



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**SEDE MORONA SANTIAGO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA DE MINAS**

**PROSPECCIÓN DE PLACERES ALUVIALES EN EL RÍO UPANO**  
**UBICADO EN LA PARROQUIA ALSHI 9 DE OCTUBRE, CANTÓN**  
**MORONA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO.**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de

**INGENIERA EN MINAS**

**AUTORA:**

**GRETA LETICIA CABRERA CHUCAY**

Macas - Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**SEDE MORONA SANTIAGO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA DE MINAS**

**PROSPECCIÓN DE PLACERES ALUVIALES EN EL RÍO UPANO**  
**UBICADO EN LA PARROQUIA ALSHI 9 DE OCTUBRE, CANTÓN**  
**MORONA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO.**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de

**INGENIERA EN MINAS**

**AUTORA:**

**GRETA LETICIA CABRERA CHUCAY**

**DIRECTOR:** Ing. DAVID ISAAC CUENCA GUALAN Mgs.

Macas - Ecuador

2022

**©2022, Greta Leticia Cabrera Chucay**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, GRETA LETICIA CABRERA CHUCAY, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 26 de enero de 2022



**Greta Leticia Cabrera Chucay**

**145002707-1**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**SEDE MORONA SANTIAGO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA MINAS**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación, **PROSPECCIÓN DE PLACERES ALUVIALES EN EL RÍO UPANO UBICADO EN LA PARROQUIA ALSHI 9 DE OCTUBRE, CANTÓN MORONA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO**, realizado por la señorita: GRETA LETICIA CABRERA CHUCAY, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Fabian Ricardo Ojeda Pardo MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>FABIAN RICARDO OJEDA PARDO</b>	2022-01-26
Ing. David Isaac Cuenca Gualán Mgs. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>DAVID ISAAC CUENCA</b>	2022-01-26
Ing. Jefferson Andrés Carranco López MSc. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>JEFFERSON ANDRES CARRANCO LOPEZ</b>	2022-01-26

## **DEDICATORIA**

Con mucho cariño principalmente a mis padres Ernestina y Nelson, quienes me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento, con su comprensión y ayuda en momentos malos y buenos. Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. A mis hermanos(a), Alicia, Josselin, Jordy y Marlón, por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida, inseparables, hemos compartido tanto que mis logros son los suyos y siempre los llevaré en lo más profundo de mi corazón.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

**Greta**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por bendecirme con la vida, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y porque hiciste realidad este sueño anhelado. A mis padres Ernestina y Nelson, quienes con su amor paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de recibir una excelente educación a lo largo de mi vida y lo más importante, por ser mi ejemplo de vida a seguir. A mi padre, de manera especial que, en la realización de la metodología en campo de este proyecto de investigación, fue quien me acompañó, guió y ayudó. A mis hermanas y hermanos por apoyarme en aquellos momentos de necesidad por ayudar a la unión familiar. A ti Alicia por ser el ejemplo de estudio y por tus consejos. A Josselin por ser un gran apoyo a lo largo de mi carrera. A Jordy y Marlon por su cariño y apoyo incondicional. A todos ellos por llenar mi vida de grandes momentos que hemos compartido durante todo este proceso y por estar conmigo en todo momento. A la Ingeniera Jenny Granja, quien con sus conocimientos y apoyo me guio a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscaba. A mi director el Ingeniero David Cuenca y a mi asesor el Ingeniero Andrés Carranco, quienes me ayudaron con las correcciones finales de este trabajo investigativo. Mi mayor reconocimiento y gratitud a todos ustedes.

**Greta**

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Generalidades.....</b>	<b>5</b>
1.1.1. <i>Ubicación.....</i>	5
1.1.2. <i>Acceso.....</i>	6
1.1.3. <i>Clima.....</i>	6
1.1.4. <i>Hidrografía.....</i>	7
1.1.5. <i>Topografía.....</i>	7
<b>1.2. Marco geológico.....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.1. Geología regional.....</b>	<b>8</b>
1.2.1.1. <i>Unidad Upano (JSu).....</i>	9
1.2.1.2. <i>Formación Hollín (KHc).....</i>	9
1.2.1.3. <i>Formación Napo (KN).....</i>	10
1.2.1.4. <i>Formación Tarqui (PT).....</i>	10
1.2.1.5. <i>Formación Mera (QM).....</i>	10
<b>1.2.2. Geología local.....</b>	<b>10</b>
1.2.2.1. <i>Litología de la zona de estudio.....</i>	11
<b>1.2.3. Tectónica.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.4. Geomorfología.....</b>	<b>15</b>
<b>1.3. Depósitos de oro secundario.....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.1. Formación de placeres.....</b>	<b>16</b>
1.3.1.1. <i>Aluvión.....</i>	17
1.3.1.2. <i>Placeres.....</i>	17
<b>1.3.2. Depósitos de placeres.....</b>	<b>18</b>

1.3.3.	<i>Tipos de placeres</i> .....	18
1.3.3.1.	<i>Placeres fluviales o aluviales</i> .....	20
1.4.	<b>Distritos auríferos en el Ecuador</b> .....	22
1.4.1.	<i>Distrito Zamora Chinchipe Upano</i> .....	23
1.4.2.	<i>Génesis del oro aluvial en el sector oriental</i> .....	23
1.5.	<b>Geología de placeres en Morona Santiago</b> .....	25
1.5.1.	<i>Carácter del Bedrock</i> .....	25
1.5.2.	<i>Carácter de la grava</i> .....	26
1.5.3.	<i>Carácter del suelo y capa vegetal</i> .....	26
1.5.4.	<i>Carácter del oro</i> .....	26
1.6.	<b>Actividad minera en Morona Santiago</b> .....	26
1.7.	<b>Prospección con batea</b> .....	27
1.7.1.	<i>Técnica de bateo</i> .....	27
1.7.2.	<i>Factores de ocurrencia de oro de placer</i> .....	28
1.7.3.	<i>Sedimentos</i> .....	30
1.8.	<b>Análisis de laboratorio</b> .....	30
1.8.1.	<i>Análisis geoquímico de oro</i> .....	30
1.8.1.1.	<i>Ensayo al fuego</i> .....	31
1.9.	<b>Método Kriging</b> .....	31
1.10.	<b>Parametros geoquímicos</b> .....	31
1.10.1.	<i>Background o valor de fondo</i> .....	31
1.10.2.	<i>Umbral Anomálico o Threshold</i> .....	32
1.10.3.	<i>Método de Lepeltier Modificado</i> .....	32

## CAPÍTULO II

2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	33
2.1.	<b>Metodología de trabajo</b> .....	33
2.1.1.	<i>Fase 1: Recopilación cartográfica y bibliográfica</i> .....	33
2.1.2.	<i>Fase 2: Trabajo de campo</i> .....	34
2.1.2.1.	<i>Selección de las zonas de muestreo</i> .....	34
2.1.2.2.	<i>Procedimiento para la toma de muestras</i> .....	34
2.1.3.	<i>Fase 3: Caracterización petrográfica de sedimentos</i> .....	40
2.1.4.	<i>Fase 4: Descripción de las fichas de muestreo de campo</i> .....	40
2.2.	<b>Metodología de laboratorio</b> .....	40
2.2.1.	<i>Fase 1: Ingreso de muestras</i> .....	41

2.2.2.	<i>Fase 2: Determinación analítica</i> .....	41
2.3.	<b>Metodología de gabinete</b> .....	47

### **CAPÍTULO III**

3.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	48
3.1.	<b>Reporte de resultados de laboratorio</b> .....	48
3.2.	<b>Resultados de la metodología de campo y laboratorio</b> .....	49
3.3.	<b>Análisis geoestadístico</b> .....	49
3.3.1.	<i>Análisis exploratorio de datos</i> .....	49
3.3.2.	<i>Estimación con Kriging</i> .....	52
3.3.2.1.	<i>Medidas estadísticas de Oro</i> .....	52
3.3.2.2.	<i>Tendencia</i> .....	53
3.3.2.3.	<i>Análisis estructural</i> .....	54
3.3.2.4.	<i>Modelo geoestadístico teórico</i> .....	54
3.3.2.5.	<i>Validación Kriging</i> .....	56
3.3.2.6.	<i>Mapa de estimación geoestadística</i> .....	56
3.4.	<b>Análisis de concentración del oro</b> .....	57
3.5.	<b>Delimitación de la zona de potencial aurífero</b> .....	58

<b>CONCLUSIONES</b> .....	60
---------------------------	----

<b>RECOMENDACIONES</b> .....	61
------------------------------	----

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Puntos del área de estudio.....	5
<b>Tabla 2-1:</b>	Parámetros Meteorológicos.....	6
<b>Tabla 3-1:</b>	Unidades geomorfológicas de Alshi 9 de Octubre .....	16
<b>Tabla 4-1:</b>	Origen del oro aluvial en el sector Oriental.....	24
<b>Tabla 1-3:</b>	Resultados de concentración de oro en muestras de sedimentos .....	48
<b>Tabla 2-3:</b>	Resultados de campo y laboratorio .....	49
<b>Tabla 3-3:</b>	Cálculos estadísticos previos .....	50
<b>Tabla 4-3:</b>	Frecuencias de las concentraciones del oro.....	50
<b>Tabla 5-3:</b>	Cálculos estadísticos .....	52
<b>Tabla 6-3:</b>	Medidas estadísticas de oro (log).....	53
<b>Tabla 7-3:</b>	Parámetros de validación cruzada de oro .....	54
<b>Tabla 8-3:</b>	Parámetros del modelo esférico para oro .....	55
<b>Tabla 9-3:</b>	Resultados de concentraciones normales y anómalas de oro.....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Mapa de Ubicación de la zona de estudio a escala 1:13.000.....	5
<b>Figura 2-1:</b>	Mapa topográfico de la zona de estudio a escala 1:30.000 .....	8
<b>Figura 3-1:</b>	Terreno salado.....	9
<b>Figura 4-1:</b>	Mapa Geológico a escala 1:125.000 .....	11
<b>Figura 5-1:</b>	Ocurrencias de minerales metálicos .....	13
<b>Figura 6-1:</b>	Subducción en Ecuador .....	14
<b>Figura 7-1:</b>	Fallas geológicas de la parroquia Alshi 9 de Octubre .....	15
<b>Figura 8-1:</b>	Tipos de placeres .....	19
<b>Figura 9-1:</b>	Depósitos de terrazas.....	20
<b>Figura 10-1:</b>	Depósitos fluviales recientes .....	21
<b>Figura 11-1:</b>	Depósito de uniones de cursos fluviales .....	21
<b>Figura 12-1:</b>	Distritos Auríferos en Ecuador .....	22
<b>Figura 13-1:</b>	Transporte del oro aguas abajo de un río .....	29
<b>Figura 1-2:</b>	Materiales de campo.....	35
<b>Figura 2-2:</b>	Proceso de tamizado .....	35
<b>Figura 3-2:</b>	Bateo de sedimentos.....	36
<b>Figura 4-2:</b>	Principales fuerzas de la técnica de bateo .....	36
<b>Figura 5-2:</b>	Partículas de Oro .....	37
<b>Figura 6-2:</b>	Muestra de sedimentos .....	37
<b>Figura 7-2:</b>	Volumen de la muestra.....	38
<b>Figura 8-2:</b>	Envasado de la muestra .....	38
<b>Figura 9-2:</b>	Pesada de la muestra.....	39
<b>Figura 10-2:</b>	Etiquetado de la muestra .....	39
<b>Figura 11-2:</b>	Sedimentos y Rocas .....	40
<b>Figura 12-2:</b>	Secado de muestras .....	41
<b>Figura 13-2:</b>	Triturado y molienda de las muestras .....	42
<b>Figura 14-2:</b>	Homogenización y cuarteo de las muestras .....	42
<b>Figura 15-2:</b>	Pulverización de las muestras.....	43
<b>Figura 16-2:</b>	Tostación de las muestras .....	43
<b>Figura 17-2:</b>	Pesada de reactivos.....	44
<b>Figura 18-2:</b>	Fundición de las muestras .....	44
<b>Figura 19-2:</b>	Muestra fundida.....	45
<b>Figura 20-2:</b>	Régulo de plomo en el horno.....	45

<b>Figura 21-2:</b>	Obtención del doré .....	46
<b>Figura 22-2:</b>	Dilución de la esfera doré.....	46
<b>Figura 23-2:</b>	Lectura analítica con el (EAA).....	47
<b>Figura 1-3:</b>	Histograma de oro, Software ArcGIS.....	52
<b>Figura 2-3:</b>	Análisis de tendencia de oro, Software ArcGIS.....	53
<b>Figura 3-3:</b>	Semivariograma muestral de oro, Software ArcGIS.....	54
<b>Figura 4-3:</b>	Semivariograma experimental y teórico de oro, Software ArcGIS.....	55
<b>Figura 5-3:</b>	Validación cruzada de oro, Software ArcGIS.....	56
<b>Figura 6-3:</b>	Mapa de estimación geoestadística mediante Kriging a escala 1:30.000 .....	57
<b>Figura 7-3:</b>	Mapa de las zonas de enriquecimiento aurífero a escala 1:30.000.....	59

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b>	Concentraciones de oro por el código de muestras .....	51
<b>Gráfico 2-3:</b>	Intervalos de clase del concentrado de oro.....	51

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** VERIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO
- ANEXO B:** PROCESO DE MUESTREO EN CAMPO
- ANEXO C:** UNIÓN DE CURSOS FLUVIALES DEL RÍO SAMINGO Y RÍO UPANO
- ANEXO D:** TERRAZA EN EL CURSO FLUVIAL
- ANEXO E:** CURVAS DEL RÍO UPANO
- ANEXO F:** RIBERAS DEL RÍO UPANO
- ANEXO G:** RELIEVE DE LA ZONA DE ESTUDIO
- ANEXO H:** FICHAS DE MUESTREO DE CAMPO
- ANEXO I:** REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO
- ANEXO J:** MAPA DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO
- ANEXO K:** MAPA TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO
- ANEXO L:** MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO
- ANEXO M:** MAPA DE ESTIMACIÓN GEOESTADÍSTICA MEDIANTE KRIKING
- ANEXO N:** MAPA DE DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE POTENCIAL AURÍFERO

## RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo identificar zonas de deposición de placeres de oro aluvial utilizando la técnica de bateo y análisis de sedimentos para la delimitación del área de posible potencial aurífero en el Río Upano, en la parroquia Alshi 9 de Octubre, cantón Morona, provincia de Morona Santiago, mediante el muestreo geoquímico en puntos de interés, según los factores de ocurrencia de depósitos aluviales. Se establecieron veinte puntos de muestreo en siete kilómetros de longitud. Se efectuó el trabajo en campo con la recolección de muestras de sedimentos del río. Cada punto de muestreo fue registrado a través de fichas técnicas. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio Químico del Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), con el proceso físico y químico para la determinación del concentrado de oro, mediante el ensayo al fuego (Método de Referencia: ASTM E1335) y espectrofotometría absorción atómica (Método de Referencia: SM 3111). Con los resultados de las concentraciones de oro de las muestras se realizó el análisis geoestadístico mediante la estadística y la estimación con el método *Kriging*. Se obtuvo dos zonas de mayor concentración de oro con valores de 27,35 y 26,9 mg/kg (miligramos de oro contenido por kilogramo de muestra). En el análisis de la concentración de oro y la delimitación de la zona potencial aurífero se utilizó el método de Lepeltier Modificado, que determinó los parámetros geoquímicos con valores del *Background* 3,878; *Threshold* 11,998; subanomalía 20,118 y anomalía 28,238. Se delimitaron dos zonas de mayor enriquecimiento aurífero de 26,9 y 27,35 ppm (partes por millón). Se recomienda explorar en las dos zonas de mayor concentración del río Upano, para obtener información cuantificada de los depósitos aluviales y, en función de aquello establecer escenarios positivos con el objeto de diseñar un proyecto de pequeña minería rentable para mineros artesanales.

**Palabras clave:** <PROSPECCIÓN>, <PLACERES ALUVIALES>, <DEPÓSITOS DE ORO SECUNDARIO>, <TÉCNICA DE BATEO>, <MUESTREO GEOQUÍMICO>, <CONCENTRADO DE ORO>.

INES ZAPATA  
ZUMARRAGA

Firmado digitalmente por INES  
ZAPATA ZUMARRAGA  
DN: cn=INES ZAPATA  
ZUMARRAGA, o=INES, c=EC,  
l=RIOBAMBA, ou=Certificado de  
Clase 2 de Persona Física EC,  
e=inezapata2@hotmail.com  
Motivo: Aprobé este documento  
Ubicación:  
Fecha: 2021-08-31 16:31:05:00



1675-DBRA-UPT-2021

## ABSTRACT

This study aims to identify placer mining areas on alluvial gold deposits by using panning and sediment analysis to mark out the area of possible potential of gold in the Upano river, in Alshi 9 de Octubre parish, Morona district, province of Morona Santiago; through geochemical sampling in relevant sites, depending on the conditions of alluvial deposits. Twenty sampling locations were determined in seven kilometers of distance. Field service was conducted by collecting the river sediments samples. Each sampling location was registered via data sheets. Samples were analyzed in the Chemistry Laboratory of Geological and Energetic Research Institute (IIGE), with physical and chemical process to determine the gold concentration, by fire assay (Reference Method: ASTM E1335) and spectrophotometry atomic absorption (Reference Method: SM 3111). According to the results of gold concentration samplings it was conducted a geostatistical analysis through statistics and estimation with the Kriging method. Two main areas of gold concentration have been identified with 27,35 and 26,9 mg/kg value (gold milligrams contained per kilogram sample). In the gold concentration analysis and in the gold potential demarcation area it was used the Modified Lepeltier method, which determined geochemical criteria with values of 3,878 Background; 11,998 Threshold; 20,118 sub anomaly and 28,238 anomaly. Two areas with the highest gold enrichment have been demarcated in 26,9 and 27,35 ppm (parts per million). It is recommended to prospect in the two main areas of the Upano river, to collect quantified information about the alluvial deposits and based on it, set positive scenarios with the purpose of designing a profitable small-scale mining project for artisanal miners.

**Keywords:** <EXPLORATORY DRILLING>, <ALLUVIAL PLACERS>, <SECONDARY GOLD DEPOSIT>, <PANNING>, <GEOCHEMICAL SAMPLING>, <GOLD CONCENTRATE>.



Firmado electrónicamente por:  
**VALENTINA**  
**GALIMBERTI**  
**JESSICA**

## INTRODUCCIÓN

En Ecuador la cultura minera conforma un revelador precedente para la operación de compañías extranjeras mineras en el país, sin embargo, localmente no ha ocurrido un efectivo desarrollo de la actividad minera industrial, por ello, ha priorizado la pequeña minería y minería artesanal de subsistencia. La minería en sus inicios no poseía regulaciones y base legal concreta para su desarrollo, lo cual generó oposición y desinformación en la población frente a esta actividad (Aillón, 2016, párr.2-3). El Estado Ecuatoriano a partir de la nueva Ley Minera; regula, controla, administra y gestiona el sector minero estratégico, así como los principios de sostenibilidad, precaución, prevención y eficiencia. De cierta manera permitirá el desarrollo de la industria minera considerando que Ecuador es un país con potencial minero, que tiene reservas de oro, plata y cobre, además de una variada oferta de productos (Banco Central del Ecuador, 2015, p.1).

La Ley de Minería establece una base legal para realizar la extracción de los minerales existentes en Ecuador, en donde los titulares mineros deben cumplir con todo lo dispuesto en la presente ley y pueden explotar de manera lícita.

Los distritos mineros en Ecuador poseen grandes y significativos yacimientos minerales de origen primario, los que han sido meteorizados, erosionados, transportados y acumulados en las riberas de los ríos, dando lugar a los llamados depósitos aluviales.

En Morona Santiago el río Upano pertenece a uno de los distritos auríferos del país, el cual corre desde la sierra hasta las profundidades de la Amazonia, en sus riberas están compuestas por arena negra, gravas y grandes rocas. Tomando en cuenta que el afluente transcurre por la parroquia Alshi 9 de Octubre, se ha planteado esta investigación en la prospección de los placeres aluviales. De acuerdo con Viladevall (2004, p.3) la prospección aluvial es el método minero que invade directamente la ubicación y valoración de los depósitos de placer, indirectamente del sitio de los depósitos minerales. Este último sería el resultado de la descomposición de las concentraciones primarias. La principal herramienta de exploración aluvial desde la antigüedad ha sido la batea, la cual no ha dejado de ser la herramienta más eficiente para la exploración y explotación de minerales. Con los resultados de experimentos empíricos y la aplicación intuitiva de la dinámica fluvial.

El presente estudio tiene como objeto principal realizar la prospección minera y determinar las zonas de exploración para delimitar el área con posible potencial aurífero, mediante el análisis de parámetros gravimétricos usando la técnica del bateado y el análisis geoquímico de zonas de interés seleccionadas, para establecer la concentración del prospecto.

Las actividades que comprenden la prospección minera establecen los hallazgos y presencia de un material útil y que al ser explotado sea económicamente rentable. La técnica de bateo otorga gran importancia al muestreo, lavado y concentración del aluvión para detectar la presencia de

indicadores o minerales útiles. La investigación geoquímica, considera de gran importancia las técnicas de muestreo y el análisis químico que se emplea.

#### *Antecedentes*

El interés del hombre por los minerales se despertó al inicio de su desarrollo cultural, por ende, se refleja en numerosos restos arqueológicos incluso del Paleolítico (Toscano et al., 2012, p.164). En Ecuador, la minería se desarrolló antes de la corona española y la era colonial, los pobladores americanos utilizaron obsidiana mullumica y arcillas para la cerámica, el oro, la plata, el cobre y el platino para ornamentos, además realizaban rituales e intercambio comercial. Estos minerales se extraían de ríos y socavones (Rea, 2017, p.42).

De acuerdo con Toscano et al. (2012, p.164) la prospección aluvial se considera la técnica más ancestral, tradicional, simple y barata utilizada por el hombre para buscar minerales pesados en los sedimentos fluviales. Los minerales pesados se definen como aquellos que tienen una densidad más alta que el cuarzo y otros minerales comunes formadores de rocas. Esta técnica de prospección se utiliza en la búsqueda de yacimientos de tipo placer, principalmente oro.

La explotación de los placeres auríferos o yacimientos secundarios conforma uno de los métodos más antiguos y fundamentales de la extracción de oro en el Ecuador, donde se utiliza el peso específico del oro para conseguir su concentración gravimétrica y separarlo de los sedimentos pesados. Para ello realizaban actividades principales como: clasificación de las gravas auríferas y separación de sedimentos pesados, concentración y separación del oro de los sedimentos pesados, recuperación del oro mediante procesos de amalgamación con mercurio y destilación de la amalgama para la separación del oro del mercurio (Sandoval, 2001, p.5). De esta manera realizaban la extracción del oro años atrás, en la actualidad el uso del mercurio en las operaciones mineras este prohibido en el reglamento minero.

Los depósitos de placer se clasifican como depósitos de oro secundarios porque provienen de una fuente primaria. Estos tipos de depósitos suelen ser fáciles de extraer puesto que están relativamente cerca de la superficie y la maquinaria necesaria para extraer el metal es escasa, principalmente debido a materiales de contacto frágiles (Acipio, 2018, p.2).

El sector minero en el mundo ha sido muy importante en la economía, siendo un motor que genera empleos y ayuda al crecimiento económico de diversos sectores que también se benefician directa o indirectamente de esta actividad. La minería industrial ha jugado un papel importante en el desarrollo de Ecuador, debido al avance de proyectos calificados como estratégicos por el gobierno nacional y proyectos de segunda generación, así como la inversión extranjera en las nuevas concesiones otorgadas.

El presente estudio se centra en la investigación a través del muestreo de sedimentos del río Upano, utilizando la técnica de bateo, posteriormente las muestras serán examinadas con un análisis geoquímico. Por consiguiente, se determinará de forma verídica la concentración de oro

en las deposiciones de los placeres aluviales en la parroquia Alshi 9 de Octubre. Con este trabajo de prospección proporcionará un alto nivel de certeza sobre el contenido preliminar de la deposición del oro.

#### *Planteamiento del problema*

Las personas implicadas en la actividad minera no poseen información necesaria lo que ha resultado en la conformidad y pérdida de recursos minerales valiosos. La condición geológica de los depósitos de placeres aluviales permite que los mineros artesanales obtengan con facilidad el material aurífero, usando tecnología atrasadas y mano de obra poco calificada. Lo que ha provocado el dominio de la minería artesanal informal, debido al desconocimiento de información de las ciencias implicadas a la actividad minera. En la parroquia Alshi 9 de Octubre no hay estudios a detalle de prospección y determinación de la concentración del oro aluvial del río Upano, por ende se desconoce las zonas de enriquecimiento. La fase de prospección es muy importante desarrollar antes de iniciar con la extracción del oro. En donde abarca estudios y análisis preliminares geológicos de un territorio, con el objeto de encontrar minerales valiosos. Cada día la ciencia avanza, buscando innovación y adquiriendo herramientas para desarrollar una producción minera ambientalmente sostenible, de igual manera generando fuentes de empleo y enfocándose en mejorar la calidad de vida de los pequeños mineros, tratando de reconocer los límites potenciales que hacen concebir el avance de la minería.

#### *Justificación*

Una alternativa viable para el desarrollo del país es dar paso a la extracción de minerales de una forma técnica y racional, impulsando la minería responsable con el medio ambiente y la sociedad. Así, el gobierno ecuatoriano ha manifestado reiteradamente su intención de impulsar el sector minero hasta que se convierta en uno de los pilares estratégicos del crecimiento del país.

Según el art. 28, de la Ley 45/2018 de Minería establece:

*Libertad de prospección.- Toda persona natural o jurídica, nacional o extranjera, pública, mixta o privada, comunitarias, asociativas, familiares y de auto gestión, excepto las que prohíbe la Constitución de la República y esta ley, tienen la facultad de prospectar libremente, con el objeto de buscar sustancias minerales, salvo en áreas protegidas y las comprendidas dentro de los límites de concesiones mineras, en zonas urbanas, centros poblados, zonas arqueológicas, bienes declarados de utilidad pública y en las Áreas Mineras Especiales (LEXIS, 2018, p.12).*

Con este contexto el área de estudio se encuentra en una zona libre para la prospección de placeres aluviales, es decir no existe ninguna prohibición en la Constitución de la República para realizar la presente investigación. Por ende, en este estudio investigativo se realizará atreves de la técnica

de bateo y análisis geoquímico de las muestras. Respetando el ambiente, produciendo el mínimo impacto al ecosistema de la zona de estudio.

En la zona de estudio se ha venido efectuando la actividad minera Artesanal de forma empírica, actualmente se realiza con poco o ningún conocimiento técnico que pueda identificar y limitar zonas anómalas de Oro depositadas en las riberas del río Upano. Considerando estas necesidades se pretende identificar la deposición de oro de placer que sirvan de base para futuros trabajos de investigación minera.

Como moradora de la parroquia Alshi 9 de Octubre me he visto motivada al desarrollo de esta investigación que pueda aportar al avance íntegro de actividades productivas en el campo de la minería. La identificación de los depósitos Auríferos será de gran ayuda para aquellas personas dedicadas a la actividad minera que buscan mejorar sus condiciones de vida, al generar nuevas fuentes de trabajo y potenciar ingresos económicos para la parroquia.

### *Objetivos*

#### *Objetivo General*

Identificar zonas de deposición de placeres de oro aluvial utilizando la técnica de bateo y análisis de sedimentos para la delimitación del área de posible potencial aurífero en el Río Upano ubicado en la parroquia Alshi 9 de Octubre.

#### *Objetivos Específicos*

- Realizar la técnica de bateo en zonas con depositación favorables, para la caracterización petrográfica de los sedimentos de las riberas del río Upano.
- Efectuar el muestreo geoquímico en puntos de interés, según los factores de ocurrencia de depósitos aluviales en el río Upano, para la determinación de zonas de enriquecimiento aurífero.
- Determinar la concentración de oro mediante el método de ensayo al fuego.
- Realizar el análisis geoestadístico de resultados mediante *Kriging*, para la estimación de distribución de concentraciones de oro (Au).

#### *Hipótesis*

Con la aplicación de la Técnica de bateo y análisis de sedimentos se puede identificar la deposición de placeres aluviales en el Río Upano ubicado en la parroquia Alshi 9 de Octubre.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1. Generalidades

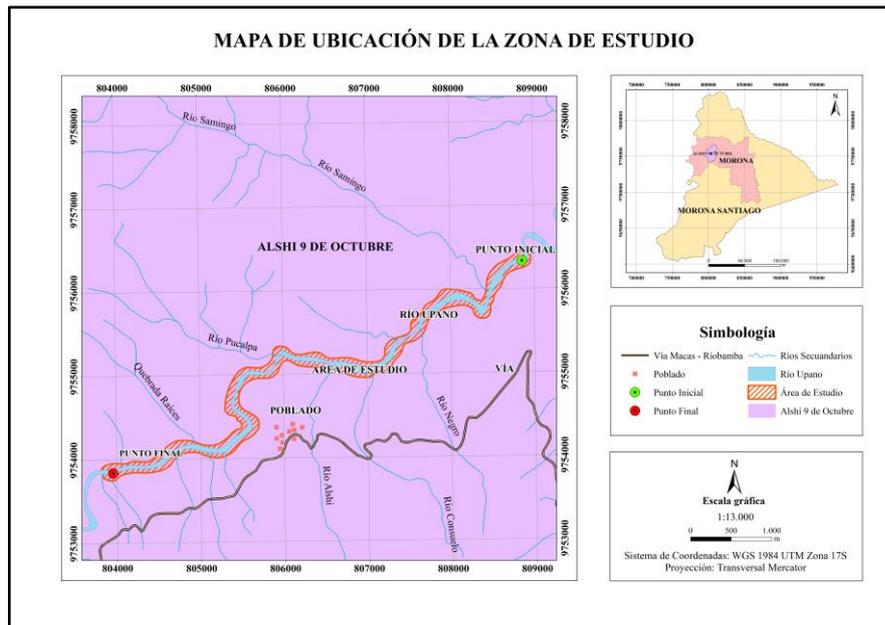
#### 1.1.1. Ubicación

El área de estudio se encuentra situada en la provincia de Morona Santiago, cantón Morona, parroquia Alshi 9 de Octubre, sector Río Upano. Al norte limita con la parroquia Sinaí (parte del parque Nacional Sangay desde el Río San Francisco desde sus nacimientos en la cordillera central de los Andes, hasta la confluencia del río Tablas en el mismo río Upano); al este limita con las parroquias San Isidro, Proaño y Macas, al sur con la parroquia Río Blanco, al oeste con la parroquia Zuñac (Gobierno Autónomo Descentralizado de Alshi 9 de Octubre, 2012, párr.2). A continuación, en la tabla 1-1, se muestran las coordenadas de la zona de estudio corresponden a las siguientes:

**Tabla 1-1:** Puntos del área de estudio

PUNTOS	X	Y	ZONA	DATUM
P INICIAL	808861	9756296	17 S	WGS84
P FINAL	803958	9753840		

Realizado por: Cabrera, Greta, 2021.



**Figura 1-1:** Mapa de Ubicación de la zona de estudio a escala 1:13.000

Fuente: Geoportal, 2013.

Realizado por: Cabrera, Greta, 2021.

### 1.1.2. Acceso

El acceso al área de estudio se lo realiza por medio de la vía de primer orden Macas-Riobamba partiendo desde el centro de la ciudad de Macas 29 Kilómetros hasta la parroquia Alshi 9 de Octubre. Para acceder al río Upano se tomó como referencia la vía principal Macas-Riobamba, al punto de inicio se parte desde el kilómetro 96,2 en el sector Tigrillo se ingresa a pie 2.500 metros aproximadamente y al punto final desde el kilómetro 89,7 en el sector Cañabrava se ingresa a pie 850 metros aproximadamente.

### 1.1.3. Clima

Los parámetros meteorológicos más representativos del clima de la parroquia Alshi 9 de Octubre son: temperatura, precipitaciones, humedad, vientos y presión atmosférica. En la tabla 2-1, se muestra el índice de cada parámetro meteorológico.

**Tabla 2-1:** Parámetros Meteorológicos

PARÁMETROS METEOROLÓGICOS	ÍNDICE
Temperatura (°C)	10 - 18
Precipitación (mm)	2.000 – 4.000
Humedad relativa	90,57 %
Vientos (m/s)	0,99
Presión atmosférica (hPa)	783,04
Tipo de clima	Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo Tropical megatérmico húmedo

**Fuente:** Equipo de Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Morona, 2015.

**Realizado por:** Cabrera, Greta, 2021.

Las temperaturas presentes en el territorio van de los 10 a 18 °C (Celsius) y el rango promedio es de 14 °C. Las precipitaciones presentes en el territorio van de los 2.000 a 4.000 mm (milímetros), el rango promedio es de 3.000 mm. Los meses lluviosos se presentan desde febrero a mayo y los meses secos van de octubre a diciembre (Equipo de Ordenamiento Territorial del GAD Morona, 2015, p.19). La humedad relativa presente va desde el 85,77 % al 94,29 %, dando una humedad relativa promedio de 90,57 %; los meses de mayor humedad relativa son junio y julio y los meses de menor humedad relativa son septiembre y noviembre (Equipo de Ordenamiento Territorial del GAD Morona, 2015, p.19).

La velocidad media anual del viento es de 0,99 m/s (metros por segundo), se ha registrado la mayor velocidad del viento en octubre y noviembre y los meses de menor velocidad del viento son junio y agosto. Al estar la parroquia Alshi 9 de Octubre a una altura entre 1.300 y 2.000 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar), la presión atmosférica promedio es de 783,04 hPa (hectopascal), la mayor presión atmosférica se registra en el mes de agosto (Equipo de Ordenamiento Territorial del GAD Morona, 2015, pp. 20-21).

Se han identificado 2 tipos de climas, predominando el clima Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo con una superficie de 23.528,12 ha (hectáreas) que representa el 86,03 % del territorio y el tropical megatérmico húmedo con una superficie de 3.820,76 ha que representa el 13,97 del territorio (Equipo de Ordenamiento Territorial del GAD Morona, 2015, p.18).

#### ***1.1.4. Hidrografía***

Los ríos que encuentran en la parroquia son: Upano, Abanico, Colimbo, Cugusha, Alshi, Salado Chico, Salado Grande, Retiro, Consuelo, Pucalpa, Negro, Samingo (Gobierno Autónomo Descentralizado de Alshi 9 de Octubre, 2013, párr.5). El río Upano pertenece a los tramos altos del sistema Amazonas Upano-Namangoza-Santiago-Marañón y se origina en las estribaciones de la cordillera Oriental de los Andes, en el sector de la Laguna Negra, perteneciente al complejo Atillo, que se ubica en la provincia de Chimborazo (Merchán, 2016, p.59).

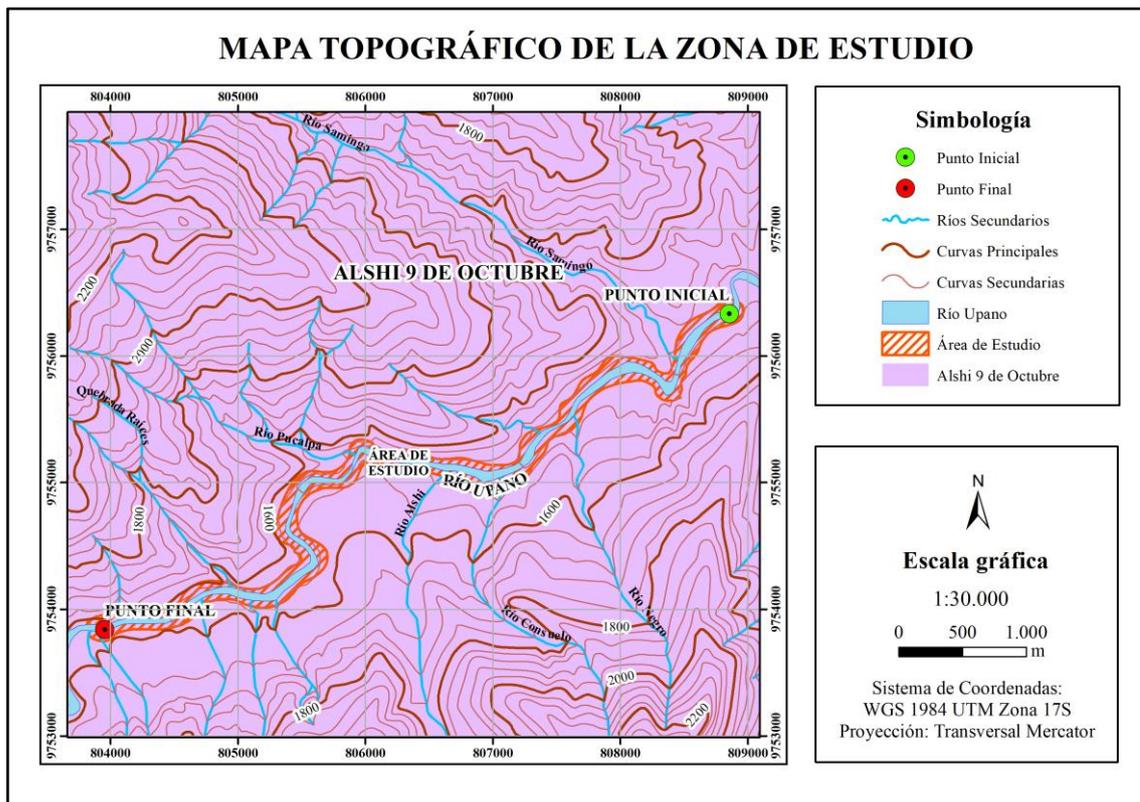
El sistema hidrográfico de la zona de estudio lo constituye principalmente el río Upano; además recibe como afluentes a los ríos secundarios como: en su margen izquierdo a los ríos Alshi, Consuelo, Negro y por su margen derecha a los ríos Pucalpa, Samingo, que desembocan en el Upano; tomando como referencia la dirección desde O-E (oeste-este). Además, en toda la red hidrográfica existen un sin número de quebradas que junto a los pequeños ríos alimentados por las divisorias de aguas de la cordillera Real aportan su caudal.

El río Upano en su recorrido de norte a sur forma el valle del Upano, luego de salir del cantón Morona continua hacia el sur para unirse con el río Paute y forma el río Namangoza que se une con el río Zamora y forma el Santiago que desemboca en el Marañón (Merchán, 2016, p.58).

#### ***1.1.5. Topografía***

La topografía que presenta la parroquia es muy irregular con cotas que varían aproximadamente desde los 600 hasta los 4.300 m.s.n.m. La pendiente del suelo es un declive del terreno y la inclinación respecto a una horizontal, representado en porcentaje de inclinación. En la parroquia Alshi - 9 de Octubre se han identificado pendientes que van desde 0% a >70%, predominando las

pendientes escarpadas que van de 25 a 50% de inclinación con una superficie de 1.645,24 ha (hectáreas), que representan el 60,17% (Equipo de Ordenamiento Territorial del GAD Morona, pp.6-8). El área de estudio se encuentra dentro de la superficie de la pendiente planicie que va de 0% a 5% de inclinación con una superficie de 370,57 ha, entre las cotas de 1.480 hasta 1.600 m.s.n.m. aproximadamente.



**Figura 2-1:** Mapa topográfico de la zona de estudio a escala 1:30.000

**Fuente:** Geoportal, 2013.

**Realizado por:** Cabrera, Greta, 2021.

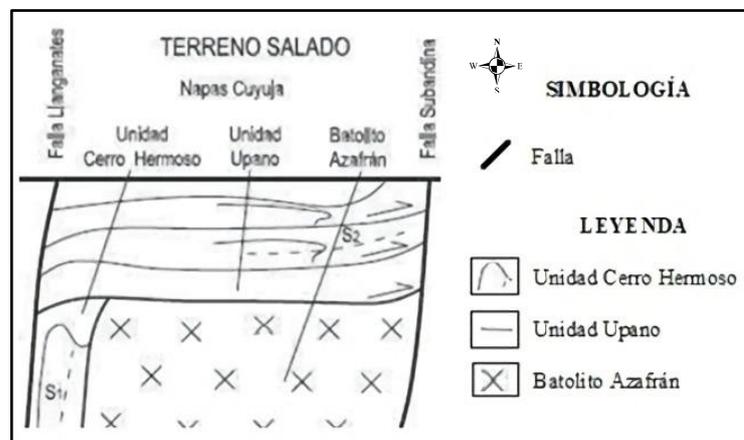
## 1.2. Marco geológico

### 1.2.1. Geología regional

La parroquia Alshi 9 de Octubre se asienta en la región Amazónica en la Cordillera Real oeste y este, está formada por un basamento Precámbrico sobreyacido por cinturones sublineales alargados de rocas metamórficas de edad Paleozoico-Cretácico Inferior, orientadas en dirección NNE–SSW (norte-noreste–sur-suroeste) que pertenecen a terrenos de ambiente alóctona y autóctona originados en distintos ambientes y divididos por extensos sistemas de fallas regionales (Litherland et al., 1994; citado en Reyes, 2009, p.7).

La cordillera Real es una cadena montañosa con rumbo andino que se extiende por 650 Km, con una altura entre 3.200-5.800 m.s.n.m. Está conformado por un basamento de rocas metamórficas y plutónicas, afectadas por eventos tectono-metamórficos durante el Mesozoico, los cuales han generado alteraciones en el grado metamórfico. La cordillera Real está dividida en cinco unidades litológicas delimitadas por estructuras tectónicas, que de oeste a este son: las Divisiones Guamote, Alao, Loja, Salado y Zamora (Reyes, 2009, pp.7-8).

El área de estudio se localiza en la zona subandina del Ecuador caracterizada por cabalgamientos y plegamientos producto de la actividad tectónica, al este se encuentra aflorando la cordillera del Cutucu y al occidente la cordillera Real, en la cual prevalece rocas metamórficas. Además, pertenece a la unidad Upano, la cual es una subdivisión de la división Salado perteneciente a la cordillera Real.



**Figura 3-1:** Terreno salado

**Fuente:** Reyes, 2009.

**Realizado por:** Cabrera, Greta, 2021.

#### 1.2.1.1. Unidad Upano (JSu)

De acuerdo con Litherland et al., (1994; citado en Reyes, 2009, p.8) la Unidad Upano, es una subdivisión litotectónica definida posiblemente de edad Jurásico Inferior a Jurásico Medio y está conformada por esquistos pelíticos, grafiticos, meta andesitas y metagrawacas que constituyen un cinturón continuo de 15 km aproximadamente de ancho a lo largo del talud oriental de la cordillera Real perteneciente a la división salado.

#### 1.2.1.2. Formación Hollín (KHc)

El ambiente en que se formó Hollín es continental con elementos marinos en la parte superior donde la deposición tuvo lugar en aguas poco profundas. Tiene un espesor de 80 a 240 m, del Cretácico (Mesozoico). Además, está conformada por areniscas blancas cuarzosas masivas de

color blanco, el tamaño de grano varía de grueso a fino, existen interposiciones delgadas de lutitas arenosas de color oscuro, asimismo presentan lutitas carbonosas negras en la parte superior de la formación (Equipo de Ordenamiento Territorial del GAD Morona, 2015, p.12).

#### *1.2.1.3. Formación Napo (KN)*

Está conformada por la presencia de reflectores fuertes que corresponden a niveles de caliza. Posee litologías de calizas, lutitas negras, areniscas calcáreas (Equipo de Ordenamiento Territorial del GAD Morona, 2015, p.12). Del Cretácico se dispone concordantemente sobre la formación Hollín.

#### *1.2.1.4. Formación Tarqui (PT)*

Representa una cubierta volcánica las rocas de esta formación son fundamentalmente piroclásticas, aglomerados, aglomerado tobáceo, tobas de composición intermedia y ácida caolinizadas unas intensamente meteorizadas, otras blancas y rojas, que cubren todas las unidades más antiguas del área, que se encuentra sobre rocas sedimentarias. Es característico la presencia de abundantes cristales euhedrales bipirámides de cuarzo que se encuentran en cavidades residuales en la superficie. Tanto por la composición petrográfica como por la estratificación horizontal no alterada, se considera a esta formación como perteneciente a una última fase volcánica probablemente de tipo ignimbrita ocurrido en el Pleistoceno.

#### *1.2.1.5. Formación Mera (QM)*

La presente formación está conformada por areniscas tobáceas y arcillas de las terrazas restantes de la era Cenozoica. Los sedimentos al este de las terrazas disminuyen en espesor, granulometría y altitud, por coincidencia hacia los aluviones cuaternarios de las cuencas actuales. La deposición es continental de abanicos de pie de monte, que posee litologías de coluviales, conglomerado, arenisca, depósito aluvial, terrazas aluviales, terrazas colgantes e imbricadas (Equipo de Ordenamiento Territorial del GAD Morona, 2015, p.12).

### ***1.2.2. Geología local***

El análisis geológico de la zona de estudio se realiza de acuerdo con los Mapas Temáticos Geológicos de Macas y Alausí a escala 1:1.000.000, en donde se encuentran los siguientes aspectos geológicos.



*Metagrawacas (SSg)*: pertenece a la serie sedimentaria metaturbiditas de las rocas metamórficas de la cordillera Real del Paleozoico.

*Rocas volcánicas, sedimentarias y lavas (Svs)*: pertenece a la serie volcánica sedimentarias y lavas asociadas a las rocas metamórficas de la cordillera Real del Paleozoico.

*Rocas Detríticas (Svsd)*: formadas por acumulación de derrubios procedentes de la erosión y depositados por gravedad. Pertenecen al grupo de la serie volcánica sedimentaria, asociadas a las rocas metamórficas de la cordillera Real de la era Paleozoico.

*Serie volcánica (Sv)*: del grupo de serie volcánica sedimentaria (metalavas), asociadas a las rocas metamórficas. Comprende rocas volcánicas sedimentarias y lavas. Se encuentran en la Cordillera Real del Paleozoico.

*Unidad Tectónica (ZM)*: zona de mezcla cordillera Real del Paleozoico inferior y medio, compuesta de productos de destrucción del piso oceánico y de sus formaciones suprayacentes.

*Depósito Aluvial (Da)*: del Holoceno se encuentran en todas las terrazas recientes y en los cursos de los ríos, la naturaleza de los elementos constituye rodados de rocas metamórficas, eruptivas, volcánicas, arenas limosas, arcillas, etc. Se localizan en los ríos Upano, Abanico, Sangay, Volcán y Yukipa. La potencia es variable de 5 a 10 metros.

*Coluviones (C)*: del Holoceno constituye rocas de grano fino arcilloso, sin ninguna consolidación, englobando a bloques a veces grandes, de varios tipos de rocas como granodioritas o granodioritas de xenolitos.

*Depósitos glaciares (dg)*: del Pleistoceno se encuentran constituidos por lutitas, arenas y bloques sedimentarios; los mismos presentan una buena consolidación. La petrografía de estos elementos es variable y así encontramos cuarcitas, esquistos, metalavas, rocas metamorfozadas de origen volcano-sedimentario, granodioritas, etc. Estas rocas se encuentran en las estribaciones superiores de la cordillera Real sobre los 3.000 metros.

*Depósito Glacial (gd)*: en el sector Atillo existe presencia de morrenas, depósitos fluvio-glaciales y filitas, producto de las glaciaciones pleistocenas. Las nieves y los hielos en la actualidad tienen una importancia activa en la zona.

*Depósitos Volcánicos del Sangay (Qvs)*: pertenece a la Formación Sangay del Holoceno sus depósitos recientes son lavas andesíticas, a veces bien bandeadas de color gris y verde, pumitas, piroclastos, bombas y lahares.

*Terrazas Colgantes e Imbricadas (tci)*: del Pleistoceno Medio – Holoceno constituyen un piso intermedio entre los lahares y las formaciones de piedemonte (Mesa y Mera) constituidas por depósitos laháríticos poco evolucionados, distribuidos sin zonificación ninguna la potencia varía de 20 a 50 metros.

### *Ocurrencias de minerales metálicos*

Según el Mapa Metalogénico de la República del Ecuador, escala 1:1.000.000 actualizada hasta el 19 de junio de 2019. Se encuentra el depósito (Epitermal Au-Ag) 101 Atillo y el depósito (Sulfuro Masivo Vulcanogenico (VMS) Cu-Pb-Zn, Au, Ag) 102 Laguna Negra. Ubicado entre los cantones de Guamote y Morona, pertenecientes a las provincias de Chimborazo y Morona Santiago, las ocurrencias aproximadamente se hallan en los límites de las dos provincias específicamente en el sector Atillo.

Al igual que en el Mapa Geológico y de Ocurrencias Minerales del Sur de la Cordillera Real y del Cinturón Metamórfico de El Oro del Ecuador (1994), escala 1:500.000. Se puede encontrar estos dos depósitos. Siguiendo el transcurso del río Upano se hallan el cobre, antimonio y cromo. También, en la zona de estudio se puede visualizar en la figura 5-1, la presencia de minerales como el arsénico, cobre, oro, zinc, molibdeno y tungsteno. Además, en el río Abanico y el río Upano como se observa en la figura 5-1, están subrayados de color amarillo, eso quiere decir que existe indicios de Oro Aluvial. Con los dos mapas citados se puede interpretar que el oro secundario viaja de los depósitos primarios del Atillo y Laguna Negra.

En este trabajo investigativo se pretende corroborar la existencia de deposición aurífera de placeres aluviales con el objeto de realizar el análisis geoquímico del oro, para la estimación de la concentración del mineral Aurífero, en el Río Upano situado en la parroquia Alshi 9 de Octubre.



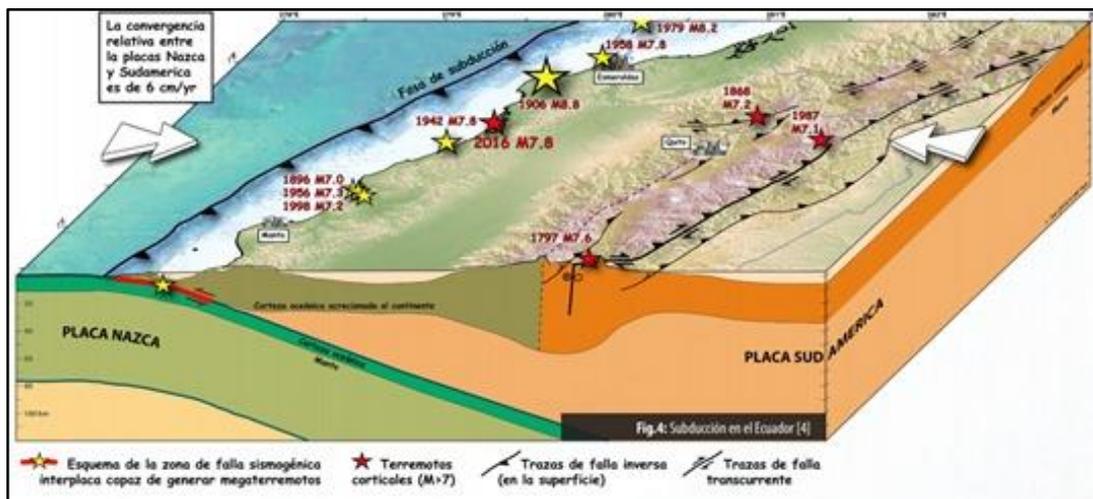
**Figura 5-1:** Ocurrencias de minerales metálicos

**Fuente:** Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), 1994b.

**Realizado por:** Cabrera, Greta, 2021.

### 1.2.3. Tectónica

El límite de las placas sobre las que se encuentra Ecuador es del tipo convergente. La placa Nazca (oceánica) empuja y se desliza bajo la placa continental (Sudamericana) en dirección E-O. Estas placas no se desplazan libremente, están obstaculizados y cuando la resistencia de los materiales de la corteza se supera, las rocas que conforman las placas se fragmentan y provocan grandes sismos (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2018, p.2). El proceso de la subducción además es el responsable de la actividad volcánica en Ecuador, por consiguiente, origina la fusión en el manto terrestre, formando magma que asciende a la superficie.



**Figura 6-1:** Subducción en Ecuador

**Fuente:** Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2018.

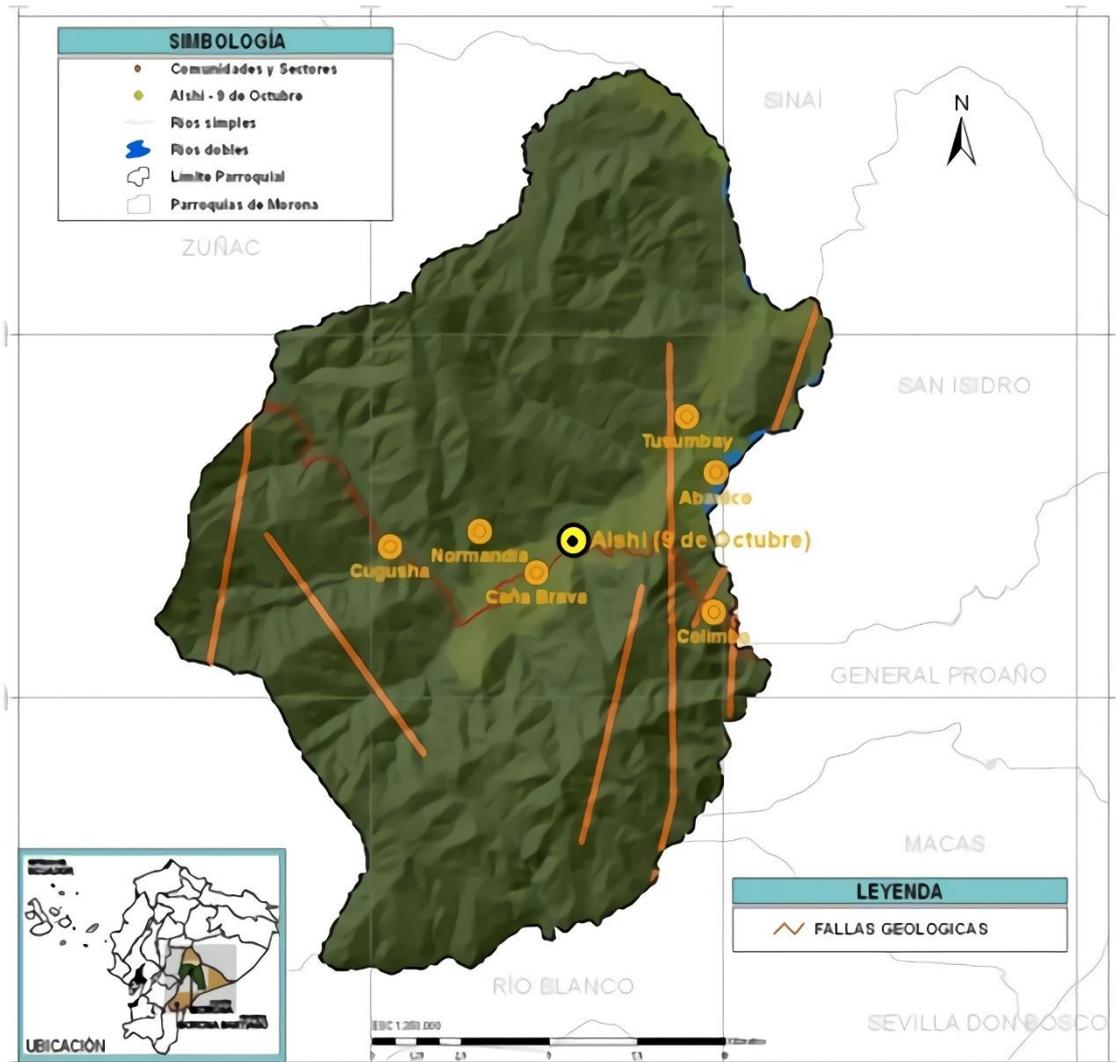
El proceso tiene su origen en las principales características geotectónicas y morfotectónicas del país a lo largo de su historia geológica, la Cordillera de los Andes se constituye por una doble cadena montañosa que posee grandes bifurcaciones hacia los flancos exteriores (occidentales y orientales) dividiendo al territorio continental en tres regiones: Costa, Sierra y Oriente. Además del área continental, se integra al país, la región insular conformada por islas emergentes del Océano Pacífico por las erupciones volcánicas submarinas (Varela & Ron, 2018, párr.1).

#### *Tectónica local*

La provincia de Morona Santiago dispone franjas de norte sur con complejas rocas metamórficas, intrusivas y sedimentarias, agrupados a los esfuerzos tangenciales este oeste. También, existen importantes fallas geológicas regionales con dirección preferencial N-E (norte-este). Conjuntamente, tienen una gran cantidad de fallas pequeñas con cambios de dirección, que dañan

en particular las rocas metamórficas del Paleozoico y las rocas sedimentarias del Cretácico (Dirección de planificación, 2015, p.41).

Según Equipo de Ordenamiento Territorial del GAD Morona (2015, p.44) a nivel de la parroquia Alshi 9 de Octubre se encuentran siete fallas geológicas, con una distancia total de fallas geológicas de 44,26 km. En la figura 7-1, se observa la falla de mayor distancia tiene dirección norte sur, así como la falla de menor distancia ubicada en el sector Colimbo. También se puede observar cuatro fallas con dirección noreste con inclinación baja. Finalmente se observa en el sector Tusumbay una falla direccionada noroeste con una inclinación pronunciada.



**Figura 7-1:** Fallas geológicas de la parroquia Alshi 9 de Octubre

Fuente: Equipo de Ordenamiento Territorial del GAD de Morona, 2015.

#### 1.2.4. Geomorfología

Las geformas más abundantes en dicho contexto son las relacionadas con el modelado de laderas, especialmente distintos tipos de vertientes rectilíneas y heterogéneas. Representan las formas del

terreno en sus tres dimensiones, con vista desde arriba. En la parroquia Alshi 9 de Octubre se han identificado tres unidades geomorfológicas, predominando la Cordillera con una superficie de 24.472,09 ha, que representan el 89,48% (Equipo de Ordenamiento Territorial del GAD Morona, 2015, p.5). En la tabla 3-1, se detalla la descripción, área y porcentaje de las tres unidades geomorfológicas de la parroquia Alshi 9 de Octubre.

**Tabla 3-1:** Unidades geomorfológicas de Alshi 9 de Octubre

No	RELIEVE	DESCRIPCIÓN	ÁREA (HA)	PORCENTAJE (%)
1	PIEDEMORTE	Con colinas Altas, mesetas, colinas medianas, terrazas, vertientes.	28,92	0,11
2	VALLE GLACIAR	Con llanura subglaciar, terrazas, terrazas de crioplanación.	2.847,87	10,41
3	CORDILLERA	Con edificios volcánicos, colinas altas, vertientes, relieves montañosos.	24.472,09	89,48
TOTAL			27.348,88	100

**Fuente:** Equipo de Ordenamiento Territorial del GAD Morona, 2015.

**Realizado por:** Cabrera, Greta, 2021.

En la unidad geomorfológica Piedemonte está representado principalmente por los sistemas fluviales del río Upano y Abanico, con dirección preferencial O-E y S-N respectivamente. Donde los valles en V se tornan terrazas bajas y cauces actuales al cambiar la pendiente y dejan de erosionar las metaturbiditas y empiezan a depositar sedimentos más groseros y a transportar materiales a zonas más bajas. Estas geoformas a su paso de este dominio al dominio del Medio Aluvial Amazónico, aguas abajo, van aumentando su extensión y anchura (Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica, 2015, p.20).

La zona de estudio se encuentra en la unidad geomorfológica Piedemonte, debido a las características que posee esta unidad se prevé encontrar terrazas aluviales con depósitos de placeres auríferos.

### 1.3. Depósitos de oro secundario

#### 1.3.1. Formación de placeres

La formación de los placeres inicia con la meteorización o disgregación de las rocas, que contienen minerales resistentes, pesados y valiosos. No obstante, la riqueza de éstos depende más de las condiciones favorables para su concentración que de la principal fuente de riqueza (Acipio, 2018, p.13). Para la deposición de los partículas de oro es de gran importancia poseer zonas con condiciones y ambientes prósperos que pueden formar los depósitos de placeres.

Los depósitos de placeres de oro pueden concentrar implícitamente, en cualquier superficie donde el oro esté presente en grandes vetas o disperso en rocas. Asimismo, los placeres pueden formarse cerca de los depósitos de cobre, puesto que el oro puede estar asociado con ellos (Acipio, 2018, p.13). El cobre puede ser el mineral indicador de la existencia de concentraciones de oro.

Los principales depósitos aluviales provienen de la meteorización o alteración de pequeñas vetas o de depósitos dispersos de cuarzo, calcita y en ciertas rocas sedimentarias. El oro se desprende de muchas concentraciones pequeñas y entra en las corrientes principales a través de grandes cantidades de sedimentos (Cadavid, 1998, p.23). Llegando a depositarse el oro secundario a varios metros o kilómetros desde el origen.

El proceso de formación aluvial puede comenzar con el simple movimiento, cuesta abajo, de una masa rocosa que posee oro y por coincidencia, termina la deposición en el mar de los sedimentos transportados por un río. En cambio, se pueden formar muchas etapas intermedias, de la deposición de los sedimentos cargados y transportados en diferentes formas y momentos. A lo largo de este proceso, puede suceder un desarrollo obvio tanto de sedimentos como de escombros de oro transportados (Acipio, 2018, p.14).

#### *1.3.1.1. Aluvión*

Compuesto de materiales sueltos o cementados como piedras, arenas, arcillas, etc., que se encuentran en el lecho antiguo o actual de los ríos en sus valles o de los flancos y en momentos por fenómenos geológicos, las crestas o las mesetas de las montañas. Estos depósitos de minerales no precisamente tienen minerales valiosos, si los poseen se llaman Placeres (Cadavid, 1998, p.22). El agua es primordial para el transporte o arrastre de estos sedimentos.

#### *1.3.1.2. Placeres*

Los placeres pertenecen a una concentración gravitacional de minerales pesados al mover fluidos, generalmente a través del agua, también ocurre en sólidos y gases. Las condiciones para que suceda una concentración gravitacional de minerales pesados son:

1. Disgregación de la fuente de roca original (meteorización)
2. Alta densidad del mineral (Ej. Au 19,3 g/cm<sup>3</sup>)
3. Alta resistencia química a la meteorización (no reactivo)
4. Durabilidad mecánica (física) (Aldana, 2015, p.147).

Estas cuatro condiciones son necesarias para que ocurra la depositación de las partículas de oro en el río Upano en donde se llevará a cabo la actividad de prospección para determinar la posibilidad de formar depósitos de placeres aluviales.

Según Cadavid (1998, p.22) los placeres son depósitos de arenas, gravas y otros materiales detríticos o residuales que conforman uno o diversos minerales valiosos, que han sido acumulados a lo largo del tiempo por concentración mecánica. Los minerales valiosos son generalmente, oro, platino, cobre, plata, etc.

### ***1.3.2. Depósitos de placeres***

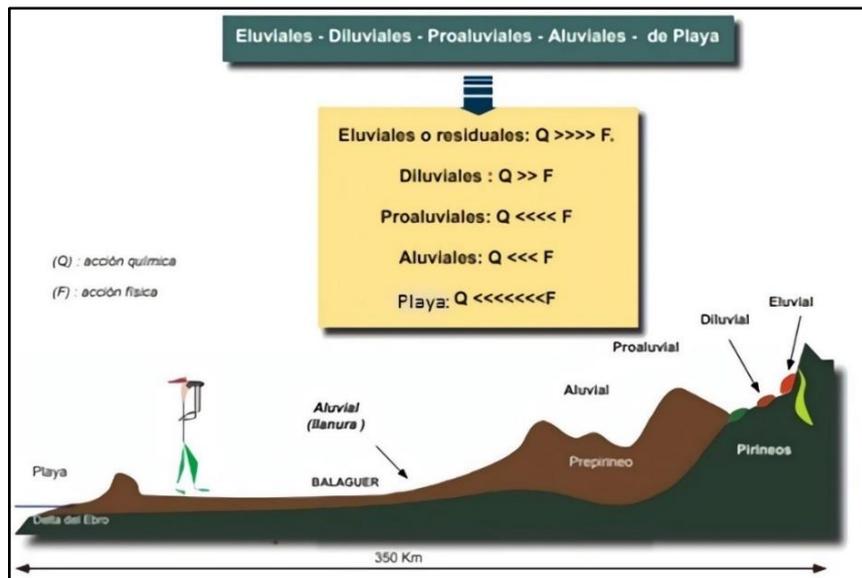
Se han formado depósitos a lo largo del tiempo geológico, pero la mayoría son de la era Cenozoica reciente. En general, los placeres son pequeños y generalmente de corta duración, pues se depositan en la superficie de la tierra al nivel de la base de erosión, de modo que la mayoría se erosionan y excepcionalmente son enterrados como para preservarse como paleoplaceres (Aldana, 2015, p.147).

En esta investigación se prospectará según la geología local en el ambiente geológico de la era Mesozoico y periodo Jurásico, con la intención de encontrar depósitos recientes del Cenozoico del periodo Cuaternario en donde se depositan los placeres aluviales.

La ley de los depósitos de placer suele ser baja, pero su extracción es viable porque se encuentran en materiales sueltos, no necesitan ser triturados y pueden explotarse con plantas muy baratas. El dragado de grava aluvial es uno de los más baratos. En el caso de los paleoplaceres (antiguos emplazamientos conservados en secuencias sedimentarias) posiblemente estén litificados, inclinados y ocultos parcial o totalmente bajo otras rocas también litificadas (Aldana, 2015, p.147). Esto implica que la minería será mucho más cara y que deberán ser de muy alta calidad o contener minerales valiosos como el oro para que la extracción sea económicamente rentable.

### ***1.3.3. Tipos de placeres***

Dependiendo de los diversos fenómenos químicos-físicos que los generen, según Viladevall (2004, p.11) los placeres se clasifican en eluviales, diluviales, proaluviales, aluviales y de playa como se observa en la figura 8-1.



**Figura 8-1:** Tipos de placeres

Fuente: Viladevall, 2004.

1. *Los placeres eluviales o residuales:* se desarrollan a partir de un área enriquecida que, junto con aspectos ambientales climáticos. Entre ellos, los fenómenos químicos son más dominantes que los físicos, por lo que sus efectos tienen características residuales obvias. Se acumulan por encima de la roca madre o fuente al descomponerse y elimina sustancias más ligeras de la roca; estas se pueden degradar a vetas meteorizadas (Viladevall, 2004, p.11). Por lo general, se transportan desde las montañas o laderas, incluidos los minerales liberados de las rocas cercanas.

2. *Los placeres diluviales:* en el material fraccionado, en el caso del sedimento residual, padece un deslizamiento gravitacional y se almacena en determinados puntos de la pendiente, produce una especie de placer llamado diluvial (Viladevall, 2004, p.11). Estos placeres se originan con la composición química (residual) y composición física (transporte y clasificación parcial).

3. *Los placeres proaluviales:* si el depósito está al pie de la montaña, la ubicación y composición física (transporte y clasificación) del depósito es superior a la composición química (Viladevall, 2004, p.11).

4. *Los placeres aluviales:* cuando los sedimentos de los placeres eluviales, diluviales y proaluviales, son recogidos, transportados y clasificados por el agua finalmente, se depositan en ríos (lecho vivo), en sus orillas y terrazas (Viladevall, 2004, p.11).

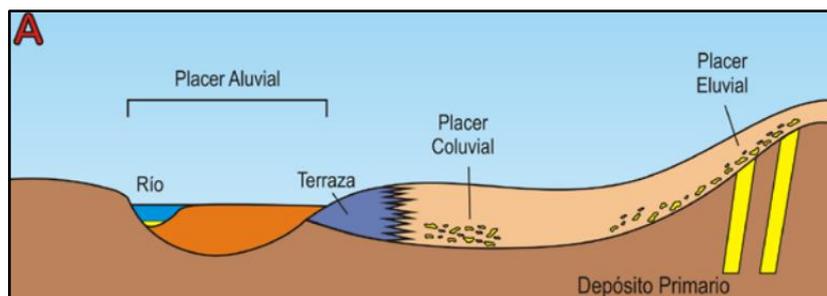
Después de conocer los tipos de placeres existentes en los ríos se determina que en este trabajo investigativo se realizará la prospección en los depósitos de placeres de tipo aluvial en el río Upano.

### 1.3.3.1. Placeres fluviales o aluviales

El ambiente deposicional de este tipo de depósito comienza en el área de la fuente, donde los depósitos de oro ingresan a la parte superior del arroyo, como una mezcla heterogénea de rocas y cambian parcialmente. Debido a la alta densidad del oro se deposita más rápido que los sedimentos y puede introducir al lecho rocoso o al fondo de la roca. El oro de grano fino y laminar se transportará a largas distancias del origen (Acipio, 2018, p.5).

Esta distancia a la que se aventura el oro fino según Cadavid (1998, p.22) es de 40 km; este oro no puede ser recuperado con equipos convencionales de fijación por gravedad. El indicador anterior recomienda que las centralizaciones de oro de diferentes tamaños que se encuentran a lo largo de un curso de agua o almacén aluvial no provienen de una fuente solitaria en la cabecera, sino que han recibido aportes de algunos afluentes secundarios en el camino. En este tipo de depósitos de concentración, en las partes altas o cabeceras de los arroyos, tienen numerosas variedades a lo largo del tiempo; más bien, existen períodos de constante desintegración y afirmación. La modificación del lecho del canal por aluviones sólidas, por la acción del hombre o por diversas situaciones (Cadavid, 1998, p.25). De acuerdo a las características del río Upano en el área de estudio el tipo de depósitos de placeres aluviales se subdividen en:

A. *Depósitos de terrazas:* en la figura 9-1, se muestra la parte esquemática de un valle fluvial y las correlaciones entre depósitos eluviales, coluviales y aluviales. La formación de depósitos aluviales enriquece minerales pesados en terrazas con almacenamientos detríticos dejadas por los ríos y sus afluentes a lo largo de etapas previas en distintos períodos de crecida de los ríos. Están compuestos de arcillas, limos, arenas y gravas, colocados horizontalmente (Toscano et al., 2012, p.166).

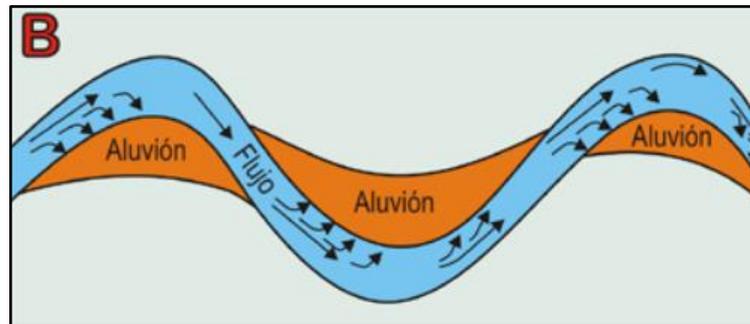


**Figura 9-1:** Depósitos de terrazas

**Fuente:** Toscano, Péres & Sáez, 2012.

B. *Depósitos fluviales recientes:* en la figura 10-1, se muestra las curvas de los ríos (meandros), en estas zonas el bateo se realiza frecuentemente en los cauces de los ríos y los puntos más apropiados corresponden a intercambios repentinos en la energía de la corriente. La regla general que rige el reparto de los sedimentos puede formularse del siguiente modo: “el agua erosiona en las márgenes cóncavas y deposita en las convexas”; como resultado, los sedimentos se reposan

en el sitio de la convexas del río donde la velocidad del flujo del río es más lenta, con los fragmentos más grandes cerca del flujo, la grava fina y arena en el lado contrario (Toscano et al., 2012, p.166).



**Figura 10-1:** Depósitos fluviales recientes

Fuente: Toscano, Pères & Sáez, 2012.

En la zona de estudio el río Upano según su morfología se clasifica en un río meándrico, esto se debe a la forma del relieve sobre el que pasa el agua y por la velocidad que lleva. Cuanto menos pendiente tiene el terreno, más curvas existen en el curso del río, porque el agua fluye más lentamente.

*C. Depósito de uniones de cursos fluviales:* se visualiza en la figura 11-1, la confluencia de dos ríos con diferentes velocidades (Toscano et al., 2012, p.166). En general, existen dos tipos de confluencia fluvial: el afluente y la desembocadura. En el área de estudio, este es el tipo del primer caso, un río secundario desemboca en un río principal y el lugar exacto donde los dos se encuentran se conoce como confluencia.

El fenómeno de la confluencia de dos ríos depende de la velocidad y temperatura del agua en cada uno de los canales y como resultado, ciertas confluencias se convierten en curiosas fusiones (Zarza, 2017, párr.6).



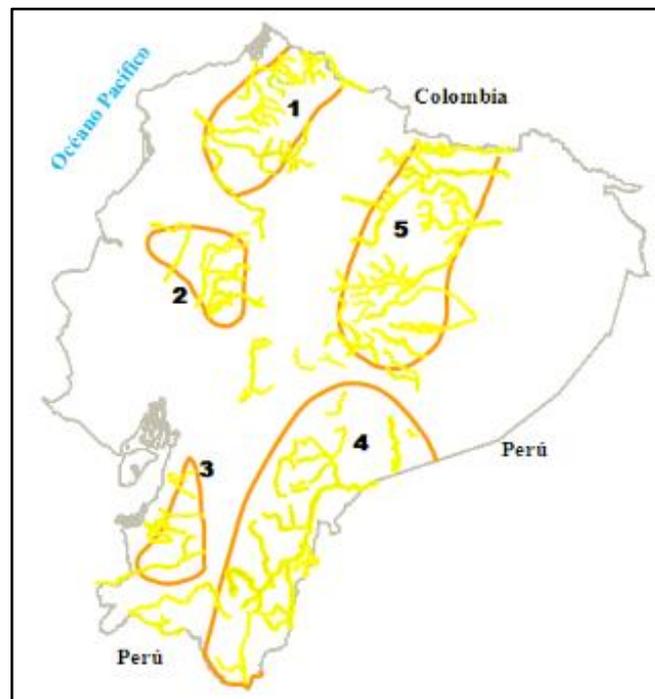
**Figura 11-1:** Depósito de uniones de cursos fluviales

Fuente: Toscano, Pères & Sáez, 2012.

Aguas abajo de una confluencia, el lecho del río es, por lo general, relativamente menor que la cantidad de la anchura de los dos cauces aguas arriba. Esta estrechez se compensa con una mayor profundidad del lecho por lo que la corriente también es más rápida, con lo que la velocidad de la corriente también aumenta proporcionalmente (Zarza, 2017, párr.3). Los depósitos de sedimentos pesados llegan acumular al margen del río de menor velocidad de flujo.

#### 1.4. Distritos auríferos en el Ecuador

Existen cinco distritos auríferos en Ecuador, situadas en los flancos este y oeste de la cordillera de los Andes. Éstas son: 1. Esmeraldas Santiago, 2. Daule Quevedo, 3. Puyango Balao, 4. Chinchipe Zamora Upano, 5. Pastaza Napo Aguatico (Pillajo, 2010, p.7), como se muestra en la figura 12-1 adjunta.



**Figura 12-1:** Distritos Auríferos en Ecuador

Fuente: Pillajo, 2010.

De acuerdo con la ubicación de los cinco distritos auríferos de Ecuador, el río Upano y la zona de estudio se encuentran ubicado dentro del distrito número cuatro, Chinchipe Zamora Upano. A continuación, se detalla en que consiste este distrito.

#### ***1.4.1. Distrito Zamora Chinchipe Upano***

Ubicado en el sureste del Ecuador, forma parte de la cordillera Real, la zona Subandina y la cordillera del Cóndor. Es uno de los distritos mineros de oro más grandes e importantes del país. Los tipos de placeres encontrados son principalmente de oro terciario aluviales y suspendidas, además lacustres y glaciares. Desde las rocas metamórficas de la cordillera Real e intrusivas con depósitos preexistentes ahora erosionados origina y proviene el oro, por la erosión de la Formación Mera (Pillajo, 2010, p.11). Se ha verificado la existencia de indicios de oro en los ríos: *Palanda, Mayo, Yunganza, Zamora, Yacuchingari, Yacuambi, Espadillas, Nambija, Nangaritza, Congumi, Zurmi, Bomboiza, Yangana, Paute, Río Negro, Upano, Tutanangoza, Santiago, Cusuimi, Cashpaimi, Abanico, San Francisco, Collay, Sigsig, Santa Bárbara, Río Blanco, Machinaza, La Zarza, Suarez, Bomboiza, Mangahurco* (Pillajo, 2010, p.13).

La accesibilidad hacia los diferentes ríos del distrito Zamora Chinchipe Upano se puede considerar de media a mala con buenas posibilidades de cubrir los recursos para una explotación de mediana y gran escala.

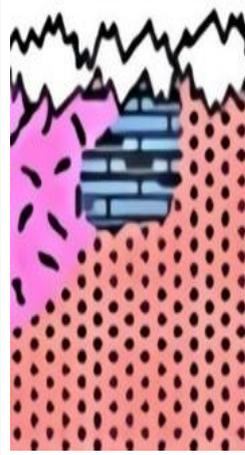
#### ***1.4.2. Génesis del oro aluvial en el sector oriental***

La génesis del oro aluvial se localiza en la cordillera de los Andes a partir de la erosión de depósitos masivos de sulfuros, vetas de oro, pórfidos de Cu-Au, brechas hidrotermales con Au-Ag, zonas de cizallamiento en las rocas metamórficas de la cordillera Real; yacimientos epitermales de oro y plata vinculados al Mioplioceno volcánico (Pillajo, 2010, p.14).

En la región oriental, está formada por la zona Subandina y la zona Plana cubierta de selva, ambas constituyendo la parte alta de la cuenca del Amazonas; también se presenta la sierra oriental formada por Napo Galeras, Cutucú y Cóndor; constituye otra región de acumulación de material detrítico de la cordillera Real, con formaciones Cretácico y Terciario que presentan horizontes auríferos (Pillajo, 2010, p.4).

En la parte oriental de los distritos de Chinchipe Zamora Upano y Pastaza Napo Aguarico, que conforman parte del gran distrito de Gigante de Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia, el origen del oro aluvial proviene de los Skarns de oro tipo Nambija, vetas epitermales de cuarzo aurífero y mesotermos, zonas de cizallamiento mineralizado, yacimientos de pórfido de Cu-Au diseminado, Stockworks y brechas. Se produce una reconcentración muy significativa a partir de formaciones antiguas, como la Formación Hollín que presenta oro en la parte basal y la Formación Conglomerado Tiyuyacu que contiene horizontes auríferos (Pillajo, 2010, pp.16-17). Otras formaciones como Mera también contienen horizontes aluviales de oro.

**Tabla 4-1:** Origen del oro aluvial en el sector Oriental

SECTOR ORIENTAL				
	ÉPOCA/ PERIODO	LITOLOGÍA	FORMACIÓN	SIMBOLOGÍA
ÁREA DE CONCENTRACIÓN	Cuaternario	Gravas de río en lechos actuales	Gravas actuales	
	Pleistoceno Plioceno	Terrazas, conglomerados de pie de monte	Mesa y Chambira	
	Mioceno	Arenisca con conglomerados, arcillas rojizas, tobáceas, areniscas con lignito	Curaray Arajuno	
	Mioceno	Variedad de arcillas rojizas abigarradas con yeso	Chalcana	
	Oligoceno Eoceno	Conglomerados con matriz arenosa, arcilla, sílice, conglomerados	Tiyuyacu	
	Terciario Cretácico Superior	Arcillas, limolitas rojas, conglomerado basal, consolidado con cuarzo, jaspe	Tena	
	Cretácico Inferior	Arenas silíceas y oro en conglomerados basálticos	Hollín	
	ÁREA DE APORTE	Cretácico Inferior Cámbrico Intrusivo Terciario	Rocas metamórficas, esquistos, gneis, pizarras, rocas con lentes de sulfuros intrusivos, oro con pirita diseminados, vetas de cuarzo, aurífero, oro con pirita diseminados en ápices de intrusivos hoy erosionados	

Fuente: Pillajo, 2010.

Realizado por: Cabrera, Greta, 2021.

En la tabla 4-1, se observa que el oro aluvial del sector Oriental se origina del Cretácico Inferior que aporta con rocas metamórficas, esquistos, pizarras, rocas con lentes de sulfuros intrusivos, oro con pirita diseminada, vetas de cuarzo aurífero, oro con pirita diseminados en ápices de intrusivos erosionados. Posteriormente comenzó a concentrarse en el Cretácico en donde se ha formado la Formación Hollín con presencia de arenas silíceas y oro en conglomerados basálticos;

después en el Cretácico Superior se originó la Formación Tena con arcillas y limolitas rojas conglomerado basal consolidado con cuarzo, jaspe; en el Eoceno se originó la formación Tiyuyacu con conglomerados con matriz arenosa, arcilla, sílice y conglomerado. Finalmente, en el Pleistoceno la Formación Mesa y Chambira se encuentran terrazas conglomeradas de pie de monte y actualmente en el Cuaternario se han depositado gravas actuales de lechos de ríos. Las cuales están recibiendo el aporte de depósitos aluviales.

### **1.5. Geología de placeres en Morona Santiago**

Los placeres de oro se ubican en las cuencas de los Arcos frontal y posterior de la cordillera de los Andes, con mayor preferencia en altitudes entre 100 y 1.200 metros. También existen ríos auríferos en el valle interandino, pero no son grandes; son esencialmente de tipo fluvio-glacial, por lo tanto, muy erráticos, por ejemplo, Shingata en la provincia del Azuay. Las más prometedoras se ubican en el noroeste en la provincia de Esmeraldas y en el centro-oriente en las provincias de Morona Santiago, Napo y Sucumbíos, con grandes extensiones de depósitos aluviales (Pillajo, 2010, p.5).

En la provincia de Morona Santiago los placeres del oro y la plata son amplios e innumerables localizados en los ríos, en las terrazas aluviales y cauces fluviales que poseen oro o plata en distintas extensiones. El oro se encuentra en las arenas de los diversos ríos: Paute, Zamora, Namangosa, Santiago, Upano, Abanico, entre otros (Dirección de Planificación, 2015, pp.40-41).

Entre los tipos de yacimientos o indicios mineralógicos presentes consta la presencia de minerales metálicos como oro, plata, cobre, manganeso, plomo, zinc, estaño, hierro, antimonio y tungsteno (Dirección de Planificación, 2015, p.40).

#### ***1.5.1. Carácter del Bedrock***

La provincia posee rocas sedimentarias, intrusivas y metamórficas, unidas de este-oeste con los esfuerzos tangenciales. La zona de la vertiente de la cordillera y la zona Subandina constituyen un enorme cinturón de rocas transformantes de edad Paleozoica. Estas rocas, al ser influenciadas por la orogenia, se derrumbaron tras una etapa erosiva extrema y tras una etapa erosiva excepcional, dio forma a una penillanura que más adelante soportó transgresiones marinas y nuevos ciclos erosivos de meteorización (Dirección de Planificación, 2015, p.40).

La provincia está establecida por la cordillera Oriental y ha sido influenciada por cuatro orogenias distintas, impactando directamente en la disposición de las distribuciones menores (las cordilleras Cutucu y Cóndor), que controlan la mineralización de la localidad, lo que presenta fascinantes posibilidades para la extracción de minerales (Dirección de Planificación, 2015, p.40).

### ***1.5.2. Carácter de la grava***

Los tipos de gravas están relacionados con el lugar donde se encuentran, por ejemplo, en los cursos iniciales de los ríos que muestran indicios de oro, son gravas con grandes bloques de rocas subangulares a sub-redondeadas, con poca arena y arcilla o limo, en los valles maduros aumenta la cantidad de arena, limo y disminuye el tamaño de los bloques; en los valles maduros, la grava es más uniforme y de menor tamaño, por lo que incluso se utiliza para dragados (Pillajo, 2010, p.6).

### ***1.5.3. Carácter del suelo y capa vegetal***

En el material parental de los suelos de la provincia predominan las rocas sedimentarias como las calizas, los conglomerados, las areniscas y las lutitas que dan origen a una diversidad de suelos. Diversidad de ecosistemas de la provincia abarca desde los páramos hasta la llanura Amazónica. Pendientes montañosas de difícil acceso protegen su alta biodiversidad en las cordilleras y zonas del piedemonte. Las pendientes escarpadas y onduladas de los valles subandinos permiten un uso agrícola con un impacto ambiental reducido (Dirección de Planificación , 2015, p.120).

### ***1.5.4. Carácter del oro***

Según Pillajo (2010, p.6) el oro es espeso en forma de pepitas cuanto más cerca está de la fuente primaria, es decir cuando los valles son juveniles. Se vuelve laminado y delgado cuanto más se transporta, en las partes inferiores hay oro muy fino en polvo y láminas delgadas que requiere de procesos especiales para su recuperación.

## **1.6. Actividad minera en Morona Santiago**

En Morona Santiago la minería artesanal ilegal principalmente de oro es la que ha prevalecido en el transcurso de los años, en especial en las zonas de influencia de los ríos Zamora y Santiago. Los impactos locales de esta actividad son desastrosos por el bajo nivel de tecnología utilizada, el uso de mercurio y la ausencia de control por parte de las autoridades (Dirección de Planificación , 2015, p.583).

Los cantones de mayor influencia que tienen actividad minera son: Santiago de Méndez, Limón Indanza y Gualaquiza. La mayoría de las concesiones mineras se encuentran en etapa de exploración. El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del año 2015, ratifica la vocación minera del sur de Morona Santiago, se plantea apoyar con el mejoramiento de la

tecnología minera y la formalización de los pequeños mineros que actualmente encuentran en la minería artesanal su fuente de sustento económico (Dirección de Planificación , 2015, p.583).

La minería es una actividad económica que genera ingresos para la provincia de Morona Santiago con pagos de patentes, regalías, impuestos y utilidades. Actualmente estos ingresos mencionados son bajos en comparación con otras provincias, por lo que se prevé en un futuro el aumento de la actividad minera en la provincia, pero depende que tan eficientes sean los métodos de acercamiento hacia la parte social y posteriormente los ciudadanos permitan la extracción de minerales.

Es importante apoyar toda iniciativa que promueva la minería responsable y que respete el ambiente bajo estándares de calidad y cumpliendo el marco legal. Con el objeto de eliminar la minería ilegal que por muchos años ha opacado a la minería legal, lo que ha creado el rechazo de la sociedad a la actividad de extracción de minerales. Las autoridades correspondientes del sector minero deben trabajar arduamente en el control del cumplimiento del marco legal de la actividad minera y brindar las facilidades pertinentes para que los titulares mineros accedan a los permisos de concesiones.

En el país existe una superficie total concesionada de minas y proyectos mineros de 105.000 hectáreas, distribuidas en siete provincias; la mayor parte se encuentra ubicada en la provincia de Morona Santiago y corresponde al proyecto minero de primera generación San Carlos Panantza con 38.548 hectáreas (Banco Central del Ecuador, 2021, p.6), denominado proyecto estratégico minero del Gobierno Central posee los recursos minerales existentes oro, plata, molibdeno y principalmente cobre. Así como también se prevé el impulso a la minería aluvial realizadas en las riberas de los ríos con actividades y operaciones tecnificadas, cumpliendo la normativa vigente, respetando al ambiente y a la sociedad. Con este contexto se puede decir que en Morona Santiago existe un gran potencial minero la cual ayudara a dinamizar la economía local.

## **1.7. Prospección con batea**

### ***1.7.1. Técnica de bateo***

La batea ha sido la principal herramienta de prospección aluvial desde la antigüedad. Simplemente está hecho de una sola pieza cónica en forma de plato de acero inoxidable, hierro, plástico o madera que tiene un radio de 2 a 3 veces su altura. La operación de lavado consiste esencialmente en llenar el tanque con sedimentos, agua de la corriente y la suspensión se gira con movimientos oscilatorios para separar las partículas ligeras y acumular las pesadas en el fondo (Toscano et al., p.164).

La prospección con batea se aplica principalmente en placeres asociadas a depósitos fluviales. Aunque la prospección de cuencas aluviales también se emplea como método indirecto de exploración de depósitos primarios, puesto que accede a la investigación de anomalías de minerales en los sedimentos de los ríos (Toscano et al., 2012, p.165).

La batea sigue siendo la herramienta más eficaz para la prospección y explotación de placeres y todavía se utiliza en la actualidad. El éxito de la prospección está vinculado a la determinación de zonas con ambientes favorables para efectuar la técnica de bateo. En este sentido, los criterios geológicos deben indicar la ubicación de las zonas de depósitos de tipo placer.

### ***1.7.2. Factores de ocurrencia de oro de placer***

Los factores que gobiernan la presencia de oro de placer en un entorno fluvial son muchos y, a menudo, complejos. Hay tantas variables involucradas en la ciencia de la geología de placer que sería virtualmente imposible nombrarlas todas, pero esta investigación enfatizará en la ocurrencia del entorno del río Upano en el área de estudio.

La deposición de material pesado en una corriente se basa en la velocidad y el volumen del flujo de agua, así como en la forma y pendiente del cauce del río. También de los agentes obstrutores como rocas grandes, gravas, etc. El oro se transporta en una corriente de agua, especialmente durante las épocas de alto flujo de agua. Dado que el oro es pesado y se deposita en grietas y hendiduras en el fondo de un río, la velocidad del flujo debe ser muy alta para que se produzca el transporte (*Metallurgist*, 2018, párr.7-8).

Cuando una gran tormenta invernal golpea un río y en medio de poderosas turbulencias, es posible detectar áreas donde las corrientes rápidas dan paso a estanques tranquilos. Quizás ver grandes secciones de roca arrojándose en la turbulencia, arremolinándose en el arroyo en un movimiento giratorio o esa monstruosa roca en el medio del arroyo, está tranquila en su lado aguas abajo (*Metallurgist*, 2018, párr.10).

Las características del flujo de agua que se mencionan se pueden encontrar en el Río Upano. Estas condiciones son variaciones de los dos principios básicos de la geología de placer: (1) oro y otros materiales pesados se asientan donde la corriente disminuya y precipita su carga, (2) donde los materiales pesados encuentren una obstrucción que los hace asentarse (*Metallurgist*, 2018, párr.11).

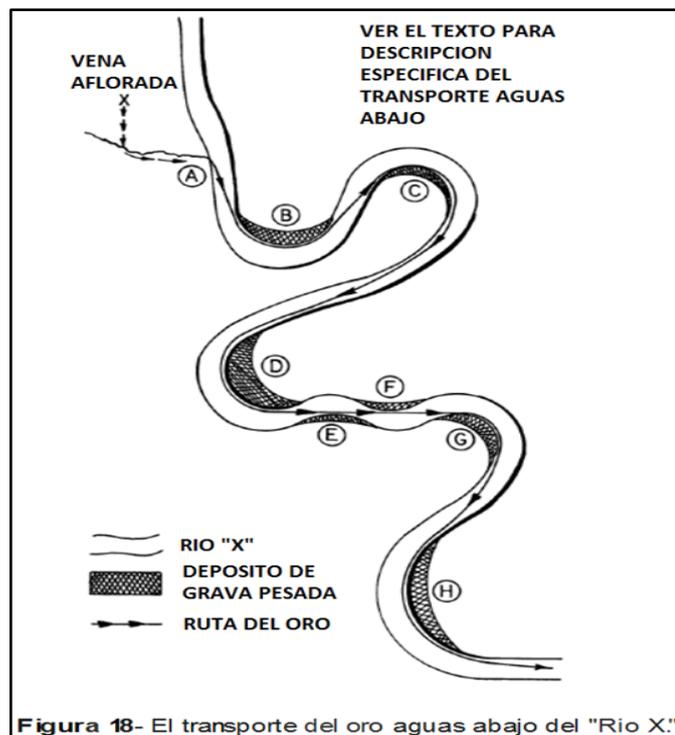
Uno de los factores más importantes que afectan a la corriente y, por tanto, a la deposición de oro, es el grado de inclinación del canal de los ríos. La pendiente de un canal de río (comúnmente conocida como gradiente) puede variar desde extremadamente empinada hasta casi plana. En general, cuanto más cerca esté de las cabeceras un curso de agua, más pronunciada será la gradiente. Un canal empinado hará que un río fluya con rapidez, lo que generalmente hace que el oro sea transportado con poca deposición. A menos que haya obstáculos importantes en la parte

inferior del canal de la corriente, el oro queda atrapado sin importar cuán empinada sea la gradiente (o acelere la corriente) (*Metallurgist*, 2018, párr.12).

A medida que una corriente sale de su origen y se aproxima a la mitad de su recorrido, el gradiente del canal disminuirá y cuando la pendiente de un canal de flujo decrece, la corriente será considerablemente más lenta, estableciendo condiciones más prósperas para la deposición de materiales pesados.

La velocidad de la corriente y la pendiente del canal de flujo también tienen mucho que ver con la cantidad de carga no deseada depositada en un río. Hay variables, pero la mayoría de las veces una pendiente pronunciada (acompañada de una corriente rápida como la que se encuentra cerca de la cabecera) provoca el depósito de una carga relativamente pequeña. Mientras más aguas abajo descienda, más suave se volverá el gradiente, lo que resultará en corrientes más lentas y más deposición de sobrecarga (*Metallurgist*, 2018, párr.15).

El oro es un metal extremadamente pesado y cuando entra al cauce de un río se mueve con gran dificultad. Las partículas de oro más grandes y pesadas siempre toman el camino de menor resistencia a medida que viajan corriente abajo. El transporte de oro en un río es fácil de entender si se recuerda este hecho básico: “Debido a su peso, el oro viajará río abajo en línea recta siguiendo el camino más corto posible desde una curva interior a otra curva interior” (*Metallurgist*, 2018, párr.16). Este tipo de placeres se les conoce como depósitos fluviales recientes.



**Figura 13-1:** Transporte del oro aguas abajo de un río

Fuente: *Metallurgist*, 2018.

### ***1.7.3. Sedimentos***

Los sedimentos son aquellos fragmentos de granos no consolidados de minerales, materia orgánica o rocas preexistentes, que pueden ser transportados por agua, hielo o viento y luego depositarse (Jumbo, 2015, p.21).

Los sedimentos pesados se acumulan principalmente en los sedimentos superficiales de los ríos, aunque se pueden encontrar concentraciones relativamente altas a una profundidad de 15 cm. Las cantidades de metales pesados en los sedimentos de los ríos están estrechamente relacionadas con el tamaño de las partículas que componen el sedimento (limo, arcilla y arena), pues tienden a adsorberse principalmente en material fino (arcillas) y tienen una gran superficie con sitios similares a ligandos que compleja los iones en solución (Jumbo, 2015, pp.21-22).

Durante los períodos de bajo caudal, el material suspendido es sedimentado en fondo de los ríos, principalmente en las llamadas zonas de deposición. Por consiguiente, la determinación de sedimentos pesados es una herramienta eficiente para la obtención del concentrado aurífero.

## **1.8. Análisis de laboratorio**

### ***1.8.1. Análisis geoquímico de oro***

El muestreo geoquímico es la forma común de obtener muestras representativas de un determinado material natural, recolectadas de manera estandarizada. La cantidad de material debe ser adecuada para fines de muestreo, los requisitos analíticos y mantener el resto en repositorios como material de referencia para futuras investigaciones. La metodología de muestreo determina el grado de certeza de los resultados. Por tanto, es conveniente establecerlo de antemano mediante protocolos cuidadosamente diseñados para diferentes medios, propósitos y escalas (Galliski, 2015, párr.1).

La prospección geoquímica de yacimientos de oro requiere técnicas analíticas con límites de detección bajos. Los métodos analíticos establecidos en la mayoría de los laboratorios comerciales utilizan la digestión ácida de la muestra o el método de ensayo de fuego, seguido de análisis con tecnología de absorción atómica (AA) o espectroscopia de plasma (ICP) (Tierra y Tecnología, 2009, párr.6).

Las técnicas geoquímicas son esenciales para comprender la formación de depósitos minerales y explorarlos para su ubicación y posterior uso industrial (Tierra y Tecnología, 2009, párr.6). En este trabajo investigativo se utilizará el método de ensayo al fuego para la obtención y determinación del oro.

### *1.8.1.1. Ensayo al fuego*

Se trata de un método analítico que consiste en fundir la muestra mediante reactivos adaptados para obtener dos fases líquidas: una escoria formada principalmente por silicatos complejos y una fase metálica formada por plomo, que recoge el oro (Au); que luego será sometido a análisis químico (Departamento de Servicios Especializados, 2020, p.3).

Este servicio por parte del Laboratorio Químico del Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE) tiene como objeto la determinación cualitativa y cuantitativa de la presencia de oro de muestras en el campo geológico, la metalurgia minera se realiza mediante la determinación de este metal mediante el método de ensayo al fuego en muestras de rocas, sedimentos, relaves y concentrados (Dirección de Servicios Especializados, 2020, p.5).

## **1.9. Método *Kriging***

*Kriging* es un método de inferencia espacial, el cual permite estimar los valores de una variable en lugares no muestreados utilizando la información proporcionada por la muestra. El método está planteado de manera que da el mejor estimador lineal no sesgado con una varianza mínima (Porras, 2017, p.2).

*Kriging* es un método geoestadístico desarrollado que forma un área estimada a partir de un conjunto de puntos dispersos con valores  $z$ . A diferencia de otros métodos de interpolación en el conjunto de herramientas de Interpolación, el uso de la herramienta *Kriging* implica efectivamente una investigación dinámica del comportamiento espacial del fenómeno constituido por valores  $z$  antes de escoger el mejor método de estimación para crear la superficie de salida (ArcMap, 2016, párr.1).

*Kriging* es un proceso de varios pasos que incluye análisis de datos estadísticos exploratorios, modelado de variogramas, creación de superficies y (opcionalmente) exploración de superficies de varianza. Este método es más apropiado cuando se sabe que existe una influencia direccional o de distancia espacialmente correlacionada en los datos (ArcMap, 2016, párr.3).

## **1.10. Parametros geoquímicos**

### *1.10.1. Background o valor de fondo*

El *Background* (valor de fondo) se define como el rango de concentración normal de uno o más elementos en un área, excluidas las muestras mineralizadas. Se pueden determinar valores de fondo de cada zona, elemento y tipo de muestra (agua, sedimento, roca y suelo). Para establecer los valores de fondo en un área, se necesita una cantidad relativamente grande de muestras de

material que se analizan geoquímicamente. Para el cálculo del *Background*, es preciso considerar la media, moda y mediana; por tanto, la media se utiliza cuando la moda es mayor que la mediana y consigue ser la mediana cuando es mayor que la moda (Quishpe, 2013, p.68).

### ***1.10.2. Umbral Anomálico o Threshold***

Geológicamente, se considera como el límite superior de las fluctuaciones de *background* en función de los coeficientes de desviación y el nivel de concentración promedio. Los valores iguales o superiores al umbral son anormales y se concretan con la cantidad por arriba de lo usual del componente en un entorno que no le pertenece o dentro de una acumulación geológica. El valor umbral es una función de la concentración normal más el doble de la cantidad por la cual los valores de fondo se desvían (Quishpe, 2013, p.69).

Todos los valores resultantes por encima del umbral deben considerarse anomalías. El umbral también se puede concretar como el cambio máximo de los valores anómalos, debido a componentes ocasionales de muestreo, análisis, laboratorio, etc. Para definir cuántos son anómalos, es importante formar el umbral o límite superior de la disposición normal. La dimensión de una anomalía se puede expresar en términos de discordancia entre el valor máximo y el umbral. En ocasiones, las anomalías en sí se encuentran en una gran área de muy alto valor (Quishpe, 2013, p.69).

### ***1.10.3. Método de Lepeltier Modificado***

Se utiliza este método para explicar los datos que reside en establecer las poblaciones, las anomalías, el umbral anómalo (*Threshold*) y el valor de fondo (*Background*). Para determinar *Background*, *Threshold*, la subanomalía y la anomalía, por este método matemático de Lepeltier, trabaja con las siguientes ecuaciones:

Siendo ( $\bar{x}$ ) es el valor medio y ( $\delta$ ) es la desviación estándar (Quishpe, 2013, p.69).

$$\text{Background} = \text{Valor promedio } \bar{x}$$

$$\text{Threshold} = \delta + \bar{x}$$

$$\text{Subanomalía} = 2\delta + \bar{x}$$

$$\text{Anomalía} = 3\delta + \bar{x}$$

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

La metodología de investigación se realizó con el método mixto convergente para ello se dividió en fases para la recolección de datos cualitativos y cuantitativos, que sirvió para comparar los resultados y confirmar los hallazgos, con el estudio documental, de campo, laboratorio, gabinete y análisis e interpretación de los resultados.

#### 2.1. Metodología de trabajo

La metodología de trabajo se realizó en cuatro fases las cuales se detallan a continuación:

- Fase 1: Recopilación cartográfica y bibliográfica.
- Fase 2: Trabajo de campo.
- Fase 3: Caracterización petrográfica de sedimentos.
- Fase 4: Descripción de las fichas de muestreo de campo.

Cabe mencionar que en la zona de estudio no se encontró investigaciones sobre trabajos parecidos, por ende, la información de los resultados del presente estudio fue alcanzada en campo y laboratorio.

##### *2.1.1. Fase 1: Recopilación cartográfica y bibliográfica*

La metodología de trabajo inició desde su primera fase con la recopilación y análisis de información respecto a la geología regional y local, tectónica, topografía, hidrografía, geomorfología, mapa de Distritos Auríferos de Ecuador, mapa Metalogenético de la República del Ecuador, escala 1:1.000.000, mapa Geológico y de Ocurrencias Minerales del Sur de la Cordillera Real y del Cinturón Metamórfico de El Oro del Ecuador (1994), escala 1:500.000.

Además, se utilizó información de libros, folletos, tesis de grado, manuales de prospección, páginas web, documentos de sitios web y artículos científicos. Las cuales sirvieron para un análisis inicial del área de estudio.

Con estas investigaciones y análisis previo se pudo establecer el plan de trabajo y cronograma de actividades para acceder a realizar el trabajo de campo, en donde se recogió la información necesaria y se obtuvo datos específicos para la comprobación de la hipótesis.

### ***2.1.2. Fase 2: Trabajo de campo***

En esta fase se efectuó salidas de campo, organizadas para reconocer las rutas de acceso al área de estudio, verificar los puntos de muestreo y se determinó aproximadamente siete Kilómetros de longitud para efectuar la prospección de los placeres aluviales. Estas actividades fueron planificadas y ejecutadas durante cuatro meses aproximadamente. Se tomó en cuenta los factores climáticos para la toma de muestras, debido a que las labores se efectuaron a orillas del río Upano, se eligió realizar las salidas de campo en los meses de junio y julio, pues son los meses con precipitaciones intermedias, no se pudo elegir los meses secos de octubre a diciembre, debido al periodo académico ordinario de abril- septiembre 2021.

#### ***2.1.2.1. Selección de las zonas de muestreo***

La primera tarea consistió en examinar los mapas de ocurrencias del oro aluvial, la topografía, geológico regional y local, además se analizó las litologías presentes en la zona de estudio. Posteriormente fueron seleccionadas las zonas de muestreo, según la topografía del río Upano se determinó 20 puntos, desde el punto inicial aguas arriba hasta el punto final, abarcando los márgenes izquierdo y derecho, en las zonas principales de muestreo que comprenden las terrazas aluviales, depósitos recientes en las curvas internas y uniones de cursos fluviales localizadas en los márgenes del río Upano. En donde se aplicó la técnica de bateo y recolección de las muestras de los sedimentos depositados en los placeres aluviales. También se consideró el acceso que permitió llegar a los puntos elegidos. Una vez allí, lo primero que se hizo antes de iniciar el bateo fue explorar la zona para encontrar el lugar apropiado para esta actividad. Para efectuar la técnica de bateo se seleccionó zonas donde el agua tenía 20 centímetros aproximadamente de profundidad y fluyó rápido, de esa manera se evitó que el agua se enturbie y se pudo observar las partículas de oro en la batea.

#### ***2.1.2.2. Procedimiento para la toma de muestras***

La toma de muestras se realizó abarcando el área de estudio de los 20 puntos de muestreo en las riberas del río Upano, en el margen izquierdo se realizó 14 puntos y en el margen derecho 6 puntos. Debido a la morfología del río Upano se clasifica en un río meándrico, encontrándose mayor cantidad de curvas internas en el margen derecho y presenta mejores condiciones de acceso a las zonas planificadas de muestreo. Por lo tanto, para la recolección de las muestras se utilizó los siguientes materiales:

Pala de acero inoxidable, pala de mano, balde plástico de 4 litros, cernidero, batea, flexómetro, machete, fundas ziploc, marcador, balanza colgante, fichas de muestreo y el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). En cada sitio se verificó que los instrumentos estuvieran completamente limpios, lavándolos minuciosamente para evitar cualquier contaminación y alteración de la muestra.



**Figura 1-2:** Materiales de campo

**Realizado por:** Cabrera, Greta, 2021.

Una vez accedido a las zonas de trabajo de campo con los materiales necesarios se efectúa el siguiente proceso para la toma de las 20 muestras planificadas de los sedimentos de las riberas del río Upano:

*Tamizado:* se recoge la muestra de sedimentos con la ayuda de una pequeña pala o pala de mano. Para ello se hizo excavaciones superficiales entre 20 a 30 cm de profundidad. Seguidamente los sedimentos se colocaron en un cernidero sobre la batea para seleccionar los sedimentos inferiores a 5-10 mm y se añadió tres cuartas partes de material en la batea. Con la ayuda de los manos y los dedos, se deshace los grumos de material y se retira las gravas, raíces u otros restos vegetales de gran tamaño del cernidero, ya que pueden contener minerales interesantes.



**Figura 2-2:** Proceso de tamizado

**Realizado por:** Cabrera, Greta, 2021.

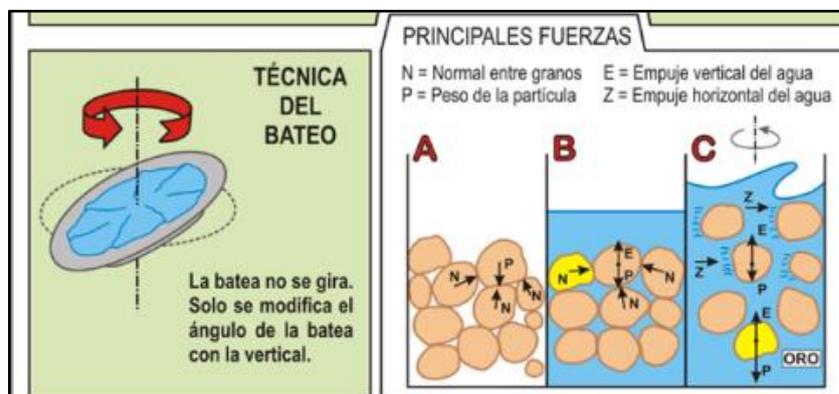
*Bateo*: seguidamente, se llevó la batea al agua y se agitó vigorosamente con movimientos oscilatorios asegurándose evitar la pérdida del material de interés. Después, se implementó movimientos de agitación de la batea con cierta inclinación respecto a la vertical. Por consiguiente, el material empezó a trazar una trayectoria circular, lo que favoreció que el oro se dirija hacia la parte inferior de la batea.

Con la batea por debajo del agua, se inclinó ligeramente hacia el bateador y se comenzó a hacer girar el agua con un ligero movimiento de lanzamiento hacia delante. El movimiento fue leve pero con suficiente fuerza para mover el material más ligero al borde de la batea. Tanto el material más ligeros como los fragmentos más grandes se concentraron en la zona superior y se movieron hacia el frente de la batea. También, se colocó la batea horizontalmente y se sometió a movimientos hacia atrás y adelante para que el material ligero se desplace hacia la superficie. La repetición de estos movimientos facilitó que sólo quede material pesado en el fondo de la batea. Este material se conoce como arena negra o concentrado. Se inclinó la batea ligeramente hacia el bateador y agitó el agua poco a poco en movimientos circulares para comprobar la presencia del Oro.



**Figura 3-2:** Bateo de sedimentos

Realizado por: Cabrera, Greta, 2021.



**Figura 4-2:** Principales fuerzas de la técnica de bateo

Fuente: Toscano, Péres & Sáez, 2012.

La batea no se gira solo se modifica el ángulo de la batea con la vertical. Las principales fuerzas que actúan en la técnica de bateo son la normal entre granos, el peso de la partícula, el empuje vertical del agua y el empuje horizontal del agua.



**Figura 5-2:** Partículas de Oro

**Realizado por:** Cabrera, Greta, 2021.

Aplicando la técnica de bateo permitió comprobar la existencia de oro en la zona de muestreo, en la figura 5-2, se puede observar pequeñas partículas de oro en el fondo y arena negra en la parte superior.

*Muestreo geoquímico:* después de haber comprobado la existencia de oro se prosiguió con la aplicación del muestreo geoquímico, la cual consiste en la recolección de las muestras para ello se repitió el proceso del bateo, pero esta vez se concentró hasta tener un peso aproximadamente entre 1; 1,5 y 2 kilogramos de sedimentos del río Upano. Posteriormente se realizó el envasado y el etiquetado de identificación respectivo de las 20 muestras.



**Figura 6-2:** Muestra de sedimentos

**Realizado por:** Cabrera, Greta, 2021.

*Extracción y etiquetado:* al tener los sedimentos en la batea, se vierte en un balde plástico de 4 litros y se mide la cantidad de volumen presente en cada muestra. El volumen de cada muestra fue alrededor de 0,75, 1 y 1,5 litros esto dependió de la cantidad de partículas de oro que se pudo visualizar en la primera bateada en cada una de las zonas de muestreo.



**Figura 7-2:** Volumen de la muestra

**Realizado por:** Cabrera, Greta, 2021.

Una vez registrado el volumen se procedió desde el balde plástico se colocó la muestra de los sedimentos cuidadosamente en una funda Ziploc y fue envasada herméticamente como se muestra en la figura 8-2.



**Figura 8-2:** Envasado de la muestra

**Realizado por:** Cabrera, Greta, 2021.

En una funda tipo camiseta se introdujo la muestra envasada posteriormente se colgó en la balanza pequeña y fue pesada. Seguidamente la muestra fue empacada, la cual evitó posibles contaminaciones o confusiones en cuanto a su procedencia.



**Figura 9-2:** Pesada de la muestra

Realizado por: Cabrera, Greta, 2021.

Finalmente, se etiquetó la muestra con su respectivo código de identificación, con un marcador permanente asegurando que ningún dato se borre. En la figura 10-2, se puede observar el etiquetado de la muestra de sedimentos.



**Figura 10-2:** Etiquetado de la muestra

Realizado por: Cabrera, Greta, 2021.

La misma metodología de trabajo de campo se implementó en los veinte puntos de las zonas de muestreo que consistió alrededor de 7 kilómetros de longitud del río Upano tanto en el margen izquierdo y derecho según la planificación que se realizó.

### **2.1.3. Fase 3: Caracterización petrográfica de sedimentos**

La caracterización petrográfica de los sedimentos se realizó in situ, después de terminar el bateo se procedió con el análisis la cual consistió en verificar los componentes de los sedimentos de cada muestra. Básicamente se observó gravas y arenas. Proviene de la disgregación de las rocas, erosión del suelo o de la descomposición de plantas y animales. El viento, el agua y el hielo transportan estas partículas hasta el río Upano. Las rocas que se observaron con mayor frecuencia en la recolección de las muestras fueron cantos rodados de cuarcitas, granitos, esquistos y gneis.



**Figura 11-2:** Sedimentos y Rocas

Realizado por: Cabrera, Greta, 2021.

### **2.1.4. Fase 4: Descripción de las fichas de muestreo de campo**

El control de las muestras recogidas se hizo mediante fichas, en las que se detalló los datos como el código de muestra, número de ficha, lugar de muestreo, tipo de muestreo, fecha, coordenadas del punto de muestreo, cota, masa, volumen, responsable, las características del punto, fotografía, descripción de la muestra, minerales observables en campo y la descripción petrográfica. (ver Anexo H).

## **2.2. Metodología de laboratorio**

La metodología se realizó en el Laboratorio Químico del IIGE, en donde se determinó la concentración de Oro de cada una de las muestras utilizando la técnica de ensayo al fuego. Para ello se dividió en dos fases, las cuales se detallan a continuación:

- Fase 1: Ingreso de muestras
- Fase 2: Determinación analítica

### **2.2.1. Fase 1: Ingreso de muestras**

Consistió en el acto de entrega recepción de las muestras físicas, esta acción quedó registrada en la cadena de custodia interna del laboratorio. Las muestras obtenidas en el campo fueron trasladadas cuidadosamente a la ciudad de Quito al Laboratorio Químico del IIGE, en donde fueron analizadas y se obtuvo los valores de concentración de Oro.

### **2.2.2. Fase 2: Determinación analítica**

Consistió en el proceso físico y químico que se dio a las muestras para la determinación de oro, mediante el ensayo al fuego (MÉTODO DE REFERENCIA: ASTM E1335) y espectrofotometría absorción atómica (MÉTODO DE REFERENCIA: SM 3111), cumpliendo con las siguientes etapas:

1. *Secado*: en el Laboratorio Químico, se procedió a retirar los sedimentos muestreados de las fundas ziploc, para ello se utilizó bandejas de acero inoxidable, cada una por separado, con su respectiva etiqueta y código interno, además se logró mantener el orden y evitó confusiones al momento de la obtención de los resultados. Después se colocó las muestras dentro de las estufas de convección durante dos días a temperatura de 250 °C para la eliminación total de la humedad de las muestras.



**Figura 12-2:** Secado de muestras

**Fuente:** Laboratorio Químico del IIGE, 2021.

2. *Trituración y molienda*: esta etapa consistió en la reducción del tamaño de las 20 muestras, mediante el uso de una trituradora de mandíbulas y un molino de discos. La actividad se llevó a cabo en un día.



**Figura 13-2:** Triturado y molienda de las muestras

**Fuente:** Laboratorio Químico del IIGE, 2021.

3. *Homogenización y cuarteo:* la etapa consistió en la obtención de una porción representativa de la muestra. Para ello, se trituró y molió toda la muestra, se homogeneizó sobre una superficie de mezcla y se redujo en cantidad con la ayuda de un cuarteador. Con una pala de mano se distribuye la muestra uniformemente en toda la longitud del cuarteador, se vertió sobre los conductos, fluyó por cada uno de ellos y se depositó en cantidades aproximadamente iguales en cada uno de los receptáculos.

Este proceso se repitió escogiendo un receptáculo con muestra, mientras que la muestra del otro receptáculo es guardada en fundas plásticas, al final se obtuvo una cantidad mínima representativa de muestra para el análisis. Para cada una de las muestras se limpió minuciosamente el cuarteador, pala metálica y receptáculos, además de desechar la funda plástica y ocupar una nueva. La actividad duro un día.



**Figura 14-2:** Homogenización y cuarteo de las muestras

**Fuente:** Laboratorio Químico del IIGE, 2021.

4. *Pulverización*: el proceso implicó en reducir el tamaño de una porción representativa de la muestra triturada y molida mediante el uso de un pulverizador de anillo. La parte representativa de la muestra se obtuvo homogeneizando y dividiendo toda la muestra. El volumen fue de 150 ml (mililitros) de muestra pulverizada, se pesó la carga de fundente y se añadió una solución de nitrato de plata para la encuartación. La actividad se desarrolló en un día.



**Figura 15-2:** Pulverización de las muestras

**Fuente:** Laboratorio Químico del IIGE, 2021.

5. *Tostación*: la siguiente etapa es previa a la fundición, la cual consistió en someter a la muestra pulverizada en crisoles a altas temperaturas para la oxidación de sulfuros, mediante el uso de un horno, esta actividad se llevó a cabo en un día.



**Figura 16-2:** Tostación de las muestras

**Fuente:** Laboratorio Químico del IIGE, 2021.

6. *Fundición*: la fundición consistió en someter a la muestra tostada previamente mezclada con reactivos (carbonato de sodio, litargirio, sílice, nitrato de potasio, harina y bórax) a elevadas temperaturas, posteriormente la muestra llega a fundir, se divide en escoria y metal de interés en este caso es el oro, este proceso se desarrolló en un día y medio.



**Figura 17-2:** Pesada de reactivos

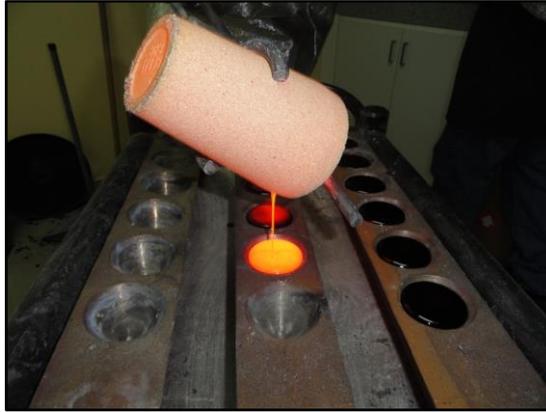
**Fuente:** Laboratorio Químico del IIGE, 2021.

Para ello en los crisoles con 30 g (gramos) de muestra se vertió aproximadamente 2 g de cada carga fundante; litargirio (PbO) con la que se colectó el metal precioso, carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) la cual homogeniza el fundido, sílice ( $\text{SiO}_2$ ) aporta a la formación de la fase vítrea, nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ) actúa como agente oxidante, harina que fue el reductor del litargirio y se formó el plomo (Pb). La muestra fue homogenizada en el crisol para finalmente cubrirla con bórax 10 g aproximadamente y evitó que se esparza la muestra en la etapa de fundición. Las muestras preparadas en los crisoles fueron colocadas en un horno entre  $900\text{ }^\circ\text{C}$  y  $1.200\text{ }^\circ\text{C}$  de temperatura por un tiempo de 40 a 45 minutos aproximadamente. Se retiró los crisoles del horno y se vació en las payoneras de manera ordenada, dejando enfriar durante 15 minutos, a continuación, se separó la escoria de la lingotera golpeando con un martillo y liberando el régulo de plomo, esta actividad se llevó a cabo en un día.



**Figura 18-2:** Fundición de las muestras

**Fuente:** Laboratorio Químico del IIGE, 2021.



**Figura 19-2:** Muestra fundida

**Fuente:** Laboratorio Químico del IIGE, 2021.

7. *Copelación:* en este proceso se separó el plomo del régulo de oro, para lo cual se procedió a calentar el régulo en el horno a una temperatura de  $900^{\circ}\text{C}$ , el plomo se oxidó y se absorbió en la copela. Los metales formaron una aleación llamada doré, que posiblemente está contenido de oro, esta actividad se llevó a cabo en un día.



**Figura 20-2:** Régulo de plomo en el horno

**Fuente:** Laboratorio Químico del IIGE, 2021.



**Figura 21-2:** Obtención del doré

**Fuente:** Laboratorio Químico del IIGE, 2021.

8. *Disolución:* consistió en someter a la esfera doré que se obtuvo en la copelación, al ataque del ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) 4ml, seguidamente se hace la digestión con agua regia añadiendo 1 ml y la solución se afora a un volumen conocido, con el objetivo de llevar a la muestra a una fase líquida los mismos que atacaron al doré y lo desintegraron, dejando libre al oro. Se realizó mediante el uso de un bloque de calentamiento (hot block), esta actividad se llevó a cabo en dos días.



**Figura 22-2:** Dilución de la esfera doré

**Fuente:** Laboratorio Químico del IIGE, 2021.

9. *Lectura analítica:* consistió en analizar la fase líquida obtenida en la disolución con el espectrómetro de Absorción Atómica para obtener el concentrado de oro. Con este equipo se realizó medición de energía absorbida por el oro, con una radiación de luz monocromática específica. La radiación absorbida se determinó por diferencia entre la radiación incidente (inicial) y la radiación después de la interacción con la muestra. Posteriormente se cuantificó el contenido de oro, se construyó una curva de calibración de oro y se graficó los valores de la concentración de oro, contra los valores de absorbancia de cada estándar que se obtuvo en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA). En este proceso en la gráfica del variograma se obtuvo el efecto

pepita (*Nugget Effect*) debido a las limitantes que impone la separación mínima de las observaciones y se atribuyó a una variación en microescala lo que correspondió a un fenómeno puramente aleatorio con ninguna correlación entre los valores de la variable, sin importar su cercanía. En este modelo el valor de la meseta (muestras), alcanzó inmediatamente después de la distancia cero, lo cual indicó la carencia de correlación entre las muestras. Lo que provocó repetir el análisis de lectura instrumental y se obtuvo el variograma circunferencial sin efecto pepita. Esta actividad se llevó a cabo en dos días.



**Figura 23-2:** Lectura analítica con el (EAA)

**Fuente:** Laboratorio Químico del IIGE, 2021.

#### *10. Análisis de datos y reporte*

Finalmente se efectuó la revisión de los datos y controles de calidad que se obtuvo en la lectura analítica. La revisión fue correcta y se elaboró el reporte de resultados. Esta actividad se llevó a cabo en un día.

### **2.3. Metodología de gabinete**

Consistió en el procesamiento de los datos y análisis mediante la clasificación y tabulación de la metodología de campo y laboratorio. Para ello se trabajó con el *software Excel* y el *software ArcGIS* con la herramienta *Geostatistical Analyst > Explore data, Geostatistical Wizard: Kriging/Cokriging* y la herramienta de interpolación Distancia Inversa Ponderada (IDW), en donde se graficó el mapa del potencial aurífero.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 3.1. Reporte de resultados de laboratorio

El reporte de resultados por parte del Laboratorio Químico del IIGE fue entregado la concentración en miligramos de oro contenido por kilogramo de muestra (mg/kg) lo que significa también, gramos de oro por tonelada de muestra (g/t) o partes por millón (ppm).

**Tabla 1-3:** Resultados de concentración de oro en muestras de sedimentos

MUESTRA	CÓDIGO INTERNO	Au	FECHA DE FIN DEL ENSAYO
		CONCENTRACIÓN (mg/kg)	
M01	060-20210706 S1	4,175	11/8/2021
M02	060-20210706 S2	1,207	
M03	060-20210706 S3	<0,033	
M04	060-20210706 S4	27,345	
M05	060-20210706 S5	0,239	
M06	060-20210706 S6	0,037	
M07	060-20210706 S7	26,9	
M08	060-20210706 S8	0,953	
M09	060-20210706 S9	2,614	
M10	060-20210706 S10	5,61	
M11	060-20210706 S11	0,097	
M12	060-20210706 S12	0,065	
M13	060-20210706 S13	1,541	
M14	060-20210706 S14	<0,033	
M15	060-20210706 S15	3,593	
M16	060-20210706 S16	<0,033	
M17	060-20210706 S17	0,09	
M18	060-20210706 S18	0,13	
M19	060-20210706 S19	2,957	
M20	060-20210706 S20	<0,033	

**Fuente:** Laboratorio Químico del IIGE, 2021

**Realizado por:** Cabrera, Greta, 2021.

### 3.2. Resultados de la metodología de campo y laboratorio

En la tabla 2-3, se muestra la recopilación cuantitativa y cualitativa de las fichas de muestreo de datos tomados en campo y el resultado de concentraciones de cada muestra analizadas en laboratorio.

**Tabla 2-3:** Resultados de campo y laboratorio

CÓDIGO DE MUESTRA	COORDENADAS		CONCENTRACIÓN Au (mg/kg)	COTA (m)	MASA (kg)	VOLUMEN (L)	LUGAR DE MUESTREO
	X	Y					
M01	808861	9756296	4,175	1432	1	0,75	Curva Interna
M02	808635	9756174	1,207	1436	1	0,75	Terraza
M03	808455	9756035	0,0033	1452,2	1	0,75	Unión de curso fluvial
M04	808384	9755811	27,345	1457	2	1,5	Curva Interna
M05	808207	9755842	0,239	1455,5	1,5	1	Curva Interna
M06	807754	9755649	0,037	1465,4	2	1,5	Terraza
M07	807523	9755493	26,9	1470	2	1,5	Curva Interna
M08	807362	9755267	0,953	1480,2	1,5	1	Curva Interna
M09	807238	9755102	2,614	1486	2	1,5	Curva Interna
M10	806973	9755036	5,61	1498,7	1,5	1	Terraza
M11	806201	9755138	0,097	1513	1	0,75	Terraza
M12	805945	9755120	0,065	1530	1	0,75	Terraza
M13	805739	9755050	1,541	1536	2	1,5	Curva Interna
M14	805537	9754928	0,0033	1539	1,5	1	Curva Interna
M15	805439	9754604	3,593	1542	2	1,5	Curva Interna
M16	805566	9754407	0,0033	1530	2	1,5	Curva Interna
M17	805318	9754071	0,09	1555	2	1,5	Terraza
M18	804912	9754111	0,13	1557	1,5	1	Curva Interna
M19	804624	9754015	2,957	1561,4	1,5	1	Terraza
M20	803958	9753840	0,0033	1565	2	1,5	Terraza

Realizado por: Cabrera, Greta, 2021.

### 3.3. Análisis geoestadístico

#### 3.3.1. Análisis exploratorio de datos

Para el tratamiento de los datos se utilizó el *software Excel*, en donde se analizó la variable de la concentración del oro que se obtuvo del ensayo al fuego con veinte datos expresados en mg/kg. Seguidamente, se presenta los cálculos estadísticos previos realizados.

**Tabla 3-3:** Cálculos estadísticos previos

Cálculos previos	
Número de datos	20
Límite mínimo (mg/kg)	0,0033
Límite máximo (mg/kg)	27,345
Rango	27,3417
Número de clase	6
Tamaño de clase	5

Realizado por: Cabrera, Greta, 2021.

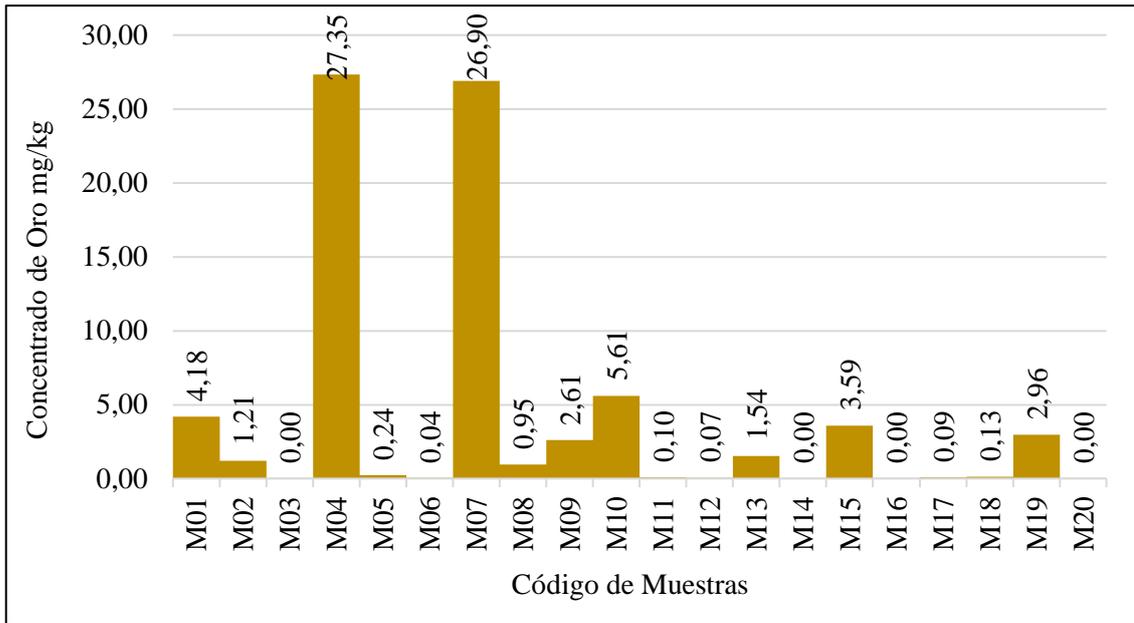
En la tabla 4-3, se muestra el cálculo de la distribución de las frecuencias tanto absoluta como la relativa de las concentraciones de oro. Según el número y tamaño de clase que fueron calculados y determinados en la tabla 3-3.

**Tabla 4-3:** Frecuencias de las concentraciones del oro

Clase (x)		Marca de Clase (x <sub>i</sub> )	Frecuencia Absoluta (f <sub>i</sub> )	Frecuencia Absoluta Acumulada (F <sub>i</sub> )	Frecuencia Relativa (f <sub>r</sub> )		Frecuencia Relativa Acumulada (F <sub>r</sub> )	
0,0033	5,0033	2,5033	17	17	0,85	85,00%	0,85	85,00%
5,0033	10,0033	7,5033	1	18	0,05	5,00%	0,9	90,00%
10,0033	15,0033	12,5033	0	18	0	0,00%	0,9	90,00%
15,0033	20,0033	17,5033	0	18	0	0,00%	0,9	90,00%
20,0033	25,0033	22,5033	0	18	0	0,00%	0,9	90,00%
25,0033	30,0033	27,5033	2	20	0,1	10,00%	1	100,00%

Realizado por: Cabrera, Greta, 2021.

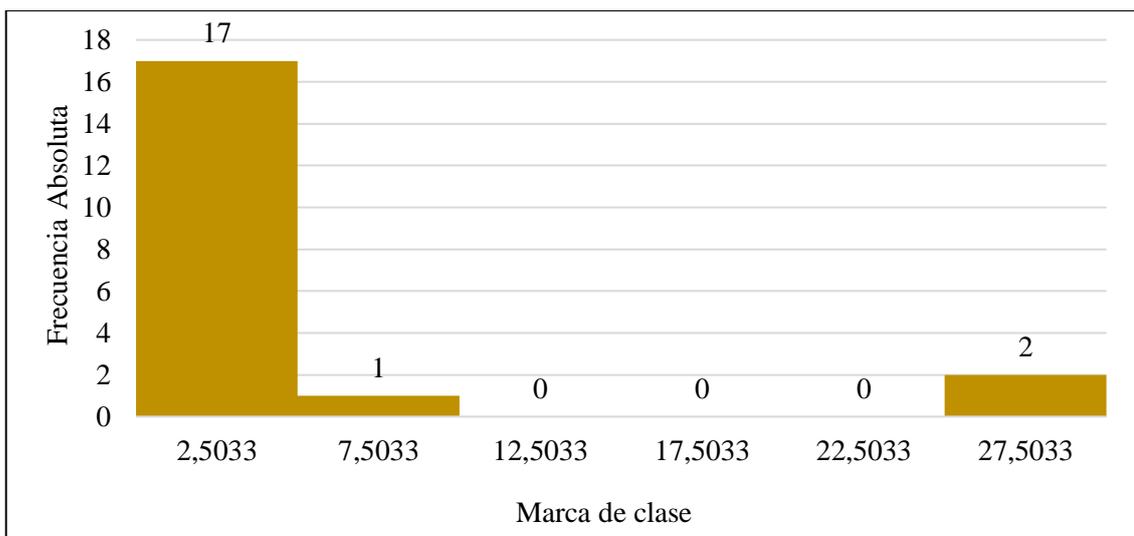
En el gráfico 1-3, se representa mediante un histograma las concentraciones de oro por el código de muestras. Se muestra los 20 datos en donde se verifica dos concentraciones de mayor cantidad con respecto a las demás.



**Gráfico 1-3:** Concentraciones de oro por el código de muestras

Realizado por: Cabrera, Greta, 2021.

En el gráfico 2-3, se muestra el histograma de la frecuencia absoluta por la marca de clase, resultando 17 valores dentro de la marca de clase 2,5033 con concentraciones de oro desde 0,003 a 5,003 mg/kg, esto quiere decir que el 85% de los datos tienen estos intervalos de concentraciones. En la marca de clase 7,5033 con concentraciones de oro desde 5,0033 a 10,0033 mg/kg, tiene como resultado un solo valor que representa el 5 % del intervalo de las concentraciones. Existe 2 valores en la marca de clase 27,5033 con concentraciones de oro desde 25,0033 a 30,0033 mg/kg, lo que representa el 10 % de los intervalos del total de las concentraciones.



**Gráfico 2-3:** Intervalos de clase del concentrado de oro

Realizado por: Cabrera, Greta, 2021.

Finalmente, en la tabla 5-3, se muestran los cálculos estadísticos de las concentraciones de oro realizados en Excel. Estos datos se compararon con la estimación del *Kriging* y se determinó las equivalencias de los resultados.

**Tabla 5-3:** Cálculos estadísticos

CÁLCULOS ESTADÍSTICOS	
Parámetros	Datos (mg/kg)
Moda	0,0033
Media Aritmética ( $\bar{x}$ )	3,878
Cuartil 1 (Q25%)	0,044
Mediana o Cuartil 2 (Q50%)	0,596
Cuartil 3 (Q75%)	3,434
Desviación Estándar ( $\delta$ )	8,12
Varianza	65,935
Coficiente de Varianza	2,094

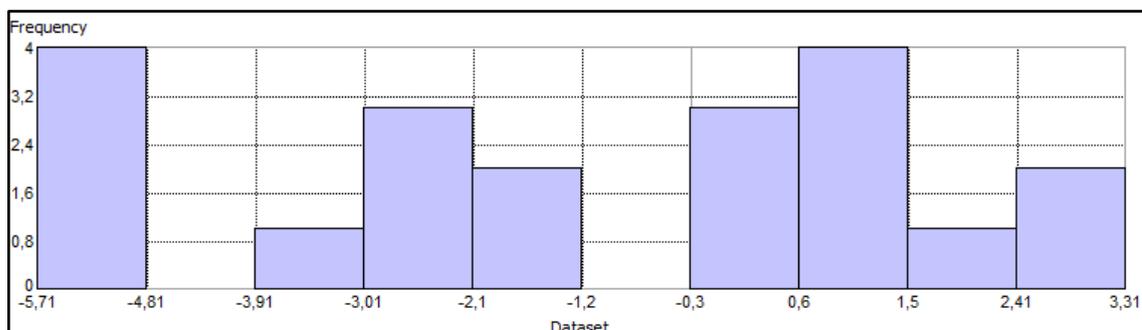
Realizado por: Cabrera, Greta, 2021.

### 3.3.2. Estimación con *Kriging*

Esta etapa consistió en ingresar los datos al *software ArcGIS*, en donde se comparó los resultados del análisis exploratorio, con los datos proporcionados por la herramienta *Geostatistical Analyst* se observó los histogramas, análisis tendencial y la nube de semivariograma.

#### 3.3.2.1. Medidas estadísticas de Oro

En el histograma los datos no tuvieron una distribución normal, por ende, se aplicó una transformación logarítmica para que se vuelva normal o distribución gaussiana. En la figura 1-3, se muestra el histograma con la función de logaritmo (log).



**Figura 1-3:** Histograma de oro, *Software ArcGIS*

Realizado por: Cabrera, Greta, 2021.

Al trabajar con la transformación logarítmica la diferencia es menor entre la media y la mediana, es más exacto y la gráfica permitió ver la relación entre la frecuencia y los datos. En la tabla 6-3, se visualizan las medidas estadísticas de los datos transformados.

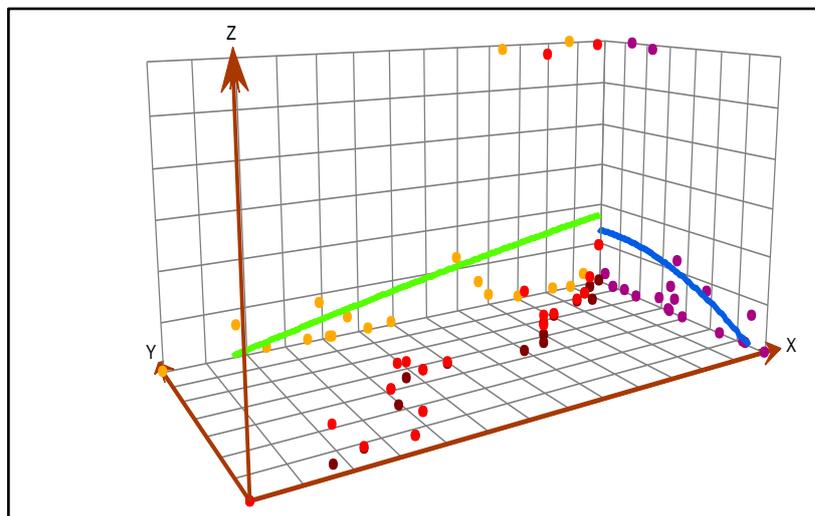
**Tabla 6-3:** Medidas estadísticas de oro (log)

Medida	Valor	Medida	Valor
Número de muestras	20	Sesgo	-0,25765
Valor mínimo	-5,7138	Curtosis	1,9064
Valor máximo	3,38	Primer cuartil	-3,0151
Media	-1,1724	Tercer cuartil	1,1816
Mediana	-0,73972	Desviación estándar	2,9882

**Realizado por:** Cabrera, Greta, 2021.

### 3.3.2.2. Tendencia

En la figura 2-3, se puede observar que la línea verde muestra la tendencia en la dirección este y la línea azul representa la tendencia en la dirección norte. Por lo que el oro tendría una anisotropía NE (noreste). Además, se observa que las curvas se ajustan a una parábola con tendencia tipo de orden de segundo grado.

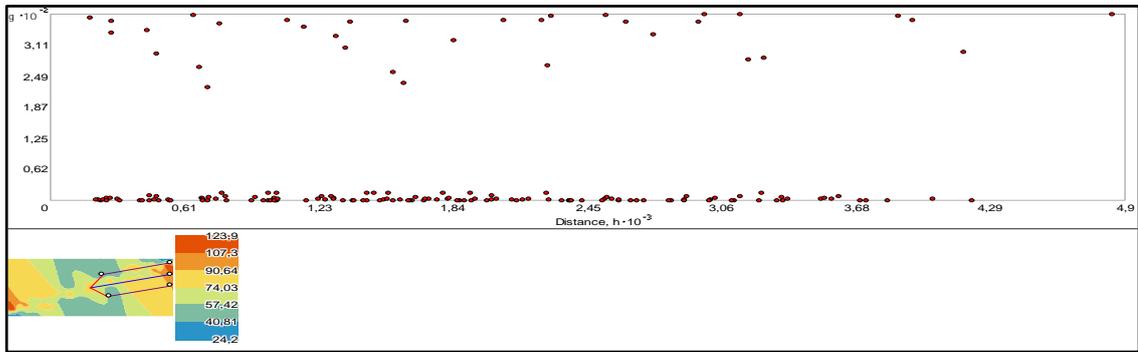


**Figura 2-3:** Análisis de tendencia de oro, *Software ArcGIS*

**Realizado por:** Cabrera, Greta, 2021.

### 3.3.2.3. Análisis estructural

El semivariograma muestral de oro de la figura 3-3, indica que los puntos tienen una buena correlación espacial a pesar de estar distantes entre sí. Se exploró diferentes direcciones alrededor de la gráfica y se determinó la dirección NE para utilizar en el modelo.



**Figura 3-3:** Semivariograma muestral de oro, *Software ArcGIS*

**Realizado por:** Cabrera, Greta, 2021.

En la figura 3-3, se muestra la nube del semivariograma en el eje vertical se encuentra la covarianza para todas las posibles parejas que se pueden formar las muestras en esta figura lo que se buscó son los puntos extraños, es decir aquellos que se localizan aislados del resto del muestreo. En este caso se determinó que la muestra de concentración de 26,9 y 27,345 ppm presentan estas características extrañas. Además, los puntos de muestreo son anisotrópicos lo que significa que tienen diferentes direcciones en el espacio.

### 3.3.2.4. Modelo geoestadístico teórico

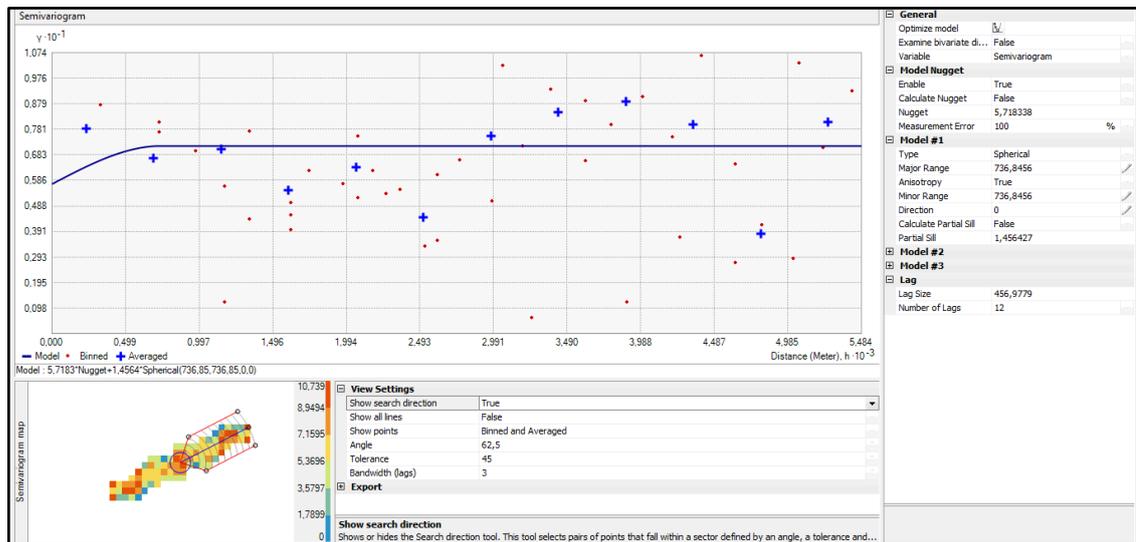
Para elegir el mejor ajuste de los datos y el que genere menor error en la estimación, se emplearon los modelos teóricos: esférico, exponencial y gaussiano, comparándolos entre sí. Para este caso el mejor modelo es el esférico como se analiza en la tabla 7-3 y muestra en la figura 4-3.

**Tabla 7-3:** Parámetros de validación cruzada de oro

Modelo	Error medio	Error medio cuadrático	Error medio estandarizado	Error medio cuadrático estandarizado	Error medio estándar
Esférico	2,7184	16,536	-0,028	0,068	1,667
Exponencial	3,199	17,524	0,030	3,288	2,678
Gaussiano	2,960	16,821	0,113	2,949	2,240

**Realizado por:** Cabrera, Greta, 2021.

La interpolación es considerada como válida con el modelo esférico, debido a que el resultado del error medio es próximo a cero, el error medio cuadrático posee un valor mínimo, el error medio estandarizado se acerca a cero, el error medio cuadrático estandarizado se acerca a uno y el error medio estándar es próximo al error medio cuadrático. El modelo esférico cumple con las condiciones del índice de error, es decir posee menos errores en la estimación.



**Figura 4-3:** Semivariograma experimental y teórico de oro, *Software ArcGIS*

**Realizado por:** Cabrera, Greta, 2021.

En la figura 4-3, se muestra el semivariograma experimental (cruces azules) y el semivariograma teórico (línea azul) en donde los valores muestreados tienen una correlación espacial entre sí, reflejada en el crecimiento de la función semivariograma hasta 1,456 en la cual la distancia alcanza 456,978 m. En la tabla 8-3, se resumen los parámetros del método seleccionado.

**Tabla 8-3:** Parámetros del modelo esférico para oro

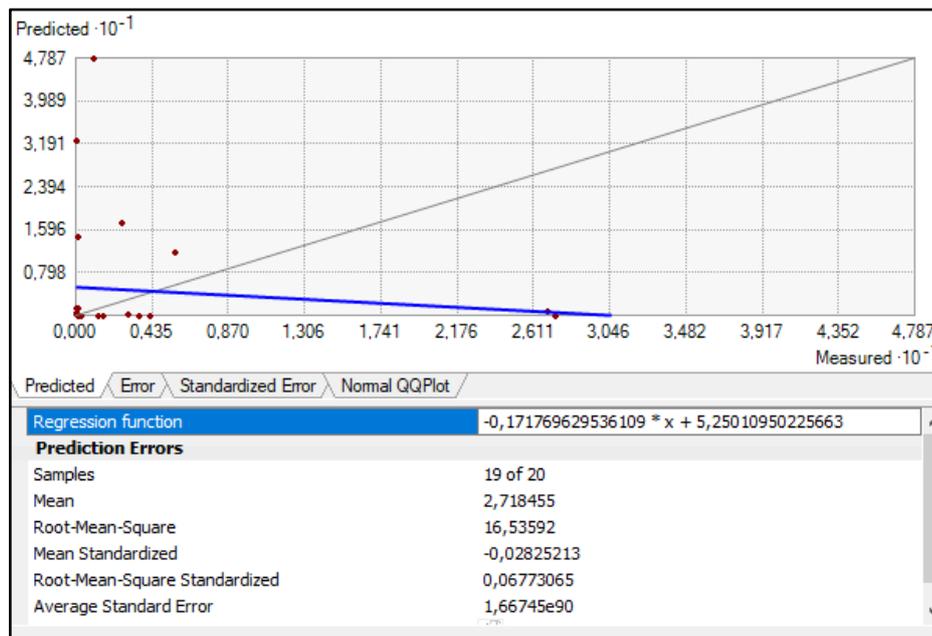
Modelo	Meseta Parcial	Distancia	Ángulo	Rango	Pepita	Varianza
Esférico	1,456	456,978	62,5	736,846	5,718	8,929

**Realizado por:** Cabrera, Greta, 2021.

El valor de la meseta y la pepita sumadas entre ellas no supera a la varianza, por ende, existen mínimos errores en la toma de datos, procesamiento y análisis químico. El rango de 736,846 m es la distancia en la cual la semivarianza se estabiliza, los datos fuera de este rango son considerados aleatorios.

### 3.3.2.5. Validación Kriging

La validación del método se realizó mediante la opción de validación cruzada, en la figura 5-3, se muestra en la parte izquierda la línea azul por arriba y abajo de la línea gris, en donde la mayoría de los puntos se observan por debajo de la línea gris, lo que se deduce en que los valores de las muestras se subestiman, es decir se estiman por debajo de sus valores.



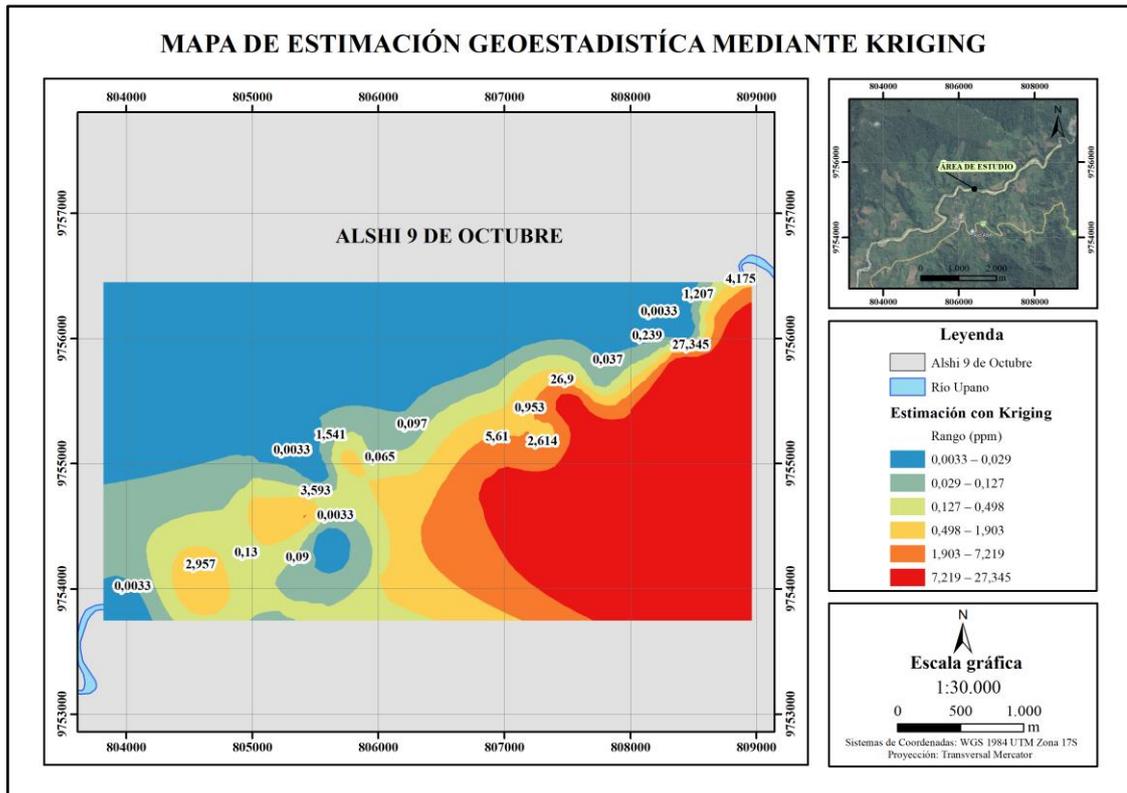
**Figura 5-3:** Validación cruzada de oro, *Software ArcGIS*

Realizado por: Cabrera, Greta, 2021.

En la tabla 7-3, se sintetizan los parámetros de la validación cruzada de oro con el modelo teórico esférico siendo el seleccionado para la estimación geoestadística, debido a que cumple con las condiciones del índice de error.

### 3.3.2.6. Mapa de estimación geoestadística

El mapa de estimación geoestadística se realizó con el método *Kriging Simple* porque utiliza una transformación de puntuación normal transformando los datos en una distribución normal estándar, con orden de tendencia de segundo grado y semivariograma de modelo esférico. En la figura 6-3, se muestra el resultado de la estimación, se determinó la superficie estimada de mayores concentraciones ubicado aguas abajo del río Upano con dirección NE. En esta zona la pendiente del canal de la corriente es casi plana, lo que causa corrientes más lentas y la deposición de más sobrecarga de sedimentos pesados.



**Figura 6-3:** Mapa de estimación geoestadística mediante Kriging a escala 1:30.000

**Realizado por:** Cabrera, Greta, 2021.

### 3.4. Análisis de concentración del oro

La desviación estándar del concentrado de oro de los 20 puntos de muestreo con respecto a la media es de 8,12 ppm en promedio tiene un valor elevado debido a que la dispersión de datos es mayor. La media aritmética y la desviación estándar permitió determinar los valores normales y anómicos del concentrado de oro en la tabla 9-3, se muestra los cálculos realizados con la aplicación del método de Lepeltier Modificado.

**Tabla 9-3:** Resultados de concentraciones normales y anómalas de oro

Valores normales y anómicos de oro (ppm)					
Media Aritmética	Desviación Estándar	Background	Threshold	Subanomalía	Anomalía
$\bar{x}$	$\delta$	$\bar{x}$	$\delta + \bar{x}$	$2\delta + \bar{x}$	$3\delta + \bar{x}$
3,878	8,12	3,878	11,998	20,118	28,238

**Realizado por:** Cabrera, Greta, 2021.

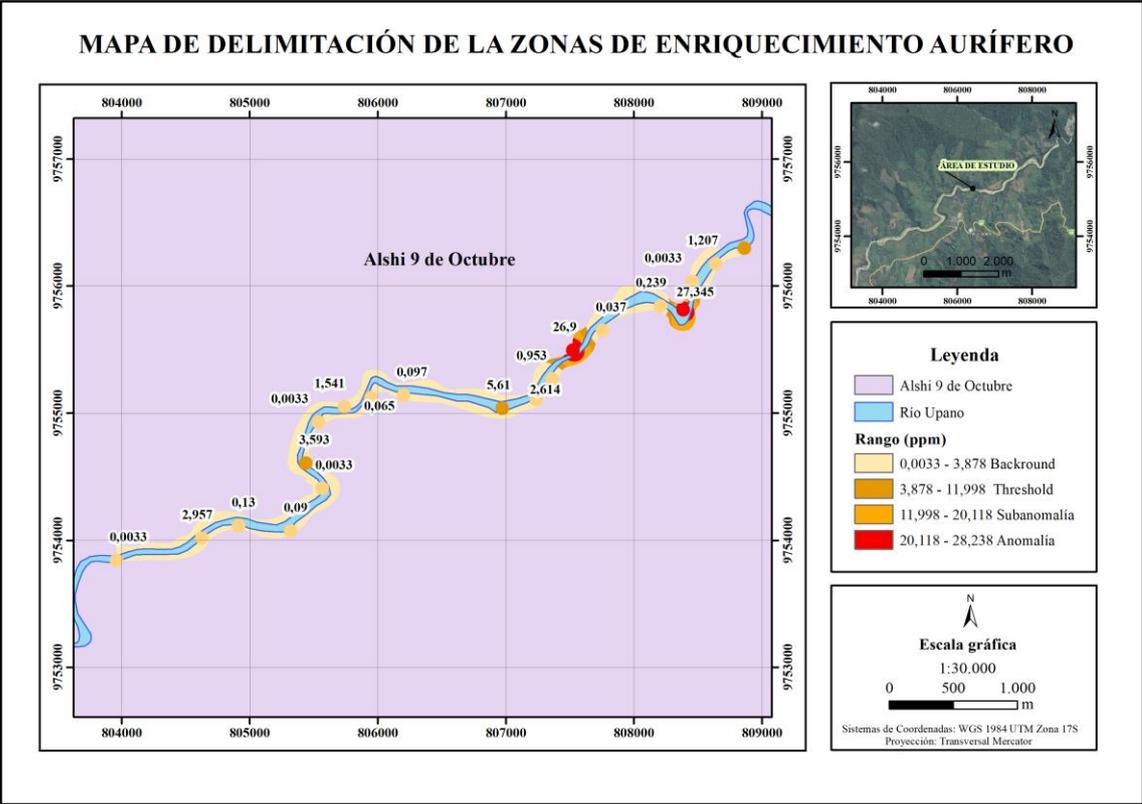
La mayor cantidad de puntos de muestreo tienen un rango normal de concentración *Background* y solamente dos muestras tienen características de anomalías, esto se debe a que la geología de

placer que es muy variada, debido a que el oro está en constante desplazamiento por el cauce fluvial. También depende de las distintas maneras que el oro tiende a depositarse en diferentes sectores, las mismas concentraciones no tiene valores fijos, es decir en un punto muestra valores elevados y a pocos metros no existe ninguna concentración o son muy bajos. Por lo general los depósitos de placeres aluviales tienden a tener leyes bajas, pero la extracción resulta posible debido a que el oro se acumula superficialmente y se encuentran sueltos, no requieren molienda y se pueden explotar con plantas relativamente económicas.

### **3.5. Delimitación de la zona de potencial aurífero**

Se delimitó dos zonas con potencial de enriquecimiento aurífero quienes presentan valores anómalos con respecto de las demás muestras con concentraciones de 26,98 (M07) y 27,345 (M04) ppm.

El primer valor de anomalía en el punto de muestreo presentó una geología con rocas de gran tamaño, en la ribera se localizó vegetación lo que produjeron obstáculos y el oro quedó atrapado, debido a la energía del río el oro secundario se depositó juntamente con los sedimentos en el sector. En el segundo valor de anomalía el punto de muestreo se encuentra en una curva interna bien pronunciada debido a que el río Upano es meandrónico. El oro es muy denso y viaja en corriente abajo en línea recta siguiendo el camino más corto desde una curva interior hacia otra curva interior, en esta zona producen cambios bruscos en la energía de la corriente. Provocando que los bancos de sedimentos se sitúen en las partes internas del lecho, donde la velocidad de la corriente fluvial es menor.



**Figura 7-3:** Mapa de las zonas de enriquecimiento aurífero a escala 1:30.000

Realizado por: Cabrera, Greta, 2021.

## CONCLUSIONES

En este trabajo de investigación se identifica la presencia de zonas factibles para la deposición de placeres auríferos en curvas internas, terrazas y riberas del río Upano. La geología del sector pertenece a formaciones antiguas y deposiciones recientes del cenozoico con presencia de coluviales, rocas volcánicas, metamórficas y sedimentarias con tamaños de bloques, cantos, conglomerados y gravas. Además, existe grandes acumulaciones de sedimentos de arena en donde se logra aplicar la técnica de bateo y verificar las partículas de oro de tamaños de 0,5 a 2 milímetros aproximadamente.

Los sedimentos de la zona de estudio están acompañados por rocas cuarcitas, granitos, esquistos, gneis y cantos rodados. Los minerales que se observan visualmente son cuarzos, micas, anfíboles piroxenos y plagioclasas, lo que indica baja madurez mineralógica.

El muestreo geoquímico que se lleva a cabo en la zona de estudio de acuerdo a la geología, morfología y topografía se efectúa siguiendo el cauce fluvial a una distancia de 100 a 200 metros entre cada punto, lo que cubre aproximadamente siete kilómetros de prospección. La recolección de las muestras no se realiza en el material recientemente depositado, por los últimos crecientes. El muestreo se complementa con la técnica de bateo para homogenizar la muestra de cada punto. El método de ensayo al fuego establece los valores de concentración de oro mediante la fundición de las muestras usando reactivos y obtiene dos fases líquidas, constituidas por escoria y doré, luego con la disolución ácida libera al oro del doré y finalmente con el espectrofotómetro de absorción atómica determina la lectura analítica del contenido de concentración de oro por la cantidad de la muestra analizada, este proceso dura alrededor de 15 días.

El análisis geoestadístico mediante el *Kriging* en el *software ArcGIS* estima las superficies de mayores concentraciones de oro aguas abajo del río Upano, que abarca los dos puntos de mayor concentración. En esta zona la pendiente del terreno es moderada con valle fluvial en forma de u, la velocidad del cauce fluvial es menor con respecto a las zonas altas, con condiciones más prosperas para la deposición del oro.

El método de Lepeltier Modificado aplica cálculos estadísticos para los parámetros geoquímicos y determina los valores de las anomalías. En este trabajo investigativo se realiza estos cálculos para establecer los valores de concentración para cada parámetro estableciendo el *Background* 3,878; *Threshold* 11,998; subanomalía 20,118 y anomalía 28,238. Lo que permite delimitar dos zonas de mayor enriquecimiento aurífero de 26,9 y 27,345 ppm. Estas zonas factibles para la disposición de los placeres auríferos se ubican en las siguientes coordenadas 807523 E - 9755493 N y 808384 E - 9755811 N. Las dos zonas poseen muy buenas concentraciones para formar depósitos de placeres aluviales. En donde las partículas de oro se depositan superficialmente acumulándose en arenas, gravas y en el cauce fluvial del río.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda continuar con los trabajos de prospección a detalle en las riberas del río Upano aguas arriba desde captación de la empresa hidroeléctrica Hidronormadia y aguas abajo desde el punto de inicio en donde no exista concesiones mineras, cabe mencionar que en el sector de la unión del río Upano y río Abanico existes títulos mineros de minería artesanal y pequeña para la extracción de oro, lo que posibilitará identificar más zonas posibles de enriquecimiento aurífero. El esquema de muestreo en la prospección debe ser acorde a la geomorfología de la zona de estudio, buscando delimitar sectores enriquecidas con el mineral oro, para la cual se recomienda sectorizar la zona de trabajo y realizar un nuevo estudio a menor escala.

Se sugiere desarrollar la etapa de exploración en las dos zonas de mayor concentración del río Upano, que permitirá obtener información cuantificada de los depósitos aluviales y en función de los mismos pensando en escenarios positivos con el objeto de llegar a diseñar un proyecto minero rentable para mineros artesanales con proyección a Pequeña Minería.

Para los nuevos trabajos de prospección se recomienda muestrear a más profundidades para realizar la homogenización respectiva. Además, facilitará conocer a que distancia de la superficie llega a depositar el oro.

Se aconseja implementar el análisis de sedimentos pesados para la determinación de los minerales que se encuentran asociados al oro en el río Upano, mediante ensayos en laboratorios confiables, asimismo permitirá establecer la existencia de más minerales que podrían presentar características de rentabilidad para la extracción y también ayudará a tener más información de la fuente primaria de los sedimentos.

## BIBLIOGRAFÍA

**ACIPTIO SAANT, Alexis Enrique.** Prospección geoquímica para oro, mediante sondeos manuales en terrazas aluviales del río Pastaza, en la comunidad Kunkuk provincia de Pastaza [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Macas, Ecuador. 2018. pp. 2-14. [Consulta: 13-04-2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8506/1/53T0034.pdf>

**AILLÓN, María Isabel.** *Historia de las normas mineras en Ecuador* [En línea]. 2016. [Consulta: 04 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.pbplaw.com/es/historia-de-las-normas-mineras-en-ecuador/>

**ALDANA, William. 2015.** *Geoquímica* [En línea] 2015. [Consulta: 18 mayo 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/37054544/Libro-Geoquimica>

**ARCMAP.** *Kriging* [En línea]. 2016. [Consulta: 10 julio 2021]. Disponible en: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-kriging-works.htm>

**BANCO CENTRAL DEL ECUADOR.** *La minería ecuatoriana* [En línea]. 2015. [Consulta: 15 mayo 2021]. Disponible en: <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/cartilla00.pdf>

—. *Resultados al tercer trimestre de 2020* [En línea]. 2021. [Consulta: 25 junio 2021]. Disponible en: <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ReporteMinero012021.pdf>

**CADAVID, Rodrigo. 1998.** *Manual de exploración y evaluación de aluviones*. Medellín-Colombia: s.n., 1998, pp. 22-25.

**DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN.** *Actualización del diagnóstico del PDOT 2011* [En línea]. 2015. [Consulta: 4 junio 2021]. Disponible en: <https://moronasantiago.gob.ec/Descargas/rendiciondecuentas/2017/PDOT%202015-2019.pdf>

**DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESPECIALIZADOS.** *Análisis químico para la determinación de oro por el método de ensayo al fuego* [En línea]. 2020. [Consulta: 27 junio 2021]. Disponible en: [https://www.geoenergia.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2020/06/instructivo\\_analisis\\_quimico\\_para\\_la\\_determinacion\\_de\\_oro\\_por\\_el\\_metodo\\_de\\_ensayo\\_al\\_fuego\\_2020.pdf](https://www.geoenergia.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2020/06/instructivo_analisis_quimico_para_la_determinacion_de_oro_por_el_metodo_de_ensayo_al_fuego_2020.pdf)

**EQUIPO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL GAD MORONA.** *Alineación del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Alshi 9 de Octubre 2015- 2019 al Plan Nacional de Desarrollo 2017- 2021 "Toda una Vida".* 2015.

**GALLISKI, Miguel.** *Muestreo Geoquímico* [Blog]. 2015. [Consulta: 20 junio 2021]. Disponible en: <https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/MuestrGeoq.htm>

**GEOPORTAL.** *Capas de información Geográfica Básica* [En línea]. 2013. [Consulta: 28 mayo 2021]. Disponible en: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/cartografia-de-libre-acceso-escala-50k/>

**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE ALSHI 9 DE OCTUBRE.** *Parroquia 9 de Octubre características físicas del atractivo* [En línea]. 2012. [Consulta 20 mayo 2021]. Disponible en: <http://gadalshi9deoctubre.blogspot.com/>

**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICO Y ENERGÉTICO.** *Hoja Geológica de Macas y Alausí* [En línea]. 2018. [Consulta: 5 junio 2021]. Disponible en: [https://drive.google.com/file/d/1Bbn8fYbcwXozFbj95d8WcN-c\\_wAYsjrN/view](https://drive.google.com/file/d/1Bbn8fYbcwXozFbj95d8WcN-c_wAYsjrN/view)

—. *Mapa geológico de la República del Ecuador* [En línea]. 2017. [Consulta: 3 junio 2021]. Disponible en: [https://www.geoenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/Mapa-Geologico\\_ecuador-2017\\_compressed.pdf](https://www.geoenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/Mapa-Geologico_ecuador-2017_compressed.pdf)

—. *Mapa Geológico y de Ocurrencias Minerales del Sur de la Cordillera Real y del Cinturón Metamórfico de El Oro del Ecuador* [En línea]. 1994. [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1Z0Cz7rWCkLky8cALBFx5zpgxu1U6jvRu/view>

—. *Mapa Metalogenético de la República del Ecuador* [En línea]. 2019. [Consulta: 3 junio 2021]. Disponible en: [https://www.geoenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/02/METALOGENETICO\\_1M\\_2801020.pdf](https://www.geoenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/02/METALOGENETICO_1M_2801020.pdf)

**INSTITUTO GEOFÍSICO ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.** *Sismología* [En línea]. 2018. [Consulta: 25 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.igepn.edu.ec/publicaciones-para-la-comunidad/comunidad-espanol/16479-triptico-sismos-generalidades/file>

**JUMBO FLORES, Diana Carolina.** Metales pesados en sedimentos riverinos de cuencas hidrográficas impactadas por minería en la Región Sur del Ecuador [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. 2015. pp. 21-22. [Consulta: 22-06-2021]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11022/1/Tesis%20Diana%20Jumbo.pdf>

**LEXIS.** *Ley de Minería. Ley 45* [En línea]. 2018. [Consulta: 25 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Ley-de-Mineria.pdf>

**LITHERLAND, M.; ASPEN, John & JEMIELITA, Richard.** *The Metamorphic Belts of Ecuador*. Nottingham-Inglaterra: British Geological Survey, 1994, pp. 47-48.

**MERCHÁN HERAS, Carmen Cecilia.** Plan de desarrollo de turismo sostenible para la parroquia Alshi 9 de octubre, Cantón Morona, Provincia de Morona Santiago [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2016. p. 58. [Consulta: 16-junio-2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5841/1/23T0584.pdf>

**METALLURGIST.** *Geología De Oro Aluvial* [En línea]. 2018. [Consulta: 28 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.911metallurgist.com/metalurgia/geologia-aluvial-como-buscar-oro-en-rios/>

**PILLAJO, Edgar.** *Evaluación del Potencial Aurífero Aluvial en Ecuador* [En línea]. 2010. [Consulta: 15 mayo 2021]. <https://docplayer.es/81142175-Evaluacion-del-potencial-aurifero-aluvial-en-ecuador.html>

**PORRAS, Alberto.** *Método Kriging de inferencia espacial* [En línea]. 2015. [Consulta: 2 julio 2021]. Disponible en: <https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/160/1/16-M%20C3%A9todo%20Kriging%20de%20Inferencia%20espacial%20-%20Diplomado%20en%20An%20lisis%20de%20Informaci%20Geoespacial.pdf>

**QUISHPE CARANQUI, Diego Paúl.** Interpretación geoquímica de los resultados de laboratorio de las muestras de sedimentos fluviales correspondiente a la zona Sigchos – Totorillas (5.000km<sup>2</sup>), con aplicación minera y ambiental [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2013. pp. 68-69. [Consulta: 19-08-2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2324>

**REA, Antonio.** Política minera y sostenibilidad ambiental en Ecuador. FIGEMPA Investigación y Desarrollo. [En línea], 2017, (Ecuador) p. 42. [Consulta: 17 mayo 2021]. ISSN 1390-7042. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/article/view/68/48>

**REYES, Pedro.** *Discusión sobre la evolución Jurásico–Cretácica de la Cordillera Real y el bloque Amotape* [En línea]. 2009. [Consulta: 25 junio 2021]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5627/1/Reyes-Pedro.pdf>

**SANDOVAL, Fabián.** *La Pequeña Minería en el Ecuador* [En línea]. 2001. [Consulta: 16 mayo 2021]. Disponible en: <https://pubs.ied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/G00721.pdf>

**SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN DE TIERRAS RURALES E INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA.** *Levantamiento de Cartografía Temática Escala 1:25.000, Lote 2* [En línea]. 2015. [Consulta: 27 mayo 2021]. Disponible en: [http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Memoria\\_tecnica\\_Geomorfologia\\_MORONA\\_20151117.pdf](http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Memoria_tecnica_Geomorfologia_MORONA_20151117.pdf)

**TIERRA Y TECNOLOGÍA.** *El geólogo geoquímico* [En línea]. 2009. [Consulta: 26 junio 2021]. Disponible en: <https://www.icog.es/TyT/index.php/2009/11/que-es-la-geoquimica-el-geologo-geoquimico/>

**TOSCANO, Manuel; PÉREZ, Rafel; & SÁEZ, Reinaldo.** *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* [En línea]. Huelva-España: Universidad de Huelva, 2012. [Consulta: 14 mayo 2021]. Disponible en: <https://raco.cat/index.php/ECT/article/view/257536/348374%20>. SSN: 1132-9157

**VARELA, Andrea & RON, Santiago.** *Geografía y Clima* [En línea]. 2018. [Consulta: 26 mayo 2021]. Disponible en: <https://bioweb.bio/geografiaClima.html#:~:text=Las%20cordilleras%20costeras%20son%20Mache,la%20Regi%C3%B3n%20Costa%20del%20Ecuador>

**VILADEVALL, Manuel.** *La prospección de placeres de oro y otros minerales densos* [En línea]. 2004. [Consulta: 20 mayo 2021]. Disponible en: [http://www.publicacions.ub.es/refs/pub\\_dig/pros\\_aluv.pdf](http://www.publicacions.ub.es/refs/pub_dig/pros_aluv.pdf)

**ZARZA, Laura.** *Confluencia de agua* [En línea]. 2017. [Consulta: 6 junio 2021]. Disponible en: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-confluencia-agua>.

## ANEXOS

### ANEXO A: VERIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO



### ANEXO B: PROCESO DE MUESTREO EN CAMPO



Excavación manual



Mediación de la profundidad



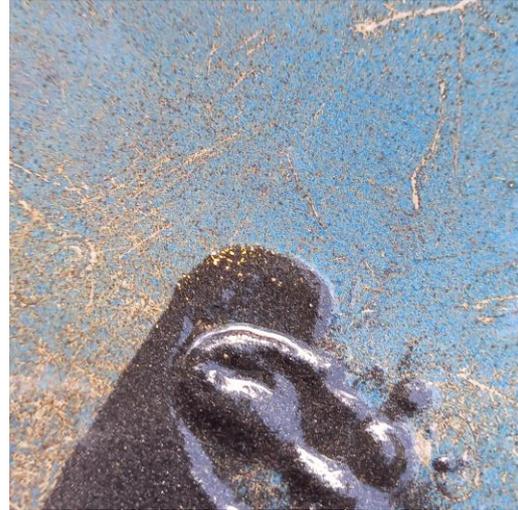
Sedimentos sobre cernidero y batea



Tamizado



Primer bateo



Partículas de oro



Obtención de la muestra



Volumen de la muestra



Envasado de la muestra



Pesada de la muestra



Etiquetado de la muestra

### ANEXO C: UNIÓN DE CURSOS FLUVIALES DEL RÍO SAMINGO Y RÍO UPANO



**ANEXO D: TERRAZA EN EL CURSO FLUVIAL**



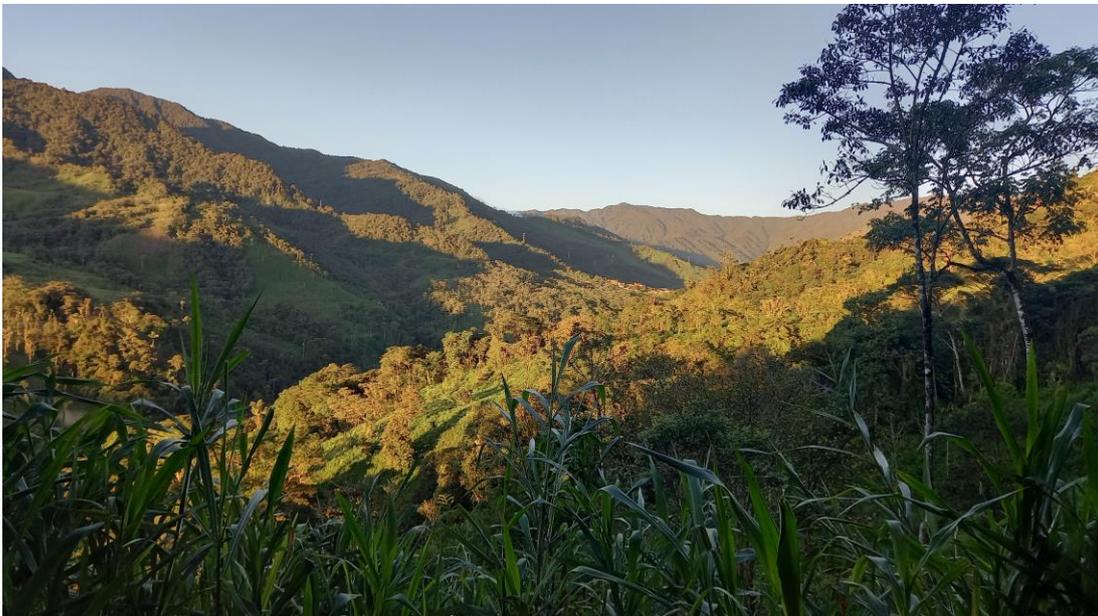
**ANEXO E: CURVAS DEL RÍO UPANO**



**ANEXO F: RIBERAS DEL RÍO UPANO**



**ANEXO G: RELIEVE DE LA ZONA DE ESTUDIO**



**ANEXO H: FICHAS DE MUESTREO DE CAMPO**



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
SEDE MORONA SANTIAGO**



FICHA DE CAMPO						
<b>Código de muestra</b>	M01	<b>Fecha</b>	27/06/2021	<b>Responsable</b>	Greta Cabrera	
<b>Número de Ficha</b>	1	<b>Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 S</b>	<b>X</b>	808861	<b>Cota</b>	1432 m
<b>Lugar de muestreo</b>	Curva Interna		<b>Y</b>	9756296		
<b>Tipo de Muestreo</b>	Geoquímica	<b>Masa</b>	1 kg	<b>Volumen</b>	0,75 L	
<b>Fotografía</b>			<b>Descripción</b>			
			<p>Las características del material recolectado son de origen aluvial, suelo sedimentario compuesto de rocas disgregadas y con alto contenido de arena fina. Se pudo visualizar minerales como el cuarzo y micas.</p>			
<b>Minerales reconocibles con lupa de mano</b>			<b>Descripción petrográfica</b>			
Micas Cuarzos			Granito Esquistos Lutitas Gravas Cantos rodados			
<b>Observaciones</b>	En este punto de muestreo en la primera bateada se observó 5 partículas de oro de tamaño de 0,5 milímetros aproximadamente.					



FICHA DE CAMPO						
<b>Código de muestra</b>	M02	<b>Fecha</b>	27/06/2021	<b>Responsable</b>	Greta Cabrera	
<b>Número de Ficha</b>	2	<b>Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 S</b>	<b>X</b>	808635	<b>Cota</b>	1436 m
<b>Lugar de muestreo</b>	Terraza		<b>Y</b>	9756174		
<b>Tipo de Muestreo</b>	Geoquímica	<b>Masa</b>	1 kg	<b>Volumen</b>	0,75 L	
<b>Fotografía</b>			<b>Descripción</b>			
			Se recogió la muestra en el margen derecho del río, con una excavación de 20 cm. Se pudo observar mayor concentración de arena y rocas disgregadas. También se observó micas y cuarzos. Además, había presencia de barro negro.			
<b>Minerales reconocibles con lupa de mano</b>			<b>Descripción petrográfica</b>			
Cuarzo Mica			Gravas Granito Cantos rodados			
<b>Observaciones</b>	En este punto de muestreo en la primera bateada se observó siete partículas de oro de tamaño de 0,7 milímetros aproximadamente. En la recolección de la muestra estaba lloviznando.					



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
SEDE MORONA SANTIAGO



FICHA DE CAMPO						
<b>Código de muestra</b>	M03	<b>Fecha</b>	04/07/2021	<b>Responsable</b>	Greta Cabrera	
<b>Número de Ficha</b>	3	<b>Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 S</b>	<b>X</b>	808455	<b>Cota</b>	1452,2 m
<b>Lugar de muestreo</b>	Unión de curso fluvial		<b>Y</b>	9756035		
<b>Tipo de Muestreo</b>	Geoquímica	<b>Masa</b>	1 kg	<b>Volumen</b>	0.75 L	
<b>Fotografía</b>			<b>Descripción</b>			
			La muestra se recogió en la unión del río Samingo y Upano, en el margen izquierdo. Se excavó 20 cm para la extracción del sedimento. Se observó gran cantidad de arena fina y minerales como cuarzo y micas.			
<b>Minerales reconocibles con lupa de mano</b>			<b>Descripción petrográfica</b>			
Micas Cuarzo			Granito Gneis Esquistos Gravas			
<b>Observaciones</b>	En este punto no se observó partículas de oro en la batea.					



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
SEDE MORONA SANTIAGO



FICHA DE CAMPO						
<b>Código de muestra</b>	M04	<b>Fecha</b>	04/07/2021	<b>Responsable</b>	Greta Cabrera	
<b>Número de Ficha</b>	4	<b>Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 S</b>	<b>X</b>	808384	<b>Cota</b>	14
<b>Lugar de muestreo</b>	Curva Interna		<b>Y</b>	9755811		57 m
<b>Tipo de Muestreo</b>	Geoquímica	<b>Masa</b>	2 kg	<b>Volumen</b>	1,5 L	
<b>Fotografía</b>			<b>Descripción</b>			
			El muestreo se realizó en la curva interna del margen izquierdo del río que son depósitos fluviales recientes, se encontró grava fina y arena. Se extrajo la muestra de una excavación de 20 cm de profundidad. Se visualizó rocas como granito, cuarcita, esquistos, gravas y cantos rodados.			
<b>Minerales reconocibles con lupa de mano</b>			<b>Descripción petrográfica</b>			
Cuarzo Micas			Granito Cuarcita Esquistos Gravas Cantos rodados			
<b>Observaciones</b>	En la primera bateada se observó 10 partículas de oro con tamaños entre 0,5 a 1 milímetros aproximadamente en la batea.					



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
SEDE MORONA SANTIAGO



FICHA DE CAMPO						
<b>Código de muestra</b>	M05	<b>Fecha</b>	03/07/2021	<b>Responsable</b>	Greta Cabrera	
<b>Número de Ficha</b>	5	<b>Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 S</b>	<b>X</b>	808207	<b>Cota</b>	1455,5 m
<b>Lugar de muestreo</b>	Curva Interna		<b>Y</b>	9755842		
<b>Tipo de Muestreo</b>	Geoquímica	<b>Masa</b>	1,5 kg	<b>Volumen</b>	1 L	
<b>Fotografía</b>			<b>Descripción</b>			
			En la curva interna del margen derecho cerca del agua de río se excavó 25 cm de profundidad. Se observó presencia de arena muy fina y no se pudo identificar los minerales presentes. Debido a la acumulación de lodo.			
<b>Minerales reconocibles con lupa de mano</b>			<b>Descripción petrográfica</b>			
Micas			Gravas Cantos rodados			
<b>Observaciones</b>	Debido a la morfología del río no se pudo tomar la muestra justo en la curva interna, porque no hubo orilla o ribera en el sector. En el sector hay una playa que se encuentra en medio de dos brazos del río, debido al acceso que estuvo muy complicado no se realizó la recolección de la muestra exactamente en el punto planificado.					



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
SEDE MORONA SANTIAGO



FICHA DE CAMPO						
<b>Código de muestra</b>	M06	<b>Fecha</b>	03/07/2021	<b>Responsable</b>	Greta Cabrera	
<b>Número de Ficha</b>	6	<b>Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 S</b>	X	807754	<b>Cota</b>	1465,4 m
<b>Lugar de muestreo</b>	Terraza		Y	9755649		
<b>Tipo de Muestreo</b>	Geoquímica	<b>Masa</b>	2 kg	<b>Volumen</b>	1,5 L	
<b>Fotografía</b>			<b>Descripción</b>			
			En el margen derecho del río se excavó 20 cm de profundidad para la extracción de la muestra. Constituidas principalmente de arena y rocas disgregadas.			
<b>Minerales reconocibles con lupa de mano</b>			<b>Descripción petrográfica</b>			
Micas Cuarzo			Gravas Cuarzitas Granito Esquistos Gneis			
<b>Observaciones</b>	En la primera bateada se observó 6 partículas de oro con tamaños entre 0,8 milímetros aproximadamente en la batea.					



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
SEDE MORONA SANTIAGO



FICHA DE CAMPO						
<b>Código de muestra</b>	M07	<b>Fecha</b>	04/07/2021	<b>Responsable</b>	Greta Cabrera	
<b>Número de Ficha</b>	7	<b>Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 S</b>	<b>X</b>	807523	<b>Cota</b>	1470 m
<b>Lugar de muestreo</b>	Curva Interna		<b>Y</b>	9755493		
<b>Tipo de Muestreo</b>	Geoquímica	<b>Masa</b>	2 kg	<b>Volumen</b>	1,5 kg	
<b>Fotografía</b>			<b>Descripción</b>			
			En el margen izquierdo se excavó 30 cm de profundidad en la zona donde estaban un poco de plantas. Debido a que el oro se va quedando en las trampas u obstáculos, quienes impiden que siga su trayecto. Se observó cuarzos y micas. En la primera bateada se observó mayor presencia de partículas de oro con respecto a las demás zonas bateadas.			
<b>Minerales reconocibles con lupa de mano</b>			<b>Descripción petrográfica</b>			
Cuarzo Mica			Cuarcita Granito Esquistos			
<b>Observaciones</b>	En este punto en la batea se observó 35 partículas de oro con tamaños entre 0,8 a 2 milímetros, por lo cual se espera que en el análisis de laboratorio presente mayor concentración de oro.					



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
SEDE MORONA SANTIAGO



FICHA DE CAMPO						
<b>Código de muestra</b>	M08	<b>Fecha</b>	03/07/2021	<b>Responsable</b>	Greta Cabrera	
<b>Número de Ficha</b>	8	<b>Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 S</b>	<b>X</b>	807362	<b>Cota</b>	1480,2 m
<b>Lugar de muestreo</b>	Curva Interna		<b>Y</b>	9755267		
<b>Tipo de Muestreo</b>	Geoquímica	<b>Masa</b>	1,5 kg	<b>Volumen</b>	1 L	
<b>Fotografía</b>			<b>Descripción</b>			
			En el margen derecho del río se excavó 30 cm de profundidad, para ello se movieron las rocas de gran tamaño, se observó cuarcitas, cantos rodados, gravas, gneis y granitos.			
<b>Minerales reconocibles con lupa de mano</b>			<b>Descripción petrográfica</b>			
Cuarzo Micas			Granitos Gravas Cuarcita Cantos rodados Gneis			
<b>Observaciones</b>	En la primera bateada se observó 15 partículas de oro con tamaño de 0,5 a 1 milímetro aproximadamente en la batea.					



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
SEDE MORONA SANTIAGO



FICHA DE CAMPO						
<b>Código de muestra</b>	M09	<b>Fecha</b>	04/07/2021	<b>Responsable</b>	Greta Cabrera	
<b>Número de Ficha</b>	9	<b>Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 S</b>	X	807238	<b>Cota</b>	1486 m
<b>Lugar de muestreo</b>	Curva Interna		Y	9755102		
<b>Tipo de Muestreo</b>	Geoquímica	<b>Masa</b>	2 kg	<b>Volumen</b>	1,5 L	
<b>Fotografía</b>			<b>Descripción</b>			
			En el margen izquierdo se excavó 20 cm de profundidad en donde se encontraron rocas y plantas recién nacidas. Se observó arena fina, cuarzos, micas, granitos, esquistos y cuarcitas.			
<b>Minerales reconocibles con lupa de mano</b>			<b>Descripción petrográfica</b>			
Cuarzos Micas			Granito Esquistos Cuarcitas			
<b>Observaciones</b>	En la primera bateada se observó 7 partículas de oro con tamaños entre 0,5 a 1 milímetro aproximadamente en la batea.					



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
SEDE MORONA SANTIAGO



FICHA DE CAMPO						
<b>Código de muestra</b>	M10	<b>Fecha</b>	03/07/2021	<b>Responsable</b>	Greta Cabrera	
<b>Número de Ficha</b>	10	<b>Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 S</b>	<b>X</b>	806973	<b>Cota</b>	1498,7 m
<b>Lugar de muestreo</b>	Terraza		<b>Y</b>	9755036		
<b>Tipo de Muestreo</b>	Geoquímica	<b>Masa</b>	1,5 kg	<b>Volumen</b>	1 L	
<b>Fotografía</b>			<b>Descripción</b>			
			En el margen derecho del río se excavó 20 cm de profundidad en la zona de las plantas que recientemente estaban creciendo. Se observó cuarzo, micas, granitos, cuarcitas, gneis y esquistos.			
<b>Minerales reconocibles con lupa de mano</b>			<b>Descripción petrográfica</b>			
Mica Cuarzo			Granito Cuarcitas Gneis Esquistos			
<b>Observaciones</b>	En este punto de muestreo se pudo acceder a la playa que se encuentra en medio de dos cauces, debido a que en un cause el agua tuvo menor caudal. En la primera bateada se observó 5 partículas de oro con tamaño de 0,5 milímetros aproximadamente en la batea.					



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
SEDE MORONA SANTIAGO



FICHA DE CAMPO						
<b>Código de muestra</b>	M11	<b>Fecha</b>	03/04/2021	<b>Responsable</b>	Greta Cabrera	
<b>Número de Ficha</b>	11	<b>Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 S</b>	<b>X</b>	806201	<b>Cota</b>	1513 m
<b>Lugar de muestreo</b>	Terraza		<b>Y</b>	9755138		
<b>Tipo de Muestreo</b>	Geoquímica	<b>Masa</b>	1,5 kg	<b>Volumen</b>	1 L	
<b>Fotografía</b>			<b>Descripción</b>			
			En el margen derecho del río se excavó 20 cm de profundidad para ello se movieron las rocas de mayor tamaño. En donde se observó cuarzos, micas, gravas, cuarcitas, cantos rodados y granitos.			
<b>Minerales reconocibles con lupa de mano</b>			<b>Descripción petrográfica</b>			
Cuarzo Micas			Gravas Cuarcitas Cantos rodados Granitos			
<b>Observaciones</b>	En la primera bateada se observó 6 partículas de oro con tamaño de 0,8 milímetros aproximadamente en la batea.					



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
SEDE MORONA SANTIAGO



FICHA DE CAMPO						
<b>Código de muestra</b>	M12	<b>Fecha</b>	10/07/2021	<b>Responsable</b>	Greta Cabrera	
<b>Número de Ficha</b>	12	<b>Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 S</b>	<b>X</b>	805945	<b>Cota</b>	1530 m
<b>Lugar de muestreo</b>	Terraza		<b>Y</b>	9755120		
<b>Tipo de Muestreo</b>	Geoquímica	<b>Masa</b>	1 kg	<b>Volumen</b>	0,75 L	
<b>Fotografía</b>			<b>Descripción</b>			
			En el margen derecho del río se excavó 20 cm de profundidad, para ello se movieron rocas de mayor tamaño. Se observó micas, cuarzos, granitos, cuarcitas, esquistos y gravas.			
<b>Minerales reconocibles con lupa de mano</b>			<b>Descripción petrográfica</b>			
Micas Cuarzos			Granitos Cuarcitas Esquistos Gravas			
<b>Observaciones</b>	En este punto de muestreo no se pudo acceder a la curva interna debido a que estaba rodeada de peñascos. Por la cual se recogió la muestra en la terraza a 15 metros de la curva interna. En la primera bateada se observó 5 partículas de oro con tamaño de 0,8 milímetros aproximadamente en la batea.					



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
SEDE MORONA SANTIAGO



FICHA DE CAMPO						
<b>Código de muestra</b>	M13	<b>Fecha</b>	10/07/2021	<b>Responsable</b>	Greta Cabrera	
<b>Número de Ficha</b>	13	<b>Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 S</b>	<b>X</b>	805739	<b>Cota</b>	1536 m
<b>Lugar de muestreo</b>	Curva Interna		<b>Y</b>	9755050		
<b>Tipo de Muestreo</b>	Geoquímica	<b>Masa</b>	2 kg	<b>Volumen</b>	1,5 L	
<b>Fotografía</b>			<b>Descripción</b>			
			En el margen izquierdo del río se excavó 20 cm de profundidad, se observó arena fina, cuarzos, micas, granitos, gravas y cantos rodados.			
<b>Minerales reconocibles con lupa de mano</b>			<b>Descripción petrográfica</b>			
Cuarzos Micas			Gravas Granitos Cantos rodados			
<b>Observaciones</b>	Se accedió a este punto de muestreo por medio de un cable que se encuentra sobre el río, se pasó al margen izquierdo del río con toda la seguridad pertinente. En la primera bateada se observó 10 partículas de oro con tamaños entre 0,5 a 1 milímetro aproximadamente en la batea.					



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
SEDE MORONA SANTIAGO**



FICHA DE CAMPO						
<b>Código de muestra</b>	M14	<b>Fecha</b>	10/07/2021	<b>Responsable</b>	Greta Cabrera	
<b>Número de Ficha</b>	14	<b>Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 S</b>	X	805537	<b>Cota</b>	1539 m
<b>Lugar de muestreo</b>	Curva Interna		Y	9754928		
<b>Tipo de Muestreo</b>	Geoquímica	<b>Masa</b>	1,5 kg	<b>Volumen</b>	1 L	
<b>Fotografía</b>			<b>Descripción</b>			
			<p>En el margen derecho del río se excavó 20 cm de profundidad se observó arena fina, micas, cuarzo, gravas, granito, cuarcitas, gneis y cantos rodados.</p>			
<b>Minerales reconocibles con lupa de mano</b>			<b>Descripción petrográfica</b>			
Cuarzo Micas			Gravas Granito Cuarcitas Gneis Cantos rodados			
<b>Observaciones</b>	En la primera bateada no se observó partículas de oro.					



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
SEDE MORONA SANTIAGO



FICHA DE CAMPO						
<b>Código de muestra</b>	M15	<b>Fecha</b>	10/07/2021	<b>Responsable</b>	Greta Cabrera	
<b>Número de Ficha</b>	15	<b>Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 S</b>	<b>X</b>	805439	<b>Cota</b>	1542 m
<b>Lugar de muestreo</b>	Curva Interna		<b>Y</b>	9754604		
<b>Tipo de Muestreo</b>	Geoquímica	<b>Masa</b>	2 kg	<b>Volumen</b>	1,5 L	
<b>Fotografía</b>			<b>Descripción</b>			
			En el margen derecho del río se excavó 20 cm de profundidad se observó arcillas, limos, micas, gravas, granitos y esquistos.			
<b>Minerales reconocibles con lupa de mano</b>			<b>Descripción petrográfica</b>			
Micas Arcillas Limos			Gravas Granitos Esquistos			
<b>Observaciones</b>	A 8 metros más arriba estuvo un deslave de un tamaño moderado, por lo cual la muestra tuvo presencia de sedimentos del suelo. En la primera bateada se observó 14 partículas de oro con tamaños entre 1 a 2 milímetros aproximadamente en la batea.					



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
SEDE MORONA SANTIAGO**



FICHA DE CAMPO						
<b>Código de muestra</b>	M16	<b>Fecha</b>	10/07/2021	<b>Responsable</b>	Greta Cabrera	
<b>Número de Ficha</b>	16	<b>Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 S</b>	<b>X</b>	805566	<b>Cota</b>	1530 m
<b>Lugar de muestreo</b>	Curva Interna		<b>Y</b>	9754407		
<b>Tipo de Muestreo</b>	Geoquímica	<b>Masa</b>	2 kg	<b>Volumen</b>	1,5 L	
<b>Fotografía</b>			<b>Descripción</b>			
			<p>En la margen izquierda del río se excavó 20 cm de profundidad, se observó micas, cuarzos, gravas, cantos rodados, cuarcitas y granitos.</p>			
<b>Minerales reconocibles con lupa de mano</b>			<b>Descripción petrográfica</b>			
<p>Micas Cuarzos</p>			<p>Gravas Cantos rodados Cuarcitas Granitos</p>			
<b>Observaciones</b>	<p>Se accedió a este punto de muestreo por medio de un cable que se encuentra sobre el río, se pasó al margen izquierdo del río con toda la seguridad pertinente. En la curva del río existe peñas lo que dificultó el acceso, por eso se tomó la muestra 15 metros más debajo de la curva. En la primera bateada se observó 3 partículas de oro con tamaños de 0,8 milímetros aproximadamente en la batea. En la recolección de la muestra estaba lloviznando.</p>					



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**SEDE MORONA SANTIAGO**

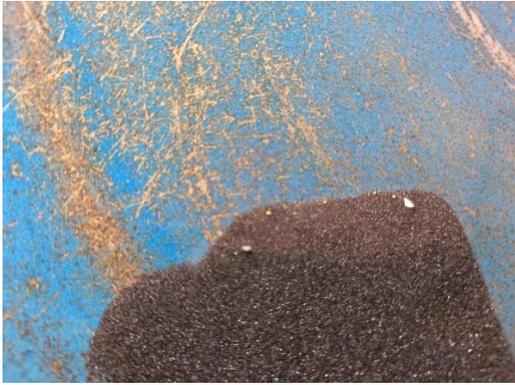


FICHA DE CAMPO					
<b>Código de muestra</b>	M17	<b>Fecha</b>	10/07/2021	<b>Responsable</b>	Greta Cabrera
<b>Número de Ficha</b>	17	<b>Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 S</b>	<b>X</b>	805318	<b>Cota</b> 1555 m
<b>Lugar de muestreo</b>	Terraza		<b>Y</b>	9754071	
<b>Tipo de Muestreo</b>	Geoquímica	<b>Masa</b>	2 kg	<b>Volumen</b>	1,5 L
<b>Fotografía</b>			<b>Descripción</b>		
			<p>En el margen derecho del río se excavó 20 cm de profundidad, se movió las rocas de mayor tamaño, para extraer los sedimentos, se observó micas, cuarzos, gravas, granitos, cuarcitas y cantos rodados.</p>		
<b>Minerales reconocibles con lupa de mano</b>			<b>Descripción petrográfica</b>		
<p>Micas Cuarzos</p>			<p>Gravas Granito Cuarcitas Cantos rodados</p>		
<b>Observaciones</b>	<p>En la primera bateada se observó 7 partículas de oro con tamaños entre 0,7 a 1 milímetro aproximadamente en la batea. En la recolección de la muestra estaba lloviznando.</p>				



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
SEDE MORONA SANTIAGO



FICHA DE CAMPO						
<b>Código de muestra</b>	M18	<b>Fecha</b>	10/07/2021	<b>Responsable</b>	Greta Cabrera	
<b>Número de Ficha</b>	18	<b>Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 S</b>	<b>X</b>	804912	<b>Cota</b>	1557 m
<b>Lugar de muestreo</b>	Curva Interna		<b>Y</b>	9754111		
<b>Tipo de Muestreo</b>	Geoquímica	<b>Masa</b>	1,5 kg	<b>Volumen</b>	1 L	
<b>Fotografía</b>			<b>Descripción</b>			
			En el margen derecho del río se excavó 30 cm de profundidad, se observó arena fina, micas, cuarzos, gravas, granitos y cuarcitas.			
<b>Minerales reconocibles con lupa de mano</b>			<b>Descripción petrográfica</b>			
Micas Cuarzos			Gravas Granitos Cuarcitas			
<b>Observaciones</b>	En la primera bateada se observó 13 partículas de oro con tamaños entre 0,6 a 1 milímetro aproximadamente en la batea. En la recolección de la muestra estaba lloviendo.					



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**SEDE MORONA SANTIAGO**



FICHA DE CAMPO						
<b>Código de muestra</b>	M19	<b>Fecha</b>	10/07/2021	<b>Responsable</b>	Greta Cabrera	
<b>Número de Ficha</b>	19	<b>Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 S</b>	<b>X</b>	804624	<b>Cota</b>	1561,4 m
<b>Lugar de muestreo</b>	Terraza		<b>Y</b>	9754015		
<b>Tipo de Muestreo</b>	Geoquímica	<b>Masa</b>	1,5 kg	<b>Volumen</b>	1 L	
<b>Fotografía</b>			<b>Descripción</b>			
			<p>En el margen derecho del río se excavó 20 cm de profundidad, se observó raíces con presencia de arcillas, granitos, cuarcitas y cantos rodados. Cuando se realizó el lavado con la batea se observó arena fina, cuarzos, micas y gravas.</p>			
<b>Minerales reconocibles con lupa de mano</b>			<b>Descripción petrográfica</b>			
<p align="center">Arcillas Micas Cuarzos</p>			<p align="center">Gravas Granitos Cuarcitas Cantos rodados</p>			
<b>Observaciones</b>	<p>En la primera bateada se observó 17 partículas de oro con tamaños entre 1 a 2 milímetros aproximadamente en la batea. En la recolección de la muestra estaba lloviendo.</p>					



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
SEDE MORONA SANTIAGO



FICHA DE CAMPO						
<b>Código de muestra</b>	M20	<b>Fecha</b>	10/07/2021	<b>Responsable</b>	Greta Cabrera	
<b>Número de Ficha</b>	20	<b>Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 S</b>	<b>X</b>	803958	<b>Cota</b>	1565 m
<b>Lugar de muestreo</b>	Terraza		<b>Y</b>	9753840		
<b>Tipo de Muestreo</b>	Geoquímica	<b>Masa</b>	2 kg	<b>Volumen</b>	1,5 L	
<b>Fotografía</b>			<b>Descripción</b>			
			En el margen derecho del río se excavó 20 cm de profundidad, se observó arena fina, micas, cuarzos, gravas, granitos, cuarcitas, esquistos y cantos rodados.			
<b>Minerales reconocibles con lupa de mano</b>			<b>Descripción petrográfica</b>			
Micas Cuarzos			Gravas Granitos Cuarcitas Esquistos Cantos rodados			
<b>Observaciones</b>	En la primera bateada no se observó partículas de oro. En la recolección de la muestra estaba lloviendo.					

# ANEXO I: REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO

<p><b>LABORATORIO QUÍMICO</b> De Las Malvas, EL5-142 y de los Perales Sector Montserratín - Quito - Ecuador</p> <p>Código de Reporte: 060-20210706 Fecha de Recepción: 27-07-2021 Fecha de Entrega: 12-08-2021 Localidad de Ensayo: Sector Montserratín - Quito - Ecuador</p>	<p><b>INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA Y ENERGÉTICA</b> REPORTE DE RESULTADOS</p>	 <p><b>IIGE</b> Instituto de Investigación Geológica y Energética</p>	 <p><b>SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO</b> Acreditación N° SAE LEN 20-012 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
		<p>Cliente: *Nombre del contacto: Greta Cabrera *Información del contacto: Greta Cabrera *Matriz: greta.cabrera@esposh.edu.ec Sedimento</p>	
<p><b>MÉTODO: PREPARACIÓN FÍSICO-QUÍMICO DE MUESTRAS PARA DETERMINACIÓN DE ORO POR ENSAYO AL FUEGO (IN-EN-0524, REFERENCIA: ASTM E1335)</b> <b>DETERMINACIÓN DE ORO POR ABSORCIÓN ATÓMICA (PR-EN-0554, REFERENCIA: SM 3111)</b></p>			
*MUESTRA	CÓDIGO INTERNO	Au CONCENTRACIÓN (mg/kg)	Fecha de fin del ensayo
M01	060-20210706 S1	4,175	11-08-2021
M02	060-20210706 S2	1,207	
M03	060-20210706 S3	<0,033	
M04	060-20210706 S4	27,345	
M05	060-20210706 S5	0,239	
M06	060-20210706 S6	0,037	
M07	060-20210706 S7	26,900	
M08	060-20210706 S8	0,953	
M09	060-20210706 S9	2,614	
M10	060-20210706 S10	5,610	
M11	060-20210706 S11	0,097	
M12	060-20210706 S12	0,065	
M13	060-20210706 S13	1,541	
M14	060-20210706 S14	<0,033	
M15	060-20210706 S15	3,593	
M16	060-20210706 S16	<0,033	
M17	060-20210706 S17	0,090	
M18	060-20210706 S18	0,130	
M19	060-20210706 S19	2,957	
M20	060-20210706 S20	<0,033	

**NOTAS:**  
Las muestras fueron proporcionadas por el cliente.  
La información de las muestras fue proporcionada por el cliente y puede afectar la validez de los resultados.  
Los resultados aquí presentados solo están relacionados con la porción de ensayo.  
El cliente puede solicitar información adicional como la incertidumbre de medición en el caso de requerirlo.  
Este informe no se puede reproducir parcialmente sin la autorización del Laboratorio Químico.  
\*Información suministrada por el cliente



Elaborado por el técnico responsable por:  
**DIEGO ALEJANDRO BARONA DIAZ**

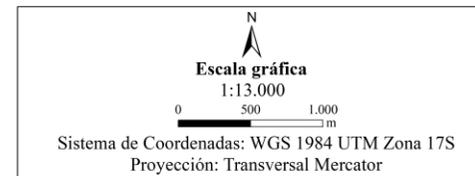
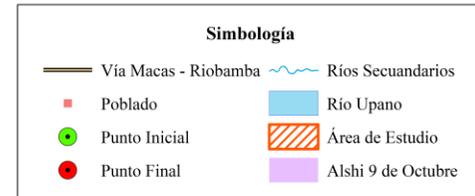
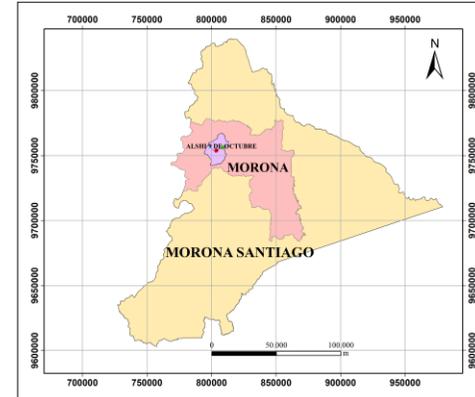
Autorizado por: \_\_\_\_\_  
Ing. Diego Barona  
Responsable Técnico del Laboratorio Químico

Código de formato: RE-GE-0702  
Versión del formato: 2.0  
Aprobación de formato desde: 14/06/2021

FIN DEL INFORME

ANEXO J: MAPA DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

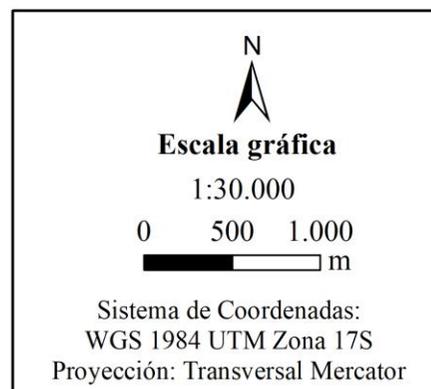
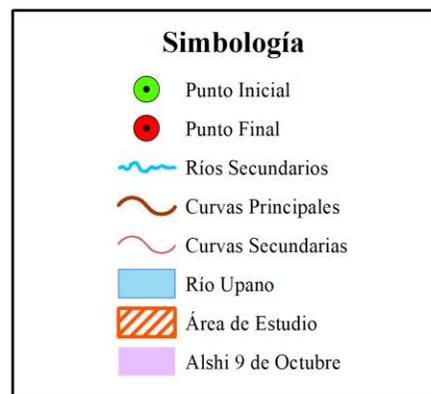
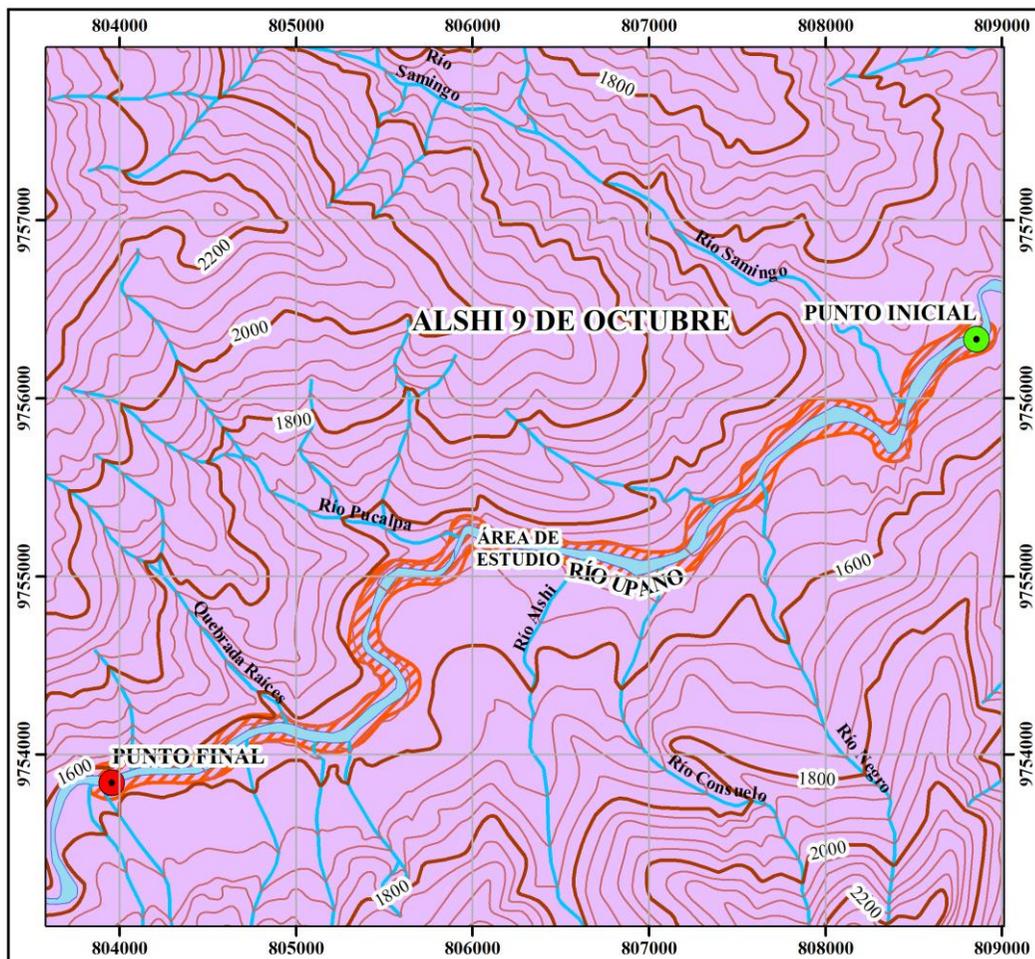
MAPA DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO



<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> SEDE MORONA SANTIAGO			
Realizado por:	Greta Cabrera	Fecha:	5/7/2021
Revisado por:	Ing. MSc. Jenny Granja		

ANEXO K: MAPA TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

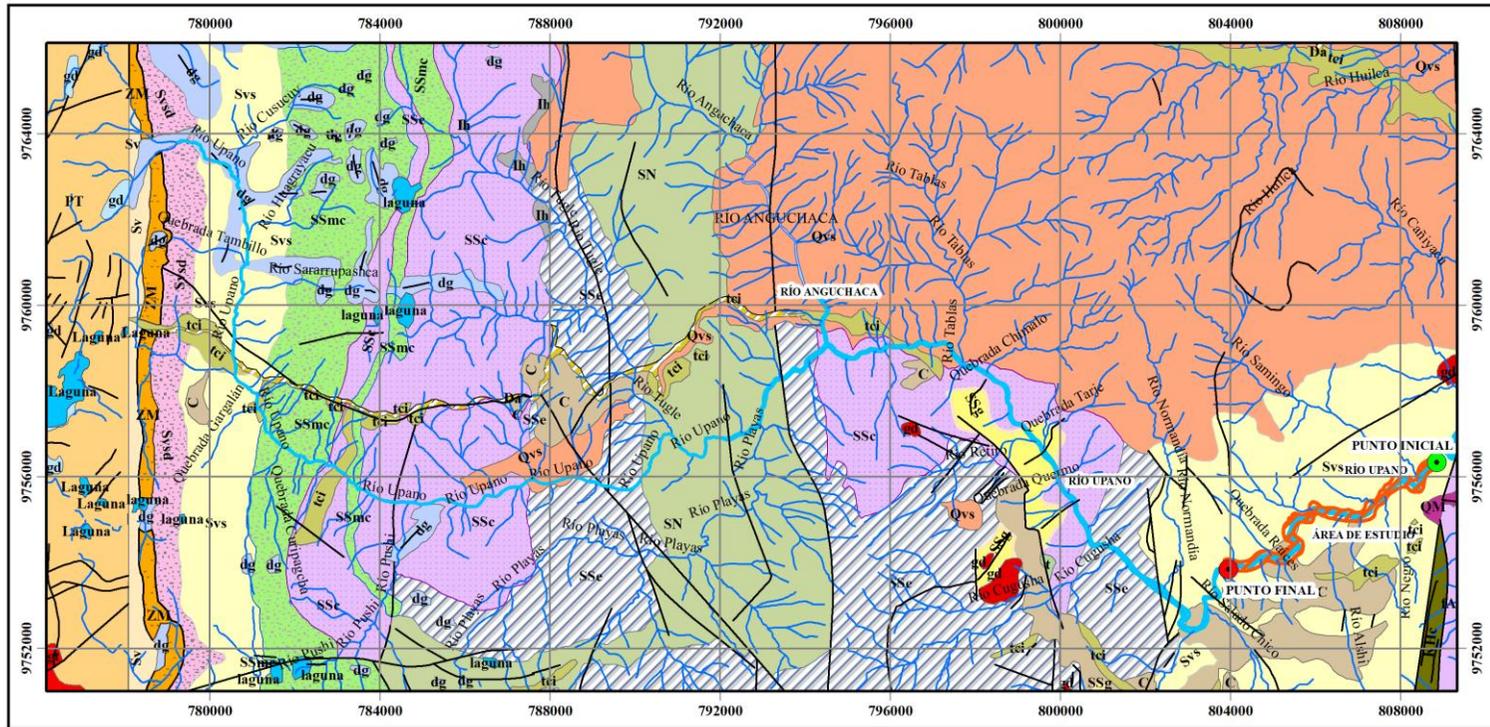
## MAPA TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO SEDE MORONA SANTIAGO			
Realizado por:	Greta Cabrera	Fecha:	5/7/2021
Revisado por:	Ing. MSc. Jenny Granja		

ANEXO L: MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

MAPA GEOLÓGICO LOCAL



**Simbología**

- Punto Inicial
- Punto Final
- Fallas
- ~ Rios Secundarios
- Área de Estudio
- Río Upano
- Lagunas

**Legenda**

<span style="border: 1px solid lightblue; padding: 2px;"> </span> gd Depósito Glacial	<span style="border: 1px solid orange; padding: 2px;"> </span> Qvs Depósitos volcánicos del Sangay	<span style="border: 1px solid orange; padding: 2px;"> </span> ZM Unidad Tectónica	<span style="border: 1px solid purple; padding: 2px;"> </span> SSc Cuarzitas bandeadas y esquistos negros
<span style="border: 1px solid orange; padding: 2px;"> </span> PT Formación Tarqui	<span style="border: 1px solid lightblue; padding: 2px;"> </span> dg Depósitos glaciares	<span style="border: 1px solid orange; padding: 2px;"> </span> Sv Serie volcánica	<span style="border: 1px solid purple; padding: 2px;"> </span> SSe Esquistos negros y cuarzitas bandeadas
<span style="border: 1px solid red; padding: 2px;"> </span> gt Tonalita	<span style="border: 1px solid brown; padding: 2px;"> </span> C Coluviales	<span style="border: 1px solid purple; padding: 2px;"> </span> Svsd Rocas detriticas	<span style="border: 1px solid green; padding: 2px;"> </span> SN Serie Núcleo Anticlinorial
<span style="border: 1px solid grey; padding: 2px;"> </span> lh Lahares	<span style="border: 1px solid yellow; padding: 2px;"> </span> Da Depósito Aluvial	<span style="border: 1px solid yellow; padding: 2px;"> </span> Svs Rocas volcánicas	<span style="border: 1px solid purple; padding: 2px;"> </span> fA Formación Abanico con andalucita
<span style="border: 1px solid green; padding: 2px;"> </span> t Terrazas	<span style="border: 1px solid purple; padding: 2px;"> </span> QM Formación Mera	<span style="border: 1px solid yellow; padding: 2px;"> </span> SSg Metagrawacas	<span style="border: 1px solid red; padding: 2px;"> </span> gd Granodiorita
<span style="border: 1px solid green; padding: 2px;"> </span> t Terrazas Colgantes e Imbricadas	<span style="border: 1px solid green; padding: 2px;"> </span> KHe Formación Hollin	<span style="border: 1px solid green; padding: 2px;"> </span> SSmc Cuarzitas macizas	

N

**Escala gráfica**

1:125.000

2.000 4.000

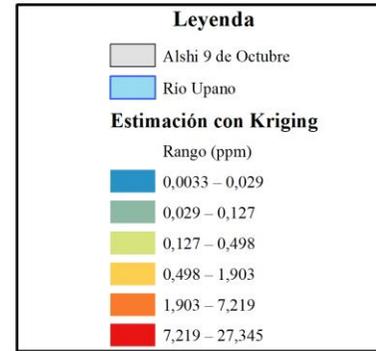
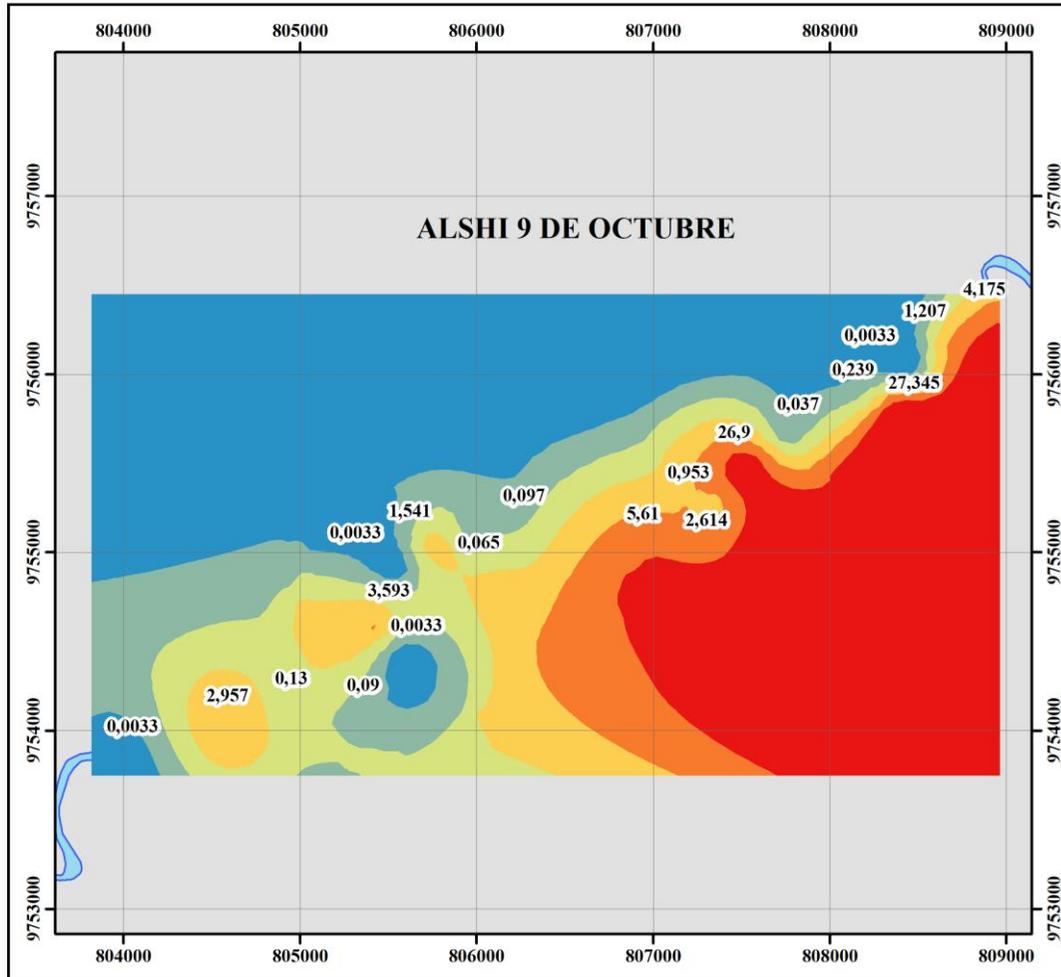
m

Sistema de Coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zona 17S  
Proyección: Transversal Mercator

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO SEDE MORONA SANTIAGO			
Realizado por:	Greta Calera	Fecha:	5/7/2021
Revisado por:	Ing. MSc. Jenny Graña		

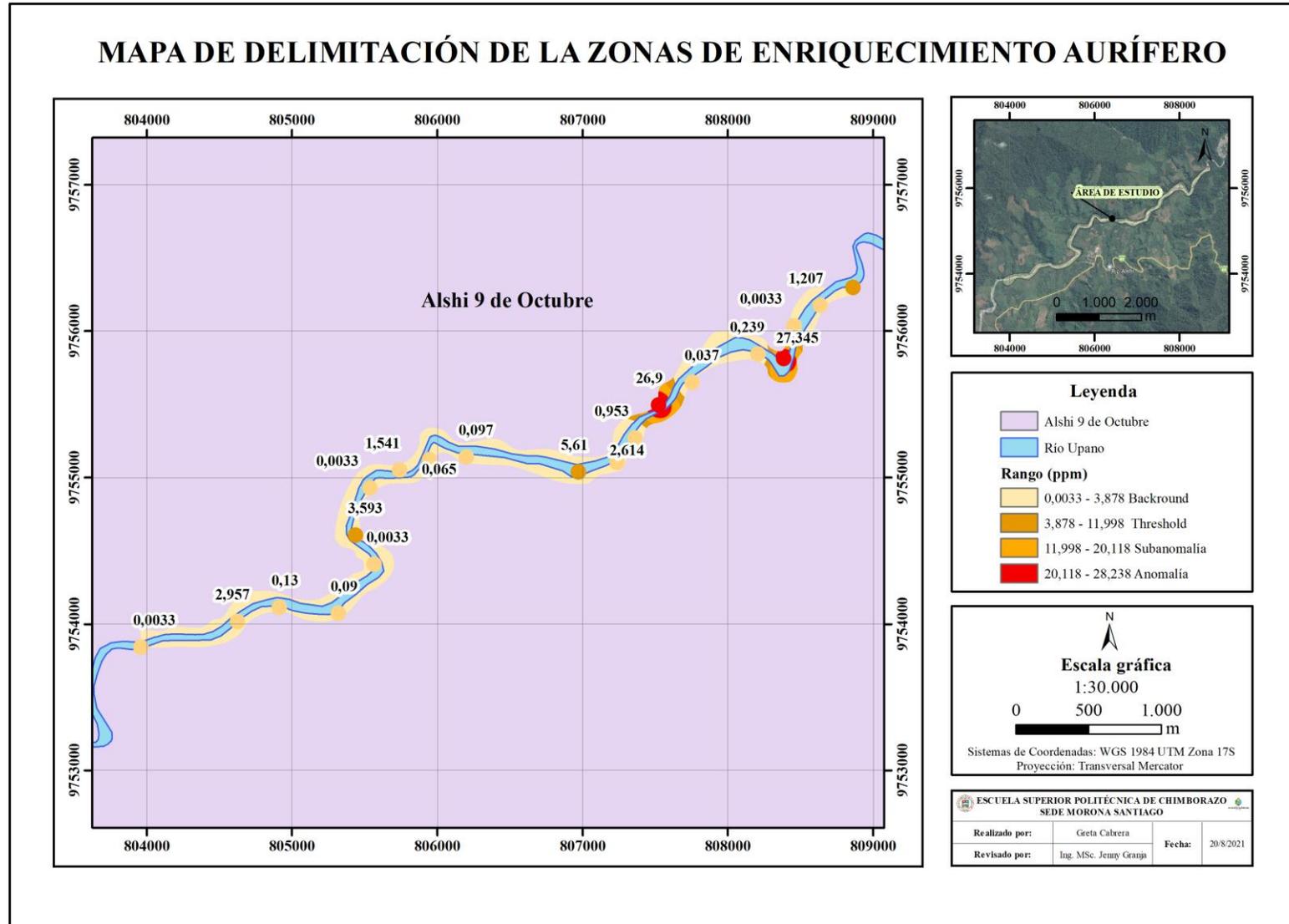
ANEXO M: MAPA DE ESTIMACIÓN GEOESTADÍSTICA MEDIANTE KRIKING

MAPA DE ESTIMACIÓN GEOESTADÍSTICA MEDIANTE KRIGING



Realizado por:	Greta Cabrera	Fecha:	18/8/2021
Revisado por:	Ing. MSc. Jenny Graña		

ANEXO N: MAPA DE DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE POTENCIAL AURÍFERO





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS  
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS  
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

FECHA DE ENTREGA: 10/02/2022

INFORMACIÓN DE LA AUTORA

NOMBRES – APELLIDOS: GRETA LETICIA CABRERA CHUCAY

INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

FACULTAD: RECURSOS NATURALES

CARRERA: MINAS

TÍTULO A OPTAR: INGENIERA EN MINAS

F. ANALISTA DE BIBLIOTECA RESPONSABLE:

Leda. INÉS ZAPATA ZUMÁRRAGA Mgtr.

Inés  
Zapata

Formado digitalmente por Inés Zapata  
DNI: 40019632 Zapata  
gretaleticacabrera@esPOCH.edu.ec  
in@esPOCH.edu.ec  
in@esPOCH.edu.ec  
Módulo: Firmas electrónicas  
Documento:  
Fecha: 2022-02-10  
10:48:08:02



10-02-2022  
1675-DBRA-UTP-2021