de 1:10 y 1:22

Filtrado. La etapa de filtrado se realizó con embudo Büshner con papel filtro Whatman N° 4.

Secado. La solución se deshidrató con aire caliente de 45°C para la proporción 1:10 y de 60°C para la proporción 1:22, ambos por 12 horas.

Envasado. Se pesaron las muestras y se envasaron en bolsas de polietileno.

b. Extracción con Hidróxido de sodio, ácido sulfúrico y ácido cítrico.

Según el método recomendado por (Gudmundsson & Hafsteinsson, 1997).

Al igual que la metodología anterior la piel debe de ser descongelada, cortada y lavada, el proceso se esquematiza en la figura 2:

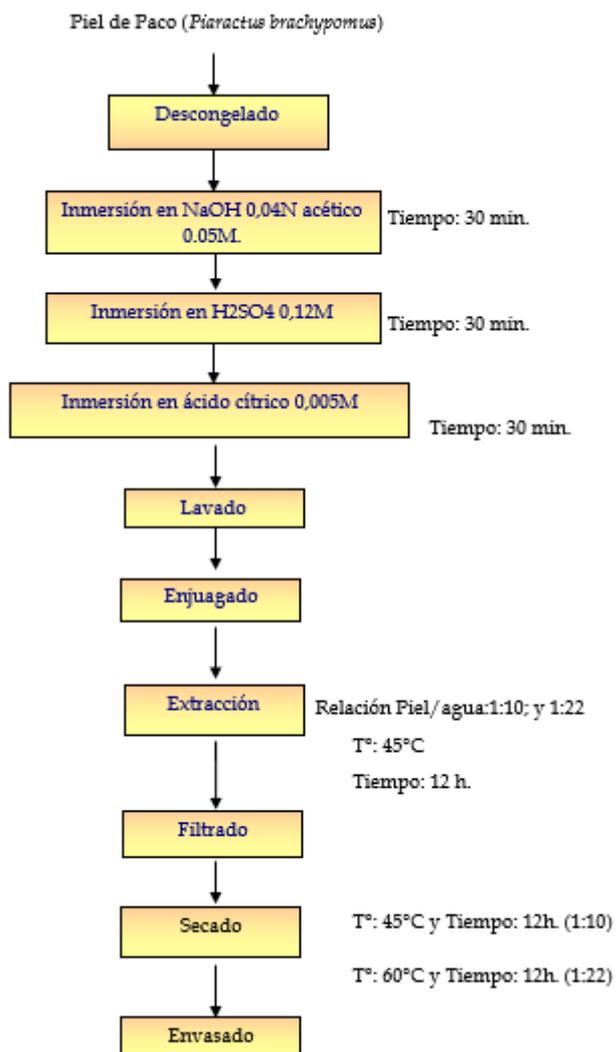


Figura 2. Extracción con Hidróxido de sodio, ácido sulfúrico y ácido cítrico

Pretratamiento. Las muestras tendrán el siguiente tratamiento antes de la extracción:

- 1 Kg de piel debe remojar en 3 Litros de Hidróxido de Sodio 0.04N durante 30 minutos, luego lavar y enjuagar con agua desionizada.
- Remojar en tres litros de ácido sulfúrico 0.12M durante 30 minutos, luego lavar y enjuagar en agua desionizada.
- La piel debe ser tratada con ácido cítrico 0.005M durante 30 minutos, luego lavar y enjuagar con agua desionizada

Extracción. Se debe realizar con agua desionizada en baño isotérmico

Filtrado, Secado y Envasado. Similar al método anterior.

2.1.4. Análisis del producto Final

La gelatina seca debe someterse a los siguientes análisis:

- Humedad pro el método Termo gravimétrico.
- Rendimiento.
- Análisis organoléptico.

3. Resultados y discusión

Tabla 1. Análisis físico químico de paco en 100 g. de muestra

Análisis	(%)
humedad	79.0
ceniza	1.4
proteína	18.6
grasa	1.0

En el cuadro N° 01 se puede observar que paco contiene mayor porcentaje de proteína con un valor de 79.0 %, lo cual coincide con quienes obtuvieron 79.3% y 79.2 % de proteína respectivamente.

3.1. Extracción con ácido acético

Tabla 2. Análisis físico químico de paco en 100 g. de muestra

Tiempo de Inmersión (h)	Extracción con Ácido Acético									
	1:10 (P/V)					1:22 (P/V)				
	T1(g)	T2(g)	T3(g)	X(g)	Rendimiento (% base seca)	T1(g)	T2(g)	T3(g)	X(g)	Rendimiento (% base seca)
1	4.03	4.011	4.04	4.03	11,51	2.30	2.33	2.33	2.32	13,26
2	3.02	3.04	3.025	3.03	8,66	1.82	1.80	1.85	1.82	10,40
3	2.90	2.80	3.00	2.90	8,29	1.69	1.73	1.72	1.71	9,77
4	2.95	2.80	2.90	2.88	8,23	1.65	1.63	1.66	1.65	9,43
5	2.58	2.585	2.59	2.59	7,40	1.64	1.62	1.625	1.63	9,31
6	2.5	2.455	2.47	2.48	7,09	1.47	1.45	1.47	1.46	8,34
Promedio					8.53	Promedio				10.09

Para la extracción con ácido acético se observa que en la relación materia prima: agua: 1:22, se obtiene mayor cantidad de gelatina que con la relación materia prima: agua: 1:10, en el observa el rendimiento promedio de gelatina de 10.09% en base seca; así mismo, se puede ver que en menor tiempo de Inmersión en ácido acético es mayor el porcentaje de colágeno para ambas relaciones. Dueik González & Mariotti Celis, (2005), en la extracción de gelatina a partir de piel de salmón atlántico (*Salmo salar*), utilizando ácido acético; con tiempo de remojo de: 1, 2, 3, 4, 5 y 6 horas y la proporción de la materia prima: agua: 1:10 y 1:22; obtuvieron mayor rendimiento de gelatina con la relación 1:22.

Se puede suponer que la molécula de gelatina a una relación materia prima: agua: 1:10, es capaz de retener más agua, y que a una proporción de 1.22, absorbe demasiado líquido, no pudiendo retener más en su matriz.

El análisis de los rendimientos, se realizó por medio de una ANOVA de dos vías para las variables tiempo de remojo de ácido acético, y la relación materia prima: agua a un nivel de significancia de 5%. La variable tiempo de remojo en ácido acético resulto no tener un efecto no significativo en el rendimiento. Similar comportamiento tuvo la proporción materia prima: agua. También se encontró, que a medida que aumenta la proporción materia prima: agua, aumenta los rendimientos, siendo mayores, en la proporción: 1:22, que en la relación 1:10.

Tabla 3: Extracción con hidróxido de sodio, ácido sulfúrico y ácido cítrico

Componentes							
Extracción con Hidróxido de Sodio, Ácido Sulfúrico y Ácido Cítrico							
1:10 (P/V)				1:22(P/V)			
T1(g)	T2(g)	T3(g)	X(g)	T1(g)	T2(g)	T3(g)	X(g)
21.75	21.78	21.77	21.77	12.45	12.48	12.46	12.46
Rendimiento (%base seca)				Rendimiento (%base seca)			

Para la extracción con hidróxido de sodio, ácido sulfúrico y ácido cítrico a temperatura de 45°C, 12 horas y la proporción de la materia prima: agua: 1:10 y 1:22; se observa que en la relación materia prima: agua: 1:10, se obtiene mayor cantidad de gelatina que con la relación materia prima: agua: 1:22, obteniéndose el rendimiento promedio de gelatina de 17.27% en base seca; (Dueik González & Mariotti Celis, 2005), en la extracción de gelatina a partir de piel de salmón atlántico (*Salmo salar*), combinación de hidróxido de sodio, ácido sulfúrico y ácido cítrico, trabajaron a temperaturas entre 45-65 °C, tiempos de 4 y 12 horas y la proporción de la materia prima: agua: 1:5.5, 1:10 y 1:22; obteniendo mayor rendimiento con la relación 1:10, a temperatura constante de 58 °C.

Tabla 4. Análisis físico químico de paco en 100 g. de muestra

Características organolépticas	Extracción con Ácido Acético	Extracción con Ácido Acético
Olor	Característico a pescado	Característico a pescado, pero en menor intensidad
Color	Amarillo claro opaco	Marfil claro translúcida

El mejor aspecto en el método de extracción con hidróxido de sodio, ácido sulfúrico y ácido cítrico, se debe al mayor lavado que se realiza por este método a comparación de la extracción con ácido acético que solo se hace un lavado. Otra causa es que el ácido acético al ser un ácido débil no es capaz de eliminar los pigmentos que están presente en la piel del paco (*Piaractus brachypomus*).

4. Conclusiones

La gelatina con mejores características organolépticas se obtuvo por el método de extracción con hidróxido de sodio, ácido sulfúrico y ácido cítrico; con color marfil claro translúcida y con olor Característico a pescado, pero en menor intensidad, casi imperceptible

El rendimiento de obtención de gelatina fue mayor por el método extracción con hidróxido de sodio, ácido sulfúrico y ácido cítrico, que por el método de extracción con ácido acético

La relación de variable para el mayor rendimiento fue: 45°C por 12 horas en la etapa de extracción y relación materia prima: agua: 1:22, para el método extracción con ácido acético.

La relación de variable para el mayor rendimiento fue: 45°C por 12 horas en la etapa de extracción y relación materia prima: agua: 1:10, para el método extracción con hidróxido de sodio, ácido sulfúrico y ácido cítrico.

Financiamiento

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Resolución N° 023-2011-UNAMAD-CU. 18 de setiembre del 2012.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Contribución de autores

C-P, M. I: conceptualización, análisis formal, investigación, escritura (preparación del borrador final), supervisión.

D-V, J. E: investigación, metodología, curación de datos.

V-N, Y: investigación, curación de datos.

M-A, P. S: investigación, visualización.

Referencias bibliográficas

- A.O.A.C. (1990). *Official Methods of Analysis* (W. D. Association of Official Analytical Chemist (ed.); 15th Edition).
- Chaverra Garcés, S. C., García González, J. J., & Pardo Carrasco, S. C. (2017). Efectos del biofloc sobre los parámetros de crecimiento de juveniles de cachama blanca *Piaractus brachyomus*. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 12(3), 170–180. <https://doi.org/10.21615/CESMVZ.12.3.1>
- Dueik González, V. P., & Mariotti Celis, M. S. (2005). *Optimización de la extracción de gelatina de desechos de Salmón del Atlántico (Salmo salar L.), su caracterización, diseño de planta y evaluación económica* [Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105471>
- Gudmundsson, M., & Hafsteinsson, H. (1997). Gelatin from cod skins as affected by chemical treatments. *Journal of Food Science*, 62(1), 37–39. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.1997.TB04363.X>
- Labeaga Viteri, A. (2018). *Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones* [Universidad Nacional de Educación a Distancia (España). Facultad de Ciencias. Departamento de Química Inorgánica e Ingeniería Química]. <http://e-spacio.uned.es/fez/view/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga>
- López, P., & Anzoátegui, D. (2012). Crecimiento del híbrido Cachamoto (*Colossoma Macropomum* x *Piaractus Brachyomus*) en un sistema de recirculación de agua. *Zootecnia Tropical*, 30(4), 351–360. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692012000400006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Medina Coronado, D. (2018). El rol de las universidades peruanas frente a la investigación y el desarrollo tecnológico. *Propósitos y Representaciones*, 6(2), 703–737. <https://doi.org/10.20511/PYR2018.V6N2.244>
- Scartascini, F. L. (2012). Primeras tendencias ictioarqueológicas en la localidad Bajo de La Quinta, Río Negro, Argentina. *Intersecciones En Antropología*, 13(2), 315–326. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-373X2012000200001&lng=pt&nrm=iso&tlng=es
- Valenzuela B., A., & Valenzuela B, R. (2015). La innovación en la industria de alimentos: Historia de algunas innovaciones y de sus innovadores. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(4), 404–408. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182015000400013>



Artículo original / Original article

Impacto ambiental de los residuos sólidos en una Universidad Amazónica Peruana

Environmental impact of solid waste in a Peruvian Amazon University

Yolanda Paredes-Valverde ^{1*}; Rosel Quispe-Herrera ¹; Jhon Roque-Huamani ¹;
Rosell Darwin Quispe-Paredes ²

¹ Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Puerto Maldonado, Perú

² Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú

Recibido: 10/11/2021

Aceptado: 17/12/2021

Publicado: 25/01/2022

*Autor de correspondencia: yparedes@unamad.edu.pe

Resumen: El estudio de caracterización de residuos sólidos es una herramienta que proporciona información básica los residuos sólidos, que permite diseñar técnicas en sistemas de almacenamiento, barrido, recolección, transporte y disposición. El objetivo fue realizar el estudio de impacto ambiental que producen los residuos sólidos en la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Realizamos la recolección de datos durante los meses de junio - julio del 2019, en puntos de acopio en los pabellones A, B, clasificamos en forma manual los componentes de los residuos sólidos y pesaron para su cuantificación correspondiente; para el procedimiento sistemático y simplificado de la evaluación de los impactos ambientales de mayor significancia, desarrollamos la matriz multidimensional de Leopold. Los resultados del estudio muestran que los plásticos, papeles y restos de alimentos son los componentes mayoritarios. Concluimos que los restos de alimentos producen mayor impacto en el ambiente.

Palabras clave: caracterización; componentes mayoritarios; matriz multidimensional

Abstract: The solid waste characterization study is a tool that provides basic information on solid waste, which allows the design of techniques in storage, sweeping, collection, transport and disposal systems. The objective was to carry out the environmental impact study produced by solid waste in the Amazonian National University of Madre de Dios. We carried out the data collection during the months of June - July 2019, at collection points in pavilions A, B, we manually classified the components of solid waste and weighed them for their corresponding quantification; for the systematic and simplified procedure of evaluating the most significant environmental impacts, we developed the Leopold multidimensional matrix. The results of the study show that plastics, paper and food remains are the main components. We conclude that food remains produce a greater impact on the environment.

Keywords: characterization; majority components; multidimensional matrix

1. Introducción

El interés por el medio ambiente se incrementa día a día, y hace que diversos sectores de la sociedad se interesen por proponer acciones y programas relacionados con la temática ambiental. Fenómenos como el cambio climático, generados mayoritariamente por acciones antropogénicas, han provocado una creciente preocupación mundial por el futuro y sostenibilidad del planeta. (Álvarez-Lires et al., 2017)

La educación promueve actitudes favorables al medio ambiente; entonces las universidades deben ser el mejor ejemplo de producción mínima de residuos sólidos y deberían contar con un plan integral de manejo de residuos. Esto no parece ser la norma, pues muchas universidades carecen de una adecuada educación ambiental, con lo que se producen muchos residuos y no existen sistemas adecuados para manejarlos, ni siquiera la segregación. (Pacheco et al., 2012), numerosas investigaciones en generación y reciclaje de residuos sólidos han sido llevados a cabo por universidades de todo el mundo (Ruiz Morales, 2012). Además, implementar un plan de acción que involucre a los miembros de la comunidad universitaria permite minimizar los residuos sólidos (Olaguez-Torres et al., 2019), y la estrategia principal es la reutilización. (Atherton & Giurco, 2011), así mismo contribuye con la gestión responsable e integral. (Rojas-Vargas et al., 2018)

Los residuos sólidos de mayor presencia son la materia orgánica, plásticos, y vidrios, siendo los residuos sólidos orgánicos los de mayor porcentaje y responsables de olores ofensivos que presentan mayor impacto en el ambiente. (Guloso & Vega, 2011). En general las instituciones de educación superior congregan una gran cantidad de personas, por ello son consideradas como fuentes de alta tasa de generación de residuos sólidos, por lo que requieren de contar con estrategias y protocolos perfectamente establecidos que garanticen el manejo correcto de los residuos sólidos, para evitar la problemática que generan y los riesgos que representan tanto a la salud pública como al medio ambiente (Vera Toledo et al., 2016).

La Universidad Nacional amazónica de Madre de Dios, alberga alrededor de 4500 personas: Estudiantes, Docentes, Trabajadores Administrativos y eventuales como los trabajadores de Construcción, que generan residuos sólidos de diferentes tipos que producen impacto ambiental, dada la importancia de tener espacios limpios y ambientados (jardines, lugares de esparcimiento, entre otros), que forman profesionales con conciencia ambiental, sin embargo, se observa una mala la gestión de los residuos sólidos que hace necesario implementar correctivos para mejorar la calidad educativa y dotar de un ambiente más saludable para los miembros de la comunidad universitaria en especial a los estudiantes.

La implementación de una estrategia que mejore la gestión de residuos sólidos en la universidad demandará personal capacitado y comprometido con el buen desarrollo del programa, así como también los miembros de la comunidad universitaria deberán estar receptivos al tema del cuidado ambiental y participar activamente en la gestión de los residuos sólidos en el campus universitario. La generación de residuos sólidos por día es de 300 kg/día. (Dato proporcionado por la oficina de servicios generales - UNAMAD).

En los últimos años se puede observar con preocupación el incremento de residuos sólidos generando incluso focos de contaminación poniendo en riesgo la salud de los miembros de la comunidad universitaria.

Si bien es cierto que se han adoptado algunas medidas para prevenir las descargas de plásticos y otros desechos en lugares y objetos especialmente acondicionados para este fin, sin embargo, se nota desechos sólidos tirados hasta en forma indiscriminada a lo largo de toda la ciudad universitaria, para lo cual se planteó realizar el estudio de impacto ambiental cualitativo que producen los residuos sólidos en la comunidad universitaria.

2. Materiales y métodos

La población de estudio fueron los residuos sólidos presentes en la infraestructura de la ciudad universitaria de la Universidad nacional Amazónica de Madre de Dios y debido a la existencia de pocos puntos de acopio (tachos) la muestra estuvo representada por toda la población.

La caracterización y cuantificación de los residuos sólidos totales se realizó conforme a la normatividad peruana vigente (Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos), con un muestreo no probabilístico (Otzen & Manterola, 2017), entre junio y julio de 2019. Durante el estudio se analizaron, los residuos sólidos generados diariamente por los miembros de la comunidad universitaria de los pabellones A y B, durante las actividades académicas.

El procedimiento de análisis desarrollado para este estudio del impacto ambiental consiste en elaborar la matriz de (Leopold Lb et al., 1971) que contiene: (1) Calificación de impactos; (2) Cálculo de Magnitud e Importancia; y (3) Evaluación de los impactos. La calificación de impactos, comprende la asignación de valores a cada impacto que realiza el grupo de trabajo con base a la escala de valores preconcebidos para cada variable. Para la definición de esta escala se tomó como criterio el hecho de que todos los valores que intervienen en los cálculos realizados, se derivan de la escala construida con los valores de 1 a 3 para la valoración de los impactos. El cálculo de la Magnitud e Importancia se traza una diagonal en las cuadrículas donde se interceptan con la acción.

3. Resultados y discusión

3.1. De la caracterización de los residuos sólidos

La recolección de datos se realizó durante los meses de junio y julio del 2019, en los puntos de acopio, es decir en los tachos ubicados y distribuidos estratégicamente en los pabellones A, B, locales desinados a la parte administrativa. Los resultados obtenidos se describen en la tabla 1:

Tabla 1. Tipos de Residuos

Residuos sólidos	Cantidad (kg)	Porcentaje (%)
Restos de comida	94.2	14.9
plásticos	279.75	44.4
papeles	151.8	24.1
cartones	87.1	13.8
madera	14.25	2.3
vidrio	0.5	0.1
focos de iluminación	1	0.2
impresoras	2	0.3
TOTAL	630.6	100

Según los resultados que nos muestra la tabla 1 podemos mencionar que los plásticos son los residuos que se encuentran en mayor porcentaje (44.4%), debido a que estos materiales son los que se utilizan en mayor proporción en el expendio de alimentos, principalmente como envases para refrescos, u otras bebidas, porque son fáciles y muy versátiles para su uso y su eliminación, sin embargo son muy perjudiciales para el ambiente por su acumulación y mala disposición final por parte de los usuarios.

Los papeles (24.1%) y cartones (13.8%) son los residuos de considerable presencia, debido a la naturaleza propia de la universidad, que es una institución académica, donde los papeles y derivados son utilizados, por ejemplo, en el mismo proceso de aprendizaje de los estudiantes, son quienes representan el mayor porcentaje de los miembros de la comunidad universitaria.

Los restos de comida que esta presentado por un 14.9%, son los residuos que podrían representar de mayor riesgo ambiental, porque son los más susceptibles a generar focos y vectores (concentración de moscas, roedores, u otros insectos que podrían ser portadores de enfermedades dérmicas, gastrointestinales) de mayor impacto al ambiente, por su facilidad de descomponerse más aún porque la ciudad universitaria se sitúa en la selva baja cuya temperatura promedio es 28°C y una humera relativa mayor a 90%.

Los restos de comida son producto del consumo como refrigerios principalmente de los estudiantes, problema que se hace crítico por la mala disposición final de estos, que son en la mayoría de los casos arrojados en forma irresponsable en lugares no adecuados.

La presencia de estos residuos sólidos se hacen aún más perjudiciales debido a la poca o nada conciencia ambiental que muestran los usuarios, a pesar de tener aptitudes y actitudes ambientales muy elevados, pero como las actitudes son adquiridos o influenciados por la misma sociedad que presentan comportamientos muy agresivos frente a la conservación ambiental, un trato inadecuado de los desechos con respecto al ambiente, el servicio de recojo insuficiente y una cultura de manejo de los residuos sólidos irresponsable y no sostenible (Oldenhage, 2016). Sin embargo, Pacheco et al. (2012) mencionan que, la educación promueve actitudes favorables al medio ambiente; entonces las universidades deben ser el mejor ejemplo de producción mínima de residuos sólidos y deberían contar con un plan integral de manejo de residuos. Esto no parece ser, pues existen universidades carecen de una adecuada educación ambiental, con lo que se producen muchos residuos y no existen sistemas adecuados para manejarlos, ni siquiera la segregación.

Las numerosas investigaciones en generación y reciclaje de residuos sólidos han sido llevados a cabo por universidades de todo el mundo en años recientes (Morales Ruiz, 2011), buscando implementar un plan de acción que involucre a los miembros de la comunidad universitaria y permitir minimizar los residuos sólidos (Olaguez-Torres et al., 2019), y en la mayoría de los casos, la estrategia principal es la reutilización (Atherton & Giurco, 2011), que contribuye con la gestión responsable e integral (Rojas-Vargas et al., 2018).

Los resultados obtenidos del presente trabajo de investigación son también reportados por Márquez y rosado (2011) que, al realizar el estudio de clasificación y valoración de impacto de los residuos sólidos generados en las playas de Riohacha, desde Valle de los Cangrejos hasta el Barrio Marbella el resultado de los materiales que registraron fue mayor presencia de materia orgánica, plásticos, misceláneos y vidrios, siendo los residuos sólidos orgánicos los que obtuvieron mayor porcentaje, así mismo, Gullosa & Vega (2011) reportan que, los residuos sólidos de mayor presencia son la materia orgánica, plásticos, y vidrios, siendo los residuos sólidos orgánicos los de mayor porcentaje y responsables de olores ofensivos que presentan mayor impacto en el ambiente.

Ruiz Morales (2012), encontró que, el 52 % del residuo generado es susceptible al proceso de composteo, 27 % es material reciclable y únicamente el 21 % es residuo que se destinaría a relleno sanitario. El porcentaje de residuos totales aprovechados actualmente en la IBERO asciende a 26.23 %, se recicla el 100 % del residuo de jardinería, el 1 % del residuo alimenticio, el 23 % del papel, el 16.5 % del cartón, el 1.8 % de las botellas de PET y el 4 % de las latas de aluminio.

Las prácticas ambientales positivas se asocian con un mayor nivel académico. Una mejor educación promueve actitudes favorables al medio ambiente; entonces las universidades deben ser el mejor ejemplo de producción mínima de residuos sólidos y deberían contar con un plan integral de manejo de residuos. Esto no parece ser la norma, pues hay universidades carecen de una adecuada educación ambiental, con lo que se producen muchos residuos y no existen sistemas adecuados para manejarlos, ni siquiera la segregación (Pacheco et al., 2012).

El primer paso que deben dar las universidades es conocer el tipo de problema con el que lidian y para ello es necesario que conozcan la cantidad y el tipo de residuos que están generando, pues la caracterización de los residuos es el primer paso que se debe dar para plantear un sistema de

gestión integral de residuos. La caracterización de los residuos sólidos debe indicar la cantidad de residuos generados, lo que tiene relación directa con el tamaño de la población, pues una población mayor genera mayor cantidad de residuos sólidos, es por ello que un buen indicador de la producción de residuos puede darse a través del índice denominado promedio per cápita de generación de residuos sólidos (Armijo de Vega et al., 2006).

3.2. De la determinación del impacto ambiental generados por los residuos sólidos

Los resultados se muestran en la tabla 2:

Tabla 2: Impactos en el almacén temporal de residuos solidos

Componentes	Factores impactantes	Residuos sólidos contaminantes					
		Restos de comidas	Plásticos	Papeles	Cartones	Madera	Otros
Contaminación del agua superficial	Color	-2/1	-1/1	-1/1	-1/2	-1/1	-1/1
	Olor	-3/2				-1/1	
	Presencia de aguas contaminadas	-3/3	-3/2				
Contaminación atmosférica	Humo	-1/2	-3/3	-3/2	-3/3	-2/2	-1/1
	Olores	-3/3	-3/3		-1/1	-1/1	
	Presencia de partículas/restos		-1/1	-1/1			
Magnitud	Negativos (-)	-12	-11	-5	-5	-5	-2
		80.0	73.3	55.6	55.6	41.7	33.3
	Categoría del impacto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Bajo
	Positivos (+)	0	0	0	0	0	0
Importancia		11	10	4	6	5	2
		73.3	66.7	44.4	66.7	4.7	33.3
		Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Bajo

Ponderaciones de impactos			
Impacto débil	1		
Impacto medio	2	Impacto positivo	+
Impacto fuerte	3	Impacto negativo	-

Importancia del impacto	
Importancia baja	1
Importancia medio	2
Importancia alta	3

De la tabla 2 se deduce que los residuos sólidos correspondientes a restos de comidas y plásticos son los que producen mayor impacto a ambiente, los restos de comidas por su facilidad para descomponerse que generan focos y vectores de contaminación tanto a la atmosfera como a las aguas superficiales, los plásticos por su acumulación y componentes altamente tóxicos al ser quemados.

La ubicación de los puntos de acopio (tachos) de almacenamiento temporal cerca a las aulas es donde se originan la mayor cantidad de residuos sólidos y son depositados sin segregarse los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, esta acción se encuentra fuera del contexto de la Ley General de Residuos Sólidos (Ley 27314), su reglamento (DS 057-2004-PCM) y la Norma Técnica Peruana NTP 900.058:2005 que regula el uso de recipientes para cada tipo de residuos sólidos (López & Purihuahán, 2018).

El inadecuado manejo integral de los residuos sólidos generan impactos ambientales muy altos; donde se ven afectados el aire por la generación de olores putrefactos producto de la descomposición de los residuos sólidos orgánicos que son los que más se producen, al paisaje (contaminación visual) por la acumulación en lugares inapropiados, al agua por vertimientos de estos al sistema de alcantarillado y en menor grado pero significativo a la salud de los actores principales (habitantes), por reproducción excesiva de animales infecto contagiosos. Para contribuir con la disminución de la contaminación en este lugar; se propone un programa de actividades dirigidos a: aplicación de bonos, educación ambiental, diseño de rutas de evacuación

para los residuos, almacenamiento selectivo, instalación de un centro de acopio y fomentar la formación de una organización comunitaria que ejerza la actividad de rescate y aprovechamiento de residuos sólidos (López Rivera, 2009).

4. Conclusiones

Los residuos sólidos de mayor porcentaje son los plásticos, papeles, cartones y restos de comidas y los que generan mayor impacto ambiental de forma cualitativa son los plásticos, papeles, cartones, madera y restos de comidas.

Financiamiento

Ninguno.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Contribución de autores

P-V, Y: conceptualización, análisis formal, investigación, escritura (preparación del borrador final), supervisión.

Q-H, R: investigación, metodología, curación de datos.

R-H, J: investigación, curación de datos.

Q-P, R. D: investigación, visualización.

Referencias bibliográficas

- Álvarez-Lires, M. M., Arias-Correa, A., Lorenzo-Rial, M. A., & Serrallé-Marzoa, Y. F. (2017). Educación para la Sustentabilidad: Cambio Global y Acidificación Oceánica. *Formación Universitaria*, 10(2), 89–102. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000200010>
- Armijo de Vega, C., Ojeda-Benítez, S., Ramírez-Barreto, E., & Quintanilla-Montoya, A. (2006). Potencial de reciclaje de los residuos de una institución de educación superior: el caso de la Universidad Autónoma de Baja California. *Ingeniería*, 10(3), 13–21. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46710302>
- Atherton, A., & Giurco, D. (2011). Campus sustainability: Climate change, transport and paper reduction. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 12(3), 269–279. <https://doi.org/10.1108/14676371111148054>
- Guloso, E. M., & Vega, J. R. R. (2011). Clasificación e impacto ambiental de los residuos sólidos generados en la playas de Riohacha, La Guajira, Colombia. *Revista Facultad de Ingeniería*, 60, 118–128. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43021583011>
- Leopold Lb, Clarke Fe, Hanshaw Bb, & Balsley. (1971). Procedure for evaluating environmental impact. *US Geological Survey Circular*, 2.
- López, M., & Purihuamán, C. (2018). Impacto Ambiental generado por el botadero de residuos sólidos en un caserío de la ciudad de Chota - Perú. *UCV HACER - Revista de Investigación y Cultura*, 7(2), 25–34. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6586430>
- López Rivera, N. (2009). *Propuesta de un programa para el manejo de residuos sólidos en la plaza de Cerete - Cordoba* (Issue 5). Universidad Pontificia Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/6132>

- Olaguez-Torres, E., Espino-Román, P., Acosta-Pérez, K., & Méndez-Barceló, A. (2019). Plan de acción a partir de la percepción en estudiantes de la Universidad Politécnica de Sinaloa ante el reciclaje de residuos sólidos y la Educación ambiental. *Formacion Universitaria*, 12(3), 3–14. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062019000300003>
- Oldenhage, F. (2016). Propuesta de un programa de gestión para mejorar el manejo de los residuos sólidos en el distrito de San Juan de Miraflores. *Industrial Data*, 19(2), 07–12. <https://doi.org/10.15381/idata.v19i2.12810>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *Int. J. Morphol*, 35(1), 227–232. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Pacheco, R., Espinoza, J., Arévalo, W., & Iglesias, S. (2012). Caracterización del problema de la Gestión de Residuos Sólidos En La Unmsm. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*, 14(27). <https://doi.org/10.15381/iigeo.v14i27.691>
- Rojas-Vargas, J., Bogantes, J., Rojas-Vargas, J., & Bogantes, J. (2018). Cuantificación y caracterización de los residuos sólidos ordinarios de la Universidad Nacional de Costa Rica, dispuestos en rellenos sanitarios. *Uniciencia*, 32(2), 57–69. <https://doi.org/10.15359/RU.32-2.4>
- Ruiz Morales, M. (2012). Caracterización de residuos sólidos en la Universidad Iberoamericana, Ciudad de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(1), 93–97. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000100008
- Vera Toledo, P., Nájera Aguilar, H. A., García Lara, C. M., & Solís López, M. (2016). Manejo de residuos sólidos no peligrosos en una institución de educación superior. *Revista Espacio I+D Innovación Más Desarrollo*, 5(12), 90–103. <https://doi.org/10.31644/imasd.12.2016.a06>



Artículo original / Original article

Diagnóstico económico de plantas medicinales en el distrito de Tambopata

Economic diagnosis of medicinal plants in the district of Tambopata

Yolanda Paredes-Valverde ^{1*}; Rosel Quispe-Herrera ¹; Abelardo Quispe-Herrera ¹
; José Carlos Belisario-Ferrel ¹

¹ Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Puerto Maldonado, Perú

Recibido: 16/11/2021

Acceptado: 23/12/2021

Publicado: 25/01/2022

*Autor de correspondencia: yparedes@unamad.edu.pe

Resumen: En el distrito de Tambopata no existe institución alguna dedicada a la comercialización, solo a la investigación en plantas medicinales. Por ello, el objetivo de la investigación fue determinar el mercado de las plantas medicinales en el Distrito de Tambopata de la Región de Madre de Dios. El estudio fue tipo y nivel de investigación descriptivo, aplicamos los métodos: analítico, explicativo, estadístico y bibliográfico, la muestra estuvo constituida por 227 demandantes, 29 ofertantes y 15 instituciones. Los resultados de la investigación muestran, que los demandantes compran las plantas como alternativa para el tratamiento de una dolencia o enfermedad; los ofertantes tienen un grupo de ocho plantas que presentan mayor salida en el mercado como el caso de la "uña de gato", donde el 86.2% ofertan el producto; para el caso de las instituciones solo el 40% de las estudiadas se encuentran involucradas al trabajo con plantas medicinales. Concluimos que la comercialización de plantas medicinales en el distrito de Tambopata es de manera informal y empírica en cuanto a su precio, cantidad demandada y cantidad ofrecida.

Palabras clave: comercio; medicina alternativa; productos naturales

Abstract: In the district of Tambopata there is no institution dedicated to marketing, only to research on medicinal plants. Therefore, the objective of the research was to determine the market for medicinal plants in the Tambopata District of the Madre de Dios Region. The study was descriptive type and level of research, we applied the methods: analytical, explanatory, statistical and bibliographic, the sample consisted of 227 applicants, 29 providers and 15 institutions. The results of the investigation show that the plaintiffs buy the plants as an alternative for the treatment of an illness or disease; the bidders have a group of eight plants that have the highest output in the market, such as the case of "cat's claw", where 86.2% offer the product; In the case of institutions, only 40% of those studied are involved in working with medicinal plants. We conclude that the commercialization of medicinal plants in the district of Tambopata is informal and empirical in terms of its price, quantity demanded and quantity supplied.

Keywords: alternative medicine; natural products; commerce

1. Introducción

Los productos naturales de origen vegetal son recursos renovables de múltiple uso para el hombre. Le proporcionan alimentos para la subsistencia, fibras textiles para vestirse, material para construir sus viviendas, son fuente importante de una gran variedad de principios activos que son utilizados en la medicina tradicional para el tratamiento de una gran variedad de enfermedades, conocimientos que fueron transmitidos de generación en generación (Calderón Soto, 2019).

Las plantas de uso medicinal son aquellas que tienen capacidad de producir principios activos que pueden alterar o modificar el funcionamiento de órganos o sistemas del cuerpo humano, ejerciendo una acción farmacológica que sirve como medicamento para aliviar enfermedades o restablecer el equilibrio orgánico, bajo dosis apropiadas (Heisler, 2015). Gallegos-Zurita, (2016) define a los medicamentos herbarios como productos medicinales acabados y etiquetados cuyos ingredientes activos están formados por partes aéreas o subterráneas de plantas, u otro material vegetal, o combinaciones de éstos, en estado bruto o en forma de preparaciones vegetales.

Por material vegetal se entiende jugos, resinas, ácidos grasos, aceites esenciales y cualquier otra sustancia de naturaleza semejante. Los medicamentos herbarios pueden contener excipientes además de los ingredientes activos. Si el material vegetal se combina con sustancias activas definidas desde el punto de vista químico, inclusive constituyentes de plantas aislados y químicamente definidos, no se consideran medicamentos herbarios (Avello & Cisternas, 2010).

Se estima que las ventas de hierbas medicinales pasaron de US\$ 12.500 millones en 1994 a US\$ 30.000 millones en 2000, lo que representa tasas de crecimiento anual de 5% a 15%, según las regiones. En los países desarrollados, y sobre todo en Europa y Estados Unidos, el mercado de hierbas medicinales está muy reglamentado (Palabaş Uzun & Koca, 2020). La creciente demanda mundial de plantas medicinales ha generado un tráfico sostenido y esencialmente clandestino de materiales vegetales extraídos irregularmente en los países en desarrollo, cuya biodiversidad se ha visto considerablemente dañada por la recolección indiscriminada de especies silvestres. Por lo mismo dada la falta de registros de una gran parte de los intercambios, resulta imposible evaluar cabalmente el comercio mundial de plantas medicinales (Zhang et al., 2021).

En el Perú, Lima es el centro más importante en cuanto a procesamiento y comercialización de plantas de uso medicinal. Por el tamaño de su población, unida a la del Callao, constituyen el mayor potencial de demanda del país. Existe una numerosa cantidad de empresas ligadas a esta actividad, como laboratorios, procesadoras, exportadoras, distribuidoras, casas naturistas, farmacias y otros. Por lo general, las plantas son compradas como materia prima por las empresas en la ciudad de Lima, para su respectiva transformación y posterior venta a los consumidores del mercado nacional o al internacional (Silva Alarcón et al., 2019). Sin embargo, el sistema de comercialización es más complejo donde intervienen laboratorios, procesadores primarios (entendiéndose como aquéllos que se limitan a secar, limpiar y estandarizar el tamaño de la materia prima, llegando algunos hasta la molienda), distribuidores, puntos de venta y exportadores.

A nivel nacional, al inicio de la década del 90, el rubro de plantas medicinales comienza a tomar importancia económica. En el futuro esta actividad puede constituirse en una buena fuente de divisas para el país, así como ocupar una gran cantidad de mano de obra, que son problemas actuales del Perú y donde, además se adolece de una política adecuada para la solución de los mismos. Los empresarios se involucran en la actividad de plantas medicinales por diversos motivos; unos aprecian que es buen negocio, por la demanda creciente de este tipo de productos; otros por tener alguna relación con familiares o de amistad que consumen productos naturales y/o practican la medicina tradicional, y finalmente quienes dicen que lo hacen por tener amplia experiencia en el rubro (Huamantupa et al., 2011).

Los principales centros de producción de plantas medicinales están en la selva centro del país, siendo la uña de gato la planta que más significativamente se comercializan. Sin embargo, en todo

el país, el flujo de comercialización está representado por tres niveles: la producción, el acopio y procesamiento y el mercado objetivo, se realiza informalmente.

En el distrito de Tambopata no se ha documentado estudios sobre el diagnóstico económico de plantas medicinales, como consecuencia se tiene un desconocimiento de las posibilidades económicas que brinda esta actividad extractiva y mínimamente productiva de plantas medicinales, sumándose a esta, la falta de conocimiento del potencial económico en el mercado local, nacional e internacional.

La falta de información económica conlleva a que los actuales comercializadores se constituyan en simples recolectores y no productores, además es costumbre en la Amazonía comercializar en bruto y no con valor agregado. Consideramos que el diagnóstico económico ayudará a los pobladores en mejorar su extracción, procesamiento y comercialización de las plantas medicinales y en consecuencia el incremento de sus ingresos económicos que ayudará a mejorar su calidad de vida.

Es por ello, que el objetivo de la investigación fue determinar el mercado de las plantas medicinales en el Distrito de Tambopata de la Región de Madre de Dios.

2. Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se enmarca dentro de un tipo y nivel de investigación descriptivo, aplicándose los métodos: analítico, explicativo, estadístico y bibliográfico. La investigación se realizó en el Distrito de Tambopata de la Región de Madre de Dios, en los lugares de: Infierno, Chonta, Isuyama, Bajo Tambopata, La joya, Tres Islas, Túpac Amaru, Puerto Unión, Alto pastora, Alto chorrillos, Alta Cachuela, Cachuela, Rompeolas, Otilia y El Prado.

Para el desarrollo de la investigación se tomaron las siguientes muestras y casos de investigación:

- a. Demandantes; constituidos por los habitantes de distrito de Tambopata que asiente a 88945 según datos reportados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), del cual mediante formular se obtuvo una muestra de 227 individuos.
- b. Ofertantes; Los ofertantes están constituidos por los recolectores, curanderos o chamanes, acopiadores y comercializadores de plantas medicinales del distrito de Tambopata, de los cuales no se encontró un registro oficial en la Municipalidad de Tambopata, Registros públicos y padrón de los diferentes mercados (Mercado modelo, Padre Aldamiz, mil ofertas, Mishaja en Meshi, mercado central), por este motivo solo se tomó 29 casos de estudio.
- c. Instituciones; Este rubro se tomó encuentra con el objeto de determinar que instituciones tienen relación con plantas medicinales, no encontrándose un registro oficial, se tomó 15 casos para el estudio correspondiente.

Durante el desarrollo del trabajo se ha recabado información a través de:

La revisión bibliográfica, antecedentes, encuestas, guía de observación y entrevistas a demandantes, ofertantes e instituciones, empleando el método analítico, explicativo y comparativo, con un enfoque mixto de la investigación, que implica un proceso de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio para responder al planteamiento del problema.

3. Resultados y discusión

3.1. De los demandantes

3.1.1. Preferencias en el tratamiento de una dolencia o enfermedad

La preferencia es la elección de una mejor alternativa para el tratamiento de una dolencia o enfermedad de una persona, en base a sus conocimientos y costumbres, en nuestro ámbito de estudio encontramos dos formas de tratamiento uno mediante plantas y otro con medicinas.

Según la figura 1, podemos mencionar que el 55.95% de los pobladores del distrito de Tambopata prefieren tratar sus dolencias o enfermedades con plantas medicinales, debido a que se ubican en una zona con una alta biodiversidad, rica en plantas medicinales, además se cuenta con personas que tienen conocimientos de medicina tradicional. El 34.36% recurren para su tratamiento a medicamentos debido a su efecto inmediato que estos tienen y al gran respaldo científico.

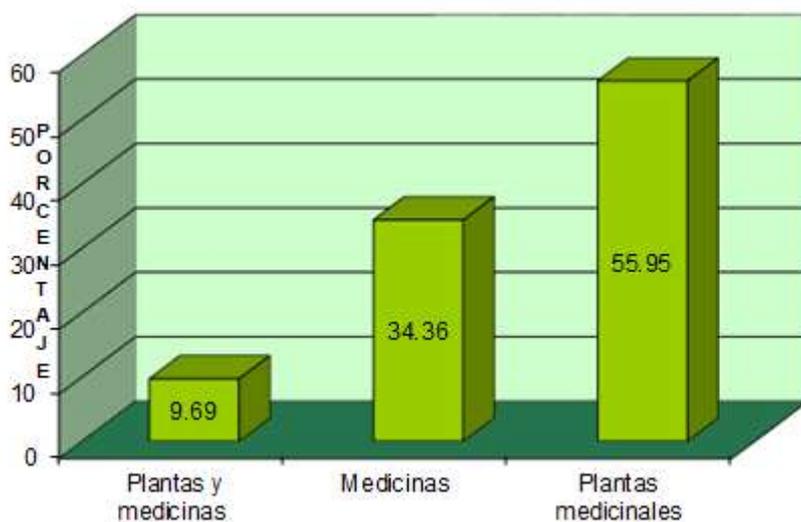


Figura 1. Preferencias en el tratamiento de una dolencia o enfermedad de las personas

3.1.2. Recomendación del uso de plantas medicinales

La recomendación es el acto de aconsejar a una persona sobre el uso de plantas medicinales para su mejor tratamiento de una dolencia o enfermedad.

En la figura 2 se observa que el 54% y 32% de las personas que más recomiendan el uso de plantas medicinales son los familiares y amigos respectivamente, porque son ellas las que están directamente relacionadas con la persona que tiene dolencia o enfermedad y no representa costo alguno, y solo el 14% recurre a un curandero debido a que estas personas poseen conocimientos sobre la medicina natural por ende tienen confiabilidad.

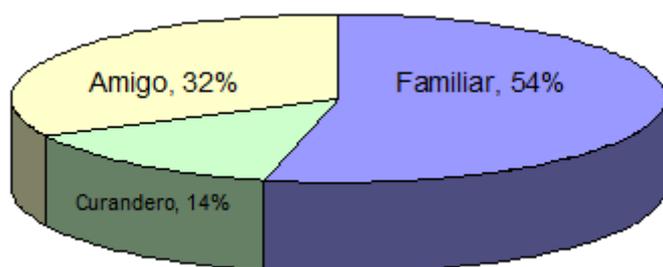


Figura 2. Quien le recomendó el uso de las plantas medicinales

3.1.3. Adquisición de plantas medicinales

La adquisición es conseguir por algún medio las plantas medicinales deseadas en un lugar determinado. Por su naturaleza amazónica del distrito de Tambopata gran parte de su geografía está representada por los bosques dentro de los cuales se encuentra las plantas medicinales, por consiguiente, este es el medio inmediato de contar con este recurso por parte de las personas que la necesitan, los otros medios de conseguir las plantas medicinales son mediante un amigo y un

local de ventas, debido a que las personas que lo requieren no conocen o no tienen tiempo, representado en la figura 3.

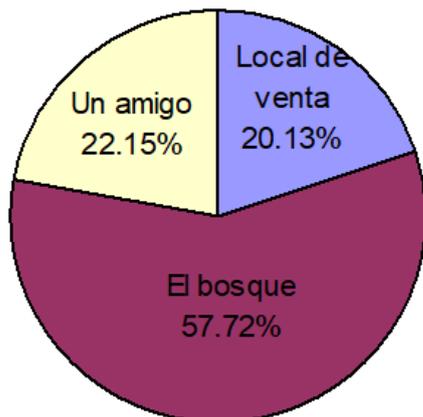


Figura 3. Donde consiguió la planta medicinal

3.1.4. Edad de las personas que usan plantas medicinales

La edad es uno de los aspectos que se toma en cuenta en la población en el uso de plantas medicinales, según la figura 4 el 45% está representado por un rango de 21-40 años de edad de la población que trata su dolencia o enfermedad con plantas medicinales, población representada posiblemente por trabajadores dedicados al sector minero, forestal (maderera), agricultura, pesca y caza, actividades económicas que se realiza fuera de la ciudad en donde no se cuenta con centros de salud adecuados para el tratamiento de sus dolencias o enfermedades; el 26% representados por personas de 0-20 años y el 24% son mayores de 41 años.

3.2. De los ofertantes

3.2.1. Plantas medicinales que se ofertan

En el análisis de los ofertantes se tomaron los siguientes aspectos:

La oferta es el conjunto de bienes o mercancías que se presentan en el mercado con un precio concreto y en un momento determinado.

En el distrito de Tambopata los ofertantes dedicados a la medicina tradicional ofrecen especies medicinales de origen vegetal y animal, como se muestra en tabla 1:

Tabla 1. Información recolectada de las plantas medicinales

Planta	Parte	Enfermedad	Precio	Cantidad	V/sem*.
Abuta	corteza	diabetes, anemia, cólicos menstruales, colesterol	s/.1.00	1 atado	3
Achiote	hojas	congestión intestinal, estreñimiento, vómitos	s/.1.00	1 atado	2
	semilla	quemaduras	S/. 2.00		
	raíz	Riñones	S/. 30.00	1 bolsa	
	corteza	Diarrea	s/.1.00	1 atado	3
Ajo sachá	pulpa	bronquios, resfrió, artritis	S/. 3.00	1 Kg.	2
	fruto	Artritis	S/. 8.00	1 Kg.	1
	extracto	Hígado	S/. 25.00	1 pomo	
Arcania	tallo	Catarata	S/. 50.00	1 pomo	
Berbena	corteza	Cólicos	S/. 1.00	1 atado	2
Caña braba	hoja	Asma	S/. 1.00	1 atado	4

Capirona	corteza	sicratizante, sarna, infecciones oculares	S/. 1.00	1 atado	2
Cedro	corteza	leismaniasis, diarrea	S/. 1.00	1 atado	4
Chanca piedra	hojas	Hígado	S/. 1.00	1 manojo	1
Chuchuhuasi	corteza	problemas audicolares, resfrió, diarrea	S/. 10.00	1 Kg.	5
Clavo huasca	corteza	Impotencia	S/. 1.00	1 atado	2
Cocona	fruto verde	Diabetes	S/. 0.50	unidad	2
Cola de caballo		tuberculosis y hemorroides, inflamaciones	s/.1.00	1 manojo	4
Copaiba	resina	asma, hongos, heridas, inflamaciones, cáncer, próstata, infecciones, tos	S/. 5.00	1 botella	1
Eucalipto	hojas	Gripe	S/. 1.00	1 ramo	5
Hierva santa	hoja	inflamaciones, caspa	S/. 1.00	1 ramo	2
Huito	fruto	Manchas	S/. 2.00	1 kg	1
	corteza	caspa, cáncer, antiabortivo, sarampión, asma	S/. 1.00	1 atado	2
	extracto	Cáncer	S/. 50.00	1 botella	
Llanten	hoja	inflamaciones, leismaniasis	S/. 1.00	1 manojo	2
Maca	bulbo	anemia, esterilidad, imsonio			
Malva	resina	estreñimiento, tos, golpes	s/. 5.00	1 botella	1
Malva	hojas	Infecciones	S/. 1.00	1 ramo	3
Manzanilla	entera	Relajante	S/. 1.00	1 manojo	3
Mata palo	resina	Golpes	S/. 5.00	1 botella	2
Miel de abeja**		Bronquios			
Nashionaste	resina	golpes, infecciones	S/. 5.00	1 botella	3
Oje	resina	desparacitaión, purgante, lesmaniasis	S/. 5.00	1 botella	3
Ortiga blanco	hojas	sedante, demencia	S/. 1.00	1 manojo	2
Paico	hoja	desparacitaión	S/. 2.50	1 ramo	1
	corteza	diabetes, acidez	S/. 1.00	1 atado	2
Papaya	fruto verde	Asma	S/. 0.50	unidad	3
Pijhuayo	extracto	caída de cabellos	S/. 20.00	1 botella	
Piñon blanco	corteza	diarrea infantil	S/. 1.00	1 atado	2
Piñon negro	corteza	Diarrea	S/. 1.00	1 atado	5
Pipa	corteza	Ulceras, inflamación	S/. 9.00	1kg	2
Quina quina	corteza	paludismo, golpes	S/. 1.00	1 atado	3
Raíz de barbasco	raíz	Sarna	S/. 5.00	200g	2
Raíz de huasaí	raíz	Riñón	S/. 10.00	500g	2
Renaquilla	resina	hinchazón, luxación, golpes	S/. 5.00	1 botella	1
Romero	hojas	caída de cabellos	S/. 1.00	1 manojo	2
Sábila	hojas	acné varices, infecciones a los ojos	S/. 1.00	1 atado	2
Sacha culantro	hoja	Vómitos	S/. 0.50	1 atado	3
Sangre de grado	corteza	quemaduras, heridas	S/. 1.00	1 atado	2
	resina	Cicatrizante, paludismo	S/. 5.00	1 botella	1
Sano sano	tallo	Infecciones, artritis, inflamaciones	S/. 1.00	1 atado	3
	corteza	reumatismo	S/. 1.00	1 atado	1

Tahuari	corteza	tumores, tos, gripe, cálculos biliares	S/. 1.00	1 atado	2
Teta de vaca	corteza	Llagas	S/. 1.00	1 atado	3
Toé	hoja	malaria, susto	S/. 1.00	1 ramo	1
Ubos	fruta	flujo vaginal	S/. 2.00	1 kg	2
	corteza	tuberculosis, úlceras	S/. 1.00	1 atado	2
Uña de gato	corteza	cáncer a la próstata, heridas, hemorroides, inflaciones, paludismo,	S/. 1.00	1 atado	3
Uva de monte	corteza	Infecciones	S/. 10.00	1kg	2
Valeriana	hojas	estrés, epilepsia, imsonio, corazón	S/. 1.00	1 atado	2
Yahuar piri piri	corteza / hoja	Hemorragia intestinal	S/. 1.00	1 atado	2
Zarza parrilla	corteza	purificación de la sangre	S/. 10.00	1kg	1

* venta por semana

** de origen animal

3.2.2. Plantas de mayor oferta

Dentro de los 29 casos estudiados de los locales de ofertas podemos manifestar que existen plantas medicinales de mayor oferta, como se muestra en la figura 5.

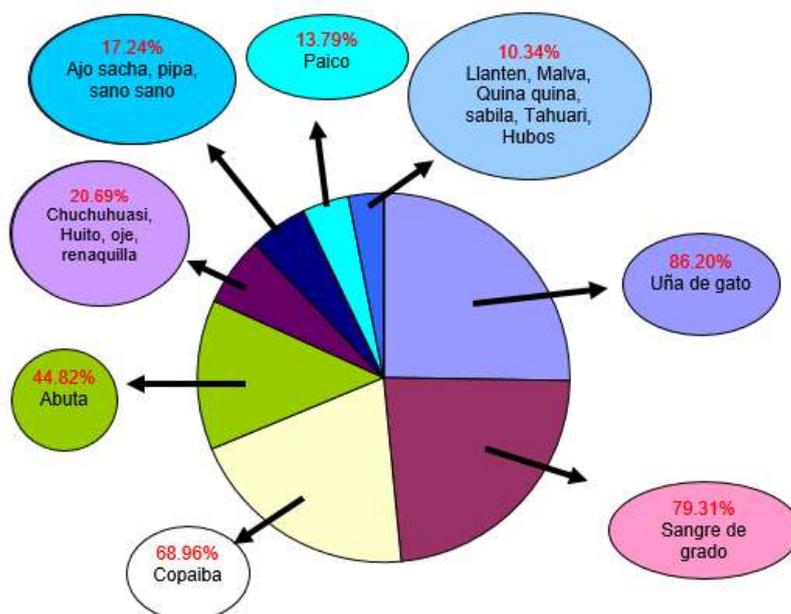


Figura 5. Plantas que se vende

Donde el 86.20% de locales ofrecen la uña de gato, el 79.31% sangre de grado, 68.96% la copaiba (como aceite de copaiba), 44.82% la abuta, entre otros.

El 55.17% de los 29 casos estudiados obtienen las plantas para su comercialización a través de una compra de vendedores y recolectores informales, el 27.58% recolecta directamente del bosque y solo el 17.25% produce principalmente sangre de grado.

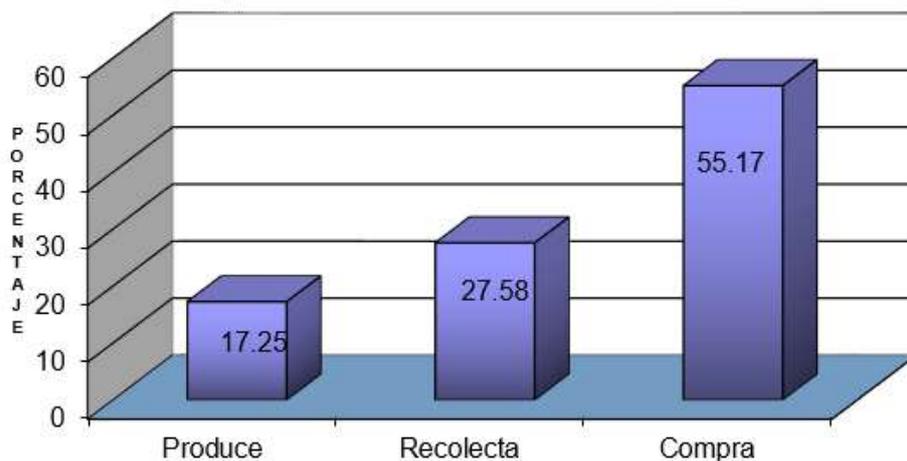


Figura 6. Origen de las plantas que se vende

En la comercialización de un producto es importante las modificaciones que se le da a la materia prima, con la finalidad de obtener mayor demanda e ingresos, en este caso el 27.58% de los ofertantes del distrito de Tambopata (figura 7) realizan el secado y luego lo embolsan con el objeto de conservar la planta y sus propiedades terapéuticas para su uso posterior, en muchos casos el efecto medicinal de una planta se encuentra en algunos componentes aislados (24.16% extracto líquido y 13.79% extracto en pomadas) o en una mezcla de estos (20.68%), también existe otras formas (13.79%) como macerados, molidos, ungüentos, entre otros.

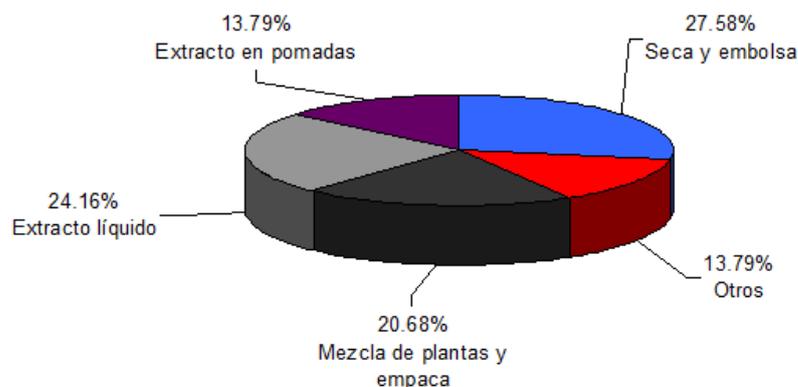


Figura 7. Valor agregado de las plantas medicinales

3.3. De las instituciones

3.3.1. Instituciones locales

Las instituciones son organizaciones que juegan un papel importante dentro de actividad social, económica, cultural, política de un pueblo, por tanto, las instituciones existentes en el distrito de Tambopata han sido también objeto de nuestro estudio, para determinar cuántas de ellas están involucradas y de qué manera con las plantas medicinales.

Se han estudiado 15 casos, de los cuales 6 que corresponde al 40.00% (figura 8) están involucradas con plantas medicinales, representadas por:

- ONGs (Inka terra, Raing forest)
- Universidades (UNSAAC, UNAMAD)
- IIAP

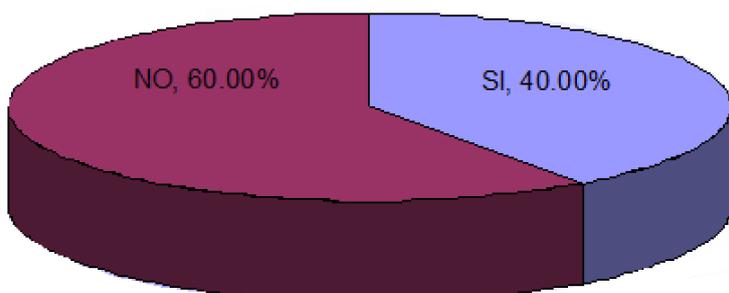


Figura 8. Instituciones que trabajan con plantas medicinales

De las instituciones involucradas en plantas medicinales del distrito de Tambopata la totalidad de ellas se dedica a la investigación.

3.3.2. Instituciones nacionales

Relación de instituciones nacionales que se dedican a la comercialización de plantas medicinales.

Tabla 2: Instituciones dedicadas a la comercialización de plantas medicinales

	Nombre de la institución	Categoría
1	Biocomercio http://www.biocomercioperu.org/	orgeconom
2	Hersil S.A. - Laboratorios Industriales Farmacéuticos http://www.hersil.com.pe/	salmedici
3	Kaita - Salud Natural http://www.kaita.com.pe/	salnatura
4	Pronex S.A. - Productos Naturales de Exportación http://www.pronex.com.pe/	comaseo
5	CC&R Pacific Business S.A. http://ccrpacific.tripod.com/	salnatura
6	La Sabila Como Principal Nutriente http://familia2002.galeon.com/	salnatura
7	Aceites Esenciales Aromanza http://www.geocities.com/aromanza/	salnatura
8	Andina Real - Venta de productos naturales http://www.andinareal.com/	Medicina y Salud
9	CABEX - Productos Naturales http://www.cabexperu.com/	comalimen
10	Peruvian Nature - plantas medicinales peruanas http://www.peruviannature.com/	salnatura
11	AgroSelva Zúñiga http://www.agroselva.com/	salnatura
12	E.Z.I.Ex. http://www.geocities.com/eziex2002/	comelectr
13	Nature's Sunshine Products del Peru http://nspperu.8m.com/	salnatura
14	Agrotumi SAC. (Piura) http://www.agrotumi.com/	indagro
15	Natural Perú S.R.L. - Productos Naturales para la Salud http://www.naturalperu.com/	salnatura
16	Clali Salud - Un nuevo estilo de vida http://www.clalisalud.com/	salnatura

3.4. Discusiones

La principal fuente de producción de plantas medicinales lo constituye el bosque primario; mientras que el aporte del bosque secundario y de las áreas cultivadas es mínimo, solo para comercialización de plantas frescas. En general, la recolección se realiza de manera informal, no existiendo planes de manejo ni de reposición del recurso extraído, corroborado por (Huamantupa et al., 2011).

Los recolectores lo constituyen principalmente los lugareños, ya sean nativos o mestizos, y los informales, que son aquellas personas que ven como una fuente alternativa de ingresos a esta actividad.

Las plantas medicinales son colocadas en los mercados al estado natural, con un procesamiento primario; como macerados, o mezcla de extractos.

A nivel nacional existen empresas que se dedican a la comercialización de plantas medicinales, sin embargo, ninguna de estas no desarrolla actividad alguna sobre este recurso natural solo se dedican a la extracción posiblemente informal porque durante el desarrollo del trabajo no identificamos institución alguna dedicado a la producción o cultivo de estas especies vegetales.

En cuanto a las plantas de mayor comercialización son: la uña de gato, sangre de grado, copaiba (como aceite de copaiba), abuta, Chuchuhuasi, Huito, oje, renaquilla, Ajo sachá, pipa, sano, entre otros. Plantas que son mencionadas también por Silva Alarcón et al., (2019).

4. Conclusiones

El 55.95% de los habitantes que fluctúan entre 21 a 40 años del distrito de Tambopata trata sus dolencias o enfermedades con planta medicinales, y que el 57% de estos consumidores lo obtienen del bosque.

Los comercializadores del distrito de Tambopata ofrecen una serie de plantas medicinales de las que destacan, uña de gato, sangre de grado, copiaba como aceite de copaiba, abuta, dando un valor agregado mínimo como secado y embolsado principalmente

En el distrito de Tambopata no existe institución alguna dedicada a la comercialización, solo a la investigación en plantas medicinales.

A nivel nacional existen empresas que comercializan plantas medicinales, pero ninguna de ellas desarrolla labor alguna en este rubro en el distrito de Tambopata.

La comercialización de plantas medicinales en el distrito de Tambopata es de manera informal y empírica en cuanto a su precio, cantidad demandada y cantidad ofrecida.

Financiamiento

Ninguno.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Contribución de autores

P-V, Y: conceptualización, análisis formal, investigación, escritura (preparación del borrador final), supervisión.

Q-H, R. y Q-H, A: investigación, metodología, curación de datos.

B-F, J. C: investigación, curación de datos.

Referencias bibliográficas

- Avello, M., & Cisternas, I. (2010). Fitoterapia, sus orígenes, características y situación en Chile. *Rev Med Chile*, 138, 1288–1293. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rmc/v138n10/art14.pdf>
- Calderón Soto, L. M. (2019). El ser humano en la naturaleza: aprovechamiento, protección y conservación de los recursos naturales. *Revista de Biología Tropical*, 5. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/40179>
- Gallegos-Zurita, M. (2016). Las plantas medicinales: principal alternativa para el cuidado de la salud, en la población rural de Babahoyo, Ecuador. *Anales de La Facultad de Medicina*, 77(4). http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832016000400002
- Heisler, E. V. (2015). Uso de plantas medicinales en el cuidado de la salud: la producción científica de tesis y disertaciones de enfermería brasileña. *Enfermería Global*, 14(39), 390–403. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1695-61412015000300018
- Huamantupa, I., Urrunaga, R., Paz, E., Ananya, N., Callalli, M., Pallqui, N., & Coasaca, H. (2011). Riqueza, uso y origen de plantas medicinales expendidas en los mercados de la ciudad del Cusco. *Revista Peruana de Biología*, 18(3). http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332011000300004
- Palabaş Uzun, S., & Koca, C. (2020). Ethnobotanical survey of medicinal plants traded in herbal markets of Kahramanmaraş. *Plant Diversity*, 42(6), 443–454. <https://doi.org/10.1016/J.PLD.2020.12.003>
- Silva Alarcón, J., Cabrera Meléndez, J., Trujillo Villarroel, O. V., & Reyes-Mandujano, I. F. (2019). Características de las plantas medicinales comercializadas en diferentes mercados de Lima Metropolitana y sus efectos sobre el medio ambiente y la salud pública. *Horizonte Médico (Lima)*, 19(4), 63–69. <https://doi.org/10.24265/HORIZMED.2019.V19N4.09>
- Zhang, R., Zhang, M. xu, Chen, Y., Wang, C. cong, Zhang, C. hong, Heuberger, H., Li, H. ting, & Li, M. hui. (2021). Future development of Good Agricultural Practice in China under globalization of traditional herbal medicine trade. *Chinese Herbal Medicines*, 13(4), 472–479. <https://doi.org/10.1016/J.CHMED.2021.09.010>



Artículo original / Original article

Evaluación ambiental de la calidad del agua en pozas formadas por trabajos de extracción de minería no metálica, Madre de Dios

Environmental evaluation of the water quality in pools formed by non-metallic mining extraction works, Madre de Dios

Elmo Luque-Quino ^{1*} & Liset Rodríguez-Achata ¹

¹ Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Puerto Maldonado, Perú

Recibido: 25/11/2021

Aceptado: 28/12/2021

Publicado: 25/01/2022

*Autor de correspondencia: eluke@unamad.edu.pe

Resumen: El objetivo de la investigación fue evaluar la calidad del agua en tres pozas artificiales que se formaron por extracción de minería no metálica. Se caracterizó como zona de terrazas bajas, suelos del tipo fluvisol - gleysol, clima cálido con lluvia abundante. Como resultados determinamos los parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos y bioindicadores bentónicos, en la evaluación de coliformes totales solo la poza Topa (3500 NMP/100 ml) sobrepasa los estándares de calidad ambientales ECAs. Los parámetros fisicoquímicos y los niveles de concentración de metales en sedimentos de los cuerpos de agua no sobrepasan los estándares de calidad ECAs para agua de ríos de selva categoría 4 y ECAs para suelo agrícola; el estudio de macroinvertebrados bentónicos mostró que la poza denominada Topa presenta un valor de BMWP de agua muy contaminada, seguida de las pozas Lagarto y Pato en la escala de fuertemente contaminadas; la evaluación de riqueza en ictiofauna de las pozas de estudio dio como resultado la predominancia de las órdenes de *Chariciformes*, *Siluriformes* y *Percyiformes*. Es estudio concluye que las pozas no son recomendables para recreación.

Palabras clave: bentos; coliformes fecales; ictiofauna; metales pesados; parámetros fisicoquímicos

Abstract: The objective of the research was to evaluate the quality of the water in three artificial pools that were formed by extraction of non-metallic mining. It was characterized as an area of low terraces, fluvisol-gleysol type soils, warm climate with abundant rain. As results, we determined the physicochemical, bacteriological and benthic bioindicator parameters, in the evaluation of total coliforms only the Topa pond (3500 NMP/100 ml) exceeds the ECAs environmental quality standards. The physicochemical parameters and the concentration levels of metals in the sediments of the water bodies do not exceed the ECAs quality standards for category 4 jungle river water and ECAs for agricultural land; the study of benthic macroinvertebrates showed that the Topa pool has a highly polluted water BMWP value, followed by the Lagarto and Pato pools on the highly polluted scale; the evaluation of richness in ichthyofauna of the study pools resulted in the predominance of the orders of *Chariciformes*, *Siluriformes* and *Percyiformes*. The study concludes that the pools are not recommended for recreation.

Keywords: benthos; fecal coliforms; fish fauna; heavy metals; physico-chemical parameters

1. Introducción

La industria minera en el Perú consiste en la búsqueda, extracción, beneficio y procesamiento de minerales sólidos naturales de la tierra (Peña Neira & Araya Meza, 2021). Estos minerales extraídos son una fuente esencial de materias primas para las diversas industrias y son una parte fundamental de la producción de productos de consumo cotidianos. La industria minera juega un papel importante en la economía del país, el Perú como uno de los principales proveedores de minerales, la minera se convierte vital para el bienestar de las comunidades que se dedican a dicha actividad, sin embargo, representa un riesgo ecológico y ambiental (Cuentas Alvarado et al., 2019).

Sabemos lo esencial que es agua para la vida, un requisito previo del desarrollo sostenible, pero la creciente preocupación pública por la condición del agua, donde a minería afecta el agua dulce a través del uso intensivo de agua en el procesamiento del mineral y a través de la contaminación del agua por los efluentes de la mina descargados y la filtración de relaves y embalses de roca estéril (Villena Chávez, 2018). Cada vez más las actividades humanas como la minería amenazan las fuentes de agua de las que todos dependemos (Osoreo Plenge et al., 2012).

El conocimiento de los cuerpos de agua de la región neotropical se revela como una necesidad a nivel global que la sociedad debe afrontar (Brousett-Minaya et al., 2021). La principal cuenca del neotropical, constituyen el principal reservorio de diversidad de agua continental del mundo, señalada como una región de alta prioridad para la conservación (Quezada García et al., 2017). No obstante, aun presenta muchas lagunas de conocimiento con el agravante de estar registrando un importante deterioro en las últimas décadas, producto de la expansión urbana, agrícola y la extracción descontrolada de los recursos naturales.

En el centro poblado el Triunfo de la Región de Madre de Dios debido a la construcción de la carretera interoceánica en el tramo Puerto Maldonado – Iñapari, se realizó extracción de minería no metálica, formándose pozas que en la actualidad se encuentran cerca de la periferia y en algunos casos los pobladores vienen realizando pesca artesanal en estos cuerpos de agua (Quispe Aquino, 2015).

Por tal motivo, surge la necesidad de realizar un estudio y objetivo de la investigación evaluar ambiental de la calidad de agua de las pozas y tener esta información como referente para poder correlacionar con pozas formadas por la actividad minero aurífero. Se hace preciso también la realización de estudios que apoyen la toma de decisiones e implementar políticas de manejo y que además permitan garantizar la continuidad de los recursos, cubriendo las necesidades proyectadas, con el fin de establecer bases para planeación dentro del marco de pozas periurbanas (Rottenbacher de Rojas & De la Cruz Sánchez, 2012).

2. Materiales y métodos

El estudio se realizó en las pozas dentro de un “Predio agrícola” de propiedad privada, ubicadas en el margen izquierdo de la carretera que conduce al sector denominado Bajo Madre de Dios, provincia de Tambopata, distrito Las Piedras, sector el “Triunfo” en la región de Madre de Dios. Esta área se encuentra rodeadas de otros predios agrícolas.

Las áreas de estudio se han identificado en una sola geoforma, de la cual pertenecen a Terrazas bajas de drenaje bueno a moderado. Siendo tierras de superficie plana y que se desarrollan cercas de cuerpos de agua. Litológicamente se encuentran constituidas por sedimentos aluviales, tienden a inundaciones. Asimismo, las áreas de estudio corresponden a tipo de vegetación de complejo de chacras y purmas. Está conformada por un mosaico de cultivos de frutales, pastos y cultivos en terrenos de reciente deforestación, sujetos al manejo de deshierbo y aplicación de

herbicidas, y casi siempre a la quema. La cobertura herbácea primaria alcanza hasta unos 2 m de alto, mientras que la arbórea después de 5 a 10 años supera los 25 m de alto.

La población del estudio se conformó por las tres pozas formadas por trabajos de extracción de la minería no metálica existentes en el centro poblado el triunfo de la región de Madre de Dios. El muestreo se realizó de manera intencional y directa en muestras puntuales, representativas para la composición del cuerpo de agua, considerando el tiempo y circunstancia en la que fue recolectada la muestra. Se tomaron 6 muestras de agua distribuidas en forma de cuadrilla para cada poza: Topa, Lagarto y Pato, repitiendo así 6 veces la determinación de los parámetros fisicoquímicos, considerando en el resultado final un promedio con su desviación estándar, dando un total de 18 muestras.

Para la determinación de parámetros bacteriológicos, evaluación de macroinvertebrados bentónicos, plancton, y riqueza en ictiofauna se tomó una muestra por cada poza de estudio.

Para la obtención de muestras se han planteado 3 pozas por conveniencia, que son las más representativas de esa zona por su tamaño descritos a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Estaciones de muestreo para agua, sedimentos, macroinvertebrados (bentos), plancton, peces, coliformes totales y termotolerantes

Estación	Denominación de poza	Coordenadas UTM
1	Topa	8607456 N; 485868 E
2	Lagarto	8607341 N; 485734 E
3	Pato	8607253 N; 486020 E

2.1. Métodos y técnicas

2.1.1. Metodología de Muestreo

- Registro de datos de campo

El registro de campo elaborado para la investigación tuvo la siguiente información: código de los puntos de muestreo, origen de la fuente, descripción clara y definida de los puntos de muestreo, hora y fecha de muestreo, localidad, distrito, provincia y departamento, coordenadas de ubicación del punto de muestreo, datos personales de quien realizó la toma de muestra, las condiciones climáticas y otras observaciones pertinentes en el punto de muestreo.

- Etiquetado

Los recipientes deben ser identificados antes de la toma de muestra con una etiqueta, escrita con letra clara y legible la cual debe ser protegida con cinta adhesiva transparente conteniendo la siguiente información: número de muestra (referido al orden de toma de muestra), código de identificación (punto y/o estación de muestreo), origen de la fuente (descripción del punto de muestreo), fecha y hora de la toma de la muestra, preservación realizada, tipo de preservante utilizado., tipo de análisis requerido, nombre del responsable del muestreo.

- Toma de muestras

En este estudio para la caracterización del agua se realizó una recolecta de muestras sencillas y superficiales, porque se observó que las pozas no tienen vertimientos domésticos e industriales, lo cual hace que sea muy representativo para caracterizar los cuerpos de agua. Para la evaluación de la calidad del agua de las pozas de estudio se consideraron características hidrográficas del recurso hídrico, las actividades antropogénicas, los usos del agua, la identificación de fuentes contaminantes.

Para las determinaciones fisicoquímicas se tomó muestra de puntual de agua directamente de la parte central de cada poza, utilizando el brazo telescópico a 20 cm de profundidad a partir de la superficie. Para la colecta de organismos bentónicos se empleó una red Surber (30 x 30 cm) de 500 µm de abertura de malla, la cual se coloca en el fondo de la quebrada o río removiéndose el fondo

para que los organismos se depositen en la red (tres réplicas por estación). La recolección de muestra se realizó con rastra cuadrangular de malla de 1mm² de poro. Las muestras obtenidas fueron tamizadas con tamiz de 1mm² de poro. El plancton se colectó por filtrado de 50 L de agua a través de una red cónica de 40µm de abertura de malla. En la colecta de muestra para determinar coliformes totales y termotolerantes se utilizaron frascos de vidrio previamente esterilizados, llevados hasta el lugar de muestreo en las mejores condiciones de higiene.

Se sumergió la botella boca abajo a una profundidad de 20 a 30 cm, de manera que la boca, apuntó hacia la corriente creando esta por arrastre de la botella en el interior del agua, evitándose el contacto con la orilla. Se dejó una porción del recipiente sin llenar (1/4 de frasco), de manera que el aire contenido en esa zona aseguró un adecuado suministro de oxígeno para los microorganismos, hasta el momento del análisis. Se mantuvo refrigerado a 4°C hasta el traslado al laboratorio que fue en un intervalo de 6 a 24 horas.

- **Preservación, consideración y traslado de las muestras al laboratorio de análisis**

Las mediciones de temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto, se realizaron in situ por lo que para estos parámetros no aplicó los procedimientos de almacenamiento y preservación.

La toma de muestras de agua para analizar los parámetros fisicoquímicos en laboratorio se realizó según el protocolo de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en frascos de plásticos de boca ancha, limpio y de primer uso, el volumen requerido dependió del parámetro a analizar, considerando las instrucciones generales de preservación, etiquetado, embalaje y transporte de las muestras, mostradas en el "Requisitos para toma de muestras de agua y preservación".

Se tomó un litro de muestra de agua para cada poza en recipiente especial de polietileno con tapa rosca, se conservó en un cooler con refrigerante (ice pack) asegurando su traslado al laboratorio ambiental, donde realizaron las pruebas fisicoquímicas de alcalinidad, cloruros y dureza.

Para el análisis de turbiedad, aceites y grasas, nitratos y nitritos las muestras fueron preservadas y transportado sobre ice pack dentro de cajas de tecnopor hasta su posterior entrega y análisis en el laboratorio acreditado SAG S.A.C. Para las determinaciones turbiedad se tomaron 250 mL de muestras en envases de polietileno que fueron refrigeradas a 4 °C con un máximo de 24 horas antes de su análisis.

Se tomaron 250 mL para el análisis de nitritos, que fueron preservados con H₂SO₄ hasta pH<2, y refrigerados a 4 °C por 48 horas antes de su análisis. Las muestras de sedimento fueron colectadas en frascos politetrafluoroetileno (PTFE) o vidrio oscuro, y transportadas sobre gel pack dentro de cajas conservadoras portátiles (tecnopor) hasta su posterior análisis. Debido a la falta de datos batimétricos, las muestras de las pozas se colectaron de la parte central del cuerpo léntico (profundidad máxima aparente) donde se espera comportamiento anóxico.

Para la preservación de organismos bentónicos para cada muestra se fijó en alcohol al 70%, en frascos de 100 mL de volumen con tapa rosca y cuello ancho. Las muestras de plancton fueron almacenadas en frascos de plástico, etiquetados y fijados con formol al 10% para su posterior separación e identificación. Para el análisis bacteriológico de coliformes termotolerantes y coliformes totales se tomaron 500 mL de muestra en los frascos y cooler proporcionados por el laboratorio de la empresa de agua y alcantarillado de Tambopata EMAPAT, y trasladados inmediatamente al laboratorio de dicha empresa para el análisis respectivo.

2.1.2. Metodología del análisis fisicoquímico del agua

Para obtener un correcto análisis fisicoquímico del agua se realizaron pruebas para determinar la temperatura del agua, pH, turbiedad, conductividad eléctrica, alcalinidad total, dureza total, cloruros, oxígeno disuelto, aceites y grasas (donde utilizaron el método (HEM) EPA-821-R-10-001 - 1664, 2010), nitritos y nitratos (donde utilizaron el método de reducción de cadmio SM 4500-NO₃ - E), asimismo se utilizó la metodología de análisis de metales pesados (donde utilizaron el

método EPA 200.7, Rev.4.4. EMMC) y la metodología de análisis de bioindicadores (donde se calcularon las métricas de IBMWP, ASPT y Taxones dominantes).

2.1.3. Tratamiento de los datos

En el análisis estadístico se evaluó la prueba de análisis de varianza de un solo factor (ANOVA) relacionados con la normalidad y homogeneidad de la varianza, para lo cual se realizó la Prueba de Shapiro-Wilk a todos los parámetros de agua y sedimentos estudiados. El promedio de cada uno de los parámetros de calidad de agua de las tres pozas se comparó con los Estándares de Calidad Ambiental ECAs de agua para ríos de selva categoría 4 y de sedimentos se comparó con los Estándares de Calidad Ambiental ECAs de suelos agrícolas.

3. Resultados y discusión

3.1. Resultados de parámetros fisicoquímicos de agua, metales pesados en agua y sedimento y bioindicadores

3.1.1. Parámetros Físico-químicos de agua

Los análisis de los parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, cloruros, dureza y alcalinidad, turbiedad, aceites y grasas y nitratos), dieron los siguientes resultados.

Tabla 2. Resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua

Parámetros fisicoquímico	Poza Topa	Poza Lagarto	Poza Pato	ECA Categoría 4 Conservación del sistema acuático ríos de la selva
Temperatura (T°)	26,5 ± 0,13	27,8 ± 0,10	27,9 ± 0,08	0
Potencial de Hidrogeno (pH)	6,93 ± 0,02	7,43 ± 0,01	7,53 ± 0,01	6,5 -8,5
Sólidos Totales Disueltos (ppm)	98 ± 0,94	64 ± 0,95	70 ± 0,47	500
Conductividad (µs)	218 ± 0,69	137 ± 0,96	147 ± 0,96	1500 *
Oxígeno Disuelto (ppm)	9 ± 0,45	8 ± 0,37	9 ± 0,45	≥5
Alcalinidad (ppm)	20 ± 0,94	30 ± 0,96	31 ± 1,60	0
Dureza (ppm)	5 ± 0,38	4 ± 0,22	4 ± 0,37	500 *
Cloruros (ppm)	0.5 ± 0,07	0,7 ± 0,02	0,9 ± 0,01	250 *
Turbiedad ¹ NTU	310,0 ±	33 ±	12 ±	5 *
Aceites y grasas (HEM) mg/L	<0,5 ±0,01	<0,5 ±0,01	<0.5 ±0,01	5
Nitratos (Nitratos + Nitritos) mg/L	0,0 ±	0,024 ±	0,027 ±	13

* es la comparación con los LMP, valor dado por la SUNASS.

¹ la turbiedad se realizó con el método nefelométrico SM 2130 B, 2012, y la determinación de aceites y grasas con el método (HEM) EPA-821-R-10-001 - 1664, 2010 y Nitratos (Nitratos + Nitritos) con el método de reducción de cadmio SM 4500-NO3 - E.

Los resultados obtenidos en los parámetros fisicoquímicos no sobrepasan los estándares de calidad ambiental ECAs para la conservación del sistema acuático categoría 4 para ríos de selva, en las tres pozas de estudio. El parámetro de turbiedad presenta un valor alto en la poza denominada Topa. Asimismo, en el trabajo realizado por (Quispe Aquino, 2015) donde evaluó pozas dejadas por la minería aurífera en la zona de Tres Islas, también presenta resultados de pH, oxígeno disuelto y sólidos totales disueltos que no sobrepasan los ECAs para agua categoría 4 ríos de selva.

3.2. Comparación Estadística con los Estándares de Calidad Ambiental y Límites permisibles nacionales

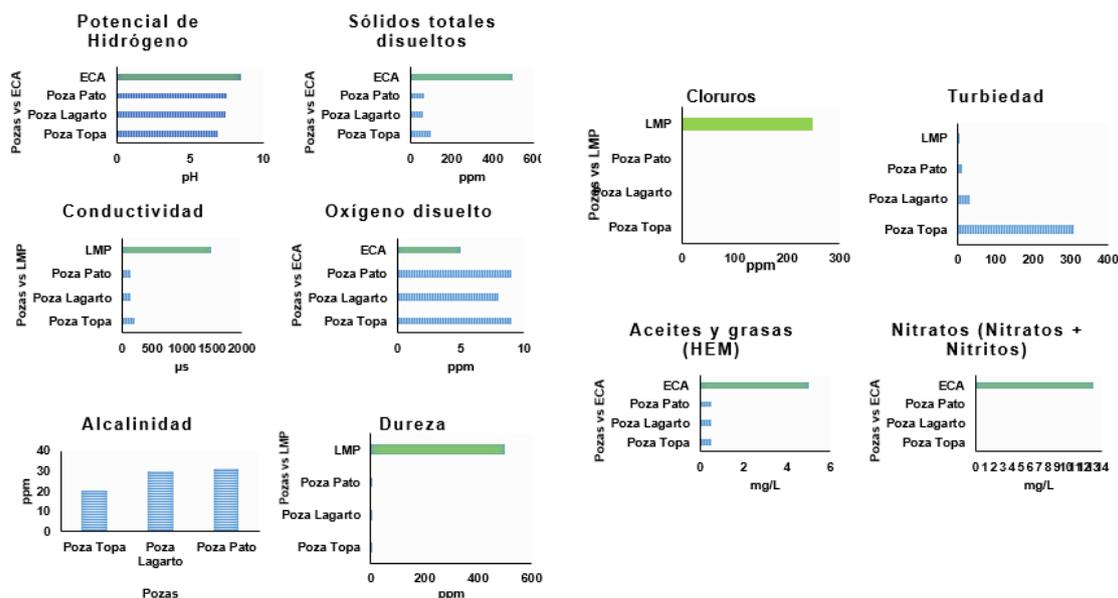


Figura 1. Valores promedio de los parámetros del agua en las tres pozas de estudio comparando con los límites máximos permisibles, con los estándares de calidad ambiental para agua superficial de ríos de selva; asimismo entre cada una de las pozas, en el caso de la alcalinidad

3.3. Metales en sedimento

Los análisis de metales en sedimentos (Tabla 3) fueron analizados en el laboratorio acreditado SAG S.A.C.

Tabla 3. Resultados de análisis de metales en sedimento

Metales	LMD ¹	Unidad	Metales en sedimento			ECAs para suelo agrícola
			Denominación poza			
			1.- Topa	2.- Lagarto	3.- Pato	
Arsénico (As)	0,1	mg/kg	3,00	3,40	4,86	50,00
Bario (Ba)	0,2	mg/kg	55,20	74,10	120,00	750,00
Cadmio (Cd)	0,04	mg/kg	0,09	0,11	0,18	1,40
Cromo (Cr)	0,04	mg/kg	14,41	14,81	22,59	--
Mercurio (Hg)	0,1	mg/kg	<0,10	<0,10	0,34	6,60
Plomo (Pb)	0,06	mg/kg	7,86	9,39	13,69	70,00

¹L.D.M.: Límite de detección del método.

Los resultados del análisis de metales en sedimento de las tres pozas de estudio muestran el nivel de concentración de metales en el área de estudio. En la Tabla 9 se observa que los metales presentes en las tres pozas de estudios no sobrepasan el límite establecido en los Estándares de Calidad Ambiental ECAs para suelo agrícola; estando incluso muy por debajo de los estándares. Sin embargo, se observa que los valores más altos de metales pesados como Arsénico As 4,86 mg/kg, Bario Ba 120,00 mg/kg, Cadmio Cd 0,18 mg/kg, Cromo Cr 22,59 mg/kg y Plomo Pb 13,69 mg/kg, se encuentran en la Poza Pato, con respecto a las demás pozas de estudios, observándose la presencia de niveles de concentración de Mercurio Hg 0,34 mg/kg en esta poza, probablemente por trabajos de minería aurífera desarrollados con anterioridad en esta zona.

En el estudio realizado por Quispe Aquino, (2015), en pozas formadas por la minería aurífera artesanal se observa niveles de metales pesados con valores aproximados respecto a los resultados de las pozas, como Arsénico As 5,9 mg/kg, Cadmio 3,88 mg/kg, Cobre Cu 23,64 mg/kg, Plomo Pb 10,61 mg/kg y mercurio Hg 0,09 mg/kg. Estos valores son una forma de conocer el nivel de contaminación, siendo los sedimentos sumideros de contaminantes como la deposición de metales, y ambos casos con respecto a los ECAs establecidos para suelos agrícolas no se consideran como contaminantes potenciales, pero son metales que tienen un ciclo geobioquímico y pueden ir bioacumulándose a través del tiempo.

3.4. Comparación Estadística con los Estándares de Calidad Ambiental Nacional para suelos agrícolas

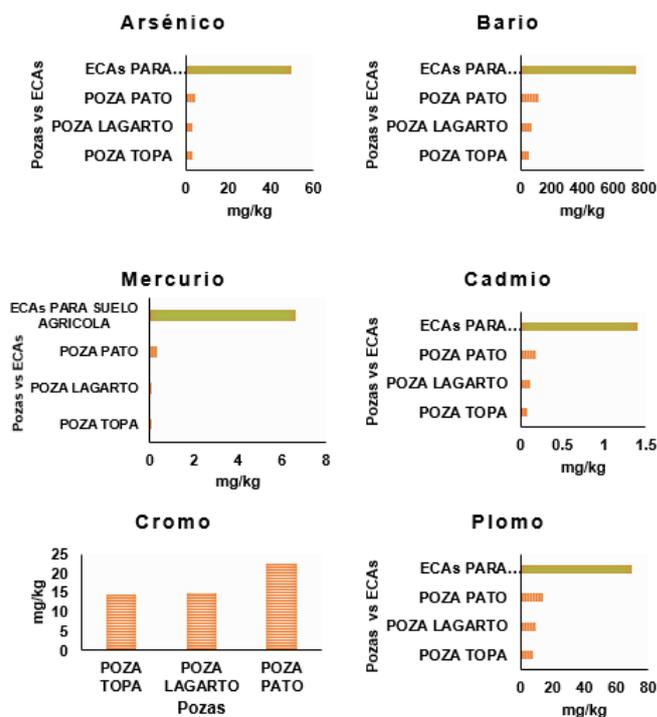


Figura 2. Valores promedio de concentración de metales en sedimento en las tres pozas de estudio comparando con los estándares de calidad ambiental para suelo agrícola; asimismo entre cada una de las pozas, en el caso del cromo.

3.5. Análisis Estadístico de metales en sedimento

El análisis de varianza (ANOVA) para los metales en sedimento se describe en la Tabla 4.

Tabla 4. Aplicación estadística en la concentración promedio de metales en muestras de sedimento de las pozas estudiadas

Variable	Pozas			ANOVA	
	Topa	Lagarto	Pato	P	Shapiro Wilk
Arsénico (As)	3,00	3,40	4,86	0,096	0,393
Bario (Ba)	55,20	74,10	120,00	0,014	0,549
Cadmio (Cd)	0,09	0,11	0,18	0,032	0,407
Cromo (Cr)	14,41	14,81	22,59	0,005	0,083
Mercurio (Hg)	0,10	0,10	0,34	0,035	0,000
Plomo (Pb)	7,86	9,39	13,69	0,011	0,489

Existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias de los metales de Bario Ba, Cadmio Cd, Cromo Cr, Mercurio Hg y Plomo Pb; por lo menos, una concentración de cada metal es diferente de las demás en cuanto a la concentración de cada poza de estudio.

Según la Prueba de Shapiro Wilk, no existe diferencias significativas entre las medias de concentración de Arsénico; de las pozas de estudio.

3.6. Parámetros bacteriológicos

Tabla 5. Parámetros bacteriológicos

Parámetros microbiológicos	UNID	Poza Topa	Poza Lagarto	Poza Pato	ECA Categoría 4 conservación del sistema acuático ríos de la selva NMP/100 ml
Dilución		x 10-2	x 10-2	x 10-2	
Coliformes Termotolerantes	N°col/100 ml muestra	1000	1000	500	2000
Coliformes Totales	N°col/100 ml muestra	3500	2500	1500	3000

Los análisis de los parámetros bacteriológicos de las tres pozas de estudio muestran que el parámetro de coliformes termotolerantes no se superó el Estándar de Calidad Ambiental ECA para agua superficial de ríos de selva, en las tres pozas. Sin embargo, para coliformes totales, se observó que una poza (Poza Topa 3500 N°col/100 ml muestra) supera el Estándar de Calidad lo que corrobora el valor alto de turbiedad por el uso que los dueños del predio agrícola hacen de esta poza por encontrarse más cercano a su vivienda, las otras pozas se encuentran por debajo del estándar con valores considerables (Poza Lagarto 2500 N°col/100 ml, poza Pato 1500 N°col/100 ml).

Asimismo, en el estudio realizado por Araújo Flores, (2016), en los cuatros estaciones de la quebrada Jayave, los valores del año 2014 se igualaron o se superaron los límites permitidos por el MINAM de coliformes totales, debido a la incidencia de personas en diferentes estaciones de la quebrada.

3.7. Comparación Estadística con límites permisibles nacionales

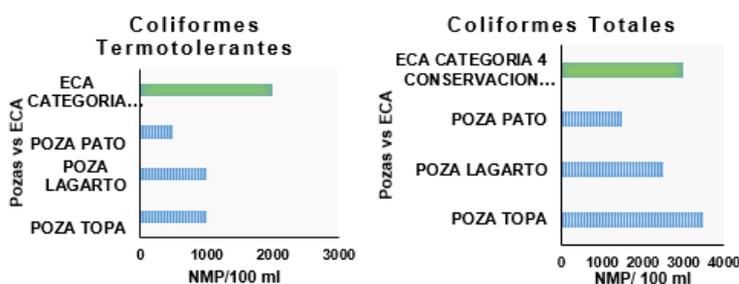


Figura 3. Valores promedios de coliformes termotolerantes y totales de las tres pozas de estudio comparando el Estándar de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de selva

3.8. Indicadores de calidad de agua

3.8.1. Macroinvertebrados bentónicos

El estudio de macroinvertebrados bentónicos contabilizó 10 especímenes en las tres pozas de estudio, distribuidas en el phylum Artropoda, clase insecta, 8 órdenes y 8 familias.

Los Odonatos se encontraron en la poza lagarto y poza pato, esta orden se caracteriza por presentarse en aguas lénticas y poco profundas, se puede explicar la gran adaptabilidad de estos

organismos a diferentes hábitats y condiciones ambientales incluyendo sitios con ligera eutrofización, que corroboraría la condición muy crítica que presentan estas pozas.

Tabla 6. Resultados de bentos en las pozas de estudio

Orden	Familia	Poza Topa	Poza Lagarto	Poza Pato	Total
<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	2	2	0	4
<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	6	6	6	18
<i>Heteroptera</i>	<i>Corixidae</i>	7	7	0	14
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	0	10	0	10
<i>Diptera</i>	<i>Culicidae</i>	0	2	0	2
<i>Odonata</i>	<i>Coenagrionidae</i>	0	0	7	7
<i>Odonata</i>	<i>Calopterygidae</i>	0	0	7	7
<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	0	0	3	3

Tabla 7. Índices biológicos de abundancia, riqueza, diversidad y equidad de bentos en las tres pozas de estudio

Índices biológicos	Poza Topa	Poza Lagarto	Poza Pato
Abundancia (N)	10	8	5
Riqueza de especies (S)	7	1	2
Shannon-Wiener (H')	1.75	0.53	0.68
Equidad de Pielou	0.62	0.53	0.68

En la tabla 8 se tienen resultados, considerando la clasificación de la calidad de las aguas en función a estándares desarrollados para la amazonia colombiana (BMWP).

La poza denominada Topa es la que presenta mayores valores de riqueza en especies, sin embargo, el valor obtenido de BMWP muestra que está en el rango de agua muy contaminada (Tabla 8), seguida de las pozas lagarto y pato que están en la escala de fuertemente contaminadas. Esta determinación es importante, evidencia que el estado de salud de estos cuerpos de agua es crítico, porque la zona es un predio agrícola con asentamientos humanos y actividad antropogénica, como el uso recreativo o extractivo que se le pueden estar dando a estos cuerpos de agua o por el incremento del caudal causado por las lluvias que impiden la colonización de estos organismos bentónicos. Según Araújo Flores (2012), no todos estos índices vienen explicados por la acción del hombre.

Tabla 8. Índice biótico Modificado para Colombia (índices BMWP)

Clase	Calidad	Valor/Colombia	Significado	Color
I	Buena	> 150, 101-120	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Critica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Tabla 9. Resultado de la calidad del agua por medio bioindicadores Los valores de porcentaje de las taxas indicadoras de ambiente acuático saludable, los (bentos) en las pozas de estudio

	Poza Topa	Poza Lagarto	Poza Pato
BMWP/Col	18	6	2
Calidad	Crítica	Muy crítica	Muy crítica

Ephemeroptera, *Plecoptera*, y *Trichoptera* (EPT), no fueron registradas en las pozas de estudio, por lo que el índice EPT (%) da como resultado que estos cuerpos de agua tienen mala calidad (Ver Tabla 10).

Tabla 10. Valores de % de tasas indicadoras de ambiente acuático saludable EPT

Índice EPT (%)	Calidad del Agua
75-100	Muy buena
50-74	Buena
25-49	Regular
0-24	Mala

Fuente: (Carrera Reyes & Fierro Peralbo, 2001)

3.8.2. Plancton

Los resultados de índices de diversidad de las pozas de estudios se presentan en la Tabla 11, como se detalla:

Tabla 11. Índices de diversidad de fitoplancton en las pozas de estudio

Índices diversidad Fitoplancton	Poza Topa	Poza Lagarto	Poza Pato
Número de especies	14	15	7
Riqueza de Margalef d'	1,16	1,36	0,60
Equidad de Pielou's J'	0,30	0,61	0,48
Diversidad de Shannon H'	1,15	2,38	1,34
Dominancia de Simpson 1-D	0,34	0,62	0,43

En la Tabla 11 se observa que la poza Lagarto es la poza con mayor índice de biodiversidad: teniendo 15 especies, siendo el número más alto con respecto a las demás pozas; 1,36 de Riqueza de Margalef; 0,61 de Equidad de Pielou's; 2,38 de Diversidad de Shannon H; y 0,62 de Dominancia de Simpson.

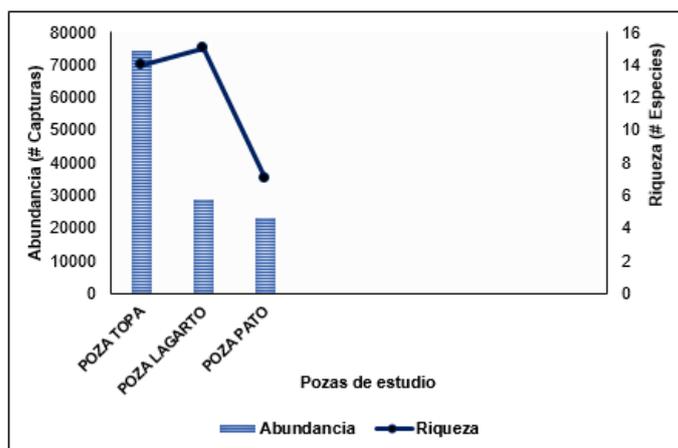


Figura 4. Índices de abundancia y riqueza de fitoplancton en las pozas de estudio

En la Figura 4 se observa que la poza con mayor abundancia es la poza Topa, seguida por la poza Lagarto y Pato, respectivamente; sin embargo, la poza con mayor riqueza es la poza Lagarto, seguida por las pozas Topa y Pato.

Tabla 12. Índices de diversidad de zooplancton en las pozas de estudio

Índices diversidad zooplancton	Poza Topa	Poza Lagarto	Poza Pato
Número de especies	3	9	3

Riqueza de Margalef d'	0,36	1,12	0,40
Equidad de Pielou's J'	0,86	0,88	1,00
Diversidad de Shannon H'	1,37	2,78	1,58
Dominancia de Simpson 1-D	0,56	0,83	0,67

En la Tabla 12 se observa que la poza Lagarto es la poza con mayor índice de biodiversidad en: Riqueza de Margalef, Diversidad de Shannon H y Dominancia de Simpson. Sin embargo, en el índice de Equidad de Pielou's la poza Pato presenta el valor mayor.

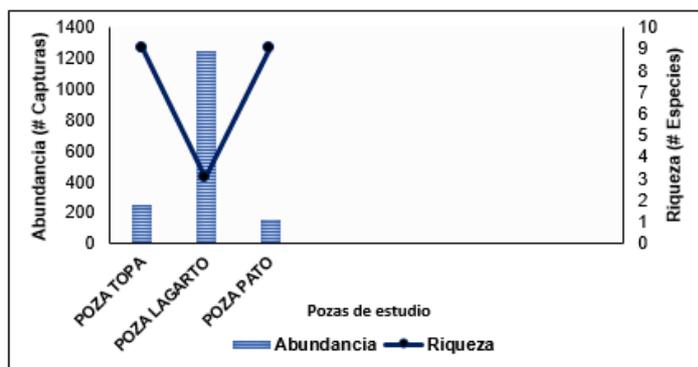


Figura 5. Índices de abundancia y riqueza de fitoplancton en las pozas de estudio

En la Figura 5 se observa que la poza con mayor abundancia es la poza Lagarto, seguida por la poza Topa y Pato, respectivamente; sin embargo, la poza Lagarto es la poza con menos índice de riqueza.

Tabla 13. Especies de fitoplancton en las pozas de estudio

Especie	Poza Topa	Poza Lagarto	Poza Pato
<i>Nitzschia acicularis</i>	60 000	0	500
<i>Gomphonema augur</i>	50	0	0
<i>Synedra goulardi</i>	0	1 000	0
<i>Navicula capitatoradiata</i>	50	0	0
<i>Navicula cf incomposita</i>	0	500	0
<i>Craticula cuspidata</i>	0	500	0
<i>Amphora sp.</i>	500	500	0
<i>Pandorina morum</i>	50	0	0
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	2 500	2 000	500
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	3 000	500	0
<i>Closteriopsis sp.</i>	500	17 500	0
<i>Dictyosphaerium sp.</i>	1 500	0	0
<i>Merismopedia glauca</i>	0	0	500
<i>Oscillatoria tenuis</i>	0	500	0
<i>Euglena sp.</i>	50	0	0
<i>Trachelomonas sp.</i>	0	2 000	0
<i>Lepocinclis acus</i>	50	500	500
<i>Lepocinclis ovum</i>	0	500	0
<i>Lepocinclis sp.</i>	0	1 000	500
<i>Phacus circumflexus</i>	50	1 000	0
<i>Phacus longicauda</i>	0	500	0
<i>Phacus pleuronectes</i>	50	500	0

<i>Gonyaulax sp.</i>	0	0	17 000
<i>Protoperidinium quinquecorne</i>	6 000	0	3 500

En la tabla 13 se observa que las pozas con mayor proporción de especímenes de fitoplancton son las pozas Topa y Lagarto. Las especies más representativas fueron: *Nitzschia acicularis*, *Closteriopsis sp.* y *Gonyaulax sp.* Evidenciando el deterioro de la calidad del agua de estas pozas, por presentar una correntada mínima.

En el estudio realizado por (Quispe Aquino, 2015), las especies más representativas fueron: *Trachelomonas sp.*, *Lepocinclis sp.* y *Euglena acus*

Tabla 14. Especies de zooplancton en las pozas de estudio

Especie	Poza Topa	Poza Lagarto	Poza Pato
ciclopoideo	0	50	0
<i>Vorticella sp.</i>	150	50	0
nematodo	50	0	0
bdelloideo	0	300	50
<i>Asplanchna herrickii</i>	0	50	0
<i>Anuraeopsis fissa</i>	0	250	50
<i>Brachionus angularis</i>	0	100	0
<i>Keratella cochlearis</i>	50	300	0
<i>Euchlanis dilatata</i>	0	50	0
<i>Polyarthra sp.</i>	0	100	50

En la tabla 14 se observa que la poza con mayor proporción de especímenes de zooplancton es la poza Lagarto con respecto a las demás pozas de estudio. Las especies más representativas fueron: bdelloideo, *Keratella cochlearis* y *Anuraeopsis fissa*.

En el estudio realizado por (Quispe Aquino, 2015), las especies más representativas fueron: *Trichocerca sp.*, *Microcyclops sp.* y *Thermocyclops minutus*.

3.8.3. Riqueza en ictiofauna

Tabla 15. Índices biológicos de abundancia, riqueza, diversidad y equidad de ictiofauna en las tres pozas de estudio

Índices biológicos	Poza Topa	Poza Lagarto	Poza Pato
Abundancia	13	18	21
Riqueza	9	11	13
Índice de Diversidad ($H'(\log 2)$)	2,93	3,31	3,59
Índice de riqueza (d)	3,12	3,46	3,94
Índice de equidad (J')	0,92	0,96	0,97

En la tabla 15 se observa que la poza Pato es la poza con mayor Abundancia y Riqueza, seguida por la poza Lagarto y Topa; respectivamente.

En la figura 6 se observa que la poza Pato es la poza con mayor Dominancia y Equidad, seguida por la poza Lagarto y Topa; respectivamente.

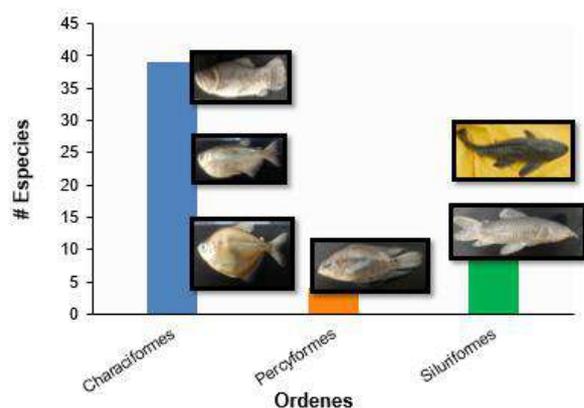


Figura 6. Distribución taxonómica de las especies de peces agrupada por órdenes.

Las muestras recolectadas en las tres pozas de estudio, fueron clasificadas en tres órdenes: *Characiformes*, *Percyformes* y *Siluriformes*. El orden *Characiformes*, es el orden sobresaliente y con más número de individuos en el área de estudio, seguido por el orden *Siluriformes* con un considerable número de individuos, y finalmente el orden *Percyformes*, que es el orden con menor número de individuos y manifestación en las pozas de estudio. Este resultado es similar a lo reportado en el estudio de Caracterización de la biodiversidad acuática en la cuenca andino-amazónica de Madre de Dios, donde el orden *Characiformes* reporta un 80%, *Siluriformes* 15% y *Percyformes* un aproximado de 2.2% con otros ordenes de las capturas registradas (Araújo Flores, 2016).

4. Conclusiones

Analizando los parámetros fisicoquímicos se puede concluir que los datos de pH difieren de poza a poza (poza topa=6,93, poza lagarto=7,43, poza pato=7,53), pero en los tres casos se encuentran dentro de los estándares de calidad de agua para ríos de selva categoría 4 (pH=6,5 – 8,5). Un factor determinante para este parámetro es la estacionalidad, la materia orgánica en suspensión que proviene de la descomposición vegetal, la fisiografía que rodea a las pozas que son de terrazas bajas con drenaje moderado y cercano a un complejo de orillares que hace que los valores de pH sean inestables con tendencia a la acidez. Las fuertes lluvias esporádicas hacen disminuir los valores de conductividad y neutralizar el pH. Los datos de oxígeno disuelto están en relación a la profundidad donde se tomaron las muestras, cuanto más profundo más oxigenadas como en las pozas denominadas topa y pato que presentan 9 ppm de oxígeno disuelto y una profundidad de 4 m y 5 m respectivamente. La evaluación de coliformes totales solo la poza topa (3500 NMP/100 ml), sobrepasa los estándares de calidad ambientales ECAs para ríos de selva categoría 4 (3000 NMP/100 ml) y según la categoría 1-B para aguas superficiales destinadas para recreación tanto coliformes totales para las pozas de estudio (poza topa=3500 NMP/100 ml, poza lagarto=2500 NMP/100 ml, poza pato=1500 NMP/100 ml) superan los permisibles para contacto primario (1000 NMP/100 ml), por lo que se concluye que estas pozas no son recomendables para recreación.

Las concentraciones de los metales: bario, cadmio, cromo, mercurio y plomo en los sedimentos de las pozas formadas artificialmente por la minería no metálica son bajos y diferentes para cada poza, a excepción del arsénico donde no existe diferencias significativas.

El estudio de macroinvertebrados bentónicos contabilizó 10 especímenes en las tres pozas de estudio, distribuidas en el phylum Artropoda, clase insecta, 8 órdenes y 8 familias. La poza denominada Topa es la que presenta mayores valores de riqueza en especies, sin embargo, el valor obtenido de BMWP muestra que está en el rango de agua muy contaminada, seguida de las pozas lagarto y pato que están en la escala de fuertemente contaminadas. Esta determinación es

importante, evidencia que el estado de salud de estos cuerpos de agua es crítico, porque la zona es un predio agrícola con asentamientos humanos y actividad antropogénica. Los valores de riqueza y abundancia para fitoplancton, muestran que la poza denominada Topa presenta mayor índice de abundancia y la poza lagarto mayor índice de riqueza en especies, habiendo una diferencia grande con la poza pato que presenta en referencia a las otras dos bajo índice de riqueza. Para el caso del zooplancton la poza lagarto presentó mayor índice de abundancia, pero bajo índice de riqueza en especies, con respecto a las otras dos pozas lagarto y pato que presentan mayor número de especies. La evaluación de riqueza en ictiofauna de las tres pozas de estudio dio como resultado la predominancia de las órdenes de chariciformes con (17 especies), también se encontraron peces de las órdenes siluriformes (9 especies) y Percyformes (4 especies). Las especies más comunes fueron *Triportheus angulatus* (10 capturas), *Cichlasoma boliviense kullander* (4 capturas), *Hypostomus* sp (1 captura), esta información contribuye a conocer las especies existentes en pozas formadas artificialmente por minería no metálica.

Los valores fisicoquímicos obtenidos de sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica, dureza, cloruros, aceites y grasas, nitrato y nitritos en muestras de las tres pozas de estudio, no sobrepasan los estándares de calidad ambientales ECAs para ríos de selva categoría 4. Al mismo tiempo los niveles de metales en sedimentos de los cuerpos de agua formados por extracción de minería no metálica no sobrepasan los estándares de calidad ECAs para suelo agrícola, pero considerando que los resultados son de sedimentos de cuerpos de agua se debe tener presente el pH de estos que cuanto más ácidos sean tendrán mayor capacidad de disolver estos metales y contaminar la vida acuática que presenta.

Financiamiento

Ninguno.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Contribución de autores

L-Q, E. y R-A, L: conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, curación de datos escritura (preparación del borrador final).

Referencias bibliográficas

- Araújo Flores, J. M. (2012). *Estudio hidrobiológico en la concesión de conservación Villa Carmen – Pilcopata (ACCA) Cusco y Madre de Dios, Perú*.
- Araújo Flores, J. M. (2016). *Caracterización de la biodiversidad acuática en la cuenca andino-amazónica de Madre de Dios - Perú* [Universidad de Huelva].
<http://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/12705>
- Brousett-Minaya, M. A., Rondan-Sanabria, G. G., Chirinos-Marroquín, M., & Biamont-Rojas, I. (2021). Impacto de la Minería en Aguas Superficiales de la Región Puno - Perú. *Fides et Ratio - Revista de Difusión Cultural y Científica de La Universidad La Salle En Bolivia*, 21(21).
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2071-081X2021000100011&script=sci_arttext&tlng=es
- Carrera Reyes, C., & Fierro Peralbo, K. (2001). Manual de Monitoreo: Macroinvertebrados Acuáticos como Indicadores de la Calidad de Agua. In *Ecociencia* (Vol. 2).
https://biblio.flacsoandes.edu.ec/shared/biblio_view.php?bibid=144719&tab=opac
- Cuentas Alvarado, M., Velasquez Viza, O., Arizaca Avalos, A., & Huisa Mamani, F. (2019). Evaluación de riesgos de pasivos ambientales mineros en la comunidad de Condoraque -

- Puno. *Revista de Medio Ambiente y Minería*, 4(2).
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2519-53522019000200004&script=sci_arttext
- Osores Plenge, F., Rojas Jaimes, J. E., & Lara Estrada, C. H. M. (2012). Minería informal e ilegal y contaminación con mercurio en Madre de Dios: Un problema de salud pública. *Acta Médica Peruana*, 29(1).
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172012000100012
- Peña Neira, S., & Araya Meza, P. (2021). Aguas de contacto, efectos en la minería y el medioambiente. *Revista de La Facultad de Derecho*, 50, 20215006.
<https://doi.org/10.22187/RFD2020N50A6>
- Quezada García, M. G., Hidalgo del Águila, M., Tarazona, J., & Ortega, H. (2017). Ictiofauna de la cuenca del río Aguaytía, Ucayali, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 24(4), 331–342.
<https://doi.org/10.15381/RPB.V24I4.14061>
- Quispe Aquino, R. (2015). *Evaluación de la contaminación por metales pesados en cuerpos de agua dejados por la minería aurífera, en la comunidad nativa de tres islas del departamento de Madre de Dios* [Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios].
<http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/112>
- Rottenbacher de Rojas, J. M., & De la Cruz Sánchez, M. (2012). Ideología política y actitudes hacia la minería en el Perú: entre el crecimiento económico, el respeto por las formas de vida tradicionales y el ambientalismo. *Liberabit*, 18(1).
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-48272012000100011
- Villena Chávez, J. A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304–308.
<https://doi.org/10.17843/RPMESP.2018.352.3719>



Artículo original / Original article

Actividad minera y suelos contaminados en el sector de km 100 La Pampa región Madre de Dios

Mining activity and contaminated soils in the sector of km 100 La Pampa region Madre de Dios

Lastenia Cutipa-Chávez ^{1*}; Virne Mego-Mego ¹; Jaime Cuse-Quispe ¹; Miguel Chávez-Pinchi ¹; Jesualdo Mamani-Condori ¹; Javier Galindo-Pacherres ¹; Janet Gonzales-Bellido ¹

¹ Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Puerto Maldonado, Perú

Recibido: 28/11/2021

Aceptado: 30/12/2021

Publicado: 25/01/2022

*Autor de correspondencia: lcutipa@unamad.edu.pe

Resumen: El objetivo de la investigación fue realizar un estudio de suelos y sus efectos de la minería en el sector 100 de la Pampa de la provincia de Tambopata, Región Madre de Dios. La investigación fue de carácter experimental, para ello, se tomaron cuatro muestras de suelos erosionados del km 100 correspondiente a la pampa además una muestra del suelo no erosionado como testigo. En laboratorio obtuvimos resultados que determinaron los parámetros físicos y químicos otros como nitrógeno, metales y otros elementos. Concluimos que la textura de los suelos donde existe la actividad minera han perdido considerable cantidad de limo y arcilla, además la acidez de los suelos se ve incrementada ligeramente por dicha actividad.

Palabras clave: contaminación; degradación de suelos; parámetros físicos; parámetros químicos

Abstract: The objective of the research was to carry out a study of soils and their effects of mining in sector 100 of the Pampa in the province of Tambopata, Madre de Dios Region. The investigation was of an experimental nature, for this, four samples of eroded soils were taken from km 100 corresponding to the pampas, in addition to a sample of non-eroded soil as a control. In the laboratory, we obtained results that determined the physical and chemical parameters, others such as nitrogen, metals and other elements. We concluded that the texture of the soils where there is mining activity have lost a considerable amount of silt and clay, in addition, the acidity of the soils is slightly increased for said activity.

Keywords: chemical parameters; physical parameters; pollution; soil degradation

1. Introducción

La industria minera es una de las fuentes de ingresos más importantes de muchos países diferentes, ya que el crecimiento de las industrias mineras a menudo regula el potencial de adquisición de recursos y el crecimiento económico de los países (Moscheni, 2019). Según las diferentes características de las industrias mineras, esta industria podría clasificarse en industrias geofísicas o industrias químicas, sin embargo, la minera tiene un impacto considerable en el medio ambiente, como la contaminación del suelo por elementos potencialmente nocivos debido a las actividades que se realizan (Dong et al., 2019).

Según la minería puede contaminar el aire y el agua potable, dañar la vida silvestre y el hábitat y dejar cicatrices permanentes en los paisajes naturales. Las minas modernas, así como las minas abandonadas, son responsables de daños ambientales significativos. Los productos químicos que se utilizan para separar metales y minerales valiosos del mineral también pueden filtrarse en arroyos, ríos y aguas subterráneas (Peña Neira & Araya Meza, 2021). Algunas de estas sustancias químicas, como el mercurio, persisten en el medio ambiente durante décadas, siendo perjudiciales para la salud humana (Cadavid-Muñoz & Arango-Ruiz, 2020).

En el Perú las actividades extractivas si bien generan grandes beneficios económicos, también crean externalidades negativas. El más importante de ellos es la degradación y contaminación ambiental, que pueden afectar negativamente la salud de las poblaciones locales, los medios de subsistencia de los trabajadores y la producción agrícola (Astete et al., 2014).

En la región de Madre de Dios catalogado como capital de la biodiversidad tiene como una actividad económica de mayor desarrollo la minería que debería realizarse en el corredor minero sin embargo la zona denominada la Pampa es una zona de amortiguamiento de la reserva de Tambopata, esta actividad ya no es artesanal sino se emplea motobombas carrancheras hasta dragas que son maquinaria pesada, esta actividad consiste en lavar el suelo donde hay contenido de oro, lo que hace que el suelo es prácticamente degradado por el lavado de todo el material orgánico así como la arcilla y el limo quedando prácticamente montículos de arena y cascajo en muchos lugares que se realizó esta actividad lo mismo ocurre una deforestación si en dichos suelos encuentran algún rastro de oro y quedando a su paso suelos eriazos (Villagra, 2021)(Cerón et al., 2021).

La Ruta Interoceánica sobre la que se asienta el campamento separa las dos realidades de la minería del oro en Madre de Dios. Al sur queda la minería ilegal y algunas pequeñas explotaciones cooperativas. Al norte está el llamado "corredor minero", la zona habilitada para la extracción en la que se aglutina la minería informal (Osores Plenge et al., 2012). La diferencia entre informal e ilegal, aunque parezca sutil en el lenguaje, alumbró dos realidades sociales totalmente diferentes. La minería ilegal carece de todo tipo de permisos y se desarrolla en zonas prohibidas. La informal es la que se hace en lugares permitidos, pero solo cumple algunos de los requisitos establecidos por la ley (Salas Carreño & Diez Hurtado, 2018). La mayoría de los más de 40.000 mineros informales cuentan con títulos de concesión otorgados por el Estado.

En los humedales como la Pampa, el problema ecológico es aún mayor, porque para llegar al oro hay que arrancar el bosque y remover la capa de tierra que se conoce como greda. En términos ambientales hay un impacto bastante significativo, estamos hablando de 40 000 a 50 000 hectáreas desforestadas. Lugares donde antes había bosques primarios, secundarios. Una riqueza en biodiversidad única en el mundo, donde la contaminación del aire, del suelo y del agua por mercurio (Huamán-Paredes et al., 2020).

Los suelos degradados donde la forestación se ha arrasado cambiando el paisaje y el ecosistema de dichos lugares, como no existe programas de reforestación de dichas zonas devastadas por la actividad minera en la zona la Pampa, por tal motivo el objetivo del estudio fue realizar un estudio de dichos suelos en sus parámetros físicos, químicos y contenido de elementos pesados.

2. Materiales y métodos

El estudio se realizó en La Pampa km 100 en el distrito de Inambari provincia de Tambopata departamento de Madre de Dios. El estudio es experimental, donde se tomaron cuatro muestras en zona de actividad minera; las cuatro muestras se recogieron de suelo erosionado donde se realizó la actividad minera, una de ellas se tomó cerca de una pequeña masa de agua denominada como muestra N° 03; y las otras tres muestras son: muestra N° 01, muestra N° 02 y muestra N° 04 se tomaron lejos de la masa de agua, dicha masa de agua se observó que fue producto de la actividad minera porque estaba atrapada en medio de suelos erosionados. La muestra de referencia o denominada muestra patrón también testigo dicha muestra se extrajo de una zona de bosque natural, se trata de una sola muestra denominada como muestra N° 05.

2.1. Metodología de análisis de los parámetros físicos y químicos

2.1.1. Toma de muestra de un suelo

Para el estudio se tomó la muestra al azar de cuatro puntos cercanos a una profundidad de 20 cm los mismos que se mezclan y se hace el cuarteo correspondiente eso para las cinco muestras de los cuales uno es un testigo (muestra N° 05) y los otros erosionados tres de ellos similares (muestra N° 01, muestra N° 02, muestra N° 04) y el tercero (muestra N° 03) cerca de una masa de agua artificial producto de la actividad antrópica.

2.1.2. Preparación de la muestra para el análisis

La muestra unitaria debe ser preparada antes del análisis.

Secado al Aire: las muestras de material de suelos deben ser secado al aire a temperatura ambiente mínimo 24 horas. Si hubiera terrones mayores de 2 mm se puede proceder a desmenuzar con un rodillo u otro similar.

Tamizado: agrónomicamente tienen verdadero interés las partículas que tienen un tamaño inferior medio, en cuya superficie se verifica la totalidad de las reacciones del suelo.

2.1.3. Determinación de humedad de un suelo

La capacidad de campo, así como el punto de marchitez según la textura los valores más adecuados se muestran en la siguiente tabla 1.

Tabla 1. Valores óptimos en suelos según la textura

Textura del suelo	Capacidad del campo	Punto de marchitamiento	Humedad disponible
Arenoso	9%	2%	7%
Arenoso - franco	14%	4%	10%
Franco arenoso - limoso	23%	9%	14%
Franco arenoso + materia orgánica	29%	10%	19%
Franco	34%	12%	22%
Franco - arcilloso	30%	16%	14%
Arcilloso	38%	34%	14%
Arcilloso con buena estructura	50%	30%	20%

La humedad del suelo se determinó por el método clásico gravimétrico. Determinando la humedad por evaporación del agua contenida, en una estufa a 105 ° C expresando los resultados en forma de porcentajes, respecto al peso del suelo desecado.

2.1.4. Determinación de la densidad de los suelos

Determinación de la densidad aparente

Refleja la masa de una unidad de volumen de suelo seco y no perturbado, para que incluya tanto a la fase sólida como a la gaseosa englobada en ella. Para establecerla debemos tomar un volumen suficiente para que la heterogeneidad del suelo quede suficientemente representada y su efecto atenuado. Es muy variable

Según el suelo, incluso en cada uno de los horizontes porque depende del volumen de los poros. Si el suelo es compacto, la densidad sube. Su valor en los horizontes A suele estar comprendido entre 1 y 1.25, mientras que en los horizontes B puede alcanzar hasta 1.5 o más alto. Su valor nos permite establecer equivalencias entre las relaciones masa/masa, que son la forma habitual de medir los parámetros del suelo, y las masa/superficie que son las utilizadas en la aplicación de aditivos al mismo para corregir sus deficiencias.

Tabla 2. Valores de densidad aparente

Textura	Densidad aparente (g/cm ³)
Arenoso	1.50 - 1.80
Franco arenoso	1.40 - 1.60
Franco	1.30 - 1.50
Franco arcilloso	1.30 - 1.40
Arcilloso	1.20 - 1.30

Asimismo, se realizó la determinación de la densidad real o peso específico, el cálculo del volumen real del suelo, el cálculo de la porosidad del suelo, la determinación del coeficiente de actividad (higroscopicidad), la determinación del contenido del agua en el suelo (empleando el método de Emmert, determinando la humedad equivalente, el agua capilar, el agua gravitacional), también se determinó la capacidad de campo, la textura de los suelos, el pH del suelo (en el punto de saturación con agua), asimismo se determinó la cal o caliza activa (empleando el método de campo reaccionado los carbonatos del suelo con HCl y el método de laboratorio (método volumétrico (Neutralización)), también se empleó la determinación de la capacidad total de cambio catiónico C.I.C (aplicando el método del acetato de amonio, determinando sales solubles, determinando el total de bases intercambiables), por otra parte, también se determinó el contenido en carbono y materia orgánica de los suelos (empleando el método de Walkley y Black, el método de pérdida por ignición), además se realizaron determinaciones aproximadas de N, P, K (determinando el contenido de nitrógeno de los suelos, determinado el fósforo (tabla 3) y determinado el potasio).

Tabla 3. Calibración para determinar fósforo

Nro de tubo	Patron P (ml)	Muestra problema (ml)	Molibdato deamonio (ml)	Ácido Ascórbico	Absorbancia	Transmitancia
Blanco	-	-	2.5	2.5		
1	0.01	-	2.5	2.5		
2	0.03	-	2.5	2.5		
3	0.05	-	2.5	2.5		
4	0.10	-	2.5	2.5		
5	0.15	-	2.5	2.5		
6	-	1.0	2.5	2.5		

Finalmente se realizó un análisis cualitativo de contenido de metales, donde las determinaciones se realizaron para cada una de las muestras por una repetición de tres como mínimo, para obtener un promedio por muestra.

Tabla 4. Propuesta de concentraciones máximas aceptables (MAC) de metales traza considerados como fitotóxicos en suelos agrícolas (mg/kg)

Metal	Austria	Canadá	Polonia	Japón	Gran Bretaña	Alemania
As	50	25	30	15	20	40 (50)
Be	10		10			10 (20)
Cd	5	8	3		1 (3)	2 (5)
Co	50	25	50	50		
Cr	100	75	100	50		200 (500)
Cu	100	100	100	150	50 (100)	50 (200)
Hg	5	0,3	5		2	10 (50)
Mo	10	2	10			
Ni	100	100	100	100	30 (50)	100 (200)
Pb	100	200	100	400	50 (100)	500 (1000)
Zn	300	400	300	250	150(300)	300(600)

3. Resultados y discusión

3.1. Determinación de humedad

A continuación, los valores de humedad obtenidos en el presente trabajo de investigación se detallan en la tabla 5.

Tabla 5. Porcentaje de humedad

Muestra	% Humedad (luna de reloj)	% Humedad (Crisol)	% Humedad promedio
Muestra N° 01	7.55	7.38	7.47
Muestra N° 02	6.87	7.08	6.98
Muestra N° 03	28.52	27.31	27.92
Muestra N° 04	7.525	7.478	7.50
Muestra N° 05	25.558	28.539	27.05

Al realizar la comparación de la muestra patrón (muestra N° 05) y las muestras N° 01, 02, 04 y 03 (extraída de un lugar cercano a un banco de agua), por el método T Student de comparación de pares se tiene los siguientes resultados.

Se observa que la humedad de la muestra patrón es 27.05 % y la media de las muestras (01, 02, 03 y 04) de suelos erosionados es 12.46%; esto nos hace ver que existe una variación considerable. Dado que el estadístico $t = 2.83$ por tanto menor que el valor crítico $= 3.18$ y que la probabilidad de estadístico 2.3534 es superior a 0,05, podemos asumir que las varianzas no presentan diferencias estadísticamente significativas. También presenta una buena correlación cuyo valor es de 0.81.

La muestra N° 03 de entre la N°01, N° 02 y N°04, se extrajo de un lugar cercano a agua estancada por lo que es razonable dicha humedad de 27.92 %. Sin embargo, la muestra N°05 es el suelo de comparación porque el lugar donde se extrajo es un suelo de bosque primario con árboles forestales. Nos hace ver que la erosión producto de la acción antrópica y la textura que presentan se ve afectado en la humedad disponible que deberían tener si dicha actividad no hubiese cambiado la textura de los suelos.

3.2. Determinación de la densidad de los suelos

3.2.1. Determinación de la densidad aparente

Se realizó tres determinaciones para cada muestra de suelo, encontrándose el promedio para cada uno, siendo el patrón la muestra N°05 y las demás muestras de suelo erosionado donde se realizó la actividad minera los Valores encontrados se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Densidad aparente

Muestra	Densidad aparente	Densidad aparente	Densidad aparente	Densidad aparente promedio
Muestra N° 01	1.449 g/ml	1.437 g/ml	1.454 g/ml	1.447 g/ml
Muestra N° 02	1.396 g/ml	1.415 g/ml	1.409 g/ml	1.407 g/ml
Muestra N° 03	2.004 g/ml	1.748 g/ml	1.791 g/ml	1.848 g/ml
Muestra N° 04	1.338 g/ml	1.341 g/ml	1.358 g/ml	1.346 g/ml
Muestra N° 05	1.119 g/ml	1.143 g/ml	1.133 g/ml	1.132 g/ml

La muestra patrón (N°05) tiene menor densidad aparente es razonable dicho valor debido a que en su textura la cantidad de arena, limo, arcilla son los que corresponden al tipo de suelo en bosque primario. El número N°03 presenta un valor elevado por la presencia de mayor cantidad de agua (humedad) y arena lo que se ve claramente su valor elevado respecto a la muestra N°01; 02; 03.

Dado que el estadístico $t = -3.33$ por tanto menor que el valor crítico $= 3.18$ y que la probabilidad de estadístico 2.3534 es superior a 0,05, podemos asumir que las varianzas no presentan diferencias estadísticamente significativas. La correlación se muestra que es adecuada cuyo valor es 0.83. Por otro la muestra 03 se obtuvo de una zona donde existía una masa de agua es decir el suelo tiene mayor humedad lo que hace que varíe la densidad para esa muestra.

3.2.2. Determinación de la densidad real o peso específico y cálculo del volumen real del suelo

Tabla 7. Densidad real volumen real del suelo

Muestra	Peso fiola vacío	Peso fiola vacío y suelo	Peso suelo	Peso fiola suelo y agua	Peso agua	Volumen de suelo	Densidad real
N°01	37,3	115,4	78,1	131,4	16	34	2,2971
N°02	37,7	115,7	78	131,1	15,4	34,6	2,2543
N°03	37,2	105,3	68,1	121,8	16,5	33,5	2,0328
N°04	35,6	104,2	68,6	124,9	20,7	29,3	2,3413
N°05	37,2	85,9	48,7	111,8	25,9	24,1	2,0207

La densidad del suelo que se analiza como patrón es 2.0207 g/ml casi similar a la muestra N° 03 debido a que este último tiene mayor contenido de agua; sin embargo, las muestras erosionadas (N°01, 02 y 04) existe una variación significativa esto debido a la mayor presencia de arena. Además, la correlación tiene un valor de 0.96 lo que nos indica que existe una buena obtención de los datos experimentales.

Podemos darnos cuenta que los valores de las muestras erosionadas N° 01, 02, 04 tienen elevados valores comparados al patrón de acuerdo a la textura donde el porcentaje de arena es mayor, en el caso de la muestra 03 que proviene de una zona de mayor contenido de agua a pesar de que la textura es similar a las anteriores su valor de densidad es casi semejante a la muestra N° 05 que proviene de una zona no erosionada este parecido de la densidad de la muestra de N° 03.

3.3. Cálculo de la porosidad de un suelo

Tabla 8. Porcentaje de porosidad

Muestra	Densidad aparente g/ml	Densidad real g/ml	% porosidad
N°01	1,447	2,2971	37,006
N°02	1,407	2,2543	37,587
N°03	1,848	2,0328	9,093
N°04	1,346	2,3413	42,510
N°05	1,132	2,0207	43,981

La variación en la porosidad entre la muestra patrón (N°05) y la muestra N° 03 es mayor debido a que la muestra N° 03 fue tomada cerca de una masa de agua y por lo tanto es muy húmeda, sin embargo, entre la muestra patrón (N°05) y los suelos impactados por la actividad minera (N° 01, 02, 04) la variación que existe es razonable el patrón es mayor y eso indica que existe cambios notorios en este parámetro.

3.4. Determinación del coeficiente de actividad

3.4.1. Higroscopicidad

Debido a su carácter dipolar del agua el extremo positivo es atraído por las cargas negativas de las arcillas y otro que forman coloides, formándose una capa de agua y cuya superficie es negativa este a su vez atrae hasta tres o cuatro capas de agua al que se denomina agua higroscópica.

Coefficiente de higroscopicidad Es la máxima capacidad del suelo d retener agua de forma higroscópica es el porcentaje de humedad del suelo cuando la atmosfera fuese del 100% húmeda.

Tabla 9. Porcentaje de higroscopicidad

Muestra	Crisol vacío	Peso suelo	Crisol suelo 8Hr A 118°C	Suelo por 48Hr en desecador (a)	Suelo por 48Hr en desecador (b)	% Higroscopicidad (a)	% Higroscopicidad (b)
Nª01	33,7553	10,0087	43,7478	43,7599	43,7578	0,1209	0,0999
Nª02	32,3571	10,0262	42,3648	42,3761	42,3722	0,1127	0,0738
Nª03	33,0365	10,015	42,541	42,5612	42,5569	0,2017	0,1588
Nª04	36,2204	10,0007	46,2027	46,2123	46,2095	0,0960	0,0680
Nª05	36,7325	10,006	45,2837	45,3787	45,3669	0,9494	0,8315

3.5. Determinación del contenido de agua en el suelo

3.5.1. Determinación de humedad en el suelo método de Emmert

Es la medición de la elevación de la temperatura que se produce al añadir H₂SO₄ (c) con el agua que contiene el suelo. Construcción de la Curva de Emmert. Considerando las variables de % de humedad y temperatura en °C.

Asimismo, para todos los casos de las cinco muestras, por interpolación se obtiene el valor de porcentaje de humedad aplicando la ecuación de una recta de acuerdo al análisis se considera la variable X: Temperatura y variable Y: % humedad, así e tiene: $y = mx + b$, obteniendo como resultado la siguiente consolidación de humedad (tabla 10).

Tabla 10. Consolidada humedad método Emmert

	Muestra N°01	Muestra N°02	Muestra N°03	Muestra N°04	Muestra N°05
% Humedad	4.1956	5.2783	8.6029	5.0302	8.6090

Se puede observar que la muestra N°03 recogida de una zona cercana a una masa de agua la humedad es semejante a la humedad de la muestra patrón o testigo (muestra N° 05).

3.6. Determinación de la humedad equivalente

La humedad equivalente de un suelo en el terreno, es el mínimo contenido de humedad al cual una gota de agua, colocada sobre una superficie alisada del suelo, no será completamente absorbida en 30 segundos por el mismo, si no que se esparcirá sobre la superficie dejando una película fina de humedad.

Tabla 11. Porcentaje de humedad equivalente

N° muestra	Peso buchner vacío	Peso buchner y papel filtro	Peso buchner filtro y suelo	Peso suelo	Peso buchner filtro y suelo Mojado	Peso suelo húmedo	% humedad equivalente
1		374.97	425.28	50.31	434.01	59.04	17.35
2	373.75	375.15	435.57	60.42	443.57	68.42	13.24
3		374.88	466.51	91.63	474.60	99.72	8.83
4		374.73	435	60.27	442.00	67.27	11.61
5		374.59	411.7	37.11	417.90	43.31	16.71

Los valores de la muestra N° 03 difieren de los demás incluso del patrón por su ya abundancia presencia de humedad a pesar de ser un suelo franco arenoso.

3.7. Determinación del agua capilar

Es la determinación del agua retenida por espacios capulosos del suelo (microporosos).

Tabla 12. Porcentaje de capilaridad

N° Muestra	Peso tubo y gasa	Peso tubo gasa y suelo	Peso suelo	Hora inicio	Peso tubo gasa y suelo	Hora final	Peso agua	% Capilaridad
1	37.5	69.4	31.9	12,21	78.3	12,45	8.9	20.38
2	27.4	77.2	49.8	12,22	92.3	12,39	15.1	21.49
3	47.9	101.9	54	12,23	111.1	1,10	9.2	6.11
4	37.5	67.4	29.9	12,25	75.9	12,49	8.5	22.74
5	37.7	63.6	25.9	12,26	67.5	12,53	3.9	5.79

Debido a que los suelos de las muestras N° 01, 02, 04 tienen la misma textura y similar humedad es razonable que su capilaridad sea semejante y difiere de la muestra N° 03 a pesar de tener la misma textura; la muestra N° 05 es el patrón y la capilaridad es semejante a la muestra N° 03 porque esta tiene semejante humedad, pero difieren en su textura.

3.8. Determinación de agua gravitacional

Determinación del porcentaje de agua que se filtra a través del suelo por acción de la fuerza de la gravedad. Llamada también agua superflua o gravitante.

Es la que se elimina del suelo en virtud que los poros que contienen el agua son demasiado grandes para contrarrestar la acción de la gravedad. Se estima que la succión con que es retenida es menor de 0,3 atmósferas, considerándose de poca utilidad por el corto tiempo de permanencia en el suelo.

Tabla 13. Porcentaje de agua gravitacional

N° Muestra	Peso tubo y gasa	Peso tubo gasa y suelo	Peso suelo	Hora inicio	Peso tubo gasa y suelo	Hora final	Peso agua	% gravitacional
1	78.3	12,45	31.9	122.4	201.2	1,01	0.5	1.57
2	92.3	12,39	49.8	123.6	217.8	12,59	1.9	3.82
3	111.1	1,10	54	130.9	244.7	1,13	2.7	5.00
4	75.9	12,49	29.9	119.3	196.3	1,03	1.1	3.68
5	67.5	12,53	25.9	129	203.3	1,04	6.8	26.25

3.9. Determinación de capacidad de campo

Los valores de capacidad de campo obtenidas para las muestras de suelo tanto el testigo como

aquellos que han sufrido erosión por la actividad minera.

Tabla 14. Datos de capacidad de campo

N° muestra	Vaso vacío	Peso vaso y suelo	Peso suelo	Peso suelo y agua	% c.c
O1	32.7	132.7	100	153.7	21.00
O2	33.6	133.6	100	156.6	23.00
O3	29.8	129.8	100	138.5	8.70
O4	30.4	130.4	100	152.6	22.20
O5	31.3	131.3	100	160.3	29.00

3.10. Determinación de la textura de los suelos

En el análisis mecánico de suelos, el primer objetivo es la determinación de la textura de los mismos, es decir la distribución por tamaño de las partículas aisladas que forman. Para lo cual se utilizará el método del densímetro del tipo Bouyoucos, la densidad de una suspensión depende de la cantidad de materia suspendida, por lo que siguiendo la evolución de dicha densidad con el tiempo de sedimentación puede determinarse la distribución de los tamaños de partículas.

Tabla 15. Datos obtenidos de textura

N° muestra	% arcilla	% limo	% arena	Textura
1	7.58	0.67	91.6	Arenosa
2	16.12	2.16	83.88	Arenosa-Franca
3	18.72	2.4	78.88	Franco arenosa
4	16.2	0.24	83.52	Arenosa franca
5	18.12	32	50.12	Franca

Tamaño de las partículas en mm.	
Arena	: 0,050 - 2,00
Limo	: 0,002 - 0,05
Arcilla	: <0,002

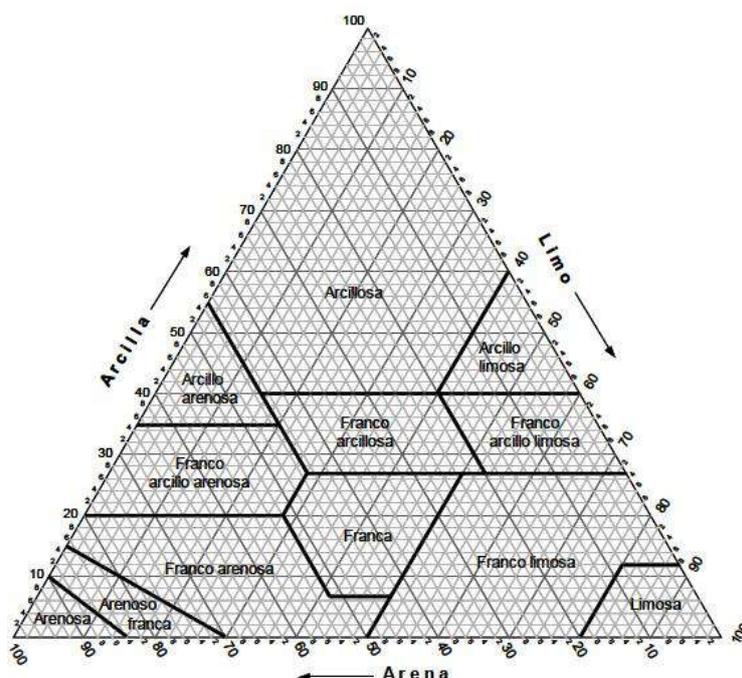


Figura 1: Triángulo textural

Según el gráfico de Triángulo Textural la muestra Patrón es franca al límite franco arenosa (la muestra N° 03 presenta dicha textura); sin embargo, comparando con las muestras N°

01, 02 y 04 estas se encuentran como arenosa y franca arenosa.

Tabla 16. Comparación de valores promedio

Clase de textura	Densidad aparente g/cc %	Porosidad
Arenoso	1.9-1.7	28-33
Franco-arenoso	1.7-1.5	33-42
Franco-limoso	1.5-1.3	42-51
Arcilloso	1.3-1.1	51-59

Según la densidad aparente se encuentra en el rango de la clase de textura franco-arenoso.

3.11. Determinación de pH del suelo

Si consideramos individualmente las diversas propiedades químicas del suelo, encontramos que el pH es la propiedad que por sí sola nos da la mejor indicación sobre el estado de fertilidad del suelo.

3.11.1. Determinación de pH de un suelo en el punto de saturación con agua

Tabla 17. Datos de pH

N° muestra	Ph 1	Ph 2	Ph Promedio
O1	3.31	3.33	3.32
O2	3.38	3.39	3.39
O3	4.35	4.25	4.30
O4	3.88	3.81	3.85
O5	3.3	3.31	3.31

3.12. Determinación de cal o caliza activa

La determinación de carbonatos de un suelo es determinada por diferentes métodos.

3.12.1. Método de laboratorio

Tabla 18. Datos de cálculos de caliza de carbonato

N° muestra	peso muestra suelo (g)	Vol hcl (0.1n) MI	Volume nfiltrado de hcl	Normalidad naoh	Volumen gastado de naoh	Gramos de caliza	% de caliza de carbono	Prom % de caliza De carbono
1	5.0083	40	20	0.107	10.3	0.04490	0.89641	0.91
	5.0083	40	10	0.107	5	0.04650	0.92846	
2	5.0862	40	20	0.107	9.8	0.04757	0.93528	0.91
	5.0862	40	10	0.107	5.1	0.04543	0.89320	
3	5.002	40	20	0.1034	10.1	0.04778	0.95528	0.96
	5.002	40	10	0.1034	5	0.04830	0.96561	
4	5.0091	40	20	0.1034	9.2	0.05244	1.04681	0.98
	5.0091	40	10	0.1034	5.2	0.04623	0.92296	
5	5.0001	40	20	0.107	9.25	0.05051	1.01023	0.99
	5.0001	40	10	0.107	4.8	0.04864	0.97278	

3.13. Determinación de capacidad de intercambio de cationes

3.13.1. Determinación de la capacidad total de cambio catiónico C.I.C

Método del acetato de amonio

El amonio NH_4^+ es el catión que se usa para ser absorbido por intercambio. Luego por destilación de este, reemplazándolo con iones Mg^{2+} .

3.13.2. Bases intercambiables

Tabla 18. Capacidad de intercambio catiónico

Nº muestra	Peso suelo	Volumen hcl 0.1n gastado	C.I.C	CIC promedio
1	10.021	10.6	10.58	10.48
		10.2	10.18	
		10.7	10.68	
2	10.0014	5.00	5.00	5.33
		5.3	5.30	
		5.7	5.70	
3	10.0271	30.9	30.82	31.49
		31.3	31.22	
		31.9	31.81	
		32.2	32.11	
4	10.0321	6.05	6.03	6.20
		6.1	6.08	
		6.5	6.48	
5	10.0639	10.3	10.23	11.18
		10.9	10.83	
		11.5	11.43	
		12.3	12.22	

Tabla 19. Porcentaje de bases

Muestra	Peso suelo	Capsula vacío	Capsula y residuo	Peso residuo	% bases
1	10.021	95.9848	96.3857	0.4009	4.001
2	10.0014	87.4708	87.9038	0.433	4.329
3	10.0026	99.916	99.9238	0.0078	0.078
4	10.321	94.6333	95.1948	0.5615	5.440
5	10.0639	94.1788	94.8801	0.7013	6.968

La extracción con acetato de amonio permite intercambiar a los cationes alcalinos de Na y K y los alcalinos térreos Ca y Mg que son los más solubles y por ende los más intercambiables.

3.13.3. Determinación de sales solubles

Tabla 20. Datos de sales solubles

Muestra	Peso suelo	Vaso vacío	Vaso y residuo	Peso residuo	% sal soluble
1	10.021	101.9454	101.9516	0.0062	0.062
2	10.0014	100.5328	100.5465	0.0137	0.137
3	10.0026	105.8042	105.8265	0.0223	0.223
4	10.321	108.5429	108.5538	0.0109	0.106
5	10.0639	108.3629	108.381	0.0181	0.180

3.13.4. Determinación total de bases intercambiables (s)

Las bases intercambiables están presentes en el filtrado en la determinación de C.I.C como acetatos, se transforma por ignición a óxidos para luego obtener en forma de Cl^- al añadir HCl. El exceso de ácido que no reacciona se titula con una base de factor conocido.

Tabla 21. Datos de total de bases intercambiables

N° muestra	Peso suelo	Volumen hcl 0.1n gastado prom	N hcl	Volumen naoh gastado prom	N naoh 0.098	S meq/100g
1	10.021	10.5	0.1	9.3	0.098	1.3830955
2	10.0014	5.33	0.1	4.6	0.098	0.8252178
3	10.0271	31.575	0.1	11.5	0.098	20.2501222
4	10.0321	6.22	0.1	5.5	0.098	0.82402156
5	10.0639	11.25	0.1	8	0.098	3.38834845

Denominados bases solubles de Na, K, Ca, Mg que no necesariamente son la totalidad que hayan sido extraídos con el acetato de amonio.

3.13.5. Cálculo del % saturación de bases

Tabla 22. Porcentaje de saturación de bases

N° muestra	S meq/100g	CIC promedio	V (%)
1	1.3830955	10.48	13.2
2	0.8252178	5.33	15.475
3	20.2501222	31.49	64.307
4	0.82402156	6.20	13.298
5	3.38834845	11.18	30.307

3.14. Determinación del contenido en carbono y materia orgánica de los suelos

3.14.1. Método de Walkley y Black

Consiste en la oxidación de la materia orgánica del suelo por medio del dicromato de potasio, con ayuda del calor producido por acción del ácido sulfúrico concentrado. Valoración del exceso de dicromato que no fue reducido por el carbono orgánico usando sulfato ferroso amónico valorado, para hallar por diferencia la cantidad de dicromato reducido por el carbono orgánico.

Tabla 23. Datos de materia orgánica

N°	% M.O	% M.O Promedio
1	1.62	1.50
	1.51	
	1.37	
2	1.77	1.41
	1.25	
	1.22	
3	2.42	1.94
	1.94	
	1.47	
4	2.28	1.75
	1.50	
	1.47	
5	3.47	3.39
	3.36	
	3.35	

Tabla 24. Datos de carbono reactivo

N°	% C Reactivo	% C Reactivo promedio
1	2.41	2.23
	2.24	
	2.04	
2	2.66	2.12
	1.88	
	1.83	
3	3.42	2.75
	2.75	
	2.07	
4	3.41	2.62
	2.25	
	2.20	
5	5.19	5.08
	5.04	
	5.01	

3.14.2. Método de pérdida por ignición

Es una forma de evaluar aproximadamente, la materia orgánica de los suelos y se basa en la pérdida de peso por ignición.

Tabla 25. Datos de materia orgánica por ignición

N° muestra	Peso crisol vacío	Peso crisol y suelo	Peso suelo	Peso suelo a 500°C x 8hr	Peso materia orgánica	% materia orgánica
1	33.7568	43.7578	10.001	43.7107	0.0471	0.471
2	32.3577	42.3722	10.0145	42.327	0.0452	0.451
3	33.0355	42.5569	9.5214	42.4662	0.0907	0.953
4	36.2203	46.2095	9.9892	46.1646	0.0449	0.449
5	36.7325	45.3668	8.6343	44.911	0.4558	5.279

3.15. Determinación del contenido de nitrógeno de los suelos

El contenido de nitrógeno en los suelos está estrechamente relacionado con la fertilidad; los cultivos son muy sensibles a las variaciones de la cantidad de nitrógeno disponible.

Su determinación se realiza, generalmente, por el método de Kjeldahl, de conversión de nitrógeno en $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, este método se emplea en macro, micro y ultra micro escala.

Se obtuvo:

$\%N \times 6.25 = 0.56\%$ de proteínas crudas en los tejidos vegetales.

$\%N \times 20 = 1.78\%$ de materia orgánica del suelo.

$\%N \times 20\ 000 = 1780$ libras de nitrógeno en el suelo por acre.

$\%N \times 17\ 857 = 1\ 589.3$ Kg de nitrógeno en el suelo por hectárea.

3.16. Determinación de fósforo

El método de Olsen modificado es extensamente usado y emplea como solución extractora NaHCO_3 0.5M a pH 8.5. Esta solución es capaz de extraer fósforo de los fosfatos cálcicos insolubles, regulando el calcio, por la presencia de iones carbonato.

3.17. Determinación de potasio

La muestra obtenida mediante el procedimiento de extracción contiene también el potasio y de allí puede determinarse este elemento.

Tabla 26. Determinación de N P K

N° muestra	Nitrógeno %	Fosforo Ppm p ₂ O ₅	Potasio Ppm K ₂ O
01	0.020	0.31	19.20
02	0.011	0.17	12.60
03	0.025	0.39	3.80
04	0.022	0.34	6.20
05	0.036	0.56	59.40

3.18. Determinación de metales

Datos espectroscópicos

Tabla 27. Datos de elementos Fe, K, P, Ti, Zn

Elemento	M 01 ppm	M 02 ppm	M 03 ppm	M 04 ppm	M 05 ppm
Fe	5277.0	6114.8	8200.0	6218.4	9180.0
K	4746.3	6270.3	8109.0	5856.6	8286.0
P	3067.5	2770.0	2513.5	3847.9	2485.0
Ti	1722.0	2639.7	3309.0	3771.0	6424.0
Zn	164.0	279.3	247.0	632.2	555.0

Tabla 28: Datos de otros elementos

Elemento	M 01 ppm	M 02 ppm	M 03 ppm	M 04 ppm	M 05 ppm
Mn	42.0	82.6	83.0	115.6	37.7
V	18.5	25.7	40.7	32.7	63.0
Sr	23.4	23.9	33.9	26.7	54.4
Rb	17.1	19.9	37.3	24.9	61.6
Th		33.0	26.3	37.0	49.5
Cr	10.4	21.4	24.0	22.4	33.7
Y	8.0	8.0	13.9	13.8	32.7
Nb	6.2	7.8	12.4	13.6	31.7
Zn	8.4	11.5	18.0	12.0	17.1
Cu	8.2	7.5	11.7	11.2	10.7
Pb	4.4	5.0	5.3	5.4	12.0
As	3.1	3.2	4.7	3.2	7.6
Ni			14.0	13.0	
Mn					37.7
Cl		92.0			
Pd		14.0			
Rh		1.3			

Límites permisibles

Tabla 29: Propuesta de concentraciones máximas aceptables (mac) de metales traza considerados como fitotóxicos en suelos agrícolas (mg/kg)

Metal	Austria	Canadá	Polonia	Japón	Gran Bretaña	Alemania
As	50	25	30	15	20	40 (50)
Be	10		10			10 (20)
Cd	5	8	3		1 (3)	2 (5)
Co	50	25	50	50		
Cr	100	75	100	50		200 (500)

Cu	100	100	100	150	50 (100)	50 (200)
Hg	5	0,3	5		2	10 (50)
Mo	10	2	10			
Ni	100	100	100	100	30 (50)	100 (200)
Pb	100	200	100	400	50 (100)	500 (1000)
Zn	300	400	300	250	150(300)	300(600)

4. Conclusiones

La humedad de todas sus formas sufre una alteración en las zonas alejadas de masa de agua, dado que las plantas obtienen del agua disponible que existe en el suelo, observamos que los suelos erosionados no pueden retener el agua que necesitaría las plantas.

La textura de los suelos donde se realizó la actividad minera han perdido considerable cantidad de limo y arcilla.

La materia orgánica que de por si es poca es lamentable la perdida por la actividad de la minería que se observa en los resultados.

La acidez de los suelos se ve incrementada ligeramente por dicha actividad

En cuanto al contenido de metales no se observa una presencia considerable comparando con los límites permisibles por ello se debe realizar de forma más exhaustiva.

Financiamiento

Ninguno.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Contribución de autores

C-C, L: conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, curación de datos escritura (preparación del borrador final).

M-M, V: metodología, investigación, curación de datos y supervisión.

C-Q, J: investigación y curación de datos.

C-P, M: investigación, análisis formal y validación.

M-C, J. y G-P, J: investigación y visualización.

G-B, J. S: curación de datos y análisis formal.

Referencias bibliográficas

- Astete, J., Gastañaga, M. del C., & Pérez, D. (2014). Niveles de metales pesados en el ambiente y su exposición en la población luego de cinco años de exploración minera en Las Bambas, Perú 2010. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 31(4), 695-701. <https://www.scielosp.org/article/rpmpesp/2014.v31n4/695-701/>
- Cadavid-Muñoz, N., & Arango-Ruiz, Á. (2020). El mercurio como contaminante y factor de riesgo para la salud humana. *Revista Lasallista de Investigación*, 17(2), 280-296. <https://doi.org/10.22507/RLI.V17N2A21>
- Cerón, L., Miranda, N., & Rubin-de-Celis, E. (2021). Deforestación por actividad minera en el departamento de Madre de Dios-Perú para los años 2000 y 2017. *Anales Científicos*, 82(1),

- 122-129. <https://doi.org/10.21704/AC.V82I1.1748>
- Dong, L., Tong, X., Li, X., Zhou, J., Wang, S., & Liu, B. (2019). Some developments and new insights of environmental problems and deep mining strategy for cleaner production in mines. *Journal of Cleaner Production*, 210, 1562–1578.
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.10.291>
- Huamán-Paredes, F. E., Palma-Figueroa, G. U., & Flores-del Pino, L. (2020). Caracterización preliminar de residuos de minería aluvial en la región Madre de Dios - Perú. *Revista Cubana de Química*, 32(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212020000200232
- Moscheni, M. (2019). La minería y el desarrollo insostenible. El estudio de caso en San Juan, Argentina. *Problemas Del Desarrollo*, 50(196), 113–138.
<https://doi.org/10.22201/IIEC.20078951E.2019.196.64823>
- Osores Plenge, F., Rojas Jaimes, J. E., & Lara Estrada, C. H. M. (2012). Minería informal e ilegal y contaminación con mercurio en Madre de Dios: Un problema de salud pública. *Acta Médica Peruana*, 29(1).
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172012000100012
- Peña Neira, S., & Araya Meza, P. (2021). Aguas de contacto, efectos en la minería y el medioambiente. *Revista de La Facultad de Derecho*, 50, 20215006.
<https://doi.org/10.22187/RFD2020N50A6>
- Salas Carreño, G., & Diez Hurtado, A. (2018). Estado, concesiones mineras y comuneros. Los múltiples conflictos alrededor de la minería en las inmediaciones del Santuario de Qoyllurit'i (Cusco, Perú). *Colombia Internacional*, 93(93), 65–91.
<https://doi.org/10.7440/COLOMBIAINT93.2018.03>
- Villagra, M. E. (2021). *Intervención del Estado peruano en La Pampa: Un esfuerzo integral pendiente* | Centro de Estudios Estratégicos del Ejército del Perú.
<https://ceeep.mil.pe/2021/05/18/intervencion-del-estado-peruano-en-la-pampa-un-esfuerzo-integral-pendiente/>

Revista Biodiversidad amazónica

Patrocinador:



Universidad Nacional Amazónica
de Madre de Dios



Vicerrectorado de
Investigación