

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

CARRERA DE GEOLOGÍA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

ORO ALUVIAL Y ASOCIACIÓN MINERAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO UMBE, CANTÓN QUINSALOMA, PROVINCIA DE LOS RÍOS.

AUTORES: TONY STEVEN BÓSQUEZ OCAMPO

DANIEL ALEXANDER TELLO GORDILLO

TUTOR: RICHARD BANDA GAVILANES, PhD.

GUAYAQUIL - ECUADOR

MARZO - 2023



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

CARRERA DE GEOLOGÍA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

ORO ALUVIAL Y ASOCIACIÓN MINERAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO UMBE, CANTÓN QUINSALOMA, PROVINCIA DE LOS RÍOS.

AUTORES: TONY STEVEN BÓSQUEZ OCAMPO

DANIEL ALEXANDER TELLO GORDILLO

TUTOR: RICHARD BANDA GAVILANES, PhD.

GUAYAQUIL - ECUADOR

MARZO - 2023

ANEXO V. - CERTIFICADO DEL DOCENTE - TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

FACULTAD CIENCIAS NATURALES

CARRERA GEOLOGÍA

Guayaquil, marzo 09 del 2023

Ph.D. JOHNI BUSTAMANTE ROMERO. DIRECTOR DE LA CARRERA GEOLOGÍA FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Integración Curricular ORO ALUVIAL Y ASOCIACIÓN MINERAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO UMBE, CANTÓN QUINSALOMA, PROVINCIA DE LOS RÍOS, de los estudiantes TONY STEVEN BÓSQUEZ OCAMPO y DANIEL ALEXANDER TELLO GORDILLO, indicando que han cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del Trabajo de Titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de Trabajo de Integración Curricular, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que los estudiantes están aptos para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,

Richard Banda Gavilanes Ph.D. C.I.: 1801923002

Fecha: marzo 09 del 2023

ANEXO VI.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado Richard Banda Gavilanes, Ph.D. Tutor del Trabajo de Integración Curricular certifico que el presente trabajo ha sido elaborado por **Tony Steven Bósquez Ocampo** y **Daniel Alexander Tello Gordillo**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingenieros Geólogos.

Se informa que el Trabajo de integración curricular: ORO ALUVIAL Y ASOCIACIÓN MINERAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO UMBE, CANTÓN QUINSALOMA, PROVINCIA DE LOS RÍOS, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagió TURNITIN quedando el 0% de coincidencia.

ORO ALUVIAL Y ASOCIACIÓN MINERAL DE LA CUENCA	
HIDROGRÁFICA DEL RÍO UMBE, CANTÓN QUINSALOMA,	
PROVINCIA DE LOS RÍOS	

INFORME DE ORIGINALIDAD)		
0% INDICE DE SIMILITUD	0% FUENTES DE INTERNET	0% PUBLICACIONES	0% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
FUENTES PRIMARIAS			
Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 20 words
Excluir bibliografía	Activo		

https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?lang=es&o=2028116729&s=1&u=1133714842

Richard Banda Gavilanes Ph.D. C.I.: 1801923002

Fecha: marzo 09 del 2023

ANEXO X.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR			
ΤΊΤυLΟ Υ SUBΤΊΤυLO:	ORO ALUVIAL Y ASOCIACIÓN MINERAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO UMBE, CANTÓN QUINSALOMA, PROVINCIA DE LOS RÍOS		
*	*		
AUTOR (ES):	BÓSQUEZ OCAMPO TONY STEVEN; TELLO GORDILLO DANIEL ALEXANDER		
REVISOR / TUTOR:	NARANJO FREIRE CLELIA / BANDA GAVILANES RICHARD		
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL		
UNIDAD/FACULTAD:	CIENCIAS NATURALES		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:	INGENIEROS GEÓLOGOS		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	MARZO DE 2023 No. DE PÁGINAS: 120		
ÁREAS TEMÁTICAS:	CIENCIAS GEOLÓGICAS		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	ORO ALUVIAL, CONCENTRADOS PESADOS, ANÁLISIS MINEROGRÁFICO, PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS, CUENCA HIDROGRÁFICA.		

RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):

La investigación consistió en establecer la presencia de oro aluvial en la cuenca hidrográfica del río Umbe, cantón Quinsaloma, provincia de Los Ríos. Se realizó un reconocimiento geológico-geomorfológico y se tomaron 20 muestras de material areno-gravoso, que fue lavado y concentrado mediante bateo. Luego del secado, pesaje y la separación magnética se identificaron los minerales mediante el estereoscopio binocular. Se determinaron parámetros morfométricos del oro tales como diámetro equivalente (Deq), índice de aplastamiento (IA) e índice de esfericidad (S). Se detectaron 17 partículas de oro, distribuidas mayormente en la llanura de inundación y terrazas aluviales, muy aplastadas y finas, tipo "polvo de oro" (< 0,27 mm); tienen textura rugosa y forma elipsoidal, en menor medida discoidal. Mediante análisis minerográfico (3 briquetas) se identificaron minerales metálicos como magnetita, ilmenita, hematita, esfena y trazas de sulfuros (pirita), además de translúcidos como zircón, epidota y hornblenda. La

asociación mineralógica observada representa las ocurrencias minerales del terreno Macuchi: epitermales, VMS y pórfidos. Se propone un área potencial para trabajos geoquímicos detallados alrededor de la muestra TIC-BT011, y aguas arriba de la misma.

The investigation established the presence of alluvial gold in the hydrographic basin of the Umbe River, Quinsaloma Canton, Los Ríos Province. A geological-geomorphological reconnaissance was carried out and 20 samples of sandy-gravel material were taken, which were washed and concentrated by batting. After drying, weighing and magnetic separation, the minerals were identified using a binocular stereoscope. Gold morphometric parameters such as equivalent diameter (Deq), flattening index (IA), and sphericity index (S) were determined. Seventeen gold particles were detected, primarily distributed in the floodplain and alluvial terraces, very flattened and fine, "gold dust" type (< 0.27 mm); they have a rough texture and an ellipsoidal shape, to a lesser extent discoidal. Through minerographic analysis (3 briquettes), metallic minerals were identified such as magnetite, ilmenite, hematite, sphene, and traces of sulfides (pyrite), as well as translucent minerals like zircon, epidote, and hornblende. The observed mineralogical association represents the mineral occurrences of the Macuchi terrane: epithermal, VMS, and porphyry. A potential area for detailed geochemical work is proposed around and upstream of the TIC-BT011 sample.

ADJUNTO PDF:	SI X	NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono:	E-mail:
	0959729449 0996817030	tonyocampo8@gmail.com danny_tellog@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Facultad de Ciencias Naturales	
	Teléfono: (04) 308-077	
	E-mail: info@fccnnugye.com	

ANEXO XI.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES ACADÉMICOS

FACULTAD CIENCIAS NATURALES

CARRERA GEOLOGÍA

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES ACADÉMICOS

Nosotros, TONY STEVEN BÓSQUEZ OCAMPO y DANIEL ALEXANDER TELLO GORDILLO, con C.I. No. 1207324698 y C.I. No. 0250131349, certificamos que los contenidos desarrollados en este trabajo de integración curricular, cuyo título es ORO ALUVIAL Y ASOCIACIÓN MINERAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO UMBE, CANTÓN QUINSALOMA, PROVINCIA DE LOS RÍOS, son de nuestra absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICODE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizamos la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

Tony Steven Bósquez Ocampo C.I.: 1207324698

Daniel Alexander Tello Gordillo C.I.: 0250131349

DEDICATORIA

A mi familia, especialmente a mi hermano Jefferson Bósquez quién ahora posee la responsabilidad de superarme académicamente.

Tony Steven Bósquez Ocampo

AGRADECIMIENTO

Quiero iniciar agradeciendo a mis padres Tony Bósquez Albán y Flor Ocampo Freire quienes me han brindado su apoyo de manera incondicional para poder cumplir mis objetivos personales y académicos.

En el transcurso de mi carrera conocí personas que se fueron convirtiendo en mis amigos y otros en mis mejores amigos, por eso, es motivo de agradecer a Joao Córdova y Stephany Pachay quienes durante todo este tiempo fueron las personas que me brindaron su amistad absoluta, estuvieron allí en los buenos y malos momentos.

Es grato agradecer a la Ing. María Fernanda Murillo por ser quien me dio la idea e iniciativa para realizar este trabajo de investigación, y a la vez ser un apoyo durante mi carrera universitaria.

Resalto mi agradecimiento a Daniel Tello por ser mi compañero para la elaboración del trabajo de integración curricular y amigo de aventuras durante la etapa de campo.

De igual manera, mi agradecimiento a nuestro tutor Ing. Richard Banda quien con sus ideas y correcciones sacamos adelante este trabajo.

No quiero terminar sin antes ratificar mi total agradecimiento a la Ing. Tania Guevara por ser nuestra mentora principal en todo este proceso.

Finalmente quedo muy agradecido con cada uno de mis profesores de universidad, al igual que amigos de clase y futuros colegas.

Tony Steven Bósquez Ocampo

DEDICATORIA

A mi familia, especialmente a mi madre y abuela, quienes con todo el cariño me han apoyado incondicionalmente desde mis primeros pasos para cumplir con mis metas y objetivos.

Daniel Alexander Tello Gordillo

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiarme en todo camino. A mi familia, por brindarme todo su amor, esfuerzo y sacrificio con el fin de cumplir mis metas; a mi querida Mikaela, por apoyarme en todo momento y hacer de mí una mejor persona.

A mis profesores, Ing. Tania Guevara y al Ing. Jorge Alonso, porque además de brindarnos su apoyo, con sus enseñanzas sembraron en mí un gran interés por esta apasionante carrera; a mi profesora Ing. Clelia Naranjo, por estar dispuesta a resolver cualquier duda, por sus consejos sensatos y enseñanzas motivadoras; a nuestro tutor Ing. Richard Banda, por compartir sus conocimientos y guiarnos en este trabajo.

A Tony Bósquez, por su dedicación y buena vibra, lo que hizo de este trabajo una experiencia gratificante haberlo realizado juntos.

También a todos los profesores, compañeros y amigos que me extendieron la mano para brindarme su ayuda y enseñanzas en todo este transcurso, ¡gracias!

Daniel Alexander Tello Gordillo

ANEXO XII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)

FACULTAD CIENCIAS NATURALES

CARRERA GEOLOGÍA

ORO ALUVIAL Y ASOCIACIÓN MINERAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO UMBE, CANTÓN QUINSALOMA, PROVINCIA DE LOS RÍOS.

Autores: Tony Steven Bósquez Ocampo

Daniel Alexander Tello Gordillo

Tutor: Richard Banda Gavilanes, PhD.

RESUMEN

La investigación consistió en establecer la presencia de oro aluvial en la cuenca hidrográfica del río Umbe, cantón Quinsaloma, provincia de Los Ríos. Se realizó un reconocimiento geológico-geomorfológico y se tomaron 20 muestras de material areno-gravoso, que fue lavado y concentrado mediante bateo. Luego del secado, pesaje y la separación magnética se identificaron los minerales mediante el estereoscopio binocular. Se determinaron parámetros morfométricos del oro tales como diámetro equivalente (Deg), índice de aplastamiento (IA) e índice de esfericidad (S). Se detectaron 17 partículas de oro, distribuidas mayormente en la llanura de inundación y terrazas aluviales, muy aplastadas y finas, tipo "polvo de oro" (< 0.27 mm); tienen textura rugosa y forma elipsoidal, en menor medida discoidal. Mediante análisis minerográfico (3 briquetas) se identificaron minerales metálicos como magnetita, ilmenita, hematita, esfena y trazas de sulfuros (pirita), además de translúcidos como zircón, epidota y hornblenda. La asociación mineralógica observada representa las ocurrencias minerales del terreno Macuchi: epitermales, VMS y pórfidos. Se propone un área potencial para trabajos geoquímicos detallados alrededor de la muestra TIC-BT011, y aguas arriba de la misma.

Palabras Claves: Oro aluvial, concentrados pesados, análisis minerográfico, parámetros morfométricos, cuenca hidrográfica.

ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR (INGLÉS)

FACULTAD CIENCIAS NATURALES

CARRERA GEOLOGÍA

ALLUVIAL GOLD AND MINERAL ASSOCIATION OF THE HYDROGRAPHIC BASIN OF THE UMBE RIVER, QUINSALOMA CANTON, PROVINCE OF LOS RÍOS.

Author: Tony Steven Bósquez Ocampo

Daniel Alexander Tello Gordillo

Advisor: Richard Banda Gavilanes, PhD.

ABSTRACT

The investigation established the presence of alluvial gold in the hydrographic basin of the Umbe River, Quinsaloma Canton, Los Ríos Province. A geologicalgeomorphological reconnaissance was carried out and 20 samples of sandy-gravel material were taken, which were washed and concentrated by batting. After drying, weighing and magnetic separation, the minerals were identified using a binocular stereoscope. Gold morphometric parameters such as equivalent diameter (Deg). flattening index (IA), and sphericity index (S) were determined. Seventeen gold particles were detected, primarily distributed in the floodplain and alluvial terraces, very flattened and fine, "gold dust" type (< 0.27 mm); they have a rough texture and an ellipsoidal shape, to a lesser extent discoidal. Through minerographic analysis (3 briquettes), metallic minerals were identified such as magnetite, ilmenite, hematite, sphene, and traces of sulfides (pyrite), as well as translucent minerals like zircon, epidote, and hornblende. The observed mineralogical association represents the mineral occurrences of the Macuchi terrane: epithermal, VMS, and porphyry. A potential area for detailed geochemical work is proposed around and upstream of the TIC-BT011 sample.

Keywords: Alluvial gold, heavy concentrates, mineragraphic analysis, morphometric parameters, hydrographic basin.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	l	V
ABSTRAC	Г	vi
CAPÍTULO	1	1
Introducc	ción	1
1.1 Ob	jetivos	3
Objetiv	vo General	3
Objetiv	vos Específicos	3
1.2 Ub	icación del área de estudio	3
1.2.1	Ubicación hidrográfica	3
1.2.2	Ubicación geográfica y accesos	4
1.3 An	tecedentes	6
1.4 Ca	racterísticas del área de estudio	8
1.4.1	Actividad de la población	8
1.4.2	Clima	8
1.4.3	Vegetación	9
1.4.4	Relieve	9
1.4.5	Pendiente	9
1.4.6	Precipitaciones	10
1.4.7	Hidrología	11
CAPÍTULO	II	13
2 MARC	O GEOLÓGICO	13
2.1 Pro	ovincia Mineralogénica Occidental	13
Zona mir	neralogénica de la Cordillera Occidental	13
2.2 Ge	ología Regional	14
2.2.1 E	Evolución Tectónica de la Cordillera Occidental	15

	Terreno Pallatanga	.16
	Terreno Macuchi	.16
2	2.2 Estratigrafía de la Cordillera Occidental	.17
	Unidad Pallatanga	.17
	Formación Yunguilla	.17
	Grupo Angamarca	.17
	Formación Apagua	.18
	Formación Pilaló	.18
	Formación Unacota	.18
	Formación Rumi Cruz	.19
	Grupo Saraguro	.19
	Grupo Zumbagua	.19
	Formación Cisarán	.19
2	2.3 Mapa Geológico de la Cordillera Occidental	.20
2	2.4 Ocurrencias Minerales del Terreno Macuchi	.21
	Balzapamba – Telimbela	.23
	Balzapamba – Las Guardias	.23
	Chazo Juan – Telimbela	.23
	Distrito La Plata	.24
2	.3 Geología Local	.24
	Formación Macuchi	.25
	Formación Pisayambo	.26
	Volcánicos Runayacu	.26
	Volcánicos Pangua	.26
	Depósitos aluviales y terrazas	.26
CAF	PÍTULO III	.27
3	MATERIALES Y MÉTODOS	.27

3.1	1 Materiales	27
Ма	ateriales utilizados en el trabajo de oficina	27
Ma	ateriales utilizados en el trabajo de campo	27
Ma	ateriales utilizados en el trabajo de laboratorio	28
3.2	Metodología del trabajo de investigación	28
3.2	2.1 Trabajo de oficina (1ra Etapa)	29
3.2	2.2 Trabajo de campo (2da Etapa)	31
3.2	2.3 Trabajo de laboratorio (3ra etapa)	41
CAPÍT	ULO IV	51
4 RE	ESULTADOS	51
4.1	Reconocimiento geológico	51
4.2	Reconocimiento geomorfológico	55
4.3	Separación y pesaje de fracciones	63
4.4	Presencia de oro aluvial	64
4.5	Asociación mineral identificada en el área de estudio	66
4.6	Morfología del material aurífero	71
4.7	Análisis minerográfico de las secciones pulidas	75
4.8	Zonas potenciales para el desarrollo de trabajos de prospección	geólogo-
geoq	Juímica	78
CAPÍT	ULO V	80
5 DI	SCUSIÓN DE RESULTADOS	80
CONCI	LUSIONES	83
RECO	MENDACIONES	85
BIBLIC	OGRAFÍA	86
ANEXC	DS	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distrito aurífero Daule - Quevedo. Ubicación del río Umbe de Quinsaloma,
Provincia de Los Ríos (modificado de Pillajo, 2010)2
Figura 2: Mapa de ubicación hidrográfica. El nivel 5 referente a la codificación de
Pfafstetter corresponde a la cuenca hidrográfica del río Umbe4
Figura 3: Mapa de ubicación geográfica del área de estudio5
Figura 4: Mapa de accesos al área de estudio6
Figura 5: Establecimientos económicos del cantón Quinsaloma, (Censo
Económico 2010) en (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de
Quinsaloma, 2019)8
Figura 6: Referencia de altitudes (Instituto Geográfico Militar, 2015) en Gobierno
Autónomo Descentralizado Municipal de Quinsaloma (2019)
Figura 7: Mapa de isoyetas del cantón Quinsaloma, provincia de Los Ríos11
Figura 8: Mapa hidrológico del cantón Quinsaloma, provincia Los Ríos12
Figura 9: Mapa metalogénico de la Cordillera Occidental. El área de estudio se
localiza en la parte más baja del flanco oeste de la Cordillera
Figura 10: Zonificación geotectónica de Ecuador (Paladines and Soto, 2010) 15
Figura 11: Sección transversal simplificada de la Cordillera Occidental (Hughes and
Pilatasig, 2002)16
Figura 12: Mapa geológico regional de la Cordillera Occidental. Tomado de la base
de datos del IGM, 201320
Figura 13: Mapa geológico con la ubicación de las ocurrencias minerales. Tomado
de Egüez et al. (2019)21
Figura 14: Mapa geológico local del área de estudio. Tomado de (Henderson and
Endara, 1979)25
Figura 15: Esquema metodológico para el desarrollo del trabajo de investigación
Figura 16: Formato de etiqueta para muestreo
Figura 17: Mapa de la red de muestreo del río Umbe, cantón Quinsaloma, provincia
de Los Ríos
Figura 18: A) Vía de acceso cercana a la cabecera cantonal para la toma de la
muestra TIC-BT001. B) Ingreso por medio de guardarraya para la toma de la

muestra TIC-BT020. Se evidencia que en las partes más bajas los accesos son
más limitados
Figura 19: Reconocimiento en campo de los puntos definidos en el diseño de la
red de muestreo
Figura 20: Selección de herramientas básicas para el bateo (Toscano et al., 2012).
Figura 21: Lavado de los implementos de muestreo para evitar la contaminación
entre muestras
Figura 22: A) Surco vertical en terraza baja para la muestra TIC-BT010. B) Surco
en terraza baja limitada por un horizonte de suelo
Figura 23: A) Excavación en sedimentos activos para la obtención de la muestra
TIC-BT001. B) Excavación aproximada en los accidentes menores
Figura 24: A) Proceso de tamizado. B) Granulometría de fragmentos gruesos. C)
Granulometría de fragmentos finos
Figura 25: Excavación realizada por maquinaria para la muestra TIC-BT01138
Figura 26: Proceso de bateo para la obtención de las muestras
Figura 27: Visualización de la fracción negra de los concentrados pesados40
Eigure 29. Envende y etiquetede de la freezién pagre del concentrado pagede
-igura 26: Envasado y eliquetado de la nacción negra del concentrado pesado.
Figura 20: Envasado y eliquetado de la fracción negra del concentrado pesado.
 Figura 20: Envasado y eliquetado de la fracción negra del concentrado pesado. 41 Figura 29: Esquema metodológico para el trabajo de laboratorio
 Figura 28: Envasado y eliquetado de la fracción negra del concentrado pesado. 41 Figura 29: Esquema metodológico para el trabajo de laboratorio
Figura 28: Envasado y eliquetado de la fracción negra del concentrado pesado.
Figura 28: Envasado y eliquetado de la fracción negra del concentrado pesado.
Figura 28: Envasado y eliquetado de la fracción negra del concentrado pesado.
Figura 28: Envasado y eliquetado de la fracción negra del concentrado pesado.
Figura 28: Envasado y eliquetado de la fracción negra del concentrado pesado. 41 Figura 29: Esquema metodológico para el trabajo de laboratorio. 42 Figura 30: A) Proceso de separación de fracciones. B) Resultado de la separación magnética y no magnética. 43 Figura 31: Pesaje de las fracciones en balanza analítica. 44 Figura 32: Identificación y caracterización mineralógica. 45 Figura 33: Medición morfométrica de las partículas de oro. 46 Figura 34: Medición de diámetros de las partículas, en base a las tres dimensiones ortogonales: a (largo), b (ancho) y c (grosor) (W. C. Krumbein, 1941). 48
Figura 28: Envasado y eliquetado de la fracción negra del concentrado pesado. 41 Figura 29: Esquema metodológico para el trabajo de laboratorio. 42 Figura 30: A) Proceso de separación de fracciones. B) Resultado de la separación magnética y no magnética. 43 Figura 31: Pesaje de las fracciones en balanza analítica. 44 Figura 32: Identificación y caracterización mineralógica. 45 Figura 33: Medición morfométrica de las partículas de oro. 46 Figura 34: Medición de diámetros de las partículas, en base a las tres dimensiones ortogonales: a (largo), b (ancho) y c (grosor) (W. C. Krumbein, 1941). 48 Figura 35: Clasificación de las formas de granos según (Zingg, 1935) 49
Figura 28: Envasado y eliquetado de la fracción negra del concentrado pesado. 41 Figura 29: Esquema metodológico para el trabajo de laboratorio. 42 Figura 30: A) Proceso de separación de fracciones. B) Resultado de la separación magnética y no magnética. 43 Figura 31: Pesaje de las fracciones en balanza analítica. 44 Figura 32: Identificación y caracterización mineralógica. 45 Figura 33: Medición morfométrica de las partículas de oro. 46 Figura 34: Medición de diámetros de las partículas, en base a las tres dimensiones ortogonales: a (largo), b (ancho) y c (grosor) (W. C. Krumbein, 1941). 48 Figura 35: Clasificación de las formas de granos según (Zingg, 1935)
Figura 20: Envasado y eliquetado de la fracción negra del concentrado pesado. 41 Figura 29: Esquema metodológico para el trabajo de laboratorio. 42 Figura 30: A) Proceso de separación de fracciones. B) Resultado de la separación magnética y no magnética. 43 Figura 31: Pesaje de las fracciones en balanza analítica. 44 Figura 32: Identificación y caracterización mineralógica. 45 Figura 33: Medición morfométrica de las partículas de oro. 46 Figura 34: Medición de diámetros de las partículas, en base a las tres dimensiones ortogonales: a (largo), b (ancho) y c (grosor) (W. C. Krumbein, 1941). 48 Figura 35: Clasificación de las formas de granos según (Zingg, 1935) 49 Figura 36: Briquetas realizadas para análisis minerográfico. 50 Figura 37: Decrecimiento granulométrico en tres puntos del río Umbe. A) Recinto
Figura 28: Envasado y eliquetado de la fracción negra del concentrado pesado. 41 Figura 29: Esquema metodológico para el trabajo de laboratorio. 42 Figura 30: A) Proceso de separación de fracciones. B) Resultado de la separación magnética y no magnética. 43 Figura 31: Pesaje de las fracciones en balanza analítica. 44 Figura 32: Identificación y caracterización mineralógica. 45 Figura 33: Medición morfométrica de las partículas de oro. 46 Figura 34: Medición de diámetros de las partículas, en base a las tres dimensiones ortogonales: a (largo), b (ancho) y c (grosor) (W. C. Krumbein, 1941). 48 Figura 35: Clasificación de las formas de granos según (Zingg, 1935) 49 Figura 37: Decrecimiento granulométrico en tres puntos del río Umbe. A) Recinto Balseria B) Recinto Estero de Damas C) Reciento Umbe. A) Recinto
Figura 28: Envasado y eliquetado de la fracción negra del concentrado pesado. 41 Figura 29: Esquema metodológico para el trabajo de laboratorio. 42 Figura 30: A) Proceso de separación de fracciones. B) Resultado de la separación magnética y no magnética. 43 Figura 31: Pesaje de las fracciones en balanza analítica. 44 Figura 32: Identificación y caracterización mineralógica. 45 Figura 33: Medición morfométrica de las partículas de oro. 46 Figura 34: Medición de diámetros de las partículas, en base a las tres dimensiones ortogonales: a (largo), b (ancho) y c (grosor) (W. C. Krumbein, 1941). 48 Figura 35: Clasificación de las formas de granos según (Zingg, 1935) 49 Figura 37: Decrecimiento granulométrico en tres puntos del río Umbe. 50 Figura 38: Dirección suroeste del flujo hídrico del río Umbe en la llanura de
Figura 28: Envasado y eliquetado de la fracción negra del concentrado pesado. 41 Figura 29: Esquema metodológico para el trabajo de laboratorio. 42 Figura 30: A) Proceso de separación de fracciones. B) Resultado de la separación magnética y no magnética. 43 Figura 31: Pesaje de las fracciones en balanza analítica. 44 Figura 32: Identificación y caracterización mineralógica. 45 Figura 33: Medición morfométrica de las partículas de oro. 46 Figura 34: Medición de diámetros de las partículas, en base a las tres dimensiones ortogonales: a (largo), b (ancho) y c (grosor) (W. C. Krumbein, 1941). 48 Figura 35: Clasificación de las formas de granos según (Zingg, 1935) 49 Figura 37: Decrecimiento granulométrico en tres puntos del río Umbe. 50 Figura 38: Dirección suroeste del flujo hídrico del río Umbe en la llanura de inundación. 51

Figura 40: A) Trampa aluvial de cauce - muestra TIC-BT009. B) Trampa de terraza aluvial - muestra TIC-BT017.
Figura 41: Límite del cauce actual y barra interna de cauce para toma de muestra.

Figura 42: A) Formación de terraza baja en el cauce activo para la muestra TIC-BT003. La línea de color anaranjada muestra el límite granulométrico, por encima se encuentra material más grueso como cantos rodados y por debajo sedimentos líticos más finos. B) Por encima de la línea amarilla la formación de suelo y por debajo material areno gravoso para la muestra TIC-BT007......58 Figura 43: Formación de terraza media con una potencia aproximada de 2,20 m. Figura 44: Cauce actual y llanura de inundación......60 Figura 45: Obtención de la muestra TIC-BT019 en un meandro inactivo, ubicada en el recinto Umbe......60 Figura 46: Meandro abandonado, donde se tomó la muestra TIC-BT019......61 Figura 47: Superficie de cono de esparcimiento al sur del área de estudio......61 Figura 49: Cerros testigos identificados en la vía Las Mercedes - San Pedro de Figura 50: Mapa geomorfológico de la cuenca hidrográfica del río Umbe.63 Figura 51: Partículas de oro aluvial encontradas en las distintas muestras.......65 Figura 53: Grano de crisocola, con escasa presencia en los concentrados pesados Figura 54: Grano de clorita bien redondeado, con escasa presencia en los concentrados pesados estudiados......69 Figura 55: Mineral cinabrio......69 Figura 56: Mineral cromita.....70 Figura 57: Mineral hematita botroidal......70 Figura 58: Partículas de oro aluvial.....71 Figura 60: Mediciones morfométricas de largo (a) y ancho (b) de las partículas de Figura 61: Medición morfométrica del grosor (c) de las partículas de oro......72

Figura 62: Comportamiento de la forma de las partículas de oro aluvial del río
Umbe, según Zingg (1935)74
Figura 63: Microfotografías bajo el microscopio petrográfico (luz reflejada) de la
muestra TIC-BT003. Abreviaturas: Hem: hematita, Mag: magnetita, Ilm: ilmenita,
Py: pirita, Hbl: hornblenda, Spn: esfena, Zrn: zircón75
Figura 64: Microfotografías bajo el miscroscopio petrográfico (luz reflejada) de la
muestra TIC-BT012. Abreviaturas: Hem: hematita, Mag: magnetita, Ilm: ilmenita,
Py: pirita, Hbl: hornblenda, Spn: esfena, Zrn: zircón76
Figura 65: Microfotografías bajo el microscopio petrográfico (luz reflejada) de la
muestra TIC-BT018. Abreviaturas: Hem: hematita, Mag: magnetita, Ilm: ilmenita,
Py: pirita, Chr: cromita, Zrn: zircón77
Figura 66: Zonas con presencia de oro aluvial79
Figura 67: Comportamiento del índice de aplastamiento (IA) de las partículas de
oro localizadas en el río Umbe80
Figura 68: Comportamiento del diámetro equivalente (Deq) de las partículas de oro
localizadas a lo largo del río Umbe81
Figura 69: Comportamiento de esfericidad (S) de las partículas encontradas en el
río Umbe

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de los placeres auríferos de Ecuador por métodos de
explotación (Barragán et al., 1991)7
Tabla 2: Principales ocurrencias minerales metálicas del terreno Macuchi, cercanas
al área de estudio. Tomado de Egüez et al. (2019)22
Tabla 3: Clases de formas según Zingg (1935)
Tabla 4: Muestras para la elaboración de briquetas y análisis minerográfico. 50
Tabla 5: Descripción geológica de los puntos de muestreo en el área de estudio.
Tabla 6: Caracterización geomorfológica de los sitios seleccionados
Tabla 7. Resultados del nesaje de las fracciones magnéticas y no magnéticas de
los concentrados pesados obtenidos a lo largo del río Umbe
los concentrados pesados obtenidos a lo largo del río Umbe
Tabla 7: Resultados del pesaje de las indeciones inagricultas y no inagricultas delos concentrados pesados obtenidos a lo largo del río Umbe
Tabla 9: Necisitados del posajo de las inacciones inagricultas y no inagricultas delos concentrados pesados obtenidos a lo largo del río Umbe

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Repositorio fotográfico del trabajo de campo.	90
Anexo 2: Repositorio fotográfico del trabajo de laboratorio.	94
Anexo 3: Datos de coordenadas de los puntos de muestreo	96
Anexo 4: Características físicas de los minerales encontrados en el río Umbe	97
Anexo 5: Medición de los parámetros morfométricos	98
Anexo 6: Propiedades ópticas de los minerales metálicos y translúcio	los
observados en las briquetas1	00

CAPÍTULO I

Introducción

Desde tiempos ancestrales de la sociedad, el ser humano se ha logrado beneficiar de los recursos naturales extraídos a partir de la evolución tecnológica, donde los minerales son el sustento de la sociedad moderna como eje principal de la agricultura, la industria y la economía (Solé, 2004).

En Ecuador, se han generado diferentes tipos de fajas metalogénicas durante el transcurso del tiempo geológico, que han sido conservadas a partir de la ruptura de Pangea. Los yacimientos minerales están relacionados a las asociaciones litotectónicas, en dependencia de la geodinámica existente (Guerrero, 2019).

La producción de oro (Au) en el país ha experimentado un aumento en los últimos tiempos, donde, el 30% de la producción es a partir de los placeres auríferos (Barragán et al., 1991).

Dentro del área de estudio no se realiza ni existe minería económica activa de algún tipo de mineralización del tipo placer. Sin embargo Pillajo (2010), grafica al río Umbe como uno de los ríos potenciales para oro aluvial (Ver figura 1) dentro del distrito aurífero Daule – Quevedo.

El tema de investigación tiene como objetivo principal realizar un reconocimiento de oro aluvial a través de parámetros geomorfológicos, para que, mediante los estudios realizados en la zona de interés se determine la presencia o ausencia de este metal precioso.

La información sobre la existencia del material aurífero, al igual que la caracterización geológica y geomorfológica del sector es escasa, debido a que no existen estudios preliminares de esta índole en el área por la presencia de actividad agrícola intensa.



Figura 1: Distrito aurífero Daule - Quevedo. Ubicación del río Umbe de Quinsaloma, Provincia de Los Ríos (modificado de Pillajo, 2010).

Como se mencionó antes, el área de estudio no consta de trabajos técnicos previos relacionados al reconocimiento o prospección de oro aluvial que aseguren la presencia de material aurífero. Sin embargo, la probabilidad de su existencia genera un interés para la búsqueda de este metal, ya que, el entorno geológico por el cual discurre la red de escurrimiento está influenciado por yacimientos de sulfuros masivos volcanogénicos y cuerpos de tipo pórfidos cupríferos.

Los yacimientos secundarios de oro que se localizan en la zona oeste de la Cordillera Occidental son los que tienen mejor visión para un desarrollo de minería mecanizada a gran escala (Barragán et al., 1991).

Dentro del ámbito social, el descubrimiento de anomalías auríferas aluviales y el reconocimiento de áreas potenciales, incentivaría el crecimiento económico, tanto para poblados adyacentes al río Umbe como para el cantón Quinsaloma.

1.1 Objetivos

Objetivo General

Determinar la presencia de oro aluvial y su asociación mineralógica en la cuenca hidrográfica del río Umbe, del cantón Quinsaloma, provincia de Los Ríos.

Objetivos Específicos

- > Identificar las geoformas principales presentes en la cuenca hidrográfica.
- > Definir la presencia de oro aluvial y la asociación mineralógica acompañante.
- > Caracterizar la morfología del material aurífero.
- Identificar zonas con potencial de oro aluvial para proponer áreas de trabajos más detallados.

1.2 Ubicación del área de estudio

1.2.1 Ubicación hidrográfica

El área de estudio se delimitó mediante el Sistema de Codificación PFAFSTETTER. Esta metodología es un sistema hidrológicamente ordenado, puesto que provee un único código a cada unidad de drenaje (Ministerio del Ambiente and Consejo Nacional De Recursos Hídricos, 2002).

El área de interés es parte de la subcuenca del río Babahoyo y de manera general pertenece a la gran demarcación hidrográfica del río Guayas (Ver figura 2).



Figura 2: Mapa de ubicación hidrográfica. El nivel 5 referente a la codificación de Pfafstetter corresponde a la cuenca hidrográfica del río Umbe. Tomado de la base de datos SENAGUA, 2011.

1.2.2 Ubicación geográfica y accesos

El cantón Quinsaloma pertenece a la región costa, ubicada en la parte centro-este de la provincia de Los Ríos. Limita al Este con las provincias de Cotopaxi y Bolívar.

El río Umbe se localiza geográficamente al noroeste del río Calabí y al noreste del río Suquibí (Ver figura 3), en el piedemonte de la Cordillera Occidental.





El ingreso principal al cantón Quinsaloma está a 16 kilómetros del sector La Ercilia, en la vía que une Quevedo – Babahoyo, a dos horas de la ciudad de Guayaquil y a cuatro horas de la capital del Ecuador, Quito.

El área de estudio posee dos accesos principales que permitieron el ingreso para la toma de muestras; la primera es la vía La Ercilia – Quinsaloma y la segunda Las Mercedes – San Pedro de Cumandá, se localizan al noroeste y al sureste del río Umbe respectivamente.

Los ingresos secundarios se localizan en la parte Este, por la parroquia Moraspungo y el cantón Las Naves, perteneciente a las provincias de Cotopaxi y Bolívar correspondientemente (Ver figura 4).



Figura 4: Mapa de accesos al área de estudio.

1.3 Antecedentes

Barragán et al. (1991) establecieron que la fuente de oro primario se sitúa principalmente en depósitos epitermales a mesotermales o de tipo Skarn. También indicaron que las rocas huésped o de caja son sobre todo metamórficas y volcánicas, cuya edad es del Paleozoico hasta el Terciario Superior. Por consiguiente, identificaron cinco distritos mineros para oro aluvial, que revelan áreas con un contenido promedio de 0,45 g/m³ y en casos puntuales superan los 2 g/m³.

En la actualidad existe escasa información acerca del área de estudio, sin embargo, en 1982, la Dirección de Geología y Minas (DGGM), llevó a cabo el Proyecto Cóndor, con el fin de evaluar y zonificar áreas con potencial aurífero aluvial en todo el Ecuador. En 1983 fue publicado el mapa denominado Potencial Aurífero del Ecuador a escala 1:1000000, en el que se presentan los distritos de oro aluvial que fueron identificados en las distintas provincias del país, donde se grafican los ríos que presentan indicios del metal precioso y los sitios más propicios para la exploración de placeres.

Pillajo en 2010, determinó cinco distritos auríferos mediante datos de geología de placeres, estudios de imágenes satelitales, fotografías aéreas, muestreos mineralométricos e información de propiedades mineras de placeres auríferos caducadas, etc. Los distritos son: Esmeraldas – Santiago, Daule – Quevedo, Puyango – Balao, Chinchipe – Zamora – Upano y Pastaza – Napo – Aguarico.

El área de estudio se localiza dentro del distrito aurífero Daule – Quevedo, ubicado en la subcuenca hidrográfica del río Babahoyo, perteneciente a la demarcación del río Guayas.

Barragán et al. en 1991, estableció que los depósitos que se encuentran al pie de monte de la Cordillera Occidental poseen las mejores condiciones tanto geológicas como geoquímicas para la acumulación mineral. No obstante, en su trabajo de investigación menciona el método de explotación aplicado en el río Umbe por medio de canalón y batea (Ver tabla 1).

DISTRITO	MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN			
	DRAGADO 6-8"	MECANIZADO HIDRÁULICO	CANALÓN - BATEA	BATEA
N°1 Esmeraldas - Santiago	San Juan, Sabaleta, Limón, Corosala, Mira, Negritos, Durango, Bogotá, Palaví, Tululví	La Tronquería, Brasil, La Peña, Camumbí	Baboso, Botella, Botellita, Sabalera, Ojala	Estero Los Colos, San José, Minas Viejas, Agua Sucia …
N°2 Daule - Quevedo	Qda. California	Estero Hondo, Lulo, Quindigua, Toachi	Pilaló, Calope, San Pablo, Pupusá, <mark>Umbe</mark> , Zapotal	Suquibí, Oncebí, Calabí, Pachijal, Magdalena, Verde, Blanco …
N°3 Puyango - Balao	Catamayo, Macará, Laguar	Río Chico, Amarillo, Calaguro, Arenillas, Balao	Gala, Balao, Siete, Nueve, Tenguel, Guanachí, Puyango, Arenillas, Espíndola, Sabiango	Fermín, Villa, Vivar, Piedras, Alamor …
N°4 Zamora - Chinchipe - Upano	Mayo, Isimanchi, Sangola, Canchis, Vergel, Palanda	Ríos: Nambija, Zamora, Santiago, Yacuambí, Nangaritza Cambana, Abanico, Upano, Chupianza, Bonboiza	Chicaña, Tutanangosa, Yunganza, Paute, Negro, Coangos, Cuchipamba, Cuyes, Ayllón, Santa Bárbara	Miruimí, Bautista, Yaupi, Cushapuco, Zapote, Nanangosa
N°5 Napo - Pastaza - Aguarico	Cofanes, Duvino, San Miguel, Bermeja, Sardinas, Ilocullín, Payamino	Aguarico, Napo, Anzu, Arajuno	Pupo, Ila, Blanco, Jatunyacu, Villano, Lliquino, Bobonaza, Cusano, Rodriguez, Puniyacu, Condue, Cascales, Pastaza, Alpayacu	Verdeyacu, Cedroyacu, Chalupas, Anatenorio, Mulatos, Misahuallpi, Cosanga, Llushin, Topo, Verde, Sangay, Cuyuimi

Tabla 1: Clasificación de los placeres auríferos de Ecuador por métodos deexplotación (Barragán et al., 1991).

1.4 Características del área de estudio

1.4.1 Actividad de la población

Según la proyección del INEC al año 2020, el cantón Quinsaloma cuenta con una población de 20 428 habitantes; al poseer un clima subtropical su economía se basa netamente en la agricultura, donde se producen y comercializan productos como: cacao, maíz, arroz, soya, maracuyá, banano, café y cítricos. Además de la actividad comercial (Ver figura 5) reflejada en tiendas, comisariatos, micro mercados, ferreterías y frigoríficos de cárnicos (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Quinsaloma, 2019).

Dentro de los recursos naturales existe la extracción y procesamiento de materiales áridos y pétreos, que se encuentran alojados de manera habitual en los playones formados por el río Umbe.



Figura 5: Establecimientos económicos del cantón Quinsaloma, (Censo Económico 2010) en (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Quinsaloma, 2019).

1.4.2 Clima

Quinsaloma posee dos tipos de climas característicos: Tropical Megatérmico Húmedo y Tropical Megatérmico (MAGAP-PRAT and TRACASA-NIPSA, 2015b), donde se identifican dos estaciones climáticas bien definidas:

- Estación seca (verano): Se da entre los meses de junio a diciembre con una temperatura que oscila entre los 17 °C a 24°C. Sin embargo, en Quinsaloma cae una leve llovizna la mayor parte del año.
- Estación lluviosa (invierno): Se da en los meses de diciembre a mayo. Esta etapa del año es calurosa, con una temperatura que se eleve a los 32 °C, presenta una humedad promedio del 81 % con nubosidad en el transcurso de todo el año.

1.4.3 Vegetación

De acuerdo con la información del CLIRSEN IGM, Quinsaloma posee bosques húmedos tropicales denominados "siempreverdes" de las tierras bajas, en su origen con una altura mayor a 30 metros, en la que predominan las especies de familias como Moraceae (higuerón, matapalo, moral), Arecaceae (palmas). Actualmente está conformado por plantíos de cacao, banano, cítricos, pastizales y maíz (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Quinsaloma, 2019).

1.4.4 Relieve

Con respecto a la relación entre el relieve y las diferentes formaciones montañosas del lugar, poseen un arrastre de agua de forma natural ocasionada por lluvias, o por efectos adyacentes de inundaciones; según la condición pueden remolcar materia, retener agua o proteger de inundaciones. La mayoría de la superficie cantonal dentro del macro relieve corresponde al 99,75 % de llanura y 0,22 % de piedemonte, dentro del meso relieve la categoría de llanura aluvial abarca el 90,36 % de superficie, seguido de terrazas con 9,39 % y abanico aluvial con 0,22 % (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Quinsaloma, 2019).

1.4.5 Pendiente

Quinsaloma se ubica dentro del territorio de pendientes suaves y moderadas, pero con desniveles debido a que las formaciones geológicas y altitudinales poseen una dirección Oriente – Occidente. Se han establecido 9 puntos para la división altitudinal del cantón, donde la menor altitud está a 30 msnm, y la mayor a 200 msnm; Quinsaloma se encuentra en el piso altitudinal entre los 143 y 162 msnm (Ver figura 6), no obstante, existen sectores que se ubican en los 162 msnm (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Quinsaloma, 2019).





1.4.6 Precipitaciones

Las precipitaciones se determinaron en base a referencias proporcionadas como guía para la deducción y empleo de los datos de cambio climático del MAE 2019, la cual asigna tres áreas de precipitación; como primer punto, la parte sur del cantón Quinsaloma que reconoce una precipitación entre 1750 y 2000 mm, la segunda ubicada en la zona este con valores entre 2000 y 2500 mm y finalmente el tercer punto en la zona norte con 2500 y 3000 mm (Ver figura 7), distribuidos entre los meses de diciembre a mayo, épocas en las que registran precipitaciones mayores (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Quinsaloma, 2019).



Figura 7: Mapa de isoyetas del cantón Quinsaloma, provincia de Los Ríos.

1.4.7 Hidrología

El aprovechamiento hídrico tiene como uso primordial el beneficio primario para los habitantes del cantón Quinsaloma, por ello, la interconexión hídrica se debe enfatizar (Ver figura 8) ya que es imprescindible para la interpretación de la calidad de agua y las saturaciones de la misma producidas por inundaciones.

Las mediciones del caudal de los ríos del cantón, al igual que las del río Umbe arrojan los siguientes valores: el caudal mínimo medido entre las épocas de julio a diciembre es de 2.2 m³/s (metros cúbicos por segundo), y de manera general promedian un caudal que oscila entre 4.4 m³/s y 6.2 m³/s para el resto del año.



Figura 8: Mapa hidrológico del cantón Quinsaloma, provincia de Los Ríos.

CAPÍTULO II

2 MARCO GEOLÓGICO

La orogenia andina forma parte del gran cinturón mineralógico de los Andes ecuatorianos, donde sus límites sobreyacen a dos provincias mineralógicas; la occidental situada sobre corteza oceánica y la oriental constituida por corteza continental.

2.1 Provincia Mineralogénica Occidental

Los Andes occidentales se localizan al oeste de la cordillera Real y al norte del Golfo de Guayaquil; se caracterizan por poseer un complejo potente de rocas volcánicas de edad cretácica – paleógena, las cuales en la zona más occidental poseen anomalías gravimétricas positivas.

Según Paladines and Soto (2010) la Provincia mineralogénica occidental presenta características para yacimientos e indicios de mineralización de: Fe, Pt, Ti, FeS-Cu, Cu-Mo, Pb-Zn (Cu-Au), Ag-Au (Pb-Zn), asociados a rocas de corteza oceánica.

La megazona occidental está comprendida por dos zonas estructuroformacionales: la Cordillera Occidental y la zona Costanera.

Zona mineralogénica de la Cordillera Occidental

Dentro de la extensión orogénica andina, la zona mineralógica occidental posee una extensión superior a los 300 km y 45-70 km de ancho, donde sus límites regionales están representados por posibles zonas de sutura. Estos sistemas de fallas profundas dividen a la cordillera occidental del graben interandino, al igual que al oeste con la zona antearco.

Dentro de la caracterización metalogénica de la zona occidental (Ver figura 9), se desarrolló un típico arco volcánico de isla emergente que se formó a partir del Cretácico hasta el Eoceno medio; presenta interés la mineralización a partir de las rocas volcánicas de la serie calco-alcalina y las rocas comagmáticas, representadas por plutones granitoides de edad terciaria que forman grandes batolitos y stocks (Paladines and Soto, 2010).



Figura 9: Mapa metalogénico de la Cordillera Occidental. El área de estudio se localiza en la parte más baja del flanco oeste de la Cordillera. Tomado de la base de datos del IIGE, 2019.

2.2 Geología Regional

La evolución de los Andes ecuatorianos y el desarrollo geológico de todo el cinturón orogénico andino, está definido por una zonificación estructuro-formacional y mineralogénica orientada en sentido longitudinal, donde se refleja un cambio lateral desde el antiguo continente sudamericano o escudo brasileño hasta el océano Pacífico (Paladines and Soto, 2010).

Dentro de los segmentos del cinturón andino se destacan de Este a oeste las siguientes zonas morfo y estructuro-formacionales (Ver figura 10).

- 1. Zona tras-arco o cuenca de Iquitos
- 2. Zona Subandina (arco Oriental)
- 3. Cordillera Real (arco Central)
- 4. Graben Interandino
- 5. Cordillera Occidental
- 6. Cuenca Antearco de la Costa





2.2.1 Evolución Tectónica de la Cordillera Occidental

Está constituida por varios bloques de terrenos de origen oceánico de composición máfica a intermedia que se acrecionaron al margen continental Sudamericano en el transcurso del Cretácico Tardío y Terciario Temprano (Vallejo et al., 2009).

El margen tectónico de la Cordillera Occidental se encuentra yuxtapuesto con depósitos en su mayoría de turbiditas del Cretácico Tardío al Oligoceno, y por secuencias volcanosedimentarias de litologías semejantes, pero con edades diferentes que fueron el resultado de desplazamientos de fallas de desgarre a lo largo de las suturas longitudinales en sentido Norte – Sur (Vallejo, 2007).

La zona central y Norte de la Cordillera Occidental están comprendidas por el Terreno Pallatanga y Terreno Macuchi que colisionaron entre sí en sentido dextral (Ver figura 11), dando como resultado una zona de cizalla llamada Chimbo – Toachi (Hughes and Pilatasig, 2002).



Figura 11: Sección transversal simplificada de la Cordillera Occidental (Hughes and Pilatasig, 2002).

Terreno Pallatanga

Es el más antiguo, se encuentra ubicado al margen oriental de la Cordillera Occidental, separado de la zona continental por la Falla Calacalí – Pujilí – Pallatanga que representa un fragmento de la unión entre la placa oceánica del Cretácico Tardío y el continente (Litherland and Aspden, 1992; Hughes and Bermúdez, 1997).

De acuerdo con Hughes and Pilatasig (2002), este bloque está conformado por una meseta oceánica y turbiditas marinas pertenecientes al Cretácico tardío, producidas por una fuente volcánica de composición andesítica y basáltica.

Terreno Macuchi

Es relativamente más joven, constituido por secuencias volcanosedimentarias del Eoceno y probablemente del Paleoceno tardío, pertenecientes a un arco de islas de composición basáltica a andesítica (Hughes and Pilatasig, 2002).

2.2.2 Estratigrafía de la Cordillera Occidental

Unidad Pallatanga

Se encuentra asociada a la Formación Yunguilla, misma que está ubicada al margen oriental de la Cordillera Occidental (Almagor, 2019). Está compuesta por basaltos vidriosos eventualmente con incrustaciones de fenocristales de piroxeno y olivino; lavas almohadilladas, microgabros, peridotitas, diabasas, doleritas no vesiculares de forma masiva y hialoclastitas (Hughes and Bermúdez, 1997; Boland et al., 2000; Vallejo, 2007).

Jaillard et al. (2004) en Almagor (2019) señala que la Unidad Pallatanga en el centro del Ecuador está revestida por cherts pelágicos pertenecientes al Campaniano – Maastrichtiano.

Según Wilkinson (1998) en Boland et al. (2000) posee una edad de Santoniano – Campaniano temprano (86 – 75 Ma.). Sin embargo, estos datos han sido aceptados con cierta incertidumbre, ya que la zona de muestreo representa un contacto tectonizado (Boland et al., 2000).

Formación Yunguilla

Consta de areniscas turbidíticas de grano fino con un buen sorteo, lodolitas, limolitas, cherts pelágicos y calciturbiditas (Hughes and Bermúdez, 1997; Boland et al., 2000). De acuerdo con Hughes and Pilatasig (2002) estas rocas posiblemente fueron depositadas sobre basaltos de la Unidad Pallatanga.

Se establece una posible edad del Campaniano – Maastrichtiano en base a un muestreo para la determinación de edades definida por Wilkinson (1998) en Boland et al. (2000).

Grupo Angamarca

Está constituido por una secuencia siliciclástica de calizas, conglomerados y areniscas turbidíticas (Almagor, 2019). De acuerdo con Hughes and Bermúdez (1997), este grupo se depositó a partir del Paleoceno al Oligoceno y se subdivide en las Formaciones Saquisilí, Apagua, Unacota y Rumi Cruz, de base a techo, respectivamente.

Formación Apagua

Se compone de lodolitas que fueron depositadas en facies turbidíticas, limolitas grisáceas oscuras y areniscas de grano medio (Almagor, 2019). De acuerdo con Bristow y Hoffstetter (1977) en Jaillard (2003), reciben una edad del Eoceno por la presencia de foraminíferos, algas y radiolarios específicos.

Formación Pilaló

Consiste en lutitas negras, areniscas turbidíticas de grano medio a grueso, brechas conformadas por una matriz de clastos volcánicos andesíticos, limolitas y tobas reelaboradas (Vallejo, 2007). Además, el mismo autor sugiere un ambiente deposicional de llanura de cuenca marina por la presencia de cuarzo pelágico y esquisto negro.

Vallejo (2007) en Almagor (2019) reporta una edad del Maastrichtiano, debido a la presencia de foraminíferos como *Rzehakina epigona* que incluso extiende el campo de edad al Paleoceno. No obstante, puede extenderse al Eoceno temprano, ya que, en el área de Pilaló, las calizas de la Formación Unacota del Eoceno, se superponen a la Formación Pilaló (Vallejo, 2007).

Formación Unacota

De acuerdo con Egüez and Bourgois (1986), en las calizas de Unacota afloran cuerpos lenticulares a lo largo del contacto de los Volcánicos de Pilaló - Formación Apagua, entre Unacota al norte y Trencilla al sur.

Por otra parte Vallejo (2007), afirma que la formación Unacota es una serie litológica constituida por una secuencia de calizas mítricas que se exponen en forma de lentes y bloques discontinuos, que están superpuestas por turbiditas y rocas sedimentarias pelágicas de la Formación Apagua.

Egüez (1986) en Almagor (2019) reporta una edad del Eoceno medio – tardío, debido a la abundancia de algas y foraminíferos presentes en la Formación Unacota. Esta formación subyace la Formación Rumi Cruz (Hughes and Bermúdez, 1997).

Formación Rumi Cruz

De acuerdo con Hughes and Bermúdez (1997), los sedimentos de la Formación Rumi Cruz corresponden a conjuntos masivos de gran espesor, donde, lateralmente están expuestos conglomerados polimícticos de grano grueso bien redondeados con areniscas y finos horizontes de limolitas rojizas. Además, Almagor (2019) menciona que dicha formación se compone de una secuencia entre brechas gruesas y conglomerados con matriz soportada que van acompañados por areniscas de grano grueso.

La edad estimada de esta formación se estipula por la aparición de foraminíferos *Epistomina eocénica*, que señalan una edad del Eoceno (Boland et al., 2000). No obstante Vallejo (2007) supone una edad más precisa que va del Eoceno tardío al Oligoceno, debido a las edades de las formaciones marinas subyacentes a esta formación.

Grupo Saraguro

El grupo Saraguro está conformado por las formaciones Alausí, Loma Blanca, Saraguro y Chinchillo. Todas están compuestas por flujos de lavas intermedias y piroclásticos que sobreyacen discordantes a las rocas levantadas del Mesozoico y Terciario de la Cordillera Occidental (Baldock, 1982).

Grupo Zumbagua

Denominadas como areniscas de grano grueso con una clasificación pobre, al igual que brechas debríticas soportadas por aglomerados tobáceos. De acuerdo con Hughes and Bermúdez (1997), las areniscas son ricas en sedimentos líticos con cristales de cuarzo, feldespatos y anfíboles; la edad se data como Mioceno medio – tardío.

Formación Cisarán

Es un conjunto con una potencia mayor a 200 m de areniscas masivas tobáceas de grano grueso, con cantidades menores de limolitas púrpuras soportadas por material brechoide detrítico y tobas volcánicas (Reino, 2013).

2.2.3 Mapa Geológico de la Cordillera Occidental

En la zona ecuatoriana del cinturón Andino, la Cordillera Occidental posee una extensión que sobrepasa los 300 km y un ancho aproximado de 45-70 km (Ver figura 12). Además, está representada por un sistema de fallas profundas que continúan hacia el norte en Colombia (Paladines and Soto, 2010).



Figura 12: Mapa geológico regional de la Cordillera Occidental. Tomado de la base de datos del IGM, 2013.

2.2.4 Ocurrencias Minerales del Terreno Macuchi

En la orogenia Andina ecuatoriana, varios depósitos porfídicos han sido descubiertos en el transcurso de las últimas dos décadas, puesto que, el tipo de mineralización de estos pórfidos han sido encontrados en los terrenos litotectónicos del Ecuador (Ver figura 13); aunque ninguno ha sido desarrollado a pesar de ser considerados subeconómicos, se estima que estos yacimientos pueden contribuir con un 90% de Cu, 40% de Au y 95% de Mo (PRODEMINCA, 2000a).



Figura 13: Mapa geológico con la ubicación de las ocurrencias minerales. Tomado de la base de datos del IIGE, 2019.

De acuerdo al mapa de ocurrencias minerales (Ver figura 13), se delimitan los principales indicios de mineralización metálica del Terreno Macuchi, cercanos al área de estudio (Ver tabla 2).

Tabla 2: Principales ocurrencias minerales metálicas del terreno Macuchi, cercanas al área de estudio. Tomado de Egüez et al. (2019).

N°	Nombre	Tipo de Yacimiento	Recurso Mineral	Estado
1	La Plata	Sulfuro Masivo Volcanogénico	Cu-Pb-Zn, Au, Ag	Depósito
2	La Rebuscada	Epitermal	Au-Ag	Prospecto
3	Sigchos	Pórfido	Cu-Au	Prospecto
4	Párcatos	Sulfuro Masivo Volcanogénico	Cu-Pb-Zn, Au, Ag	Prospecto
5	Macuchi	Sulfuro Masivo Volcanogénico	Cu-Pb-Zn, Au, Ag	Depósito
6	Ximena	Sulfuro Masivo Volcanogénico	Cu-Pb-Zn, Au, Ag	Prospecto
7	Ramón Campaña	VMS, Pórfido	Cu-Pb-Zn	Prospecto
8	Angamarca	VMS, Pórfido	Cu, Pb, Zn	Prospecto
9	Facundo Vela	VMS, Pórfido	Cu-Au	Prospecto
10	El Domo	Sulfuro Masivo Volcanogénico	Cu-Pb-Zn, Au, Ag	Depósito
11	Chaso Juan	Epitermal y Pórfido	Au-Cu	Prospecto
12	Salinas	Epitermal de alta sulfuración	Au-Cu	Prospecto
13	La Industria- Yatubi	Pórfido	Cu-Mo	Prospecto
14	El Torneado	Pórfido	Cu-Mo	Prospecto
15	Telimbela	Pórfido	Cu-Mo	Prospecto

PRINCIPALES OCURRENCIAS MINERALES METÁLICAS DEL TERRENO MACUCHI

Distritos mineros del Terreno Macuchi

Balzapamba – Telimbela

Telimbela se encuentra ubicada al límite oeste de la Cordillera Occidental a unos 10 kilómetros del área de Balzapamba; está conformado de un Plutón cuarzodiorítico leucocrático con minerales de hornblenda y biotita en los que han ocurrido emplazamientos de diques dioríticos melanocráticos, cuarzodiorita porfídica, cuarzodiorita hornbléndica, pórfido de cuarzo y pequeños "stocks" (PRODEMINCA, 2000a).

Estructuralmente comprende de fallas en sentido NE – SW, dextrales, con un buzamiento semiabrupto y fallas en sentido NW – SE sinestrales (Enami EP).

Balzapamba – Las Guardias

El Plutón granitoide del área de Balzapamba es un depósito porfídico con mineralización de Cu +/- Mo. Esta mineralización está rodeada de estos plutones, rocas corneanas, rocas skarnificadas de forma diseminada en el "stockwork" y en forma de vetas de cuarzo en volcánicos (PRODEMINCA, 2000a).

Las Guardias posee una mineralización a pequeña escala y de manera discontinua incluyendo los minerales de pirita, calcopirita, esfalerita, covelina y molibdeno (PRODEMINCA, 2000a).

Chazo Juan – Telimbela

Es un depósito epitermal y porfídico con recursos minerales de Au y Cu. Está conformado por un plutón de granodioritas de hornblenda-biotita de grano medio a grueso. Se caracteriza por poseer vetillas de tipo "stockwork" con mineralización de calcopirita – pirita – magnetita – molibdenita y con diseminaciones de calcopirita y pirita. Presenta alteraciones de silicificación y biotitización (PRODEMINCA, 2000a).

Distrito La Plata

Otros indicios minerales de varios depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos que se alojan en la unidad Macuchi, generan interés para el descubrimiento de nuevos cuerpos estratiformes que forman distritos compuestos por diferentes grupos de sulfuros (PRODEMINCA, 2000b).

El distrito La Plata está conformado por la mina Macuchi y La Plata que se alojan en litologías de dos terrenos diferentes, al oeste el terreno Macuchi perteneciente a un arco de isla y en la parte sureste el Grupo Angamarca representada por un abanico submarino deltaico (PRODEMINCA, 2000b).

Los yacimientos de La Plata y Macuchi corresponde a cuerpos del tipo pórfidos cupríferos y VMS que poseen contenidos elevados de oro. La mineralización de los cuerpos piríticos se representa por estratos que yacen concordante en forma de lentes (Paladines and Soto, 2010).

2.3 Geología Local

La zona de estudio está situada en el abanico aluvial de la cuenca hidrográfica del río Umbe, piedemonte de la orogenia occidental ecuatoriana. Comprendida por materiales de tipo arena, limos, arcillas y cantos rodados de edad cuaternaria; los sedimentos polilíticos con matriz areno-arcillosa se sitúan en áreas más cercanas a la Cordillera Occidental (Ver figura 14).

Intrusiones con mineralización de pirita y calcopirita, cuerpos con menor abundancia de cuarzo denominados tonalitas y granodioritas, compuestas por hornblenda y biotita, corresponden al gran Batolito de El Corazón.



Figura 14: Mapa geológico local del área de estudio. Modificado de Henderson and Endara (1979).

Geología de la cuenca hidrográfica

Los productos de la denudación que ocasiona la red fluvial en diferentes cuerpos intrusivos se acumulan en los abanicos y llanuras aluviales, los cuales son característicos para la búsqueda de yacimientos del tipo placer. En su trayecto atraviesan las siguientes unidades geológicas del área de estudio.

Formación Macuchi

Según Hughes and Pilatasig (2002), Macuchi consta predominantemente de detritos mal clasificados de grano grueso con areniscas turbidíticas e hialoclastitas; también de calizas delgadas discontinuas.

Formación Pisayambo

Estos depósitos se encuentran deformados en sentido N-S por tendencias sedimentarias sin pliegues; es una unidad volcanoclástica basal de edad pliocénica, compuesta por lahares, flujos de lava, brechas volcánicas y en la parte superior sedimentos fluviales (Lavenu et al., 1992).

Volcánicos Runayacu

Son rocas de edad cuaternaria que están pobremente expuestas, constituidas por tobas volcánicas bien estratificadas de color claro y lavas ácidas. Los flujos de lava poseen un bandeamiento con textura traquítica y una potencia de 300 m, discordantemente descansan sobrepuestos a la Formación Macuchi (Henderson and Endara, 1979).

Volcánicos Pangua

Un evento ocurrido al norte de Pangua provocó la existencia de alrededor de cinco flujos de lava de composición andesítica, con un espesor aproximado de 35 m. Estas lavas poseen vesículas sin relleno y partes brechosas a lo largo de sus márgenes como en la base. Presentan alineamientos de los fenocristales de plagioclasas, se consideran de edad cuaternaria por la relación que existe entre los flujos de lava y los valles fluviales actuales (Henderson and Endara, 1979).

Depósitos aluviales y terrazas

Según la composición geomorfológica, existen dos niveles de sedimentación aluvial: las terrazas altas, compuestas por materiales de tamaño arcilla, limo, arena y gravas, depositadas en capas lenticulares y presencia de laminación cruzada con raros fragmentos de materia orgánica y las terrazas bajas, constituidas subsecuentemente por meandros que están recibiendo sedimentación aluvial actual (Henderson and Endara, 1979).

CAPÍTULO III

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

Materiales utilizados en el trabajo de oficina

- Laptop
- Software de Sistema de Información Geográfica (ArcGIS 10.5) y Paquete de Microsoft Office (Word, Excel)
- Información Cartográfica base, obtenida de SNI (2013)
- Información Geológica base, suministrada por el IEDG (2013)
- Información Geomorfológica regional, suministrada por el IEDG (2013)
- Unidades Hidrográficas N5, suministrada por el SNI (2011)
- Hoja Geológica de Quevedo CT-NIV-B, escala 1:100 000
- Carta Topográfica de QUINSALOMA CT-NIV-B3,3790-II, escala 1:50 000
- Mapa Geológico de la República del Ecuador, escala 1:1 000 000
- Mapa Metalogénico de la República del Ecuador, escala 1:1 000 000

Materiales utilizados en el trabajo de campo

- Cinta métrica de tres metros
- Dispositivo GPS
- Esferos y un marcador permanente color rojo
- Cinta de embalaje transparente
- Pala metálica mango largo
- Balde plástico de 15 litros
- Batea americana de acero
- Batea de plástico Estwing
- Tamices plásticos de diferente diámetro
- Escala centimétrica GeoRus/on
- Fundas herméticas ziploc de 15x15 cm

- Etiquetas para muestras
- Lupa dual Hawk Five Elements 20x-12mm y 10x-18mm
- Machete mango largo
- Martillo geológico Estwing
- Libreta de campo
- App Avenza Maps Offline Mapping

Materiales utilizados en el trabajo de laboratorio

- Estereoscopio Motic SMZ 171
- Estereoscopio Better Scientific Germany 2X/WD 45mm
- Cajas Petri plásticas
- Cajas Petri de vidrio
- Placas para muestras
- Lápiz punta de cobre y acero
- Lápiz punta aplanada de acero
- Imán graduado de mano
- Balanza gramera
- Porcelana
- Cámara fotográfica
- Recipientes
- Libreta de apuntes
- Hojas milimétricas

3.2 Metodología del trabajo de investigación

Para el desarrollo del trabajo de investigación se emplearon tres etapas metodológicas: trabajo de oficina, trabajo de campo y trabajo de laboratorio (Ver figura 15).





3.2.1 Trabajo de oficina (1ra Etapa)

En esta etapa se realizó la recopilación de información bibliográfica a través de tesis, libros y publicaciones científicas relacionadas al tema de investigación; además, de compilación de mapas geológicos, topográficos y geomorfológicos.

Se diseñó un formato para el etiquetado de las muestras, en el que consta el análisis a realizar, su respectiva codificación, lugar y fecha de la recolección, coordenadas y una breve descripción del punto (Ver figura 16).

"ORO ALUVIAL Y ASOCIACIÓN MINERAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO UMBE"		
MUESTRA PARA ANÁLISIS MINERALÓGICO		
COD: TIC - BT001		
FECHA:		
LOCALIZACIÓN:		
DESDE:	HASTA:	
COORDENADAS: X:	Y:	
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO:		
NOTA: Cada muestra tiene su descr	ipción a detalle en la libreta de campo	

Figura 16: Formato de etiqueta para muestreo.

Diseño de la red de muestreo

Se diseñó el tipo de muestreo y la óptima cantidad de muestras, en base al reconocimiento preliminar que se realizó en el área de estudio, su descripción geológica, geomorfológica y vías de acceso. La información obtenida y la escala de los trabajos permitió definir que los puntos para la red de muestreo se coloquen a una equidistancia de 1 km aproximadamente, obteniéndose un total de 20 muestras a lo largo del cauce del río (Ver figura 17).

Los puntos de muestreo se iniciaron alejados de la cabecera cantonal de Quinsaloma, a la altura del recinto "12 de Octubre", con el propósito de evitar la mayor cantidad de contaminación debido a la cercanía del pueblo. Además, se delimitó el área de estudio en base a la geomorfología del lugar. Finalmente, el muestreo culminó en la parte más baja de la cuenca hidrográfica, en la unión entre el río Umbe y el río Suquibí.



Figura 17: Mapa de la red de muestreo del río Umbe, cantón Quinsaloma, provincia de Los Ríos.

3.2.2 Trabajo de campo (2da Etapa)

La etapa de campo consistió en varias fases, entre ellas realizar un recorrido por el área de estudio para observar y determinar los mejores accesos para la toma de muestras.

Los ingresos más viables y accesibles se localizaron en los sectores más cercanos a la cabecera cantonal, tomando en cuenta el ingreso y salida de maquinarias para la extracción de materiales áridos y pétreos, lo que favoreció tener un mejor acceso al río Umbe; por otra parte, a medida que se avanzó a la zona rural, los ingresos se limitaban por la espesa vegetación (Ver Figura 18).

La mayor parte de la cuenca hidrográfica son áreas agrícolas, por lo que, antes de ingresar a la zona de estudio se solicitaron los permisos correspondientes.



Figura 18: A) Vía de acceso cercana a la cabecera cantonal para la toma de la muestra TIC-BT001. **B)** Ingreso por medio de guardarraya para la toma de la muestra TIC-BT020. Se evidencia que en las partes más bajas los accesos son más limitados.

Se realizó un reconocimiento para determinar la probable presencia de oro aluvial, por ello se trabajó en la obtención y recolección de muestras representativas de grava aluvial, teniendo en cuenta el diseño previo del muestreo, donde el número de muestras obtenidas abarca toda la longitud del río Umbe.

Reconocimiento geológico local

El trabajo de reconocimiento geológico preliminar constató y complementó la información bibliográfica obtenida en la etapa de oficina acerca del área de estudio. Esto permitió realizar un mapa geológico local a partir de dicha información y de las descripciones e interpretaciones en cada punto de muestreo.

El reconocimiento geológico se realizó en sentido suroeste de acuerdo al flujo del cuerpo hídrico (aguas abajo), lo que permitió identificar las características de los sedimentos líticos a medida que estos se alejan del piedemonte, su granulometría, entre otros aspectos primordiales.

Reconocimiento geomorfológico

Este se llevó a cabo con el fin de validar información existente en los mapas regionales. Debido a la escala de estos trabajos, es común encontrar información errónea de manera local, por ello, fue necesario validar y corregir datos sobre la presencia o ausencia de las diferentes geoformas en cada punto de muestreo durante todo el recorrido por el área, a fin de poder correlacionar y caracterizar posibles capas de enriquecimiento en oro aluvial.

Por otra parte, fue primordial distinguir e identificar los accidentes mayores y menores durante el trabajo de campo, con el objetivo de reconocer los tipos de trampas aluviales observados en el área de estudio.

Se realizó la descripción de las distintas geoformas presentes en la cuenca hidrográfica del río Umbe, de acuerdo con su génesis y contexto morfológico.

Toma de muestra

El muestreo se realizó en áreas específicas tomando en cuenta la topografía, los accidentes presentes en el terreno y las distintas estructuras geomorfológicas como son las terrazas aluviales y el cauce activo, utilizando los puntos definidos previamente para la recolección de las muestras (Ver figura 19).



Figura 19: Reconocimiento en campo de los puntos definidos en el diseño de la red de muestreo.

Las herramientas manuales que se utilizaron para la recolección de las muestras fueron (Ver figura 20):

- Pala de acero inoxidable con mango largo
- Balde plástico de 15 litros
- Botas de caucho
- 2 bateas
- 2 tamices con diferente diámetro de malla
- Martillo geológico Estwing
- 20 fundas ziploc de 15x15



Figura 20: Selección de herramientas básicas para el bateo (Toscano et al., 2012).

Se tomaron las precauciones necesarias lavando los implementos de muestreo adecuadamente, especialmente los tamices, ya que, usualmente en cada punto de toma de muestras el material queda atrapado entre las mallas; esto se realiza con el fin de evitar la contaminación o alteración en las muestras, tal como se visualiza en la figura 21.



Figura 21: Lavado de los implementos de muestreo para evitar la contaminación entre muestras.

Luego de que se establecieron los lugares más propicios para la toma de muestras se realiza la recolección de esta. En el caso de los accidentes mayores, como las terrazas aluviales, se procedió a realizar surcos verticales de 20 centímetros de ancho por 10 centímetros de profundidad aproximadamente; el largo del surco estuvo con relación a la potencia de la terraza, así como se muestra en la figura 22.



Figura 22: A) Surco vertical en terraza baja para la muestra TIC-BT010. **B)** Surco en terraza baja limitada por un horizonte de suelo.

Con respecto a la recolección de muestras en los cauces activos, esta se realizó mediante los criterios de los accidentes menores, tomando en cuenta la obtención de material areno gravoso en varios puntos de la zona seleccionada, con la finalidad de obtener una muestra más representativa. Para ello se excavó la parte superficial de los sedimentos activos aproximadamente a 25 centímetros de profundidad, con el propósito de llegar hasta dicho material (Ver figura 23).



Figura 23: A) Excavación en sedimentos activos para la obtención de la muestra TIC-BT001. **B)** Excavación aproximada en los accidentes menores.

Para estos muestreos se recolectaron como aproximadamente 15 litros de material por punto de desmuestre y posteriormente se hizo la reducción del mismo a través del tamizaje de distinto mallado para desechar fragmentos gruesos (Ver figura 24).

Para esto se colocó el tamiz de malla gruesa sobre la batea hasta completar las tres cuartas partes de material en el mismo. De la misma manera, se volvió a tamizar con un mallado más fino el resultante del fragmento grueso, con la finalidad de obtener la granulometría deseada y posteriormente realizar el bateo respectivo. Antes de desechar el material grueso se realizó una inspección a detalle con ayuda de la lupa de bolsillo, con el fin de evitar la pérdida de fragmentos mineralizados. Todo este proceso se realizó hasta culminar los 15 litros de material en cada punto de muestreo.



Figura 24: A) Proceso de tamizado. B) Granulometría de fragmentos gruesos. C) Granulometría de fragmentos finos.

En el sector "Estero de Damas" se estaba realizando la remediación arquitectónica de un puente del recinto que sufrió daños en la base del cimiento por el aumento del caudal del río Umbe en la época invernal de 2022. La maquinaria se encontraba excavando en una zona perteneciente a la llanura de inundación de la cuenca hidrográfica, por ello se solicitó el permiso correspondiente para tomar una muestra representativa del horizonte areno gravoso; con ayuda de la maquinaria se logró obtener los 15 litros para la muestra TIC-BT011 (Ver figura 25).



Figura 25: Excavación realizada por maquinaria para la muestra TIC-BT011.

Concentración de los minerales pesados.

La técnica del bateo o cateo se realizó con una batea americana de acero y un platón de plástico marca Estwing. El proceso consistió en colar la batea por debajo del nivel superficial del agua y con suaves movimientos circulares desechar la mayor cantidad de materiales líticos y arcillosos restantes; en el caso del platón se contribuyó con movimientos de vaivén asegurándose que el material útil no se pierda.

Todo este proceso se realizó in situ con el agua del propio sitio de muestreo (Ver figura 26) con la finalidad de evitar algún tipo de contaminación en las muestras al momento de ejecutar el bateo. De esta manera también se impide que fluidos externos generen algún tipo de alteración en la muestra.



Figura 26: Proceso de bateo para la obtención de las muestras.

La repetición continua de estos movimientos permitió que se desplace la parte más ligera a la superficie de la batea, dejando en el fondo a los más pesados, conocidos como arenas o fracción negras del concentrado (Ver figura 27).



Figura 27: Visualización de la fracción negra de los concentrados pesados.

Dicha fracción fue inmediatamente envasada y etiquetada en las fundas herméticas ziploc de 15 x15 cm.

Toda la información geológica y geomorfológica de cada punto de muestreo se documentó en la libreta de campo, incluyendo la descripción del etiquetado de las muestras, con el fin de relacionarla correctamente con los resultados en el laboratorio (Ver figura 28).



Figura 28: Envasado y etiquetado de la fracción negra del concentrado pesado.

3.2.3 Trabajo de laboratorio (3ra etapa)

Las muestras obtenidas a través del bateo fueron sometidas a una serie de procesos sistemáticos de preparación en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, a fin de separar las distintas fracciones minerales para que favorezcan la observación de oro aluvial en caso de estar presente.

Este proceso se dividió en las siguientes etapas: secado al sol de las muestras, pesaje y separación de fracción magnética y no magnética (Ver figura 29).



Figura 29: Esquema metodológico para el trabajo de laboratorio.

Pesaje y separación de fracciones

Una vez se cumplió con el proceso de secado, se procedió a verter en una hoja de papel haciendo que los granos formen una superficie lo más plana posible, para posteriormente pasar el imán sobre el concentrado (ver figura 30A). Esto dio como resultado la separación entre minerales ferromagnéticos (magnéticos), y fracciones paramagnéticas y diamagnéticas (no magnéticos), así como se muestra en la figura 30B.



Figura 30: A) Proceso de separación de fracciones. B) Resultado de la separación magnética y no magnética.

El imán se envolvió en una hoja de papel con el objetivo de crear una barrera entre este y los minerales.

Luego, con la ayuda de una báscula analítica (Ver figura 31), se llevó a cabo el proceso de pesaje, tanto de la fracción magnética como de la no magnética de cada muestra (los resultados del pesaje se encuentran en la tabla 6 en la sección de Resultados). Seguidamente, se realizó el envasado de la parte magnética y no magnética por separado, cada una con su respectiva codificación para su posterior observación y análisis.



Figura 31: Pesaje de las fracciones en balanza analítica.

Se disminuyó la cantidad de muestra de forma representativa mediante una homogenización y posterior cuarteo en ambos tipos de fracciones, donde, la parte seleccionada no magnética se utilizó para la identificación y análisis mineralógico, y la fracción magnética elegida se utilizó para la elaboración de tres briquetas y su posterior análisis minerográfico.

Identificación mineralógica

El objetivo de este proceso fue determinar la presencia de oro y los minerales que migran como concentrados pesados junto a este metal, realizando una evaluación cuantitativa y cualitativa de estos.

Se identificaron los diferentes minerales y sus propiedades físicas, como son el color, hábito, brillo, raya, dureza y especialmente para el oro, su morfología y textura. Para este proceso se utilizaron las siguientes herramientas:

• Estereoscopio binocular Motic SMZ 171

- Cajas Petri de vidrio
- Hoja milimétrica
- Lápices con punta de cobre y acero
- Lápiz punta aplanada de acero
- Guía de atlas mineralógico

Para la caracterización mineralógica se utilizaron 10 gramos del material previamente cuarteado para su respectiva observación. Consecuentemente, se puso sobre la platina del estereoscopio una hoja milimétrica que sirvió como escala para determinar el tamaño de los minerales identificados; encima de esta, se colocó una caja Petri de vidrio con hileras del concentrado, a fin de realizar una inspección ocular detallada y obtener los porcentajes mineralógicos (Ver figura 32).



Figura 32: Identificación y caracterización mineralógica.

La separación de las partículas de oro encontradas se realizó manualmente con la ayuda de los lápices con punta de cobre y acero, agrupándolos en una lámina de seguridad con su respectiva codificación para posteriormente realizar el análisis morfológico de cada partícula encontrada.

Morfología de las partículas de oro

De acuerdo con Solé (2004), el oro aluvial se puede clasificar por su tamaño (diámetro medio) y peso:

- Polvo de oro: 0,3 mm, peso menor a 1 mg.
- Chispas de oro: entre 0,3 a 1,0 mm, con un peso menor a 10 mg.
- Oro grosero: diámetro entre 1,0 a 2,0 mm con un peso entre 10 a 50 mg.
- Oro pepítico: de 2,0 a 3,0 mm con un peso entre 50 a 200 mg.
- Pepitas verdaderas: mayor a 3 mm con un peso superior a los 200 mg.

En cuanto a la descripción morfológica de las partículas de oro, se utilizó un estereoscopio binocular Better Scientific Germany 2x/WD 45mm que cuenta con cámara digital y un software propio para obtener fotografías a escala (Ver figura 33), lo que permitió realizar cuidadosamente las mediciones de largo, ancho y grosor, a fin de calcular los parámetros morfométricos más relevantes, como son: el diámetro equivalente del oro (D_{eq}), índice de aplastamiento (IA) e índice de esfericidad (S).



Figura 33: Medición morfométrica de las partículas de oro.

De acuerdo con Vila-Sánchez et al. (2004) el diámetro equivalente se expresa de la siguiente manera:

$$Deq = \sqrt[3]{\left(\frac{6}{\pi}\right)(a)(b)(c)}$$

Donde:

D _{eq} = Diámetro equivalente	b= Ancho
a= Largo	c= Grosor

El "IA" determina el aplastamiento que el grano obtuvo con el transporte. Cuanto mayor es el aplastamiento, menor es su "IA" (Giusti, 1986). Según Vila-Sánchez et al. (2004), el índice de aplastamiento se lo puede determinar mediante la expresión:

$$IA = \frac{c}{\sqrt{(a)(b)}}$$

De acuerdo con Sneed and Folk (1958) en Solé (2004) se menciona que, en términos dinámicos la esfericidad de "Wadell" no es correcta, por lo que, estos autores concluyen que las fuerzas de resistencia del fluido no son iguales a las que son procedentes de una esfera con la misma superficie de una partícula proyectada. Sin embargo, las fuerzas de gravedad sí lo son, tanto para la partícula como para una esfera proyectada de idéntico volumen. Por esta razón, definen la relación de estas dos esferas como la proyección de máxima esfericidad representadas en la siguiente expresión:

$$Y = (c^2/(a)(b))^{1/3}$$

Donde:

Y= Proyección de máxima esfericidad; *a*, *b* y *c* son las mismas constantes utilizadas en las expresiones anteriores.

Método de medición de la forma de los granos

Para determinar la morfología de las partículas encontradas en las distintas muestras, se realizó lo siguiente:

- Medición de las tres dimensiones ortogonales: largo (a), ancho (b) y grosor
 (c), así como se muestra en la figura 34.
- Cálculo de los parámetros morfométricos: D_{eq}; IA; Y.
- Determinación de la forma del grano a partir de dos proporciones de cálculo:
 - El primero con relación al aplastamiento de las variables de ancho y largo (b/a).
 - El segundo en correspondencia a su elongación en base a los diámetros de grosor y ancho (c/b).



Figura 34: Medición de diámetros de las partículas, en base a las tres dimensiones ortogonales: a (largo), b (ancho) y c (grosor) (W. C. Krumbein, 1941).

Para determinar la forma de los granos se los clasifica de acuerdo con el diagrama y tabla de formas de Zingg (1935). (Ver figura 35 y tabla 3).



Figura 35: Clasificación de las formas de granos según (Zingg, 1935)

Tabla 3: Clases de formas	según Zingg	(1935)
---------------------------	-------------	--------

Clasificación de formas				
b/a > 0,67 mm	c/b < 0,67 mm	Discoidal		
b/a > 0,67 mm	c/b > 0,67 mm	Esférico		
b/a < 0,67 mm	c/b < 0,67 mm	Elipsoidal		
b/a < 0,67 mm	c/b > 0,67 mm	Cilíndrico		

3.2.2.1 Análisis minerográfico

Se realizaron 3 briquetas para la observación de minerales metálicos y translúcidos mediante análisis minerográfico, con el objetivo de realizar la descripción de las propiedades ópticas de cada mineral. Las muestras seleccionadas se observan en la tabla 4.

Muestra	Sector	Coordenadas (UTM)	
MUESITA		Х	Y
TIC-BT003	Recinto Balseria	685226	9864087
TIC-BT012	Recinto Estero de Damas	682460	9858029
TIC-BT018	Recinto Umbe	682460	9858029

Tabla 4: Muestras para la elaboración de briquetas y análisis minerográfico.

La elaboración de las briquetas (Ver figura 36) consistió en el siguiente procedimiento:

- Se tomaron aproximadamente 10 gramos de la fracción magnética. Después, se realizó la homogenización y posterior cuarteo con el fin de reducir la cantidad de muestra de forma representativa, obteniendo un peso final aproximado de 1 gramo.
- 2. Esta fracción se encapsuló y se compactó con resina.
- 3. Se pulió la muestra con un abrasivo hasta conseguir una superficie lisa adecuada.
- 4. Finalmente, se procedió a colocar la codificación respectiva de cada muestra.



Figura 36: Briquetas realizadas para análisis minerográfico.
CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS

Utilizando como la información de 20 puntos de muestreo tomados a lo largo del cauce del río Umbe, se realizó un reconocimiento geológico y geomorfológico que complementaron y aportaron a la información existente.

4.1 Reconocimiento geológico Descripción litológica

El carácter litológico presente en la cuenca hidrográfica del río Umbe consta de sedimentos líticos cuaternarios de diferente granulometría como son: bloques, cantos rodados, gravas, arenas y arcillas.

A medida que los sedimentos se alejan del piedemonte, la granulometría decrece y esto se lo puede evidenciar en la matriz presente de los accidentes mayores como las terrazas y los bancos de grava aluvial (Ver figura 37).

Los límites geológicos se los evidenció basados en argumentos netamente granulométricos. Durante todo el recorrido de campo se observaron las diferencias de los sedimentos líticos, siendo estos de menor tamaño a medida que se aleja del piedemonte andino.



Figura 37: Decrecimiento granulométrico en tres puntos del río Umbe. A) Recinto Balseria B) Recinto Estero de Damas C) Reciento Umbe.

De acuerdo con MAGAP-PRAT and TRACASA-NIPSA (2015a), los depósitos aluviales presentes en el abanico aluvial de Quinsaloma son de edad cuaternaria, compuestos de limos y arcillas en la zona distal y por otra parte de bloques, gravas y arenas que predominan en la zona apical, con cambios de facies verticales y laterales.

El área de estudio se encuentra dentro de las pendientes moderadas, por ello, la elevación de la cuenca hidrográfica aumenta a medida que se acerca al piedemonte, es decir, en sentido contrario a la dirección del flujo del río Umbe (Ver figura 38).



Figura 38: Dirección suroeste del flujo hídrico del río Umbe en la llanura de inundación.

De acuerdo con el trabajo realizado en campo, se obtuvieron los siguientes resultados (Ver tabla 5):

Código	Punto de muestreo	Descripción geológica	Descripción macroscópica mineral	
TIC-BT001	Cauce activo	Cauce actual y terrazas bajas con material detrítico de granulometría gruesa a media, reveladas por labores mineras de libre aprovechamiento.	Sedimentos líticos, magnetita, epidota, zircón.	
TIC-BT002	Aluvión de playón	Materiales polilíticos en llanura de inundación; granulometría y forma subangulosa a subredondeada.	Sedimentos líticos, magnetita, clorita y cuarzo.	
TIC-BT003	Cauce activo	Presencia de arenas negras finas en terraza aluvial baja, marcado por un límite de sedimentos gravosos gradados con una potencia de 0,85 cm.	Sedimentos líticos, hematita, zircón, epidota.	
TIC-BT004	Aluvión de playón	Banco aluvial con clastos de granulometría gruesa a fina, cantos rodados subangulosos a subredondeados.	Sedimentos líticos, cuarzo lechoso, epidota, ilmenita, magnetita.	
TIC-BT005	Cauce activo	Terraza aluvial baja con depósitos aluviales con escarpe moderado, clastos de granulometría media a fina; potencia de terraza 1,10 m.	Sedimentos líticos, cuarzo, magnetita y epidota	
TIC-BT006	Cauce activo	Barra de cauce interna con material detrítico de distinto tamaño granulométrico.	Sedimentos líticos, cuarzo, epidota, sedimentos líticos	
TIC-BT007	Cauce activo	Terraza aluvial baja con materiales detríticos poco consolidados con granulometría media, envuelta en una matriz de arenas finas.	Sedimentos líticos, hematita, epidota, zircón.	
TIC-BT008	Cauce activo	Barra de cauce interna con material detrítico de distinto tamaño granulométrico.	Sedimentos líticos, cuarzo lechoso, oro aluvial, magnetita.	
TIC-BT009	Cauce activo	Barra meándrica con materiales detríticos gruesos a finos.	Sedimentos líticos, magnetita, epidota, cuarzo.	
TIC-BT010	Cauce activo	Terraza baja con material detrítico poco consolidado; cantos rodados subredondeados envueltos en una matriz arenosa.	Sedimentos líticos, cuarzo, magnetita e ilmenita.	
TIC-BT011	Aluvión de playón	Extensa llanura de inundación correspondiente al abanico aluvial del sector; cantos rodados de granulometría media y forma subredondeada.	Sedimentos líticos, magnetita, oro aluvial.	

 Tabla 5: Descripción geológica de los puntos de muestreo en el área de estudio.

TIC-BT012	Cauce activo	Barra de cauce interna con material detrítico de distinto tamaño granulométrico.	Sedimentos líticos, cuarzo lechoso, hematita, magnetita.
TIC-BT013	Cauce activo	Banco aluvial con clastos de granulometría gruesa a fina, cantos rodados subredondeados.	Sedimentos líticos, zircón, magnetita.
TIC-BT014	Cauce activo	Material detrítico polilítico con abundancia de arenas de tamaño granulométrico fino a muy fino.	Sedimentos líticos, cuarzo, magnetita e ilmenita.
TIC-BT015	Cauce activo	Barra de cauce interna con material detrítico de distinto tamaño granulométrico.	Sedimentos líticos, magnetita, zircón, cuarzo.
TIC-BT016	Aluvión de playón	Llanura aluvial con clastos de granulometría media a fina, cantos rodados subredondeados.	Sedimentos líticos, magnetita, hematita.
TIC-BT017	Terraza aluvial	Terraza aluvial media con materiales detríticos poco consolidados de gravas de tamaño medio envuelta en una matriz areno arcillosa. Potencia de 2,20 m.	Sedimentos líticos, magnetita, epidota, oro aluvial.
TIC-BT018	Cauce activo	Sedimentos detríticos con presencia de cantos rodados de granulometría media y pequeña.	Sedimentos líticos, cuarzo, magnetita, oro aluvial.
TIC-BT019	Meandro abandonado	Canal fluvial con abundante relleno detrítico y clastos subredondeados a redondeados con un tamaño granulométrico pequeño.	Sedimentos líticos, hematita, zircón, cuarzo, ¿pirita?
TIC-BT020	Cauce actual	Banco aluvial con clastos de granulometría media a fina de forma subredondeada.	Sedimentos líticos, cuarzo lechoso, epidota.

Como resultado de todas estas observaciones, se realizó un mapa con la delimitación de la cuenca hidrográfica según la granulometría de los fragmentos, donde la parte de la cuenca alta consta de materiales gruesos como bloques y cantos rodados representados como un abanico aluvial mayor, y la parte baja está constituida por sedimentos de gravas, arenas y arcillas relacionadas a un abanico aluvial menor (Ver figura 39).



Figura 39: Mapa geológico de la cuenca hidrográfica del río Umbe.

4.2 Reconocimiento geomorfológico

Las geoformas más susceptibles para la acumulación mineral están representadas por estructuras sedimentarias y unidades geomorfológicas.

Según Smirnov (1982) las trampas aluviales se clasifican de acuerdo con el ambiente de sedimentación, estas son:

- 1) De barra
- 2) De cauce
- 3) De valle
- 4) De terraza
- 5) De delta

Las trampas más comunes en la cuenca hidrográfica del río Umbe son las de cauce, terraza y de barra (Ver figura 40).



Figura 40: A) Trampa aluvial de cauce - muestra TIC-BT009. **B)** Trampa de terraza aluvial - muestra TIC-BT017.

En la cuenca hidrográfica del río Umbe se identificaron y caracterizaron las siguientes geoformas.

- 1. Terraza baja y cauce actual
- 2. Terraza media
- 3. Llanura de inundación
- 4. Meandro abandonado
- 5. Superficie de cono de esparcimiento
- 6. Cerros testigos

En la tabla 6 se registran las características geomorfológicas de cada punto de muestreo en el área de estudio y la Unidad geomorfológica a la que pertenecen.

Código	Punto de muestreo	Características geomorfológicas	Unidad geomorfológica	
TIC-BT001				
TIC-BT003				
TIC-BT004				
TIC-BT005				
TIC-BT007		Son estructuras que rodean e incluven		
TIC-BT008		al canal fluvial activo, la mayor parte		
TIC-BT009	Cauce activo	está conformada por acarreos del río de mayor grosor y en baja proporción	Terraza baja - Cauce actual	
TIC-BT010		sedimentos líticos finos como arenas y		
TIC-BT012		limos.		
TIC-BT013				
TIC-BT014				
TIC-BT018				
TIC-BT020				
TIC-BT015		Son geoformas del primer nivel de		
TIC-BT016	Terraza aluvial	sedimentos fluviales actuales que representa la última llanura de	Terraza aluvial media	
TIC-BT017		gravas en matriz areno limosa.		
TIC-BT019	Meandro abandonado	Son segmentos curvilíneos incluidos dentro del medio aluvial, constituidos por material superficial de conglomerados, arenas, limos y arcillas.	Meandro abandonado	
TIC-BT002				
TIC-BT006	Aluvión de playón	Son geoformas caracterizadas por depósitos aluviales que fueron transportados y depositados en el canal fluvial.	Valle fluvial - Llanura de inundación	
TIC-BT011				

 Tabla 6: Caracterización geomorfológica de los sitios seleccionados.

Terraza baja y cauce actual

Estas geoformas son parte de la llanura de inundación relacionadas al contexto geomorfológico aluvial (Ver figura 41), las cuales se formaron por los arrastres o acarreos de sedimentos de mayor grosor del cauce. Se caracteriza por tener la presencia de bloques y cantos rodados de diferente tamaño, al igual que elementos más finos como las arenas y arcillas (Ver figura 42).

Al pertenecer a un abanico aluvial están compuestas por pendientes planas que se presentan de 0 hasta 2%.



Figura 41: Límite del cauce actual y barra interna de cauce para toma de muestra.



Figura 42: A) Formación de terraza baja en el cauce activo. La línea de color anaranjada muestra el límite granulométrico, por encima se encuentra material más grueso y por debajo sedimentos líticos más finos. **B)** Por encima de la línea amarilla la formación de suelo y por debajo material areno gravoso

Terraza media

Consideradas por ser el primer nivel de terrazas que se localizan por encima de los sedimentos fluviales actuales, representando la última llanura de inundación con pendientes que van del 2 al 12%.

De acuerdo con el contexto litológico, estas geoformas están compuestas por cantos rodados y gravas de diferente tamaño que están subredondeados, formando parte de una matriz areno – limosa (Ver figura 43).



Figura 43: Formación de terraza media con una potencia aproximada de 2,20 m. Se encuentra limitada por un horizonte de suelo.

Llanura de inundación

Se caracteriza por tener depósitos aluviales transportados y canales fluviales con granulometría heterogénea representados por gravas, arenas y arcillas (Ver figura 44). Presentan variaciones de facies laterales y verticales que están en franjas adyacentes al cauce fluvial.



Figura 44: Cauce actual y llanura de inundación.

Meandro abandonado

En base a bibliografía geomorfológica regional y a la identificación de las geoformas presentes en el área de estudio, se logró definir un meandro abandonado para realizar la toma de la muestra TIC-BT019 (Ver figura 45).



Figura 45: Obtención de la muestra TIC-BT019 en un meandro inactivo, ubicada en el recinto Umbe.

Presentan pendientes de 0 hasta 2% sobre la llanura de inundación que son caracterizados geomorfológicamente por el medio aluvial. Son estructuras fluviales

inactivas de geometría curvilínea constituidas por material conglomerático, arenas y arcillas (Ver figura 46).



Figura 46: Meandro abandonado, donde se tomó la muestra TIC-BT019.

Superficie de cono de esparcimiento

Abarca la mayor parte de la cuenca hidrográfica formando parte del abanico aluvial. Según (MAGAP-PRAT and TRACASA-NIPSA, 2015a), la superficie de esparcimiento se compone litológicamente en zonas proximales por material aluvial de tamaño grueso y de tamaños más finos en las zonas distales del cono (Ver figura 47).



Figura 47: Superficie de cono de esparcimiento al sur del área de estudio.

Cerros testigo

Los cerros testigos pertenecen a zonas donde el basamento no ha sido erosionado o recubierto por material de los conos de esparcimiento. Se presentan con elevaciones no tan abruptas (Ver figura 48) formadas por rocas volcánicas correspondientes a la Formación Macuchi. Estas estructuras forman parte de los relieves volcánicos diversificados con cobertura piroclástica (Ver figura 49).



Figura 48: Cerro testigo con abundante cobertura vegetal.



Figura 49: Cerros testigos identificados en la vía Las Mercedes - San Pedro de Cumandá.

Como resultado se obtuvo un mapa con los resultados de la interpretación geomorfológica, donde se ubicaron las distintas geoformas presentes en la cuenca hidrográfica del río Umbe (Ver figura 50).



Figura 50: Mapa geomorfológico de la cuenca hidrográfica del río Umbe.

4.3 Separación y pesaje de fracciones

El concentrado pesado fue separado en las diferentes fracciones: magnéticas y no magnéticas. Se realizó el pesaje de las mismas, cuyos datos se muestran en la tabla 7.

Registro de pesaje								
Codificación	Peso Magnético (g)	Peso Magnético Real (g)	Peso No Magnético (g)	Peso No Magnético Real (g)	Total (g)	Concentrado Magnético (%)	Concentrado No Magnético (%)	
TIC-BT001	105,70	100,07	9,80	4,90	104,97	95,33	4,67	
TIC-BT002	110,69	104,63	8,59	3,70	108,32	96,59	3,41	
TIC-BT003	94,81	88,74	8,63	2,99	91,73	96,74	3,26	
TIC-BT004	73,87	68,24	6,93	2,04	70,28	97,10	2,90	
TIC-BT005	59,67	54,05	6,85	1,95	56,00	96,51	3,49	
TIC-BT006	64,25	58,18	6,83	1,94	60,12	96,78	3,22	
TIC-BT007	70,78	64,72	7,66	2,76	67,48	95,91	4,09	
TIC-BT008	58,47	52,41	7,81	2,17	54,58	96,02	3,98	
TIC-BT009	76,81	70,75	7,09	2,19	72,95	96,99	3,01	
TIC-BT010	58,88	52,82	7,43	2,53	55,35	95,43	4,57	
TIC-BT011	144,39	138,33	10,58	5,69	144,02	96,05	3,95	
TIC-BT012	56,70	50,64	7,52	1,88	52,52	96,42	3,58	
TIC-BT013	73,66	67,60	6,98	2,08	69,68	97,02	2,98	
TIC-BT014	99,89	93,82	8,40	3,51	97,33	96,40	3,60	
TIC-BT015	82,04	76,41	7,94	3,04	79,45	96,17	3,83	
TIC-BT016	53,11	47,48	6,86	1,96	49,44	96,04	3,96	
TIC-BT017	7,06	1,00	6,76	1,13	2,13	46,95	53,05	
TIC-BT018	50,78	44,71	7,10	1,46	46,17	96,84	3,16	
TIC-BT019	75,93	69,87	7,80	2,90	72,77	96,01	3,99	
TIC-BT020	98,16	92,10	7,58	2,68	94,78	97,17	2,83	

Tabla 7: Resultados del pesaje de las fracciones magnéticas y no magnéticas de los concentrados pesados obtenidos a lo largo del río Umbe.

4.4 Presencia de oro aluvial

La interpretación mineralógica realizada en la etapa de laboratorio permitió establecer la presencia de oro aluvial. Se identificaron un total de 17 partículas de este metal (Ver figura 51) distribuidas en las diferentes unidades geomorfológicas presentes en el río Umbe (Ver Tabla 8).

En el valle fluvial perteneciente a la llanura de inundación de la cuenca, se detectó una muestra con tres partículas de oro, la TIC-BT011. En las unidades geomorfológicas de terrazas aluviales bajas – cauce actual se observaron partículas en las muestras TIC-BT005, TIC-BT008, TIC-BT009, TIC-BT013, TIC-BT018, TIC-020; y en las terrazas aluviales medias, las muestras con presencia de oro fueron: TIC-BT016, TIC-BT017.



Figura 51: Partículas de oro aluvial encontradas en las distintas muestras.

Tabla 8: Cantidad de partículas de oro aluvial según las unidadesgeomorfológicas estudiadas en la cunca del río Umbe.

CÓDIGO	PARTÍCULAS DE Au	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA
TIC-BT002	2	Valle fluvial - Llanura de inundación
TIC-BT005	1	Terraza baja - Cauce actual
TIC-BT006	2	Valle fluvial - Llanura de inundación
TIC-BT008	1	Terraza baja - Cauce actual
TIC-BT009	1	Terraza baja - Cauce actual

TIC-BT011	3	Valle fluvial - Llanura de inundación
TIC-BT013	1	Terraza baja - Cauce actual
TIC-BT016	2	Terraza aluvial media
TIC-BT017	1	Terraza aluvial media
TIC-BT018	2	Terraza baja - Cauce actual
TIC-BT020	1	Terraza baja - Cauce actual

4.5 Asociación mineral identificada en el área de estudio

A continuación, se muestran los minerales más abundantes en los concentrados pesados (Ver figura 52), estos fueron caracterizados de acuerdo con sus propiedades físicas.



Figura 52: Asociación mineralógica más abundante.

• A) Ilmenita: Fe²⁺Ti⁴⁺O₃

Mineral de forma romboédrica a subhedral con brillo adamantino, es similar a la magnetita, pero con hábito diferente; se lo encuentra de manera abundante en la fracción magnética.

• B) Hematita: Fe₂O₃

Mineral de color rojo parduzco, con hábito masivo compuesto por óxido férrico, que presenta mezclas entre fragmentos de hematita y arcillas.

• C) Magnetita: Fe₃O₄

Minerales de forma subhedral de color negro, que presentan brillo lustre metálico y raya negra. Su mayor abundancia es en la fracción magnética debido a su propiedad alta de magnetismo.

• D) Cuarzo: SiO₂

Mineral del grupo de los tectosilicatos de sistema cristalino hexagonal, es incoloro y de forma xenomorfa a hexagonal. Se presenta con abundancia en los concentrados pesados.

• E) Epidota: Ca₂Al₂Fe³⁺(Si₂O₇)(SiO₄)O(OH)

Mineral monoclínico de color amarillo verdoso con hábito cristalino, pertenece al grupo de los sorosilicatos. Posee un porcentaje alto de abundancia en las fracciones no magnéticas.

• F) Zircón: ZrSiO₄

Mineral traslúcido que se presenta de color rosa, posee un brillo adamantino, euhedral, con sistema hexagonal. El zircón es abundante en todas las muestras no magnéticas.

• G) Enstatita: MgSiO3

Mineral de color verde oscuro que posee brillo vítreo, sus cristales se presentan de manera subhédrica. En la mayoría de las muestras presenta inclusiones de color negro que suelen ser magnetita o ilmenita.

• H) Apatito: Ca₅(PO₄)₃(F,CI,OH)

Mineral con lustre vítreo de color parduzco verdoso, con un sistema hexagonal y forma euhedral. Es poco común encontrarlo en las fracciones no magnéticas.

• I) Scheelita: CaWO₄

Mineral translúcido de color naranja claro, presenta hábito anhedral por su forma no definida. Pertenece al grupo de wolframio.

También se identificaron otros minerales con menor abundancia en las muestras recolectadas:

• Crisocola: Cu₂H₂(Si₂O₅)

Mineral de silicato compuesto de cobre que suele encontrarse en áreas oxidadas relacionadas a yacimientos de cobre. Son de color azul verdoso con un sistema cristalino rómbico y fractura concoidea; la presencia de este mineral en las muestras es escasa, casi nula (Ver figura 53).



Figura 53: Grano de crisocola, con escasa presencia en los concentrados pesados estudiados.

• Clorita: (Mg,Fe)3(Si,Al)4O10(OH)2(Mg,Fe)3(OH)6

Mineral perteneciente al grupo de los filosilicatos, generalmente de color verde claro con sistema monoclínico, presenta una forma redonda debido al recorrido por la red de escurrimiento (Ver figura 54).



Figura 54: Grano de clorita bien redondeado, con escasa presencia en los concentrados pesados estudiados.

Cinabrio

Se lo puede reconocer fácilmente por la coloración adamantina de rojo bermellón, es un mineral que posee un hábito cristalino con exfoliación prismática (Ver figura 55).



Figura 55: Mineral cinabrio.

• Cromita: Fe²⁺Cr₂O₄

Mineral compuesto de óxido de cromo, posee un color negro metálico similar a la ilmenita, de hábito octaédrico de cristalización. Debido al transporte por la red fluvial sus lados han sido erosionados (Ver figura 56)



Figura 56: Mineral cromita.

• Hematita botroidal: Fe₂O₃

Mineral compuesto de óxido de hierro que posee un color negro metálico, es de forma botroidal bien marcada, con un rayado de color rojo (Ver figura 57).



Figura 57: Mineral hematita botroidal.

A los minerales antes mencionados se suma la presencia de partículas de oro en las muestras ya mencionadas. El Au es considerado uno de los metales preciosos, posee un color amarillo intenso y es muy maleable. Por su densidad las partículas se quedan en el concentrado pesado y se pueden detectar en el estudio mineralógico (Ver figura 58).



Figura 58: Partículas de oro aluvial.

4.6 Morfología del material aurífero

Las partículas de oro encontradas en los placeres aluviales del río Umbe poseen predominantemente una textura rugosa y la mayor parte de estas se encuentran muy aplastadas, formando hojuelas o laminillas (Ver figura 59). Además, presentan contornos irregulares, cóncavos y/o convexos.



Figura 59: Partícula de oro muy aplastada con textura rugosa.

Los diámetros de las partículas de oro son variables. Sus dimensiones en largo (a) varían de 0,11 mm a 0,55 mm, mientras que el ancho (b) oscila entre 0,10 mm a 0,36 mm (Ver figura 60) y el grosor (c) entre 0,02 mm a 0,09 mm (Ver figura 61). Así mismo, el diámetro equivalente de las partículas osciló entre 0,11 mm a 0,27 mm.

Respecto al índice de aplastamiento, los valores varían de 0,08 mm a 0,46 mm; por otra parte, el parámetro morfométrico de esfericidad posee valores entre 0,07 mm a 0,14 mm (Ver Tabla 9).



Figura 60: Mediciones morfométricas de largo (a) y ancho (b) de las partículas de oro.



Figura 61: Medición morfométrica del grosor (c) de las partículas de oro.

 Tabla 9: Mediciones tridimensionales (a, b, c) y determinación de los parámetros

 morfométricos de las partículas de oro encontradas en el río Umbe.

Muestra	Código por partícula de oro	Dimensiones de las partículas de oro (mm)			Parámetros morfométricos (mm)			Esfericidad – Forma (mm)	
		Largo (a)	Ancho (b)	Grosor (c)	D_{eq}	IA	S	Aplastamiento (c/b)	Elongación (b/a)
TIC-BT002	P1	0,26	0,15	0,04	0,14	0,21	0,10	0,27	0,58
TIC-BT002	P2	0,39	0,17	0,09	0,23	0,37	0,16	0,56	0,43
TIC-BT005	P3	0,41	0,22	0,08	0,24	0,27	0,15	0,36	0,54
TIC-BT006	P4	0,55	0,30	0,06	0,27	0,16	0,13	0,21	0,55
TIC-BT006	P5	0,28	0,17	0,07	0,18	0,31	0,14	0,40	0,59
TIC-BT008	P6	0,33	0,15	0,05	0,17	0,22	0,10	0,33	0,45
TIC-BT009	P7	0,45	0,18	0,03	0,16	0,10	0,07	0,16	0,39
TIC-BT011	P8	0,24	0,16	0,06	0,17	0,33	0,14	0,41	0,65
TIC-BT011	P9	0,28	0,10	0,04	0,13	0,25	0,09	0,42	0,35
TIC-BT011	P10	0,39	0,33	0,03	0,19	0,08	0,09	0,09	0,83
TIC-BT013	P11	0,39	0,25	0,05	0,21	0,17	0,12	0,21	0,62
TIC-BT016	P12	0,17	0,10	0,04	0,11	0,30	0,10	0,39	0,60
TIC-BT016	P13	0,11	0,11	0,05	0,11	0,46	0,14	0,47	0,97
TIC-BT017	P14	0,39	0,28	0,03	0,18	0,08	0,08	0,09	0,72
TIC-BT018	P15	0,25	0,25	0,02	0,14	0,08	0,08	0,08	0,99
TIC-BT018	P16	0,37	0,36	0,05	0,24	0,14	0,14	0,15	0,96
TIC-BT020	P17	0,30	0,12	0,02	0,12	0,13	0,06	0,20	0,41

El diámetro equivalente permite conocer las medidas reales de las partículas a partir de las dimensiones tridimensionales de las mismas; en la presente investigación estas no superan los 0,3 mm, por lo que clasifican como "polvo de oro" según Solé (2004).

Las partículas de oro muestran en su mayoría una forma elipsoidal y en menor medida una forma discoidal; ninguna tiende a ser esférica o cilíndrica (Ver figura 62).



Figura 62: Comportamiento de la forma de las partículas de oro aluvial del río Umbe, según Zingg (1935).

4.7 Análisis minerográfico de las secciones pulidas.

Sección Pulida – Muestra TIC-BT003

La composición mineralógica no metálica alcanza un 15% del total de la muestra, la cual corresponde a cristales de zircón, epidota y hornblenda. La metálica alcanza un 85% de la muestra, correspondiente a magnetita, hematita, ilmenita, esfena, rutilo y pirita (Ver figura 63).



Figura 63: Microfotografías bajo el microscopio petrográfico (luz reflejada) de la muestra TIC-BT003. Abreviaturas: Hem: hematita, Mag: magnetita, Ilm: ilmenita, Py: pirita, Hbl: hornblenda, Spn: esfena, Zrn: zircón.

Descripción (luz reflejada)

A y B: presentan clastos subangulosos de pirita, ilmenita y hematita; subangulosos a subredondeados de magnetita. Se observan escasos minerales translúcidos como zircón anguloso. Presenta un buen sorteo, con un rango de tamaño de 60 y 370 μm. Los cristales de pirita se encuentran oxidados en los bordes. **C y D:** Se aprecian clastos subangulosos a subredondeados de esfena y magnetita y clastos subangulosos de hematita e ilmenita; también se observan exsoluciones de hematita (gris blanquecino) en cristal de ilmenita. Presenta un buen sorteo, con un tamaño de clastos que varía de 40 a 271 μm.

Sección pulida - Muestra TIC-BT012

La composición mineralógica metálica alcanza un 85% de la muestra total y corresponde a magnetita, ilmenita, hematita, pirita, rutilo y esfena. La no metálica alcanza el porcentaje restante (15%); corresponde a cristales de zircón, hornblenda y epidota (Ver figura 64).



Figura 64: Microfotografías bajo el miscroscopio petrográfico (luz reflejada) de la muestra TIC-BT012. Abreviaturas: Hem: hematita, Mag: magnetita, Ilm: ilmenita, Py: pirita, Hbl: hornblenda, Spn: esfena, Zrn: zircón.

Descripción (luz reflejada)

A y B: Clastos angulosos a subangulosos de ilmenita y hematita; subangulosos a subredondeados de magnetita y esfena. Se observan minerales translúcidos como zircón, subredondeados. Presenta un buen sorteo con un rango de tamaño de 30 y 320 μm. Además, se observan exsoluciones de ilmenita (gris-marrón) en los cristales de esfena. **C y D:** Clastos angulosos a subangulosos de ilmenita, hematita y pirita; subangulosos a subredondeados de magnetita. Se denotan escasos minerales translúcidos como hornblenda subangulosa, que conserva sus planos de exfoliación. Además, presenta un buen sorteo de los granos con un tamaño que varía entre 35 y 170 μm.

Sección pulida - Muestra TIC-BT018

La composición mineralógica metálica representa un 90% de toda la muestra, encontrándose ilmenita, magnetita, rutilo, esfena, hematita, pirita y cromita. El 10% restante corresponde a minerales no metálicos como apatito, zircón, epidota y hornblenda (Ver figura 65).



Figura 65: Microfotografías bajo el microscopio petrográfico (luz reflejada) de la muestra TIC-BT018. Abreviaturas: Hem: hematita, Mag: magnetita, Ilm: ilmenita, Py: pirita, Chr: cromita, Zrn: zircón.

Descripción (luz reflejada)

A y B: Se observan clastos subangulosos a subredondeados de magnetita y clastos angulosos de hematita e ilmenita. También se pueden apreciar minerales translúcidos angulosos como el zircón. Poseen un buen sorteo de los granos y el tamaño de estos varía de 30 a 332 μ m. **C y D:** Se presencian clastos angulosos de hematita, ilmenita y cromita; clastos subangulosos a subredondeados de magnetita. Además, se aprecian escasos minerales translúcidos como el zircón. El tamaño de los clastos varía entre 55 y 277 μ m.

4.8 Zonas potenciales para el desarrollo de trabajos de prospección geólogo-geoquímica.

Una vez realizado el reconocimiento geomorfológico, la descripción geológica de las distintas geoformas presentes en el área de estudio y en conjunto con la caracterización mineralógica realizada en la etapa de laboratorio, se estableció áreas potenciales para el desarrollo de futuros trabajos de prospección geológica y geoquímica en sitios donde se encontraron los indicios de oro aluvial.

Las unidades geomorfológicas que resultaron más representativas para la acumulación mineral de oro fueron las terrazas bajas y medias, cauce actual y la llanura de inundación.

Se seleccionaron dos zonas potenciales para oro aluvial (Zona A y B) en ese orden prioridad (Ver figura 66) para realizar trabajos geoquímicos detallados con el fin de caracterizar el tipo genético de mineralización y ubicar con precisión la fuente de aporte.

La zona B, donde está presente la muestra TIC-BT011, está ubicada en el valle fluvial o llanura de inundación, y fue la que tuvo mayor presencia de este metal, con 3 partículas. El estudio detallado de la zona A, ubicada aguas arriba de la zona mencionada, daría una mayor información sobre la proveniencia del oro.



Figura 66: Zonas potenciales con presencia de oro aluvial.

CAPÍTULO V

5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La geoforma que presentó mayor potencial para albergar material aurífero en la cuenca hidrográfica de la zona de estudio, es el valle fluvial – llanura de inundación; este sector pertenece a un abanico aluvial depositado en un relieve relativamente plano, lo que favoreció su depositación aluvial en esta unidad geomorfológica, después de haber sido activamente transportado desde su fuente primaria.

Esta transportación activa se sustenta por las características y parámetros morfométricos de las partículas de oro encontradas, que indican ser mayoritariamente partículas que no superan los 0,3 mm clasificándose como "polvo de oro" (Solé, 2004), que están muy aplastadas (Ver figura 67), formando hojuelas o laminillas, y ninguna tiende a ser esférica o cilíndrica.



Figura 67: Comportamiento del índice de aplastamiento (IA) de las partículas de oro localizadas en el río Umbe.

La tendencia decreciente del diámetro equivalente (Deq), que está en correspondencia directa con el tamaño de las partículas de oro, también indicó un mayor recorrido desde la fuente, ya que, a mayor distancia de recorrido de la

partícula, menor será su tamaño y consecuentemente su diámetro equivalente (Ver figura 68).



Figura 68: Comportamiento del diámetro equivalente (Deq) de las partículas de oro localizadas a lo largo del río Umbe.

El parámetro de esfericidad de las partículas de oro estudiadas muestra que su tendencia es a decrecer a medida que la distancia aumenta en dirección a la desembocadura, lo que indica que los granos han tenido un transporte intenso que influyó en su aplastamiento, en correspondencia con el caudal del río Umbe, el cual presenta características correntosas en épocas invernales (Ver figura 69).



Figura 69: Comportamiento de esfericidad (S) de las partículas encontradas en el río Umbe.

Las secciones pulidas evidenciaron exsoluciones de hematita en cristales de ilmenita. De acuerdo con Gómez et al. (2015), la hematitización desarrollada desde los bordes hacia el centro del cristal podría indicar una alteración en condiciones mucho más oxidantes y de menor temperatura.

La composición mineralógica de los concentrados minerales pesados representa los diferentes tipos de ocurrencias minerales metálicas del terreno Macuchi, las cuales, según se observa en la tabla 2 al inicio del presente trabajo, son de tipo VMS, epitermales y pórfidos.

La presencia de cinabrio (sulfuro de mercurio) entre los minerales detectados, llama la atención por su relación con yacimientos epitermales, que son característicos de temperaturas de formación muy bajas (<300 grados).

En el entorno geológico más cercano al área de estudio se presentan prospectos VMS (Sulfuros masivos volcanogénicos) de tipo Kuroko, pertenecientes al distrito La Plata y rocas granitoides relacionadas a pórfidos.

No obstante, por los resultados obtenidos, no se puede afirmar la existencia de potencial para oro de tipo aluvial, se recomienda sin embargo realizar no solamente un estudio más detallado de la presencia de oro aluvial en los concentrados pesados, sino también aplicar métodos geoquímicos como el de los sedimentos del fondo y de muestras hidrogeoquímicas, además de muestrear afloramientos para analizar entre 18-35 elementos químicos.

Esto permitirá obtener datos de la abundancia y el comportamiento de los elementos químicos detectados, sus correlaciones entre sí y definir más claramente la ubicación, procedencia y el tipo de mineralización que estaría aportando mineral útil al área de estudio, además de su potencialidad como prospecto.

CONCLUSIONES

- Con el levantamiento geomorfológico se evidenciaron geoformas, tales como: superficie de cono de esparcimiento, llanura de inundación, terrazas aluviales y cauce actual; en menor medida estructuras como cerros testigos y un meandro abandonado.
- Se estableció la presencia de oro aluvial, identificando un total de 17 partículas, las cuales se detectaron en las siguientes unidades geomorfológicas en orden decreciente: llanura de inundación (muestras TIC-BT002, TIC-BT006 y TIC-BT011); terrazas bajas y cauce actual (TIC-BT005, TIC-BT008, TIC-BT009, TIC-BT013, TIC-BT018, TIC-BT020); terraza aluvial media (TIC-BT016 y TIC-BT017).
- El análisis minerográfico de secciones pulidas mostró clastos subangulosos a subredondeados con tamaños que varían entre 30 a 370 µm, con buen sorteo. Los minerales metálicos más abundantes son: magnetita, seguido de ilmenita, hematita, esfena, rutilo y trazas de sulfuros (pirita). En cuanto a minerales traslúcidos predomina el zircón, epidota y hornblenda.
- La composición y asociación mineralógica de los concentrados pesados acompañantes del oro aluvial, representa los diferentes tipos de ocurrencias minerales metálicas del terreno Macuchi, tales como epitermales, VMS y pórfidos. En el entorno geológico más cercano al área de estudio predomina la presencia de estos dos últimos tipos de prospectos.
- Los parámetros morfométricos de las partículas de oro aluvial indican que estas son muy aplastadas y finas, de tipo "polvo de oro", que no sobrepasan los 0,27 mm, con forma elipsoidal de manera predominante, y en menor medida discoidal, indicando que dichas partículas se han transportado a distancias relativamente lejanas desde su fuente aurífera.
- Se propone un área potencial para trabajos geoquímicos detallados, en el entorno de la muestra TIC-BT011, ubicada en el valle fluvial o llanura de inundación, la cual tuvo mayor presencia de este metal, con 3 partículas. También se indica explorar el área que se encuentra aguas arriba de la muestra señalada, con el propósito de identificar con precisión la fuente de aporte.

 Según los resultados obtenidos, no se puede afirmar la existencia de potencial para oro de tipo aluvial. El desarrollo de trabajos geoquímicos detallados permitirá definir más claramente la ubicación, procedencia y el tipo de mineralización que estaría aportando mineral útil al área de estudio, además de definir su potencialidad como prospecto.

RECOMENDACIONES

- Aplicar laboreos mineros de calicatas en las zonas que presentaron indicios de mineralización, para determinar cuáles de los horizontes son los más enriquecidos y obtener una ley mineral para el material aurífero.
- Aplicar métodos geoquímicos de sedimentos del fondo, análisis hidrogeoquímicos y muestreo de afloramientos (de 18 a 35 elementos mínimo) para determinar su comportamiento, correlaciones y poder precisar con mayor claridad la procedencia del oro y su potencialidad.
- Aplicar métodos geofísicos eléctricos en las zonas que presentaron mayores indicios de mineral de oro, para delimitar anomalías auríferas.

BIBLIOGRAFÍA

- Almagor, E.S., 2019, IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS FACIES SEDIMENTARIAS DE LA FORMACIÓN SILANTE EN LAS SECCIONES NONO-TANDAYAPA Y CALACALÍ-NANEGALITO: Escuela Politécnica Nacional.
- Baldock, J.W., 1982, GEOLOGIA DEL ECUADOR: Boletín de la Explicación del Mapa Geológico de la República del Ecuador Escala 1:1000000,.
- Barragan, J., Ortíz, C., and Merlyn, M., 1991, PLACERES AURÍFEROS EN EL ECUADOR: Instituto Ecuatoriano de Minería,.
- Boland, M., Pilatasig, L., Ibandango, C., McCourt, W., Aspden, J., Hughes, R., and Beate, B., 2000, Geology of the Western Cordillera between 0°-1°N: Quito, Ecuador, Proyecto de Desarrollo Minero y Control Ambiental, Programa de Información cartográfica y Geológica, v. Informe No. 10, 72 p.
- Egüez, A., Albán, A., Gallardo, E., Lomas, W., and Reinoso, M., 2019, Mapa Metalogenético de la República del Ecuador. Esc. 1:1'000.000:
- Egüez, A., and Bourgois, J., 1986, LA FORMACIÓN APAGUA: EDAD Y POSICIÓN ESTRUCTURAL EN LA CORDILLERA OCCIDENTAL DEL ECUADOR:, https://www.researchgate.net/publication/313665801.
- Enami EP, E.N.M. del E. Proyecto Telimbela:
- Giusti, L., 1986, The morphology, mineralogy, and behavior of u "fine-grained" gold from placer deposits of Alberta: sampling and implications for mineral exploration: Canadian Journal of Earth Sciences, v. 23, p. 1662–1672, doi:10.1139/e86-154.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Quinsaloma, 2019, ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN QUINSALOMA 2020-2024: RACOMSOL S.A.,.
- Gómez, A., Rubinstein, N., and Geuna, S., 2015, Análisis mineralógico de las magnetitas hidrotermales del pórfiro DE CU-(MO) San Pedro, provincia de Mendoza: Revista de la Asociación Geológica Argentina, v. 72, p. 326–331.
- Guerrero, E., 2019, Cinturones metalogénicos en base a principales yacimientos metalíferos del Ecuador: 8th International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG),.
- Henderson, G., and Endara, K., 1979, Mapa Geológico del Ecuador: Escala 1:100 000. Hoja 48, Quevedo.:
- Hughes, R., and Bermúdez, R., 1997, Geology of the Cordillera Occidental of Ecuador between 0°00' and 1° 00'S (CODIGEM - British Geological Survey, Ed.): Quito, Ecuador, Proyecto de Desarrollo Minero y Control Ambiental, Programa de Información Cartográfica y Geológica., v. Informe No. 4, 75 p.
- Hughes, R.A., and Pilatasig, L.F., 2002, Cretaceous and Tertiary terrane accretion in the Cordillera Occidental of the Andes of Ecuador: Tectonophysics, v. 345, p. 29–48, doi:10.1016/S0040-1951(01)00205-0.
- Jaillard, E., 2003, Rocas detríticas paleógenas de la Cordillera Occidental de Ecuador (0° - 4°30' S). Estratigrafía, sedimentología, significado tectónico y geodinámico:
- Jaillard, E., Ordoñez, M., Suárez, J., Toro, J., Iza, D., and Lugo, W., 2004, Stratigraphy of the late Cretaceous–Paleogene deposits of the cordillera occidental of central ecuador: geodynamic implications: Journal of South American Earth Sciences, v. 17, p. 49–58, doi:10.1016/j.jsames.2004.05.003.
- Lavenu, A., Noblet, C., Bonhomme, M.G., Eguez, A., Dugas, F., and Vivier, G., 1992, New K-Ar age dates of Neogene and Quaternary volcanic rocks from the Ecuadorian Andes: Implications for the relationship between sedimentation, volcanism, and tectonics.:
- Litherland, M., and Aspden, J.A., 1992, Terrane-boundary reactivation: A control on the evolution of the Northern Andes: Journal of South American Earth Sciences, v. 5, p. 71–76, doi:10.1016/0895-9811(92)90060-C.
- MAGAP-PRAT, S., and TRACASA-NIPSA, 2015a, MEMORIA TÉCNICA, CANTÓN QUINSALOMA, PROYECTO: "LEVANTAMIENTO DE CARTOGRAFÍA TEMÁTICA ESCALA 1:25.000, LOTE 2", GEOMORFOLOGÍA:

- MAGAP-PRAT, and TRACASA-NIPSA, 2015b, MEMORIA TÉCNICA CANTÓN QUINSALOMA/BLOQUE 2.4 PROYECTO: "LEVANTAMIENTO DE CARTOGRAFÍA TEMÁTICA ESCALA 1:25.000, LOTE 2" COBERTURA Y USO DE LA TIERRA SISTEMAS PRODUCTIVOS ZONAS HOMOGÉNEAS DE CULTIVO:
- Ministerio del Ambiente, and Consejo Nacional De Recursos Hídricos, 2002, DIVISIÓN HIDROGRAFICA DEL ECUADOR.:
- Paladines, A., and Soto, J., 2010, GEOLOGÍA Y YACIMIENTOS MINERALES DEL ECUADOR.:
- Pillajo, E., 2010, EVALUACIÓN DEL POTENCIAL AURÍFERO ALUVIAL EN ECUADOR: FUNGEOMINE, www.fungeomine.org (accessed October 2022).
- PRODEMINCA, 2000a, Evaluación de Distritos Mineros del Ecuador, DEPÓSITOS PORFÍDICOS Y EPI-MESOTERMALES RELACIONADOS CON INTRUSIONES DE LAS CORDILLERAS OCCIDENTAL Y REAL: Quito, UPC PRODEMINCA, Proyecto MEM BIRF 36 -55 EC, v. 4, 39 p.
- PRODEMINCA, 2000b, Evaluación de Distritos Mineros del Ecuador, SULFUROS MASIVOS ALOJADOS EN VOLCANITAS: Quito, UCP PRODEMINCA Proyecto MEM BIRF 36-55 EC., v. 3.
- Reino, S., 2013, ESTUDIO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA Y SUS ZONAS DE INFLUENCIA:LINEA BASE.:
- Smirnov, V.I., 1982, Geología de yacimientos minerales: 654 p.
- Sneed, E.D., and Folk, R.L., 1958, Pebbles in the Lower Colorado River, Texas a Study in Particle Morphogenesis: The Journal of Geology, v. 66, p. 114–150, doi:10.1086/626490.
- Solé, M.V., 2004, LA PROSPECCIÓN DE PLACERES DE ORO Y OTROS MINERALES DENSOS.:
- Toscano, M., Pérez-López, R., and Sáez, R., 2012, Concentration of heavy minerals by panning and its interpretation: Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, v. 20, p. 164–172.

- Vallejo, C., 2007, Evolution of the Western Cordillera in the Andes of Ecuador (Late Cretaceous-Paleogene): Ph.D. thesis, Institute of Geology, ETH Zürich.
- Vallejo, C., Winkler, W., Spikings, R., and Luzieux, L., 2009, Evolución geodinámica de la Cordillera Occidental (Cretácico Tardío-Paleógeno):
- Vila-Sánchez, A.R., Díaz-Martínez, R., Proenza, J.A., and Melgarejo, J.C., 2004, CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA, TEXTURAL Y COMPOSICIONAL DE LAS PARTÍCULAS DE ORO REVELADAS EN PLACERES MARINOS DE LAS PLAYAS MEJÍAS Y JIGUANÍ (NE DE CUBA ORIENTAL): v. 23, p. 43–53.
- W. C. Krumbein, 1941, Measurement and Geological Significance of Shape and Roundness of Sedimentary Particles: SEPM Journal of Sedimentary Research,
 v. Vol. 11, doi:10.1306/D42690F3-2B26-11D7-8648000102C1865D.
- Zingg, T., 1935, Beitrag zur Schotteranalyse: Doctoral Thesis. ETH Zürich, doi:10.3929/ethz-a-000103455.

ANEXOS

Anexo 1: Repositorio fotográfico del trabajo de campo.



Imagen 1: Laboreos mineros de libre aprovechamiento en el sector "12 de Octubre".



Imagen 2:Terraza aluvial baja de granulometría gruesa con un límite sedimentario de suelo. La base y el techo corresponde a una depositación en corrientes altas y el límite de suelo indica una depositación en ambiente de corrientes bajas.



Imagen 3: Estructuras geomorfológicas presentes en el cauce del río Umbe.



Imagen 4: Roca del tipo andesita con textura afanítica.



Imagen 5: Andesita propilitizada en la que se observan cristales de clorita y epidota.



Imagen 6: Fragmentos de rocas granitoides meteorizadas.



Imagen 7: Unión del río Umbe y río Suquibí.

Anexo 2: Repositorio fotográfico del trabajo de laboratorio.



Imagen 8: Separación magnética del concentrado pesado.



Imagen 9: Análisis morfométrico de las partículas de oro aluvial.



Imagen 10: Inclusiones de magnetita (?) en el mineral de Enstatita.



Imagen 11: Inclusiones en el mineral de Zircón.

Cádigo	Coordena	adas (UTM)	Localización	
Coalgo	Х	Y		
TIC-BT001	686243	9865061	Sector 12 de Octubre	
TIC-BT002	685226	9864087	Recinto Balseria	
TIC-BT003	684685	9864045	Recinto Balseria	
TIC-BT004	684160	9863449	San Miguel de los Ríos	
TIC-BT005	683985	9862420	San Miguel de los Ríos	
TIC-BT006	683828	9861742	Isla de Barbones	
TIC-BT007	683366	9861007	Isla de Barbones	
TIC-BT008	683033	9860604	Isla de Barbones	
TIC-BT009	682581	9860008	Recinto Estero de Damas	
TIC-BT010	682843	9859608	Recinto Estero de Damas	
TIC-BT011	682588	9858910	Recinto Estero de Damas	
TIC-BT012	682460	9858029	Recinto Estero de Damas	
TIC-BT013	682086	9857438	Recinto Estero de Damas	
TIC-BT014	681701	9856604	Recinto Umbe	
TIC-BT015	681341	9856006	Recinto Umbe	
TIC-BT016	680813	9855891	Recinto Umbe	
TIC-BT017	680727	9855442	Recinto Umbe	
TIC-BT018	682460	9858029	Recinto Umbe	
TIC-BT019	679027	9854681	Recinto Umbe	
TIC-BT020	678988	9854062	Recinto Umbe	

Anexo 3: Datos de coordenadas de los puntos de muestreo.

Anexo 4: Características físicas de los minerales encontrados en el río Umbe.

Componentes mineralógicos identificados en el río Umbe					
Fracción Magnética 75%					
Fracción No Magnética	25%				
Peso total para la observación	10 gramos				

Características físicas de los minerales encontrados

Minerales	Color	Brillo	Hábito	Fractura	Raya	Dureza
Crisocola	Azul celestino	Vítreo mate	Terrosa	Concoidea	Blanca	2,5
Cinabrio	Rojo bermellón	Adamantino	Cristalino	Subconcoidea	Escarlata	2,5
Zircón	Rosado	Adamantino	Irregular y tabular	Concoidea	Blanca	7,5
Cuarzo	Incoloro	Adamantino	Hexagonal	Concoidea	Blanca	7
Hematita	Rojo pardo	Mate	Masivo	Subconcoidea	Marrón	6
Magnetita	Negro	Metálico	Octaédricos	Irregular	Negra	6
Ilmenita	Negro	Metálico	Tabulares	Concoidea	Negra	6
Clorita	Verde	Vítreo	Masivo	Concoidea	Verde	3
Epidota	Verde pistacho	Vítreo	Masivo	Irregular	Gris	6
Cromita	Negro	Metálico	Octaédricos	Irregular	Parduzca	5
Apatito	Verdoso Parduzco	Vítreo	Hexagonal	Concoidea	Blanca	4,5
Hematita botroidal	Negro	Metálico	Botroidal	Subconcoidea	Roja	5
Enstatita	Negro verdoso	Vítreo	Prismas alargados	Irregular	Gris	5,5
Scheelita	Naranja claro	Adamantino	Anhédrico	Concoidea	Blanca	5

Anexo 5: Medición de los parámetros morfométricos.



Imagen 12: Partículas de oro aluvial en la muestra TIC-BT002.



Imagen 13: Partículas de oro aluvial en la muestra TIC-BT006.



Imagen 14: Partículas de oro aluvial en las muestras: A) TIC-BT017 y B) TIC-BT018.

Anexo 6: Propiedades ópticas de los minerales metálicos y translúcidos observados en las briquetas.

• Muestra TIC-BT003

Minerales metálicos (85%)	%	Características ópticas	Forma	Tamaño
Magnetita	50	Cristales de color gris rosáceo, se presenta isótropo. Algunos cristales presentan exsoluciones laminares de hematita.	Subangulosos a subredondeados	Cristales: 20 - 400 μm. Exsoluciones espesor: 10 μm
Hematita	10	Cristales de color gris blanquecino con tintes azules, se presenta anisótropo con tonalidades grises a azuladas, presenta reflexiones internas rojizas.	Subangulosos	100 - 300 μm
Ilmenita	9	Cristales de color gris - marrón, se presenta fuertemente anisótropo con tonalidades verdosas. Algunos cristales presentan exsoluciones laminares de hematita.	Subangulosos	100 - 200 µm
Esfena	8	Cristales de color gris medio a oscuro, presenta reflexiones internas de color rojo a marrón.	Subangulosos	100 - 200 µm
Rutilo	6	Cristales grises con leve tinte azulado, fuertemente anisótropos de color gris a negro, presenta reflexiones internas amarillentas a marrones.	Subangulosos	150 - 200 µm

Pirita	Cristales de color amarillo pálido, se presenta débilmente anisótropo. Algunos cristales se 2 encuentran oxidados en los bordes. Se presenta como exsoluciones en escasos cristales de magnetita.	Subangulosos	Cristales: 100 - 150 μm Exsoluciones: 20 μm
--------	---	--------------	---

Minerales traslúcidos (15%)	%	Características ópticas	Forma	Tamaño
Zircón	7	Cristales grises oscuro, con el lente polarizador presentan coloración rosácea, algunos cristales presentan inclusiones de rutilo, dureza alta.	Subangulosos	100 - 250 μm
Epidota	2	Cristales grises, con el lente polarizador presentan coloración verde a amarillento, dureza baja.	Subangulosos	100 - 200 µm
Hornblenda	5	Cristales grises oscuro, con el lente polarizador presentan coloración verde a marrón, dureza media, conservan su exfoliación característica.	Cristales con fracturas irregulares, angulares.	150 - 250 µm
Indiferenciados	1	Cristales grises oscuro, con el lente polarizador presentan coloración verde, dureza media, no presentan exfoliación, buen pulido.	Subangulosos	100 - 120 µm

• Muestra TIC-BT012

Minerales metálicos (85%)	%	Características ópticas	Forma	Tamaño
Magnetita	55	Cristales de color gris rosáceo, se presenta isótropo. Algunos cristales presentan exsoluciones laminares de hematita.	Subangulosos a subredondeados	Cristales: 30 - 400 μm. Exsoluciones espesor: 10 μm
Hematita	9	Cristales de color gris blanquecino con tintes azules, se presenta anisótropo con tonalidades grises a azuladas, presenta reflexiones internas rojizas.	Subangulosos a angulosos	80 - 250 μm
Ilmenita	9	Cristales de color gris - marrón, se presenta fuertemente anisótropo con tonalidades verdosas. Algunos cristales presentan exsoluciones laminares de hematita.	Subangulosos a angulosos	50 - 150 µm
Esfena	6	Cristales de color gris medio a oscuro, presenta reflexiones internas de color rojo a marrón.	Subangulosos a subredondeados	100 - 200 µm
Rutilo	5	Cristales grises con leve tinte azulado, fuertemente anisótropos de color gris a negro, presenta reflexiones internas amarillentas a marrones.	Subangulosos a angulosos	100 - 200 μm

Pirita	1	Cristales de color amarillo pálido, se presenta débilmente anisótropo. Algunos cristales se encuentran oxidados en los bordes. Se presenta como exsoluciones en escasos cristales de magnetita.	Subangulosos a angulosos	60 - 125 μm
--------	---	---	-----------------------------	-------------

Minerales traslúcidos (15%)	%	Características ópticas	Forma	Tamaño
Zircón	5	Cristales grises oscuro, con el lente polarizador presentan coloración rosácea, algunos cristales presentan inclusiones de rutilo, dureza alta.	Subredondeados a subangulosos	100 - 460 µm
Epidota	2	Cristales grises, con el lente polarizador presentan coloración verde a amarillento, dureza baja.	Subangulosos	100 - 200 µm
Hornblenda	5	Cristales grises oscuro, con el lente polarizador presentan coloración verde a marrón, dureza media, conservan su exfoliación característica.	Angulosos	100 - 200 µm
Indiferenciados	3	Cristales grises oscuro, con el lente polarizador presentan coloración verde, dureza media, no presentan exfoliación, buen pulido.	Subangulosos	100 - 150 µm

• Muestra TIC-BT018

Minerales metálicos (90%)	%	Características ópticas	Forma	Tamaño
Magnetita	40	Cristales de color gris rosáceo, se presenta isótropo. Algunos cristales presentan exsoluciones laminares de hematita.	Subangulosos a subredondeados	Cristales: 30 - 1000 μm. Exsoluciones espesor: 10 μm.
Hematita	20	Cristales de color gris blanquecino con tintes azules, se presenta anisótropo con tonalidades grises a azuladas, presenta reflexiones internas rojizas.	Subangulosos a angulosos	100 - 200 μm
Ilmenita	15	Cristales de color gris - marrón, se presenta fuertemente anisótropo con tonalidades verdosas. Algunos cristales presentan exsoluciones laminares de hematita.	Angulosos	100 - 300 µm
Esfena	4	Cristales de color gris medio a oscuro, presenta reflexiones internas de color rojo a marrón.	Subangulosos a subredondeados	50 - 200 µm
Rutilo	10	Cristales grises con leve tinte azulado, fuertemente anisótropos de color gris a negro, presenta reflexiones internas amarillentas a marrones.	Subangulosos a angulosos	100 - 200 µm

Pirita	Trz (Trazas)	Cristales de color amarillo pálido, se presenta débilmente anisótropo. Algunos cristales se encuentran oxidados en los bordes. Se presenta como exsoluciones en escasos cristales de magnetita.	Exsoluciones gotiformes	Exsoluciones: 5 - 10 µm.
Cromita	1	Cristales de color gris con tintes marrones, se presenta isótropo, buen pulido.	Angulosos	100 - 140 µm

Minerales traslúcidos (10%)	%	Características ópticas	Forma	Tamaño
Zircón	5	Cristales grises oscuro, con el lente polarizador presentan coloración rosácea, algunos cristales presentan inclusiones de rutilo, dureza alta.	Cristales prismáticos alargados, subangulosos a subredondeados.	100 - 350 µm
Epidota	1	Cristales grises, con el lente polarizador presentan coloración verde a amarillento, dureza baja.	Cristales con fracturas irregulares, subangulosos.	100 - 150 µm
Hornblenda	1	Cristales grises oscuro, con el lente polarizador presentan coloración verde a marrón, dureza media, conservan su exfoliación característica.	Cristales con fracturas irregulares, subangulosos.	100 - 180 µm

Indiferenciados	2	Cristales grises oscuro, con el lente polarizador presentan coloración verde, dureza media, no presentan exfoliación, buen pulido.	Subangulosos	100 - 150 µm
Apatito	1	Cristales grises oscuro, con el lente polarizador se presentan incoloros, reflexiones internas amarillo verdosas.	Cristales prismáticos, angulosos a subangulosos.	80 - 150 µm