



*“Año del Diálogo y Reconciliación Nacional”*

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA**



## **ESCUELA DE POSGRADO**

### **TESIS**

**GEOLOGÍA Y MINERALIZACIÓN DEL DEPÓSITO  
MISSISSIPPI VALLEY TYPE DE Zn – Pb:  
PROYECTO CAÑÓN FLORIDA, NORTE DE PERU.**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: GEOMETALURGIA APLICADA.**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. ISAAC MARCELINO ROBLES VEGA**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO**

**EN: INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**MENCIÓN: GEOMETALURGIA APLICADA.**

**HUANCAVELICA – PERÚ**

**2018**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creado por Ley N° 25265)

**ESCUELA DE POSGRADO**

(APROBADO CON RESOLUCIÓN N° 736-2005-ANR)



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"  
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Ante el Jurado conformado por los docentes: **Dr. Amadeo ENRÍQUEZ DONAIRES**, **Msc. Luz Marina ACHARTE LUME** y **Msc. Freddy PAREJAS RODRÍGUEZ**.

**Asesor: Dr. Pedro Felix DE LA CRUZ CRUZADO.**

De conformidad al Reglamento para Optar el Grado Académico de Maestro y Doctor, de la Universidad Nacional de Huancavelica, aprobado mediante Resolución N° 207-2018-CU-UNH

El Candidato al **GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA GEOLÓGICA**  
**CON MENCIÓN: GEOMETALURGIA APLICADA.**

Don, **Isaac Marcelino ROBLES VEGA**, procedió a sustentar su trabajo de Investigación titulado **"GEOLOGÍA Y MINERALIZACIÓN DEL DEPÓSITO MISSISSIPPI VALLEY TYPE DE Zn – Pb: PROYECTO CAÑÓN FLORIDA, NORTE DE PERU"**.

Luego, de haber absuelto las preguntas que le fueron formulados por los Miembros del Jurado, se dio por concluido al ACTO de sustentación, realizándose la deliberación y calificación, resultando:

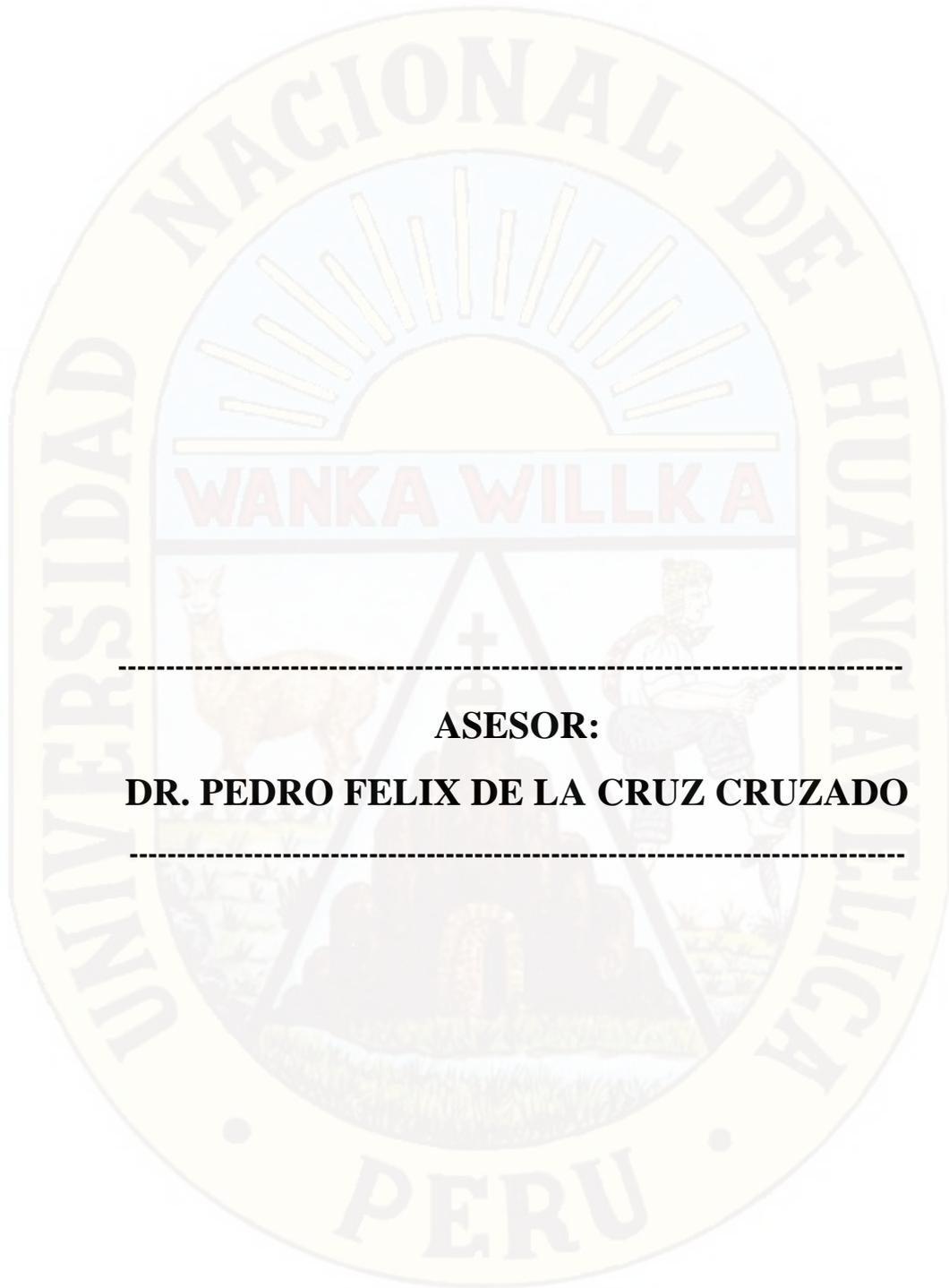
Con el calificativo: Aprobado  Por:.....**UNANIMIDAD**.....  
Desaprobado

Y para constancia se extiende la presente ACTA, en la ciudad de Huancavelica, a los dos días del mes de julio del año 2018.

.....  
**Dr. Amadeo ENRÍQUEZ DONAIRES**  
Presidente del Jurado.

.....  
**Msc. Luz Marina ACHARTE LUME**  
Secretario del Jurado

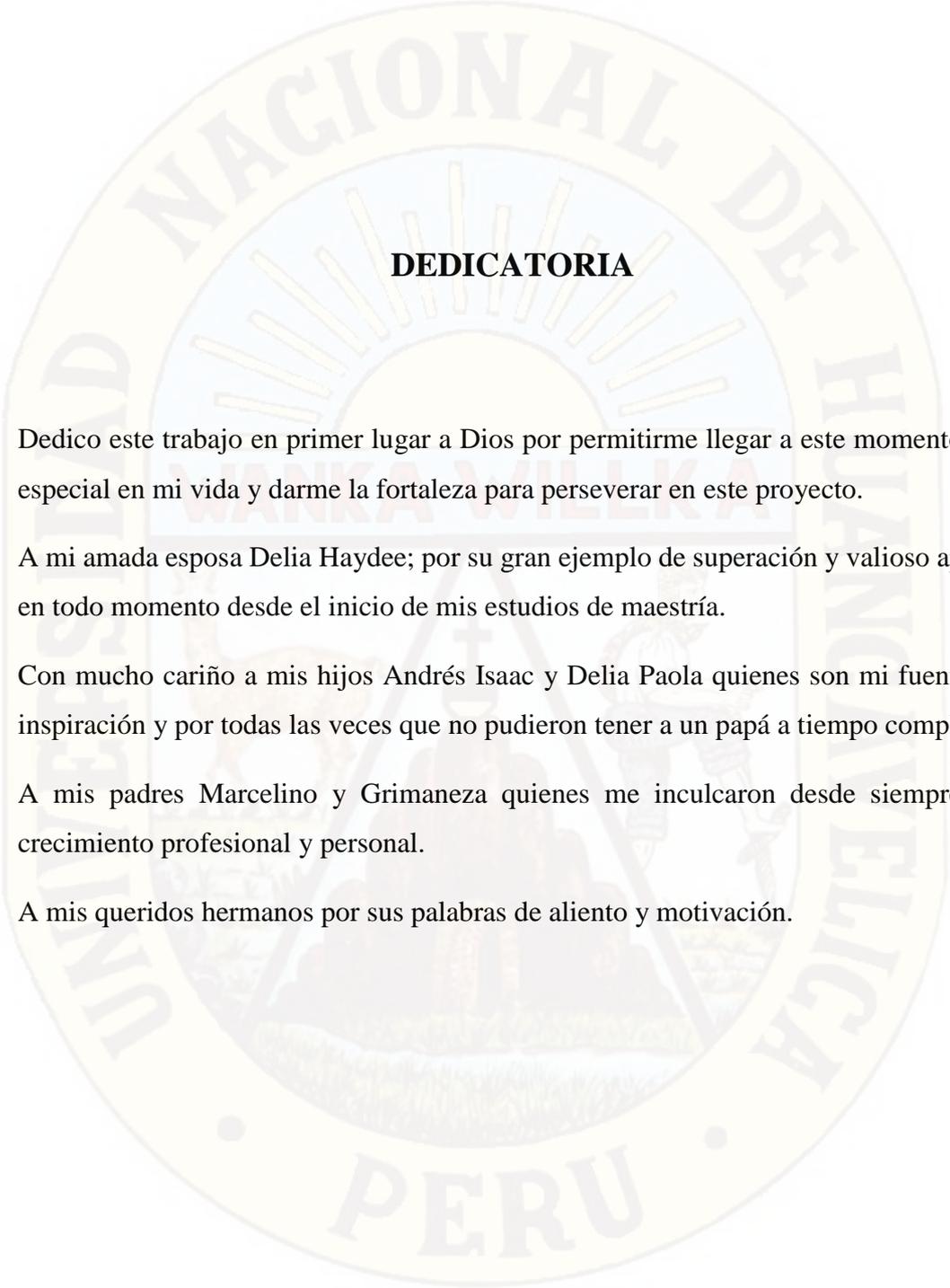
.....  
**Msc. Freddy PAREJAS RODRÍGUEZ**  
Vocal del Jurado



---

**ASESOR:**  
**DR. PEDRO FELIX DE LA CRUZ CRUZADO**

---



## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida y darme la fortaleza para perseverar en este proyecto.

A mi amada esposa Delia Haydee; por su gran ejemplo de superación y valioso apoyo en todo momento desde el inicio de mis estudios de maestría.

Con mucho cariño a mis hijos Andrés Isaac y Delia Paola quienes son mi fuente de inspiración y por todas las veces que no pudieron tener a un papá a tiempo completo.

A mis padres Marcelino y Grimaneza quienes me inculcaron desde siempre mi crecimiento profesional y personal.

A mis queridos hermanos por sus palabras de aliento y motivación.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento y gratitud a la alta dirección de Votorantim Metais-Cajamarquilla S.A. por haber permitido formar parte del equipo profesional durante 5 años desarrollando el proyecto y por cultivar como política de creencias la meritocracia y autocrecimiento de sus colaboradores para ser valoradas de forma justa. Esto me permitió hacer realidad mi sueño de contribuir al conocimiento geológico del Proyecto Cañón Florida.

Agradezco al PhD David Leach por sus enseñanzas en varios workshop y talleres sobre depósitos Mississippi Valley Type y haberme apoyado con información especializada sobre el tema.

Agradezco al Dr. Pedro Félix De La Cruz Cruzado por el asesoramiento de la presente tesis.

Mi agradecimiento al Dr. Amadeo Enríquez Donaires, Mg. Luz Marina Acharte Lume y Msc. Freddy Parejas Rodríguez por la revisión y sugerencias.

Mi profundo agradecimiento a mis profesores de la Maestría de CAMIPER-UNH por sus enseñanzas y por las oportunas respuestas a preguntas y consultas sobre temas geológicos.

A mis colegas dedicados a la exploración mineral que me ayudaron indirectamente en la realización de este proyecto.

Agradezco a Dios por su santa bendición y a mis padres por darme la oportunidad de vivir y compartir el maravilloso mundo del conocimiento.

## RESUMEN

El objetivo fue determinar el control litológico, estructural, estratigráfico y su relación con la mineralización de Zn-Pb y conocer sus características. La metodología fue exploratoria, donde la observación, análisis macroscópico y microscópico, razonamiento e interpretación fue fundamental para entender las características geológicas y mineralógicas. El depósito está hospedado en rocas carbonatadas del Grupo Pucará y posee afinidad con los rasgos generales del modelo Mississippi Valley Type (MVT) a partir del contexto geotectónico, geología regional, características litológicas, mineralogía, forma del depósito, arreglo de minerales en estructura y textura. El control estructural dominante a escala distrital en Cañón Florida es la Falla Sam, de dirección SSW – NNE y la Falla El Tesoro con dirección NNW-SSE. Los controles estructurales a escala de yacimiento son: el anticlinal de dirección SE-NW y los sistemas de Fallas menores de dirección N-S, SW-NE y SE-NW. Como resultado del estudio se identificaron las siguientes especies minerales: esfalerita, galena, pirita, marcasita, calcita, dolomita y sulfosales; las cuales presentan texturas variadas. La mineralización se presenta diseminados, semi-masivos, masivos, bandeados y patch con granulometría fina a gruesa; presentan geometría en mantos estratoligados, cuerpos irregulares y vetiformes. En el sector San Jorge la mineralización de sulfuros de Zn y Pb se presenta masiva, semi-masiva y diseminadas y está asociada a inyecciones de evaporita (brechas evaporíticas tectónicas) a lo largo de fallas, configurando un control del depósito mineral en cuerpos estructurados; mientras que en el sector Karen Milagros la mineralización es de tipo manto o estratoligado (stratabound) y está asociada a dolomitas ricas en materia orgánica (bituminosa), porosa y pseudobrechas evaporíticas. La mineralización de Zn-Pb se circunscriben en la unidad Chambará 2 relacionados a los niveles dolomitizados con texturas favorables.

**Palabras Clave:** Rocas carbonatadas, dolomita, mineral, sulfuros, estratoligado, fallas.

## ABSTRACT

The objective was to determine the lithological, structural, stratigraphic control and its relation with the mineralization of Zn-Pb and also knowing its characteristics.

The methodology was exploratory, where the observation, macroscopic and microscopic analysis, reasoning and interpretation was fundamental to explain the geological and mineralogical characteristics. The deposit is hosted in carbonate rocks of the Pucará Group and has affinity with the general features of the Mississippi Valley Type (MVT) deposit model like geotectonic context, regional geology, lithological characteristics, mineralogy, deposit geometry, ore textures and structures. The dominant structural control at district level in Florida Canyon is the Sam Fault, with SSW - NNE trend and El Tesoro Fault, with NNW - SSE trend. The structural controls at deposit scale are: the SE-NW anticline and the smaller N-S, SW-NE and SE-NW fault systems. As a result of the study, the following mineral species were identified: sphalerite, galena, pyrite, marcasite, calcite, dolomite and sulfosalts; which present varied textures. The mineralization is disseminated, semi-massive, massive, banded and fine to coarse grain patches; they occur as stratified mantles, irregular bodies and vein like bodies. In the San Jorge sector, Zn and Pb sulphide mineralization is massive, semi-massive and disseminated and is associated with evaporite injections (tectonic evaporitic breccias) along faults, configuring a mineralization control of the deposit in structured bodies; while in the Karen Milagros sector, the mineralization is mantle-type or strata-bound and is associated with porous dolomites rich in organic matter (bituminous), and evaporitic pseudo-breccias. The mineralization of Zn-Pb are circumscribed in the Chambará 2 unit related to the dolomitized levels with favorable textures.

**Key words:** Carbonate rocks, dolomite, mineral, sulfides, strata-bound, faults.

## INDICE

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
RESUMEN .....	v
ABSTRACT.....	vi
INDICE.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE TABLAS .....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	xix
CAPITULO I .....	1
EL PROBLEMA .....	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Formulación del Problema.....	1
1.2.1. Problema General.....	2
1.2.2. Problemas Específicos .....	2
1.3. Objetivos de la Investigación.....	2
1.3.1. Objetivo General.....	2
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Justificación.....	3
CAPITULO II.....	5
MARCO TEORICO.....	5
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	5
2.2. Bases Teóricas.....	7
2.3. Formulación de Hipótesis.....	18
2.3.1. Hipótesis General.....	18
2.3.2. Hipótesis Específicas: .....	18
2.4. Definición de Términos.....	18
2.5. Identificación de Variables.....	21
2.6. Operacionalización de Variables.....	21
CAPITULO III.....	22
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION .....	22
3.1. Tipo de Investigación.....	22

3.2.	Nivel de Investigación. ....	22
3.3.	Métodos de Investigación. ....	23
3.4.	Diseño de Investigación. ....	23
3.5.	Población, Muestra y Muestreo .....	23
3.6.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos. ....	24
3.7.	Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos. ....	24
3.8.	Descripción de la Prueba de Hipótesis. ....	24
CAPITULO IV .....		26
PRESENTACION DE RESULTADOS.....		26
4.1.	Ubicación y Accesibilidad.....	26
4.2.	Ambiente Geotectónico y Metalogenético.....	28
4.3.	Contexto Geológico Regional.....	35
4.4.	Estratigrafía Regional Y Distrital .....	37
4.4.1.	Complejo del Maraón (Neoproterozoico) .....	39
4.4.2.	Grupo Mitu (Pérmico sup. - Triásico inf.) .....	39
4.4.3.	Grupo Pucará (Triásico superior - Jurásico inferior) .....	41
4.4.3.1.	Formación Chambará (Triásico superior) .....	43
4.4.3.2.	Formación Aramachay (Jurásico inferior) .....	45
4.4.3.3.	Formación Condorsinga (Jurásico inferior) .....	45
4.4.4.	Formación Corontachaca (Jurásico medio a superior).....	46
4.4.5.	Formación Sarayaquillo (Jurásico superior) .....	46
4.4.6.	Formación Goyllarisquiza (Cretáceo inferior).....	47
4.4.7.	Formación Chonta (Cretáceo inferior) .....	47
4.4.8.	Formación Chúlec (Cretáceo inferior) .....	48
4.4.9.	Formación Pulluicana (Cretáceo superior).....	48
4.4.10.	Formación Quilquiñán (Cretáceo superior) .....	48
4.4.11.	Formación Cajamarca (Cretáceo superior) .....	49
4.4.12.	Formación Celendín (Cretáceo superior) .....	49
4.5.	Estratigrafía Local.....	49
4.5.1.	Miembro Chambará 1 .....	53
4.5.2.	Miembro Chambará 2 .....	54
4.5.3.	Miembro Chambará 3 .....	57
4.6.	Marcadores Bioestratigráficos en la Formación Chambará como Guías para la Exploración Mineral .....	58

4.6.1.	Marcador Esponja Coral Superior (USM) .....	59
4.6.2.	Marcador Bivalvo Intacto (IBM) .....	59
4.6.3.	Coquina Marcador (COQ) .....	59
4.6.4.	Marcador Wackestone-Rudstone (WRM).....	59
4.7.	Contexto Estructural .....	60
4.7.1.	Fallamientos .....	61
4.7.2.	Plegamientos .....	64
4.8.	Caracterización Estructural y Textural de la Litología del Depósito .....	65
4.8.1.	Brecha Craquelada .....	66
4.8.2.	Brecha Mosaico.....	66
4.8.3.	Brecha de Colapso Homolítica .....	67
4.8.4.	Brecha de Colapso Heterolítica.....	68
4.8.5.	Pseudobrecha .....	69
4.8.6.	Brecha Tectónica Evaporítica .....	70
4.8.7.	Porosidad Primaria.....	71
4.8.8.	Porosidad Secundaria.....	72
4.9.	Alteración y Mineralización.....	75
4.9.1.	Alteración.....	75
4.9.2.	Mineralización .....	75
4.10.	Mineragrafía y Análisis Mineralógico con Microscopio Optico, Difractometría de Rayos X y Microscopio Electrónico .....	78
4.10.1.	Estudio Microscópico Sector San Jorge-Cañón Florida .....	79
4.10.1.1.	Descripción Microscópica y Fotomicrográfico de las Muestras V-245 (75.80) y V-220 (463.40) .....	79
4.10.1.2.	Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos X de las Muestras V-245 (75.80) y V-220 (463.40) .....	83
4.10.1.3.	Estudios de Microscopía Electrónica de las Muestras V-245 (75.80) y V-220 (463.40).....	85
4.10.2.	Estudio Microscópico del Sector Karen Milagros – Cañón Florida. ....	92
4.10.2.1.	Descripción Microscópica y Fotomicrografía de las Muestras V-289 (146.80) y FC-36 (143.80).....	92
4.10.2.2.	Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos X de las Muestras V-289 (146.80) y FC-36 (143.80).....	97

4.10.2.3.	Estudios de Microscopía Electrónica de las Muestras V-289 (146.80) y FC-36 (143.80).....	99
4.10.3.	Estudio Microscópico Sector Falla Sam – Cañón Florida. ....	107
4.10.3.1.	Descripción Microscópica Fotomicrografía de la Muestra FC-28 (129.80). ....	107
4.10.3.2.	Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos X de las Muestras FC-28 (129.80). ....	109
4.10.3.3.	Estudios de Microscopía Electrónica de la Muestra FC-28 (129.80)...	110
4.11.	Especies Minerales Reconocidos por Microscopia.....	115
4.12.	Secuencia Paragenética Interpretada.....	115
4.13.	Resultados de los Estudios por Microscopía Electrónica. ....	116
4.14.	Caracterización Geológica del Depósito Mississippi Valley Type.....	118
4.15.	Características y Distribución de la Mineralización a Escala del Yacimiento....	122
4.15.1.	Estilos de Mineralización.....	123
4.16.	Guías Prácticas para la Prospección y Exploración de Depósitos Mississippi Valley Type.....	125
4.16.1.	Prospección a Escala Regional y Distrital. ....	125
4.16.2.	Exploración a Escala de Yacimiento.....	129
4.17.	Discusión de Resultados. ....	130
4.18.	Prueba de Hipótesis.....	132
CONCLUSIONES .....		134
RECOMENDACIONES.....		136
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		137
ANEXOS .....		142
	Matriz de Consistencia.....	143

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización de los depósitos y distritos MVT en el mundo (Taylor, Leach, Bradley, y Pisarevsky, 2009; modificado de Sangster, 1990).....	8
<b>Figura 2.</b> Mineral en Mt de 113 depósitos Mississippi Valley Type y 10 distritos; las líneas diagonales representan los tonelajes de minerales de Zn+Pb. Los distritos seleccionados y depósitos son las siguientes: <b>AB</b> =Admiral Bay, Australia; <b>AI</b> = Austinville-Ivanhoe, USA; <b>CT</b> =Central Tennessee, USA; <b>ET</b> =East Tennessee, USA; <b>F</b> =Fankou, China; <b>M</b> =Mehdiabad, Irán; <b>ME</b> =Metaline, USA; <b>N</b> =Navan, Irlanda; <b>OLB</b> =Old Lead Belt, USA; <b>P</b> =Pavlovskoye, Rusia; <b>PP</b> =Pine Point, Canadá; <b>R</b> =Reocin, Spain; <b>S</b> =Schmalgraf, Bélgica;; <b>TS</b> =Tri-State, USA; <b>UMV</b> =Upper Mississippi Valley, USA; <b>US</b> =Upper Silesia, Polonia; <b>VT</b> =Viburnum Trend, USA; <b>W</b> =Walton, Canadá. (Taylor R. D. et al 2009). .....	12
<b>Figura 3.</b> Contexto Tectónico antes y después de la colisión y formación de depósito MVT- (Bradley & Leach 2003). .....	14
<b>Figura 4.</b> Mapa de ubicación del Proyecto Cañon Florida.....	27
<b>Figura 5.</b> Cuenca Antepaís y ocurrencia de depósitos MVT (Bradley & Leach, 2003). .....	30
<b>Figura 6.</b> Paleogeografía de los Andes Centrales a lo largo del Ciclo Andino (Basado en Aubouin et al., 1973; Dalmayrac, 1986, Jaillard, 1990). .....	31
<b>Figura 7.</b> Mapa Metalogénico del Perú (Modificado de Acosta et al - INGEMMET 2016). .....	32
<b>Figura 8.</b> Mapa Isopáquico del Grupo Pucará Tomado de Mathalone & Montoya, 1995. ...	33
<b>Figura 9.</b> Distribución del Grupo Pucará entre los paralelos: 77° 00' – 78° 30' Longitud Oeste y 5° 30' – 7° 30' Latitud Sur (Bolivar, Leimebamba, Chachapoyas, Jumbilla, Bagua Grande, Ríoja y Nueva Cajamarca) .....	34
<b>Figura 10.</b> Mapa Geológico Regional del Proyecto Cañon Florida modificado de INGEMMET, 1995. ....	36
<b>Figura 11.</b> Columna Estratigráfica Distrital del Proyecto Cañon Florida. ....	38
<b>Figura 12.</b> Ambiente de tipo Sabkha mmodificado de Tucker (2003).....	43
<b>Figura 13.</b> Columna estratigráfica local del Proyecto Cañon Florida.....	50
<b>Figura 14.</b> Plano geológico Proyecto Cañon Florida .....	51

<b>Figura 15.</b> Plano geológico con la ubicación de los sondajes diamantinos realizados. ....	52
<b>Figura 16.</b> Muestras de cores DDH con el siguiente detalle: .....	54
<b>Figura 17.</b> Caliza wackestone color gris claro, grano medio con abundantes pellets de grano soportado en matriz bituminosa y venilla de calcita en el miembro Chambará 2.....	55
<b>Figura 18.</b> Muestras de cores que muestran detalles de dolomita wackestone y packstone en el Miembro Chambará 2. ....	56
<b>Figura 19.</b> Muestras de cores del Miembro Chambará 3 con el siguiente detalle: .....	57
<b>Figura 20.</b> Muestras de cores de los horizontes bioestratigráficos .....	58
<b>Figura 21.</b> Plano Estructural Regional y de Lineamientos Estructurales del Proyecto Cañón Florida.....	61
<b>Figura 22.</b> Plano estructural y de lineamientos estructurales a escala del yacimiento.....	64
<b>Figura 23.</b> Brecha craquelada homolítica (San Jorge) de color gris clara con fragmentos soportados por caliza mudstone, presenta fuerte fracturamiento y brecha con clastos donde la calcita rellena las fracturas (espacios abiertos). ....	66
<b>Figura 24.</b> Brecha Mosaico con fragmentos soportados de caliza mudstone con geometría subangulosa y matriz dolomítica.....	67
<b>Figura 25.</b> Brecha de colapso homolítico con fragmentos de caliza mudstone gris clara, de geometría subangulosa y matriz de roca molida.....	68
<b>Figura 26.</b> Brecha de colapso heterolítica con fragmentos de caliza packstone gris clara y gris oscuro de geometría subangulosa y matriz de dolomita y roca molida .....	69
<b>Figura 27.</b> Dolomita packstone pseudobrecha en el miembro Chambará 2 (Karen Milagros) color gris blanquecino, grano grueso con fuerte pseudobrechamiento y oquedades con cristales de dolomita. ....	70
<b>Figura 28.</b> Muestra de cores de brecha tectónica evaporítica .....	71
<b>Figura 29.</b> Dolomita packstone mostrando porosidad primaria grano medio a grueso .....	72
<b>Figura 30.</b> Dolomita packstone pseudobrecha color beige, grano grueso, mostrando porosidad secundaria por presencia de oquedades por disolución en condiciones hidrotermales ascendentes. ....	73
<b>Figura 31.</b> Dolomita packstone pseudobrecha color gris claro, grano grueso, mostrando porosidad secundaria por presencia de oquedades por disolución en condiciones hidrotermales ascendentes. ....	73
<b>Figura 32.</b> Dolomita Packstone mostrando porosidad secundaria por presencia de cavidades por disolución en condiciones hidrotermales ascendentes, hay desarrollo de cristales de dolomita en las oquedades .....	74

<b>Figura 33.</b> Caliza packstone color gris claro, grano grueso presenta cavidades kársticas por disolución en condiciones hidrotermales ascendentes. ....	74
<b>Figura 34.</b> Características y hábitos de la mineralización en el Proyecto Cañón Florida .....	77
<b>Figura 35.</b> Fotomicrografías (1)(2)(3)(4) Muestra V-245 (75.80) - Sector San Jorge (1) Granos de pirita (py) sobre esfalerita (ef); (2) Gangas de carbonatos (GGs) intercrecida con esfalerita (ef); (3) Granos relictos de galena (gn) en esfalerita (ef); (4) Inclusiones de sulfosales de plomo (SFsPb) en galena (gn). LR: Luz reflejada. ....	80
<b>Figura 36.</b> Fotomicrografías (5)(6)(7)(8) - Muestra V-220 (463.40) - Sector San Jorge; (5) Playas de esfalerita (ef) intercrecida con gangas de carbonatos (GGs) y cavidades rellenas por pirita (py); (6) Formas irregulares de esfalerita (ef) acompañado de microfracturas de pirita granular (py) sobre carbonatos (CBs); (7) Formas irregulares de pirita-marcasita (py-mc) relleno de cavidades en la ganga de carbonatos (GGs); (8) Granos alargados de marcasita orgánica (grafito) (MO) relleno de cavidades y rodeados de esfalerita (ef). LR: Luz reflejada. ....	82
<b>Figura 37.</b> Difractometría de rayos X - Muestra V-245(75.80)- Sector San Jorge .....	83
<b>Figura 38.</b> Difractometría de Rayos X - Muestra V-220 (463.40)- Sector San Jorge San Jorge.....	84
<b>Figura 39.</b> Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra V-245 (75.80) - Sector San Jorge.....	87
<b>Figura 40.</b> Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra V-245 (75.80) - Sector San Jorge.....	87
<b>Figura 41.</b> Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra V-245 (75.80) - Sector San Jorge.....	88
<b>Figura 42.</b> Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra V-245 (75.80) - Sector San Jorge.....	88
<b>Figura 43.</b> Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra V-220 (463.40) - Sector San Jorge. ....	91

<b>Figura 44.</b> Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra V-220 (463.40) - Sector San Jorge. ....	91
<b>Figura 45.</b> Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra V-220 (463.40) - Sector San Jorge. ....	92
<b>Figura 46.</b> Fotomicrografías ((9)(10)(11)(12) - Muestra V-289(146.80) - Sector Karen Milagros; <b>(9)</b> Microfracturas rellenas de pirita II (py II) sobre esfalerita (ef); <b>(10)</b> Sulfosales de plomo (SFsPb) reemplazando a la galena (gn); <b>(11)</b> Granos de pirita (py) sobre gangas de carbonatos (GGs) rodeadas de esfalerita (ef); <b>(12)</b> Grano de pirita relíctica sobre esfalerita (ef). LR: Luz reflejada. ....	94
<b>Figura 47.</b> Fotomicrografías (13)(14)(15)(16)- Muestra FC-36(143.8) - Sector Karen Milagros; <b>(13)</b> Sulfosales de plomo (SFsPb) reemplazando a la galena (gn); <b>(14)</b> Marcasita (mc) reemplazando a la pirita (py) que se encuentra relleno cavidades en la esfalerita (ef); <b>(15)</b> Inclusiones de calcopirita (cp) de 4 micrómetros en la esfalerita (ef); <b>(16)</b> Granos de pirita (py) como disseminaciones en la esfalerita (ef). LR: Luz reflejada.....	97
<b>Figura 48.</b> Difractometría de rayos X - Muestra V-289(146.80)-Karen Milagros.....	98
<b>Figura 49.</b> Difractometría de rayos X - Muestra FC-36 (143.80)-Karen Milagros.....	99
<b>Figura 50.</b> Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra V-289 (146.80) - Sector Karen Milagros.....	102
<b>Figura 51.</b> Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra V-289 (146.80) - Sector Karen Milagros.....	102
<b>Figura 52.</b> Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra V-289 (146.80) - Sector Karen Milagros.....	103
<b>Figura 53.</b> Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra FC-36((143.8)- Karen Milagros. ....	106
<b>Figura 54.</b> Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra FC-36((143.8)- Karen Milagros. ....	106

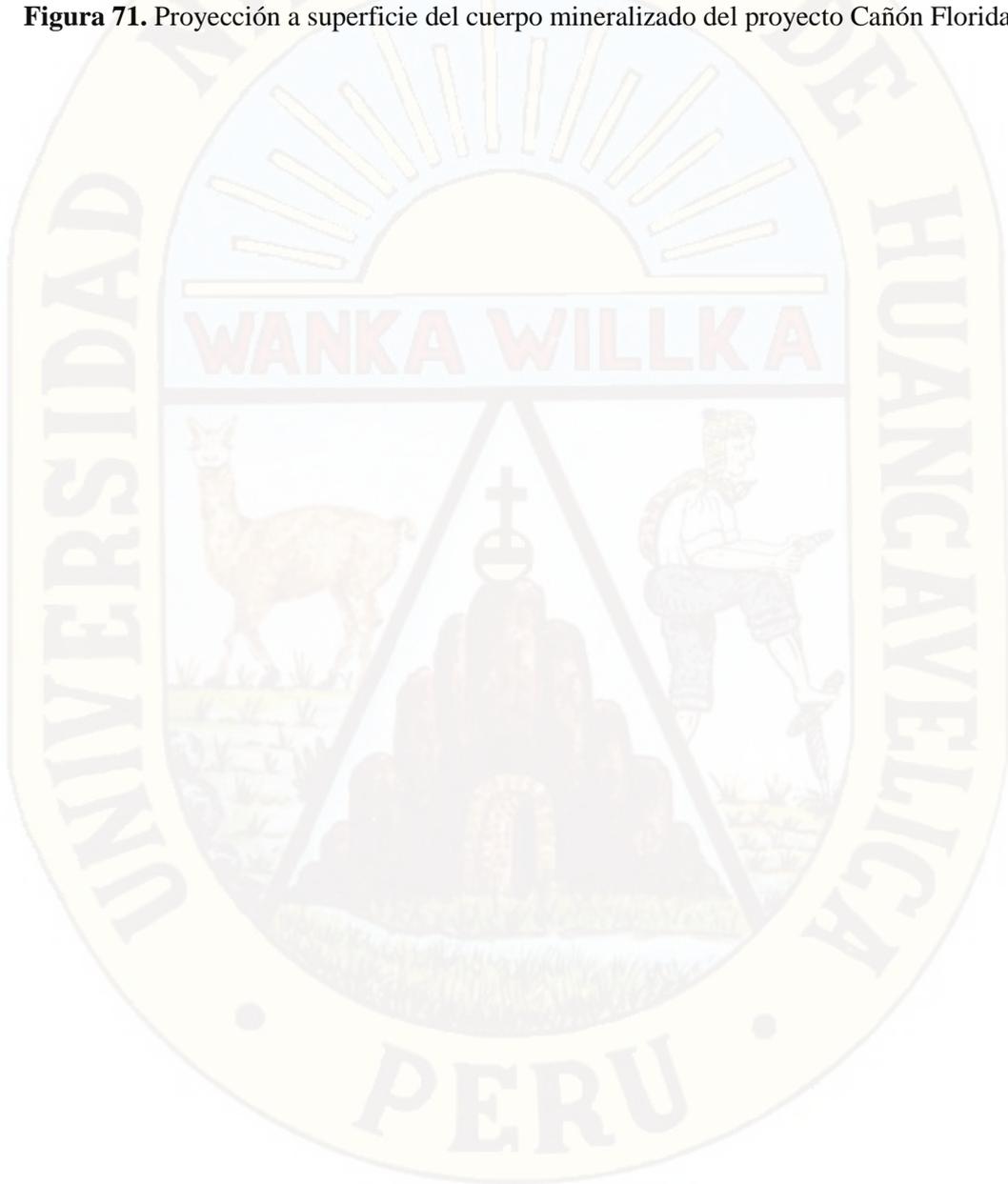
<b>Figura 55.</b> Fotomicrografías (17)(18)(19)(20) de la muestra FC-28(129.80)- Sector Falla Sam; (17) Playas de esfalerita limpia (ef) acompañada de pirita I I (py I ) relleno de cavidades en la ganga (GGs); (18) Carbonatos (CBs) como diseminaciones de pirita II (py II); (19) Pirita II (py II) como agregados granulares como diseminaciones en la ganga de carbonatos (CBs); (20) Grano de pirita I (py I) reemplazada por marcasita (mc) rodeada por esfalerita (ef) . LR: Luz reflejada.....	108
<b>Figura 56.</b> Difractometría de rayos X - Muestra FC-28(129.80)- Sector Falla Sam.....	109
<b>Figura 57.</b> Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra FC-28 (143.80)- Falla Sam. ....	112
<b>Figura 58.</b> Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra FC-28 (143.80)- Falla Sam. ....	112
<b>Figura 59.</b> Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra FC-28 (143.80)- Falla Sam. ....	113
<b>Figura 60.</b> Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales lineales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra FC-28 (143.80)- Falla Sam. Análisis lineal de las partículas de Pirita con el perfil de concentraciones de los elementos en colores: Rojo (Mercurio), Verde (Azufre) y Azul (Hierro). ....	113
<b>Figura 61.</b> Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales lineales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra FC-28 (143.80)- Falla Sam Análisis lineal de las partículas de Pirita con el perfil de concentraciones de los elementos en colores: Rojo (Mercurio), Verde (Azufre) y Azul (Hierro). ....	114
<b>Figura 62.</b> Secciones geológicas del sector San Jorge del Proyecto Cañón Florida.....	120
<b>Figura 63.</b> Secciones geológicas del Sector San Jorge del Proyecto Cañón Florida. ....	120
<b>Figura 64.</b> Captura de imagen de pantalla mostrando las características del depósito mineral en los niveles dolomitizados de la Unidad Chambará 2. ....	121
<b>Figura 65.</b> Captura de imagen de pantalla mostrando cuerpos de mineral del depósito; Cañón Florida en color rojo cuerpos estratoligados o mantos y de color azul cuerpos estructuralmente controlados por fallas. ....	121
<b>Figura 66.</b> Proyección de la mineralización a la topografía superficial. ....	122
<b>Figura 67.</b> Muestras de core con mineralización de sulfuros de los sectores Karen Milagros y San Jorge.....	124

**Figura 68.** Plano geológico regional con la línea de sección B-B'..... 127

**Figura 69.** Plano estructural y de lineamientos estructurales a escala distrital. .... 128

**Figura 70.** Sección geológica B-B' donde se localiza el proyecto Cañón Florida, los prospectos san José y prospecto Cristal. .... 128

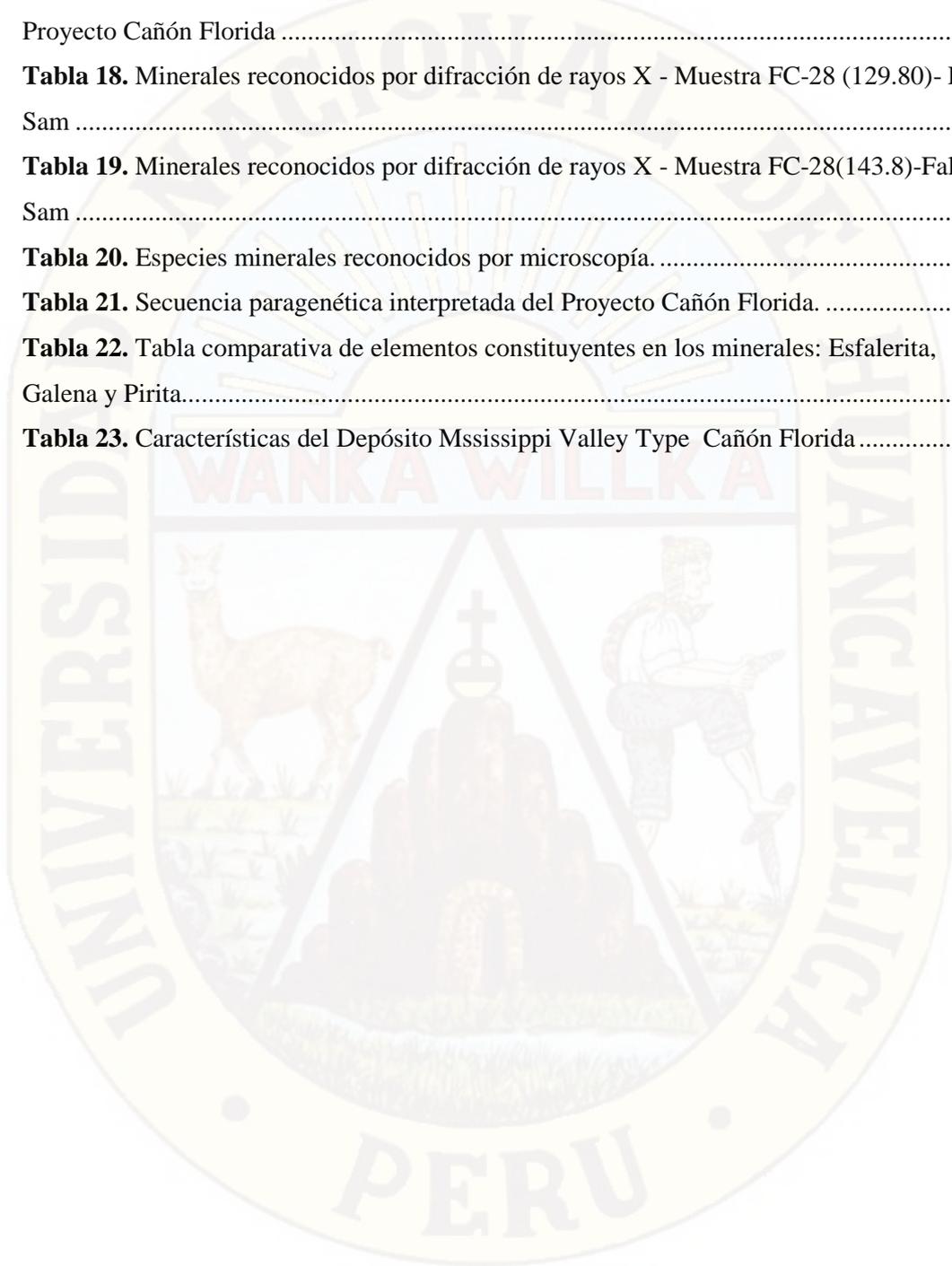
**Figura 71.** Proyección a superficie del cuerpo mineralizado del proyecto Cañón Florida. 130



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Resumen de las características de los depósitos Mississippi Valley Type (MVT) .	11
<b>Tabla 2.</b> Acceso al Proyecto Cañón Florida.....	27
<b>Tabla 3.</b> Estratigrafía Regional - modificado de Sánchez, 1995.....	37
<b>Tabla 4.</b> Clasificación de Dunham (1962) modificada, Embry & Klován (1972) .....	44
<b>Tabla 5.</b> Posible secuencia paragenética - Muestra V-245 (75.80) - Sector San Jorge - Proyecto Cañón Florida .....	80
<b>Tabla 6.</b> Posible secuencia paragenética. Muestra V-220 (463.40) - Sector San Jorge - Proyecto Cañón Florida .....	82
<b>Tabla 7.</b> Minerales reconocidos por difracción de rayos X - Muestra V-245 (75.80)- Sector San Jorge.....	83
<b>Tabla 8.</b> Minerales reconocidos por difracción de rayos X - Muestra V-220 (463.40) - Sector San Jorge.....	84
<b>Tabla 9.</b> Composición química de minerales identificados - Muestra V-245 (75.80) - Sector San Jorge.....	86
<b>Tabla 10.</b> Composición química de minerales identificados - Muestra V-220 (463.40) - Sector San Jorge.....	90
<b>Tabla 11.</b> Posible secuencia paragenética - Muestra V-289 (146.80) - Sector Karen Milagros - Proyecto Cañón Florida .....	93
<b>Tabla 12.</b> Posible secuencia paragenética - Muestra FC-36 (143.80) - Sector Karen Milagros - Proyecto Cañón Florida .....	96
<b>Tabla 13.</b> Minerales reconocidos por difracción de rayos X - Muestra V-289 (146.80)-Karen Milagros .....	97
<b>Tabla 14.</b> Minerales reconocidos por difracción de rayos X - Muestra FC-36 (143.80) - Karen Milagros .....	98
<b>Tabla 15.</b> Minerales reconocidos por difracción de rayos X - Muestra V-289 (146.80)- Karen Milagros. ....	101
<b>Tabla 16.</b> Minerales reconocidos por difracción de rayos X - Muestra FC-36(143.8)-Karen Milagros.....	105

<b>Tabla 17.</b> Posible secuencia paragenética - Muestra FC-28 (129.80) - Sector Falla Sam - Proyecto Cañón Florida .....	108
<b>Tabla 18.</b> Minerales reconocidos por difracción de rayos X - Muestra FC-28 (129.80)- Falla Sam .....	109
<b>Tabla 19.</b> Minerales reconocidos por difracción de rayos X - Muestra FC-28(143.8)-Falla Sam .....	111
<b>Tabla 20.</b> Especies minerales reconocidos por microscopía .....	115
<b>Tabla 21.</b> Secuencia paragenética interpretada del Proyecto Cañón Florida. ....	116
<b>Tabla 22.</b> Tabla comparativa de elementos constituyentes en los minerales: Esfalerita, Galena y Pirita.....	117
<b>Tabla 23.</b> Características del Depósito Mssissippi Valley Type Cañón Florida.....	119



## INTRODUCCIÓN

Los depósitos Mississippi Valley Type forman parte de un amplio grupo de depósitos minerales con sus características particulares que aportan concentrados limpios de Zn y Pb.

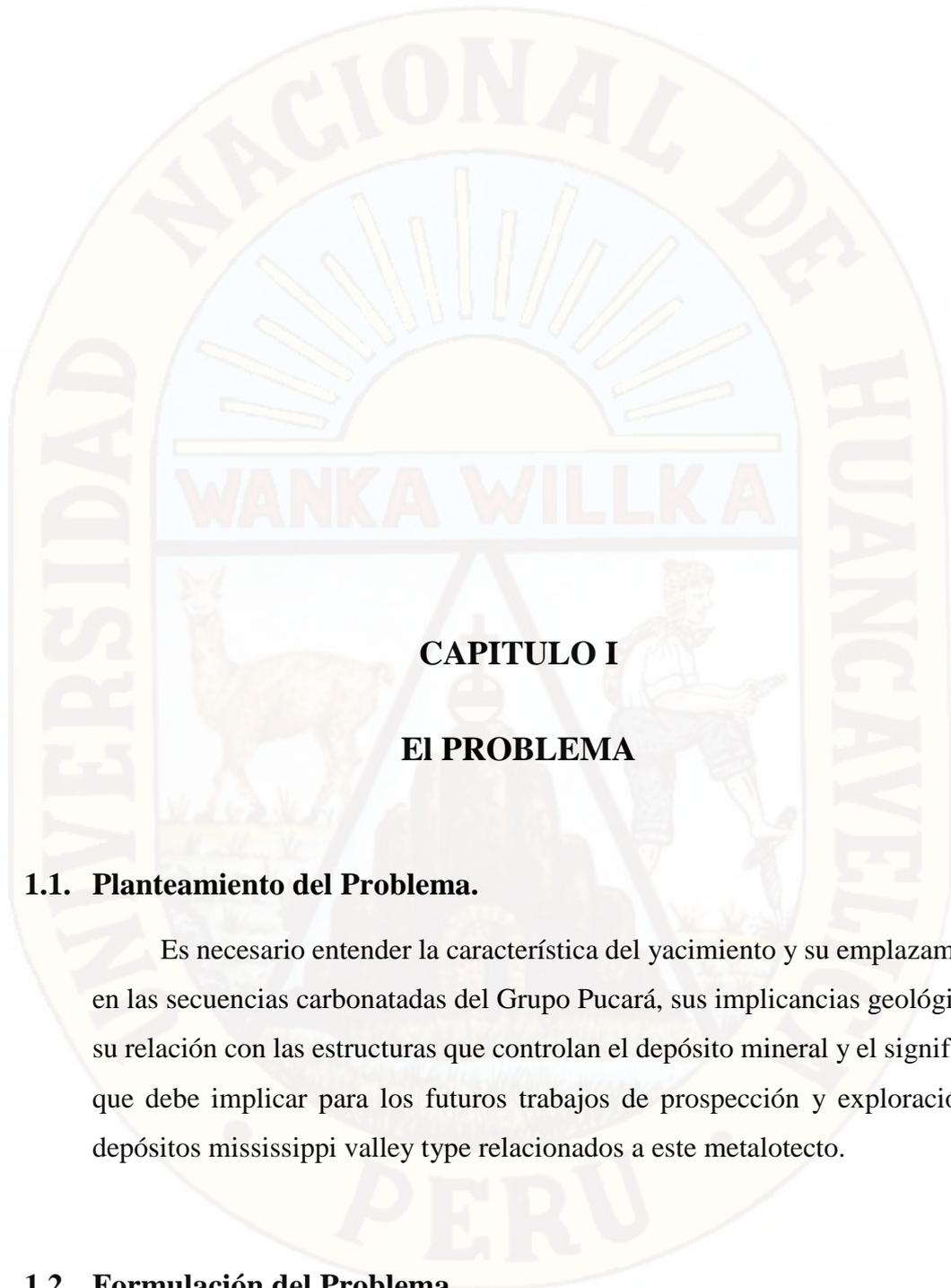
La razón de emprender la investigación fue conocer la geología y la mineralización del depósito y aplicar el aprendizaje hacia otros prospectos que se distribuyen a lo largo de la secuencia de rocas carbonatadas del Grupo Pucará en el Norte de Perú.

La geología de la franja de rocas carbonatadas del Grupo Pucará del Norte del Perú, durante las últimas décadas, ha generado mucho interés en los geólogos prospectores-exploradores y en compañías mineras dedicadas a la producción y/o exploración de metales bases (Zn-Pb); lo que ha traído como consecuencia la identificación de diferentes blancos prospectivos en la zona subandina del norte del Perú.

El Perú históricamente es un importante productor de metales bases de Zn-Pb, ocupando el segundo lugar en la producción mundial de Zn y cuarto en Pb. Cabe destacar que la única mina y referente del tipo MVT es la Mina San Vicente con una producción ininterrumpida desde 1970, la cual se encuentra hospedada en rocas carbonatadas del Grupo Pucará.

El objetivo fue determinar el control litológico, estructural y estratigráfico con el emplazamiento de la mineralización de Zn-Pb de tipo Mississippi Valley Type y definir las características geológicas del depósito MVT Cañón Florida, poniendo énfasis en la litología de las secuencias carbonatadas; conocer la mineralización y sus características texturales en los niveles favorables de la Fm. Chambará con el propósito de elaborar guías prácticas para la prospección y exploración de depósitos MVT.

La metodología fue exploratoria, donde la observación, análisis macroscópico y microscópico, razonamiento e interpretación de elementos cartográficos fue fundamental para entender las características geológicas y mineralógicas.



## **CAPITULO I**

### **EI PROBLEMA**

#### **1.1. Planteamiento del Problema.**

Es necesario entender la característica del yacimiento y su emplazamiento en las secuencias carbonatadas del Grupo Pucará, sus implicancias geológicas y su relación con las estructuras que controlan el depósito mineral y el significado que debe implicar para los futuros trabajos de prospección y exploración de depósitos mississippi valley type relacionados a este metalotecto.

#### **1.2. Formulación del Problema.**

Hay un desconocimiento de las características esenciales y guías prácticas para la prospección y exploración de depósitos mississippi valley type en el Proyecto Cañón Florida localizados en el Norte de Perú, sin embargo; actualmente es fuente de investigación ya que los rasgos geológicos,

estratigráficos, litológicos y el reconocimiento de texturas sedimentarias en rocas carbonatadas ameritan un buen estudio. Por lo que es necesario plantear los siguientes problemas a investigar:

#### **1.2.1. Problema General**

¿Cuáles son los controles litológico, estructural, estratigráfico y su relación con la mineralización de Zn-Pb del Depósito Mississippi Valley Type, Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú y cuáles son sus características?

#### **1.2.2. Problemas Específicos**

- a) ¿Cuáles son las características geológicas del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú, poniendo énfasis a las litologías de las secuencias carbonatadas?
- b) ¿Cuáles son las características texturales de las rocas en el nivel favorable para la mineralización del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú?
- c) ¿Cuál es la característica de la mineralización en el nivel dolomitizado de la Formación Chambará del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú?
- d) ¿Cuál es la unidad estratigráfica favorable como guía para la prospección y exploración de depósitos Mississippi Valley Type en los alrededores del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú?

### **1.3. Objetivos de la Investigación.**

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

Determinar el control litológico, estructural, estratigráfico y su relación con la mineralización de Zn-Pb del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida y conocer sus características.

### 1.3.2. Objetivos Específicos.

- a) Definir las características geológicas del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú, poniendo énfasis en la litología de las secuencias carbonatadas
- b) Determinar las características texturales de las rocas en el nivel estratigráfico favorable para la mineralización del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida
- c) Definir las características de la mineralización en el nivel dolomitizado de la Fm. Chambará del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú
- d) Determinar la unidad estratigráfica favorable como guía para la prospección y exploración de depósitos mississippi valley type en los alrededores del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú

### 1.4. Justificación.

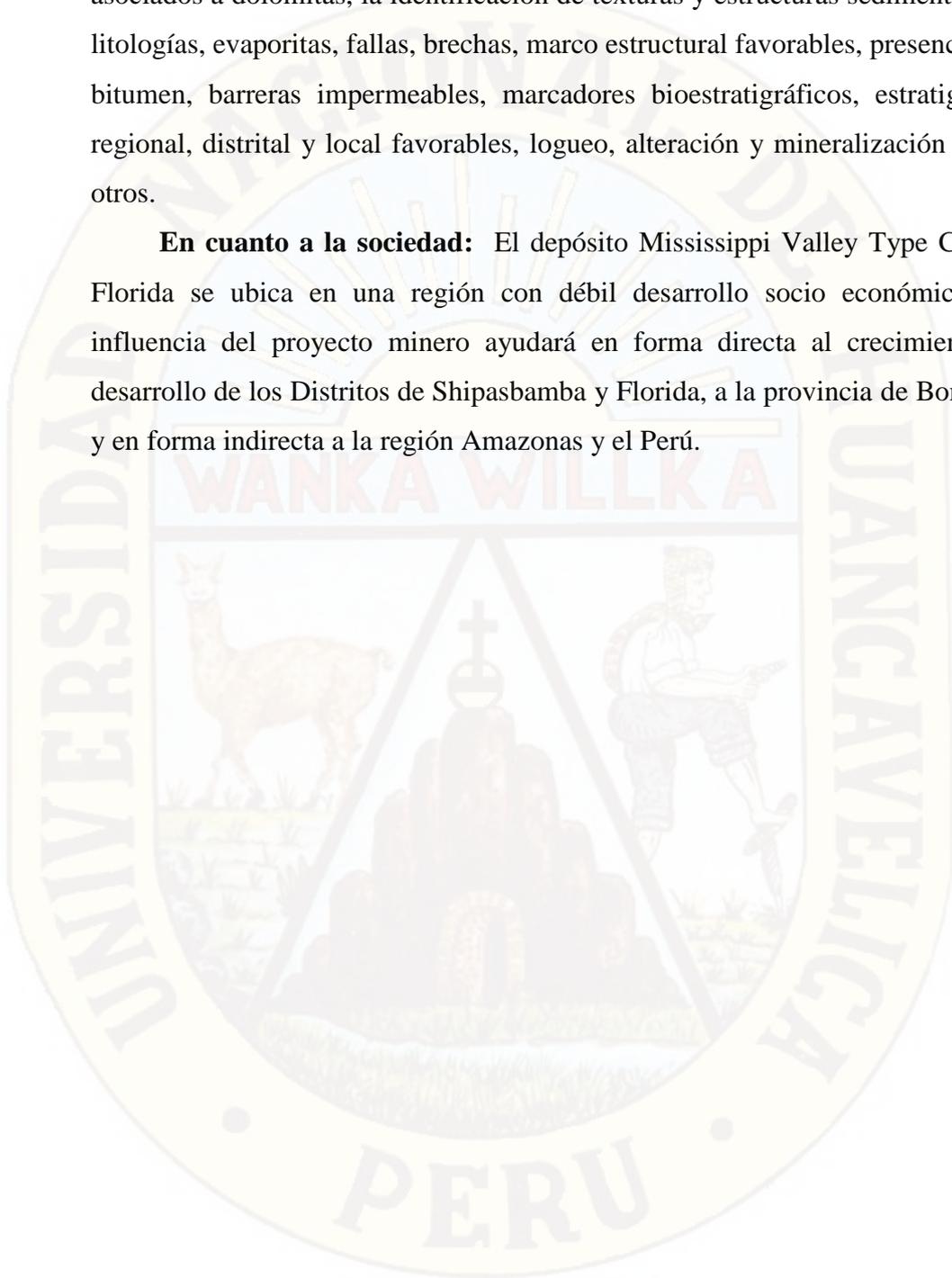
Los aportes mencionados en esta tesis son importantes e involucran implícitamente a contribuir las relaciones: ciencia- tecnología y sociedad; por lo que justifica por los siguientes aspectos:

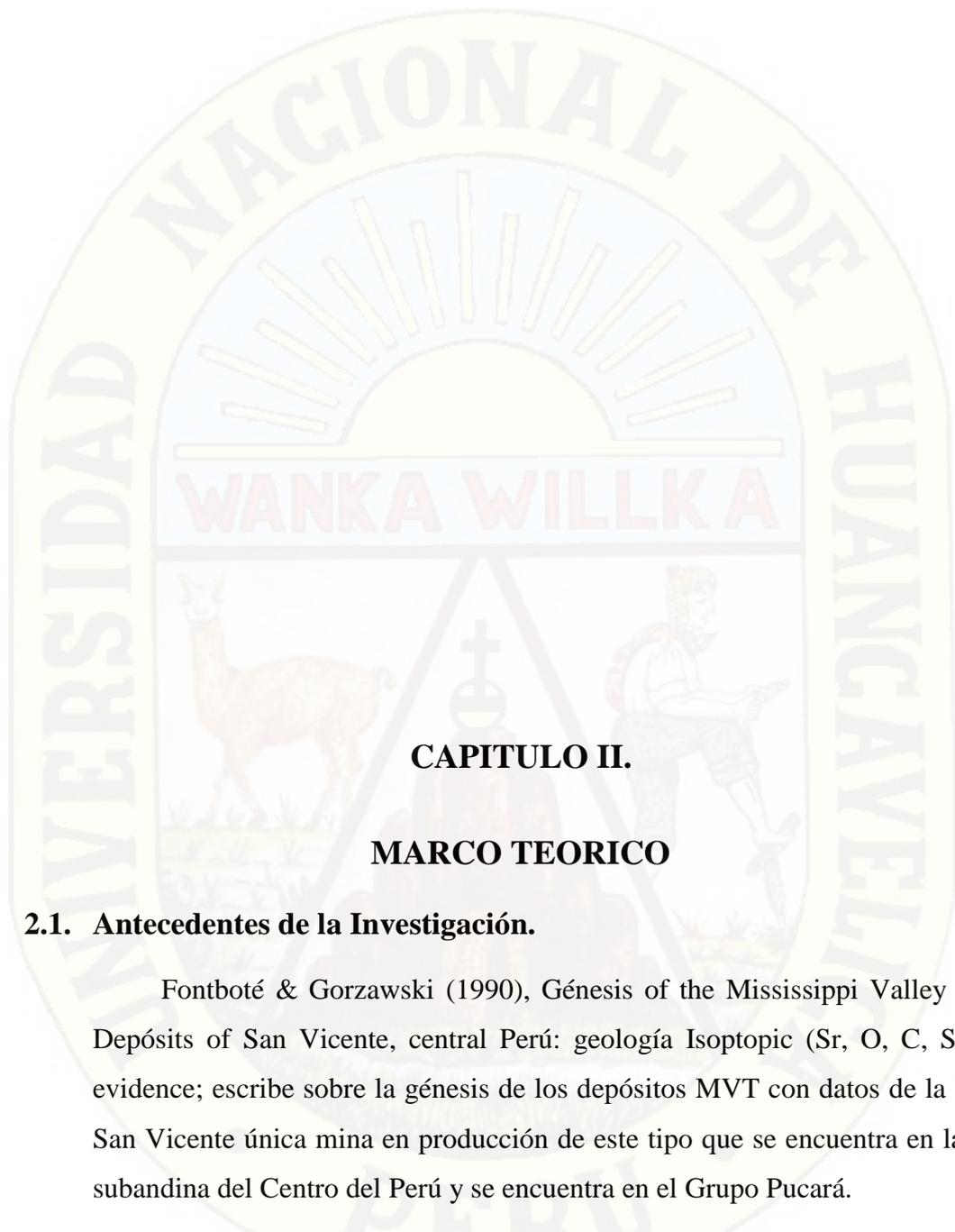
**En cuanto a la ciencia:** Los depósitos Mississippi Valley Type se emplazan en rocas carbonatadas; sin embargo no hay depósitos iguales en el mundo cada uno tiene sus características particulares; el depósito Mississippi Valley Type Cañón Florida puede ser un tema interesante y nuevo que requiere mucha atención e investigación para determinar las características del depósito que darán nuevas pautas y guías para las futuras exploraciones de depósitos Mississippi Valley Type en el Perú.

**En cuanto a la técnica:** Muchos investigadores han utilizado parámetros de reconocimiento para los depósitos mississippi valley type utilizando alteración y asociaciones metalogenéticas; sin embargo, este estudio aporta algunas técnicas de reconocimiento de los depósitos mississippi valley type

asociados a dolomitas, la identificación de texturas y estructuras sedimentarias, litologías, evaporitas, fallas, brechas, marco estructural favorables, presencia de bitumen, barreras impermeables, marcadores bioestratigráficos, estratigrafía regional, distrital y local favorables, logeo, alteración y mineralización entre otros.

**En cuanto a la sociedad:** El depósito Mississippi Valley Type Cañón Florida se ubica en una región con débil desarrollo socio económico, la influencia del proyecto minero ayudará en forma directa al crecimiento y desarrollo de los Distritos de Shipasbamba y Florida, a la provincia de Bongará y en forma indirecta a la región Amazonas y el Perú.





## **CAPITULO II.**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes de la Investigación.**

Fontboté & Gorzawski (1990), Génesis of the Mississippi Valley Type Depósitos of San Vicente, central Perú: geología Isotopic (Sr, O, C, S, Pb) evidence; escribe sobre la génesis de los depósitos MVT con datos de la Mina San Vicente única mina en producción de este tipo que se encuentra en la faja subandina del Centro del Perú y se encuentra en el Grupo Pucará.

Solitario Resources Corporation se involucra en la búsqueda de depósitos Mississippi Valley Type (MVT); en 1993 toma como opción una propiedad llamado Mina Grande y Mina Chica cerca al poblado de Yambrasbamba ubicado a 20 km al noreste de Cañón Florida. Solitario Resources explora las ocurrencias superficiales de óxidos de Zn, mixtos y sulfuros; las cuales fueron enmarcadas en rocas del Grupo Pucará de edad Triásico superior a Jurásico inferior.

En 1996 hacen una campaña de prospección regional en un área de 30 km x 120 km, identificando anomalías geoquímicas importantes de Zn provenientes de Cañón Florida y reconociendo a la Formación Chambará (Grupo Pucará) como roca hospedadora de mineral de Zn. Intensifican las prospecciones identificando numerosos showings con sulfuros de Zn.

Entre los años 1997 y 2000; Cominco realiza importantes trabajos de prospección y exploración con perforación diamantina en Cañón Florida y además realiza cartografiados geológicos; a finales del 2000 Cominco y Pasmenco realizan más trabajos de perforación diamantina, identificando zonas prospectivas de Karen-Milagros y San Jorge.

Desde el año 2006 al 2013 Votorantim Metais en Joint Venture con Solitario Exploration & Royalty Corp.; realizaron trabajos intensivos de exploraciones y evaluaciones respectivas, habiendo obtenido resultados favorables con el reconocimiento de importantes recursos minerales; los cuales han sido interpretadas como Depósito Mississippi Valley Type de Zn-Pb (Ag).

Reid (2001) escribe Stratigraphy and Mineralization of the Bongará MVT Zinc - Lead District, Northern Perú; hace el reconocimiento estratigráfico y mineralización de prospectos de tipo MVT en el ámbito del Corredor Utcubamba del distrito minero de Bongará entre los que están: Cañón Florida, Tingo, Cañón Tesoro, Florcita, Naranjitos, Buenos Aires y Maino.

Dávila (2004) Controles Regionales de Mineralización MVT Zn-Pb Chanchamayo y Cristal (Bongará).

Kalinaj (2005) Informe Interno para CPSAA Pacasmayo- Proyecto Bongará (Mina Chica y Mina Grande) - Yambrasbamba - Bongará, hace una evaluación de los recursos del proyecto de óxidos de zinc y contribuye al mejor entendimiento del estilo de mineralización.

Robles (2010 al 2014) Informes internos - Proyecto Cañón Florida-Votorantim Metais.

Leach (2011) Short course MVT Deposits (Votorantim Metais) - Florida Canyon - Amazonas, fue un curso donde se analizaron las características

geológicas, controles de mineralización (estratigráfico, litológicos, estructurales), texturas, mineralización, alteración con ejemplos de muchos yacimientos MVT del mundo.

Leach (2012) Short Summary of Observations and recommendations from a visit to the Florida Canyon Project; Se realizó una visita de campo al túnel San Jorge y algunos showing de mineral y la revisión minuciosa de los cores del proyecto Cañón Florida.

Robles (2014) Informe interno Geología del Depósito MVT Cañón Florida -Votorantim Metais.

## **2.2. Bases Teóricas.**

### **Generalidades**

La distribución de un conjunto de depósitos y distritos de Zn-Pb localizados en la cuenca del río Mississippi, en el centro de los Estados Unidos de América; marcó el inicio del término Mississippi Valley Type.

Las características que definen a este tipo de depósitos son los aspectos geológicos y químicos por lo que ha sido posible clasificar muchísimos depósitos de Zn-Pb-Ag (F) y otras sustancias dentro de la tipología mississippi valley type (ver tabla 1).

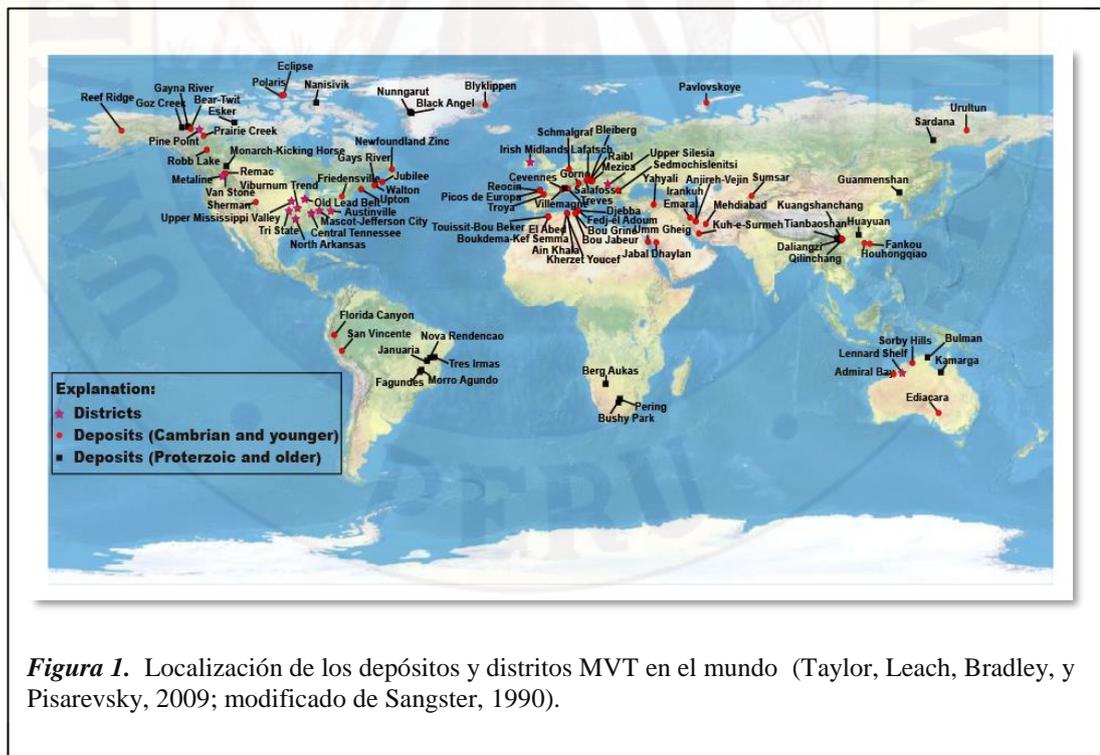
Los depósitos mississippi valley type junto a los depósitos de VMS, Sedex - CD, constituía a finales de los 80's el 65% de las reservas de zinc y el 77% de las reservas de plomo (Tikkanen, 1986).

La mineralización mississippi valley type es epigenética, normalmente estratoligadas y están formados a partir de soluciones hidrotermales de baja temperatura y presión, con o sin la presencia de hidrocarburos. Debido a su importancia económica, los depósitos mississippi valley type han sido el foco de numerosos estudios por investigadores a nivel mundial abarcando tanto aspectos geológicos, geotectónicos, estructurales, geoquímicos, metalogenéticos y otros

reflejándose en la existencia de una gran cantidad de literatura científica al respecto.

Leach (2011) manifiesta que en la actualidad hay un consenso entre los investigadores de todo el mundo sobre la característica epigenética de la mineralización así como también de los mecanismos de flujo de los fluidos mineralizantes, el régimen tectónico al que corresponden y los procesos de precipitación; no obstante, existe un conjunto de aspectos básicos sobre la génesis de los iones de  $Zn^{+}$ ,  $Pb^{+}$  que aún son controversiales; debido a que no son extrapolables a la mayoría de los depósitos.

Debido a que estos depósitos guardan en común un conjunto de características geológicas y geoquímicas muy amplias, se ha podido incluir dentro de esta tipología MVT a un conjunto de mineralizaciones muy similares que aparecen a nivel mundial (Fig. 1).



*Figura 1.* Localización de los depósitos y distritos MVT en el mundo (Taylor, Leach, Bradley, y Pisarevsky, 2009; modificado de Sangster, 1990).

Cabe destacar a: Anderson y McQueen, (1982), Kisvarsanyi, Grant, Pratt, y Koenig (1983), Serjensky (1986), Sangster, (1990), Leach y Sangster (1993), Tritlla y Canals (1997) quienes describen las principales características de los mississippi valley type (MVT):

- Estas se localizan en plataformas carbonatadas típicamente en relativa asociación con la cuenca antepaís del cinturón orogénico.
- Suelen encajonar en series carbonatadas de plataforma, de grosor variable.
- La mineralización epigenética de sulfuros de zinc y plomo (esfalerita y galena) suelen ser acompañados de sulfuros de hierro (como la pirita y marcasita) y carbonatos (calcita y dolomita); pueden también aparecer baritina, fluorita, calcopirita y cuarzo que pueden llegar a ser localmente abundantes o en algunos casos, llegar a constituir la mayor parte de la mineralización. La relación  $Zn/(Zn+Pb)$  suele estar comprendida entre 0,6 a 1,00 y casi siempre se cumple que  $Zn > Pb > Ag > Cu$ .
- La morfología de los depósitos MVT suelen ser variados y consisten en cuerpos lentiformes "mantos" de reemplazamiento, masivos, semi-masivos, bandeados; relleno de fracturas, cuerpos, a veces relleno de cavidades kársticas (karst hidrotermal); cementando brechas evaporíticas o de colapso; cementos u ocupando la porosidad de antiguos biostromas, a menudo de coralinos, etc.
- En muchos distritos, estos depósitos están acompañados de hidrocarburos, a menudo bajo la forma de bitumen o bien en inclusiones fluidas de hidrocarburos líquidos y sólidos atrapados en los minerales que constituyen el depósito.
- Los distritos suelen estar formados por un número elevado de depósitos de pequeño tonelaje  $< 2\ 000\ 000$  TM con unas leyes máximas alrededor de 10% de Zn+Pb.
- La distribución de estos depósitos suele estar controlada por elementos estratigráficos, límites litológicos, cambios de facies, distribución de la porosidad, karst, permeabilidad, estructurales (fracturas, cabalgamientos,

brechas tectónicas-evaporíticas) o la combinación de ambos, localizándose siempre en unos niveles determinados, de ahí su carácter estratoligado.

- Suelen aparecer mayormente en series estratigráficas carbonatadas, mayoritariamente en niveles dolomitizadas.
- Texturalmente, los sulfuros muestran una gran variedad, desde reemplazamiento coloidales de tamaño de grano muy fino hasta cristales centimétricos ocupando cavidades. Las texturas indicativas de precipitación rápida (coloformes, dendríticas, esqueléticas) pueden ser predominantes en algunos depósitos.
- Se forman a poca profundidad a menudo zonas de altos estructurales.
- Genéticamente nunca están relacionadas a actividades hidrotermales de origen magmático.
- Suelen estar asociados a regímenes tectónicos tanto compresionales (USA) como extensionales (algunos depósitos europeos, México etc).
- No aparecen exclusivamente en períodos geológicos concretos, si no que se conocen desde el Proterozoico (Canadá, Sudáfrica) hasta tiempos recientes.
- Estos depósitos se han formado a partir de soluciones de cuenca similares a las aguas de formación petroleras, con temperaturas, determinadas mediante inclusiones fluidas de cuarzo, esfalerita, dolomita, barita, calcita y fluorita que se sitúan entre 70°C y 200°C, y salinidades de hasta el 30% en sales en peso, NaCl y CaCl<sub>2</sub> esencialmente.
- El mecanismo más viable para el transporte de Zn y Pb es mediante complejos clorurados. El F se puede transportar mediante complejos de Mg y Ca (Spirakis & Heyl, 1995; Tritlla, González-Partida, Levresse, Banks, & Pironon, 2004) a menudo, los fluidos acuosos están acompañados por metano, hidrocarburos líquidos y suele aparecer bitumen tanto bajo la forma de sólidos atrapados en las inclusiones fluidas como en el depósito.
- El origen del azufre está relacionada a ambientes reductores y casi siempre asociado a una fuente evaporítica (evaporación de agua marina; lavado de evaporitas), aunque el amplio rango de composiciones que suelen observarse en algunos depósitos sugiere que esta composición puede estar

modificada por procesos de oxidación/reducción en presencia de materia orgánica.

- La reconstrucción del grosor total de sedimentos por encima de la mineralización en el momento en que esta se formó, juntamente con un gradiente geotérmico anómalo, permiten calcular temperaturas en el área mineralizada.
- La paragénesis mineral es pobre en número de especies minerales y químicamente muy sencilla. (Zn - Pb (Ag), pirita, marcasita, dolomita, calcita).

**Tabla 1.** Resumen de las características de los depósitos Mississippi Valley Type (MVT)

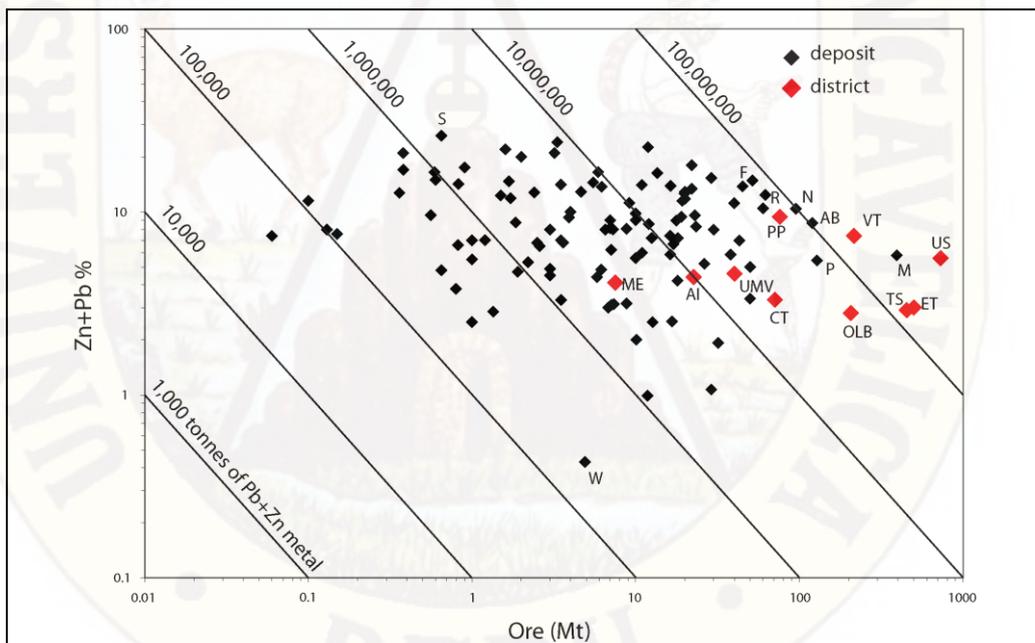
Depósitos Mississippi Valley Type (MVT)	
Parámetros	Características
Hospedante	Dolomita, raramente caliza, arenisca
Mineralización	Epigenética (strata-bound)
Morfología	Zonas de brechas y de sustitución masiva (reemplazamiento)
Controles	Transiciones calcáreo/dolomita, brechas de colapso, fallas, topografía de basamento
Actividad Ignea	No está asociada a la mineralización, no tienen relación con la actividad magmática hidrotermal
Mecanismos de depositación	Mixtura de fluidos
Ambiente	Marino superficial o poco profundo
Mineralogía	Sp, gn, py, mc, dol, calc, qtz
Alteración Hidrotermal	Dolomitización y brechamiento, disolución de la roca huésped
Temperatura	70°C – 200°C
Salinidad	10 – 30% peso eq Na Cl
Origen del Azufre (S)	H <sub>2</sub> O de mar, evaporitas, materia orgánica

## Dimensiones, Tonelajes y Ley

El tamaño de los cuerpos mineralizados pueden ser variados y difíciles de medir debido a la irregular forma del mismo.

El tamaño y ley de un MVT individual es complejo. Como lo mencionan Sangster (1990, 1995) y Leach & Sangster (1993), diferentes depósitos/distritos son minados antes de concluir el proceso de evaluación de las reservas y, los MVT tienden a crecer a partir de un cluster formando distritos mayores. La producción y reservas dependerán de cada cuerpo mineralizado individual (Ver Figura 2).

Existen 80 depósitos/distritos MVT conocidos en el mundo, de los cuales 60 se localizan en Canadá.



**Figura 2.** Mineral en Mt de 113 depósitos Mississippi Valley Type y 10 distritos; las líneas diagonales representan los tonelajes de minerales de Zn+Pb. Los distritos seleccionados y depósitos son las siguientes: **AB**=Admiral Bay, Australia; **AI**= Austinville-Ivanhoe, USA; **CT**=Central Tennessee, USA; **ET**=East Tennessee, USA; **F**=Fankou, China; **M**=Mehdiabad, Irán; **ME**=Metaline, USA; **N**=Navan, Irlanda; **OLB**=Old Lead Belt, USA; **P**=Pavlovskoye, Rusia; **PP**=Pine Point, Canadá; **R**=Reocin, Spain; **S**=Schmalgraf, Bélgica;; **TS**=Tri-State, USA; **UMV**=Upper Mississippi Valley, USA; **US**=Upper Silesia, Polonia; **VT**=Viburnum Trend, USA; **W**=Walton, Canadá. (Taylor R. D. et al 2009).

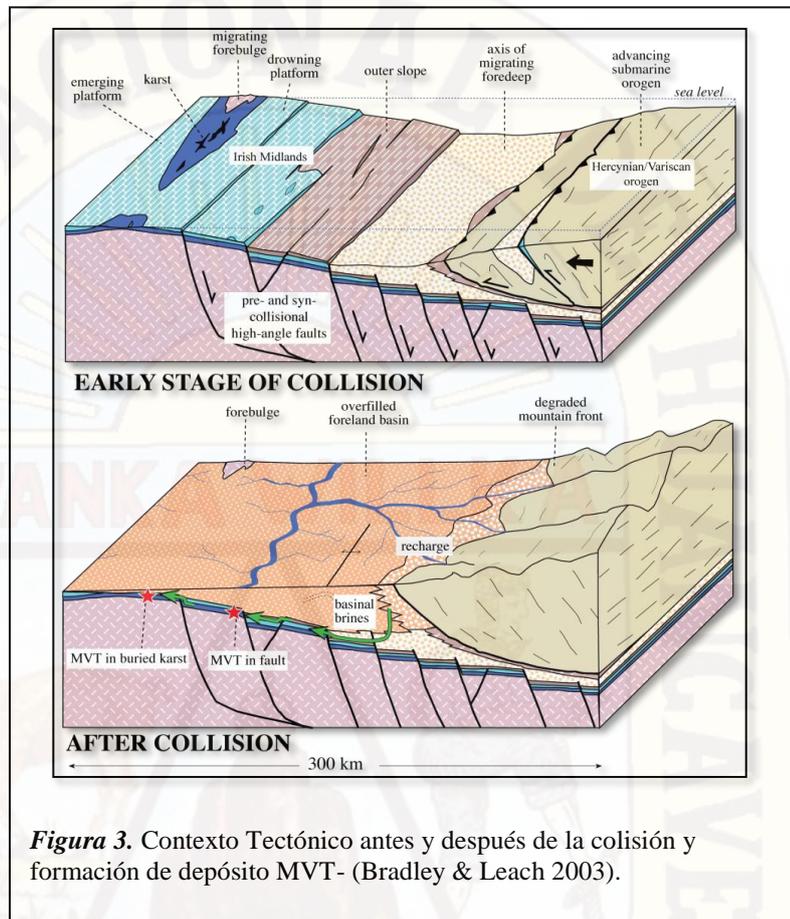
### **Situación Tectónica**

Leach et al. (2001a), Bradley & Leach (2003) relacionan enlaces genéticos entre mineralización MVT y procesos tectónicos a escala regional y global (ver Fig. 3).

Es ahora claro que los depósitos tipo MVT son el producto de enormes sistemas hidrotermales que mineralizan grandes áreas principalmente en los bordes de cuencas donde la migración de fluidos interactúa con rocas calcáreas.

En Norte América, los depósitos tipo MVT han sido atribuidos a una migración de fluidos de gran escala principalmente durante un proceso orogénico convergente. El modelo de flujo topográfico asociado con la migración de fluidos en un adecuado régimen tectónico puede describir mejor la mineralización de los MVT.

Otros ejemplos en Australia, Europa y el norte de África atribuyen el mecanismo de migración de fluidos mineralizantes a ambientes compresivos.



**Figura 3.** Contexto Tectónico antes y después de la colisión y formación de depósito MVT- (Bradley & Leach 2003).

### Aspectos Genéticos de Formación de los Depósitos MVT

Respecto a la génesis de los depósitos MVT Sverjenski (1986), Leach & Sangster (1993), Spirakis & Heyl (1995), sostienen referente a:

### Control y Transporte de los Fluidos

El flujo de fluidos a gran escala está controlado por la actividad tectónica de la cuenca sedimentaria (plegamientos, cabalgamientos y fallas); actividad relacionada a la orogenia de la tectónica de placas, donde los fluidos fueron expelidos durante la compactación y posterior escape a lo largo de unidades



## **Mecanismos de Disolución y Precipitación de Minerales**

Corbella, Ayora & Cardellach (2004) explican el mecanismo de disolución y precipitación en depósitos MVT en rocas carbonatadas, la mezcla de una salmuera ácida con un agua subterránea diluida y alcalina, ambas saturadas en carbonatos y en un ambiente hidrotermal, desencadena un proceso de disolución del encajante. En algunos casos, además de disolución tiene lugar también precipitación de carbonatos en una zona adyacente a la de disolución. Este resultado es válido para un amplio rango de composiciones de los componentes y tanto para rocas carbonatadas compuestas por calcita como por dolomita.

Por lo tanto, para explicar la presencia de un karst relleno de minerales hidrotermales no es necesario invocar la existencia de periodos de erosión y exhumación de los carbonatos y de su posterior enterramiento, ya que el desarrollo del karst o de la porosidad secundaria se habría formado en profundidad y estar relacionados con el fenómeno hidrotermal.

La precipitación de sulfuros en cavidades y/o porosidad de rocas carbonatadas puede ser causada por la mezcla de soluciones que provocan la disolución, siempre que una de ellas sea rica en sulfhídrico y otra en metales. Con las concentraciones de sulfhídrico y metales el volumen de cavidad formada (o de roca disuelta) suele ser mayor al de sulfuros precipitados, con lo que los sulfuros no llegan a "blindar" completamente la roca de caja y el proceso continua. En el caso que el potencial de oxidación sea ligeramente oxidante y predomine el ión sulfato sobre el sulfhídrico en uno de los fluidos, puede precipitar sulfatos como consecuencia de la mezcla de las soluciones hidrotermales.

Por tanto, el mismo proceso de mezcla puede causar la generación de la cavidad, la precipitación de sulfuros y el relleno de sulfatos, debido a procesos de mezcla (Salas, Taberner, Esteban, & Ayora, 2007).

## Parámetros Geoquímicos y Mineralógicos del Cuerpo Mineralizado

Leach & Sangster, (1993), Tritlla & Canals (1997) consideran los siguientes parámetros:

**Productos:** Pb y Zn son los elementos primarios en un MVT.

**Subproductos:** Plata, cadmio, germanio, cobre, baritina y fluorita.

**Elementos asociados:** As, Cu, Co, Ni, Cd, Ag, In, Ge, Ga, Sb, Bi, Mo y Sn son elementos accesorios que pueden diagnosticar la presencia de un MVT en el sureste de Missouri y los distritos del valle alto del Mississippi.

**Minerales:** esfalerita (ZnS), galena (PbS).

**Minerales traza:** arsenopirita (FeAsS), bornita (Cu<sub>5</sub>FeS<sub>4</sub>), calcopirita (CuFeS), celestina (SrSO<sub>4</sub>), calcosina (Cu<sub>2</sub>S), covelina (CuS), digenita (Cu<sub>9</sub>S<sub>5</sub>), molibdenita (MoS), pirrotina (Fe<sub>7</sub>S<sub>8</sub>), renierita (Cu<sup>1+</sup>.Zn)<sub>11</sub> Fe<sub>4</sub> (Ge<sup>4+</sup>As<sub>5+</sub>)<sub>2</sub>S<sub>16</sub>), siegenita (CoNi<sub>2</sub>S<sub>4</sub>), marcasita (FeS<sub>2</sub>), millerita (NiS), entre otros.

La mayoría de los MVT no tienen una asignatura geoquímica con límites primarios de dispersión pues estos corresponden a la propia mineralogía de la roca caja.

Cuando la meteorización de sulfuros ocurre y los minerales tales como la limolita, cerusita, anglesita, smithsonita y hemimorfita son formados, el suelo y los sedimentos de corrientes de las regiones vecinas al depósito pueden contener anomalías de Pb, Zn, Fe, y elementos traza de Sb, As, Bi, Ag, Tl, Cd, Mn, y Cu.

## **2.3. Formulación de Hipótesis.**

### **2.3.1. Hipótesis General**

Existencia de litologías favorable, estructuras favorables y estratigrafía favorable para hospedar mineralización de Zn-Pb en el depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú.

### **2.3.2. Hipótesis Específicas:**

- a) Existencia de condiciones geológicas y roca carbonatada dolomitizada con estructuras y texturas favorables para hospedar mineral económico en el depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú.
- b) Existen diferentes tipos de texturas en las rocas dolomitizadas de la Fm. Chambará del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú.
- c) Existencia de mineralización en las dolomitas de la Formación Chambará del depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú
- d) Las dolomitas de la Fm Chambará podrían ser guías para la prospección y exploración en los alrededores del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú.

## **2.4. Definición de Términos.**

**Depósitos MVT (Mississippi Valley Type)** Depósitos estratoligados epigenéticos, que hospedan minerales de sulfuros en rocas calcáreas, compuestos predominantemente por esfalerita y galena; no tienen relación con actividad hidrotermal de origen magmático.

**Control Estructural - Litoestratigráfico:** Las estructuras que hospedan la mineralización corresponden comúnmente a zonas fuertemente dolomitizadas y

brechadas y en algunos casos estas zonas denotan diseños lineales que sugieren un control estructural. Ej. Pine Point, Robb Lake, San Vicente. etc.

**Ocurrencia Mineral:** Concentración anómala de un mineral que se considera valiosa por alguien en alguna parte o que es de interés científico o técnico.

**Depósito Mineral:** Ocurrencia mineral (concentración anómala de un mineral o elemento metálico) de tamaño (volumen) y ley suficiente para que en circunstancias favorables, sea considerado con potencial económico.

**Yacimiento:** Depósito mineral que ha sido examinado y ha probado tener suficiente tamaño, ley y accesibilidad, como para ser puesto en producción y ser rentable (producir ganancia económica). La rentabilidad de un yacimiento depende de sus características intrínsecas (como tonelaje y ley), pero a veces depende de condiciones ajenas al cuerpo mineral, como las tasas de impuesto, precio de metales, etc.

**Mina:** Corresponde a las labores de explotación de un yacimiento, las que pueden ser subterráneas o a cielo abierto.

**Mena:** Un mineral o minerales que pueden ser beneficiados y extraídos de una roca con ganancia económica (utilidad). Es un agregado mineral sólido, natural, utilizable, ya sea tal como se extrae o del cual uno o más componentes valiosos se pueden recuperar económicamente. Ej. Menas de Cu: Calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), bornita ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ), Calcosina ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ).

**Ganga:** Aquellos minerales los cuales ocurren con los minerales de mena, pero que no tienen valor económico, tales como por Ej. cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ), calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) o pirita ( $\text{FeS}_2$ ).

**Mineralización:** Término general el cual se refiere usualmente a minerales de mena, pero que a menudo se utiliza para referirse a otros minerales metálicos como pirita.

**Epigenética:** Mineralización que ha sido introducida con posterioridad a la formación de su roca de caja. Ej. una veta.

**Supérgena o Secundaria:** Mineralización o efectos exógenos sobre cuerpos mineralizados, como meteorización, oxidación, descomposición de minerales y formación de nuevos minerales estables en el ambiente supérgena.

**Roca huésped:** La roca dentro de la cual se presenta el depósito mineral. Ej. Rocas carbonatadas Mina San Vicente.

**Roca de caja:** La roca que rodea al depósito, por ejemplo: las rocas a ambos lados de una veta.

**Estéril:** Término minero utilizado para referirse a la roca que no constituye mena explotable, en oposición a rocas mineralizadas. Usualmente se refiere a las rocas no mineralizadas o con minerales no económicos que deben ser removidas durante el proceso normal de explotación minera para extraer el mineral de mena. Este material se deposita en botaderos o desmontes.

**Hidrotermal:** Fluidos calientes, generalmente dominados por agua, a veces ácidos, los cuales pueden transportar metales y otros compuestos en solución al lugar de depositación o producir alteración de la roca de caja.

**Alteración hidrotermal:** Un cambio de la mineralogía de la roca huésped como una reacción química con soluciones hidrotermales.

**Zona de alteración hidrotermal:** Una zona con rocas que han sido alteradas a un grupo específico de minerales secundarios o de alteración, por efecto de la circulación de fluidos calientes, usualmente alrededor del perímetro de un depósito mineral.

**Veta:** Depósito tabular generalmente formado por depositación de minerales mena y ganga en espacios abiertos en una falla o fractura, o también por reemplazo. Corresponde a una mineralización controlada estructuralmente.

**Reemplazo:** Un proceso químico por el cual los fluidos hidrotermales que pasan por rocas permeables reaccionan con las rocas disolviendo minerales originales y reemplazándolos con minerales de mena y/o ganga.

## 2.5. Identificación de Variables.

### Variables cualitativas

**Variables cualitativas 1:** Rocas carbonatadas, estratos, estructuras geológicas, trampas.

**Indicadores:** Petrografía de las rocas carbonatadas, cartografía geológica columna estratigráfica, muestras y afloramientos de campo, registro de logueo de la perforación diamantina.

**Variables cualitativas 2:** Feeders, dolomita packstone, caliza bituminosa, caliza mudstone.

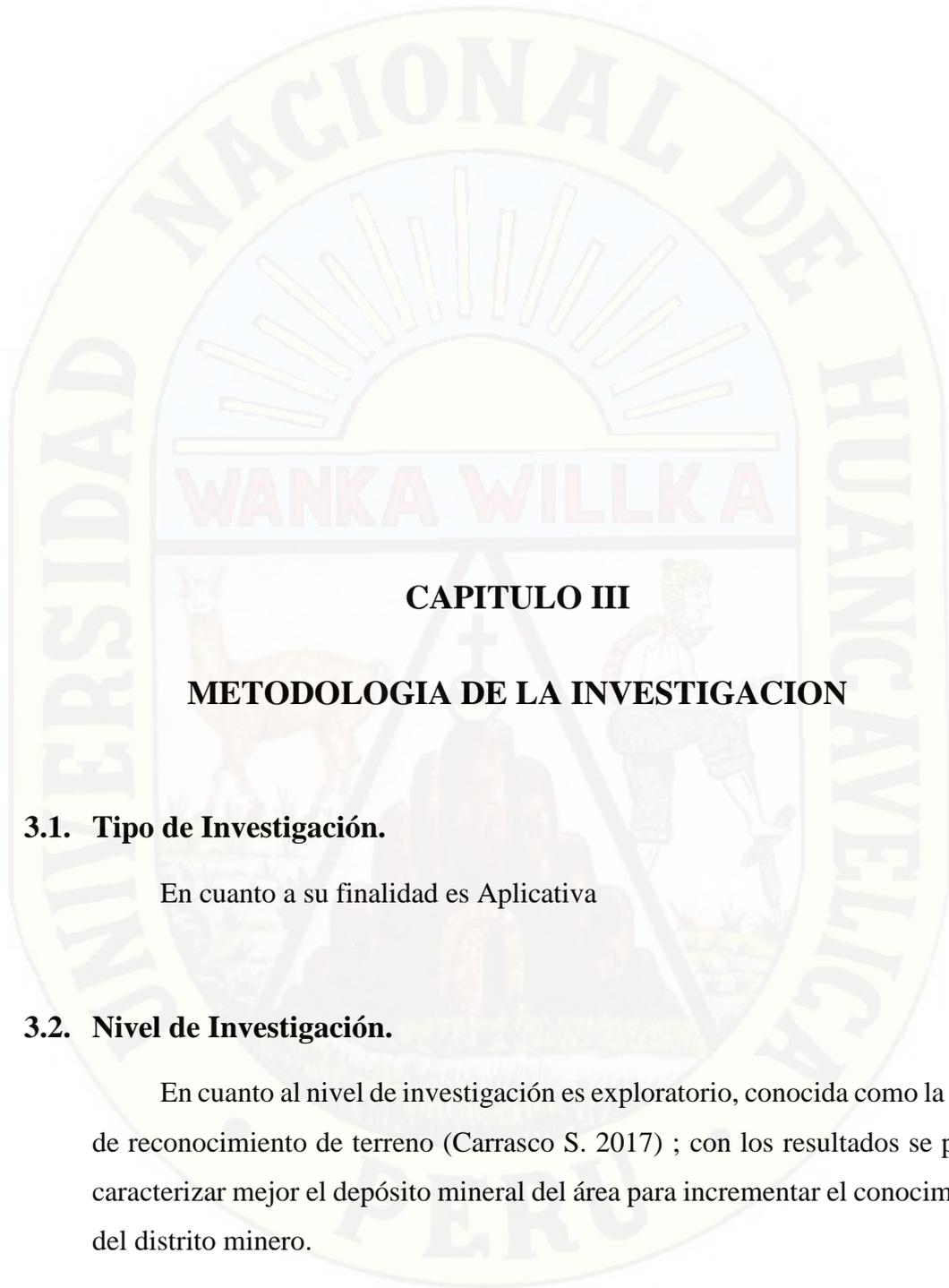
**Indicadores:** Roca porosa, roca sello, niveles estratigráficos, secciones geológicas, características texturales.

**Variables cualitativas 3:** Morfología del depósito, ocurrencia de mineral

**Indicadores:** Mantos, cuerpos, vetas; masivos, semi-masivos, diseminados, patch

## 2.6. Operacionalización de Variables.

Operacionalización de Variables	
Variables cualitativas 1	Indicadores
Rocas carbonatadas, estratos, estructuras geológicas, trampas.	Petrografía de las rocas carbonatadas, cartografía geológica, columna estratigráfica, muestras y afloramientos de campo, registro de logueo de la perforación diamantina.
Variables cualitativas 2	Indicadores
Feeders, dolomita packstone, caliza bituminosa, caliza mudstone.	Roca porosa, roca sello, niveles estratigráficos, secciones geológicas, características texturales.
Variables cualitativas 3	Indicadores
Morfología del depósito, ocurrencia de mineral	Mantos, cuerpos, vetas; masivos, semi-masivos, diseminados, patch



### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

##### **3.1. Tipo de Investigación.**

En cuanto a su finalidad es Aplicativa

##### **3.2. Nivel de Investigación.**

En cuanto al nivel de investigación es exploratorio, conocida como la etapa de reconocimiento de terreno (Carrasco S. 2017) ; con los resultados se puede caracterizar mejor el depósito mineral del área para incrementar el conocimiento del distrito minero.

### **3.3. Métodos de Investigación.**

El método de investigación fue exploratorio donde la observación consistió en la percepción de las características geológicas del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú.

- Los trabajos consistieron en la compilación y elaboración de secciones geológicas interpretativas, columnas estratigráficas, esquemas, tablas, figuras, etc.
- Análisis de sondajes diamantinos, registros de sondajes ddh (logueo), descripción macroscópica, microscópica de rocas y minerales; para conocer la litología, alteración, ensambles y caracterización petrominerográfica.
- Análisis e interpretación de datos metalogénicos, geológicos, estratigráficos, sedimentológicos, estructurales, litológicos, texturales y mineralógicos.
- Conceptualización del modelo geológico.

### **3.4. Diseño de Investigación.**

El diseño de investigación fue transversal, se trató de una exploración en base a la observación como un proceso sistemático de obtención, recopilación y registro de datos empíricos de las características geológicas del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú.

### **3.5. Población, Muestra y Muestreo**

La población pertenece al ámbito espacial del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú.

Las muestras tomadas corresponden a fragmentos de rocas y minerales expuestas en la superficie y a cores de la perforación diamantina de los interceptos más representativos y completados con muestras especiales para estudios microscópicos

repartidos de la siguiente manera: 02 muestras del Sector Karen Milagros, 02 muestras del sector San Jorge y 01 muestra del sector Falla Sam.

El tipo de muestreo es no probabilístico, por las características de la investigación.

### **3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.**

- Recopilación y evaluación de la información geológica y cartográfica existente.
- Cartografiado geológico a escala distrital y local.
- Toma de muestras representativas aleatorias de cores en los interceptos representativos de la perforación diamantina para estudio microscópico.
- Toma de muestras aleatorias de rocas y minerales de lugares accesibles en el campo.
- Medición de estructuras geológicas (orientación y buzamiento de fallas y estratos).

### **3.7. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos**

Desde el enfoque cualitativo, se obtuvo datos o informaciones de las características geológicas del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú utilizando técnicas como la cartografía geológica, elaboración de columnas estratigráficas, secciones geológicas interpretativas y con la información obtenida en el gabinete y en el campo se conceptualizó el modelo geológico.

### **3.8. Descripción de la Prueba de Hipótesis.**

H1= Existencia de litología, estructuras y estratigrafía favorables para hospedar mineralización en el Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú

H0= No Existen litología, estructuras y estratigrafía favorables para hospedar mineralización en el Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú

H1= Existen condiciones geológicas favorables y rocas carbonatadas dolomitizadas para hospedar mineralización de Zn- Pb en el Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú

H0= No existen condiciones geológicas favorables y rocas carbonatadas dolomitas para hospedar mineralización de Zn- Pb en el Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú

H1=Existencia de diferentes tipos de textura en las rocas dolomitizadas de la Fm Chambará en el Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú

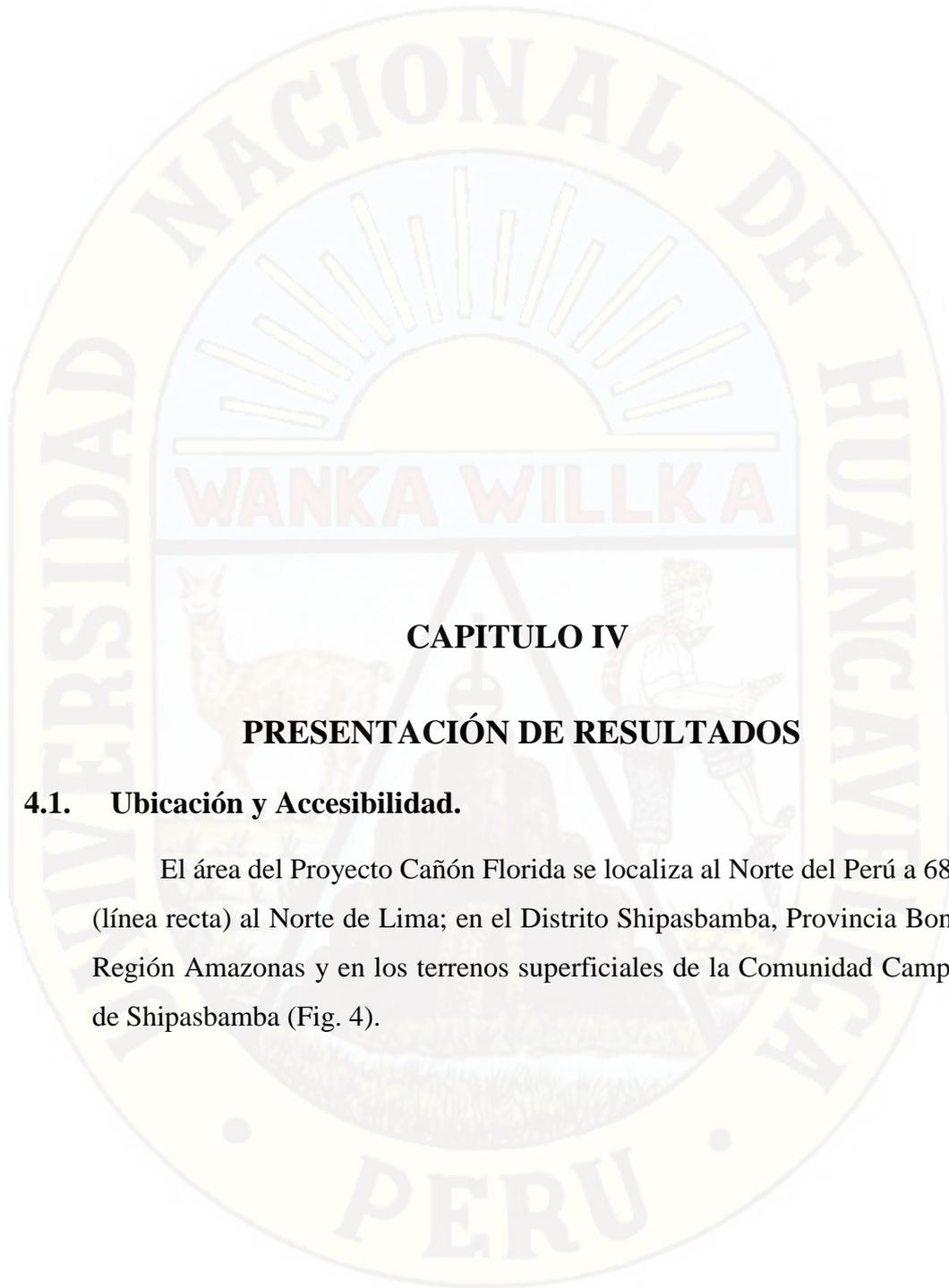
H0= Inexistencia de diferentes tipos de textura en las rocas dolomitizadas de la Fm Chambará en el Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú

H1= Existencia de mineralización en las dolomitas de la Fm Chambará del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú

H0= Inexistencia de mineralización en las dolomitas de la Fm Chambará del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú

H1= Existencia de las dolomitas de la Fm Chambará que podrían ser guías para la prospección y exploración en los alrededores del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú

H0= Inexistencia de las dolomitas de la Fm Chambará que podrían ser guías para la prospección y exploración en los alrededores del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú



## **CAPITULO IV**

### **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. Ubicación y Accesibilidad.**

El área del Proyecto Cañón Florida se localiza al Norte del Perú a 680 km (línea recta) al Norte de Lima; en el Distrito Shipasbamba, Provincia Bongará, Región Amazonas y en los terrenos superficiales de la Comunidad Campesina de Shipasbamba (Fig. 4).

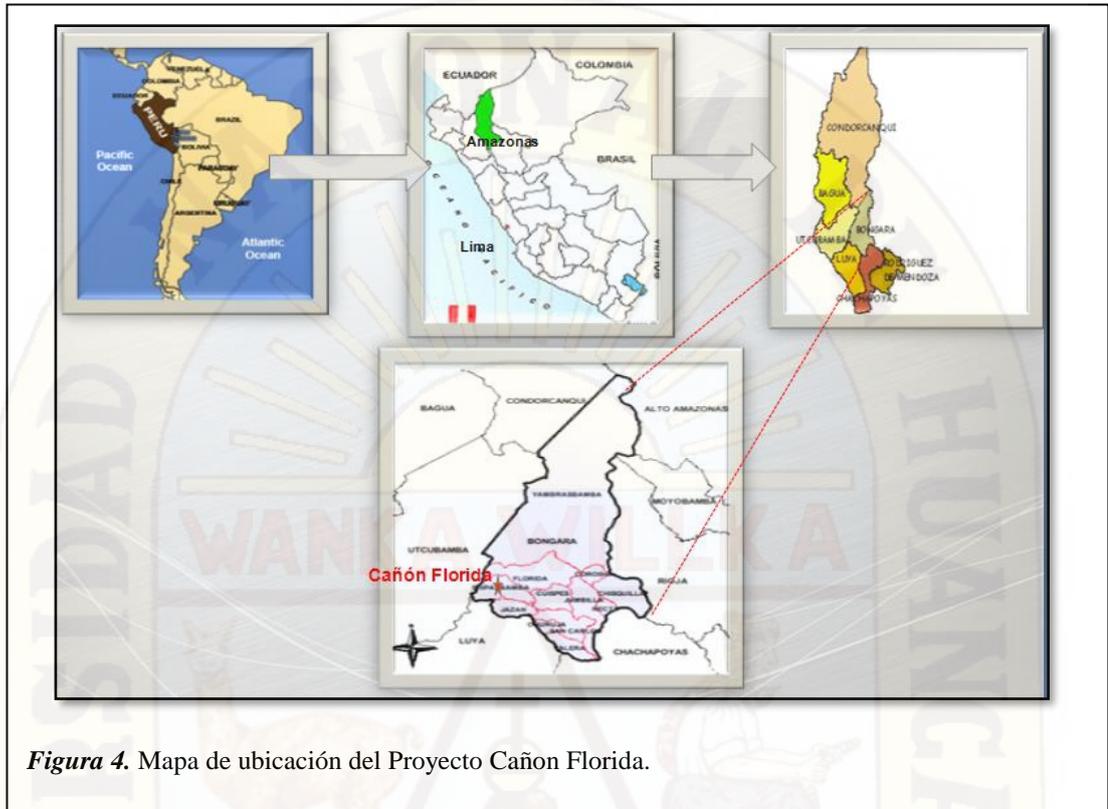


Figura 4. Mapa de ubicación del Proyecto Cañon Florida.

El acceso por Tierra es la siguiente: (tabla 2)

Tabla 2. Acceso al Proyecto Cañon Florida.

Accesibilidad al proyecto Cañon Florida				
Vía Terrestre				
De	A	Distancia (km)	Carretera	Tiempo (horas)
Lima	Chiclayo	775	Panamericana Norte	11.0
Chiclayo	Cruce Olmos	106	Asfaltada	1.5
Cruce Olmos	Bagua Grande	223	Asfaltada	3.0
Bagua Grande	Pedro Ruiz	71	Asfaltada (mal estado)	2.5
Pedro Ruiz	Tingo	20	Asfaltada	0.3
Tingo	Campamento El Rozo (Proyecto Cañon Florida)	8	Camino de herradura	5.0

## 4.2. Ambiente Geotectónico y Metalogénico

En el ámbito regional el Proyecto Cañón Florida se enmarca en la zona límite de la Cordillera Oriental y la Faja Subandina enmarcado en la cuenca antepaís del orógeno andino (ver Fig. 3) y Mapa Metalogénico del Perú (ver Fig. 5).

La Cordillera de los Andes tiene como basamento rocas metamórficas del Proterozoico, sobre las que se acumularon secuencias sedimentarias que fueron deformadas por la Tectónica Hercínica Paleozoica, a la cual estuvieron asociadas intrusiones plutónicas y volcanismo hasta el Paleozoico superior.

Las Unidades estratigráficas más antiguas encontradas en el cuadrángulo de Bagua (hoja 12g), corresponden al Complejo del Marañón (basamento metamórfico de orientación NW-SE que va paralelo a los andes), conformados por cuarcitas, filitas, esquistos, micaesquistos y esquistos gneísicos; resultantes de los procesos de metamorfismo regional de nivel moderado a fuerte. Su desarrollo posiblemente se inició durante el Meso-proterozoico a Neo-proterozoico 600+/- 50 M.A. (Dalmayrac, Laubacher, & Marocco, 1988).

Durante el Pérmico inferior se produjo un levantamiento con leve deformación relacionados a la Fase Tardihercínica, dando lugar a las acumulaciones de capas rojas continentales del Grupo Mitu conformados por areniscas, lodolitas y conglomerados polimícticos gruesos, que se depositaron durante el Pérmico superior al Triásico inferior.

Por posiciones estratigráficas indica que esta unidad se acumuló durante el Permiano superior al Triásico inferior; tal ubicación en el tiempo está en concordancia con la edad asignada a secuencias similares en el área de Pataz y en la cordillera oriental del Centro del Perú.

Las sedimentitas del Grupo Mitu se acumularon en un ambiente continental correspondientes a abanicos aluviales vinculados a paleoclimas semiáridos, depositándose en los cambios bruscos de pendiente; que originaron conglomerados, brechas sedimentarias polimícticas (facies proximales) y

lodolitas (facies distales) con predominancia de la sedimentación clástica continental.

En la época Triásica superior se produjo la subsidencia del continente y una transgresión del mar dio lugar a la sedimentación marina a partir del Noriano; tiempo en el cual se inició la acumulación del Grupo Pucará constituido por litofacies carbonatadas de plataforma y cuenca (ver Fig. 6, 7, 8 y 9); cuyos restos paleontológicos (bivalvos y gasterópodos) indican que esta sedimentación perduró hasta el Jurásico inferior. Cabe mencionar a Prinz (1985) en su columna estratigráfica general del Grupo Pucará del Valle de Utcubamba; describe los siguientes fósiles *Monotis scutiformis*, *Cyrtopleurites* sp, *Monotis typica*, *Monotis subcircularis* y *Oxytoma* cf. *kiparisovae* asignados al Triásico superior.

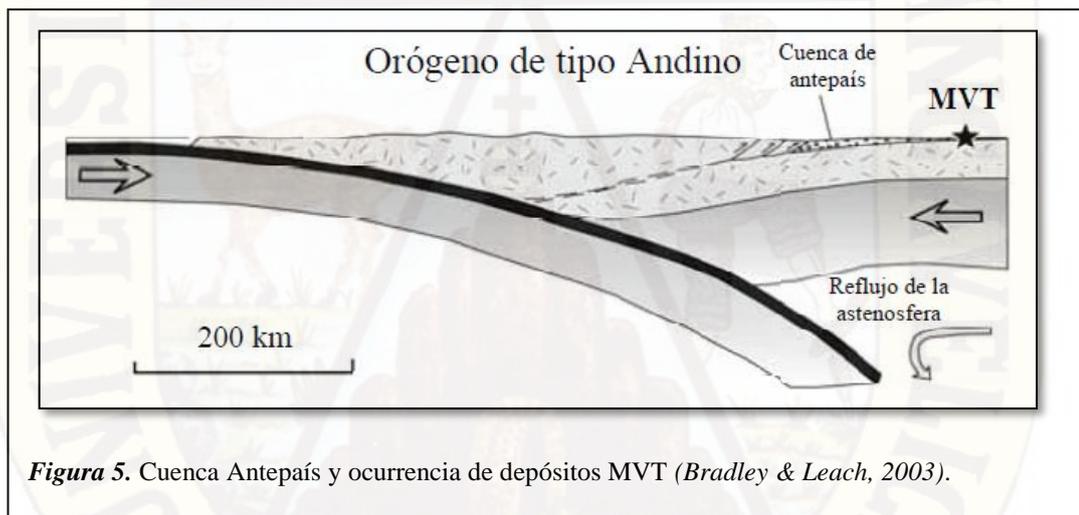
Entorno al Jurásico medio se manifiesta un arco volcánico hacia el Oeste de la cuenca mesozoica, que está representada mayormente por volcanitas y piroclástitas de la Formación Oyotún (lado occidental); asociado con esta fase distensiva se produjo el ascenso del bloque Marañón ocasionando el levantamiento y erosión del Grupo Pucará dando lugar a la acumulación de depósitos de pie de monte o escombros de talud; que constituyen las brechas sedimentarias de la Formación Corontachaca, mayormente a lo largo del flanco oriental del bloque del Marañón.

El levantamiento de la zona del bloque originó la acumulación de sedimentos continentales en la parte oriental, que se conocen como Formación Sarayaquillo. Estas molasas se acumularon simultáneamente con la parte superior de la Formación Oyotún (lado occidental).

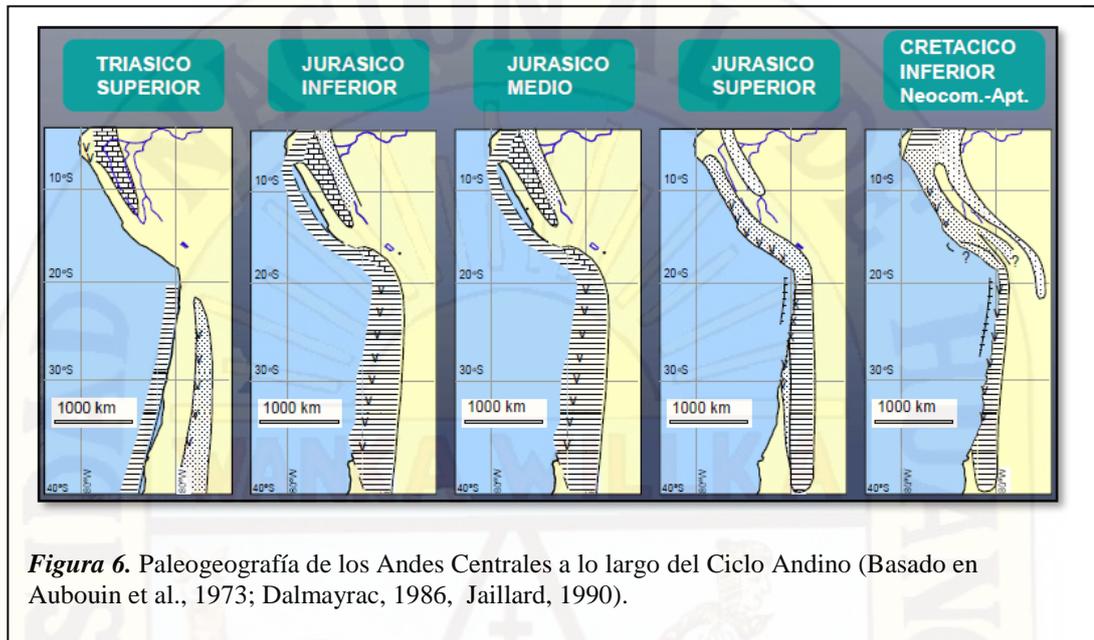
Los escenarios paleogeográficos sobre los cuales se produjeron sedimentación cretácea; fueron controlados mayormente por movimientos oscilatorios verticales de franjas alargadas, paralelas al Cratón Brasileiro (Myers, 1980); estas franjas correspondían a bloques hundidos y levantados que individualizaron las cuencas y altos estructurales; sobre los que se acumularon las secuencias sílico –clásticas de la Formación Goyllarisquizga del cretácico inferior.

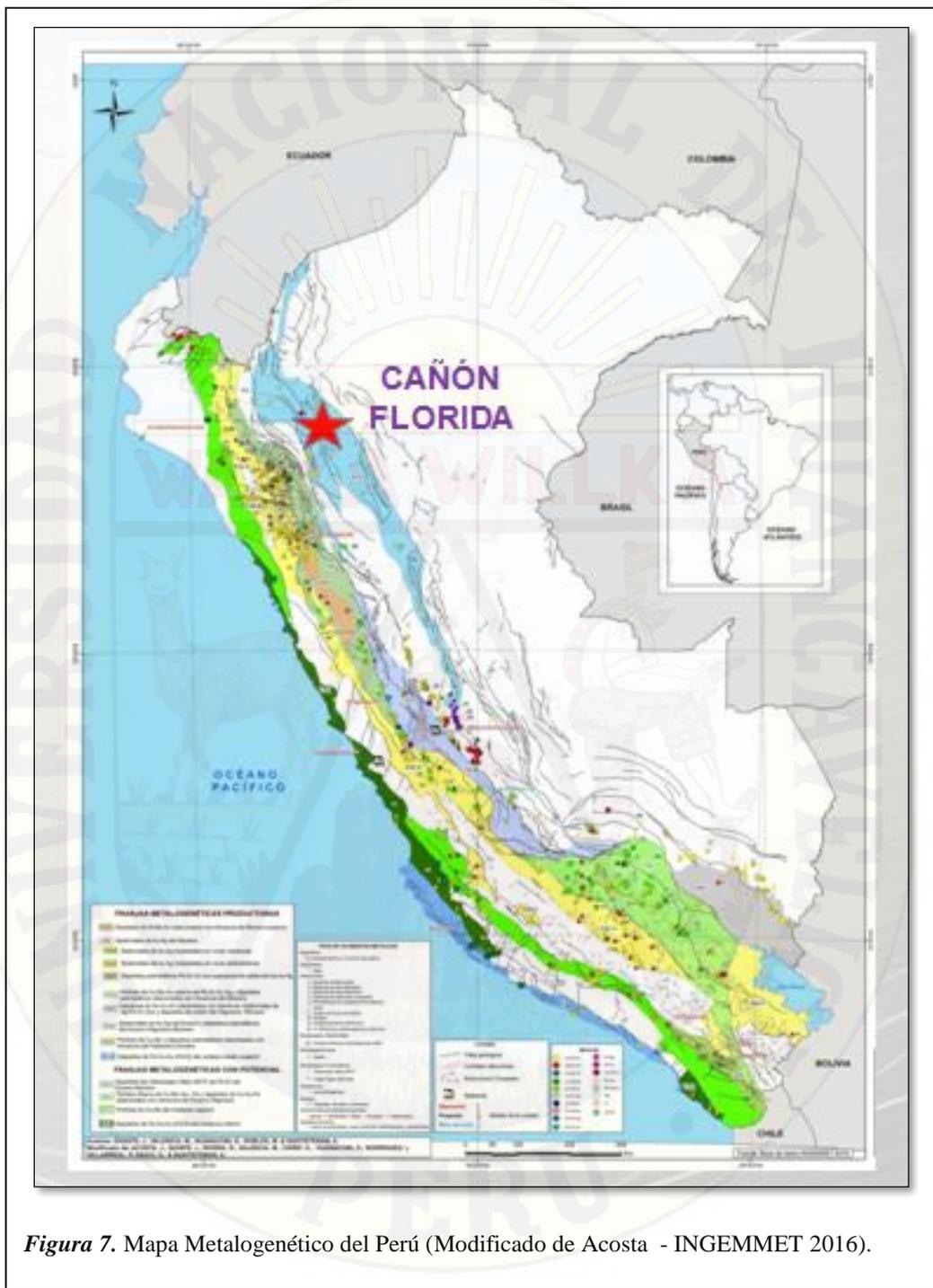
Luego se depositaron concordantemente las calizas y clásticos de las unidades Inca, Chúlec y Pariatambo durante el Albiano, y las unidades Pulluicana, Quilquiñán, Cajamarca y Celendín en el cretáceo superior; con características similares a las cuencas de Bagua y Cajamarca.

Culminando la sedimentación marina del cretáceo superior se produjo un levantamiento (Fase Peruana) que originó una fuerte erosión y la acumulación de capas rojas continentales de la Formación Chota; que es la unidad estratigráfica más superior que se ha encontrado distritalmente en el ámbito circundante al proyecto Cañón Florida.



**Figura 5.** Cuenca Antepaís y ocurrencia de depósitos MVT (Bradley & Leach, 2003).





*Figura 7.* Mapa Metalogénico del Perú (Modificado de Acosta - INGEMMET 2016).

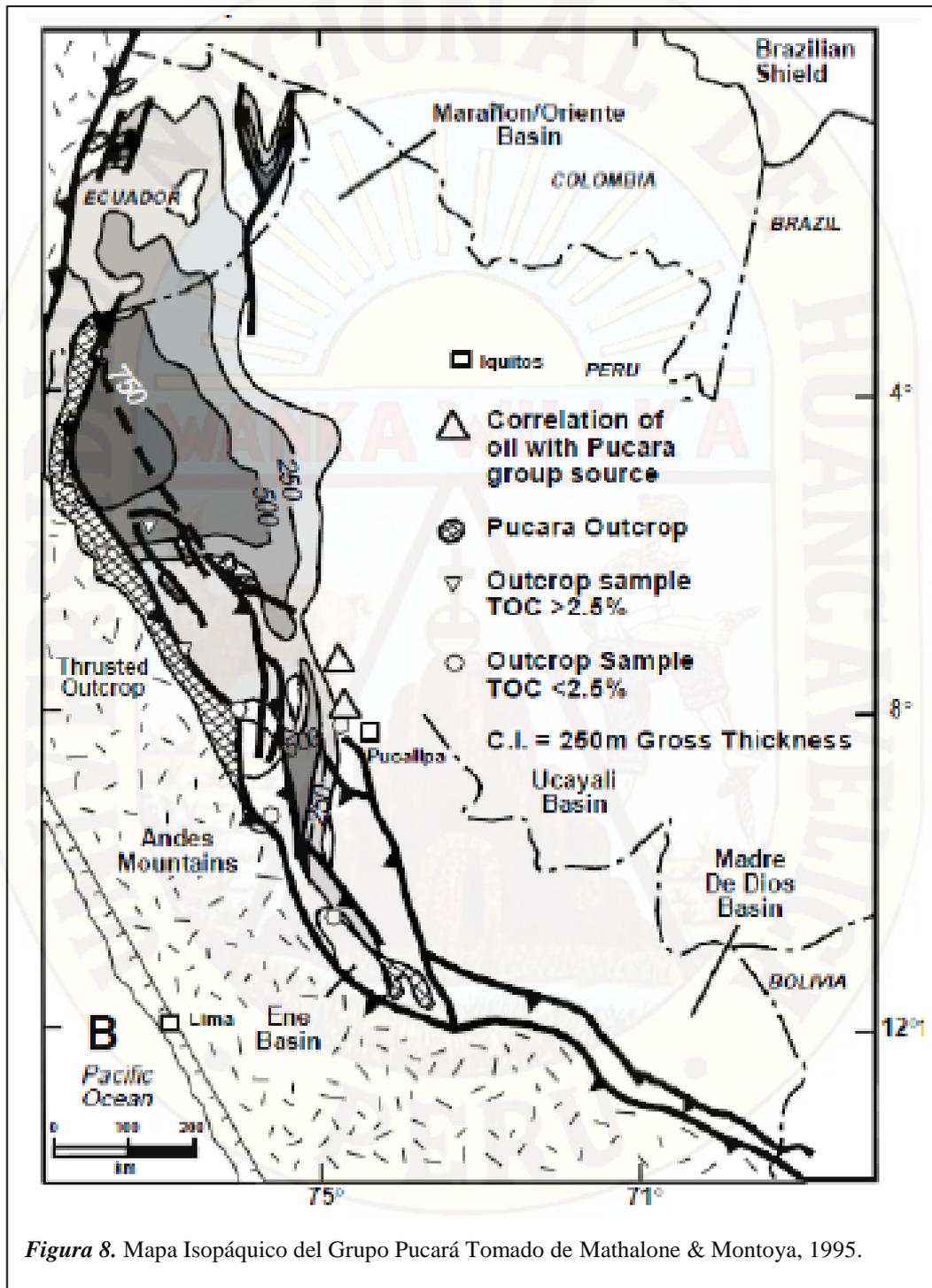
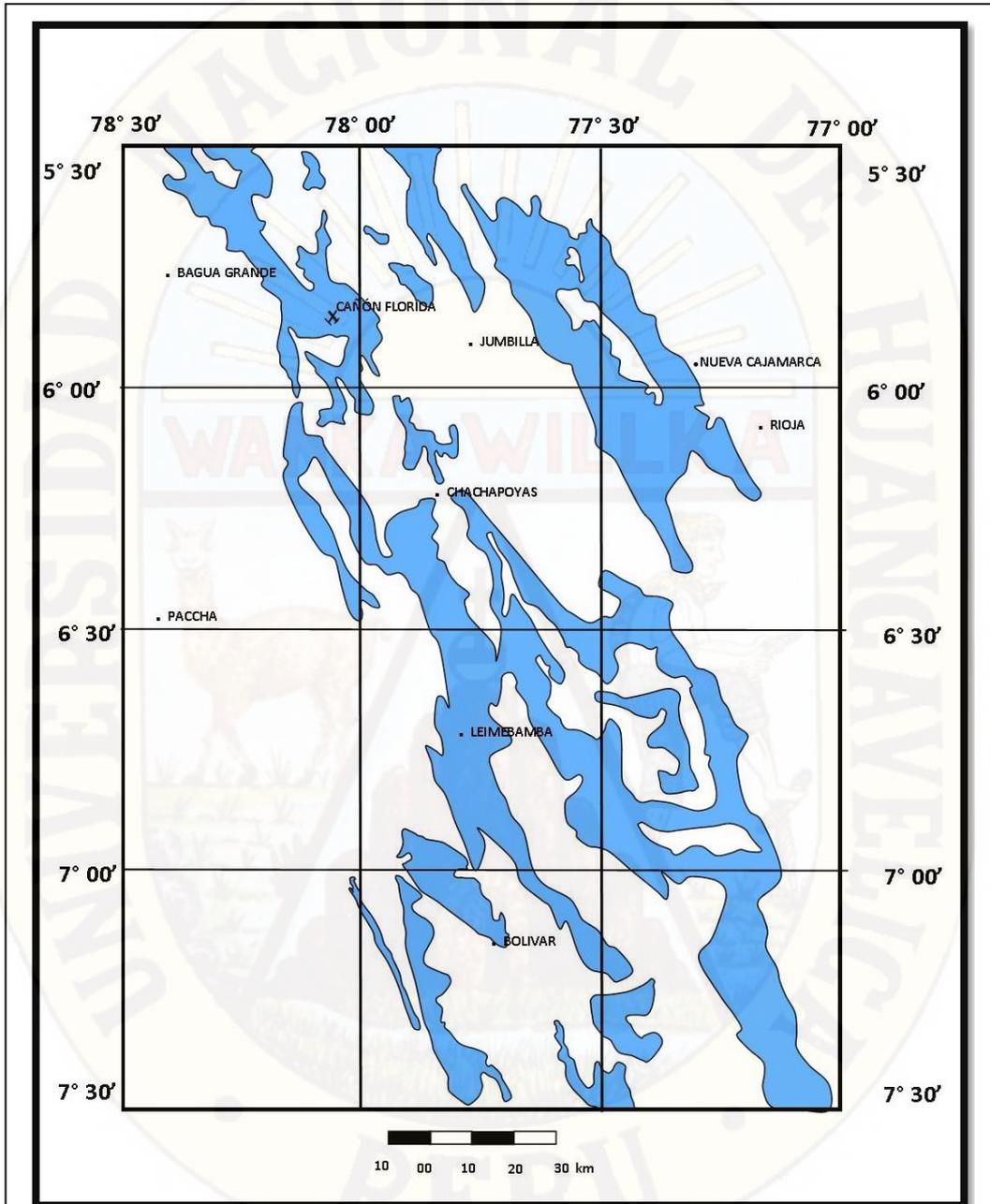


Figura 8. Mapa Isopáquico del Grupo Pucará Tomado de Mathalone & Montoya, 1995.



**Figura 9.** Distribución del Grupo Pucará entre los paralelos: 77° 00' – 78° 30' Longitud Oeste y 5° 30' – 7° 30' Latitud Sur (Bolívar, Leimebamba, Chachapoyas, Jumbilla, Bagua Grande, Ríoja y Nueva Cajamarca)

### 4.3. Contexto Geológico Regional

Los Andes Peruanos tienen una dirección preferencial Noroeste-Sureste. Los reportes de Megard (1979); Dalmayrac et al. (1988) y Benavides- Cáceres (1999) sientan las bases geológicas regionales relacionadas a la evolución geológica de los Andes Peruanos, que son herramientas básicas que complementan los datos de campo y el contexto geológico relacionado a la ocurrencia de mineralización de tipo mississippi valley type.

El Complejo del Marañón de edad Neo proterozoica descritas por Wilson & Reyes (1964), forman el basamento geológico regional con orientación NW-SE y consisten de metasedimentitas (pizarras, cuarcitas, filitas), esquistos, micaesquistos y gneis; aflora en el sector Suroeste del cuadrángulo de Bagua, las que infrayacen en discordancia angular al Grupo Mitu de edad Permo-Triásica; conformadas por una secuencia de conglomerados polimícticos, subangulosos e intercalados con niveles de areniscas de grano fino a grueso de color rojizo.

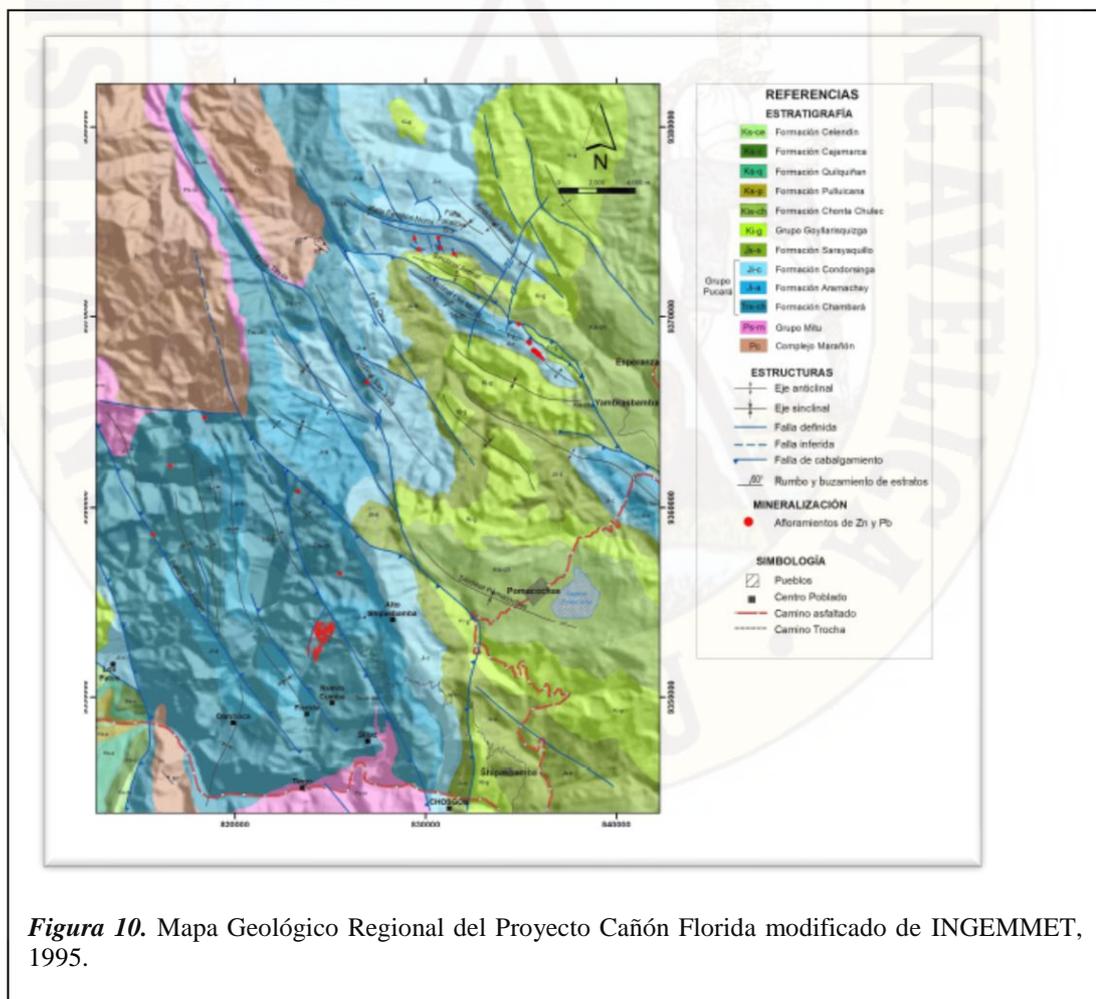
El Grupo Mitu es un depósito típico de molasa de origen continental; ocurren en estratos medianos a gruesos y se diferencian por su color rojizo a rosado; en el área del proyecto se interceptaron con los sondajes profundos V-46, V-36 y V-37A. Los afloramientos más accesibles se observan aguas abajo del puente Corontachaca en el Río Utcubamba (cerca a Pedro Ruiz), a lo largo de 10 km, se tienen areniscas rojas en estratos con grosores de 0,30 m a 1 m; los cuales son resistentes a la erosión y que condicionaron la morfología encañonada del Valle de Utcubamba.

Suprayaciendo al Grupo Mitu aflora el Grupo Pucará de edad Triásico superior a Jurásico inferior, el cual hospeda la mineralización Mississippi Valley Type del área del Proyecto Cañón Florida - Bongará (Fig. 10). El Grupo Pucará se divide en 3 unidades: Fm Chambará (base), Fm Aramachay (intermedio) y Fm Condorsinga (superior).

Las Formación Chambará corresponde a una sedimentación marina desarrollada en mares subtropicales a tropicales donde el aporte terrígeno fue restringido. La Fm Chambará por sus características litológicas y texturales

representa litofacies de la parte media de la plataforma carbonatada; en partes con facies propias de aguas someras, como es el caso de las calizas bioclásticas coquinoideas; siendo los niveles dolomitizados los que hospedan la mayor parte de la mineralización MVT de Cañón Florida.

La Formación Aramachay está conformado por secuencias de calizas bituminosas con alternancia de limoarcillitas en capas delgadas, que corresponden a niveles de cuenca, donde predominó la sedimentación rítmica que dio lugar a una estratificación plana, tabular y regular. La Formación Condorsinga conformado por una alternancia de calizas de grano fino y limoarcillitas corresponden a plataforma externa y facies de talud por las evidencias de estructuras de “slump” (Sánchez, 1995).



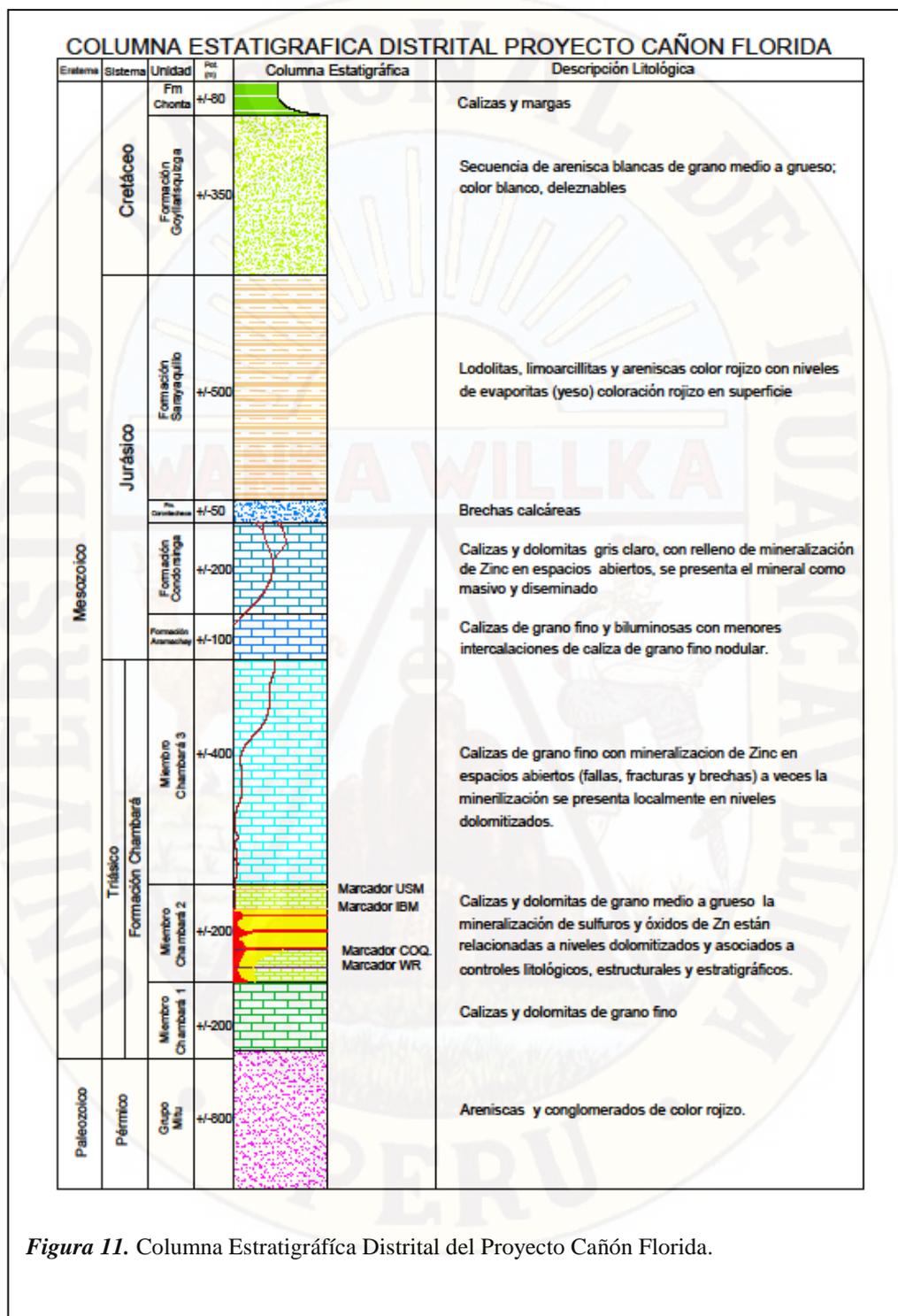
**Figura 10.** Mapa Geológico Regional del Proyecto Cañón Florida modificado de INGEMMET, 1995.

#### 4.4. Estratigrafía Regional y Distrital

La unidad estratigráfica regional más antigua está representado por las secuencias Neoproterozoicas conformadas por rocas metamórficas del Complejo del Marañón; suprayacen en discordancia al Complejo del Marañón el Grupo Mitu de edad Permiano superior a Triásico inferior; luego suprayace en discordancia angular a subparalela la secuencia del Grupo Pucará del Triásico superior a Jurásico inferior la que subyace a su vez a las series cretácicas mesozoicas (Tabla 3).

**Tabla 3.** Estratigrafía Regional - modificado de Sánchez, 1995.

ESTRATIGRAFÍA REGIONAL - PROYECTO CAÑÓN FLORIDA						
UNIDADES CRONOESTRATIGRÁFICAS				UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA		
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	Piso	Río Marañón	Río Utcubamba	Flanco Oriental-Subandino
Mesozoica	Cretáceo	Superior	Maestrichtiano	Formación Celendín		
			Campaniano			
			Santoniano Coniaciano	Formación Cajamarca		
		Inferior	Turoniano	Grupo Quilquiñán		Formación Chonta
			Cenomaniano	Grupo Pullucana		
			Albiano	Formación Chúlec		
	Jurásico	Superior	Aptiano	Grupo Goyllarisquizga		Grupo Oriente
			Neocomiano			
		Medio		Formación Sarayaquillo		
				Fm Oyoútún	Formación Corontachaca	
	Triásico	Inferior	Pliensbachiano	Grupo Pucará		
			Sinemuriano			
Superior		Hetangiano				
		Retiano				
	Inferior	Norian				
Paleozoica	Pérmico	Superior	Artinskiano		Grupo Mitu	
Neoproterozoica				Complejo del Marañón		



#### **4.4.1. Complejo del Marañón (Neoproterozoico)**

La unidad más antigua del área cercana al proyecto, corresponden al Complejo del Marañón; descrito por Wilson & Reyes (1964), en el cuadrángulo de Pataz.

Está conformado por rocas metamórficas con una dirección preferencial NW-SE, destacan la presencia de esquistos micáceos, gneis, pizarras, cuarcitas y filitas, aflora en el extremo Suroeste y Sureste de la hoja de Bagua Grande. La polideformación de acuerdo a las observaciones de las texturas, estructuras y minerales componentes se considera que tanto los esquistos y gneis son el resultado de un polimetamorfismo de facies esquistos verdes-anfibolitas que corresponden a los niveles de mesozona a catazona (Sánchez, 1995).

Las rocas del Complejo del Marañón son el resultado de procesos de metamorfismo regional que se manifiesta por el grado de deformación y la variedad de minerales metamórficos. Infrayace en discordancia angular al Grupo Mitu; según las características litológicas y según su posición estratigráfica y por correlación con otros afloramientos metamórficos de Olmos, Illescas y el Complejo Basal de la Costa, debe haberse formado durante el Meso a Neoproterozoico con una edad que va de 1800 a 600 millones de años (Cobbing, Ozard, & Snelling, 1977; Dalmayrac et al., 1988).

#### **4.4.2. Grupo Mitu (Pérmico sup. - Triásico inf.)**

El Grupo Mitu descritas inicialmente en Junín por McLaughlin, (1924); regionalmente aflora en los cuadrángulos de Bolívar, Leimebamba, Paccha, Chachapoyas y Bagua Grande; para los cuadrángulos de Chachapoyas, Leimebamba y Bolívar el límite oriental de afloramientos es el Río Shocol y la prolongación es en la dirección NW a SE; los afloramientos más accesibles a la zona del proyecto se presentan aguas abajo del río Utcubamba en los sectores de

Corontachaca, Naranjitos y Tingo; conformados por estratos con grosores de 0,20 m a 1,20 m, los cuales son resistentes a la erosión y que condicionan la forma encañonada del valle de Utcubamba.

Durante el Pérmico superior ocurrió un levantamiento, seguido de erosión, y el geoanticlinal del Marañón fue expuesto a superficie, mediante una tectónica distensiva, acompañada de la formación de rifts de orientación N-S, y gravens y semigravens, que constituyen la base para la sedimentación Mito del Permo-triásico (Kontak, Clark, Farrar, & Strong, 1985).

Se encuentra constituido por areniscas líticas, arcóscas de grano grueso a medio y conglomerados polimícticos subangulosos de coloración general rojizo. El Grupo Mito es un depósito típico de molasa de ambiente continental, ocurren en estratos medianos a gruesos y se diferencian por su color rojizo a rosado; en el área del proyecto se interceptaron con los sondajes profundos V-46, V-36 y V-37A.

Los conglomerados polimícticos gruesos corresponderían a abanicos aluviales vinculados a paleoclimas semiáridos, que se depositaron en los cambios bruscos de pendiente; adyacentes a áreas levantadas. Durante la sedimentación se dio una gradación, variando de conglomerados gruesos con matriz de arenisca a microconglomerados con matriz de arenisca hacia planicies aluviales en las que actuaron además la sedimentación fluvial, eólica tipo barcanoides (Sánchez, 1995).

Estos procesos de sedimentación ocurrieron algunas veces asociados con facies evaporíticas en depresiones colindante a los relieves emergidos, que correspondían a rocas proterozoicas y del paleozoico inferior. En algunas partes hubo actividad volcánica, con presencia de piroclásticos generalmente de composición félsica, que se encuentra asociado aisladamente con las areniscas. Pero en el área cercana al Proyecto Cañón Florida predominan las secuencias de sedimentitas

clásticas continentales, que originó conglomerados y brechas polimícticas con matriz areniscosa como facies proximales y lodolitas como facies distales.

#### **4.4.3. Grupo Pucará (Triásico superior - Jurásico inferior)**

La nomenclatura del Grupo Pucará usada en el presente informe es aquella usada en el centro del Perú por McLaughlin (1924), Jenks (1951), Megard (1968); teniendo en consideración la similitud litoestratigráfica.

Regionalmente el Grupo Pucará aflora en los cuadrángulos de Bolívar, Leimebamba, Chachapoyas, Bagua Grande, Jumbilla y Rioja con una dirección Noroeste a Sureste el cual suprayace al Grupo Mitu en discordancia subangular a subparalela.

El Grupo Pucará importante metalotecto que alberga yacimientos de metales base (Zn-Pb-Ag-Cu), a lo largo de los Andes Peruanos siendo el Zinc el elemento preponderante. Entre la Cordillera Oriental y la Faja Subandina se emplazaron yacimientos MVT, tales como la Mina San Vicente (+35Mt, 11% Zn+Pb) en Chanchamayo, Mina Grande y Mina Chica en Bongará (1 Mt, 30% OxZn) y el Proyecto de Cañón Florida-Bongará (+18 Mt 10% Zn+Pb (Ag), además los prospectos Cristal, Florcita y otros en Bongará - Amazonas, todos hospedados en las rocas carbonatadas del Grupo Pucará.

Los afloramientos más accesibles del Grupo Pucará son aquellos del río Utcubamba, donde se observan las tres Formaciones: Chambará, Aramachay y Condorsinga con las mismas características a las que afloran en el centro del Perú.

Las rocas carbonatadas del Grupo Pucará presentan una morfología accidentada con pendientes de moderado-fuerte a abruptas, presentan relieve kársticas, dolinas, ocasionalmente escarpadas y cañón (Ejemplo: Cañón Florida).

En el área del proyecto los terrenos superficiales mayormente están cubiertas por una cobertura de suelo cuaternario de espesores centimétricas a métricas con vegetación exuberante, dificultando el cartografiado geológico de superficie.

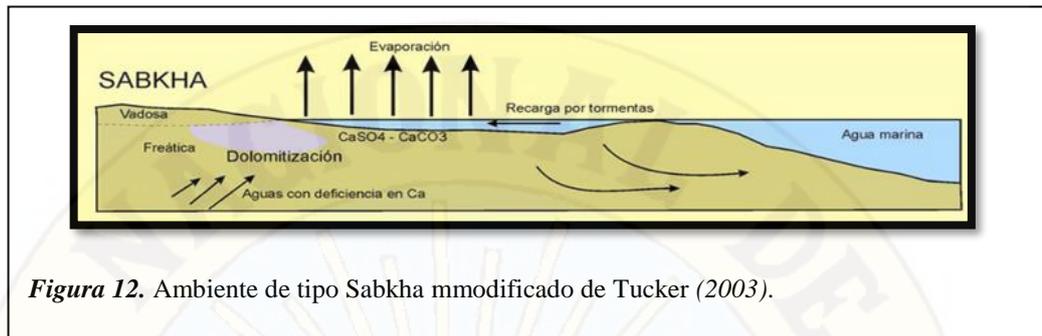
Sánchez (1995) indica "Las secuencias carbonatadas del Grupo Pucará tienen características que corresponden a sedimentación marina desarrollada en mares subtropicales a tropicales donde el aporte terrígeno fue restringido.

Así la Formación Chambará representaría litofacies de la parte media de la plataforma carbonatada; en partes con litofacies propias de aguas someras y tranquilas; en cambio la Formación Aramachay se acumuló en el nivel de cuenca, donde predominó la sedimentación rítmica que dio lugar a una estratificación plana, tabular y regular.

La Formación Condorsinga caracterizado por sus grosores variables y la alternancia de limoarcillitas con calizas representan una acumulación en plataforma externa que posiblemente llegó a facies de talud; dando lugar a "slumps" que aparecen en los afloramientos".

Las rocas del Grupo Pucará del Triásico tardío / Jurásico temprano que hospedan los cuerpos mineralizados del Proyecto Cañón Florida fueron depositadas a lo largo de una línea de playa de margen de cuenca, similar a la que existe hoy a lo largo de la Costa de la Tregua (Trucial Coast) de los Emiratos Árabes Unidos (Golfo Pérsico, Medio Oriente).

La sedimentación fue dominada por rocas carbonatadas a lo largo de una llanura costera tipo sabkha (Fig. 12). Las evaporitas, principalmente de anhidrita, asociadas con esta llanura costera tipo sabkha, junto con las lodolitas limo-carbonatadas, anóxicas marinas, gruesas, proporcionaron la mayoría de los componentes necesarios para albergar los cuerpos mineralizados de zinc- plomo de Cañón Florida.



**Figura 12.** Ambiente de tipo Sabkha mmodificado de Tucker (2003).

Al inicio del Mesozoico, en el pre-Noriano, ocurrió una subsidencia regional y transgresión marina carbonatada.

Inicialmente se formaron altos estructurales, que por características y evidencias litológicas no llegaron a estar en contacto con la superficie y que estuvieron controlados por ramales o partes del Geoanticlinal del Marañón que controlaron las facies sedimentarias del Grupo Pucará; principalmente de la Formación Chambará y Aramachay, con ambiente somero a tidal o arrecifal, y la Formación Condorsinga representaría a la acumulación superior externa que posiblemente llegó a facies de talud.

En la región de Amazonas se han podido reconocer las 3 subdivisiones del Grupo Pucará.

#### **4.4.3.1. Formación Chambará (Triásico superior)**

La Formación Chambará constituye la base del Grupo Pucará; regionalmente los niveles inferiores se caracterizan por estar conformados por calizas con estratos de 0,30 a 1,10 m de grosor, que contienen generalmente nódulos de chert e inclusiones silíceas de forma irregular. Su estratificación es paralela con superficies onduladas e irregulares; las calizas son bastante resistentes de apariencia maciza.

Los niveles superiores están constituidos por estratos de 10 a 40 cm de grosor, separados por superficies de

estratificación ondulada, irregular paralela; las calizas que conforman esta unidad son mayormente mudstone de grano muy fino y biomicríticas. Macroscópicamente se observa que son calizas de estratos delgados, gris oscuras con niveles fosilíferos.

La Formación Chambará presenta una coloración gris oscura a gris clara; en superficie se observan meteorizadas de un color beige-amarillento; se distingue nódulos de chert de formas irregulares y tamaños centimétricos.

En el área de Cañón Florida la Formación Chambará está compuesta por carbonatos de alta energía, de ambientes de barreras con desarrollo de arrecifes locales; representados por texturas floatstone, wackestone, packstone y rudstone; por informaciones de los sondajes diamantinos, se conocen de la presencia de marcadores bioestratigráficos de continuidad distrital.

La Fm. Chambará se han subdividido en 3 miembros de acuerdo a las características litoestratigráficas y texturales de acuerdo a la clasificación de Dunham (1962) y modificada por Embry & Klovan (1972) (Tabla 4).

**Tabla 4.** Clasificación de Dunham (1962) modificada, Embry & Klovan (1972)

Textura deposicional reconocible									Textura no reconocible		
Alóctonas (componentes no ligados durante la deposición)					Autóctonas (componentes ligados)						
- 10% de componentes > 2 mm				+ 10% de componentes > 2 mm				organismos entrampan fango	organismos ligan fango (algas)	organismos forman armazón (corales)	
con fango		sin fango		textura fango sostén	textura grano sostén	Bafflestone	Bindstone				Framestone
textura fango sostén	textura grano sostén		Rudstone								
- 10% de granos	+ 10% de granos				Floatstone	Bafflestone	Bindstone	Framestone	Caliza Cristalina		
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Rudstone							

#### **4.4.3.2. Formación Aramachay (Jurásico inferior)**

La Formación Aramachay suprayace en concordancia a la Formación Chambará; las evidencias litológicas y texturales indican facies laminares en ambiente anóxico de aguas someras a evaporíticas y ha jugado un papel importante actuando como roca sello y actuando como fuente de material bituminoso.

Se caracteriza por presentar calizas tabulares en capas de 10 a 20 cm, de color gris oscuro a bituminoso con niveles margosos y pelíticos negros, presentan abundante material orgánico con presencia de fósiles que caracterizan a estos. Se considera como guía para poder determinar las Formaciones Chambará y Condorsinga. Las capas se presentan pobremente expuestas por la poca resistencia a la erosión, pero se muestra en gran amplitud formando topografías suaves y onduladas.

#### **4.4.3.3. Formación Condorsinga (Jurásico inferior)**

Es la unidad estratigráfica superior del Grupo Pucará, conforma una secuencia monótona de calizas de color gris a gris oscuro de granulometría generalmente fina, con intercalaciones de limoarcillita de color gris a gris verdusca.

La Formación Condorsinga representa los niveles superiores del Grupo Pucará y se caracteriza por presentar estratos con grosores variables y la alternancia aisladas de limoarcillitas con calizas. Representan una acumulación en plataforma externa que posiblemente llegó a facies de talud; dando lugar a la ocurrencia de "slumps" que se presentan en la Formación Condorsinga, evidencias alrededor de los restos arqueológicos de Makro - Chachapoyas (Sánchez, 1995).

El grosor de la secuencia alcanza localmente hasta 200 m. La composición de las rocas sugiere un ambiente de plataforma carbonatada externa y facies de talud.

La mineralización de óxidos de Zn de: Mina Grande, Mina Chica y Río Cristal al NNE del Proyecto Bongará están hospedadas por las rocas de esta formación como producto de oxidación de cuerpos mineralizados MVT.

#### **4.4.4. Formación Corontachaca (Jurásico medio a superior)**

Conformados por conglomerados calcáreos y brechas sedimentarias calcáreas las cuales suprayacen a la Formación Condorsinga en discordancia angular. La presencia de las rocas de esta formación estratigráfica es restringida en la zona del proyecto, afloran en las cumbres altas del paraje Santa Catalina cerca de Shipasbamba y en el Puente Corontachaca en el Río Utcubamba. Está relacionado al levantamiento y erosión intensa de las calizas del Grupo Pucará que dio lugar a la acumulación de depósitos de talud los cuales fueron cementados por sus propias disoluciones de carbonato de calcio; Sánchez (1995) "*deben haberse acumulado durante un levantamiento de los mismos ocurrido entre mediados y fines del Jurásico*"

#### **4.4.5. Formación Sarayaquillo (Jurásico superior)**

Está conformado por secuencias de lodolita, limolita, limoarcillita, areniscas rojas y niveles aislados de calcarenita denominados como Fm. Sarayaquillo. Las intercalaciones lenticulares de yeso y sal sugieren un ambiente somero tipo lacustrino; la potencia estimada de la unidad llega hasta 800 m. Sobreyacen a los conglomerados de la Formación Corontachaca en discordancia angular.

Afloran en las laderas media a bajas del área Santa Catalina y Pueblo Viejo al Sureste del proyecto y cercanos a Shipasbamba,

presentando topografías suaves debido a su menor resistencia a la erosión y concentrando fenómenos.

#### **4.4.6. Formación Goyllarisquizga (Cretáceo inferior)**

Fue definido por Wilson & Reyes (1964) en el Perú Central. Está conformado por una secuencia de areniscas de color gris claras a blanquecinas de grano fino a grueso con intercalaciones aisladas de limoarenitas; sobreyacen en discordancia angular a la Formación Sarayaquillo.

El grosor de la unidad puede alcanzar hasta 350 m. Debido a su alta resistencia a la erosión las rocas de esta unidad conforman topografías agrestes y escarpadas.

En la zona de Shipasbamba se presentan deleznable y es aprovechado como canteras artesanales de agregados (arena fina a gruesa) para la construcción civil.

#### **4.4.7. Formación Chonta (Cretáceo inferior)**

Esta unidad fue definida por Morán & Fyfe (1933), quienes describieron como una secuencia de 400 m de caliza de color gris clara a beige con intercalaciones de margas, arcillitas y areniscas; descritas en la Isla Chonta en el río Pachitea.

La litología de la Fm Chonta consiste de una intercalación de lodolitas, limolitas y caliza. La secuencia sedimentaria empieza con horizontes de limoarcillita en la base con transición a calizas gris clara; la secuencia continúa con horizontes de chert e intercalaciones de limoarcillitas bituminosas.

#### **4.4.8. Formación Chúlec (Cretáceo inferior)**

La Fm Chúlec fue descrita por Wilson (1984) y Reyes (1980), es la misma unidad estratigráfica descrita por Benavides (1956) como Fm Crisnejas.

Está conformada por calizas y margas de coloraciones grises a beige; ocurren en estratos delgados y paralelos que van de 5 a 30 cm con intercalaciones de estratos aislados de 60 a 80 cm de limoarcillitas.

Se reconoce por su coloración beige en superficie y por su menor resistencia a la erosión; afloran en las cercanías de Bagua Grande y hacia el Sur de Pedro Ruiz (Valle de Utcubamba).

#### **4.4.9. Formación Pulluicana (Cretáceo superior)**

Fue definido por Tafur (1950), en el valle de Cajamarca. Está conformada por calizas nodulares micríticas con intercalaciones de arcillita, con estratificación paralelas ondulantes y estratos que van de 40 a 60 cm.

En superficie presenta morfologías escarpadas debido a su resistencia a la erosión de las calizas finas en contraste a los niveles arcillosos. Aflora en valle de Utcubamba al Sur de Pedro Ruiz.

#### **4.4.10. Formación Quilquiñán (Cretáceo superior)**

Descritas por Wilson (1984) y Reyes (1980) en la cuenca de Cajamarca. Están conformados por calizas nodulares, margas y limoarcillitas de coloración beige a marrón claro; es reconocible por su relieve suave, debido a sus componentes limoarcillosas y margosas. Aflora en la margen derecha del río Magunchal en Bagua Grande; el grosor varía de 100 a 400 m, siendo mayor en la cuenca Bagua y Cajamarca.

#### **4.4.11. Formación Cajamarca (Cretáceo superior)**

Descritas por Benavides (1956) y Wilson (1984) en la cuenca de Cajamarca; están conformados por calizas micríticas de color gris pardo claro intercaladas por calizas arcillíticas con contenidos fosilíferos de gasterópodos ammonites y foraminíferos; se presenta en estratos que va de 50 cm a 1 m. En la cuenca Bagua la Fm Cajamarca no excede los 100m de grosor; en cambio al Oeste de Bolivar tiene 300 m (Sánchez, 1995). Aflora en la Qda. San Antonio flanco izquierdo del rio Utcubamba 7 km al Sureste de Bagua Grande.

#### **4.4.12. Formación Celendín (Cretáceo superior)**

Fue definida por Benavides (1956), está conformado por margas, limoarcillitas, calizas nodulares de coloraciones gris claras a beige, en estratos de 60 cm de grosor, alcanzando la secuencia 200 m en la cuenca de Bagua y en el Pongo de Rentena; en el sector occidental de Lonya Grande y Bolivar su grosor es alrededor de 100m (Sánchez, 1995).

### **4.5. Estratigrafía Local**

Para la elaboración de la estratigrafía Local se hicieron reconocimientos y mediciones de campo en la Quebrada Cañón Florida y quebradas tributarias de primer orden; además las observaciones y diagnóstico de los registros geológicos (logueos) de cores de 118 000 m de sondajes diamantinos realizados entre los años 1997 y 2013 (ver Fig. 13, 14 y 15).

COLUMNA ESTRATIGRAFICA LOCAL - PROYECTO CAÑÓN FLORIDA

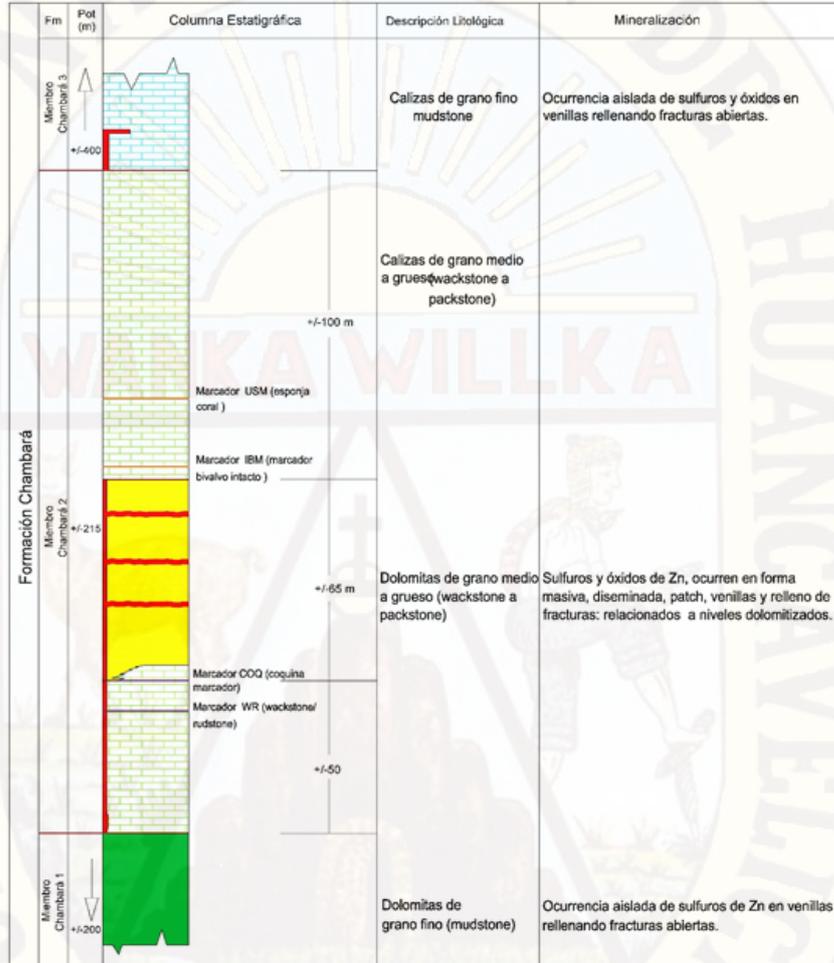


Figura 13. Columna estratigráfica local del Proyecto Cañón Florida

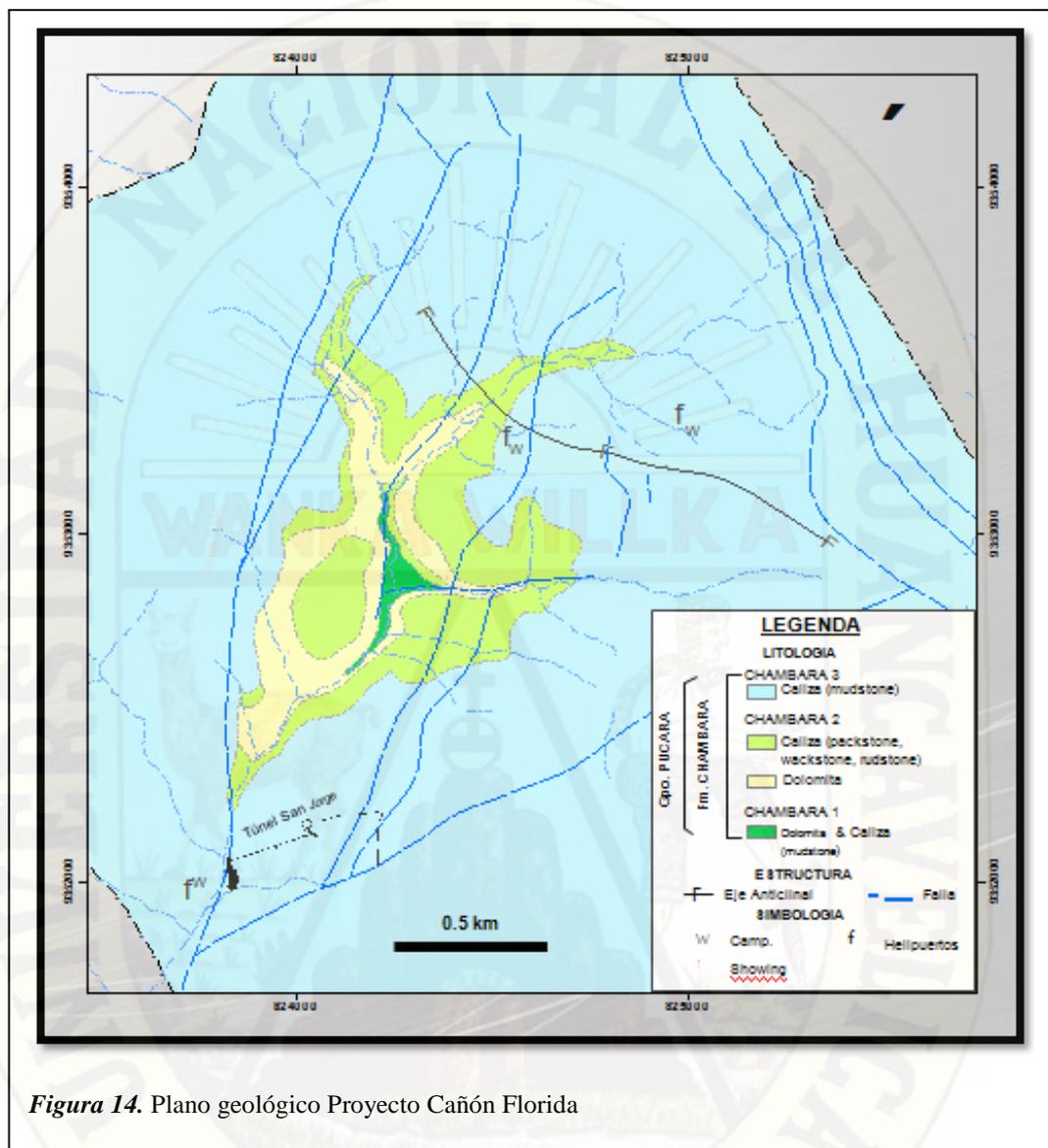


Figura 14. Plano geológico Proyecto Cañón Florida

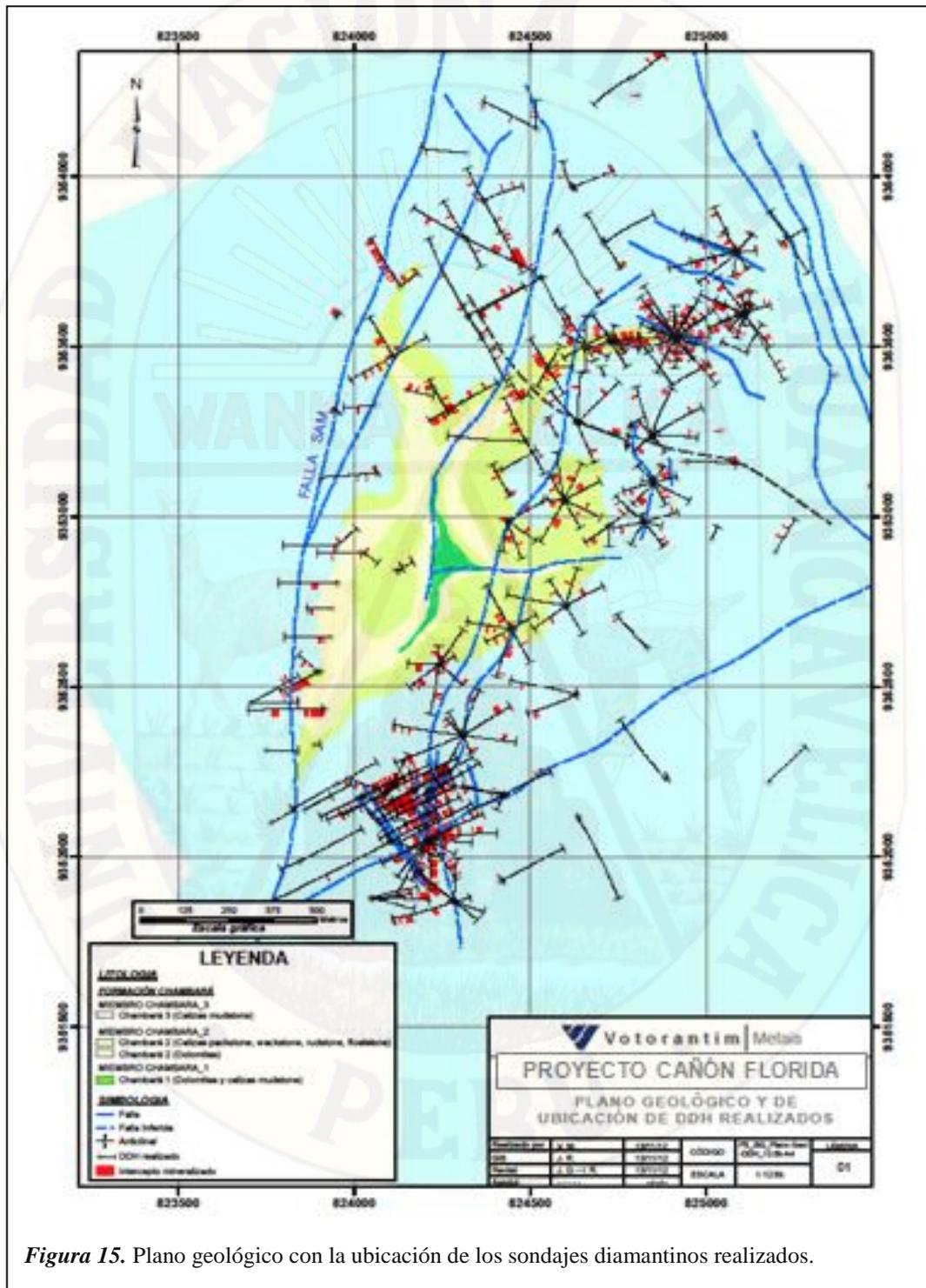
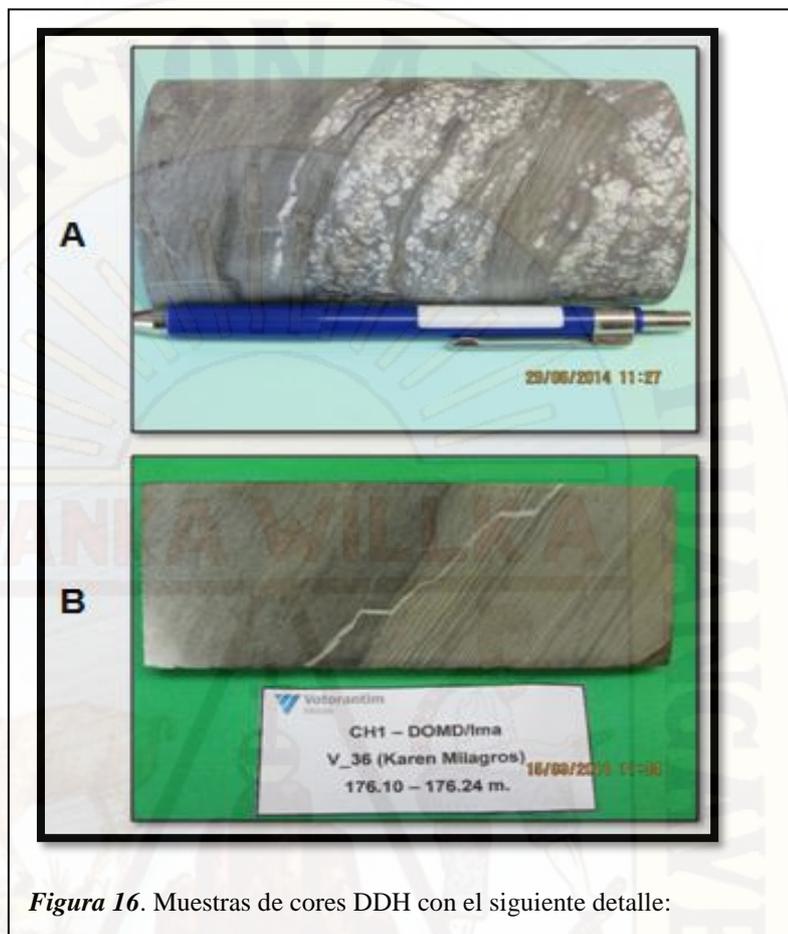


Figura 15. Plano geológico con la ubicación de los sondajes diamantinos realizados.

#### 4.5.1. Miembro Chambará 1

Compuesta por dolomitas mudstone y calizas mudstone de ambientes marginales de llanuras de marea; en ocasiones con contenidos fosilíferos de algas y con una estratificación laminar; identificados por informaciones de sondajes diamantinos, a veces presenta pseudomorfías de calcita reemplazando anhidrita y localmente karstificada en las proximidades de la Falla Sam. Es la parte inferior de la Formación Chambará y suprayace en discordancia subparalela al Grupo Mitu.

Con respecto al espesor de la unidad Chambará 1; cabe destacar que los sondajes profundos V-46 (750.50m), V-36 (320.55m) y V-37A (452.10m), cortaron potencias de 100 a 120 m. (ver Fig. 16).



*Figura 16.* Muestras de cores DDH con el siguiente detalle:

- a. Dolomita mudstone evaporítica, color gris claro, con pseudomorfos de dolomita blanquecina reemplazando a evaporitas en el Miembro Chambará 1
- b. Dolomita mudstone con laminación algal (Fm Chambará 1) de color gris claro, grano fino presenta cambios de litofacies texturales de laminación algal a planar cortados por una venilla de calcita.

#### 4.5.2. Miembro Chambará 2

Es la parte intermedia de la Formación Chambará; compuesta por carbonatos de alta energía de ambientes de barrera con presencia de desarrollos arrecifales locales, está conformado por calizas wackestone (Fig. 6), caliza packstone con contenido fosilífero (crinoides, algas, espongiarios, conchas etc.) con horizontes subordinados de calizas

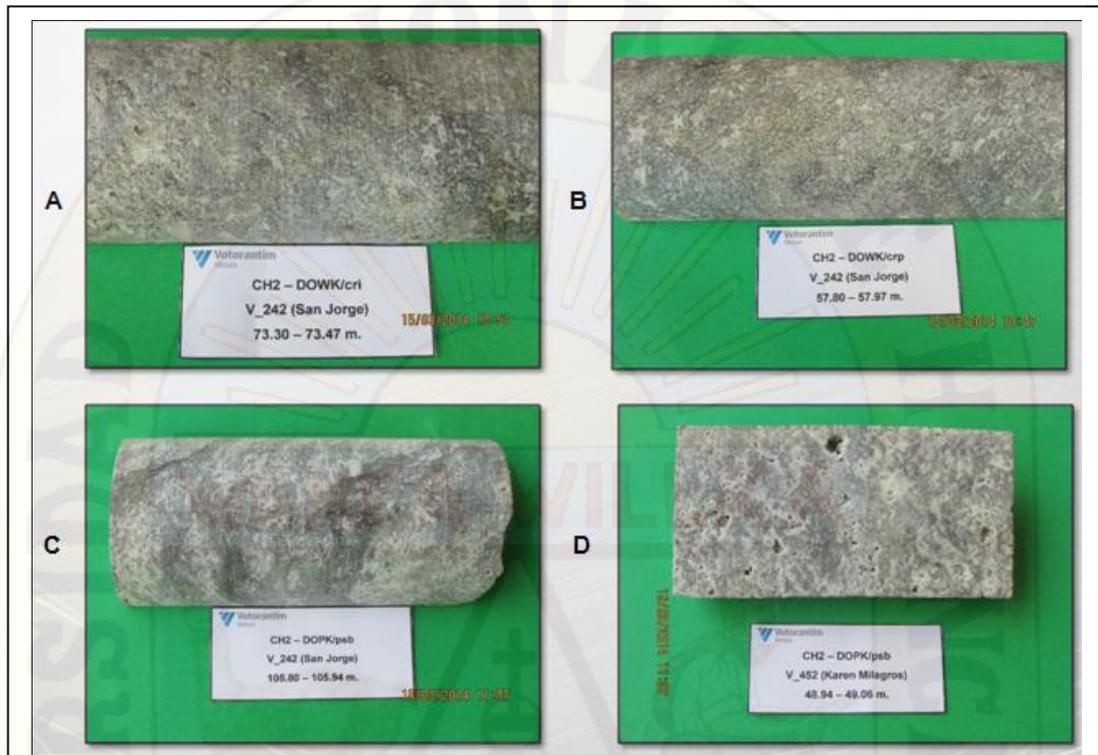
mudstone y otro nivel permeable conformado generalmente por dolomita packstone, dolomita wackestone, dolomita rudstone, pseudobrecha packstone evaporítica, brecha evaporítica con clastos homolítica y heterolítica, dedolomitas packstone.

Los niveles dolomitizados son los que hospedan la mineralización MVT de Zn y Pb en sulfuros, mixtos y óxidos.

Los sondajes diamantinos han cortado potencias de 80 m a 230 m en la parte central del proyecto (Fig. 17 y 18).



**Figura 17.** Caliza wackestone color gris claro, grano medio con abundantes pellets de grano soportado en matriz bituminosa y venilla de calcita en el miembro Chambará 2.



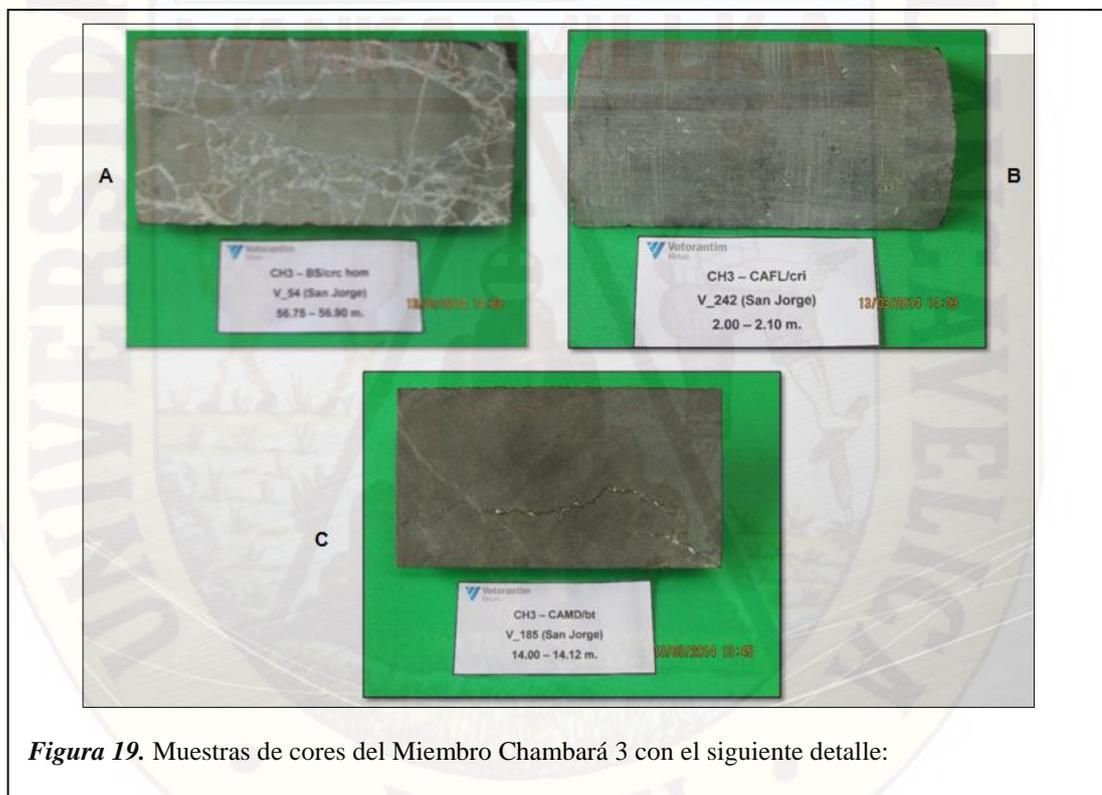
**Figura 18.** Muestras de cores que muestran detalles de dolomita wackestone y packstone en el Miembro Chambará 2.

- a. Dolomita wackestone color gris claro gradado a un gris oscuro, grano medio, con abundantes crinoideos y estilolitas bituminosas.
- b. Dolomita wackestone color gris claro, grano medio, presenta abundantes crinoideos en forma de estrellas y pellets circulares (puntos) de grano soportados
- c. Dolomita packstone de color gris blanquecino, grano grueso con moderado pseudobrechamiento y esporádicas estilolitas bituminosas con ocasionales cristales de dolomita.
- d. Dolomita packstone color gris blanquecino, grano grueso con fuerte pseudobrechamiento y oquedades con cristales de dolomita.

### 4.5.3. Miembro Chambará 3

Es el nivel superior de la Formación Chambará; está compuesto por calizas mudstone chérticas, calizas bituminosas gris oscuras, turbiditas distales con estratigrafía gradada y hacia el tope niveles de turbiditas y calizas concrecionales y nodulares de color gris oscuro.

Los sondajes diamantinos han cortado potencias en promedio de 310 m y hacia el sector Noreste del proyecto ligeramente sobrepasan los 500 m (Fig. 19).

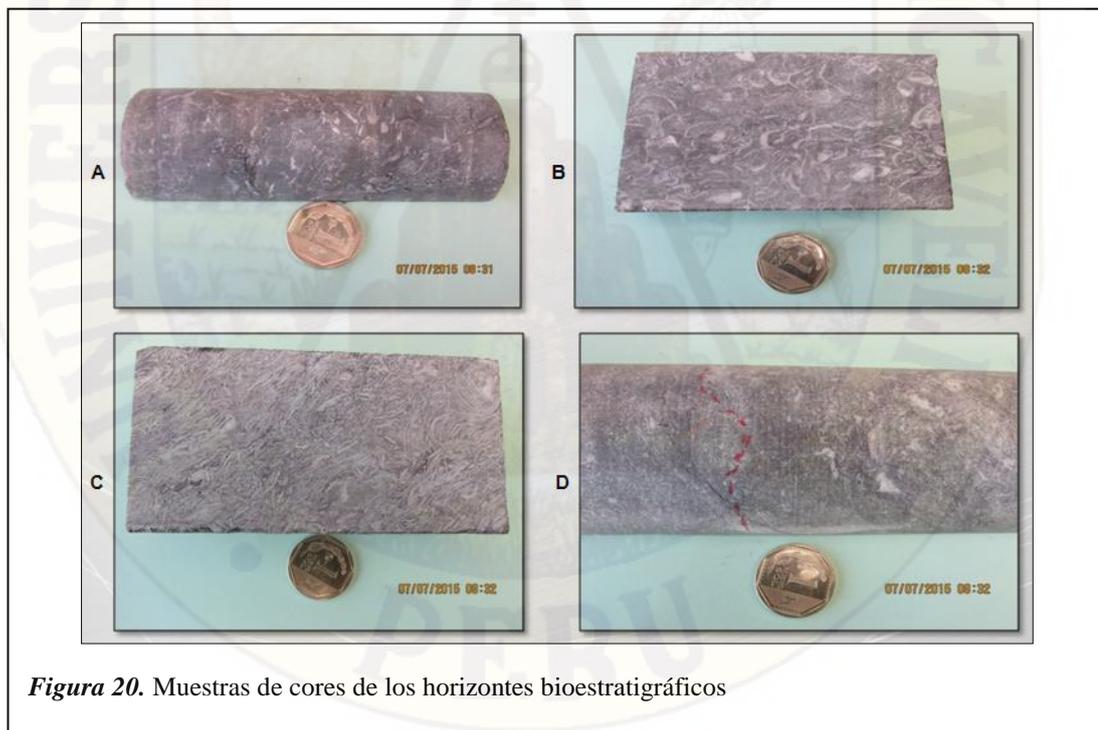


- Brecha craquelada homolítica de color gris clara con fragmentos soportados por caliza mudstone, presenta fuerte fracturamiento, donde la calcita rellena las fracturas (espacios abiertos).
- Caliza floastone de color gris oscuro, grano fino presencia de esporádicos crinoides emplazados en matriz bituminosa con estilolitas rellenas por sedimentos bituminoso.
- Caliza mudstone bituminoso de color gris oscuro, grano fino con presencia de esporádicas venillas milimétricas rellenas de calcita y estilolitos con bitumen.

#### 4.6. Marcadores Bioestratigráficos en la Formación Chambará como Guías para la Exploración Mineral

La unidad Chambará 2 está conformada por una secuencia de rocas carbonatadas; originadas en un ambiente sedimentario de alta energía, en barreras con desarrollo de arrecifes locales; representados por rocas calcáreas packstone, rudstone, floatstone y wackestone.

Por observaciones de sondajes diamantinos; esta unidad contiene horizontes bioestratigráficos marcadores de continuidad distrital y local, en el área del Proyecto Cañón Florida han sido denominados: Marcadores Esponja – Coral Superior (USM); Marcador Bivalvo Intacto (IBM), también reconocida en el túnel San Jorge; Coquina Marcador (COQ) y Marcador Wackestone - Rudstone (WRM) tal como se detalla a continuación (Fig. 20).



**Figura 20.** Muestras de cores de los horizontes bioestratigráficos

- Caliza floatstone-rudstone **esponja de coral superior (USM)**, marcador biostratigráfico con pocos fósiles de esponja de coral.
- Caliza rudstone **bivalvo marcador intacto (IBM)** marcador biostratigráfico, caracterizado por presentar abundantes valvas intactas de diámetro de 1 a 2 cm.
- Caliza rudstone **coquina marcador (COQ)**, marcador biostratigráfico caracterizado por presentar conchas imbricadas.
- Dolomita wackestone rudstone (WRM)**, marcador biostratigráfico con nivel de wackestone de 1 a 2 m de espesor y en contacto con un nivel de rudstone de 3 a 6 m de espesor.

#### **4.6.1. Marcador Esponja Coral Superior (USM)**

Se localiza en la parte superior de la unidad Chambará 2, corresponde a un floatstone-rudstone con pocos fósiles de esponja-coral; tiene un espesor de 1 a 2 m. Ocurre aproximadamente a 40 m debajo del contacto de la unidad Chambará 3 con la unidad Chambará 2 y de 20-25 metros por encima del IBM; presenta discontinuidades frecuentes y es de alcance local.

#### **4.6.2. Marcador Bivalvo Intacto (IBM)**

Se localiza en la parte superior de la unidad Chambará 2; tiene un espesor de 3 a 6 metros; consisten de abundantes conchas de bivalvos intactas de 1 a 2 cm, las conchas son de tamaño uniforme con muy pocos crinoideos. A menudo es pseudobrechado y ocasionalmente mineralizado; lo más conspicuo de este marcador es que presenta valvas intactas, uniformes y redondeadas. Presenta cierta continuidad pero a veces se encuentra mineralizado haciendo difícil su identificación.

#### **4.6.3. Coquina Marcador (COQ)**

Se localiza en la parte inferior de la unidad Chambará 2; tiene un espesor de 1,10 a 1,20 m; consisten de conchas delgadas de bivalvos compactados e imbricados; presenta cierta continuidad y de fácil reconocimiento por las características conspicuas de sus bivalvos aplastados. Contiene muy poco o nada de crinoideos.

#### **4.6.4. Marcador Wackestone-Rudstone (WRM)**

Ocurre en la parte inferior del Chambará 2 se trata de un nivel de wackestone (1-2 metros de espesor) de matriz negra con huesos de crinoideos en forma de estrella en contacto con caliza rudstone (3 a 6 metros de espesor) con grandes y gruesas conchas intactas. Ocurre

usualmente a 25 metros aproximadamente por debajo del marcador COQ y ocurre con cierta discontinuidad.

#### **4.7. Contexto Estructural**

El área del proyecto Cañón Florida está afectada por estructuras que han influido en el desarrollo de la morfología actual, y en épocas geológicas pasadas probablemente algunas controlaron la sedimentación y/o deformación de las secuencias sedimentarias, especialmente las rocas mesozoicas que constituyen el substrato deformable, que suprayace al basamento paleozoico y metamórfico.

Regionalmente el área del Proyecto Cañón Florida se circunscribe en el bloque estructural de la Cordillera El Tigre (Sánchez, 1995); la cual se localiza entre la parte inferior del río Utcubamba y el curso medio e inferior del río Chiriaco. Queda limitado por el Sur desde Santa Catalina (Lonya Grande) y por el Norte se extiende pasando por la parte oriental de la hoja de Bagua Grande hasta la hoja de Aramango

Hacia el Oeste está limitado por la Falla Alto Amazonas - El Ron - Aserradero, que constituye el límite oriental del pliegue sinclinal de Bagua. En el Este, su límite es la Falla Luya - Shipasbamba; que pone en contacto rocas paleozoicas y mesozoicas, de una secuencia netamente mesozoica, que se encuentra hacia el oriente. Los fallamientos son verticales con cinemática normal; aunque, aquellas que se encuentran en los límites parecen ser inversas y transcurrentes (Fig. 21).



### **Falla Utcubamba**

Tiene una orientación de N55°W y se extiende de El Salado hasta Bagua Grande con una longitud de 20 km; la cinemática es de falla normal que pone en contacto la Fm Celendín con la Formación Chota.

### **Falla Alto Amazonas - El Ron - Aserradero**

Falla inversa, con buzamiento y orientación variable, se extiende desde Lonya Grande hasta Alto Amazonas, pasando por Aserradero (Bagua Grande) su orientación en la parte Sur es de N40°W, cambia a N-S y luego a N20°E, pasa posteriormente a optar por una orientación N45°W. Pone en contacto a rocas del Grupo Goyllarisquizga con la formación Celendín.

### **Falla Cangasa**

Tiene una orientación de N45° a 35° W y se extiende en más de 50 km desde el borde meridional de la hoja de Aramango hasta interceptar a la Falla Sam es una falla de cinemática inversa que pone en contacto al Grupo Mitu con el Grupo Pucará.

### **Falla Alto Shipasbamba**

Falla de alto ángulo, tiene una orientación N50°W con cinemática sinistral-inversa, se extiende desde Chachapoyas pasando por Shipasbamba; afecta al Grupo Pucará y pone en contacto el Grupo Mitu con el Grupo Pucará.

### **Falla Luya-Shipasbamba**

En la hoja de Bagua Grande sigue un rumbo N40° W, buzamiento 70° SW, alcanzando una longitud que sobrepasa los 75 km; su característica principal, es el levantamiento de la parte occidental y el

descenso de rocas cretáceas que constituyen el bloque oriental. Delimita los altos estructurales al Norte de Santa Catalina (Lonya grande) definiendo el bloque de la Cordillera de El Tigre al Norte de Shipasbamba.

### **Falla El Hebrón**

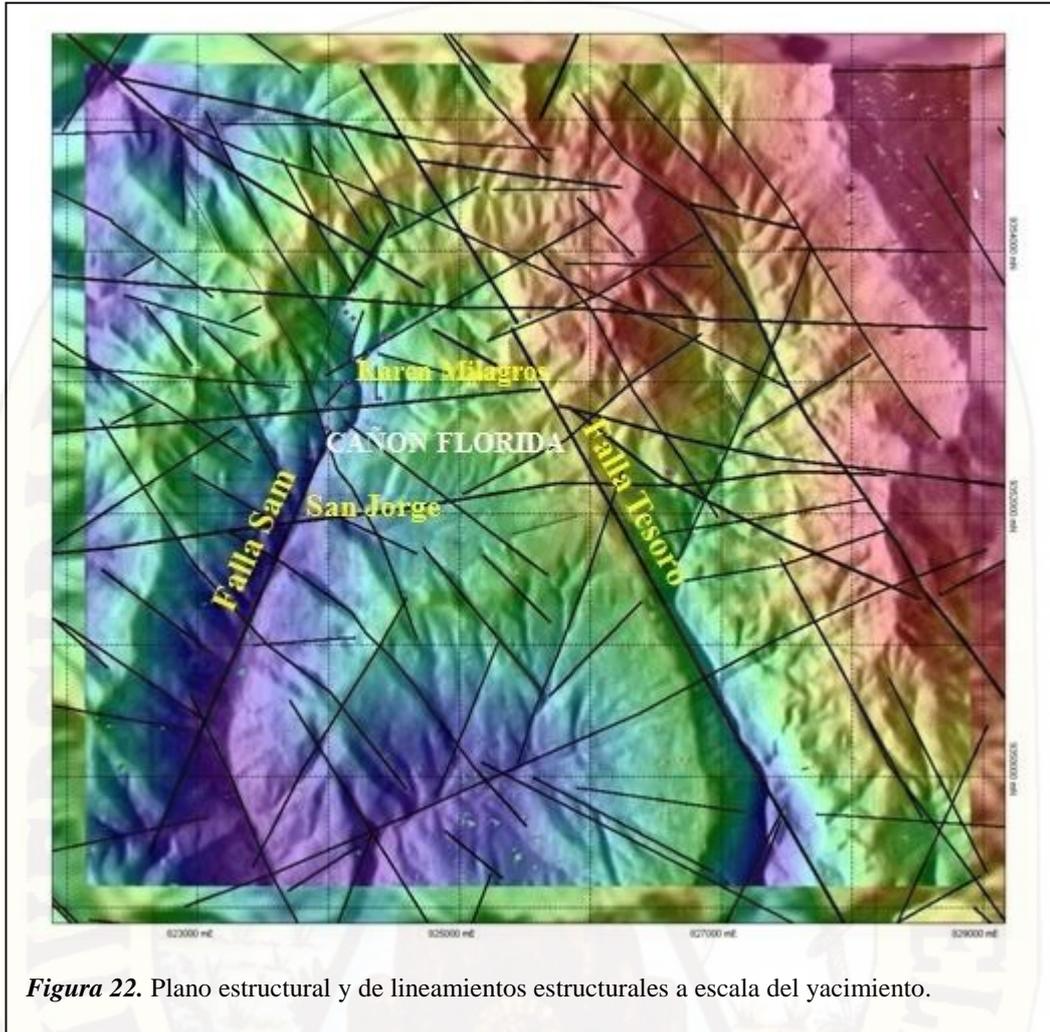
Es una falla de orientación N50°E con cinemática normal - sinistral; se extiende desde la quebrada El Ron hasta el extremo de la Hoja de Bagua. Afecta al Grupo Pucará y al Grupo Goyllarisquizga - Oriente.

### **Falla Sam**

Es una importante falla ya que controla la mineralización en el borde occidental del depósito Cañón Florida y parte de las fallas menores del sistema Falla Sam actuaron como feders locales. Tiene una orientación N-S a N20°E con buzamiento de 50° a 60° al SW; tiene una longitud de 14 km y se extiende desde el Río Utcubamba al SSW hasta la intersección con la Falla Alto Shipasbamba al NE. Afecta al Grupo Mítu y al Grupo Pucará (ver Fig. 22).

### **Falla El Tesoro**

Es una falla importante se extiende desde el río Utcubamba y se intersecta con la Falla Sam. Tiene una orientación N20° - 30°W con un buz. 50° a 60° NE es de cinemática normal (ver Fig. 22); el Depósito MVT Cañón Florida se circunscribe entre las Fallas Sam y El Tesoro.



**Figura 22.** Plano estructural y de lineamientos estructurales a escala del yacimiento.

#### **4.7.2. Plegamientos**

##### **Anticlinal Karen Milagros**

El eje del anticlinal se localiza en el sector Karen Milagros en el Proyecto Cañón Florida y tiene una orientación general NW-SE con buzamientos suaves ( $15^\circ$  a  $20^\circ$  NE y SW) con una longitud del eje que va de 2 a 3 km. Afecta a la Formación Chambará.

### **Anticlinal Cangasa**

El eje anticlinal controla la quebrada del mismo nombre con una orientación N30°W y una longitud de 8km truncándose hacia el NW con la Falla Cangasa. Afecta a la Formación Aramachay.

### **Sistemas de Anticlinales y sinclinal de Copain Alto**

Presentan una orientación N30° a 35° W con una longitud de 10km aprox. afectan rocas de las Formaciones Chambará y Aramachay con buzamientos en sus flancos de suave a moderados (15° a 30° al NE y SW)

## **4.8. Caracterización Estructural y Textural de la Litología del Depósito**

Gran parte de la litología de la Unidad Chambará 2 se encuentra dolomitizado (grano medio a grueso), presentando estructuras y texturas favorables a la mineralización tales como: brechas tectónicas evaporíticas; brechas evaporíticas de colapso, craquelamiento, brechas en mosaico, pseudobrechas evaporíticas, dolomitas con porosidad secundaria donde las cavidades de disolución están rellenas por dolomita cristalizados y/o sulfuros de Zn-Pb.

La mayor parte de la mineralización MVT se circunscribe en la unidad Chambará 2 entre los marcadores bioestratigráficos Bivalvo Intacto (IBM) y Coquina Marcador (COQ) y los niveles de pseudobrechas evaporíticas y las brechas con tectónica evaporítica albergan los volúmenes importantes de minerales de Zn-Pb (Ag) en Cañón Florida.

Las estructuras-texturas más significativas en cañón Florida son los siguientes:

#### 4.8.1. Brecha Craquelada

Transición entre fracturamiento fuerte y brecha con clastos disturbados donde la calcita o dolomita rellenan fracturas relucientes en la roca (Fig. 23).



*Figura 23.* Brecha craquelada homolítica (San Jorge) de color gris clara con fragmentos soportados por caliza mudstone, presenta fuerte fracturamiento y brecha con clastos donde la calcita rellena las fracturas (espacios abiertos).

#### 4.8.2. Brecha Mosaico

Los clastos presentan muy poca rotación, la brecha es soportado por clastos sobre la matriz; está relacionado a zonas con fracturamiento. Presentan clastos de dolomita mudstone con poca rotación, la brecha es soportada por clastos sobre la matriz de calcita cortadas por venillas de calcita (Fig. 24).



#### 4.8.3. Brecha de Colapso Homolítica

Son brechas con clastos rotados de un solo tipo de roca indicando un grado de colapso menor; se encuentran en zonas fracturadas o derrumbes de cierto nivel estratigráfico; causado por procesos kársticos. Los clastos pueden ser angulosos a subangulosos y la matriz está conformado mayormente por las mismas rocas pero de menor tamaño que los clastos y hay presencia también de matriz dolomítica de reemplazamiento a evaporitas (yeso) es evidente en la zona de Karen - Milagros.

Color gris clara con fragmentos soportados por caliza mudstone, presenta fuerte fracturamiento y brecha con clastos donde la calcita rellena las fracturas (espacios abiertos) (Fig. 25).



Figura 25. Brecha de colapso homolítico con fragmentos de caliza mudstone gris clara, de geometría subangulosa y matriz de roca molida

#### 4.8.4. Brecha de Colapso Heterolítica

Son brechas con clastos rotados de más de un tipo de roca, indicando un grado de colapso mayor; se encuentran en zonas de fallas o colapso de algunas capas de rocas por procesos kársticos; los clastos pueden ser angulosos a subredondeados y la matriz está conformado mayormente por las mismas rocas pero de menor tamaño que los clastos y hay presencia también de matriz dolomítica de reemplazamiento a evaporitas (yeso) es evidente en la zona de San Jorge (Fig.26).



**Figura 26.** Brecha de colapso heterolítica con fragmentos de caliza packstone gris clara y gris oscuro de geometría subangulosa y matriz de dolomita y roca molida

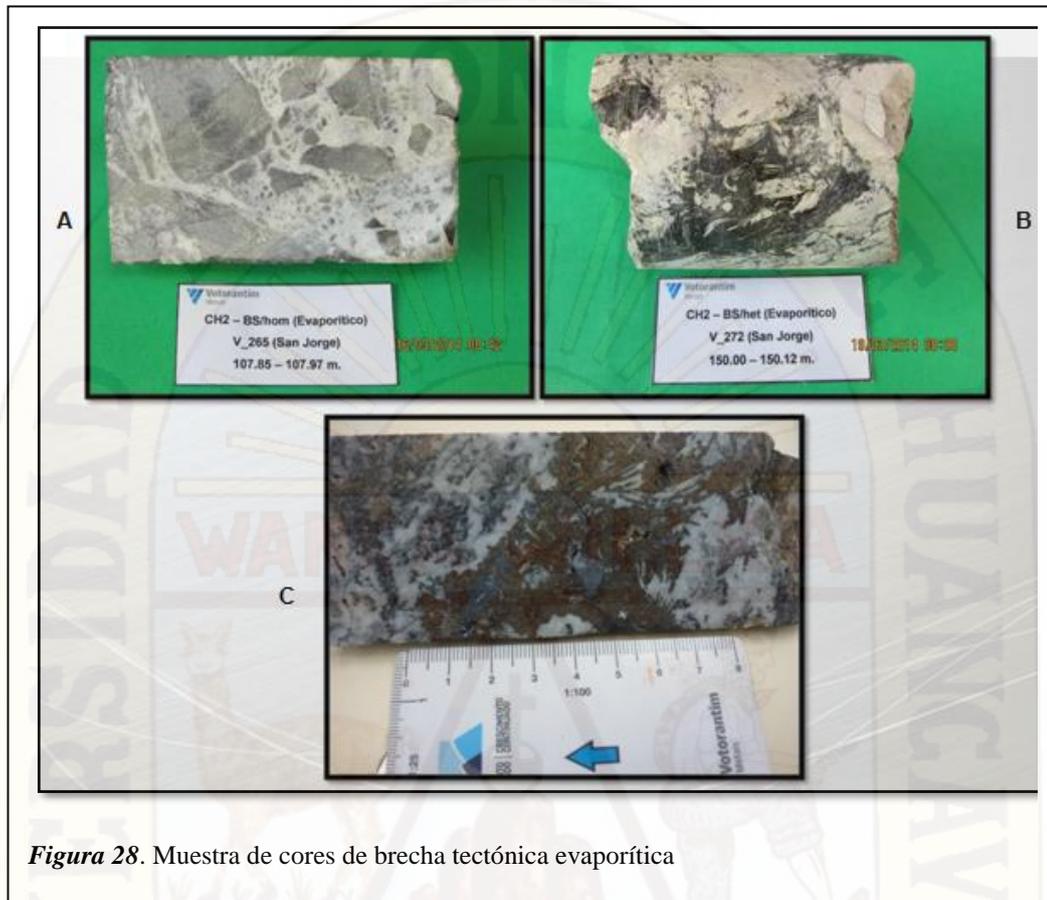
#### 4.8.5. Pseudobrecha

Se presentan en rocas dolomitizadas con características brechoides, esporádicamente “tipo cebra”, donde la ocurrencia de “clastos” oscuros dentro de una matriz blanca corresponden a una textura de reemplazamiento de evaporitas por dolomita; los “clastos” de dolomita de color oscuro rodeada de dolomita de grano grueso (cristalino) y color claro, se formaron dentro de horizontes permeables, donde la circulación de fluidos, causó una recristalización más gruesa; la alta permeabilidad se relaciona a granulometría gruesa (packstone, rudstone) (Fig. 27).



#### 4.8.6. Brecha Tectónica Evaporítica

Brechas con clastos angulosos a subangulosos de composición dolomítica packstone (gris claro) y la matriz corresponde a dolomita blanca que reemplazó a evaporitas; siendo característico de la matriz la presencia de texturas de flujo y/o bandeamiento generalmente relacionado a zonas de falla y/o zonas de colapso que afectaron los estratos (Fig. 28).



- Brecha tectónica homolítica evaporítica no mineralizada; clastos de dolomita packstone color gris claro y matriz de dolomita blanquecino posible reemplazo de yeso.
- Brecha tectónica heterolítica evaporítica no mineralizada rica en bitumen: se nota formas cristalinas de yeso reemplazado por dolomita (pseudomorfía) - *sondaje V-272 box 52*
- Brecha tectónica evaporítica Con fragmentos de dolomita packstone angulosos a subangulosos en matriz de esfalerita y dolomita con texturas de flujo reemplazando a las evaporitas (anhidrita) – V-360 Box 51 p 158.00 m.

#### 4.8.7. Porosidad Primaria

La textura con porosidad primaria se presenta en dolomitas de granulometría gruesa circunscritas en ciertos niveles de la Unidad Chambará 2; estos niveles se habrían formado en ambientes carbonatados de alta energía; y la alta salinidad del agua de mar rica en magnesio, generaron los niveles dolomitizados; mientras la porosidad primaria en dolomitas de granulometría fina con laminaciones algáceas, calcita





**Figura 30.** Dolomita packstone pseudobrecha color beige, grano grueso, mostrando porosidad secundaria por presencia de oquedades por disolución en condiciones hidrotermales ascendentes.



**Figura 31.** Dolomita packstone pseudobrecha color gris claro, grano grueso, mostrando porosidad secundaria por presencia de oquedades por disolución en condiciones hidrotermales ascendentes.



**Figura 32.** Dolomita Packstone mostrando porosidad secundaria por presencia de cavidades por disolución en condiciones hidrotermales ascendentes, hay desarrollo de cristales de dolomita en las oquedades



**Figura 33.** Caliza packstone color gris claro, grano grueso presenta cavidades kársticas por disolución en condiciones hidrotermales ascendentes.

## **4.9. Alteración y Mineralización**

### **4.9.1. Alteración**

#### **Dolomitización**

La dolomitización es la alteración característica en Cañón Florida; es el resultado del reemplazamiento hidrotermal de la caliza bajo la acción de una salmuera de Mg caliente (indicados por la distribución de dolomitas hidrotermales en zonas cercanas a fallas y/o fedders).

Las dolomitas en el Miembro Chambará 2 son de grano medio a grano grueso (cristalinas), con textura pseudobrecha; estos niveles dolomitizados están asociados a menudo a mineralización de Zn-Pb y Fe. Las dolomitas del Chambará 1 son de grano fino, muestran laminaciones algáceas, calcita relleno de nódulos de yeso lo que indica que se trata de dolomitas primarias de ambiente sabkha.

#### **Dedolomitización**

La dedolomitización consiste en el pasaje desde dolomita a calcita o calcitización.

Este proceso de neomorfismo suele ser retentivo, preservándose los cristales con forma rómbica de la dolomita que ha sido reemplazada por calcita.

La dedolomitización también puede producirse por circulación de aguas con fuerte nivel de oxidación.

### **4.9.2. Mineralización**

La mineralización está asociada a los niveles dolomitizados hidrotermales, reflejados en zonas con facies de alta energía caracterizadas por la alta porosidad y permeabilidad de las rocas carbonatadas packstone, wackestone y rudstone de la unidad Chambará 2.

La mineralización consiste de esfalerita, galena, pirita de grano fino, marcasita, calcita-estilolitos, dolomita y una generación tardía menor de calcita esparítica; la mineralización se encuentra ligada y/o confinada a niveles estratigráficos favorables, presentándose como reemplazamiento: diseminado, masivo, semi-masivo, patch y filones relacionados a controles litológicos, estratigráficos y estructurales falladas con brechas tectónicas y de colapso.

En gran parte la esfalerita rellena y reemplaza también cavidades de disolución, espacios en brechas de colapso o mosaico y parcialmente fragmentos de los mismos con hábitos coloformes en los que se distingue bandeamientos concéntricos difusos; dichas evidencias indican que hubieron 2 o más fases de precipitación mineral. La presencia de óxidos de zinc a profundidades considerables, sería debido a la oxidación por el aporte de aguas meteóricas descendentes.

La mineralización diseminada es de baja ley (<4% Zn) y consiste de esfalerita de grano fino a grueso y patch de galena, que se relacionan mayormente con el relleno-reemplazo de las porosidades de las dolomitas packstone, de granulometría mediana a gruesa, muy uniforme y generalmente distales a los alimentadores principales (feeders).

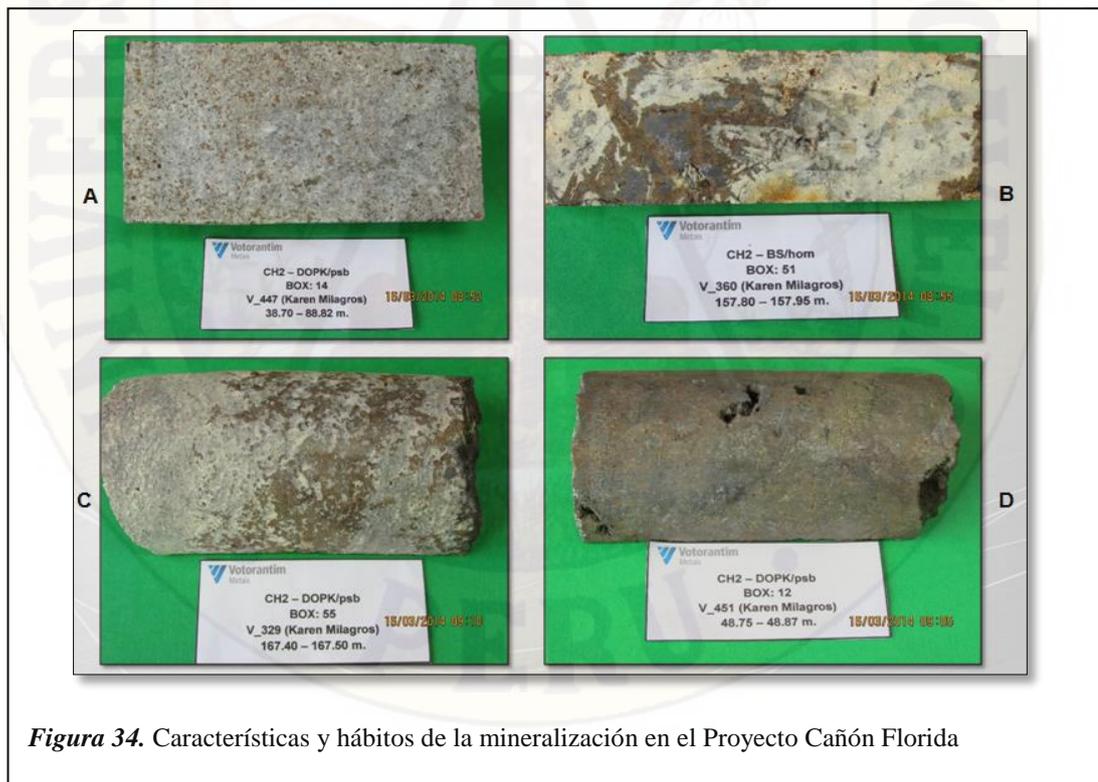
La mineralización conformada por esfalerita con hábitos diseminados densos, que localmente gradan hasta reemplazamiento masivo, pueden contener mineral de moderada a alta ley (4 a 40% Zn).

El corredor Falla Sam está asociado a un sistema de fallas de orientación sub-meridiana (NNE-SSW). Se registran zonas mineralizadas en el 90% de sondajes diamantinos ejecutados, la mineralización se presenta como diseminaciones de baja ley en zonas de solución con espesores considerables hasta zonas de reemplazamiento parcial, semi-masivo o masivo con leyes y espesores significativos.

En el Sector de Karen-Milagros, los intervalos estratigráficos referenciados por los marcadores bioestratigráficos: Bivalvo Intacto

Marcador (IBM) y Coquina Marcador (CQM) se hallan dolomitizados asociados a pseudobrechas; en este sector la mineralización ocurre en geometría de mantos estratoligados prismáticos, con mineralización masiva y diseminada. El sistema Karen Milagros muestra una estrecha relación genética, estructural y de proximidad con los sistemas de fallas (feeders) más espaciadas.

En el Sector de San Jorge la mineralización significativa en ley y espesor están controlados por estructuras tectónicas en zonas de brechas de colapso y también en mantos relacionados a los niveles dolomitizados y cercanos a feeders que sirvieron de conductos o canales de circulación de la mineralización (ver Fig. 34).



- Mineralización de esfalerita diseminada en roca porosa con fuerte pseudobrechmatización
- Mineralización significativa de esfalerita con patch de galena en brecha evaporítica tectónica, posible reemplazo directo de evaporita
- Mineralización significativa de zinc en dolomita packstone pseudobrecha porosa; podría tener componentes de brecha evaporítica de inyección.
- Mineralización masiva de esfalerita reemplazando dolomita packstone en pseudobrecha porosa.

#### 4.10. Minerografía y Análisis Mineralógico con Microscopio Óptico, Difractometría de Rayos X y Microscopio Electrónico

Se estudiaron 5 muestras de cores del Proyecto Cañón Florida procedentes de los sectores Karen Milagros, San Jorge y Falla Sam. Para lo cual se estudiaron al microscopio óptico mediante briquetas pulidas para estudios mineragráficos (luz reflejada), seguida de análisis mineralógico por difracción de rayos X y estudios de microscopía electrónica de barrido.

En el estudio mineragráfico se identificaron los minerales metálicos presentes, tamaños, asociaciones mineralógicas, porcentajes, texturas, la secuencia de formación mineral, así como otras informaciones de interés geológico para la interpretación del depósito.

Los análisis mineralógicos semi-cuantificados por difracción de rayos X sirvieron para determinar los minerales presentes con un límite de detección (L.D.) de 1,0% en promedio. *Para ello se utilizó el equipo: D4 ENDEAVOR BRUKER, con tubo Cu (40kv, 40mA); K Alfa 1: 1.54060 Å; K Alfa 2: 1.54439 Å; Filtro: K Beta: Ni; Detector: Lynx Eye; Rango de medida desde  $2_\theta = 5^\circ$  hasta  $2_\theta = 70^\circ$ ; Identificación: Base de datos del Centro Internacional de Datos para Difracción (ICDD); Cuantificación: Método Refinamiento Rietveld (TOPAS Structure Database y Fiz Karlsruhe ICSD).*

En el estudio de microscopía electrónica se investigaron e identificaron especies minerales que no pudieron ser reconocidos al microscopio óptico; minerales presentes en granos submicroscópicos o estén formando solución sólida con minerales mayoritarios.

Se determinaron el porcentaje de hierro, cadmio, indio, galio, etc, que presenta la esfalerita. También se determinaron los sulfosales de plomo, que están presentes como inclusiones y/o diseminados dentro de la galena.

#### **4.10.1. Estudio Microscópico Sector San Jorge-Cañón Florida**

##### **4.10.1.1. Descripción Microscópica y Fotomicrográfico de las Muestras V-245 (75.80) y V-220 (463.40)**

###### **Descripción Microscópica de la Muestra V-245 (75.80)**

El sulfuro más abundante es la esfalerita la cual se muestra en dos posibles eventos mineralógicos. La primera (ef I) con 5% se muestra con formas irregulares y como playas con tamaños centimétricos. Reemplaza a la pirita I diseminaciones relícticos con tamaños que varían entre 0,5 mm y 0,005 mm en su interior. Mientras que la esfalerita II (ef II) con 15% se muestra reemplazando a la esfalerita I y galena.

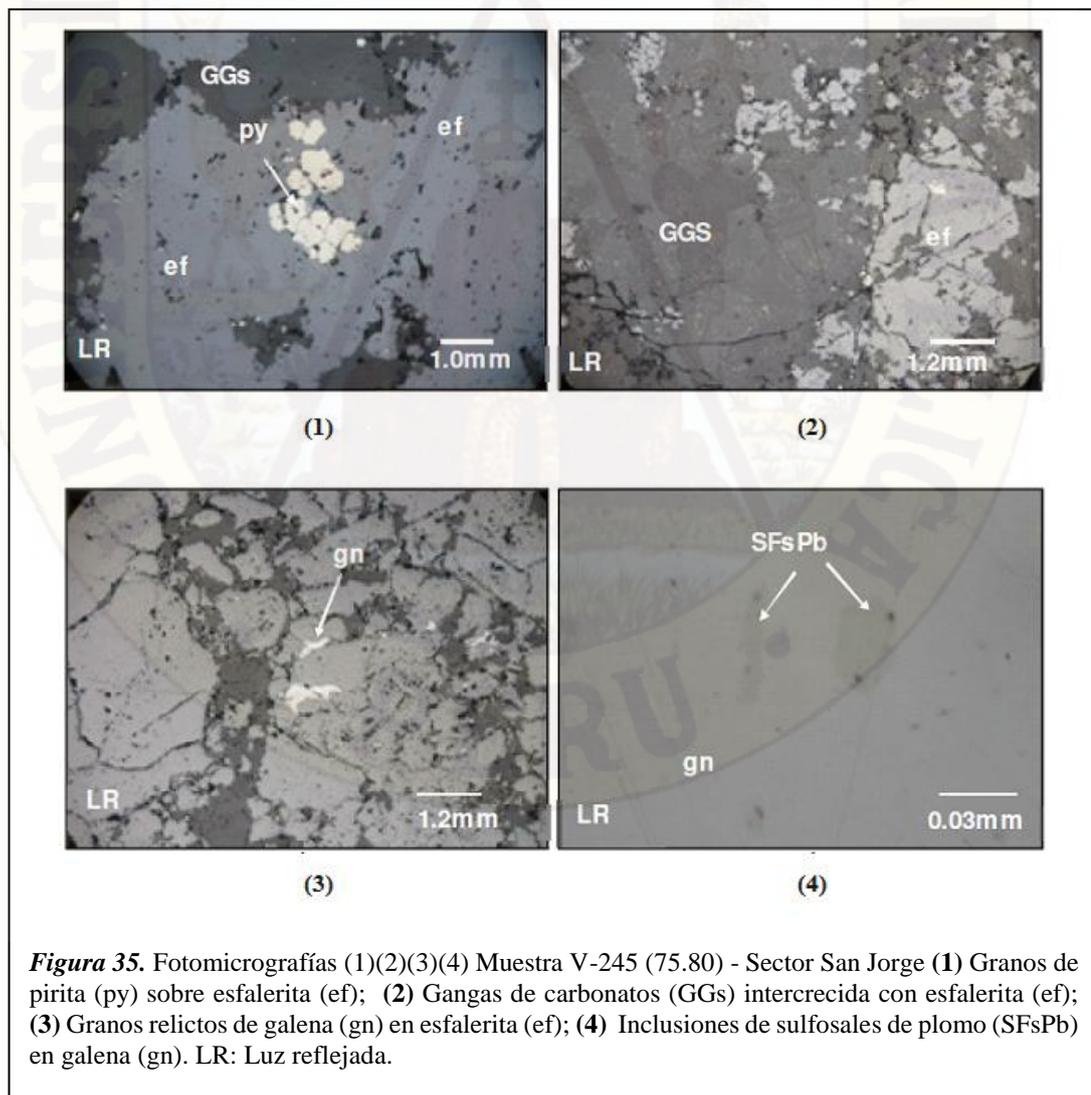
La pirita (2%) ocurre como cristales anhedrales con hábitos cúbicos, agregados granulares finos con tamaños menores a 0,7 mm. Se encuentra relleno de cavidades y fracturas por toda la muestra; también se aprecian como diseminaciones en algunos granos de esfalerita.

La galena (1%) ocurren como cristales subhedrales con formas irregulares y como playas con tamaños milimétricos. Rellena cavidades por toda la muestra. Está reemplazada por esfalerita y escasamente por sulfosales de plomo a través de cavidades e inclusiones (ver Fig. 35 y Tabla 5).

Presenta una textura de reemplazamiento, terrosa y diseminada.

**Tabla 5.** Posible secuencia paragenética - Muestra V-245 (75.80) - Sector San Jorge - Proyecto Cañón Florida

Muestra V-245 (75.80)- Sector San Jorge – Proyecto Cañón Florida						
Mineral	Secuencia Paragenética					
	1°	2°	3°	4°	5°	6°
Sulfosales de Plomo						
Marcasita						
Esfalerita II						
Galena						
Esfalerita I						
Pirita						



### **Descripción Microscópica Muestra V-220 (463.40)**

El sulfuro más abundante en la muestra es la esfalerita (30%) la cual se aprecia como playas con tamaños milimétricos a centimétricos. Se observa relleno de numerosas cavidades y fracturas por toda la muestra. Algunos granos con fina disseminación de pirita.

La pirita (10%) ocurre como cristales subhedrales y anhedrales con hábitos cúbicos y agregados granulares con tamaños menores a 1,5 mm. Se encuentra relleno de cavidades y fracturas por toda la muestra. Está reemplazada por esfalerita y marcasita.

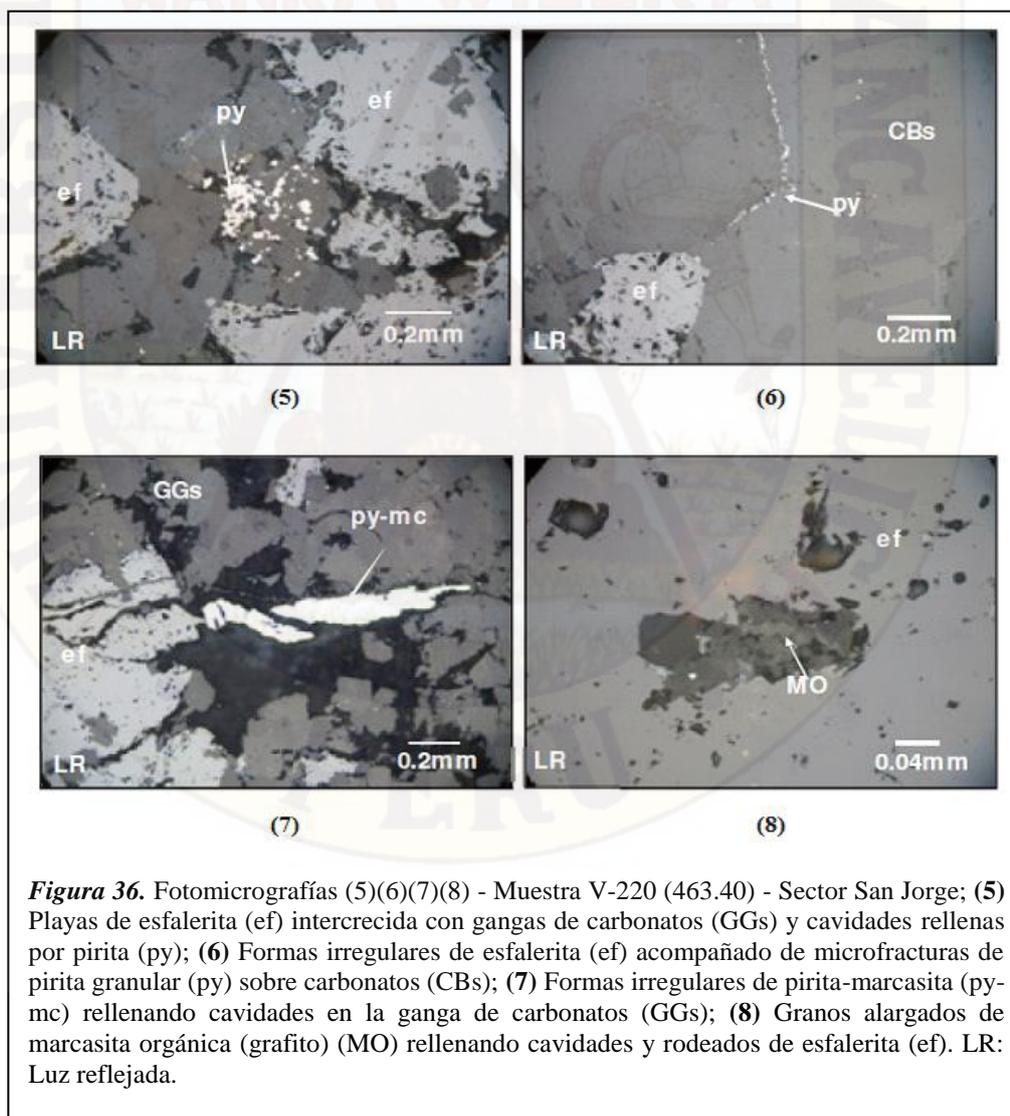
Entre los minerales de hierro se tienen hematita y limonitas como trazas, las cuales ocurren como agregados terrosos y pulverulentos. Se presentan relleno de intersticios y cavidades por toda la muestra; tiñen parcialmente la roca.

La marcasita (0,5%) se presenta con hábitos coliformes y agregados granulares con tamaños menores a 0,05 mm. Rellenan cavidades y microfracturas. Reemplazan a la pirita (ver Fig. 36 y Tabla 6).

Presenta una textura de relleno de fractura, terrosa y disseminada.

**Tabla 6.** Posible secuencia paragenética. Muestra V-220 (463.40) - Sector San Jorge - Proyecto Cañón Florida

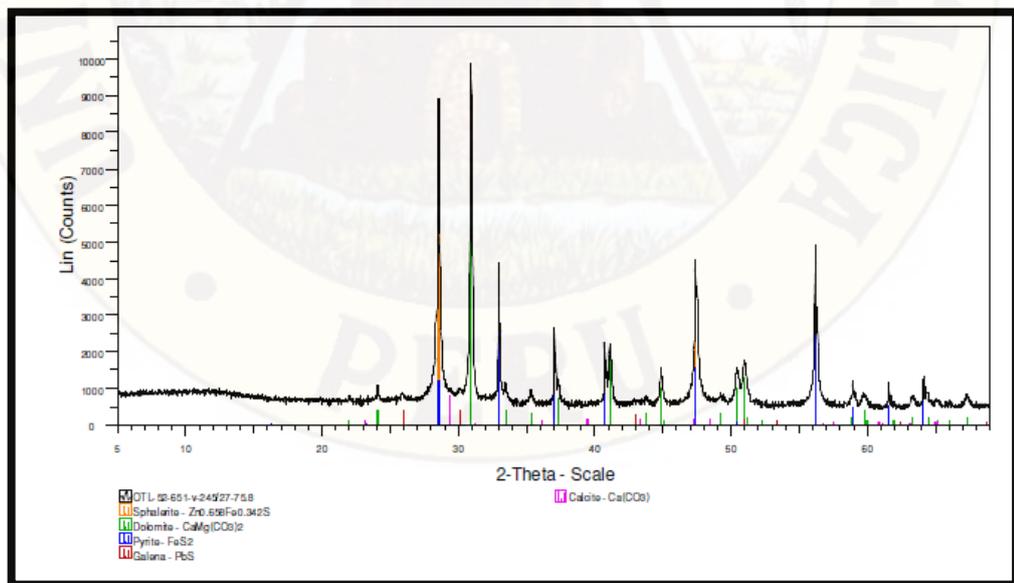
Muestra V-220 (463.40)- Sector San Jorge – Proyecto Cañón Florida				
Mineral	Secuencia Paragenética			
	1°	2°	3°	4°
Hematita y limonita				
Marcasita				
Esfalerita				
Pirita				



4.10.1.2. *Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos X de las Muestras V-245 (75.80) y V-220 (463.40)*

**Tabla 7.** Minerales reconocidos por difracción de rayos X - Muestra V-245 (75.80)- Sector San Jorge.

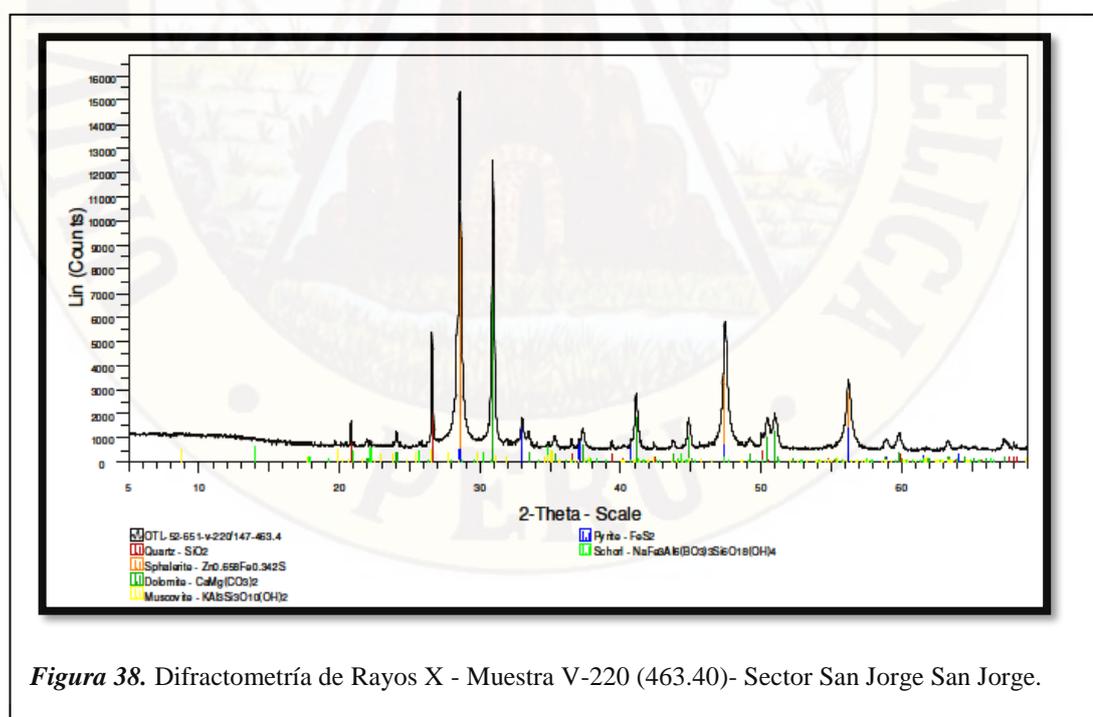
Resultados Difractometría de Rayos X		
Muestra V-245(75.80)		
Mineral	Fórmula General	Resultado Aproximado (%)
Dolomita	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	64
Esfalerita	$(\text{Zn}, \text{Fe})\text{S}$	20
Pirita	$\text{FeS}_2$	L.D.
Calcita	$\text{CaCO}_3$	2
Galena	$\text{PbS}$	< L.D.
Marcasita	$\text{FeS}_2$	<
Rexp: 2.64 Rwp: 4.55 GOF: 1.72 Valor de aprox.= 1%		



**Figura 37.** Difractometría de rayos X - Muestra V-245(75.80)- Sector San Jorge

**Tabla 8.** Minerales reconocidos por difracción de rayos X - Muestra V-220 (463.40) - Sector San Jorge

Resultados Difractometría de Rayos X		
Muestra V-220(463.40)		
Mineral	Fórmula General	Resultado Aproximado (%)
Dolomita	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	58
Esfalerita	$\text{ZnS}$	29
Cuarzo	$\text{SiO}_2$	7
Mica (Muscovita)	$\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$	3
Pirita	$\text{FeS}_2$	< L.D.
Turmalina ?	$\text{NaFe}_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH})_4$	< L.D.
Rexp: 3.27 Rwp: 7.32 GOF: 2.24 Valor de aprox.= 1%		



**Figura 38.** Difractometría de Rayos X - Muestra V-220 (463.40)- Sector San Jorge San Jorge.

**4.10.1.3. Estudios de Microscopía Electrónica de las Muestras V-245 (75.80) y V-220 (463.40)**

**Descripción de la Muestra V-245 (75.80)**

Fueron identificados los siguientes minerales: Galena, esfalerita, pirita, y dolomita.

La matriz está conformada principalmente por carbonato de CaMg, los demás minerales se encuentran como inclusiones en dicha matriz.

La pirita está asociada a la esfalerita, con tamaños de partículas en el rango de 4582 a 9688 micrómetros cuadrados.

La galena está asociada con la pirita y esfalerita.

El orden de predominancia de los minerales analizados es:

Carbonatos de CaMg>esfalerita>galena>pirita

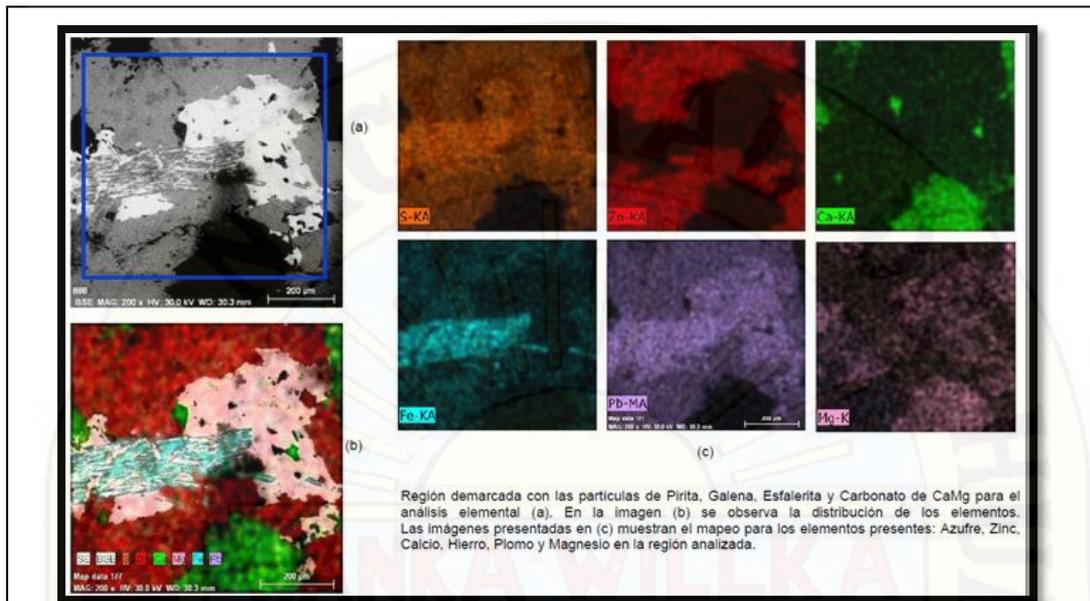
En la tabla 9 se muestra el promedio en porcentaje, de la composición química elemental de los minerales identificados en la muestra.

Composición química de minerales identificados - Muestra V-245 (75.80) - Sector San Jorge.

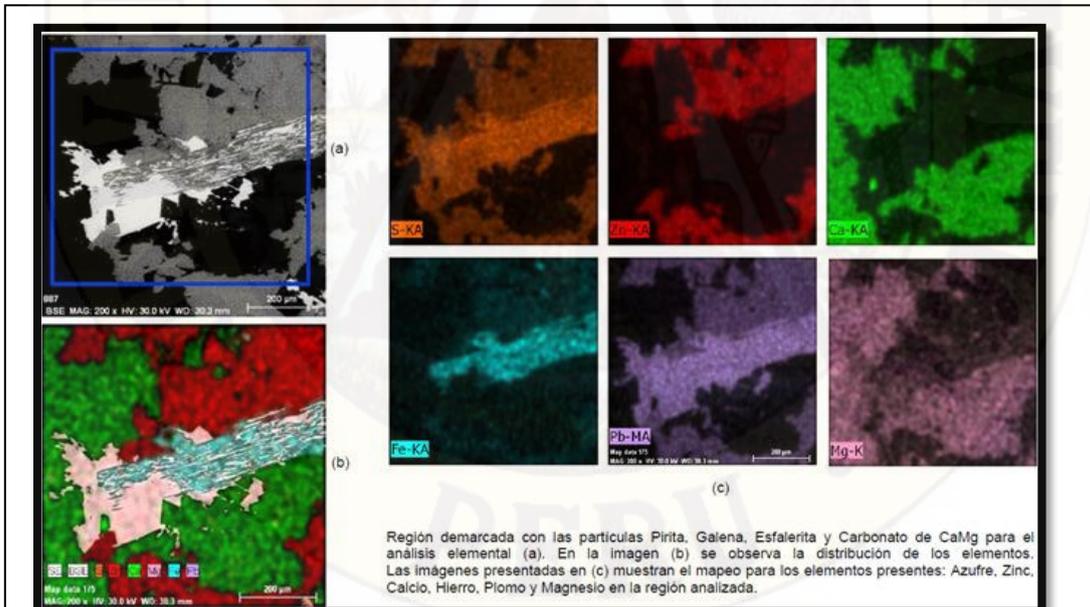
Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales, areales y lineales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X.

**Tabla 9.** Composición química de minerales identificados - Muestra V-245 (75.80) - Sector San Jorge.

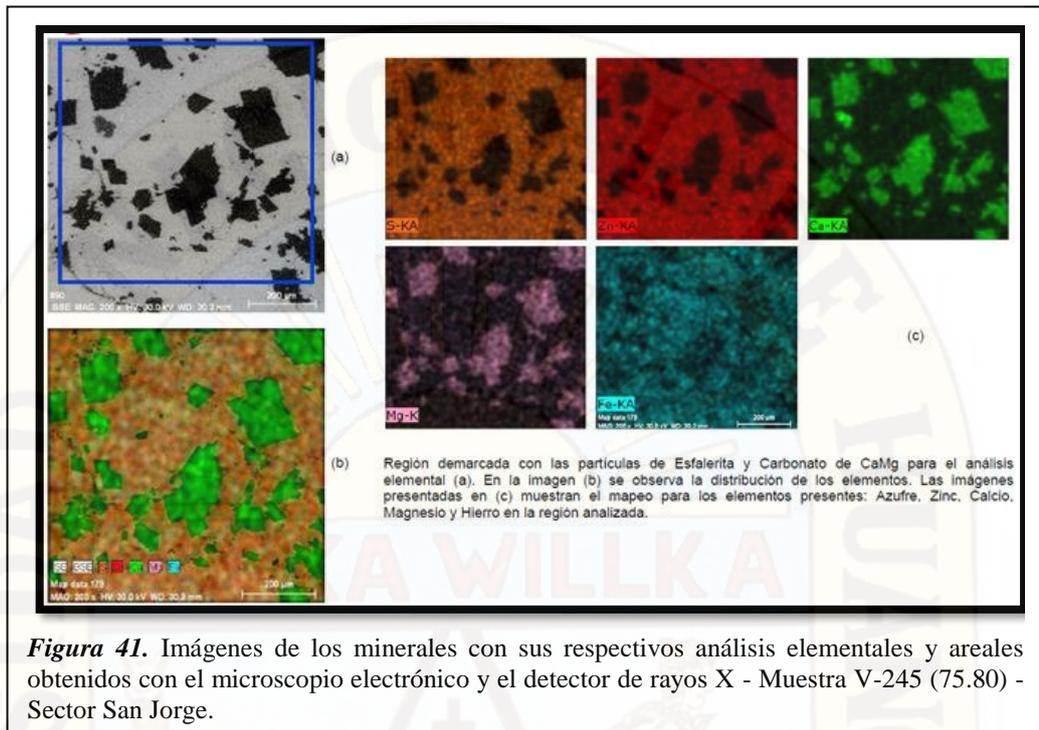
<b>Composición Química de Minerales identificados en la Muestra V-245(75.80)</b>															
<b>Minerales</b>	<b>Composición Química (%)</b>														<b>Total</b>
	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>	<b>Pb</b>	<b>O</b>	<b>S</b>	<b>Ca</b>	<b>C</b>	<b>Mg</b>	<b>Ga</b>	<b>Se</b>	<b>Cd</b>	<b>In</b>	<b>Hg</b>	<b>Mn</b>	
Dolomita				53,78		18,19	17,2	10,83							100
Esfalerita	54,09	7,70			36,25				0,00	1,01	0,16	0,73	0,00	0,05	100
Galena			81,39		18,61										100
Pirita		37,41			52,12				6,79	1,48	0,31	1,53	0,00	0,35	100



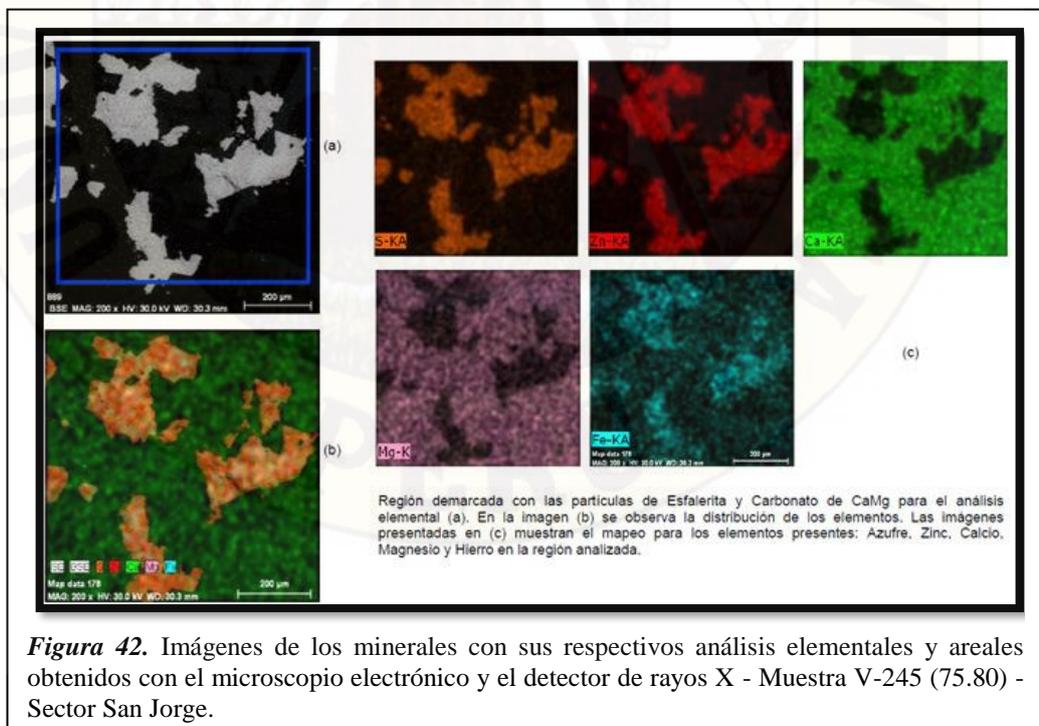
**Figura 39.** Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra V-245 (75.80) - Sector San Jorge



**Figura 40.** Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra V-245 (75.80) - Sector San Jorge.



**Figura 41.** Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra V-245 (75.80) - Sector San Jorge.



**Figura 42.** Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra V-245 (75.80) - Sector San Jorge.

### **Descripción de la Muestra V-220 (463.40)**

Fueron identificados los siguientes minerales: Esfalerita, Carbonato de CaMg (dolomita), pirita, galena y cuarzo.

Los minerales se encuentran como inclusiones dentro de una matriz de carbonatos de CaMg.

La galena se encuentra como relleno de microfracturas en la esfalerita; presenta tamaños de partículas en el rango de 77 a 158 micrómetros cuadrados.

La pirita se presenta asociada con la esfalerita en menor cantidad con tamaños en el rango 8975 a 10484 micrómetros cuadrados. Como inclusiones en la matriz en mayor proporción y tamaños de partículas entre 203 a 1007 micrómetros cuadrados.

El orden de predominancia de los minerales analizados es:

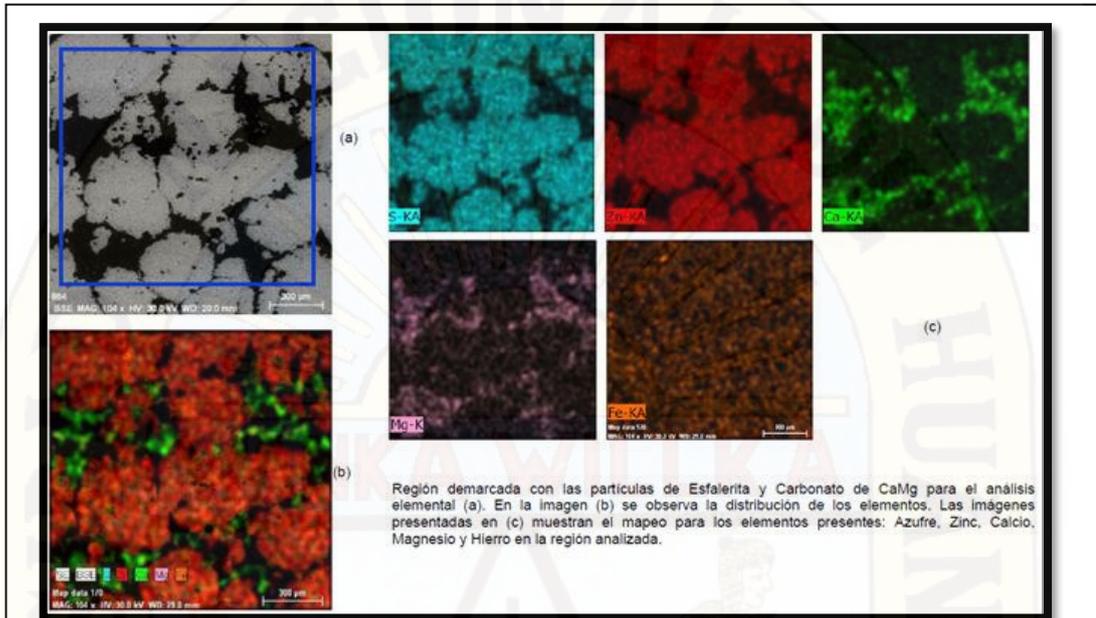
Carbonatos de CaMg>esfalerita>pirita>galena y cuarzo (trazas).

En la Tabla 10 se muestra el promedio en porcentaje de la composición química elemental de los minerales identificados en la muestra.

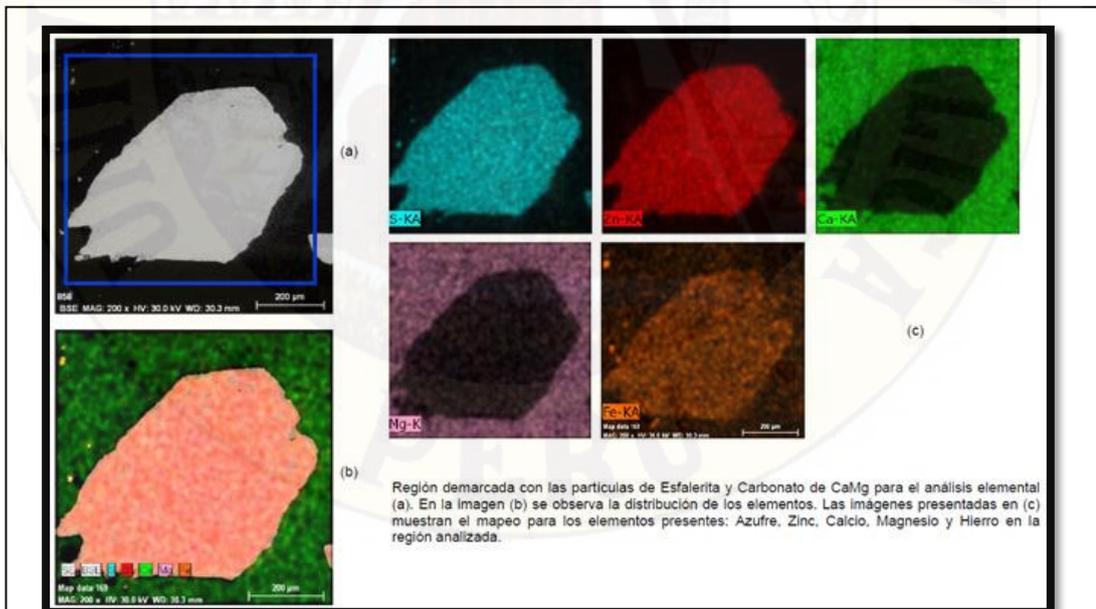
Se presentan las imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales, areales y lineales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X.

**Tabla 10.** Composición química de minerales identificados - Muestra V-220 (463.40) - Sector San Jorge

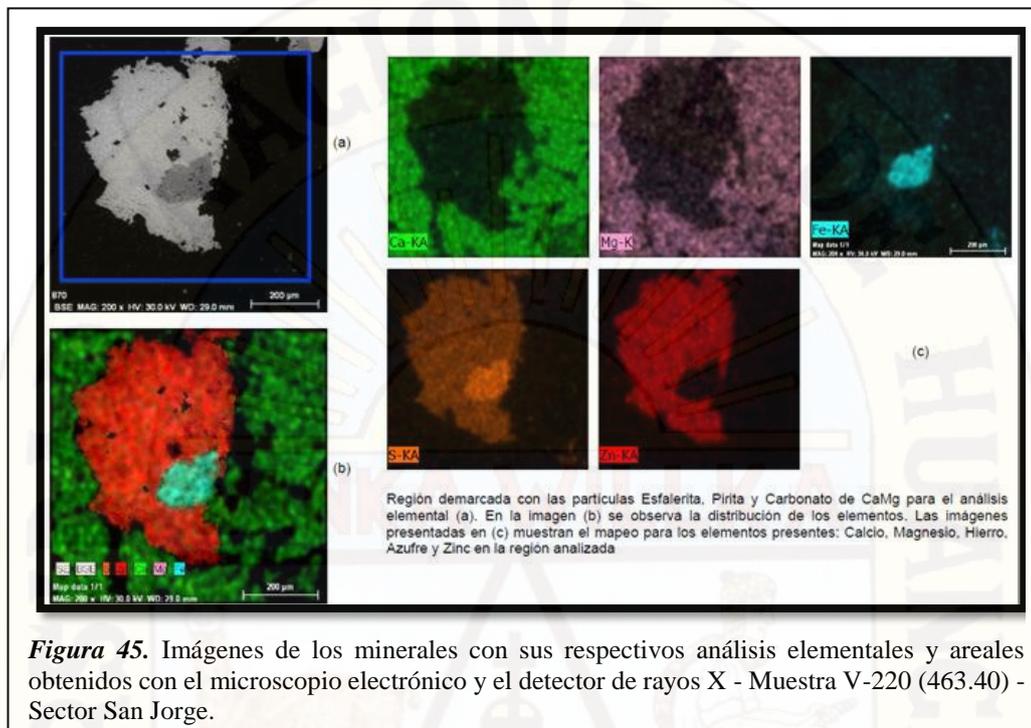
<b>Composición Química de Minerales identificados en la Muestra V-220(463.40)</b>																
<b>Minerales</b>	<b>Composición Química (%)</b>															<b>Total</b>
	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>	<b>Si</b>	<b>Pb</b>	<b>O</b>	<b>S</b>	<b>Cd</b>	<b>Hg</b>	<b>In</b>	<b>Ga</b>	<b>Ca</b>	<b>C</b>	<b>Mg</b>	<b>Mn</b>	<b>Se</b>	
Cuarzo			44,04		55,96											100
Dolomita					53,99						19,69	15,07	11,25			100
Esfalerita	59,19	3,38				34,63	0,00	0,00	1,37	0,00	0,00			0,00	1,42	100
Galena				87,89		12,11										100
Pirita		40,42				50,2	0,19	0,00	3,3	3,63				0,44	1,82	100



**Figura 43.** Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra V-220 (463.40) - Sector San Jorge.



**Figura 44.** Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra V-220 (463.40) - Sector San Jorge.



#### 4.10.2. Estudio Microscópico del Sector Karen Milagros – Cañón Florida.

##### 4.10.2.1. Descripción Microscópica y Fotomicrografía de las Muestras V-289 (146.80) y FC-36 (143.80).

###### Descripción Microscópica de la Muestra V-289 (146.80).

Presencia de dos posibles generaciones de pirita. La pirita I (py I) con 1% se muestra como cristales anhedrales con hábitos cúbicos, agregados granulares y diseminaciones relícticos con tamaños menores a 0,8 mm sobre la ganga de carbonatos y algunos granos de esfalerita I. Está reemplazada por marcasita la cual se observa a nivel de trazas. La pirita II (trazas) ocurre rellenando numerosas microfracturas en toda la esfalerita.

Posiblemente existan dos secuencias paragenéticas de esfalerita. La primera (ef I) con 5% se muestra con formas irregulares y como playas con tamaños centimétricos. Reemplaza a la pirita I y se observa intercrecida con la ganga. Mientras que la esfalerita II (ef II) 20% posiblemente sea de menor contenido de hierro, la cual se muestra reemplazando a la esfalerita I y galena. Algunos sectores se encuentran con microvenillas rellenas por pirita II y marcasita.

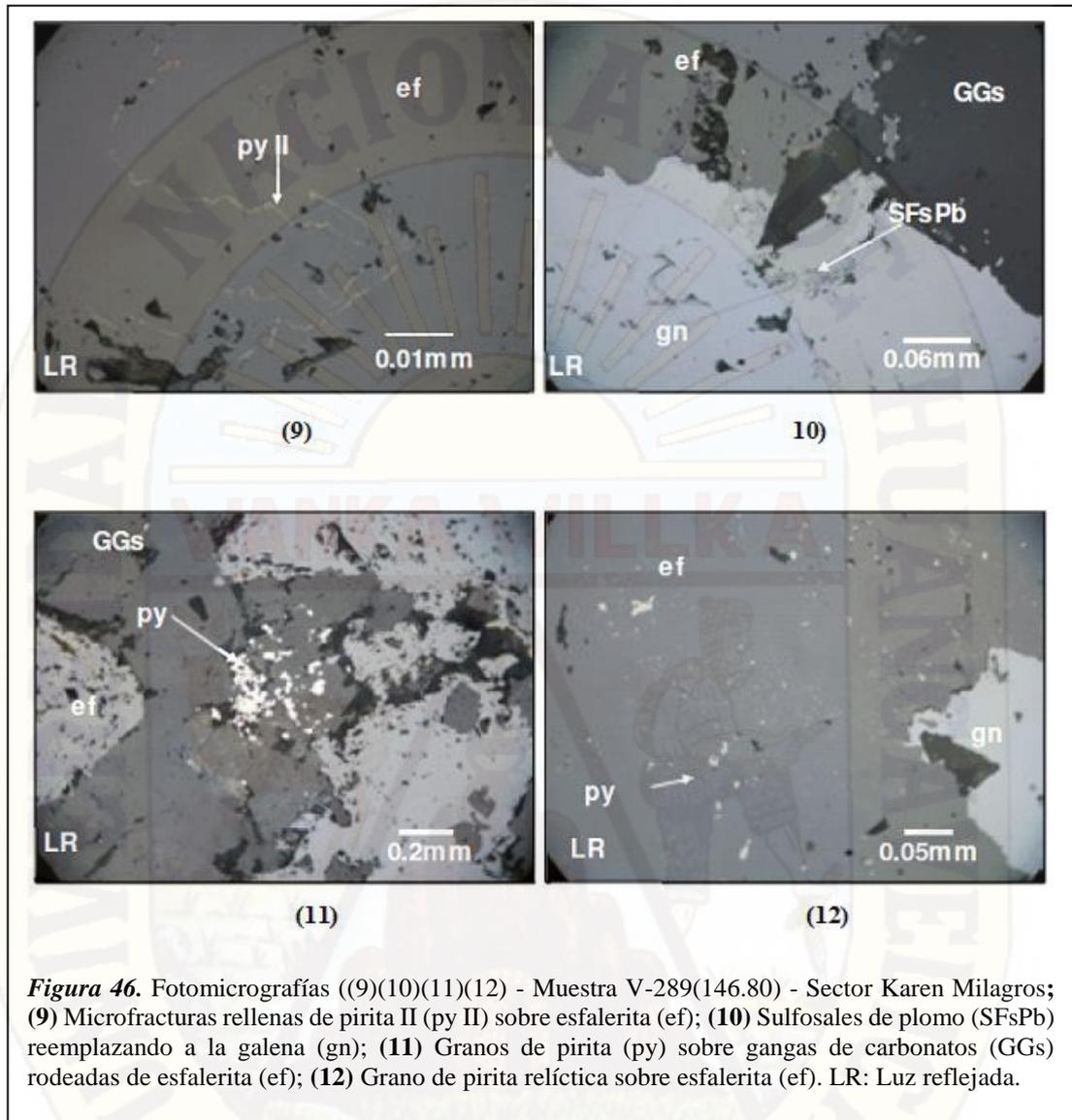
Presencia de relictos de 0,1 mm de galena (trazas) la cual se encuentra reemplazada por esfalerita II y gangas de carbonatos.

Los sulfosales de plomo (trazas) se observan reemplazando selectivamente a la galena.

Presenta una textura de reemplazamiento y diseminada.

**Tabla 11.** Posible secuencia paragenética - Muestra V-289 (146.80) - Sector Karen Milagros - Proyecto Cañón Florida.

Muestra V-289 (146.80)- Sector Karen Milagros – Proyecto Cañón Florida								
Mineral	Secuencia Paragenética							
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
Sulfosales de Plomo								
Marcasita								
Esfalerita II								
Pirita II								
Galena								
Esfalerita I								
Pirita I								
Ganga								



### **Descripción Microscópica de la Muestra FC-36(143.8).**

El sulfuro más abundante es la esfalerita (40%) ocurren en formas irregulares y como playas con tamaños milimétricos a centimétricos. Se observa relleno de numerosas cavidades y fracturas por toda la muestra. Algunos cristales se muestran con diseminaciones relícticas con tamaños que varían entre 0,5 mm y 0,005 mm de pirita y marcasita.

La pirita (2%) ocurre como cristales anhedrales con hábitos cúbicos, agregados granulares finos con tamaños menores a 0,7 mm. Se encuentra relleno de cavidades y fracturas por toda la muestra. También se presenta como diseminaciones en algunos granos de esfalerita.

La galena (1%) se aprecia como cristales subhedrales con formas irregulares y como playas con tamaños milimétricos. Rellena cavidades por toda la muestra; está reemplazada por esfalerita y escasamente por sulfosales de plomo a través de microfracturas, cavidades e inclusiones.

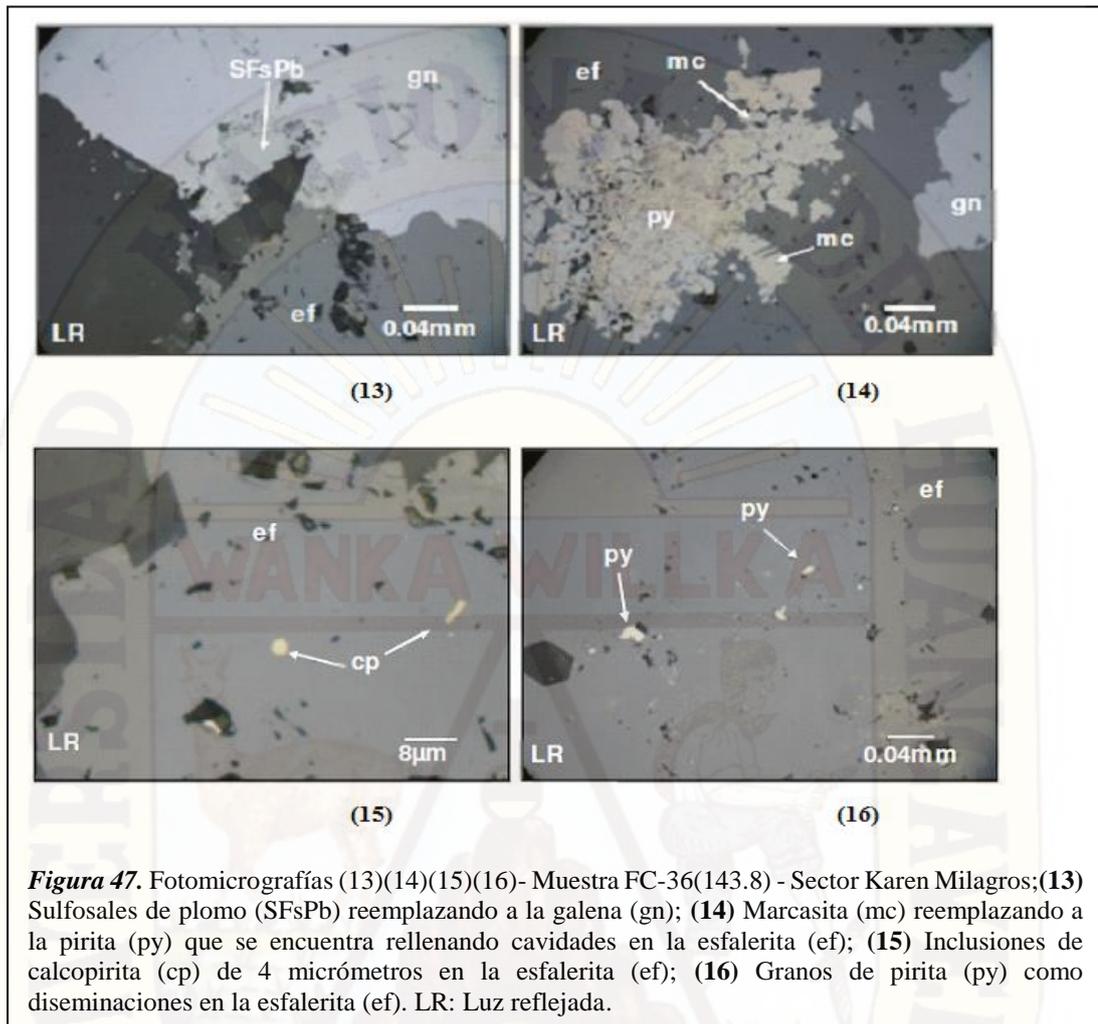
La marcasita (trazas) se aprecia reemplazando a la pirita la cual se muestran como relictos en algunos granos de esfalerita.

Los sulfosales de plomo (trazas) de formas irregulares con tamaños menores a 0,1 mm, se muestran reemplazando a la galena a manera de microfracturas, pequeñas cavidades e inclusiones.

La textura es de reemplazamiento y diseminada.

**Tabla 12.** Posible secuencia paragenética - Muestra FC-36 (143.80) - Sector Karen Milagros - Proyecto Cañón Florida.

Muestra FC-36(143.80)- Sector Karen Milagros – Proyecto Cañón Florida							
Mineral	Secuencia Paragenética						
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°
Sulfosales de Plomo							
Marcasita							
Esfalerita							
Galena							
Calcopirita							
Pirita							
Ganga							

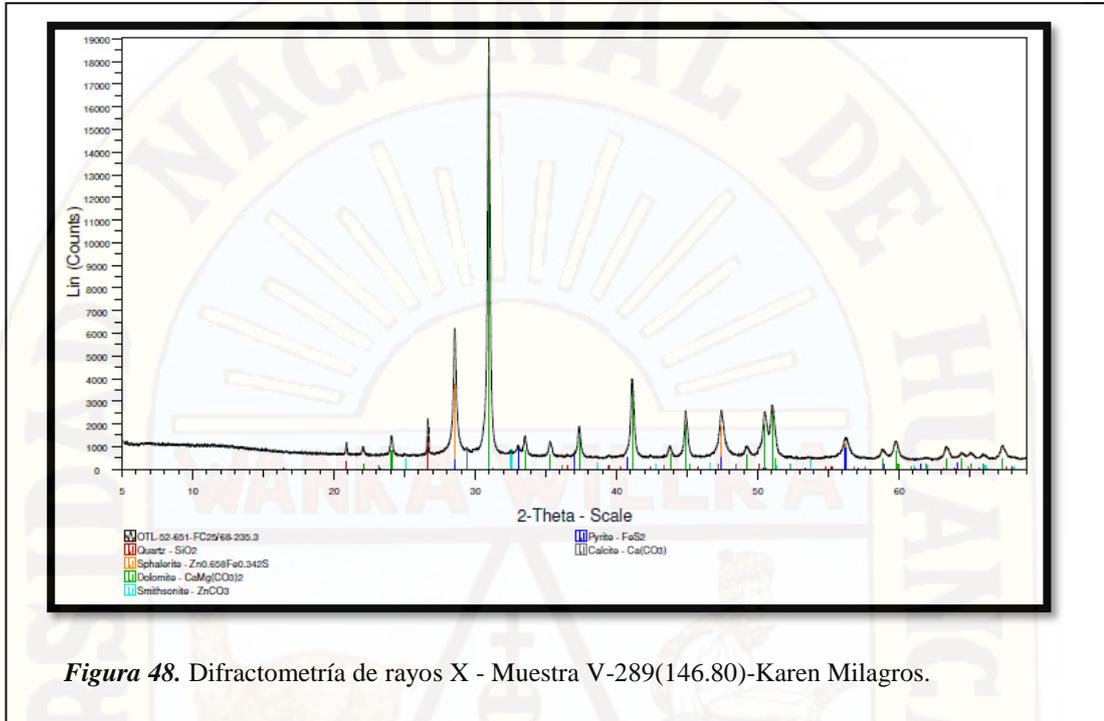


**Figura 47.** Fotomicrografías (13)(14)(15)(16)- Muestra FC-36(143.8) - Sector Karen Milagros;(13) Sulfosales de plomo (SFsPb) reemplazando a la galena (gn); (14) Marcasita (mc) reemplazando a la pirita (py) que se encuentra relleno cavidades en la esfalerita (ef); (15) Inclusiones de calcopirita (cp) de 4 micrómetros en la esfalerita (ef); (16) Granos de pirita (py) como disseminaciones en la esfalerita (ef). LR: Luz reflejada.

#### 4.10.2.2. Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos X de las Muestras V-289 (146.80) y FC-36 (143.80).

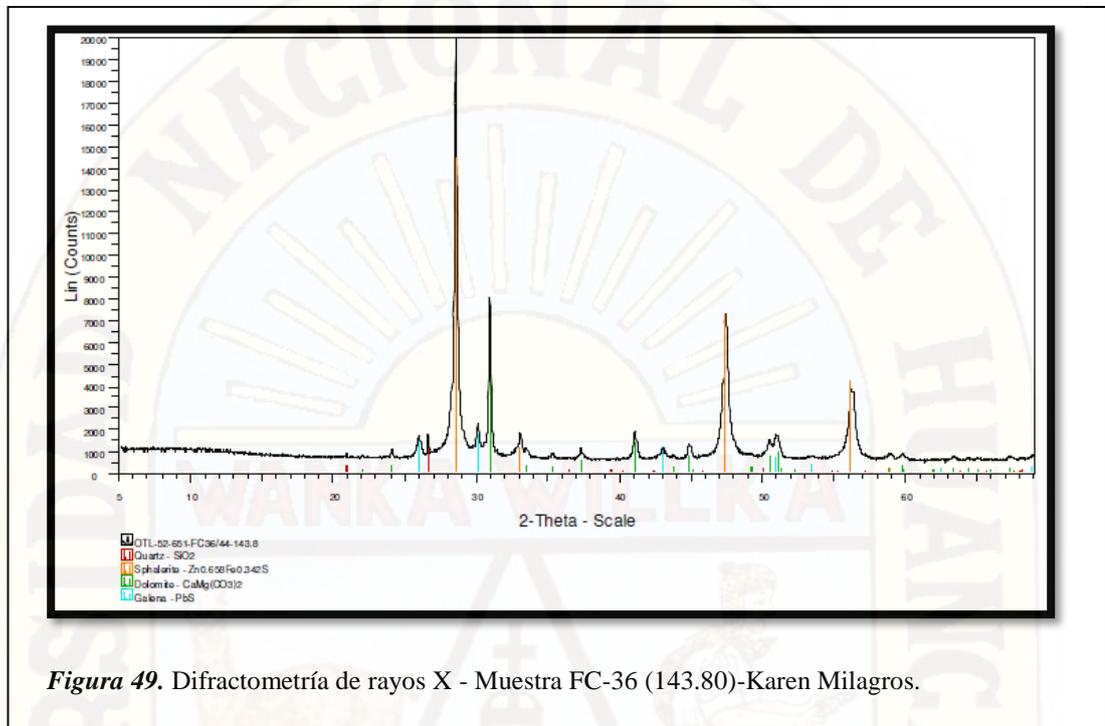
**Tabla 13.** Minerales reconocidos por difracción de rayos X - Muestra V-289 (146.80)-Karen Milagros.

Resultados Difractometría de Rayos X		
Muestra V-289(146.80)		
Mineral	Fórmula General	Resultado Aproximado (%)
Dolomita	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	69
Esfalerita	$(\text{Zn},\text{Fe})\text{S}$	25
Calcita	$\text{CaCO}_3$	2
Hemimorfita	$\text{Zn}_4\text{SiO}_7(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})$	<L.D.
Cuarzo	$\text{SiO}_2$	<L.D.
Smithsonita	$\text{ZnCO}_3$	<L.D.
Rexp: 3.34 Rwp: 8.22 GOF: 2.76 Valor de aprox.= 1%		



**Tabla 14.** Minerales reconocidos por difracción de rayos X - Muestra FC-36 (143.80) -Karen Milagros.

Resultados Difractometría de Rayos X		
Muestra FC-36(143.80)		
Mineral	Fórmula General	Resultado Aproximado (%)
Esfalerita	ZnS	50
Dolomita	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	45
Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	2
Galena	PbS	2
Rexp: 3.13 Rwp: 7.78 GOF: 2.48 Valor de aprox.= 1%		



#### 4.10.2.3. Estudios de Microscopía Electrónica de las Muestras V-289 (146.80) y FC-36 (143.80).

##### Descripción de la Muestra V-289 (146.80).

Fueron identificados los siguientes minerales: Esfalerita, carbonatos de CaMg (dolomita), galena, pirita, carbonato de Zn (smithsonita).

La matriz conformada principalmente por carbonatos de CaMg; los demás minerales se les encuentra como inclusiones en dicha matriz.

La galena está asociada con esfalerita y presenta tamaños de partículas en el rango de 290 a 70236 micrómetros cuadrados.

La pirita se encuentra como inclusiones en la esfalerita con tamaños de partículas entre 253 a 959 micrómetros cuadrados.

El orden de predominancia de los minerales analizados es:

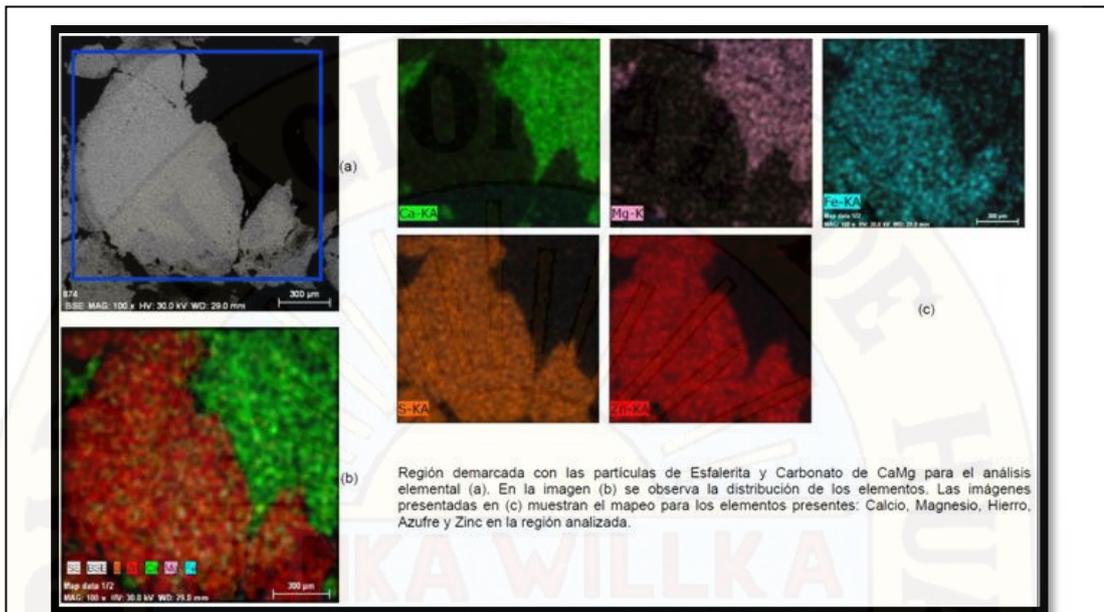
Carbonatos de CaMg>esfalerita>carbonato de Zn >galena y pirita (trazas).

En la tabla 15 se muestra el promedio en porcentaje de la composición química elemental de los minerales identificados en la muestra.

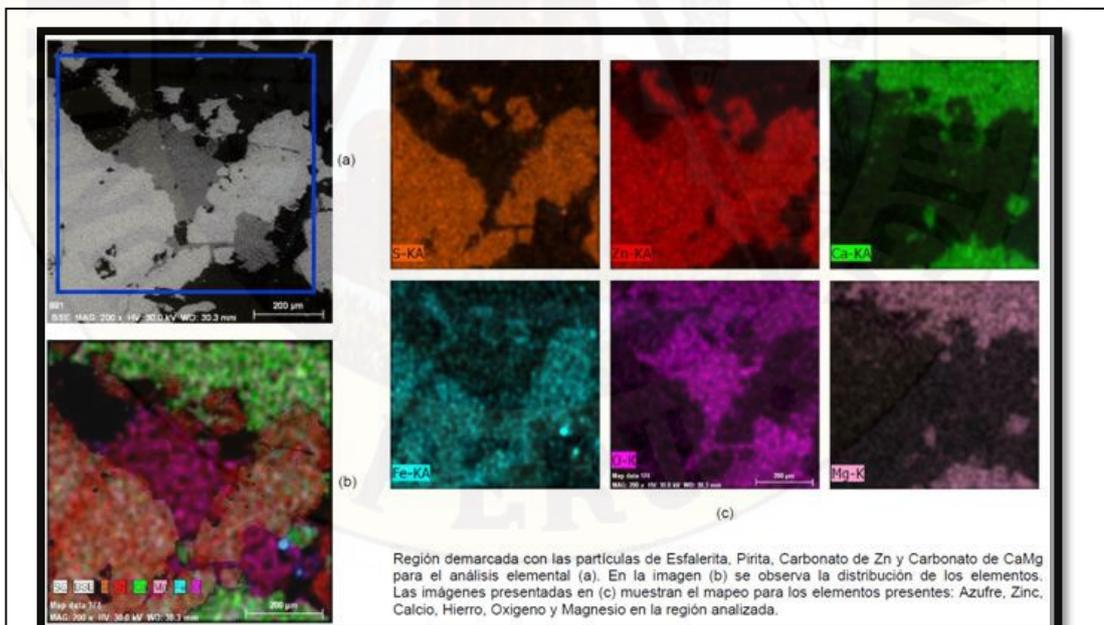
A continuación se presentan las imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales, areales y lineales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X.

**Tabla 15.** Minerales reconocidos por difracción de rayos X - Muestra V-289 (146.80)- Karen Milagros.

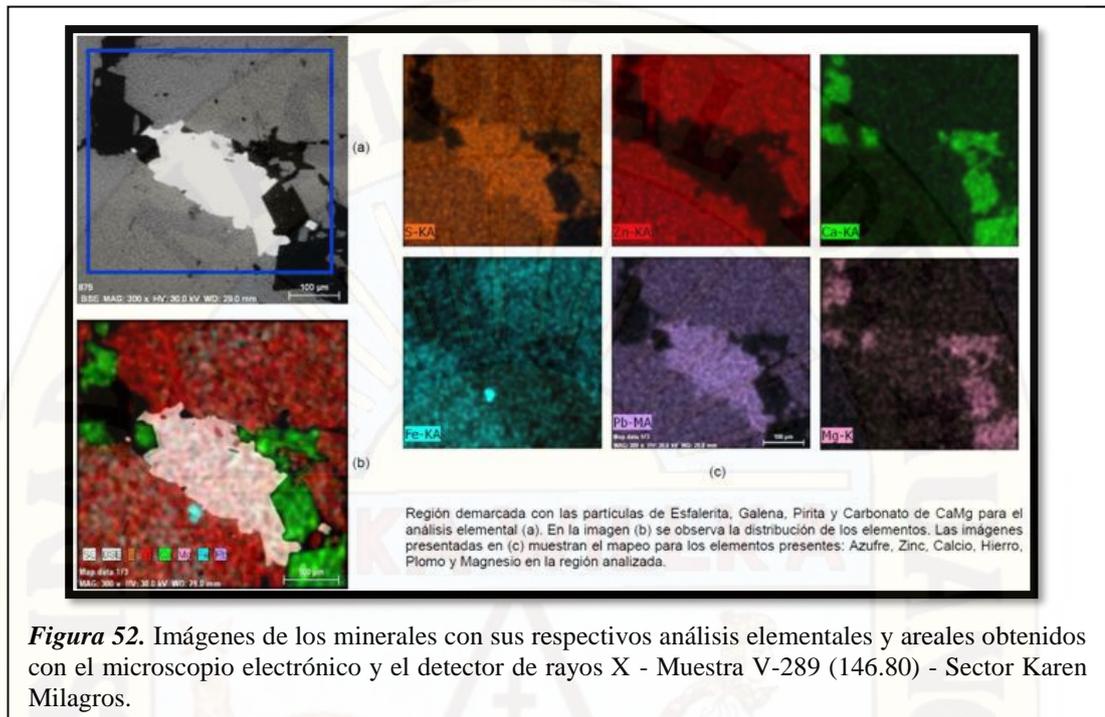
<b>Composición Química de Minerales identificados en la Muestra V-289(146.80)</b>															
<b>Minerales</b>	<b>Composición Química (%)</b>														<b>Total</b>
	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>	<b>Pb</b>	<b>O</b>	<b>C</b>	<b>S</b>	<b>Ca</b>	<b>Se</b>	<b>Ga</b>	<b>Cd</b>	<b>Hg</b>	<b>Mn</b>	<b>In</b>	<b>Mg</b>	
Dolomita				52,04	18,20		18,93							10,83	100
Esfalerita	59,08	3,62				35,85		1,02	0,00	0,08	0,00	0,00	0,35		100
Galena			88,12			11,88									100
Pirita		33,59				52,50		1,61	10,79	0,25	0,00	0,18	1,06		100
Smithsonita	49,00			39,64	11,36										100



**Figura 50.** Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra V-289 (146.80) - Sector Karen Milagros.



**Figura 51.** Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra V-289 (146.80) - Sector Karen Milagros.



**Figura 52.** Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra V-289 (146.80) - Sector Karen Milagros.

### Descripción de la Muestra FC-36 (143.80)

Fueron identificados los siguientes minerales: Sulfosales de Pb (Boulangerita), galena, esfalerita, pirita, carbonato de CaMg (dolomita).

La matriz está conformada principalmente por carbonato de CaMg, los demás minerales se encuentran como inclusiones en dicha matriz.

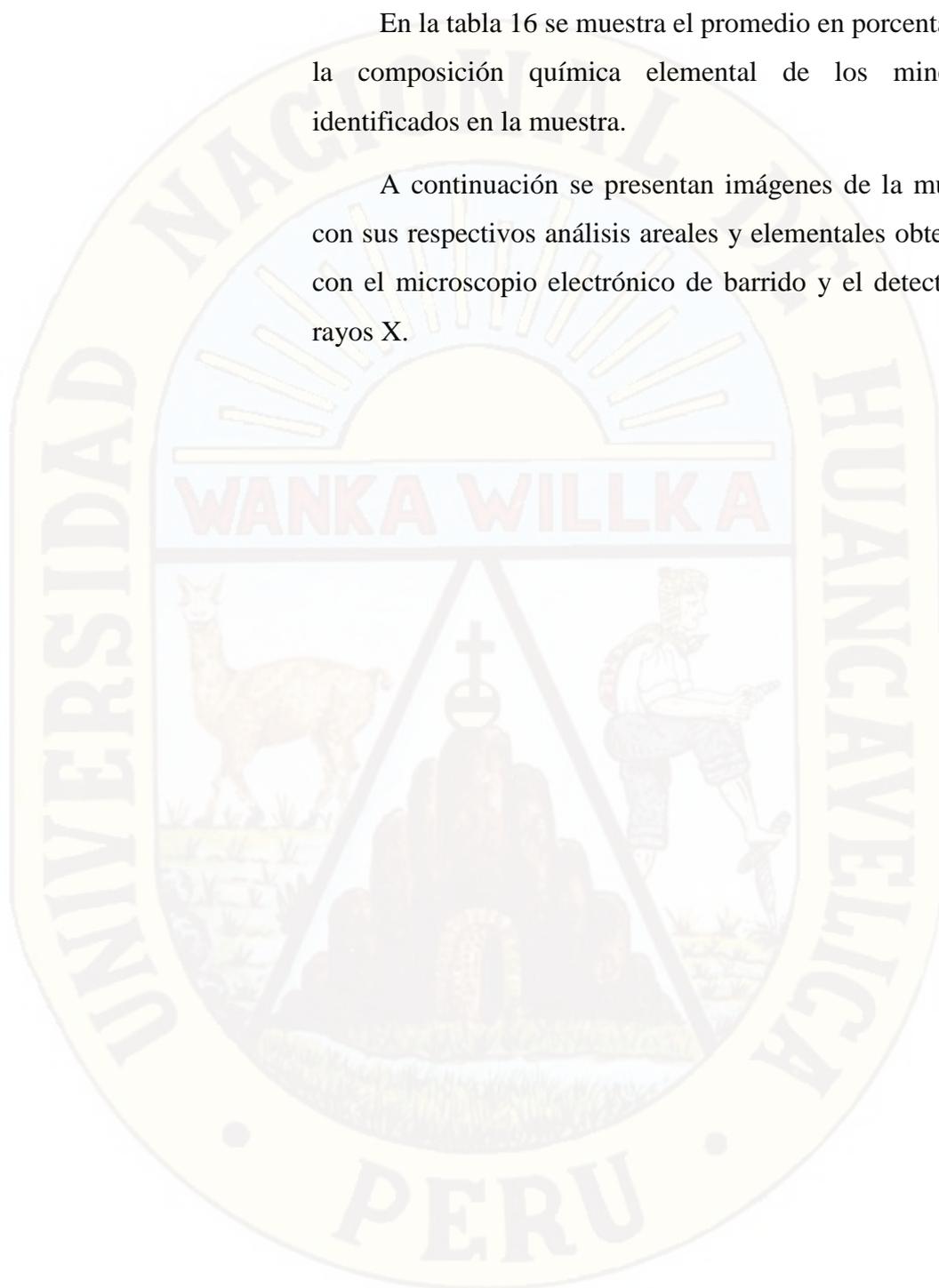
Los sulfosales de Pb se encuentran como inclusión en la galena, presentando tamaños de partículas entre 217 a 882 micrómetros cuadrados.

La pirita está asociado con la esfalerita.

El orden de predominancia de los minerales analizados es: Carbonato de CaMg>esfalerita>pirita>galena>sulfosales de Pb (trazas).

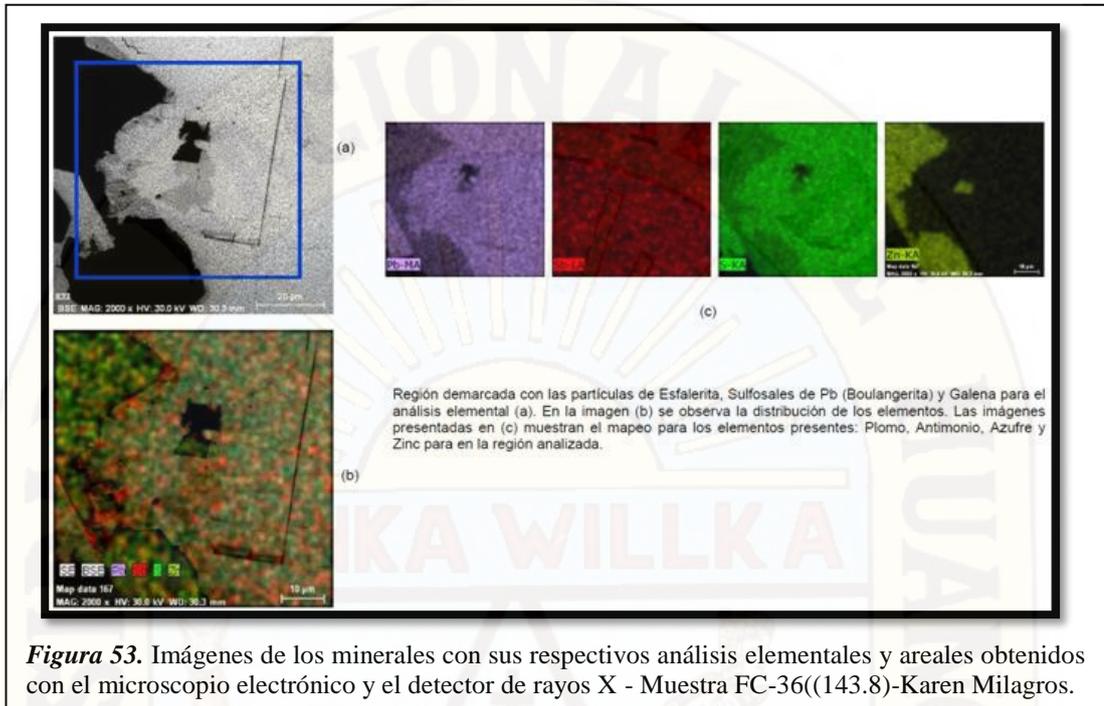
En la tabla 16 se muestra el promedio en porcentaje de la composición química elemental de los minerales identificados en la muestra.

A continuación se presentan imágenes de la muestra con sus respectivos análisis areales y elementales obtenidas con el microscopio electrónico de barrido y el detector de rayos X.

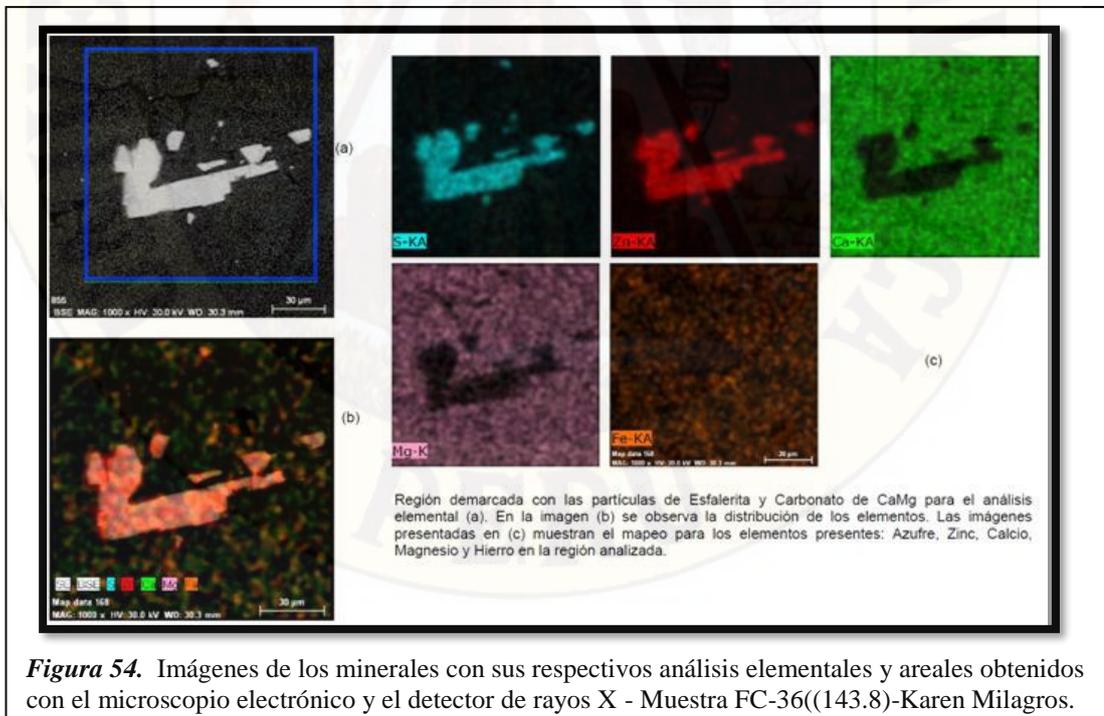


**Tabla 16.** Minerales reconocidos por difracción de rayos X - Muestra FC-36(143.8)-Karen Milagros.

Composición Química de Minerales identificados en la Muestra FC-36(143.80)																	
Minerales	Composición Química (%)																Total
	Ag	Zn	Fe	Pb	O	Hg	S	Cd	Mn	In	Ca	C	Mg	Ga	Sb	Se	
Boulangerita	0,00			59,28			14,04								26,68		
Dolomita					53,71						18,88	16,71	10,69				
Esfalerita		58,15	3,03				35,49	0,05	0,00	1,16				0,00		2,12	100
Galena	0,00			90,53			9,47										100
Pirita			38,13			0,00	51,30	0,03	0,22	2,12				6,99		1,23	100



**Figura 53.** Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra FC-36((143.8)-Karen Milagros.



**Figura 54.** Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra FC-36((143.8)-Karen Milagros.

### **4.10.3. Estudio Microscópico Sector Falla Sam – Cañón Florida.**

#### **4.10.3.1. Descripción Microscópica Fotomicrografía de la Muestra FC-28 (129.80).**

##### **Descripción Microscópica de la Muestra FC - 28 (129.80).**

La esfalerita (45%) es el sulfuro más abundante en la muestra, se muestra como playas irregulares y tamaños milimétricos a centimétricos. Se observa relleno de numerosas cavidades y fracturas por toda la muestra. Algunos granos presentan disseminaciones muy finas (0,005 mm) de pirita.

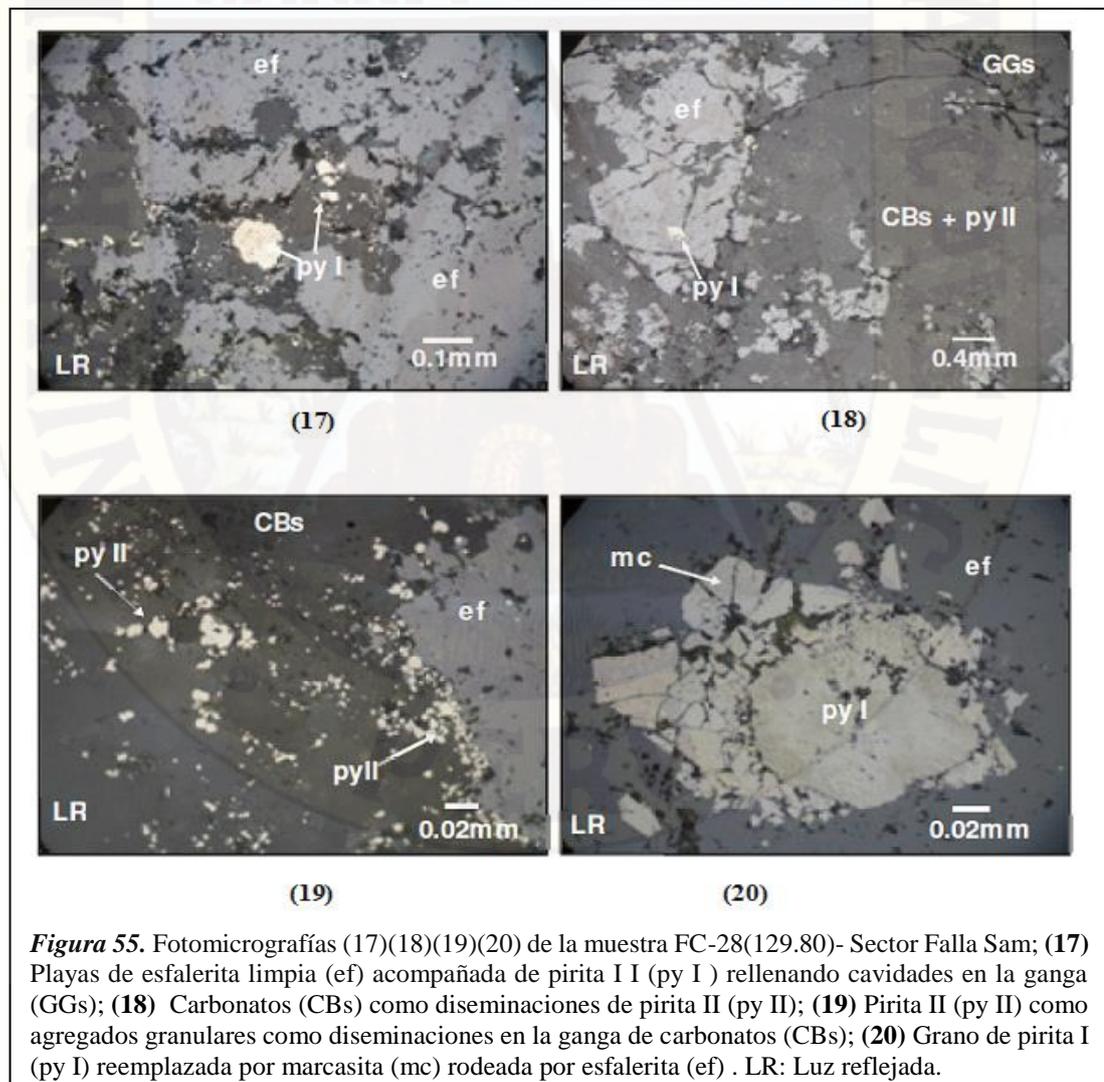
La marcasita se presenta en trazas con formas irregulares y agregados granulares con tamaños menores a 0,05 mm. Rellenan cavidades y microfracturas; reemplazan a la pirita.

Posiblemente existen dos generaciones de pirita. La primera (py I) con 2% ocurre como cristales subhedrales y anhedrales con hábitos cúbicos, agregados granulares con tamaños menores a 0,1 mm. Se encuentra como relicto en algunos granos de esfalerita; está reemplazada por marcasita. Mientras que la segunda (py II) (Melnikovita) al 1% se aprecian como agregados framboidales a bacterial asociado con los carbonatos.

La textura es disseminada y relleno de fracturas.

**Tabla 17.** Posible secuencia paragenética - Muestra FC-28 (129.80) - Sector Falla Sam - Proyecto Cañón Florida.

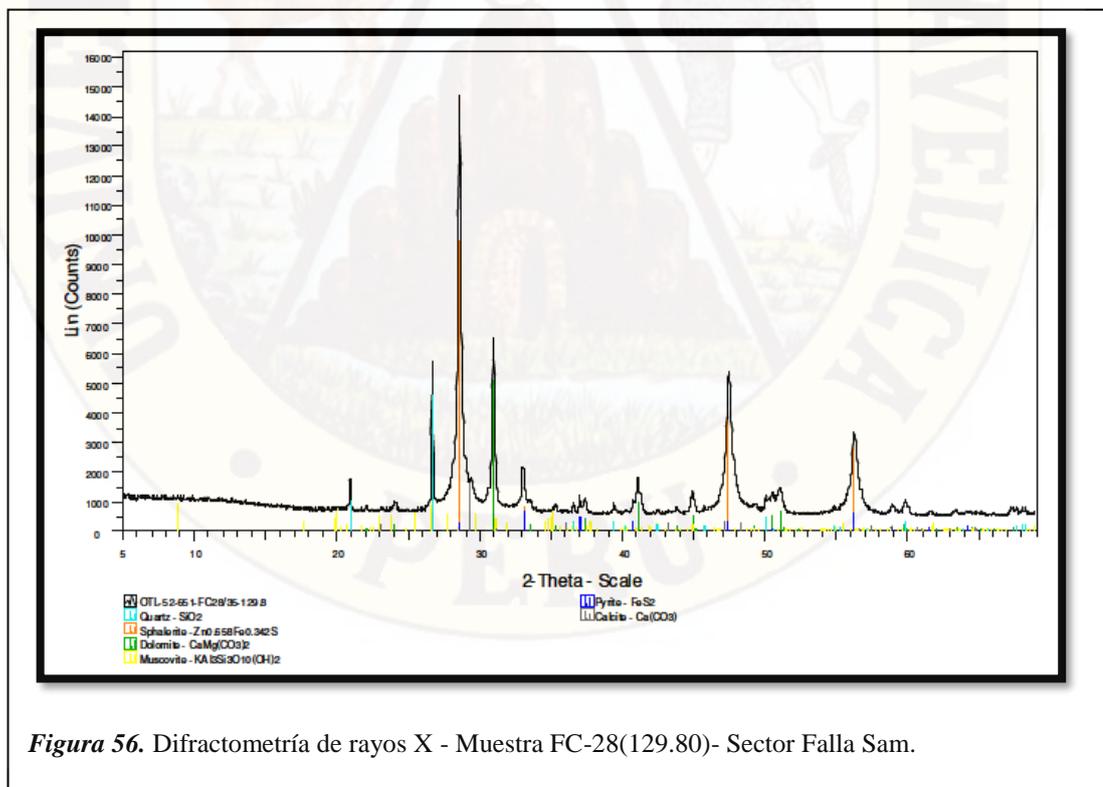
Muestra FC-28(129.80)- Sector Falla Sam – Proyecto Cañón Florida					
Mineral	Secuencia Paragenética				
	1°	2°	3°	4°	5°
Pirita II (melnikovita)					
Marcasita					
Esfalerita					
Calcopirita					
Pirita					



**4.10.3.2. Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos X de las Muestras FC-28 (129.80).**

**Tabla 18.** Minerales reconocidos por difracción de rayos X - Muestra FC-28 (129.80)- Falla Sam.

Resultados Difractometría de rayos X		
Muestra FC-28(129.80)		
Mineral	Fórmula General	Resultado Aproximado (%)
Dolomita	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	41
Esfalerita	$(\text{Zn,Fe})\text{S}$	37
Cuarzo	$\text{SiO}_2$	10
Calcita	$\text{CaCO}_3$	6
Mica (muscovita)	$\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH,F})_2$	3
Pirita	$\text{FeS}_2$	2
Rexp: 3.18 Rwp: 6.92 GOF: 2.17 Valor de aprox.= 1%		



#### **4.10.3.3. Estudios de Microscopía Electrónica de la Muestra FC-28 (129.80).**

##### **Descripción de la Muestra FC-28 (129.80).**

Fueron identificados los siguientes minerales: Esfalerita, carbonato de CaMg (dolomita), galena, pirita.

La matriz está conformada principalmente por carbonato de CaMg, los demás minerales se encuentran como inclusiones en dicha matriz.

La pirita se encuentra como inclusión en la matriz junto a la esfalerita con tamaños de partículas entre 297 a 5891 micrómetros cuadrados.

La galena en la muestra está asociada con pirita. Presenta tamaños de partículas en el rango de 246 a 350 micrómetros cuadrados.

El orden de predominancia de los minerales analizados es:

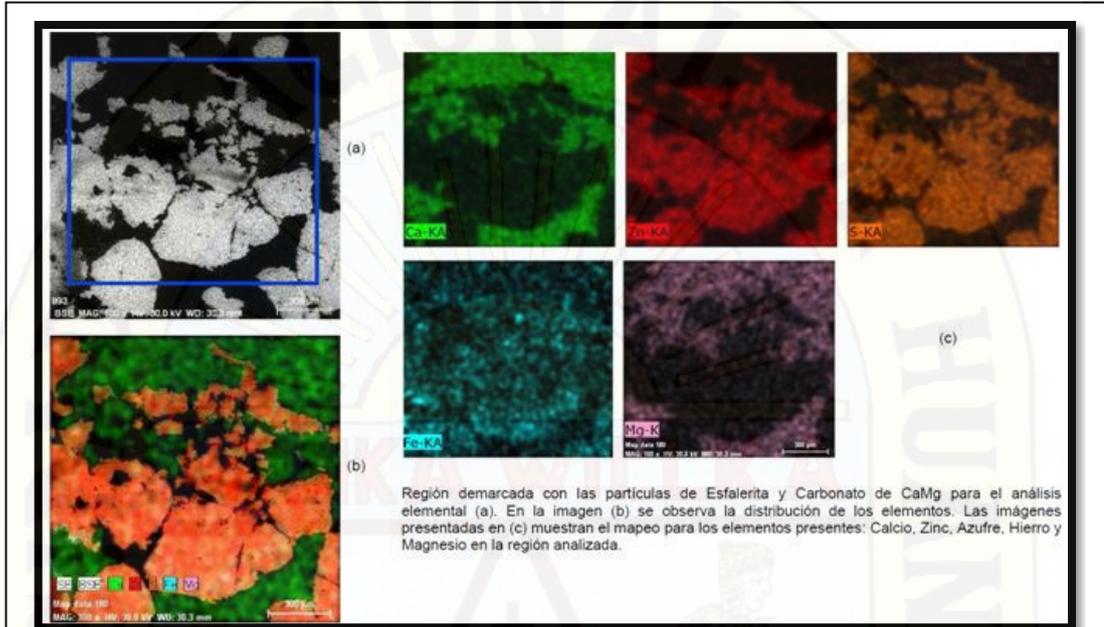
Carbonato de CaMg>esfalerita>pirita>galena (trazas)

En la tabla 19 se muestra en promedio en porcentaje de la composición química elemental de los minerales identificados en la muestra.

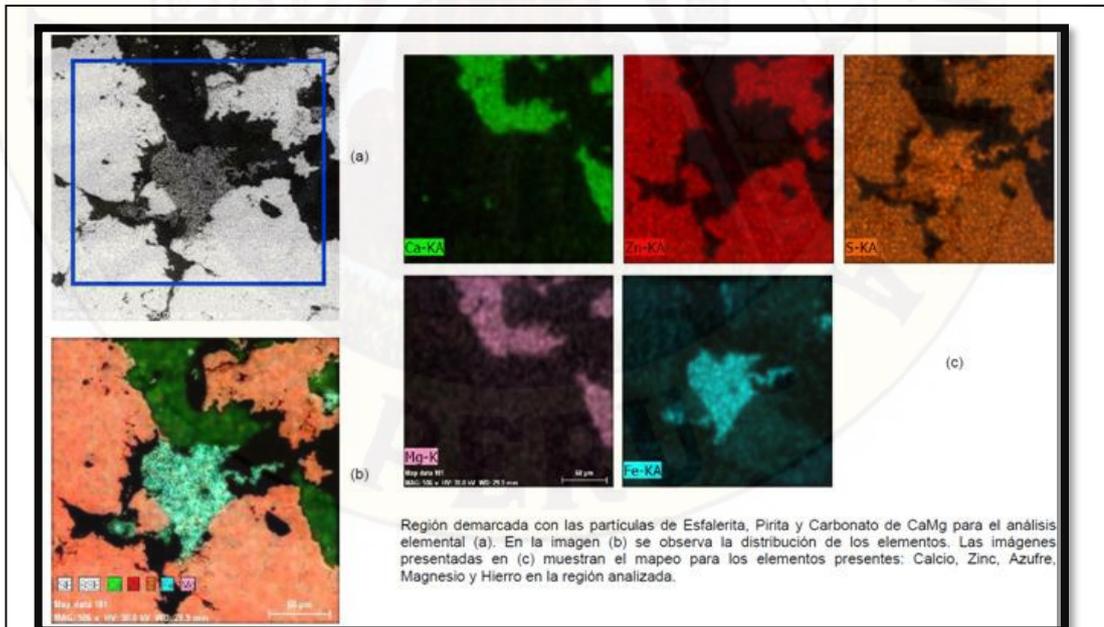
A continuación se presentan imágenes de minerales con sus respectivos análisis elementales, areales y lineales obtenidos con el microscopio electrónico de barrido y el detector de rayos X.

**Tabla 19.** Minerales reconocidos por difracción de rayos X - Muestra FC-28(143.8)-Falla Sam.

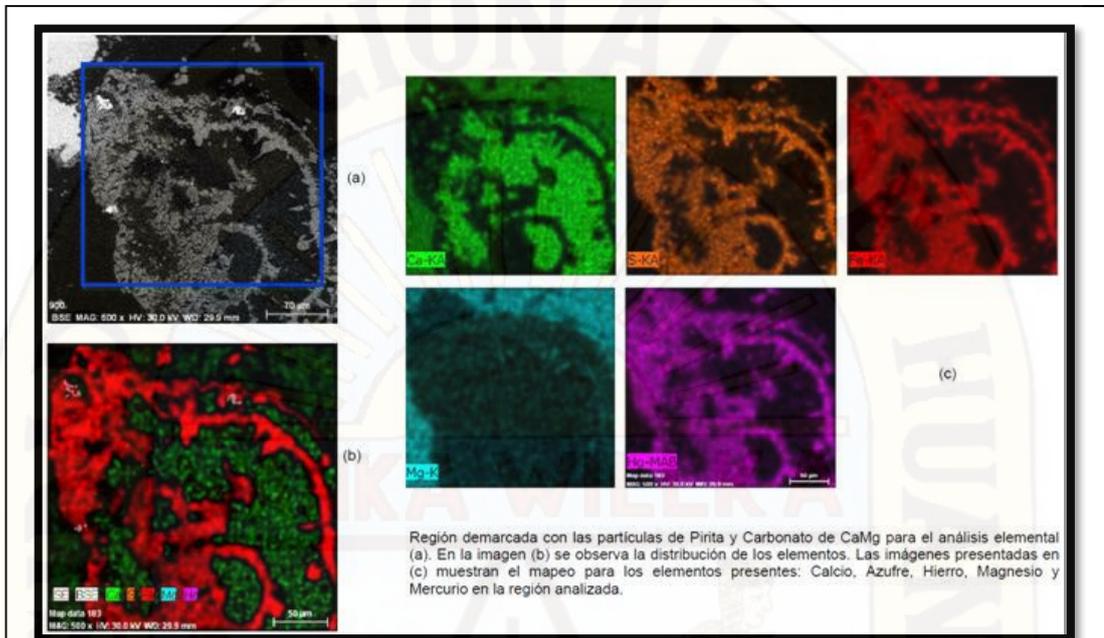
<b>Composición Química de Minerales identificados en la Muestra FC-28(129.80)</b>															
<b>Minerales</b>	<b>Composición Química (%)</b>														<b>Total</b>
	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>	<b>Pb</b>	<b>O</b>	<b>C</b>	<b>S</b>	<b>Ca</b>	<b>Se</b>	<b>Ga</b>	<b>Cd</b>	<b>Hg</b>	<b>In</b>	<b>Mg</b>	<b>Mn</b>	
Dolomita				38,44	16,39		26,52						18,64		100
Esfalerita	59,63	2,80				35,15		1,52	0,00	0,10	0,00	0,79		0,00	100
Galena			86,21			13,79									100
Pirita		34,24				43,44		3,70	11,42	0,54	1,45	5,20			100
Smithsonita	49,00			39,64	11,36										100



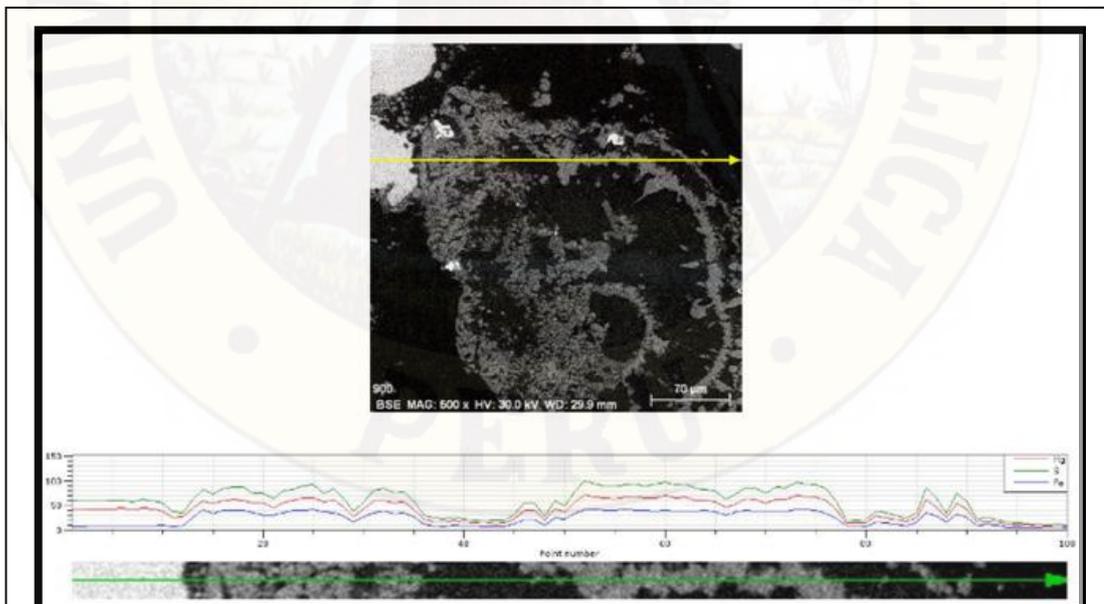
**Figura 57.** Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra FC-28 (143.80)-Falla Sam.



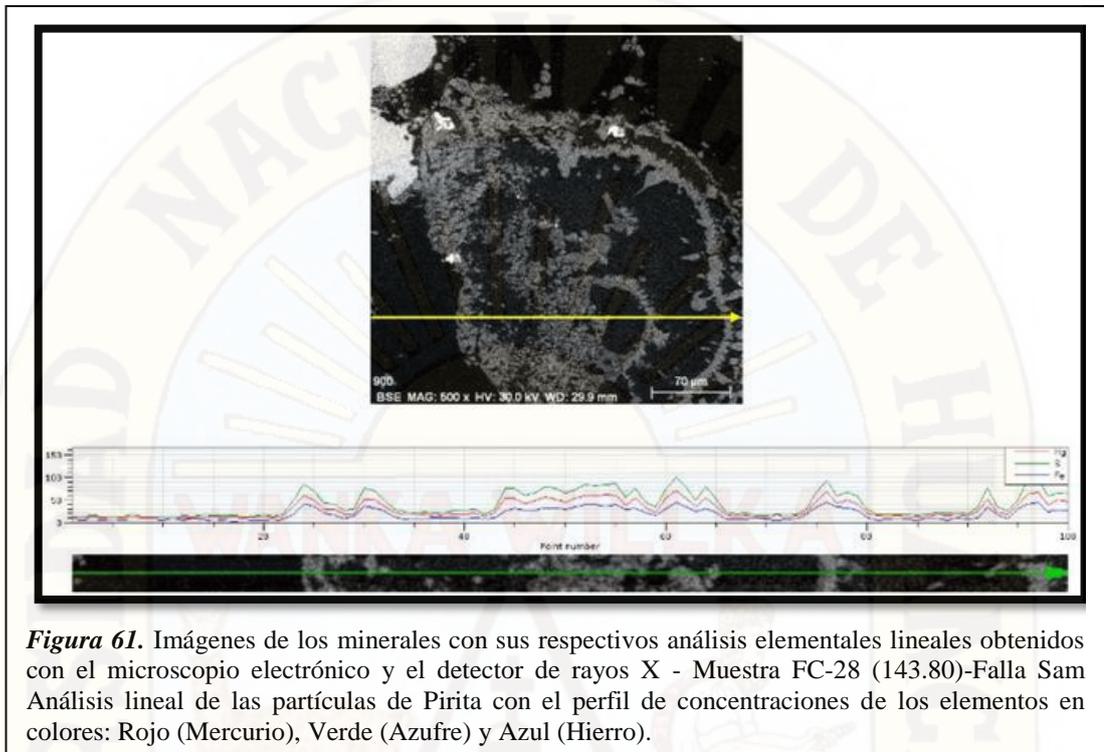
**Figura 58.** Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra FC-28 (143.80)-Falla Sam.



**Figura 59.** Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales y areales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra FC-28 (143.80)-Falla Sam.



**Figura 60.** Imágenes de los minerales con sus respectivos análisis elementales lineales obtenidos con el microscopio electrónico y el detector de rayos X - Muestra FC-28 (143.80)-Falla Sam. Análisis lineal de las partículas de Pirita con el perfil de concentraciones de los elementos en colores: Rojo (Mercurio), Verde (Azufre) y Azul (Hierro).



#### 4.11. Especies Minerales Reconocidos por Microscopia.

**Tabla 20.** Especies minerales reconocidos por microscopía.

Especies minerales mencionadas en los estudios microscópicos				
Nombre	Símbolo	Composición Química	Peso Especifico	Dureza
Cuarzo	cz	SiO <sub>2</sub>	2,62	7,0
Pirita	py	FeS <sub>2</sub>	5,05	6,5
Calcopirita	cp	CuFeS <sub>2</sub>	4,19	3,5
Sulfosales de Plomo	SFsPb	Variada	6,15	3,0
Esfalerita I	ef I	(Zn,Fe)S	4,05	3,5
Esfalerita II	ef II	(Zn,Fe)S.CuFeS <sub>2</sub>	4,05	3,5
Galena	gn	PbS	7,40	2,5
Hemimorfita	hmf	Zn <sub>4</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (OH) <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O	3,45	5,0
Hematita	hmf	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,30	6,5
Cerusita	cer	PbCO <sub>3</sub>	6,58	3,5
Limonitas	LMs	Variada		
Calcita	cac	CaCO <sub>3</sub>	2,71	3,0
Carbonatos	CBs	(Ca,Mg,Fe)CO <sub>3</sub>	2,71	3,0
Dolomita	dIm	Ca,Mg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2,83	3,5
Smithsonita	smt	ZnCO <sub>3</sub>	4,45	4,5

Esfalerita I: Sin impurezas de Calcopirita.

Esfalerita II: Contiene eventualmente diseminaciones finas (<0,005 mm) de Calcopirita.

Nota: El término trazas se aplica en valores menores a 0,5%.

#### 4.12. Secuencia Paragenética Interpretada.

En base a observaciones al microscopio óptico y análisis correspondiente al conjunto de las 5 muestras de cores representativos procedentes de los sectores San Jorge, Karen Milagros y Falla Sam del Proyecto Cañón Florida. La secuencia paragenética es como sigue: (ver Tabla 21).

**Tabla 21.** Secuencia paragenética interpretada del Proyecto Cañón Florida.

Secuencia Paragenética Interpretada – Proyecto Cañón Florida										
Mineral	Secuencia Paragenética									
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
Hematita y limonita										
Sulfosales de Plomo										
Marcasita										
Esfalerita II										
Pirita II										
Galena										
Esfalerita I										
Calcopirita										
Pirita I										
Ganga										

#### 4.13. Resultados de los Estudios por Microscopía Electrónica.

En la Tabla 22 se comparan los minerales: Esfalerita, galena y pirita respecto de sus elementos constituyentes e impurezas (Cd, Fe, Hg, In, Se, Ga y Mn) para las siguientes muestras:

V-245(75.80) - Sector San Jorge

V-220(463.40) - Sector San Jorge

V-289(146.80) -Sector Karen Milagros

FC-36(143.80) - Sector Karen Milagros

FC-28(129.80) - Sector Falla Sam.

Se puede apreciar que el contenido promedio de los elementos: Manganeso, Cadmio, Galio, Selenio, Indio y Mercurio en las muestras se presenta en mayor proporción en la pirita que en la esfalerita.

No se aprecia contenido de mercurio, a excepción de la muestra FC-28(129.8) que se presenta en la pirita con un valor de 1,45%.

El mineral sulfosales de plomo (Boulangerita) solamente se encontró en la muestra FC-36(143.8).



#### **4.14. Caracterización Geológica del Depósito Mississippi Valley Type**

El Depósito Mississippi Valley Type Cañón Florida se circunscribe en la Formación Chambará del Grupo Pucará, este importante metalotecto también alberga el Yacimiento San Vicente de tipo MVT en el centro del Perú (única mina en producción en el Perú).

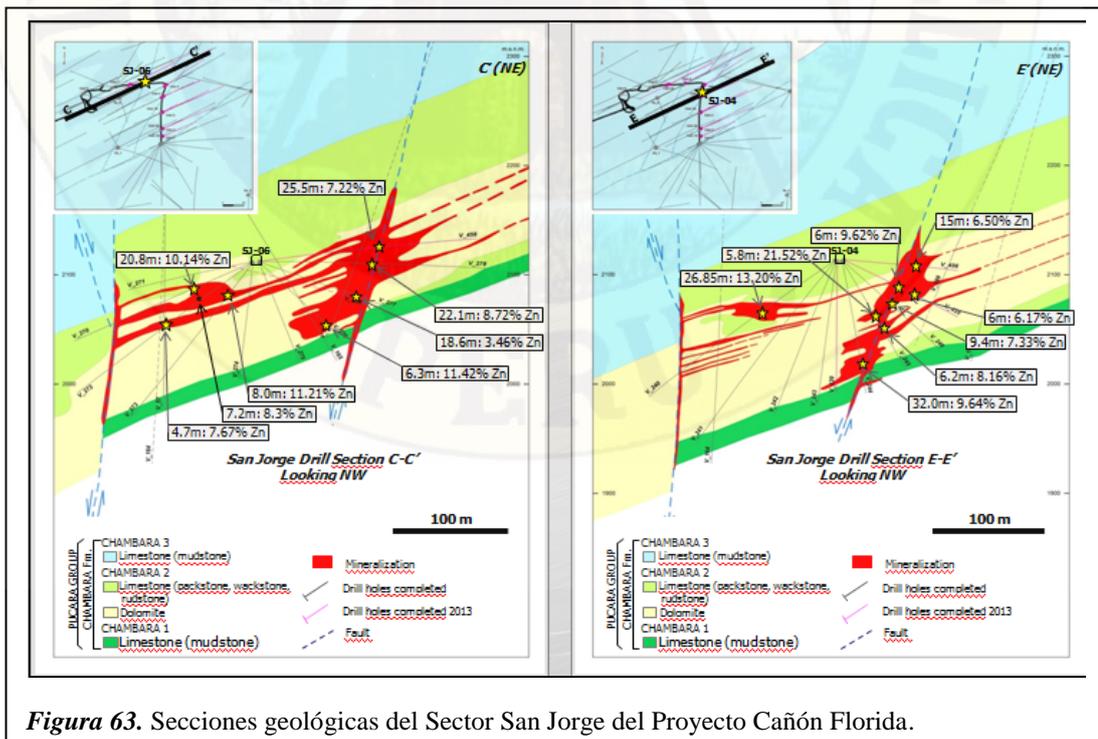
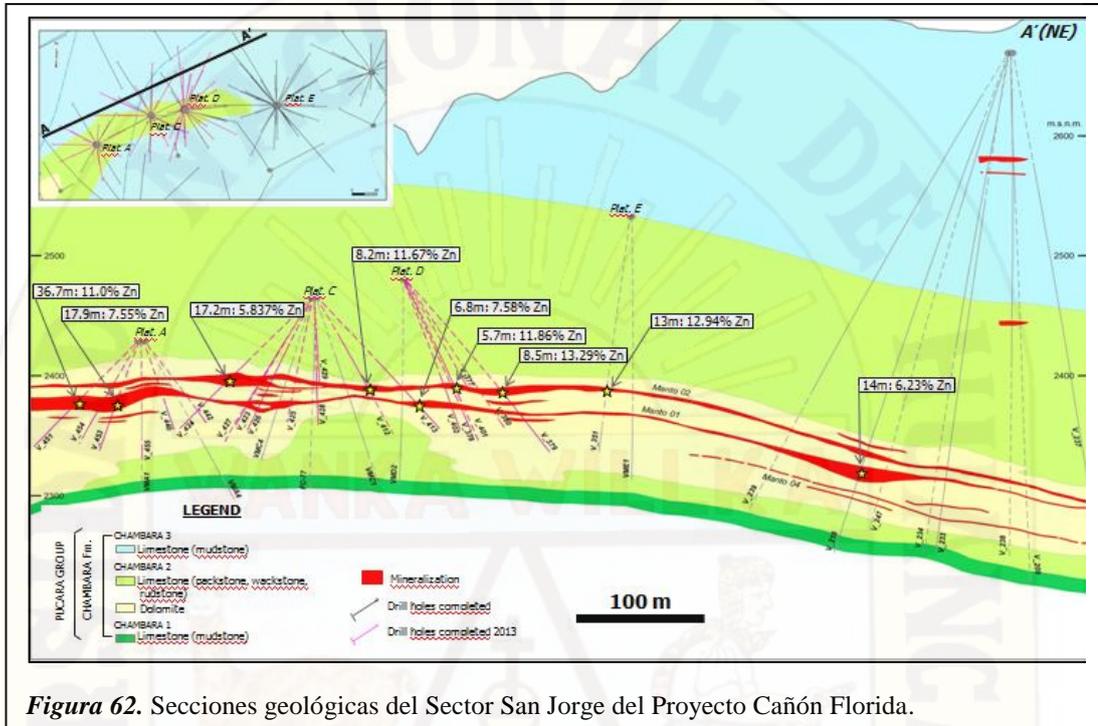
La geometría del depósito Cañón Florida es en mantos y cuerpos mineralizados asociados a los niveles dolomitizados porosos y permeables del Miembro Chambará 2 y limitados por secuencias carbonatadas de granulometría fina del Miembro Chambará 3; actuando esta última como roca sello y condicionando trampas estratigráficas favorables para la depositación mineral en las cercanías de fallas o fracturas alimentadoras de mineral (feeders).

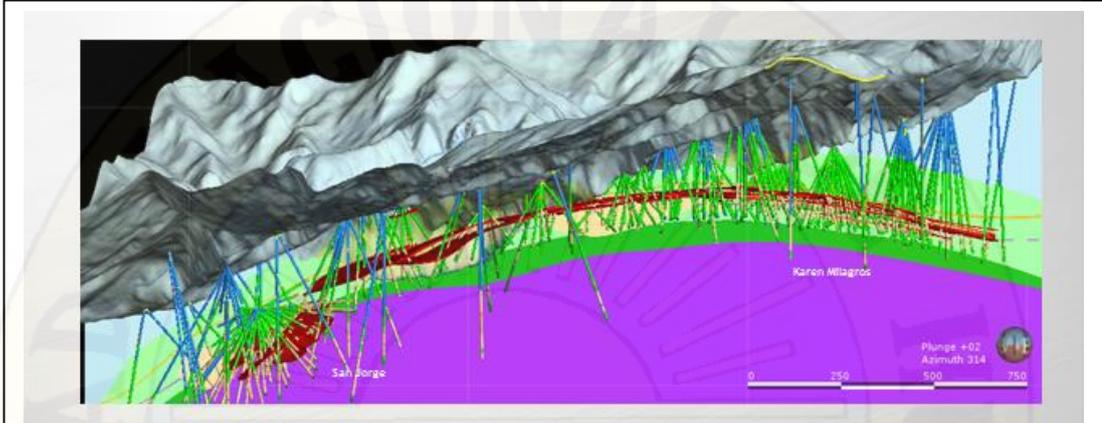
La caracterización geológica del depósito MVT Cañón Florida se resume en la Tabla 23; destacando el control, estructural, estratigráfico, litológico vinculados a los niveles dolomitizados del Miembro Chambará 2, de la Formación Chambará del Grupo Pucará de edad Triásico superior a Jurásico inferior, con texturas favorables para la mineralización MVT. La alteración es dolomitización, la mineralización de mena está conformado por: esfalerita, galena, smithsonita y hemimorfita.

Los recursos inferidos + indicados + medidos son de 18 millones de toneladas donde los análisis químicos indican leyes promedio de 8,43% Zn, 1,02% Pb y 10,45 g/t Ag (Informe interno Votorantim 2014).

**Tabla 23.** Características del Depósito Mississippi Valley Type Cañón Florida.

<b>CARACTERISTICA DEL DEPOSITO MVT CAÑON FLORIDA</b>	
Tipo de Depósito Mineral	MVT
Ambiente tectónico	Cuenca Ante País
Metalogenia	Franja del Pucará
Estratigrafía Regional	Grupo Pucará
Estratigrafía Distrital	Formación Chambará
Estratigrafía Local	Miembro Chambará 2
Estructura	Anticlinal, fallas, brechas de colapso, graven, horst, brechas tectónicas evaporíticas
Litología	Dolomitas wackestone, packstone y rudstone
Alteración	Dolomita
Minerales de Mena	Esfalerita (ZnS), galena (PbS), smithsonita (ZnCO <sub>3</sub> ), hemimorfita (Zn <sub>4</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (OH) <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O)
Minerales de ganga	Dolomita, calcita, pirita, marcasita
Textura	Pseudobrecha packstone, rudstone; brecha homolítica, brecha heterolítica (colapso y/o tectónico); brecha tectónica evaporítica
Ocurrencia Mineral	Masiva, semi-masiva, diseminados, patch, venillas
Bitumen	Contiene la formación Aramachay, y los niveles inferiores a intermedios de la Fm. Chambará 3
Roca Sello	Calizas mudstone – Miembro Chambará 3 y Fm. Aramachay

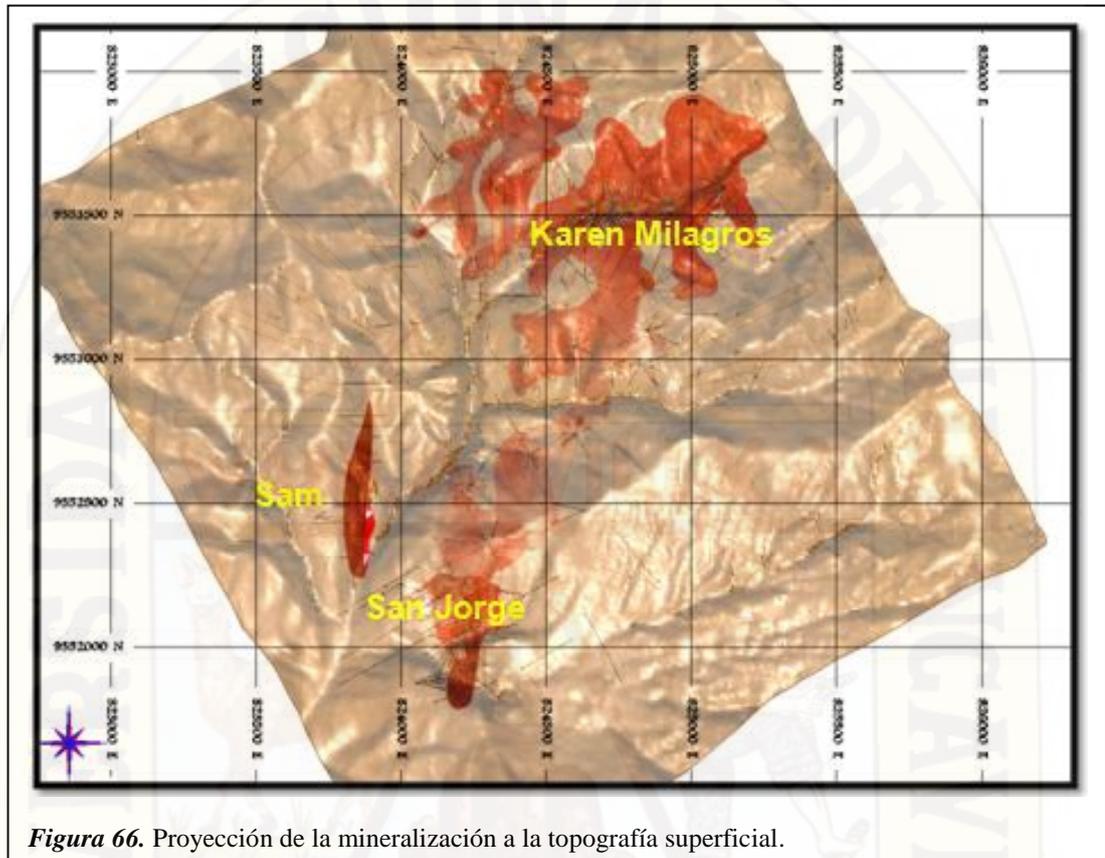




**Figura 64.** Captura de imagen de pantalla mostrando las características del depósito mineral en los niveles dolomitizados de la Unidad Chambará 2.



**Figura 65.** Captura de imagen de pantalla mostrando cuerpos de mineral del depósito; Cañón Florida en color rojo cuerpos estratoligados o mantos y de color azul cuerpos estructuralmente controlados por fallas.



*Figura 66.* Proyección de la mineralización a la topografía superficial.

#### 4.15. Características y Distribución de la Mineralización a Escala del Yacimiento

En gran parte la esfalerita rellena y reemplaza también cavidades de disolución, espacios en brechas de colapso o mosaico y parcialmente fragmentos de lo mismo, con hábitos coliformes en los que se distingue bandeamientos concéntricos difusos; dichas evidencias indican que hubieron 2 o más fases de precipitación mineral.

La presencia de óxidos de zinc a profundidades considerables, sería debido a la oxidación por el aporte de aguas meteóricas descendentes sin descartar aportes de aguas connatas y su percolación a través de fracturas

profundas. Los análisis químicos indican leyes promedio alrededor de 8,43% Zn, 1,02% Pb y 10,45 g/t Ag (Dic.13).

En el Corredor SAM se registran zonas mineralizadas en el 90% de sondajes diamantinos ejecutados, la mineralización se presenta como diseminaciones de baja ley en zonas de solución con espesores considerables hasta zonas de reemplazamiento parcial o masivo con leyes y espesores significativos.

En el Sector de Karen-Milagros, los intervalos estratigráficos referenciados por los marcadores bioestratigráficos: Bivalvo Intacto Marcador (IBM) y Coquina Marcador (CQM) se hallan karstificados y dolomitizados; en este sector la mineralización ocurre en geometría de mantos estratoligados prismáticos, con mineralización masiva y diseminada; en esta zona la presencia de fallas son más espaciadas.

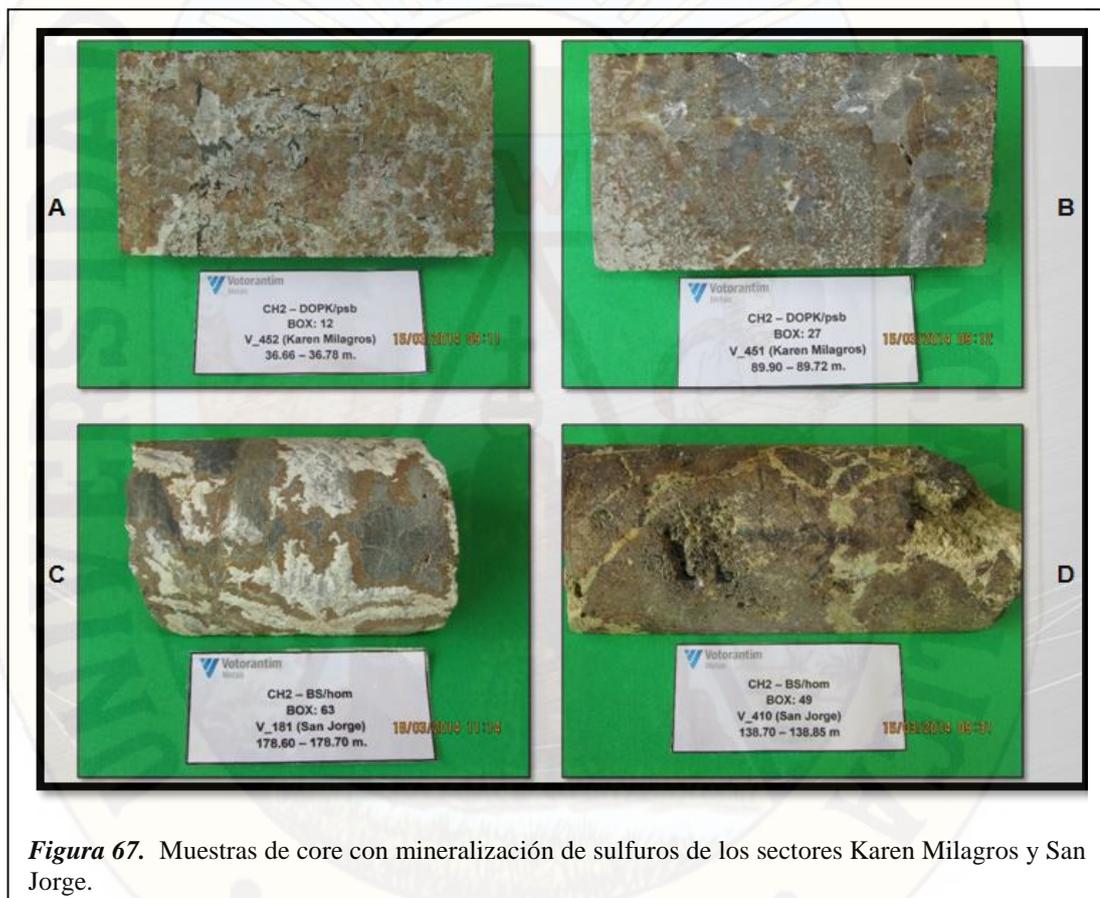
En el Sector de San Jorge la mineralización significativa en ley y espesor están controlados por estructuras tectónicas en zonas de brechas de colapso y también en mantos relacionados a los niveles dolomitizados y cercanos a fallas que sirvieron de conductos o canales de circulación de la mineralización.

#### **4.15.1. Estilos de Mineralización**

En el sector San Jorge el estilo de mineralización de alta ley está asociada a eventos con inyecciones de evaporita (brechas evaporíticas tectónicas) a lo largo de fallas y zonas de colapso que predominan en San Jorge. En las inyecciones de evaporitas los sulfuros ocurren como sustitución de la anhidrita previamente reemplazados por dolomita y de las rocas huésped carbonatadas como relleno de fracturas cerca de las inyecciones evaporíticas.

La mineralización observada en Karen Milagros se encuentra principalmente en dolomitas packstone porosas y dolomita packstone pseudobrecha, con contenido de bitumen y de manera restringida en inyecciones de evaporitas. La geometría de la mineralización es de tipo

manto o estratiforme asociada con dolomitas ricas en materia orgánica (bituminosa) porosa y pseudobrechas evaporíticas; que representan facies deposicionales estratiformes de evaporitas en ambientes de marismas costeras o ambientes sabkha. Este estilo es predominante en Karen Milagros mientras que es un componente menor en San Jorge.



- Mineralización significativa de esfalerita en dolomita packstone pseudobrecha porosa.
- Mineralización significativa de esfalerita y galena en patch, en dolomita packstone pseudobrecha porosa.
- Mineralización de esfalerita significativa en brecha tectónica evaporítica; posible reemplazo directo de anhidrita.
- Mineralización con diseminación masiva de esfalerita y patch de galena en dolomita packstone porosa; podría tener componentes de brecha evaporítica de inyección.

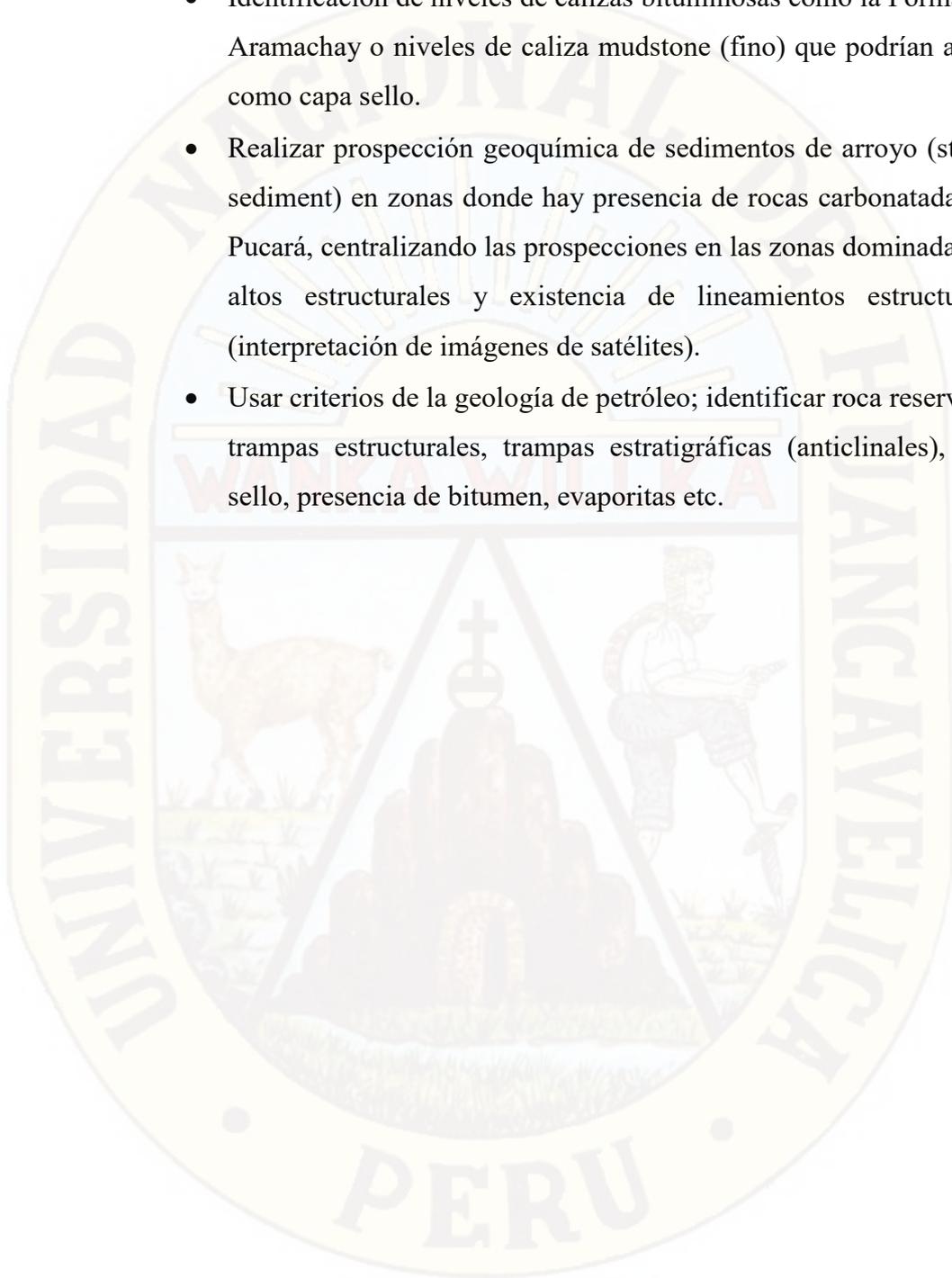
#### **4.16. Guías Prácticas para la Prospección y Exploración de Depósitos Mississippi Valley Type**

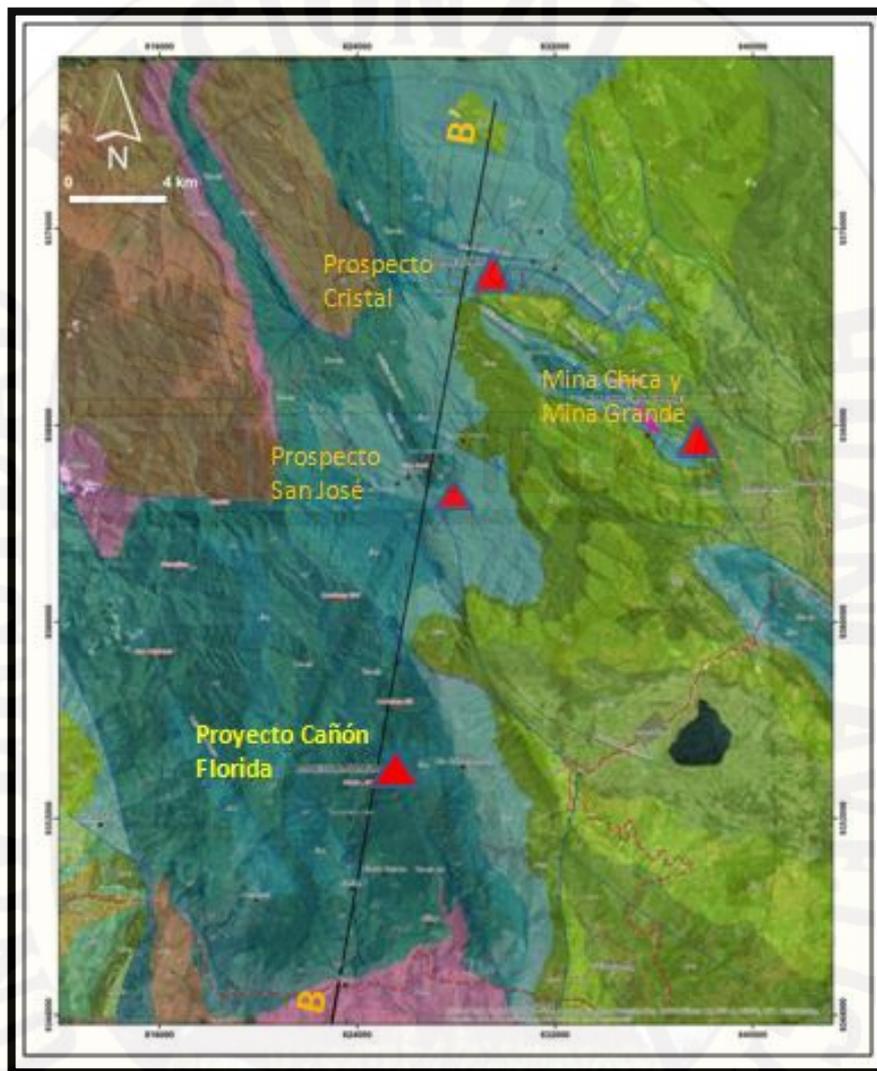
Por los antecedentes de descubrimientos de Depósitos MVT San Vicente (Junín), Cañón Florida (Bongará) y muchos blancos prospectivos localizados en la Región de Amazonas; se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

##### **4.16.1. Prospección a Escala Regional y Distrital.**

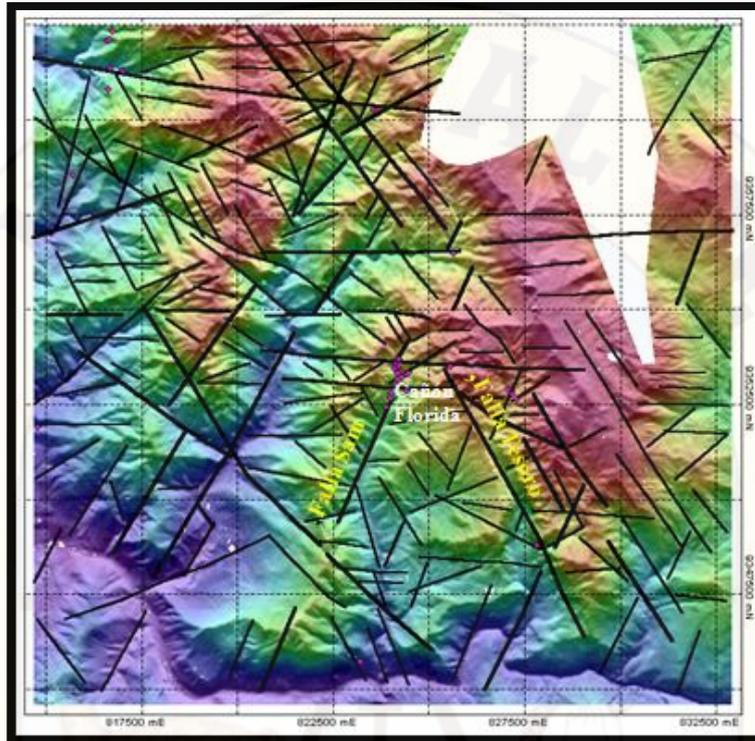
- Orientar las exploraciones regionales en la dirección de la Franja Carbonatada del Grupo Pucará en bordes de cuenca con ambientes sedimentarios de plataformas. que suprayacen a basamentos metamórficos y rocas paleozoicas clástico-pelíticas que controlan el desarrollo de altos estructurales.
- Los bordes de cuenca son áreas donde se forman posibles barras de arrecifes y texturas de alta energía como la porosidad primaria con granulometría gruesa (permeables).
- Buscar áreas plegadas (anticlinales), estructuras de sobreescorrimento, fallas que afectan secuencias carbonatadas; ya que las fallas o fracturas podrían ser conductos o feeders mineralizadas.
- Los métodos geoquímicos que se han utilizado con más éxito en exploración de depósitos MVT son la geoquímica de suelos y "stream sediment" o sedimentos de arroyo; estos métodos clásicos han ayudado en varios distritos a identificar afloramientos no conocidos de yacimientos de Zn y Pb.
- El método litogeoquímico sirve como criterio de proximidad para identificar cuerpos mineralizados. Es útil para identificar formaciones que han sido alteradas y que podrían estar relacionados con la mineralización.

- Identificación de niveles de calizas bituminosas como la Formación Aramachay o niveles de caliza mudstone (fino) que podrían actuar como capa sello.
- Realizar prospección geoquímica de sedimentos de arroyo (stream sediment) en zonas donde hay presencia de rocas carbonatadas del Pucará, centralizando las prospecciones en las zonas dominadas por altos estructurales y existencia de lineamientos estructurales (interpretación de imágenes de satélites).
- Usar criterios de la geología de petróleo; identificar roca reservorio, trampas estructurales, trampas estratigráficas (anticlinales), capa sello, presencia de bitumen, evaporitas etc.

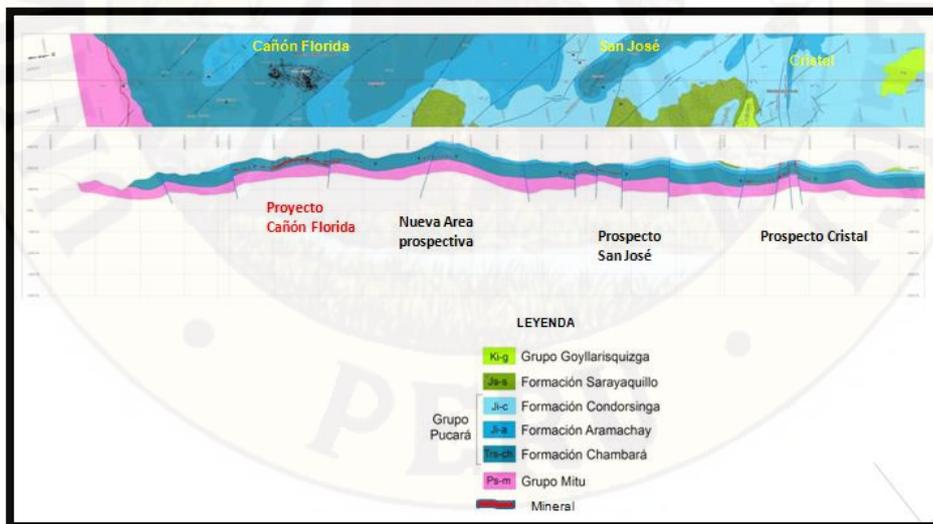




*Figura 68.* Plano geológico regional con la línea de sección B-B'.



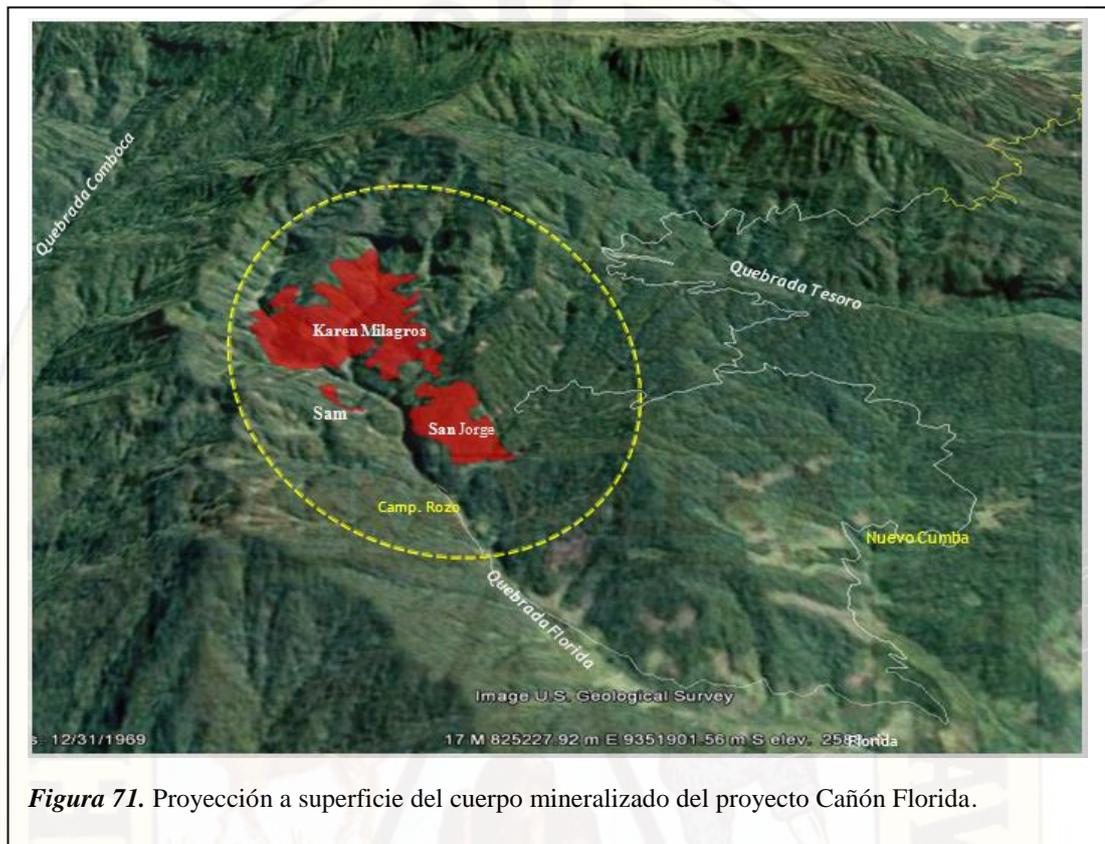
**Figura 69.** Plano estructural y de lineamientos estructurales a escala distrital.



**Figura 70** Sección geológica B-B' donde se localiza el proyecto Cañón Florida, los prospectos San José y prospecto Cristal.

#### 4.16.2. Exploración a Escala de Yacimiento

- Orientar las exploraciones en zonas perforadas que interceptaron mineral y quedaron abiertas (Sur de San Jorge, al Norte y Noreste de Karen Milagros, extensión SSW y NNE de la Falla Sam); zona con presencia de anomalías estructurales, concentración de lineamientos estructurales en el área comprendida entre la cabecera de la Quebrada El Tesoro (captación de agua de Nuevo Cumba) y el campamento 2 (sector NE de Karen Milagros).
- Orientar las exploraciones en los niveles dolomitizados de la Unidad Chambará 2 con presencia de porosidad secundaria con cavidades de disolución, pseudobrechas, fallas, fracturas y brechas.
- Orientar las exploraciones cerca a cambios de facies y debajo de niveles impermeables y asociadas a fracturamientos.
- En áreas donde no hay afloramientos de roca, complementar con muestreos de suelos (horizonte B). Identificar horizontes guías que podrían ser horizontes bioestratigráficos, contactos litológicos etc. que permitan saber con la referencia la cercanía de niveles dolomitizados con características de metalotecto para la prospección y/o exploración mineral.
- A escala de yacimiento poner énfasis en los niveles dolomitizados con texturas de pseudobrecha, texturas de cebrá, brechas de colapso, brechas de falla, indicios de mineral o identificación de showing de esfalerita y/o galena, fallas, pliegues anticlinales.



#### 4.17. Discusión de Resultados.

En base al análisis del ambiente geotectónico y metalogénico se ha establecido que el área de estudio se ubica en el límite de la Cordillera Oriental y la Faja Subandina y se enmarca en la cuenca antepaís (fig. 5) y el análisis de la geología regional permitió enmarcar la ubicación del Proyecto Cañón Florida en el borde de la Cuenca Pucará; lugar favorable para localizar facies gruesas de tipo sabkha (litoral) de secuencias carbonatadas en ambientes de plataforma con arrecifes.

La revisión de logeos de cores de perforaciones ddh de más de 118 000 m corroboran la existencia de niveles dolomitizados con textura media a gruesa correspondientes a la Fm Chambará y por las cercanías a fallas que se

comportaron como canales alimentadores de fluidos mineralizantes (feeders) permitieron la circulación y posteriormente la precipitación mineral en zonas favorables con presencia de bitumen, porosidad, permeabilidad y trampas estructurales.

Los levantamientos de la estratigrafía regional (tabla 3) distrital (fig.11) y local (fig.13) han permitido reconocer los diferentes tipos de secuencia litológica de rocas carbonatadas y clásticas; la evaluación y análisis de las secuencias sedimentarias permitieron la identificación de niveles dolomitizados (porosos y permeables) de la Formación Chambará favorables para la concentración de la mineralización de Zn y Pb en el Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú.

El análisis estructural a escala regional (fig.21) y distrital (fig. 68) se ha basado en la interpretación del mapeo geológico estructural y lineamientos estructurales de campo e informes de estudios previos.

El mapeo geológico a escala regional (fig. 10) y el análisis estructural (fig.21) respectivo nos ha permitido identificar regionalmente un corredor estructural (fallas y pliegues) de orientación andina llamado Utcubamba-Bongará que afecta a la secuencia de rocas carbonatadas del Pucará y las estructuras de la Falla Sam y Falla El Tesoro con orientaciones NNE-SSW y SSE- NNW respectivamente, las cuales controlan el depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida; Norte de Perú, cuyas características geológicas y estructurales servirán de patrón para inferir la posibilidad de encontrar nuevos yacimientos semejantes.

Los estudios microscópicos con microscopía óptica, difracción de rayos X y microscopio electrónico de barrido, corroboran los minerales reconocidos en el campo macroscópicamente,

En la Tabla 22 se comparan los minerales: esfalerita, galena y pirita respecto de sus elementos constituyentes e impurezas (Cd, Fe, Hg, In, Se, Ga y Mn) para las siguientes muestras:

V-245(75.80) - Sector San Jorge

V-220(463.40) - Sector San Jorge

V-289(146.80) -Sector Karen Milagros

FC-36(143.80) - Sector Karen Milagros

FC-28(129.80) - Sector Falla Sam.

Se puede apreciar que el contenido promedio de los elementos: Manganeso, Cadmio, Galio, Selenio, Indio y Mercurio en las muestras se presenta en mayor proporción en la pirita que en la esfalerita.

No se aprecia contenido de mercurio, a excepción de la muestra FC-28(129.8) que se presenta en la pirita con un valor de 1,45%.

El mineral sulfosales de plomo (Boulangerita) solamente se encontró en la muestra FC-36(143.8).

La identificación y paragénesis permiten corroborar que la mineralogía es simple (asociación esfalerita – galena y gangas de dolomita, calcita, pirita y marcasita) típicos de los depósitos mississippi valley type en ambientes carbonatados.

#### **4.18. Prueba de Hipótesis**

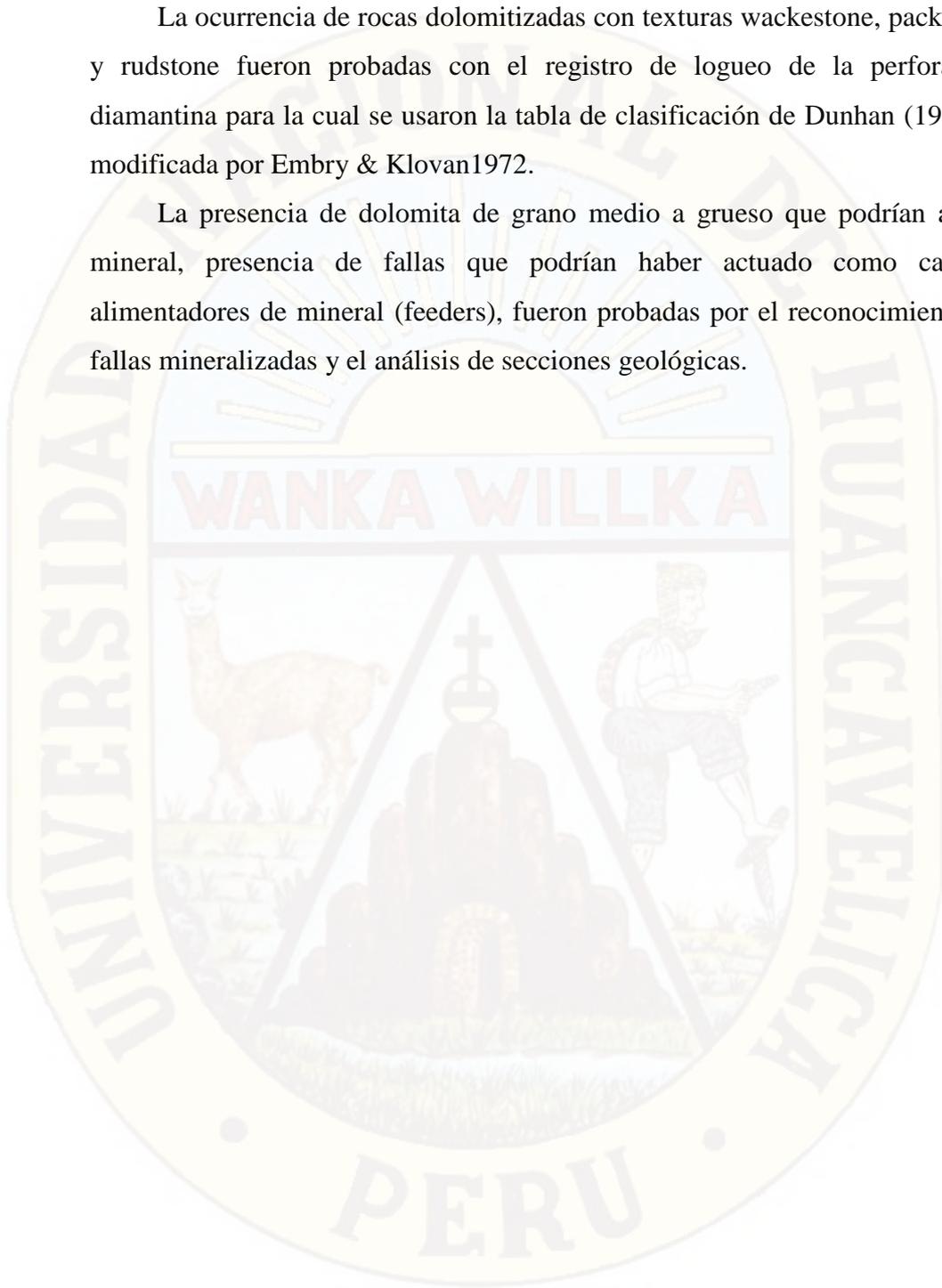
La existencia de un ambiente geológico favorable, estructuras geológicas favorables, litología favorable para hospedar o alojar minerales de tipo mississippi valley type se fundamentó en el análisis de información geológica existente, el análisis de mapas geológicos, columna estratigráfica regional y distrital.

La existencia de rocas carbonatadas dolomitizadas con texturas favorables para albergar mineral económico fueron probadas con la información y análisis del mapa geológico local, la columna estratigráfica local y la identificación de texturas favorables con el registro de cores de la perforación diamantina.

La presencia de diferentes tipos de rocas dolomitizadas y calizas en la Formación Chambará fueron probadas con el registro de logueo de cores de la perforación diamantina de más de 118 000 m.

La ocurrencia de rocas dolomitizadas con texturas wackestone, packstone y rudstone fueron probadas con el registro de logeo de la perforación diamantina para la cual se usaron la tabla de clasificación de Dunhan (1962) y modificada por Embry & Klovan 1972.

La presencia de dolomita de grano medio a grueso que podrían alojar mineral, presencia de fallas que podrían haber actuado como canales alimentadores de mineral (feeders), fueron probadas por el reconocimiento de fallas mineralizadas y el análisis de secciones geológicas.



## CONCLUSIONES

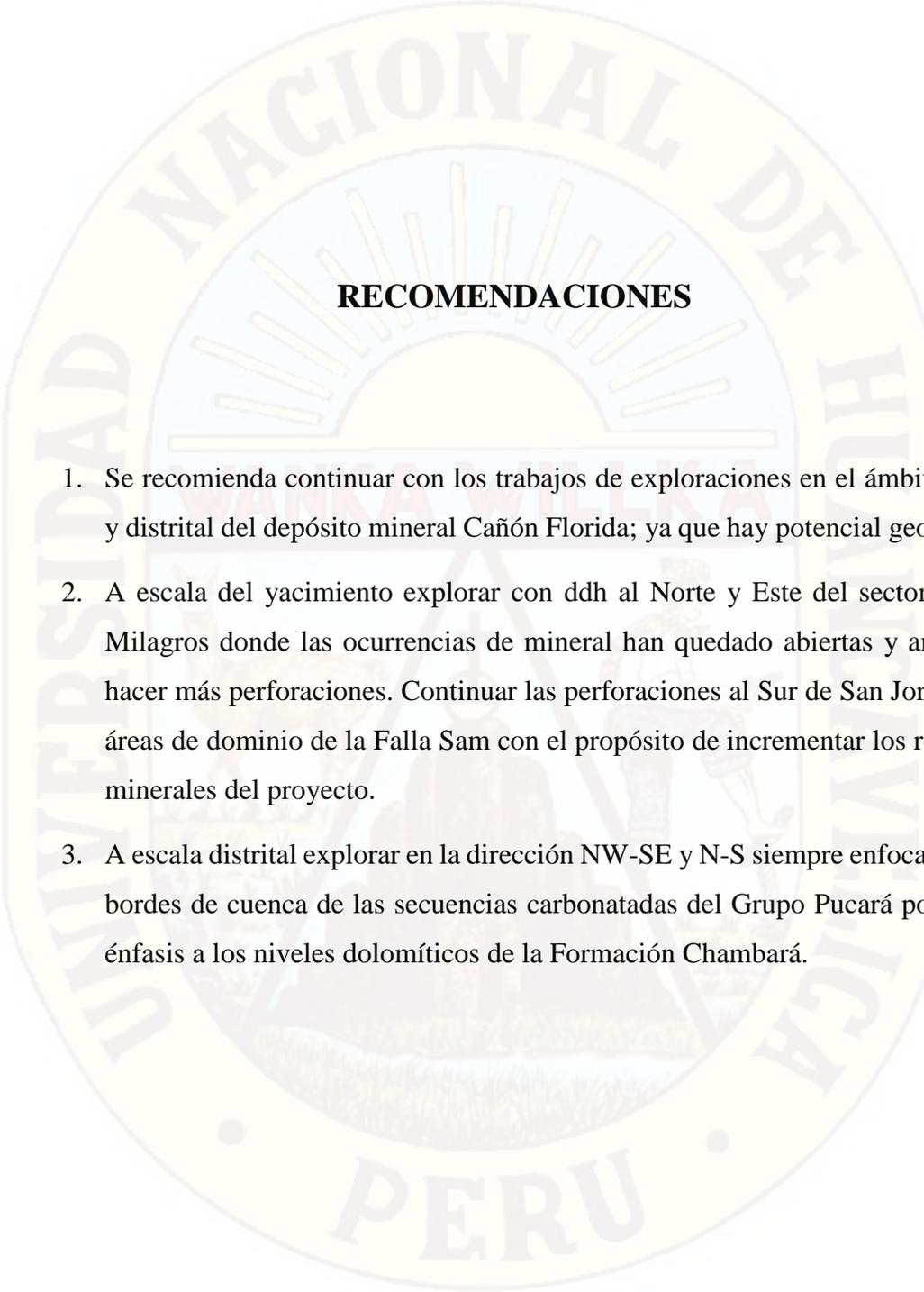
Las principales conclusiones de este estudio son:

1. El control litológico para la mineralización del depósito Mississippi Valley Type en el Proyecto Cañón Florida está dado por dolomitas porosas y permeables correspondientes a facies de ambiente sabkha o alta energía; las estructuras que controlan la mineralización a escala distrital son: La Falla Sam y Falla El Tesoro, a escala del depósito las fallas menores de dirección NS, brechas de colapso, brechas tectónicas evaporíticas y el anticlinal Cañón Florida, y el control estratigráfico es la Unidad Chambará 2 correspondiente a la unidad intermedia de la Formación Chambrá del Grupo Pucará, limitados por secuencias de calizas de grano fino que actuaron como trampas o barreras impermeables, favoreciendo la concentración de la mineralización en las cercanías de los feeders. La mayor parte de la mineralización Mississippi Valley Type del proyecto Cañón Florida se circunscribe en la unidad Chambará 2 entre los marcadores bioestratigráficos Bivalvo Intacto Marcador (IBM) y Coquina Marcador (COQ);
2. Las características geológicas del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida están asociados a procesos tectónicos pre-orogénicos y orogénicos del ciclo andino; la evolución tectónica pre-sedimentaria sin-sedimentaria y post-sedimentaria de las secuencias calcáreas coadyuvaron favorablemente a los cambios de facies y grosores, favoreciendo la circulación y precipitación de la mineralización mississippi valley type del proyecto Cañón Florida.
3. La presencia de texturas en las rocas dolomitizadas favorables están relacionados a facies de alta energía con alta porosidad, caracterizados por las texturas wakestone, packstone y rudstone; además por la ocurrencia de texturas de pseudobrechas y estructuras de brechas heterolíticas, brechas homolíticas y brechas evaporíticas, siendo éstas últimas relacionados a fallas o colapso de ciertos niveles estratigráficos.
4. La característica de la mineralización del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida está conformada por la ocurrencia de esfalerita, galena, pirita, marcasita, hemimorfita, smithsonita, dolomita, calcita y cuarzo; siendo la

hemimorfita y smithsonita minerales secundarios productos de oxidación de los sulfuros por acción de las aguas meteóricas percoladas

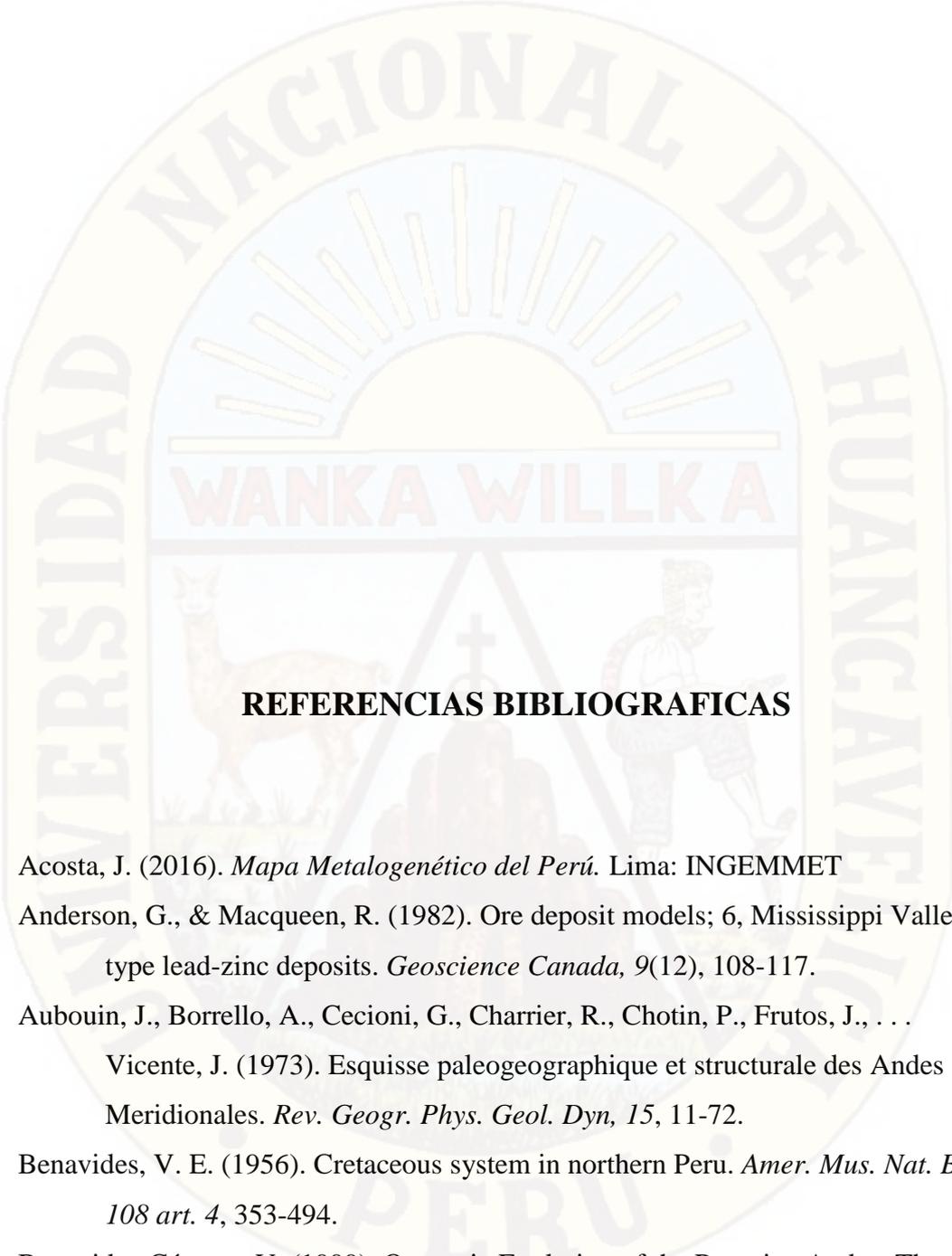
La mineralización mississippi valley type ocurre como reemplazamiento en dolomitas de grano medio a grueso ricas en bitumen o como relleno de cavidades de disolución y/o relleno de fracturas; la geometría de la mineralización es en mantos, cuerpos y vetiformes; las texturas de los sulfuros son variados en el yacimiento; se presentan masivo, semi-masivo, bandeado, diseminado y patch. Las dimensiones y formas de los cuerpos y mantos mineralizados son variables y con distribución irregular.

5. Los patrones estructurales identificados en este estudio pueden servir como guía de prospección y exploración a escala distrital y local en los alrededores del Proyecto Cañón Florida, poniendo énfasis en los niveles dolomitizados del Miembro Chambará 2 con características texturales favorables.



## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar con los trabajos de exploraciones en el ámbito local y distrital del depósito mineral Cañón Florida; ya que hay potencial geológico.
2. A escala del yacimiento explorar con ddh al Norte y Este del sector Karen Milagros donde las ocurrencias de mineral han quedado abiertas y ameritan hacer más perforaciones. Continuar las perforaciones al Sur de San Jorge y en áreas de dominio de la Falla Sam con el propósito de incrementar los recursos minerales del proyecto.
3. A escala distrital explorar en la dirección NW-SE y N-S siempre enfocando los bordes de cuenca de las secuencias carbonatadas del Grupo Pucará poniendo énfasis a los niveles dolomíticos de la Formación Chambará.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

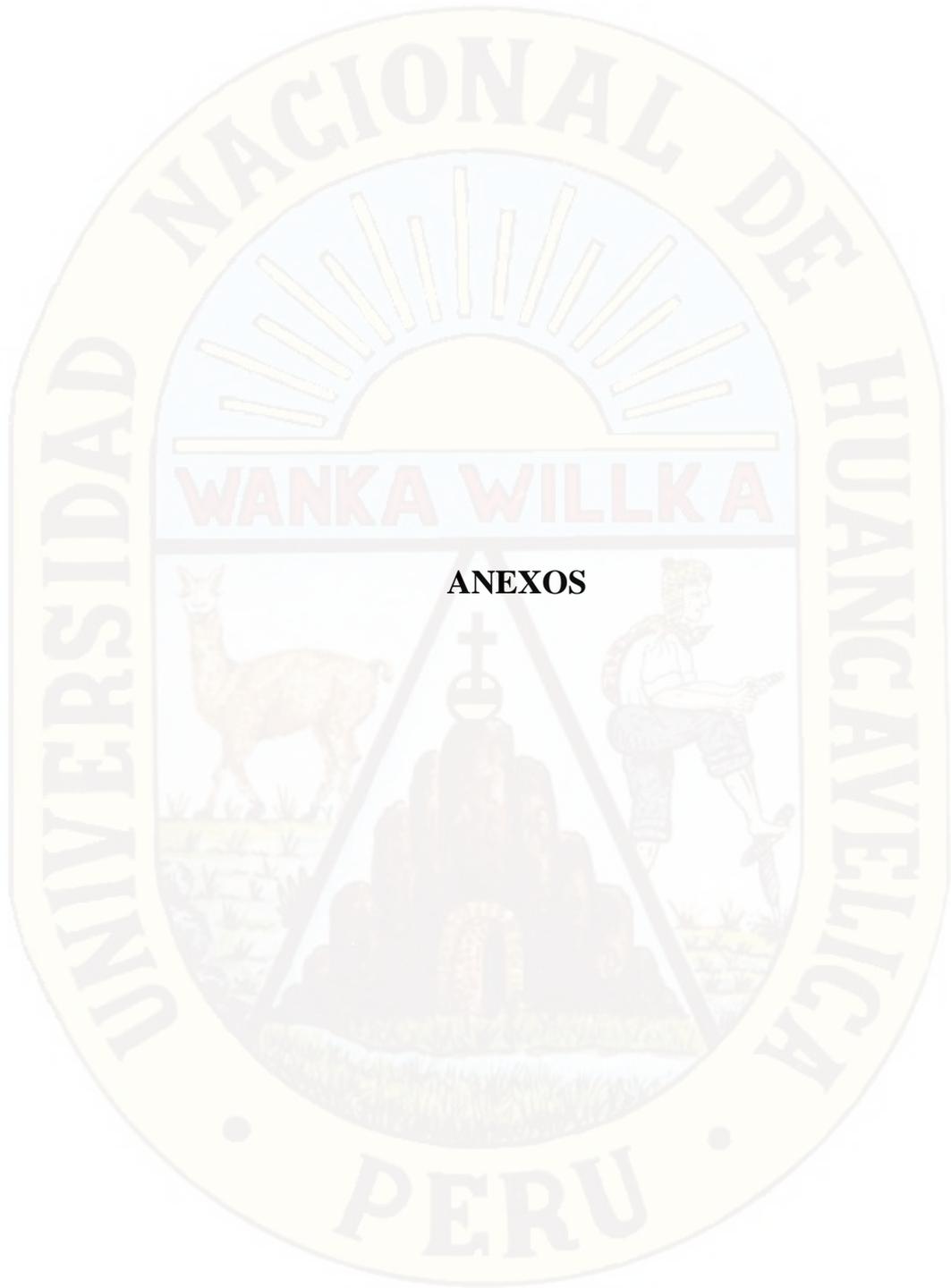
- Acosta, J. (2016). *Mapa Metalogenético del Perú*. Lima: INGEMMET
- Anderson, G., & Macqueen, R. (1982). Ore deposit models; 6, Mississippi Valley - type lead-zinc deposits. *Geoscience Canada*, 9(12), 108-117.
- Aubouin, J., Borrello, A., Cecioni, G., Charrier, R., Chotin, P., Frutos, J., . . . Vicente, J. (1973). Esquisse paleogeographique et structurale des Andes Meridionales. *Rev. Geogr. Phys. Geol. Dyn*, 15, 11-72.
- Benavides, V. E. (1956). Cretaceous system in northern Peru. *Amer. Mus. Nat. Bull*, 108 art. 4, 353-494.
- Benavides-Cáceres, V. (1999). Orogenic Evolution of the Peruvian Andes: The Andean Cycle. En B. Skinner (Ed.), *Geology and Ore Deposits of the Central Andes* (Vols. Special Publication, No. 7, págs. 61-107). Society of Economic Geologists, INC.

- Bradley, D., & Leach, D. (2003). Tectonic controls of Mississippi Valley-type lead–zinc mineralization in orogenic forelands. *Mineralium Deposita*, 38(6), 652–667. doi:10.1007/s00126-126-003-0355-2
- Carrasco, S. (2017) Metodología de la Investigación Científica; Editorial San Marcos.
- Cobbing, E., Ozard, J., & Snelling, N. (1977). Reconnaissance geochronology of the crystalline basement rocks of the Coastal Cordillera of southern Peru. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 88(2), 241–246.
- Corbella, M., Ayora, C., & Cardellach, E. (2004). Hydrothermal mixing, carbonate dissolution and sulfide precipitation in Mississippi Valley-type deposits. *Mineralium Deposita*, 39(3), 344–357.
- Dalmayrac, B. (1986). Estudio geológico de la Cordillera Oriental, región de Huánuco. *INGEMMET., Boletín 11, Serie D.*
- Dalmayrac, B., Laubacher, G., & Marocco, R. (1988). Caracteres generales de la evolución geológica de los Andes Peruanos. *INGEMMET, Boletín 12, Serie D.*
- Dávila, D. (2004). *Controles Regionales de Mineralización MVT Zn-Pb Chanchamayo y Cristal (Bongará)*. Informe Interno Rio Cristal Zinc.
- Dunham, R. (1962). *Classification of carbonate rocks according to depositional texture*. American Association of Petroleum Geologists. Memoir 1. Ham, W.E. (Ed.).
- Embry, A., & Klovan, J. (1972). Absolute water depth limits of late devonian paleoecological zones. *Geologische Rundschau*, 61(2), 672–686.
- Fontbote, L., & Gorzawski, H. (1990). Genesis of the mississippi valley-type Zn-Pb deposit of San Vicente, central Peru; geologic and isotopic (Sr, O, C, S, Pb) evidence. *Economic Geology*, 85(7), 1402-1437.
- INGEMMET. (1995). Carta Geológica Nacional. *Geología del Perú - Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Boletín A 55.*
- Jaillard, E. (1990). Evolución de la margen andina en el norte de Perú desde el Aptiano superior hasta el Senoniano. *Bol. Soc. Geológica del Perú*, 81, 3-13.
- Jenks, W. (1951). Triassic to Tertiary stratigraphy near Cerro de Pasco. *GSA Bulletin*, 62(2), 202-220.

- Kalinaj, M. (2005). *Informe interno para CPSAA Pacasmayo - Proyecto Bongará (Mina Chica y Mina Grande) - Yamrasbamba - Bongará - Amazonas.*
- Kalinaj, M. (2005). ) *Informe interno para CPSAA Pacasmayo - Proyecto Bongará (Mina Chica y Mina Grande) - Yamrasbamba - Bongará - Amazonas.*
- Kisvarsanyi, G., Grant, S., Pratt, W., & Koenig, J. (1983). *International Conference on Mississippi Valley Type Lead-Zinc Deposits.* Rolla: University of Missouri.
- Kontak, D., Clark, A., Farrar, E., & Strong, D. (1985). The rift-associated Permo-Triassic magmatism of the Eastern Cordillera: A precursor to the Andean orogeny. En *PITCHER Magmatism at a Plate Edge: the Peruvian Andes* (págs. 36-44).
- Leach, D. (2011). *Report of Observation and Discussions with Votorantim Metais on the Florida Canyon Project, Bongará area, Perú.* Reporte interno.
- Leach, D. (2012). *Short Summary of Observations and Recommendations from a visit to the Florida Canyon Project – October.*
- Leach, D., & Sangster, D. (1993). Mississippi Valley-type lead-zinc. *Geological Association of Canada Special Paper 40*, 289-314.
- Leach, D., Bradley, D., Lewchuk, M., Symons, D., Marsily, G., & Brannon, J. (2001a). Mississippi Valley-type lead-zinc deposits through geological time: Implications from recent age-dating research. *Mineralium Deposita*, 36(8), 711-740.
- Mathalone, J., & Montoya, M. (1995). *Petroleum Geology of the Sub-Andean Basins of Peru. Memoir 62.*
- McLaughlin, D. (1924). Geology and physiography of the Peruvian Cordillera, departament of Junin and Lima. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 35, 591-632.
- Mégard, F. (1968). Geología del cuadrángulo de Huancayo. *INGEMMET Boletín del Servicio de Geología y Minerología*, 18, 123.
- Mégard, F. (1979). Estudio geológico de los Andes del Perú Central. *INGEMMET, Boletín 8, Serie D: Estudios Regionales.*
- Morán, R., & Fyfe, D. (1933). Geología de la Región del Bajo Pachitea Perú. *Bol. Of Dir. Minas e Indus, An XII(41)*, 43-54.

- Myers, J. (1980). Geología de los cuadrángulos de Huarmey y Huayllapampa. *INGEMMET, Boletín 33, Serie A: Carta Geológica Nacional.*
- Prinz, P. (1985). Zur Stratigraphie und Ammoniten fauna der Pucara Gruppe bei San Vicente (Depto. Junín Peru). *Newst. Stratigr, 14*, 129-141.
- Reid, C. (2001). *Stratigraphy and mineralization of the Bongara MVT zinc-lead district, northern Peru - Unpublished Thesis Master.* University of Toronto, Toronto, Ontario.
- Reyes, L. (1980). Geología de los cuadrangulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. *Ingemmet Boletin, 31.*
- Robles, I. (2010 al 2014). *Informes internos - Proyecto Cañón Florida- Votorantim Metais.*
- Robles, I. (2014). ) *Informes interno Geología del Depósito MVT Cañón Florida - Votorantim Metais.*
- Robles, I. (2014). *Informes interno Geología del Depósito MVT Cañón Florida - Votorantim Metais.*
- Salas, J., Taberner, C., Esteban, M., & Ayora, C. (2007). Hydrothermal dolomitization mixing corrosión and deep burial porosity formation: numerical results from 1-D reactive transport models. *Geofluids, 7*(2), 99-111.
- Sánchez, A. W. (1995). Geología de los cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolivar. *INGEMMET, Boletín 56, Serie A: Carta Geológica Nacional.*
- Sangster, D. (1990). Mississippi Valley-type and sedex lead-zinc deposits: a comparative examination. *Trans. Inst of Min Metall (Section B)*, 99, 21-42.
- Sangster, D. (1995). Mississippi Valley-type lead-zinc. En O. Eckstrand, W. Sinclair, & R. Thorpe, *Geology of Canadian Mineral Deposit Types* (Vol. 8, págs. 253-261). Geological Survey of Canada, Geology of Canada.
- Spirakis, C., & Heyl, A. (1995). Evaluation of proposed precipitation mechanisms for Mississippi Valley-type deposits. *Ore Geology Reviews, 10*(1), 1-17.
- Sverjensky, D. (1986). Genesis of Mississippi Valley-Type Lead-Zinc Desposits. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 14*, 177–199.

- Tafur , I. (1950). *Nota preliminar sobre la geología del valle de Cajamarca, Perú (Tesis Doctoral)*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú.
- Taylor, R., Leach, D., Bradley, D., & Pisarevsky, S. (2009). *Compilation of mineral resource data for Mississippi Valley Type and clastic - dominated sediment - hosted Pb-Zn deposits: U.S. Geological Survey Open-File Report 2009 - 1297, 46 p.*
- Tikkanen, G. (1986). *World resources and supply of lead and zinc*. In: W.R. Bush (Ed.). *Economics of Internationally traded minerals*. Society of Mining Engineers.
- Tritlla, J., & Canals, A. (1997). Mineralizaciones estratoligadas de metales base en carbonatos y rocas siliciclásticas;. En J. M. (ed) (Ed.), *Atlas para el estudio de las asociaciones minerales en lámina delgada* (págs. 272-286). Ediciones de la Universidad de Barcelona.
- Tritlla, J., González-Partida, E., Levresse, G., Banks, D., & Pironon, J. (2004). Fluorite deposits at Encantada-Buenavista, Mexico:. *Ore Geology Reviews*, 25, 329–332.
- Tucker , M. (2003). Mixed Clastic–Carbonate Cycles and Sequences: Quaternary of Egypt and Carboniferous of England. *Geologia Croatica*, 56(1), 19-37.
- Wilson, J. (1984). Geología de los Cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo y Chepén. *INGEMMET. Boletín*, 38 Serie A.
- Wilson, J., & Reyes, L. (1964). Geología de los cuadrángulos de Pataz. *INGEMMET, Boletín* 9, Serie A: Carta Geológica Nacional.



**ANEXOS**

## Matriz de Consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables Cualitativas
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	
¿Cuáles son los controles litológico, estructural, estratigráfico y su relación con la mineralización de Zn-Pb del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú y cuáles son sus características?	Determinar el control litológico, estructural, estratigráfico y su relación con la mineralización de Zn-Pb del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú y conocer sus características	Existencia de litología favorable, estructuras favorables y estratigrafía favorable para hospedar mineralización de Zn.Pb en el Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú.	<p><b>VARIABLE 1:</b> Rocas carbonatadas, estratos, estructuras geológicas, trampas.</p> <p><b>Definición conceptual: Rocas carbonatadas</b> rocas sedimentarias depositadas en ambientes carbonatados y conformados por carbonatos de calcio y magnesio. <b>Estrato:</b> capa sedimentaria de espesor más o menos uniforme extendida en sentido horizontal y separado por otras capas paralelas. <b>Estructuras geológicas:</b> Son las fallas, pliegues, fracturas; <b>Trampas:</b> Una trampa es una estructura geológica que hace posible la acumulación y concentración de mineral, manteniéndolo atrapado y sin posibilidad de escapar por los poros de una roca permeable.</p>
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	
<p>a) ¿Cuáles son las características geológicas del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú, poniendo énfasis en la litología de las secuencias carbonatadas?</p> <p>b) ¿Cuáles son las características texturales de las rocas en el nivel estratigráfico favorable para la mineralización del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú?</p> <p>c) ¿Cuáles son las características de la mineralización en el nivel dolomitizado de la Fm Chambará del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú</p> <p>d) ¿Cuál es la unidad estratigráfica favorable como guía para la prospección y exploración de</p>	<p>a) Definir las características geológicas del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú, poniendo énfasis en la litología de las secuencias carbonatadas</p> <p>b) Definir las características texturales de las rocas en el nivel estratigráfico favorable para la mineralización del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú.</p> <p>c) Definir las características de la mineralización en el nivel dolomitizado de la Fm Chambará del Depósito Mississippi Valley type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú.</p> <p>d) Determinar la unidad estratigráfica favorable como guía para la prospección y exploración de depósitos mississippi valley type en los alrededores del Depósito Mississippi Valley Type del</p>	<p>a) Existencia de condiciones geológicas y roca carbonatada dolomitizada favorables para hospedar mineral económico en el Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú.</p> <p>b) Existen diferentes tipos de texturas en las rocas dolomitizadas de la Formación Chambará del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú</p> <p>c) Existencia de mineralización en las dolomitas de la Fm Chambará del Depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú.</p> <p>d) Las dolomitas de la Fm Chambará podrían ser guías para la prospección y exploración en los alrededores del Depósito Mississippi Valley Type del</p>	<p><b>VARIABLE 2:</b> Feeders, dolomita packstone, caliza bituminosa, caliza mudstone.</p> <p><b>Definición conceptual: Feeders</b> es una fractura o falla geológica por donde han circulado las soluciones mineralizantes; <b>dolomita packstone:</b> roca dolomitizada con textura de grano medio a grueso; <b>caliza bituminosa:</b> caliza con contenido de bitumen (hidrocarburo líquido y H<sub>2</sub>S de ambiente reductor); caliza mudstone: caliza de grano fino.</p> <p><b>VARIABLE 3:</b> Morfología del depósito, ocurrencia de mineral.</p> <p><b>Definición conceptual: Mantos</b> ocurrencia de mineral concordante a la estratificación; <b>Cuerpos:</b></p>

<p>depósitos mississippi valley type en los alrededores del depósito Mississippi Valley Type del Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú?</p>	<p>Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú.</p>	<p>Proyecto Cañón Florida, Norte de Perú.</p>	<p>concentraciones formando cuerpos controlados por cruce de fracturas; <b>masivo</b>: mineral con altas concentraciones; <b>semi-masivo</b>: concentraciones moderadas de mineral; <b>diseminado</b> concentraciones dispersas de mineral; Patch; parche de mineral.</p> <p>Dolomitas packstone (porosa y permeable), calizas mudstone (roca sello).</p>
---	---	---	---

