



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
*La Universidad Católica de Loja*

**ÁREA TÉCNICA**

**TÍTULO DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS**

**Caracterización de los materiales del distrito minero Chinapintza por  
Fluorescencia de Rayos-X**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**AUTORA:** Alvarado Sisalima, Victoria Elizabeth

**DIRECTOR:** Guartán Medina, José Arturo

**LOJA – ECUADOR**

**2015**



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

Septiembre, 2015

## APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Magister.

José Arturo Guartán Medina.

### DOCENTE DE LA TITULACIÓN

#### De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: **Caracterización de los materiales del distrito minero Chinapintza por Fluorescencia de Rayos-X**, realizado por Alvarado Sisalima Victoria Elizabeth ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, noviembre de 2015

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Arturo Guartán Medina', is written over a set of horizontal lines. The signature is stylized and somewhat cursive.

f).....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Alvarado Sisalima Victoria Elizabeth declaro ser autora del presente trabajo de titulación: Caracterización de los materiales del distrito minero Chinapintza por Fluorescencia de Rayos X, de la Titulación de Ingeniero en Geología y Minas, siendo José Arturo Guartán Medina director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular De Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular De Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.....

Autor: Alvarado Sisalima Victoria Elizabeth

Cédula: 1105601825

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo principalmente a Dios por ser quien guía mi vida, por darme la sabiduría y constancia que me han permitido concluir con este objetivo.*

*A mis amados padres, mis abuelitos, Victoria y Antonio (+), de quienes he aprendido lo que sé. Por su amor que me brindaron desde que nací y porque tomada de sus manos inicié mi aprendizaje en la vida.*

*A mi madre María, por su amor y apoyo incondicional en todo momento. Por sus consejos sinceros, su constante motivación a lo largo de mi vida y todo su esfuerzo para poder cumplir este sueño.*

*A mi padre Romel, por ser un ejemplo de perseverancia y constancia, por la confianza que depositó en mí y por cada palabra de aliento para seguir adelante.*

*A mis hermanos Francis y Daniel por ser mi motivación, para que este logro sirva de precedente a sus grandes proyectos.*

*A toda mi familia, por sus buenos deseos y palabras de aliento, los quiero mucho.*

*Vicky*

## AGRADECIMIENTOS

*Quiero agradecer especialmente a Dios por bendecirme para llegar hasta este momento y culminar con éxito mi carrera universitaria.*

*A mis padres y abuelitos, quienes con su esfuerzo, amor y ejemplo me permiten llegar, por confiar siempre en mí. Por siempre mi corazón y mi agradecimiento.*

*Agradezco muy sinceramente a los docentes de la Titulación de Ingeniero en Geología y Minas de la Universidad Técnica Particular de Loja, que compartieron sus conocimientos conmigo para hacer posible la conclusión del presente trabajo investigativo.*

*Especialmente agradezco a mi director Ing. José Arturo Guartán por su esfuerzo, paciencia y motivación en el desarrollo de este trabajo.*

*Al Ing. Víctor Sanmartín e Ing. Juan Carlos Quintuña, por su valiosa ayuda y asesoría que me han aportado beneficios muy significativos.*

*A mis compañeros y amigos por todos los momentos compartidos, por el ánimo y colaboración, por su valiosa amistad.*

*A todos, muchas gracias.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	vi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
RESUMEN EJECUTIVO.....	12
ABSTRACT .....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
ANTECEDENTES.....	15
OBJETIVOS .....	16
CAPÍTULO I.....	17
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y GEOGRÁFICAS DEL .....	17
DISTRITO MINERO CHINAPINTZA .....	17
1.1. Ubicación geográfica del área de estudio. ....	18
1.2. Acceso.....	18
1.3. Clima. ....	19
1.4. Geomorfología e Hidrografía. ....	19
1.5. Flora y Fauna. ....	20
CAPÍTULO II.....	22
GEOLOGÍA.....	22
2.1. Geología regional. ....	23
2.2. Geología y mineralogía local de la zona de La Pangui. ....	24
2.3. Geología y mineralogía local de la zona de La Herradura.....	27

CAPÍTULO III.....	30
PRINCIPIOS DEL ANÁLISIS DE FLUORESCENCIA DE RAYOS-X.....	30
3.1. Definición.....	31
3.2. Aplicaciones. ....	32
3.3. Ventajas. ....	33
3.4. Limitaciones.....	33
3.5. Equipo analizador portátil BRUKER S1 TURBO <sup>SD</sup> .....	33
CAPÍTULO IV .....	35
METODOLOGÍA Y ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	35
4.1. Recopilación bibliográfica. ....	36
4.2. Características de las muestras de estudio.....	36
4.3. Trabajo de laboratorio.....	37
4.3.1. Preparación de las muestras para el análisis por Fluorescencia de Rayos-X. ....	37
4.3.2. Caracterización por el método de Fluorescencia de Rayos-X.....	39
4.3.3. Disolución del sodio con ácido salicílico. ....	40
4.3.4. Disolución del sodio con ácido fluorhídrico. ....	42
4.3.5. Lectura de concentración de sodio. ....	44
4.4. Análisis estadístico (Análisis exploratorio de datos).....	44
CAPÍTULO V .....	45
RESULTADOS E INTERPRETACIÓN.....	45
5.1. Resultados de análisis por Fluorescencia de Rayos-X. ....	46
5.2. Resultados de Espectroscopia de Absorción Atómica. ....	48
5.3. Resultados de análisis estadístico. ....	50
5.3.1. Estadística descriptiva de la zona La Pangui.....	50
5.3.2. Estadística descriptiva de la zona La Herradura. ....	59
5.4. Coeficiente de correlación. ....	66
5.5. Composición normativa. ....	68



CONCLUSIONES .....	70
RECOMENDACIONES .....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
ANEXOS.....	74
Anexo 1. Resultados de análisis por Fluorescencia de Rayos-X (original). ....	75
Anexo 2. Resultados de la técnica de disolución de sodio con ácido salicílico. ....	88
Anexo 3. Estándares para la curva de calibración. ....	92
Anexo 4. Cálculo de Na <sub>2</sub> O (%) a partir de Na (ppm).....	88
Anexo 5. Cálculo del factor de corrección para disolución de sodio. ....	91
Anexo 6. Análisis estadístico (Análisis exploratorio de datos). ....	92
Anexo 7. Composición mineral normativa (CIPW). ....	95
Anexo 8. Ubicación geográfica de puntos de muestreo.....	97
Anexo 9. Mapa de ubicación geográfica de los puntos de muestreo. ....	99

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación del distrito minero Chinapintza.-----	18
Ilustración 2. Ruta de acceso al distrito minero Chinapintza.-----	19
Ilustración 3. Geomorfología y Red Hídrica de la zona de estudio.-----	20
Ilustración 4. Mapa Geológico Regional del Distrito Minero Chinapintza.-----	23
Ilustración 5. Mapa Geológico de Chinapintza - La Pangui.-----	26
Ilustración 6. Mapa Geológico de Chinapintza – La Herradura.-----	29
Ilustración 7. Esquema general del análisis por Fluorescencia de Rayos-X.-----	32
Ilustración 8. Analizador portátil BRUKER S1 TURBO <sup>SD</sup> -----	34
Ilustración 9. Trituradora de rocas RETSCH BB 200.-----	37
Ilustración 10. Homogenización del material por el método del Roleo.-----	38
Ilustración 11. Cuarteo del material para obtener una muestra significativa.-----	38
Ilustración 12. Pulverización de las muestras en el equipo RS-1.-----	39
Ilustración 13. Análisis por Fluorescencia de rayos X-----	40
Ilustración 14. Digestión de las muestras utilizando Ácido Salicílico.-----	42
Ilustración 15. Digestión de las muestras utilizando Ácido Fluorhídrico.-----	43
Ilustración 16. Lectura de la concentración de sodio por Espectroscopia de Absorción Atómica.-----	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable MgO. ....	51
Figura 2. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . ....	52
Figura 3. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable SiO <sub>2</sub> . ....	52
Figura 4. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . ....	53
Figura 5. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable S. ....	54
Figura 6. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable K <sub>2</sub> O. ....	54
Figura 7. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable CaO. ....	55
Figura 8. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable TiO <sub>2</sub> . ....	55
Figura 9. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable MnO. ....	56
Figura 10. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . ....	56
Figura 11. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable CuO. ....	57
Figura 12. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable SnO <sub>2</sub> . ....	57
Figura 13. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable PbO. ....	58
Figura 14. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable Na <sub>2</sub> O. ....	58
Figura 15. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable MgO. ....	59
Figura 16. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . ....	60
Figura 17. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable SiO <sub>2</sub> . ....	60
Figura 18. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . ....	61
Figura 19. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable S. ....	61
Figura 20. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable K <sub>2</sub> O. ....	62
Figura 21. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable CaO. ....	62
Figura 22. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable TiO <sub>2</sub> . ....	63
Figura 23. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable MnO. ....	63
Figura 24. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . ....	64
Figura 25. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable CuO. ....	64
Figura 26. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable SnO <sub>2</sub> . ....	65

Figura 27. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable PbO. ....	65
Figura 28. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable Na <sub>2</sub> O. ....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de prueba en la técnica de Ácido Salicílico. ....	41
Tabla 2. Óxidos (%) por Fluorescencia de Rayos-X de la zona minera La Herradura. ....	46
Tabla 3. Óxidos (%) por Fluorescencia de Rayos-X de la zona minera La Pangui. ....	47
Tabla 4. Resultados y factor de corrección (La Pangui, La Herradura). ....	49
Tabla 5. Resultados de concentración de sodio corregido, para La Pangui-La Herradura. --	49
Tabla 6. Análisis estadístico de la concentración en óxidos (%) de la zona de La Pangui. --	51
Tabla 7. Análisis estadístico de la concentración en óxidos de la zona de La Herradura. ---	59
Tabla 8. Coeficiente de correlación entre las variables (óxidos) de La Herradura. ....	67
Tabla 9. Coeficiente de correlación entre las variables (óxidos) de La Pangui. ....	68
Tabla 10. Composición normativa de las zonas, La Herradura y La Pangui. ....	69

## RESUMEN EJECUTIVO

En este trabajo de investigación se realizó la caracterización mineralógica mediante el análisis por Fluorescencia de Rayos-X de muestras provenientes de escombreras ubicadas en dos áreas mineras, La Herradura y La Pangui del distrito minero Chinapintza, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador. Se analizaron un total de 88 muestras, 45 pertenecientes a la zona de La Herradura y 43 a la zona de La Pangui, con la finalidad de determinar la composición química en porcentaje de óxidos, donde se cuantificó principalmente MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, S, K<sub>2</sub>O, CaO, TiO<sub>2</sub>, MnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CuO, SnO<sub>2</sub>, PbO y Na<sub>2</sub>O. Mediante un análisis estadístico en la que involucra la correlación de datos se determinó que varios elementos (óxidos) tienen buena correlación, los mismos que se puede contrarrestar con los minerales presentes en las zonas de estudio, además con los resultados obtenidos, mediante el cálculo de la norma CIPW se estableció una composición mineralógica ideal para las dos zonas consideradas en las escombreras son: ortoclasa, cuarzo, albita, corindón, hiperstena, ilmenita magnetita, apatito, pirita, entre otros.

**PALABRAS CLAVES:** Fluorescencia de Rayos X, Mineralogía, La Herradura, La Pangui, Chinapintza, Concentración, Escombreras.

## ABSTRACT

In this research the mineralogical characterization analysis was performed using X-ray Fluorescence of samples from tailings located in two areas, and these are La Herradura and La Panguí of the Chinapintza mining district, in the province of Zamora Chinchipe, Ecuador. A total of 88 samples were analyzed, 45 belonging to the La Herradura and 43 to the La Panguí, in order to determine the chemical composition percentage of oxides, which are mainly quantified MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, S, K<sub>2</sub>O, CaO, TiO<sub>2</sub>, MnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CuO, SnO<sub>2</sub>, PbO y Na<sub>2</sub>O. Subsequent to these data I underwent a statistical analysis (exploratory data) by applying simple statistical techniques to determine the mean, extreme values, distribution, etc. With the results obtained by calculating the standard CIPW ideal for the two areas considered mineralogical composition was established.

**KEYWORDS:** X-ray Fluorescence, Mineralogy, La Herradura, La Panguí, Chinapintza, Concentration, Tailings.

## INTRODUCCIÓN

La actividad económica principal del sector de Chinapintza es la extracción de minerales de forma artesanal, practicada con técnicas obsoletas, agresivas para las personas y para el medio ambiente; además, producen toneladas de residuos o relaves y gran cantidad de materiales estériles que se disponen en las proximidades a la explotación.

En ésta investigación denominada “Caracterización de los materiales del distrito minero de Chinapintza”, se describe el desarrollo de un método de análisis químico instrumental que por sus múltiples ventajas, se considera adecuado para la consecución del objetivo, este método se denomina Fluorescencia de Rayos-X que será aplicado para el análisis de muestras de material procedente de escombreras ubicadas en las La Herradura y La Pangui zonas estratégicas del distrito minero antes mencionado.

En esta memoria de investigación de fin de titulación se describe el desarrollo de las actividades para el cumplimiento de los objetivos planteados en cinco capítulos. El primero implica las características físico-geográficas del área de estudio como: ubicación geográfica, acceso, clima, geomorfología e hidrografía. La geología en el segundo capítulo, corresponde al contexto geológico y mineralógico en el que se enmarca el distrito minero Zamora al que pertenece la zona de estudio. En el marco conceptual se detallan los principios y fundamentos teóricos para la investigación en los que se basa principalmente el método de análisis químico de Fluorescencia de Rayos-X. La metodología de trabajo describe el proceso que se lleva a cabo para el cumplimiento de los objetivos, inicialmente involucra la preparación adecuada del material que se analizó con el método de análisis químico instrumental antes mencionado y el tratamiento de los datos obtenidos con técnicas estadísticas sencillas. Estas actividades influyen en los resultados e interpretación que se obtuvieron los cuales se detallan en el capítulo cinco, inicia con los valores de composición química de las muestras tanto de la zona de La Herradura como de La Panguí, los valores y graficas correspondientes al análisis estadístico; y, el planteamiento de una mineralogía ideal de las zonas mediante el cálculo de la norma CIPW.

Esta investigación tiene como finalidad generar información química y mineralógica del sector de Chinapintza, que puede servir de base para futuros proyectos destinados a la caracterización de materiales por medio de métodos de análisis químicos instrumentales.

## ANTECEDENTES

El distrito minero Chinapintza desde aproximadamente cuatro décadas atrás, es considerada una zona de grandes recursos mineros por la importante mineralogía que presenta principalmente de oro y plata, cuya extracción mineral inició de manera informal para después extraer industrialmente estos recursos. No obstante esta actividad no ha significado riqueza ni progreso a los pobladores, principalmente por la forma anti técnica de la extracción por las actividades mineras informales que continúan.

Por su importante reserva de recursos mineros ha sido objeto de múltiples estudios por diferentes métodos según la finalidad, a pesar de todos aquellos estudios, no se cuenta con la información necesaria y la que existe no está a disposición de las personas en general, por razones particulares de empresas mineras.

En 1988-1991 Pachicutza CEM (Compañía Económica Mixta) empezó trabajos de exploración en la zona, continuando en el mismo año por Prominex UK y posteriormente TVX-Gold bajo el nombre de Cóndor Mining que realizó la geología de superficie y cartografía subterránea en el proyecto Cóndor de Oro, perforó miles de metros en el sistema de vetas y brecha, además construyó un túnel exploratorio de 725 metros cortando el sistema de Chinapintza, todo esto desde 1991 hasta 1998 que fue cuando se retiró de la búsqueda de metales preciosos. Desde el año 2001 otras empresas como Ecometals Ltda. (Anteriormente Goldmarca Ltda.) y Ecuasaxon S.A. continuaron con trabajos de exploración, quienes adquirieron la concesión Jerusalén ejecutada por la compañía Dynasty Metals desde Ecuamining S.A., pero que Ecuasaxon transfirió la concesión a Elipe S.A. En el año 2012 Guangshou Ecuador Drills realizó perforaciones de diamantina con 756 metros de perforación, actualmente aún continúa llevando a cabo la minería a pequeña escala y otorgándole a Elipe S.A. el 25 % de la producción del denominado proyecto Jerusalén.

Con el transcurso del tiempo se han venido desarrollando técnicas muy sofisticadas para el análisis de materiales, de forma eficiente y en corto tiempo. Una de éstas es Fluorescencia de Rayos X, técnica que en el desarrollo de esta investigación determinará el contenido y la composición química y mineralógica de las muestras de material analizados perteneciente a la zona de Chinapintza.



## OBJETIVOS

### Objetivo general:

- ❖ Caracterizar los materiales del distrito minero Chinapintza por Fluorescencia de Rayos-X.

### Objetivos específicos:

- ❖ Cuantificar la cantidad de óxidos presentes en los materiales analizados.
- ❖ Determinar en base al contenido de óxidos, los minerales que se presentan en los materiales analizados.
- ❖ Analizar estadísticamente los resultados de laboratorio obtenidos.

**CAPÍTULO I**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y GEOGRÁFICAS DEL**

**DISTRITO MINERO CHINAPINTZA**

### 1.1. Ubicación geográfica del área de estudio.

El distrito minero Chinapintza está ubicado al Sureste del Ecuador, en el flanco Oeste de la Cordillera del Cóndor en la zona Subandina, formando parte del gran distrito minero Zamora. Pertenece a la parroquia Nuevo Quito del Cantón Paquisha en la provincia de Zamora Chinchipe. (Ilustración 1).



**Ilustración 1. Ubicación del distrito minero Chinapintza.**

Fuente: Alvarado, 2015.

### 1.2. Acceso.

El acceso al distrito se lo realiza por vía terrestre (Loja – Chinapintza) por la Troncal Amazónica E45, con un recorrido vehicular aproximado de 132 km en 3 horas.

Para ingresar a la zona de investigación se atraviesa los poblados de Zamora, Cumbaratza, Zumbi por una vía de primer orden completamente asfaltado, se continúa por El Dorado, Paquisha, Nuevo Quito y Conguime por vías de segundo y tercer orden. (Ilustración 2).

Desde el norte del país, además de viajar por tierra, se puede acceder por vía aérea hasta el sector de Cumbaratza y luego en vehículo hasta Chinapintza.



**Ilustración 2. Ruta de acceso al distrito minero Chinapintza.**

Fuente: Alvarado, 2015.

### 1.3. Clima.

Chinapintza presenta un clima húmedo, característico de la región amazónica subtropical que durante todo el año la temperatura y humedad no varían considerablemente, se mantienen entre media y alta constantemente.

Las precipitaciones anuales alcanzan los 2500 mm y 3500 mm, siendo los meses más lluviosos marzo y abril (> 200 mm) y los más secos entre octubre y diciembre. (INAMHI, 2008)

La humedad de este sector es bastante alta, supera el 84% de humedad relativa a lo largo de todo el año. Registra una temperatura anual de 22.8°C con variaciones de máxima temperatura mensual de 31.4°C en el mes de noviembre y la mínima temperatura mensual en febrero con 15.3°C.

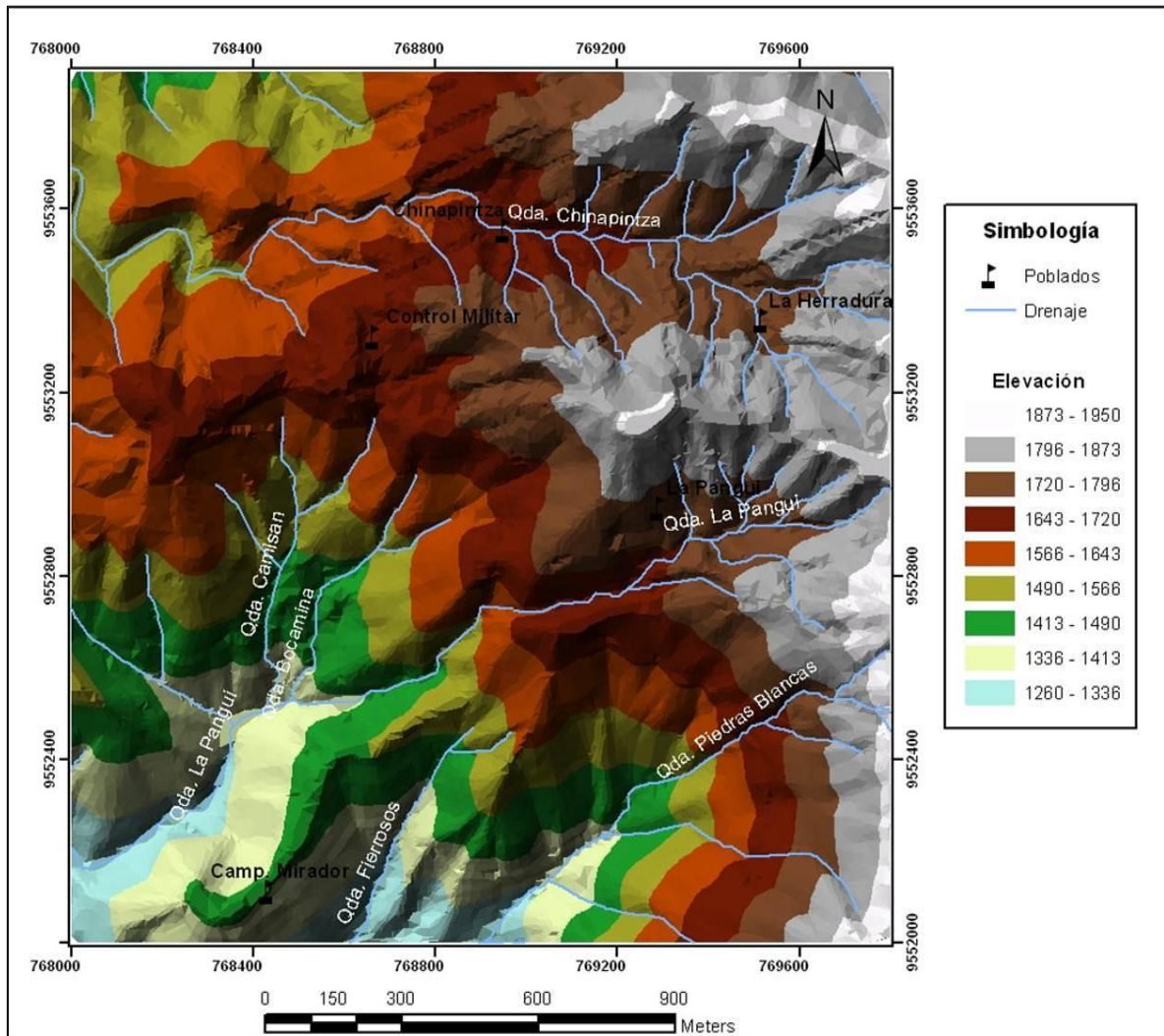
### 1.4. Geomorfología e Hidrografía.

La morfología del terreno en esta zona, flanco oeste de la Cordillera del Cóndor comprende elevaciones que varían entre los 700 msnm y 2800 msnm. Presenta un relieve muy accidentado con pendientes abruptas y escarpadas. Las laderas tienen una pendiente promedio de 29°.

El cauce principal en la zona de estudio es la quebrada Conguime de la que se deriva un sistema de afluentes de tipo dendrítico, aquí se encuentran las quebradas Chinapintza, La

Pangui y Piedras Blancas, este sistema posteriormente desemboca en el río Nangaritz que fluye longitudinalmente hacia el Norte hasta unirse con el río Zamora.

Las quebradas se presentan caudalosas, según sea la época, siendo el periodo febrero – abril cuando más se eleva su caudal debido a las fuertes lluvias. (Chinapintza Gold Project, 2013). Esto provoca una escorrentía directa, de forma violenta, y frecuentemente el nivel de los ríos y quebradas aumentan en forma repentina (Ilustración 3).



**Ilustración 3. Geomorfología y Red Hídrica de la zona de estudio.**

Fuente: Alvarado, 2015.

### 1.5. Flora y Fauna.

Se considera a Ecuador como un país megadiverso en hábitats, microclimas, ecosistemas, vegetación y fauna. A pesar de poseer una pequeña extensión territorial calculan que posee más de 20,000 especies vegetales, dentro de los 12 países más megadiversos.

Las formaciones vegetales que se hallan en la provincia dependen mucho de la gradiente altitudinal, temperatura, humedad, morfología del terreno, se puede encontrar bosques montanos, bosque húmedo tropical y en ciertas áreas bosques secundarios debido a la tala indiscriminada.

En gran parte del área del cantón Paquisha donde se ubica el distrito Chinapintza también presenta vegetación tipo herbácea, pastizales y cultivos.

La provincia de Zamora Chinchipe presenta una fauna exótica, donde se puede encontrar gran variedad de especies, lamentablemente en el área de estudio hay especies en peligro de extinción debido a la práctica ilegal de minería informal que destruye el hábitat y contamina el ambiente.

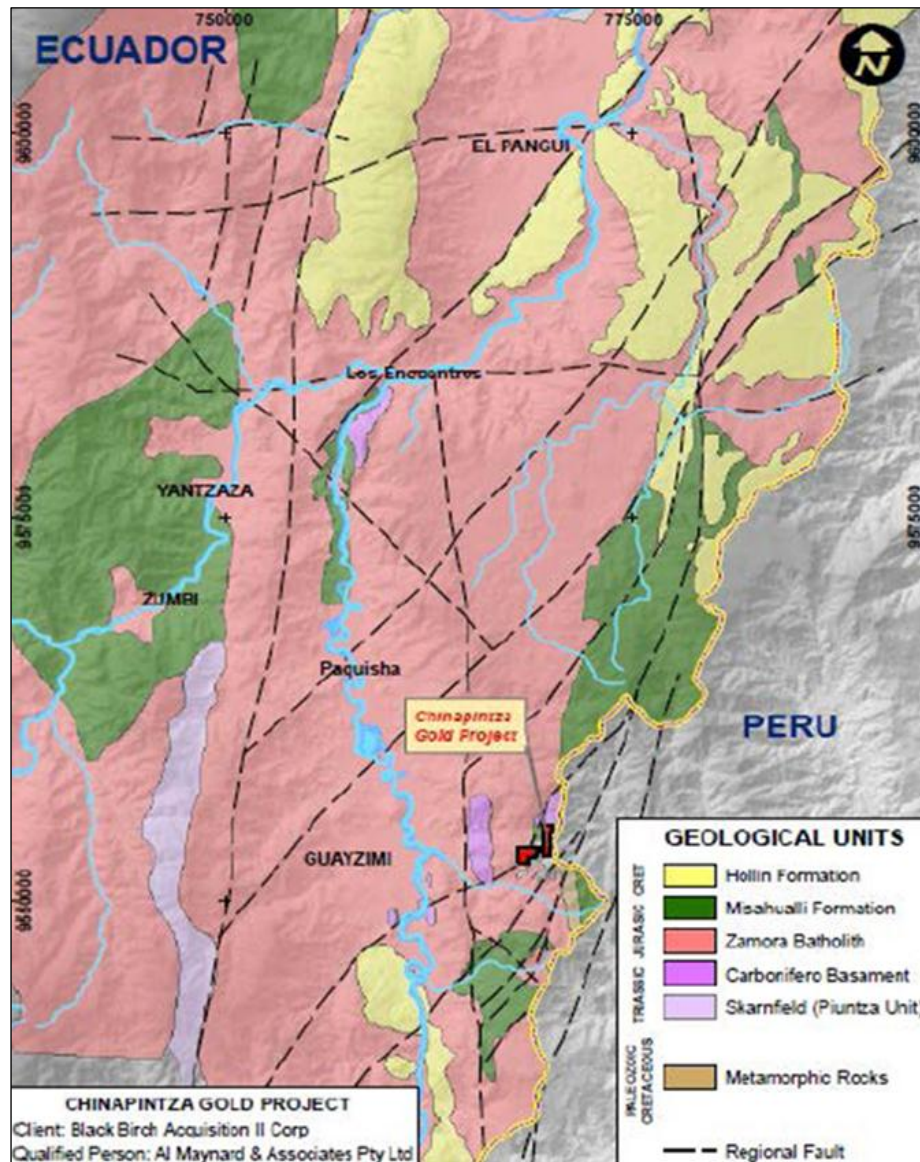
## **CAPÍTULO II**

### **GEOLOGÍA**



## 2.1. Geología regional.

El distrito minero Zamora, ahora denominado como Cinturón de Zamora de Au-Cu se localiza dentro la Cordillera del Cóndor en la Zona Subandina, al Sureste del Ecuador. Comprende campos con diferentes mineralizaciones metálicas, incluyendo el campo minero de estudio, Chinapintza. Todos estos depósitos relacionados con el magmatismo del Jurásico Tardío (Ilustración 4).



**Ilustración 4. Mapa Geológico Regional del Distrito Minero Chinapintza.**  
Fuente: Chinapintza Gold Project, 2013.

Las principales unidades y formaciones geológicas que se encuentran en el área de estudio, están comprendidas desde el Cámbrico–Devónico al Cretáceo. Consiste en filitas de bajo grado y mármoles (Litherland et al., 1994) de la Unidad Isimanchi (Pensilvánico temprano –



Pérmico Inferior), se la puede correlacionar estratigráficamente con la formación Macuma (Prodeminca, 2000) que está en discordancia con la Formación Pumbuitza. Regionalmente continúa con arenisca, lutitas, calizas, tobas y andesitas corrientes (Paladines & Rosero, 1996) de la Unidad Piuntza (Triásico Medio – Superior)

La Unidad Misahuallí (Jurásico Medio – Cretácico Inferior), comprende basaltos, tobas, brechas tobáceas, areniscas y conglomerados, sobre ella encontramos una serie de areniscas cuarzosas agradantes, con estratificación cruzada, en la parte basal se encuentran esporádicos lag deposits (conglomerados), que corresponderían a depósitos de ríos entrelazados y diacrónicos de planicies aluviales. Las unidades arenosas están separadas por lutitas carbonosas que tipifican llanuras de inundación, y depósitos de costa (White et al., 1995) litología de la Formación Hollín (Aptiano Inferior – Albiano Inferior)

El batolito de Zamora (Jurásico Superior – Medio) ocupa el segmento sureste de la Cordillera Real, formado por dioritas-granodioritas (Litherland et al., 1994), con cristales de hornblenda, cuarzo y plagioclasas, presenta una textura fanerítica de grano medio a equigranular

En la zona de estudio comprende regionalmente al Pórfido de Chinapintza (Cretácico Medio – Superior), unidad conformada por volcánicos silíceos a intermedios (principalmente dacitariodacita) y volcanitas subaéreas (flujos, tobas y brechas) con intrusiones subvolcánicas tipo pórfido. Los volcánicos subaéreos sugieren que esta fase de magmatismo fue coincidente con el fallamiento en bloques durante el inicio de la proto cordillera Andina (Prodeminca, 2000).

## **2.2. Geología y mineralogía local de la zona de La Panguí.**

La Panguí, geológicamente, pertenece a un complejo intrusivo volcánico, donde el rasgo principal viene a ser el pórfido de Chinapintza de edad Cretácica (106 a 96 Ma), el cual intruye a rocas de edad Jurásica, como son el batolito de Zamora y la Unidad Misahuallí.

### **Ambiente intrusivo**

Constituido por granodiorita, pórfidos riodacíticos, pórfidos riolíticos, andesíticos y diques de composición riolítica y andesito – basáltico. La granodiorita pertenece al Batolito de Zamora (Jurásico) y forma el basamento del complejo intrusivo – volcánico félsico, se extiende de Norte a Sur en el lado Oeste de la zona. Presenta cuarzo (25 – 30%), feldespato potásico (ortoclasa, 20 – 25%), plagioclasas sódicas (oligoclasa 10 – 15%) y minerales máficos: biotita (10 – 15%) y hornblenda (10 – 15%). El pórfido riodacítico se encuentra en contacto

con los esquistos anfibolíticos y la granodiorita al Oeste, presenta una textura porfídica holocristalina de grano fino, compuesto por fenocristales de cuarzo redondeado (20 – 25%), feldespato potásico (ortoclasa 25- 30%), plagioclasas sódicas (albita 10 – 15%), minerales máficos: biotita (5 - 10%), hornblenda (5 – 10%) y minerales secundarios: pirita, esfalerita y galena. El pórfido riolítico abarca gran parte de la zona ubicado entre el pórfido riodacítico al Norte, tobas al Sur y granodiorita al Oeste, compuesto principalmente por fenocristales de cuarzo (10 – 15%), feldespato alcalino (ortoclasa 15- 20%), plagioclasas sódicas (oligoclasa 5 – 10%), minerales accesorios: biotita (1 - 5%), hornblenda (1 – 5%) y moscovita (1 – 5%). Aflorando en la parte Noreste se encuentra un cuerpo de composición andesítica y textura porfídica de grano fino a medio y una matriz afanítica feldespática (Piedra, L., 2014).

### **Ambiente volcánico**

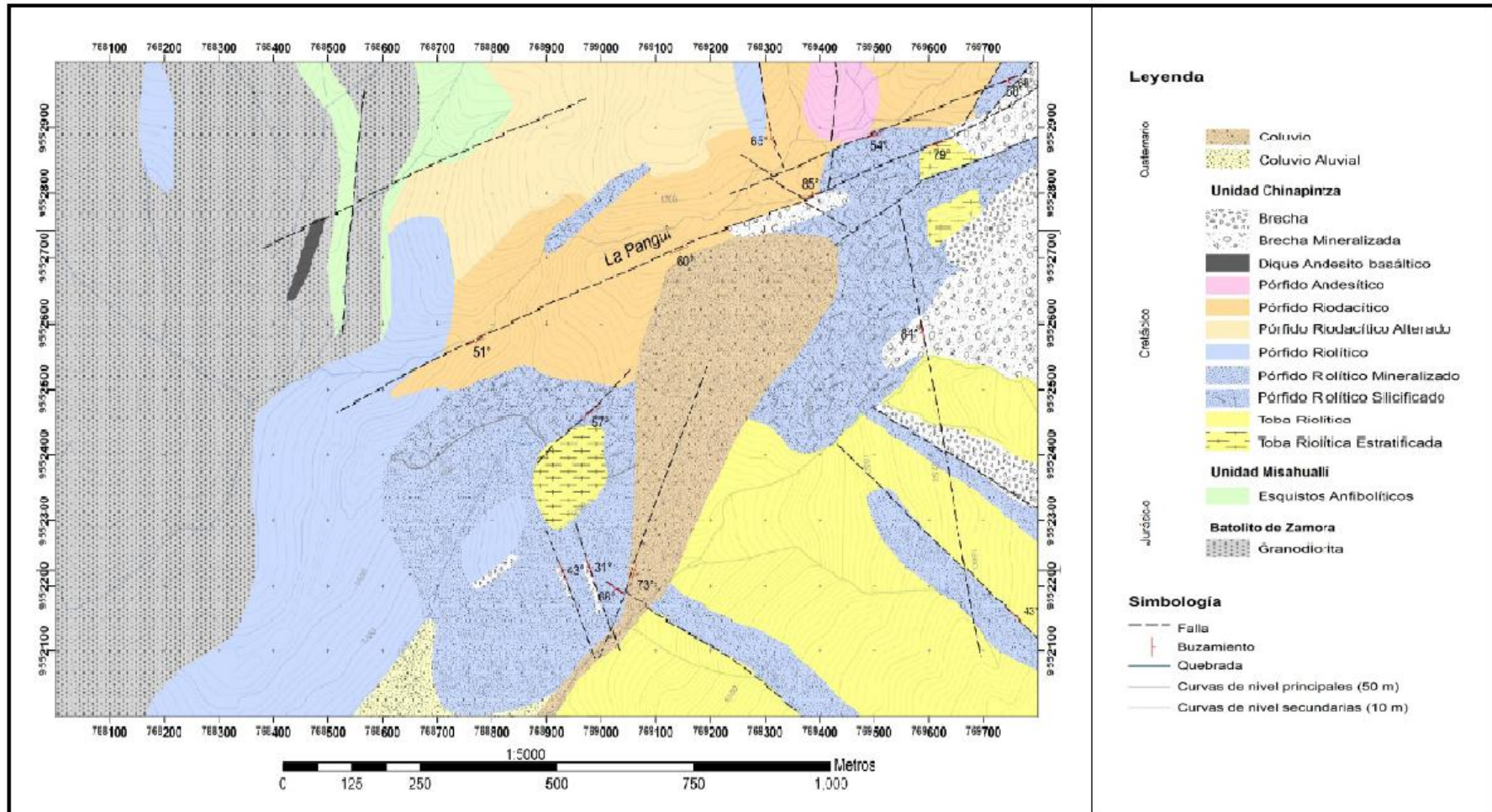
Este ambiente comprende tobas riolíticas de color claro, textura fina lítica, en su composición predomina el cuarzo (5 – 10%) y feldespato alcalino (5 – 10%) en una matriz tobácea y brechas volcánicas de flujo, polimícticas, con clastos y fragmentos angulares a subredondeados (2 – 6 cm) de una variedad de tipos de roca como riolitas, andesitas, riocacitas. Estas brechas mineralizadas presentan una matriz compuesta de minerales hidrotermales, donde predominan pirita, esfalerita y cuarzo (Piedra, L., 2014).

### **Ambiente metamórfico**

Como metamórficos se ha considerado las volcanitas máficas metamorfoseadas de la Misahuallí (esquistos anfibolíticos), por factores de presión causada por la intrusión de diferentes cuerpos porfídicos. Se presentan como cuerpos alargados en dirección Norte – Sur, la roca es gris oscura con una textura nematoblástica bandeada (cristales aciculares, en forma de aguja). Se compone principalmente de anfíboles (hornblenda 15 – 20%), y plagioclasas cálcicas (anortita 15 – 20%) (Piedra, L., 2014).

### **Ambiente sedimentario**

Este ambiente comprende los depósitos coluviales que son fragmentos de roca angulares de diferentes tamaños, originados por su erosión y meteorización; y los depósitos aluviales presentes en las riveras de las quebradas, estos fragmentos van desde angulares a subredondeados de roca que generalmente se encuentran a su alrededor: riolitas, riocacitas, granodioritas (Piedra, L., 2014).



**Ilustración 5. Mapa Geológico de Chinapintza - La Pangui.**  
Fuente: Piedra, 2014.

Estructuralmente, la zona minera es muy compleja, presenta lineamientos con buzamientos altos, próximos a la vertical; unos con sentido NE que controlan el emplazamiento de litologías y otros con sentido NW controlando intrusiones de diques y eventos mineralizantes.

La mineralización principal se presenta en vetas, stockworks, diseminada y como cementante de brechas, la asociación mineralógica predominante consta de sulfuros (pirita, esfalerita, calcopirita y galena) asociados al oro, el cual se presenta generalmente como electrum (Au-Ag). La ganga se caracteriza por la presencia de cuarzo y minerales de arcilla (sericita)

Este depósito mineral, se encuentra afectado por una alteración filica – argílica, caracterizada por el desarrollo de cuarzo y sericita. Las rocas que bordean las zonas mineralizadas, generalmente muestran alteración propilítica. Diques y brechas al margen de vetas muestran silicificación.

### **2.3. Geología y mineralogía local de la zona de La Herradura.**

#### **Rocas subvolcánicas**

Este grupo de rocas está compuesto principalmente por pórfidos de composición riolíticos a andesíticos presentes como pequeños cuerpos y diques que atraviesan al pórfido de Chinapintza. El pórfido andesítico identificado se extiende en dirección NNW, con un ancho aproximado de 50 a 150 metros y 450 metros de largo, aflora principalmente en la población de La Herradura al Este de esta zona; presenta generalmente una textura porfídica con una coloración gris verdosa. Se observa hornblenda (30-35%), plagioclasa andesina (>40%) y una matriz afanítica compuesta de feldespato y arcilla. El pórfido riolítico aflora como un cuerpo porfídico de fase acida que se extiende hacia el NNW, con 200 metros de largo y 50 metros de ancho. Presenta coloración blanquecina a amarillenta y contiene fenocristales de micas blancas (5-8%), feldespatos y plagioclasas sanidinas (40-45%) y cuarzo (20-25%) (Calle, L., 2014).

#### **Rocas Metamórficas**

Este grupo está compuesto por rocas básicas anfibolitizadas de dirección NNW-SSE, separando al complejo intrusivo plutónico del subvolcánico; más hacia el oeste, otra faja paralela de esquistos se encuentra flotando dentro de la granodiorita. Los esquistos anfibolíticos afloran principalmente al oeste de esta zona, son volcanitas máficas

anfibolitizadas (esquistos anfíbolíticos), presentan una textura nematoblástica (cristales de anfíboles prismáticos o aciculares paralelos en una sola dirección) con hornblenda, feldespato y cuarzo fino. Localmente los esquistos presentan vetillas de cuarzo en stockwork con pirita fina y óxidos de hierro en sus fracturas (Calle, L., 2014).

## **Intrusivos**

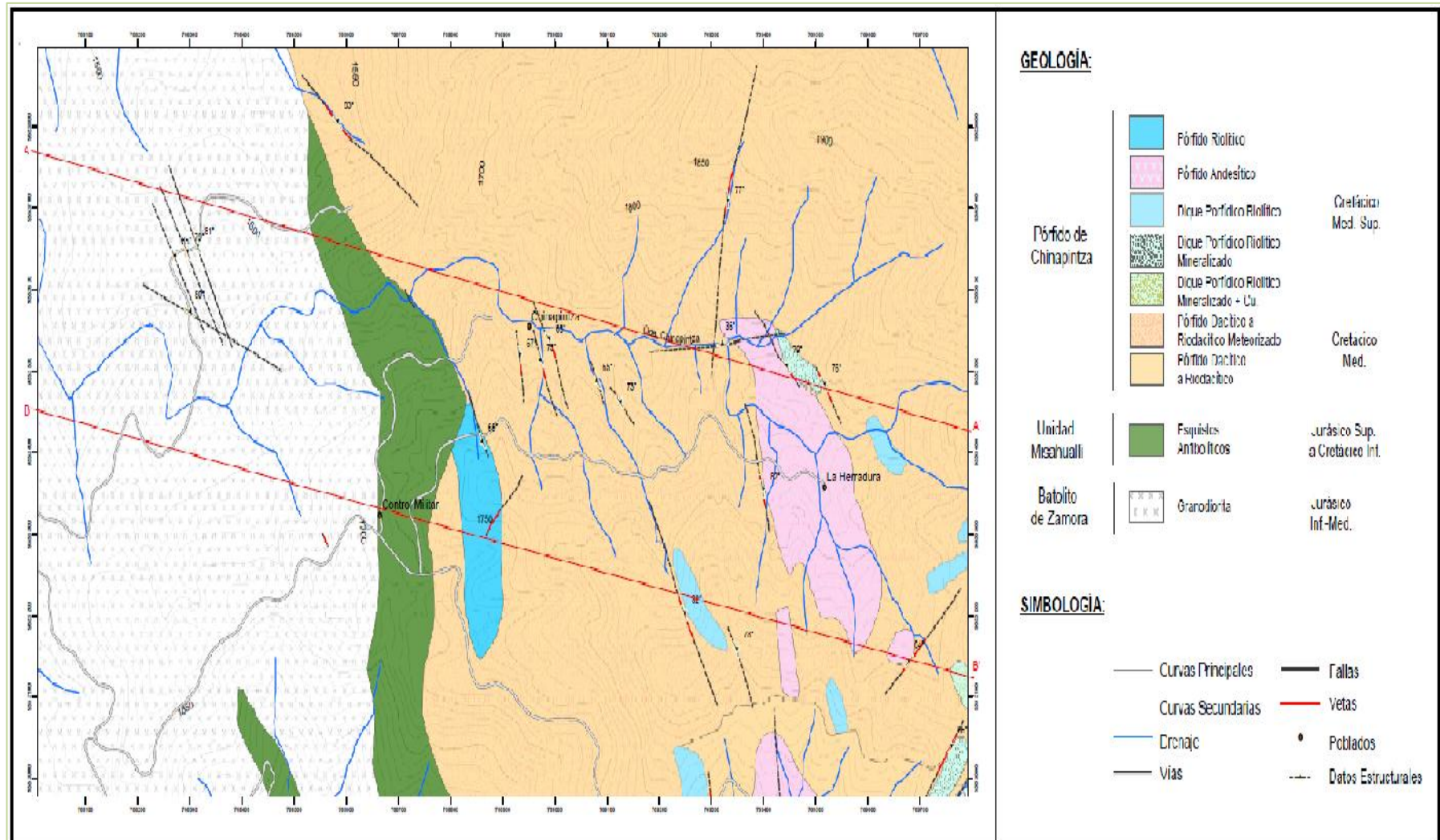
Principalmente se compone de una roca de composición granodiorítica que forma parte del complejo intrusivo plutónico del batolito de Zamora, localizada al oeste de la zona de estudio. Al norte entre en contacto discordante directo con el complejo subvolcánico del Cretácico Superior a Terciario, dominado por el Pórfido de Chinapintza, pero al centro y sur los separa una franja de volcanitas metamorfizadas de la Unidad Misahuallí.

La roca contempla a un intrusivo post-magmático de alto nivel dominado por el pórfido de Chinapintza, representado por una roca subvolcánica de composición intermedia dacítica, la cual está atravesada por cuerpos pequeños subvolcánicos de menor dimensión que controlan estructuralmente la mineralización del sistema de vetas de Chinapintza.

La mineralización de esta zona de estudio está asociada a una paragénesis de minerales de metales base de pirita, esfalerita, galena y calcopirita, con un crecimiento de soluciones de cuarzo, pirita fina, carbonatos y arcillas tipo caolinitas asociadas a la plata y oro (electrum).

Las principales estructuras en las que se presenta la mineralización aurífera son en vetas tipo cola de caballo y tipo rosario de textura bandeada con sulfuros, cuarzo y carbonatos; se presenta en stockworks que se desarrollan a los lados de la veta y como diques de mineralización.





**Ilustración 6. Mapa Geológico de Chinapintza – La Herradura.**

Fuente: Calle, 2014.

### **CAPÍTULO III**

#### **PRINCIPIOS DEL ANÁLISIS DE FLUORESCENCIA DE RAYOS-X**

### **3.1. Definición.**

La Fluorescencia de Rayos-X es una técnica de espectroscopía de Rayos-X, que permite conocer de manera cualitativa y cuantitativa la composición química multielemental de materiales.

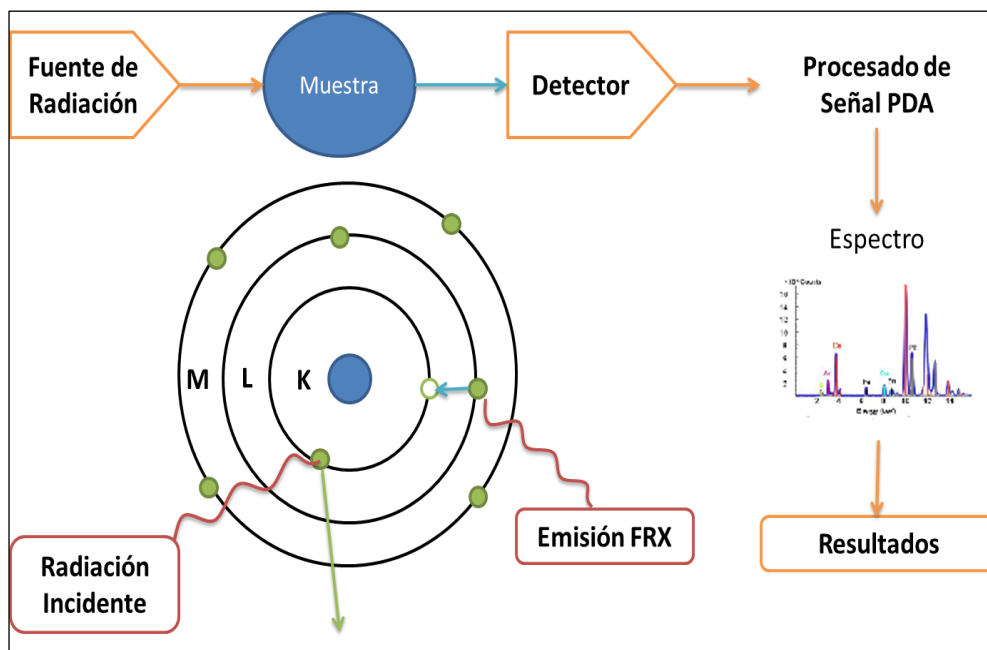
Se designa a aquel fenómeno producido cuando un haz de Rayos-X de gran energía choca con una sustancia constituida por átomos de número atómico menor que los del material que ha originado la radiación incidente, los rayos pueden provocar la expulsión de electrones internos en los átomos que han absorbido la radiación. Al caer electrones más externos en los huecos creados se produce una radiación X de fluorescencia, de longitud de onda mayor que el incidente, que es característica de los átomos que la producen. (Burriel et al., 1952).

La concentración de cada elemento de la muestra tiene una relación directa con la intensidad de la radiación emitida por excitación secundaria, cuanto más intensa es la emisión, el elemento a cuantificar se encuentran en mayor cantidad. (Gázquez, 2011)

Este método es de aplicación general a todo tipo de material, sea roca, metal, mineral, cerámica, vidrio, tela, papel, plástico, de forma y tamaño variable, estén en estado sólido, fluido e incluso gases; y el tiempo de análisis es relativamente rápido del orden de 15 – 20 segundos y como técnica no destructiva permite que se realice una mínima preparación de la muestra.

El esquema general de un análisis por Fluorescencia de Rayos-X se resume en la Ilustración 7 que describe a un sistema en su estado fundamental, al que se le aplica una energía (Fuente de radiación) de tal magnitud que pueda absorber el sistema y que sea capaz de cambiarlo a un estado de mayor energía o excitación al expulsar electrones. Al encontrarse inestable el sistema tiende a volver a su estado fundamental, para esto se produce un salto de electrones desde los niveles más externos hacia los más internos para reemplazar a los electrones expulsados. Este proceso origina la emisión de energía en forma de Rayos-X, denominada Fluorescencia de Rayos-X. A continuación el detector recoge el haz que es procesado en el ordenador incorporado en el equipo y se obtienen los resultados de las concentraciones así como los espectros de Rayos-X.





**Ilustración 7. Esquema general del análisis por Fluorescencia de Rayos-X.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

### 3.2. Aplicaciones.

Entre las diferentes disciplinas en las que ha tenido más aplicación la Fluorescencia de Rayos-X tenemos: geología, arqueología, ciencias forenses, medicina, farmacéutica, electrónica, industria, medio ambiente, etc.

A continuación se detallan las principales actividades en las que es ampliamente usada esta técnica, dentro de las disciplinas antes mencionadas:

- ✓ Determinación elemental de los materiales geológicos
- ✓ Caracterización de rocas, suelo, minerales.
- ✓ Análisis de elementos trazas
- ✓ Minería (extracción de oro, plata, aleaciones, etc.)
- ✓ Metalurgia, control de calidad.
- ✓ Industria petrolera
- ✓ Composición de los materiales utilizados en objetos antiguos
- ✓ Desplazamiento y acumulación de contaminantes del medio ambiente
- ✓ Determinación de elementos radioactivos
- ✓ Detección de elementos pesados en muestras biológicas
- ✓ Metales en piel y huesos, cálculos vesiculares
- ✓ Análisis forenses
- ✓ Control de calidad en la producción industrial

### **3.3. Ventajas.**

Una interesante combinación de prácticas ventajas hace de éste uno de los métodos más utilizados para el análisis de los principales y menores elementos en las rocas, minerales y sedimentos; desalojando así a otros métodos instrumentales.

- ✓ Análisis de todo tipo de materiales
- ✓ Tiempos de análisis rápido
- ✓ Relativamente económico
- ✓ No destructiva (mínima preparación de la muestra)
- ✓ Análisis multielemental para elementos con número atómico mayor a la del flúor
- ✓ Determinación precisa de elementos trazas
- ✓ Uso fácil del equipo
- ✓ Portabilidad
- ✓ Alta sensibilidad, exactitud y precisión
- ✓ Resultados de fácil interpretación

### **3.4. Limitaciones.**

A decir de las limitaciones que presenta, prevalece la incapacidad de registrar las concentraciones de elementos con  $Z < 11$  ni en cantidades de muestra de menos de 1 gramo. Además no puede distinguir iones del mismo elemento en diferentes estados de valencia, por lo que estos análisis se realizan con otras técnicas.

### **3.5. Equipo analizador portátil BRUKER S1 TURBO<sup>SD</sup>.**

El S1 TURBO<sup>SD</sup> es el primer instrumento portátil de Fluorescencia de Rayos-X, para utilizar la tecnología Drift Detector de silicio (SSD), que mejora drásticamente la velocidad y sensibilidad. Al igual que su predecesor, se basa en la tecnología de dispersión de energía de FRX y utiliza un tubo de Rayos-X como su fuente de excitación.

Es un analizador totalmente portátil con un ordenador integrado Personal Digital Assistant (PDA), que proporciona la interfaz de usuario para el funcionamiento del instrumento y contiene el programa analítico Bruker S1. Este programa permite al usuario seleccionar los modos de análisis, ver espectros y guardar los datos.

Originalmente está diseñado como un dispositivo de mano, pero colocado en posición vertical, se convierte en una poderosa herramienta de análisis. El advenimiento de la

tecnología SSD, ha reducido y en la mayoría de los casos ha eliminado la necesidad de vacío o de descarga de helio durante el análisis de elementos ligeros.

Con un recuento de tasas de más de 100000 cps, el S1 TURBO<sup>SD</sup> puede generar las estadísticas necesarias para la detección de concentraciones de trazas de los elementos más ligeros, como el magnesio. La bomba de vacío 3V opcional, elimina el espacio de aire entre la muestra y el detector, mejorando aún más los límites de detección hasta un 80%. (Ilustración 8).



**Ilustración 8. Analizador portátil BRUKER S1 TURBO<sup>SD</sup>**  
Fuente: Alvarado, 2015.

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA Y ANÁLISIS DE LABORATORIO**

#### **4.1. Recopilación bibliográfica.**

Este proceso investigativo y experimental se inició con la recolección de información accesible, como libros, tesis realizadas en la zona de estudio, tesis referentes al método químico de Fluorescencia de Rayos-X, papers, enlaces web válidos, todo esto con la finalidad de analizar y poseer las competencias necesarias para la ejecución y cumplimiento de los objetivos planteados.

#### **4.2. Características de las muestras de estudio.**

Es importante indicar que no se realizó la fase de campo para la recolección de las muestras, por lo que se inició directamente el trabajo en el laboratorio.

Con la finalidad de abarcar toda la zona de Chinapintza, se utilizó las muestras recolectadas en dos proyectos de fin de titulación realizados por Fernando Guerrero y Miguel Díaz en los sectores de La Herradura y La Pangui respectivamente; éstas se encontraban almacenadas y etiquetadas correctamente.

Para el muestreo que es la primera fase en sus proyectos, los autores registran haber realizado las siguientes actividades en el campo:

- ✓ Reconocimiento de la zona
- ✓ Georreferenciación de escombreras y relaveras de interés
- ✓ Registro de las dimensiones: largo, ancho, inclinación y dirección de escombreras y relaveras
- ✓ Recolección de muestras de roca y sedimentos de cada una de las escombreras
- ✓ Análisis macroscópico de las muestras de mano tomadas

El equipo que utilizaron para esta fase de campo es: GPS, brújula, cinta, martillo, lupa, lápiz rayador, ácido clorhídrico, fundas plásticas, libreta de campo y cartas topográficas.

En el Anexo 7 se encuentra la ubicación geográfica de un total de 88 muestras distribuidas 45 en el sector de La Herradura y 43 en La Pangui.

### **4.3. Trabajo de laboratorio.**

El trabajo de laboratorio inicialmente comprende: la preparación y el análisis de las muestras por Fluorescencia de Rayos-X; el equipo por su configuración no mide la concentración de óxido de sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) en las muestra, para esta medición se utilizaron dos técnicas alternas que se describen en los apartados 4.3.3. y 4.3.4.

Este trabajo se generó en el laboratorio de la sección de Minería y Metalurgia, del Departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja.

#### **4.3.1. Preparación de las muestras para el análisis por Fluorescencia de Rayos-X.**

##### **a) Trituración.**

En este proceso se llevó a cabo la reducción de tamaño de la roca de solo 5 de las 88 muestras debido a que tenían un tamaño mayor a la abertura de la malla #10, las restantes muestras ya tenían el tamaño adecuado para el siguiente paso. Se efectuó en la máquina trituradora RETSCH BB 200.



**Ilustración 9. Trituradora de rocas RETSCH BB 200.**

Fuente: Alvarado, 2015.

##### **b) Homogenización y cuarteo de las muestras.**

Sobre una manta de polietileno limpia, se procede a homogenizar cada muestra con el fin de obtener una mezcla uniforme. Para esto, con la técnica de Roleo se toma un extremo de la manta y se procede a halarla hasta su punto medio haciendo rodar todo el material, se

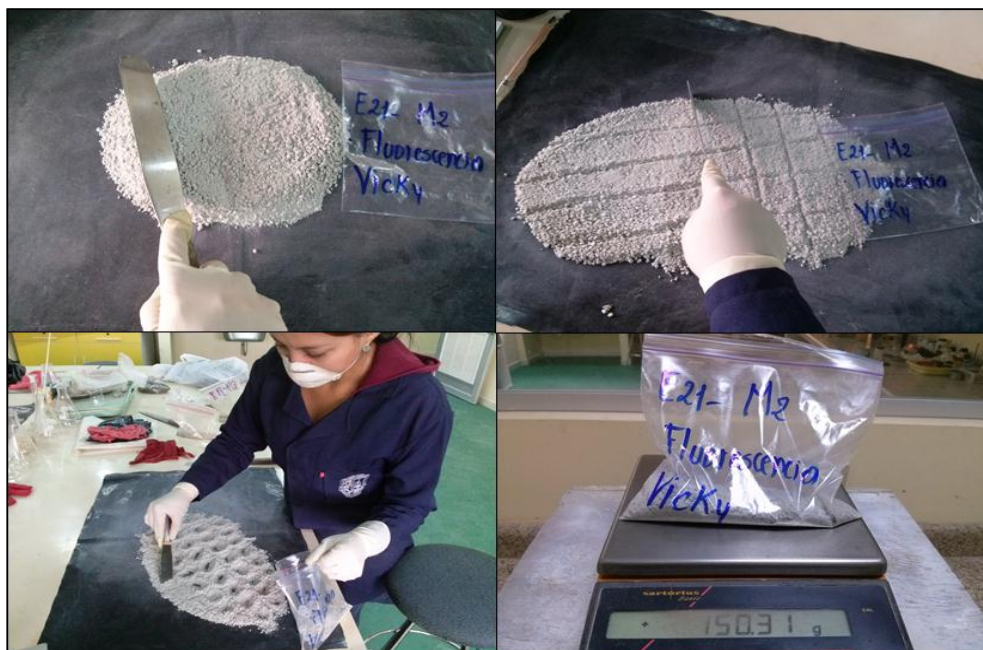
continúa con cada extremo adyacente de la manta repitiendo este proceso por 30 veces (Ilustración 10).



**Ilustración 10. Homogenización del material por el método del Roleo.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

Luego se extiende el material con una espátula y se forma una red en la muestra y se toma una pequeña cantidad del centro de cada división, de esta manera se cuartea para reducir el volumen del material y obtener una muestra representativa.

En la balanza de precisión pesamos aproximadamente 150 gramos de muestra cuarteada, se etiqueta y se sella (Ilustración 11).



**Ilustración 11. Cuarteo del material para obtener una muestra significativa.**  
Fuente: Alvarado, 2015.



### c) Pulverización.

Pulverizar la muestra es indispensable y lo más recomendable es que las partículas de material sean lo más finas posible para el análisis de Fluorescencia. Los 150 gramos de muestra representativa se colocan en los recipientes adecuados y dentro del equipo pulverizador RS – 1 durante 2 minutos a 700 rpm (Ilustración 12).



**Ilustración 12. Pulverización de las muestras en el equipo RS-1.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

#### 4.3.2. Caracterización por el método de Fluorescencia de Rayos-X.

Las técnicas basadas en Rayos-X dentro de los métodos físicos para la caracterización de materiales, constituyen un grupo de especial importancia, tanto por la variedad como por la información que proporcionan. Los análisis por Fluorescencia de Rayos-X se lo hizo con el equipo portátil BRUKER modelo S1 TURBO<sup>SD</sup>, en el Laboratorio de Minería y Metalurgia, del departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja; se analizaron un total de 88 muestras, provenientes de escombreras ubicadas en los sectores de La Herradura y La Panguí de la zona minera de Chinapintza.

### a) Procedimiento del análisis.

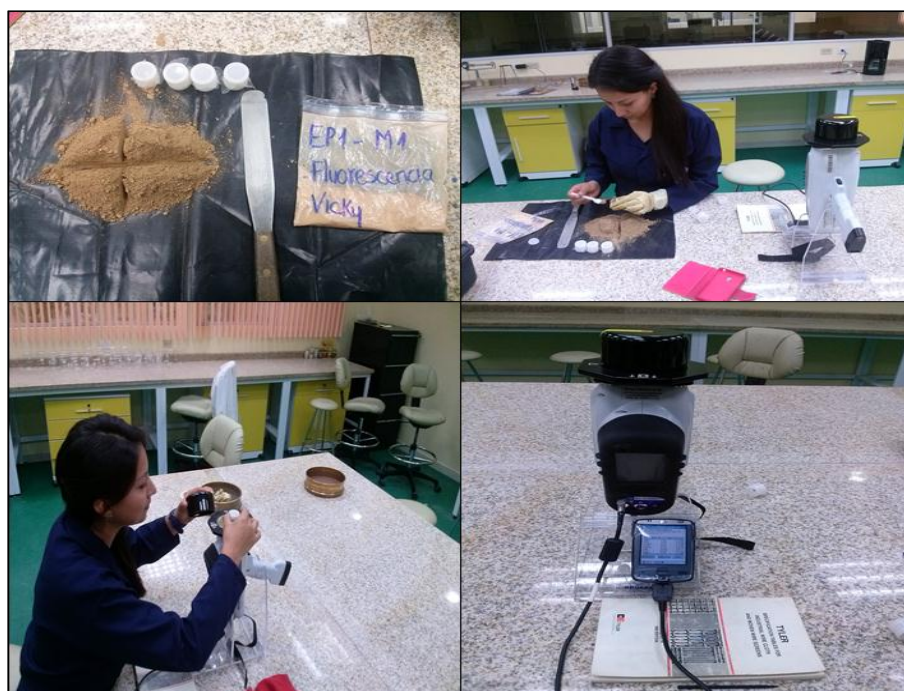
El procedimiento que se siguió para llevar a cabo el análisis fue el siguiente:

- ✓ Homogenizamos las muestras nuevamente sobre la manta de polietileno para evitar que los minerales más densos se depositen en el fondo.



- ✓ Con una espátula cuarteamos la muestra para obtener 4 ejemplares que son envasados adecuadamente en los pocillos para el ensayo.
- ✓ Se siguió adecuadamente el protocolo de uso del equipo, para tener éxito con los resultados (Ilustración 13).

Se realizaron 4 análisis de cada muestra (Anexo 1: a y b) para el cálculo estadístico posterior. El tiempo en que se realiza cada uno es de entre 15 y 20 segundos, el equipo guarda los resultados en su memoria interna y en una externa de donde los podemos descargar en una hoja de cálculo.



**Ilustración 13. Análisis por Fluorescencia de Rayos-X.**

Fuente: Alvarado, 2015.

#### **4.3.3. Disolución del sodio con ácido salicílico.**

Sabemos que el sodio es un constituyente importante de algunos minerales y rocas, pero el equipo analizador que utilizamos en el análisis por Fluorescencia de Rayos-X no mide la concentración de óxido de sodio. Por esta razón se optó por utilizar esta técnica alterna a los Rayos-X que nos permita cuantificar la concentración de sodio en cada muestra de estudio.

La técnica se denomina Laboratory Dissolution of Plagioclase Feldspars in Water and Organic Acids at Room Temperature, realizado por W. H Huang y W. C. Kiang, 1972. En general se basa en la disolución de plagioclasas a temperatura ambiente con agua desionizada y disolventes orgánicos. Los autores realizaron la técnica con los siguientes

parámetros: 3 gr de muestra, 250 ml de agua desionizada, 0.01 M de solución de ácido orgánico (ácido salicílico) y botellas de plástico. Se mezcla, envasa y continuamente se agita durante 1, 6, 12, y 24 días, midiendo la concentración en estos intervalos de tiempo.

**a) Procedimiento de la técnica.**

Se consideró que los intervalos de tiempo en los que se realiza la técnica es demasiado para este proyecto, por lo que se hizo una experimentación variando los parámetros con intervalos de tiempo más cortos y en lugar de disolventes orgánicos se utilizó alcohol porque con agua destilada el ácido no se disolvió.

**Tabla 1. Parámetros de prueba en la técnica de Ácido Salicílico.**

Muestra (gr)	Alcohol (ml)	Ácido Salicílico (gr)	Tiempo (días)	Na (ppm)
1.0	100	1.3812	1	5.663
1.5	100	1.3812	2	3.839
2.0	100	1.3812	3	3.703

Fuente: Alvarado, 2015.

En la Tabla 1 se describen los parámetros con los que se realizó una prueba previa al desarrollo de la técnica y los resultados de concentración de sodio que se procedió a leer por medio de absorción atómica. Se determinó que con 1.5 gr de muestra en 100 ml de alcohol y 1.3812 gr de ácido salicílico a 0.1 M, reposando a temperatura ambiente durante 1 día se obtuvo los resultados de sodio óptimos. De esta manera se inicia la técnica con las 88 muestras de la zona de estudio.

**b) Materiales y reactivos:**

- ✓ Un matraz Kitasato
- ✓ Un embudo de Buchner
- ✓ Una bomba de vacío
- ✓ Frascos volumétricos de 200ml
- ✓ Ácido Salicílico, 0.01 M
- ✓ 1.5 gramos de muestra de roca

### c) Digestión de las muestras:

Nuevamente sobre la manta de polietileno homogenizamos para evitar que los minerales más densos se depositen en el fondo. Con una espátula cuarteamos la muestra para obtener el ejemplar de 1.5 gr. Diluimos 1.3812 de ácido salicílico en 100 ml de alcohol y aforamos en un balón. La dilución se colocó en un vaso de precipitación con la muestra, la agitamos frecuentemente en un intervalo de 24 horas. Luego de este periodo se filtra la solución, se afora nuevamente a 100 ml pero con agua destilada. Se procede a leer la concentración mediante absorción atómica, en el laboratorio de Química Instrumental, UTPL. (Imagen 14)



**Ilustración 14. Digestión de las muestras utilizando Ácido Salicílico.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

#### 4.3.4. Disolución del sodio con ácido fluorhídrico.

Inicialmente se consideró realizar esta técnica de disolución para obtener la concentración de sodio de todas las muestras, pero debido a que requiere de un factor económico elevado por el costo de los reactivos que se requieren, únicamente se realizó en una muestra de la zona de La Herradura y en una de La Pangui.

El propósito de esta técnica fue con sus resultados conseguir un factor que nos permitió corregir los datos obtenidos de la técnica con ácido salicílico por valores más reales de concentración.

**a) Reactivos y materiales:**

- ✓ Ácido clorhídrico, 6M
- ✓ Ácido fluorhídrico, 48%
- ✓ Ácido nítrico, concentrado
- ✓ Ácido perclórico, 72%
- ✓ Un plato de 30 ml de platino o teflón
- ✓ Balones de aforo de 25 ml y 50 ml
- ✓ 0.1 gr de muestra de roca

**b) Digestión de las muestras:**

Colocamos 0.1 gr de muestra de roca en el plato de teflón de 30 ml, humedecemos con 2 ml de ácido nítrico concentrado, 2ml de ácido perclórico y 15 ml de ácido fluorhídrico. Calentamos el plato suavemente sobre una plancha permitiendo que se evapore lentamente hasta que se seque. Una vez que el plato este frío agregamos 2ml de ácido clorhídrico, 6M y calentamos suavemente hasta solubilizar el residuo. Transferimos y aforamos la solución fría en un balón de aforo de 25 ml y la envasamos en un recipiente de plástico para la lectura de concentración por absorción atómica (Ilustración 15).

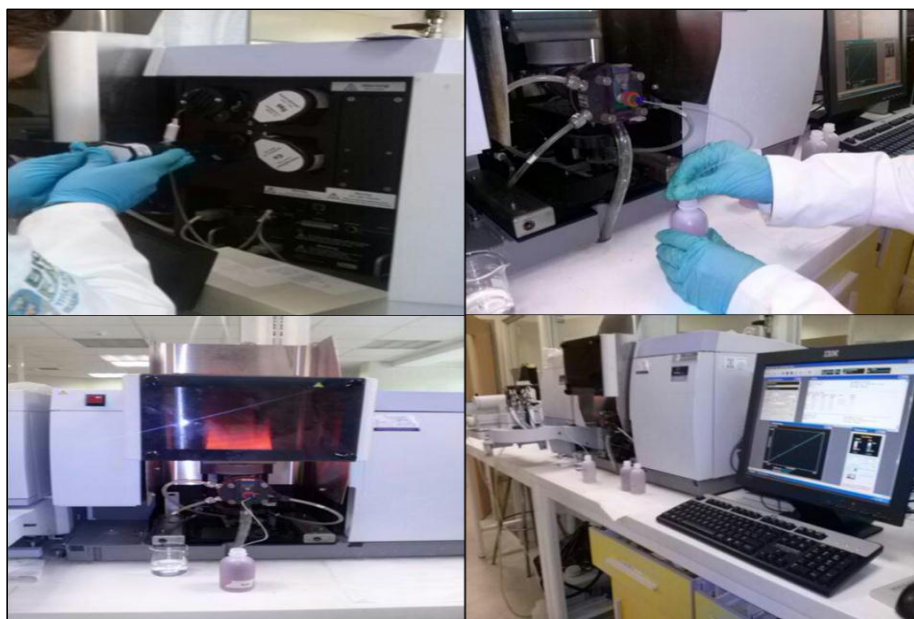


**Ilustración 15. Digestión de las muestras utilizando Ácido Fluorhídrico.**  
Fuente: Alvarado, 2015.



#### 4.3.5. Lectura de concentración de sodio.

La determinación de la concentración de sodio se realizó utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica AAnalyst 400 Perkin Elmer. La lámpara de sodio para la llama utiliza como gas de combustión una mezcla de aire-acetileno y para realizar la curva de calibración se utilizan estándares de 1 ppm, 1.5 ppm y 2.5 ppm (Ilustración 16).



**Ilustración 16. Lectura de la concentración de sodio por Espectroscopia de Absorción Atómica.**

Fuente: Alvarado, 2015.

#### 4.4. Análisis estadístico (Análisis exploratorio de datos)

Toda base de datos con resultados de análisis químicos es indispensable realizarles un estudio exploratorio mediante la aplicación de técnicas estadísticas: mínimo, máximo, media, mediana, varianza, desviación estándar y coeficiente de asimetría; utilizando el programa informático Excel; así se consigue un entendimiento básico de los datos, componentes válidos, y las posibles relaciones existentes entre las variables analizadas; en esta parte se realizó la operación clausura, con la finalidad de que los datos composicionales de las muestras sean positivos y que la suma total de éstos sea una constante. (Anexo 6).

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS E INTERPRETACIÓN**

## 5.1. Resultados de análisis por Fluorescencia de Rayos-X.

Utilizando el método de análisis por *Fluorescencia de Rayos-X*, se obtuvo la concentración en porcentaje de peso de 28 elementos como óxidos (Anexo 1: a y b), los mismos que se los clasificó para este trabajo como mayores ( $\geq 1.0\%$ ), menores (0.1 - 1%) y trazas ( $\leq 0.1\%$ ). De éstos se extrajo *13 elementos principales como óxidos: magnesio, aluminio, silicio, fosforo, azufre, potasio, calcio, titanio, manganeso, hierro, cobre, estaño y plomo*; al tener los 13 elementos y el resultado de óxido de sodio (que se explica en la sección 5.2.) para llegar al 100% se realizó la operación clausura para ser considerados como la composición principal total de la roca.

Para cada muestra de las diferentes zonas de estudio se efectuó cuatro medidas sucesivas que se promediaron con la finalidad de tener un error mínimo y lo más cercano al valor real en la concentración de cada elemento. Los resultados (promedio) obtenidos de las concentraciones de elementos de 45 muestras pertenecientes a la zona de La Herradura, se muestran en la Tabla 2. Los resultados originales de los elementos con los cuatro análisis realizados a cada muestra se encuentran en el Anexo 1: a.

**Tabla 2. Óxidos (%) por Fluorescencia de Rayos-X de la zona minera La Herradura.**

Muestra	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO	SnO <sub>2</sub>	PbO
E1 - M1	1.05	25.83	59.33	0.14	0.12	6.13	0.04	0.54	0.13	6.04	0.02	0.40	0.07
E1 - M2	0.00	21.00	55.60	0.32	5.32	4.99	0.09	0.47	0.28	7.19	0.03	0.29	0.26
E1 - M3	0.00	20.30	51.48	0.42	7.40	5.29	0.07	0.47	0.22	9.80	0.20	0.28	0.51
E2 - M1	0.30	20.33	60.03	0.18	0.80	5.14	0.14	0.30	0.19	11.65	0.05	0.30	0.16
E2 - M2	0.00	19.65	64.33	0.24	1.05	4.98	0.06	0.20	0.17	7.82	0.06	0.31	0.15
E3 - M1	2.06	22.75	59.83	0.29	2.10	6.68	0.15	0.30	0.15	4.48	0.02	0.39	0.57
E3 - M2	3.35	25.33	55.40	0.34	1.57	6.72	0.06	0.58	0.18	5.26	0.02	0.38	0.20
E4 - M1	2.47	18.55	57.75	0.30	0.66	4.55	0.08	0.27	0.14	5.74	0.01	0.29	0.33
E4 - M2	0.00	21.05	64.13	0.22	0.38	5.38	0.07	0.31	0.28	6.40	0.03	0.31	0.14
E5 - M1	0.85	22.30	66.50	0.06	0.01	4.92	0.05	0.80	0.05	0.97	0.00	0.33	0.07
E5 - M2	0.00	20.13	63.73	0.30	0.46	4.95	0.05	0.41	0.16	8.01	0.04	0.31	0.51
E6 - M1	0.82	26.05	57.58	0.19	0.28	6.76	0.04	0.30	0.13	6.93	0.01	0.43	0.09
E6 - M2	0.00	20.90	63.98	0.22	0.07	5.50	0.07	0.35	0.15	7.03	0.02	0.31	0.10
E7 - M1	2.14	26.40	60.48	0.21	0.87	5.97	0.25	0.54	0.19	2.25	0.01	0.34	0.07
E7 - M2	0.00	20.98	59.33	0.25	3.80	5.54	0.08	0.34	0.19	6.95	0.07	0.33	0.17
E8 - M1	0.55	23.23	59.83	0.42	2.88	7.14	0.36	0.51	0.14	3.74	0.04	0.40	0.04
E8 - M2	0.00	21.85	55.95	0.37	4.93	6.27	0.20	0.33	0.17	5.84	0.12	0.37	0.15
E8 - M3	1.84	16.20	38.18	0.60	13.35	6.59	0.26	0.41	0.32	13.80	0.63	0.31	1.45
E9 - M1	2.84	21.45	55.38	0.00	4.56	6.11	0.06	0.42	0.13	7.96	0.03	0.36	0.36
E9 - M2	0.00	14.25	37.48	0.79	17.08	4.05	0.04	0.35	0.21	19.88	0.17	0.23	0.29
E10 - M1	0.41	20.33	64.08	0.26	2.72	5.96	0.13	0.27	0.21	4.66	0.02	0.34	0.33
E10 - M2	0.00	21.10	56.88	0.41	3.64	7.20	0.18	0.47	0.20	6.30	0.04	0.39	0.44
E11 - M1	1.95	22.53	58.93	0.28	0.64	7.21	3.09	0.41	0.52	3.49	0.03	0.36	0.06

Muestra	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO	SnO <sub>2</sub>	PbO
E11 - M2	0.00	23.40	60.15	0.31	0.57	6.72	2.26	0.38	0.52	3.20	0.03	0.33	0.08
E12 - M1	2.89	23.00	62.23	0.21	0.15	6.25	0.10	0.34	0.32	3.85	0.02	0.36	0.06
E12 - M2	0.56	24.30	61.05	0.22	0.92	6.91	0.34	0.37	0.63	3.90	0.02	0.41	0.06
E13 - M1	1.03	23.85	63.75	0.14	0.13	6.02	0.08	0.35	0.17	3.92	0.01	0.33	0.06
E13 - M2	0.85	25.10	63.93	0.14	0.26	6.46	0.08	0.40	0.16	1.82	0.02	0.37	0.13
E14 - M1	1.56	25.80	63.00	0.19	0.11	6.17	0.06	0.34	0.07	2.08	0.01	0.36	0.08
E15 - M1	0.00	12.93	55.33	0.12	7.53	3.20	0.49	0.31	3.25	10.04	0.12	0.12	0.87
E15 - M2	1.72	24.30	58.85	0.29	1.33	6.32	0.09	0.54	0.45	5.20	0.01	0.37	0.23
E15 - M3	1.17	19.40	55.73	0.33	6.33	5.14	0.14	0.32	0.43	8.24	0.04	0.30	0.19
E16 - M1	0.95	22.98	59.95	0.31	1.79	6.19	0.30	0.51	1.24	4.60	0.02	0.32	0.31
E16 - M2	0.58	22.05	57.63	0.00	3.49	6.02	0.39	0.29	1.50	4.96	0.06	0.33	0.19
E17 - M1	0.82	24.00	59.13	0.30	2.95	5.93	0.08	0.32	0.18	5.03	0.06	0.33	0.17
E17 - M2	0.84	22.48	62.75	0.22	1.19	5.69	0.48	0.29	1.26	4.00	0.02	0.27	0.11
E18 - M1	0.20	23.18	61.95	0.21	0.12	6.08	0.07	0.27	0.16	6.87	0.02	0.38	0.20
E18 - M2	1.27	25.60	60.55	0.24	1.17	6.97	0.25	0.32	0.29	2.73	0.01	0.39	0.04
E18 - M3	1.09	22.88	61.70	0.24	0.34	5.92	0.07	0.31	0.20	6.42	0.02	0.36	0.17
E19 - M1	0.79	26.35	60.58	0.17	0.28	6.38	0.07	0.30	0.57	3.75	0.01	0.37	0.09
E19 - M2	1.12	22.50	53.45	0.20	3.50	4.75	0.20	0.37	1.36	9.21	0.06	0.28	1.05
E20 - M1	0.38	19.88	58.70	0.34	0.88	4.76	0.12	0.44	1.86	10.43	0.05	0.26	0.31
E20 - M2	0.09	17.25	55.55	0.25	5.24	4.08	0.44	0.41	2.26	9.88	0.09	0.21	0.76
E21 - M1	0.28	20.58	62.18	0.23	0.98	5.42	1.84	0.36	2.65	4.59	0.01	0.21	0.14
E21 - M2	0.55	27.88	57.30	0.27	1.22	7.33	0.38	0.58	0.85	2.77	0.01	0.36	0.08

Fuente: Alvarado, 2015.

Para la zona minera La Pangui, los resultados de las concentraciones promedios de elementos principales en 43 muestras se expresan en la Tabla 3. Los resultados originales con los cuatro análisis realizados a cada muestra se presentan en el Anexo 1: b.

**Tabla 3. Óxidos (%) por Fluorescencia de Rayos-X de la zona minera La Pangui.**

Muestra	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO	SnO <sub>2</sub>	PbO
EP1-M1	1.31	17.43	68.95	0.13	0.16	4.50	0.10	0.20	0.12	7.33	0.03	0.30	0.00
EP1-M2	0.64	19.00	67.70	0.12	2.51	5.14	0.04	0.28	0.09	3.98	0.04	0.32	0.05
EP1-M3	1.17	18.20	70.50	0.12	1.41	4.75	0.03	0.14	0.09	3.22	0.07	0.32	0.00
EP1-M4	1.27	19.55	70.35	0.12	0.14	5.13	0.04	0.16	0.08	3.58	0.01	0.31	0.01
EP1-M5	0.66	19.48	70.75	0.14	0.16	4.97	0.06	0.31	0.09	3.55	0.01	0.30	0.06
EP2-M1	0.68	20.40	68.23	0.15	1.41	5.31	0.08	0.38	0.11	2.43	0.01	0.30	0.32
EP2-M2	2.00	19.28	65.60	0.25	3.22	4.96	0.11	0.36	0.13	4.41	0.01	0.30	0.11
EP3-M1	0.53	18.50	69.20	0.13	0.18	7.14	0.08	0.24	0.09	3.65	0.01	0.42	0.06
EP3-M2	0.27	8.73	29.55	0.30	3.25	2.29	0.21	0.38	0.29	52.10	0.18	0.19	0.86
EP4-M1	4.83	24.50	45.98	0.21	5.85	6.47	0.09	0.74	0.15	9.36	0.05	0.39	0.09
EP4-M2	2.42	30.03	54.93	0.22	0.34	8.15	0.10	1.00	0.10	3.15	0.01	0.47	0.06
EP5-M1	0.61	18.55	65.78	0.20	3.19	4.91	0.14	0.22	0.19	5.07	0.01	0.32	0.39
EP5-M2	1.98	20.58	63.85	0.22	2.31	5.28	0.07	0.34	0.19	5.17	0.01	0.30	0.19
EP5-M3	1.35	19.93	69.80	0.19	1.05	5.05	0.17	0.18	0.24	2.15	0.00	0.28	0.08
EP5-M4	0.81	22.50	66.05	0.12	1.29	5.64	0.09	0.31	0.16	3.10	0.01	0.31	0.08



Muestra	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO	SnO <sub>2</sub>	PbO
EP6-M1	1.60	20.13	66.80	0.20	0.57	5.59	0.38	0.29	0.42	3.46	0.02	0.30	0.16
EP6-M2	1.67	19.30	60.23	0.33	3.13	5.43	1.89	0.25	1.74	5.07	0.04	0.21	0.16
EP6-M3	1.48	22.60	65.15	0.15	0.60	6.12	0.20	0.30	0.39	2.54	0.02	0.32	0.09
EP7-M1	0.82	20.73	66.28	0.20	1.70	5.63	0.22	0.29	0.17	3.22	0.01	0.37	0.10
EP7-M2	0.52	21.85	61.58	0.21	2.02	6.30	1.57	0.29	1.32	3.89	0.02	0.30	0.18
EP7-M3	2.81	20.73	64.55	0.15	0.34	5.18	0.08	0.36	0.18	4.84	0.02	0.33	0.18
EP7-M4	2.28	19.58	61.88	0.23	3.34	5.31	0.39	0.29	0.45	5.12	0.03	0.30	0.22
EP7-M5	1.64	21.38	63.53	0.19	2.04	5.69	0.41	0.33	0.30	4.10	0.02	0.33	0.20
EP8-M1	2.95	20.08	57.23	0.23	3.89	5.55	1.75	0.32	1.60	5.56	0.05	0.27	0.61
EP8-M2	1.43	22.45	56.50	0.17	1.95	6.10	3.45	0.36	1.56	4.73	0.03	0.32	0.27
EP9-M1	1.68	6.24	52.75	0.12	7.78	1.83	0.11	0.17	0.20	10.17	0.04	0.37	18.75
EP9-M2	1.52	6.18	53.48	0.62	11.00	1.48	0.11	0.17	0.26	18.65	0.07	0.19	5.76
EP9-M3	2.64	5.08	51.10	0.15	13.70	1.21	0.13	0.19	0.41	20.50	0.11	0.12	3.96
EP9-M4	6.07	7.16	38.65	0.77	19.80	1.57	0.08	0.19	0.20	22.63	0.14	0.13	1.67
EP9-M5	8.68	5.45	25.48	1.10	23.85	1.04	0.09	0.19	0.20	26.55	0.09	0.26	9.44
EP10-M1	1.04	20.60	68.88	0.16	0.48	5.36	0.08	0.31	0.11	3.33	0.00	0.35	0.08
EP10-M2	2.14	20.13	65.15	0.11	1.91	5.22	0.07	0.35	0.13	3.44	0.03	0.33	0.60
EP10-M3	0.92	19.08	69.65	0.11	1.21	4.81	0.08	0.32	0.38	3.55	0.01	0.27	0.10
EP11-M1	1.32	18.08	71.88	0.19	0.00	4.45	0.16	0.41	0.11	2.85	0.01	0.31	0.07
EP11-M2	0.80	18.90	67.58	0.19	1.42	4.73	0.09	0.37	0.28	4.89	0.01	0.31	0.06
EP11-M3	2.54	20.03	67.38	0.19	0.06	4.55	0.07	0.35	0.10	4.12	0.00	0.29	0.13
EP12-M1	1.57	24.33	63.45	0.25	0.03	6.18	0.06	0.32	0.14	3.19	0.01	0.41	0.08
EP12-M2	1.12	19.28	65.23	0.25	0.16	4.97	0.06	0.35	0.17	7.72	0.02	0.33	0.18
EP13-M1	3.80	22.10	53.40	0.40	0.20	4.92	0.06	0.67	1.14	12.35	0.06	0.34	0.05
EP13-M2	1.89	17.85	61.15	0.14	0.42	4.08	0.05	0.41	0.29	12.83	0.06	0.26	0.09
EP13-M3	2.35	20.58	56.90	0.30	0.24	4.72	0.06	0.60	0.92	12.34	0.06	0.28	0.06
EP14-M1	2.35	17.18	60.46	0.22	0.41	4.06	0.04	0.41	0.29	12.53	0.06	0.30	0.09
EP14-M2	1.83	17.07	61.28	0.20	0.41	3.96	0.04	0.40	0.29	12.42	0.06	0.28	0.08

Fuente: Alvarado, 2015.

## 5.2. Resultados de Espectroscopia de Absorción Atómica.

Para el análisis químico de Na, se utilizó la técnica del *ácido salicílico* y la del *ácido fluorhídrico*, que se lo determinó por el método de *Espectroscopía de Absorción Atómica*. Sin duda la técnica con ácido salicílico precisó menos tiempo, esfuerzo y un costo relativamente bajo, estos valores conjugados con los de la técnica del ácido fluorhídrico precisaron resultados de Na aceptables para este propósito. Se muestra el cálculo de Na<sub>2</sub>O en el Anexo 2 y los resultados obtenidos de la técnica de ácido salicílico de las zonas La Pangui y La Herradura respectivamente en el Anexo 3: a y b.

La técnica con ácido fluorhídrico se aplicó a la muestra E16-M1 de la zona La Herradura y a la muestra EP13-M3 de la zona La Pangui, con los resultados obtenidos se calculó un factor

de corrección para cada zona (Anexo 4). Con estos datos se corrigieron los resultados de la técnica ácido salicílico por valores de concentración de sodio con mayor validez (Tabla 4).

**Tabla 4. Resultados y factor de corrección (La Pangui, La Herradura).**

Técnica con Ácido Fluorhídrico			
Muestra	Na ppm	Na mg/g	Factor de corrección
E16-M1 (LH)	9.07	2.27	47.69
EP13-M3 (LP)	8.939	2.23	50.41

Fuente: Alvarado, 2015.

Se muestran en la Tabla 5 los resultados corregidos de sodio (ppm) y su conversión a Na<sub>2</sub>O (%), cuyos valores son incorporados a la base de datos de las muestras de cada zona de estudio, para obtener al final el 100% en peso de concentración total de la roca y/o muestra.

**Tabla 5. Resultados de concentración de sodio corregido, para La Pangui y La Herradura.**

Concentración de Sodio corregido							
"La Pangui"				La Herradura			
Muestra	Na ppm corregido	% Na corregido	% Na <sub>2</sub> O corregido	Muestra	Na ppm corregido	% Na corregido	% Na <sub>2</sub> O corregido
EP1-M1	88.16	0.59	1.58	E1 - M1	117.52	0.78	2.11
EP1-M2	100.31	0.67	1.80	E1 - M2	77.12	0.51	1.39
EP1-M3	84.89	0.57	1.53	E1 - M3	91.19	0.61	1.64
EP1-M4	79.04	0.53	1.42	E2 - M1	93.14	0.62	1.67
EP1-M5	84.84	0.57	1.52	E2 - M2	64.67	0.43	1.16
EP2-M1	101.22	0.67	1.82	E3 - M1	72.49	0.48	1.30
EP2-M2	80.35	0.54	1.44	E3 - M2	81.36	0.54	1.46
EP3-M1	77.22	0.51	1.39	E4 - M1	61.24	0.41	1.10
EP3-M2	79.24	0.53	1.42	E4 - M2	61.71	0.41	1.11
EP4-M1	44.66	0.30	0.80	E5 - M1	72.97	0.49	1.31
EP4-M2	70.57	0.47	1.27	E5 - M2	81.94	0.55	1.47
EP5-M1	67.60	0.45	1.21	E6 - M1	82.03	0.55	1.47
EP5-M2	62.15	0.41	1.12	E6 - M2	66.25	0.44	1.19
EP5-M3	82.97	0.55	1.49	E7 - M1	113.13	0.75	2.03
EP5-M4	64.47	0.43	1.16	E7 - M2	102.68	0.68	1.85
EP6-M1	95.12	0.63	1.71	E8 - M1	117.52	0.78	2.11
EP6-M2	74.15	0.49	1.33	E8 - M2	96.67	0.64	1.74
EP6-M3	76.37	0.51	1.37	E8 - M3	63.15	0.42	1.13
EP7-M1	79.29	0.53	1.42	E9 - M1	55.42	0.37	1.00
EP7-M2	70.42	0.47	1.27	E9 - M2	85.08	0.57	1.53
EP7-M3	90.58	0.60	1.63	E10 - M1	114.61	0.76	2.06
EP7-M4	61.14	0.41	1.10	E10 - M2	66.53	0.44	1.20
EP7-M5	71.53	0.48	1.29	E11 - M1	82.99	0.55	1.49

Concentración de Sodio corregido							
"La Panguí"				La Herradura			
Muestra	Na ppm corregido	% Na corregido	% Na <sub>2</sub> O corregido	Muestra	Na ppm corregido	% Na corregido	% Na <sub>2</sub> O corregido
EP8-M1	65.53	0.44	1.18	E11 - M2	107.45	0.72	1.93
EP8-M2	91.74	0.61	1.65	E12 - M1	75.16	0.50	1.35
EP9-M1	80.55	0.54	1.45	E12 - M2	115.61	0.77	2.08
EP9-M2	68.40	0.46	1.23	E13 - M1	82.32	0.55	1.48
EP9-M3	75.01	0.50	1.35	E13 - M2	133.06	0.89	2.39
EP9-M4	78.84	0.53	1.42	E14 - M1	37.73	0.25	0.68
EP9-M5	77.88	0.52	1.40	E15 - M1	40.63	0.27	0.73
EP10-M1	80.85	0.54	1.45	E15 - M2	80.08	0.53	1.44
EP10-M2	79.19	0.53	1.42	E15 - M3	52.70	0.35	0.95
EP10-M3	54.74	0.36	0.98	E16 - M1	34.01	0.23	0.61
EP11-M1	104.55	0.70	1.88	E16 - M2	76.79	0.51	1.38
EP11-M2	82.62	0.55	1.48	E17 - M1	45.98	0.31	0.83
EP11-M3	90.33	0.60	1.62	E17 - M2	79.74	0.53	1.43
EP12-M1	76.32	0.51	1.37	E18 - M1	60.28	0.40	1.08
EP12-M2	88.77	0.59	1.60	E18 - M2	72.35	0.48	1.30
EP13-M1	101.77	0.68	1.83	E18 - M3	98.82	0.66	1.78
EP13-M2	88.57	0.59	1.59	E19 - M1	82.37	0.55	1.48
EP13-M3	33.52	0.22	0.60	E19 - M2	81.65	0.54	1.47
EP14-M1	93.15	0.62	1.67	E20 - M1	128.34	0.86	2.31
EP14-M2	95.52	0.64	1.72	E20 - M2	96.91	0.65	1.74
				E21 - M1	109.31	0.73	1.96
				E21 - M2	59.19	0.39	1.06

Fuente: Alvarado, 2015.

### 5.3. Resultados de análisis estadístico.

El análisis estadístico permitió una fácil interpretación de la extensa información, del comportamiento global, examinar la distribución de las variables estudiadas, detectar los valores extremos así como realizar un análisis descriptivo y gráfico de la relación entre las variables. El análisis de distribución se lo realizó mediante una serie de barras (histogramas) que agrupan los valores analizados en clases e intervalos.

#### 5.3.1. Estadística descriptiva de la zona La Panguí.

Para un fácil entendimiento del análisis estadístico de todas las variables, en la siguiente tabla se realizó una descripción con los parámetros analizados de cada una de las muestras de la zona.

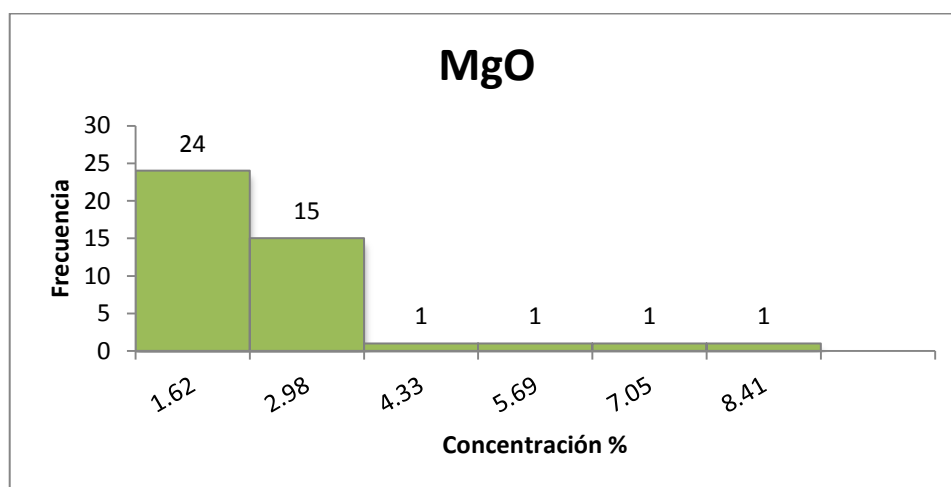
Los resultados de la Tabla 6, indican los valores de la varianza son muy dispersos en la mayoría de los elementos; es decir, los resultados de los análisis de las diferentes muestras no fluctúan cercanos a la media de cada muestra, puede ser debido a la heterogeneidad de las composiciones mineralógicas de cada muestra y podría ser por la poca cantidad de muestras analizadas, en este caso 43 muestras. Por ejemplo el  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , tiene como valor mínimo 5.05% y máximo 29.37%, la media es de 18.15%, al observar la Figura 2, la mayoría de las muestras tienen una concentración de alrededor de 21% por lo que su desviación estándar es de 5.29%, con lo cual indica la gran dispersión de este elemento.

**Tabla 6. Análisis estadístico de la concentración en óxidos (%) de la zona de La Pangui.**

Resumen estadístico La Pangui (%)														
Valores estad.	MgO	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	S	$\text{K}_2\text{O}$	CaO	$\text{TiO}_2$	MnO	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	CuO	$\text{SnO}_2$	PbO	$\text{Na}_2\text{O}$
Muestras	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
Mínimo	0.27	5.05	24.54	0.11	0.00	1.00	0.03	0.14	0.08	2.11	0.00	0.12	0.00	0.59
Máximo	8.36	29.37	70.68	1.06	22.98	7.97	3.42	0.98	1.73	52.09	0.18	0.46	18.44	1.85
Media	1.88	18.15	60.25	0.23	2.96	4.72	0.30	0.33	0.37	8.03	0.04	0.30	1.05	1.40
Mediana	1.55	19.15	63.67	0.19	1.38	4.95	0.08	0.31	0.20	4.68	0.02	0.30	0.10	1.41
Varianza	2.30	27.98	101.65	0.03	24.86	2.27	0.41	0.03	0.19	80.28	0.00	0.00	10.21	0.07
Desv. Estándar	1.52	5.29	10.08	0.18	4.99	1.51	0.64	0.16	0.43	8.96	0.04	0.06	3.20	0.26
Coef. Asimetría	2.37	-1.22	-1.87	3.06	2.66	-0.92	3.34	2.02	2.03	3.07	1.86	-0.43	4.19	-0.75

Fuente: Alvarado, 2015.

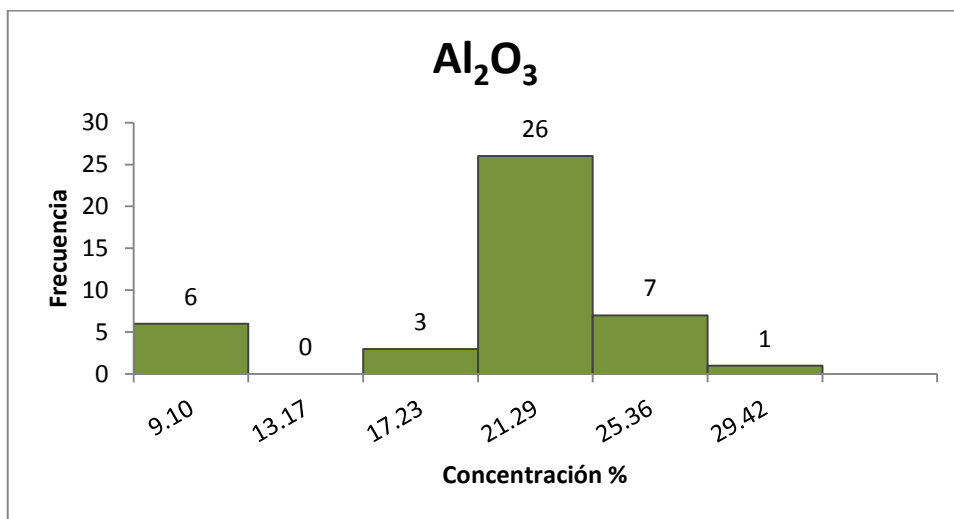
A continuación se muestran los histogramas de las variables analizadas, que nos indican las cantidades de muestras que están alrededor de los porcentajes de concentración.



**Figura 1. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable MgO.**

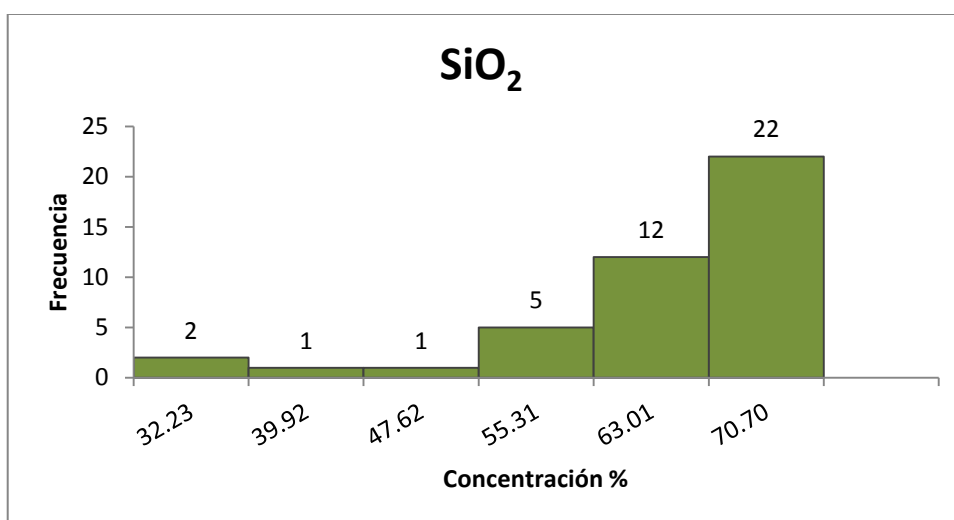
Fuente: Alvarado, 2015.

La distribución de concentración de MgO es asimétrica positiva, la mayor cantidad de muestras están en las concentraciones bajas, que coinciden con los resultados de la estadística descriptiva, la mayoría de los datos están por debajo del valor de la media aritmética (1.88%), la desviación estándar es 1.52% que indica valores muy dispersos a partir de la media; y, el coeficiente de asimetría es 2.37%, que en la figura, muestra la cola de distribución se alarga en el lado de los valores altos de la variable de concentración.



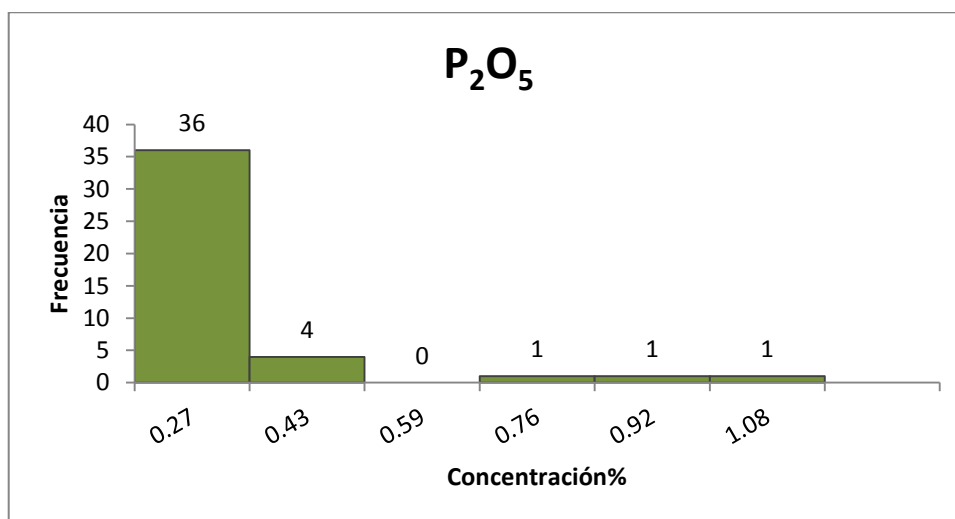
**Figura 2. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable  $Al_2O_3$ .**  
Fuente: Alvarado, 2015.

La distribución de concentración de  $Al_2O_3$  tiene una ligera asimetría negativa, con mayor cantidad de datos sobre la media aritmética (18.15%), la desviación estándar es grande, lo que indica una dispersión alta (5.29%) y el coeficiente de asimetría es -1.22%, evidenciando en la figura porque la cola de distribución se alarga en el lado de los valores bajos de la variable de concentración.



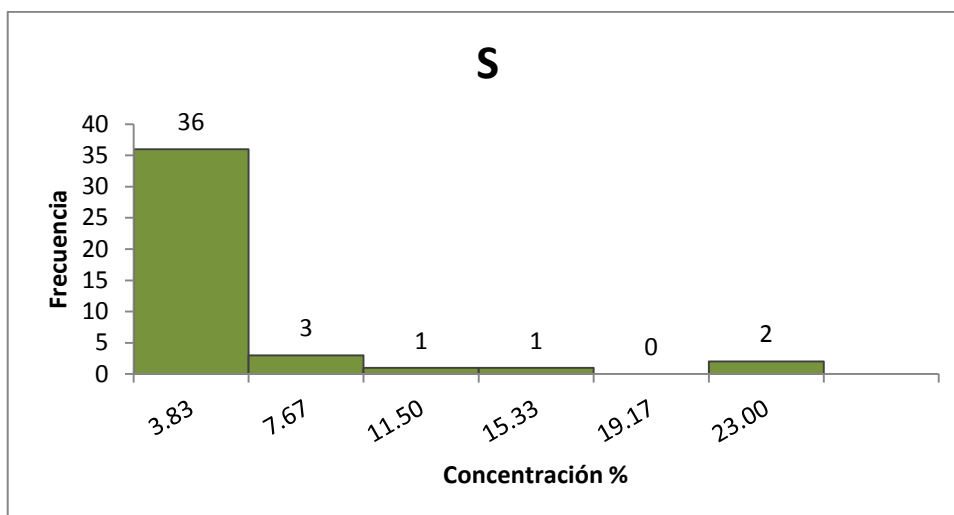
**Figura 3. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable  $SiO_2$ .**  
Fuente: Alvarado, 2015.

La distribución de la concentración de SiO<sub>2</sub> es asimétrica negativa, con la mayoría de datos en las concentraciones altas, que están sobre la media aritmética (60.25%), la desviación estándar es muy dispersa (10.08%), el coeficiente de asimetría de -1.87%, en la figura la cola de distribución se alarga en el lado de los valores bajos de la variable de concentración.



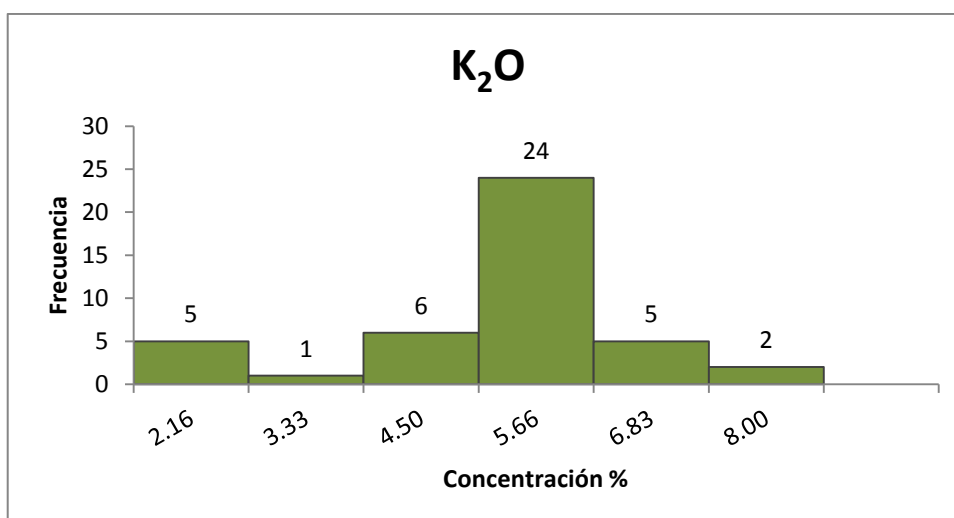
**Figura 4. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

En esta gráfica se muestra que la concentración de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tienen una distribución asimétrica positiva, con mayor cantidad de datos en las concentraciones bajas, esto se debe a que la mayoría de los datos se encuentran concentrados por debajo del valor de la media aritmética (0.23%), la desviación estándar (0.18%), esta baja dispersión puede ser por la poca cantidad de concentración de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en las muestras, tal como indica la estadística descriptiva como valor mínimo de 0.11% y máximo 1.06%, el coeficiente de asimetría es 3.06%. Esto se evidencia en la figura porque la cola de distribución se alarga en el lado de los valores altos de la variable de concentración.



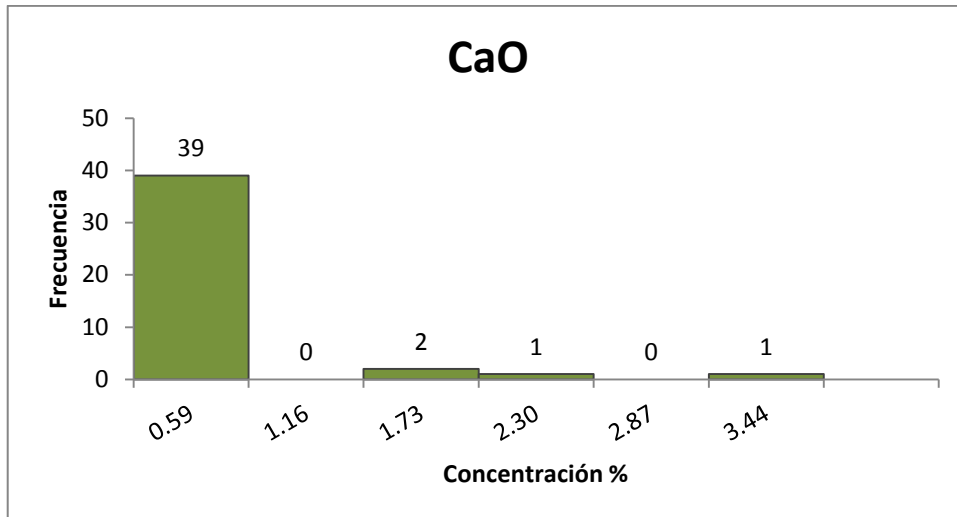
**Figura 5. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable S.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

La concentración de S tiene una distribución asimétrica positiva, con la mayor cantidad de datos en las concentraciones bajas del elemento analizado, la mayoría de los valores se encuentran por debajo del valor de la media aritmética (2.96%), la desviación estándar (4.99%) indica una alta dispersión porque el valor máximo de S es de 22.98% que está muy alejado de la media y el coeficiente de asimetría es 2.66. Evidenciándose en la figura una cola de distribución alargada en el lado de los valores altos de la variable concentración.



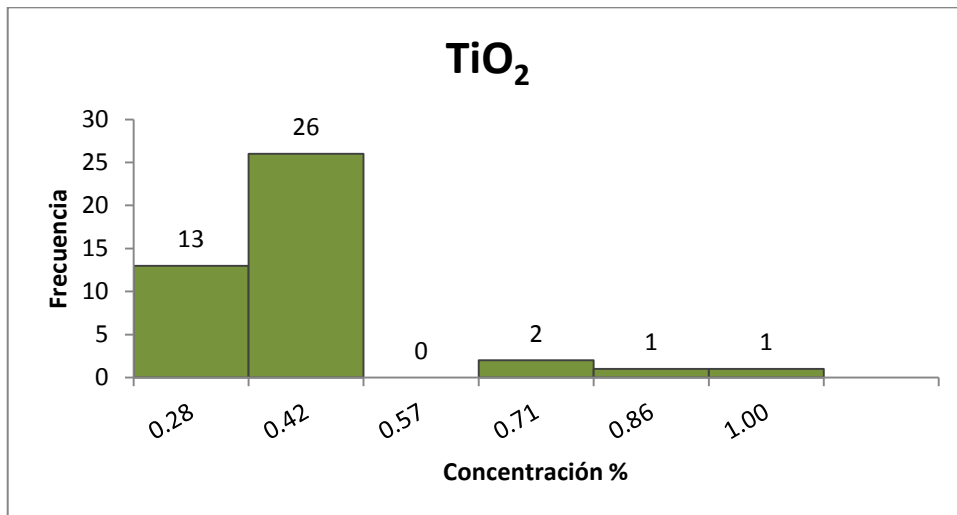
**Figura 6. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable K<sub>2</sub>O**  
Fuente: Alvarado, 2015.

En esta figura la concentración de K<sub>2</sub>O tiene una distribución ligeramente asimétrica negativa (-0.92), con mayor cantidad de datos aglomerados sobre la media aritmética (4.72%), la desviación estándar es pequeña (1.51%).



**Figura 7. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable CaO.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

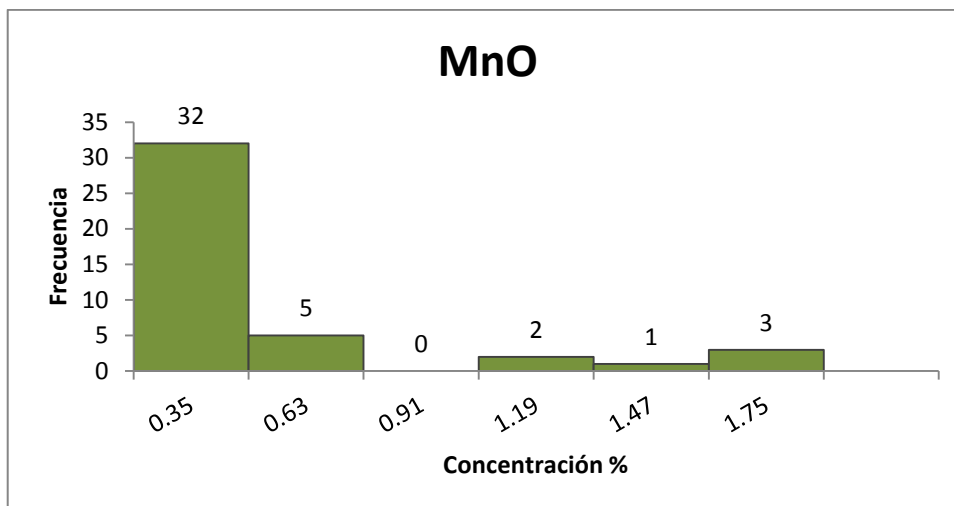
La distribución es asimétrica positiva en la concentración de CaO se observa que la mayor cantidad de datos están alrededor de la media aritmética (0.30%), la desviación estándar (0.64%), el coeficiente de asimetría es 3.34, evidenciando en la figura la cola de distribución se alarga en el lado de los valores altos de la variable de concentración, aunque se tenga un solo dato como valor máximo.



**Figura 8. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable TiO<sub>2</sub>.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

La concentración de TiO<sub>2</sub> tiene una distribución asimétrica positiva, con la mayor cantidad de datos que se encuentran próximos al valor de la media aritmética (0.33%), la desviación estándar (0.16%), el coeficiente de asimetría es 2.02%. Esto evidencia en la figura porque la cola de distribución se alarga en el lado de los valores altos de la variable de concentración.

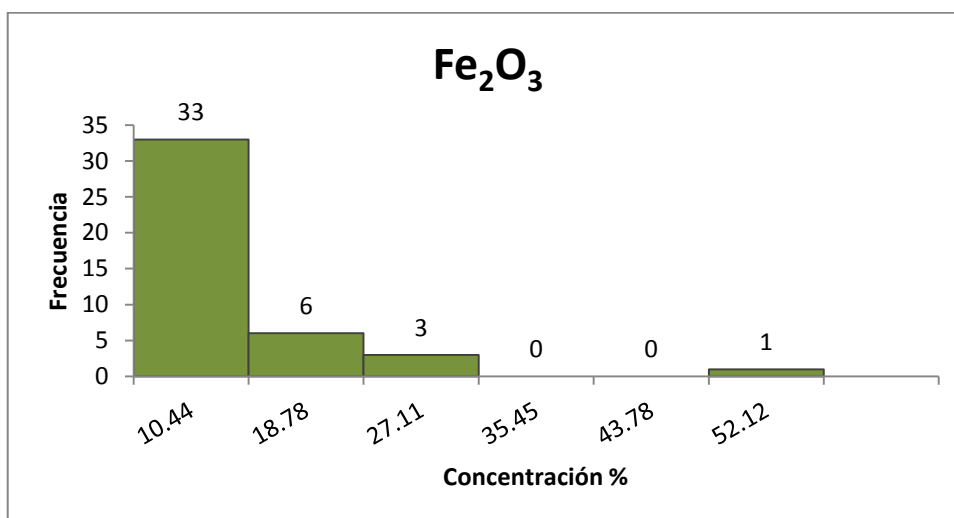




**Figura 9. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable MnO.**

Fuente: Alvarado, 2015.

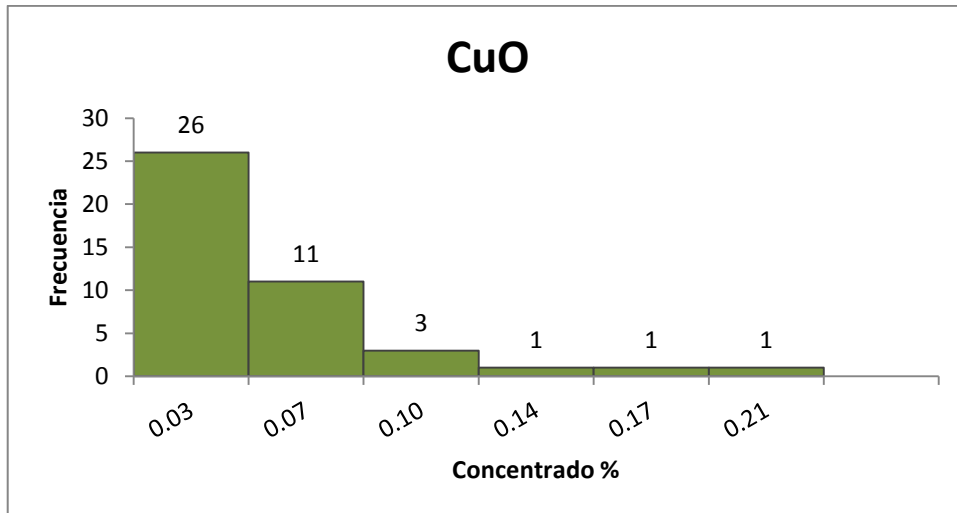
La concentración de MnO tiene una distribución asimétrica positiva, con la mayor cantidad de datos por debajo del valor de la media aritmética (0.37%), la desviación estándar (0.43%), el coeficiente de asimetría es 2.03%. Esto en la figura la cola de distribución se alarga en el lado de los valores altos de la variable de concentración.



**Figura 10. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.**

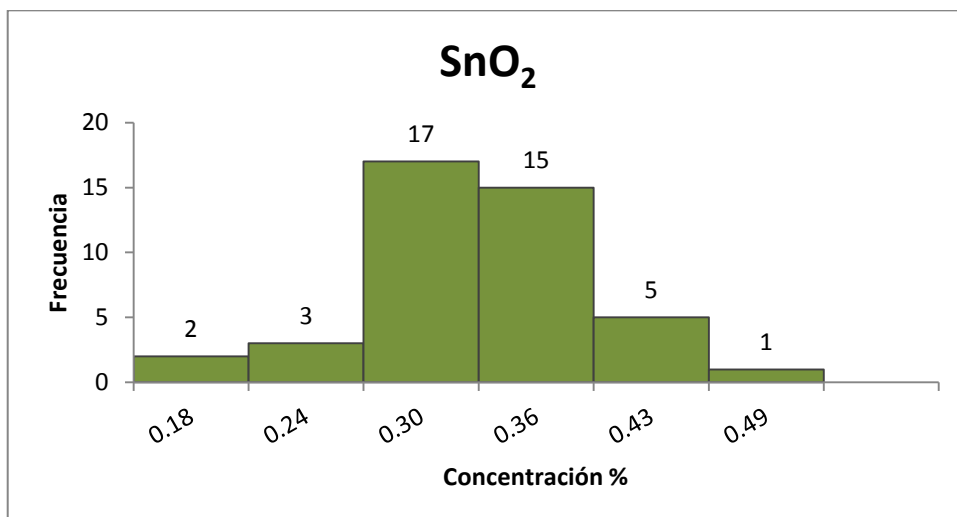
Fuente: Alvarado, 2015.

La concentración de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> se observa que la distribución es asimétrica positiva la cola de distribución se alarga en el lado de los valores altos de la variable de concentración, con mayor cantidad de datos en los valores bajos, la mayoría de los datos se encuentran concentrados en torno al valor de la media aritmética (8.03%), la desviación estándar (8.96) muy disperso por los valores alejados de la media hacia los valores máximos del elemento en estudio, el coeficiente de asimetría es 3.07.



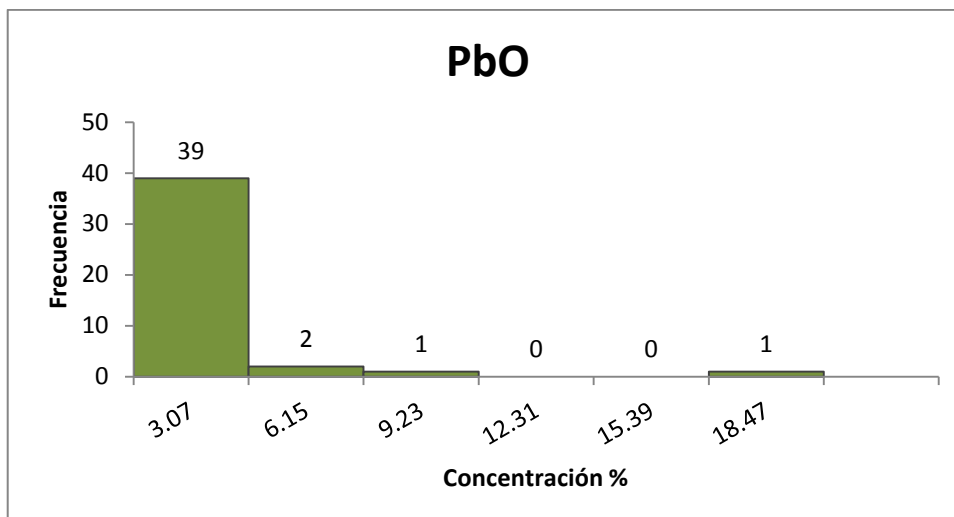
**Figura 11. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable CuO.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

La concentración de CuO denota que la distribución es asimétrica positiva, entre 11 a 26 datos se encuentran distribuidos por debajo del valor de la media aritmética (0.04%), la desviación estándar (0.04%) que indica una dispersión baja, confirmando la distribución de sus datos como se indicó, el coeficiente de asimetría es 1.86%. La cola de distribución en la figura se alarga en el lado de los valores altos de la variable de concentración.



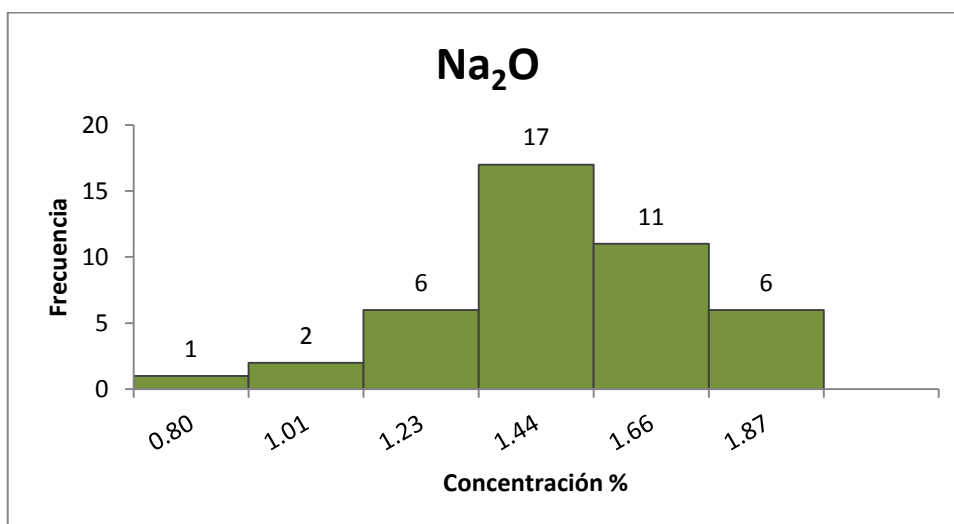
**Figura 12. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable SnO<sub>2</sub>.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

La concentración de SnO<sub>2</sub> tiene levemente una distribución asimetría negativa (-0.43%), con datos aglomerados cerca del valor de la media aritmética (0.30%), la desviación estándar (0.06%), no hay mucha variación, es decir, los valores no son muy dispersos ya que sus concentraciones están entre valores de 0.02% a 0.46%.



**Figura 13. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable PbO.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

En esta gráfica de concentración de PbO se observa que la distribución es asimétrica positiva (4.19%), la cola de distribución se alarga en el lado de los valores altos de la variable de concentración. Los valores están de entre 0.00% a 18.44%, la mayoría de los datos se encuentran en torno a la media aritmética (1.05%), la desviación estándar (3.20%), esta alta dispersión se debe a que se tiene un valor alto que se lo podría denominar un valor aberrante u outlier, pero no se lo puede eliminar estadísticamente porque es parte de la concentración de la zona de estudio.



**Figura 14. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable Na<sub>2</sub>O.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

En la figura de concentración de Na<sub>2</sub>O se observa que la distribución tiene una leve asimetría negativa (-0.75%), la cola de distribución se alarga en el lado de los valores bajos de la variable de concentración, la mayor cantidad de datos se encuentran aglomerados

sobre el valor de la media aritmética (1.40%), la desviación estándar (0.26) indica que tiene una dispersión de sus valores.

### 5.3.2. Estadística descriptiva de la zona La Herradura.

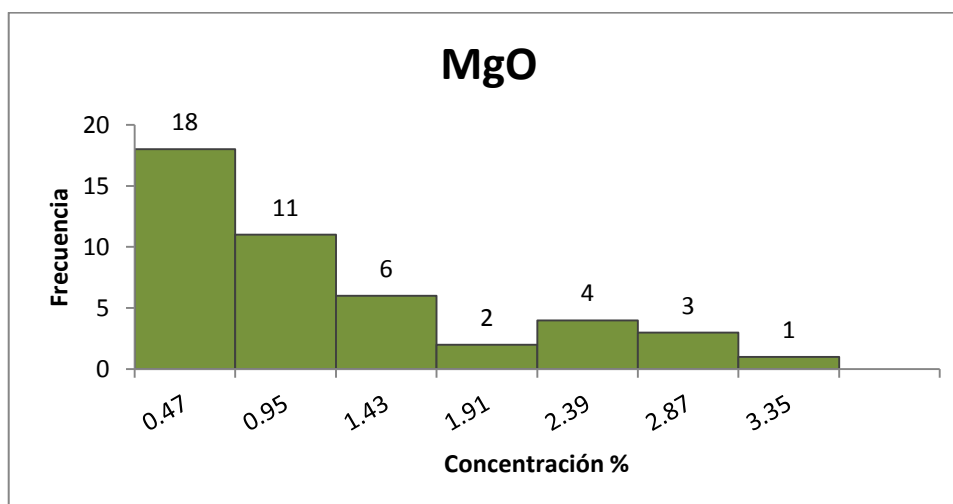
Para un fácil entendimiento del análisis estadístico de todas las variables, en la siguiente tabla se realizó una descripción con los parámetros analizados de cada una de las muestras de la zona.

**Tabla 7. Análisis estadístico de la concentración en óxidos de la zona de La Herradura.**

Resumen estadístico La Herradura (%)														
Valores estad.	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO	SnO <sub>2</sub>	PbO	Na <sub>2</sub> O
<b>Muestras</b>	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
<b>Mínimo</b>	0.00	13.60	38.91	0.00	0.01	3.36	0.03	0.19	0.05	0.99	0.00	0.13	0.04	0.61
<b>Máximo</b>	3.32	27.70	67.70	0.81	17.73	7.32	3.06	0.81	3.42	20.63	0.66	0.42	1.52	2.34
<b>Media</b>	0.87	22.05	58.75	0.26	2.61	5.84	0.31	0.39	0.56	6.26	0.05	0.33	0.27	1.47
<b>Mediana</b>	0.78	22.31	59.30	0.24	1.16	5.94	0.10	0.36	0.21	5.92	0.02	0.33	0.17	1.45
<b>Varianza</b>	0.81	8.15	26.69	0.02	12.96	0.78	0.35	0.01	0.55	12.91	0.01	0.00	0.09	0.18
<b>Desv. Estándar</b>	0.90	2.85	5.17	0.14	3.60	0.88	0.59	0.11	0.74	3.59	0.10	0.06	0.30	0.42
<b>Coef. Asimetría</b>	1.01	-0.70	-2.10	1.46	2.43	-0.47	3.39	1.36	2.21	1.61	4.80	-1.21	2.35	0.10

Fuente: Alvarado, 2015.

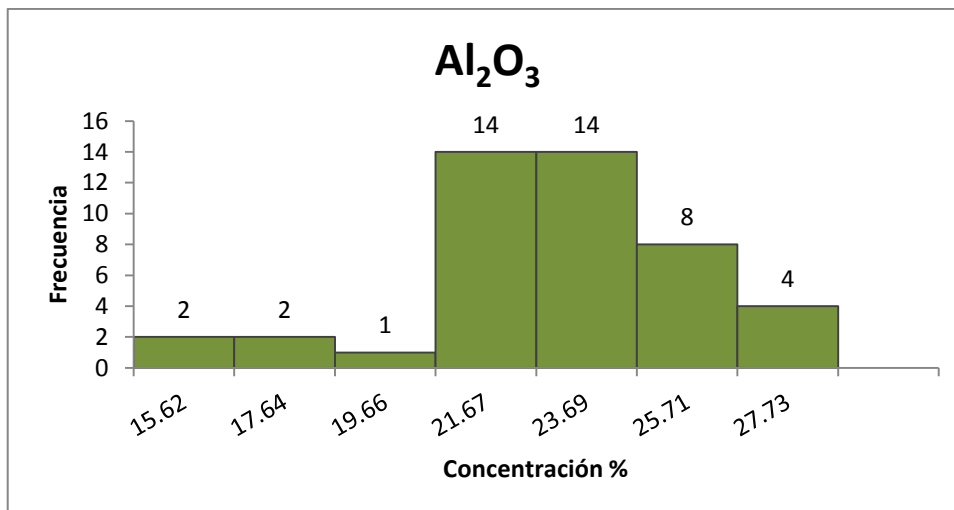
Los histogramas indican la frecuencia de la distribución de las variables de concentración que fueron analizados tomando en cuenta los factores porcentaje como peso para las concentraciones de los elementos de las 43 muestras, los resultados se indican a continuación:



**Figura 15. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable MgO.**

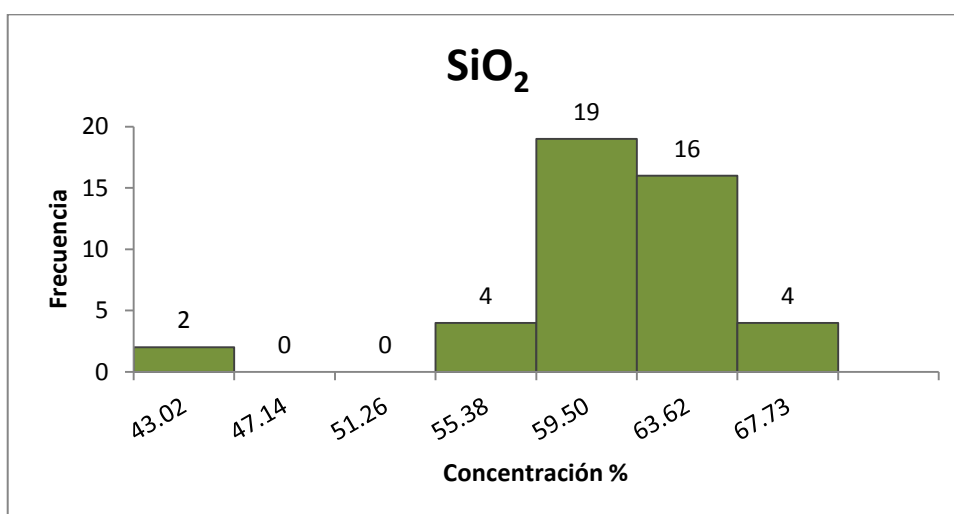
Fuente: Alvarado, 2015.

En la concentración de MgO se observa que la distribución tiene asimetría positiva (1.01%), la cola de distribución se alarga en el lado de los valores altos de la variable de concentración, con mayor cantidad de datos que se distribuyen en concentraciones bajas del elemento, estos se encuentran aglomerados en torno a la media aritmética (0.87%), la desviación estándar (0.90%).



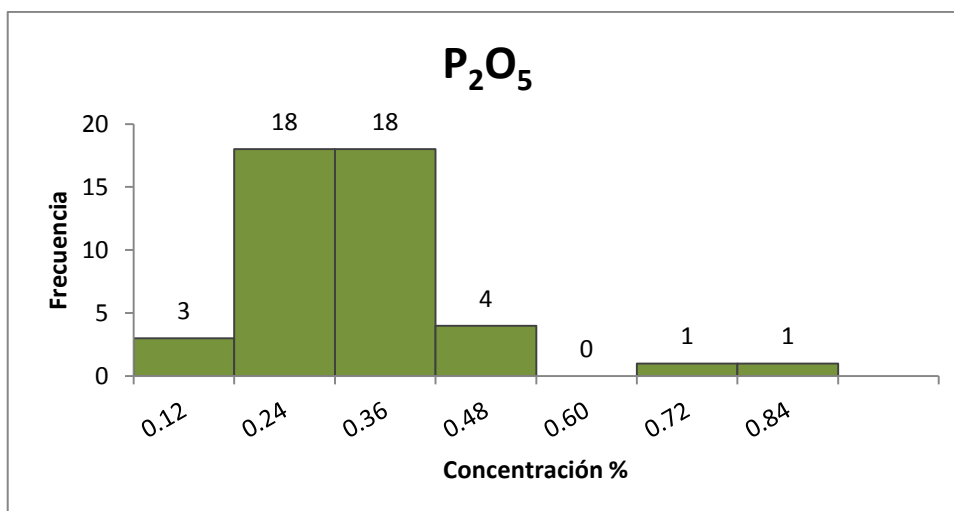
**Figura 16. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable  $Al_2O_3$ .**  
Fuente: Alvarado, 2015.

En la concentración de  $Al_2O_3$  se observa que la distribución es asimétrica negativa (-0.70%), la cola de distribución se alarga en el lado de los valores bajos de la variable de concentración, con mayor cantidad de datos sobre los valores de 21%, dando la media aritmética (22.05%), la desviación estándar es grande (2.85%), una dispersión que demuestra que los datos están concentrados en los valores mayores.



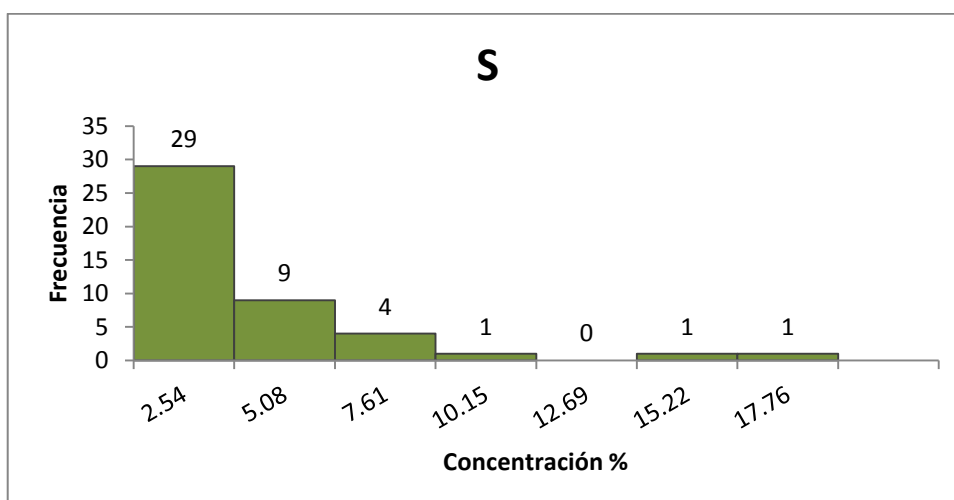
**Figura 17. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable  $SiO_2$ .**  
Fuente: Alvarado, 2015.

La concentración de SiO<sub>2</sub> tiene una distribución asimétrica negativa (-2.10%), la cola de distribución se alarga en el lado de los valores bajos de la variable de concentración, se observa mayor concentración de datos en valores altos que se encuentran aglomerados en los valores mayores que la media aritmética de (58.75%), la desviación estándar demuestra una gran dispersión (5.17%).



**Figura 18. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

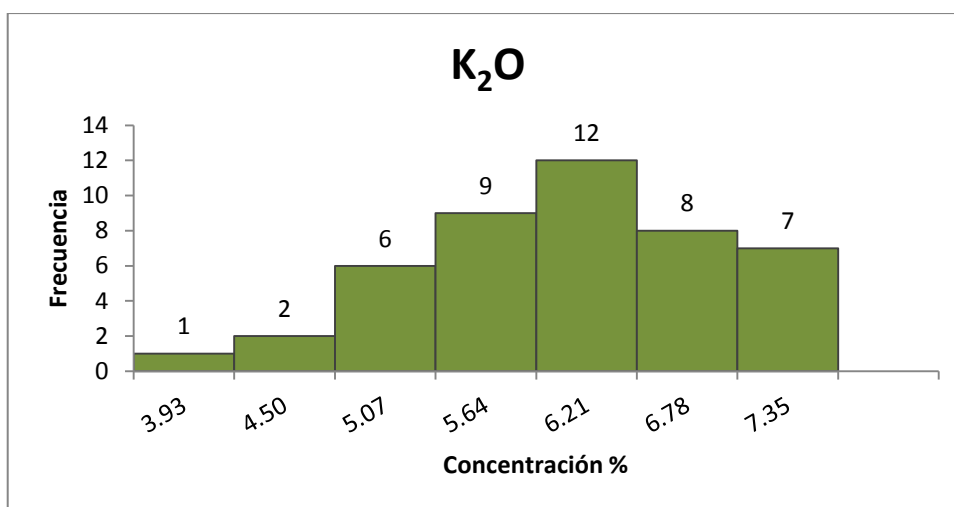
La concentración de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tiene una distribución asimétrica positiva, (1.46%), la cola de distribución se alarga en el lado de los valores altos de la variable de concentración, los valores se encuentran aglomerados en torno al valor de la media aritmética (0.26%), la desviación estándar (0.14%).



**Figura 19. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable S.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

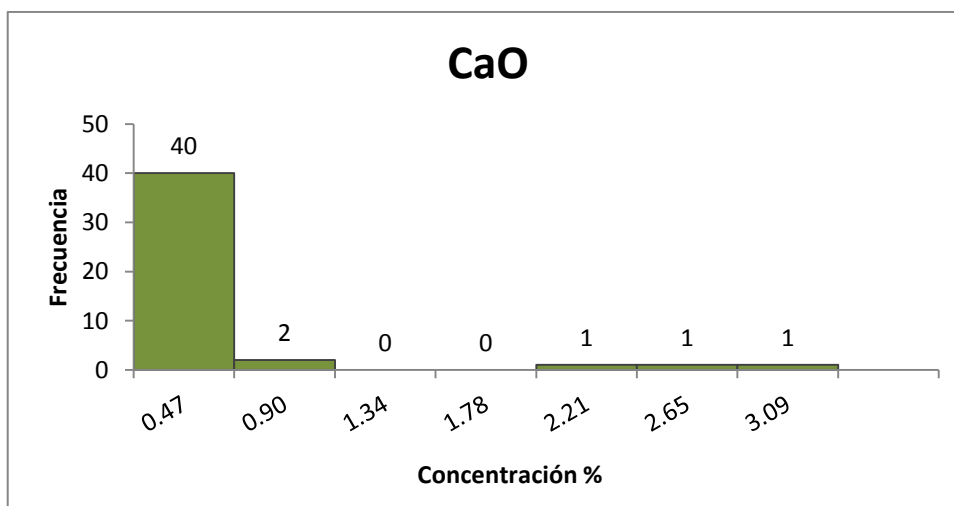
La concentración de S tiene una distribución con asimetría positiva (2.43%), la cola de distribución se alarga en el lado de los valores altos de la variable de concentración, con

mayor concentración de datos en valores menores en torno al valor de la media aritmética (2.61%), la desviación estándar es (3.60%).



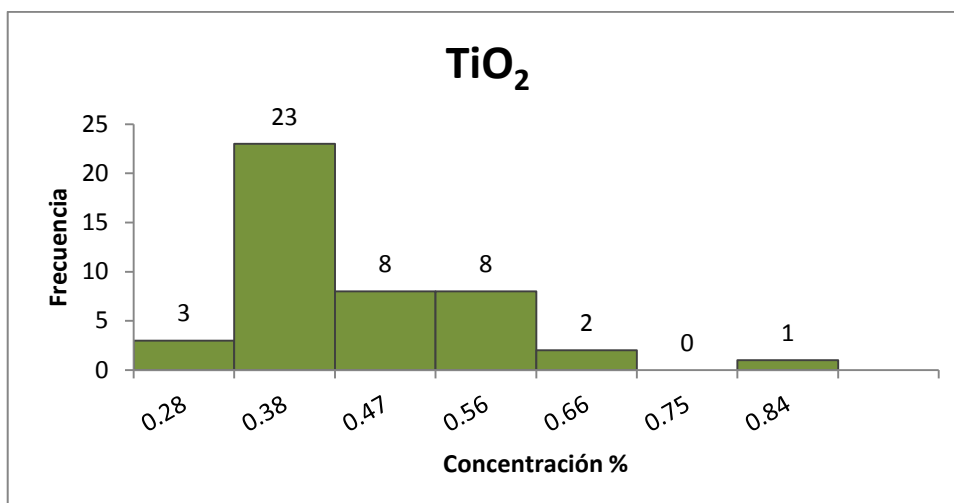
**Figura 20. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable K<sub>2</sub>O.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

En la concentración de K<sub>2</sub>O se observa que la distribución es asimétrica negativa (-0.47%), porque la cola de distribución se alarga en el lado de los valores bajos de la variable de concentración, con mayor concentración de datos en los valores mayores que la media aritmética (5.84%), la desviación estándar es baja (0.88%).



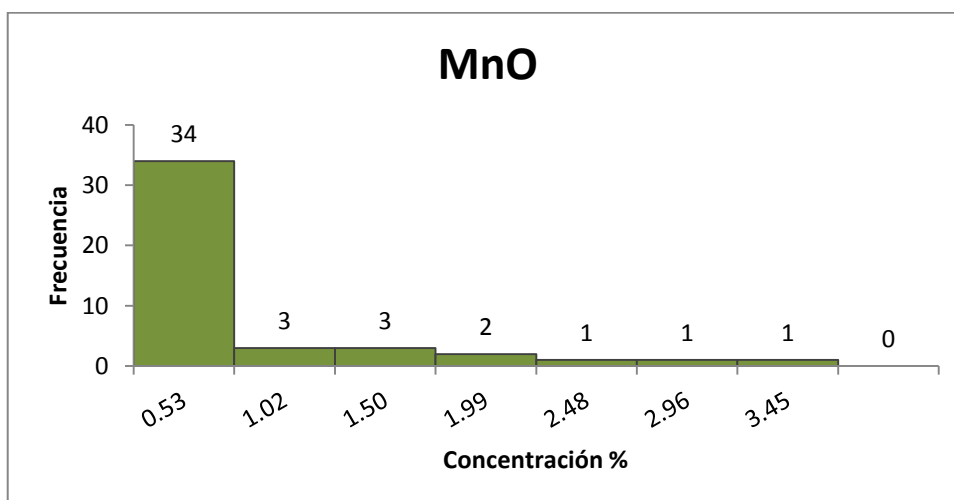
**Figura 21. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable CaO.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

La concentración de CaO tiene una distribución asimétrica positiva (3.39%), la cola de distribución se alarga en el lado de los valores altos de la variable de concentración, con mayor concentración de datos en valores bajos en torno al de la media aritmética (0.31%), la desviación estándar (0.59%).



**Figura 22. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable TiO<sub>2</sub>.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

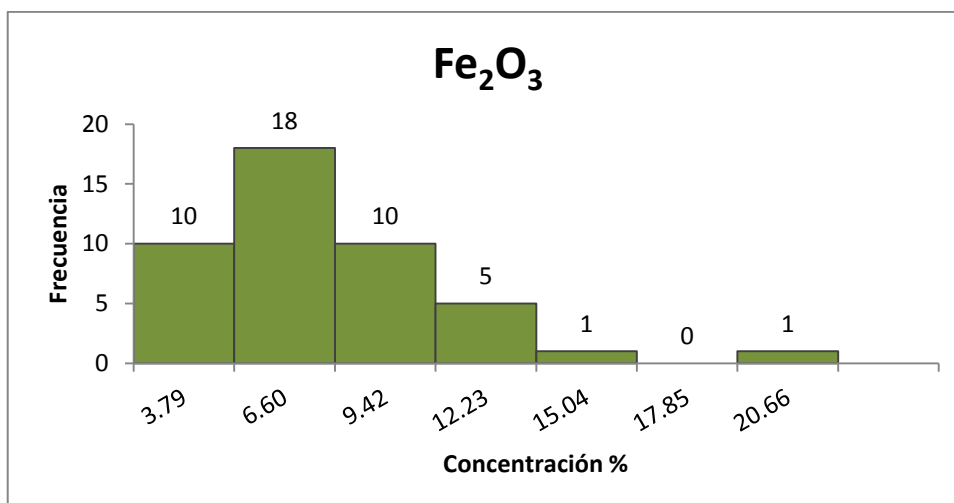
La concentración de TiO<sub>2</sub> se observa que tiene una distribución asimétrica positiva (1.36%), la cola de distribución se alarga en el lado de los valores altos de la variable de concentración, la mayoría de los datos encuentran aglomerados alrededor de la media aritmética (0.39%), la desviación estándar es baja de (0.11%).



**Figura 23. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable MnO.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

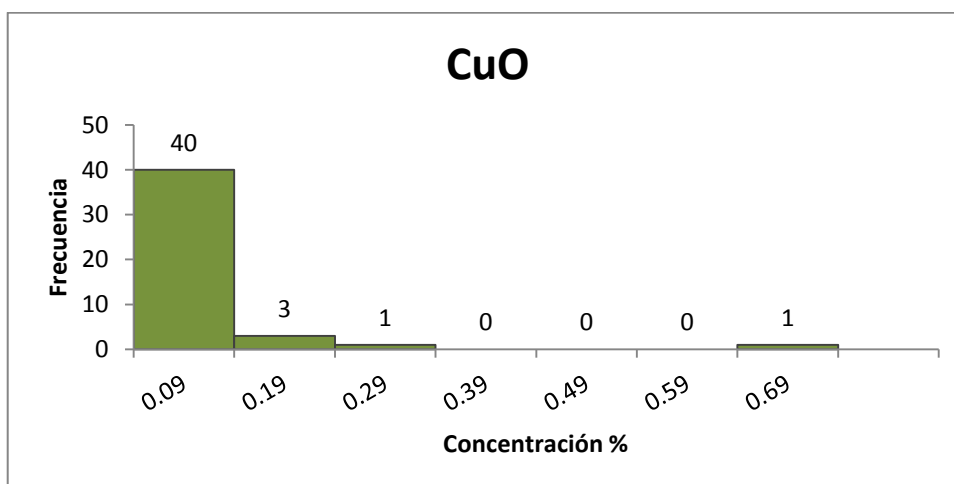
La concentración de MnO tiene una distribución asimétrica positiva (2.21%), la cola de distribución se alarga en el lado de los valores altos de la variable de concentración, con la mayoría de datos que se encuentran distribuidos debajo del valor de la media aritmética (0.56%), la desviación estándar (0.74%).





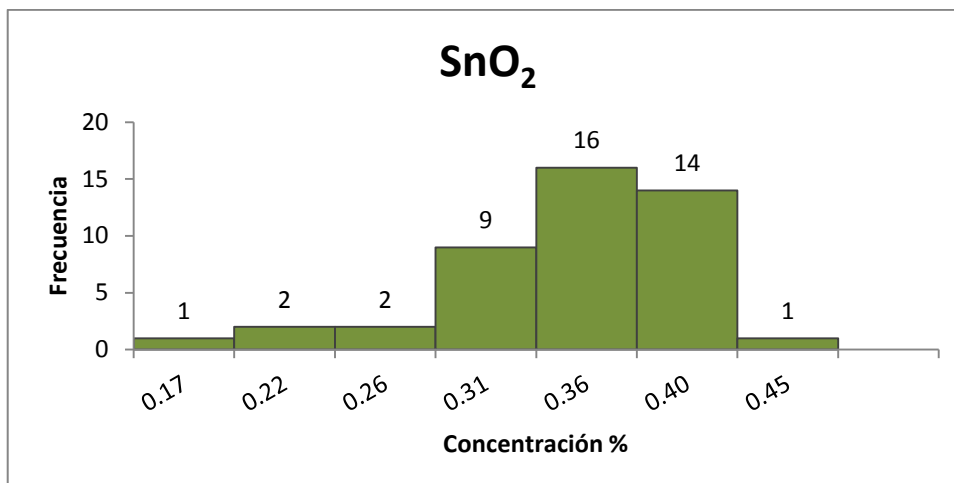
**Figura 24. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

La concentración de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tiene una distribución asimétrica positiva, con mayor concentración (1.61%), la cola de distribución se alarga en el lado de los valores altos de la variable de concentración, los valores se distribuyen entre los bajos hacia los valores intermedios dando una media aritmética de (6.26%), la desviación estándar es 3.59%.



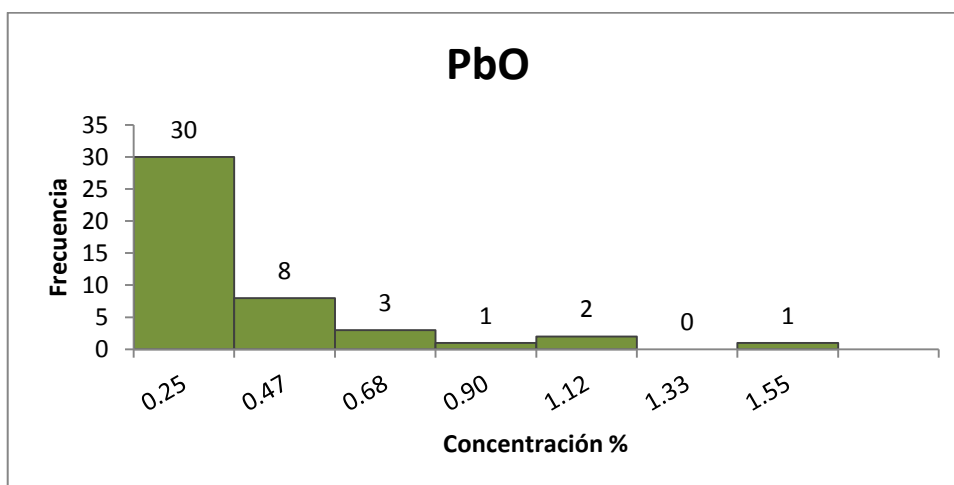
**Figura 25. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable CuO.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

En la concentración de CuO se observa que tiene una distribución asimétrica positiva (4.80%), la cola de distribución se alarga en el lado de los valores altos de la variable de concentración, con una aglomeración de datos en valores bajos a la media aritmética (0.05%), la desviación estándar demuestra una dispersión baja (0.10%).



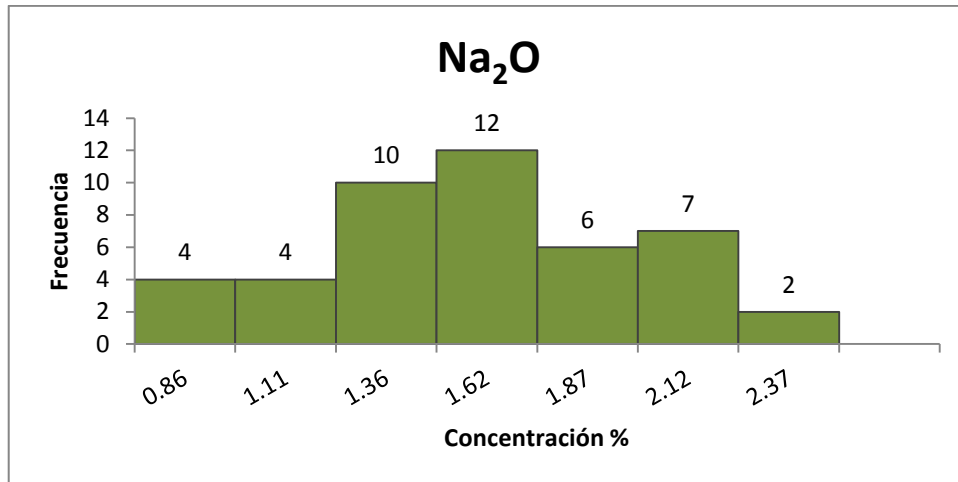
**Figura 26. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable SnO<sub>2</sub>.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

La concentración de SnO<sub>2</sub> tiene una distribución asimétrica negativa (-1.21%), la cola de distribución se alarga en el lado de los valores bajos de la variable de concentración, la mayor aglomeración de datos se da en valores altos en torno a la media aritmética (0.33%) que es igual a la mediana (0.33%), la desviación estándar es pequeña (0.06%).



**Figura 27. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable PbO.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

La concentración de PbO se observa que la distribución es asimétrica positiva (2.35%), la cola de distribución se alarga en el lado de los valores altos de la variable de concentración, los datos en su mayoría están en torno a la media aritmética (0.27%), la desviación estándar es pequeña (0.30%).



**Figura 28. Gráfica de distribución de frecuencias de la variable Na<sub>2</sub>O.**  
Fuente: Alvarado, 2015.

La concentración de Na<sub>2</sub>O tiene una distribución ligeramente asimétrica positiva (0.10%), la cola de distribución se alarga en el lado de los valores bajos de la variable de concentración, la mayor parte de datos se encuentran aglomerados en torno al valor de la media aritmética (1.47%) y la desviación estándar es pequeña (0.42%) que se relaciona al coeficiente de asimetría, es decir levemente dispersa.

#### 5.4. Coeficiente de correlación.

El coeficiente de correlación es una prueba cuyo objetivo es analizar el grado de una posible relación existente entre dos variables y en qué medida se relacionan, cuya dirección es determinada por el signo positivo o negativo del coeficiente de esta relación (varía entre +1 y -1). Después de realizar el análisis descriptivo de las variables se procedió a determinar el análisis de correlación entre las variables de estudio pertenecientes a las zonas de La Herradura y La Panguí.

Las Tablas 8 y 9 muestran los coeficientes de correlación entre las variables, los valores marcados con amarillo son aquellos que se aproximan a 1 por lo que se puede confirmar que tienen entre si una correlación positiva alta, es decir, cuando una de ellas aumenta, la otra también aumenta en proporción constante o si un elemento existe también se puede encontrar el otro elemento. Esta correlación entre estos elementos tiene una relación de composición mineralógica y/o asociación mineralógica o geoquímica que lo describiremos en los próximos párrafos. Los valores que se aproximan a cero tienen una correlación positiva baja, su posible relación es débil, los valores negativos bajos que se acercan a -1 corresponden a una correlación negativa, esto es porque si sube el valor de una variable, disminuye el valor de otra.

A continuación se muestran los coeficientes de correlación obtenidos para cada variable de la zona de La Herradura.

**Tabla 8. Coeficiente de correlación entre las variables (óxidos) de La Herradura.**

	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO	SnO <sub>2</sub>	PbO	Na <sub>2</sub> O
MgO	1													
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.31	1												
SiO <sub>2</sub>	-0.09	0.37	1											
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-0.12	-0.39	-0.70	1										
S	-0.13	-0.66	-0.87	0.69	1									
K <sub>2</sub> O	0.32	0.68	0.00	0.02	-0.28	1								
CaO	-0.02	-0.03	0.02	0.02	-0.09	0.21	1							
TiO <sub>2</sub>	0.16	0.23	-0.08	0.06	0.01	0.13	0.00	1						
MnO	-0.24	-0.41	-0.05	-0.16	0.14	-0.45	0.31	-0.06	1					
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.24	-0.76	-0.74	0.59	0.79	-0.53	-0.19	-0.18	0.16	1				
CuO	-0.01	-0.49	-0.73	0.55	0.74	-0.02	-0.03	0.01	0.04	0.60	1			
SnO <sub>2</sub>	0.34	0.73	0.16	-0.11	-0.40	0.83	-0.15	0.12	-0.74	-0.50	-0.20	1		
PbO	0.03	-0.58	-0.55	0.32	0.60	-0.29	-0.09	0.00	0.35	0.58	0.73	-0.42	1	
Na <sub>2</sub> O	-0.19	0.07	0.00	0.06	-0.11	0.04	0.16	0.10	-0.01	-0.05	-0.07	0.08	-0.18	1

Fuente: Alvarado, 2015.

Es muy evidente que se tiene un alto grado de relación positiva entre las variables: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - K<sub>2</sub>O que junto al óxido de silicio nos sugiere la formación de ortoclasa, uno de los minerales formadores de las rocas más abundantes en la corteza terrestre. En las relaciones que incluyen a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> relacionado con Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y CuO, aparecerían como producto de la alteración de minerales fosfatos como el apatito expuesto a la intemperie y a la oxidación de otros minerales de hierro y cobre.

Las relaciones S - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, S - CuO, S - PbO explica la formación de minerales del grupo de los sulfuros: pirita, calcopirita y galena respectivamente. Las relaciones que implican Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CuO y PbO; y la de CuO y PbO explican igualmente la relación positiva para la formación de sulfuros que como la galena además de plomo puede contener pequeñas cantidades de cobre.

En la siguiente tabla se muestran los coeficientes de correlación obtenidos para cada variable de la zona de La Panguí.

**Tabla 9. Coeficiente de correlación entre las variables (óxidos) de La Pangui.**

	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO	SnO <sub>2</sub>	PbO	Na <sub>2</sub> O
MgO	1.00													
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.31	1.00												
SiO <sub>2</sub>	-0.69	0.56	1.00											
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.76	-0.53	-0.74	1.00										
S	0.73	-0.76	-0.75	0.80	1.00									
K <sub>2</sub> O	-0.39	0.95	0.56	-0.56	-0.72	1.00								
CaO	-0.07	0.16	-0.08	-0.03	-0.02	0.23	1.00							
TiO <sub>2</sub>	0.15	0.55	-0.14	-0.09	-0.30	0.45	-0.05	1.00						
MnO	0.05	0.13	-0.16	0.08	-0.02	0.14	0.83	0.09	1.00					
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.33	-0.68	-0.83	0.53	0.53	-0.69	-0.11	-0.02	0.00	1.00				
CuO	0.42	-0.68	-0.79	0.52	0.60	-0.68	-0.03	-0.08	0.11	0.91	1.00			
SnO <sub>2</sub>	-0.22	0.69	0.38	-0.42	-0.54	0.74	-0.09	0.44	-0.22	-0.57	-0.64	1.00		
PbO	0.30	-0.67	-0.45	0.33	0.57	-0.62	-0.07	-0.28	-0.08	0.29	0.25	-0.10	1.00	
Na <sub>2</sub> O	-0.15	-0.08	0.20	-0.10	-0.16	-0.11	0.00	-0.17	-0.14	-0.05	-0.04	-0.01	-0.04	1.00

Fuente: Alvarado, 2015.

La tabla describe el grado de relación entre las variables y nos indica una importante correlación entre las variables de mayor concentración en las muestras:

SiO<sub>2</sub> – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> – K<sub>2</sub>O y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – K<sub>2</sub>O, que son la base en la formación de minerales feldespatos como la ortoclasa y albita; la alúmina junto con el sílice son los componentes esenciales de las arcillas.

Las relaciones S - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, S – CuO, S – PbO explican la formación de minerales del grupo de los sulfuros: pirita, calcopirita y galena respectivamente; así como la relación Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – CuO que aumenta el valor dos variables constantemente en la formación de estos minerales.

En las relaciones que incluyen a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> relacionado con MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y CuO, aparecerían como producto de la alteración de minerales fosfatos como el apatito expuesto al ambiente y a la oxidación de otros minerales de magnesio, hierro y cobre.

### 5.5. Composición normativa.

En base a los resultados obtenidos en el análisis por Fluorescencia de Rayos-X y con las técnicas aplicadas para la disolución de sodio, mediante el cálculo de la norma CIPW (propuesta por W. Cross, J. P. Iddings, L. V. Pirsson y H. S. Washington) se realizan clasificaciones normativas en las que, a partir de los porcentajes en peso de los óxidos y siguiendo determinadas reglas de la norma, se establece una composición mineralógica

ideal de las zonas de La Herradura y de La Panguí. (Anexo 7). Se utilizó el programa de cálculo de la norma desarrollado por el Dr. Kurt Hollocher al Union College de Schenectady, E. U. A.

De la composición normativa CIPW realizada a las muestras de la zona de La Herradura se consigue determinar, que presentan un considerable porcentaje (promedio) de ortoclasa, cuarzo y albita como minerales principales; como secundarios presenta corindón, hiperstena, ilmenita, magnetita, apatito, pirita.

Los minerales normativos más importantes en las muestras de la zona de la Panguí son: cuarzo, ortoclasa y albita; presenta corindón, hiperstena, ilmenita, magnetita, apatito, pirita como minerales secundarios (Tabla 10).

**Tabla 10. Composición normativa de las zonas, La Herradura y La Panguí.**

<b>Composición Normativa</b>			
<b>Minerales primarios (%)</b>			
<b>La Herradura</b>		<b>La Panguí</b>	
<b>Or</b>	33.59	<b>Or</b>	27.88
<b>Q</b>	25.16	<b>Q</b>	29.52
<b>Ab</b>	12.37	<b>Ab</b>	11.80
<b>Minerales secundarios (%)</b>			
<b>Cor</b>	13.00	<b>Cor</b>	10.41
<b>Hy</b>	4.47	<b>Hy</b>	7.27
<b>Il</b>	0.56	<b>Il</b>	0.49
<b>Mt</b>	1.66	<b>Mt</b>	2.09
<b>Ap</b>	0.60	<b>Ap</b>	0.54
<b>Py</b>	5.46	<b>Py</b>	6.23

Nota: Ortoclasa (Or), cuarzo (Q), albita (Ab), corindón (Cor), hiperstena (Hy), ilmenita (Il), magnetita (Mt), apatito (Ap), pirita (Py)

Fuente: Alvarado, 2015.

## CONCLUSIONES

- ❖ En el distrito minero Chinapintza la composición geoquímica por óxidos, tiene relativamente la misma concentración en todas las muestras de roca analizadas por Fluorescencia de Rayos-X.
- ❖ La composición química de la zona de la Herradura, con base en los óxidos (% peso), incluyen un contenido (promedio) elevado en  $\text{SiO}_2$  (58.75%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (22.50%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (6.26%); tiene valores bajos de  $\text{K}_2\text{O}$  (5.84%), S (2.61%) y  $\text{Na}_2\text{O}$  (1.47%) principalmente.
- ❖ Las muestras de roca de la zona de la Pangui presentan un alto contenido (promedio) en  $\text{SiO}_2$  (60.25%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (18.15%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (8.03%); tiene valores bajos de  $\text{K}_2\text{O}$  (4.72%), S (2.96%) y  $\text{Na}_2\text{O}$  (1.40%).
- ❖ Los minerales más importantes de las muestras de roca provenientes de escombreras de la zona de la Herradura son: ortoclasa (33.59%), cuarzo (25.16%) y albita (12.37%). En minerales secundarios destacan: corindón (13.00%), pirita (5.46%), hiperstena (4.47%), magnetita (1.66%), apatito (0.60%) e ilmenita (0.56%).
- ❖ En la zona de La Pangui predominan como minerales primarios: cuarzo (29.52%), ortoclasa (27.88%), y albita (11.80%). En minerales accesorios destacan: corindón (10.41%), hiperstena (7.27%), pirita (6.23%), magnetita (2.09%), apatito (0.54%) e ilmenita (0.49%).
- ❖ La técnica de análisis instrumental por Fluorescencia de Rayos-X permitió desarrollar sin problemas el presente trabajo, debido a la versatilidad de análisis que demostró y que satisface las necesidades que se presentaron.

## RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda realizar un análisis por Difracción de Rayos-X para obtener una medición cuantitativa precisa de la composición mineral de las zonas estudiadas.
- ❖ Es necesario continuar con el estudio de la zona minera Chinapintza con la técnica aplicada FRX en este trabajo de investigación, utilizando material proveniente de puntos estratégicos para la caracterización, no solo con el de escombreras y relaves.
- ❖ Si bien el material para el análisis de Fluorescencia de Rayos-X pueden estar en cualquier forma, se recomienda triturar y pulverizar el material para trabajar con muestras lo más homogéneas posible.
- ❖ Se recomienda desarrollar únicamente la técnica de ácido fluorhídrico para disolver el sodio y proceder a determinar  $\text{Na}_2\text{O}$  (%), que por configuración del equipo de FRX no es detectado; esto se lo haría en caso de necesitar datos del Na.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aspden, J. y Litherland M. (1992). The Geology and Mesozoic Collisional History of the Cordillera Real, Ecuador. Tectonophysics.
- BRUKER. User guide. S1 TURBO<sup>SD</sup>. Hand-held XRF Analyzers.
- Burriel, F., Lucena, F., Arribas, S. y Hernández, J. (2008). Química Analítica Cualitativa.
- Cabrales, J. (2002). Análisis Químico de Materiales Silicoaluminosos por Fluorescencia de Rayos X. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Calle, L. (2014). Caracterización geológica y mineralógica de la zona minera La Herradura, área minera de Chinapintza, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador. UTPL.
- Chávez, A. (2008). Evaluación geológica del cuerpo mineralizado Soledad. Ecuador. ESPOL.
- Cross, W., Iddings, J., Pirsson, L. y Washington, H. (1931). CIPW Norm Calculation.
- Galán, P. y Altuzar, P. Modelo Analítico Para El Análisis Químico de Componentes Mayores en rocas Por Fluorescencia De Rayos X. México.
- Gázquez, M. (2011). Caracterización y valorización de residuos generados en la industria de producción de dióxido de titanio. Universidad de Huelva.
- Huang, W. y Kiang, W. (1972). Laboratory Dissolution of Plagioclase Feldspars in Water and Organic Acids at Room Temperature. Tampa, Florida.
- Jenkins, R., Gould, R. y Gedcke, Dale. (2000). Applications of X-Ray Spectrometry. Applied Spectroscopy Reviews, 35 (1&2), 129-150.
- Jordá, L. (2008). La Minería de los Metales en la provincia de Madrid: Patrimonio Minero y Puesta en Valor del Espacio Subterráneo. Universidad Politécnica de Madrid.
- La Tour, T. (1987). Analysis of Rocks Using X-Ray Fluorescence Spectrometry. Georgia State University.
- Litherland M., Aspden J. y Jemielita R. (1994). The metamorphic belts of Ecuador. Key worth, U.K.: British Geological Survey. Overseas Memoir 11, Quito.
- Paladines, A., Rosero, G. (1996). Zonificación Mineralógica del Ecuador. Laser, Quito.

Paladines, A., Soto, J. (2010). Geología y Yacimientos Minerales del Ecuador.

Piedra, L. (2014). Caracterización geológica y mineralógica de la zona minera La Panguí, área minera de Chinapintza, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador. UTPL.

Prodeminca, (2000). Depósitos Porfídicos y Epi-Mesotermiales Relacionados con Intrusiones de la Cordillera El Cóndor. Evaluación de distritos mineros del Ecuador. Unidad de Coordinación del Proyecto Prodeminca Proyecto MEM, Vol. 5. BIRF 36-55 EC.

Saavedra, J. y García, A. (1972). Método rápido de determinación de elementos mayores, menores y trazas en rocas y suelos. Madrid.

Shackley, M. (ed.) (2011). X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology.

Technical Report-Chinapintza Gold Project (2013). Zamora Chinchipe-Ecuador.

Tolosana, R. (2011). Guía para el análisis espacial de datos composicionales. Boletín Geológico y Minero, 122 (4): 469-482.

Union College Geology Department, Kurt Hollocher.

[http://minerva.union.edu/hollochk/c\\_petrology/norms.htm](http://minerva.union.edu/hollochk/c_petrology/norms.htm)

Villares, F. (2012). Geología y Geoquímica del Batolito de Zamora en la zona comprendida en las hojas geológicas escala 1:50000 de centro Shaimé, Guayzimi, Paquisha, Los Encuentros y el Panguí. Ecuador.

Ward, F., Nakagawa, H., Harms, T. y VanSICKLE, G. (1969). Atomic-Absorption Methods of Analysis Useful in Geochemical Exploration.

White, H. et al (1995). Reservoir Characterization of the Hollin and Napo Formations, Western Oriente Basin, Ecuador.

## **ANEXOS**

**Anexo 1. Resultados de análisis por Fluorescencia de Rayos-X (original).**

**a) Resultados de la zona de La Herradura.**

	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	NiO	CuO	ZnO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Rb	Sr	ZrO <sub>2</sub>	MoO <sub>3</sub>	SnO <sub>2</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CeO <sub>2</sub>	HfO <sub>2</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	WO <sub>3</sub>	PbO	
E1 - M1	3.25	26.00	57.50	0.00	0.11	6.00	0.05	0.53	0.02	0.05	0.12	5.85	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
	0.00	25.90	60.00	0.19	0.12	6.17	0.04	0.56	0.03	0.05	0.13	6.10	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.41	0.00	0.09	0.03	0.00	0.00	0.00	0.07
	0.96	26.00	59.20	0.00	0.14	6.17	0.04	0.53	0.02	0.05	0.13	6.07	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.38	0.00	0.08	0.03	0.02	0.00	0.00	0.07
	0.00	25.40	60.60	0.15	0.10	6.19	0.04	0.53	0.02	0.05	0.13	6.13	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.00	0.03	0.00	0.38	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.06
E1 - M2	0.00	20.80	54.90	0.34	5.34	4.99	0.09	0.49	0.00	0.06	0.28	7.12	0.00	0.01	0.03	2.20	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.31	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26
	0.00	21.20	57.10	0.26	5.41	5.02	0.09	0.45	0.00	0.06	0.28	7.23	0.00	0.00	0.03	2.22	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25
	0.00	21.30	54.60	0.33	5.29	4.97	0.09	0.47	0.00	0.06	0.28	7.17	0.00	0.01	0.03	2.23	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.29	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26
	0.00	20.70	55.80	0.34	5.25	4.96	0.10	0.48	0.00	0.06	0.28	7.23	0.00	0.00	0.03	2.23	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.26	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26
E1 - M3	0.00	20.20	52.00	0.42	7.17	5.28	0.08	0.46	0.01	0.06	0.22	9.53	0.00	0.03	0.19	1.08	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.26	0.00	0.10	0.00	0.02	0.00	0.00	0.51
	0.00	20.10	51.00	0.39	7.49	5.29	0.07	0.48	0.00	0.06	0.22	9.90	0.00	0.03	0.20	1.08	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.25	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
	0.00	20.70	51.30	0.41	7.38	5.28	0.06	0.49	0.02	0.06	0.22	9.80	0.00	0.03	0.20	1.09	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51
	0.00	20.20	51.60	0.46	7.54	5.31	0.07	0.45	0.02	0.06	0.22	9.95	0.03	0.03	0.20	1.11	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00	0.31	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51
E2 - M1	0.73	20.00	60.00	0.27	0.76	5.07	0.13	0.29	0.02	0.09	0.19	11.50	0.03	0.01	0.04	0.09	0.05	0.02	0.00	0.01	0.00	0.34	0.00	0.16	0.00	0.03	0.00	0.00	0.16
	0.35	20.40	59.70	0.22	0.79	5.23	0.14	0.30	0.02	0.09	0.19	11.80	0.00	0.01	0.05	0.09	0.05	0.01	0.00	0.01	0.00	0.31	0.00	0.13	0.00	0.02	0.00	0.00	0.16
	0.10	20.60	59.90	0.00	0.80	5.20	0.14	0.30	0.02	0.09	0.20	11.80	0.02	0.02	0.05	0.09	0.05	0.02	0.00	0.01	0.00	0.27	0.00	0.17	0.03	0.00	0.00	0.00	0.17
	0.00	20.30	60.50	0.23	0.83	5.04	0.15	0.29	0.02	0.09	0.19	11.50	0.03	0.02	0.05	0.09	0.05	0.02	0.00	0.01	0.00	0.28	0.00	0.15	0.03	0.00	0.00	0.00	0.16
E2 - M2	0.00	19.60	65.00	0.26	1.01	4.92	0.07	0.20	0.00	0.08	0.17	7.74	0.02	0.00	0.05	0.23	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.31	0.00	0.09	0.00	0.02	0.00	0.00	0.15
	0.00	20.10	63.70	0.22	1.07	4.95	0.05	0.19	0.00	0.08	0.16	7.86	0.00	0.01	0.06	0.24	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.09	0.03	0.00	0.00	0.00	0.14
	0.00	19.30	63.90	0.23	1.07	5.00	0.06	0.19	0.00	0.07	0.16	7.82	0.00	0.00	0.06	0.23	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.07	0.03	0.00	0.00	0.00	0.15
	0.00	19.60	64.70	0.25	1.03	5.06	0.06	0.20	0.01	0.08	0.17	7.85	0.02	0.01	0.06	0.24	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.29	0.00	0.10	0.03	0.00	0.00	0.00	0.15
E3 - M1	1.58	22.70	59.90	0.32	2.17	6.79	0.16	0.31	0.02	0.06	0.15	4.63	0.01	0.02	0.01	0.06	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.37	0.00	0.05	0.00	0.04	0.00	0.00	0.58
	3.10	23.10	58.60	0.29	2.11	6.64	0.15	0.29	0.01	0.06	0.15	4.43	0.01	0.02	0.03	0.06	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.37	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.57
	2.75	22.50	59.50	0.31	2.08	6.60	0.15	0.29	0.01	0.06	0.15	4.41	0.01	0.02	0.01	0.06	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.38	0.00	0.06	0.00	0.05	0.00	0.00	0.57
	0.81	22.70	61.30	0.25	2.05	6.68	0.14	0.29	0.00	0.06	0.14	4.45	0.00	0.01	0.02	0.05	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.42	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.56
E3 - M2	5.02	25.30	53.90	0.33	1.62	6.70	0.06	0.59	0.03	0.05	0.18	5.35	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	0.41	0.00	0.08	0.02	0.03	0.00	0.20	

	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	NiO	CuO	ZnO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Rb	Sr	ZrO <sub>2</sub>	MoO <sub>3</sub>	SnO <sub>2</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CeO <sub>2</sub>	HfO <sub>2</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	WO <sub>3</sub>	PbO
	4.07	25.30	55.10	0.37	1.64	6.67	0.06	0.56	0.03	0.05	0.18	5.17	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.04	0.00	0.02	0.00	0.38	0.00	0.07	0.02	0.00	0.00	0.20
	4.32	25.20	55.20	0.34	1.47	6.63	0.05	0.58	0.02	0.05	0.18	5.22	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.04	0.00	0.02	0.00	0.34	0.00	0.06	0.00	0.04	0.00	0.20
	0.00	25.50	57.40	0.30	1.54	6.86	0.06	0.58	0.02	0.05	0.19	5.30	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.04	0.00	0.02	0.00	0.37	0.00	0.07	0.03	0.02	0.00	0.21
E4 - M1	2.94	18.70	59.80	0.32	0.66	4.67	0.09	0.28	0.02	0.07	0.14	5.78	0.02	0.00	0.01	0.01	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32
	3.63	18.10	58.30	0.28	0.62	4.36	0.07	0.26	0.01	0.06	0.13	5.45	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.26	0.00	0.05	0.00	0.03	0.00	0.30
	1.51	22.20	60.40	0.35	0.82	5.60	0.10	0.32	0.02	0.08	0.16	7.30	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.37	0.00	0.12	0.03	0.02	0.00	0.44
	1.81	15.20	52.50	0.23	0.52	3.56	0.05	0.21	0.01	0.06	0.11	4.42	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.25
E4 - M2	0.00	21.00	65.00	0.14	0.37	5.42	0.06	0.32	0.02	0.07	0.29	6.47	0.02	0.01	0.02	0.09	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.36	0.00	0.10	0.00	0.03	0.00	0.14
	0.00	21.50	62.00	0.32	0.41	5.35	0.07	0.33	0.02	0.07	0.26	6.39	0.01	0.02	0.02	0.10	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.10	0.00	0.03	0.00	0.14
	0.00	21.00	63.90	0.20	0.36	5.41	0.06	0.31	0.02	0.07	0.28	6.37	0.01	0.01	0.03	0.09	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.14
	0.00	20.70	65.60	0.21	0.38	5.32	0.07	0.29	0.01	0.06	0.28	6.36	0.00	0.00	0.03	0.10	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.14
E5 - M1	0.84	22.80	68.50	0.00	0.00	5.24	0.05	0.88	0.02	0.06	0.05	1.05	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.37	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.07
	0.91	22.50	67.10	0.13	0.00	4.83	0.04	0.78	0.02	0.06	0.05	0.94	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.07
	1.16	20.10	62.80	0.12	0.00	4.26	0.04	0.67	0.02	0.05	0.04	0.82	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.28	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.08
	0.49	23.80	67.60	0.00	0.04	5.36	0.05	0.87	0.02	0.06	0.05	1.06	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.04	0.00	0.34	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.07
E5 - M2	0.00	20.10	63.60	0.26	0.44	4.93	0.05	0.40	0.02	0.07	0.16	8.00	0.00	0.01	0.03	0.04	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.33	0.00	0.12	0.00	0.04	0.00	0.51
	0.00	20.00	63.80	0.30	0.46	4.92	0.05	0.43	0.01	0.07	0.15	7.87	0.02	0.01	0.04	0.05	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.30	0.00	0.12	0.03	0.00	0.00	0.52
	0.00	20.20	63.40	0.33	0.44	4.93	0.05	0.40	0.02	0.07	0.16	8.06	0.01	0.01	0.04	0.04	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.33	0.00	0.11	0.03	0.03	0.00	0.51
	0.00	20.20	64.10	0.32	0.48	5.00	0.05	0.41	0.02	0.07	0.15	8.10	0.01	0.01	0.04	0.04	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.28	0.00	0.10	0.03	0.00	0.00	0.51
E6 - M1	1.47	27.30	55.00	0.17	0.31	7.13	0.04	0.33	0.02	0.05	0.14	7.29	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.44	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.10
	0.17	25.40	58.90	0.16	0.25	6.52	0.04	0.27	0.02	0.06	0.13	6.99	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.39	0.00	0.07	0.03	0.00	0.00	0.08
	0.17	25.60	59.00	0.20	0.24	6.55	0.04	0.28	0.01	0.06	0.13	6.74	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.44	0.00	0.08	0.00	0.03	0.00	0.09
	1.45	25.90	57.40	0.22	0.30	6.83	0.02	0.30	0.02	0.05	0.12	6.70	0.01	0.00	0.02	0.03	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.43	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.09
E6 - M2	0.00	21.10	63.80	0.18	0.07	5.49	0.07	0.35	0.02	0.08	0.15	7.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.27	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.10
	0.00	20.50	64.90	0.26	0.07	5.48	0.06	0.34	0.02	0.08	0.15	7.05	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.32	0.00	0.10	0.03	0.02	0.00	0.09
	0.00	21.20	63.10	0.23	0.06	5.50	0.07	0.34	0.01	0.08	0.15	7.02	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.32	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.10
	0.00	20.80	64.10	0.22	0.06	5.51	0.06	0.35	0.02	0.08	0.15	7.03	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.34	0.00	0.11	0.03	0.01	0.00	0.10
E7 - M1	2.20	26.30	60.50	0.20	0.84	6.01	0.26	0.55	0.01	0.04	0.18	2.24	0.00	0.00	0.01	0.16	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
	3.24	26.00	60.10	0.25	0.82	5.81	0.24	0.52	0.01	0.04	0.19	2.14	0.00	0.00	0.01	0.16	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.37	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.07

	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	NiO	CuO	ZnO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Rb	Sr	ZrO <sub>2</sub>	MoO <sub>3</sub>	SnO <sub>2</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CeO <sub>2</sub>	HfO <sub>2</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	WO <sub>3</sub>	PbO	
	1.95	26.30	60.70	0.23	0.90	5.94	0.25	0.54	0.01	0.04	0.20	2.34	0.00	0.00	0.01	0.17	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	
	1.15	27.00	60.60	0.17	0.93	6.12	0.26	0.56	0.01	0.04	0.19	2.26	0.00	0.01	0.01	0.17	0.00	0.03	0.00	0.04	0.00	0.30	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06	
E7 - M2	0.00	20.90	60.70	0.22	3.74	5.55	0.08	0.33	0.00	0.06	0.19	6.91	0.00	0.00	0.07	0.37	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.30	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.16	
	0.00	21.00	58.00	0.23	3.76	5.46	0.09	0.33	0.00	0.06	0.18	6.91	0.00	0.01	0.07	0.34	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	
	0.00	21.00	60.20	0.31	3.87	5.63	0.07	0.36	0.02	0.07	0.19	7.08	0.02	0.02	0.07	0.37	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.37	0.00	0.08	0.00	0.02	0.00	0.17	
	0.00	21.00	58.40	0.25	3.83	5.50	0.09	0.32	0.01	0.06	0.19	6.88	0.00	0.01	0.07	0.37	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
	0.00	23.50	59.90	0.44	2.77	7.42	0.37	0.57	0.01	0.05	0.14	3.66	0.00	0.01	0.04	0.69	0.01	0.04	0.00	0.01	0.00	0.42	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E8 - M1	0.59	23.50	59.20	0.40	3.07	7.16	0.33	0.52	0.00	0.05	0.14	3.86	0.00	0.01	0.04	0.67	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	
	0.00	23.10	60.20	0.41	2.82	7.26	0.36	0.51	0.00	0.05	0.13	3.88	0.00	0.01	0.03	0.70	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	
	1.59	22.80	60.00	0.43	2.87	6.70	0.36	0.44	0.00	0.05	0.13	3.56	0.00	0.00	0.03	0.62	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	
	0.00	22.20	55.60	0.38	4.69	6.13	0.18	0.32	0.00	0.05	0.17	5.66	0.00	0.02	0.11	2.16	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.38	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.14	
E8 - M2	0.00	21.70	56.70	0.38	5.06	6.33	0.21	0.34	0.00	0.05	0.18	5.94	0.00	0.01	0.12	2.38	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.16	
	0.00	21.70	55.20	0.34	5.05	6.27	0.21	0.33	0.00	0.06	0.17	5.96	0.00	0.02	0.12	2.32	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	
	0.00	21.80	56.30	0.36	4.91	6.33	0.18	0.32	0.01	0.05	0.17	5.80	0.00	0.01	0.12	2.27	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	
	4.18	16.20	36.70	0.59	13.20	6.43	0.25	0.40	0.00	0.05	0.31	13.60	0.00	0.04	0.63	5.70	0.04	0.00	0.00	0.02	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	1.41	
E8 - M3	3.18	16.10	37.10	0.59	13.20	6.56	0.25	0.39	0.00	0.05	0.31	13.60	0.00	0.04	0.65	5.90	0.04	0.01	0.00	0.02	0.00	0.32	0.00	0.04	0.02	0.02	0.00	1.48	
	0.00	16.00	40.20	0.56	13.20	6.75	0.28	0.42	0.00	0.05	0.32	13.80	0.00	0.03	0.60	5.91	0.04	0.01	0.00	0.03	0.02	0.34	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.45	
	0.00	16.50	38.70	0.65	13.80	6.61	0.27	0.43	0.00	0.05	0.32	14.20	0.00	0.04	0.64	5.95	0.04	0.01	0.00	0.02	0.00	0.29	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	1.44	
	3.06	21.40	55.10	0.00	4.66	6.10	0.05	0.39	0.02	0.05	0.13	8.03	0.01	0.02	0.03	0.09	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.11	0.02	0.02	0.00	0.37	
E9 - M1	2.84	21.50	55.10	0.00	4.54	6.11	0.05	0.42	0.02	0.05	0.13	8.16	0.01	0.02	0.03	0.09	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.12	0.02	0.02	0.00	0.35	
	2.76	21.40	55.90	0.00	4.42	6.13	0.06	0.43	0.02	0.05	0.13	7.67	0.01	0.02	0.04	0.08	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	0.37	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.37	
	2.68	21.50	55.40	0.00	4.62	6.08	0.07	0.44	0.02	0.06	0.14	7.98	0.00	0.03	0.03	0.09	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	0.09	0.00	0.03	0.00	0.35	
	0.00	14.30	39.30	0.80	17.50	4.10	0.05	0.35	0.02	0.06	0.21	20.10	0.06	0.06	0.14	2.33	0.09	0.00	0.00	0.01	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	
E9 - M2	0.00	14.30	36.40	0.75	16.60	3.88	0.04	0.32	0.00	0.06	0.21	19.10	0.05	0.05	0.14	2.28	0.08	0.00	0.00	0.01	0.00	0.25	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.26	
	0.00	13.80	35.50	0.72	16.90	4.04	0.03	0.34	0.00	0.05	0.21	20.10	0.00	0.05	0.20	2.47	0.05	0.00	0.00	0.02	0.00	0.23	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.37	
	0.00	14.60	38.70	0.87	17.30	4.16	0.05	0.37	0.00	0.06	0.21	20.20	0.00	0.06	0.20	2.44	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.28	
	0.00	19.80	64.80	0.26	2.77	6.05	0.13	0.28	0.00	0.06	0.22	4.73	0.00	0.01	0.02	0.15	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.32	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.35	
E10 - M1	0.00	20.40	64.30	0.26	2.80	5.95	0.13	0.29	0.01	0.06	0.21	4.69	0.00	0.00	0.02	0.14	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	
	1.62	20.50	62.90	0.24	2.63	5.90	0.12	0.26	0.01	0.05	0.20	4.58	0.00	0.00	0.02	0.15	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.35	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.34	

	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	NiO	CuO	ZnO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Rb	Sr	ZrO <sub>2</sub>	MoO <sub>3</sub>	SnO <sub>2</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CeO <sub>2</sub>	HfO <sub>2</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	WO <sub>3</sub>	PbO	
	0.00	20.60	64.30	0.29	2.68	5.95	0.14	0.26	0.01	0.05	0.21	4.63	0.00	0.00	0.02	0.15	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.33	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32
E10 - M2	0.00	21.20	57.20	0.36	3.62	7.27	0.19	0.47	0.01	0.06	0.19	6.29	0.00	0.02	0.04	0.23	0.00	0.04	0.00	0.02	0.00	0.33	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43
	0.00	21.40	56.40	0.43	3.60	7.22	0.18	0.47	0.01	0.06	0.19	6.25	0.00	0.02	0.04	0.23	0.00	0.04	0.00	0.02	0.00	0.40	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44
	0.00	20.90	56.80	0.41	3.68	7.16	0.17	0.47	0.02	0.06	0.21	6.37	0.01	0.02	0.03	0.21	0.00	0.04	0.00	0.02	0.00	0.43	0.00	0.07	0.02	0.03	0.00	0.00	0.44
	0.00	20.90	57.10	0.42	3.67	7.16	0.18	0.46	0.01	0.06	0.20	6.30	0.01	0.02	0.03	0.22	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.40	0.00	0.07	0.00	0.03	0.00	0.00	0.43
E11 - M1	2.53	22.60	58.30	0.37	0.67	7.07	3.04	0.42	0.01	0.05	0.51	3.42	0.01	0.01	0.03	0.06	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.40	0.21	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.06
	1.25	22.50	59.20	0.40	0.68	7.42	3.10	0.41	0.01	0.06	0.53	3.58	0.01	0.02	0.03	0.07	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.36	0.22	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.06
	1.71	22.40	59.40	0.00	0.69	7.22	3.09	0.40	0.02	0.06	0.53	3.58	0.01	0.02	0.03	0.06	0.00	0.04	0.01	0.02	0.00	0.37	0.21	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.06
	2.32	22.60	58.80	0.36	0.53	7.12	3.12	0.39	0.01	0.06	0.51	3.37	0.00	0.02	0.03	0.06	0.00	0.04	0.01	0.01	0.00	0.30	0.21	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.06
E11 - M2	0.00	23.40	58.40	0.32	0.55	6.65	2.29	0.38	0.01	0.06	0.52	3.22	0.00	0.00	0.03	0.06	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.37	0.22	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.07
	0.00	23.40	60.20	0.32	0.54	6.76	2.30	0.39	0.01	0.06	0.51	3.22	0.00	0.00	0.03	0.06	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00	0.31	0.00	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.07
	0.00	23.30	60.70	0.29	0.68	6.56	2.12	0.34	0.00	0.06	0.50	3.12	0.01	0.00	0.02	0.06	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.30	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
	0.00	23.50	61.30	0.30	0.52	6.89	2.34	0.41	0.00	0.06	0.53	3.25	0.00	0.01	0.03	0.06	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00	0.34	0.22	0.04	0.03	0.01	0.00	0.00	0.08
E12 - M1	3.04	22.60	62.50	0.21	0.16	6.24	0.11	0.34	0.00	0.06	0.32	3.90	0.00	0.00	0.02	0.05	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.36	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
	2.52	23.30	62.30	0.20	0.13	6.28	0.09	0.34	0.01	0.06	0.32	3.85	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00	0.38	0.00	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.06
	2.88	23.20	62.00	0.17	0.14	6.27	0.11	0.35	0.01	0.06	0.33	3.83	0.01	0.01	0.01	0.05	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00	0.34	0.00	0.07	0.00	0.02	0.00	0.05	
	3.10	22.90	62.10	0.25	0.16	6.19	0.09	0.33	0.02	0.06	0.32	3.81	0.01	0.01	0.02	0.05	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.35	0.00	0.07	0.03	0.00	0.00	0.06	
E12 - M2	0.27	24.60	61.10	0.22	0.88	6.90	0.34	0.37	0.00	0.07	0.63	3.86	0.01	0.00	0.02	0.19	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.35	0.00	0.06	0.00	0.02	0.00	0.06	
	0.00	24.20	61.70	0.24	0.94	6.96	0.36	0.36	0.00	0.06	0.62	3.88	0.00	0.00	0.02	0.17	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.43	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.06	
	1.40	24.20	60.40	0.22	0.90	6.79	0.32	0.37	0.00	0.06	0.62	3.89	0.01	0.00	0.02	0.18	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.46	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.07	
	0.57	24.20	61.00	0.20	0.94	6.98	0.33	0.37	0.00	0.06	0.63	3.96	0.00	0.00	0.02	0.18	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.39	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.06	
E13 - M1	2.25	24.10	62.20	0.11	0.16	6.01	0.08	0.35	0.01	0.06	0.17	3.90	0.00	0.00	0.01	0.06	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	
	0.31	24.00	64.30	0.15	0.13	6.02	0.08	0.35	0.01	0.07	0.18	3.93	0.00	0.00	0.01	0.06	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.28	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.06	
	0.06	24.20	64.30	0.15	0.12	6.07	0.07	0.34	0.02	0.07	0.17	3.94	0.00	0.01	0.01	0.07	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.33	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.06	
	1.50	23.10	64.20	0.13	0.12	5.97	0.08	0.34	0.01	0.06	0.17	3.89	0.00	0.00	0.01	0.06	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	
E13 - M2	0.00	25.00	64.90	0.12	0.24	6.47	0.07	0.39	0.00	0.06	0.16	1.82	0.00	0.00	0.02	0.14	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	
	2.02	25.00	63.00	0.15	0.27	6.37	0.08	0.38	0.01	0.06	0.16	1.78	0.01	0.01	0.02	0.14	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.34	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.13	
	1.37	25.30	63.20	0.11	0.27	6.47	0.09	0.42	0.01	0.06	0.16	1.86	0.00	0.00	0.02	0.15	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.13	
	0.00	25.10	64.60	0.18	0.27	6.51	0.08	0.39	0.01	0.06	0.17	1.83	0.01	0.00	0.02	0.14	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.37	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.13	

	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	NiO	CuO	ZnO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Rb	Sr	ZrO <sub>2</sub>	MoO <sub>3</sub>	SnO <sub>2</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CeO <sub>2</sub>	HfO <sub>2</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	WO <sub>3</sub>	PbO	
E14 - M1	0.00	25.70	64.60	0.19	0.09	6.23	0.05	0.32	0.01	0.06	0.07	2.11	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.37	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
	2.54	25.80	62.10	0.21	0.09	6.09	0.08	0.34	0.01	0.06	0.07	2.06	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.30	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.08	
	1.91	25.50	63.00	0.17	0.13	6.11	0.04	0.34	0.00	0.06	0.07	2.06	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00	0.37	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	0.08	
	1.80	26.20	62.30	0.18	0.11	6.23	0.05	0.34	0.01	0.06	0.07	2.10	0.00	0.01	0.01	0.03	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.40	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.07	
E15 - M1	0.00	13.10	55.20	0.24	7.35	3.15	0.49	0.30	0.00	0.09	3.26	10.00	0.00	0.02	0.11	5.12	0.42	0.01	0.00	0.02	0.00	0.13	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.87	
	0.00	12.50	55.90	0.22	7.49	3.17	0.48	0.30	0.00	0.09	3.22	9.96	0.00	0.02	0.11	5.11	0.40	0.01	0.00	0.03	0.00	0.11	0.00	0.06	0.00	0.03	0.00	0.86	
	0.00	12.90	55.40	0.00	7.55	3.25	0.49	0.33	0.00	0.09	3.23	10.10	0.00	0.03	0.12	5.13	0.43	0.00	0.00	0.02	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.87	
	0.00	13.20	54.80	0.00	7.72	3.21	0.50	0.31	0.00	0.09	3.28	10.10	0.00	0.03	0.12	5.17	0.40	0.00	0.00	0.02	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.89	
E15 - M2	2.48	24.20	58.20	0.31	1.32	6.28	0.09	0.51	0.02	0.05	0.45	5.21	0.01	0.02	0.01	0.04	0.00	0.04	0.00	0.02	0.00	0.39	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.23	
	1.25	24.60	58.90	0.29	1.35	6.36	0.09	0.58	0.02	0.05	0.45	5.22	0.01	0.02	0.00	0.04	0.01	0.04	0.00	0.02	0.00	0.36	0.00	0.08	0.00	0.03	0.00	0.22	
	3.16	23.90	57.90	0.28	1.35	6.28	0.10	0.56	0.02	0.05	0.46	5.17	0.01	0.02	0.01	0.04	0.00	0.04	0.00	0.02	0.00	0.34	0.00	0.08	0.03	0.02	0.00	0.22	
	0.00	24.50	60.40	0.26	1.29	6.37	0.09	0.52	0.02	0.05	0.45	5.21	0.01	0.01	0.00	0.04	0.01	0.04	0.00	0.02	0.00	0.37	0.00	0.08	0.00	0.04	0.00	0.23	
E15 - M3	3.35	19.30	53.60	0.36	6.27	5.12	0.12	0.31	0.01	0.06	0.43	8.25	0.03	0.03	0.05	2.02	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.30	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.19	
	0.00	19.30	57.00	0.28	6.36	5.18	0.13	0.32	0.00	0.05	0.43	8.24	0.00	0.01	0.04	2.12	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.20	
	0.00	19.60	56.70	0.35	6.28	5.15	0.16	0.32	0.00	0.06	0.43	8.17	0.00	0.01	0.04	2.09	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.31	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.19	
	1.31	19.40	55.60	0.34	6.41	5.11	0.14	0.32	0.01	0.05	0.43	8.28	0.00	0.02	0.04	2.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.19	
E16 - M1	0.00	22.90	61.10	0.28	1.79	6.20	0.32	0.49	0.02	0.07	1.25	4.54	0.02	0.01	0.03	0.32	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.27	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.29	
	2.45	22.80	58.70	0.31	1.76	6.14	0.28	0.52	0.02	0.06	1.21	4.55	0.02	0.02	0.01	0.32	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.35	0.00	0.06	0.00	0.03	0.00	0.31	
	0.00	22.80	61.00	0.31	1.79	6.24	0.30	0.53	0.01	0.07	1.22	4.61	0.02	0.02	0.02	0.31	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.30	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.31	
	1.36	23.40	59.00	0.35	1.83	6.16	0.29	0.49	0.01	0.06	1.26	4.68	0.00	0.02	0.02	0.31	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.34	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.31	
E16 - M3	1.72	21.90	56.90	0.00	3.36	5.98	0.40	0.27	0.00	0.06	1.49	4.91	0.00	0.01	0.06	2.34	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.18	
	0.00	22.40	57.80	0.00	3.47	6.05	0.40	0.28	0.00	0.06	1.51	5.00	0.00	0.01	0.06	2.42	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.20	
	0.58	22.00	57.60	0.00	3.55	6.04	0.39	0.30	0.00	0.06	1.50	4.95	0.00	0.01	0.07	2.39	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.19	
	0.00	21.90	58.20	0.00	3.57	6.02	0.38	0.30	0.00	0.06	1.49	4.99	0.00	0.01	0.06	2.41	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.19	
E17 - M1	0.00	23.60	60.10	0.28	2.97	5.97	0.08	0.32	0.01	0.06	0.18	5.14	0.00	0.01	0.06	0.64	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.17	
	1.48	24.20	58.30	0.27	2.97	5.93	0.08	0.32	0.01	0.06	0.18	5.08	0.00	0.01	0.06	0.62	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	
	0.00	24.00	60.00	0.32	2.95	5.90	0.07	0.32	0.01	0.06	0.18	4.96	0.00	0.00	0.06	0.63	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	
	1.80	24.20	58.10	0.31	2.91	5.91	0.07	0.31	0.01	0.06	0.18	4.92	0.00	0.00	0.06	0.63	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.17	
E17 - M2	0.00	22.30	63.90	0.21	1.14	5.67	0.49	0.27	0.01	0.07	1.27	3.99	0.00	0.01	0.02	0.21	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.30	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.11	



	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	NiO	CuO	ZnO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Rb	Sr	ZrO <sub>2</sub>	MoO <sub>3</sub>	SnO <sub>2</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CeO <sub>2</sub>	HfO <sub>2</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	WO <sub>3</sub>	PbO
	2.47	22.80	60.90	0.22	1.20	5.63	0.48	0.28	0.01	0.07	1.23	3.98	0.00	0.01	0.02	0.21	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.23	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.11
	0.00	22.50	63.20	0.21	1.25	5.80	0.47	0.30	0.01	0.07	1.29	4.11	0.00	0.01	0.02	0.20	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.27	0.00	0.05	0.03	0.00	0.00	0.11
	0.87	22.30	63.00	0.22	1.17	5.67	0.47	0.30	0.01	0.07	1.24	3.93	0.01	0.01	0.02	0.21	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.29	0.00	0.04	0.02	0.01	0.00	0.11
E18 - M1	0.80	23.20	61.70	0.22	0.10	6.03	0.07	0.26	0.01	0.07	0.16	6.70	0.01	0.00	0.02	0.03	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.35	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.19
	0.00	23.30	62.30	0.23	0.10	6.03	0.06	0.26	0.01	0.07	0.16	6.76	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.09	0.00	0.03	0.00	0.19
	0.00	23.20	61.80	0.22	0.15	6.12	0.07	0.27	0.02	0.07	0.16	6.99	0.02	0.01	0.03	0.03	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.37	0.00	0.10	0.03	0.00	0.00	0.20
	0.00	23.00	62.00	0.18	0.14	6.13	0.06	0.27	0.02	0.07	0.16	7.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.40	0.00	0.10	0.03	0.01	0.00	0.20
E18 - M2	1.45	26.20	59.60	0.25	1.21	7.00	0.26	0.32	0.01	0.07	0.29	2.82	0.01	0.02	0.01	0.03	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.37	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.05
	2.98	25.40	59.10	0.24	1.16	6.94	0.24	0.32	0.01	0.06	0.28	2.70	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.38	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05
	0.64	25.40	61.40	0.27	1.15	7.02	0.23	0.32	0.01	0.06	0.29	2.70	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	25.40	62.10	0.21	1.17	6.93	0.25	0.32	0.01	0.06	0.29	2.71	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
E18 - M3	1.47	22.80	61.60	0.24	0.32	5.84	0.06	0.31	0.01	0.07	0.19	6.30	0.00	0.01	0.00	0.04	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.37	0.00	0.08	0.00	0.03	0.00	0.16
	1.75	22.50	61.60	0.24	0.31	5.88	0.07	0.32	0.02	0.07	0.21	6.35	0.00	0.01	0.03	0.04	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.33	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.17
	0.00	23.20	62.40	0.22	0.33	5.96	0.07	0.31	0.01	0.07	0.21	6.45	0.01	0.01	0.02	0.04	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.35	0.00	0.09	0.03	0.02	0.00	0.17
	1.13	23.00	61.20	0.26	0.39	6.01	0.06	0.31	0.02	0.06	0.20	6.56	0.00	0.01	0.03	0.04	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.38	0.00	0.11	0.03	0.00	0.00	0.17
E19 - M1	0.86	26.30	60.60	0.14	0.27	6.43	0.07	0.31	0.00	0.07	0.56	3.75	0.00	0.01	0.01	0.04	0.02	0.03	0.00	0.02	0.00	0.34	0.00	0.05	0.03	0.00	0.00	0.09
	0.75	26.10	60.70	0.21	0.29	6.37	0.06	0.30	0.01	0.07	0.57	3.83	0.01	0.02	0.00	0.05	0.03	0.03	0.00	0.02	0.00	0.41	0.00	0.07	0.00	0.03	0.00	0.09
	0.00	26.10	61.70	0.14	0.28	6.37	0.07	0.30	0.01	0.07	0.58	3.71	0.01	0.01	0.01	0.04	0.02	0.03	0.00	0.02	0.00	0.33	0.00	0.09	0.00	0.03	0.00	0.09
	1.55	26.90	59.30	0.20	0.27	6.36	0.06	0.30	0.01	0.07	0.57	3.72	0.01	0.02	0.01	0.05	0.02	0.03	0.00	0.02	0.00	0.39	0.00	0.06	0.00	0.02	0.00	0.09
E19 - M2	1.72	22.00	53.70	0.31	3.43	4.65	0.19	0.38	0.00	0.07	1.32	9.04	0.00	0.01	0.07	1.50	0.18	0.01	0.00	0.02	0.00	0.28	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	1.02
	2.62	22.80	51.70	0.25	3.52	4.70	0.20	0.35	0.01	0.07	1.33	9.19	0.00	0.01	0.06	1.51	0.17	0.01	0.00	0.01	0.00	0.26	0.00	0.11	0.00	0.04	0.00	1.06
	0.14	22.60	54.10	0.23	3.47	4.77	0.20	0.39	0.01	0.07	1.39	9.28	0.00	0.02	0.06	1.56	0.19	0.02	0.00	0.02	0.00	0.31	0.00	0.10	0.00	0.04	0.00	1.04
	0.00	22.60	54.30	0.00	3.56	4.86	0.20	0.34	0.01	0.08	1.39	9.34	0.02	0.02	0.06	1.57	0.20	0.01	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.12	0.00	0.06	0.00	1.07
E20 - M1	0.45	19.60	59.10	0.36	0.89	4.72	0.13	0.43	0.01	0.09	1.84	10.30	0.00	0.00	0.04	1.21	0.09	0.02	0.01	0.01	0.00	0.25	0.00	0.16	0.00	0.02	0.00	0.30
	0.00	19.50	59.60	0.32	0.85	4.75	0.11	0.42	0.02	0.09	1.86	10.40	0.00	0.00	0.04	1.21	0.09	0.02	0.00	0.02	0.00	0.25	0.00	0.16	0.00	0.01	0.00	0.30
	0.02	20.00	58.70	0.35	0.87	4.80	0.12	0.45	0.01	0.09	1.86	10.60	0.00	0.01	0.05	1.23	0.09	0.02	0.01	0.02	0.00	0.27	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.32
	1.04	20.40	57.40	0.34	0.90	4.77	0.11	0.44	0.02	0.10	1.88	10.40	0.03	0.02	0.05	1.23	0.09	0.02	0.00	0.02	0.00	0.28	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.31
E20 - M2	0.00	17.10	55.50	0.31	5.26	4.12	0.43	0.40	0.01	0.08	2.27	9.96	0.00	0.03	0.10	3.16	0.15	0.01	0.00	0.02	0.00	0.20	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.76
	0.00	17.10	55.90	0.32	5.22	4.08	0.42	0.39	0.00	0.07	2.20	9.86	0.00	0.03	0.07	3.09	0.14	0.00	0.00	0.02	0.00	0.19	0.00	0.10	0.00	0.04	0.00	0.75

	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	NiO	CuO	ZnO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Rb	Sr	ZrO <sub>2</sub>	MoO <sub>3</sub>	SnO <sub>2</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CeO <sub>2</sub>	HfO <sub>2</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	WO <sub>3</sub>	PbO
	0.00	17.80	55.40	0.00	5.17	4.07	0.44	0.43	0.00	0.07	2.26	9.84	0.00	0.03	0.09	3.12	0.14	0.01	0.00	0.02	0.00	0.24	0.00	0.11	0.00	0.02	0.00	0.76
	0.34	17.00	55.40	0.35	5.29	4.05	0.45	0.40	0.00	0.07	2.32	9.84	0.00	0.03	0.09	3.10	0.14	0.01	0.00	0.02	0.00	0.19	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.75
E21 - M1	1.11	20.40	61.70	0.22	0.93	5.43	1.85	0.37	0.00	0.08	2.62	4.51	0.00	0.01	0.01	0.29	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.17	0.00	0.07	0.00	0.02	0.00	0.14
	0.00	19.90	63.30	0.20	0.97	5.38	1.82	0.35	0.00	0.08	2.65	4.60	0.00	0.00	0.01	0.29	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.18	0.00	0.05	0.00	0.01	0.00	0.14
	0.00	20.90	61.90	0.23	1.00	5.48	1.84	0.37	0.00	0.08	2.66	4.65	0.00	0.01	0.01	0.29	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.22	0.00	0.07	0.00	0.01	0.00	0.14
	0.00	21.10	61.80	0.27	1.00	5.40	1.83	0.35	0.01	0.08	2.65	4.58	0.00	0.01	0.01	0.29	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.06	0.00	0.01	0.00	0.14
	1.00	28.30	56.30	0.24	1.27	7.38	0.35	0.59	0.01	0.05	0.86	2.80	0.00	0.00	0.01	0.31	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
E21 - M2	1.20	27.60	57.20	0.29	1.15	7.25	0.40	0.57	0.00	0.06	0.84	2.66	0.00	0.00	0.01	0.29	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
	0.00	27.90	57.80	0.29	1.24	7.33	0.39	0.58	0.01	0.05	0.82	2.79	0.00	0.01	0.01	0.29	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.08
	0.00	27.70	57.90	0.26	1.21	7.36	0.38	0.58	0.00	0.06	0.86	2.81	0.00	0.01	0.01	0.30	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	0.36	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.09

**b) Resultados de la zona de La Pangui.**

	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	NiO	CuO	ZnO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Se	Rb	ZrO <sub>2</sub>	SnO <sub>2</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CeO <sub>2</sub>	HfO <sub>2</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	WO <sub>3</sub>	PbO
EP1-M1	1.79	17.10	68.00	0.15	0.18	4.44	0.13	0.19	0.01	0.07	0.12	7.29	0.02	0.00	0.03	0.02	0.02	0.00	0.02	0.01	0.31	0.00	0.10	0.00	0.03	0.00	0.00
	0.00	16.80	69.90	0.11	0.18	4.57	0.09	0.21	0.01	0.07	0.12	7.39	0.02	0.01	0.03	0.01	0.02	0.00	0.03	0.01	0.29	0.00	0.11	0.03	0.01	0.00	0.00
	0.00	18.10	68.70	0.13	0.14	4.52	0.10	0.20	0.01	0.07	0.12	7.29	0.02	0.01	0.04	0.01	0.02	0.00	0.03	0.00	0.31	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	17.70	69.20	0.15	0.16	4.47	0.10	0.19	0.01	0.07	0.12	7.36	0.02	0.01	0.04	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.30	0.00	0.10	0.03	0.00	0.00	0.00
EP1-M2	0.15	18.40	68.80	0.16	2.39	5.11	0.04	0.28	0.00	0.07	0.09	3.90	0.00	0.00	0.04	0.08	0.00	0.00	0.03	0.01	0.32	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.05
	1.30	19.30	66.60	0.00	2.51	5.15	0.05	0.29	0.01	0.07	0.10	4.02	0.02	0.02	0.05	0.10	0.00	0.00	0.03	0.00	0.33	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00	0.05
	0.44	19.00	67.60	0.16	2.52	5.14	0.04	0.27	0.01	0.07	0.09	3.99	0.00	0.01	0.05	0.09	0.00	0.00	0.02	0.02	0.33	0.00	0.05	0.02	0.00	0.00	0.05
	0.00	19.30	67.80	0.17	2.63	5.15	0.05	0.27	0.01	0.06	0.09	3.99	0.00	0.01	0.04	0.08	0.00	0.00	0.03	0.01	0.29	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.05
EP1-M3	1.30	18.00	70.50	0.12	1.38	4.70	0.03	0.14	0.00	0.06	0.09	3.19	0.00	0.00	0.07	0.03	0.01	0.00	0.03	0.00	0.34	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00
	0.50	18.10	71.30	0.00	1.39	4.72	0.04	0.13	0.00	0.06	0.09	3.21	0.00	0.00	0.07	0.03	0.01	0.00	0.02	0.01	0.30	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00
	2.36	18.30	69.20	0.14	1.36	4.70	0.02	0.14	0.00	0.06	0.09	3.17	0.00	0.00	0.08	0.03	0.01	0.00	0.03	0.01	0.32	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00
	0.00	18.40	71.00	0.13	1.49	4.86	0.04	0.14	0.00	0.06	0.09	3.30	0.00	0.00	0.08	0.03	0.01	0.00	0.03	0.01	0.32	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
EP1-M4	1.58	19.40	69.50	0.00	0.13	5.08	0.04	0.16	0.00	0.06	0.08	3.53	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.03	0.00	0.31	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00
	0.00	19.90	70.50	0.00	0.15	5.15	0.04	0.16	0.00	0.06	0.08	3.57	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.03	0.00	0.29	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	19.60	70.60	0.12	0.13	5.15	0.03	0.17	0.00	0.06	0.08	3.60	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.32	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.06
	0.00	19.30	70.80	0.12	0.14	5.15	0.04	0.17	0.01	0.06	0.08	3.61	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.03	0.01	0.34	0.00	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00
EP1-M5	0.00	19.20	71.20	0.00	0.18	4.89	0.07	0.30	0.00	0.07	0.09	3.50	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.02	0.28	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.06
	0.42	19.50	70.40	0.00	0.15	5.02	0.06	0.32	0.01	0.07	0.09	3.55	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.29	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00	0.06
	0.00	19.80	70.40	0.00	0.16	5.02	0.06	0.31	0.01	0.07	0.09	3.58	0.01	0.01	0.02	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.33	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.06
	0.00	19.40	71.00	0.00	0.16	4.96	0.06	0.31	0.01	0.07	0.09	3.55	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.30	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.06
EP2-M1	0.83	20.30	68.20	0.17	1.42	5.27	0.09	0.38	0.01	0.07	0.11	2.42	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.29	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.32
	0.41	20.30	68.50	0.17	1.43	5.32	0.07	0.39	0.01	0.07	0.12	2.44	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.32	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00	0.31
	1.07	20.60	67.80	0.13	1.39	5.26	0.09	0.37	0.01	0.07	0.11	2.40	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.29	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.32
	0.40	20.40	68.40	0.13	1.41	5.39	0.07	0.39	0.02	0.07	0.12	2.47	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.33	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.33
EP2-M2	2.67	19.30	64.40	0.25	3.06	4.82	0.11	0.34	0.01	0.07	0.12	4.24	0.00	0.01	0.01	0.09	0.01	0.00	0.02	0.01	0.28	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.11
	0.00	19.30	66.20	0.24	3.28	5.11	0.11	0.36	0.02	0.08	0.13	4.51	0.02	0.02	0.01	0.10	0.01	0.00	0.02	0.01	0.29	0.00	0.08	0.00	0.02	0.00	0.10
	1.08	19.30	65.10	0.25	3.31	4.99	0.12	0.36	0.02	0.08	0.13	4.48	0.02	0.03	0.01	0.10	0.01	0.00	0.02	0.01	0.31	0.00	0.07	0.00	0.03	0.00	0.11

	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	NiO	CuO	ZnO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Se	Rb	ZrO <sub>2</sub>	SnO <sub>2</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CeO <sub>2</sub>	HfO <sub>2</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	WO <sub>3</sub>	PbO	
	0.00	19.20	66.70	0.24	3.24	4.92	0.10	0.36	0.01	0.07	0.13	4.41	0.00	0.01	0.01	0.10	0.01	0.00	0.02	0.02	0.34	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
EP3-M1	0.00	18.90	69.30	0.13	0.19	6.95	0.05	0.24	0.00	0.06	0.08	3.50	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	0.00	0.45	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
	0.00	18.40	69.70	0.00	0.18	7.10	0.05	0.23	0.00	0.06	0.08	3.53	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	0.01	0.44	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
	0.11	18.30	69.10	0.19	0.18	7.22	0.11	0.24	0.00	0.06	0.10	3.78	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.04	0.01	0.38	0.00	0.07	0.03	0.00	0.00	0.00	0.06
	0.33	18.40	68.70	0.19	0.17	7.28	0.11	0.24	0.00	0.06	0.09	3.78	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.04	0.01	0.42	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
EP3-M2	0.00	9.08	29.90	0.27	3.20	2.29	0.11	0.38	0.04	0.11	0.29	51.60	0.00	0.02	0.18	0.30	0.71	0.00	0.01	0.00	0.21	0.00	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84
	0.00	8.72	29.20	0.35	3.22	2.29	0.32	0.39	0.04	0.11	0.30	52.30	0.00	0.02	0.18	0.30	0.72	0.00	0.01	0.00	0.19	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87
	0.00	9.07	29.70	0.33	3.23	2.32	0.11	0.36	0.04	0.11	0.29	51.70	0.00	0.03	0.16	0.29	0.72	0.00	0.01	0.00	0.19	0.00	0.45	0.00	0.05	0.00	0.85	
	0.00	8.04	29.40	0.24	3.33	2.24	0.32	0.38	0.04	0.11	0.30	52.80	0.00	0.03	0.19	0.30	0.73	0.00	0.01	0.00	0.18	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.86	
EP4-M1	4.14	24.70	46.50	0.00	5.86	6.48	0.05	0.73	0.01	0.07	0.15	9.39	0.03	0.02	0.05	1.09	0.02	0.00	0.03	0.05	0.40	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
	5.34	24.20	46.70	0.00	5.54	6.28	0.14	0.74	0.02	0.07	0.16	9.05	0.00	0.01	0.05	1.04	0.02	0.00	0.02	0.04	0.35	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
	5.40	24.90	44.40	0.00	6.15	6.63	0.04	0.74	0.02	0.07	0.15	9.57	0.00	0.03	0.05	1.09	0.03	0.00	0.02	0.04	0.43	0.00	0.12	0.00	0.01	0.00	0.00	0.09
	4.45	24.20	46.30	0.33	5.86	6.50	0.11	0.75	0.01	0.07	0.16	9.42	0.00	0.02	0.06	1.08	0.02	0.00	0.03	0.04	0.40	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
EP4-M2	2.92	29.90	53.60	0.25	0.35	7.96	0.10	0.98	0.02	0.05	0.10	3.07	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.05	0.06	0.44	0.00	0.04	0.03	0.01	0.00	0.00	0.06
	0.00	30.00	55.90	0.20	0.34	8.31	0.10	0.99	0.02	0.05	0.11	3.20	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.04	0.06	0.47	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.06
	0.00	30.10	56.00	0.19	0.34	8.15	0.10	1.02	0.02	0.05	0.10	3.15	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.05	0.06	0.49	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06
	1.79	30.10	54.20	0.23	0.35	8.18	0.09	1.02	0.02	0.05	0.10	3.16	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.05	0.06	0.49	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.05
EP5-M1	0.39	18.30	66.00	0.22	3.25	4.89	0.09	0.23	0.00	0.06	0.19	5.03	0.00	0.01	0.01	0.33	0.22	0.00	0.02	0.01	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39
	0.43	18.40	66.00	0.14	3.10	4.85	0.26	0.22	0.00	0.06	0.19	5.01	0.00	0.00	0.01	0.32	0.23	0.00	0.02	0.01	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38
	0.75	19.00	65.00	0.00	3.23	4.91	0.11	0.23	0.00	0.06	0.20	5.11	0.02	0.02	0.01	0.34	0.23	0.00	0.02	0.01	0.30	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40
	0.00	18.50	66.10	0.22	3.19	4.99	0.11	0.21	0.00	0.06	0.19	5.11	0.00	0.00	0.01	0.32	0.23	0.00	0.02	0.01	0.30	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39
EP5-M2	2.22	20.30	63.20	0.23	2.33	5.23	0.08	0.32	0.01	0.06	0.19	5.13	0.02	0.01	0.00	0.10	0.05	0.00	0.03	0.01	0.28	0.00	0.07	0.00	0.03	0.00	0.19	
	0.00	20.40	65.00	0.23	2.33	5.28	0.06	0.34	0.01	0.06	0.20	5.21	0.02	0.01	0.01	0.10	0.05	0.00	0.03	0.01	0.33	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.20	
	2.67	21.00	62.00	0.00	2.33	5.29	0.07	0.34	0.02	0.06	0.19	5.19	0.02	0.02	0.02	0.10	0.05	0.00	0.03	0.02	0.30	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.20	
	0.00	20.60	65.20	0.19	2.24	5.30	0.07	0.35	0.01	0.06	0.19	5.14	0.00	0.00	0.01	0.10	0.05	0.00	0.03	0.01	0.29	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.19	
EP5-M3	0.55	19.60	70.50	0.19	1.02	4.89	0.15	0.18	0.00	0.05	0.24	2.10	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.03	0.01	0.26	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	0.08	
	2.12	20.50	67.90	0.00	1.05	5.04	0.17	0.18	0.00	0.05	0.24	2.16	0.01	0.00	0.01	0.16	0.00	0.00	0.03	0.01	0.29	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.07	
	0.00	19.20	71.10	0.21	1.02	5.11	0.18	0.17	0.00	0.06	0.25	2.12	0.01	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.02	0.00	0.27	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.08	
	0.00	20.40	69.70	0.16	1.12	5.15	0.17	0.18	0.00	0.06	0.24	2.22	0.01	0.00	0.01	0.17	0.00	0.00	0.03	0.01	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	

	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	NiO	CuO	ZnO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Se	Rb	ZrO <sub>2</sub>	SnO <sub>2</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CeO <sub>2</sub>	HfO <sub>2</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	WO <sub>3</sub>	PbO
EP5-M4	0.00	21.60	67.10	0.16	1.37	5.48	0.07	0.32	0.01	0.05	0.16	3.11	0.00	0.00	0.01	0.09	0.01	0.00	0.03	0.00	0.35	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.08
	0.00	23.40	65.20	0.11	1.26	5.74	0.10	0.32	0.01	0.05	0.16	3.12	0.00	0.00	0.01	0.10	0.02	0.00	0.03	0.01	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
	0.60	21.60	66.80	0.00	1.25	5.53	0.09	0.30	0.01	0.05	0.16	3.05	0.00	0.00	0.01	0.09	0.01	0.00	0.03	0.02	0.29	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.08
	0.00	23.40	65.10	0.12	1.27	5.79	0.09	0.31	0.01	0.05	0.16	3.10	0.00	0.00	0.01	0.09	0.02	0.00	0.03	0.02	0.31	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.08
EP6 - M1	1.83	19.60	67.00	0.00	0.61	5.54	0.38	0.31	0.02	0.07	0.40	3.51	0.01	0.01	0.02	0.10	0.00	0.00	0.02	0.00	0.34	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.16
	1.78	20.10	66.60	0.00	0.63	5.59	0.37	0.29	0.02	0.07	0.42	3.46	0.01	0.01	0.02	0.10	0.00	0.00	0.02	0.02	0.30	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.17
	2.19	20.30	66.20	0.00	0.51	5.62	0.40	0.27	0.01	0.07	0.43	3.41	0.00	0.01	0.02	0.10	0.00	0.00	0.02	0.00	0.27	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.16
	0.60	20.50	67.40	0.00	0.53	5.62	0.39	0.30	0.01	0.07	0.42	3.44	0.00	0.01	0.01	0.10	0.00	0.00	0.02	0.01	0.27	0.00	0.05	0.00	0.03	0.00	0.16
EP6 - M2	2.91	19.00	59.60	0.00	3.16	5.30	1.87	0.24	0.01	0.07	1.70	4.99	0.00	0.03	0.04	0.60	0.01	0.00	0.02	0.00	0.16	0.00	0.07	0.02	0.00	0.00	0.16
	0.25	18.90	62.10	0.00	3.14	5.42	1.87	0.27	0.01	0.08	1.76	5.09	0.00	0.02	0.04	0.61	0.01	0.00	0.02	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
	0.79	19.60	60.70	0.00	3.19	5.45	1.91	0.24	0.00	0.08	1.75	5.12	0.00	0.02	0.04	0.61	0.01	0.00	0.02	0.00	0.22	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.16
	2.75	19.70	58.50	0.35	3.03	5.53	1.89	0.26	0.02	0.07	1.75	5.06	0.00	0.02	0.04	0.61	0.02	0.00	0.02	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
EP6 - M3	1.88	22.50	64.90	0.00	0.59	6.14	0.19	0.30	0.00	0.06	0.37	2.54	0.00	0.01	0.02	0.04	0.00	0.00	0.03	0.00	0.31	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.09
	1.72	22.40	65.30	0.00	0.58	6.06	0.19	0.30	0.01	0.06	0.40	2.47	0.00	0.01	0.02	0.04	0.01	0.00	0.02	0.00	0.36	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.08
	1.29	22.50	65.40	0.00	0.64	6.09	0.19	0.31	0.01	0.06	0.38	2.55	0.00	0.01	0.02	0.04	0.01	0.00	0.03	0.00	0.33	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.09
	1.02	23.00	65.00	0.00	0.60	6.17	0.20	0.29	0.01	0.07	0.40	2.60	0.01	0.02	0.02	0.04	0.01	0.00	0.03	0.00	0.26	0.00	0.06	0.00	0.00	0.01	0.09
EP7 - M1	0.21	20.90	66.50	0.24	1.76	5.63	0.22	0.29	0.00	0.06	0.17	3.27	0.00	0.01	0.01	0.27	0.00	0.00	0.02	0.00	0.35	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.10
	0.91	20.10	67.20	0.00	1.63	5.55	0.22	0.26	0.00	0.06	0.16	3.15	0.00	0.01	0.01	0.26	0.00	0.00	0.02	0.00	0.36	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.11
	0.46	21.00	66.30	0.00	1.71	5.65	0.21	0.28	0.00	0.07	0.17	3.24	0.01	0.02	0.01	0.27	0.01	0.00	0.02	0.00	0.36	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.11
	1.69	20.90	65.10	0.00	1.71	5.69	0.24	0.32	0.01	0.06	0.17	3.22	0.00	0.01	0.01	0.26	0.00	0.00	0.02	0.02	0.41	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.10
EP7 - M2	0.08	22.00	61.50	0.00	2.02	6.35	1.52	0.29	0.00	0.06	1.32	3.89	0.00	0.02	0.01	0.36	0.01	0.00	0.03	0.00	0.34	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.18
	1.56	21.20	60.50	0.29	2.04	6.20	1.57	0.33	0.01	0.07	1.31	3.96	0.00	0.02	0.01	0.34	0.01	0.00	0.03	0.00	0.32	0.00	0.04	0.02	0.02	0.00	0.17
	0.39	21.90	60.90	0.00	2.18	6.36	1.60	0.28	0.01	0.06	1.34	4.04	0.00	0.02	0.02	0.35	0.01	0.00	0.03	0.01	0.28	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.17
	0.03	21.10	62.40	0.27	1.98	6.22	1.55	0.28	0.01	0.06	1.30	3.88	0.00	0.02	0.02	0.34	0.01	0.00	0.03	0.02	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18
EP7 - M3	3.41	20.80	63.70	0.23	0.31	5.20	0.09	0.35	0.01	0.08	0.18	4.86	0.01	0.02	0.02	0.03	0.06	0.00	0.02	0.02	0.35	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.19
	2.88	20.30	65.10	0.00	0.36	5.08	0.08	0.36	0.02	0.08	0.18	4.82	0.01	0.02	0.01	0.03	0.06	0.00	0.02	0.00	0.30	0.00	0.08	0.00	0.03	0.00	0.19
	2.77	20.70	64.70	0.00	0.36	5.19	0.07	0.37	0.01	0.07	0.18	4.87	0.00	0.02	0.02	0.03	0.06	0.00	0.02	0.02	0.34	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.18
	2.19	21.10	64.70	0.19	0.32	5.23	0.09	0.36	0.02	0.08	0.18	4.82	0.01	0.02	0.02	0.03	0.06	0.00	0.02	0.01	0.33	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.18
EP7 - M4	3.24	20.00	60.30	0.00	3.27	5.30	0.38	0.30	0.01	0.07	0.44	5.07	0.02	0.03	0.03	0.98	0.03	0.00	0.02	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23

	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	NiO	CuO	ZnO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Se	Rb	ZrO <sub>2</sub>	SnO <sub>2</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CeO <sub>2</sub>	HfO <sub>2</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	WO <sub>3</sub>	PbO
	4.30	19.10	60.10	0.00	3.37	5.18	0.40	0.28	0.01	0.07	0.45	5.12	0.00	0.03	0.02	0.98	0.03	0.00	0.02	0.00	0.29	0.00	0.08	0.00	0.02	0.00	0.22
	0.22	18.60	63.90	0.27	3.37	5.37	0.40	0.30	0.01	0.07	0.47	5.29	0.02	0.03	0.03	1.02	0.04	0.00	0.02	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23
	1.34	19.10	62.70	0.26	3.28	5.27	0.40	0.29	0.01	0.07	0.46	5.08	0.02	0.03	0.02	1.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.23
EP7 - M5	2.98	21.30	61.90	0.00	2.02	5.72	0.41	0.34	0.01	0.06	0.30	4.09	0.01	0.02	0.02	0.13	0.01	0.00	0.02	0.02	0.29	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.21
	1.57	21.40	62.80	0.00	2.18	5.76	0.42	0.33	0.01	0.06	0.31	4.30	0.01	0.03	0.02	0.13	0.01	0.00	0.02	0.01	0.36	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.20
	0.77	21.40	64.30	0.00	1.99	5.63	0.41	0.33	0.02	0.07	0.29	4.02	0.00	0.01	0.02	0.12	0.01	0.00	0.02	0.00	0.30	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.20
	1.23	21.50	63.30	0.27	1.94	5.75	0.41	0.32	0.01	0.06	0.30	4.08	0.01	0.02	0.02	0.12	0.01	0.00	0.03	0.00	0.33	0.00	0.05	0.02	0.00	0.00	0.20
EP8 - M1	0.00	19.40	58.40	0.00	3.87	5.63	1.81	0.33	0.00	0.07	1.66	5.70	0.00	0.03	0.04	1.80	0.23	0.00	0.00	0.02	0.32	0.00	0.06	0.00	0.03	0.00	0.60
	0.00	20.40	57.30	0.00	3.71	5.74	1.84	0.34	0.00	0.07	1.68	5.66	0.02	0.04	0.04	1.81	0.25	0.00	0.02	0.02	0.30	0.00	0.07	0.00	0.05	0.00	0.62
	0.00	19.60	59.10	0.00	3.64	5.53	1.77	0.32	0.00	0.07	1.60	5.47	0.00	0.02	0.05	1.76	0.22	0.00	0.02	0.02	0.23	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.59
	0.00	19.50	59.00	0.00	3.87	5.49	1.76	0.32	0.00	0.06	1.62	5.44	0.00	0.03	0.06	1.74	0.22	0.00	0.02	0.00	0.22	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.59
EP8 - M2	1.99	22.50	56.10	0.00	1.87	6.13	3.41	0.35	0.01	0.07	1.54	4.56	0.00	0.03	0.03	0.54	0.02	0.00	0.02	0.02	0.29	0.19	0.05	0.00	0.00	0.00	0.26
	0.79	21.40	59.70	0.33	1.65	5.58	3.17	0.33	0.00	0.07	1.42	4.13	0.02	0.00	0.02	0.46	0.03	0.00	0.02	0.00	0.40	0.23	0.04	0.00	0.00	0.00	0.23
	1.37	22.50	56.30	0.00	1.99	6.02	3.44	0.38	0.00	0.07	1.55	4.77	0.02	0.04	0.03	0.52	0.03	0.00	0.02	0.02	0.34	0.19	0.09	0.00	0.00	0.00	0.27
	1.58	22.20	56.40	0.00	1.88	6.08	3.49	0.38	0.00	0.07	1.56	4.74	0.01	0.03	0.03	0.55	0.03	0.00	0.02	0.02	0.36	0.19	0.08	0.00	0.00	0.00	0.27
EP9 - M1	1.25	6.29	51.10	0.00	8.47	1.81	0.12	0.17	0.03	0.12	0.20	10.10	0.00	0.14	0.07	0.30	0.00	0.04	0.00	0.00	0.42	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	19.10
	0.91	6.01	52.10	0.00	8.57	1.81	0.09	0.17	0.03	0.13	0.21	10.10	0.00	0.14	0.07	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	18.70
	2.99	6.41	54.30	0.00	5.11	1.69	0.08	0.17	0.02	0.12	0.20	9.78	0.00	0.13	0.00	0.29	0.00	0.04	0.00	0.00	0.33	0.00	0.15	0.00	0.66	0.00	17.30
	1.44	5.98	51.00	0.00	8.27	1.79	0.11	0.17	0.03	0.13	0.20	10.30	0.00	0.15	0.08	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	19.30
EP9 - M2	3.03	5.89	53.20	0.00	11.00	1.45	0.10	0.17	0.03	0.10	0.25	18.30	0.00	0.08	0.13	0.27	0.12	0.01	0.00	0.02	0.20	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	5.60
	1.40	6.66	52.70	0.63	10.90	1.47	0.10	0.17	0.02	0.10	0.25	18.60	0.00	0.09	0.05	0.28	0.12	0.02	0.00	0.02	0.19	0.00	0.22	0.00	0.25	0.00	5.72
	0.18	5.77	54.90	0.00	11.10	1.50	0.12	0.18	0.03	0.11	0.26	18.90	0.00	0.09	0.06	0.29	0.12	0.01	0.00	0.02	0.17	0.00	0.00	0.02	0.25	0.00	5.87
	1.45	6.40	53.10	0.00	11.00	1.49	0.11	0.17	0.03	0.10	0.26	18.80	0.00	0.09	0.06	0.28	0.10	0.01	0.00	0.02	0.21	0.00	0.25	0.00	0.26	0.00	5.83
EP9 - M3	4.08	5.15	48.40	0.00	13.60	1.22	0.13	0.20	0.03	0.15	0.42	20.90	0.00	0.08	0.12	1.06	0.19	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.16
	2.59	5.71	49.10	0.00	13.70	1.23	0.17	0.19	0.03	0.15	0.42	21.00	0.00	0.07	0.12	1.07	0.24	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.04
	2.27	5.21	50.20	0.00	13.80	1.23	0.14	0.18	0.03	0.15	0.41	20.70	0.00	0.07	0.08	1.04	0.21	0.00	0.00	0.03	0.08	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	4.04
	1.62	4.92	53.60	0.00	13.40	1.15	0.12	0.17	0.02	0.15	0.39	19.40	0.00	0.04	0.10	0.97	0.23	0.01	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.61
EP9 - M4	7.69	7.76	37.20	0.79	19.50	1.54	0.08	0.19	0.02	0.08	0.20	22.30	0.00	0.08	0.15	0.40	0.22	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.64
	4.80	6.98	39.20	0.77	20.00	1.58	0.08	0.20	0.02	0.08	0.21	23.10	0.00	0.08	0.14	0.41	0.28	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.23	0.00	0.07	0.00	1.69

	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	NiO	CuO	ZnO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Se	Rb	ZrO <sub>2</sub>	SnO <sub>2</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CeO <sub>2</sub>	HfO <sub>2</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	WO <sub>3</sub>	PbO	
	5.20	7.03	39.80	0.82	20.00	1.55	0.09	0.19	0.02	0.08	0.20	22.50	0.00	0.08	0.15	0.41	0.26	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.64
	6.60	6.85	38.40	0.72	19.70	1.59	0.08	0.18	0.01	0.08	0.20	22.60	0.00	0.08	0.13	0.41	0.27	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.22	0.00	0.08	0.00	0.00	1.70
EP9 - M5	7.15	5.54	23.20	1.04	23.50	1.04	0.08	0.20	0.03	0.11	0.20	26.70	0.00	0.16	0.09	0.60	0.48	0.02	0.00	0.03	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.60
	0.00	4.84	27.70	1.04	24.90	1.09	0.09	0.20	0.02	0.11	0.22	28.00	0.00	0.17	0.10	0.65	0.45	0.02	0.00	0.04	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.10
	0.00	5.80	27.40	1.11	24.50	1.10	0.10	0.21	0.02	0.11	0.22	27.90	0.00	0.15	0.09	0.64	0.49	0.00	0.00	0.03	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.94
	0.00	4.99	27.60	1.10	24.90	1.08	0.10	0.21	0.03	0.11	0.22	28.10	0.00	0.16	0.10	0.63	0.47	0.02	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00
EP10 - M1	0.69	20.50	68.40	0.00	0.42	5.44	0.08	0.31	0.01	0.07	0.10	3.35	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.02	0.02	0.40	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
	1.59	22.40	65.20	0.00	0.41	5.71	0.10	0.31	0.01	0.08	0.11	3.47	0.01	0.02	0.00	0.03	0.03	0.00	0.02	0.00	0.34	0.00	0.06	0.00	0.04	0.00	0.00	0.07
	0.91	21.50	66.90	0.00	0.45	5.49	0.10	0.33	0.01	0.07	0.11	3.46	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.33	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
	0.99	20.90	67.30	0.00	0.47	5.62	0.08	0.33	0.01	0.07	0.11	3.51	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.00	0.02	0.00	0.36	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
EP10 - M2	2.95	19.60	65.10	0.14	1.93	5.09	0.08	0.35	0.01	0.07	0.13	3.36	0.00	0.01	0.03	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57
	2.17	20.60	64.40	0.00	1.94	5.31	0.07	0.36	0.00	0.07	0.13	3.52	0.00	0.01	0.04	0.33	0.00	0.00	0.02	0.00	0.36	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63
	0.89	19.90	66.50	0.15	1.94	5.23	0.08	0.35	0.00	0.07	0.13	3.45	0.00	0.01	0.00	0.33	0.00	0.00	0.02	0.02	0.33	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.60
	2.53	20.40	64.60	0.00	1.83	5.25	0.07	0.34	0.00	0.07	0.13	3.44	0.00	0.01	0.03	0.32	0.00	0.00	0.02	0.00	0.33	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.62
EP10 - M3	1.16	20.10	67.30	0.00	1.21	4.96	0.06	0.33	0.01	0.08	0.39	3.58	0.02	0.02	0.01	0.16	0.01	0.00	0.02	0.00	0.36	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
	0.58	19.90	68.00	0.00	1.19	5.02	0.07	0.34	0.01	0.08	0.39	3.60	0.02	0.01	0.01	0.17	0.01	0.00	0.02	0.00	0.34	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
	1.17	19.20	68.30	0.12	1.17	4.88	0.06	0.34	0.00	0.07	0.38	3.58	0.00	0.00	0.00	0.16	0.01	0.00	0.02	0.01	0.36	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
	3.28	19.60	65.70	0.00	1.17	4.90	0.08	0.35	0.01	0.07	0.40	3.68	0.01	0.02	0.00	0.16	0.01	0.00	0.02	0.02	0.31	0.00	0.08	0.00	0.03	0.00	0.00	0.10
EP11 - M1	1.19	18.20	72.00	0.00	0.00	4.48	0.17	0.41	0.01	0.11	0.11	2.83	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.02	0.27	0.00	0.05	0.00	0.00	0.01	0.07	
	2.44	17.70	71.00	0.19	0.00	4.42	0.16	0.41	0.01	0.12	0.10	2.86	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.32	0.00	0.07	0.03	0.03	0.00	0.07	
	1.27	18.30	71.70	0.00	0.01	4.53	0.16	0.40	0.01	0.11	0.11	2.86	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.30	0.00	0.06	0.04	0.00	0.00	0.07	
	0.37	18.10	72.80	0.15	0.01	4.38	0.15	0.42	0.01	0.11	0.11	2.84	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.37	0.00	0.07	0.04	0.00	0.00	0.07	
EP11 - M2	0.58	18.70	68.00	0.00	1.39	4.75	0.09	0.37	0.01	0.08	0.28	4.87	0.02	0.01	0.01	0.25	0.06	0.00	0.02	0.02	0.31	0.00	0.09	0.03	0.02	0.00	0.06	
	0.70	19.00	67.60	0.00	1.44	4.74	0.09	0.37	0.01	0.08	0.28	4.91	0.01	0.02	0.02	0.25	0.05	0.00	0.02	0.00	0.32	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.06	
	1.58	18.80	67.10	0.00	1.38	4.63	0.10	0.37	0.01	0.08	0.29	4.85	0.01	0.02	0.02	0.25	0.05	0.00	0.00	0.02	0.32	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.06	
	0.33	19.10	67.60	0.19	1.46	4.79	0.10	0.37	0.01	0.08	0.28	4.94	0.00	0.02	0.01	0.25	0.06	0.00	0.02	0.02	0.30	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.06	
EP11 - M3	2.44	19.90	67.50	0.18	0.09	4.54	0.08	0.38	0.01	0.08	0.10	4.08	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.27	0.00	0.09	0.00	0.04	0.00	0.12	
	1.72	19.70	68.50	0.00	0.00	4.55	0.06	0.34	0.01	0.08	0.10	4.21	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.03	0.31	0.00	0.10	0.03	0.02	0.00	0.13	
	4.67	20.60	64.70	0.18	0.08	4.53	0.07	0.34	0.02	0.08	0.10	4.05	0.01	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.32	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.13	

	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	NiO	CuO	ZnO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Se	Rb	ZrO <sub>2</sub>	SnO <sub>2</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CeO <sub>2</sub>	HfO <sub>2</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	WO <sub>3</sub>	PbO
	1.31	19.90	68.80	0.00	0.07	4.59	0.07	0.35	0.01	0.08	0.10	4.12	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.03	0.26	0.00	0.07	0.03	0.03	0.00	0.13
EP12 - M1	1.96	24.40	63.00	0.00	0.04	6.13	0.06	0.34	0.02	0.07	0.14	3.19	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.45	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.08
	2.49	24.60	62.50	0.00	0.03	6.07	0.05	0.28	0.01	0.06	0.14	3.13	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.41	0.00	0.08	0.04	0.00	0.01	0.08
	0.97	24.40	63.90	0.00	0.04	6.19	0.06	0.33	0.02	0.07	0.14	3.19	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.43	0.00	0.06	0.00	0.04	0.00	0.09
	0.87	23.90	64.40	0.00	0.03	6.31	0.06	0.32	0.02	0.06	0.15	3.23	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.35	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.08
EP12 - M2	1.41	18.70	66.10	0.00	0.09	4.80	0.05	0.34	0.02	0.08	0.17	7.48	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.00	0.03	0.00	0.33	0.00	0.13	0.00	0.00	0.01	0.19
	0.72	19.40	65.50	0.17	0.13	4.97	0.06	0.35	0.02	0.08	0.17	7.69	0.00	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.02	0.02	0.31	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.17
	1.43	19.20	64.90	0.00	0.27	4.92	0.05	0.34	0.03	0.08	0.17	7.78	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.39	0.00	0.12	0.00	0.03	0.00	0.18
	0.92	19.80	64.40	0.00	0.15	5.17	0.07	0.36	0.03	0.09	0.18	7.94	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.00	0.03	0.02	0.28	0.00	0.12	0.04	0.04	0.01	0.19
EP13 - M1	5.50	22.50	51.70	0.46	0.23	4.83	0.07	0.67	0.05	0.08	1.10	12.10	0.00	0.02	0.06	0.03	0.04	0.00	0.02	0.00	0.32	0.00	0.19	0.02	0.00	0.00	0.05
	3.42	22.00	53.90	0.35	0.19	4.88	0.06	0.68	0.05	0.09	1.17	12.40	0.00	0.02	0.06	0.03	0.04	0.00	0.03	0.02	0.34	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.05
	2.47	22.10	54.60	0.40	0.19	4.97	0.05	0.66	0.05	0.09	1.14	12.40	0.00	0.02	0.06	0.03	0.04	0.00	0.03	0.00	0.33	0.00	0.18	0.02	0.01	0.00	0.05
	3.80	21.80	53.40	0.38	0.21	5.00	0.05	0.68	0.05	0.08	1.16	12.50	0.00	0.03	0.06	0.03	0.04	0.00	0.03	0.02	0.36	0.00	0.20	0.02	0.00	0.00	0.05
EP13 - M2	0.91	17.60	62.40	0.00	0.43	4.06	0.05	0.42	0.03	0.08	0.29	12.90	0.03	0.02	0.05	0.04	0.12	0.00	0.01	0.00	0.27	0.00	0.20	0.02	0.01	0.00	0.09
	1.14	17.40	62.70	0.00	0.43	4.03	0.06	0.41	0.03	0.09	0.30	12.60	0.03	0.02	0.06	0.03	0.13	0.00	0.02	0.00	0.25	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.08
	2.39	18.30	59.80	0.21	0.42	4.13	0.06	0.42	0.04	0.09	0.30	13.00	0.02	0.03	0.06	0.04	0.13	0.00	0.01	0.00	0.23	0.00	0.18	0.02	0.00	0.00	0.09
	3.13	18.10	59.70	0.00	0.40	4.10	0.04	0.42	0.04	0.09	0.29	12.80	0.00	0.02	0.06	0.04	0.13	0.00	0.02	0.00	0.30	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.09



## Anexo 2. Cálculo de Na<sub>2</sub>O (%) a partir de Na (ppm)

Muestra (ejemplo)	Datos
E1-M1	Lectura AA.= 2.46 mg/L Peso muestra: 1.5 gr Aforo: 100 ml

Formula:

$$Na = 2.46_{mg/L} \times 0.1_L = 0.246 mg$$

$$Na\% = \frac{0.246_{ppm} \times 0.001_{gr}}{1.5_{gr}} = 0.0164 \%$$

$$Na_2O\% = Na \% \times \left( \frac{\text{peso molecular } Na_2O}{\text{peso atomico } Na} \right)$$

$$Na_2O\% = 0.0164 \% \times \left( \frac{62}{23} \right)$$

$$Na_2O = 0.044\%$$

**Anexo 3. Resultados de la técnica de disolución de sodio con ácido salicílico.**

**a) Resultados de las muestras de la zona de La Pangui.**

<b>Técnica con Ácido Salicílico de La Pangui</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Na ppm</b>	<b>Na %</b>	<b>Na<sub>2</sub>O %</b>
EP1-M1	1.75	0.01	0.03
EP1-M2	1.99	0.01	0.04
EP1-M3	1.68	0.01	0.03
EP1-M4	1.57	0.01	0.03
EP1-M5	1.68	0.01	0.03
EP2-M1	2.01	0.01	0.04
EP2-M2	1.59	0.01	0.03
EP3-M1	1.53	0.01	0.03
EP3-M2	1.57	0.01	0.03
EP4-M1	0.89	0.01	0.02
EP4-M2	1.40	0.01	0.03
EP5-M1	1.34	0.01	0.02
EP5-M2	1.23	0.01	0.02
EP5-M3	1.65	0.01	0.03
EP5-M4	1.28	0.01	0.02
EP6-M1	1.89	0.01	0.03
EP6-M2	1.47	0.01	0.03
EP6-M3	1.52	0.01	0.03
EP7-M1	1.57	0.01	0.03
EP7-M2	1.40	0.01	0.03
EP7-M3	1.80	0.01	0.03
EP7-M4	1.21	0.01	0.02
EP7-M5	1.42	0.01	0.03
EP8-M1	1.30	0.01	0.02
EP8-M2	1.82	0.01	0.03
EP9-M1	1.60	0.01	0.03
EP9-M2	1.36	0.01	0.02
EP9-M3	1.49	0.01	0.03
EP9-M4	1.56	0.01	0.03
EP9-M5	1.55	0.01	0.03
EP10-M1	1.60	0.01	0.03
EP10-M2	1.57	0.01	0.03
EP10-M3	1.09	0.01	0.02
EP11-M1	2.07	0.01	0.04
EP11-M2	1.64	0.01	0.03
EP11-M3	1.79	0.01	0.03
EP12-M1	1.51	0.01	0.03
EP12-M2	1.76	0.01	0.03
EP13-M1	2.02	0.01	0.04
EP13-M2	1.76	0.01	0.03
EP13-M3	0.67	0.00	0.01
EP14-M1	1.85	0.01	0.03
EP14-M2	1.90	0.01	0.03

b) Resultados de las muestras de la zona de La Herradura.

Técnica con Ácido Salicílico de La Herradura			
Muestra	Na ppm	Na %	Na <sub>2</sub> O %
E1 - M1	2.46	0.02	0.04
E1 - M2	1.62	0.01	0.03
E1 - M3	1.91	0.01	0.03
E2 - M1	1.95	0.01	0.04
E2 - M2	1.36	0.01	0.02
E3 - M1	1.52	0.01	0.03
E3 - M2	1.71	0.01	0.03
E4 - M1	1.28	0.01	0.02
E4 - M2	1.29	0.01	0.02
E5 - M1	1.53	0.01	0.03
E5 - M2	1.72	0.01	0.03
E6 - M1	1.72	0.01	0.03
E6 - M2	1.39	0.01	0.02
E7 - M1	2.37	0.02	0.04
E7 - M2	2.15	0.01	0.04
E8 - M1	2.46	0.02	0.04
E8 - M2	2.03	0.01	0.04
E8 - M3	1.32	0.01	0.02
E9 - M1	1.16	0.01	0.02
E9 - M2	1.78	0.01	0.03
E10 - M1	2.40	0.02	0.04
E10 - M2	1.40	0.01	0.03
E11 - M1	1.74	0.01	0.03
E11 - M2	2.25	0.02	0.04
E12 - M1	1.58	0.01	0.03
E12 - M2	2.42	0.02	0.04
E13 - M1	1.73	0.01	0.03
E13 - M2	2.79	0.02	0.05
E14 - M1	0.79	0.01	0.01
E15 - M1	0.85	0.01	0.02
E15 - M2	1.68	0.01	0.03
E15 - M3	1.11	0.01	0.02
E16 - M1	0.71	0.00	0.01
E16 - M2	1.61	0.01	0.03
E17 - M1	0.96	0.01	0.02
E17 - M2	1.67	0.01	0.03
E18 - M1	1.26	0.01	0.02
E18 - M2	1.52	0.01	0.03
E18 - M3	2.07	0.01	0.04
E19 - M1	1.73	0.01	0.03
E19 - M2	1.71	0.01	0.03
E20 - M1	2.69	0.02	0.05
E20 - M2	2.03	0.01	0.04
E21 - M1	2.29	0.02	0.04
E21 - M2	1.24	0.01	0.02

#### Anexo 4. Cálculo del factor de corrección para disolución de sodio.

Para el cálculo del factor con el que las concentraciones de sodio obtenidos aplicando la técnica de ácido salicílico fueron corregidas, se realizó:

- Transformar las unidades de concentración de sodio (ppm a mg/g) obtenidas tanto con el ácido salicílico como con el fluorhídrico, de las muestras E16-M1 y EP13-M3 de las zonas de La Herradura y La Pangui respectivamente:

Muestra	Ácido fluorhídrico		Ácido salicílico	
	Na ppm	Na mg/g	Na ppm	Na mg/g
E16-M1 (LH)	9.068	2.267	0.713	0.048
E16-M3 (LP)	8.939	2.23475	0.665	0.0443

- Aplicar la formula:

$$FC = \frac{Na \frac{mg}{g} \text{ con ácido fluorhídrico}}{Na \frac{mg}{g} \text{ con ácido salicílico}}$$

#### Factor para La Herradura

$$FC = \frac{2.267 \frac{mg}{g}}{0.048 \frac{mg}{g}} = 47.69$$

#### Factor para La Pangui

$$FC = \frac{2.23475 \frac{mg}{g}}{0.0443 \frac{mg}{g}} = 50.41$$

**Anexo 5. Estándares para la curva de calibración.**

<b>Metal</b>	<b>Concentración (ppm)</b>
Sodio	1
	2.5
	5

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{1_{ppm} \times 25_{ml}}{1000_{ppm}} = 0.025_{ml}$$

$$V_1 = \frac{2.5_{ppm} \times 25_{ml}}{1000_{ppm}} = 0.0625_{ml}$$

$$V_1 = \frac{5_{ppm} \times 25_{ml}}{1000_{ppm}} = 0.125_{ml}$$

## Anexo 6. Análisis estadístico (Análisis exploratorio de datos).

Este análisis se realizó con la finalidad de:

- Realizar la operación clausura de los datos.
- Calcular los parámetros de tendencia central de los datos: media, mediana.
- Analizar la dispersión de datos mediante: varianza, desviación estándar y coeficiente de asimetría.
- Examinar la distribución de datos, mediante gráficas de frecuencias (histogramas).

### Operación clausura

Una composición válida debe tener todas las componentes positivas y su suma debe ser igual o menor a un total que normalmente es 1, 100%, etc., que aportan información relativa sobre la importancia de varios componentes de un sistema.

$$c = X_1 + X_2 + X_3 \dots + X_n = X_t$$

$$c = \frac{X_1 + X_2 + X_3 \dots + X_n}{X_t} \times 100$$

### Media

Entre las medidas de centralidad esta la media, que de acuerdo a la cantidad de datos que se analizan, es la medida aritmética, obteniendo un promedio general y que da la idea del centro de distribución de los datos.

$$X = \frac{X_1 + X_2 + X_3 \dots + X_n}{N}$$

### Mediana

Es la observación equidistante de los extremos, dando así otra idea del centro de distribución de datos, representa el 50% de una proporción acumulada.

### Varianza y Desviación estándar

La varianza es el valor de la media de los cuadrados de las diferencias entre cada valor de la variable y la media aritmética de la distribución.

$$s^2 = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2 \dots + (x_n - \bar{x})^2}{(n - 1)} = \frac{\sum(x_1 - \bar{x})^2}{(n - 1)}$$

La desviación estándar o típica es la raíz cuadrada de la varianza, expresa la medida de dispersión de la distribución de los datos.

$$s = \sqrt{s^2}$$

### **Coefficiente de asimetría**

Es la medida estadística que da la concentración de la masa de valores a cada lado de la media aritmética, si este valor es igual a cero, la distribución es simétrica, si este valor está por encima de cero la masa de valores está por debajo del valor de la media (asimetría positiva), por el contrario si el valor está por debajo de cero (asimetría negativa) la masa de valores está por encima del valor de la media aritmética. (Medida de Fisher).

$$As = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^3}{nS^3}$$

## Anexo 7. Composición mineral normativa (CIPW).

### a) Composición mineral normativa de la zona de la Herradura.

Cálculo de la norma CIPW La Herradura													
Muestras	Q	Hy	Ab	Or	An	Cor	Il	Mt	Ap	Py	Ru	Hm	Otros
E1 - M1	19.54	7.06	17.52	35.58	0.00	15.42	1.01	2.58	0.30	0.25	0.00	0.00	0.75
E1 - M2	29.12	0.00	12.05	30.19	0.00	13.64	0.00	0.00	0.76	11.55	0.49	2.21	0.00
E1 - M3	22.00	0.00	14.03	31.62	0.00	12.03	0.00	0.00	0.99	15.87	0.48	2.98	0.00
E2 - M1	25.90	9.43	13.96	29.96	0.00	11.88	0.55	5.00	0.42	1.68	0.00	0.00	1.22
E2 - M2	36.21	4.95	9.82	29.37	0.00	12.33	0.36	3.39	0.56	2.21	0.00	0.00	0.81
E3 - M1	23.36	5.08	10.92	39.06	0.00	13.23	0.55	1.13	0.67	4.41	0.00	0.55	1.04
E3 - M2	15.64	9.22	12.27	39.36	0.00	15.53	1.08	2.28	0.76	3.29	0.00	0.00	0.58
E4 - M1	31.03	10.67	10.07	29.13	0.00	12.83	0.55	2.71	0.74	1.51	0.00	0.00	0.77
E4 - M2	34.88	5.06	9.39	31.85	0.00	13.44	0.59	2.78	0.51	0.81	0.00	0.00	0.69
E5 - M1	39.43	2.17	11.34	29.61	0.00	15.07	1.39	0.00	0.14	0.02	0.08	0.30	0.45
E5 - M2	33.32	5.92	12.44	29.08	0.00	12.28	0.78	3.47	0.70	0.95	0.00	0.00	1.07
E6 - M1	19.20	7.46	12.35	39.54	0.00	16.14	0.55	2.99	0.44	0.57	0.00	0.00	0.77
E6 - M2	33.38	5.95	10.07	32.50	0.00	13.02	0.66	3.06	0.51	0.15	0.00	0.00	0.70
E7 - M1	22.21	5.23	16.92	34.69	0.00	16.31	1.01	0.46	0.49	1.82	0.00	0.34	0.52
E7 - M2	27.46	0.00	15.65	32.74	0.00	11.97	0.64	0.00	0.58	8.08	0.00	2.09	0.79
E8 - M1	19.14	1.34	17.57	41.53	0.00	11.85	0.00	0.00	0.95	6.01	0.50	1.11	0.00
E8 - M2	22.23	0.00	14.98	0.00	0.00	12.42	0.00	0.00	0.86	10.62	0.33	1.78	36.78
E8 - M3	3.70	4.68	9.75	39.65	0.00	7.34	0.00	0.00	1.41	28.83	0.42	4.22	0.00
E9 - M1	21.70	7.02	8.38	35.87	0.30	13.00	0.08	0.00	0.00	9.61	0.38	2.37	1.30
E9 - M2	12.88	0.00	12.75	23.52	0.00	7.23	0.00	0.00	1.78	35.63	0.34	5.87	0.00
E10 - M1	28.19	1.00	17.09	34.63	0.00	10.30	0.21	0.00	0.60	5.66	0.16	1.37	0.78
E10 - M2	22.73	0.00	10.24	43.26	0.00	11.53	0.18	0.00	0.95	7.85	0.37	1.92	0.98
E11 - M1	12.82	6.92	12.52	42.19	13.35	7.25	0.76	1.51	0.65	1.36	0.00	0.00	0.66
E11 - M2	18.35	2.08	16.33	39.71	9.24	9.60	0.72	1.39	0.72	1.21	0.00	0.00	0.65
E12 - M1	24.40	10.29	11.34	36.52	0.00	13.86	0.65	1.65	0.49	0.32	0.00	0.00	0.49
E12 - M2	20.26	3.53	17.26	40.13	0.20	13.10	0.68	1.67	0.51	1.91	0.00	0.00	0.75
E13 - M1	28.82	5.53	12.35	35.10	0.00	14.71	0.65	1.68	0.30	0.28	0.00	0.00	0.58
E13 - M2	23.24	2.80	19.80	37.35	0.00	13.89	0.74	0.78	0.32	0.55	0.00	0.00	0.52
E14 - M1	32.40	5.13	5.67	36.29	0.00	17.92	0.63	0.90	0.44	0.21	0.00	0.00	0.41
E15 - M1	40.12	0.00	6.52	19.86	1.80	8.04	0.63	3.07	0.28	16.79	0.00	1.05	1.86
E15 - M2	22.60	6.16	12.02	36.94	0.00	14.93	1.03	2.23	0.65	2.78	0.00	0.00	0.68
E15 - M3	28.98	2.92	8.07	30.58	0.00	12.36	0.00	0.00	0.78	13.50	0.32	2.48	0.00
E16 - M1	30.43	4.30	5.16	36.52	0.00	15.27	0.97	2.00	0.72	3.80	0.00	0.00	0.85
E16 - M2	25.12	1.44	11.85	35.99	1.98	12.68	0.55	1.53	0.00	7.49	0.00	0.46	0.92
E17 - M1	30.36	2.04	7.02	34.98	0.00	16.21	0.08	0.00	0.67	6.26	0.28	1.51	0.59
E17 - M2	29.25	5.09	12.02	33.33	0.96	13.46	0.53	1.73	0.49	2.50	0.00	0.00	0.65
E18 - M1	29.17	6.31	9.14	35.64	0.00	14.70	0.49	2.96	0.49	0.25	0.00	0.00	0.85
E18 - M2	24.11	3.17	10.92	40.72	0.00	15.73	0.61	1.17	0.56	2.46	0.00	0.00	0.56
E18 - M3	24.43	7.58	14.81	34.51	0.00	13.34	0.59	2.75	0.56	0.70	0.00	0.00	0.72
E19 - M1	24.53	5.31	12.35	37.29	0.00	16.81	0.57	1.61	0.39	0.57	0.00	0.00	0.56
E19 - M2	23.82	5.92	12.44	28.19	0.00	15.03	0.70	4.03	0.46	7.44	0.00	0.00	1.97
E20 - M1	21.62	11.27	19.38	27.95	0.00	10.85	0.82	4.51	0.79	1.84	0.00	0.00	0.98
E20 - M2	29.21	1.99	14.98	24.52	0.55	9.95	0.78	4.38	0.58	11.30	0.00	0.00	1.76
E21 - M1	23.01	7.07	16.42	31.62	7.48	8.57	0.68	1.97	0.53	2.04	0.00	0.00	0.63
E21 - M2	21.76	1.98	8.97	43.02	0.12	18.03	1.10	1.19	0.63	2.57	0.00	0.00	0.63



b) Composición mineral normativa de la zona de la Herradura.

Cálculo de la norma CIPW La Pangui														
Muestras	Q	An	Hy	Ab	Or	OI	Ap	Py	Il	Cor	Ru	Mt	Hm	Otros
EP1-M1	36.96	0.00	9.27	13.12	26.00	0.00	0.30	0.34	0.36	9.75	0.00	3.12	0.00	0.79
EP1-M2	36.00	0.00	1.57	14.98	29.84	0.00	0.28	5.24	0.00	10.30	0.27	0.00	1.17	0.35
EP1-M3	41.10	0.00	2.89	12.69	27.60	0.00	0.28	2.93	0.27	10.40	0.00	1.35	0.02	0.48
EP1-M4	38.43	0.00	5.90	11.76	29.67	0.00	0.28	0.28	0.30	11.41	0.00	1.52	0.00	0.46
EP1-M5	39.91	0.00	4.12	12.61	28.78	0.00	0.30	0.34	0.57	11.36	0.00	1.51	0.00	0.51
EP2-M1	35.74	0.00	1.67	15.15	30.85	0.00	0.35	2.95	0.13	11.47	0.30	0.00	0.72	0.67
EP2-M2	34.46	0.00	4.87	11.91	28.61	0.00	0.56	6.67	0.00	11.28	0.35	0.00	1.29	0.00
EP3-M1	31.27	0.00	3.97	11.59	41.49	0.00	0.28	0.38	0.44	8.36	0.00	1.57	0.00	0.66
EP3-M2	0.00	0.00	13.64	12.02	13.47	21.29	0.70	6.87	0.72	3.93	0.00	22.66	0.00	4.70
EP4-M1	9.37	0.00	12.11	6.85	38.41	0.00	0.49	12.47	0.00	16.25	0.74	0.00	2.82	0.49
EP4-M2	12.19	0.00	6.55	10.49	47.10	0.00	0.49	0.72	1.86	18.70	0.00	1.33	0.00	0.56
EP5-M1	38.69	0.00	1.49	10.24	28.78	0.00	0.46	6.72	0.00	11.14	0.22	0.00	1.51	0.74
EP5-M2	33.70	0.00	4.83	9.31	30.67	0.00	0.51	4.81	0.63	12.82	0.00	1.78	0.30	0.64
EP5-M3	39.06	0.00	3.29	12.35	29.25	0.00	0.42	2.18	0.32	11.78	0.00	0.86	0.04	0.45
EP5-M4	35.95	0.00	1.97	9.65	32.80	0.00	0.28	2.69	0.59	14.26	0.00	1.23	0.06	0.53
EP6-M1	31.31	0.58	6.13	14.22	32.50	0.00	0.46	1.19	0.55	10.87	0.00	1.48	0.00	0.71
EP6-M2	25.51	7.12	5.11	11.17	31.79	0.00	0.76	6.59	0.47	8.55	0.00	2.19	0.00	0.73
EP6-M3	30.58	0.00	4.92	11.42	35.69	0.00	0.35	1.25	0.57	13.55	0.00	1.09	0.00	0.58
EP7-M1	34.79	0.00	2.02	11.93	32.92	0.00	0.46	3.56	0.53	12.14	0.00	0.15	0.85	0.63
EP7-M2	25.65	6.32	2.61	10.58	36.70	0.00	0.49	4.22	0.55	10.48	0.00	1.67	0.00	0.74
EP7-M3	29.11	0.00	10.29	13.62	30.14	0.00	0.35	0.70	0.68	12.27	0.00	2.07	0.00	0.76
EP7-M4	31.47	0.43	5.63	9.22	31.20	0.00	0.53	7.06	0.00	11.81	0.29	0.00	1.53	0.82
EP7-M5	31.03	0.79	4.01	10.75	33.15	0.00	0.44	4.26	0.61	12.62	0.00	0.98	0.53	0.83
EP8-M1	21.38	7.08	7.27	9.82	32.38	0.00	0.53	8.14	0.61	9.40	0.00	1.51	0.61	1.27
EP8-M2	13.21	15.92	6.10	13.79	35.69	0.00	0.37	4.09	0.68	7.19	0.00	2.03	0.00	0.92
EP9-M1	34.28	0.00	4.11	12.02	10.64	0.00	0.28	16.22	0.00	1.86	0.17	0.00	3.00	17.43
EP9-M2	38.13	0.00	3.76	10.32	8.69	0.00	1.44	23.16	0.00	2.54	0.17	0.00	5.56	6.24
EP9-M3	34.49	0.00	6.53	11.34	7.09	0.00	0.35	28.86	0.00	1.55	0.18	0.00	6.11	3.51
EP9-M4	14.55	0.00	14.31	11.35	8.77	0.00	1.70	39.76	0.00	2.96	0.18	0.00	6.43	0.00
EP9-M5	0.40	0.00	20.82	11.42	5.91	0.00	2.46	48.73	0.00	1.95	0.18	0.00	7.67	0.46
EP10-M1	36.78	0.00	4.20	12.02	30.97	0.00	0.37	1.00	0.59	12.14	0.00	1.42	0.00	0.52
EP10-M2	33.36	0.00	5.26	11.93	30.55	0.00	0.25	4.01	0.35	12.00	0.17	0.00	1.02	1.10
EP10-M3	43.11	0.00	3.15	8.21	28.01	0.00	0.25	2.52	0.61	12.07	0.00	1.52	0.00	0.54
EP11-M1	40.28	0.00	5.30	15.65	25.88	0.00	0.42	0.00	0.76	9.99	0.00	1.22	0.00	0.50
EP11-M2	38.54	0.00	3.40	12.44	27.66	0.00	0.44	2.97	0.70	11.21	0.00	2.10	0.00	0.55
EP11-M3	34.78	0.00	9.40	13.54	26.53	0.00	0.42	0.13	0.66	12.26	0.00	1.77	0.00	0.51
EP12-M1	27.96	0.00	6.41	11.42	35.99	0.00	0.58	0.06	0.59	15.18	0.00	1.36	0.00	0.45
EP12-M2	31.89	0.00	9.10	13.28	28.96	0.00	0.58	0.34	0.65	11.11	0.00	3.31	0.00	0.79
EP13-M1	12.67	0.00	21.02	15.32	28.72	0.00	0.90	0.42	1.25	13.57	0.00	5.31	0.00	0.81
EP13-M2	28.31	0.00	15.18	13.28	23.87	0.00	0.32	0.89	0.78	10.69	0.00	5.52	0.00	1.14
EP13-M3	26.69	0.00	17.29	4.99	27.89	0.00	0.70	0.51	1.14	14.50	0.00	5.36	0.00	0.92
EP14-M1	27.26	0.00	16.25	13.71	23.99	0.00	0.51	0.87	0.78	10.12	0.00	5.45	0.00	1.06
EP14-M2	28.99	0.00	14.87	14.13	23.40	0.00	0.46	0.87	0.76	10.04	0.00	5.41	0.00	1.07

## Anexo 8. Ubicación geográfica de puntos de muestreo

### a) Puntos de muestreo del sector La Herradura

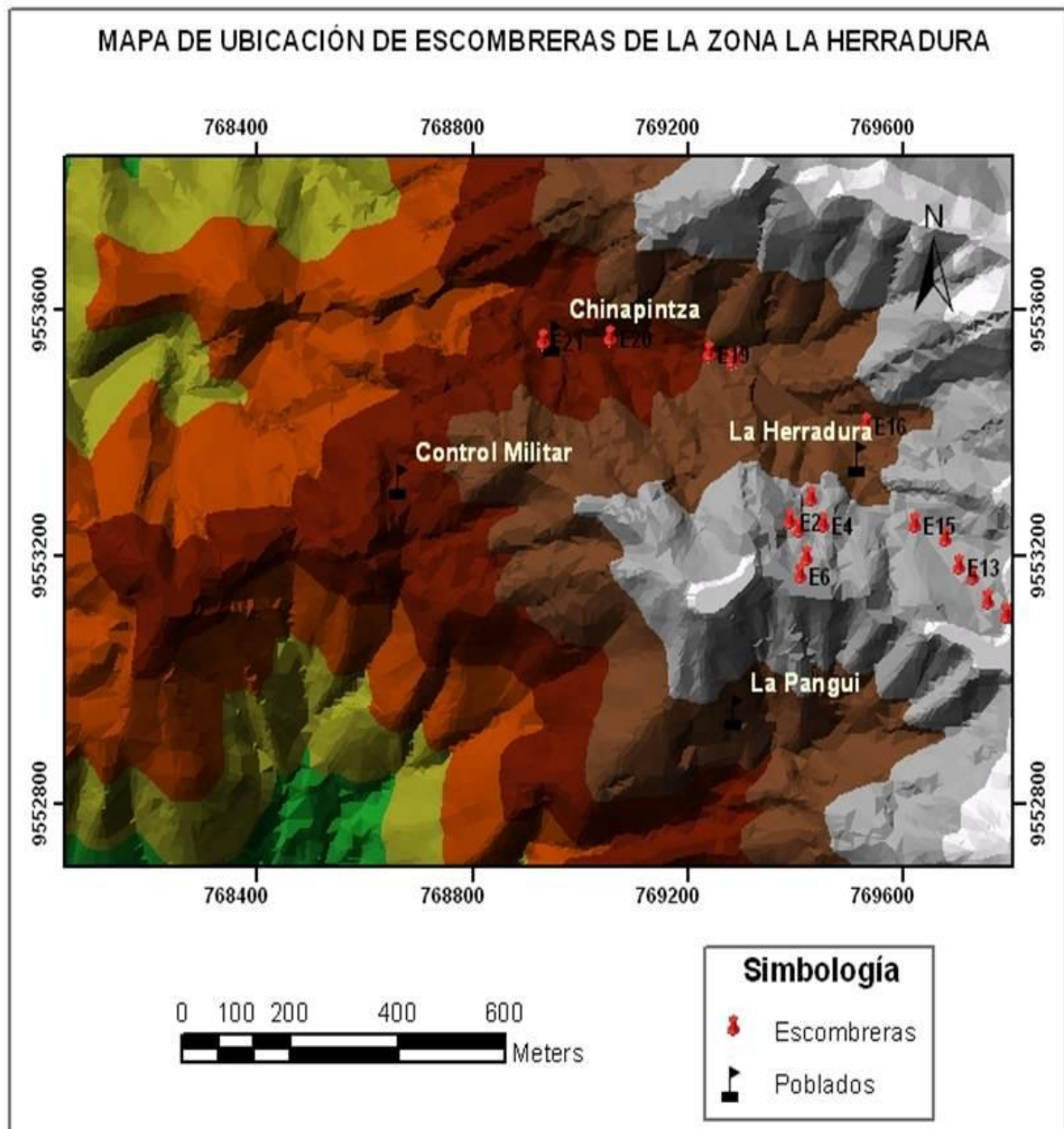
Ubicación Datum WGS 84	Puntos de muestreo	N° muestras
X: 769426 Y: 9553288 Z: 1807	E1	3
X: 769388 Y: 9553252 Z: 1848	E2	2
X: 769405 Y: 9553238 Z: 1838	E3	2
X: 769449 Y: 9553246 Z: 1822	E4	2
X: 769418 Y: 9553192 Z: 1844	E5	2
X: 769407 Y: 9553164 Z: 1867	E6	2
X: 769843 Y: 9553142 Z: 1884	E7	2
X: 769808 Y: 9553110 Z: 1887	E8	3
X: 769798 Y: 9553098 Z: 1895	E9	2
X: 769790 Y: 9553100 Z: 1870	E10	2
X: 769755 Y: 9553120 Z: 1860	E11	2
X: 769726 Y: 9553160 Z: 1847	E12	2
X: 769703 Y: 9553178 Z: 1833	E13	2
X: 769675 Y: 9553222 Z: 1829	E14	1
X: 769619 Y: 9553246 Z: 1828	E15	3
X: 769529 Y: 9553408 Z: 1767	E16	2
X: 769290 Y: 9553514 Z: 1733	E17	2
X: 769281 Y: 9553512 Z: 1731	E18	3
X: 769237 Y: 9553524 Z: 1710	E19	2
X: 769055 Y: 9553550 Z: 1704	E20	2
X: 768929 Y: 9553544 Z: 1699	E21	2

**b) Puntos de muestreo del sector La Pangui**

Ubicación Datum WGS 84	Puntos de muestreo	N° muestras
X: 769933 Y: 9552032 Z: 1902	EP1	5
X: 769371 Y: 9552784 Z: 1751	EP2	2
X: 769510 Y: 9552632 Z: 1786	EP3	2
X: 769574 Y: 9552886 Z: 1783	EP4	2
X: 769463 Y: 9552968 Z: 1763	EP5	4
X: 769278 Y: 9552956 Z: 1771	EP6	3
X: 769304 Y: 9552902 Z: 1763	EP7	5
X: 769355 Y: 9552936 Z: 1746	EP8	2
X: 769100 Y: 9552992 Z: 1777	EP9	5
X: 768838 Y: 9553166 Z: 1712	EP10	3
X: 768815 Y: 9553256 Z: 1720	EP11	3
X: 769394 Y: 9553150 Z: 1874	EP12	2
X: 770156 Y: 9553096 Z: 1935	EP13	3
X: 770072 Y: 9553118 Z: 1910	EP14	2

Anexo 9. Mapa de ubicación geográfica de los puntos de muestreo.

a) Mapa de ubicación de escombreras de la zona La Herradura



b) Mapa de ubicación de escombreras de la zona La Pangui.

