



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y AGUA
CARRERA EN GEOCIENCIAS**

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en
Geociencias

**ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA PEQUEÑA MINERÍA EN LA COMUNIDAD EL CEIBO
DE PUERTO NAPO, DENTRO DEL CONTEXTO GEOLÓGICO, AMBIENTAL Y
SOCIOECONÓMICO**

Autor: Freddy Alexander Medina Bueno

Tutor: Marco Vinicio Simbaña Tasiguano, Msc.

Tena, febrero 2022

Napo, Ecuador



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

Facultad de Ciencias de la Tierra y Agua

Carrera en Geociencias

***Análisis del impacto de la pequeña minería en la
Comunidad El Ceibo de Puerto Napo, dentro del contexto
geológico, ambiental y socioeconómico***

Freddy Alexander Medina Bueno

Tena, febrero 2022
Napo, Ecuador

Declaración de derecho de autor, autenticidad y responsabilidad

Tena, 15 de noviembre de 2021

Yo, Freddy Alexander Medina Bueno con documento de identidad N°1500749005, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento en este documento final, previo a la obtención del título Ingeniero en Geociencias son absolutamente inéditos, originales, auténticos y personales.

En virtud de lo cual, el contenido, criterios, opiniones, resultados, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en la presente investigación son de mi autoría y de mi absoluta responsabilidad.

Por la favorable atención a la presente, suscribo de usted,

Atentamente,

Firma:



Freddy Alexander Medina Bueno

Certificado de dirección de trabajo de integración curricular

Certifico que el trabajo de integración curricular titulado: “Análisis del impacto de la pequeña minería en la Comunidad El Ceibo de Puerto Napo, dentro del contexto geológico, ambiental y socioeconómico”, en la modalidad de: artículo original, fue realizado por: Freddy Alexander Medina Bueno bajo mi dirección.

El mismo ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad Regional Amazónica Ikiam, para su entrega y defensa.

Tena, 15 de noviembre de 2021

Firma:



Firmado electrónicamente por:
**MARCO VINICIO
SIMBANA
TASIGUANO**

.....
Marco Vinicio Simbaña Tasiguano

C.I: 1717760399

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecer a Dios por darme la salud y la oportunidad de culminar esta gran etapa de mi vida.

Agradezco a mis padres por el apoyo durante estos años de carrera, quienes siempre han sabido darme la fortaleza para seguir adelante.

También agradecer a los docentes y compañeros de la Universidad Regional Amazónica lkiam, quienes se han convertido en una familia durante mi estancia y hemos compartido grandes conocimientos y experiencias.

De manera especial, agradecer a mi tutor Msc. Marco Simbaña, quien supo guiarme y compartirme los conocimientos necesarios para culminar este trabajo.

A la Comunidad El Ceibo, que con su apertura y colaboración se pudo llevar a cabo este trabajo.

Finalmente, agradecer a lkiam por permitirme ser parte de este gran proyecto educativo, formándonos con capacidades investigativas para servir a la sociedad con un enfoque sostenible.

DEDICATORIA

Dedico este logro a mis padres, quienes han sido un pilar fundamental en mi carrera y en mi vida y a los cuales les debo todo.

De igual manera a Dios, quien me ha permitido con sus bendiciones llegar al final y proyectar la cosecha de más éxitos.

A mi carrera, como un aporte para la continuidad de las investigaciones en beneficio de la sociedad y de la tierra, la cual nos proporciona vida.

A la Universidad Regional Amazónica lkiam y docentes, que desde el inicio me han formado como una persona con criterio, perseverancia y sobre todo con ganas de crear un mundo mejor.

INDICE GENERAL

Declaración de derecho de autor, autenticidad y responsabilidad	II
Certificado de dirección de trabajo de integración curricular	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XI
1. Introducción.....	1
2. Metodología	4
2.1 Lugar de investigación	4
2.2 Levantamiento geológico.....	7
2.3 Análisis ambiental	8
2.3.1 Agua.....	8
2.3.2 Suelos	8
2.4 Levantamiento de información socioeconómica.....	9
3. Resultados	9
3.1 Geología, descripción del relieve	9
3.1.1 Geología local	9
3.1.2 Características del relieve	10
3.2 Análisis de muestras ambientales.....	11
3.2.1 Parámetros fisicoquímicos del agua	11
3.2.2 Parámetros fisicoquímicos del suelo.....	13
3.3 Metales pesados	14
3.4 Análisis socioeconómico	17

3.4.1 Social	17
3.4.2 Económico	18
3.4.2.1 Práctica de minería artesanal	18
3.4.2.2 Actividad de pequeña minería.....	20
3.4.3 Ambiental	20
4. Discusión.....	21
5. Conclusiones.....	23
6. Agradecimientos.....	24
7. Ética y conflicto de intereses	24
8. Referencias	24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados de los análisis físico-químicos de las muestras de agua.	12
Tabla 2. Resultados de los análisis físico-químicos de las muestras de suelo.	14

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa geológico de la zona de estudio.....	2
Figura 2. Ubicación de la comunidad El Ceibo en Ecuador.	6
Figura 3. Distribución de las zonas de muestreo.	6
Figura 4. Ubicación de los puntos de muestreo de agua y suelos.	7
Figura 5. Realización de calicatas	8
Figura 6. Modelo de elevación digital del área de investigación.....	10
Figura 7. Ortofoto de la zona de investigación.	11
Figura 8. Resultados de análisis de metales pesados en muestras de suelo.....	15
Figura 9. Agrupamiento de puntos de muestreo.....	16
Figura 10. Gráfico radial del contenido de cadmio, mercurio y arsénico.	17
Figura 11. Accesibilidad de los encuestados a los servicios básicos.	18
Figura 12. Gastos económicos mensuales.	19
Figura 13. Ingresos económicos familiares mensuales.....	19
Figura 14. Ingresos económicos mensuales por minería artesanal.....	20

RESUMEN

Los procesos geológicos han sido los precursores de la formación y acumulación de minerales de interés económico en la región amazónica del Ecuador, lo que ha conllevado a la explotación de recursos mineros afectando al medio ambiente y sus comunidades. Se analizó el impacto físico-químico de la pequeña minería en el agua y suelo de un tramo del río Yutzupino en la comunidad El Ceibo y la relación con las actividades socioeconómicas de los comuneros. Además, se ubicaron los puntos de muestreo en un área de estudio, posterior a ello se realizó un levantamiento de información geológica mediante observaciones de campo. Análisis de calidad de agua y suelo fueron realizados, éste último mediante la comparación de muestras entre zonas intervenidas, no intervenidas y recuperadas, además de ensayos para metales pesados y encuestas socioeconómicas a los habitantes de la comunidad. Los materiales geológicos presentan cambios en su estructura y composición, a su vez la vegetación es menor en zonas intervenidas y recuperadas que en zonas no intervenidas. Los parámetros fisicoquímicos del agua no son altos e indican que no es de baja calidad, pero hay turbiedad la cual excede el límite permisible. Hay presencia de metales pesados en los suelos de todas las zonas muestreadas, especialmente de mercurio, arsénico y cadmio. Con la práctica minera, el medio físico podría verse alterado en cuanto la calidad del agua podría reducirse y el suelo degradarse. Los comuneros practican minería artesanal como una de sus principales actividades económicas para cubrir sus gastos básicos.

Palabras clave: agua; degradación; economía; medio físico; suelos.

ABSTRACT

Geological processes have been the precursors of the formation and accumulation of minerals of economic interest in the Amazon region of Ecuador, which has led to the exploitation of mining resources affecting the environment and its communities. The physical-chemical impact of small mining on the water and soil of a section of the Yutzupino River in the El Ceibo community and the relationship with the socioeconomic activities of the community members were analyzed. In addition, the sampling points were located in a study area, after which a survey of geological information was carried out through field observations. Water and soil quality analyses were carried out, the latter by comparing samples between intervened, unoperated and recovered areas, as well as tests for heavy metals and socioeconomic surveys of the inhabitants of the community. The geological materials present changes in their structure and composition, in turn the vegetation is lower in intervened and recovered areas than in non-intervened areas. The physicochemical parameters of the water are not high and indicate that it is not of low quality, but there is turbidity which exceeds the permissible limit. Heavy metals are present in the soils of all sampled areas, especially mercury, arsenic and cadmium. With mining practice, the physical environment could be altered as soon as water quality could be reduced and soil degraded. The commoners practice artisanal mining as one of their main economic activities to cover their basic expenses.

Keywords: degradation; economy; physical environment; soils; water.

1. Introducción

La región amazónica representa cerca del 50 % del territorio del Ecuador, una de las zonas con mayor biodiversidad y con gran riqueza de recursos naturales que forma parte del pulmón de la tierra, en donde se realiza gran parte del ciclo del carbono, esencial para la ecología del planeta y el clima (Bravo et al., 2017). Su población está compuesta por aproximadamente 1 millón de habitantes y posee una superficie de 120.000 km² (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tena, 2019).

En el norte de la amazonia, la principal actividad económica es la extracción de hidrocarburos, ya que ésta ha sido fundamental para el desarrollo regional tanto por la construcción de infraestructura, generación de empleo y volumen anual de inversiones, seguido están la producción agropecuaria y forestales (Benavides et al., 2008). Otros sectores importantes son la construcción, los servicios, el turismo y el comercio, principalmente de productos vegetales de la zona.

Dentro de la Amazonía está la provincia de Napo, ubicada al sureste de la capital ecuatoriana, la cual posee un clima tropical con temperaturas medias que van de 25 a 27°C, (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tena, 2019). Además, tiene una alta precipitación que sobrepasa los 3.000 mm anuales, siendo los meses de mayo y junio los más lluviosos en el norte de la Amazonía y los meses de marzo y abril en el sur (Gobierno Provincial de Napo, 2015).

Con respecto a la geología regional y medio físico, la zona de estudio está localizada al este de la Cordillera Real, en el piedemonte amazónico. Existen rocas jurásicas como el Batolito de Abitagua, que forma parte de la cordillera de los Guacamayos e intruye a la Formación Misahuallí, la cual es volcanosedimentaria, siendo afectada por varias fallas transversales y paralelas a su rumbo general NE-SW (Baby et al, 2004). Este granito se encuentra dividido por diques ácidos de adamelita y aplita, además de diques basálticos de hasta 15 metros de espesor.

La Cuenca Oriente es una cuenca subandina que se desarrolla como resultado de esfuerzos transpresivos, presentes a partir del Cretácico terminal, los que provocan la emersión de la Cordillera Real y la formación de la cuenca de antepaís de trasarco propiamente dicha (Baby, 2004). Sus miembros clásticos presentan fuertes cambios paleográficos, alteraciones laterales de facies y oscilaciones de la línea de costa de hasta 200 Km dentro de la plataforma marina somera Oriente (Chunga, 2012).

En la **Figura 1** se visualiza el Mapa Geológico de Puerto Napo, correspondiente a la zona de estudio y en la cual se distingue una secuencia sedimentaria cretácica conformada por la formación Napo, varios cuerpos ígneos básicos alcalinos han sido identificados en esta misma sección cretácica; suprayaciendo se encuentra la formación Tena de edad paleocénica, posteriormente, las formaciones Tiyuyacu y Arajuno, cubiertas principalmente en superficie por depósitos aluviales cuaternarios, que forman terrazas aluviales con acumulación de minerales de interés económico como el oro (Carlomagno,2010).

MAPA GEOLÓGICO DE PUERTO NAPO

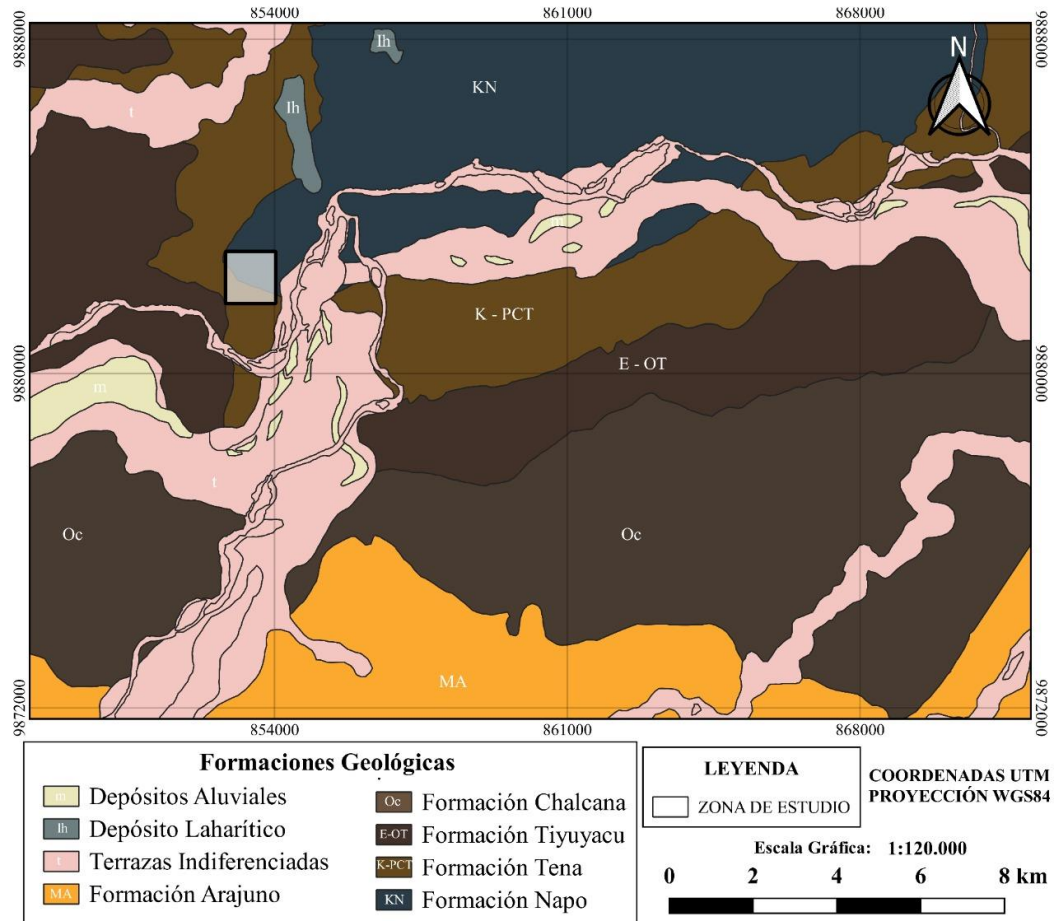


Figura 1. Mapa geológico de la zona de estudio.

Figure 1. Geological map of the study area.

Los procesos de geodinámicos antiguos y actuales, se reflejan también en la morfología de la zona subandina de la Cuenca Oriente, que se caracteriza por la presencia de terrazas aluviales y por grandes deslizamientos (Baby, 2004). Las formaciones cretácicas Hollín, Napo y Tena en la Amazonía ecuatoriana, constituyen el sustrato rocoso de muchos ríos, y por presentar mayormente buzamientos subhorizontales con pendientes suaves a moderadas, forman buenos rifles naturales para la concentración del oro.

Según menciona Carlomagno (2010), el oriente ecuatoriano posee placeres auríferos y además forma parte de una gran provincia aurífera, que comprende toda la cuenca oriental. Además, los ríos que surgen del flanco este de la Cordillera Real atraviesan esta zona, en los cuales existen depósitos aluviales en explotación.

En Ecuador no existen mecanismos para el financiamiento público ni privado para la pequeña minería y/o artesanal (Sandoval, 2001). A pesar de algunas mejoras tecnológicas en los últimos años, la minería en el Ecuador está dominada por las operaciones artesanales y semimecanizadas. Desde el punto de vista ambiental la situación es problemática, ya que en las operaciones generalmente hay poca conciencia y preocupación por proteger la naturaleza (Apolo, 2013).

Contextualizando, la explotación de los placeres aluviales que según Viladevall (2004) son la acumulación económica de minerales de alta resistencia física-química, constituyen uno de los métodos más antiguos de extracción de oro en el Ecuador (Sandoval, 2001). En estos, se aprovecha el peso específico para lograr su concentración gravimétrica y separarlo de los sedimentos pesados (Sandoval, 2001).

Con respecto a la parte ambiental, Caparelli et al (2020a) afirma que las aguas residuales de la piscicultura, minería de oro legal e ilegal, contaminación urbana y vertederos no funcionales aportan grandes cantidades de metales en los ecosistemas de agua dulce en las estribaciones de los Andes nororientales del Ecuador. Además de la contaminación por metales, múltiples efectos ambientales se pueden esperar de esas fuentes de contaminación (Galarza et al, 2020).

Los efectos en el medio ambiente de los metales pesados son graves, entre ellos se tiene el cambio de la alcalinidad del suelo, contaminación del agua y los cultivos. Como ejemplo, si la concentración de plomo es alta se pueden producir alteraciones en la flora, a la vez que degrada el suelo, afecta su capacidad de producción y puede ocasionar la desertificación. En los cuerpos de agua también hay afectación a la fauna y se puede decir que la contaminación por metales pesados ocurre de manera silenciosa, ya que apenas se visualiza y no se pueden dimensionar los daños, que además son perjudiciales para la salud (Eróstegui, 2009). El mercurio constituye uno de los grupos de productos químicos con mayores repercusiones en el ambiente y la salud, por sus características de bioacumulación y persistencia en los ecosistemas (Ministerio del Ambiente, 2018).

De acuerdo a Flores et al (2010), la minería de oro aumenta la turbidez, cambia el color del agua, disminuye el pH y afecta a los paisajes naturales. Las fuentes más significativas son las descargas de aguas residuales en los ríos, por los sistemas de disposición inadecuados. La descarga de estos contaminantes ha provocado la extinción de toda forma de vida superior en ciertos tramos del río intervenido; además, la mala calidad del agua imposibilita su uso como agua potable, para irrigación o criaderos acuáticos (Morejón, 2012). Adicionalmente, Caparelli et al (2021a) menciona que, en la Amazonía Ecuatoriana, solo el 25% de las aguas residuales se somete a algún tipo de tratamiento y el 56% de las aguas residuales no tratadas se vierten directamente a los ríos. Según Caparelli et al (2021a), además de los impactos en el ecosistema, los posibles impactos sociales causados por actividades mineras deben investigarse más a fondo

Focalizando, la parroquia Puerto Napo dado el conocimiento popular es conocida por albergar varios lugares de explotación minera. No se encontraron estudios socioeconómicos asociados a la actividad minera en la provincia de Napo, únicamente de carácter ambiental.

El lugar de estudio se centra en la comunidad El Ceibo de la parroquia Puerto Napo, en el piedemonte amazónico dentro de la Cuenca Oriente, perteneciente al cantón Tena de la provincia de Napo (**Figura 2**), aproximadamente a 220 kilómetros de la ciudad de Quito y con una población aproximada de 200 a 250 habitantes. Además de la gran biodiversidad de flora y fauna, el área de estudio es conocida por ser un hotspot de geodiversidad, dado el contenido de minerales de alto valor, como el oro (Caparelli et al, 2021b). El río que atraviesa una parte de la comunidad es el Yutzupino, el cual desemboca en el río Jatunyaku, que junto con el río Anzu forman el río Napo y juntos albergan el mayor número de concesiones mineras dentro de la provincia.

En esta comunidad hay varios lugares de actividad minera artesanal y donde también hubo pequeña minería, además en los cuales no ha habido planificación ni permisos para realizar procesos de explotación (Comunidad El Ceibo, comunicación personal, junio de 2021.) Existen 27 concesiones mineras, las cuales 17 son de minería artesanal, 6 de empresas mineras y 4 en exploración (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tena, 2014). Todo esto ligado a que el Ecuador es un país altamente dependiente de la producción y exportación primaria (Varela, 2010).

Según información obtenida de conversaciones con habitantes de la comunidad, las familias se dedican a la minería y utilizan la técnica de batea y succión con bomba de agua, pero a su vez generan turbidez en el agua y dificulta su uso o consumo.

Conociendo la problemática general de la comunidad, se identifica que no hay información acerca del tema y se plantea realizar una investigación que relacione la geología, ambiente y socioeconomía del lugar. Por lo tanto, este estudio será de importancia para analizar el medio físico y la condición socioeconómica de la comunidad, asociada a la actividad minera que tuvo lugar hace más de 10 años.

El objetivo principal es analizar el impacto desde el punto de vista de la contaminación y degradación, que causa la minería a pequeña escala en el agua y suelo de un tramo del río Yutzupino en la comunidad El Ceibo, mediante la comparación entre zonas anteriormente intervenidas, no intervenidas, recuperadas y su relación con las actividades socioeconómicas de los comuneros. Como objetivos específicos se pretende describir la geología presente en el lugar y el medio físico, a través de las características del relieve. A través de ensayos químicos, se analizará la calidad del agua y se realizará una comparación química de las muestras de suelo de una zona intervenida, no intervenida y recuperada. Por otro lado, se identificará y determinará los agentes fisicoquímicos y las concentraciones de metales pesados, además de caracterizar la actividad socioeconómica de la comunidad, a través de sus ingresos, egresos y acceso a servicios básicos, entre otros.

El estudio se llevó a cabo a través de la integración de diferentes metodologías, tanto para el aspecto geológico, ambiental y socioeconómico, que permitirá crear un modelo de investigación replicable en otro lugar, ya que no se han encontrado registros de investigaciones previas que relacionan los 3 aspectos mencionados en una comunidad ni provincia del Ecuador.

2. Metodología

2.1 Lugar de investigación

La zona de estudio fue seleccionada tomando en cuenta la accesibilidad, apertura al diálogo con la comunidad y la potencial información que se podía obtener. El principal interés en la zona, radica en que se conoce por medio de diálogos con los comuneros, que hace más de 10 años hubo explotación minera con maquinaria y uso de productos químicos, pero actualmente se realiza minería artesanal con batea y pequeños equipos. Por ello, se considera un lugar atractivo para investigar los efectos post-minería en el medio físico y social, los cuales se pueden evidenciar en la escasez de vegetación y parámetros socioeconómicos que se presentan más adelante.

Ubicación de zonas de muestreo

La ausencia de información técnica tanto de catastros, informes y demás, ocasionaron que las zonas de estudio fueron ubicadas según la referencia provista por los comuneros y de forma aproximada.

Tras tener el lugar de investigación definido, se buscaron e identificaron las fincas o terrenos que habían sido explotados por minería, obteniendo una zona intervenida o explotada, no intervenida, recuperada por reforestación y un cuerpo de agua, en este caso el río Yutzupino, afluente del río Jatunyaku y obteniendo un área de estudio aproximada de 14 hectáreas (**Figura 3**). Esto para realizar una comparación entre las características físicoquímicas del ambiente, tanto del suelo, agua y relieve, con el objetivo de identificar las diferencias existentes y su impacto.

Diseño de los puntos de muestreo

Se diseñó la metodología para el muestreo de suelos y agua, dividiendo el área en 4 zonas y en el caso de los suelos fue realizado en forma de geometría en zig-zag. Para el caso del agua, las muestras se plantearon en 2 puntos, un punto aguas arriba y otro aguas abajo del lugar de referencia, que se centra en un tramo del río que fue explotado por la minería (**Figura 4**). En total fueron 8 muestras, 6 de suelos y 2 de agua, que se recolectaron y analizaron. Se pretendió que los puntos de muestreo estén distribuidos de manera aleatoria y que sean contiguos, para tratar de cubrir toda el área de cada zona y conseguir una representatividad alta de las muestras.

Metodología de muestreo

Para el caso de los suelos, se realizaron excavaciones con el barreno y se recogió un kilogramo de muestra por punto. Para el agua, un litro de muestra por punto y tomado en el centro del río. Todo esto se realizó en un día de muestreo.

Materiales

Las muestras de suelo fueron almacenadas en fundas ziploc y las de agua en botellas de plástico, ambas conservadas a una temperatura de 4°C no más de dos semanas, hasta ser preparadas y analizadas. Además, se usaron las siguientes herramientas: gps, brújula, flexómetro, martillo, pico, pala y barreno

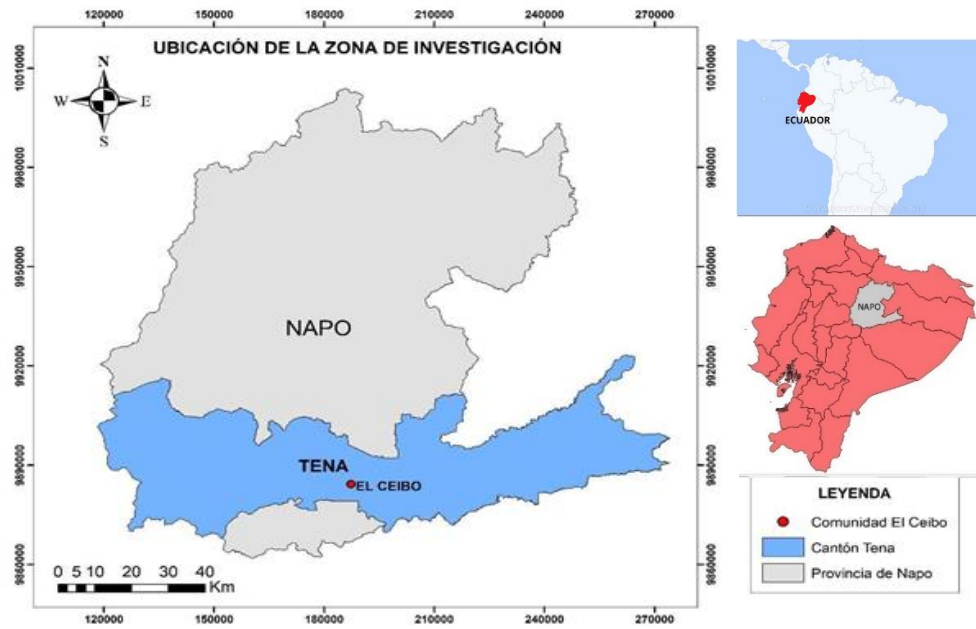


Figura 2. Ubicación de la comunidad El Ceibo en Ecuador.
Figure 2. Location of the El Ceibo community in Ecuador.

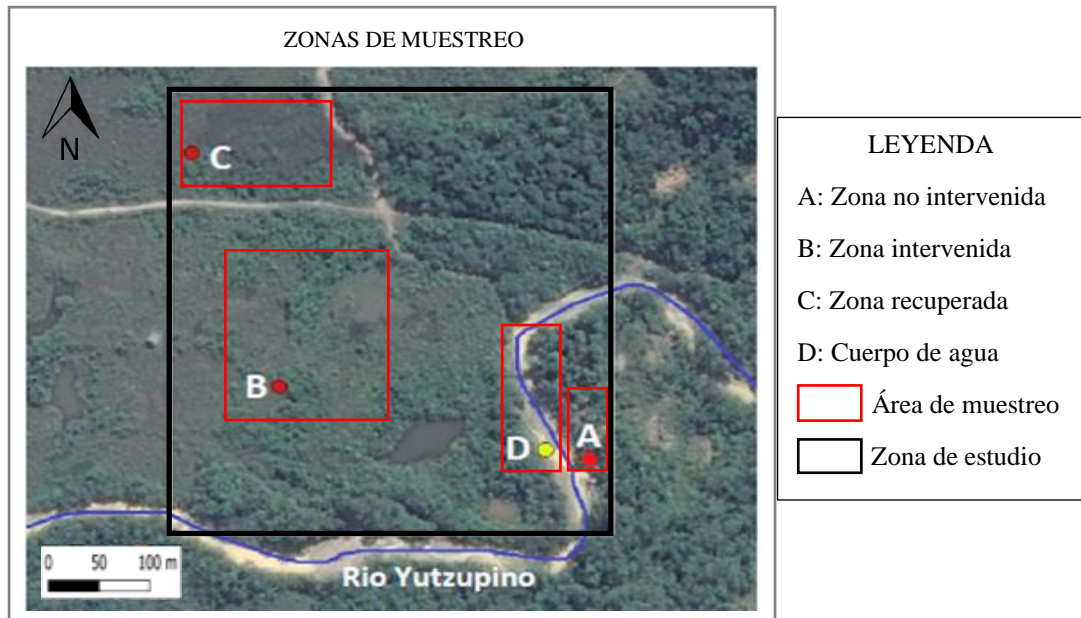
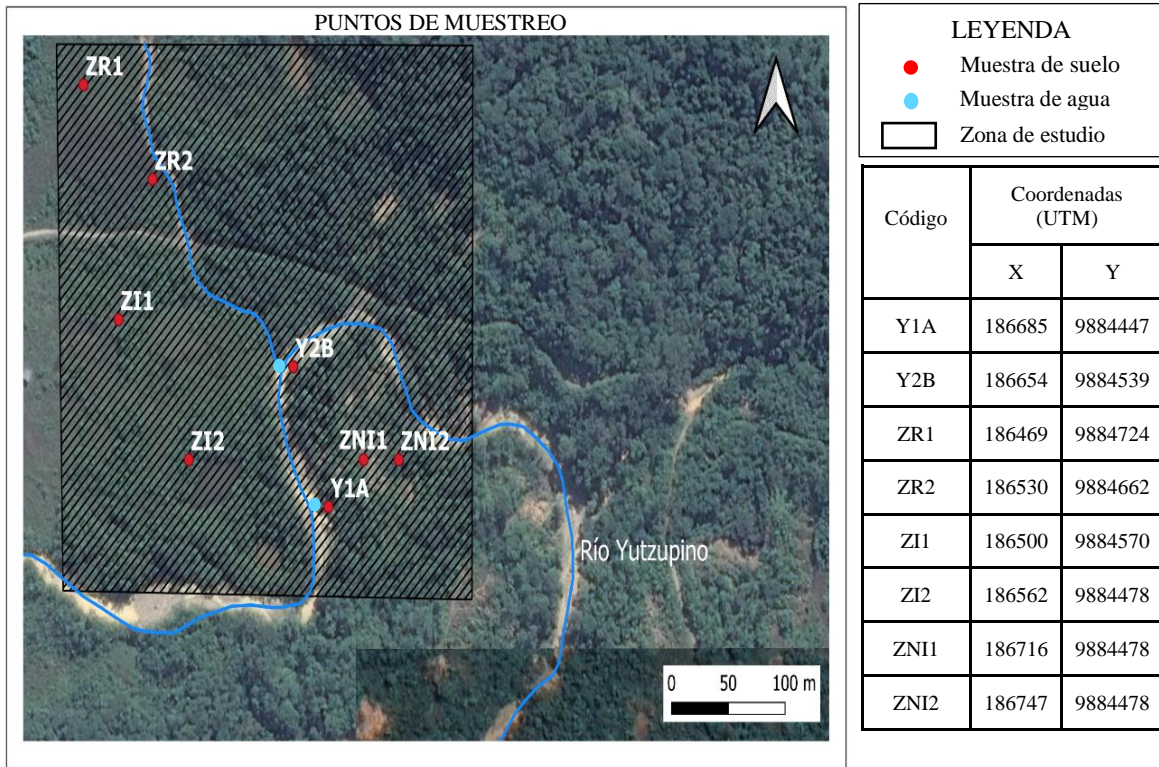


Figura 3. Distribución de las zonas de muestreo.
Figure 3. Distribution of the sampling areas.

Los puntos de recolección para muestras de agua y suelo de presentan a continuación.



*ZR1: zona recuperada 1; ZR2: zona recuperada 2; ZI1: zona intervenida 1; ZI2: zona intervenida 2; ZNI1: zona no intervenida 1; ZNI2: zona no intervenida 2; Y1A: aguas arriba río Yutzupino; Y2B: aguas abajo río Yutzupino.

Figura 4. Ubicación de los puntos de muestreo de agua y suelos.

Figure 4. Location of soil and water sampling points.

2.2 Levantamiento geológico

Se realizó el reconocimiento del lugar y se tomó en cuenta las necesidades requeridas, las cuales son que cuente con accesibilidad, que cuenten con áreas intervenidas y no intervenidas y que se ubique cerca al río, en este caso el Yutzupino. Después, se observó el lugar y se describió la geología local en cuanto a rocas y las características del relieve, para lo cual se determinó la formación geológica presente y la litología, así como rasgos generales. También, con la ayuda de un barreno se hicieron pequeñas calicatas de entre 30 y 40 centímetros de profundidad, para identificar capas y espesores, así como texturas y colores del material geológico (**Figura 5**).

Por otra parte, se hizo un levantamiento de información con un dron, de la marca DJI y modelo Phantom 4 con cámara de alta definición, permitiendo obtener un modelo de elevación digital y una ortofoto actual de la zona investigada.



Figura 5. Realización de calicatas.

Figure 5. Construction of pits.

2.3 Análisis ambiental

Los análisis de agua se realizaron en el Laboratorio Nacional de Referencia del Agua y los de suelos en el Laboratorio de Geociencias, ambos dentro de la Universidad Regional Amazónica Ikiam.

2.3.1 Agua

Se hicieron análisis *in situ* con el uso de la “Sonda multiparamétrica YSI”, la cual permitió medir los siguientes parámetros: temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, sólidos disueltos, nitratos, nitritos y salinidad. Por otro lado, los análisis de cationes, aniones, TOC y turbidez se realizaron en laboratorio. También, de manera complementaria, en el Laboratorio de Geociencias de Ikiam se hicieron los ensayos de sólidos totales y sólidos suspendidos, siguiendo la metodología de “Standard Method SM 2540”. Para el análisis de resultados se tomaron como referencia los límites máximos permisibles establecidos para: “Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, y en aguas marinas y de estuarios”, además de “Criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico, previo a su potabilización (Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente [TULSMA], Registro Oficial No. 316 de 4 de mayo de 2015).

2.3.2 Suelos

Los parámetros analizados fueron los siguientes: pH con “Sonda multiparamétrica YSI”, materia orgánica con el método (TMECC Method 05.07., 2001)”, conductividad eléctrica con el uso del conductímetro”METTLER TOLEDO”, textura con el” Método de determinación al tacto de Bautista y Oliver de la Universidad Politécnica Valenciana” y el color se lo determinó con observación directa. Por otro lado, se hicieron análisis de metales pesados utilizando la técnica de fluorescencia de rayos X, con el equipo “BRUKER XRF” analizando hasta 29 metales y realizando 3 disparos para cada muestra para mayor representatividad, en total 18. Cabe mencionar que se tomaron en cuenta únicamente los siguientes metales: vanadio, cromo, cadmio, bario, mercurio, arsénico, hierro y zinc, para los cuales se obtuvieron los promedios de los resultados de los disparos. Los resultados de los análisis de suelo se compararon con los límites permisibles de la “Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados”, del Libro VI, anexo 2 de la legislación ecuatoriana. Para el caso de los metales pesados, los

resultados fueron correlacionados con los criterios de calidad de suelo de la legislación ecuatoriana y con “Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health” del Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME).

2.4 Levantamiento de información socioeconómica

Inicialmente, se dialogó con la comunidad y sus dirigentes, para socializarles acerca de la investigación y conocer su predisposición sobre la realización de las encuestas. Una vez confirmada su participación, de acuerdo a González (1985) se eligió el 10% de la población como muestra, lo que representa 20 personas, puesto que la comunidad tiene 200 habitantes aproximadamente. Mediante el conocimiento y experiencia de colaboradores anexos a la investigación y tras recolectar información obtenida empíricamente de las charlas con la gente, se formularon 32 preguntas, las cuales se distribuyeron en 3 secciones: social, económica, ambiental.

3. Resultados

3.1 Geología, descripción del relieve

3.1.1 Geología local

Tras visitar y reconocer la zona de estudio, se identificó principalmente material arcilloso con colores rojos oscuros hasta marrones, con intercalaciones de arcillolitas y limolitas, todas estas pertenecientes a la Formación Tena, según lo observado en el mapa geológico. Los colores rojos predominan en el suelo superficial y en capas más profundas se evidencian colores grisáceos. Estas arcillas se extienden por toda el área de investigación junto con limos, a excepción de la zona recuperada que presenta gravas las cuales pudieron aparecer como material de relleno proveniente del material aluvial, es decir por acción antropogénica.

Adicionando, la Formación Napo se encuentra infrayacente a la Formación Tena y está ubicada en el camino de acceso a la zona de investigación, conformando parte del sustrato rocoso de secuencias de calizas y lutitas. A su vez, éstas se encuentran fracturadas de forma ortogonal con un rumbo de aproximadamente N 65° E y un buzamiento de 55° NO, que posteriormente genera zonas de cavernas en algunos sectores de la comunidad y en las que hay restos de fósiles marinos, tales como amonites.

Suelos

Los suelos presentan escasez de arenas y todos los horizontes “O” llegan a un máximo de 5 centímetros de espesor, con abundantes raíces y con poca presencia de actividad biológica.

El horizonte A, en la mayoría de excavaciones presenta un espesor de entre 0.5 mm a 4 cm y abundantes raíces. Hay un predominio de texturas suaves arcillosas junto con gravas en la mayor parte de las zonas de muestreo. Por otro lado, dentro de la zona de estudio encontramos inceptisoles, los cuales son un tipo de suelo que, según Ibáñez et al (2011) están comenzando a mostrar el desarrollo de los horizontes, ya que los suelos son jóvenes y aún están en evolución.

3.1.2 Características del relieve

Según la información revisada en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado de Tena (PDOT,2019), los bordes de los cauces de ríos como el Napo, Tena, Anzu y Jatunyaku pertenecen a relieves de la cuenca amazónica plana y los cuales constituyen las zonas más productivas del cantón.

La altitud de la zona de estudio varía entre los 430 metros y 450 metros sobre el nivel del mar, tomando como base la elevación a la que se encuentra el río (**Figura 6**). Generalmente, el relieve es regular con pequeñas diferencias en las cotas y con pendientes muy suaves y poco pronunciadas, entre 2-5° (**Figura 7**). La zona no intervenida se encuentra de 25 a 30 metros el río, con abundante vegetación y en la cual hay una pequeña laguna.

El tramo del río Yutzupino que atraviesa la zona estudiada presenta una pendiente suave (5°), con una altitud sobre los 430 msnm y un drenaje meandriforme. Según bibliografía, esta zona pertenece a una llanura de inundación y cabe mencionar que aparte del río Yutzupino hay otro río que atraviesa parte de la comunidad, los cuales forman parte de la cuenca del río Napo.

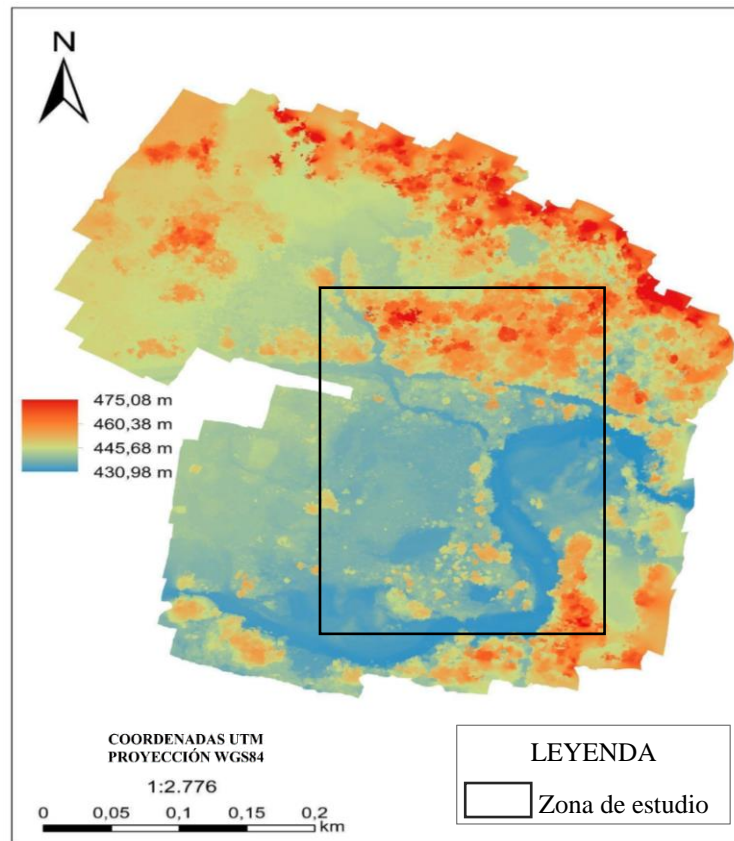


Figura 6. Modelo de elevación digital del área de investigación.

Figure 6. Digital elevation model of the research area.

Las mayores alturas se representan en color rojo y pertenecen a la copa de los árboles.

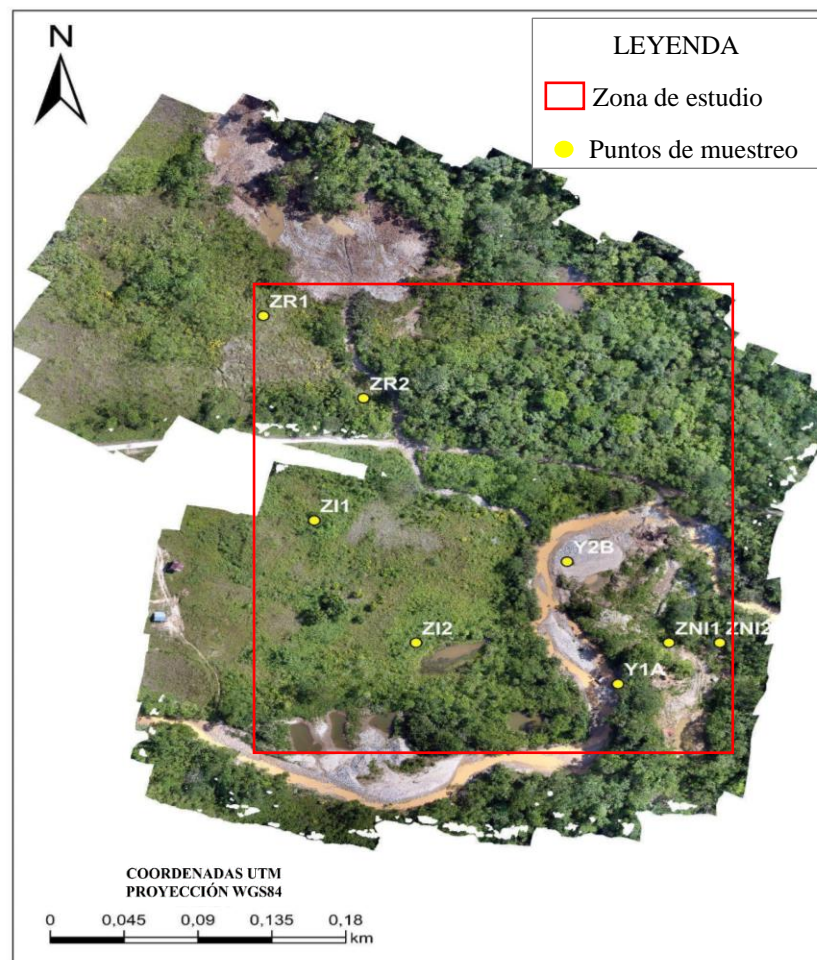


Figura 7. Ortofoto de la zona de investigación.

Figure 7. Orhophoto of the research area.

En términos generales la cobertura vegetal es diferente, en la zona sur y noroeste correspondiente al área intervenida y recuperada, ésta es menor y menos frondosa, a comparación de la zona este, la cual es más abundante, colorida y con una población arbórea de mayor altura. Las especies vegetales más abundantes según los habitantes de la zona son: caoba, balsa, ceibo, palma, paja toquilla, helecho.

3.2 Análisis de muestras ambientales

3.2.1 Parámetros fisicoquímicos del agua

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los parámetros medidos in situ y en el laboratorio.

Tabla 1. Resultados de los análisis físico-químicos de las muestras de agua.
Table 1. Results of the physico-chemical analysis of the water samples.

Parámetros	Unidades	Límite permisible*	Y1A Aguas arriba	Y2B Aguas abajo
Temperatura	°C	22.0–28.0	26.2	26.4
Oxígeno disuelto	% sat	>80	87.5	86.6
Conductividad eléctrica	(μ s/cm)	1000	58	59
Sólidos disueltos totales	mg/l	1000**	37	37.7
Acidez del agua	ph	6.5–9.0	7.52	7.37
Nitratos	mg/l	10**	5.74	4.72
Amonios	mg/l	0.05	1.92	0.45
Salinidad	ppt	-	0.03	0.03
Turbidez	NTU	100**	192	1576
Color	U de Pt-Co	100**	154	1560
TOC	mg/l	-	0.853	1.277
Fluoruro	mg/l	5	0.12	0.08
Cloruro	mg/l	250	0.23	0.18
Nitrito	mg/l	1**	N/D	N/D
Bromuro	mg/l	-	N/D	N/D
Fosfato	mg/l	-	0.51	0.31

Sulfato	mg/l	400**	0.85	0.75
Litio	mg/l	-	N/D	N/D
Sodio	mg/l	200**	0.257	0.151
Potasio	mg/l	-	0.575	0.446
Magnesio	mg/l	-	1.283	1.674
Calcio	mg/l	-	4.867	6.412
Sólidos totales	mg/l	-	294.66	144
Sólidos totales suspendidos	mg/l	-	45.5	34.5

* Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente. Libro VI, Anexo 1. Tablas 3 y 4.: Criterios de calidad admisibles para la preservación de flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

** Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente. Libro VI, Anexo 1. Tablas 1 y 2.: Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

*N/D-No detectado

Ambas muestras presentan resultados físico-químicos dentro de los límites permisibles tanto para el consumo humano como dentro de los criterios de calidad admisibles para la preservación de flora y fauna en aguas dulces cálidas y frías.

El pH y los sólidos disueltos totales de las 2 muestras están dentro de los límites permisibles para ambos criterios de calidad. El contenido de sólidos totales y suspendidos, no están dentro de los criterios del TULSMA, lo que no sería apta para consumo humano y preservación de la vida acuática.

Las muestras presentan valores dentro de los límites permisibles para los parámetros analizados, excepto para la turbidez y color.

3.2.2 Parámetros físicoquímicos del suelo

Las muestras contienen principalmente material arcilloso, a excepción de las muestras ZNI1 y ZNI2, en las que predomina el limo. Los colores que presentan en general van desde un anaranjado a un marrón oscuro, pasando por un marrón anaranjado y marrón claro.

Tabla 2. Resultados de los análisis físico-químicos de las muestras de suelo.
Table 2. Results of the physical-chemical analysis of the soil samples.

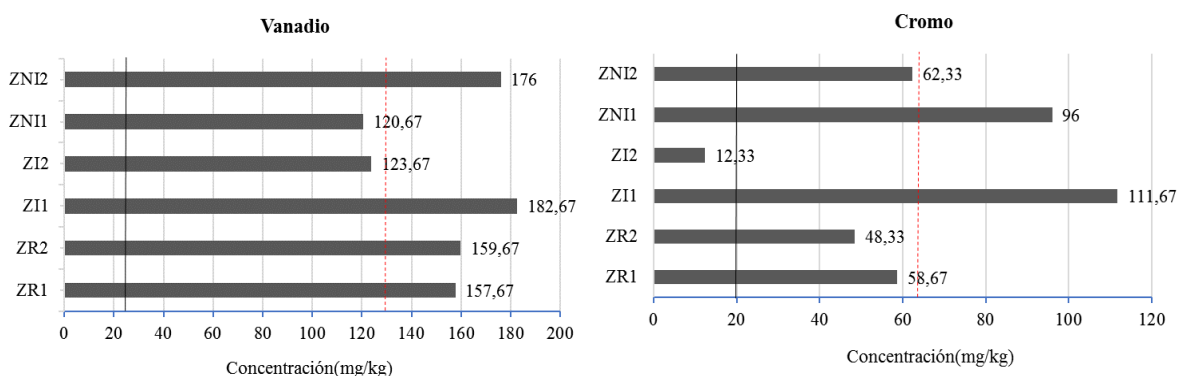
Parámetros	Puntos de muestreo						
	ZR1	ZR2	ZI1	ZI2	ZNI1	ZNI2	Límite permisible
pH	5.28	5.2	6.04	5.06	6.69	5.22	6-8
Conductividad eléctrica($\mu\text{s/cm}$)	104.5	82.8	37.5	47.2	215	73.5	2000
Materia orgánica (%)	9.33	8.23	7.80	3.74	8.55	10.69	-
Textura	Arcillo-limoso	Arcillo-limoso	Arcilla	Franco	Limoso o franco limoso	Limo-arenoso	-
Color	Marrón oscuro	Marrón oscuro	Anaranjado oscuro	Marrón anaranjado	Marrón claro	Marrón oscuro	-

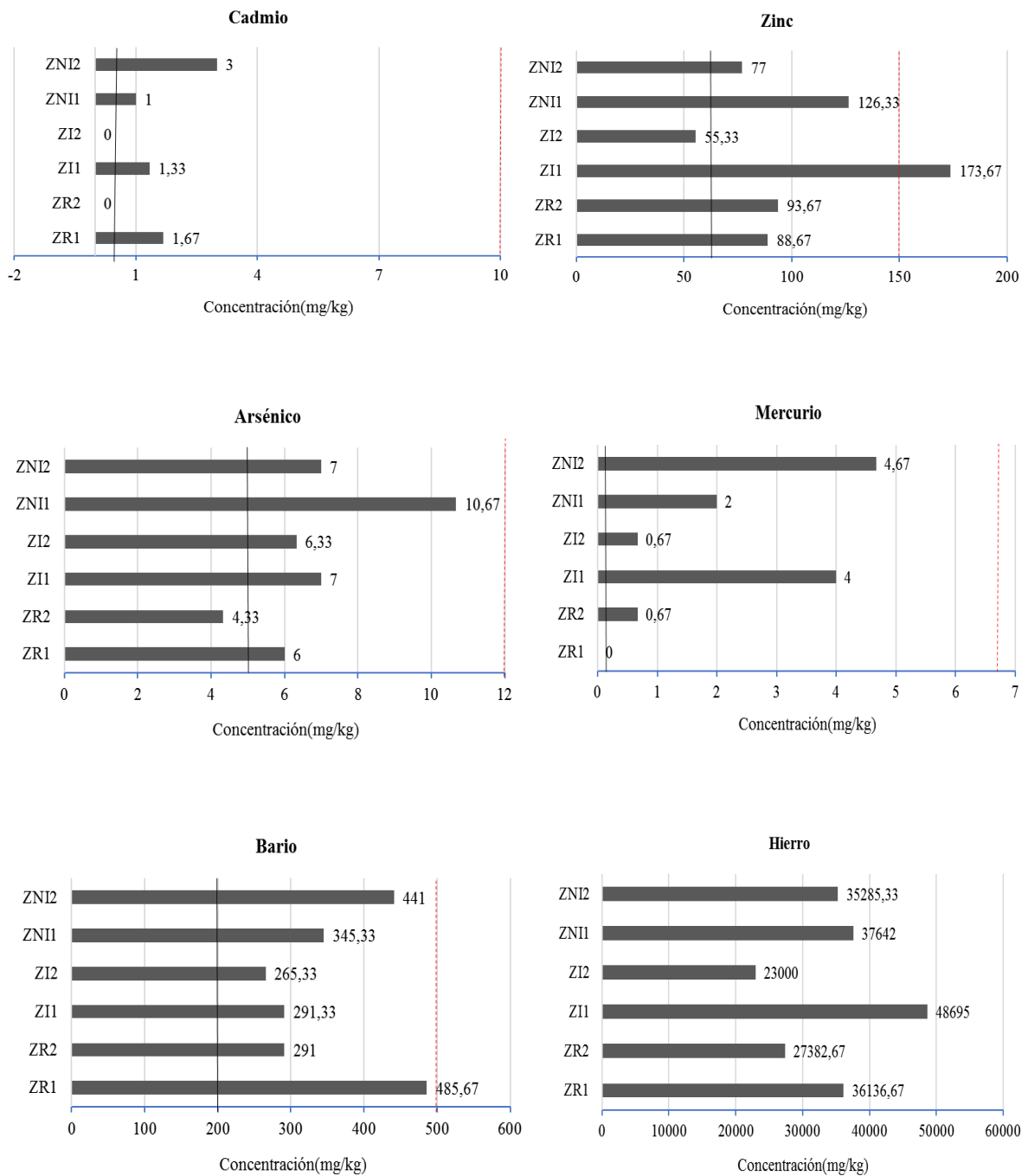
El pH va de 5.06 a 6.69, estando la muestra ZI1 Y ZNI1 dentro de los límites permisibles, a diferencia de las demás que no están en el rango y se las clasifica como ácidas. Todas las muestras están bajo los límites permisibles para la conductividad eléctrica.

De acuerdo a la Tabla de interpretación de análisis de suelos de (Molina y Meléndez 2002), se tiene que las concentraciones de materia orgánica menores a 2 es baja, de 2 a 5 es media, de 5 a 10 es óptima y mayores a 10 es alta. Dicho esto, las muestras ZR1, ZR2, ZI2 y ZNI2 tienen un contenido medio de materia orgánica. Por otro lado, ZI1 y ZNI1 tienen un contenido óptimo.

3.3 Metales pesados

En la **Figura 8** se detallan los resultados de las concentraciones de los metales analizados





*Los valores pertenecen a las concentraciones de metales pesados en cada punto de muestreo. Los límites permisibles están representados por las líneas verticales, para el caso de la legislación ecuatoriana por una línea negra y para la CCME por una línea entrecortada roja. En el caso del hierro no hay límites permisibles.

Figura 8. Resultados de análisis de metales pesados en muestras de suelo.
Figure 8. Heavy metal analysis results in soil samples.

La mayoría de muestras contienen arsénico y sobrepasan el límite permisible por la Legislación Ecuatoriana (Ministerio del Ambiente, 2015), pero sin llegar a ser valores muy altos y alejados del límite referencial, el cual es 5 mg/kg. También, el mercurio se encuentra presente en 5 de las 6 muestras analizadas, en las cuales se supera el límite permisible de 0.1 mg/kg. Por otro lado, los límites permisibles del CCME son más altos, por lo que todas las concentraciones de los metales están bajo esos valores, a excepción del vanadio, que sobrepasa el límite por una pequeña cantidad.

En todas las muestras los valores de hierro son altos, pudiendo ser la razón por la cual las muestras de suelo presentan un color rojizo. De igual manera, a excepción de la muestra ZI2 todas tienen un valor de zinc sobre el límite permisible de la legislación ecuatoriana, pero no del CCME. Por otro lado, todas las muestras excepto ZR2 presentan valores sobre el límite para el arsénico, en función de la legislación nacional. Para el cadmio, 4 de las 6 muestras superan el límite permisible nacional y en el caso del bario todas las muestras lo superan, pero esto no sucede para el límite del CCME. Además, las muestras ZR2 y ZI1 superan el límite permisible nacional para el plomo.

No se observan grandes diferencias de concentraciones entre zonas intervenidas y no intervenidas. En algunos casos y de forma general, las zonas intervenidas superan los valores de las zonas no intervenidas y viceversa, lo que no indica un predominio de la una sobre la otra.

A continuación, como complemento se realizó un agrupamiento multivariable con el programa Past (medida de similitud euclidiana), el cual permite en este caso asociar los puntos de muestreo en relación a su distancia para determinar su similitud (**Figura 9**). Se obtuvo que ZNI2 Y ZR1 están menos distantes, lo que significa que tienen mayor similitud en metales pesados y éstos a su vez con ZNI1, formando un grupo. Por otro lado, ZR2 y ZI2 están más distantes por lo que tienen menos similitud y forman el segundo grupo y finalmente ZI1, que compone el tercer grupo y es el más distante.

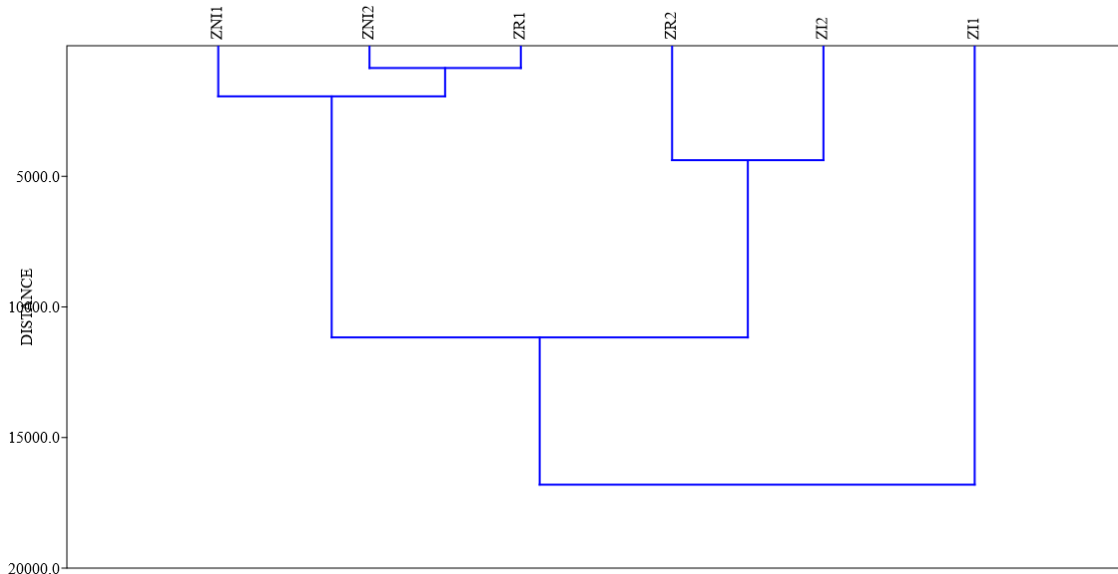


Figura 9. Agrupamiento de puntos de muestreo.

Figure 9. Sampling sites clustering.

Adicionalmente, se representó la concentración de algunos metales como el cadmio, mercurio y arsénico en los puntos de muestreo, ya que según Londoño et al (2016), estos elementos son unos de los más tóxicos para la salud y vida. Para el caso del cadmio, los puntos ZNI2 y ZR1 presentan los valores más altos, para el mercurio ZNI2 y ZI1, en cambio para el arsénico el punto ZNI1.

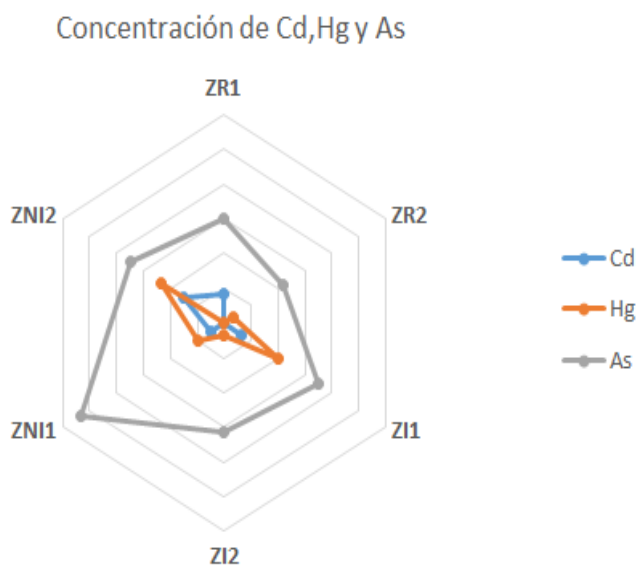


Figura 10. Gráfico radial del contenido de cadmio, mercurio y arsénico.
Figure 10. Radial graph cadmium, mercury and arsenic content.

Finalmente, los elementos: silicio, magnesio, aluminio, potasio, calcio, no tienen un límite permisible de referencia en ninguna de las normativas utilizadas y no fueron tomados en cuenta para el análisis. Por otro lado, el plomo presentó valores bajos y que se encuentran dentro de los límites y por ende no fue de interés su revisión.

3.4 Análisis socioeconómico

Se realizaron un total de 14 encuestas de las 20 propuestas, debido a diversos factores que más adelante se discutirán. Las personas encuestadas se encontraban dentro de la población en edad de trabajar.

3.4.1 Social

Destacando, se tiene que todos los participantes han vivido toda su vida en la comunidad o han nacido y crecido allí hasta la actualidad. En promedio, en los hogares viven 5 personas, teniendo un mínimo de 2 y un máximo de 7 miembros. En el 85 % de las familias los integrantes se dedican a trabajar y a estudiar, en el 15% restante hay integrantes que no estudian ni trabajan. De las 14 encuestas, solo 7 personas manifiestan que son propietarias del terreno donde viven y el resto viven en terrenos de propiedad de la asociación comunitaria. En la **Figura 11** se indican los porcentajes de personas encuestadas con acceso a los servicios básicos.

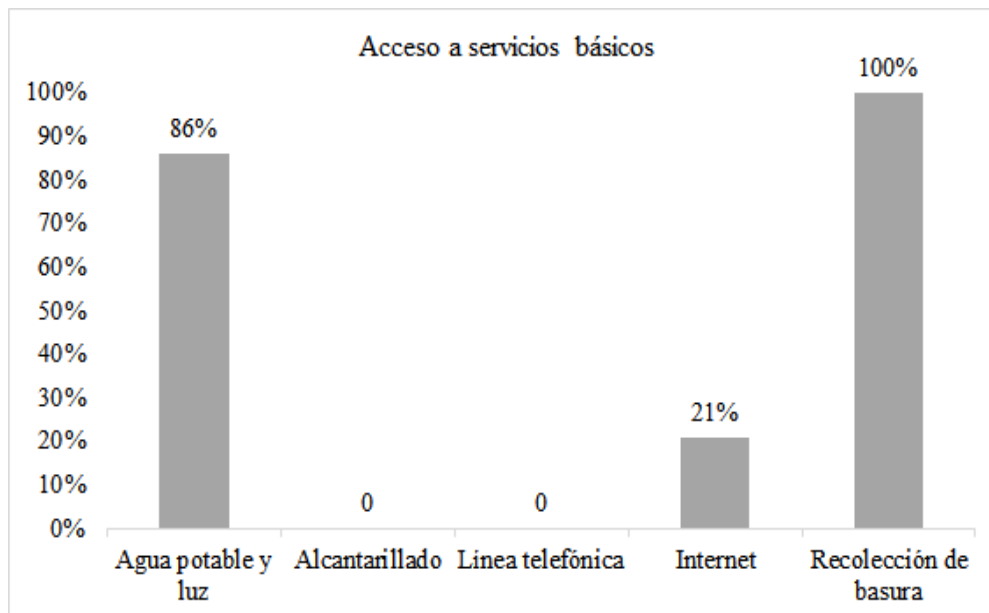


Figura 11. Accesibilidad de los encuestados a los servicios básicos.

Figure 11. Accessibility of respondents to basic services.

3.4.2 Económico

La principal actividad económica es la minería artesanal, seguida de la agricultura, comercio y turismo. El 70% de encuestados afirman que sus actividades económicas satisfacen sus necesidades y el 30% que cubren parcialmente o no las cubren en su totalidad. Además, el 100% de encuestados afirmaron que practican o alguna vez practicaron minería artesanal y con una frecuencia promedio de 3 veces a la semana, alegando que lo hacen por necesidad económica, en todos los casos.

3.4.2.1 Práctica de minería artesanal

A continuación, se presentan los gastos realizados por las familias de los encuestados por medio de ingresos generados por la minería artesanal en la actualidad. Para el costo se hizo un promedio mensual de todas las encuestas. El porcentaje representa la cantidad de encuestados que gastan sus recursos económicos en dichos conceptos, es informativo y no tiene una escala de referencia.

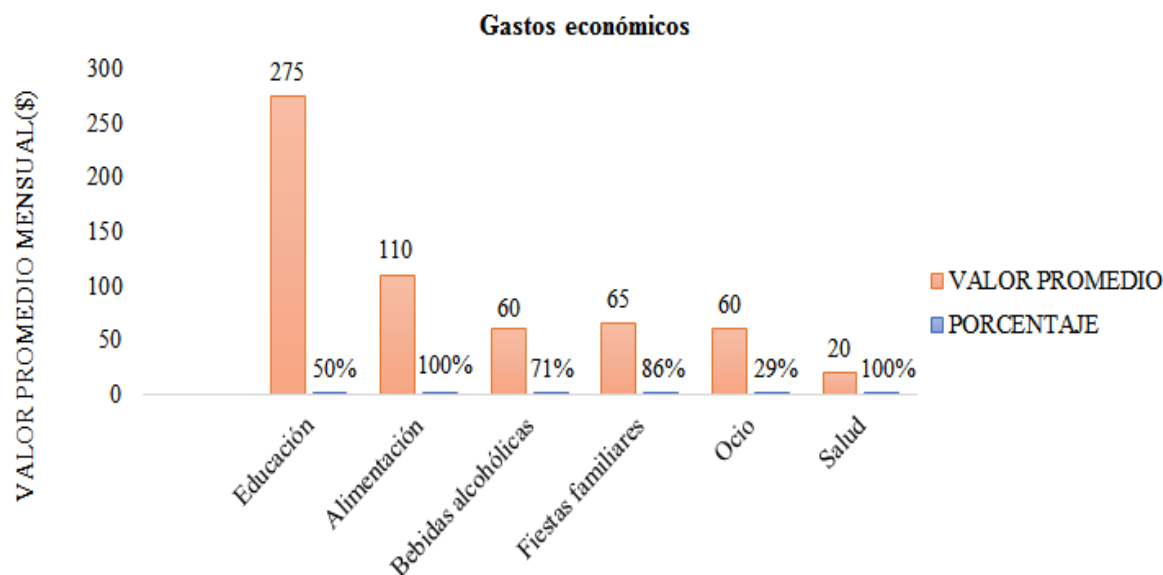


Figura 12. Gastos económicos mensuales.

Figure 12. Monthly economic expenses.

Cabe recalcar que, únicamente el 7% de encuestados invirtieron en la construcción de una vivienda, con un valor promedio de 10.000 dólares. Por otro lado, el 29% invirtió en la compra de un vehículo, en este caso una moto y con un promedio de inversión de 1500 dólares.

A continuación, se detallan los ingresos económicos, para lo cual se calcularon los promedios de los ingresos mensuales familiares y aparte se determinó que la principal actividad económica de los encuestados y sus familias es de tipo informal.

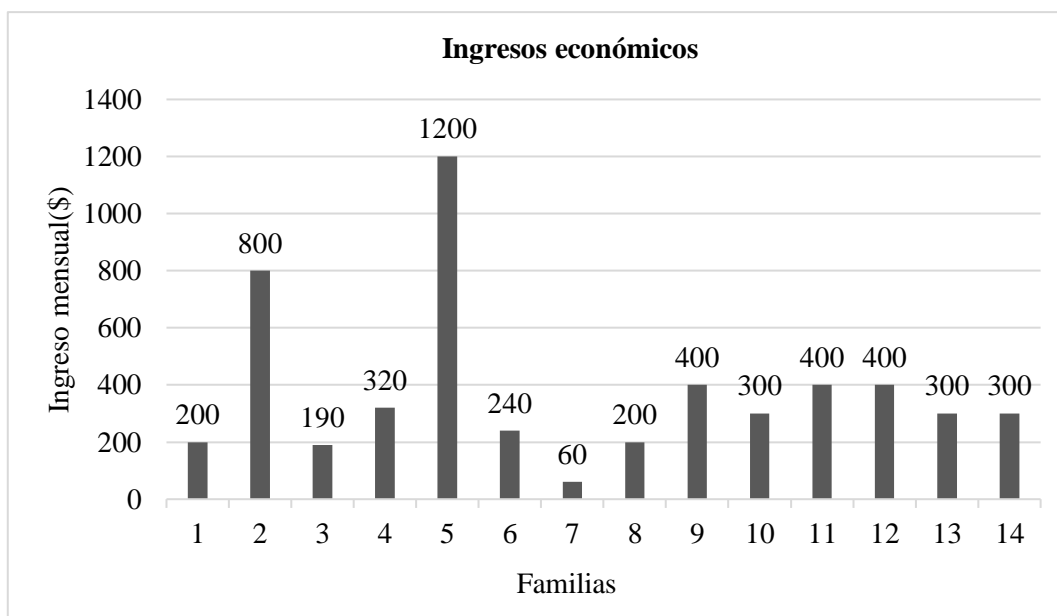


Figura 13. Ingresos económicos familiares mensuales.

Figure 13. Family economic income.

También, se obtuvieron los ingresos familiares actuales por actividad minera artesanal (**Figura 14**).

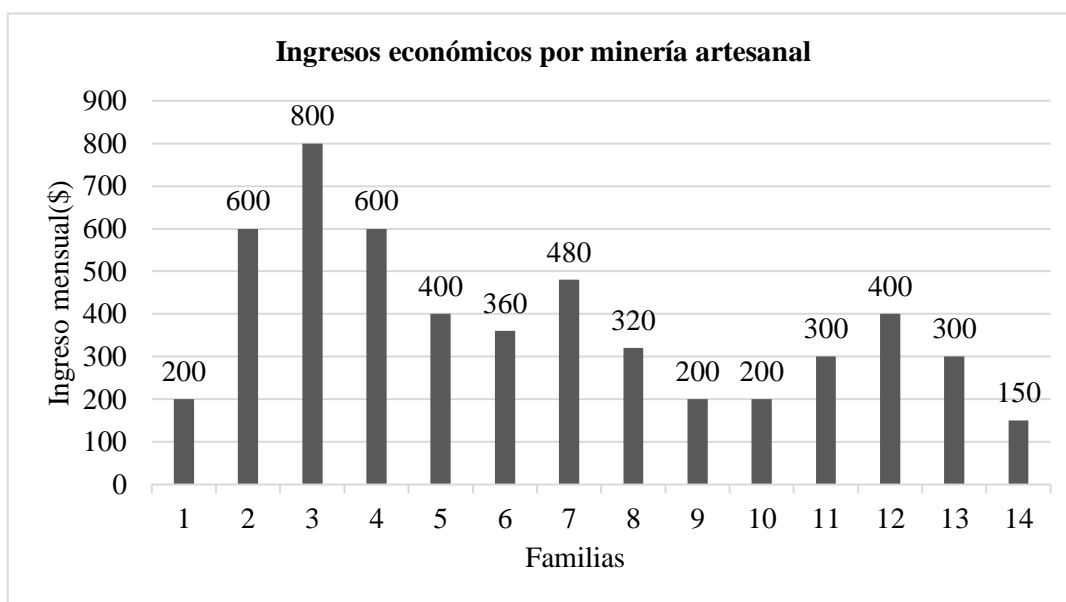


Figura 14. Ingresos económicos mensuales por minería artesanal.

Figure 14. Monthly economic income from artisanal mining.

La minería representa una actividad importante dentro de la economía de la comunidad, porque muchas familias no tienen un empleo formal con un sueldo, por lo que la práctica diaria se ha convertido en una actividad frecuente para ellos.

3.4.2.2 Actividad de pequeña minería

Según los entrevistados, hubo una empresa extranjera llamada “Terramining” que operaba de forma legal, a la vez que también había grupos ilegales los cuales estuvieron trabajando cerca de 1 año hace 10 años aproximadamente y contrataron a menos de 20 personas de la comunidad. Además, la empresa pagó 6000 dólares en promedio a cada propietario del lote de terreno o finca, por una hectárea para explotar. Por otro lado, todos los encuestados afirman que no han recibido ninguna compensación económica por los terrenos explotados, por parte de la empresa o titular minero. Por último, algunos comuneros mencionan que la comunidad cobró un aproximado de entre 1000 a 1500 dólares por el uso de la vía a la empresa minera.

3.4.3 Ambiental

El 50% de encuestados afirma que la minería artesanal afecta al río, alegando que causa turbidez en el agua, pero no contamina químicamente. El otro 50% menciona que no afecta, debido a que su minería es pequeña y no usan productos químicos. Todos los encuestados no cuentan con la licencia para realizar minería artesanal, algunos lo han solicitado, pero no han tenido respuesta de las entidades correspondientes. El 50% afirma que la empresa que trabajó en la zona no tenía la licencia ambiental y que tras la explotación se produjo una contaminación ambiental. También, todos aseguran que en los suelos hay presencia de contaminantes químicos, como mercurio y restos de combustibles. La pequeña minería como antes se mencionó ocurrió hace varios años y en promedio fueron explotadas

20 hectáreas. Actualmente, la mayoría de terrenos intervenidos y no intervenidos se encuentran sin ningún proceso productivo por parte de la comunidad.

Tras la explotación, los comuneros afirman que se perdieron especies vegetales como: árboles maderables (laurel, bálsamo, cedro) y árboles frutales. También mencionan que hubo pérdida de especies animales como el mono, tucán y conejos. Se realizó un proceso de recuperación ambiental con la siembra de especies como el arroz, la guaba y el laurel, además de una restauración del terreno posterior a la actividad, pero sólo en ciertas partes. Finalmente, no ha habido ningún proceso de remediación en la zona, por parte de instituciones públicas o privadas.

4. Discusión

Cabe destacar que, según la información proporcionada por la comunidad, la minería realizada hace más de 10 años no tenía los permisos correspondientes y por lo tanto fue ilegal.

Las altitudes entre las zonas de muestreo no varían demasiado, existiendo una diferencia máxima de 15 metros. Es evidente que la cobertura vegetal en zonas no intervenidas es mayor que las intervenidas y recuperadas, probablemente por procesos de deforestación o erosión, relacionadas a actividades antrópicas como la minería.

En el aspecto ambiental, los resultados de las muestras de agua no indican una mala calidad, aunque inicialmente se esperaría lo contrario, ya que el día del muestreo había actividad minera en la zona. Los parámetros de color y turbidez son los más altos, lo que coincide con el aspecto que el río presentó dicho día. En adición a lo anterior, la Organización Mundial para la Salud (OMS) establece que para el consumo humano la turbidez no debe ser mayor a 5 NTU, mientras que los resultados arrojan valores mucho mayores, impidiendo su ingesta y el detrimento de la calidad de vida de los habitantes. Hay que mencionar que, por problemas de accesibilidad ajenos al equipo de trabajo, no se pudo realizar un muestreo sistemático de varios días, lo que evitaría la influencia de fenómenos naturales en los resultados y que a su vez éstos sean más representativos.

Los suelos no presentan un bajo nivel de materia orgánica ni una alta concentración de metales pesados, lo que indicaría que podrían ser fértiles, pero aun así la agricultura ha perdido protagonismo, ya que según lo observado en los terrenos muestreados no hay sembríos ni parcelas de ningún tipo. Cabe mencionar que no se hicieron análisis específicos de la calidad del suelo, por ejemplo, de nutrientes, lo que podría arrojar resultados que demuestren que pese a no ser un suelo pobre éste no sería apto para el cultivo. Además, el material geológico predominante fue la arcilla, la cual de forma natural o antrópica estaba junto con grava y pudo ser también un indicador de la falta de productividad de los suelos. Complementando, la escasa vegetación observada en algunas zonas, puede propiciar la erosión de suelos, sobre todo en épocas lluviosas.

A pesar de la actividad minera, la calidad de suelos de todas las zonas investigadas es similar, esto puede ser debido a que comparten el mismo material parental, además que se encuentran cerca y es por ello que presentan algunas características geológicas y fisicoquímicas parecidas.

Cabe recalcar que según Caiza (2018), el mercurio se encuentra en el suelo de forma natural y alcanza concentraciones inferiores a 100 ppb, es decir menores a 0.1 mg/kg.

Entonces, se tiene que la concentración de mercurio no es alta, pero en todas las zonas se sobrepasan los límites, destacando una zona no intervenida, que curiosamente presenta el valor más alto y da paso a una incertidumbre. En adición a lo anterior, una zona recuperada y no intervenida presentan una similitud en cuanto a concentración de metales pesados, lo que podría indicar una correlación entre ambas, debido al impacto minero y otro a la acumulación natural. Además, una zona recuperada e intervenida también son similares, probablemente por el paso y degradación de la minería.

Sorpresivamente, de acuerdo a la **Figura 8** el punto ZNI2 contiene la mayor concentración de mercurio y arsénico, cuando teóricamente al no ser intervenido debería tener bajas concentraciones o no tenerlas, lo que abre un debate de sí en realidad fue intervenido o se debe a una anomalía de origen natural.

Para que los metales pesados generen una intoxicación aguda en un organismo, deben estar dentro de unos rangos, los cuales son propuestos por Prat (2019). Para el caso del mercurio, este rango es de 0.01-0.4 mg/kg, por lo que la mayoría de zonas de muestreo presentan una toxicidad aguda. Por otro lado, el cadmio debe estar en el rango de 0.001-1.4mg/kg, lo que significa que la mitad de las muestras están próximas y superando este valor, lo que indicaría que se tiene una toxicidad un poco más grave, lo que generaría alteraciones más severas al medio ambiente.

La información proporcionada por los encuestados no fue exacta, ya que al momento de las entrevistas éstos no contaban con facturas ni documentos que respalden los datos mencionados, por lo que se obtuvieron cifras aproximadas a las reales. Únicamente se realizaron 14 encuestas, ya que, por motivos de accesibilidad y organización con la comunidad, no se pudo ampliar la recolección de información. Esto no permitió obtener una muestra representativa y más bien se considera un muestreo aleatorio de tipo cualitativo.

Los encuestados afirman que la minería que se practicó fue ilegal, en adición a eso se puede mencionar que según Rodríguez et al (2009), los asentamientos mineros artesanales se realizan sin ninguna planificación ni orden territorial, en donde pueden producirse daños ambientales, poniendo en riesgo la vida de los mineros, además de destrucción de propiedades y pérdidas económicas.

Los ingresos por minería no les han permitido adquirir nuevas propiedades o realizar grandes compras, pero sí costear los gastos de alimentación, salud, educación y servicios básicos, lo que podría significar que han podido subsistir gracias a esta actividad.

Un aspecto importante dentro de sus gastos económicos son los relacionados con las bebidas alcohólicas, ya que al respecto Ayala (2021) menciona que las personas que tienen entre 16 a 18 años ya se convierten en activas económicamente, dando lugar a la libertad para la elección y aumento de consumo de alcohol, ya sean trabajos informales dentro o fuera de la comunidad, permitiéndoles tener su propio dinero y gran parte de ello lo destinan al consumo de bebidas alcohólicas, especialmente el licor artesanal. El alcoholismo de jóvenes y adultos genera problemas sociales y familiares, primeramente, con su cónyuge y luego con sus hijos, influyendo en la conducta de su familia (Taicuz,2013). A su vez, más allá de los problemas familiares, según la información proporcionada por los comuneros el consumo de alcohol forma parte de sus costumbres.

Por otro lado, algunos entrevistados mencionaron que, tras la minería algunos terrenos intervenidos fueron recuperados y otros no, lo que causó la pérdida de fertilidad de

los suelos. Esto pudo desembocar en la disminución de productividad agrícola y por ende en la posibilidad de generar ingresos económicos por la venta de productos de la zona, lo que afectaría en la economía de las familias.

Al ser una investigación pionera dentro de la provincia, posibilitó la obtención de información sobre el impacto de la actividad minera en la comunidad. Algunos efectos encontrados son la turbidez del agua, que afectaría negativamente para el uso y/o consumo humano, la presencia de metales pesados de forma natural o antrópica, que de darse un incremento se convertiría en una amenaza para la flora, fauna y economía de los comuneros, que, si bien ha sido en parte sustentada por los ingresos mineros, no les ha permitido realizar grandes adquisiciones para mejorar su calidad de vida, como una vivienda que cuente con todos los servicios básicos. Además, el paisaje se ha visto afectado por la escasez de vegetación observada en el lugar, los materiales geológicos de las zonas de muestreo son diferentes aun estando cerca, lo que indica que pudieron ser alterados por actividades extractivas. Por último, la materia orgánica observada en los suelos es escasa, pese a que los resultados de laboratorio demostraron lo contrario, lo que sugiere para futuras investigaciones el análisis a profundidad de los suelos, a fin de determinar la productividad de los terrenos intervenidos para presentes y futuras actividades económicas de los habitantes.

5. Conclusiones

La información obtenida permitió determinar las diferencias geológicas y del medio físico de las zonas intervenidas, recuperadas y no intervenidas, además del impacto en la condición socioeconómica de los habitantes de la comunidad.

El medio físico se vio afectado en cuanto los materiales geológicos presentaban características diferentes pese a estar cerca, posiblemente por la intervención humana en actividades extractivas.

La cobertura vegetal es mucho mayor y más frondosa en zonas no intervenidas, fruto de posiblemente no estar expuestas a deforestación ni otras actividades antrópicas.

La turbidez y el color son los únicos parámetros fisicoquímicos que se encuentran fuera de los límites permisibles, causando que no sea apta para el consumo humano. Por otro lado, la mayoría de suelos presentan un nivel medio a óptimo de concentración de materia orgánica, lo que los convertiría en suelos fértiles, pero esto no se contrasta con la escasa vegetación observada en algunas zonas.

En cuanto a metales pesados, se pueden destacar según su concentración los siguientes elementos: vanadio, cromo, zinc, arsénico, mercurio, hierro, bario y cadmio. Principalmente, el mercurio no presenta altas concentraciones, pero una zona no intervenida tiene el valor más alto, probablemente por acumulación natural de este elemento, para lo cual sería recomendable investigar más a fondo.

Los recursos económicos de los comuneros no han sido engrandecidos, pero las ganancias de la minería les ha servido como sostén para costear los gastos básicos.

Cualitativamente, los terrenos no presentan un impacto negativo alarmante, pero al igual que el agua éstos podrían verse comprometidos y afectar su calidad. De igual manera,

se genera una degradación en el ambiente, afectando no solo a la biodiversidad, sino también a las posibilidades de generar ingresos económicos a las familias.

Se recomienda un análisis específico de la calidad del suelo, ya que presenta valores aceptables de materia orgánica y por ende fertilidad, pero poca actividad orgánica y agrícola.

6. Agradecimientos

El autor agradece a los habitantes de la Comunidad El Ceibo, por su tiempo e información brindada. También, al personal del Laboratorio de Geociencias de la Universidad Ikiam, por su guía y apoyo durante la realización de ensayos y redacción del presente artículo. A los compañeros de la Universidad, por su colaboración en actividades de campo y especialmente al director y co-directora del trabajo de integración curricular, quienes han sido pilar fundamental para la culminación de esta investigación.

7. Ética y conflicto de intereses

Las personas autoras declaran que han cumplido totalmente con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la producción del manuscrito; que no hay conflictos de intereses de ningún tipo; que todas las fuentes financieras se mencionan completa y claramente en la sección de agradecimientos; y que están totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo.

8. Referencias

- Apolo, J. (2013). Estudio de impacto ambiental ex-post del área minera Chacra 1 (código 500567), parroquia Guaysimi, cantón Nangaritza, provincia de Zamora Chinchipe. Tesis de grado previa la obtención del título de Magister en Administración Ambiental. Universidad Nacional de Loja.
- Ayala, A. (2021) Propuesta de intervención para la disminución del consumo de alcohol en adultos jóvenes indígenas Awa. Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Magíster en Psicología con mención en Intervención. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
<https://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/3332/1/77486.pdf>
- Baby, P., Rivadeneira, M., & Barragán, R. (2004). *La Cuenca Oriente: Geología y petróleo*. Lima: Institut français d'études andines. doi:10.4000/books.ifea.2971
- Benavides et al (2008). Socioeconomía ecuatoriana. Universidad Ecotec.
- Bravo et al (2017). Evaluación de la sustentabilidad mediante indicadores en unidades de producción de la provincia de Napo, Amazonía Ecuatoriana. *Bioagro*, 29(1), 23-36.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612017000100003
- Caiza, G. (2018). Mercurio en el suelo. Contaminación y remediación. Trabajo Fin de Grado. Universidad Complutense.
<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GISELA%20FERNANDA%20CAIZA%20CAIZA.pdf>

- Caparelli et al (2021a). Emerging Contaminants in the Northeast Andean Foothills of Amazonia: The Case of Study of the City of Tena, Napo, Ecuador. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. <https://doi.org/10.1007/s12403-017-0259-5>
- Caparelli et al (2021b). An Integrative Approach to Assess the Environmental Impacts of Gold Mining Contamination in the Amazon. *Toxics*. <https://doi.org/10.3390/toxics9070149>
- Capparelli et al (2020). An integrative approach to identify the impacts of multiple metal contamination sources on the Eastern Andean foothills of the Ecuadorian Amazonia. *Sci Total Environ*; 709:136088
- Carlomagno, T. (2010). Recursos minerales no renovables en la Amazonía Ecuatoriana. Coordinador Pregrado del Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables.
- Chunga, Kervin. (2012). Estudio de Geología de superficie IKIAM-Tena. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33279.71842>.
- Eróstegui, C. (2009). Contaminación por metales pesados. *Revista Científica Ciencia Médica*, 12(1), 45-46. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-74332009000100013
- Flores et al (2010). WWF's Living Amazon Initiative. http://awsassets.panda.org/downloads/living_amazon_strategy_summary_final.pdf
- Galarza et al (2020). Assessing the Quality of Amazon Aquatic Ecosystems with Multiple Lines of Evidence: The Case of the Northeast Andean Foothills of Ecuador. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. <https://doi.org/10.1007/s00128-020-03089-0>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tena (2014). Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gad Municipal de Tena. Diagnóstico. Tena-Ecuador.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tena (2019). Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gad Municipal de Tena. Tena-Ecuador.
- Gobierno Provincial de Napo (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Provincial de Napo. <https://odsterritorioecuador.ec/wp-content/uploads/2019/04/PDOT-PROVINCIA-NAPO-2015-2020-1.pdf>
- González, G. (2010) Métodos estadísticos y principios de diseño experimental / Germán González Bahamonde. Tercera edición. Edit. Universitaria Universidad central del Ecuador. Ecuador.
- Ibáñez et al (2011). Inceptisoles. Producción vegetal. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12884/inceptisoles.pdf>

- Londoño et al (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. [https://doi:10.18684/bsaa\(14\)145-153](https://doi:10.18684/bsaa(14)145-153)
- Ministerio del Ambiente (2015). Reforma Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente, Libro VI. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-61.pdf>
- Ministerio del Ambiente (2018). Ecuador presentó el Plan de Acción Nacional sobre el Mercurio en el Sector de la Minería de Oro Artesanal Y De Pequeña Escala. *Noticias*. <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-presento-el-plan-de-accion-nacional-sobre-elmercurio-%20en-el-sector-de-la-mineria-de-oro-artesanal-y-de-pequena-escala/>
- Molina, E. y Meléndez, G. (2002). Tabla de interpretación de análisis de suelos. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. Mimeo.
- Morejón, G. (2012). Breve historia de la minería en el Ecuador y sus implicaciones ambientales. *Ambiente Ecuador*. Quito.
- Prat, N. (2019). Calidad del agua, contaminación y toxicidad: Algunas ideas y conceptos básicos. Editorial Milenio. <https://docplayer.es/122717798-Calidad-del-agua-contaminacion-y-toxicidad-algunas-ideas-y-conceptos-basicos.html>.
- Rodríguez et al (2009). Vista de Los grandes desastres medioambientales producidos por la actividad minero-metalúrgica a nivel mundial: causas y consecuencias ecológicas y sociales. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/351/308>
- Sandoval, F. (2001). La pequeña minería en el Ecuador. *MMSD*. <https://pubs.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/G00721.pdf?>
- Taicuz, S. (2013). La incidencia del alcoholismo en la población de la comunidad San Marcos. Programa de licenciatura en educación intercultural bilingüe. Universidad de Cuenca. <http://8.242.217.84:8080/jspui/bitstream/123456789/4458/1/MONOGRAF%c3%8dA.pdf>
- TMECC Method 05.07. (2001) Organic matter. In: The United States Composting Council. Test Methods for the Examination of Composting and Compost, N.Y., USA.
- Varela, M. (2010). Las actividades extractivas en Ecuador. *Ecuador Debate*. <http://200.41.82.22/bitstream/10469/3525/1/RFLACSO-ED79-08-Varela.pdf>