

# Prospección geológica y geoquímica de la hoja topográfica Zamora, escala 1:50 000

Grace Ruiz <sup>1</sup> y Andrés Carranco <sup>2</sup>

*1 Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico. (Quito-Ecuador)  
grace.ruiz@geoinvestigacion.gob.ec*

*2 Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico. (Quito-Ecuador)  
jefferson.carranco@geoinvestigacion.gob.ec*

## RESUMEN

El estudio presenta los resultados del análisis e interpretación de la información geológica y geoquímica, orientados a determinar la presencia de minerales económicos en el área que cubre la hoja topográfica Zamora, escala 1:50 000, ubicada en el suroriente ecuatoriano.

Se realizaron observaciones de campo, con ensayos de laboratorio para muestras de roca: secciones delgadas y análisis geoquímicos de roca total (elementos mayores, elementos menores y tierras raras) para caracterizar dos eventos volcánicos: alcalino (Triásico) y calco-alcalino (Jurásico). Mediante ICP-OES y ensayo al fuego se obtuvieron resultados interesantes en roca (153 ppb Au) y en sedimentos fluviales, con los que se realizó el análisis exploratorio de datos espaciales para un posterior tratamiento geoestadístico, con el fin de determinar anomalías geoquímicas de 11 elementos (Hg, Au, Ag, As, Cu, Sb, Zn, Co, Mo, Ni y Pb), empleando el método analítico-gráfico de Lepeltier (modificado) y el método de interpolación kriging ordinario.

Se definieron dos zonas con posible potencial mineral (Tzunantza y Nanguipa), a partir de los perfiles de correlación de anomalías geoquímicas de sedimentos fluviales (As-Sb-Hg-Ag-Co-Zn-Pb y Au±As-Hg-Cu±Mo±Sb-Zn-Co, respectivamente) con la geología (cuerpos de brechas freatomagmáticas e hidrotermales, sistemas epitermales, sistemas skarnificados y otros, posiblemente relacionados con pórfidos). El estudio recomienda hacer un seguimiento de estas áreas; se sugiere efectuar un estudio a detalle, con análisis de suelos y geofísica, para delimitar las áreas con interés minero.

**Palabras clave:** Mapeo Geológico, Geoquímica de Sedimentos Fluviales, Geoestadística, Depósitos relacionados con Pórfidos, sureste de Ecuador.

## ABSTRACT

This study presents the results of analysis and interpretation of geological and geochemical prospecting in the area that covers the Zamora topographic sheet, scale 1: 50 000, Southeastern of Ecuador to determine mineral occurrences.

Useful field observations, with laboratory assays for rock samples: thin sections, whole-rock geochemical analysis (major elements, trace elements and rare earth elements) to characterize the alkaline (Triassic) and calc-alkaline (Jurassic) volcanism. Through ICP-OES and fire assay, we obtained the interesting results in rock

(153 ppb Au), and in stream sediments, with which it was made an exploratory analysis of spatial data and geostatistical treatment, were developed to determine geochemical anomalies of 11 elements (Hg, Au, Ag, As, Cu, Sb, Zn, Co, Mo, Ni and Pb), by using the analytical-graphical method of Lepeltier (modified) and the ordinary kriging interpolation method.

Two zones with possible mineral potential (Tzunantza and Nanguipa), were defined from the correlation profiles of geochemical anomalies of stream sediments (As-Sb-Hg-Ag-Co-Zn-Pb and Au±As-Hg-Cu±Mo±Sb-Zn-Co, respectively) with geology (bodies of phreatomagmatic and hydrothermal breccias, epithermal systems, skarns and others, possibly related to porphyry). This study recommends to follow up these areas. A detailed study is suggested with geochemical soils and geophysical surveys to delimit the areas with mining interest.

---

**Keywords:** Geological Mapping, Geochemistry-Stream Sediments, Geostatistics, Deposits Related to Porphyry, Southeastern of Ecuador.

## 1. Introducción

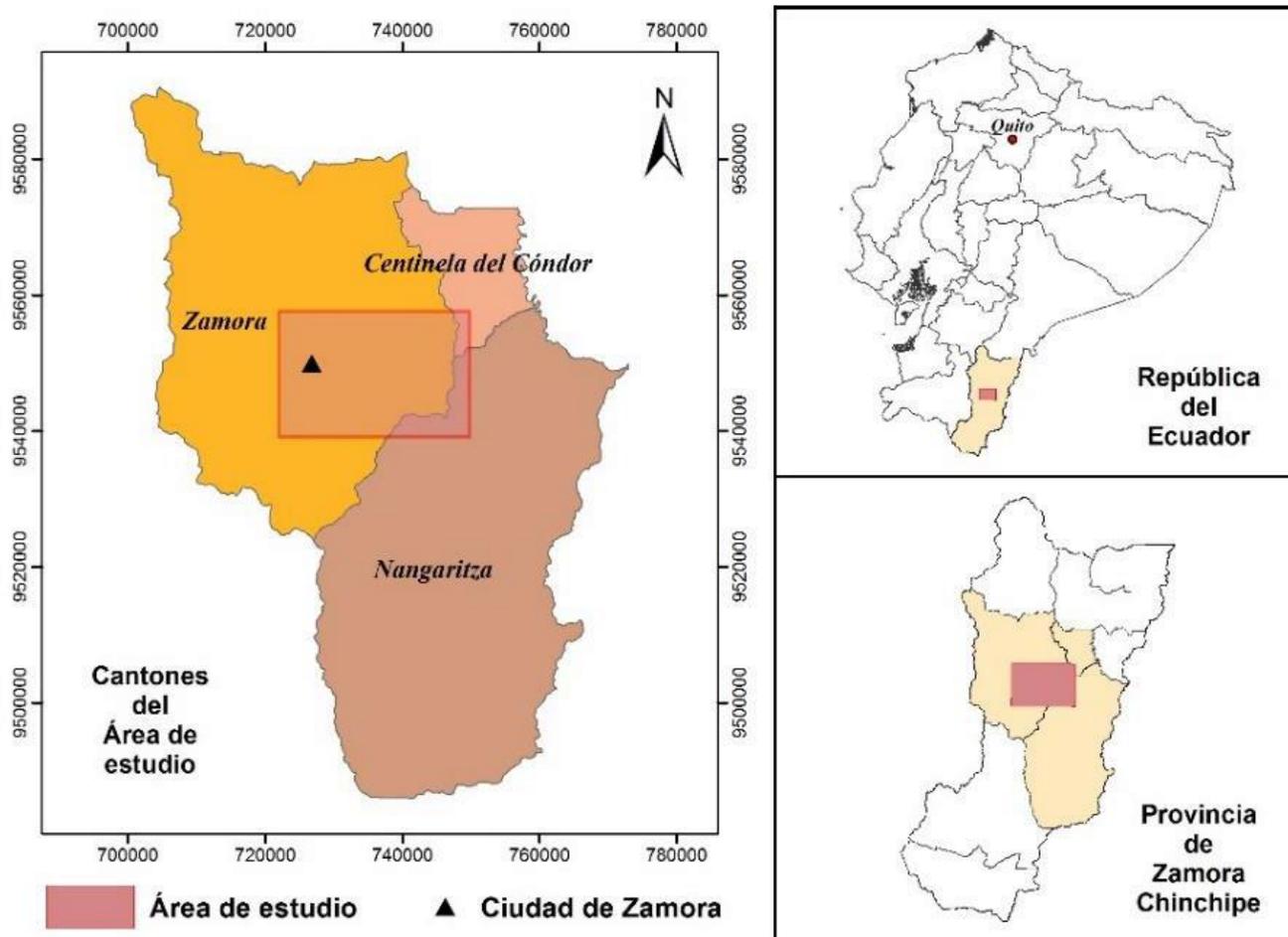
El objetivo principal de esta investigación es analizar e interpretar la geología y la geoquímica en el área que cubre la hoja topográfica (HT) Zamora, escala 1:50 000, para determinar ocurrencias minerales y el potencial geológico-minero del área de estudio.

La HT Zamora (E 1:50 000) se ubica en el suroriente ecuatoriano, en la provincia de Zamora Chinchipe; en su mayor parte se encuentra dentro del cantón Zamora y una pequeña zona pertenece a los cantones Centinela del Cóndor y Nangaritza (Figura 1). El eje hidrográfico principal está conformado por el río Zamora que parte desde Loja, recibe aportes de las vertientes centrales y externas de la Cordillera Real. Constituye uno de los tributarios del río Santiago que, a su vez, es afluente del río Marañón y, forman parte de la cuenca superior del río Amazonas.

El Distrito Zamora es conocido y considerado como un territorio con abundantes recursos minerales, en especial de oro; fue trabajado en un inicio por los Incas, que fueron más tarde desplazados por los colonizadores españoles, éstos fueron expulsados de Nambija por los Shuar, y el área quedó inactiva hasta el redescubrimiento de Campanillas en 1970, por esta razón resurgió la fiebre del oro en lugares como Nambija, Chinapintza, El Zarza y San Luis, entre otros, llevando a una actividad relativamente incontrolada con trabajos superficiales y estrechos túneles. Además, varias compañías nacionales e internacionales han desarrollado exploración preliminar en la zona a varios niveles de detalle.

En la actualidad, el Distrito Zamora es considerado una de las principales áreas mineras del país, en especial aurífero y de cobre, donde se encuentran trabajando empresas mineras importantes para la extracción de estos minerales.

**Figura N° 1**  
Ubicación geográfica del área de estudio



Fuente: Elaboración propia

## 2. Metodología

Para el estudio geológico se realizaron los siguientes análisis:

- Análisis petrográfico de láminas delgadas con ayuda del microscopio polarizante Olympus BX51, y muestras de mano con el estereomicroscopio Olympus S2X16. Ambos incorporados con una cámara foto-gráfica DP26, que incluye el software Stream Basic para la captura y procesamiento de las imágenes.
- Análisis e interpretación de datos geoquímicos de roca total, usando el software Igp06 (Igneous petrology software, versión 2006). Los ensayos realizados por el Laboratorio Químico del INIGEMM son: análisis de elementos mayores por fluorescencia de rayos X (XRF), barrido de

32 elementos por

medio del espectrómetro de emisión óptica con acoplamiento de plasma inductivo (ICP-OES), análisis de tierras raras, uranio y torio por medio del espectrómetro de masas con acoplamiento de plasma inductivo (ICP-MS) y determinación de oro por ensayo al fuego.

- Análisis de firmas espectrales con un analizador por- tátil de mineral de infrarrojos (PIMA), con ayuda del equipo ASD FieldSpec 4 Hi-Res, cuyas firmas fueron analizadas mediante el software SPECMIN por el Laboratorio de Geomática del INIGEMM.
- Para el estudio geoquímico se realizó un muestreo estratégico de sedimentos fluviales activos, en donde se aplicó el siguiente procedimiento:

- Se obtuvo un total de 351 muestras que representa una densidad media de 1 muestra por 1,5 km<sup>2</sup>.
- Para la recolección de las muestras se priorizaron los drenajes de primero y segundo orden.
- Se ha procurado tomar las muestras a una distancia de 50 - 100 metros de la unión de las quebradas, y en sitios con menor intensidad de corriente que favorezcan la acumulación de sedimentos finos.
- La muestra en húmedo fue tamizada primeramente por una malla de 10 BSI (2mm) y luego, a través de una malla de 80 BSI (177 μm), utilizando una mínima cantidad de agua (aproximadamente 2 litros).
- Al sedimento así obtenido se lo decantó durante un período de 15 a 20 minutos, luego se transfirió aproximadamente 100 g (equivalentes al peso en seco) a una funda kraft previamente codificada, para su transporte y almacenamiento.
- Las muestras fueron secadas a la intemperie a una temperatura que no exceda los 30° C para evitar la pérdida de elementos volátiles, posteriormente se las envió al Laboratorio Químico del INIGEMM para el análisis de 35 elementos por ICP-OES, de los cuales se consideraron 11 (Hg, Au, Ag, As, Cu, Sb, Zn, Co, Mo, Ni y Pb) para su respectivo tratamiento geoestadístico e interpretación, con ayuda del software ArcGIS 10.2.1.

Finalmente, los mapas elaborados fueron impresos sobre la base topográfica proporcionada por el Instituto Geográfico Militar (IGM) a escala 1:50 000, en el sistema de geoposicionamiento Universal Transversal de Mercator (UTM), World Geodetic System 1984 (WGS84), zona 17S.

### 3. Resultados

#### 3.1 Geología

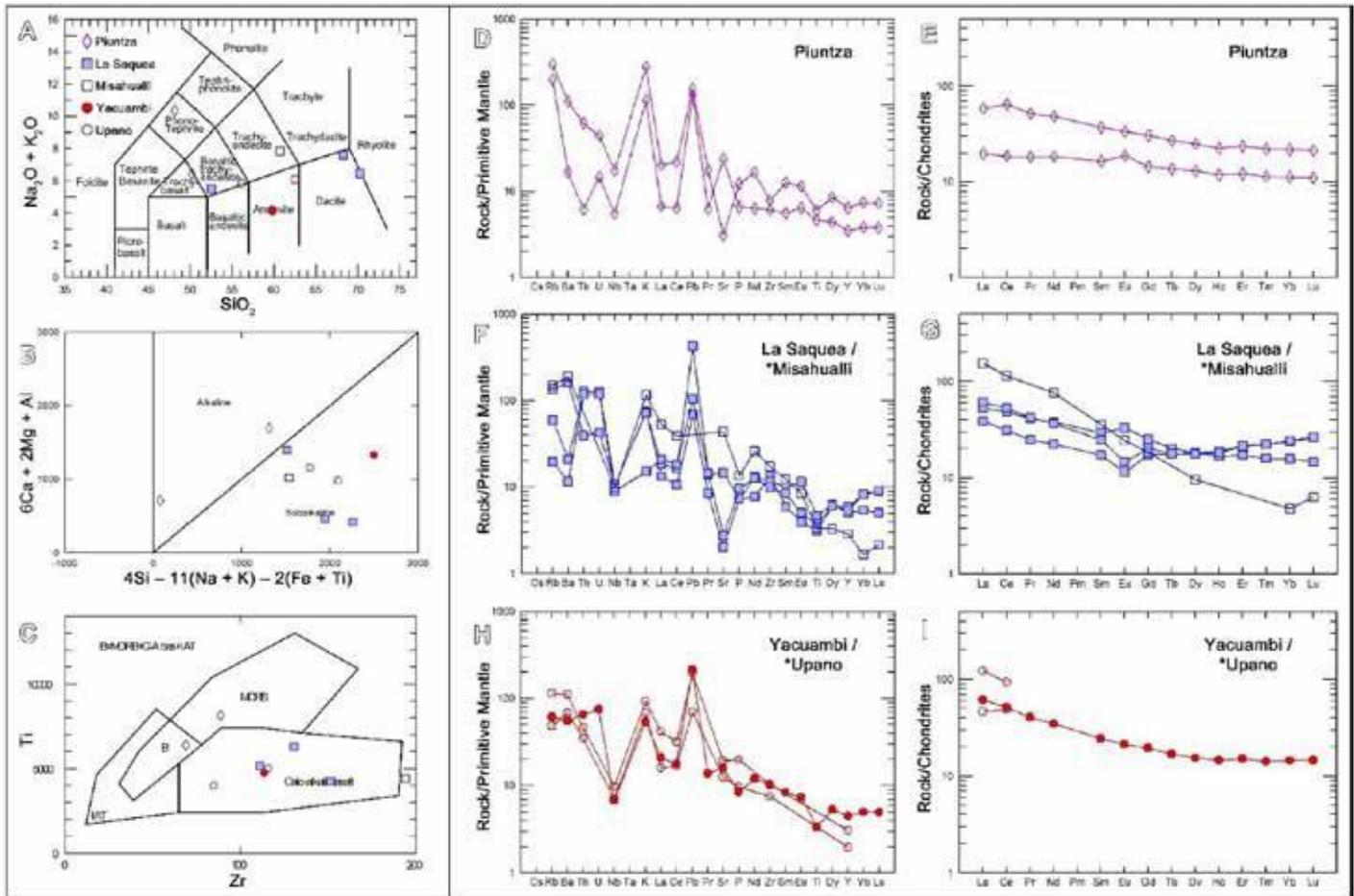
Geológicamente, el área de estudio se localiza en el límite oriental de la Cordillera Real, en la Zona Subandina del Ecuador, según DINAGE – INGEM-

MET (2005) estaría entre los dominios Loja-Olmos y Pucara-Zamora. La Cordillera Real presenta rocas metamórficas de edad paleozoica / triásica depositadas y emplazadas al margen del cratón Amazónico, en contacto hacia el este con rocas ígneas, producto de un evento volcano-magmático jurásico (Litherland et al., 1994). La Zona Subandina se caracteriza por la presencia de fallas inversas activas, que levantan toda la secuencia sedimentaria y los depósitos cuaternarios de la cuenca tras-arco o ante-país conocida como Cuenca Oriente (Baby et al., 2004).

De oeste a este afloran rocas metamórficas de medio a alto grado: gneis cuarzo-feldespáticos, micáceos y migmatitas (U. Sabanilla), de bajo grado: filitas y esquistos cuarzo-sericíticos (U. Isimanchi) en contacto tectónico con rocas sedimentarias volcánicas: limolitas, tobas, brechas y locales lavas andesíticas (U. Yacuambi), depositadas en una cuenca marginal al parecer relacionada con el arco volcánico Misahuallí, que comprende lavas andesito-basálticas a dacíticas, tobas y brechas (U. La Saquea). Hacia el este predominan rocas intrusivas: granodioritas, granitos y dioritas (Batolito de Zamora – tipo I), que afectan a rocas sedimentarias y productos volcanoclásticos: tobas, brechas y andesitas, con niveles de calizas y lutitas (U. Piuntza) depositadas en una cuenca probablemente relacionada con un rift, donde se han generado zonas de skarn. Localmente sobreyacen rocas sedimentarias: areniscas cuarzosas, lutitas y calizas negras micríticas (Fms. Hollín y Napo).

En cuanto al volcanismo, se han caracterizado dos eventos principales de acuerdo con los diagramas de clasificación, diferenciación magmática y discriminación de ambientes tectónicos (Figura 2A, B y C); el primero está compuesto por rocas alcalinas pertenecientes a la unidad Piuntza, con afinidad toleítica, relacionado con un ambiente de basaltos oceánicos dentro de placa, lo cual sugiere pensar en una zona de rift; el segundo está compuesto por rocas calco-alcalinas asociadas con un ambiente continental de arco volcánico denominado Misahuallí, localmente asignadas a las unidades La Saquea y Yacuambi.

**Figura N° 2**  
Diagramas de caracterización geoquímica para rocas volcánicas



**Fuente:** Elaboración propia. Los datos están listados en la Tabla 1. \* Las muestras Misahualli y Upano fueron tomadas de Romeuf (1994) y Litherland et al. (1994) respectivamente

**Tabla N° 1**  
Contenidos de elementos mayores, elementos menores y tierras raras

Muestra	77A-AE-02	77A-CO-19	77A-CO-23	77A-JT-22	77A-AE-01	77A-VC-119
Unidad	Piuntza	Piuntza	La Saquea	La Saquea	La Saquea	Yacuambi
UTM	745864/ 9543536	746649/ 9545878	745112/ 9546399	736344/ 9555763	745799/ 9543491	725254/ 9551112
Litología	Andesita porfirítica	Andesita basáltica	Toba de cristales	Andesita basáltica	Brecha volcánica	Andesita
SiO <sub>2</sub>	47,23	46,56	65,12	50,56	66,85	55,32
TiO <sub>2</sub>	1,00	1,31	0,67	1,01	0,82	0,73
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,88	14,80	13,47	17,85	12,88	15,13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,07	17,22	6,06	10,05	6,13	6,66
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,19	0,17	0,09	0,28	0,05	0,20
MgO	4,72	4,92	1,65	3,33	1,36	3,24
CaO	8,89	1,44	0,87	7,78	0,69	7,21

Na <sub>2</sub> O	2,80	1,81	5,08	3,19	5,69	2,34
K <sub>2</sub> O	3,26	8,21	2,15	2,12	0,44	1,50
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,14	0,26	0,15	0,15	0,20	0,17
LOI	2,98	0,97	1,27	0,97	1,67	3,06
Total	97,16	97,65	96,59	97,29	96,77	95,56
Rb	126,700	190,110	37,833	86,541	12,570	39,563
Ba	118,300	780,800	147,965	1146,993	80,230	386,469
Th	0,530	5,310	10,988	3,386	10,030	5,569
U	0,310	0,930	2,664	0,891	2,490	1,594
Nb	3,940	12,600	7,546	7,654	6,360	4,868
Pb	9,360	11,170	4,933	30,530	7,420	15,455
Sr	506,700	65,660	42,830	308,092	58,400	336,383
Zr	68,970	88,780	151,500	130,600	111,200	113,950
Ti	6006,000	7866,000	4044,000	6078,000	4908,000	4368,000
Y	15,930	29,290	26,829	22,924	24,550	20,455
La	4,660	13,860	9,176	12,502	14,440	14,529
Ce	11,370	39,330	18,945	29,448	32,340	31,473
Pr	1,740	4,890	2,347	3,879	3,990	3,837
Nd	8,630	22,470	10,480	17,694	17,210	16,234
Sm	2,510	5,650	2,631	4,465	3,780	3,728
Eu	1,090	1,940	0,664	1,930	0,850	1,233
Gd	2,950	6,270	3,561	5,157	4,150	4,010
Tb	0,510	1,010	0,661	0,753	0,670	0,635
Dy	3,290	6,280	4,584	4,622	4,470	3,922
Ho	0,670	1,270	1,067	0,950	1,030	0,822
Er	2,010	3,890	3,586	2,831	3,530	2,510
Tm	0,290	0,560	0,569	0,409	0,570	0,364
Yb	1,910	3,700	4,070	2,683	4,110	2,468
Lu	0,280	0,540	0,659	0,373	0,670	0,370

Fuente: Elaboración propia

En los diagramas de elementos menores normalizados a Manto Primitivo (Figura 2D, F y H), generalmente se observa un enriquecimiento en elementos litófilos con alto radio iónico (LIL). Las rocas de las unidades La Saquea y Yacuambi presentan anomalías negativas de Nb, que sugieren un ambiente tectónico de subducción. En los diagramas de incompatibilidad de tierras raras normalizados a Condritas (Figura 2E, G y I), se observa un enriquecimiento en tierras raras livianas, a excepción de la unidad Piuntza que prácticamente presenta un patrón plano, lo que sugiere una fuerte relación con basaltos primitivos (McCourt et al., 1997 en INIGEMM, 2013).

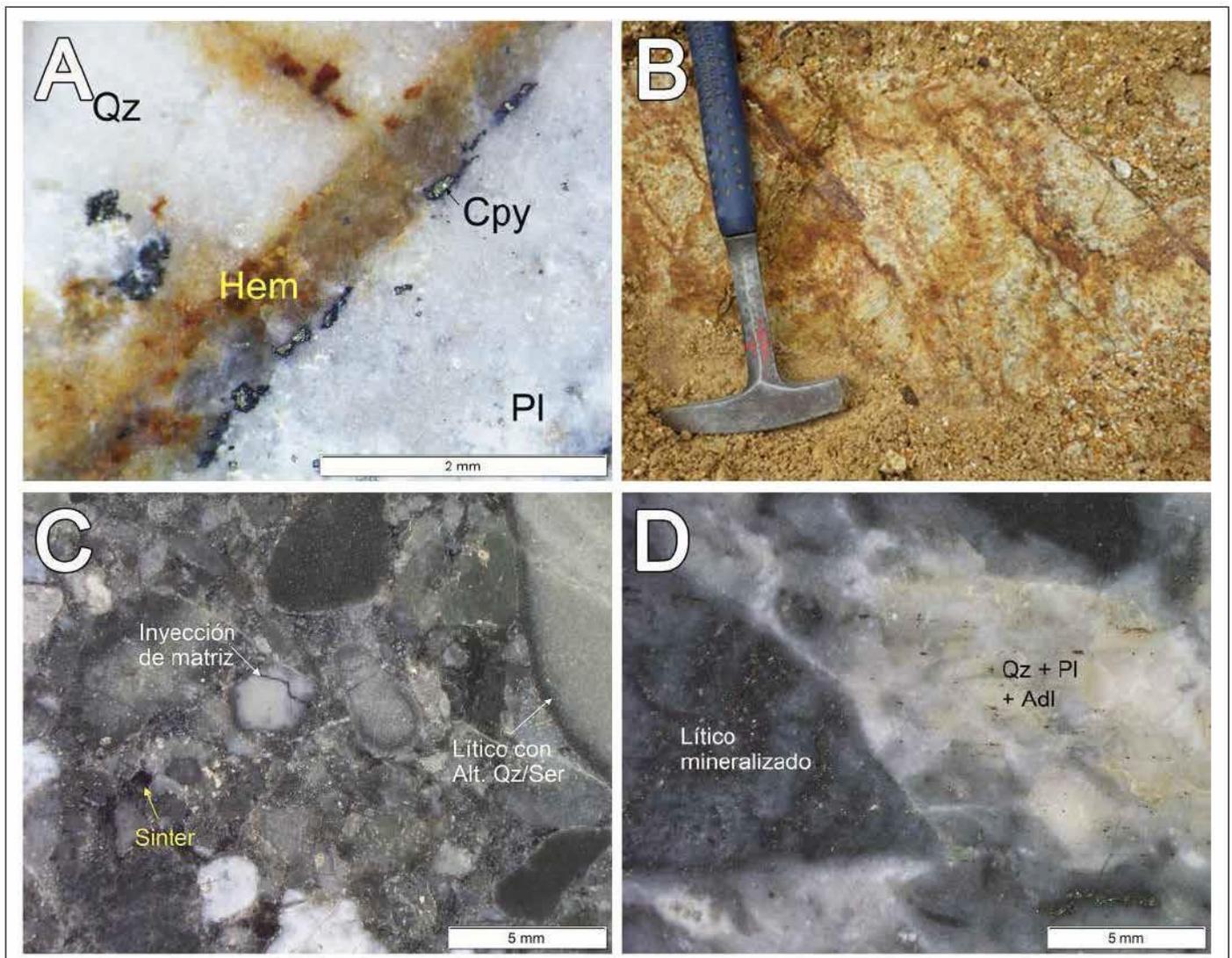
Además, se establece la ocurrencia de mineralización de metales preciosos y metales base, en zonas relacionadas con diferentes sistemas de mineralización como: skarns de epidota y granate principalmente grosularia, vetas y vetillas de cuarzo epitermal con calcopirita y halos de calcosina (Figura 3A), stocks de rocas porfídicas de distinta composición, desde andesíticos a riolíticos, sistemas de oro relacionados a intrusivos (IRGS) con un alto contenido de vetillas de cuarzo con textura drusiforme dentro de un halo de alteración fílica y moderada alteración potásica (Figura 3B) controlados estructuralmente por fallas, entre otros.

De acuerdo con la clasificación de Sillitoe (1985), en el sector de Timbara se han identificado dos tipos de brechas explosivas, relacionadas con complejos de interés geológico-minero:

- Brechas hidromagmáticas (freatomagmáticas): son polimícticas, ligadas por una matriz magmática de polvo de roca y cemento silíceo, comúnmente acompañadas de fluidos mineralizantes, soportadas por fragmentos subredondeados a redondeados. Además, presentan material ígneo juvenil (lapilli acrecional), inyección de matriz en los clastos y clastos puntuales de sinter (Figura 3C).

- Brechas hidrotermales: son monomícticas, soportadas por una matriz y cemento silíceo, rico en plagioclasa y adularia (en ocasiones) debido a procesos hidrotermales, generalmente están soportadas por fragmentos angulosos a subangulosos. La alteración hidrotermal predominante en los fragmentos de estas brechas es argílica y ocasionalmente fílica; además presentan gran cantidad de sulfuros diseminados principalmente pirita (Figura 3D), pueden estar asociadas a los bordes de una brecha freatomagmática o diatrema.

**Figura N° 3**  
Fotografías de rocas con mineralización



**Fuente:** Elaboración propia. Abreviaciones según Whitney & Evans (2010)

### 3.2 Geoquímica de sedimentos fluviales

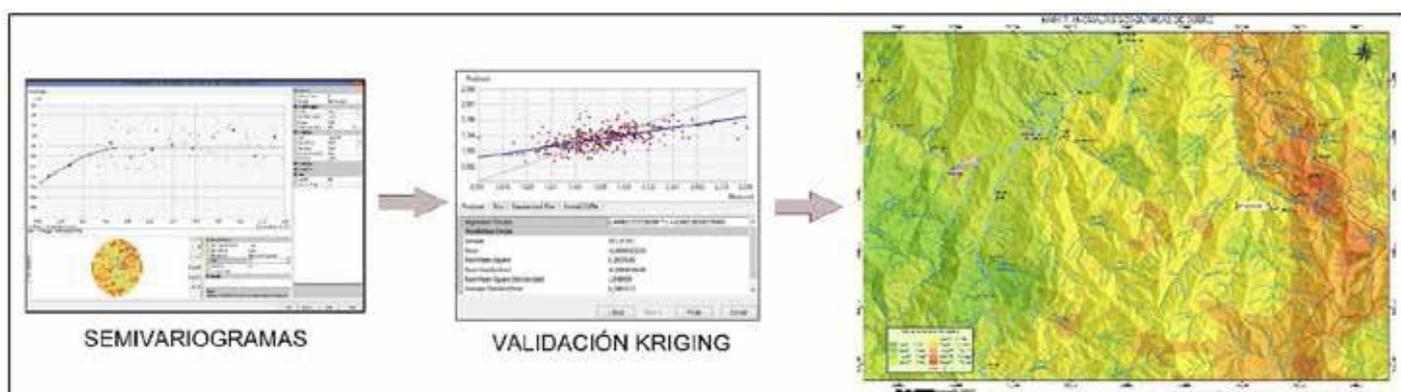
El proceso geoestadístico (Figura 4) comienza con el análisis exploratorio de datos, en el que primeramente se verifica la normalidad de los datos con medidas estadísticas. Luego, se realiza un análisis de tendencia donde se observa la dirección predominante de cada elemento y su comportamiento isotrópico o anisotrópico. A continuación se efectúa el análisis estructural en donde un semivariograma muestral indica la correlación espacial de los datos.

Con el análisis anterior fue posible elegir el mejor modelo geoestadístico teórico, donde se elige la curva del semivariograma experimental que mejor se ajuste al semivariograma teórico para cada elemento. Para ello, en todos los casos el efecto pepita no sobrepasa el 50% del valor de la meseta, cuya suma no supera a

la varianza, requisito importante ya que si superara el 50% significa que existen muchos errores en la toma de datos, procesamiento, análisis químico, etc.

Por último, la validación del método Kriging se realiza mediante la opción de validación cruzada, en la que se compara la curva de regresión teórica con la de regresión de los valores predichos, las curvas calculadas tienen cierta variación en la pendiente comparadas con las curvas teóricas debido a los errores de predicción. Para definir las anomalías se utilizó el método de Lepeltier modificado, con el que es posible analizar el gráfico concentración (ppm) - frecuencia acumulada, para poder establecer poblaciones. En este caso, para todos los elementos, se obtuvieron 9 clases.

**Figura N° 4**  
Proceso geoestadístico: el resultado final es el mapa de predicción de anomalías geoquímicas



Fuente: Elaboración propia.

### 3.3 Mineralización y potencial económico

De acuerdo con las anomalías definidas de los elementos analizados, se determinaron dos zonas de interés, en las cuales se han desarrollado cuatro perfiles que permiten relacionar la variación de las concentraciones de los elementos con la geología (Mapa 1).

#### Perfil A

Realizado en la Cordillera de Tzunantza con dirección SO-NE, muestra un comportamiento similar de los elementos Sb, Hg y Ag en el sector de la

quebrada Piuntza, donde aflora un pequeño cuerpo de diorita que ha intruido a tobas andesíticas de la U. Piuntza.

Por otro lado, las anomalías de los elementos As, Co, Zn y Pb, presentan curvas similares entre el sector del río Timbara y la quebrada Tzunantza, donde afloran andesitas afaníticas y tobas que presentan alteración propilítica, también pertenecientes a la U. Piuntza. Incluso existen diques dioríticos y riolíticos con alteración propilítica (Figura 5). Locales boulders de skarn con presencia de epidota, granates y pseudomorfos de calcita con texturas “bladed” o de reemplazamiento.

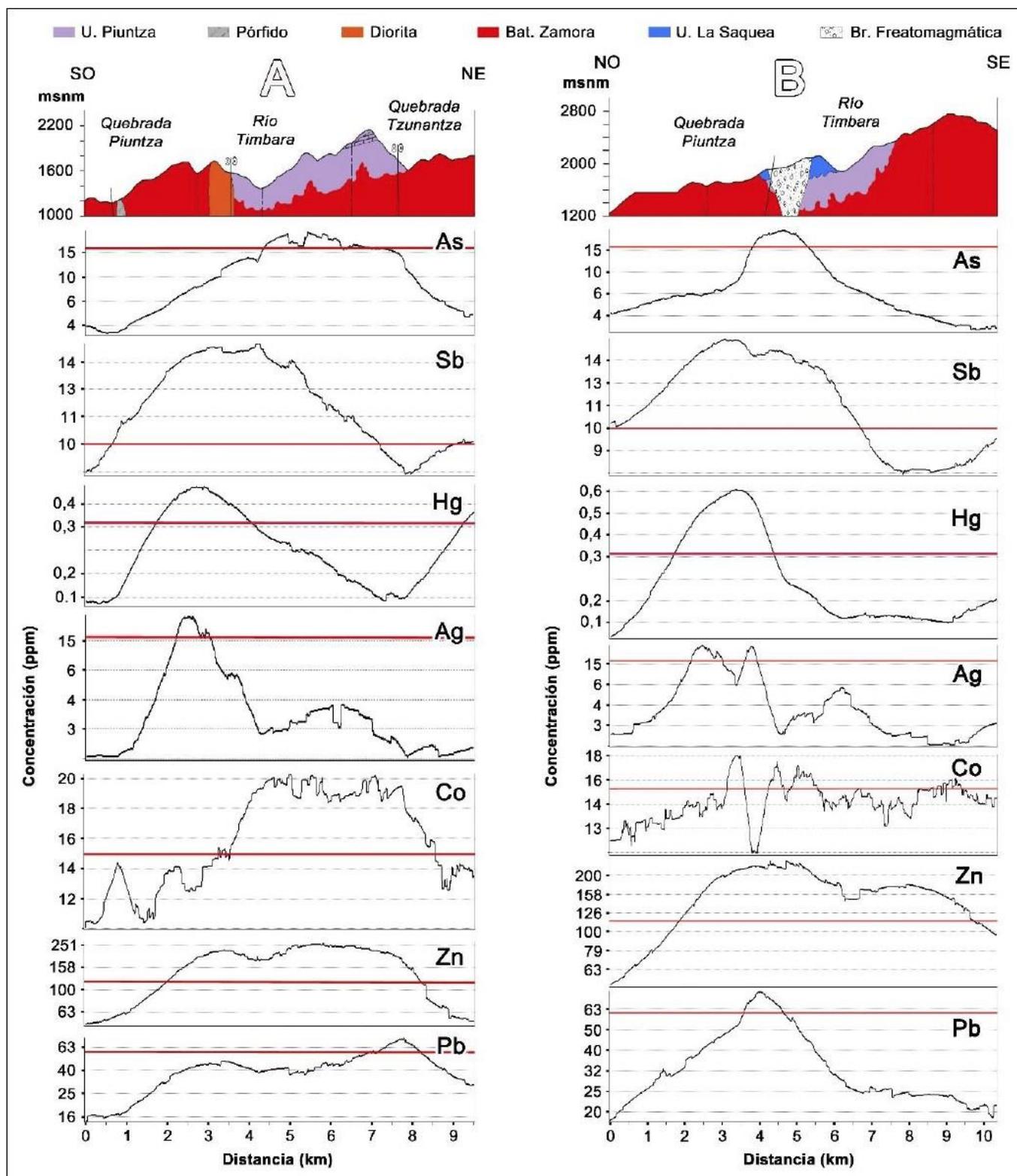
### **Perfil B**

También en la Cordillera de Tzunantza, pero en dirección NO-SE, muestra un comportamiento más uniforme en las anomalías de los elementos indicadores

As, Sb, Hg y de los elementos metálicos Ag, Co, Zn y Pb, entre la quebrada Piuntza y el río Timbara. En este sector se observan tobas riolíticas con alteración argí-

lica asignadas a la U. La Saquea, y un cuerpo de brecha freatomagmática con clastos que presentan alteración argílica y filíca, asociada con fallas locales (Figura 5).

**Figura N° 5**  
Perfiles de correlación en la Cordillera de Tzunantza



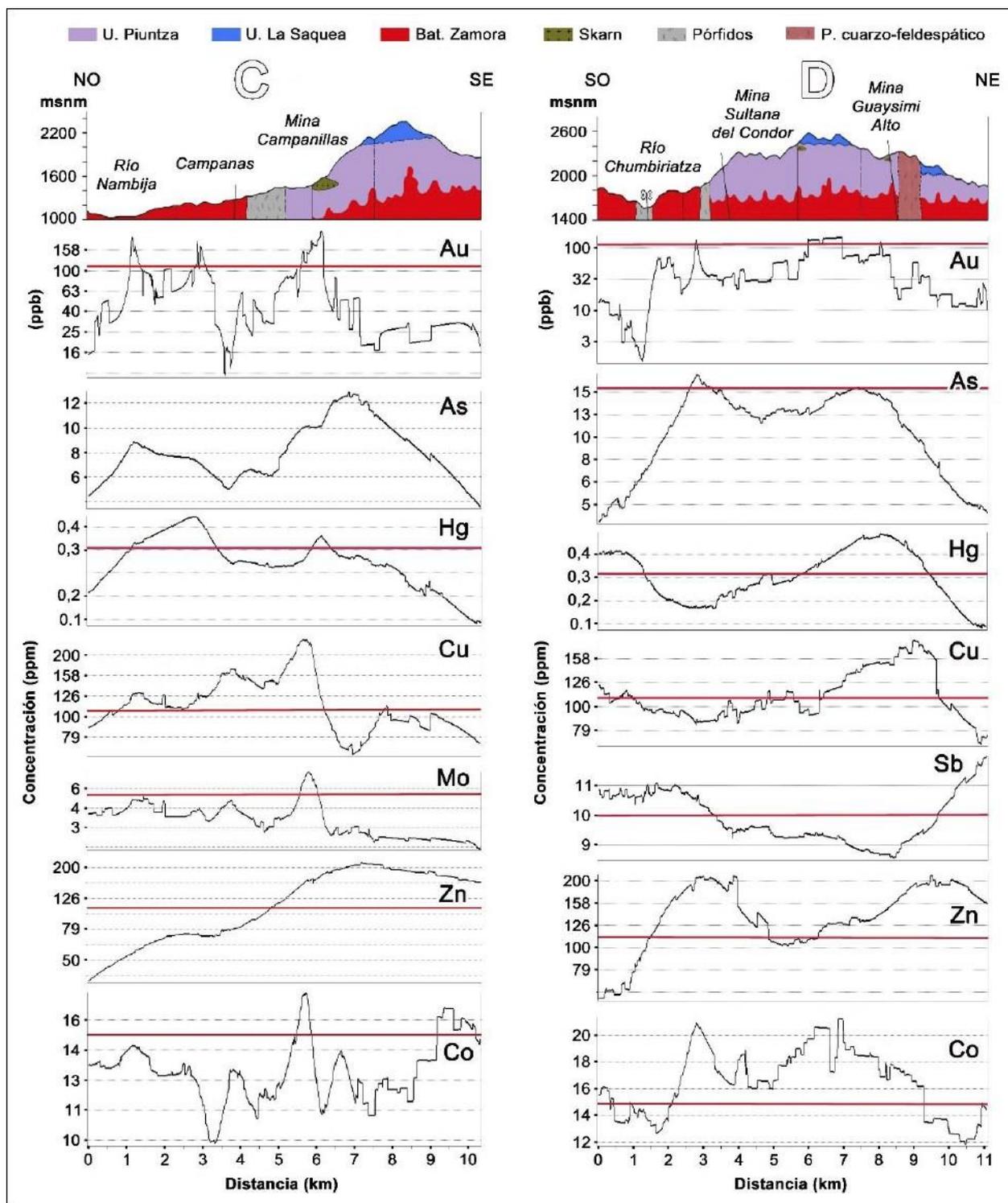
Fuente: Elaboración propia. La línea roja representa el umbral de anomalía

## Perfil C

En el norte de la Cordillera de Nanguipa, sector de Campanas y con dirección NO-SE, se observan anomalías de Au, Hg y Cu, donde afloran rocas intrusivas de composición granodiorítica pertenecientes al batolito de Zamora, con la presencia de diques dacíticos con alteración argílica y fallas principalmente de tipo normal. Por otro lado, en el sector de la mina Campanillas también se registran

anomalías de Au, Hg, Cu, Mo, Zn y Co, en este lugar se observan brechas y andesitas con alteración propilítica, acompañadas con niveles de skarn de granate (grosularia) intercalados con tobas finas, pertenecientes a la U. Piuntza, con un evidente control estructural N-S y en contacto discordante con andesitas porfiríticas y brechas riódacíticas de la U. La Saquea (Figura 6).

**Figura N° 6**  
Perfiles de correlación en la Cordillera de Nanguipa



Fuente: Elaboración propia. La línea roja representa el umbral de anomalía

## Perfil D

Al sur de la Cordillera de Nanguipa, en dirección SO- NE. En el sector de las cabeceras del río Chumbiriatza se observan anomalías de Au, As, Hg, Cu, Sb, Zn y Co; en esta zona afloran pórfidos de composición andesítica - dacítica, con alteración argílica, emplazados en el batolito de Zamora y entre el contacto del batolito con brechas volcánicas de la U. Piuntza, con presencia de fallas transcurrentes e inversas (Figura 6).

Entre las minas Sultana del Cóndor y Guaysimi Alto, los elementos muestran anomalías de Au, Hg, Cu, Zn y Co. En el sector de la mina Sultana del Cóndor afloran brechas volcánicas y andesitas porfiríticas con alteración subpropilítica a propilítica, intercaladas entre niveles de skarn de epidota y granate, controlados por fallas N-S; y en el sector de la mina Guaysimi Alto afloran andesitas basálticas porfiríticas y brechas volcánicas con alteración argílica - subpropilítica a propilítica, así como tobas y brechas skarnificadas.

## 4. Discusión y Conclusiones

En cuanto al análisis geoquímico de roca total, se compararon las rocas de la U. La Saquea y U. Yacuambi con basaltos de la U. Misahuallí y U. Upano respectivamente, obteniendo una buena correlación que puede ser considerada válida para la discriminación del arco volcánico Misahuallí. Tomando en cuenta que según Litherland et al. (1994), estas unidades per-

tenecen a terrenos litotectónicos diferentes a pesar de tener características geoquímicas y edades similares.

Aunque en el área que cubre la HT Zamora (E 1:50 00) no se han realizado estudios geoquímicos de sedimentos fluviales a la escala de esta investigación, muchas de las anomalías geoquímicas están en concordancia con las ocurrencias minerales presentadas en el mapa elaborado por INEMIN/CODIGEM y BGS (1994).

De acuerdo con los patrones observados en los perfiles de correlación, se deduce que la litología de la U. Piuntza es favorable para el alojamiento de la mineralización, debido a la gran cantidad de volcanosedimentos que contiene, los cuales presentan una alta permeabilidad y permiten el paso de fluidos hidrotermales; además, su composición alcalina de afinidad toleítica, identificada mediante los diagramas de caracterización geoquímica, pudo haber facilitado el intercambio químico entre las soluciones acuosas (que traen mineralización), probablemente provenientes del arco volcánico calcoalcalino, y la roca de caja, en este caso la U. Piuntza. Sin embargo, se obtuvieron valores de mineralización interesantes en distintas unidades: 153 ppb de Au; 67,30 ppm de Ag; 43 375 ppm de Cu; 1 165 ppm de Pb; 3 772 ppm de Zn, 1 165 ppm de As; 47,32 ppm de Sb y 141,30 ppm de W (Tabla 2). La mayoría de estas anomalías en roca guardan relación con las anomalías obtenidas a partir de sedimentos fluviales, tal como se puede evidenciar en el Mapa 1.



Revista Científica del Instituto Nacional de Investigación  
Geológica Minero Metalúrgica

**Tabla N° 2**  
Muestras de roca con mineralización representativa

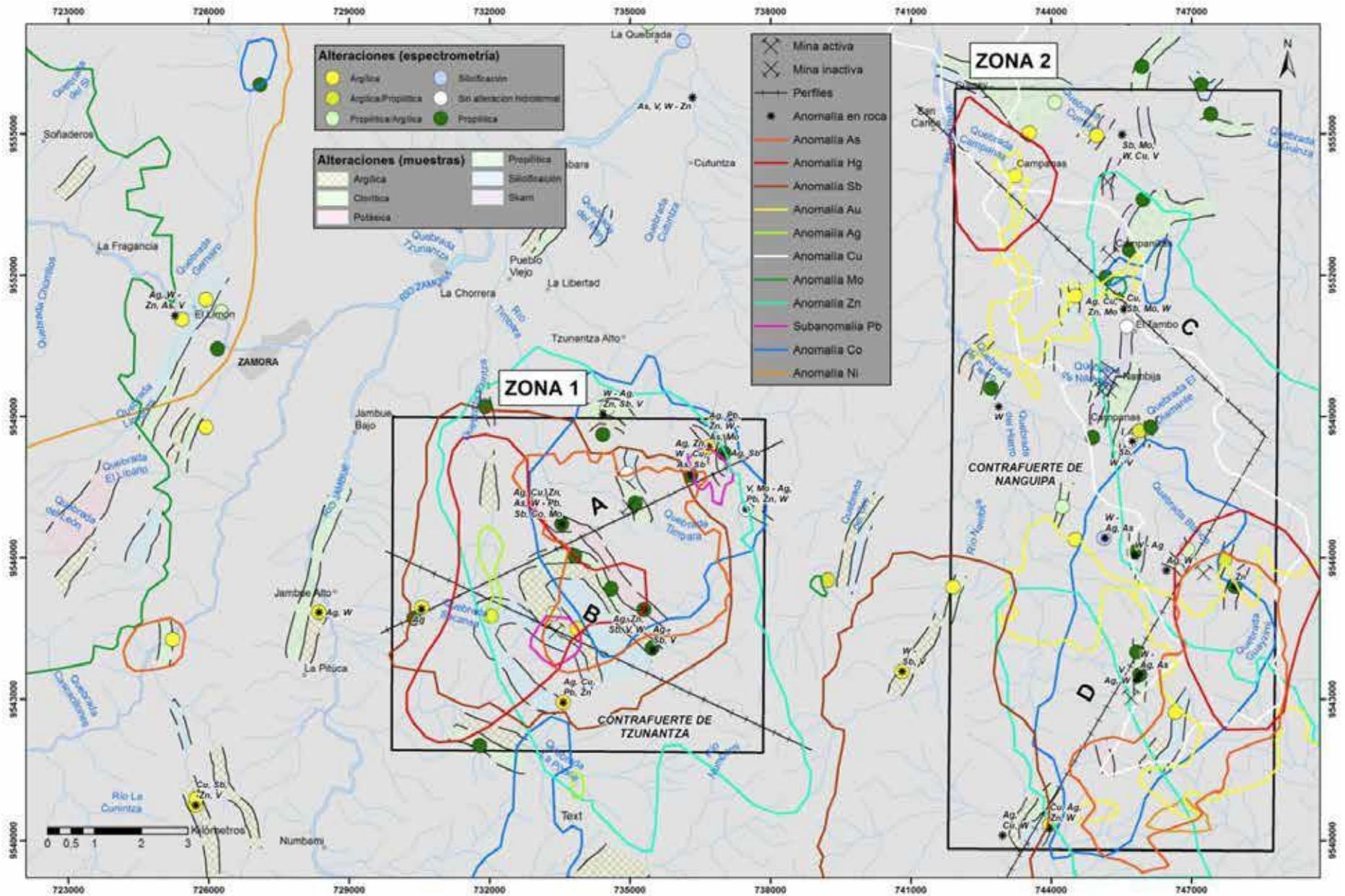
CÓDIGO	X	Y	Au ppb	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	As ppm	Sb ppm	Mo ppm	W ppm
77A-AA-05	745599	9555051	10	0,01	298,90	8,76	38,13	6,45	25,83	69,41	33,08
77A-AC-03	733541	9542912	-	3,84	271,00	102,60	110,10	4,73	6,26	5,84	3,89
77A-AE-01	745799	9543491	-	2,81	12,48	7,42	42,59	165,00	2,60	2,64	19,15
77A-AE-02	745864	9543536	-	3,16	1,51	9,36	68,70	15,49	2,47	2,44	9,47
77A-AMEM-01	745652	9551370	-	67,30	43375,00	45,11	555,00	27,40	0,34	672,70	1,87
77A-CO-19	746649	9545878	-	3,33	4,20	11,17	89,66	16,39	0,18	1,15	15,12
77A-CO-22	745779	9546101	-	3,10	3,80	5,38	53,99	6,62	0,52	5,02	39,37
77A-CO-23	745112	9546399	-	1,33	1,53	4,93	52,11	95,15	3,82	4,88	44,10
77A-CO-26	742996	9549299	-	0,03	24,84	8,36	74,22	9,24	4,64	7,92	29,85
77A-COAC-69B	725764	9540741	10	0,01	5367,00	80,60	212,00	11,46	47,32	9,19	4,01
77A-COAC-79	734478	9549103	10	1,50	34,12	7,30	112,80	2,23	11,93	0,76	10,54
77A-COAC-87	733507	9546718	10	10,71	1309,00	150,30	1729,00	207,40	18,32	11,07	53,06
77A-COCR-04	736205	9547780	10	4,12	128,90	77,60	2918,00	61,21	17,30	2,31	37,87
77A-COCR-09	737578	9546988	30	2,59	60,07	159,30	173,80	22,04	8,87	30,26	7,52
77A-COCR-22	743958	9540282	40	1,78	1064,00	76,50	241,90	31,96	8,30	4,91	9,27
77A-COCR-26	743221	9540281	10	1,50	144,20	7,60	48,93	4,66	9,52	8,46	9,96
77A-COCR-30	735247	9544784	10	2,04	10,58	17,50	126,80	15,79	17,72	7,94	6,46
77A-COCR-31	735461	9544127	10	3,40	34,58	8,10	65,12	47,52	11,96	4,95	2,56
77A-EM-01	745590	9551626	-	0,06	312,40	14,30	21,09	35,14	10,33	20,43	9,89
77A-JR-09	730479	9544932	30	1,50	8,32	8,60	29,39	3,74	3,98	4,90	3,79
77A-JR-12	736907	9548220	10	2,00	6,80	3,50	24,31	2,97	10,22	4,42	4,99
77A-JT-13	740802	9543643	10	0,01	95,31	9,27	31,84	4,20	11,95	3,96	42,82
77A-JT-18	745754	9548480	10	0,01	12,20	9,93	64,82	2,65	27,25	3,92	36,42
77A-JT-22	736344	9555763	-	0,04	12,20	30,53	143,10	239,00	2,00	3,34	33,88
77A-RR-01	728398	9544853	10	1,50	12,30	10,90	36,62	6,75	7,01	8,97	8,54
77A-RR-05	736690	9548354	10	13,15	80,20	1165,00	3772,00	92,42	4,31	16,23	39,83
77A-VC-105A	747883	9545397	10	0,01	33,41	11,88	134,90	4,34	1,66	4,85	1,10
77A-VC-119	725254	9551112	-	3,33	34,38	15,46	104,30	89,56	5,05	5,87	29,04
77A-RR-06	736670	9548300	153	2,96	15,59	36,35	3,81	48,77	11,25	-	141,3

**Fuente:** Elaboración propia. En cursiva se señalan las anomalías y en negrilla las anomalías fuertes

Finalmente, se han determinado dos zonas con potencial minero, definiendo posibles modelos geológicos económicos mediante el análisis de las anomalías geoquímicas de cada elemento estudiado, en correlación con la geología del sector:

- **ZONA 1:** Se encuentra en la Cordillera de Tzunantza, donde se puede observar que los elementos indicadores As, Sb y Hg además de los elementos metálicos Ag, Co, Zn y Pb presentan anomalías geoquímicas. De acuerdo a la tipología propuesta por McQueen (2005), estos resultados sugieren que el sector puede ser prospectivo para yacimientos hidrotermales epigenéticos de depósitos asociados a pórfidos, tales como brechas pipe o complejos de brechas de diatrema, donde existe una asociación típica de elementos Au±Cu-Ag±Mo-Zn-Pb, posiblemente en estado preservado debido a la presencia anómala de

### Mapa N° 1 Potencial minero y perfiles de correlación



**Fuente:** Elaboración propia. Alteraciones definidas según Corbett y Leach (1998).  
Los elementos con anomalías en roca se señalan en cursiva y en negrilla (anomalías fuertes)

los elementos volátiles As, Sb y Hg, que revelan un bajo grado de erosión. Tampoco se descarta la ocurrencia de un sistema epitermal de alta o baja sulfuración, o de yacimientos metasomáticos de depósitos tipo skarn de Zn-Pb-Cu. Además, en el sector existe actividad minera artesanal aurífera, tanto en un depósito primario como en el secundario.

- **ZONA 2:** Se encuentra en la Cordillera de Nanguipa, aquí se puede observar que los elementos indicadores As y Hg asimismo que los elementos metálicos Au, Cu, Mo, Sb, Zn y Co presentan anomalías geoquímicas. Estos resultados ratifican la existencia de yacimientos metasomáticos de depósitos tipo skarn auríferos, posiblemente relacionados a profundidad con pórfidos Cu-Mo y Cu-Au, como se los ha reportado en investigaciones anteriores realizadas en este sector (PRO-DEMINCA, 2000); motivo por el cual, se incrementa la confiabilidad en los análisis realizados en el presente estudio.

Sin embargo, cabe decir que es necesario continuar con estudios exploratorios, con el propósito de comprobar los resultados obtenidos.

## Referencias

- Baby, P., Rivadeneira, M., & Barragán, R. (2004). *La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo* (1ª ed.). Quito, Ecuador.
- Corbett, G., & Leach, T. (1998). Southwest Pacific gold-copper systems: Structure, alteration and mineralization. *Special Publications of the Society of Economic Geologists*, 6, 238.
- DINAGE - INGEMMET. (2005). *Geología de Ecuador y Perú entre 3° S y 6° S*. Informe no publicado, Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, Ecuador-Perú-Canadá, Quito, Ecuador.
- INEMIN/CODIGEM y BGS. (1994). *Geological and metal occurrences maps of the southern Cordillera Real and El Oro Metamorphic Belts, Ecuador, scale 1:500.000*. Mapa escala 1:500 000, British Geological Survey, Keyworth, Nottingham, UK.
- INIGEMM. (2013). *Proyecto modelo piloto para la determinación del potencial geológico-mineralógico de las zonas Zaruma y Cariamanga escala 1:100.000*. INIGEMM - SENESCYT, Quito, Ecuador.
- INIGEMM. (2015a). *Mapa geológico Zamora 1:100.000*. Memoria técnica (No publicado), Dirección de Geología, Quito.
- INIGEMM. (2015b). *Estudio Petrográfico de Alteraciones Hidrotermales y análisis químicos de la Zona de Timbara*. Informe técnico (No publicado), Dirección de Laboratorios Geocientíficos, Quito.
- Litherland, M., Aspden, J. A., & Jemielita, R. A. (1994). *The Metamorphic Belts of Ecuador: Overseas Memoir of the British Geological Survey*. Keyworth, U.K.
- McQueen, K. G. (2005). Ore deposit types and their primary expressions. En C. Butt, M. Cornelius, K. Scott, & I. Robertson, *Regolith Expression of Australian Ore Systems* (1 ed., págs. 1-14). Bentley, Western Australia: CRC LEME.
- PRODEMINCA. (2000). *Depósitos Porfídicos y Epitermales Relacionados con Intrusiones de la Cordillera del Cóndor: Evaluación de Distritos Mineros del Ecuador* (1ra ed., Vol. 5). Quito, Ecuador: UCP Prodeminca Proyecto MEM BIRF 36-55 EC.
- Romeuf, N. (1994). *Volcanisme jurassique et metamorphisme en Equateur et au Perou*. Thèse de doctorat, Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille, Faculté des Sciences et Techniques de St-Jérôme, Marseille, France.
- Sillitoe, R. H. (1 de October de 1985). Ore-related breccias in volcanoplutonic arcs. *Economic Geology*, 80 (6), 1467-1514.
- Whitney, D. L., & Evans, B. W. (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95, 185-187.