



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

*La Universidad Católica de Loja*

**ÁREA TÉCNICA**

**TÍTULO DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS**

**Caracterización mineralógica de los concentrados de aluvial del sector  
Congüime**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**AUTORA:** Jácome Valdivieso, Nathalia Rosalía

**DIRECTOR:** Sanmartín Gutiérrez, Víctor Aurelio, Mgrt.

**LOJA-ECUADOR**

**2016**



*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>*

2016



*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, 2016

## APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Magíster.

Sanmartín Gutiérrez Víctor Aurelio.

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: Caracterización mineralógica de los concentrados de aluvial del sector Congüime, realizado por Nathalia Rosalía Jácome Valdivieso, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, septiembre de 2016

f).....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo, Nathalia Rosalía Jácome Valdivieso declaro ser autora del presente trabajo de titulación: Caracterización mineralógica de los concentrados de aluvial del sector Congüime, de la Titulación de Geología y Minas, siendo Víctor Aurelio Sanmartín Gutiérrez 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: .....

Autora: Jácome Valdivieso Nathalia Rosalía

Cédula: 1104356884

## DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico principalmente a Dios y a mis padres, Soraya y Gustavo, quienes han sido el motor de mi vida, quienes mueven mi alma y me motivan día a día a ser una mejor persona. Su amor incondicional, a más de motivarme, me ha enseñado que aferrándose a Dios todo es posible y gracias a ustedes he podido alcanzar cada una de las metas que me he propuesto, para que siempre estén orgullosos de mí y sepan que su sabiduría me ha llevado al éxito.

A mi hermana Stephanía, quien ha sido un pilar importante en mi vida ya que con sus consejos he podido lograr lo inalcanzable, quien me ha dado una nueva perspectiva de la vida.

A mi enamorado Daniel, quien no solo me ha acompañado en la ejecución de este proyecto sino que también con su ternura y amor incondicional me alienta cada día y me da ánimos para seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a Dios por bendecir mi camino, por darme la sabiduría necesaria para poder seguir adelante, tomar las decisiones más acertadas y por darme los maravillosos padres que tengo, a quienes a la vez agradezco por la estupenda vida que me han dado, ya que sin su apoyo no podría culminar esta etapa de mi vida.

Agradecerles a los docentes de la titulación de Geología y Minas, por sus valiosas enseñanzas dentro del aula de clases, pero de manera especial, al Ing. Víctor Sanmartín y Juan Carlos Quintuña, por brindarme su tiempo para guiarme en este trabajo y compartir de manera desinteresada todos sus conocimientos.

A mis dos grandes amigos, Francel y David, quienes me han apoyado en los momentos más difíciles de esta etapa de estudios, gracias por todos los memorables momentos de nuestra amistad; a quienes también les deseo el mejor de los éxitos en sus vidas profesionales.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I.....	5
GENERALIDADES .....	5
1.1. Antecedentes.....	6
1.2. Justificación.....	7
1.3. Objetivos.....	8
1.3.1. <i>Objetivo General</i> .....	8
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	8
CAPÍTULO II.....	9
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS-GEOGRÁFICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	9
1.1. Localización geográfica y acceso.....	10
1.2. Clima.....	10
1.3. Flora y fauna.....	11
1.4. Geomorfología.....	11
1.5. Hidrografía.....	11
CAPITULO III.....	13

MARCO GEOLÓGICO .....	13
1.1. Marco Tectónico. ....	14
1.2. Geología Regional. ....	15
1.2.1. Unidad Isimanchi (CM). ....	16
1.2.2. Unidad Piuntza (TrP). ....	16
1.2.3. Unidad Misahuallí (JKM). ....	16
1.2.4. Formación Hollín (KH). ....	17
1.2.5. Batolito de Zamora. ....	17
1.2.6. Pórfido de Chinapintza. ....	17
1.3. Geología Local. ....	18
CAPITULO IV .....	20
METODOLOGÍA .....	20
1.1. Toma de muestra. ....	21
1.2. Preparación de la muestra. ....	23
1.2.1. Peso específico. ....	23
1.2.2. Cribado. ....	24
1.2.3. Concentración en mesa de sacudidas. ....	25
1.2.4. Ensayo granulométrico. ....	27
1.3. Separación magnética. ....	28
1.4. Fluorescencia de rayos X. ....	29
1.5. Difracción de rayos X. ....	30
1.6. Fusión copelación. ....	30
CAPITULO V .....	34
RESULTADOS .....	34
5.1. Toma de muestra. ....	35
5.2. Preparación de la muestra. ....	35

5.2.1. Peso específico. ....	35
5.2.2. Cribado. ....	36
5.2.3. Concentración en mesa de sacudidas. ....	37
5.2.4. Ensayo granulométrico. ....	38
5.3. Separación magnética. ....	38
5.4. Fluorescencia y difracción de rayos X. ....	39
CONCLUSIONES. ....	61
RECOMENDACIONES. ....	62
BIBLIOGRAFÍA. ....	63
ANEXOS. ....	65
ANEXO 1. ENSAYOS DEL PICNÓMETRO. ....	66
ANEXO 2. PORCENTAJE DE MATERIAL RETENIDO Y PASANTE EN LA CRIBA. ....	68
ANEXO 3. TABLA DE INTENSIDADES MAGNÉTICAS. ....	69
ANEXO 4. DIFRACTOGRAMAS. ....	70
ANEXO 5. LEYES DE ORO Y PLATA DEL CONCENTRADO. ....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ruta de acceso Loja-Congüime. ....	10
Figura 2. Río Nangaritza. ....	12
Figura 3. Mapa simplificado de la Geología del Ecuador. ....	15
Figura 4. Geología Regional de la Zona de Estudio. ....	18
Figura 5. Fotografía panorámica de la zona de estudio. ....	19
Figura 6. Imagen Satelital del punto de toma de muestras. ....	21
Figura 7. Clasificador usado en campo. ....	22
Figura 8. Canal clasificador de oro. ....	22
Figura 9. Materiales para peso específico. ....	23
Figura 10. Cribado. ....	25

Figura 11. Concentrado en Mesa de Sacudidas .....	26
Figura 12. Productos de la mesa de Sacudidas .....	26
Figura 13. Ensayo Granulométrico .....	27
Figura 14. Principio de Operación.....	28
Figura 15. Separador magnético CARPCO-LNE.....	28
Figura 16. Condiciones de operación del equipo. ....	29
Figura 17. Equipo de XRF portátil marca Bruker.....	30
Figura 18. Proceso de cuarteo y pulverización.....	31
Figura 19. Preparación de la muestra en los vasos de fundición. ....	32
Figura 20. Doré.....	32
Figura 21. Materiales usados para digestión química.....	33

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas del sitio de estudio.....	21
Tabla 2. Pesos de los puntos muestreados.....	35
Tabla 3. Peso específico del Punto “Nantún” .....	35
Tabla 4. Peso específico Punto “Sauca”.....	36
Tabla 5. Peso específico del concentrado obtenido en mesa .....	36
Tabla 6. Pesos de la Criba punto “Nantún”.....	36
Tabla 7. Pesos de la criba punto “Sauca” .....	37
Tabla 8. Pesos de los resultados del balance de solidos.....	37
Tabla 9. Granulometría .....	38
Tabla 10. Separación magnética del concentrado .....	39
Tabla 11. Separación magnética .....	39
Tabla 12. FRX (M.L.E) Alimentación.....	40
Tabla 13. FRX (S.A) Alimentación .....	40
Tabla 14. Cuantificación por DRX Alimentación Mesa de Sacudidas.....	41
Tabla 15. FRX (M.L.E) Mixtos .....	41
Tabla 16. FRX (S.A) Mixtos.....	42
Tabla 17. Cuantificación por DRX Mixtos Mesa de Sacudidas .....	42
Tabla 18. FRX (M.L.E) Livianos .....	43
Tabla 19. FRX (S.A) Livianos.....	43
Tabla 20. Cuantificación por DRX Livianos Mesa de Sacudidas .....	44

Tabla 21. M.L.E material íntegro de cabeza.....	44
Tabla 22. FRX (S.A) material íntegro de cabeza.....	45
Tabla 23. Cuantificación por DRX del concentrado de cabeza.....	45
Tabla 24. FRX (M.L.E) magnético cabeza.....	46
Tabla 25. FRX (S.A) magnético cabeza .....	46
Tabla 26. Cuantificación por DRX de la muestra de concentrado magnético de cabeza .....	47
Tabla 27. FRX (M.L.E) diamagnético cabeza.....	48
Tabla 28. FRX (S.A) diamagnético cabeza .....	48
Tabla 29. Cuantificación por DRX de la muestra de concentrado diamagnético de cabeza.	49
Tabla 30. FRX (M.L.E) malla #35.....	49
Tabla 31. FRX (S.A) malla #35 .....	50
Tabla 32. Cuantificación por DRX de la muestra malla #35.....	50
Tabla 33. FRX (M.L.E) magnético malla #60.....	51
Tabla 34. FRX (S.A) magnético malla #60 .....	51
Tabla 35. Cuantificación por DRX del material magnético malla #60.....	52
Tabla 36. FRX (M.L.E) diamagnético malla #60.....	52
Tabla 37. FRX (S.A) diamagnético malla #60 .....	53
Tabla 38. Cuantificación por DRX del material diamagnético malla #60 .....	53
Tabla 39. FRX (M.L.E) magnético malla #120.....	54
Tabla 40. FRX (S.A) magnético malla #120 .....	54
Tabla 41. Cuantificación por DRX del material magnético malla #120.....	55
Tabla 42. FRX (M.L.E) diamagnético malla #120.....	56
Tabla 43. FRX (S.A) diamagnético malla #120 .....	56
Tabla 44. Cuantificación por DRX del material diamagnético malla #120.....	57
Tabla 45. FRX (M.L.E) magnético malla -120 .....	58
Tabla 46. FRX (S.A) magnético malla -120 .....	58
Tabla 47. Cuantificación por DRX del material magnético malla -120.....	59
Tabla 48. FRX (M.L.E) diamagnético malla -120.....	59
Tabla 49. FRX (S.A) diamagnético malla -120 .....	60
Tabla 50. Cuantificación por DRX del material diamagnético malla -120.....	60

## RESUMEN

En el presente trabajo de titulación, se realiza una caracterización mineralógica de las muestras de los relaves del aluvial del sector Congüime, Zamora Chinchipe y del concentrado obtenido en laboratorio. Esto permitirá el reconocimiento y la cuantificación de minerales que pueden ser aprovechables en la industria.

Para esto, se ha realizado la visita al sector de estudio, muestreando los relaves de los clasificadores gravimétricos usados por los mineros del sector, para ser concentrado en mesa gravitatoria de sacudidas.

Una vez obtenido este concentrado se somete a distintas pruebas tales como separación magnética, fluorescencia de rayos X, difracción de rayos X, entre otras, las mismas que nos permiten identificar y determinar la cantidad de cada mineral presente en los concentrados antes mencionados.

**PALABRAS CLAVE:** Separación magnética, mesa de sacudidas, ensayo metalúrgico, análisis granulométrico, concentrados aluviales, Congüime.

## ABSTRACT

In the present work of qualification, performs a mineralogical characterization of the samples of the tailings of the sector alluvial Congüime, Zamora Chinchipe and concentrate obtained in the laboratory. This will allow the recognition and Quantification of minerals that may be useful in the industry.

To do this, we have made the visit to the sector of study, sampling the tailings from the gravity classifiers used by the miners of the sector, to be concentrated on gravitational table of jerking. Once you have obtained this concentrate is subjected to various tests such as magnetic separation, X ray fluorescence, x-ray diffraction, among others, the same that allow us to compare and determine the amount of each mineral present in the concentrates before mentioned.

Once you have obtained this concentrate is subjected to various tests such as magnetic separation, X ray fluorescence, x-ray diffraction, among others, the same that allow us to compare and determine the amount of each mineral present in the concentrates before mentioned.

**KEY WORDS:** magnetic separation, shaking platform, metallurgical testing, sieve analysis, alluvial, Congüime concentrates.

## INTRODUCCIÓN

El Oriente ecuatoriano, posee placeres auríferos, los mismos que pertenecen a una enorme provincia aurífera que a su vez abarca toda la cuenca oriental. Pues todos los ríos que nacen en el flanco Este de la cordillera Real atraviesan esta franja, en los que podemos encontrar depósitos aluviales en explotación y otros con contenidos de oro de posible interés económico. (Universidad Nacional de Loja, 2010). En nuestro país se practica la pequeña minería, estas actividades se han ido desarrollando para la explotación de oro, ya sea de yacimientos primarios como Portovelo-Zaruma, Ponce Enríquez, Nambija, Chinapintza, o en depósitos secundarios: placeres o lavaderos de oro ubicados en la rivera de los ríos.

Es importante destacar que, la explotación en pequeña escala, con la ayuda de métodos artesanales se puede aplicar directamente con un reconocimiento rápido de los ríos auríferos indicados. Es así que se determina aproximadamente 4000 kilómetros de longitud sobre 228 ríos que presentan indicios de oro aluvial, muchos de los cuales con alto potencial para mediana y gran minería (Pillajo G., 2008). Tal como nuestro caso de estudio, ubicado en las terrazas aluviales del río Congüime en la provincia de Zamora Chinchipe.

(Paladines, Los Recursos no Renovables del Ecuador, 2005) menciona que al instalar un complejo metalúrgico para fundición de minerales en el suroriente, permitirá prestar servicios a los pequeños mineros y mineros artesanales productores de concentrados, los cuales se pierden, debido a que a los mineros de pequeña escala solo les interesa la recuperación del oro, dejando atrás otros elementos de gran importancia con uso potencial en la industria, tales como: cobre Cu, plata Ag, plomo Pb, Cinc Zn y distintos elementos que se encuentran asociados como: tierras raras, cadmio Cd, indio In, germanio Ge, etc.

Por lo cual, el presente proyecto, tiene como objetivo primordial caracterizar y cuantificar mineralógicamente los concentrados obtenidos en mesa gravitatoria de sacudidas, junto con la ayuda de distintos ensayos de laboratorio, con la finalidad de conocer los distintos minerales existentes, para el aprovechamiento total o parcial de las fracciones que podamos encontrar y así proponerlos como materia prima local, mejorando la industria siderúrgica y su posterior explotación a pequeña o mediana escala.

En los siguientes capítulos se mostrará información sobre la localización del área de estudio, clima, relieve, fauna, etc. Seguido de la descripción a detalle de la geología local y regional, para el contraste de la información mineralógica. El desarrollo de los procesos y pruebas de laboratorio, tanto de la concentración en mesa de sacudidas, clasificación granulométrica

como de los métodos de separación magnética y algunos procesos adicionales que nos permitirán el reconocimiento de los distintos minerales que podamos encontrar.

También se presentará una discusión de los resultados obtenidos para la mejora de los procesos establecidos en el proyecto, lo cual es importante ya que nos ayudará a ir mejorando y perfeccionando las técnicas de tratamiento del concentrado.

Finalmente, el presente trabajo, recoge las conclusiones derivadas del estudio, las recomendaciones propuestas, las referencias citadas y anexos de las distintas fichas y tablas que se usarán a lo largo del proceso.

**CAPÍTULO I**  
**GENERALIDADES**

## 1.1. Antecedentes.

En la actualidad, la minería es considerada como el pilar fundamental en la economía de nuestro país, debido a que poseemos grandes e importantes yacimientos minerales, sobre todo en la región Sur.

Los estudios geológicos-mineros hasta la actualidad, revelan en proporciones cuantificadas, que el Ecuador cuenta con 39 millones de onzas de oro, 190 millones de onzas de plata, 40.000 millones de libras de cobre, 1 millón de libras de molibdeno. (Paladines, Los Recursos no Renovables del Ecuador, 2005). El 80% de estas reservas se ubican en las provincias de Zamora Chinchipe y Morona Santiago. (Paladines & Soto, Geología y Yacimientos Minerales del Ecuador, 2010)

El sector de Congüime (Zamora Chinchipe), pertenece al distrito minero Chinapintza-Santa Bárbara, ubicado en la zona sub-andina de la Cordillera del Cóndor, cerca de la línea de frontera suroriental del Ecuador.

En el que se encuentran aflorando mineralizaciones metálicas en distintos tipos de rocas porfirídicas, que están relacionados con fenómenos con fases hidrotermales, las cuales se alteraron y mineralizaron sobre rocas preexistentes del batolito de Zamora (de edad jurásica). (Universidad Nacional de Loja, 2010)

Aquí, existía la concesión "Maxes", la cual mantuvo trabajos mineros desde el año 2003 hasta el año 2008, momento en el cual se dio el mandato minero y pasó a pertenecer al Estado. Quedando abandonada, ocasionó que los mineros informales abrieran 27 frentes de trabajo, provocando la explotación irracional de los recursos minerales existentes, principalmente de oro. (ENAMI EP, 2012)

La minería irresponsable puede perjudicar no solo en la degradación del medio ambiente, también causa grandes impactos sociales, ya que frente al desconocimiento de los materiales minerales aprovechables, obliga a los habitantes del sector de Congüime a subsistir solamente de la explotación del oro, sin saber que están dejando de lado otros minerales de igual o mayor importancia, que podrían llegar a ser el sustento de la economía no solo para el sector, sino a nivel nacional.

## 1.2. Justificación.

La minería artesanal y a pequeña escala, es la que se practica por cualquier grupo de personas de manera informal y en algunos casos irresponsable, sin medidas de impacto ambiental o social. (Aguirre González, 2016)

Los recursos naturales renovables y no renovables son la base fundamental del desarrollo del país, es decir el aprovechamiento no debe afectar el desarrollo de futuras acciones que se fundamenten en el aprovechamiento racional y ambiental de los otros.

El Art. 138 de la Ley Minera establece que, se considera pequeña minería aquella que, en razón de las características y condiciones geológico mineras de los yacimientos de sustancias minerales metálicas, no metálicas y materiales de construcción, así como de sus parámetros técnicos y económicos, se hace viable su explotación racional en forma directa, sin perjuicio de que le precedan labores de exploración, o de que se realicen simultáneamente las labores de exploración y explotación. (Ecuador Patente nº 517, 2013)

Mientras que, en el Art. 134, menciona que, las actividades en minería artesanal se caracterizan por la utilización de maquinarias y equipos con capacidades limitadas de carga y producción de conformidad con el instructivo aprobado por el directorio de la Agencia de Regulación y Control Minero destinados a la obtención de minerales, cuya comercialización en general permita cubrir las necesidades de la comunidad, de las personas o grupo familiar que las realiza, únicamente, dentro de la circunscripción territorial respecto de la cual se hubiere otorgado el correspondiente permiso. (Ecuador Patente nº 517, 2013)

Es importante resaltar que, la explotación a pequeña escala con la ayuda de métodos artesanales, se puede aplicar directamente con un reconocimiento rápido de los ríos auríferos indicados. Se determina aproximadamente 4000 kilómetros de longitud sobre 228 ríos que presentan indicios de oro aluvial, muchos de los cuales con alto potencial para mediana y gran minería. (Pillajo G., 2008)

Puesto que, a los grupos antes mencionados solo les interesa la recuperación del oro, dejando atrás otros elementos con uso potencial en la industria, tales como: cobre Cu, plata Ag, plomo Pb, Zinc Zn y distintos elementos que se encuentran asociados como: tierras raras, cadmio Cd, indio In, germanio Ge, etc. (Paladines, Los Recursos no Renovables del Ecuador, 2005)

Dado esto, se propone un estudio a detalle de la existencia de otros minerales de gran importancia, para de esta manera tratar de incentivar técnicas de extracción de los mismos,

los cuales nos pueden ayudar a promover otros usos importantes, creando otras alternativas que contribuyan a las soluciones de la problemática ambiental.

### **1.3. Objetivos.**

#### **1.3.1. Objetivo General.**

Caracterizar mineralógicamente los concentrados gravimétricos obtenidos en mesa y por separación magnética.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

- Caracterizar la muestra de cabeza del relave del aluvial del sector Congüime.
- Concentrar gravimétricamente en mesa de sacudidas los relaves de aluvial.
- Determinar el concentrado, mixto y liviano mediante concentración química, por fluorescencia de rayos X y mineralógicamente a través de difracción de rayos X.
- Separar magnéticamente el concentrado obtenido en mesa de sacudidas y separarlo por número de malla, para caracterizarlo mineralógicamente por fluorescencia de rayos X y difracción de rayos X.

## **CAPÍTULO II**

### **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS-GEOGRÁFICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO**

## 1.1. Localización geográfica y acceso.

Congüime se localiza en la provincia de Zamora Chinchipe, Cantón Paquisha, parroquia Nuevo Quito, barrio Congüime, sobre una superficie de 410 Ha. (ENAMI EP, 2012)

El acceso hacia la zona de estudio desde la ciudad de Loja se lo puede hacer por vía terrestre, una vía de primer orden con pavimento de concreto bien señalizada atravesando la Troncal Amazónica (Ruta E45), pasando por los poblados de Zamora, Timbara, Zumbi, Paquisha y Nuevo Quito.

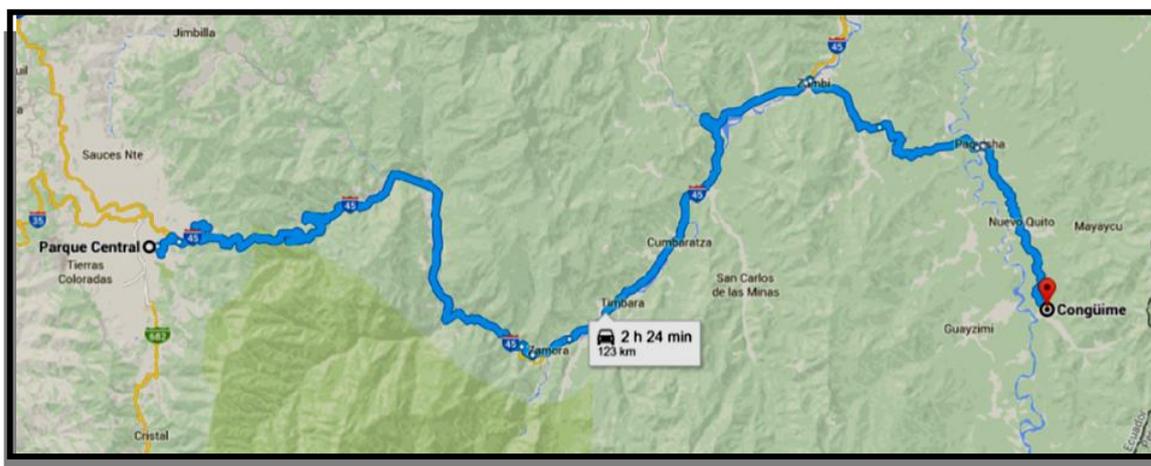


Figura 1. Ruta de acceso Loja-Congüime  
Fuente: Google Maps

## 1.2. Clima.

El clima del área de estudio es húmedo, característico de la región amazónica. Presenta una precipitación anual en un promedio entre 2000 y 3000 mm, pero con mayor intensidad en los meses comprendidos entre marzo y abril. El mes de octubre y noviembre se consideran como épocas secas.

La temperatura promedio es entre 18 y 29°C, con una oscilación térmica de  $\pm 17^{\circ}\text{C}$ , entre los meses más cálidos data aproximadamente 18,7°C, mientras que en los meses más fríos 16°C. (Espinoza Maldonado, 2014)

La humedad relativa del sector es de aproximadamente 84% y debido a este valor tan alto, los valores de evaporación del suelo son bajos. Se encuentra a una altura promedio de 846 m.s.n.m. (Calle Guerrero, 2014)

### **1.3. Flora y fauna.**

El área de estudio está dentro de la Cordillera del Cóndor, la misma que posee una gran biodiversidad debido a su gran extensión y clima, los cuales favorecen a las especies para su óptimo desarrollo.

Existe una diversidad de plantas, entre las más sobresalientes tenemos: ceibo, guayacán, cedro, laurel, palma y la chonta. Además, aquí habitan más del 35% de las especies de aves existentes en Ecuador, misma que tienen un alto grado de endemismo en especies de aves y anfibios. También existen otras especies que se encuentran en peligro de extinción, tales como: tapir, oso de anteojos, en las partes más elevadas de las montañas, casi imperceptibles para el humano. (Calle Guerrero, 2014)

### **1.4. Geomorfología.**

La Zona Subandina representa el lado occidental plegado de la cuenca marginal pre andina, la cual presenta una topografía muy accidentada e irregular, lo que es típico de un relieve montañoso rocoso con pendientes que fluctúan entre moderadamente fuerte a fuerte, por consecuencia, se muestran en algunos paisajes caras empinadas. La topografía varía entre los 1600 y 1900 m.s.n.m. (Calle Guerrero, 2014)

### **1.5. Hidrografía.**

El drenaje principal está conformado por el río Nangaritzza, que es alimentado por todos los drenajes secundarios que nacen en la Cordillera del Cóndor. En el sector Chinapintza-Congüime, producto de la lluvia y la humedad derivada de la neblina que se produce en las montañas altas, desciende agua superficial a través de drenajes naturales, quebradas y ríos, los cuales acarrearán sedimentos gruesos, gravas, sedimentos finos (arenas) y partículas de oro libre, cuyo origen es el intemperismo de las vetas y vetillas de cuarzo-oro-plata-cobre de los yacimientos de Chinapintza y La Panguí; y las vetillas y diseminados cuarzo-cobre-oro-plata de Viche Congüime (Río Congüime). (ENAMI EP, 2012)

Los cauces de las quebradas antes mencionadas tienen una fuerte pendiente, lo cual permite el arrastre de grandes cantidades de todo tipo de sedimentos, los cuales, al llegar a la Cuenca del río Nangaritza (con dirección SN) se depositan.

El drenaje se da por medio de dos fracturamientos principales: la del río Chinapintza, con dirección NW, y la del río Congüime, con sentido SW.



Figura 2. Río Nangaritza  
Fuente: Tesis Espinoza, Jessica 2014

**CAPITULO III**  
**MARCO GEOLÓGICO**

## **1.1. Marco Tectónico.**

El sector de Congüime (Zamora Chinchipe), pertenece al distrito minero Chinapintza-Santa Bárbara, ubicado en la zona subandina de la Cordillera del Cóndor, cerca de la línea de frontera suroriental del Ecuador. (ENAMI EP, 2012)

Esta zona, ha tenido un gran desarrollo, vinculado estrechamente a un Arco Volcánico-Plutónico Continental de Edad Jurásica o Arco Volcánico Continental Misahuallí, que atraviesa todo el territorio nacional y se extiende hacia Perú y Colombia, lo que ha originado un desarrollo metalífero importante en el Corredor Estructural de la Cordillera del Cóndor, misma que está asociada al dominio de la Zona Transversal Puná-Mendez (localizada al Sur del Ecuador), que a su vez forma parte de la transición entre los Andes Nórdicos y los Andes Centrales, denominada deflexión de Huamcabamba (codo tectónico) y está caracterizada por su gran incidencia de Subducción de la placa oceánica debajo de la corteza continental y del Escudo Guayanés-Brasilero de basamento cristalino del Precámbrico-proterozoico. (Calle Guerrero, 2014)

La zona Subandina, representa el lado occidental plegado de la Cuenca Trasarco, con un basamento cristalino, en el que está depositado un complejo pre-orogénico de rocas sedimentarias marinas y continentales, de formaciones metamorfizadas y no metamorfizadas: Pumbuitza, Macuma, y las formaciones Santiago y Chapiza (sedimentos transicionales a vulcano-sedimentos). Para después depositarse las formaciones Hollín, Tena y Napo, que son vulcano-sedimentos marinos someros de edad Cretácica. (Paladines & Soto, Geología y Yacimientos Minerales del Ecuador, 2010)

La zona Subandina, en su mayoría está constituida por sedimentos y rocas volcánicas que van desde el Jurásico hasta el Cretácico, y por sedimentos terciarios recientes en su flanco Oriental. Todas estas rocas han sido intruídas por los batolitos tipo I, durante las edades antes mencionadas, como ocurrió con el Batolito de Zamora.

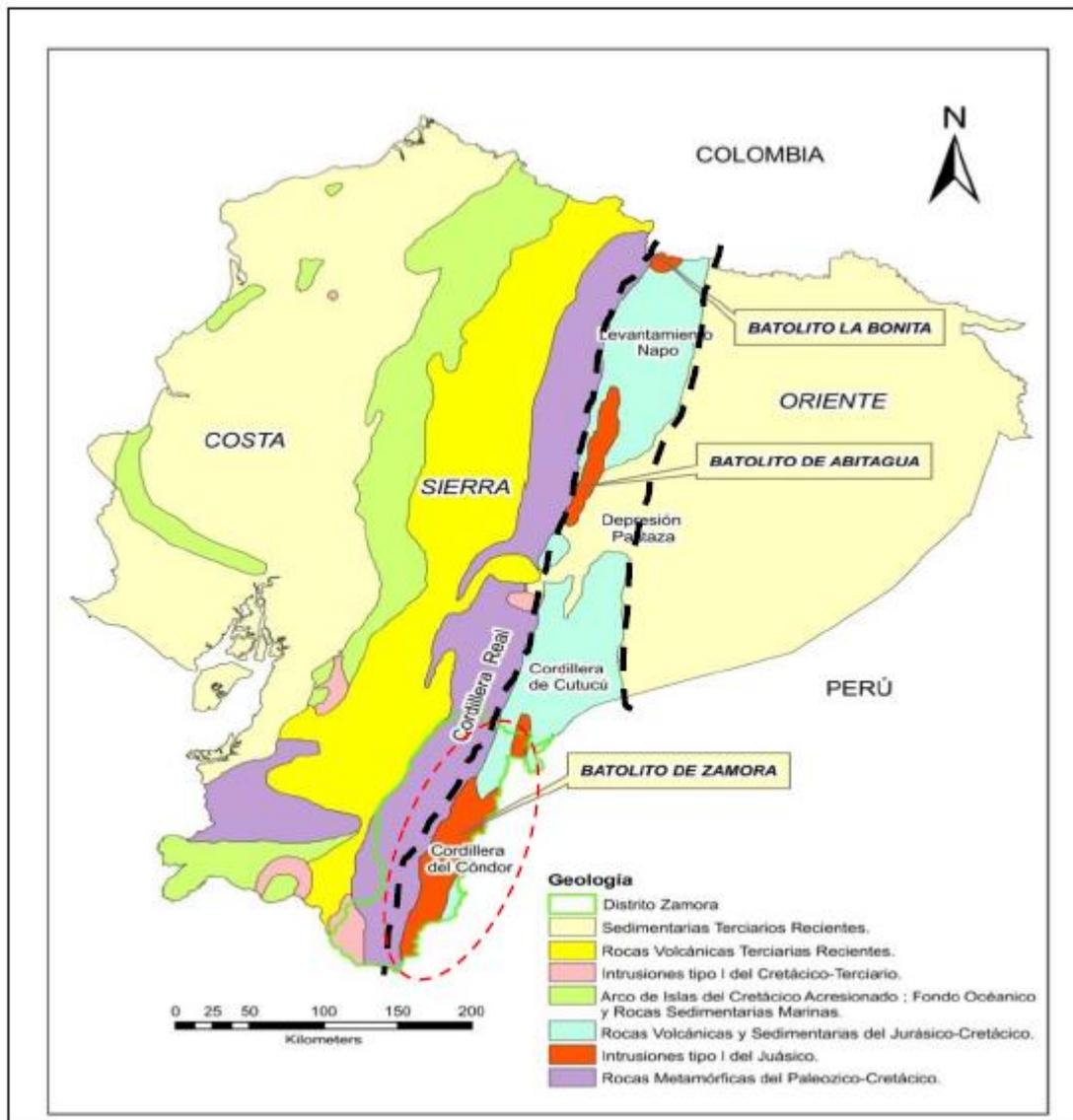


Figura 3. Mapa simplificado de la Geología del Ecuador  
Fuente: Tesis Calle, Leonardo 2014.

## 1.2. Geología Regional.

En el distrito minero Chinapintza-Santa Bárbara afloran mineralizaciones metálicas en distintos tipos de rocas porfídicas, que están relacionadas a fenómenos magmáticos con fases hidrotermales, mismas que alteraron y mineralizaron sobre rocas del terciario inferior que aparecen en la parte alta de la cordillera del Cóndor a manera de techos colgantes. (ENAMI EP, 2012)

A continuación se describen las formaciones presentes regionalmente en la zona de estudio:

### **1.2.1. Unidad Isimanchi (CM).**

Presenta filitas de bajo grado y mármoles, los cuales se los puede localizar y visualizar alrededor del poblado de Isimanchi, en el extremo Sur de la Cordillera y hacia el Norte hasta el Oriente de Valladolid y Porvenir; cabalga hacia el Oeste por las pegmatitas de Sabanilla y está limitada al Este por el batolito de Zamora.

En este sitio se desarrollan colinas con escenarios kársticos, esta evidencia y su escaso estudio paleontológico, sugiere que pertenecen al Carbonífero y su similar estratigráfico es la formación Macuma, que se encuentra discordante con la formación Pumbuitza. (Espinoza Maldonado, 2014)

### **1.2.2. Unidad Piuntza (TrP).**

Esta unidad tiene un espesor de aproximadamente 500 metros y está compuesta por: areniscas, lutitas, calizas, tobas y andesitas, pertenecientes al Triásico Superior a Jurásico Inferior (230-220 Ma).

### **1.2.3. Unidad Misahuallí (JKM).**

Está conformada por rocas volcánicas como lavas, piroclastos de composición calco-alcalina, lutitas rojas, areniscas y conglomerados; todas estas rocas son de origen continental del cinturón Subandino y sobreyace a la formación Santiago y está por debajo de la formación Hollín. Podemos encontrar estructuras tipo almohadilla al Este del río Nangaritzá.

Aunque su edad no está muy bien definida, Hall y Calle, 1982, citan una edad de 132 Ma. Está asociada a la actividad tectónica Jurásica como parte efusiva de la intrusión de los batolitos: Abitagua, Azafrán y Rosa Florida.

#### **1.2.4. Formación Hollín (KH).**

Se encuentra aflorando a lo largo del río Hollín que desemboca en el Misahuallí a 8 km al este de Tena.

Esta formación es de edad Cretácica inferior, está conformada por arenisca cuarzosa blanca porosa de grano medio a grueso, maciza o con estratificación cruzada, en algunos casos, con intercalaciones de lutitas arenosas, localmente micáceas o carbonatadas. Forma parte de los reservorios petroleros de la parte oriental del país, puede alcanzar los 200 m de espesor. (Calle Guerrero, 2014)

Conjuntamente con la formación Napo, ocupan una superficie de 170.419 ha, lo que significa el 16,1% de la provincia.

#### **1.2.5. Batolito de Zamora.**

Es un complejo intrusivo de edad Jurásica que se encuentra ubicado en el extremo SE del Ecuador, con dimensiones aproximadas de 200 km de largo y 50 km de ancho y se encuentra segmentado en tres partes por las fallas La Canela y Nangaritza.

Su litología está compuesta por granodioritas de hornblenda-biotita y dioritas. Las rocas porfíricas y subvolcánicas son muy comunes en el área de Guaysimi.

#### **1.2.6. Pórfido de Chinapintza.**

Esta comprendido por un pórfido Riodacítico de composición cuarzo +/- feldespato y Dacíticos de cuarzo + hornblenda +/- feldespato y está constituido por distintos diques micro porfídico de cuarzo, diques porfídicos de micas blancas + feldespatos + cuarzo; están caracterizados por tener un rumbo entre WNW y NNW con espesores entre 0.5 a 10 metros. (Calle Guerrero, 2014)

También presentan cantidades menores de clorita, biotita, hornblenda, moscovita, carbonatos y materiales accesorios como la titanita o esfena. Su edad es del Cenozoico 59-1.8 Ma.

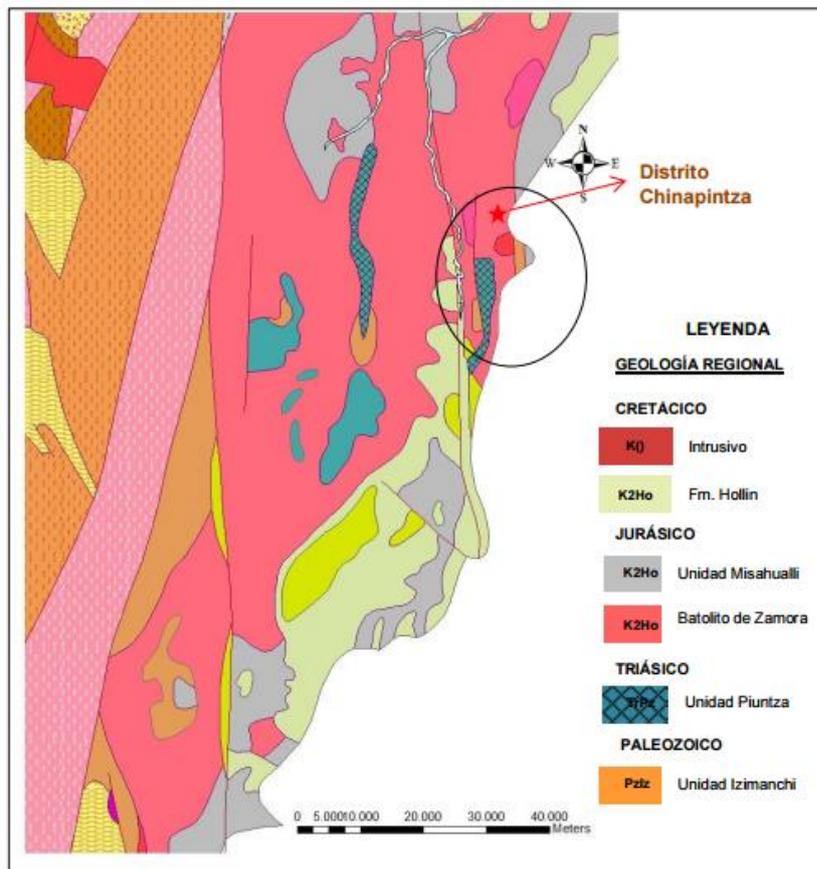


Figura 4. Geología Regional de la Zona de Estudio  
Fuente: INIGEMM 2010

### 1.3. Geología Local.

En la zona de Congüime podemos presenciar afloramientos del Batolito de Zamora, en las colinas circundantes a la planicie formada por el aluvial del lugar.

El oro del aluvial de Congüime proviene del yacimiento de Chinapintza, que corresponden a vetas de cuarzo con dirección NW, con 1 metro de potencia y un stockwork asociado de vetillas de cuarzo. Además, los depósitos minerales de Viche-Congüime se localizan a 2,15 km al sur de Chinapintza y dentro de ellos existen brechas subvolcánicas con sentido NS y diatremas con mineralización de oro asociado. Las mineralizaciones metálicas contienen pirita, esfalerita, calcopirita, calcosina, galena, plata y oro. (ENAMI EP, 2012)

La acumulación de los placeres auríferos de Congüime se formaron en los drenajes aluviales planos y bajos, los que en sus cuencas altas han erosionado las rocas de la Cordillera del Cóndor, dando como resultado un desgaste en forma de gravas y todo tipo de sedimentos finos que han sido transportados por el agua y distintos movimientos gravitacionales dirigidos

hacia el valle del río Nangaritza con dirección N-S, en la parte baja al oeste de la Cordillera y aquí forman una planicie aluvial con acumulaciones sucesivas de terrazas aluviales con oro libre. (ENAMI EP, 2012)



Figura 5. Fotografía panorámica de la zona de estudio  
Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

**CAPITULO IV**  
**METODOLOGÍA**

## 1.1. Toma de muestra.

Las muestras a ser analizadas fueron tomadas del siguiente punto de GPS:

Tabla 1. Coordenadas del sitio de estudio

COORDENADAS UTM	
Zona	17
N	9.553.173,000
E	762.497,000
Hemisferio	S

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

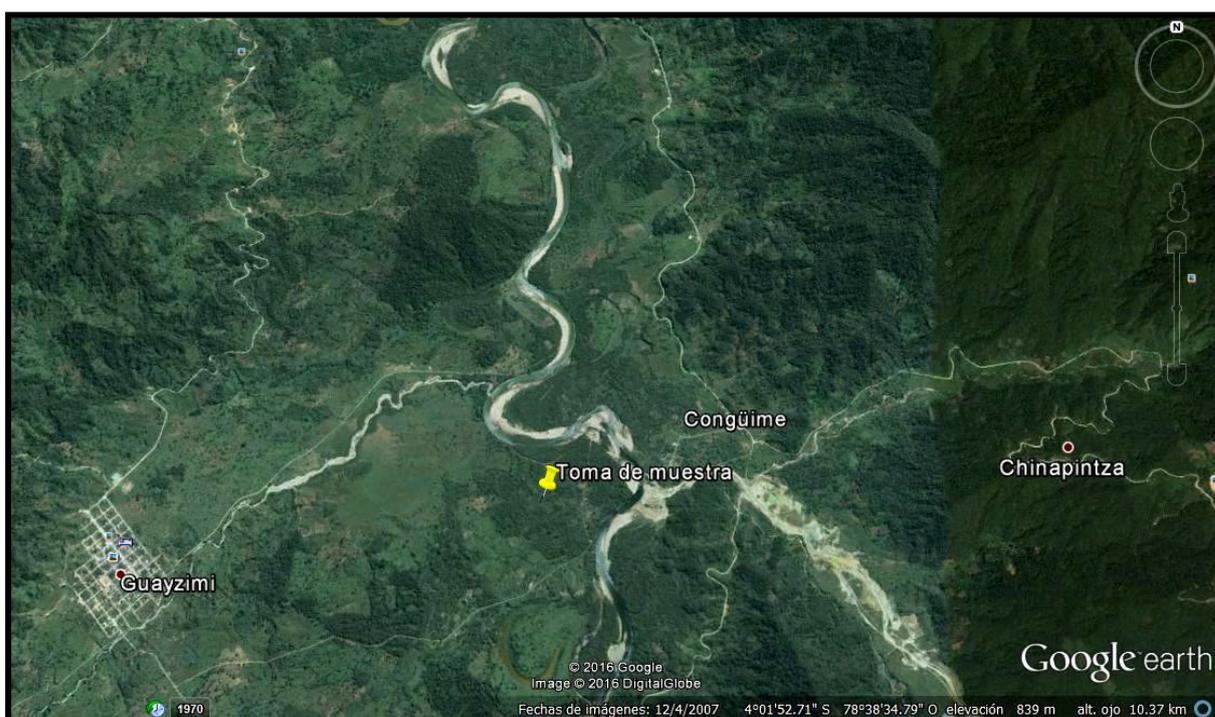


Figura 6. Imagen Satelital del punto de toma de muestras (Google Earth)

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Las muestras fueron tomadas directamente del abanico aluvial del río Congüime (Figura 6), en dos puntos: Nantún y Sauca; para pasar a un tratamiento de tres días y dos noches de trabajo, el cual fue ejecutado por los mineros del sector con la ayuda de un clasificador gravimétrico que funciona a base de agua (Figura 7), en el que el material aluvial es lavado y clasificado de acuerdo a su tamaño de grano.

Los clastos de mayor tamaño son desechados nuevamente al río, mientras que los de menor tamaño son llevados a un canal clasificador, provisto de mallas metálicas de  $\frac{1}{2}$  pulgada de abertura y membranas gruesas que atrapan el oro, dejando como producto un relave que será

nuestro material de estudio. Este canal, posee una inclinación de  $10^\circ$ , con un flujo de agua que atraviesa una tubería de 1 pulgada de diámetro (Figura 8).



Figura 7. Clasificador usado en campo  
Fuente: Rosalía Jácome, 2016.



Figura 8. Canal clasificador de oro  
Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

## 1.2. Preparación de la muestra.

Una vez obtenida la muestra de campo, se seca el material y se pesa para obtener los datos de entrada para cada uno de los ensayos que se proponen a continuación.

Con el propósito de separar el material aluvial, se pretende aislarlo en distintas fases: magnético, no magnético y estéril. Para poder lograrlo, se realizaron varios ensayos, mismos que nos permitirán obtener un concentrado magnético que a su vez será objeto de estudio.

### 1.2.1. Peso específico.

Para determinar el peso específico de la muestra de interés, se requiere emplear el método del picnómetro, el cual nos permite comparar con exactitud la densidad del material mineral con respecto a la densidad del agua.

Para ello, usaremos un picnómetro de volumen conocido (5 ml), agua destilada y una balanza (Figura 9), lo que nos permitirá a través de tres ensayos, conocer el peso específico de la muestra inicial.

En primer lugar, se debe pesar el picnómetro previamente seco y libre de cualquier sustancia que pueda alterar la muestra a analizar (P1). Luego, se debe añadir una pequeña cantidad de muestra y se vuelve a pesar (P2), aforamos con agua destilada y se pesa (P4). Finalmente, se lava el picnómetro y se seca cuidadosamente para ser llenado con agua destilada y se pesa (P3).



Figura 9. Materiales para peso específico  
Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Conociendo los datos antes mencionado, podemos aplicar la siguiente fórmula para la determinación del peso específico:

$$\gamma = \frac{P2 - P1}{(P3 - P1) - (P4 - P2)}$$

Dónde:

*P1*: peso del picnómetro vacío

*P2*: peso del picnómetro+ muestra

*P3*: peso del picnómetro + muestra + agua destilada

*P4*: peso del picnómetro + agua destilada

### **1.2.2. Cribado.**

Como primer paso de nuestro análisis, se realizó un cribado manual con la ayuda de una malla perforada (+18) sobre una superficie horizontal, para así poder deshacernos de los clastos de mayor tamaño al de las arenas de interés y facilitar la posterior separación del concentrado.

Sobre un recipiente hondo, se coloca el tamiz +18, el mismo que será alimentado por el material previamente seco (Figura 10). Este procedimiento se debe realizar de manera pausada y a su vez se debe ir limpiando la malla perforada para evitar obstrucciones por el material que se retiene, ya que esto podría afectar con los resultados a obtener, así como también la eficiencia del proceso.



Figura 10. Cribado  
Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

### 1.2.3. Concentración en mesa de sacudidas.

Una vez que se ha realizado el cribado de la muestra, se toma el material pasante, mismo que se usará para alimentar la mesa vibratoria de sacudidas, con el objetivo obtener el concentrado ferri-magnético del aluvial en estudio.

El equipo a usar es una mesa vibratoria marca Wilfley, con una ligera inclinación, que es el encargado de proveer las sacudidas o movimientos asimétricos, lo que ocasionará que la pulpa se desplace de forma diagonal a lo largo y ancho de la mesa. Usando un caudal de grifos dobles y alimentación constante, separándolo en tres productos: concentrado, mixtos y livianos (Figura 12).

Las condiciones de operación para el presente ensayo, fueron: 50 sacudidas por minuto, con una inclinación de 2° y un caudal de 267.6 litros por hora.

Para la obtención de un concentrado más puro y con la menor cantidad de sedimentos, se repitió el proceso en tres ocasiones; la primera, fue alimentada con el material pasante del cribado, mientras que las otras dos, con el material depositado en el concentrado.

Además, se apoya el proceso con una separación manual en la mesa (Figura 11), ya que se requiere reducir la pérdida del concentrado y a su vez evitar que se mezcle en los otros

productos de la mesa de sacudidas. Dando como resultado un concentrado más limpio y con una cantidad mínima de impurezas.



Figura 11. Concentrado en Mesa de Sacudidas  
Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

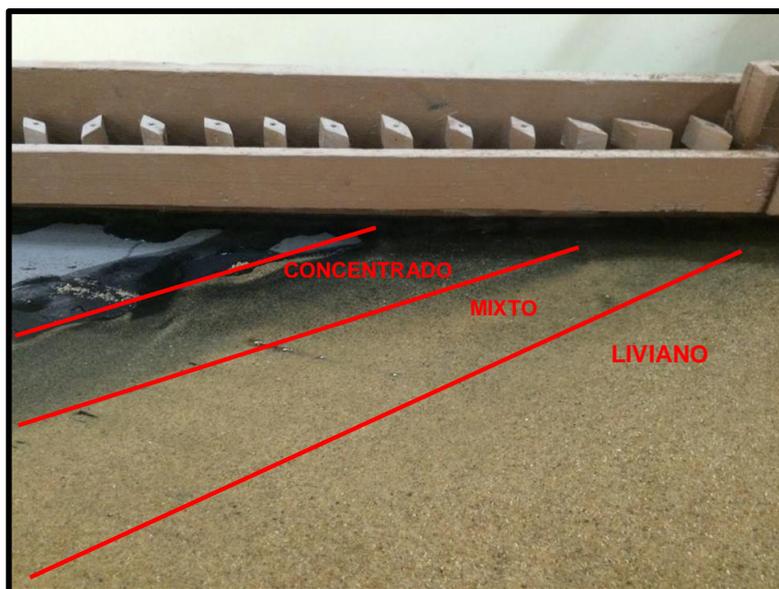


Figura 12. Productos de la mesa de Sacudidas  
Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

#### 1.2.4. Ensayo granulométrico.

El concentrado en cuestión, es sometido a una clasificación granulométrica, la cual consiste en determinar las proporciones relativas de los distintos tamaños de grano que se encuentran en una muestra y así facilitar el proceso de separación magnética, mismo que será descrito más adelante.

Con la ayuda de las mallas #35, #60, #120 y -120, y a su vez con un vibro tamiz marca Retchz, se realizó la clasificación con el concentrado obtenido en el proceso anterior.

Una vez homogenizado el material, se procede a cuartear la muestra, pesarla y colocarla en los tamices antes mencionados, para ser colocados en el vibro tamiz, que trabajara durante 10 minutos con intervalos de 10 segundos.



Figura 13. Ensayo Granulométrico  
Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Cuando ha culminado el tiempo de vibración, se pesan los tamices con las muestras (teniendo los pesos iniciales de los tamices sin muestra), para calcular la cantidad de muestra que se retiene en los tamices respectivos.

### 1.3. Separación magnética.

Siguiendo con el protocolo de tratamiento, con las muestras resultantes de la clasificación granulométrica, comienza la etapa de separación magnética, en la cual se empleó un rodillo magnético inducido marca CARPCO-LNE.

Este equipo, coloca todos los materiales en contacto con el mayor campo magnético en las zonas de mayor gradiente magnético, usando la fuerza magnética y la fuerza de gravedad para captar los materiales que son débilmente magnéticos (OUTOKUMPU TECHNOLOGY, INC., 2006), (Figura 14).

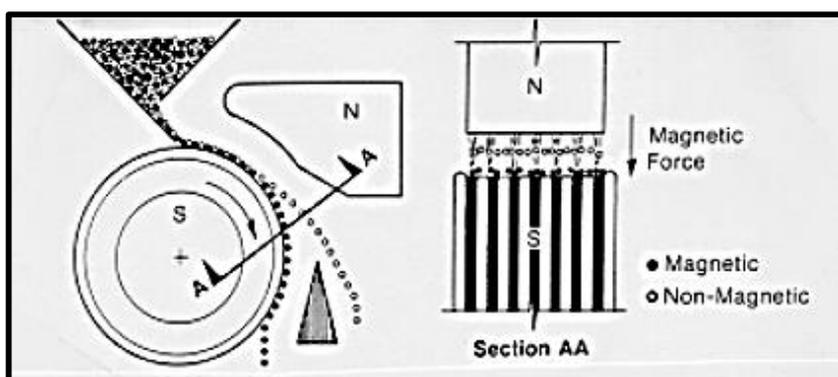


Figura 14. Principio de Operación.

Fuente: CARPCO MODEL MIH(13)111-5 LABORATORY HIGH-INTENSITY INDUCED-ROLL MAGNETIC SEPARATOR

Autor: OUTOKUMPU TECHNOLOGY, INC. Physical Separation Division



Figura 15. Separador magnético CARPCO-LNE.

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Para calibrar el equipo y de acuerdo a nuestro objetivo principal, que es el de separar las fracciones retenidas en las mallas #60, #120 y -120 y el concentrado obtenido en mesa, fueron sometidas a un amperaje de 0.4 y 80 RPM. Este equipo, nos da como resultado dos tipos de materiales: uno diamagnético y otro magnético (Figura 15); y para refinar el concentrado magnético a cada porción magnética resultante se la volvió a pasar durante dos ocasiones por la tolva, para mejorar los resultados de concentración, sometiéndola a las mismas condiciones iniciales.



Figura 16. Condiciones de operación del equipo.  
Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

#### 1.4. Fluorescencia de rayos X.

Después de obtener las fases magnéticas, se realizó el presente ensayo de fluorescencia de rayos X, con el objetivo de determinar la concentración química de los elementos presentes en la muestra, como prueba preliminar a la identificación de cada mineral.

Con el equipo de espectrometría FRX portátil, marca BRUKER (Figura 17), se realizaron los análisis pertinentes, para verificar de una manera no destructiva y con la configuración adecuada, Mining Light Elements (M.L.E) y Standard Alloys (S.A), colocando pequeñas porciones de material previamente homogenizado y cuarteado dentro del recipiente contenedor.



Figura 17. Equipo de XRF portátil marca Bruker.  
Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

### **1.5. Difracción de rayos X.**

Para la identificación de los minerales presentes en las muestras de interés, se aplicó la técnica de difracción de rayos X, con la ayuda de un difractómetro marca D2 PHASER y a su vez con el software Difrac plus para la medición, EVA Y TOPAS 4.2 para la identificación y cuantificación de las diferentes fases cristalinas presentes en cada una de las muestras que, previamente fueron analizadas por fluorescencia de rayos X.

### **1.6. Fusión copelación.**

Adicional a la separación magnética, se realizó una determinación de ley de oro y plata, lo que nos ayudará a la caracterización mineralógica y con ello, verificar la cantidad de mineral de interés económico que aún queda atrapada en los relaves, después de ser procesados por los mineros de la zona de estudio.

Para esto, primero se realiza el cuarteo de la muestra y la pulverización de la misma, en este caso la pulverización de las muestras se las realizo de forma manual con un mortero de ágata (Figura 18).



Figura 18. Proceso de cuarteo y pulverización.  
Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

*Análisis al fuego:* una vez secas todas las muestras, tanto los resultados de la concentración gravimétrica como la muestra de cabeza, de cada uno se toman aproximadamente de 25 a 30 gramos y se pulveriza.

Con estas muestras pulverizadas procedemos a marcar y preparar los vasos de fundición (Figura 19), con la siguiente carga fundente:

- 90 gramos de flux (mezcla de óxido de plomo  $PbO$  o litargilio, carbonato y bórax).
- 2,5 gramos de harina (reductor).
- 30 gramos de muestra pulverizada.
- 5 gramos de bórax

Todo esto se mezcla bien y se introducen los vasos de fundición en el horno a una temperatura de  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 1 hora.

Una vez realizada la fundición, se colocan las muestras en una lingotera para enfriar y cuando este seco, con la ayuda de un combo se rompe la parte que contiene el plomo, obteniendo el

régulo que se coloca en las copelas y a su vez se colocan en el horno a 900 °C durante 1 a 2 horas, dándonos como resultado un doré (Figura 20).



Figura 19. Preparación de la muestra en los vasos de fundición.  
Fuente: Rosalía Jácome, 2016.



Figura 20. Doré  
Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

*Ataque químico por digestión:* para el proceso de digestión de los dores se los coloca a cada uno en crisoles de porcelana, sobre plancha calentadora IKAMAG-RET-GS.

Se calienta la plancha a 70 °C, sobre este los crisoles y se vierte el ácido nítrico hasta una cuarta parte, a una concentración de 1:7 durante 20 minutos. Pasado este tiempo, extraemos

el ácido teniendo cuidado de que el doré no se caiga, para seguir con el de concentración 1:3, durante el mismo tiempo y extraemos el ácido (Aguirre González, 2016).

Por último, se coloca el ácido nítrico de concentración 1:1, pero en esta ocasión aumentamos la temperatura a 90 °C durante 20 minutos. Retiramos el ácido y lavamos con una piseta evitando que no le caiga directamente al doré para que no se rompa.

A continuación, procedemos a refogar, para poder evaporar el plomo que pueda quedar aún en el oro y le permita adquirir el color amarillo característico. Se colocan los crisoles en una mufla a una temperatura aproximada de 500 °C por un lapso de 10 minutos, luego se extrae y se deja enfriar para poder pesar y determinar las leyes de oro y plata.



Figura 21. Materiales usados para digestión química.  
Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

## **CAPITULO V**

### **RESULTADOS**

## 5.1. Toma de muestra.

De los puntos “Sauca” y “Nantún”, después de haber secado la muestra y pesado, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 2. Pesos de los puntos muestreados

<b>Punto</b>	<b>Peso (kg)</b>
<b>Nantún</b>	80.753
<b>Sauca</b>	55.135

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

## 5.2. Preparación de la muestra.

### 5.2.1. Peso específico.

En la siguiente tabla, se presentan los distintos valores que han dado como resultado de tres ensayos aplicando el método del picnómetro. Obteniendo un promedio de los valores obtenidos durante el ensayo.

*Cálculo del peso específico del Punto de muestreo “Nantún”:*

Tabla 3. Peso específico del Punto “Nantún”

<b>Ensayo</b>	<b><math>\gamma</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>
<b>Ensayo 1</b>	2.75
<b>Ensayo 2</b>	2.84
<b>Ensayo 3</b>	2.75
<b>Promedio</b>	2.8

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

*Cálculo del peso específico del punto de muestreo "Sauca":*

Tabla 4. Peso específico Punto "Sauca"

<b>Ensayo</b>	<b><math>\gamma</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>
<b>Ensayo 1</b>	2.84
<b>Ensayo 2</b>	2.8
<b>Ensayo 3</b>	2.8
<b>Promedio</b>	2.8

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

*Cálculo del peso específico del concentrado obtenido en mesa de sacudidas:*

Tabla 5. Peso específico del concentrado obtenido en mesa

<b>Ensayo</b>	<b><math>\gamma</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>
<b>Ensayo 1</b>	5.36
<b>Ensayo 2</b>	4.8
<b>Ensayo 3</b>	4.94
<b>Promedio</b>	5.03

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

### 5.2.2. Cribado.

De la muestra recogida en el campo, se tomaron los pesos del material retenido y pasante de las mallas +18 y -18 del proceso.

Punto "Nantún":

Tabla 6. Pesos de la Criba punto "Nantún"

<b>Resultado</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>% Material Retenido</b>
<b>Retenido (+18)</b>	35.04	43.32
<b>Pasante (-18)</b>	45.84	56.7

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Punto "Sauca":

Tabla 7. Pesos de la criba punto "Sauca"

<b>Resultado</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>% Material Retenido</b>
<b>Retenido (+18)</b>	14.24	26.8
<b>Pasante (-18)</b>	40.36	73.20

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Lo que quiere decir que en el punto "Nantún", el 56.7% del material pasa por la malla #18, mientras que en el punto "Sauca", el material pasante ocupa el 73.20% del total de muestra que se ha clasificado.

### 5.2.3. Concentración en mesa de sacudidas.

En este proceso, es primordial contar con un balance de sólidos que nos permita conocer las proporciones de concentrado que se pueden obtener del total de muestra que tenemos en laboratorio.

*Balance de sólidos:*

Tabla 8. Pesos de los resultados del balance de sólidos

<b>Resultado</b>	<b>Peso (kg)</b>
<b>Alimentación o entrada</b>	110.658
<b>Concentrado</b>	25.62
<b>Mixtos</b>	40.77
<b>Livianos</b>	11.36

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

$$E = C + M + L$$

$$110.658 \text{ kg} = 25.62 \text{ kg} + 40.77 \text{ kg} + 11.36 \text{ kg}$$

$$110.658 \text{ kg} = 77.75 \text{ kg}$$

$$Rendimiento = \frac{C}{E} * 100$$

$$Rendimiento = \frac{25.62 \text{ kg}}{110.658 \text{ kg}} \times 100\% = 23.15\%$$

#### 5.2.4. Ensayo granulométrico.

Finalizado el tiempo del vibro tamiz, se pesaron los distintos tamices que intervinieron durante el ensayo, para así obtener las diferentes fracciones, con un peso inicial de 1745.46 gr.

Tabla 9. Granulometría

# Malla	Peso Tamiz	P.Tamiz+Muestra (gr)	P.Muestra (gr)
35	315.08	323.93	8.85
60	238.73	401.24	162.51
120	281.05	1511.98	1230.93
-120	395.08	737.28	342.2
		<b>TOTAL:</b>	<b>1744.49</b>

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

#### 5.3. Separación magnética.

En lo que se refiere a la separación magnética, bajo las condiciones de operación que han sido descritas anteriormente, se pudo constatar los siguientes pesos que corresponden al material refinado.

Tabla 10. Separación magnética del concentrado

<b>Concentrado</b>	<b>Peso (gr)</b>	<b>% Material</b>
<b>Magnético</b>	1278.54	74.53
<b>Diamagnético</b>	436.91	25.47

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 11. Separación magnética

<b># Malla</b>	<b>Peso Magnético (gr)</b>	<b>% Mat. Magnético</b>	<b>Peso Diamagnético (gr)</b>	<b>% Mat. Diamagnético</b>
<b>60</b>	121.58	81.01	28.5	18.99
<b>120</b>	980.57	80.56	237.34	19.44
<b>-120</b>	178.97	52.15	164.19	47.85

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

#### **5.4. Fluorescencia y difracción de rayos X.**

Aplicando los dos métodos, Mining Light Elements (M.L.E) y Standar Alloys (S.A), se obtuvieron los siguientes resultados de Fluorescencia de rayos X. Además, en las siguientes tablas podemos observar las proporciones cuantificadas de las distintas fases minerales de las muestras analizadas por Difracción de rayos X.

Alimentación:

Tabla 12. FRX (M.L.E) Alimentación

<b>Mining Light Elements</b>	
<b>Elemento</b>	<b>%</b>
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	14
<b>SiO<sub>2</sub></b>	54.3
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.27
<b>K<sub>2</sub>O</b>	1.83
<b>CaO</b>	2.09
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.86
<b>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.05
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.07
<b>MnO</b>	0.18
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	9.87
<b>As<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.01
<b>Rb</b>	0.01
<b>Sr</b>	0.02
<b>ZrO<sub>2</sub></b>	0.06
<b>SnO<sub>2</sub></b>	0.21
<b>Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.26
<b>CeO<sub>2</sub></b>	0.12

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 13. FRX (S.A) Alimentación

<b>Standard Alloys</b>	
<b>Elemento</b>	<b>%</b>
<b>Ti</b>	2.93
<b>Cr</b>	0.43
<b>Fe</b>	89.6
<b>Cu</b>	0.08
<b>Zn</b>	0.48
<b>Zr</b>	1.7
<b>Nb</b>	0.11
<b>Pd</b>	2.67
<b>Ag</b>	1.77
<b>Cd</b>	0.31

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 14. Cuantificación por DRX Alimentación Mesa de Sacudidas

Mineral	Fórmula	Contenido (%)
Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	52.07
Albita	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	15.23
Anortita	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	10
Sodalita	Na <sub>8</sub> (Al <sub>6</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>24</sub> )Cl <sub>2</sub>	4.91
Biotita	K(Mg, Fe) <sub>3</sub> AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> (OH, F) <sub>2</sub>	3.42
Dickita	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	3.38
Vermiculita	(Mg,Ca) 0.7 (Mg,Fe,Al) 6.0 [(Al,Si) <sub>8</sub> O <sub>20</sub> ] (OH) 4.8 H <sub>2</sub> O	2.63
Cordierita	(Mg,Fe) <sub>2</sub> Al <sub>4</sub> Si <sub>5</sub> O <sub>18</sub>	2.15
Andesina	(Ca,Na)(Al,Si) <sub>4</sub> O <sub>8</sub>	1.73
Dolomita	(Ca,Mg)(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1.61
Hematita	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.09
Magnetita	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	1.55
Caolinita	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	-
Componentes Minoritarios	-	0.23

Fuente: Proinstra

- En esta primera muestra de entrada, se puede presenciar alta cantidad de minerales silicatos y aluminosilicatos, además minerales magnéticos en bajas proporciones.

Mixtos:

Tabla 15. FRX (M.L.E) Mixtos

Mining Light Elements	
Elemento	%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.9
SiO <sub>2</sub>	56.3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.35
K <sub>2</sub> O	1.91
CaO	2.2
TiO <sub>2</sub>	0.7
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.05
MnO	0.16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.44
Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0.05
ZnO	0.02
Sr	0.02
ZrO <sub>2</sub>	0.04
SnO <sub>2</sub>	0.09
CeO <sub>2</sub>	0.08
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.03

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 16. FRX (S.A) Mixtos

<b>Standard Alloys</b>	
<b>Elemento</b>	<b>%</b>
<b>Ti</b>	4.31
<b>Cr</b>	0.36
<b>Fe</b>	83.4
<b>Cu</b>	0.27
<b>Zn</b>	0.6
<b>Zr</b>	2.25
<b>Pd</b>	5.01
<b>Ag</b>	3.16
<b>Cd</b>	0.3
<b>Pb</b>	0.38

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 17. Cuantificación por DRX Mixtos Mesa de Sacudidas

<b>Mineral</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Contenido (%)</b>
<b>Cuarzo</b>	SiO <sub>2</sub>	35.82
<b>Albita</b>	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	22.4
<b>Anortita</b>	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	10.17
<b>Sodalita</b>	Na <sub>8</sub> (Al <sub>6</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>24</sub> )Cl <sub>2</sub>	1.38
<b>Biotita</b>	K(Mg, Fe) <sub>3</sub> AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> (OH, F) <sub>2</sub>	2.36
<b>Dickita</b>	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	6.55
<b>Vermiculita</b>	(Mg,Ca) 0.7 (Mg,Fe,Al) 6.0 [(Al,Si) <sub>8</sub> O <sub>20</sub> ] (OH) 4.8 H <sub>2</sub> O	11.67
<b>Cordierita</b>	(Mg,Fe) <sub>2</sub> Al <sub>4</sub> Si <sub>5</sub> O <sub>18</sub>	-
<b>Andesina</b>	(Ca,Na)(Al,Si) <sub>4</sub> O <sub>8</sub>	2.77
<b>Dolomita</b>	(Ca,Mg)(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3.8
<b>Hematita</b>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
<b>Magnetita</b>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	1.43
<b>Caolinita</b>	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	-
<b>Componentes Minoritarios</b>	-	1.65

Fuente: Proinstra

- Se puede observar que existe una alta concentración de minerales de sílice, aluminio y calcio. También, de acuerdo al DRX el mineral hematita desaparece, a diferencia de la magnetita que permanece en un rango bajo.

Livianos:

Tabla 18. FRX (M.L.E) Livianos

<b>Mining Light Elements</b>	
<b>Elemento</b>	<b>%</b>
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	13.4
<b>SiO<sub>2</sub></b>	57.6
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.28
<b>S</b>	0.06
<b>K<sub>2</sub>O</b>	1.8
<b>CaO</b>	1.83
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.52
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.05
<b>MnO</b>	0.12
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	3.32
<b>Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub></b>	0.02
<b>ZnO</b>	0.02
<b>As<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.01
<b>Rb</b>	0.01
<b>Sr</b>	0.02
<b>ZrO<sub>2</sub></b>	0.01
<b>SnO<sub>2</sub></b>	0.06
<b>CeO<sub>2</sub></b>	0.03

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 19. FRX (S.A) Livianos

<b>Standard Alloys</b>	
<b>Elemento</b>	<b>%</b>
<b>Ti</b>	6.12
<b>Cr</b>	0.41
<b>Fe</b>	73.4
<b>Cu</b>	0.27
<b>Zn</b>	0.94
<b>Zr</b>	1.47
<b>Nb</b>	0.44
<b>Ru</b>	0.53
<b>Rh</b>	3.38
<b>Pd</b>	7.82
<b>Ag</b>	4.7
<b>Pb</b>	0.5

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 20. Cuantificación por DRX Livianos Mesa de Sacudidas

Mineral	Fórmula	Contenido (%)
Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	37.42
Albita	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	25.75
Anortita	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	7.21
Sodalita	Na <sub>8</sub> (Al <sub>6</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>24</sub> )Cl <sub>2</sub>	1.58
Biotita	K(Mg, Fe) <sub>3</sub> AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> (OH, F) <sub>2</sub>	2.16
Dickita	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	2.63
Vermiculita	(Mg,Ca) 0.7 (Mg,Fe,Al) 6.0 [(Al,Si) <sub>8</sub> O <sub>20</sub> ] (OH) 4.8 H <sub>2</sub> O	6.34
Cordierita	(Mg,Fe) <sub>2</sub> Al <sub>4</sub> Si <sub>5</sub> O <sub>18</sub>	1.65
Andesina	(Ca,Na)(Al,Si) <sub>4</sub> O <sub>8</sub>	2.7
Dolomita	(Ca,Mg)(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2.68
Hematita	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
Magnetita	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	1.15
Caolinita	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	8.72
Componentes Minoritarios	-	0.01

Fuente: Proinstra

- Existe una mayor concentración de sílice y valores bajos de hierro, mientras que minerales como Albita y Anorita siguen predominando. Al igual que en la muestra anterior, no se presencia hematita.

Muestra del concentrado (cabeza):

- Integro:

Tabla 21. M.L.E material íntegro de cabeza

Mining Light Elements	
Elemento	%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.62
SiO <sub>2</sub>	30.7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.38
S	0.59
K <sub>2</sub> O	0.68
CaO	4.25
TiO <sub>2</sub>	1.79
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.16
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.22
MnO	0.43
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	44.2
Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0.59
CuO	0.03
ZnO	0.05
Sr	0.03

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 22. FRX (S.A) material íntegro de cabeza

<b>Standard Alloys</b>	
<b>Elemento</b>	<b>%</b>
<b>Ti</b>	1.91
<b>V</b>	0.19
<b>Cr</b>	0.55
<b>Fe</b>	91.1
<b>Zn</b>	0.18
<b>Zr</b>	5.12
<b>Pd</b>	0.14
<b>Ag</b>	0.42
<b>Hf</b>	0.17
<b>Pb</b>	0.27

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 23. Cuantificación por DRX del concentrado de cabeza

<b>Mineral</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Contenido (%)</b>
<b>Magnetita</b>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	37.97
<b>Hematita</b>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.45
<b>Cuarzo</b>	SiO <sub>2</sub>	8.16
<b>Titanita</b>	CaTiSiO <sub>5</sub>	6.77
<b>Moscovita</b>	KAl <sub>2</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>2</sub>	6.06
<b>Magnesioferrita</b>	Mg(Fe <sup>3+</sup> ) <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	5.21
<b>Anortita</b>	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	4.07
<b>Albita</b>	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	2.37
<b>Caolinita</b>	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	2.24
<b>Dolomita</b>	(Ca,Mg)(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2.08
<b>Periclasa</b>	MgO	1.23
<b>Zircón</b>	ZrSiO <sub>4</sub>	-
<b>Montmorillonita</b>	(Al,Mg) <sub>8</sub> (Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>8</sub> .12H <sub>2</sub> O	1.48
<b>Epidota</b>	Ca <sub>2</sub> Fe <sub>3+</sub> Al <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )(SiO <sub>4</sub> )O(OH)	-
<b>Wuestita</b>	FeO	-
<b>Componentes Minoritarios</b>	-	2.91

Fuente: Proinstra

- Aquí, podemos observar que los valores de óxidos de hierro y calcio aumentan considerablemente. Los rangos de minerales magnéticos como magnetita y hematita predominan y los minerales que contienen sílice y aluminio disminuyen notablemente. Además, se presencia un nuevo mineral titanita en proporciones interesantes para el estudio.

- Magnético:

Tabla 24. FRX (M.L.E) magnético cabeza

<b>Mining Light Elements</b>	
<b>Elemento</b>	<b>%</b>
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	5.11
<b>SiO<sub>2</sub></b>	12.9
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.33
<b>S</b>	0.05
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.11
<b>CaO</b>	1.06
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.87
<b>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.16
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.18
<b>MnO</b>	0.34
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	53.4
<b>Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub></b>	0.66
<b>ZnO</b>	0.02
<b>Rb</b>	0.03
<b>Sr</b>	0.02
<b>ZrO<sub>2</sub></b>	0.36
<b>CeO<sub>2</sub></b>	0.26
<b>Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.06

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 25. FRX (S.A) magnético cabeza

<b>Standard Alloys</b>	
<b>Elemento</b>	<b>%</b>
<b>Ti</b>	5.03
<b>Cr</b>	0.73
<b>Fe</b>	68.1
<b>Zn</b>	0.55
<b>Zr</b>	23.3
<b>Pd</b>	0.5
<b>Ag</b>	0.8
<b>Hf</b>	0.74
<b>Pb</b>	0.25

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 26. Cuantificación por DRX de la muestra de concentrado magnético de cabeza

<b>Mineral</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Contenido (%)</b>
<b>Magnetita</b>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	57.07
<b>Hematita</b>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.5
<b>Cuarzo</b>	SiO <sub>2</sub>	-
<b>Titanita</b>	CaTiSiO <sub>5</sub>	2.92
<b>Moscovita</b>	KAl <sub>2</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>2</sub>	2.8
<b>Magnesioferrita</b>	Mg(Fe <sup>3+</sup> ) <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	7.6
<b>Anortita</b>	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	1.14
<b>Albita</b>	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	-
<b>Caolinita</b>	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	2.14
<b>Dolomita</b>	(Ca,Mg)(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	-
<b>Periclasa</b>	MgO	-
<b>Zircón</b>	ZrSiO <sub>4</sub>	-
<b>Montmorillonita</b>	(Al,Mg) <sub>8</sub> (Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>8</sub> .12H <sub>2</sub> O	5.28
<b>Epidota</b>	Ca <sub>2</sub> Fe <sub>3</sub> +Al <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )(SiO <sub>4</sub> )O(OH)	-
<b>Wuestita</b>	FeO	1.07
<b>Componentes Minoritarios</b>	-	2.55

Fuente: Proinstra

- Observamos que el contenido de hierro en la muestra aumenta aproximadamente en un 10% a diferencia del óxido de calcio que disminuye, lo que provoca que el mineral titanita disminuya sus proporciones. También, otros minerales compuestos por sílice disminuyen sus valores y en otros casos desaparecen en la cuantificación por DRX.

- Diamagnético:

Tabla 27. FRX (M.L.E) diamagnético cabeza

<b>Mining Light Elements</b>	
<b>Elemento</b>	<b>%</b>
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	11.8
<b>SiO<sub>2</sub></b>	44.1
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.86
<b>S</b>	1.59
<b>K<sub>2</sub>O</b>	1.12
<b>CaO</b>	7.4
<b>TiO<sub>2</sub></b>	2.69
<b>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.08
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.21
<b>MnO</b>	0.41
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	20.6
<b>CuO</b>	0.02
<b>ZnO</b>	0.1
<b>Sr</b>	0.04
<b>ZrO<sub>2</sub></b>	4.08
<b>Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.75
<b>CeO<sub>2</sub></b>	0.22
<b>HfO<sub>2</sub></b>	0.1
<b>PbO</b>	0.06

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 28. FRX (S.A) diamagnético cabeza

<b>Standard Alloys</b>	
<b>Elemento</b>	<b>%</b>
<b>Ti</b>	0.91
<b>V</b>	0.33
<b>Cr</b>	0.48
<b>Fe</b>	97.1
<b>Cu</b>	0.03
<b>Zn</b>	0.06
<b>Zr</b>	0.77
<b>Pd</b>	0.07
<b>Ag</b>	0.28

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 29. Cuantificación por DRX de la muestra de concentrado diamagnético de cabeza.

Mineral	Fórmula	Contenido (%)
Magnetita	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	-
Hematita	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24.16
Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	32.66
Titanita	CaTiSiO <sub>5</sub>	1.28
Moscovita	KAl <sub>2</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>2</sub>	-
Magnesioferrita	Mg(Fe <sup>3+</sup> ) <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	-
Anortita	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	-
Albita	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	7.6
Caolinita	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	-
Dolomita	(Ca,Mg)(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	-
Periclusa	MgO	-
Zircón	ZrSiO <sub>4</sub>	7.55
Montmorillonita	(Al,Mg) <sub>8</sub> (Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>8</sub> .12H <sub>2</sub> O	2.7
Epidota	Ca <sub>2</sub> Fe <sub>3</sub> +Al <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )(SiO <sub>4</sub> )O(OH)	18.38
Wuestita	FeO	-
Anfibol	-	2.23
Componentes Minoritarios	-	3.44

Fuente: Proinstra

- Dado que la muestra analizada es de tipo diamagnético, la cantidad de óxidos de hierro ha disminuido, provocando que la magnetita desaparezca por completo. Pero aparece un nuevo mineral, zircón, mismo que se destaca por su contenido de 7.55% en la muestra.

Malla #35:

Tabla 30. FRX (M.L.E) malla #35

Mining Light Elements	
Elemento	%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.24
SiO <sub>2</sub>	8.83
S	1.2
CaO	0.91
TiO <sub>2</sub>	1.25
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.14
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.6
MnO	0.24
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	45.7
Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0.52
ZnO	0.02
Rb	0.02
Sr	0.01
CeO <sub>2</sub>	0.31

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 31. FRX (S.A) malla #35

<b>Standard Alloys</b>	
<b>Elemento</b>	<b>%</b>
<b>Ti</b>	1.64
<b>V</b>	0.34
<b>Cr</b>	0.97
<b>Fe</b>	95.8
<b>Ni</b>	0.56
<b>Se</b>	0.02
<b>Zr</b>	0.08
<b>Pb</b>	0.33
<b>Bi</b>	0.12

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 32. Cuantificación por DRX de la muestra malla #35.

<b>Mineral</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Contenido (%)</b>
<b>Magnetita</b>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	17
<b>Hematita</b>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	51.15
<b>Cuarzo</b>	SiO <sub>2</sub>	4.34
<b>Titanita</b>	CaTiSiO <sub>5</sub>	3.21
<b>Moscovita</b>	KAl <sub>2</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>2</sub>	3.45
<b>Magnesioferrita</b>	Mg(Fe <sup>3+</sup> ) <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	2.46
<b>Anortita</b>	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	3.23
<b>Albita</b>	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	1.54
<b>Caolinita</b>	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	2.83
<b>Dolomita</b>	(Ca,Mg)(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	-
<b>Pirita</b>	FeS <sub>2</sub>	7.28
<b>Zircón</b>	ZrSiO <sub>4</sub>	-
<b>Montmorillonita</b>	(Al,Mg) <sub>8</sub> (Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>8</sub> .12H <sub>2</sub> O	1.06
<b>Epidota</b>	Ca <sub>2</sub> Fe <sub>3</sub> +Al <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )(SiO <sub>4</sub> )O(OH)	-
<b>Magnesita</b>	-	-
<b>Componentes Minoritarios</b>	-	2.45

Fuente: Proinstra

- Se puede evidenciar alta cantidad de óxido de hierro, por lo que en la cuantificación, los minerales predominantes son hematita y magnetita. En este caso, la titanita se encuentra en bajas proporciones.

Concentrado malla #60:

- Magnético:

Tabla 33. FRX (M.L.E) magnético malla #60

<b>Mining Light Elements</b>	
<b>Elemento</b>	<b>%</b>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.58
SiO <sub>2</sub>	9.47
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.28
K <sub>2</sub> O	0.03
CaO	0.84
TiO <sub>2</sub>	1.07
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.12
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.13
MnO	0.24
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	42.1
Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0.49
Rb	0.02
Sr	0.01
ZrO <sub>2</sub>	0.17
CeO <sub>2</sub>	0.16
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05
Bi	0.01

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 34. FRX (S.A) magnético malla #60

<b>Standard Alloys</b>	
<b>Elemento</b>	<b>%</b>
Ti	1.36
V	0.3
Cr	0.42
Fe	97
Cu	0.03
Zn	0.04
Zr	0.54
Ag	0.27

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 35. Cuantificación por DRX del material magnético malla #60.

Mineral	Fórmula	Contenido (%)
Magnetita	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	59.29
Hematita	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.83
Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	-
Titanita	CaTiSiO <sub>5</sub>	3.94
Moscovita	KAl <sub>2</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>2</sub>	4.07
Magnesioferrita	Mg(Fe <sup>3+</sup> ) <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	7.79
Anortita	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	1.47
Albita	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	1.19
Caolinita	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	-
Dolomita	(Ca,Mg)(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	-
Pirita	FeS <sub>2</sub>	-
Zircón	ZrSiO <sub>4</sub>	-
Montmorillonita	(Al,Mg) <sub>8</sub> (Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>8</sub> .12H <sub>2</sub> O	1.67
Epidota	Ca <sub>2</sub> Fe <sub>3</sub> +Al <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )(SiO <sub>4</sub> )O(OH)	-
Magnesita	-	-
Componentes Minoritarios	-	2.75

Fuente: Proinstra

- En esta fracción, podemos encontrar que los minerales compuestos por sílice se encuentran en rangos menores, mientras que los minerales, magnetita y hematita permanecen en mayor proporción.

- Diamagnético:

Tabla 36. FRX (M.L.E) diamagnético malla #60

Mining Light Elements	
Elemento	%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.78
SiO <sub>2</sub>	13.5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.19
S	0.25
K <sub>2</sub> O	0.19
CaO	0.48
TiO <sub>2</sub>	1.13
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.14
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.41
MnO	0.23
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	42.7
Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0.51
ZnO	0.02
Rb	0.01
Sr	0.01
ZrO <sub>2</sub>	0.66
CeO <sub>2</sub>	0.31

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 37. FRX (S.A) diamagnético malla #60

Standard Alloys	
Elemento	%
Ti	1.5
V	0.31
Cr	0.85
Fe	94.9
Zn	0.06
Zr	1.98
Pd	0.07
Ag	0.28
Hf	0.07

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 38. Cuantificación por DRX del material diamagnético malla #60

Mineral	Fórmula	Contenido (%)
Magnetita	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	2.75
Hematita	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	68.22
Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	8.35
Titanita	CaTiSiO <sub>5</sub>	2.06
Moscovita	KAl <sub>2</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>2</sub>	-
Magnesioferrita	Mg(Fe <sup>3+</sup> ) <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	-
Anortita	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	-
Albita	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	2.2
Caolinita	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	-
Dolomita	(Ca,Mg)(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1.19
Pirita	FeS <sub>2</sub>	-
Zircón	ZrSiO <sub>4</sub>	3.3
Montmorillonita	(Al,Mg) <sub>8</sub> (Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>8</sub> .12H <sub>2</sub> O	1.09
Epidota	Ca <sub>2</sub> Fe <sub>3</sub> +Al <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )(SiO <sub>4</sub> )O(OH)	3.18
Magnesita	-	5.15
Componentes Minoritarios	-	2.51

Fuente: Proinstra

- La presente muestra, tiene una cantidad menor de óxidos de hierro en comparación a la fracción magnética, ya que el porcentaje de magnetita disminuyó de manera considerable. También, podemos observar la presencia de zircón en un 3.3%.

Muestra #120:

- Magnético:

Tabla 39. FRX (M.L.E) magnético malla #120

<b>Mining Light Elements</b>	
<b>Elemento</b>	<b>%</b>
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	4.38
<b>SiO<sub>2</sub></b>	9.02
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.27
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.03
<b>CaO</b>	0.65
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.77
<b>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.17
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.12
<b>MnO</b>	0.28
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	54.7
<b>Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub></b>	0.66
<b>ZnO</b>	0.01
<b>Rb</b>	0.03
<b>Sr</b>	0.02
<b>ZrO<sub>2</sub></b>	0.17
<b>CeO<sub>2</sub></b>	0.23
<b>Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.06

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 40. FRX (S.A) magnético malla #120

<b>Standard Alloys</b>	
<b>Elemento</b>	<b>%</b>
<b>Ti</b>	0.83
<b>V</b>	0.34
<b>Cr</b>	0.41
<b>Fe</b>	97.4
<b>Zn</b>	0.02
<b>Zr</b>	0.39
<b>Ag</b>	0.27
<b>Cd</b>	0.3

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 41. Cuantificación por DRX del material magnético malla #120.

<b>Mineral</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Contenido (%)</b>
<b>Magnetita</b>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	43.86
<b>Hematita</b>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.1
<b>Cuarzo</b>	SiO <sub>2</sub>	2.04
<b>Titanita</b>	CaTiSiO <sub>5</sub>	3.93
<b>Moscovita</b>	KAl <sub>2</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>2</sub>	1.38
<b>Magnesioferrita</b>	Mg(Fe <sup>3+</sup> ) <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	16.75
<b>Anortita</b>	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	2.23
<b>Albita</b>	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	-
<b>Caolinita</b>	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	1.15
<b>Dolomita</b>	(Ca,Mg)(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	-
<b>Zircón</b>	ZrSiO <sub>4</sub>	-
<b>Montmorillonita</b>	(Al,Mg) <sub>8</sub> (Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>8</sub> .12H <sub>2</sub> O	2.36
<b>Epidota</b>	Ca <sub>2</sub> Fe <sub>3</sub> +Al <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )(SiO <sub>4</sub> )O(OH)	-
<b>Magnesita</b>	MgCO <sub>3</sub>	-
<b>Componentes Minoritarios</b>	-	4.2

Fuente: Proinstra

- Se puede observar que los minerales de hierro predominan y también, aparece en proporciones considerables, magnesioferrita, lo que quiere decir que existe una sustitución gradual del magnesio por hierro.

- Diamagnético:

Tabla 42. FRX (M.L.E) diamagnético malla #120

<b>Mining Light Elements</b>	
<b>Elemento</b>	<b>%</b>
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	8.76
<b>SiO<sub>2</sub></b>	38.7
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.41
<b>S</b>	0.28
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.57
<b>CaO</b>	4.89
<b>TiO<sub>2</sub></b>	2.03
<b>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.09
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.22
<b>MnO</b>	0.36
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	24.7
<b>ZnO</b>	0.02
<b>Rb</b>	0.01
<b>Sr</b>	0.02
<b>ZrO<sub>2</sub></b>	1.74
<b>MoO<sub>3</sub></b>	0.07
<b>Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.26
<b>CeO<sub>2</sub></b>	0.16
<b>HfO<sub>2</sub></b>	0.03
<b>Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.02

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 43. FRX (S.A) diamagnético malla #120

<b>Standard Alloys</b>	
<b>Elemento</b>	<b>%</b>
<b>Ti</b>	3.69
<b>Cr</b>	0.79
<b>Fe</b>	84.3
<b>Zn</b>	0.11
<b>As</b>	0.02
<b>Zr</b>	9.92
<b>Ag</b>	0.59
<b>Cd</b>	0.3
<b>Hf</b>	0.32

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 44. Cuantificación por DRX del material diamagnético malla #120.

<b>Mineral</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Contenido (%)</b>
<b>Magnetita</b>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0.94
<b>Hematita</b>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40.25
<b>Cuarzo</b>	SiO <sub>2</sub>	23.1
<b>Titanita</b>	CaTiSiO <sub>5</sub>	3.48
<b>Moscovita</b>	KAl <sub>2</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>2</sub>	-
<b>Magnesioferrita</b>	Mg(Fe <sup>3+</sup> ) <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	-
<b>Anortita</b>	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	-
<b>Albita</b>	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	5.07
<b>Caolinita</b>	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	-
<b>Dolomita</b>	(Ca,Mg)(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1.78
<b>Zircón</b>	ZrSiO <sub>4</sub>	5.45
<b>Montmorillonita</b>	(Al,Mg) <sub>8</sub> (Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>8</sub> .12H <sub>2</sub> O	1.86
<b>Epidota</b>	Ca <sub>2</sub> Fe <sub>3</sub> +Al <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )(SiO <sub>4</sub> )O(OH)	10.61
<b>Magnesita</b>	MgCO <sub>3</sub>	2.01
<b>Anfibol</b>	-	1.96
<b>Componentes Minoritarios</b>	-	4.43

Fuente: Proinstra

- En este caso, el contenido de magnetita disminuye, pero el valor del contenido de zircón aumenta con respecto a la fase magnética anteriormente analizada debido a que el mineral mencionado anteriormente no posee magnetismo y es de grano más fino.

Malla -120:

- Magnético:

Tabla 45. FRX (M.L.E) magnético malla -120

<b>Mining Light Elements</b>	
<b>Elemento</b>	<b>%</b>
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	4.28
<b>SiO<sub>2</sub></b>	8.58
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.23
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.11
<b>CaO</b>	0.67
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.78
<b>V<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.22
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.19
<b>MnO</b>	0.32
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	64.7
<b>Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub></b>	0.63
<b>Rb</b>	0.03
<b>Sr</b>	0.02
<b>ZrO<sub>2</sub></b>	0.1
<b>CeO<sub>2</sub></b>	0.31
<b>Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.09

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 46. FRX (S.A) magnético malla -120

<b>Standard Alloys</b>	
<b>Elemento</b>	<b>%</b>
<b>Ti</b>	0.78
<b>V</b>	0.34
<b>Cr</b>	0.48
<b>Fe</b>	97.8
<b>Zn</b>	0.03
<b>Zr</b>	0.23
<b>Pd</b>	0.07
<b>Ag</b>	0.28

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 47. Cuantificación por DRX del material magnético malla -120

Mineral	Fórmula	Contenido (%)
Magnetita	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	44.72
Hematita	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.43
Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	1.53
Titanita	CaTiSiO <sub>5</sub>	3.96
Moscovita	KAl <sub>2</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>2</sub>	-
Magnesioferrita	Mg(Fe <sup>3+</sup> ) <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	14.09
Anortita	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	1.55
Albita	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	3.09
Caolinita	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	1
Dolomita	(Ca,Mg)(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	-
Zircón	ZrSiO <sub>4</sub>	-
Montmorillonita	(Al,Mg) <sub>8</sub> (Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>8</sub> .12H <sub>2</sub> O	1.2
Epidota	Ca <sub>2</sub> Fe <sub>3</sub> +Al <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )(SiO <sub>4</sub> )O(OH)	-
Magnesita	MgCO <sub>3</sub>	-
Componentes Minoritarios	-	3.43

Fuente: Proinstra

- En este análisis, el valor de magnesioferrita es alto, lo que no sucede con la titanita, ya que en este caso la cantidad es muy baja.
- Diamagnético:

Tabla 48. FRX (M.L.E) diamagnético malla -120

Mining Light Elements	
Elemento	%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.4
SiO <sub>2</sub>	45.9
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.38
S	1.27
K <sub>2</sub> O	1.05
CaO	7.13
TiO <sub>2</sub>	2.67
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.19
MnO	0.44
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.9
CuO	0.04
ZnO	0.14
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01
Rb	0.01
Sr	0.04
ZrO <sub>2</sub>	5.32
SnO <sub>2</sub>	0.08
SbO <sub>3</sub>	0.26
HfO <sub>2</sub>	0.09

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 49. FRX (S.A) diamagnético malla -120

<b>Standard Alloys</b>	
<b>Elemento</b>	<b>%</b>
<b>Ti</b>	5.59
<b>Cr</b>	0.65
<b>Mn</b>	0.14
<b>Fe</b>	60.7
<b>Zn</b>	0.74
<b>Zr</b>	30.1
<b>Rh</b>	0.18
<b>Ag</b>	0.88
<b>Hf</b>	0.65
<b>Pb</b>	0.3

Fuente: Rosalía Jácome, 2016.

Tabla 50. Cuantificación por DRX del material diamagnético malla -120

<b>Mineral</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Contenido (%)</b>
<b>Epidota</b>	$\text{Ca}_2\text{Fe}_3+\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)\text{O}(\text{OH})$	26.34
<b>Cuarzo</b>	$\text{SiO}_2$	15.39
<b>Albita</b>	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	14.52
<b>Caolinita</b>	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	12.24
<b>Hematita</b>	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	7.15
<b>Zircón</b>	$\text{ZrSiO}_4$	6.74
<b>Montmorillonita</b>	$(\text{Al},\text{Mg})_8(\text{Si}_4\text{O}_{10})_4(\text{OH})_8 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	4.88
<b>Biotita</b>	$\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$	3.54
<b>Anfibol</b>	-	2.32
<b>Heulandita</b>	$\text{NaCa}_4(\text{Si}_27\text{Al}_9)\text{O}_{72} \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	2.08
<b>Magnetita</b>	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	1.8
<b>Dolomita</b>	$(\text{Ca},\text{Mg})(\text{CO}_3)_2$	1.09
<b>Componentes Minoritarios</b>	-	1.91

Fuente: Proinstra

- Por último, se puede constatar que el mineral titanita que aparecía en las otras muestras, aquí ya no se encuentra. Mientras que el zircón tiene la mayor proporción en esta malla, a diferencia de las otras fracciones diamagnéticas, que se la encuentra en rangos bajos.

## CONCLUSIONES

- De la muestra de cabeza usada como punto de partida para los análisis, se obtuvo un peso específico de 2.8 gr/cm<sup>3</sup>; el D80 se encuentra en la malla -18, la cual tiene un peso de 86.2 kg. Además, por medio de la cuantificación por difracción de rayos X, se puede identificar los minerales en mayor proporción: Cuarzo (52.07%), Albita (15.23%), Anortita (10%), Sodalita (4.91%), entre otros.
- Culminado el balance de sólidos, se determinó que, alimentando la mesa de sacudidas con 110.658 kg, podemos obtener 25.62 kg de concentrado. Esto quiere decir, que el procedimiento tiene un rendimiento de 23.15%.
- Los minerales “silicatos” y “alumino-silicatos”, mantienen su contenido en rangos similares tanto en las muestras de alimentación, mixtos y livianos. Mientras que los minerales magnéticos como hematita y magnetita tienen bajas proporciones o desaparecen en las muestras. Lo cual no ocurre en el concentrado, ya que se elevan los porcentajes de estos minerales y aparece un nuevo mineral, titanita en un 6.77%.
- En el concentrado estudiado, predomina el material magnético en la malla #60 con un 81.01% y la cantidad de material diamagnético, se encuentra en proporciones considerables del 47.85% en la malla -120. Dentro de las fracciones obtenidas por granulometría del concentrado, se pueden identificar minerales de importancia económica, tales como: zircón, que se lo encuentra solo en las fracciones diamagnéticas y en mayor cantidad en la malla -120 a razón de 6.74%; hematita, que se concentra mayoritariamente en las mallas #35 y #60 (diamagnético). Encontramos minerales accesorios como titanita en mayor cantidad en el concentrado de cabeza con un 6.77%, pero también podemos encontrarlo en menos proporción hasta la malla -120 (magnético).
- Adicional al estudio, se determinaron las leyes de oro y plata del concentrado, obteniendo como resultado una ley de oro (Au) de 153.73 gr/Ton; mientras que la ley de plata es 22.53 gr/Ton.

## RECOMENDACIONES

- Durante la ejecución del cribado, se recomienda limpiar la criba de forma periódica para evitar obstrucciones y pérdida de material.
- Para aumentar el porcentaje de recuperación de concentrado en mesa vibratoria de sacudidas, es recomendable pasar dos y hasta tres veces el material mixto y así poder obtener mayor cantidad de concentrado.
- El número de sacudidas de la mesa vibratoria no debe sobre pasar de 50, ya que al ser mayor, provoca la mezcla abrupta del concentrado y mixtos.
- Dada la presencia del mineral titanita en las muestras analizadas, se recomienda que al realizar la separación magnética en estudios posteriores, se lo realice con las condiciones de operación adecuadas al mineral.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre González, E. (Marzo de 2016). *Repositorio UTPL*. Obtenido de Repositorio UTPL:  
<http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/14605/1/Aguirre%20Gonzalez%20Edgar%20Andres.pdf>
- Bermúdez-Cella, M. A., & Anaya, R. C. (2007). Calibración del separador magnético de alta intensidad magnet-lift mlh (13) 111-5 para su uso en el laboratorio de termocronología de la UCV. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*.
- Calle Guerrero, L. (2014). *Repositorio UTPL*. Obtenido de Repositorio UTPL:  
[file:///D:/Downloads/Calle\\_Guerrero\\_Leonardo\\_David%20\(1\).pdf](file:///D:/Downloads/Calle_Guerrero_Leonardo_David%20(1).pdf)
- ENAMI EP. (2012). *Informe de Reconocimiento Geológico Inicial del Proyecto Aluvial Conguime*. Quito.
- Espinoza Maldonado, J. (Octubre de 2014). *Repositorio UTPL*. Obtenido de Repositorio UTPL:  
<http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/10828/1/ESPINOZA%20MALDONADO%20JESSICA%20KARINA.pdf>
- FISCALIZACION, A. N. (2013). *Ecuador Patente nº 517*.
- OUTOKUMPU TECHNOLOGY, INC. (Junio de 2006). *University of Vermont*. Obtenido de University of Vermont: [https://www.uvm.edu/cosmolab/om/MagSep\\_Manual.pdf](https://www.uvm.edu/cosmolab/om/MagSep_Manual.pdf)
- Paladines, A. (2005). Los Recursos no Renovables del Ecuador. En A. Paladines, *Los Recursos no Renovables del Ecuador* (pág. 191). Quito: Editorial Universitaria.
- Paladines, A. (marzo de 2011). *Naturaleza y Cultura*. Obtenido de Naturaleza y Cultura: <http://www.naturalezaycultura.org/docs/MineriaMetalica.pdf>
- Paladines, A., & Soto, J. (2010). *Geología y Yacimientos Minerales del Ecuador*. Loja: UTPL.
- Pillajo G., E. (Abril de 2008). *Fungeomine*. Obtenido de Fungeomine: [http://fungeomine.org/documentos/potencial\\_aurifero\\_aluvial\\_en\\_el\\_ecuador.pdf](http://fungeomine.org/documentos/potencial_aurifero_aluvial_en_el_ecuador.pdf)

- Universidad Nacional de Loja. (2010). Recursos Minerales no Renovables en el Amazonía Ecuatoriana. *Centro de Estudios y Desarrollo de la Amazonía (CEDAMAZ)*, 81.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1. ENSAYOS DEL PICNÓMETRO

P1= Peso del picnómetro

P2= P1+muestra

P4= P2+agua

P3= P1+agua

$\gamma$ = Peso específico

$$\gamma = \frac{P2 - P1}{(P3 - P1) - (P4 - P2)}$$

### Punto 1 "Nantún":

Ensayo 1:

$$\gamma = \frac{14.51 - 13.16}{(23.37 - 13.16) - (24.23 - 14.51)} = 2.75$$

Ensayo 2:

$$\gamma = \frac{14.24 - 13.16}{(23.36 - 13.16) - (24.06 - 14.24)} = 2.8$$

Ensayo 3:

$$\gamma = \frac{14.95 - 13.16}{(23.37 - 13.16) - (24.51 - 14.95)} = 2.75$$

### Punto 2 "Sauca":

Ensayo 1:

$$\gamma = \frac{15.26 - 13.16}{(23.36 - 13.16) - (24.72 - 15.26)} = 2.8$$

*Ensayo 2:*

$$\gamma = \frac{14.67 - 13.16}{(23.36 - 13.16) - (24.33 - 14.67)} = 2.79$$

*Ensayo 3:*

$$\gamma = \frac{14.86 - 13.16}{(23.36 - 13.16) - (24.46 - 14.86)} = 2.8$$

*Concentrado obtenido por mesa de sacudidas:*

*Ensayo 1:*

$$\gamma = \frac{13.75 - 13.16}{(23.38 - 13.16) - (23.86 - 13.75)} = 5.36$$

*Ensayo 2:*

$$\gamma = \frac{14.36 - 13.16}{(23.38 - 13.16) - (24.33 - 14.36)} = 4.8$$

*Ensayo 3:*

$$\gamma = \frac{14.99 - 13.16}{(23.38 - 13.16) - (24.84 - 14.99)} = 4.94$$

## ANEXO 2. PORCENTAJE DE MATERIAL RETENIDO Y PASANTE EN LA CRIBA

*Punto 1 "Nantún":*

# Malla	Punto "Nantún" (Kg)	% Material Retenido
<b>+18</b>	35.04	43.32
<b>-18</b>	45.84	56.7

*Punto 2 "Sauca":*

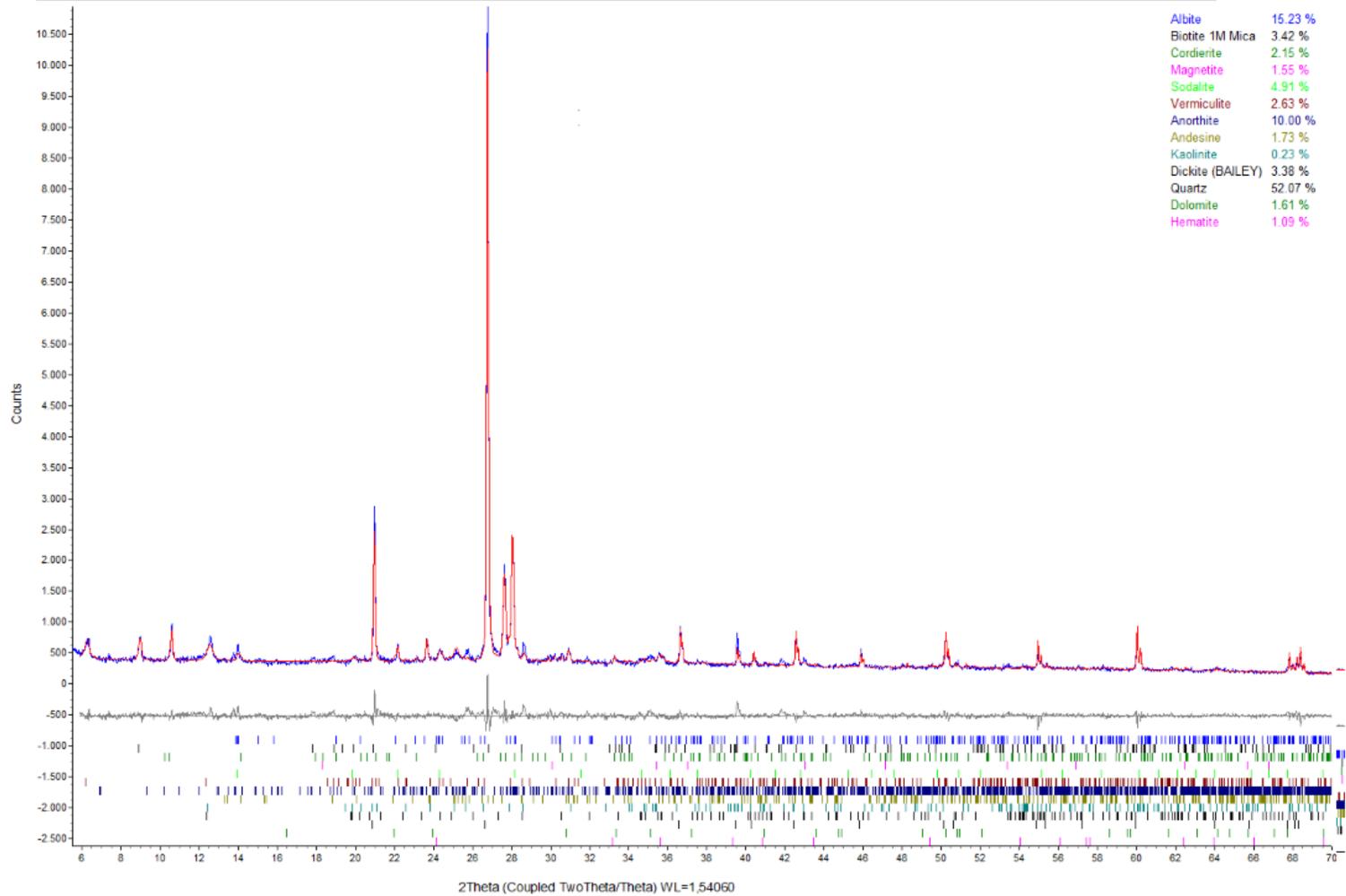
# Malla	Punto "Sauca" (Kg)	% Material Retenido
<b>+18</b>	14.24	26.8
<b>-18</b>	40.36	73.20

**ANEXO 3. TABLA DE INTENSIDADES MAGNÉTICAS**

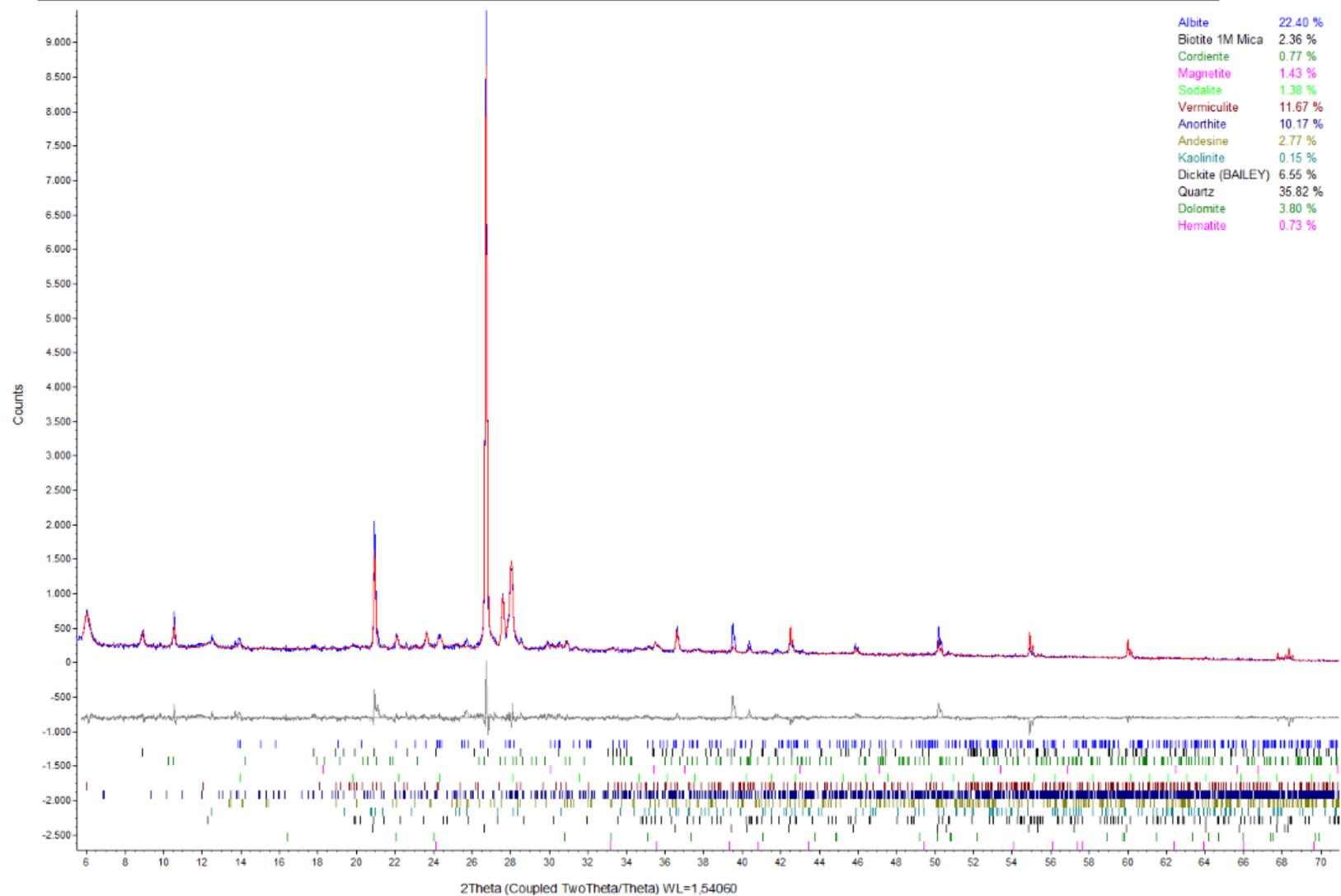
Pendiente del equipo 20°				Pendiente del equipo 5°.	
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
	<b>Magnéticos (Amperaje)</b>				
<b>Altamente magnéticos</b>	<b>0.4</b>	<b>0.8</b>	<b>1.2</b>	<b>1.2</b>	<b>1.2</b>
<b>Magnetita</b>	Ilmenita	<b>Horblenda</b>	<b>Diopsido</b>	Esfena	<b>Circón</b>
<b>Pirrotita</b>	Granate	Hipersteno	Tremolita	Leucoxeno	Rutilo
	Olivino	<b>Augita</b>	Enstantita	<b>Apatito</b>	Anatasa
	Cromita	Actinolita	Espinela	Andalucita	Brookita
	Cloritoide	Estauroлита	<b>Estauroлита</b>	Monacita	<b>Pirita</b>
		Epidoto	(Clara)	Xenotina	<b>Corindón</b>
		Biotita	Moscovita		<b>Topacio</b>
		Clorita	Zoisita		<b>Fluorita</b>
		<b>Turmalina</b>	Clinozoisita		<b>Cianita Silimanita</b>
		(Oscura)	Turmalina		<b>Anhidrita</b>
			(Clara)		<b>Berilo</b>

# ANEXO 4. DIFRACTOGRAMAS

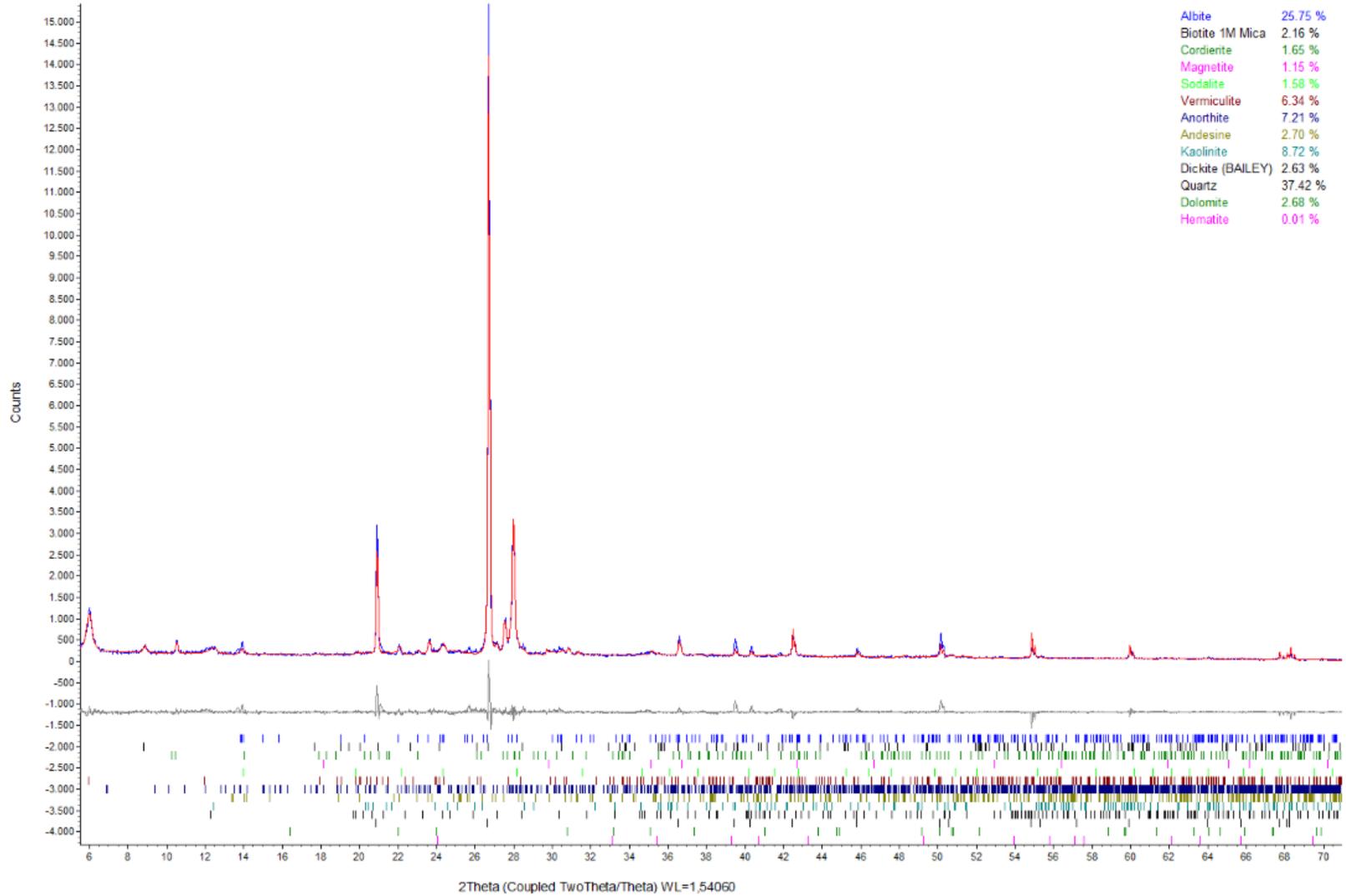
Commander Sample ID- Muestra 1 Alimentación Al-RJ



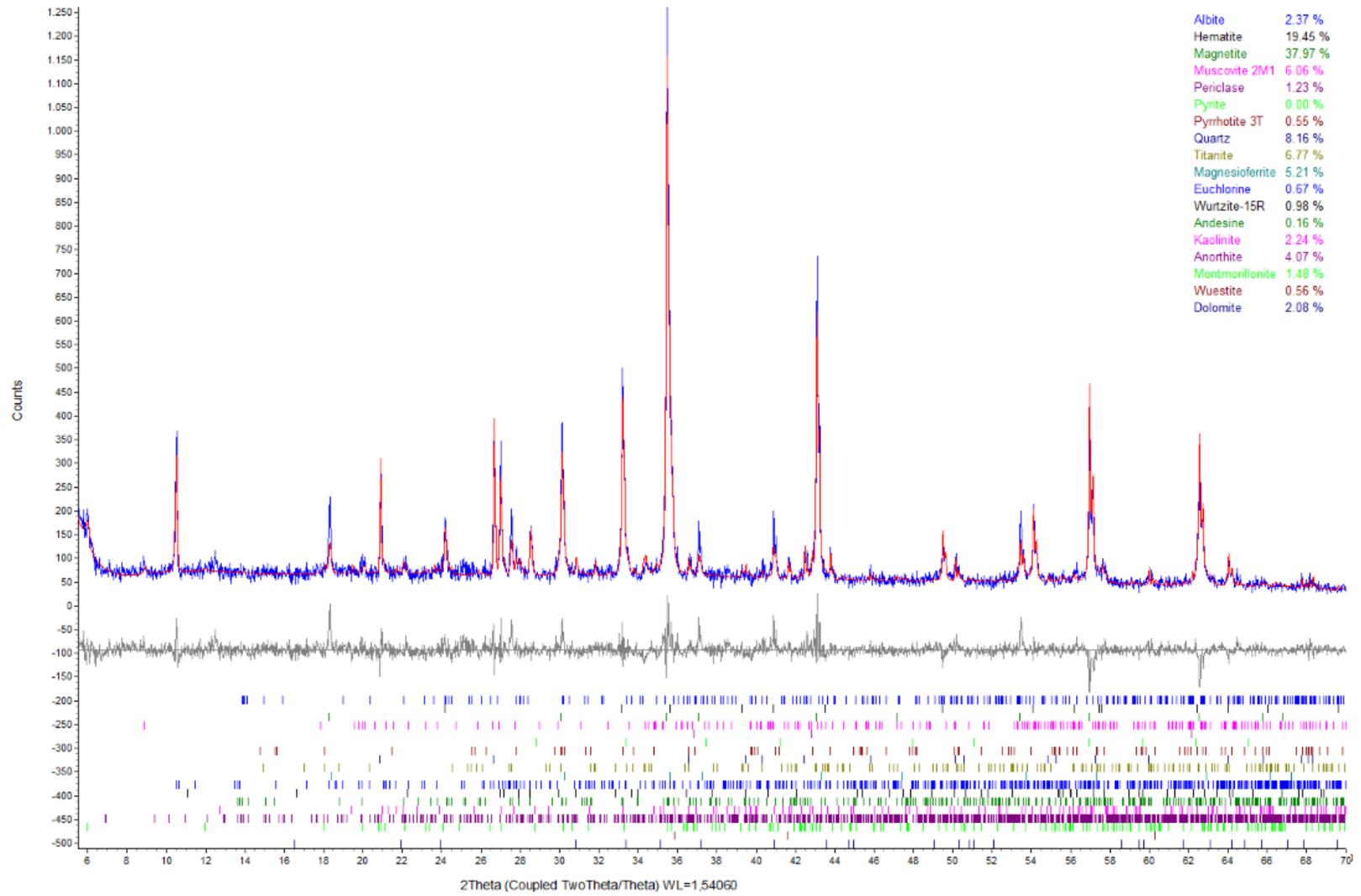
# Commander Sample ID- Muestra 2 Mixto MX-RJ



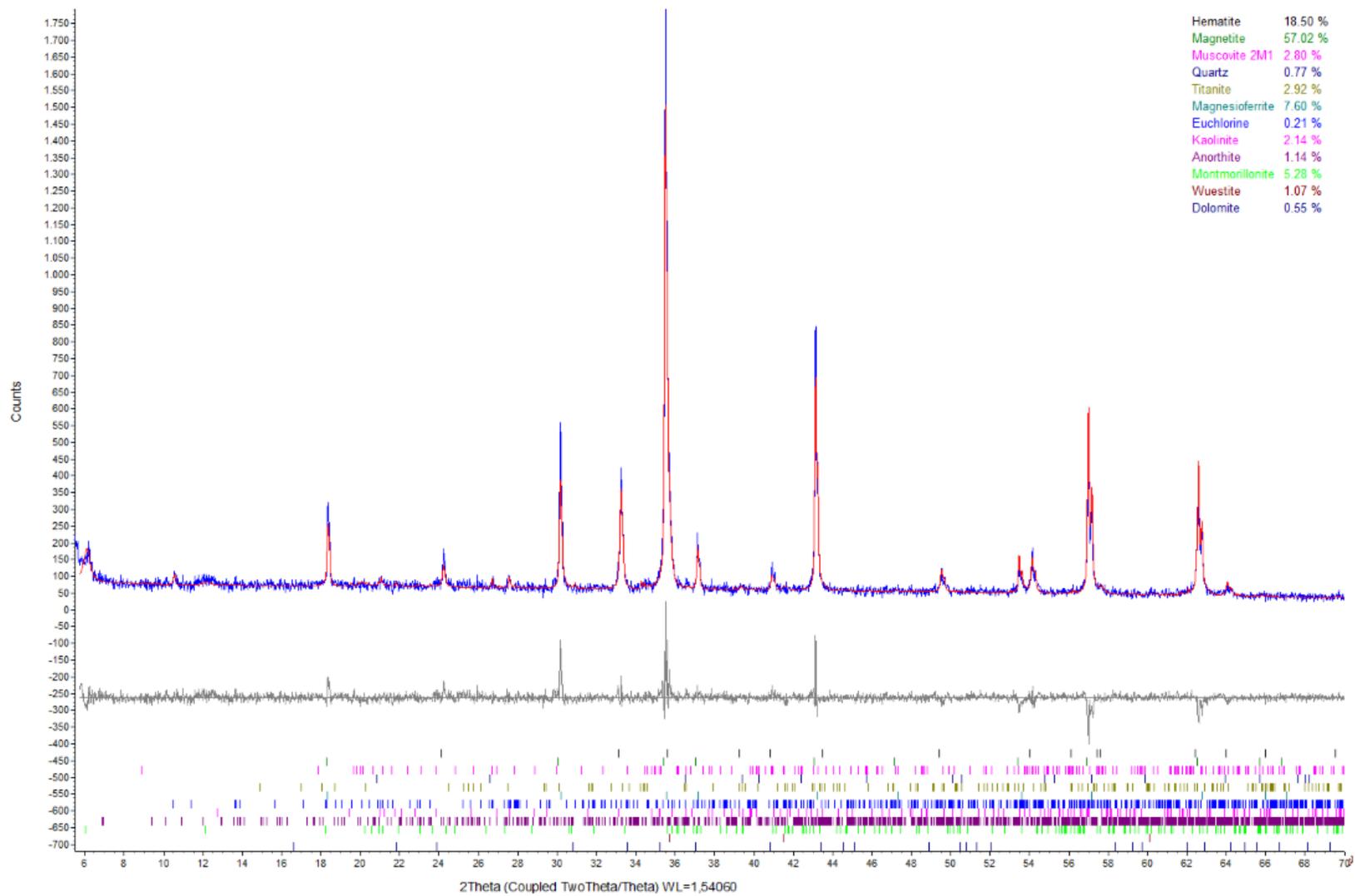
Commander Sample ID- Muestra 3 Liviano LV-RJ



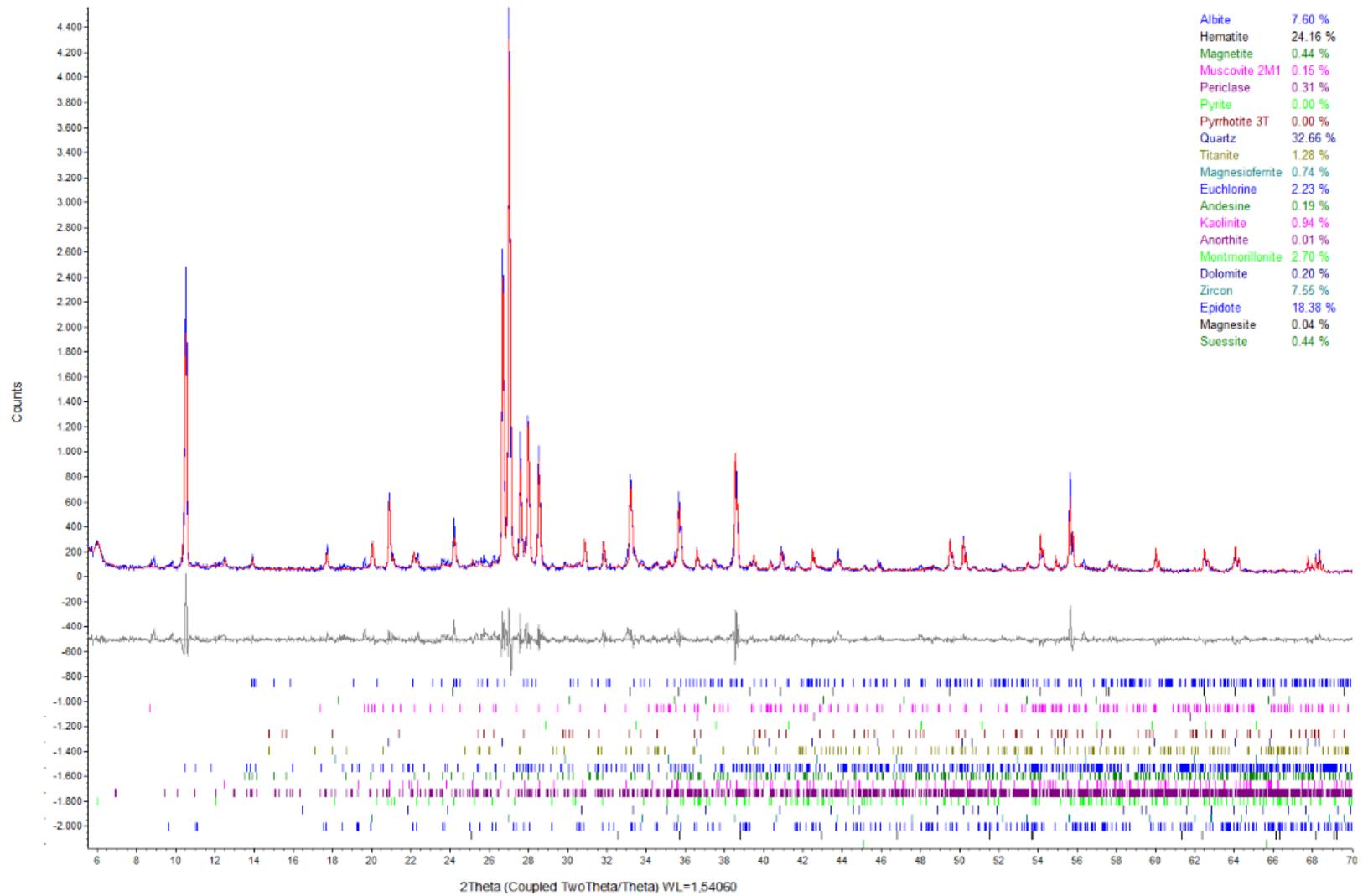
Commander Sample ID- Muestra 4 cabeza concentrado MCC-RJ



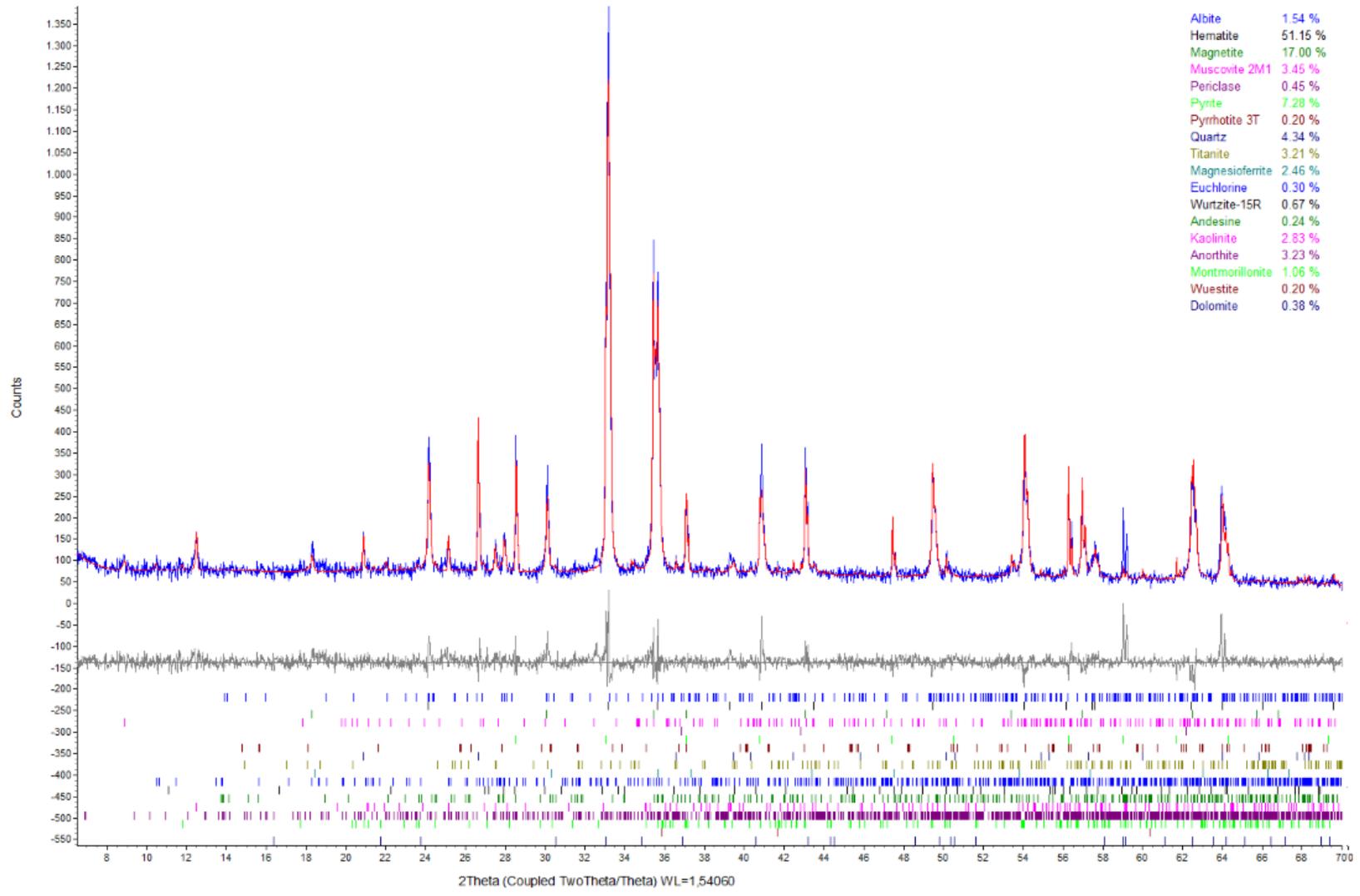
# Commander Sample ID- Muestra 5 Cabeza Magnético MCM-RJ



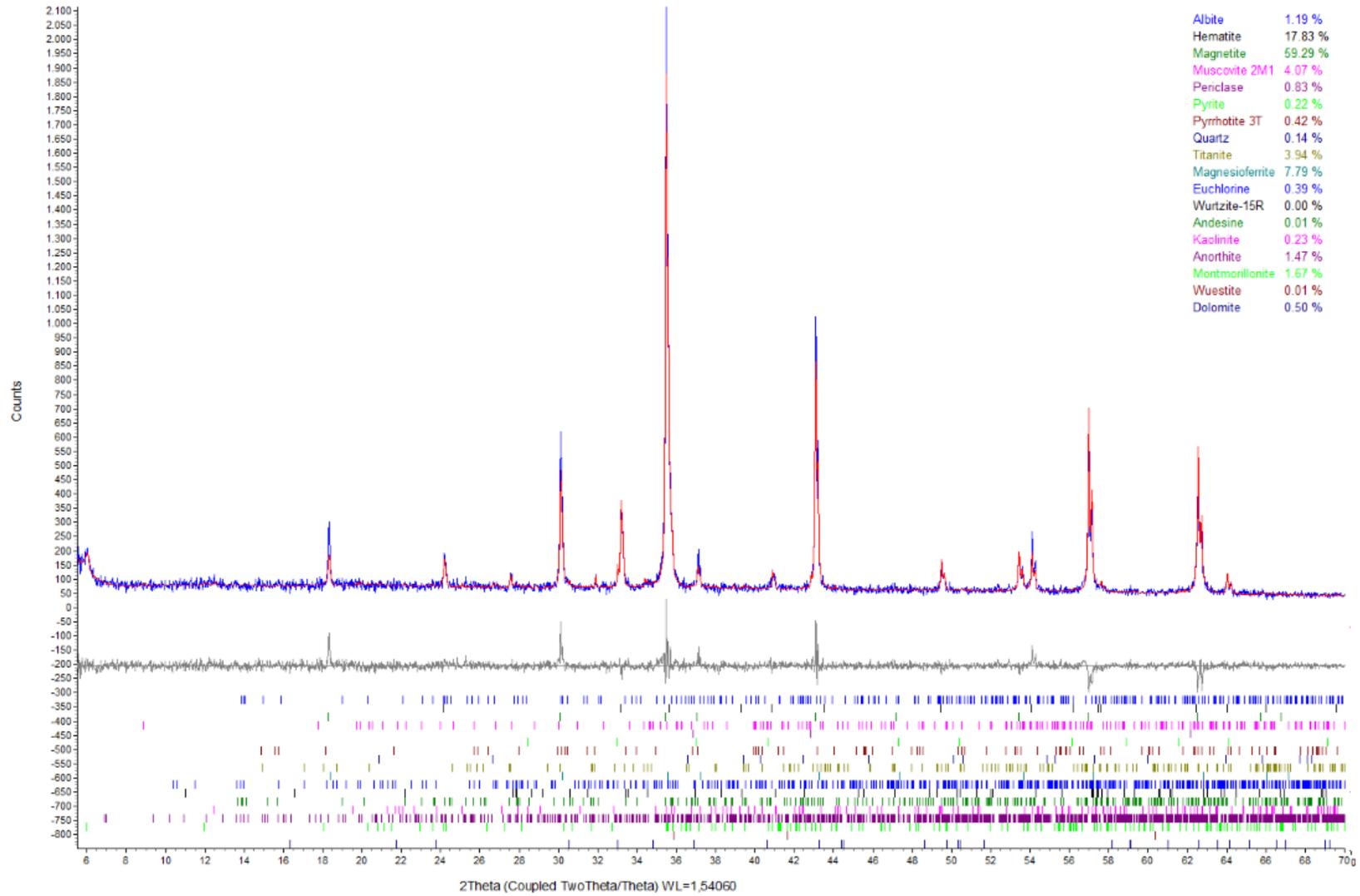
Commander Sample ID- Muestra 6 Cabeza Diamagnético MCD-RJ



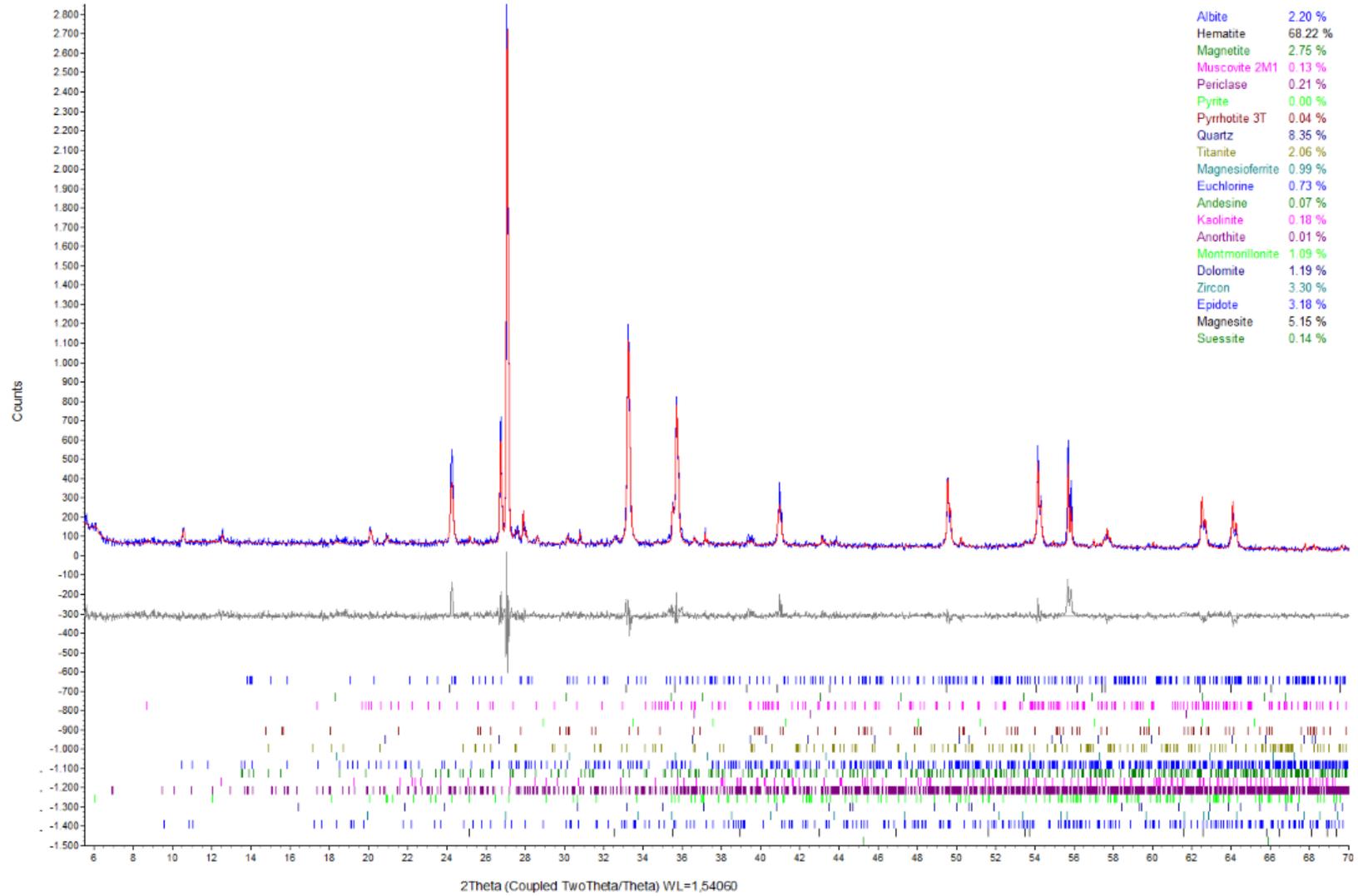
Commander Sample ID- Muestra 7 Malla #35 35-RJ



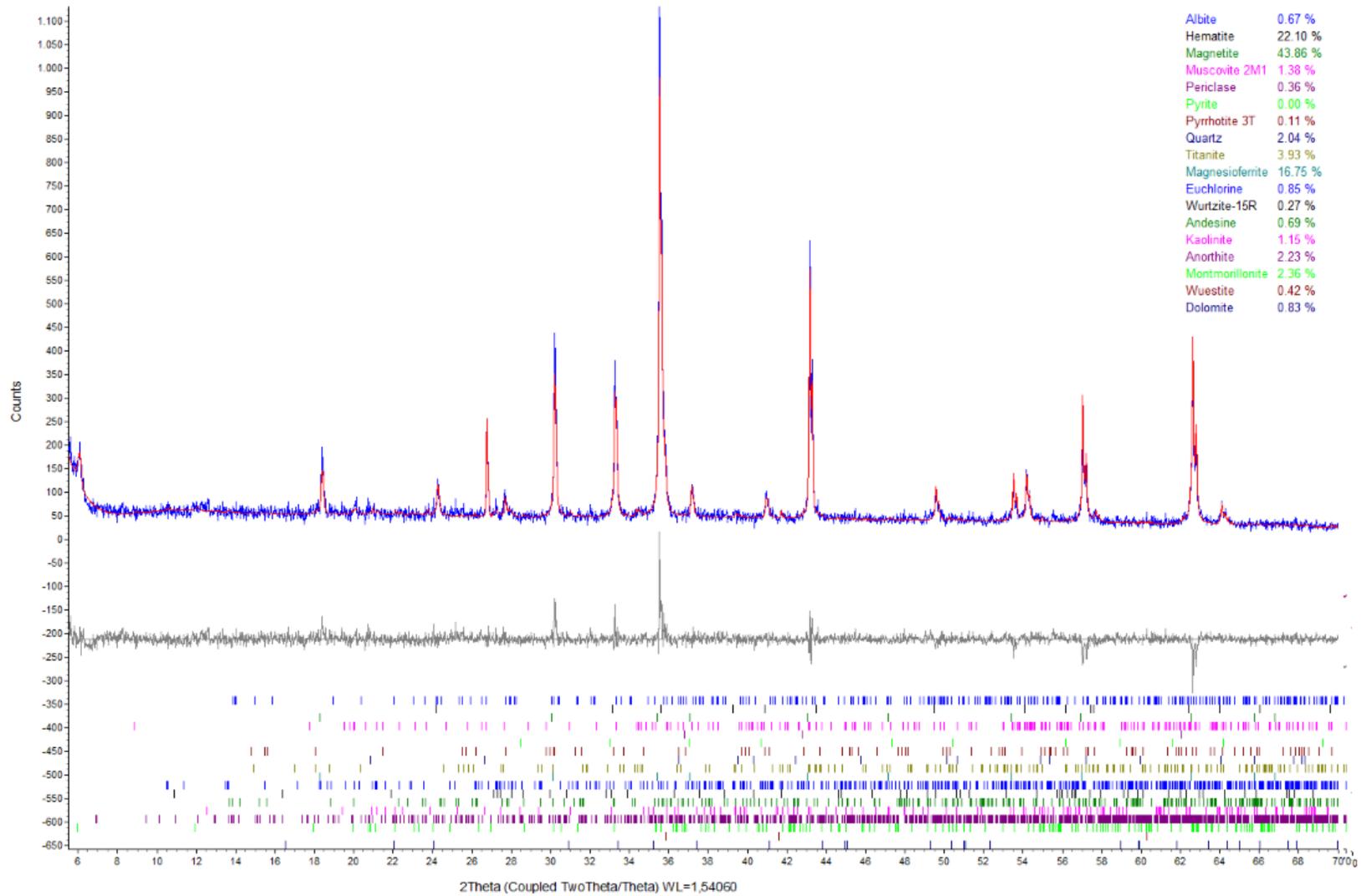
Commander Sample ID- Muestra 8 Malla #60 Magnético 60 M-RJ



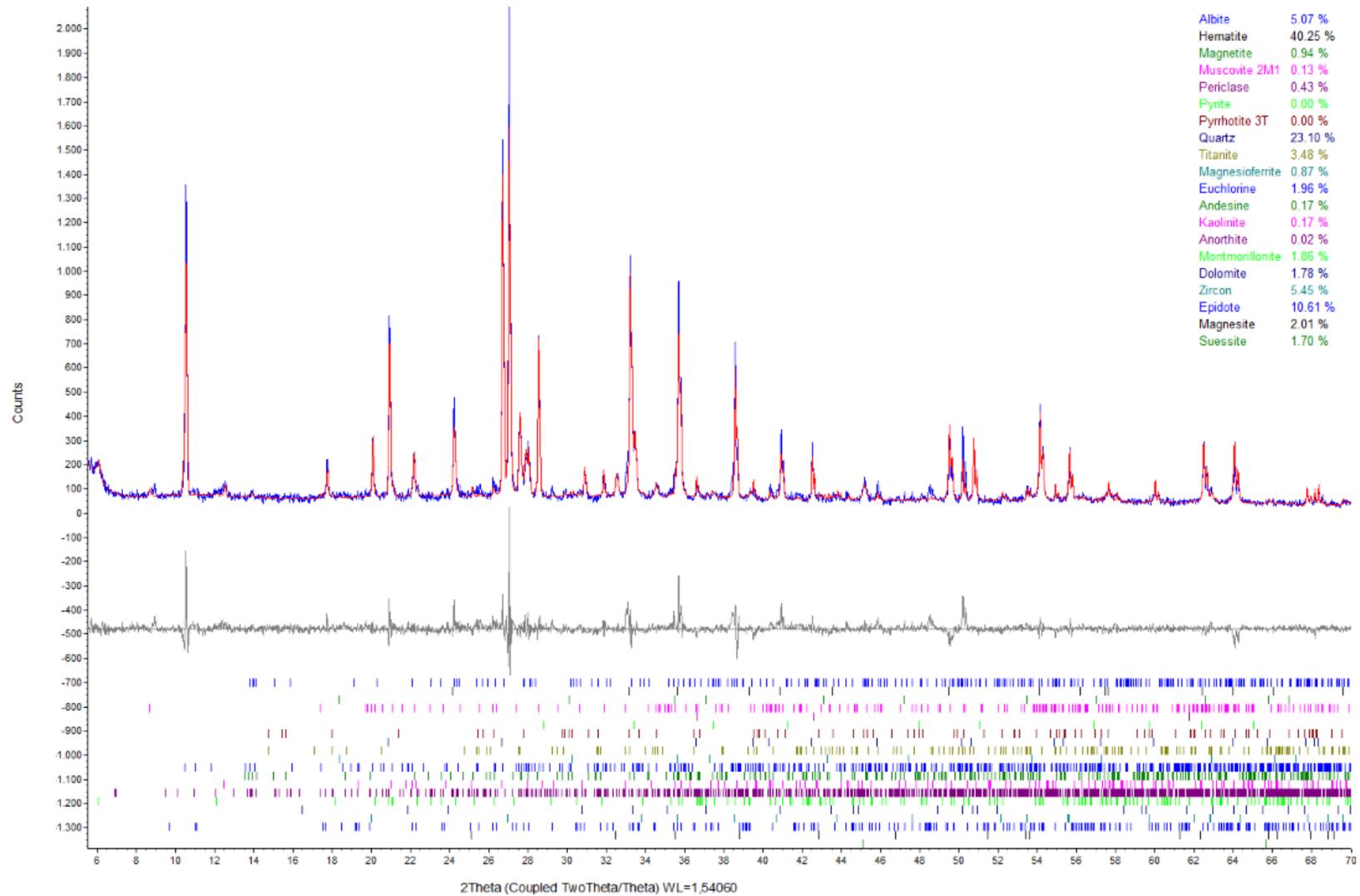
Commander Sample ID- Muestra 9 Malla #60 Diamagnético 60 D-RJ



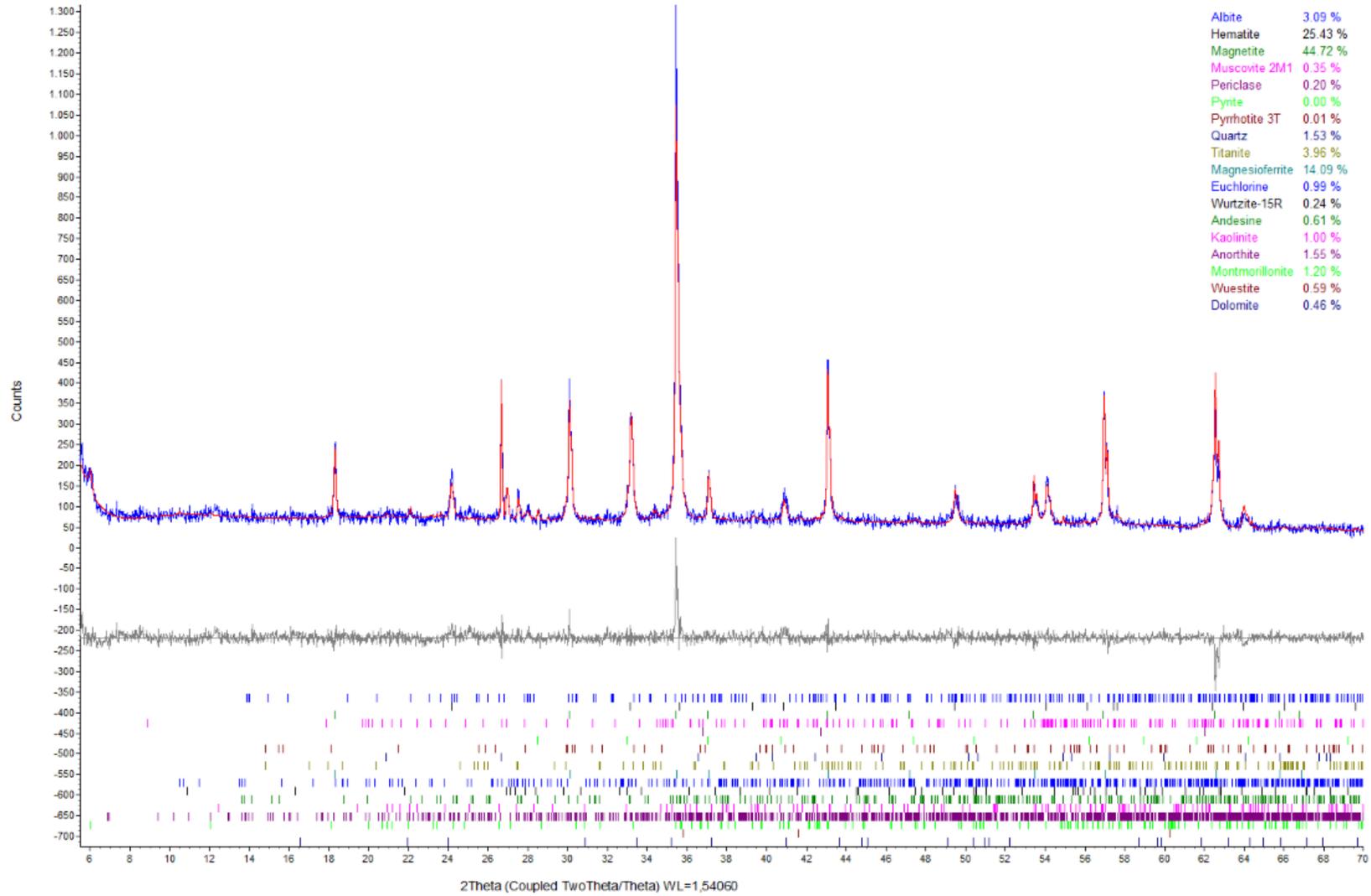
Commander Sample ID- Muestra 10 Malla #120 Magnético 120 M-RJ



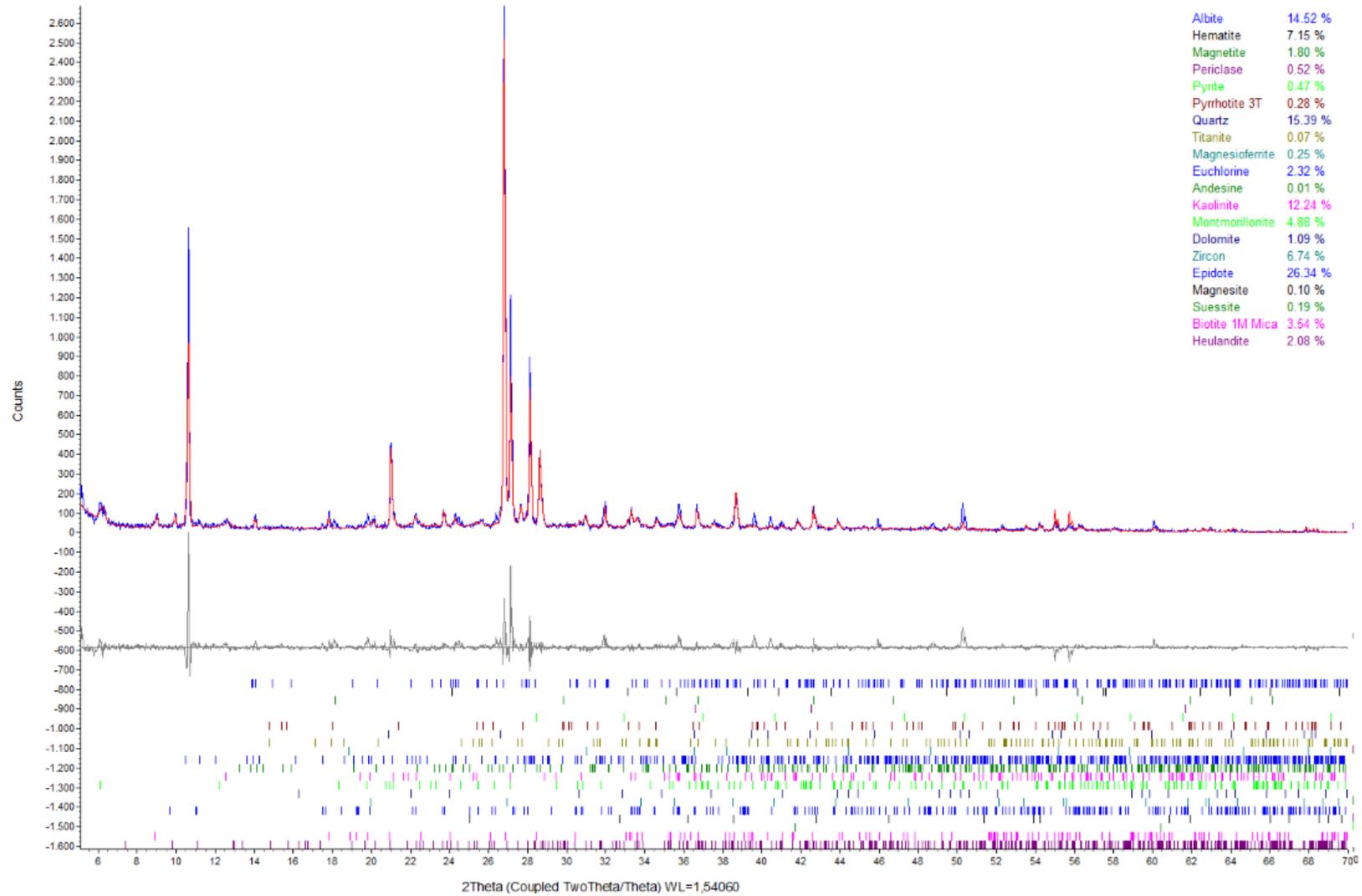
Commander Sample ID- Muestra 11 Malla #120 Diamagnético 120 D-RJ



# Commander Sample ID- Muestra 12 Fondo Magnético FM-RJ



# Commander Sample ID- Muestra 13 Fondo Diamagnético FD-RJ



**ANEXO 5. LEYES DE ORO Y PLATA DEL CONCENTRADO.**

<b>Código</b>	<b>Peso muestra</b>	<b>Peso Dore: Au+Ag</b>	<b>Peso Oro</b>	<b>Ley Au</b>	<b>Ley Ag</b>
<b>CONG 1</b>	25 gr	0.00467	0.00371	148.4	38.4
<b>CONG 2</b>	25 gr	0.00430	0.00362	144.8	27.2
<b>CONG 3</b>	25 gr	0.00425	0.00420	168	2
				<b>153.73</b>	<b>22.53</b>