



## Caracterización litogeoquímica con el analizador XRF Portátil Niton XL5 y vectorización de los elementos económicos Pb -Zn en el Proyecto Minero Zoraida, Perú.

Juan Jhojan Carhuapoma Carlos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Av. 9 de enero S/N, Chaupimarca, Pasco, Perú, juancarhuapomageologia@gmail.com

### 1. Abstract

The research work was carried out in the Zoraida mining project located in Suitucancho District, Yauli Province, Junín Department. The objective of this research is to characterize 39 samples of rocks (Pucará Group) lithogeochemically obtained with stratified random sampling and vectorizing the Pb-Zn elements. The multielemental analysis was carried out with the portable XRF Niton XI5 tool to later characterize the samples lithogeochemically as andesite basalt, limestone and dolomites. Vectorization *Pb – Zn* was interpreted with a graphical geostatistics applying the CLR (Center Log Ratio) algorithm. The results obtained show anomalies of +Zn -Pb in the basalt andesites of amygdaloid texture, as well as in the dolomites of the Fm. Aramachay. In the Fm. Condorsinga a linear anomaly of the element Pb (+ Pb, -Zn) related to lineaments observed in the project.

Keywords: Basaltic Andesite, Limestone, Dolomite, Concentration, algorithm.

### 2. Resumen

El trabajo de investigación se desarrolló en el proyecto minero Zoraida ubicada en Distrito de Suitucancho, Provincia de Yauli, Departamento de Junín. El objetivo de esta investigación es caracterizar litogeoquímicamente 39 muestras de rocas (Grupo Pucará) obtenidas con un muestreo aleatorio estratificado y vectorizar los elementos Pb-Zn. El análisis multielemental se realizó con el equipo XRF portátil Niton XI5 para luego caracterizar litogeoquímicamente las muestras como andesita basáltica, calizas y dolomías. La vectorización *Pb – Zn* se interpretó con una geoestadística gráfica aplicando el algoritmo CLR (Center Log Ratio). Los resultados obtenidos

muestran anomalías de +Zn -Pb en las andesitas basálticas de textura amigdaloides, así como también en las dolomías de la Fm. Aramachay. En la Fm. Condorsinga se identificó una anomalía lineal de *Pb (+Pb, -Zn)* relacionados a lineamientos que se observan en el proyecto.

Palabras claves: Andesita basáltica, Caliza, Dolomía, Concentración, algoritmo.

### 3. Introducción

En una investigación geológica es importante contar con métodos analíticos que puedan brindar resultados confiables en la toma diaria de decisiones, éstos se basan en la aplicación de nuevas tecnologías e interpretación de resultados aumentando la eficiencia operativa y rentabilidad financiera. El uso de la XRF portátil nos ayuda en la obtención de datos representativos y confiables en el sitio y tiempo real, para luego ser interpretado mediante diferentes métodos geoestadísticos que nos brinden resultados efectivos para una prospección y exploración minera exitosa.

### 4. Metodología.

Se realizó el análisis multielemental de 39 muestras de roca en el laboratorio del proyecto con el Analizador XRF Portátil Niton XI5, el método de muestreo aplicado es el muestreo aleatorio estratificado tomándose muestras de mano desde 5x5x5 cm hasta 10x10x10 cm., para luego tratarla mediante una geoestadística gráfica. Se utilizaron los programas IOGAS y CodaPack para el tratamiento de la información litogeoquímica. Sus localizaciones en el campo son mostradas en el plano Geológico de este resumen (*Figura 1*).

## 5. Ubicación y Geología

La zona de estudio se ubica en el extremo sur del Domo de Yauli - Junín, estructura tectónica que alberga yacimientos minerales como San Cristóbal, Toromocho, Andaychagua, Morococha y Ticlio, que conforman una región minera de primer orden del Perú Central. Estratigráficamente en el Proyecto Zoraida la unidad más antigua es el grupo Mitu de edad Pérmico-Triásico, con una marcada discordancia reposa sobre ésta las rocas carbonatadas del Grupo Pucará de edad Triásico – Jurásico inferior, este grupo dividido en dos formaciones el Aramachay y Condorsinga donde la actividad volcánica efusiva sincrónica es representada por el Basalto Montero que separa a éstas dos formaciones. Sobre ésta yace en discordancia paralela el Grupo Goyllarisquizga de edad Cretácico inferior compuesta por areniscas que infrayacen a la Formación Chulec del Grupo Machay de edad Cretácico superior (Figura 1).

## 6. Resultados

### 6.1. Caracterización macroscópica

#### 6.1.1. Rocas basálticas

Muestras de roca de color gris verdoso y color violáceo de textura afanítica y amigdaloides (amígdalas de 1-2 cm alargadas hasta 3 cm rellenas de calcita y óxidos) con moderada a fuerte susceptibilidad magnética según el grado del lápiz imantado. Sin embargo, una de las muestras, de color violácea y de textura afanítica no indica susceptibilidad magnética alguna y su grado de dureza (lápiz de dureza) es mayor al resto de las muestras, lo que sugiere que ha sido afectada por silicificación.

#### 6.1.2. Rocas carbonatadas

*Fm. Aramachay*, Rocas carbonatadas de color gris oscuro y gris verdoso de textura grainstone con débil efervescencia al HCl y micro-oquedades de disolución.

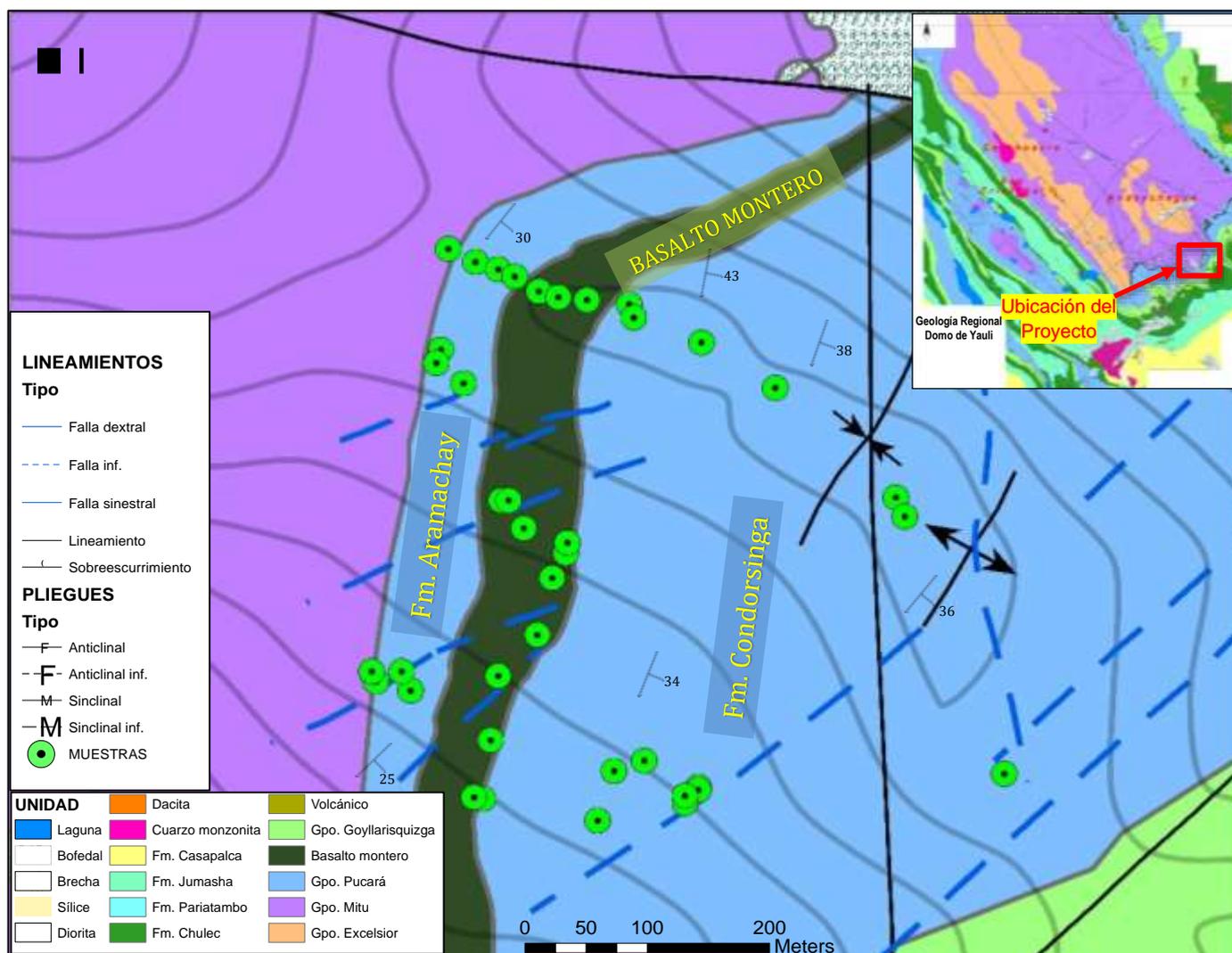


Figura 1. Plano Geológico y ubicación de las muestras



Fm. Condorsinga, Rocas carbonatadas de color gris claro y beige con texturas entre mudstone y grainstone con componentes aloquímicos (oolitos) y con fuerte efervescencia al HCl con excepción de algunas muestras que presentan débil reacción, también se observó en las muestras débil a nulo descarbonatación (deleznable).

## 6.2. Clasificación litológica empleando litogeoquímica

### 6.2.1. Caracterización litogeoquímica de las rocas carbonatadas

El análisis litogeoquímico en las rocas carbonatadas muestran mayor concentración de los elementos Ca y Mg permitiendo definir dos litologías: Dolomías (Fm. Aramachay) y Calizas (Fm. Condorsinga). En algunas muestras de caliza en la Fm. Condorsinga se encontraron importantes concentraciones de Mg lo que estaría indicando dolomitización local (Figura 2).

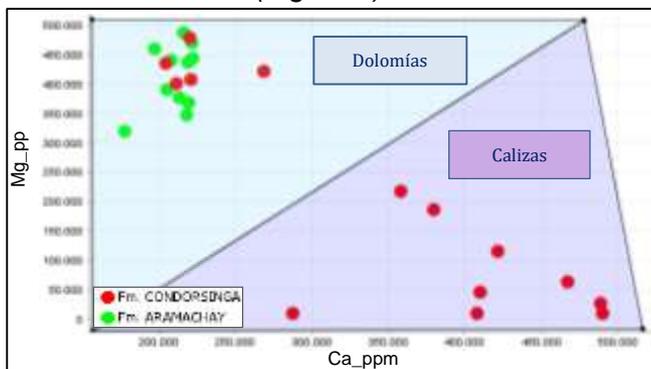


Figura 1. Análisis correlacional Ca vs. Mg

### 6.2.2. Caracterización litogeoquímica de las rocas basálticas.

Para el análisis de las muestras de rocas basálticas se utilizaron los elementos inmóviles y no los elementos mayores porque se observaron evidencias de alteración como carbonatación (calcita en las amígdalas), oxidación, silicificación y alteración de los minerales ferro-magnesianos, los resultados se ploteó en el diagrama Zr/Ti vs Nb/Y (Pearce, 1996) verificando la concentración de estos elementos con los límites de detección (tabla 1). El resultado del ratio de Nb/Y varían entre 0.021 y 0.060 en muestras con moderada a fuerte susceptibilidad magnética, sin embargo, una muestra que tiene susceptibilidad magnética nulo el ratio indica 0.27 y la concentración de Si sobrepasa del 50% a diferencia de los demás donde la concentración varía entre 20% – 40% lo que indicaría que la muestra sufrió silicificación. En cuanto al ratio Zr/Ti varían entre 0.012 y 0.056 (Figura 3).

Elemento	LOD
Nb	1
Ti	8
Zr	2
Y	2

Tabla 1. Límites de detección en ppm (LOD)

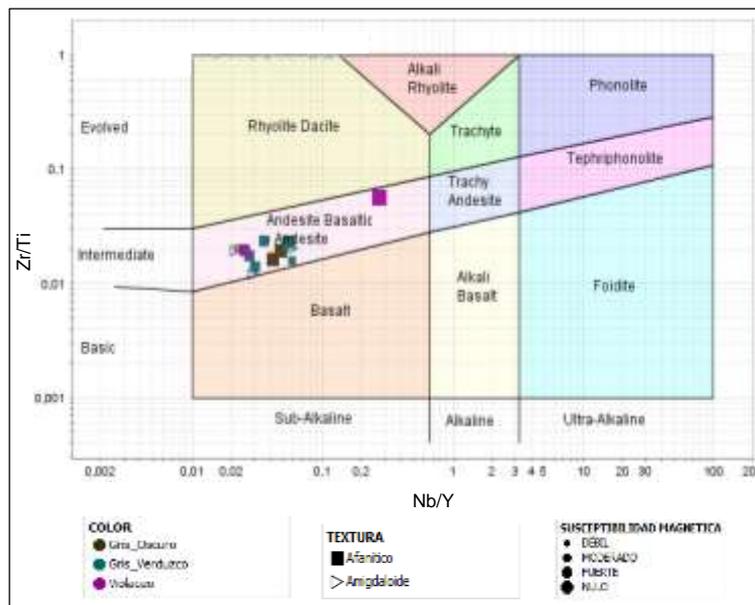


Figura 3. Diagrama Zr / Ti vs. Nb / Y (Pearce, 1996)

## 6.3. Vectorización de los elementos Pb-Zn

La interpretación geoquímica de los elementos económicos Pb – Zn se realizó mediante el análisis composicional de datos con el algoritmo CLR que consiste en transformar datos cerrados (concentración de elementos) en datos abiertos mediante la fórmula propuesta por Aitchison (1982) para que no haya correlaciones espurias. La vectorización se realizó mediante una geoestadística gráfica.

$$Z_i = \log(X_i/H(XD)) \quad (i = 1, \dots, D)$$

Donde H(XD) es la media geométrica de la composición

El gráfico de componentes principales indica que el Pb posee más afinidad a las rocas carbonatadas y el Zn posee más afinidad a las andesitas basálticas (Figura 4).

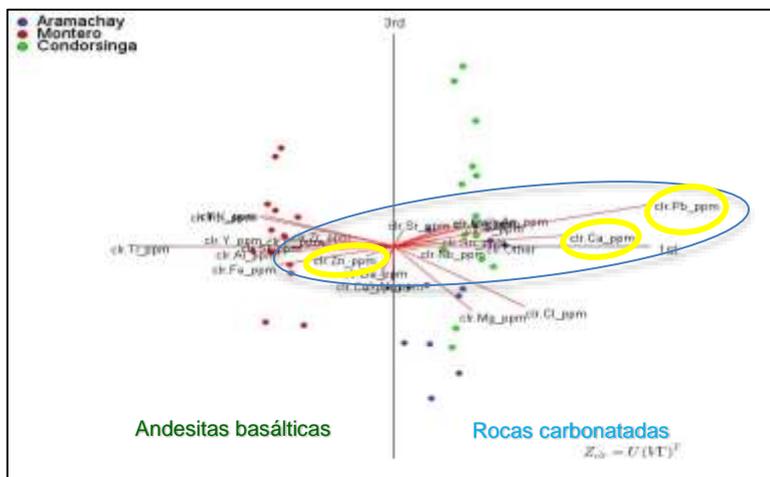


Figura 2. Representación gráfica de los componentes principales de los datos geoquímicos

El resultado del análisis composicional de los datos geoquímicos muestra que las anomalías de *Zn-Pb* estaría correlacionado principalmente al *Ca*, por lo que en las rocas carbonatadas el *Pb-Zn* estaría relacionado a una alteración de descarbonatación (liberando *Ca* y *Mg*) y en las andesitas basálticas relacionado a una alteración de las plagioclasas (liberando de *Ca*) precipitando calcita y rellenando las amígdalas. También se observa que el *Pb* y el *Zn* tienen una correlación inversa en la Fm. Condorsinga (Figura 4), es decir mayor concentración de *Pb* que de *Zn*, lo que indicaría que las anomalías de *Pb* en la Fm. Condorsinga estaría relacionado a algunos lineamientos o fallas que se presentan en el proyecto (Figura 5). Lo que se comprueba estos resultados en los sondajes diamantinos con la interpretación geológica (Figura 6).

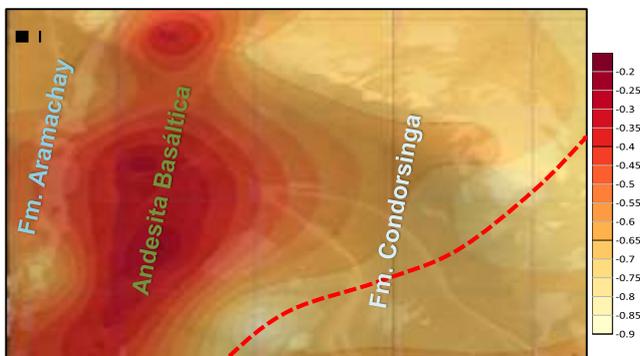


Figura 4. Representación gráfica del análisis composicional de los elementos *Ca/Pb+Zn*

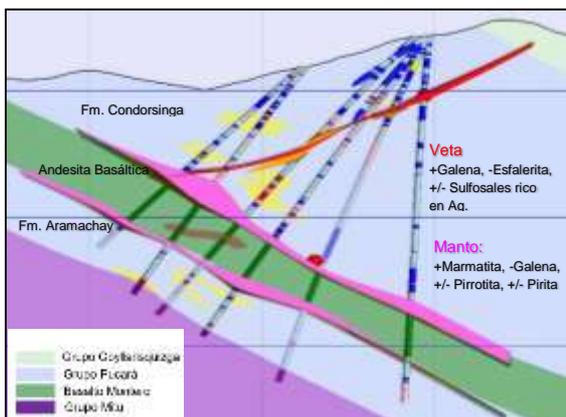


Figura 5. Mineralización de las estructuras en el Proyecto Zoraida (Exploraciones Zoraida – VOLCAN, 2019)

## 7. Conclusiones

Macroscópicamente se caracterizó dos tipos de litologías predominantes, litologías basálticas y litologías carbonatadas. Con el análisis litogeoquímico de los datos obtenidos con el analizador XRF Portátil Niton XL5 se concluye que, las rocas basálticas se caracterizan como andesitas basálticas y las rocas carbonatadas se caracterizaron como Calizas (Fm. Condorsinga) y Dolomías (Fm. Aramachay).

El análisis de los elementos *Pb* y *Zn* aplicando del algoritmo CLR sugiere que las anomalías de estos elementos están relacionadas a alteraciones hidrotermales, como alteración de las plagioclasas en las andesitas basálticas precipitando calcita y en rocas carbonatadas relacionado a una alteración de descarbonatación (liberando de *Ca* y *Mg*).

La representación gráfica del análisis composicional indica anomalías altas en la andesita basáltica (+*Zn*, -*Pb*), formando clavos importantes de mineralización en las texturas amigdaloides, por lo que éste tipo de litología sería un horizonte favorable para seguir explorando, además que, éstas texturas son propicias para hospedar mineralización de elementos económicos.

En las rocas de la Fm. Condorsinga la correlación de *Pb* es inversa al *Zn* (+*Pb*, -*Zn*), por lo que la mayor concentración de *Pb* estaría relacionado a estructuras vetiformes en estas calizas evidenciándose estos resultados en los sondajes diamantinos.

## Agradecimientos

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión por los conocimientos obtenidos.

A todos del Proyecto Zoraida en especial al Ing. Marco Meza Atencio por su confianza y apoyo en la obtención de información y datos del proyecto.

A mi Padre Aureliano y a mi Madre Epifania que, por su ejemplo de perseverancia y humildad mostrándome el camino, cuyo resultado es lo que soy ahora.

## Referencias

- Aitchison, J. (1982). The Statistical Analysis of Compositional Data. Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological). 44 (2): 139–177.
- Bauer M. (2018). Exploring New Frontiers of in Situ Geochemical Analysis, using the Thermo Scientific Niton XL5 XRF Analyzer, application note. Thermo Fisher Scientific, Tewksbury, MA USA.6:1-6.
- Pearce, J. A. (1996). A user's guide to basalt discrimination diagrams. In:Wyman, D. A. (eds) Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for Massive Sulphide Exploration. Geological Association of Canada, Short Course Notes 12, 79-113.
- Pearce, J. A. and Norry, M. J. (1979). Petrogenetic Implications of Ti, Zr, Y, and Nb Variations in Volcanic Rocks Contributions to Mineralogy and Petrology 69, 33–47.
- Rosas, B. S., Tankard, A., Fontboté, L. (2006). Tectonic Evolution and Paleogeography of the Mesozoic Pucará Basin, Central Peru. Journal of South American Earth Sciences 24:1–24