

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA



Espectrometría de reflectancia (SWIR) aplicada para mapeo de alteración en la zona de Viruela-La Cruz, Proyecto La India. Distrito minero Mulatos, Sahuaripa Sonora México.

TESIS

Que para obtener el título de

GEÓLOGO

Presenta:

Cruz Enrique Páez Beltrán

Hermosillo, Sonora, marzo 2008

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

Dedico esta tesis a mis queridos padres Cruz y Josefina, quienes con todo su amor y esfuerzo me brindaron las herramientas necesarias para salir adelante

A mi esposa Sylvia por su amor, apoyo y motivación constante para superarme.

Cruz Enrique Páez Beltrán

AGRADECIMIENTOS

A ti Señor que inspiras mi alma cada día para esforzarme y ser un hombre de bien. Gracias por esta profesión llena de aventuras, cosas que aprender y que me acerca cada vez más a ti.

Quiero agradecer muy especialmente a la compañía Grayd Resource Corp. por darme la oportunidad de realizar este trabajo y depositar en mi, toda su confianza. A Hans Smit y Marc Prefontaine por su apoyo incondicional y todos sus consejos.

A mi asesor de tesis Dr. Lucas Ochoa por dedicar su tiempo y conocimientos para llevar a término este proyecto, por motivar el desarrollo de mi formación profesional.

A Resource Geosciences de México S.A. de C.V. por darme la oportunidad de crecer como profesionalista y brindarme su apoyo.

A mis sinodales: Dr. Efrén Pérez, Dr. Francisco Paz y G. Fernando Oviedo por el tiempo que dedicaron para la revisión de esta tesis, por sus comentarios y su valiosa opinión como profesionales.

Cruz Enrique Páez Beltrán

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
TABLA DE CONTENIDO.....	ii
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE FOTOGRAFIAS.....	vi
I RESUMEN.....	1
II INTRODUCCIÓN.....	3
II.1.- Localización y acceso.....	4
II.2.- Fisiografía, clima y vegetación.....	5
II.3.- Infraestructura y recursos.....	6
II.4.- Características de la propiedad.....	7
II.5.- Antecedentes históricos.....	8
III METODOLOGIA.....	11
IV MARCO GEOLOGICO REGIONAL.....	12
IV.1.- Estratigrafía.....	12
IV.1.2.- Rocas Terciarias.....	12
IV.2.- Marco estructural regional.....	13
V.- GEOLOGIA DEL DISTRITO (Proyecto La India).....	16
V.1.- Estratigrafía.....	16
V.1.1.- Secuencia inferior de tobas andesíticas.....	17

V.1.2 Secuencia volcánica félsica.....	18
V.1.3 Rocas volcánicas post mineral.....	19
V.1.4 Rocas intrusivas.....	23
V.2.- Geología estructural.....	24
V.3.- Alteración.....	26
V.3.1.- Alteración Argílica Avanzada (AA).....	27
V.3.2.- Alteración Argílica (Clay).....	29
V.3.3.- Alteración Propilítica – Cloritización.....	30
V.4.- Mineralización.....	30
VI.- DEPÓSITOS EPITERMALES.....	33
VI.1-Depósitos Epitermales de Alta y Baja Sulfuración.....	34
VI.1.1.1.- Depósitos Epitermales de Alta y Baja Sulfuración (HS) en México.....	36
VII.- ESPECTROMETRIA DE REFLECTANCIA.....	38
VII.1.- Antecedentes históricos.....	38
VII.2.- Fundamentos teóricos.....	39
VII.3.- Consideraciones importantes para la recolección de datos y análisis de muestra.....	50
VII.4.- Metodología para la identificación de compuestos.....	52
VII.5.- Casos de estudio.....	53
VII.5.1.- Yacimientos epitermales de Alta Sulfuración (AS).....	53
VII.5.2.- Baja Sulfuración, VMS, Tipo Pórfido y otros.....	56

VIII.- APLICACIÓN DEL METODO DE ESPECTROMETRIA DE REFLECTANCIA EN EL PROYECTO LA INDIA PARA IDENTIFICAR ZONAS DE ALTERACION.....	58
VIII.1.- Metodología.....	58
VIII.2.- Especificaciones PIMA II y Software.....	59
VIII.3.- Análisis de muestras.....	62
VIII.4.- Resultados del análisis de muestras.....	69
VIII.4.1.- Zona de alteración de Sílice.....	70
VIII.4.2.- Zona de alteración Argílica Avanzada (AA).....	73
VIII.4.3.- Zona de alteración Argílica (A).....	76
VIII.5.- Mapas de alteración y anomalía geoquímica.....	79
IX.- DISCUSIÓN.....	82
X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
XI BIBLIOGRAFÍA.....	91

APÉNDICE I Base de datos de muestras para espectrometría IR

APÉNDICE II Lista de códigos y abreviaturas

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.-** Mapa de localización y acceso al proyecto La India
- Figura 2.-** Distribución de Lotes Mineros del proyecto La India
- Figura 3.-** Columna estratigráfica regional generalizada
- Figura 4.-** Mapa geológico regional generalizado
- Figura 5.-** Columna estratigráfica simplificada sin escala, proyecto La India
- Figura 6.-** Mapa geológico interpretado del proyecto La India
- Figura 7.-** Mapa de alteración La India.
- Figura 8.-** Distribución en México de algunos depósitos AS y BS
- Figura 9.-** Comportamiento de un haz de luz al incidir sobre un cuerpo dado
- Figura 10.-** Zonas más importantes del espectro electromagnético.
- Figura 11.-** Zonas de absorción y el enlace iónico de 1300 a 25000 nm
- Figura 12.-** Características de los principales rasgos de absorción
- Figura 13.-** Hull o envolvente
- Figura 14.-** Ejemplo de una serie de espectros que corresponden a minerales
- Figura 15.-** Variación composicional de diferentes tipos de Alunita
- Figura 16.-** Combinación de diferentes minerales en un mismo espectro
- Figura 17.-** Aplicación de los métodos SWIR en secciones de barrenos
- Figura 18.-** Aplicación de los métodos SWIR para mapeo de alteración
- Figura 19.-** Localización de muestras para espectrometría
- Figura 20.-** Características espectrales diagnósticas del mineral alunita
- Figura 21.-** Diferentes clases de alunita que pudieron ser identificadas
- Figura 22.-** Características espectrales diagnósticas del mineral dickita
- Figura 23.-** Rasgos de absorción en muestras con caolinita.
- Figura 24.-** Principales características y rasgos de absorción de smectita-illita
- Figura 25.-** Características espectrales de muestras con sílice masivo y Síil + Al
- Figura 26.-** Características espectrales de muestras en zonas de sílice “vuggy”
- Figura 27.-** Muestras con alteración SV y trazas de alunita y caolinita.
- Figura 28.-** Características y rasgos espectrales de rocas con alteración AA3
- Figura 29.-** Características y rasgos espectrales de rocas con alteración argílica
- Figura 30.-** Mapa de alteración interpretado
- Figura 31.-** Mapa de contornos de anomalía (Au ppm),
- Figura 32.-** Modelo de alteración idealizado.
- Figura 33.-** Diagrama de zoneamiento vertical en sistemas de alta sulfuración

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1.-** Zonas de alteración en distintos ambientes de formación.
- Tabla 2.-** Especificaciones del espectrómetro PIMA II
- Tabla 3.-** Minerales identificados con el espectrómetro PIMA II
- Tabla 4.-** Principales zonas y sub-zonas de alteración proyecto La India I

LISTA DE FOTOGRAFIAS

- Foto 1.-** Rocas de composición andesítica
- Foto 2.-** Muestra una zona de falla normal y fuerte fracturamiento
- Foto 3.-** Roca silicificada fuertemente brechada y cementada por sílice – hematita
- Foto 4.-** Muestra de roca con alteración sílice “vuggy”
- Foto 5.-** Espectrómetro PIMA II

I. RESUMEN

El proyecto La India localizado en el distrito minero Mulatos, se ubica en la porción este del estado de Sonora, México, en rocas volcánicas de edad Eoceno-Oligoceno en la provincia de la Sierra Madre Occidental (SMO) y ha sido clasificado por sus características geológicas como un yacimiento epitermal de alta sulfuración (HS). Los trabajos de cartografía a diferentes escalas así como de barrenación, tanto por el método de circulación inversa como de diamante, han permitido definir una secuencia estratigráfica que en la base está representada por secuencias de tobas y flujos de composición andesítica, sobreyacidas por intercalaciones de tobas dacíticas, riodacíticas y domos riodacíticos. Estas secuencias son cortadas por diques y cuerpos intrusivos de composición diorítica-granodiorítica con textura porfirítica. Las rocas más jóvenes, en contacto discordante sobre las secuencias Dacíticas-riodacíticas, son unidades ignimbrítica de composición riodacíticas y riolitas con abundante biotita y cuarzo, sobreyacidas por rocas de composición andesítico-basálticas en la base e intercaladas con tobas arenosas y secuencias volcánico-sedimentarias hacia la superficie. La mineralización principal de Au y menores cantidades de Cu se encuentra controlada por sistemas de fracturas y brechas NE y NNW, también asociada a cuerpos con alteración sílice “vuggy” (SV) y otras zonas por debajo de horizontes silicificados. Se observan mantos hasta de 30 m. de sílice masivo y zonas con alteración argílica avanzada bordeadas por rocas argilizadas y márgenes propilitizados.

En las zonas de Viruela - La Cruz y Cerro de Oro, por ser estas las de mayor potencial económico, se llevó a cabo un muestreo de superficie, con el objeto de identificar mediante el uso de un espectrómetro infrarrojo PIMA II, los diferentes minerales de alteración y sus asociaciones, para definir las zonas de alteración. Los minerales identificados fueron sílice, alunita, dickita, caolinita, illita, smectitas, y menores cantidades de clorita y jarosita. Con apoyo del espectrómetro y descripciones de campo se definieron tres principales zonas de alteración, que a su vez se subdividen para dar lugar a un complejo, pero bien definido sistema de alteración. Además de elaborar un mapa interpretado de alteración, se añadió la información de 1215 muestras de roca con valores de Au en ppm, lo que permitió identificar las zonas de alteración asociadas a la mineralización de Au y definir guías de exploración basadas en asociaciones minerales que conforman diferentes fronteras de alteración.

II. INTRODUCCION

La aplicación de espectrómetros infrarrojos SWIR (Short Wave Infrared) para la identificación de ciertos compuestos y minerales así como sus concentraciones, se ha convertido en una valiosa herramienta en la exploración de yacimientos minerales y diversas ramas de investigación. El método de “*Espectrometría de Reflectancia Infrarroja*” se basa en la medición y estudio del comportamiento de las ondas electromagnéticas en la región del SWIR, del espectro electromagnético entre 400-2500 (nm) que son emitidas y alteradas en función de las propiedades y composición química de cada mineral brindando así, una firma específica y única para uno. Anfíboles, carbonatos, arcillas, micas, filosilicatos, sulfatos, zeolitas, entre otros, son algunos de los grupos que pueden ser identificados por este método.

Los espectrómetros han sido empleados en varios ambientes de mineralización, incluyendo depósitos epitermales de alta y baja sulfuración, depósitos porfídicos y mesotermiales, yacimientos de oro y cobre alojado en sedimentos, uranio, VMS, etc. Ayuda a determinar la mineralogía de rocas alteradas, identificar los patrones de alteración, y consecuentemente, para localizar mineralización económica. Son especialmente útiles para identificar arcillas y otros minerales de grano muy fino, incluso si estos se encuentran mezclados. Los avances tecnológicos han permitido construir espectrómetros portátiles de fácil manejo, cuyo análisis puede tardar hasta menos de un segundo y ofrecer resultados con alto grado de certidumbre.

Los beneficios de este tipo de estudios se incrementan cuando se combinan con los resultados obtenidos del análisis de muestras en determinada área, se comparan entre ellos y se conjugan con información geológica como, mapeo litológico, de alteración, mapas de geoquímica, secciones de barrenos, etc. ofreciendo así, una valiosa guía de exploración basada en datos confiables.

II.1. Localización y acceso

El proyecto La India, se localiza en la porción Este del Estado de Sonora, aproximadamente a 220 km de la ciudad de Hermosillo Son. y 30 km al oeste de la frontera Sonora-Chihuahua, en el distrito minero de Mulatos dentro del municipio de Sahuaripa Sonora. Las coordenadas de referencia son: 3, 180,000 N y 706,000 E, sobre la carta topográfica INEGI, Mulatos (H12D67) escala 1:50,000 tomando como referencia los sistemas *UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR (UTM) Y NORTH AMERICAN DATUM 1927, R12*.

El acceso está conformado por 250 Km de camino pavimentado por la carretera estatal No. 104 Hermosillo–Sahuaripa y 15 Km hasta llegar al poblado de Arivechi Sonora, el acceso se muestra en la figura 1. De este último poblado y siguiendo un camino de terracería en buen estado, a los 38 km se llega al poblado de Tarachi. Por último se recorren 16 km al área del proyecto en el rancho La Amargosa, pasando por el antiguo mineral de La Chipriona. En total son aproximadamente 320 Km que se recorren en un tiempo promedio de 6:00 horas desde Hermosillo.

II.2. Fisiografía, clima y vegetación

La propiedad se encuentra ubicada en la parte noroeste de la provincia volcánica de la Sierra Madre Occidental, sub-provincia de sierras y valles paralelos cuya topografía consiste en cadenas de montañas separadas por valles con una orientación general NNW-SSE. La elevación en la zona es de 1800 msnm en las partes más altas y de 1400 msnm en las más bajas.

De acuerdo con la carta de climas Tijuana escala 1:1, 000,000 del *Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática* (INEGI) el clima en la zona se ha clasificado como Templado-Subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media. El rango de temperatura media anual de esta zona es 12° °C a 18 °C, pudiendo alcanzar los 35° C en verano y temperaturas por debajo de los 0° C en invierno. Con ligeras nevadas durante los meses de Diciembre a Febrero. Regularmente con lluvias torrenciales en los meses de julio a septiembre y un periodo de lluvias invernales y con una precipitación media anual de 800 – 1000 mm.

La vegetación dominante se conforma de pinos y encinales; los primeros en las partes altas, se observan también mosaicos de pinales y algunas variedades de encino en zonas intermedias, y encinales en las partes bajas, también algunas variedades de zacates como *tripascum*, *lanceolatum*, entre otros Leopold 1950.

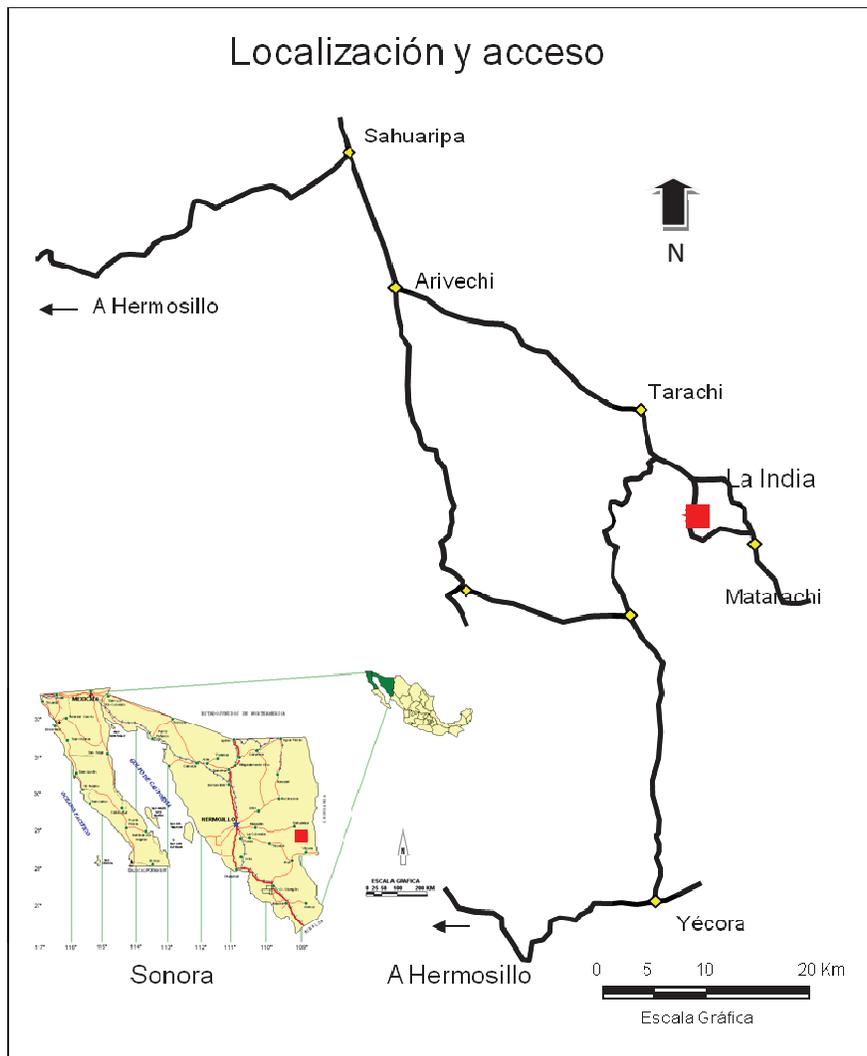


Fig. 1. Mapa de localización y acceso al proyecto La India.

II.3. Infraestructura y recursos

Actualmente, el centro de operaciones del proyecto se encuentra en las instalaciones del rancho La Amargosa, y cuenta con agua no potable para servicios, un generador eléctrico de diesel, Internet y teléfono satelital.

Circundando el área del proyecto se hallan los poblados de Matarachi, Tarachi y La Iglesia, a una distancia promedio de 15 km, con una población en conjunto no mayor a los 2000 habitantes donde se puede encontrar personal para apoyo en trabajo de campo, telefonía rural, pequeños establecimientos comerciales y pista para aterrizaje de avionetas.

A dos horas y media por camino de terracería, se encuentra el poblado de Sahuaripa Sonora donde se puede abastecer de agua potable, alimentos y combustible. Cuenta también con servicios médicos y establecimientos comerciales. Otra opción para suministros y servicios es el poblado de Yécora Sonora que se encuentra a 2 horas por camino de terracería ubicado hacia sur de la propiedad.

El aeropuerto internacional más cercano es el de la ciudad de Hermosillo Sonora; de este punto en un recorrido de tres horas hacia el norte por la carretera internacional, se localiza la frontera México-EUA en la ciudad de Nogales Sonora.

II.4.-Características de la propiedad

Actualmente el proyecto La India es manejado por la compañía Grayd Resource Corporation, registrada en México como Resource Grayd de México S.A. de C.V. El área se conforma por 18 lotes de exploración, que en total suman una superficie de 24,515 hectáreas, figura 2.

Dentro de la propiedad existen pequeñas a medianas obras mineras como: La Cieneguita, La Española, La Esperanza, La India, La Viruela, La Cruz, entre otros

que se caracterizan por ser trabajos hechos con herramientas de mano y de poca profundidad siguiendo estructuras de alta ley.

Existe una red de caminos antiguos que fueron construidos para previas campañas de exploración, caminos rurales y caminos para actividades forestales, que facilitan en gran manera el acceso a ciertas áreas de la propiedad

II. 5. Antecedentes históricos

Durante muchos años, posiblemente desde 1600, el Distrito Minero Mulatos se ha caracterizado por tener una historia minera importante en la producción de oro. Según Palmer, H. N., 1883 y Wisser, E., 1966, se calcula una extracción mayor a 300,000 oz. Aun se pueden ver en el área vestigios de antiguos molinos, hornos y obras mineras pequeñas, donde gambusinos extraían material de zonas de alta ley.

Desde hace décadas, se han desarrollado diversos programas de exploración geológica como cartografía, muestreo de roca y arroyos, barrenación e incluso campañas de exploración geofísica y geoquímica. Es el caso del área de La Viruela-La Cruz, que han sido exploradas desde los años 1920–1930 y recientemente por compañías como Noranda y San Fernando Mining Company, entre otras.

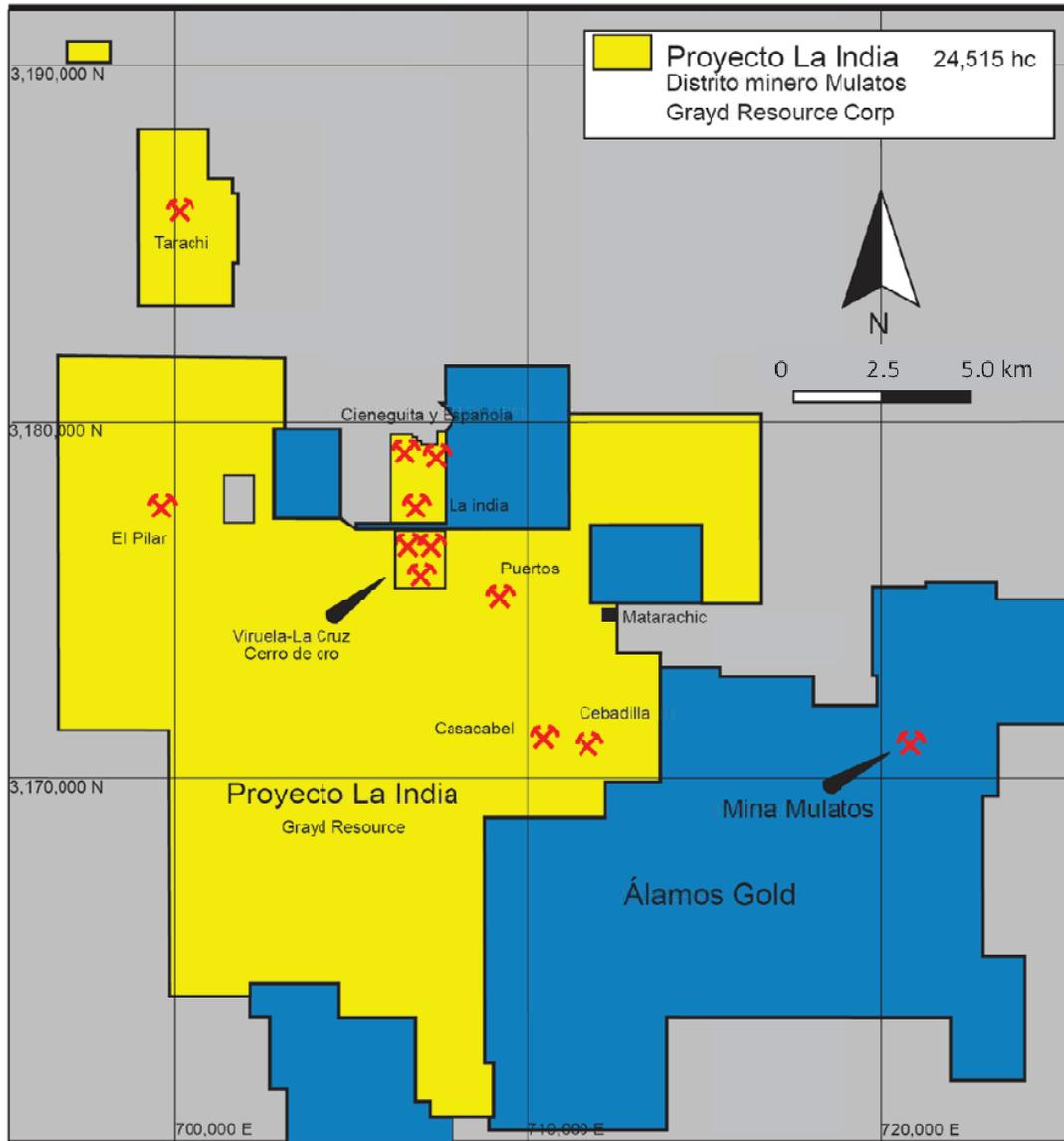


Figura 2.- Muestra en color amarillo, la distribución de de las 24,515 he que comprende el proyecto La India en el distrito minero Mulatos.

En el distrito se encuentra en operación la mina Mulatos, uno de los depósitos de oro más grandes del país en su género, propiedad de la compañía Álamos Gold,

el cual se ubica aproximadamente a 6.5km hacia el ESE de la propiedad, con reservas de 4.5 M.Oz de Au y ley de corte de 0.5 g/t. (<http://www.alamosgold.com/>)

En enero del 2004, la compañía Grayd Resource Corporation adquiere los derechos de exploración sobre los lotes: La India 1, La India, y Triple A. con el objetivo de identificar zonas con potencial económico en mineralización de oro. Desde entonces se han realizado diversas campañas de exploración, que incluyen mapeo a escala 1:20,000, 1:10,000 y 1:5,000, barrenación por método de diamante, además de muestreo de roca y suelo. A principios del año 2005 la compañía Grayd Resource Corporation adquiere los derechos de exploración sobre las áreas de La Viruela-La Cruz y San Fernando para continuar con trabajos de mapeo geológico, muestreo de roca, estudios geofísicos por los métodos Resistivos, Magnéticos, Polarización Inducida (IP) y barrenación con sistema de circulación inversa. En total se han barrenado 3460 metros con sistema de diamante y 24, 000 metros con máquina de circulación inversa, se cuenta con mapas geológicos, estructurales y de alteración a escalas 1:20,000; 1:10,000 y 1:5,000, además alrededor de 4,000 muestras de roca.

III. METODOLOGIA

Para la realización de este trabajo, primero se llevó a cabo una compilación bibliográfica que incluye temas como, geología regional y local del área de estudio, información sobre yacimientos epitermales de Alta Sulfuración contenida en publicaciones y reportes técnicos. Además, se realizó una investigación a cerca de los fundamentos teóricos e historia de los métodos espectrométricos IR, así como de casos de estudio y trabajos previos. La etapa de campo consistió en un muestreo sistematizado con líneas este-oeste separadas 50 m cada una y con muestras de roca cada 50 m en la zona de Viruela-La Cruz y Cerro de Oro. Las muestras fueron ubicadas con GPS y descritas con la mayor cantidad de información geológica posible. La información generada en esta etapa fue capturada digitalmente para su posterior procesamiento. Un total de 618 muestras, fueron “escaneadas” con un espectrómetro PIMA II donde se generaron alrededor de 1500 espectros que se analizaron utilizando un software especializado para determinar la mineralogía y sus concentraciones relativas en cada muestra. Los datos obtenidos de este análisis se adjuntaron a la base de datos general de muestreo. Toda la información de la base de datos se transfirió a un mapa y fue digitalizada con apoyo de datos geológicos y estructurales para dar forma a un mapa interpretado de alteración. Además, se generó un mapa de anomalía geoquímica para la misma área, con 1215 muestras y sus valores correspondientes de Au en ppm. Terminados los mapas y hechas las debidas observaciones, se concluye con la redacción y elaboración de este reporte.

IV. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

IV.1.- Estratigrafía

Las rocas que afloran en el área de estudio corresponden por completo a volcánicas del Cretácico tardío - Terciario, 63.6 – 17.0 Ma, en la figura 3 se muestra una columna estratigráfica regional generalizada. Las tobas de ceniza-flujos de composición riodacítica del Oligoceno son definidas por McDowell et al (1979) como *Upper Volcanic Complex (UVC)* mientras que las rocas intrusivas y volcánicas calcoalcalinas de edad Cretácico tardío - Eoceno corresponden al *Lower Volcanic Complex (LVC ; McDowell and Keiser, 1977)*.

IV.1.2. Rocas Terciarias

El paquete de rocas del Eoceno-Oligoceno se compone de andesitas, dacitas, latitas y areniscas tobaceas, las cuales han sido documentadas por McDowell F.W., et al (1993). Rocas del Oligoceno-Mioceno están representadas por tobas riolíticas, andesitas y basaltos depositados discordantemente sobre secuencias de rocas del Eoceno-Oligoceno. Estas unidades representan el inicio de un vulcanismo bimodal que continúa hasta el Mioceno temprano y que se compone de tobas riolíticas y flujos de basaltos intercalados como ha sido mencionado por McDowell y Clabaugh (1979); Cochemé y Demant (1991).

La Formación Báucarit ampliamente extendida en el centro-este de Sonora y en la mayoría de los valles del Estado de Sonora, aflora en la parte sur del área de

estudio. Generalmente se encuentra cubriendo en forma discordante a rocas más jóvenes, así como a rocas Terciarias. Está compuesta por conglomerados polímiticos, con fragmentos de rocas intrusivas, volcánicas, areniscas y pedernal, todos ellos sostenidos dentro de una matriz arenosa de cuarzo-feldespato y ocasionalmente calcárea. Dentro de este paquete se observan coladas de basaltos intercalados de hasta 4 m de espesor, de un color rojizo a gris oscuro.

Esta secuencia se relaciona a depósitos en cuencas continentales generadas a partir del evento distensivo conocido como Basin and Range y han sido definidos de una edad pertenecientes al Mioceno-Plioceno, según dataciones y presencia de organismos fósiles McDowell F.W., et al (1993).

IV.2. Marco estructural regional

Las rocas que afloran en el área de estudio son afectadas por una gran cantidad de estructuras que se asocian a un evento tectónico de edad terciaria de tipo distensivo que dio origen a una fisiografía compuesta de sierras separadas por valles con orientación NNW. De acuerdo con imágenes de satélite y observaciones de campo, se pueden distinguir al menos tres principales lineamientos estructurales, el primero con fallas normales NW 10°- 40° SE, con zonas de semigraben producto de este desplazamiento, este primer grupo de estructuras es intersectado por un segundo grupo de fallas y fracturas con dirección N10° W - N 20°E ambos conjuntos de estructuras se han relacionado con el evento tectónico del *Basin and Range*, las principales estructuras se muestran en la figura 4. Mediante imágenes de satélite,

también es posible delimitar grandes estructuras circulares del orden de kilómetros, posiblemente asociado a calderas, Jenkins (1994). Las unidades volcánicas se observan regularmente pseudoestratificadas, con rumbos que oscilan entre NW 25°-35°SE y 10°- 35 ° de inclinación hacia el NE y SW, King (1939).

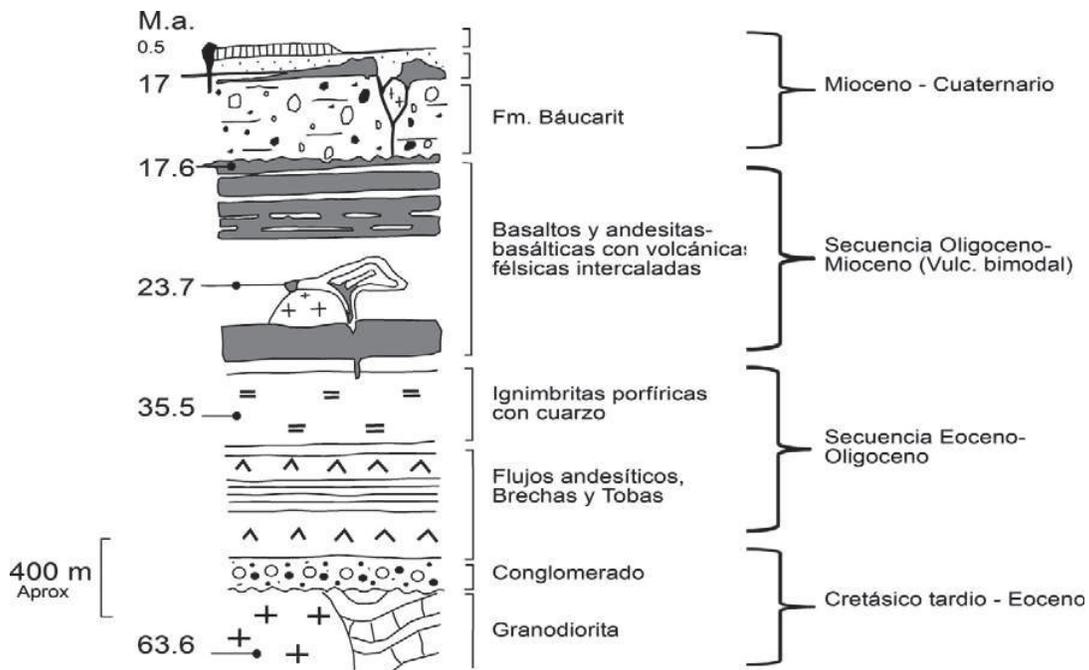


Figura 3.- Columna estratigráfica regional generalizada del área de Santa Rosa – Yécora – Mulatos. Editado de J.J., Cocheme y A. Demant., 1991.

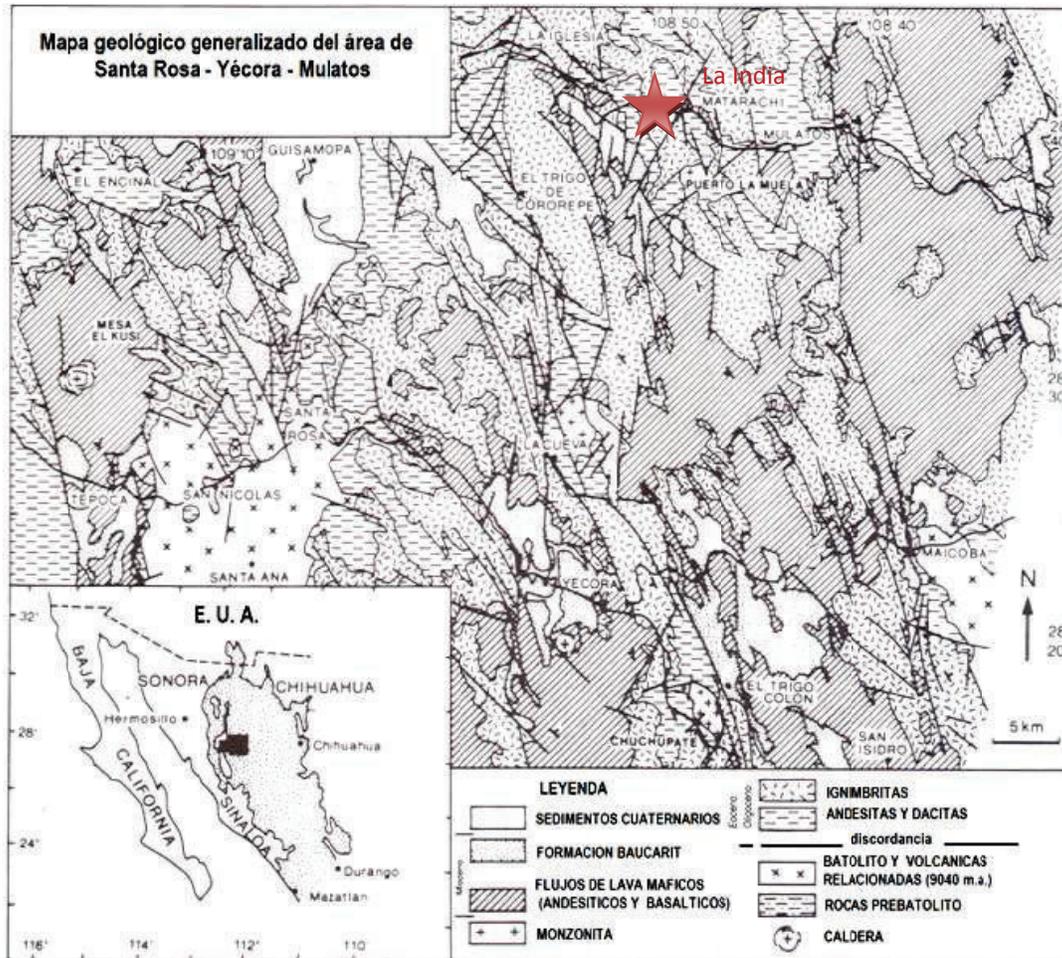


Figura 4.- Mapa geológico generalizado del área de Santa Rosa – Yécora – Mulatos. Editado de J.J., Cocheme y A. Demant., 1991.

V. GEOLOGIA DEL DISTRITO (Proyecto La India)

El proyecto La India se ubica dentro de la porción norte de la provincia fisiográfica de La Sierra Madre Occidental en el distrito Mulatos, Figura 1. A unos 5 km al NW del poblado de Matarachic. Se conforma, principalmente, por una secuencia de rocas volcánicas definidas por McDowell (1993) como *Upper Volcanic Complex (UVC,)* y *Lower Volcanic Complex (LVC, McDowell and Keiser, 1977)*. La mineralización principal de oro se hospeda en las secuencias dacítica-andesítica de edad Eoceno – Oligoceno y es controlada principalmente por estructuras pre-existentes como fallas, sistemas de fracturas y brechas, también se asocia a zonas de sílice “vuggy” en cuerpos tabulares sub-verticales.

La alteración se muestra como el zoneamiento típico de un sistema epitermal del alta sulfuración según el modelo de Hedenquist et al., (2000), con zona de sílice masivo, cuerpos de sílice “vuggy”, una frontera de alteración argílica avanzada donde se observan diferentes niveles de silicificación con variaciones de alunita-dickita y caolinita, después, un halo de alteración argílica que es definido por la presencia de caolinita, smectita-illita, smectita que gradúa a una alteración clorita-smectita a propilítica. Los rasgos estructurales son dominados por fallas de tipo normal con orientación NW y NE 10°- 30°, un segundo grupo E-W y otro N-S. Un plano geológico del área de estudio se presenta en la figura 4, mostrando los rasgos geológicos y estructurales más sobresalientes en esta área.

V.1. Estratigrafía

V.1.1. Secuencia inferior de tobas andesíticas

Esta unidad de rocas volcánicas de composición andesítica con un espesor mayor a 100 m. Consiste principalmente de tobas andesíticas de cristales, líticos y sedimentos tobaceos, intercalada con posibles secuencias de flujos andesíticos como se muestra en la foto 1. Puede presentar planos de estratificación o flujo y se compone principalmente de fragmentos líticos y cristales finos de plagioclasa y escasos ferromagnesianos en una matriz muy fina de color grisáceo a verde oscuro. Esta secuencia se presenta regularmente fresca con débil cloritización a propilitización y en algunos casos se observa con débil a moderada agilización.

V.1.2. Secuencia volcánica félsica.

Se compone por rocas de composición félsica de origen volcánico con una variación importante en cuanto a texturas y contenido mineralógico. La base de este paquete está representada por tobas dacíticas con 5 – 7 % de cristales muy finos de cuarzo, seguida por tobas de cristales y fragmentos, con un mayor contenido de cristales de cuarzo entre 5 – 10 %; la localización de estas unidades se muestra en el mapa de la figura 6.

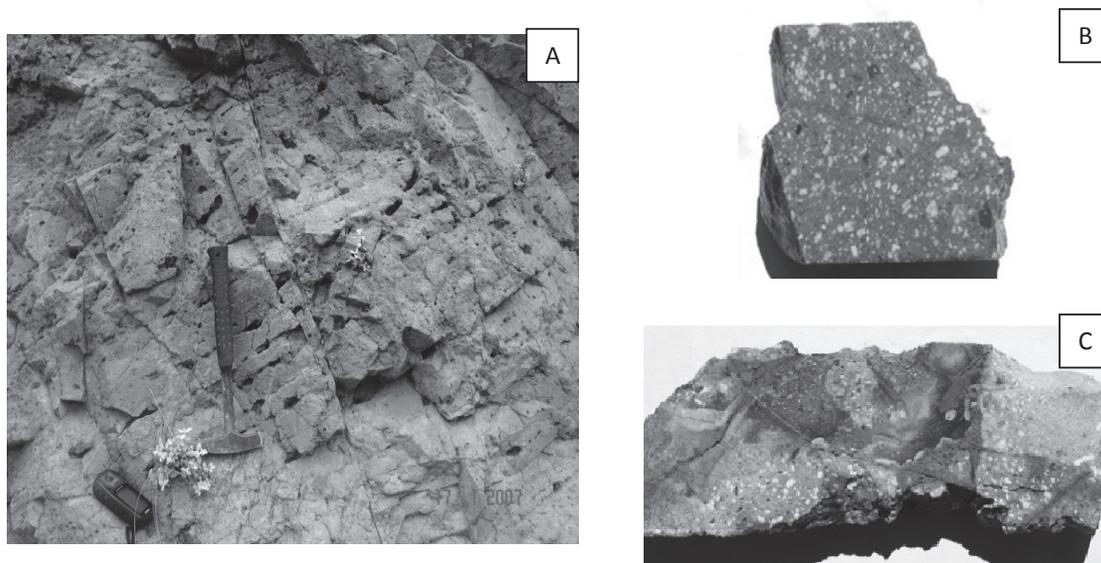


Foto 1.- A) Muestra una roca de composición andesítica con líneas de flujo. B) Textura porfirítica C) Toba de fragmentos.

En esta unidad se encuentran alojados los principales cuerpos mineralizados. Estratigráficamente se ubica por encima de la secuencia inferior de tobas andesíticas, y está cubierta discordantemente por unidades más jóvenes, principalmente de composición andesítica a basáltica, Staude, (2001), figura 5.

Se localizan principalmente en zonas con realce topográfico, en su mayoría, con alteración argílica, argílica avanzada, sílice masiva y algunas zonas con sílice “vuggy” según el reporte técnico de Ebert-Shane (2004). Esta unidad se compone principalmente de tobas de cristales-líticas e ignimbritas de composición dacítica a riodacítica. La textura puede ser fina con 2% - 5% de cristales pequeños de cuarzo, también con un textura fragmentada-porfídica compuesta por 20% – 40% de feldespato potásico + albita generalmente alterados en una matriz microcristalina

con 2% - 5% de cristales de cuarzo Jenkins, D. M. (1994), con escasos planos de estratificación o flujo.

La secuencia de composición riodacítica se encuentra interestratificada con tobas dacíticas, generalmente presente con una fuerte alteración, donde solo es posible observar una abundancia de 5-10% de cristales de cuarzo en ocasiones hasta de 2 mm de diámetro, redondeados y/o quebrados, en ocasiones quedando como relictos de lo que pudo ser una textura fragmentada fina.

Dentro de la secuencia volcánica félsica se hayan algunos horizontes de roca con cristales y relictos de horblenda y/o biotita, que posiblemente correspondan a domos de composición dacítica; aunque es difícil de diferenciarlos debido a la fuerte alteración.

V.2.3. Rocas volcánicas post mineral

Riolítica

La base de esta secuencia es de textura eutaxítica de composición riodacítica, con un espesor que varía entre 1 – 5 m. El resto, se conforma por tobas de cristales y fragmentos de composición riolítica con 10% a 20 % de fragmentos líticos y 10% – 20% de cristales de feldespato, biotita y cuarzo, en una matriz afanítica o vítrea de color marrón-rosado, intercalada con rocas vulcanoclásticas de composición riolítica a dacítica. Estas rocas se caracterizan por presentar fragmentos mayores de 2 cm de composición riolítica, compuestos por fragmentos de cristales de feldespato, biotita y

cuarzo principalmente, en una matriz fina vítrea con una coloración rozada a blanco, esta misma unidad presenta estratos con textura eutaxítica. Se encuentra distribuida al suroeste y sur de la propiedad, en la parte superior del cerro El Duraznito, Pinosa y Cascabel, figura 5. Estratigráficamente se encuentra encima de la unidad de tobas dacíticas y debajo de la secuencia de conglomerados y flujos basálticos de la Formación Baucarit (?), Figura 6.

Andesitas-Basaltos

Estratigráficamente, estas rocas se encuentran encima de la secuencia volcánica félsica y regularmente en contacto por falla. Se caracterizan por presentar una secuencia constituida por intercalaciones de lavas, tobas, aglomerados y tobas arenosas de composición andesítica a basáltica de color rojizo a gris y gris verdoso, que pueden variar desde varios centímetros hasta decenas de metros. Las secuencias lávicas presentan texturas de flujo, y se componen principalmente de cristales finos de plagioclasa ligeramente alterados con una variable abundancia de anfíboles. Las tobas líticas son de color rojizo a gris oscuro o verdoso con fragmentos líticos generalmente de 0.5 – 1 cm llegando alcanzar hasta > 10 cm, y tobas de cristales, principalmente compuestas por 20 – 30% de cristales de plagioclasa con una variable abundancia de anfíboles en una matriz microcristalina a vítrea de color rojizo a gris oscuro. Es común observar vetillas de calcita cortando esta secuencia.

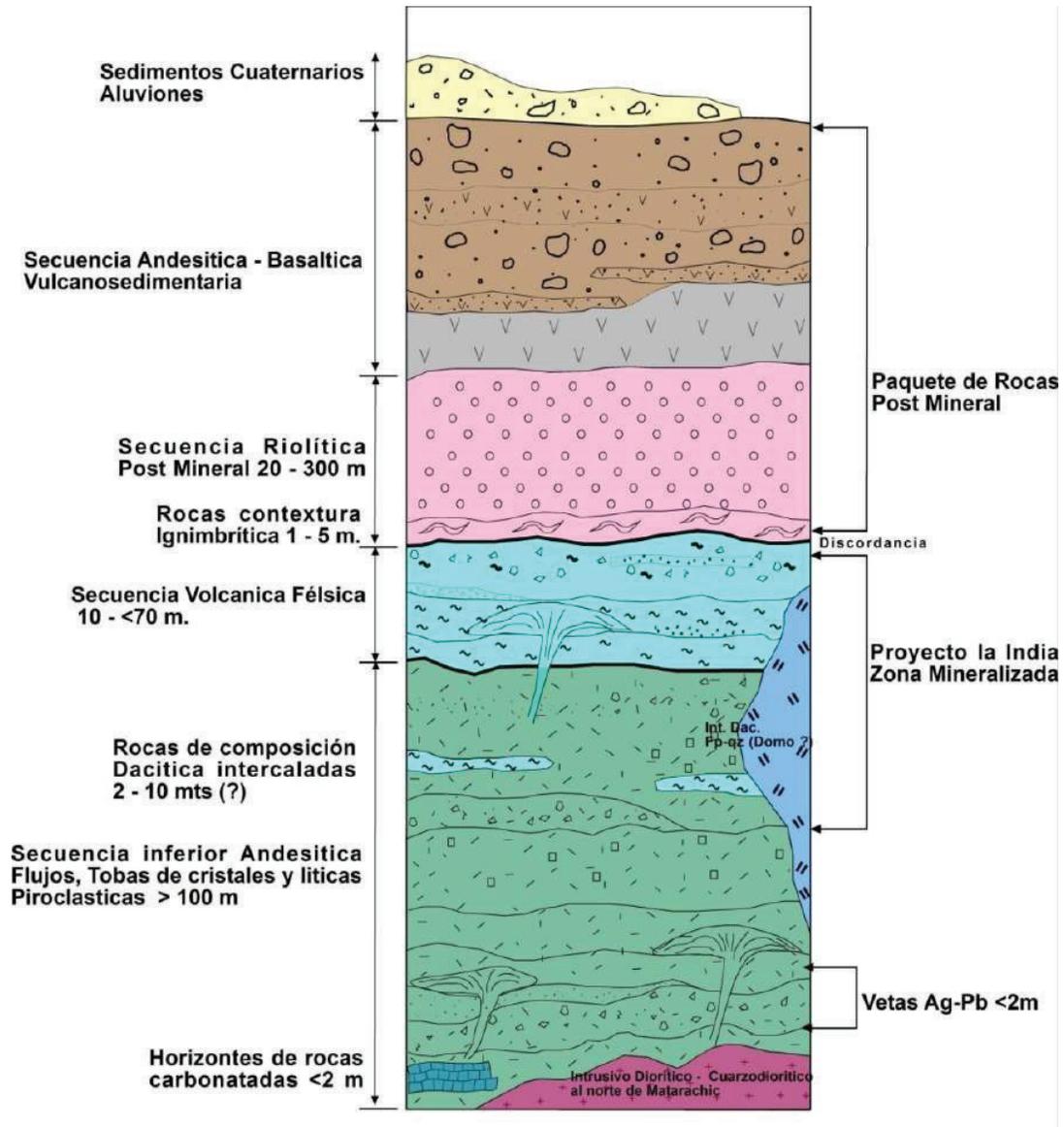


Figura 5.- Columna estratigráfica simplificada sin escala, propuesta para la zona del proyecto La India.

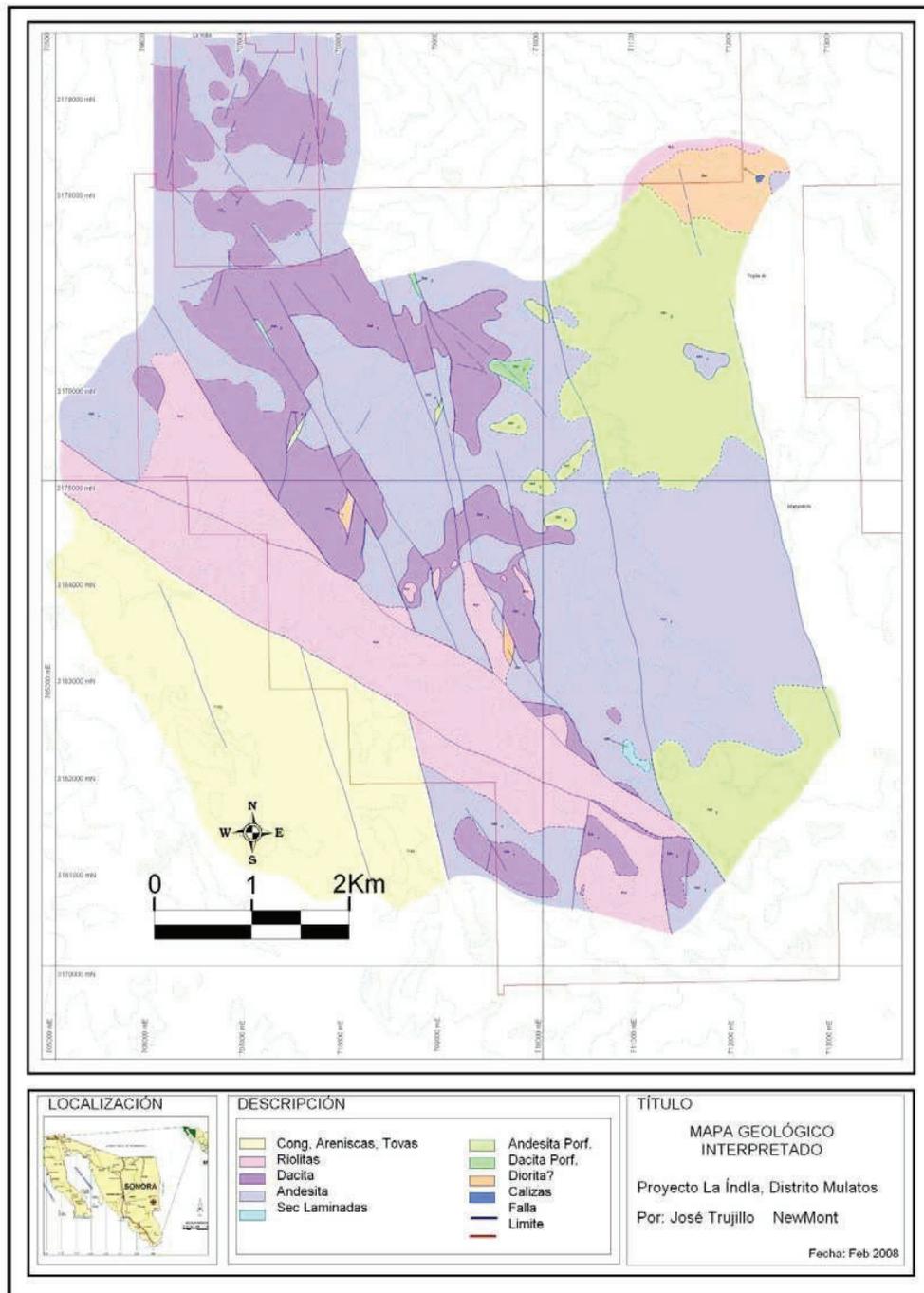


Figura 6.- Mapa geológico interpretado del proyecto La India.

V.2.4. Rocas intrusivas

Pórfido granodiorítico (?)

Aflora en la porción noroeste del area de estudio y se compone de 20 - 40% de fenocristales de feldespato (1 – 5 mm), 3 – 10% de ojos de cuarzo (1 – 2 mm), 10% Biotita (3 mm) y 2 – 8% de anfíboles (1 – 3 mm). En zonas con fuerte alteración y lixiviación, con solo presencia de ojos de cuarzo de hasta 3 mm, utilizada para la clasificación de esta unidad.

Intrusivo diorítico a cuarzodiorítico, Granodiorítico (?)

Se localiza principalmente al noreste en la zona de Alamillos, también, en Pinosa y al NE y E de Los Puertos. Se presenta con una textura equigranular fina a porfírica, de color gris a verde oscuro, se compone principalmente de cristales de plagioclasa y feldespato en menor proporción, también biotita, hornblenda y escasos cristales de cuarzo (0 – 5 %), estratigráficamente se encuentra afectando a la secuencia volcánica andesítica y está cubierto por una secuencia de rocas andesíticas-basálticas más jóvenes Ebert (2004)

Domos Dacíticos (?)

Este cuerpo intrusivo dacítico se localiza exclusivamente en la zona de La India, La Viruela, y norte de La Española. Se compone de 10 – 30% de fenocristales

de feldespatos, (1 – 4 mm) y 1 – 4% de ojos de cuarzo entre 1 – 2 mm de diámetro, dentro de una matriz afanítica de color café claro, localmente presenta bandeamiento de flujo. En zonas fuertemente alteradas, su presencia puede ser reconocida por la presencia de los ojos de cuarzo. En los bordes, es posible encontrar texturas fragmentales y algunas zonas de brechada y se presenta principalmente afectando rocas de composición félsica.

Granitoide.

Se encuentra en la parte sur del área, pobremente descrito y clasificado como un intrusivo granítico de biotita que afecta la secuencia volcánica andesítica inferior. Una unidad similar es reportada por Staude, J.M. (2001), siendo clasificado como un intrusivo granodiorítico-cuarzomonzonítico ubicado como unidad basal en la columna estratigráfica regional del depósito Mulatos.

V.2 Geología Estructural

Se conforma por una gran cantidad de fallas de tipo normal orientadas principalmente NW y NE 10° - 25° con ángulos de inclinación entre 60° - 80° hacia el NE y NW, algunas veces dispuestas una tras otra formando escalonamiento y fuerte fracturamiento-brechamiento, Foto 3. Se tiene un grupo de estructuras con orientación casi E-W y otras N-S con una fuerte inclinación

También se pueden observar zonas de brecha con fragmentos subangulosos a subredondeados, cementadas por una fuerte silicificación + hematita. Estas

brechas afectan a rocas silicificadas, las cuales frecuentemente muestran valores interesantes de Au (0.1 – 1 ppm Au) como es el caso de Los Puertos, Cebadilla, Cerro de Oro y algunas zonas en Cieneguita y Española como se muestra en la Foto 2. La localización y distribución de las principales estructuras en el área de estudio se muestra en la figura 6.

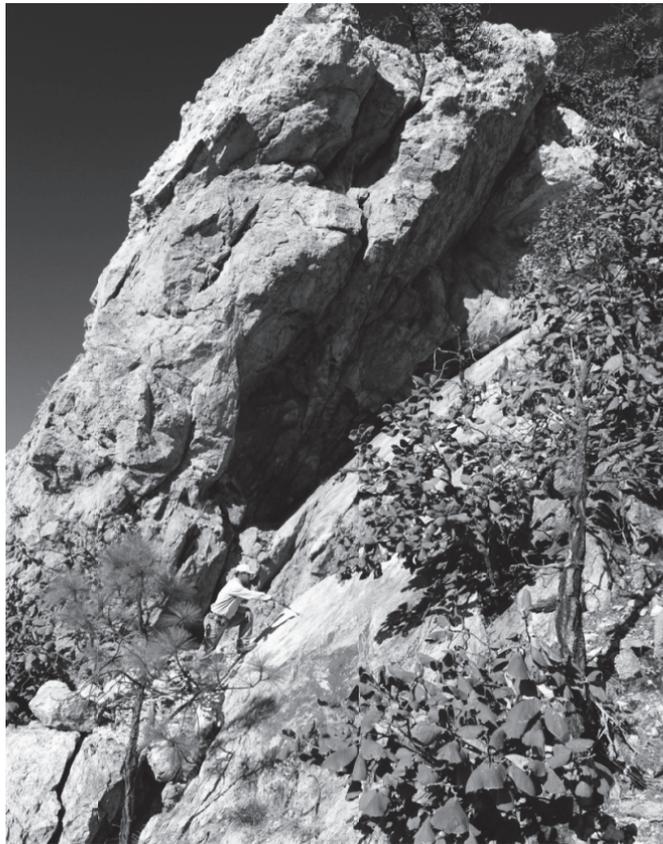


Foto 2.- Muestra una zona de falla normal y fuerte fracturamiento afectando a una secuencia de rocas dacíticas silicificadas.



Foto 3.- Roca silicificada fuertemente brechada y cementada por sílice +hematita.

V.3 Alteración

A lo largo y ancho de todo el distrito se pueden observar extensas zonas de roca fuertemente silicificadas que son bordeadas por un halo de alteración compuesta por moderada a débil silicificación con un variable contenido de arcillas, y zonas con débil cloritización a propilitización en las partes distales.

Las diferentes zonas de alteración que se muestran en la 7 fueron caracterizadas y cartografiadas mediante observación de campo, también se determinó que dicha alteración está controlada tanto litológica como estructuralmente.

A continuación se describen los diferentes tipos de alteración presentes en el área de estudio.

V.3.1. Alteración Argílica Avanzada (AA)

En este grupo, además de la presencia de arcillas, se incluyen diferentes tipos y grados de silicificación que regularmente acompañan a este tipo de alteración. Esta asociación mineralógica ha sido incluida en el modelo de alteración de los sistemas de AS, y es importante porque puede alojar la mineralización económica, principalmente de Au. A continuación se describen los diferentes estilos de esta alteración:

Sílice masivo (SM), se caracteriza por presentar una fuerte silicificación de tonos gris claro – blanco, y un reemplazamiento total de la roca a excepción de cristales de cuarzo (si los hay), eliminando por completo la textura y composición original de la roca. Por observaciones de campo, este estilo de alteración sílice masivo (**SM**) se dispone en forma de estratos que pueden ser de hasta 30 m de espesor. Las rocas afectadas con este tipo de sílice generalmente presentan valores anómalos del orden de <0.3 g/t de Au (McDougall, 1995), aunque se ha observado mediante muestreo de roca en obras mineras que en el contacto inferior de estos cuerpos, ocurren zonas con alta ley de Au, como es el caso de La Esmeralda, Cieneguita y La Mina Cruz.

Sílice “vuggy” (SV) se refiere a una fuerte silicificación, en donde la textura y composición del protolito no puede ser identificada. Los fragmentos y cristales han sido removidos y la matriz reemplazada por sílice, dando origen a una roca sumamente porosa y permeable como se muestra en la foto 4. Esta alteración presenta un alto potencial de mineralización, pero su distribución es irregular y escasa en superficie.



Foto 4.- Muestra de roca con alteración SV; las cavidades están rellenas con alunita.

Sílice calcedónico – opalina (Scal), se caracteriza por una fuerte alteración silíceica de color blanco lechoso, y a diferencia de las anteriores se preserva la mayor parte de la textura original de la roca, con presencia de algunas fracturas concoideas.

Sílice Alunita (S Al); corresponde a una moderada a fuerte silicificación con un marcado contenido de alunita + (caolinita > dickita) que generalmente bordea los cuerpos de SM o SV, y que permite en cierta medida determinar la textura y

contenido mineralógico de la roca original, además de presentar zonas con valores de 0.1 hasta > 1gr/t de Au.

Sílice Clay (SC), se clasifica de este modo ya que el grado de silicificación es débil, asociado principalmente con arcillas como caolinita, también dickita, alunita illita y montmorillonita. Puede estar combinada con zonas de S Al en forma irregular y por lo general es posible determinar la textura original del protolito. Contiene valores anómalos de Au, incluso, puede contener >1gr/t de Au pero normalmente asociados a estructuras o vetillas en zonas con óxidos.

V.3.2. Alteración Argílica (Clay)

Esta alteración se extiende en gran parte del área del proyecto, y puede variar en intensidad de débil a moderada y fuerte. No presenta silicificación y el contenido de arcillas como caolinita, illita y smectita es muy característico. Muestra valores anómalos de Au y algunas zonas con valores de hasta 0.5 gr/t pero que están asociados a estructuras o vetillas de cuarzo y cuarzo-alunita. Cuando se presenta una alteración argílica muy fuerte, no es posible determinar el protolito y solo se pueden observar cristales o fragmentos de cuarzo.

V.3.3. Alteración Propilítica – Cloritización

Esta alteración se encuentra bordeando a las demás y con mayor presencia en superficie, sobre todo en la parte este del área en las zonas bajas de Los Puertos, Norte de Matarachi y partes bajas entre Cieneguita y La Española. También varía en intensidad de débil a moderada, se identifica fácilmente por su coloración verdosa y la presencia de minerales verdes como clorita-epidota + carbonatos. Existen zonas de cloritización débil a moderada que se han observado a profundidad en algunos barrenos, se caracteriza por una coloración verde claro, y contenido de clorita + pirita.

V.4. Mineralización

La mineralización económica consta principalmente de Au con menores cantidades de Cu en forma de enargita y escasa calcopirita. La mineralización se halla fuertemente asociada a zonas con alteración sílice “vuggy”, con 15% - 30% de pirita fina diseminada y en fracturas con trazas de alunita > caolinita, en cuerpos sub-estratiformes a irregulares, con valores promedio de 1.5 gr/t de Au. También está asociada a zonas con fuerte brechamiento y fracturamiento relleno de cuarzo-hematita, hematita especularita y en ocasiones barita también con valores por encima de 1 gr/t de Au.

Se tienen zonas con alta ley de hasta ± 10 gr/t de Au por debajo de grandes cuerpos silicificados (SM) y fuertemente fracturados – brechados, en las zonas de

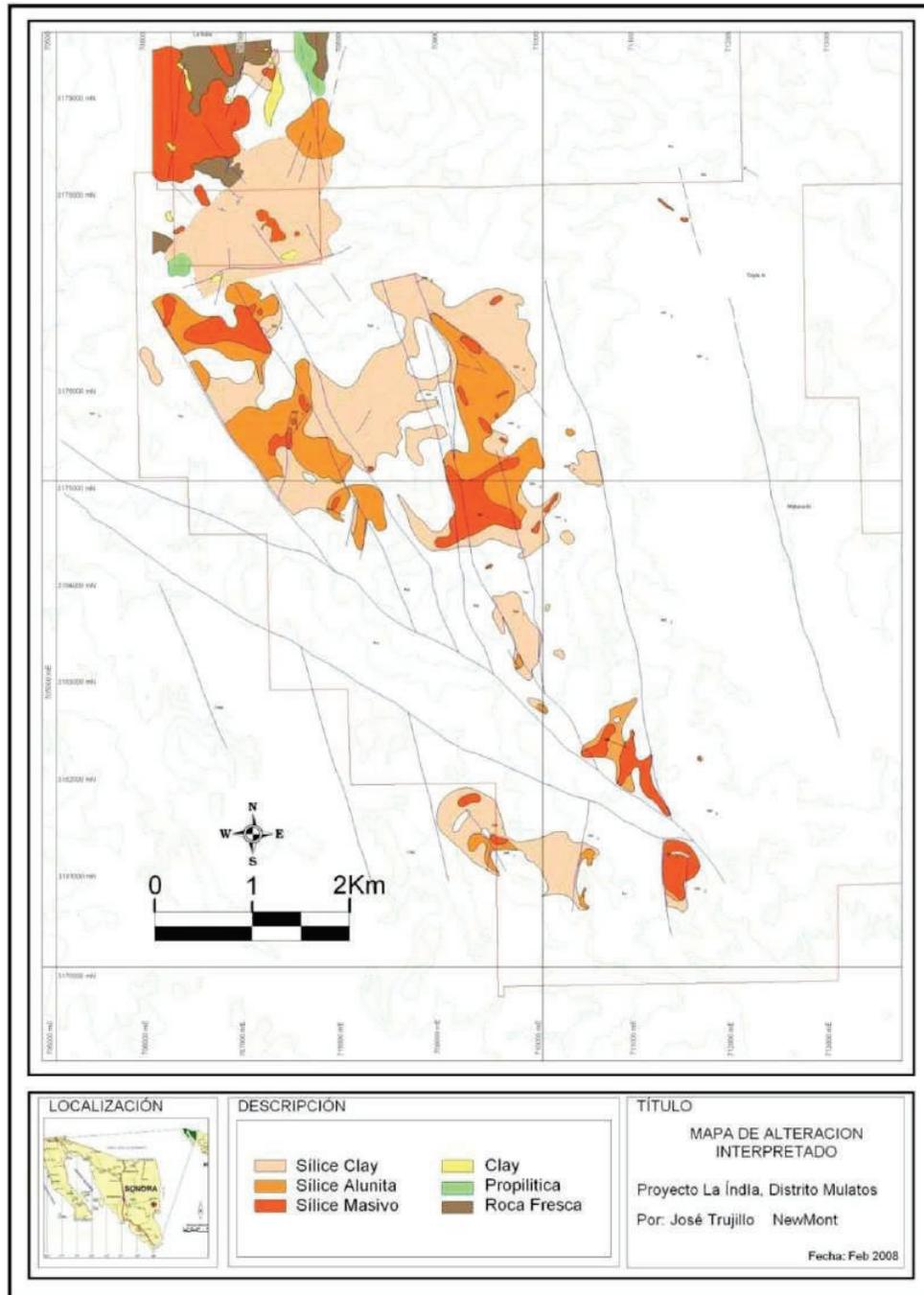


Figura 7.- Mapa simplificado de alteración, donde se muestran los diferentes estilos de alteración y su distribución en la zona del proyecto.

contacto con rocas alteradas a S AI – SC, con fuerte fracturamiento y brechamiento y presencia de dickita, alunita y caolinita + óxidos de fierro (hematita) en vetillas y fracturas.

Por último se tienen pequeñas áreas no mayores a 250 m con alteración de sílice alunita, sílice clay y clay en la parte alta del cerro La Viruela, donde se reportan valores con Au > de 1gr/t, donde también existen pequeñas obras de gambusinos.

A la fecha no se ha realizado ningún estudio específico para determinar mineralogía y fases paragenéticas, pero se sabe que en el depósito de Mulatos la mineralogía incluye Au nativo, Au electrum, pirita aurífera, electrum encapsulado en pirita, enargita, tenantita, esfalerita, tetrahedrita, famatinita, luzonita, bismutinita, y covelita, (Staude, 2001).

VI. DEPÓSITOS EPITERMALES

Los depósitos epitermales, se forman cerca de la superficie, entre 1 – 2 km de profundidad a partir de fluidos hidrotermales con temperaturas entre 150°C hasta $300^{\circ}\text{C}</math>. En su mayoría, están asociados principalmente a rocas volcánicas terciarias, en zonas de subducción (márgenes de placa), y pertenecientes a diferentes épocas geológicas Sillitoe (1977). También pueden estar asociados a marcos tectónicos tipo rifts en zonas tras-arco como ha sido documentado por Sillitoe y Hedenquist, (2003).$

Los depósitos de tipo epitermales se encuentran asociados a estructuras de origen volcánico como calderas, domos, zonas de brecha, sistemas regionales de fallas y fracturamiento Mitchell y Balce (1990); Nesbitt (1990); Staude (1993); Ponce y Glen (2002), y su forma y mineralogía es controlada por una serie de condiciones físicas y químicas tanto de los fluidos en ascenso, como de las rocas y estructuras involucradas. Según White y Hedenquist (1990) estos factores son: la geología regional, condiciones químicas y termodinámicas de los fluidos mineralizantes, características hidrológicas de la zona (topografía, permeabilidad, sistemas de recarga y descarga, acceso de aguas calientes por vapor y el desarrollo de permeabilidad contemporánea al hidrotermalismo y/o cambios en el gradiente hidráulico de la zona.

VI.1. Depósitos epitermales de Alta y Baja Sulfuración.

Según las características químicas de los fluidos mineralizantes en un ambiente epitermal, los depósitos de este tipo se pueden clasificar como: de *Baja Sulfuración (BS)* y de *Alta Sulfuración (AS)*, términos propuestos por Hedenquist (1987), y se refieren al estado de oxidación de azufre.

Los depósitos de **AS** también son conocidos como: oro-enargita, cuarzo-alunita, tipo Nansatsu, Ashley (1982). Se les denomina de alta sulfuración debido a que en los fluidos mineralizantes, el azufre se presenta como S_4^+ en forma de SO_2 , con un pH ácido, y se encuentran en sistemas volcánicos hidrotermales.

En los de **BS** o adularia-sericita, el azufre se presenta como S_2^- en forma de H_2S (reducido) y un pH cercano a neutro, en sistemas geotermales distales a la fuente de calor.

Ambos sistemas, aunque presentan diferentes características, pueden coexistir uno al lado del otro Hedenquist y Lowenstern (1994); Hedenquist et al., (2000). El ascenso de los fluidos en ambos ambientes BS y AS es a través de sistemas de fallas y fracturas (control estructural), o a través de estratos permeables, también susceptibles de ser mineralizados (control estratigráfico). Los fluidos de BS regularmente dan origen a cuerpos como vetas o series de vetas, zonas de stockwork o “sheeted veins”, en cambio los de **AS** con mayor temperatura y acidez alcanzan a penetrar en rocas encajonantes, dando origen a cuerpos mineralizados vetiformes y cuerpos irregulares diseminados Camprubi et al (2006).

La mineralogía económica principal de los depósitos de **BS** es de Au, Ag y cantidades menores de Pb, Zn, y Cu, también cuarzo, calcedonia, carbonatos, pirita como ganga. En cambio, en los de AS, se tienen cantidades económicas de Au, menores Ag y Cu, y ganga de cuarzo, alunita, pirita, barita.

El movimiento de estos fluidos hacia la superficie es a través de fracturas y fallas, brechas hidrotermales, brechas, diatremas, estructuras radiales de caldera, es decir, obedece a un control de mineralización estructural (preparación física de la roca), aunque también pueden mineralizar ciertos estratos de rocas permeables o químicamente preparadas. Por lo tanto, dependiendo de la preparación de la roca y las características de los fluidos, es común encontrar en estos depósitos estructuras vetiformes, stockworks y brechas, cuerpos diseminados, comúnmente en depósitos irregulares que están controlados por la permeabilidad de la roca encajonante y la geometría de las estructuras controladoras.

La mineralización principal en los depósitos de alta sulfuración consiste de oro, enargita, calcosita, covelita, bornita, esfalerita, tetraedrita, tenantita, galena, marcasita, arsenopirita y sulfosales de plata.

Se encuentran localizados en ambientes tectónicos de distensión, en zonas plutónico-volcánicas en márgenes activos de continentes o arcos de islas, asociados con rocas intermedias calcoalcalinas y están asociados a ambientes volcánicos-subvolcánicos, en calderas, domos y brechas, además guardan una íntima relación con sistemas de pórfidos que se encuentran por debajo en intrusivos mineralizados. Por lo general albergados en rocas piroclásticas y flujos, de composición dacítica o

andesítica y sus correspondientes intrusivos, también unidades sedimentarias intervolcánicas.

La mayoría de estos depósitos ocurren en rocas terciarias a cuaternarias, aunque es posible encontrarlos en rocas mesozoicas y raramente en rocas paleozoicas. Este fenómeno se debe a los efectos de la erosión sobre las rocas, es decir, los depósitos formados en rocas antiguas ya se han erosionado.

VI.1.1.1. Depósitos Epitermales de Alta y Baja Sulfuración en México

En México, hasta hoy, los principales depósitos epitermales tipo AS de los que se tiene conocimiento son: Mulatos en Sonora, El Sauzal y Santo Niño en el estado de Chihuahua. El Sauzal y Mulatos, con más de 3.2 M de Oz (Gray, M.D., 2001), ambos se encuentran localizados en la provincia de la Sierra Madre Occidental. Los depósitos epitermales de baja sulfuración se encuentran mayormente extendidos y tienen mayor presencia en México como se muestra en la figura 8.

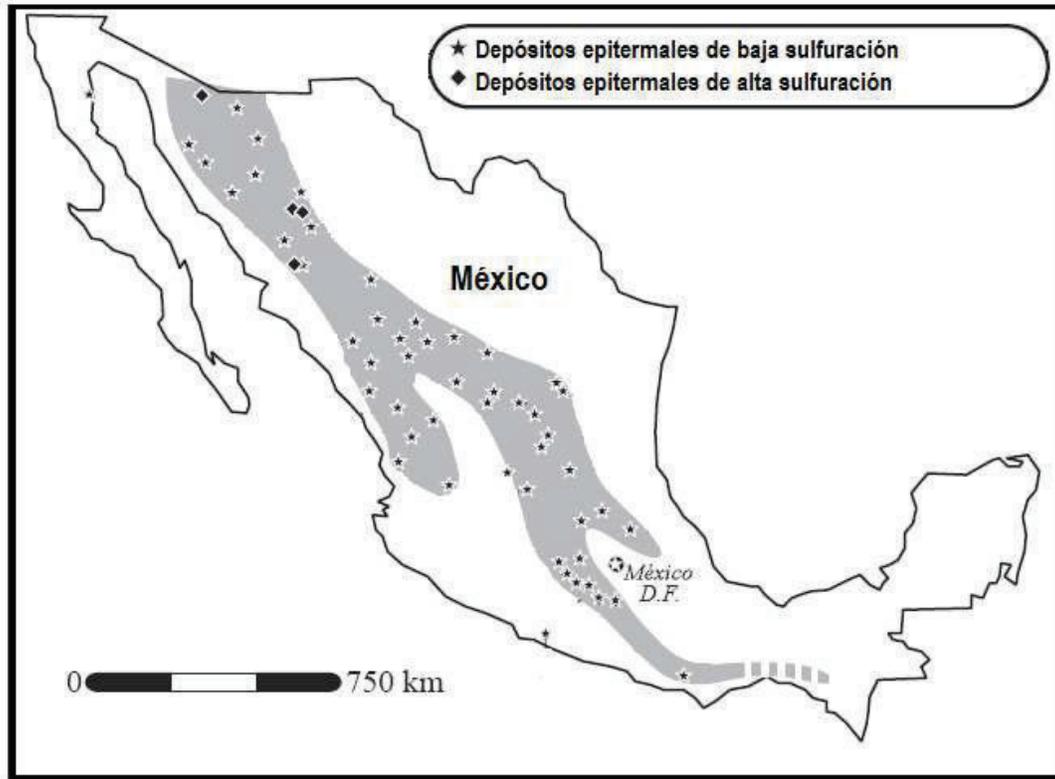


Figura 8.- Distribución en México de algunos depósitos epitermales de alta y baja sulfuración. Editado de Camprubí *et al.*, (1999).

VII. ESPECTROMETRIA DE REFLECTANCIA

VII.1. Antecedentes históricos

La espectrometría de reflectancia es una técnica analítica utilizada desde principios del siglo XX por químicos y mineralogistas para la identificación de ciertos compuestos y minerales. Los primeros datos de espectros en la zona del SWIR (Short Wave Infra Red) fueron publicados entre 1905 y 1910 por W. W. Coblents del U.S. Bureau of Standards. A mediados de 1940 se desarrollaron los primeros espectrómetros comerciales y fue hasta 1962 cuando Lyon y Moenke, publicaron las primeras compilaciones con los espectros de algunos minerales. Farmer (1974) editó un libro bastante completo con aspectos teóricos y prácticos; Marel y Beutelspacher (1976) publicaron los análisis espectrales de minerales típicos encontrados en suelos, incluyendo una gran cantidad de hidróxidos, filosilicatos, carbonatos y sulfatos. A partir de 1970 se comenzó a formar una base de datos con imágenes espectrales, desde entonces se inició un avance notable en el conocimiento y las aplicaciones prácticas de los métodos espectrométricos (SWIR), Hunt, G.R., Salisbury, J.W., y Lenhoff, C.J. (1971^a); Kodama, H., (1985); Clark, R.N., King, T., Klefwa, M., Swayze, G.A. y Vergo, N., (1990); Hauff, P.L. (1993); Grove, C.I., Hook, S., y Paylor, E.D., (1992).

Hoy día, es posible encontrar espectrómetros de campo tales como: GER-IRIS de Geophysical Environmental Research Inc, ASD-FieldSpec de Analytical Spectral Devices, PIMA y TerraSpec® de Integrated Spectronics. Tanto ASD, como GER utilizan una fuente de iluminación solar, mientras que los espectrómetros PIMA y

TerrasSpec disponen de una fuente de luz interna que incide sobre la muestra, esto les permite obtener datos de excelente calidad estando en campo o en cualquier lugar. No obstante, los primeros trabajos de campo publicados se basaron en información obtenida con un espectrómetro GER-IRIS, Marsh, S.E. y Mckeon, J.B., (1983).

No es común encontrar información teórica o ejemplos prácticos, referentes a los métodos de espectrometría infrarroja, pero esta interesante y eficaz técnica para detección y análisis de ciertos compuestos y grupos minerales, está tomando un lugar privilegiado en temas de investigación y exploración de recursos minerales, así como también en múltiples disciplinas de la química orgánica y medio ambiente entre otras.

VII.2. Fundamentos teóricos

Se trata de una técnica basada en el estudio del comportamiento de las ondas del campo electromagnético que son emitidas, absorbidas, reflectadas o refractadas por un cuerpo sólido, líquido o gas. Cabe mencionar que este espacio no sería suficiente para explicar a fondo los fundamentos teóricos de los métodos espectrométricos; de modo que, en este capítulo sólo se tratarán los aspectos más generales del tema.

Todo cuerpo que sea sometido a efectos de radiación, como un haz de luz, experimenta un fenómeno de reflexión y absorción de energía como se muestra en la

figura 9, la cual, se manifiesta en forma de ondas electromagnéticas que pueden ser medidas y analizadas en función de su amplitud y longitud, principalmente.

El **Espectro electromagnético** en la figura 10, muestra en forma gráfica las zonas de energía, separadas por tipo y longitud de onda. Algunas de estas zonas son: Rayos gama ($10^{-4}\text{m} - 10^{-10}\text{m}$), Rayos X ($10^{-12}\text{m} - 10^{-8}\text{m}$), Rayos UV ($10^{-8}\text{m} - 10^{-7}\text{m}$), la zona de luz visible ($350\mu\text{nm} - 740\mu\text{nm}$), Infra rojo ($0.74\mu\text{m} - 1000\mu\text{m}$), también, el umbral de las micro-ondas, ondas de radio FM y AM etc., Ostrooumov M, (2006).

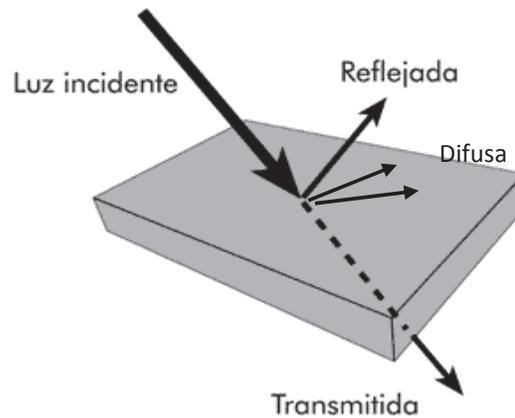


Figura 9.- Muestra el comportamiento de un haz de luz al incidir sobre un cuerpo dado, una parte es reflejada, otra se propaga por el medio en forma difusa o transmitida. Los métodos espectrométricos (SWIR) miden las propiedades de aquella que ha sido reflejada.

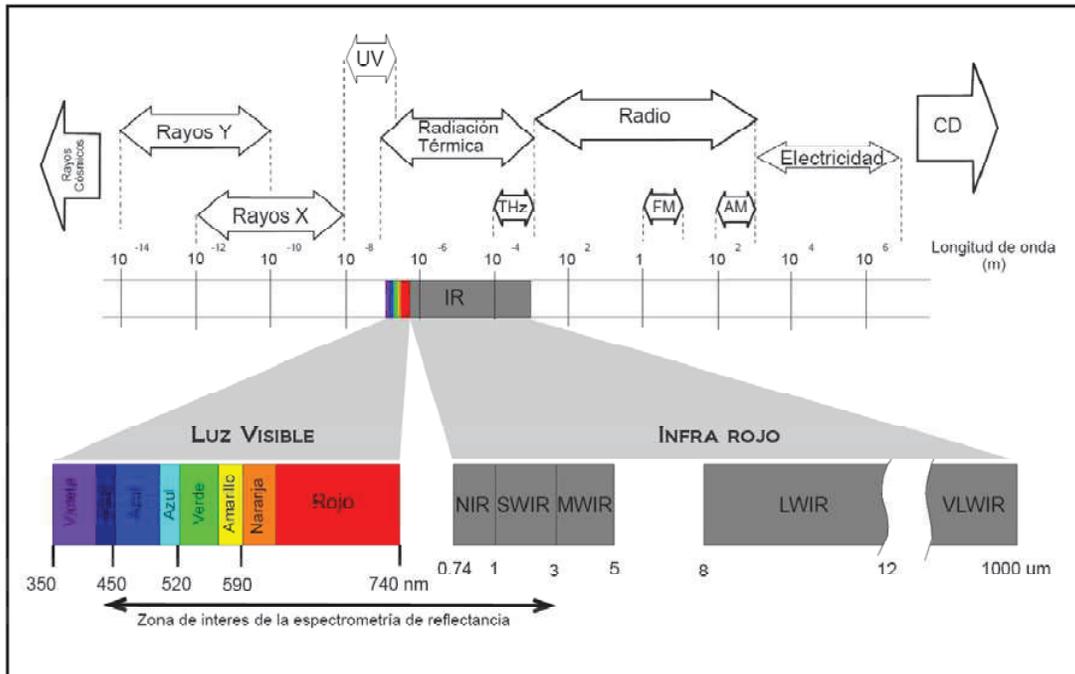


Figura 10.- Muestra las zonas más importantes del espectro electromagnético, ampliando las de la luz visible e infra rojo (IR). El campo de detección para los espectrómetros actuales es de 400 – 2500 nm abarcando gran parte de la zona de la luz visible, Cercana al infrarrojo (NIR) e infrarrojo de onda corta (SWIR).

Tanto la absorción y reflexión de energía de una molécula, son controladas por características químicas y físicas de la misma, es decir, su composición, distribución de átomos en la estructura cristalina, propiedades de los átomos en la estructura dada (composición electrónica) y propiedades físicas. Por lo tanto, cada molécula diferente, posee un espectro de absorción y emisión de energía específico Ostrooumov, M. (2006).

Existen diferentes tipos de espectrómetros capaces de medir variaciones espectrales a diferentes rangos de longitud de onda. En este trabajo, trataremos

aquellos capaces de detectar variaciones del campo electromagnético entre (1300 – 2500 nanómetros) que se encuentran en la zona del SWIR, figura 10.

Repetidas veces se ha mencionado el término *espectro*, y no es más que una gráfica continua con cambios de pendiente en dos dimensiones, donde los valores en el eje horizontal corresponden a la longitud de onda, que puede ser expresada en micrómetros (μm) o nanómetros (nm), y los valores del eje vertical al porcentaje de reflectancia respecto a la referencia de reflectancia del Halón (CBrClF_2) principalmente.

Las características que deben ser consideradas en cualquier espectro, para la identificación de compuestos son las siguientes: **Rasgos de absorción**, estos cambian de forma, profundidad respecto al eje vertical, y posición respecto al eje horizontal (longitud de onda) que nos indica, zonas de energía generada por la vibración de ciertas moléculas y radicales: OH, H_2O , NH_4 , CO_3 y enlaces del catión OH como Al-OH, Mg-OH, Fe-OH, (Hunt 1971 y Goetz et al 1982), en la 110 se muestran las principales zonas de absorción y el enlace iónico que representan.

Los rasgos de absorción según su forma y profundidad, pueden ser: agudos, dobles y agudos, simple abierto, dobles y abiertos, en forma de hombro, múltiples, etc., como se muestra en la figura 12.

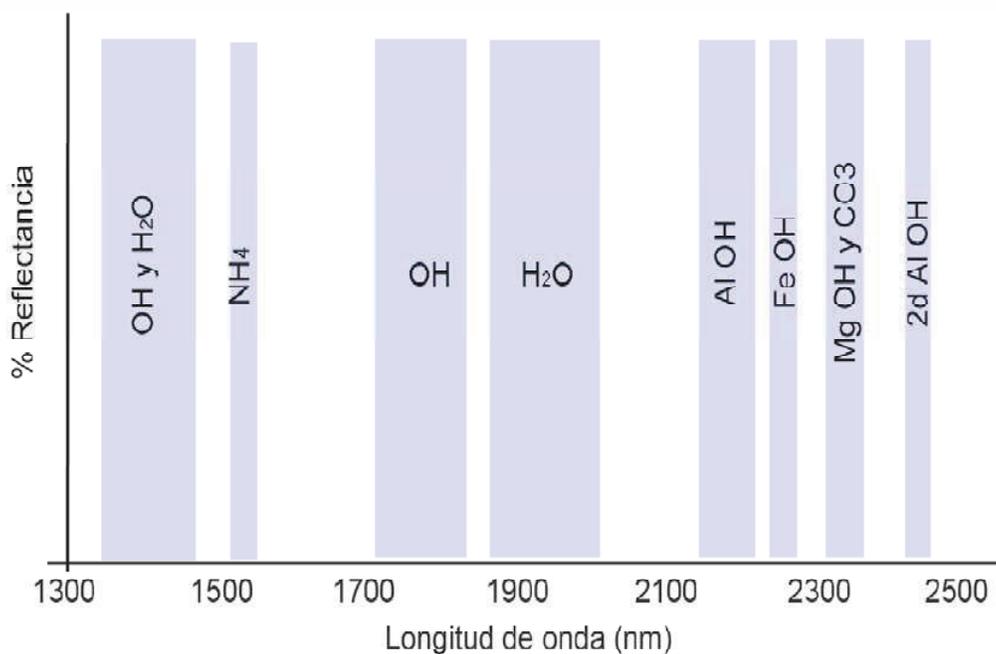


Figura 11.- El campo de detección de los espectrómetros PIMA, abarca de 1300 a 2500 nm donde se pueden identificar patrones espectrales relacionados con la presencia de moléculas y radicales como OH, H₂O, AlOH, FeOH, MgOH y CO₃. En esta figura se muestran las principales zonas de absorción y el enlace iónico que representan. (Modificado de Herrmann, et al., 2001)

A la forma general de la gráfica, se le conoce como: **Perímetro exterior, envolvente, continuum o Hull**, es importante porque ayuda a identificar variaciones químicas de un mismo compuesto, entre otras características que se tocarán posteriormente, figura 13.

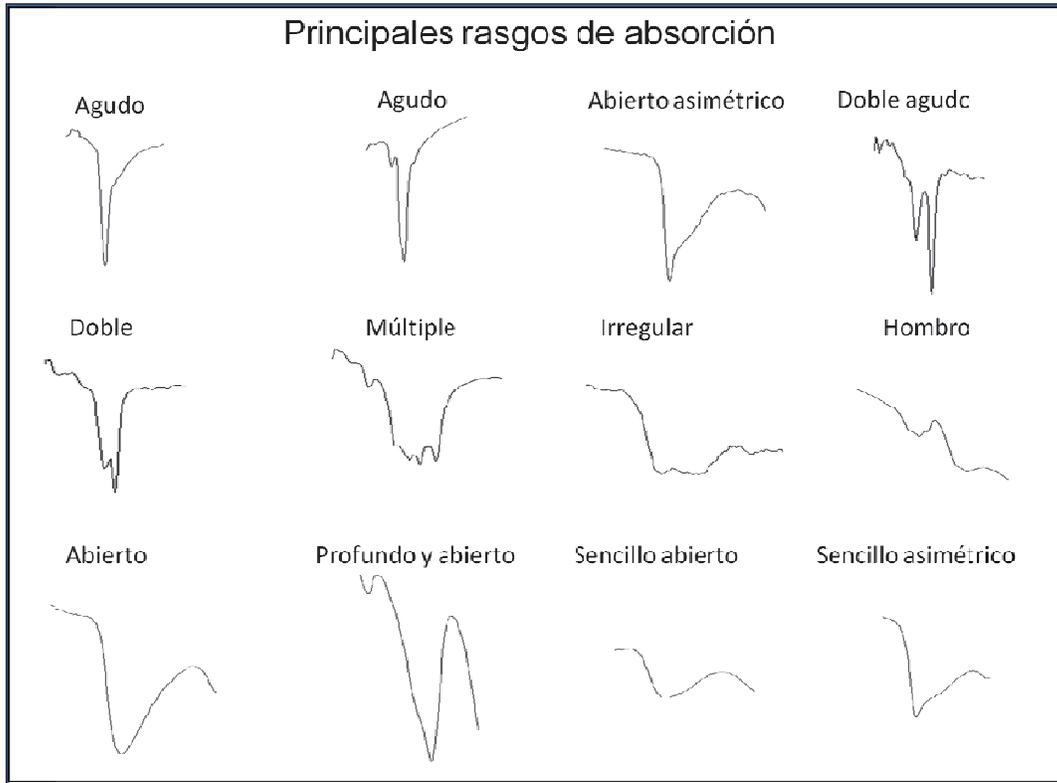


Figura 12.- Se muestran los principales rasgos de absorción que pueden observarse en un espectro electromagnético. La forma y profundidad de cada uno de ellos está en función de las características químicas de la molécula del mineral analizado.

En la figura 14 se muestran las principales características espectrales de algunos minerales de alteración, como dickita, caolinita, illita-smectita, pirofillita, jarosita, sericita, etc.

Con este método, es posible detectar variantes composicionales o sustitución de elementos en la molécula. Este fenómeno se observa como cambios significativos en la forma de los rasgos de absorción y desplazamientos respecto al eje horizontal ó longitud de onda. En la Figura 15 se observa como los rasgos del

mineral alunita varían ligeramente su posición respecto al eje x, esto nos indica cambios progresivos o sustitución del ion K por Na en la estructura cristalina del mineral. Del mismo modo se observan variaciones espectrales en muestras de clorita, cuya composición puede variar desde una clorita rica en Fe hasta Mg o combinaciones Mg – Fe.

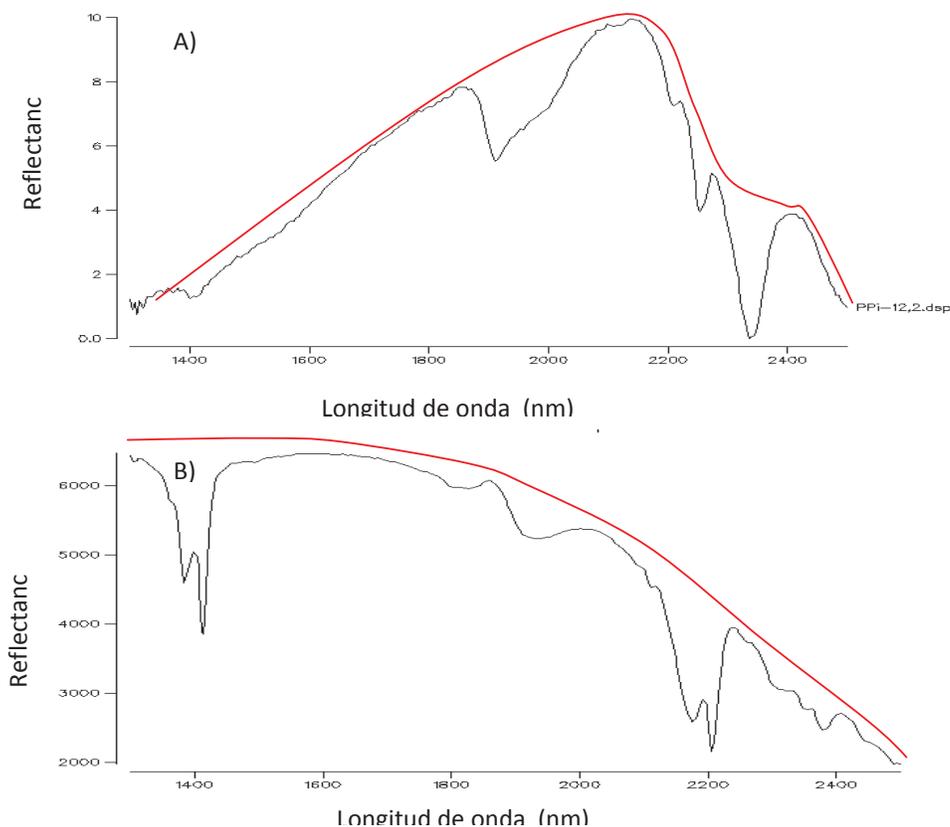


Figura 13.- El ejemplo muestra dos casos donde la línea de color rojo representa el perímetro exterior o HULL: A) donde la pendiente general de la gráfica “Envoltente” es positiva y fuerte, que nos indica la presencia del hierro en una muestra con biotita. B) El espectro típico del mineral dickita, que carece de Fe en su molécula y que da como resultado un envoltente con una pendiente negativa. Las muestras de espectros de biotita y dickita fueron tomadas de la base de datos de Spectral International Inc.

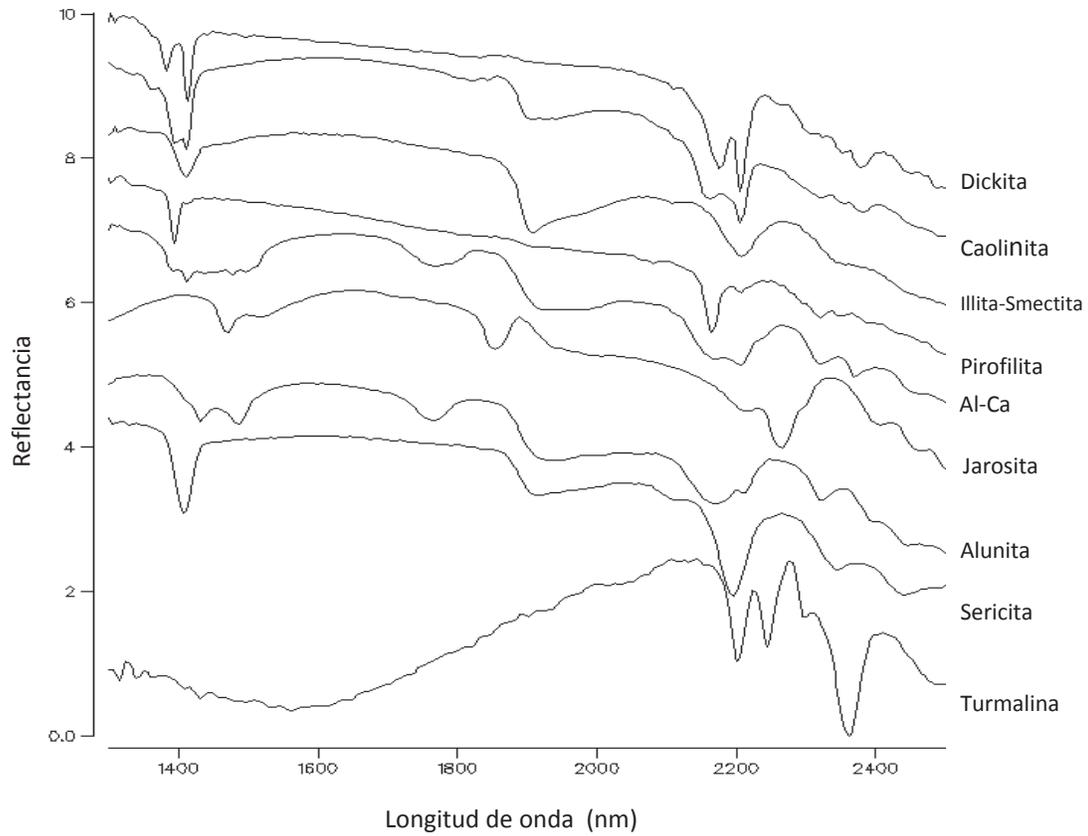


Figura 14.- Ejemplo de una serie de espectros que corresponden a minerales diferentes, observe las diferentes formas de los rasgos de absorción y su posición respecto al eje X (Longitud de onda nm), además de la forma general del envolvente. (Ejemplos tomados de la base de datos de SpecMin, SII)

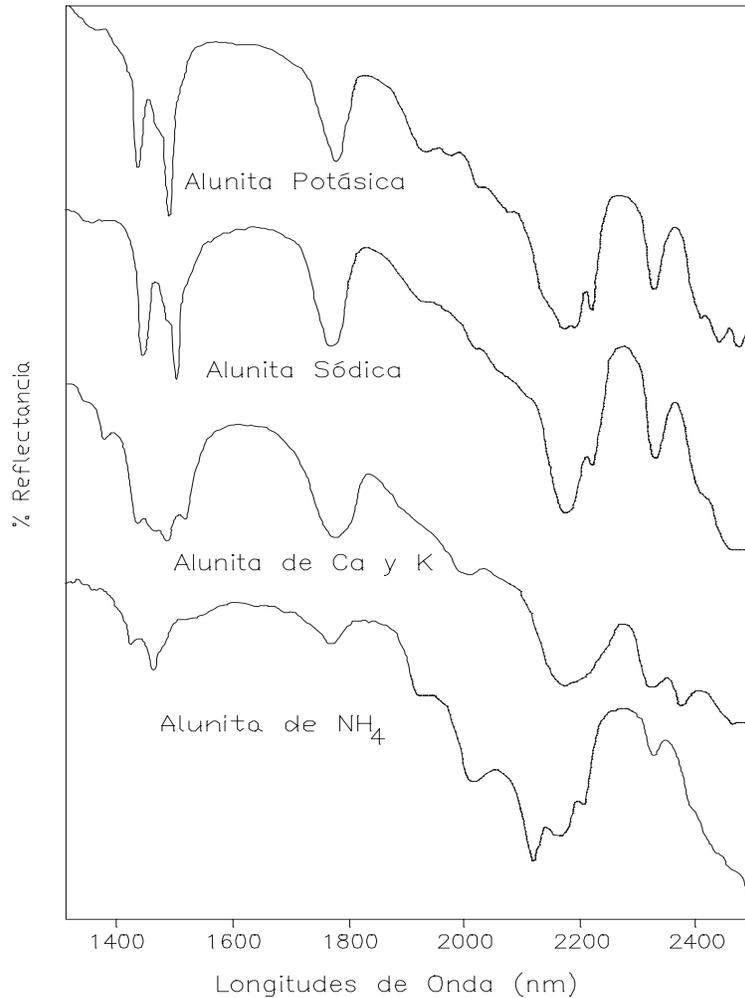


Figura 15.- A) Muestra las diferencias entre los rasgos de muestras de alunita rica en K, Na, Ca y NH. B) Ampliación para observar la variación de longitud de onda en una muestra de Alunita Ca-K. Los ejemplos fueron tomados de la base de datos de Spectral International Inc

Es de suma importancia, mencionar que las diferentes zonas de alteración en un yacimiento mineral, se definen precisamente, por las asociaciones mineralógicas, de modo que, es común encontrar en un mismo espectro la combinación de los

rasgos de absorción de dos o más minerales. La Tabla 1 contiene algunas asociaciones de minerales tipo de alteración y ambiente de formación, la Figura 16 es un ejemplo de asociación dickita-alunita.

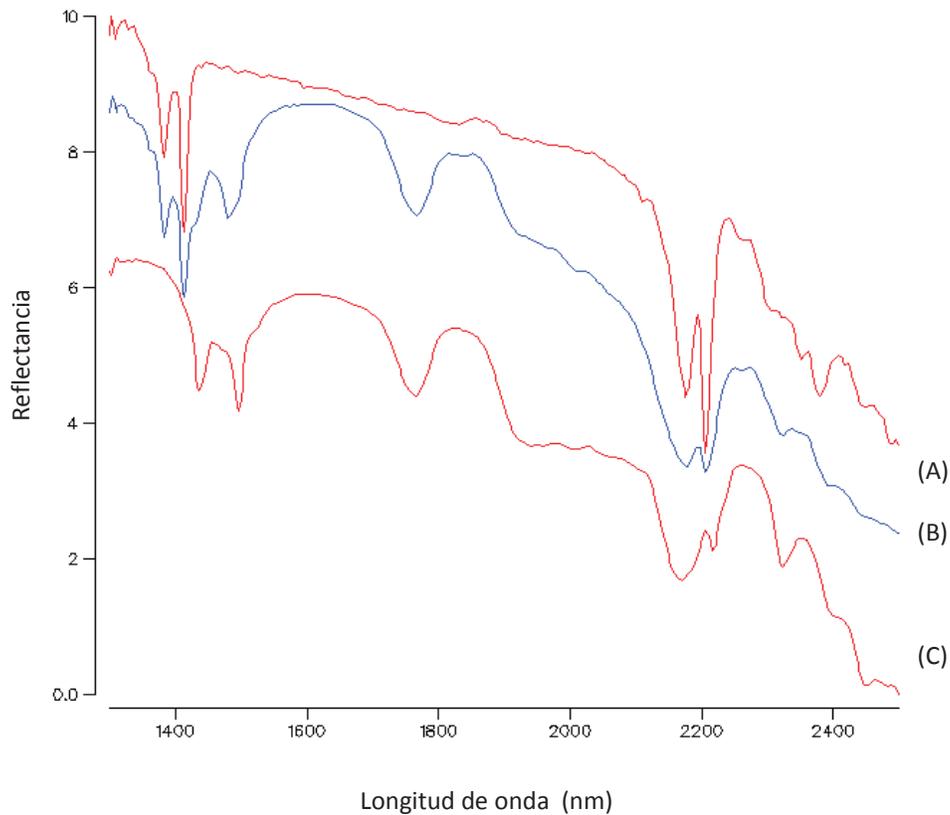


Figura 16.- El espectro (B) en azul corresponde a la asociación alunita-dickita, en rojo dos espectros de referencia (A) dickita 100% y (C) alunita 100%. Observe como tanto los rasgos de alunita y dickita se encuentran bien definidos y combinados en la muestra (B).

Ambiente de Formación	Tipo de Alteración	Asociación Mineral
	Potásica	Biotita(flogopita), actinolita, sericita, clorita, epidota, muscovita, anhidrita
Relacionadas a intrusivos	Filica, Sericítica	Actinolita, clinopiroxeno (diópsido) clorita, anhidrita
	Argílica intermedia, sericita-clorita, argílica	Sericita, illita-smectita, clorita, caolinita, montmorillonita, calcita, epidota, dickita
	Argílica Avanzada	Pirofillita, sericita, diásporo, alunita, topacio, Turmalina, zunyta, dumortierita
	Greisen	Topacio, moscovita, turmalina
	Skarn	Clinopiroxeno, wollastonita, actinolita-tremolita, Vesuvianita, epidota, serpentinita-talco, calcita, clorita, Illita-Smectita, nontronita.
	Propilítica	Clorita, epidota, calcita, actinolita, sericita,
Epitermales de alta sulfuración	Argílica Avanzada	Alunita, dickita, caolinita, diásporo, pirofillita, zunyta
	Argílica intermedia Propilítica	Caolinita, dickita, montmorillonita, illita, smectita Clorita, caolinita, epidota, sericita, arcillas
Epitermales de baja sulfuración	“Adularia”- Sericita, Sericítica, Argílica	Sericita, illita-smectita, caolinita, calcedonia, ópalo, Montmorillonita, calcita, dolomita
	Argílica Avanzada (Calentado por vapor) Propilítica-Zeolítica	Caolinita, alunita, cristobalita (ópalo, calcedonia), jarosita Calcita, epidota, wairakita, clorita, illita-smectita, montmorillonita
Mesotermal	Carbonato	Calcita, ankerita, dolomita, muscovita, (rica en Cr-V), clorita
	Clorítica Biotítica	Clorita, muscovita, actinolita Biotita, clorita
Oro en sedimentos	Argílica	Caolinita, dickita, illita
Sulfuros masivos volcanogénicos (VMS)	Sericítica	Sericita, clorita, cloritoide
	Clorítica Carbonato	Clorita, sericita, biotita Dolomita, siderita, ankerita, aalcita, sericita, clorita

Tabla 1.- Contiene algunos ejemplos de zonas de alteración definidas por diferentes asociaciones minerales en distintos ambientes de formación. *La información de esta tabla se encuentra ampliamente detallada en: Tompson, A.J.B., y Tompson J.F.H., 1996*

VII.3. Consideraciones importantes para la recolección de datos y análisis de muestra.

La espectrometría de reflectancia es una eficiente herramienta para la identificación de minerales en muestras individuales, sin embargo, el mayor provecho se obtiene de la recolección de datos en forma sistemática. Como en toda investigación o caso de estudio el manejo limpio y preciso de la información recabada es de suma importancia para obtener resultados útiles y confiables, de modo que toda la información referida al proceso de muestreo para el análisis debe ser clara y contener la mayor cantidad de información posible, por ejemplo: Numero de muestra, localización, tipo de muestra (muestra de mano, chips de barrenación, núcleo, pulpas, suelo etc.), y por supuesto una descripción detallada de las características geológicas como litología, alteración, estructuras, grado y tipo de oxidación, , mineralogía etc.

Al realizar el análisis de una muestra, es importante tomar en cuenta, los siguientes aspectos, ya que de ello depende, la buena o mala interpretación de los datos espectrales.

- *Humedad.*- El agua también posee características espectrales bien definidas que pueden enmascarar o disolver los rasgos diagnósticos de otros minerales; esto nos genera una mala lectura y por lo tanto una interpretación imprecisa de los minerales presentes en la muestra. Por supuesto que en este punto, se refiere a agua meteórica, ya que existen minerales que contienen agua en

su estructura molecular; es el caso de Smectitas y otros minerales hidratados, tema que se abordará más adelante.

- *Superficie irregular.*- Se refiere a muestras de superficie irregular, que pueden ser: rocas muy porosas, fracturadas, de grano grueso, etc. Es importante que la superficie que se analice sea lo más regular posible, “plana”, de lo contrario, se obtiene un espectro deformado. A este fenómeno se le conoce como *ruido*.
- *Color.*- El método se basa en medir las características de las ondas reflejadas por los minerales. En el caso de minerales de alta reflexión como sulfuros, las características del espectro se ven afectadas por *ruido*, en mayor o menor proporción dependiendo del contenido de estos minerales. Por otro lado, aquellos con un alto nivel de absorción, de color oscuro, por ejemplo turmalina, y también aquellos minerales translúcidos como calcita pura, yeso y otros, que más que reflejar, conducen la luz en su interior, generando un pobre desarrollo de rasgos de absorción.
- *Tipo de muestra.*- Los tipos de muestra y muestreo también pueden distorsionar o degradar los rasgos espectrales. Por ejemplo, se puede analizar muestras de mano, “chips”, polvos, etc. En estos casos, el tamaño de grano es importante ya que se ha mencionado que se requiere de una superficie lo mas plana posible para el análisis. Se ha observado que las muestras que han sido sometidas a pulverización, pueden presentar variaciones mínimas en sus rasgos espectrales ya que durante el proceso se puede generar algo de calor que alterara la estructura cristalina de ciertos minerales.

- *Otros.*- Contaminantes externos como grasa, aceites, tintas, materia orgánica, etc., provocan alteraciones importantes en los rasgos espectrales de la muestra.
- Para el análisis de rocas con el espectrómetro solo se requiere de muestras de mano con superficie fresca y lo más plana posible y que estén libres de contaminantes, la muestra se coloca sobre el orificio de 1 cm de diámetro en el espectrómetro y esta debe quedar inmóvil hasta que se termine el proceso de “escaneo”.

La aplicación de este método no es adecuada para la mayoría de los silicatos anhidros, además, no es posible identificar aquellos minerales que estén presentes en cantidades menores al 5%, salvo algunas excepciones.

VII.4. Metodología para la identificación de compuestos.

La identificación de compuestos se basa en la observación, y medición de los diferentes rasgos espectrales producidos que han sido descritos anteriormente. Estos rasgos son comparados ante un registro de imágenes espectrales de referencia para cada mineral o grupo mineral que han sido previamente compiladas y que ahora nos ayudan a identificar aspectos importantes como: mineralogía, grado de cristalinidad, variaciones por reemplazamiento en la composición molecular y asociación mineral.

Algunos minerales o grupos minerales comparten los mismos o muy similares rasgos de absorción también, existen rasgos espectrales que son dominantes y cubren aquellos más sutiles pero que son importantes para la identificación de otros minerales que también estén presentes en la muestra, de modo que se debe poner especial cuidado en estos casos para evitar interpretaciones erróneas,. Un ejemplo muy claro y común, es la asociación illita-moscovita (sericita), también alunita-jarositita, e illita-smectita, entre otros.

VII.5. Casos de estudio

Algunos de los siguientes casos de estudio son presentados en el artículo *Mapeo de alteraciones en exploración, Aplicación de la espectrometría de onda corta del infrarrojo (SWIR)*. El objetivo de estos es, mostrar las diferentes aplicaciones y ventajas de los métodos espectrométricos para exploración minera.

VII.5.1. Yacimientos epitermales de Alta Sulfuración (AS)

Las características generales de los depósitos de Alta Sulfuración, han sido ampliamente estudiadas y descritas por autores como Arribas (1995); Hedenquist et al., (2000); Ashley (1982). Una de sus características principales y que ayudan a diferenciarlos de otro tipo de yacimientos, es que cuentan con un zoneamiento de minerales como alunita, dickita, pirofilita, caolinita, etc., además, cuerpos de sílice en forma masiva, “vuggy”, o silicificación parcial. La mayoría de estos minerales no

puede ser identificado fácilmente; sin embargo, con ayuda de un espectrómetro, en tan solo unos segundos, se puede incluso detectar las diferentes asociaciones mineralógicas y abundancia relativa de uno, dos o más minerales en alguna muestra dada. A continuación se presentan algunos casos donde se aplicaron los métodos espectrométricos SWIR en depósitos de AS:

Virgen.- Se trata de un depósito aurífero de alta sulfuración hospedado en rocas sedimentarias de edad cretácica y andesitas del terciario. Localizado a 180 km al este de Trujillo, norte de Perú. Los estudios de alteración por métodos espectrométricos en la propiedad fueron realizados por la compañía Gitennes Exploration Inc., Vancouver. El objetivo del trabajo fue determinar las características de las diferentes zonas de alteración y su relación con anomalías de Au, empleando un espectrómetro PIMA II en alrededor de 900 muestras de mano y cortes de barrenos. De las muestras analizadas se identificaron los siguientes minerales de alteración: alunita, dickita, pirofilita, diásporo, caolinita, smectitas, illita y cuarzo. Las zonas de alteración se clasificaron en función de las diferentes asociaciones de minerales identificados. Al correlacionar las zonas de alteración con las mineralizadas, se detectó que, aquellas con presencia de dickita mostraban un contenido anómalo en valores de Au, y se encontró mineralización adicional asociada con dickita, alunita, y cuarzo oqueroso o “sílice “vuggy””. La 17 muestra la proyección de un barreno y la relación entre litología, alteración y valores de Au.

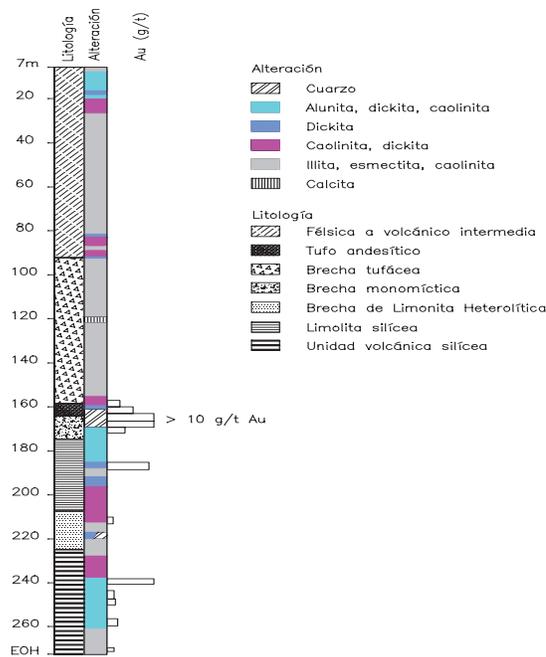


Figura 17.- Se trata de la proyección de un barreno donde se muestra la relación entre litología, alteración definida mediante espectrometría IR y mineralización de Au de la zona de Alumbre Proyecto La Virgen, Perú

Pamel.- Prospecto que se ubica en la cordillera occidental del Perú, donde se analizaron alrededor de 128 muestras de roca, cuyos resultados fueron integrados con el resto de la información geológica generada para crear un mapa de alteración detallado y confiable. En el mapa de la Figura 18 se observan claramente distintas zonas de alteración: sílice-alunita-dickita; alunita-caolinita, caolinita y en las partes distales una asociación de sericita-illita-clorita. La elaboración de este mapa que contribuyó enormemente a la delimitación de áreas de interés fue llevada a cabo con ayuda de un espectrómetro PIMA II

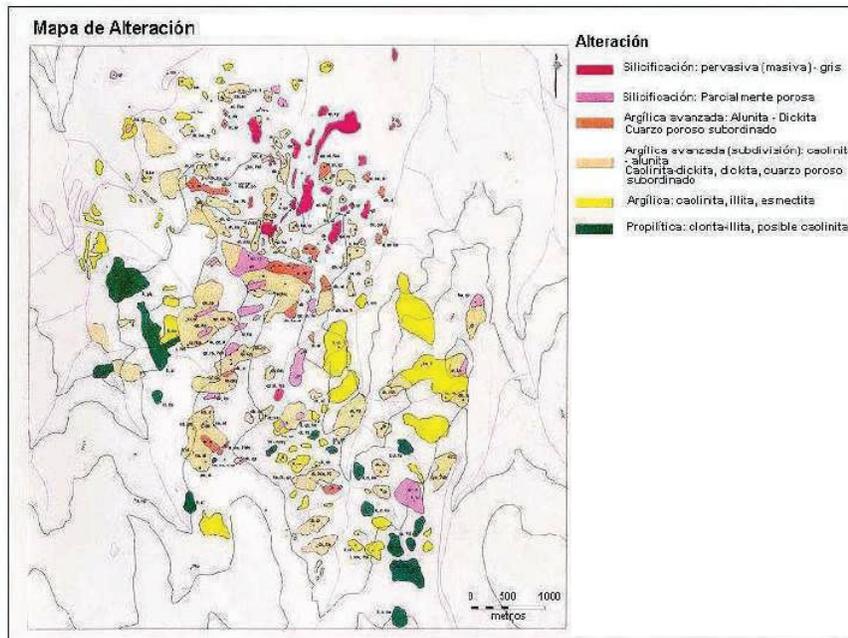


Figura 18.- Mapa de alteración de Pamel, Perú, generado con la información geológica y la referencia de 128 muestras de roca analizadas con un espectrómetro PIMA II. En este se muestran las diferentes zonas de alteración que pudieron ser identificadas.

VII.5.2. Baja Sulfuración, VMS, Tipo Pórfido y otros

Los métodos espectrométricos para identificación de minerales también son utilizados en otro tipo de yacimientos como Baja Sulfuración, VMS, Tipo Pórfido y otros relacionados a intrusiones, etc. El hecho es que en la mayoría de estos depósitos existe la necesidad y a la vez, problemática de identificar aquellos minerales de grano muy fino y/o combinaciones de dos o más minerales para delimitar con precisión las diferentes zonas y grados de alteración. Por ejemplo, la abundancia relativa y distribución de clorita-sericita en el depósito Kidd Creek de tipo

VMS, Koopman et al., (1999), permitió establecer una guía de proximidad hacia zonas mineralizadas. La alteración en Myra Falls (VMS de Au, Cu Pb y Zn), consiste de mica blanca, cuarzo, pirita, calcita, clorita epidota y dolomita. Con la ayuda de un espectrómetro, se detectaron diferencias importantes en los rasgos espectrales de micas blancas, y cloritas que son producidos por la variación composicional. Con la interpretación de los resultados, se determinó que las zonas distales mostraron un contenido bien definido de phengita, un tipo de mica blanca rica en Al y chamosita que es una variedad de clorita rica en hierro, mientras que en las partes cercanas al depósito, se identificaron muscovita y una variedad de clorita rica en Mg (Sinclair B.J., 2000).

Como estos, existen otros casos donde la aplicación de los métodos espectrométricos SWIR aportan datos valiosos que son utilizados en conjunto con información geológica, para generar guías de exploración precisas y confiables.

VIII. APLICACIÓN DEL METODO DE ESPECTROMETRIA DE REFLECTANCIA EN EL PROYECTO LA INDIA PARA IDENTIFICAR ZONAS DE ALTERACIÓN

VIII.1. Metodología

Para cumplir con las expectativas de este trabajo, se analizaron un total de 618 muestras de roca que fueron colectadas de forma sistemática en líneas este-oeste, con una separación de 50 metros entre línea y 50 metros entre cada muestra dentro del área conocida como Viruela-La Cruz dentro del proyecto La India, en un área de aproximadamente 1.5 x 1.7 km que se muestra en la figura 2. En cada punto de muestreo se tomaron al menos tres ejemplares de mano que estuvieran libres de materia orgánica; el lugar de muestreo también fue condicionado a la presencia de afloramientos. La ubicación de cada muestra en la figura 19 fue obtenida con un posicionador satelital, esta información fue documentada junto con la mayor cantidad de información geológica posible de la zona de muestreo, como: tipo de roca, alteración, datos estructurales, tipo y grado de oxidación, mineralogía y comentarios. Esta información fue capturada digitalmente, para formar una base de datos para posteriormente ser procesada. La totalidad de muestras fue analizada con un espectrómetro PIMA II, y los datos obtenidos fueron procesados para la identificación de minerales con el *software SPEC-MIN ver 3.1 y SpecWin Application ver 2.0*.

Al completar la base de datos, con los resultados obtenidos del análisis de muestras, la información se transfirió al programa de dibujo, para la elaboración de mapas, en los cuales se utilizó una base topográfica con curvas de nivel a 20 m y

una malla de coordenadas referidas al sistema de proyección *Universal Transverse Mercator UTM Zone 12 (NAT 27 for MEX)*. Con la información concentrada en un mapa, se delimitaron las diferentes zonas de asociaciones minerales.

También se añadió la información de muestras de geoquímica para elaborar un mapa de anomalía para Au, esto con el objetivo de observar relaciones entre las diferentes zonas de asociaciones minerales y rangos de valores de Au en g/t.

Los códigos y nomenclatura, así como también, la información geológica de cada muestra, su ubicación y los resultados del análisis con el espectrómetro, se encuentran en los ANEXOS I y III

VIII.2 Especificaciones PIMA II y Software

El análisis de las muestras fue realizado con el espectrómetro PIMA II (Portable Infrared Mineral Analyzer), foto 5, cuyas especificaciones se muestran en la Tabla 2. La información recabada por el espectrómetro es procesada y mostrada en forma gráfica, con la ayuda del software PIMA SP, para después ser gravada, analizada e interpretada.



Foto 5.- PIMA II: consta de un espectrómetro, fuente de poder, computadora, cableado y soporte. Requiere de enfriamiento externo para trabajar adecuadamente.

Las gráficas o espectros fueron comparados y analizados con la ayuda del software *SPEC-MIN ver 3.1* donde se encuentra una extensa base de datos que compara los principales rasgos de absorción de la muestra que se analiza, con minerales de referencia previamente identificados. El programa *SpecWin Application ver 2.0.*, muestra de manera simultánea diferentes espectros, de modo que permite observar y comparar diferentes gráficas.

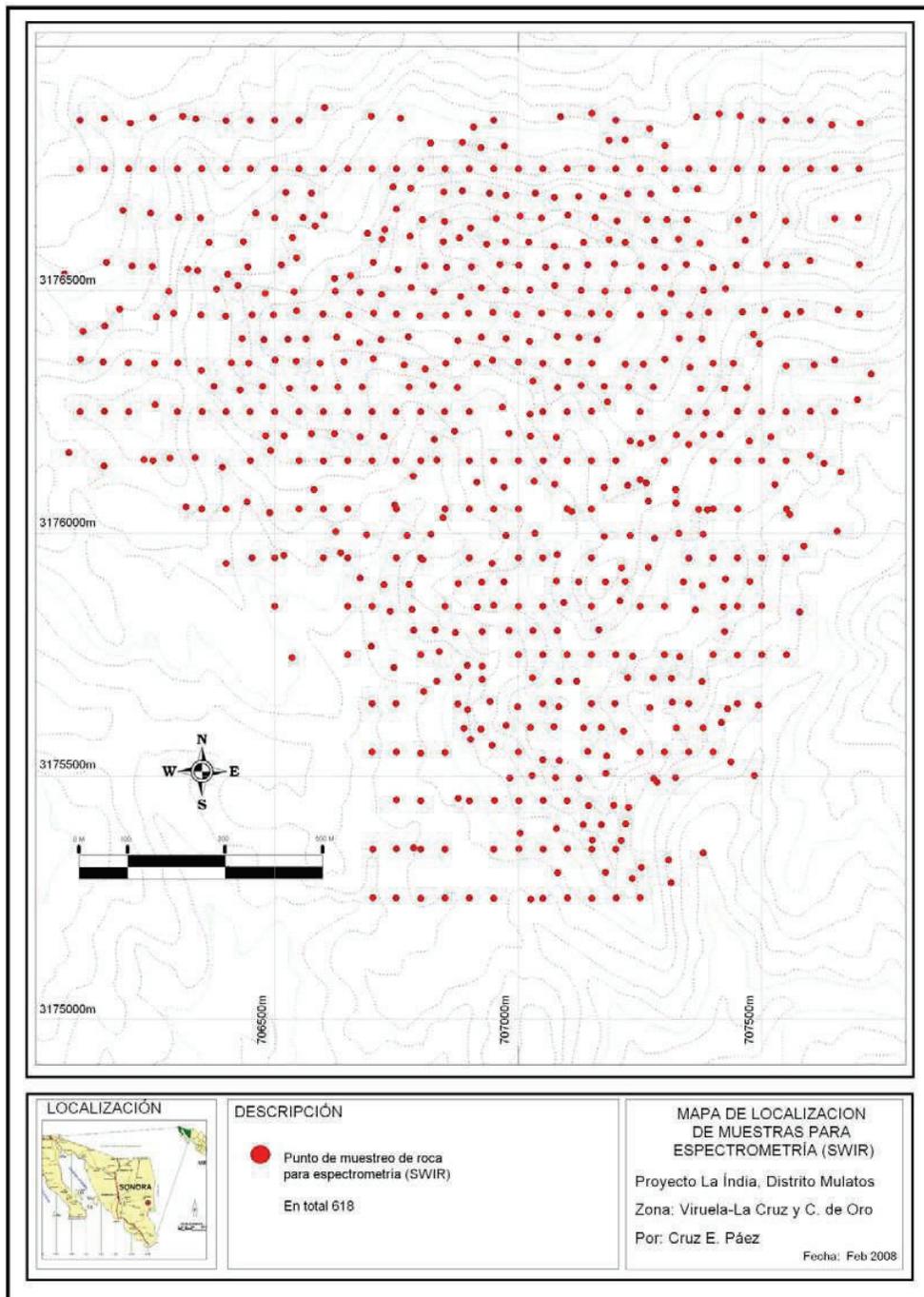


Figura 19.- Mapa de localización de muestras para espectrometría en las zonas de Viruela - La Cruz y Cerro de oro.

Intervalo de longitud de Onda	1300-2500 nm
Resolución	7-10 nm
Intervalo de muestreo	2nm
Iluminación	Interna
Calibración	Basada en STD Internos
Enfriamiento	Ventilación interna por abanicos
Dimensiones	27 x 17 x 12 cm
Peso	3.9kg incluidas baterías y computadora
Tiempo de medida	16seg – 6 min, promedio 37 seg.

Tabla 2.- Especificaciones del espectrómetro PIMA II

VIII.3 Análisis de muestras

Según el análisis, los minerales identificados fueron alunita (Al), dickita (Dik), caolinita (K), illita (I), smectita (Smc), y jarosita (Jar) además sílice (sil), los detalles como composición y grupo mineral se muestran en la Tabla 3. También se observó que en una muestra se pueden encontrar asociaciones de dos y hasta tres diferentes especies minerales en diferentes proporciones, siendo las más comunes Al-K, Al-Dik, Dik-K, K-Dik-Al, (con variable contenido de Sil), también I-Smc-K, I-Smc, I-K.

MINERAL	CLASE	GRUPO	FORMULA QUIMICA
Alunita	Sulfatos	Alunita	$Al(SO_4)_2(OH)_6$
Dickita	Filosilicatos	Caolinita	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$
Caolinita	Filosilicatos	Caolinita	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$
Smectita	Filosilicatos	Smectita	$(Na,Ca)_{0,3}(Al,Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot n(H_2O)$
Illita	Filosilicatos		$(K,H_3O)(Al,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4O_{10}[(OH)_2,(H_2O)]$
Sílice	Tectosilicatos	Silicatos	SiO_2
Clorita	Silicatos	Clorita	$(Fe, Mg, Al)_6(Si, Al)_4O_{10}(OH)_8$

Tabla 3.- Minerales que pudieron ser identificados mediante el espectrómetro PIMA II.

Alunita

Como es de esperarse, una gran cantidad de muestras contienen Alunita ya que es un mineral de común ocurrencia en depósitos epitermales de alta sulfuración (Tompson, A.J.B., y Tompson J.F.H., 1996). Según las observaciones de campo, puede ocurrir en vetillas de color blanco (1 mm – 5 cm) en forma masiva, o cristales de coloración ligeramente rosada a café claro relleno de fracturas y cavidades en zonas con fuerte silicificación, (Sílice masivo, sílice “vuggy”, sílice alunita), también diseminada en rocas con moderada silicificación (“Sílice clay”).

Los rasgos espectrales para identificar este mineral son: doble agudo en (1420-1440 y 1470-1500 nm), uno simple corto y ligeramente abierto (1760, 2170) otro rasgo abierto en (2320), entre otros de menor importancia y la forma general es como se muestra en la gráfica de la figura 20.

De la observación de espectros con alunita, se identificaron al menos tres tipos diferentes de gráficos, que corresponden a variaciones importantes en la composición de la molécula del mineral y el grado y forma cristalina.

Los rasgos espectrales de alunita en vetillas generalmente son más abiertos y profundos, mientras que los de alunita en fracturas, cavidades o roca, son más agudos pero menos profundos. La sustitución de átomos de K y Na en la molécula del mineral se ve expresada como una variación en la posición del rasgo doble en (1420-1440 y 1470-1500 nm), donde alunita potásica corresponde a valores menores respecto al eje de absorción que alunita sódica. Los casos de alunita cálcica, menos comunes, son identificados fácilmente por su característico rasgo múltiple irregular entre 1420 – 1520 nm y otro simple y menor en 2370nm, figura 21.

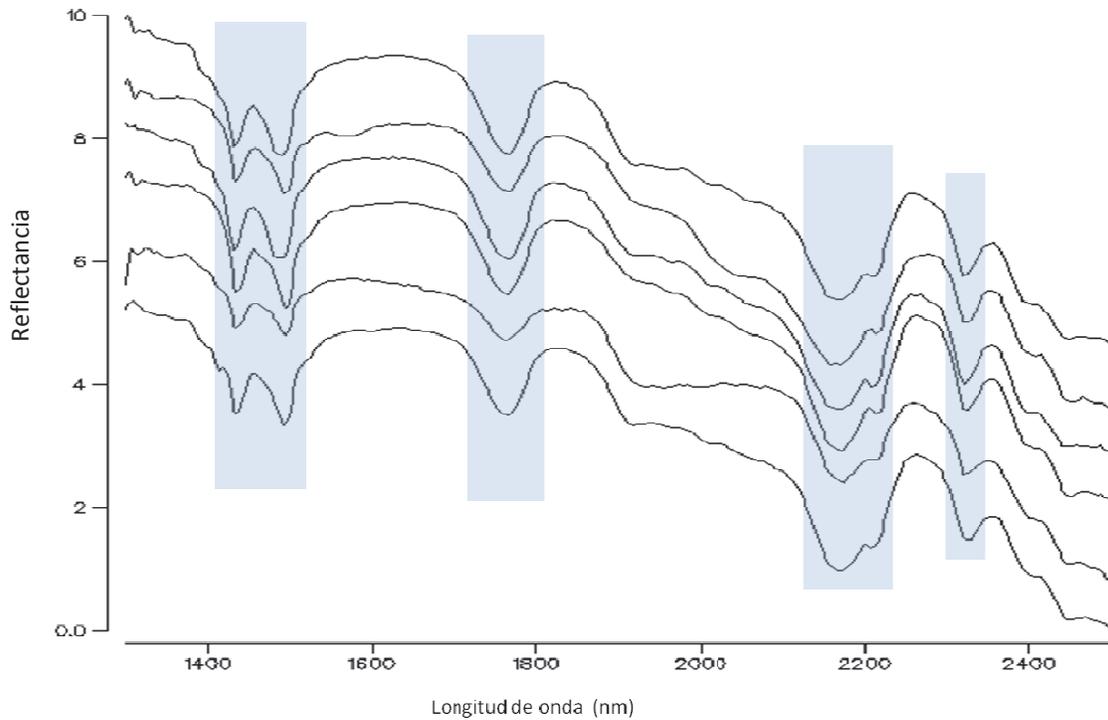


Figura 20.- Muestra las características espectrales diagnósticas del mineral alunita.

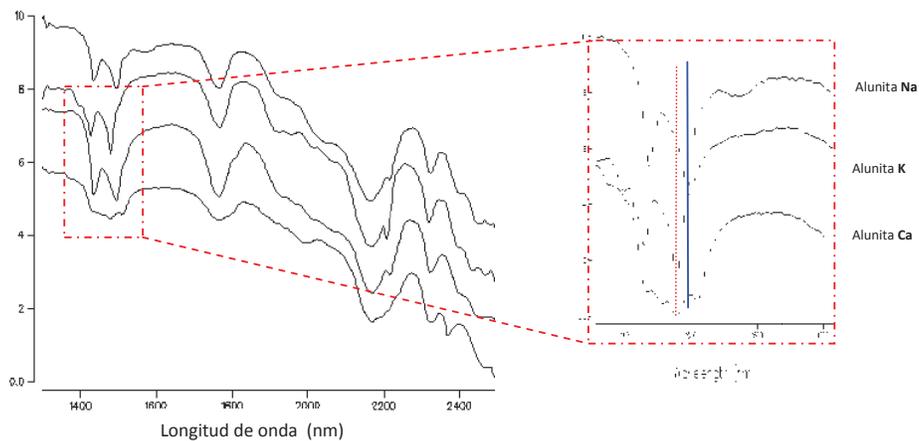


Figura 21. Diferentes clases de alunita que pudieron ser identificadas. En la ampliación del recuadro se observan las diferentes posiciones y forma de los rasgos de absorción: **A)** Alunita Na, **B)** Alunita K, **C)** Alunita Ca.

Dickita

Se trata de un mineral del grupo de la caolinita, también presente en yacimientos de tipo alta sulfuración, Tompson, A.J.B., y Tompson J.F.H., (1996). En este caso, se le encuentra en forma micro cristalina, rara vez forma cristales visibles, de color blanco a ligeramente rosado o café claro. Comúnmente en asociaciones con alunita y/o caolinita. Por sus características físicas y abundancia relativa, es difícil de identificar en campo; generalmente se encuentra en rocas con moderada silicificación (Sílice alunita y “sílice clay”) y algunas veces con alteración de sílice masivo.

Los rasgos diagnósticos para este compuesto son: Doble agudo (1383 y 1414 nm), hombro (1830-1915 nm), doble asimétrico (2120-2238 nm), y otros rasgos menores a 2300 y 2384 nm. Regularmente se encuentra asociada con alunita y caolinita en zonas con débil a moderada silicificación, figura 22. Excepto por el rasgo doble alrededor de 1400nm, este mineral comparte las mismas características espectrales de la caolinita.

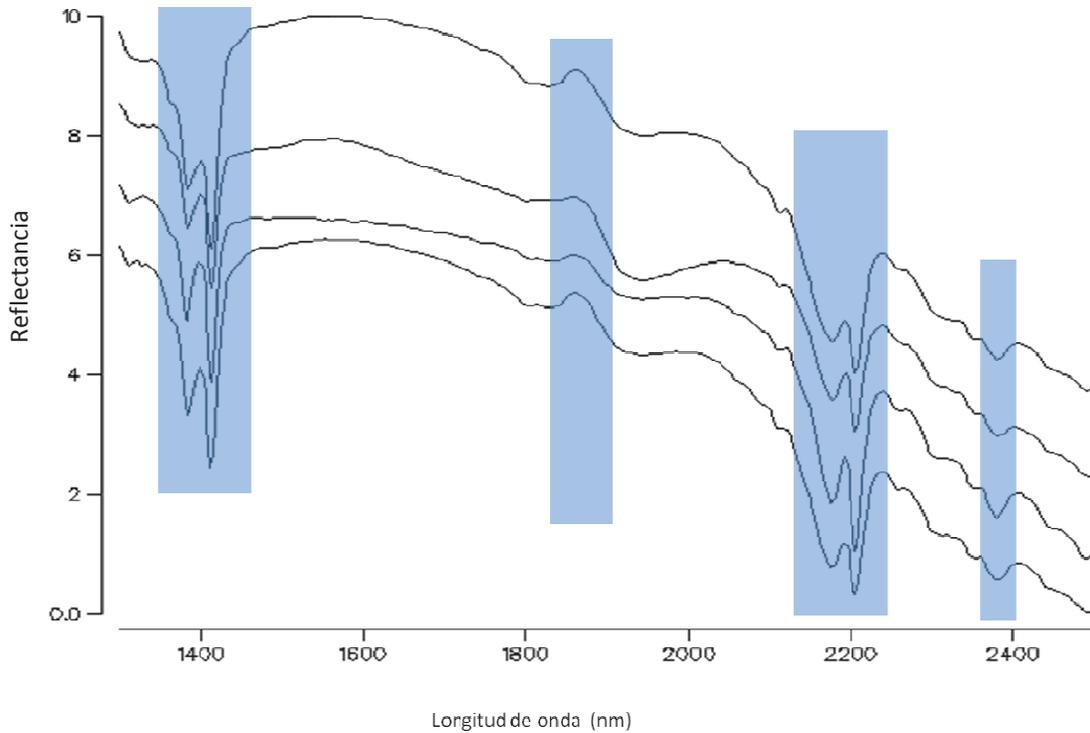


Figura 22.- Muestra las características espectrales diagnósticas del mineral dickita.

Caolinita

En muestra de mano, se observa de textura arcillosa generalmente de color blanco, en forma masiva y rara vez forma cristales. Se asocia con dickita, alunita, illita y smectita y se le puede encontrar en cualquier tipo de roca alterada, aunque es más abundante en aquellas con alteración argílica avanzada y argílica.

Los rasgos espectrales diagnósticos de la caolinita son muy similares a las de la dickita, estas difieren únicamente en la forma de los rasgos alrededor de 1400 nm.

Observe en la figura 23 algunos ejemplos de caolinita y sus características espectrales más importantes.

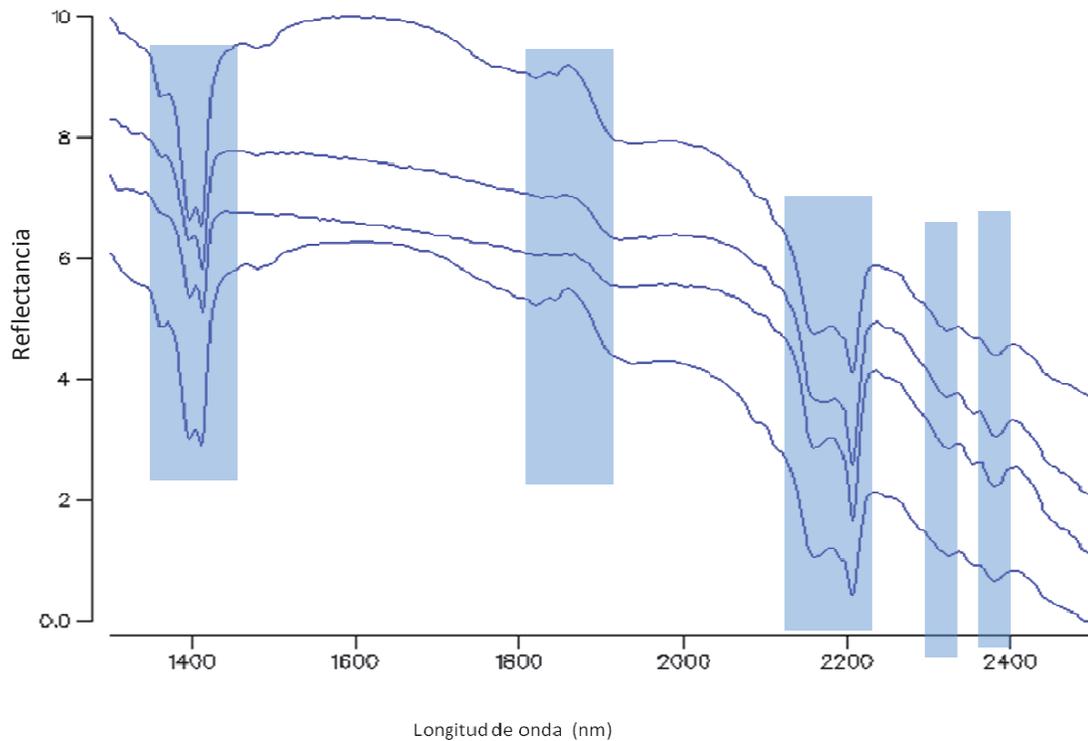


Figura 23.-Muestra las principales características y rasgos de absorción en diferentes muestras con caolinita.

Illita, illita-smectita.

Se trata de un mineral y asociación mineral producto de la alteración hidrotermal de bajo grado, comúnmente en zonas de alteración argílica. Con hábito masivo extremadamente fino, algunas veces en forma de finas hojuelas de color blanco a café muy claro, ligeramente ceroso. En las rocas analizadas, se relaciona

directamente con alteración argílica y argílica débil, raras veces en rocas con débil a moderada silicificación. Las rocas con abundante contenido de smectita, generalmente son de color verde claro que puede confundirse con cloritización débil, figura 24.

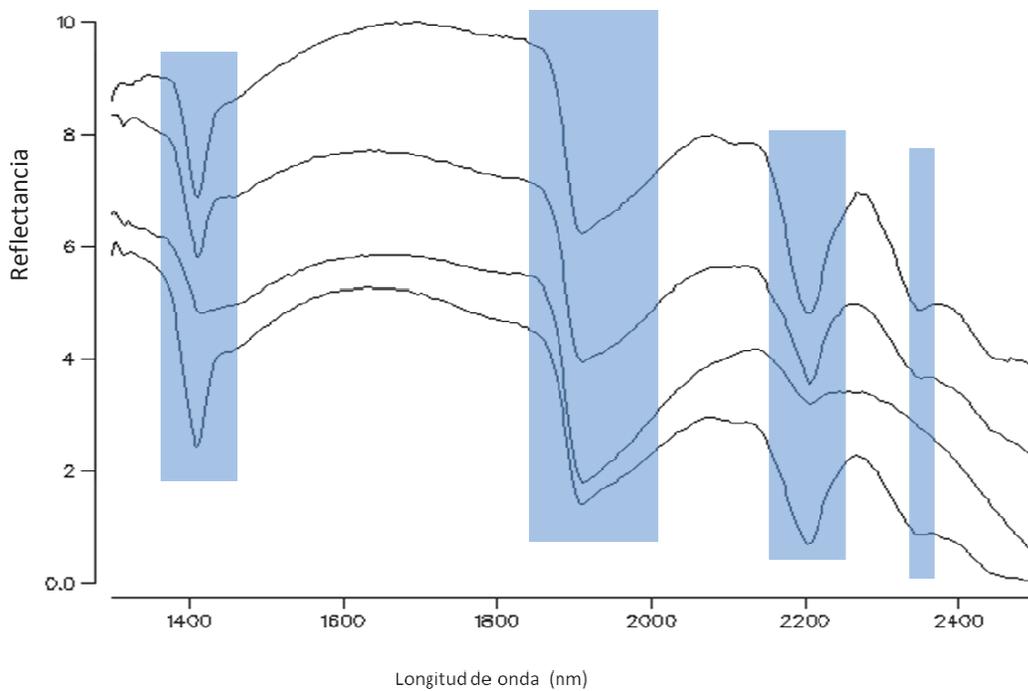


Figura 24.- Muestra las principales características y rasgos de absorción de smectita-illita.

VIII.4 Resultados del análisis de muestras.

De acuerdo a lo observado en las diferentes gráficas de las muestras analizadas con el espectrómetro PIMA II, además de la revisión de la información geológica adjunta a cada una de ellas, se identificaron tres principales zonas de alteración, que a su vez, se dividen en subzonas como se muestra en la Tabla 4. Cada una de estas fronteras de alteración se definió en base a la asociación y abundancia relativa de sílice, alunita, dickita, caolinita, illita, smectita y clorita.

VIII.4.1 Zona de alteración de Sílice.

Sub-zona de Sílice masivo (SM), se caracteriza por una fuerte silicificación que borra la textura original (textura obliterada) de la roca alterada y solamente se conservan los cristales de cuarzo en el caso de rocas dacíticas, dando como resultado, una masa de sílice de tonos claros a grisáceos. Es regularmente afectada por fracturas, zonas de falla y/o brechas. Los rasgos espectrales de las muestras tomadas en esta zona, presentan una distintiva forma suavizada, de curva amplia alrededor de 1400 y otra en 1900 nm, ocasionalmente con rasgos débiles de caolinita y alunita, figura 25

En afloramientos con alteración sílice masivo con alunita (SM + Al), es posible observar a simple vista, la formación de cristales finos de alunita de tonos rosados, que se encuentran en fracturas y rellenando cavidades de rocas fuertemente silicificadas. Las gráficas D y E de la figura 25 obtenidas con el espectrómetro,

indican la presencia de alunita cuyos rasgos principales son afectados por los de sílice, provocando un ensanchamiento y deformación leve a lo largo de todo el espectro.

Zona de alteración	Sub zona	Asociación mineral	Descripción
Sílice (SM y SV)	SM	Síl	Sílice masivo
	SM + Al	Síl+ Alunita	Sílice masivo + Alunita en fracturas y cavidades
	SV	Síl (Al, Dik, K)	Sílice “vuggy” (oqueroso) con arcillas en cavidades, (Al, Dik, K). En zonas de brecha.
Argílica Avanzada (AA)	AA 1	Sil, Al (Dik,K)	Fuerte silicificación, Alunita + (K-Dik), se pueden observar vetillas con alunita, y alunita en cavidades y fracturas.
	AA 2	Sil, Dik	Fuerte silicificación + Dickita, en muestra de mano difícil distinguir de sílice + alunita.
	AA 3	Dik, K > Sil (Al, I, I-Smc)	Débil a moderada silicificación + abundantes arcillas.
Argílica (A)	A 1	K,Dik (Sil, Al, I-Smc)	Rocas con alteración argílica fuerte
	A 2	K, I-Smc, I (Sil, Al)	Con alteración argílica, pero sin dickita
	A 3	I-Smc (Cl)	Débil argilización, en algunos casos con clorita y trazas de pirita.

Tabla 4.- Resume las principales zonas y sub-zonas de alteración definidas por las diferentes asociaciones minerales, mismas que pudieron ser definidas mediante el uso del espectrómetro (IR) PIMA II.

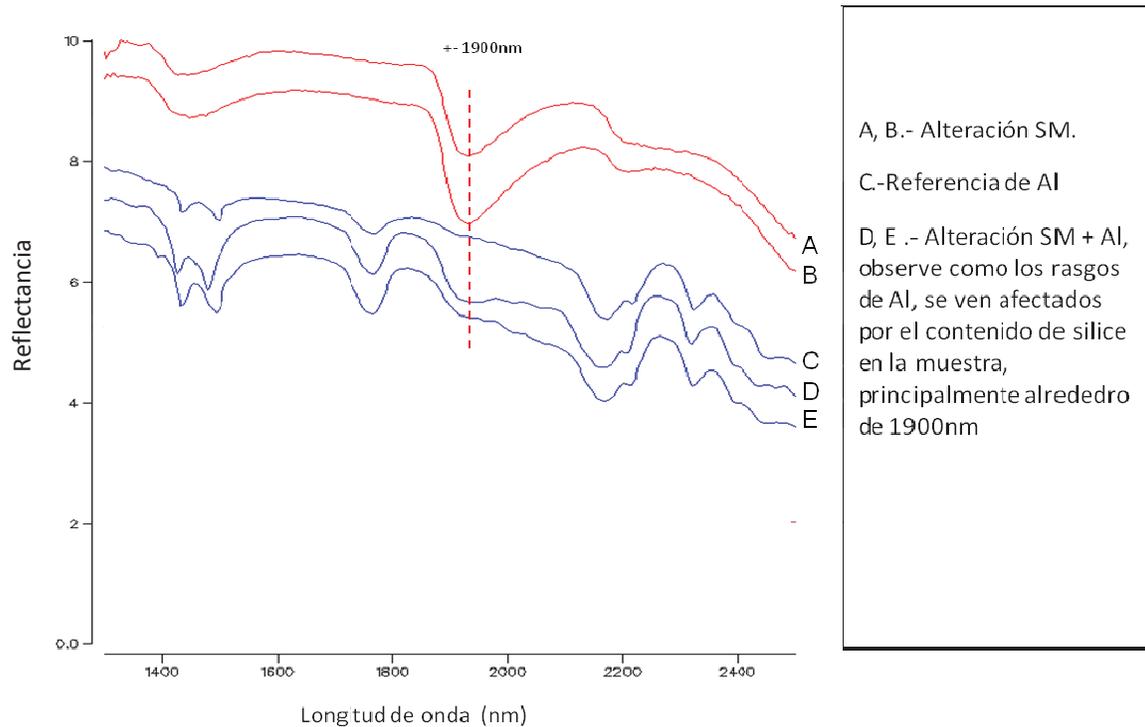


Figura 25.- Principales rasgos espectrales de muestras en rocas con fuerte silicificación SM y sílice alunita.

Sílice “vuggy” (SV) la presencia de este tipo de alteración se restringe enormemente en superficie, aunque se han encontrado cuerpos de más de 20 m de espesor en barrenos de circulación inversa.

Esta zona de alteración es de suma importancia ya que representa el centro de un sistema de alteración en un depósito de alta sulfuración y en algunos casos la zona principal de mineralización. Los afloramientos con rocas alteradas a SV presumen de un protolito de textura porfírica, donde solo se puede apreciar una matriz fuertemente silicificada y cavidades de lo que pudieron ser fenocristales

lixiviados. En el caso de rocas de composición dacítica o riódacítica aun se conservan los cristales de cuarzo. De acuerdo con los requerimientos de muestreo para el análisis con espectrómetro, este tipo de alteración no permite obtener una lectura confiable para ser interpretada debido a la porosidad de la muestra, observe en la figura 26 como se distorsionan los rasgos de otros minerales que pueden estar presentes. Aunque en algunos casos es posible detectar la presencia además de sílice, alunita, dickita o caolinita, en la figura 27 los rasgos principales de alunita y arcillas como caolinita, se ven afectados por el “ruido” provocado por la porosidad de la muestra.

VIII.4.2. Zona de alteración Argílica Avanzada (AA)

Se divide en tres sub-zonas donde la diferencia radica en el contenido de sílice y la presencia de minerales como alunita, dickita y caolinita principalmente.

Alteración **AA1**, fuerte silicificación, donde a diferencia de la alteración SM + Al, el mineral Alunita está presente en la totalidad de la roca como: Matriz, Vetillas, Cavidades, reemplazando fenocristales, etc. se pueden observar fracciones menores de K y Dik. Este tipo de alteración es comúnmente asociada a estructuras como brechas, zonas de fracturas, stockwork de cuarzo, vetillas de alunita, y circundando zonas de SM o SM + Al.

Los afloramientos con alteración **AA2** son similares a los de **AA1** respecto al grado de silicificación, a diferencia que en vez de alunita, contienen únicamente sílice + dickita. Es importante hacer notar que sin la ayuda del espectrómetro, es muy difícil diferenciar entre AA1 y AA2.

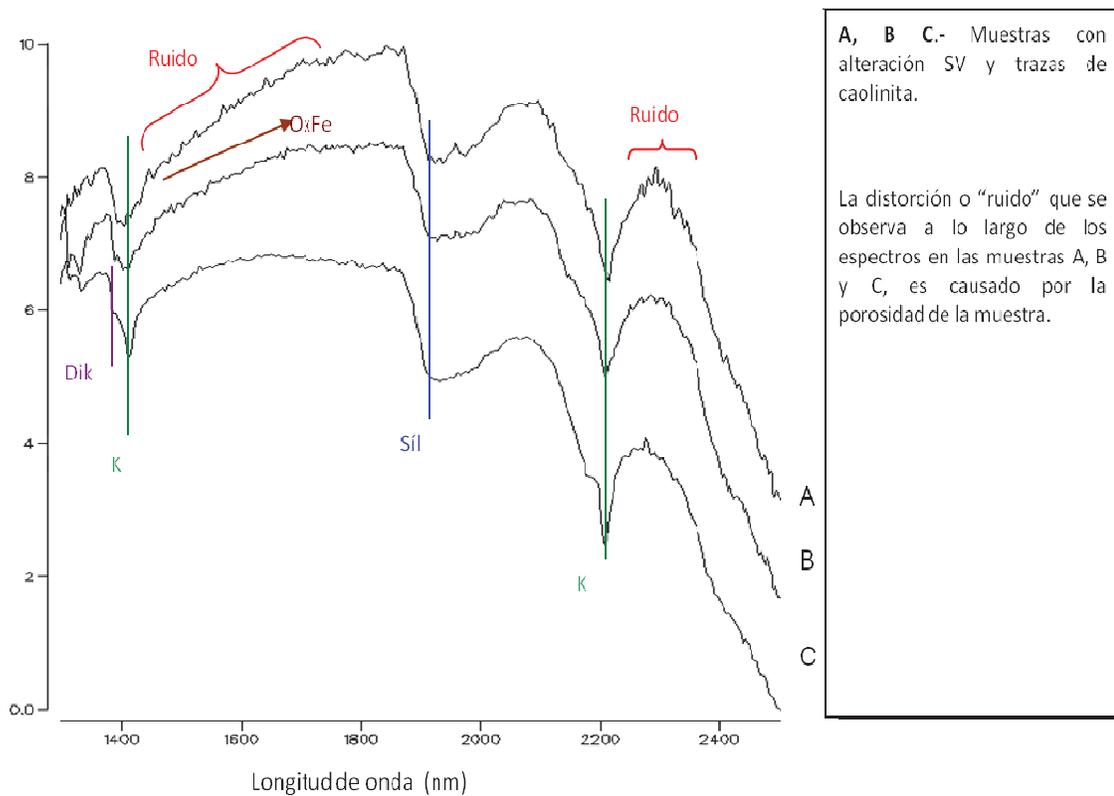


Figura 26.- Muestras de roca con alteración sílice "vuggy", y como afecta la porosidad de la roca para el análisis con el espectrómetro y la interpretación de los datos.

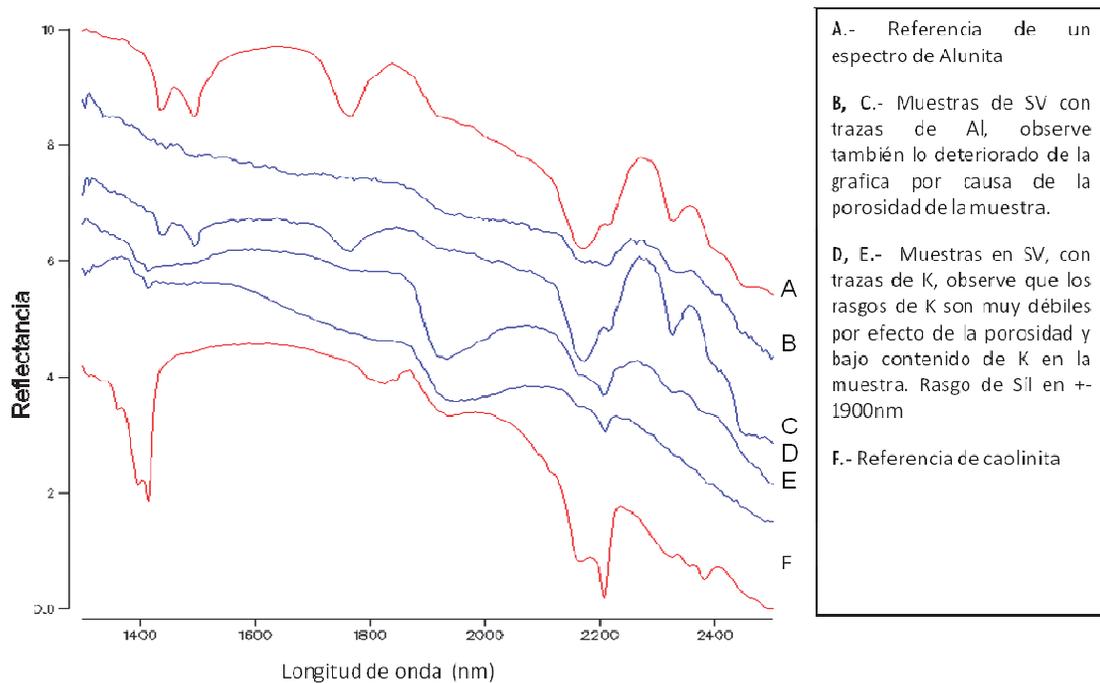


Figura 27.- Muestras con alteración sílice “vuggy” y trazas de alunita y caolinita.

Los afloramientos con alteración **AA3** se distinguen por la presencia de una moderada silicificación, lo que en campo es clasificado como alteración sílica clay (**SC**), en esta se puede observar un contenido bien definido de arcillas como caolinita y dickita, también algo de alunita y ocasionalmente illita o illita-smectita. Esta zona de alteración se encuentra generalmente bordeando los cuerpos con alteración de sílice.

La profundidad y rasgos dominantes en las graficas de espectros de rocas con alteración **AA3** pueden variar significativamente, así como también, la presencia y porcentaje de minerales como sil, alunita, dickita, caolinita, illita-smectita, Figura 28.

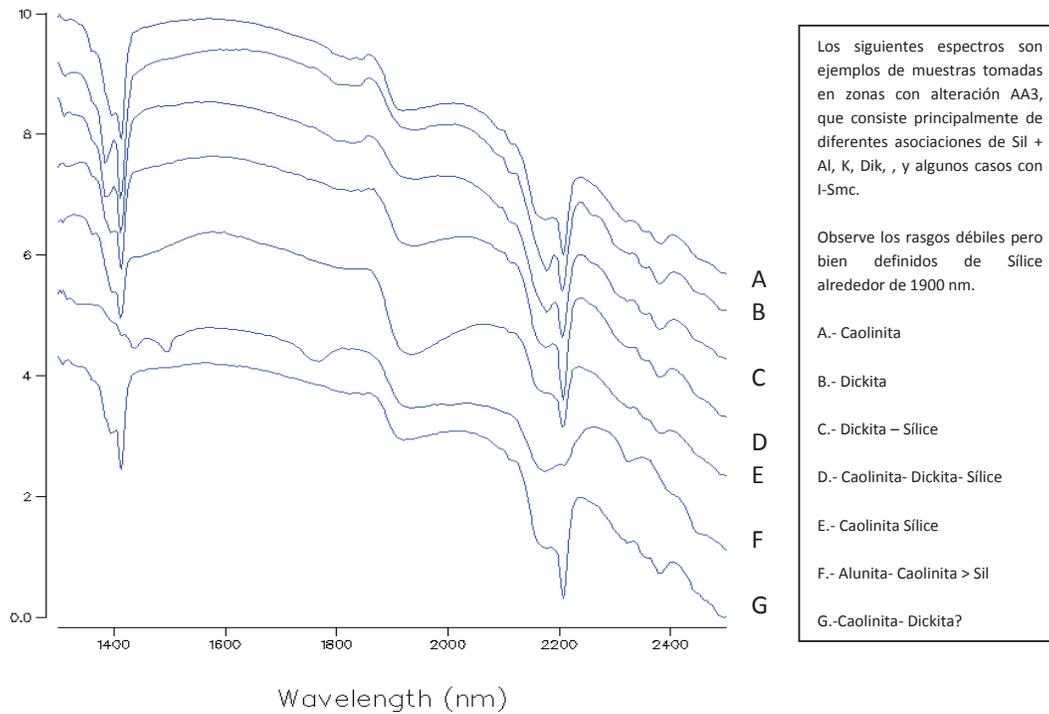


Figura 28.- Muestra las características y rasgos espectrales obtenidos de rocas con alteración AA3.

VIII.4.3 Zona de alteración Argílica (A)

Las rocas con ausencia o escasa silicificación son clasificadas *grasso modo*, dentro de los límites de alteración argílica o “clay”, sin embargo, con la información de campo y datos obtenidos con el espectrómetro, se han delimitado tres sub unidades de alteración argílica:

A1, aquellas rocas que contienen dickita y caolinita principalmente, con menor contenido de sílice, alunita e illita smectita. Estos afloramientos se caracterizan por su aspecto terroso de color amarillento a café claro. Se hallan generalmente bordeando zonas de alteración AA3, también en contacto por fallas con zonas de alteración de Sílice fuerte como SM.

A2 en rocas con un característico contenido de caolinita – illita - smectita ocasionalmente algo de alunita y trazas de dickita. Este tipo de afloramientos permite en cierto modo determinar el tipo de roca alterada, a diferencia de A1 donde la mayoría de fragmentos y cristales han sido alterados excepto por el cuarzo en rocas dacíticas.

A3 son rocas con alteración argílica muy débil en las que puede determinarse fácilmente el color y textura del protolito, se ubican generalmente en zonas distales a los focos de fuerte alteración. Mediante el uso del espectrómetro se definió una asociación de illita - smectita principalmente con menor contenido de caolinita y en ocasiones, clorita, también en algunos afloramientos se pueden observar cristales de pirita.

El análisis con espectrómetro de las muestras en zonas de alteración argílica, reflejan un notable contenido de smectitas que se muestra como un rasgo profundo y asimétrico alrededor de 1900 nm. El contenido de smectita o illita-smectita provoca también una fuerte deformación en las zonas de absorción que corresponden a caolinita o dickita alrededor de 1400 nm, en casi todos los espectros de muestras con alteración argílica, también, por el contenido de smectita, las rocas con esta

alteración suelen retener humedad que en cierto modo dificulta la identificación precisa de minerales. La figura 29 muestra diferentes espectros de muestras tomadas en las zonas de alteración argílica.

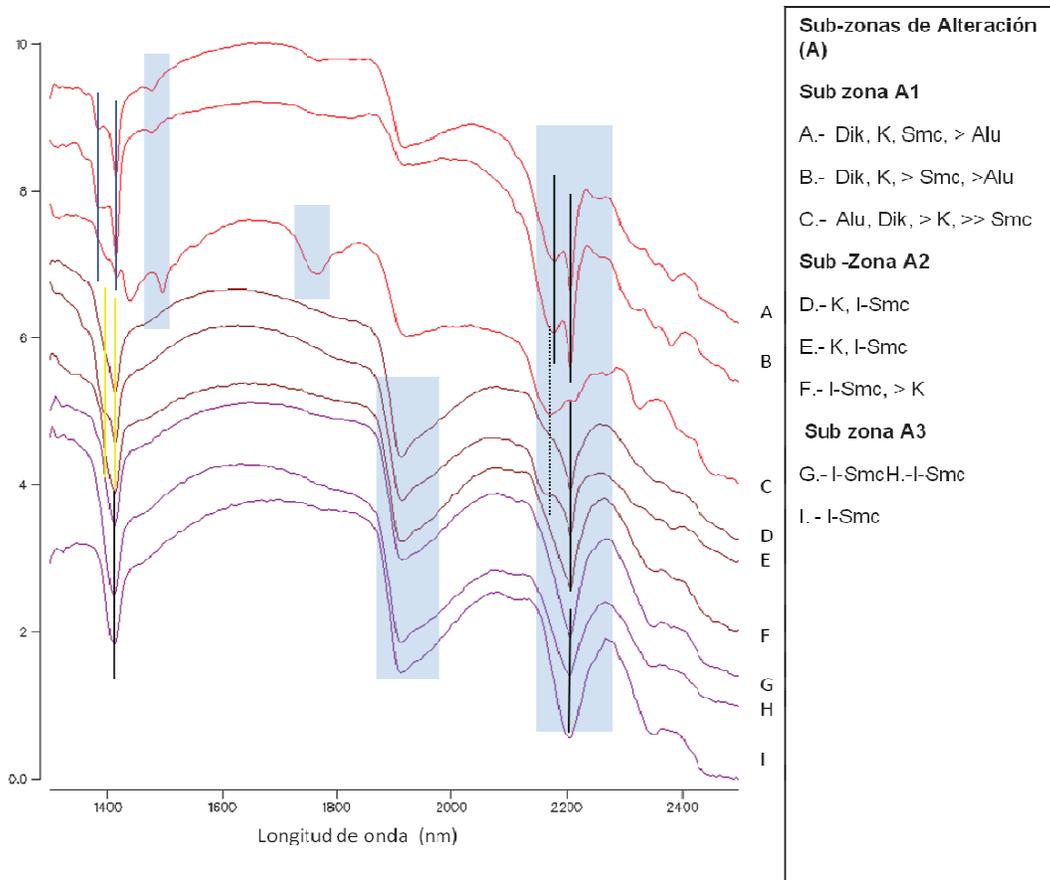


Figura 29.- Principales características y rasgos espectrales de las diferentes sub zonas de alteración argílica

VIII.5. Mapas de alteración y anomalía geoquímica.

Después de analizar las 618 muestras de roca donde se generaron alrededor de 1500 espectros que fueron interpretados para determinar los minerales presentes, toda la información generada fue integrada junto con mapas de alteración y de estructuras. Con estos datos se elaboró un mapa interpretado de las diferentes zonas de alteración reconocidas con ayuda del espectrómetro, figura 30.

Con el objetivo de reconocer aquellas zonas de alteración que están asociadas con la mineralización de oro se integró la información de 1215 muestras de roca analizadas por los métodos Au – AA24 y ME – ICP41, con estos datos se elaboró un mapa de contornos con valores de Au en g/t como se muestra en la figura 31.

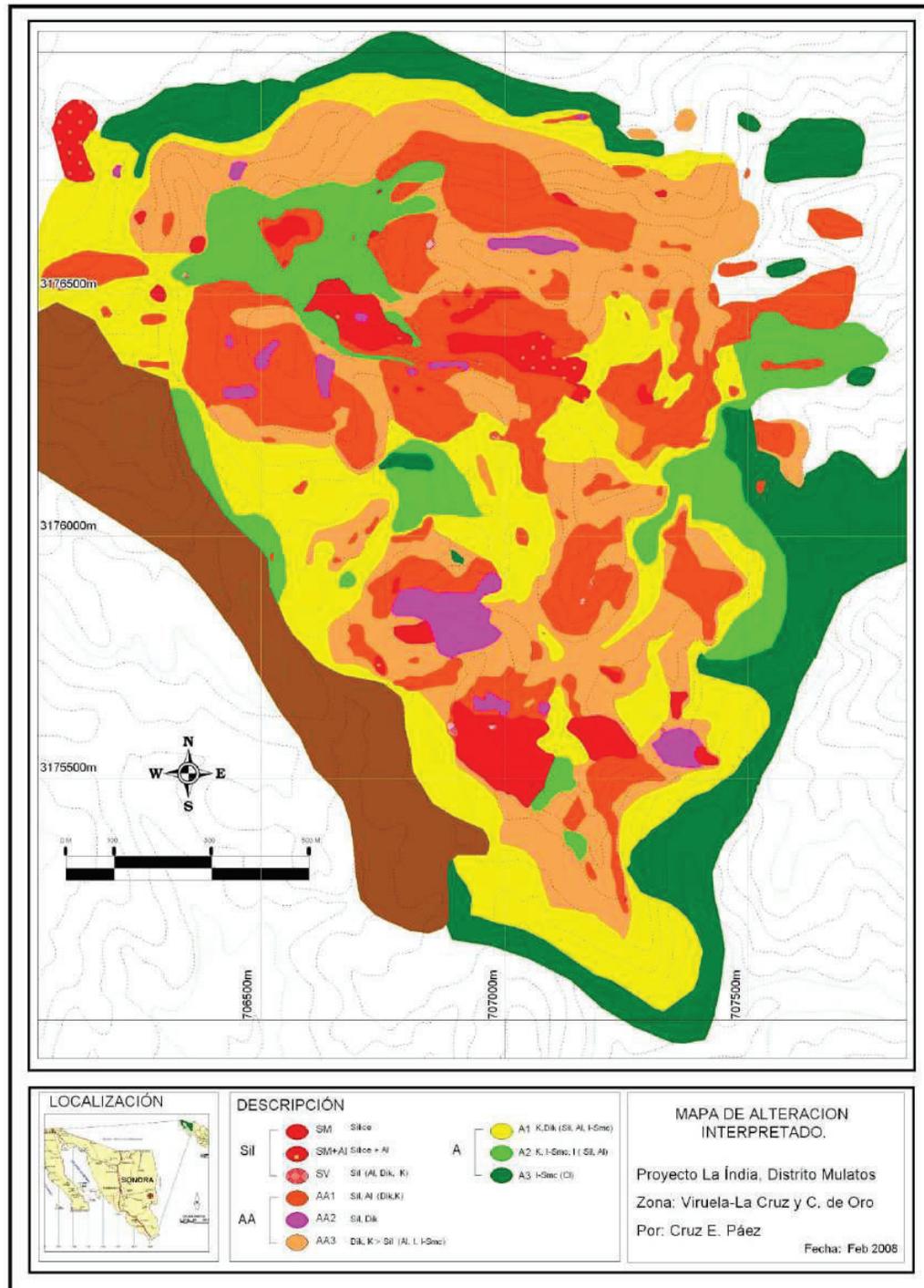


Figura 30.- Mapa de alteración interpretado, zona Viruela – La Cruz, Cerro de Oro proyecto La India

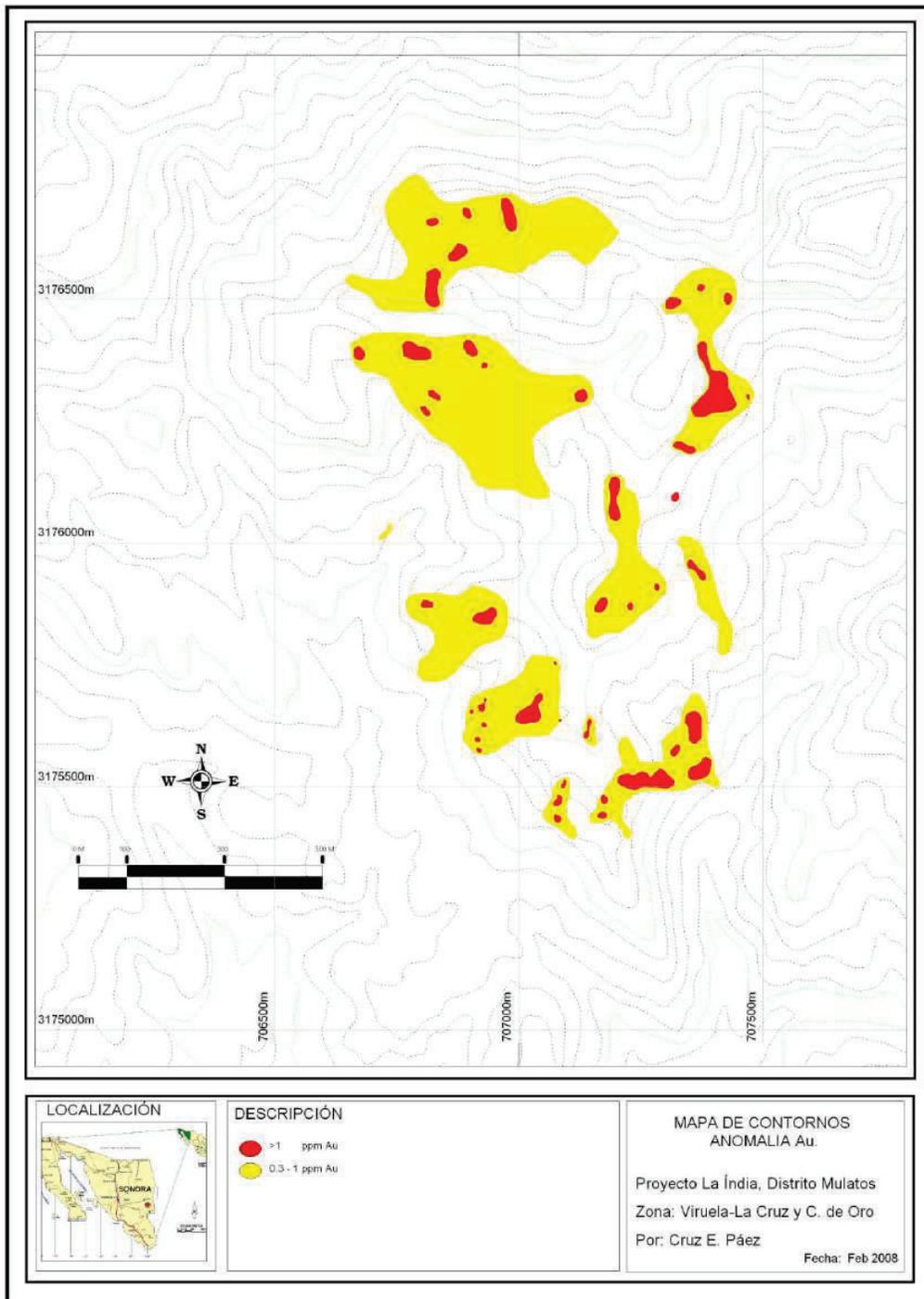


Figura 31.- Mapa de contornos de anomalía (Au ppm), zona Viruela – La Cruz, Cerro de Oro proyecto La India

IX. DISCUSIÓN

Por su similitud con el yacimiento de Mulatos, el cual ha sido clasificado y reconocido previamente por varios autores, como el producto de un sistema epitermal de alta sulfuración (HS), entre ellos Staude, J.M., (2001) y Staude, J.G., (1994), se ha determinado que el proyecto La India pertenece al mismo tipo de sistema y que por lo tanto, es también un depósito epitermal de alta sulfuración. Pero, ¿qué evidencias geológicas nos aseguran y sostienen esta suposición? y ¿qué similitud y diferencias existen entre el depósito La India y otros de tipo HS?

Este yacimiento cuenta con múltiples características geológicas, las cuales pueden ser catalogadas como el producto de un sistema epitermal de alta sulfuración. Algunas de ellas son:

- 1) Secuencias de rocas volcánicas de composición intermedia a félsica como tobas y domos de edad terciaria relacionadas a un ambiente tectónico de subducción del tipo Margen Continental Activo.
- 2) El mineral de mena es oro con menores cantidades de plata y cobre. Los minerales de ganga se componen principalmente de sílice masivo de grano muy fino y sílice “vuggy” (oqueroso), barita, pirita, con ausencia de minerales carbonatados.
- 3) La alteración se presenta como un zoneamiento de sílice “vuggy” – Sílice Masivo - Alteración Argílica avanzada (S Al, SC) – Alteración Argílica y Propilitización
- 4) Los principales minerales de alteración son cuarzo, alunita, dickita, caolinita, illita y smectitas.

5) El control de mineralización es litológico y estructural, dando lugar a cuerpos irregulares y sub-estratificados, en ocasiones pequeñas vetas de cuarzo-hematita. zonas de cizalla y brechas hidrotermales.

Estas características también han sido mencionadas para otros depósitos de este tipo por Staude, J-M.G., (1994); Staude, J.M. (2001); Hedenquist, J.W., Arribas, A. Jr., Urien-Gonzalez, E., (2000); Lindgren, W., (1922); Sillitoe and Hedenquist (2003) y (Arribas, A jr., (1995), entre otros.

El estudio sistemático de la alteración utilizando la técnica de espectrometría de reflectancia SWIR, en el depósito La India, lleva a la determinación de 5 aspectos importantes que definen y se desarrollan en este tipo de depósitos: 1) Modelo de alteración y zoneamiento; Relación de Au vs. Alteración; 3) Profundidad; 4) Alunita K, Na y Ca; 5) Oxidación *supergénica*

1) Modelo de Alteración y Zoneamiento del proyecto La India

En la tabla 4 se muestran las diferentes zonas de alteración, que pudieron ser identificadas mediante la descripción de campo y el análisis con espectrómetro. Estas se encuentran dispuestas en un zoneamiento vertical, con un núcleo estratiforme de alteración sílice masivo (SM) y sílice masivo con alunita SM + Al de un espesor entre 10 – 30m, bordeado por zonas de alteración Argílica Avanzada (AA) y alteración argílica (A) con cloritización a débil propilitización en los bordes. Por observación de campo, a diferencia del núcleo de sílice, las demás zonas de alteración muestran un control tanto litológico como estructural. Se hallan presentes también, estructuras tabulares subverticales de sílice “vuggy” con espesores que

van desde varios centímetros hasta decenas de metros que son bordeadas por un halo de alteración sílice-dickita ó AA2 de no más de 5 m. La figura 32 es un modelo idealizado que muestra de forma esquemática la disposición y zoneamiento de las diferentes zonas de alteración y estructuras importantes.

2) Relación Au vs. Alteración

Por observación directa sobre mapas de alteración y anomalía de Au, además de la descripción geológica de muestras, se determinó que las zonas con alteración **AA1** se correlacionan mejor con valores de Au entre 0.3 a 3.0 ppm de Au, en su mayoría se hayan asociadas a zonas de brecha y oxidación moderada a fuerte. Una segunda zona de alteración que presenta una fuerte relación con mineralización de Au es la **AA2**, con fuerte brechamiento acompañado con una alteración SV moderada como es el caso de Cerro de Oro Norte y Cerro de Oro Este. Una tercera zona favorable se localiza en el área de Viruela, donde la alteración principal se identificó como AA3, esta zona presenta un moderado vetilleo de cuarzo-hematita. Por otro lado, los cuerpos estratiformes con alteración SM o SM + AI presentan valores de Au ligeramente anómalos, por debajo de 0.1 gr/t, cuyos valores pueden estar asociados a fracturas. Algunos afloramientos con alteración A2, son cortados por vetillas de cuarzo + óxidos, menores a 20 cm, en promedio de 0.5 – 1 cm de espesor.

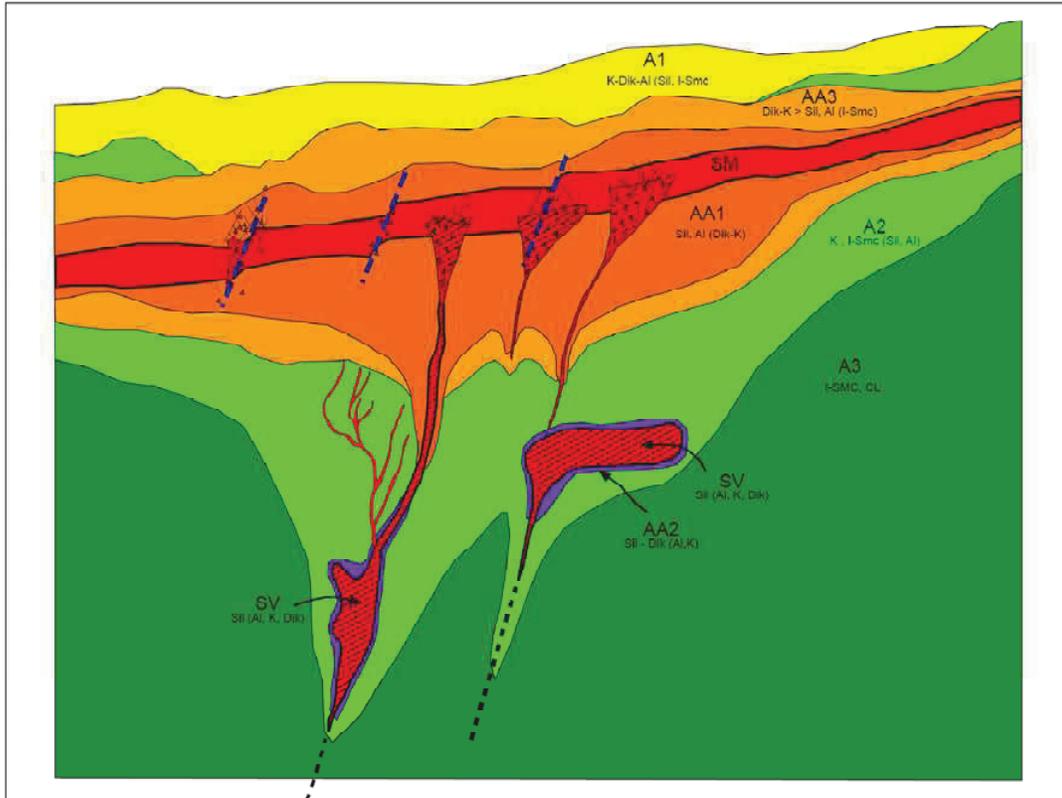


Figura 32. Sección del modelo de alteración idealizado sin escala que muestra las diferentes zonas de alteración. Proyecto La india Distrito minero Mulatos.

3) Profundidad de formación

De acuerdo a Corbett, (2002), la profundidad de formación en este tipo de depósito se puede estimar de acuerdo al arreglo mineralógico de alteración. El indica que *“En general, la alteración dominada por pirofilita-diásporo-dickita puede indicar condiciones de alta temperatura de formación mientras que, silicificación “pervasiva” (opalina, calcedonia) ó asociación de Caolinita-Alunita, son típicos arreglos de un sistema de menor temperatura que corresponde a niveles someros de formación”*.

De acuerdo con la figura 33 y considerando el párrafo anterior, se puede establecer que el sistema hidrotermal que dio origen a las diferentes zonas de alteración del área de estudio, corresponde a niveles de formación cercanos a la superficie. De todas las muestras analizadas con el espectrómetro no se identificó presencia alguna de pirofilita, por el contrario, sí se encontraron alunita y caolinita en la mayoría de las rocas analizadas. A partir de estas observaciones se sugiere que el depósito Mulatos donde la pirofilita es el principal mineral de alteración, corresponde a un sistema más profundo de formación y de mayor temperatura que el de La India.

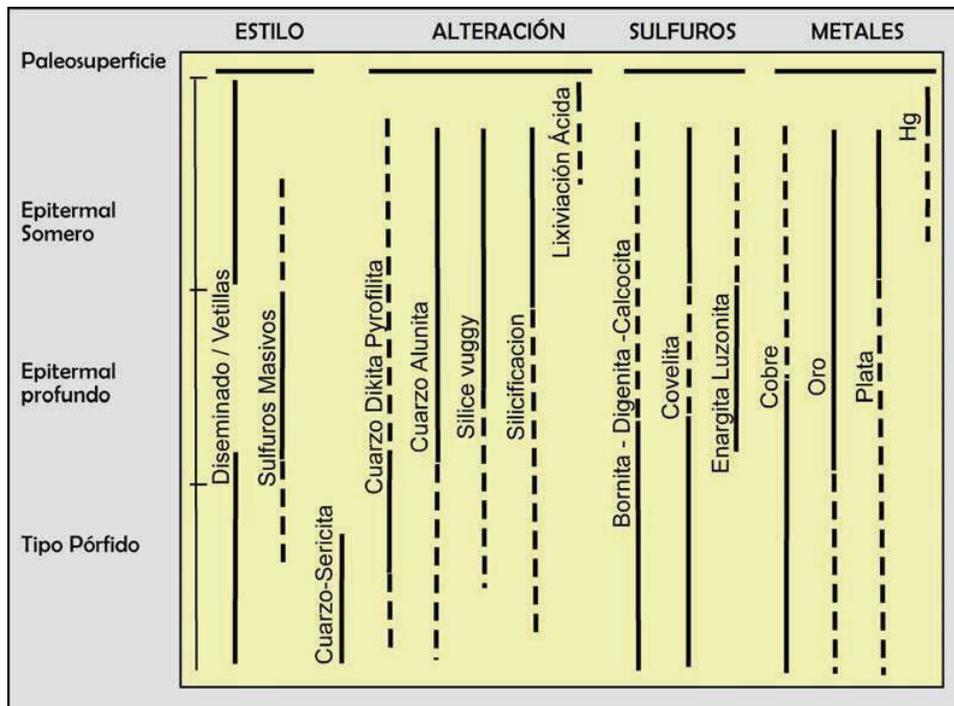


Figura 33. Principales características de zonamiento vertical de: estilo de mineralización, alteración, sulfuros y metales en sistemas de alta sulfuración (Sillitoe, 1999)

4) Alunita K, alunita Na y alunita Ca

Las variaciones químicas en el grupo de la alunita son manifestadas por cambios en la posición de los rasgos de absorción y la forma general del espectro, con valores que varían de ~1,478 nm para Alunita K y 1,496 para alunita Na, también Alunita Ca, figura 21. Las tres especies de alunita han sido identificadas en muestras de superficie y barrenos donde se observó que aquellas de composición más sódica (Na) están íntimamente asociadas con zonas mineralizadas. Mientras que alunita K se encuentra en vetillas, fracturas o reemplazando cristales. Sólo se han observado escasos afloramientos con alunita Ca.

5) Oxidación y alteración supergénica

El área ha sufrido procesos supergénicos que afectaron a la alteración pre existente. La oxidación y alteración supergénica es más reciente que la hidrotermal. De modo que las alteraciones presentes están enmascaradas por esta alteración supergénica.

Tanto jarosita, alunita y caolinita, pudieron ser identificadas con el espectrómetro y pueden ser minerales de alteración supérgena. Se observa alunita, de color amarillento a café claro en forma masiva o como porcelana, que forma vetillas irregulares y reemplaza fenocristales, en ocasiones asociada a caolinita, también se puede presentar como finas hojuelas o cristales. Sillitoe (1997) señaló que la ocurrencia de alunita en vetillas irregulares es característica de un origen supergénico y que algunas zonas con jarosita son producto de alteración de pirita,

que también nos indican la presencia de alteración supérgena. También las zonas con alteración de bajo grado como Illita, smectitas y clorita son susceptibles de ser caolinizadas de modo que las zonas de alteración hipogénica y supergénica que contienen caolinita pueden estar combinadas, Sillitoe, (1999)

X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se concluye que el método espectrométrico SWIR es una valiosa herramienta que nos permite rápidamente, con calidad y confiabilidad identificar ciertos grupos minerales incluso de grano muy fino e intermezclados que son importantes para establecer las diferentes zonas de alteración y como consecuencia generar guías de exploración en determinado yacimiento. El uso de este método junto con otras técnicas de exploración contribuye a la elaboración de modelos geológicos y guías de exploración a un nivel local como sucede en el proyecto La India, pero puede ser implementado a un nivel mas regional, además puede utilizarse en distintos tipos de depósitos minerales, con resultados muy favorables.

Como se mencionó anteriormente, todas las características geológicas en la zona de estudio señalan que se trata de un sistema hidrotermal de alta sulfuración, el cual parece corresponder a partes más someras de un sistema hidrotermal de HS, en relación con Mulatos que parece corresponder a partes más profundas.

Se recomienda realizar una campaña de muestreo para espectrometría en las diferentes áreas del proyecto La India y elaborar un mapa de alteración basado en los resultados obtenidos. Con estos mapas y basándose en los resultados del trabajo realizado en la zona de Viruela-La Cruz y Cerro de Oro se pueden delimitar zonas de interés para mapeo detallado, muestreo de roca para geoquímica y muestreo a detalle para espectrometría (IR).

Según la bibliografía Reyes (1990), Staude (1995) y otros autores, en un deposito HS es posible observar minerales tales como: caolinita, dickita, pirofillita,

diásporo, cuarzo, ópalo, cristobalita, tridimita, natroalunita, alunita, anhidrita, piritita y azufre nativo, topacio, I, andalucita y zunyita, anhidrita, piritita, Au nativo, enargita, tenantita, escalerita, tetrahedrita, famatinita, bismutinita y novelita, entre otros. Algunos de ellos ya han sido identificados pero se recomienda llevar a cabo estudios petrográficos como secciones delgadas para determinar litología, mineralogía de alteración, secciones pulidas para identificar sulfuros, además difracción de Rayos X para determinar las especies minerales presentes en el área todo esto con el objetivo de definir con mayor precisión las diferentes zonas de alteración y paragénesis.

Analizar el comportamiento a profundidad de las diferentes zonas de alteración con la ayuda de secciones de barrenos que incluyan información del espectrómetro (IR) y del mismo modo que en superficie, determinar zoneamiento y relaciones de Au – mineralización.

También se recomienda separar las zonas con alunita de diferente composición ya que a *grosso modo* se observó en superficie y en secciones de barrenos que existe una relación entre alunita de composición más sódica con zonas mineralizadas. Mientras que la alunita potásica se distribuye uniformemente en la mayoría de las zonas de alteración, pudiendo o no asociarse con zonas mineralizadas.

XI BIBLIOGRAFÍA

Amaya M.R., Gonzalez C.M., Roldán Q.J., 1992; Nuevas consideraciones estratigráficas de la Formación Tarahumara en la porción centro oriental de Sonora: Sociedad Geologica Mexicana, XI Convención Geologica Nacional, Veracruz, Ver., Resúmenes, p. 15

Arribas, A jr., 1995 Characteristics of high sulfidation epithermal deposits and their relation to magmatic fluid: Mineralogical Association of Canada Short Course Series v 23, p 419-454

Ashley, R.P., 1982, Occurrence model for enargite-gold deposits. U.S.G.S. Open-File Report, 82-795, 144-147.

Berger, B.R., Eimon, P.L., 1983, Conceptual models of epithermal precious metal deposits. *In* Shanks, W.C. (ed.), Cameron volume on unconventional mineral deposits. Society of Mining Engineers, New York, 191-205.

Camprubí, A., 1999, Los depósitos epitermales Ag-Au de Temascaltepec (Estado de México), México: Barcelona, España, Universitat de Barcelona, Col·lecció de Tesis Doctorals Microfotocòpiades, 3528, 252 p.

Camprubi, A., and Albinson, T., 2006, Los depósitos epitermales: revisión sobre el estado actual de su conocimiento, métodos de estudio y presencia en México, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, volumen conmemorativo del centenario, Yacimientos Minerales, Tomo LVII, num 4, 2006, 55 p.

Chaulot – Talmon, J. F., 1984, Etude géologique et structural des ignimbrites du Tertiaire de la Sierra Madre Occidental, entre Hermosillo et Chihuahua, Mexique (These 3éme cycle): Orsay, University of Paris-Suc, 259 p

Clark, R.N., King, T., Klefwa, M., Swayze, G.A. y Vergo, N., 1990, Espectroscopía de reflectancia de alta resolución para minerales: Journal of Geophysical Research, v. 95, no. B-8, p. 12,653-12,680.

Cocheme J.J., Demant A., 1991; Geology of the Yecora área, northern Sierra Madre Occidental, México Geol. Soc. Amer., Spec. pap. 254, p. 81-94.

Crowley, J. K., 1984, Reflectancia de la zunyita en la zona cercana al infrarrojo: Implicancias en el mapeo de campo y la detección por sensores remotos de rocas con alto contenido de alúmina hidrotermalmente alteradas: Economic Geology, v.79, p. 553-557.

Vancouver, B.C., March 1-3, 1999, ERIM International Inc., Proceedings, p. I-255-262.

Denniss A.M., Colman, T.B., Cooper, D.C, Hatton, W.A., y Shaw, M.H., 1999, El uso combinado de las tecnologías PIMA y VULCAN para la evaluación de depósitos minerales en la mina Parys Mountain, Anglesey, UK: International Conference on

Applied Geologic Remote Sensing, 13th, Vancouver, B.C., March 1-3, 1999, ERIM International Inc., Proceedings, p. 1-25-32.

Ebert Shane W 2004, Thechnical Report and exploration recommendations La India Project, Mulatos District Sonora México.

Farmer, V.C., 1974, Los espectros infrarrojos de los minerales: Mineralogical Society of London, Darking, Surrey, Adlar and Son Ltd., Monograph 4, 539 p.

Goetz, A. H. F., Rowan L.C. and Kingston, M. J., 1982. Mineral identification from orbit: initial results from the shuttle multispectral infrared radiometer. Science, 218 1020-1024.

Gray, M.D., 2001, Exploration criteria for high sulfidation gold deposits in Mexico; in Proceedings Volume, XXIV Convencion Internacional de la Asociación de Ingenieros de Minas Metalurgistas y Geologos de Mexico A.C., Acapulco, Guerrero.

Grove, C.I., Hook, S., y Paylor, E.D., 1992, Espectros de reflectancia de laboratorio de 160 minerales, 0.4 a 2.5 micrometros: Pilot Land Data Systems, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California, JPL Publication 92-2.

Hauff, P.L. 1993, SPECMIN TM Sistema de Identificación de Minerales y Archivo Espectral, v. 1 y 2.: Arvada, Colorado, Spectral International, Inc., 600 p.

Heald, P., Foley, N.K., Hayba, D.O., 1987, Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal deposits: acid-sulfate and adularia-sericite types. Economic Geology, 82, 1-26.

Hedenquist, J.W., 1987, Mineralization associated with volcanic-related hydrothermal systems in the Circum-Pacific Basin, Transactions 4th Circum Pacific Energy and Mineral Resources Conference, Singapore, 1-26.

Hedenquist, J.W., Arribas, A. Jr., Urien-Gonzalez, E., 2000, Exploration for epithermal gold deposits. *In* Hagemann, S.G., Brown, P.E. (eds.), Gold in 2000: Society of Economic Geologists, Reviews in Economic Geology, 13, 245-277.

Hedenquist, J.W., Lowenstern, J.B., 1994, The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits. Nature, 370, 519-527.

Henry, C.D., and Aranda-Gomez, J.J. (1992). The real southern Basin and Range: Mid to late Cenozoic extension in Mexico: Geology, v. 20, p. 701-704.

Herrmann, W., Blake, M., Doyle, M., Huston, D., Kamprad, J., Merry, N., and Pontual, S., 2001. Short wavelength infrared (SWIR) spectral analysis of hydrothermal alteration zones associated with base metal sulfide deposits at Rosebery and western Tharsis, Tasmania, and highway-Reward , Queensland: ECONOMIC GEOLOG, v. 96, 9 1613-1629

<http://www.alamosgold.com/>

Hunt, G.R., Salisbury, J.W., y Lenhoff, C.J. 1971^a, Imágenes espectrales del infrarrojo visible y del infrarrojo cercano de minerales y rocas: III. Oxidos e hidróxidos: *Modern Geology*, v. 2, p. 195-205.

- 1971b, Imágenes espectrales del infrarrojo visible y del infrarrojo cercano de minerales y rocas: IV. Sulfuros y Sulfatos: *Modern Geology*, v. 3, p. 1-14.

-1971c, Imágenes espectrales del infrarrojo visible y del infrarrojo cercano de minerales y rocas: VI Silicatos adicionales: *Modern Geology*, v. 4, p.85-106.

J.J., Cocheme y A. Demant., 1991; *Geology of the Yecora area, northern Sierra Madre Occidental, México. Geological Society of America, Special Paper 254*

Jenkins, D.M. 1994. *Geological Report on the La Virulea Project, Sonora State, Mexico for San Fernando Mining Company Ltd. Ainsworth – Jenkins Holdings Inc. – Consultants, Vancouver, BC. – unpublished report*

King R.E., 1939; *Geological reconnaissance in northern Sierra Madre Occidental of Mexico. Geol. Soc. Am. Bull, 50, p. 1625-1722.*

Kodama, H., 1985, Imágenes espectrales del infrarrojo de minerales; guía de referencia para la identificación y caracterización de minerales para el estudio de suelos: *Research Branch Agriculture Canada, Technical Bulletin 1985-1E, 197 p.*

Koopman E., Hannington M., Santaguida F., Cameron B (1999). *Petrología y geoquímica de alteraciones hidrotermales proximas en Kidd Creek, Economic Geology Monograph, in press*

Kruse, F.A. y Hauff, P.L., 1991, Identificación del zonamiento de diferentes tipos de alteración en depósitos de oro diseminado usando el espectrómetro de reflectancia y la difracción con rayos X- potencial para el mapeo con espectrómetros: *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 29, p. 1101-1104.

Leopold A, S., 1950 "Vegetations zones of México", *Ecology* 1950 31(4)

Lindgren, W., 1922, A suggestion for the terminology of certain mineral deposits. *Economic Geology*, 17, 202-294.

Lindgren, W., 1933, *Mineral Deposits. McGraw-Hill Book Co., New York. 930 p.*

Lyon, R.J.P., 1962, *Los minerales y el Infrarrojo-Una bibliografía crítica: Stanford, California, Stanford Research Institute, 76p.*

Marel, H.W. y Beutelspacher, H., 1976, *Atlas de la espectroscopia del infrarrojo y los minerales arcillosos y sus mezclas. Amsterdam, Elsevier, 396 p.*

Marsh, S.E. y Mckeon, J.B., 1983, Análisis integrado de los datos de alta resolución con espectroradiómetros de campo y aerotransportados para el mapeo de alteraciones: *Economic Geology*, v.78, p. 618-632.

Martinez, L.A.N. (2003). “La India” Triple “A” Una Nueva Oportunidad Dentro DeUn Viejo Distrito Minero, Municipicos de Sahuaripa y Arivechi, Son.

McDougall J.J. (1995). Progress Report #1 on La Viruela Project Sonora State, Mexico for San Fernando Mining Company Ltd. J.J. McDougall & Associates Ltd., 7720 Sunnydene Road, Richmond, BC, V6Y 1H1. – *unpublished report*

McDowell F.W., Claubagh S.E., 1979; Ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and their relation to the tectonic history of Western Mexico. Geol. Soc. Amer. Spec. paper 180, p. 113-124.

McDowell, F. W., and Keiser, R. P., 1977, Timing of mid Tertiary volcanism in the Sierra Madre Occidental betwin Durango City and Mazatlan, México. Geological society of Amercia Bulletin v 88, p. 1479 - 1487

McDowell F.W., Roldán Q.J., Amaya M.R., 1997; Interrelation Ship os sedimentary and volcanic deposits associated with tertrary extension in Sonora, Mexico

McDowell F.W., Roldán Q.J., Mora A.G., Amaya M.R., 1993; Oligocene-Miocene vulcanice history of south-central Sonora, Mexico. The geological society of America, V. 25, num 5.

Mitchell, A.H.G., Balce, G.R., 1990, An overview of epithermal gold mineralisation in the Philippines. *In* Hedenquist, J.W., White, N.C., Siddeley, G. (eds.), Epithermal gold mineralization of the Circum-Pacific: geology, geochemistry, origin and exploration, I. Journal of Geochemical Exploration, 35, 241-296.

Moenke, H., 1962, Spektralanalyse von mineralien und gesteinen; eine anleitung zur emissions und absorptionspektroskopie: Leipzig, Akademie Verlagsges. (in German).

Moore S., 2006 Reporte técnico interno, Proyecto La India

Nesbitt, B.E., 1990, Fluid flow and chemical evolution in the genesis of hydrothermal ore deposits. *In* Nesbitt, B.E. (ed.), MAC Short Course on fluids in tectonically active regimes of the continental crust, Mineralogical Association of Canada, 261-297.

Ostrooumov, M (2001): Mineralogia Avanzada en México: conceptos, resultados, investigaciones futurs, Boletin de Mineralogia 14:7-16

Ostrooumov M, (2006)., Avances Recientes de espectrometría infrarroja en la Mineralogía Avanzada. Boletín de Mineralogía 17 (2006) 79-107. Departamento de Geología y mineralogía, instituto de investigaciones metalúrgicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Palmer, H. N., 1883, Mulatos mining camp: Reporte no publicado, 15 p.

Passos, R.V., y de Souza Filho, C.R., 1999, Mapeo mineral-espectral usando espectrometría de campo y la geometría de zonas de alteración hidrotermal

asociadas con mineralización de oro mesotermal: Un caso estudiado en el Depósito Brumal, Cuadrilátero, Ferrífero, Brasil: International Conference on Applied Geologic Remote Sensing, 13th, ERIM International Inc., Proceedings, p. 1-73-80.

Ponce, D.A., Glen, J.M.G., 2002, Relationship of epithermal gold deposits to large-scale fractures in Northern Nevada. *Economic Geology*, 97, 3–9.

Poreda, R., Craig, H., 1989, Helium isotope ratios in circum-Pacific volcanic arcs. *Nature*, 338, 473-478.

Reyes, A.G., 1990, Petrology of Philippine geothermal systems and the application of alteration mineralogy to their assessment. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 43, 279-309.

Sarah J., W. Herrmann., B. Gemmell., Short Wavelength Spectral Characteristics of the HW Horizon: Implications for Exploration in the Myra Falls Volcanic Hosted Massive Sulfide Camp. Vancouver Island, British Columbia, Canada. *Society of Economic Geologist. Inc Economic Geology V 100. pp 273-294*

Siguenza A.J.M., 1982; Prospección geoquímica y mineralométrica de semidetalle de las anomalías de la Hoja D-67 Mulatos Sahuaripa, Son. Archivo Técnico, C. R.M.

Sillitoe, R. H., 1999, Styles of high-sulphidation gold, silver and copper mineralization in porphyry and epithermal environments; PACRIM'99 Conference Proceedings. The Australasian Institute of mining and metallurgy, Bali, Indonesia, October 1999 pp. 19-34.

Sillitoe, R.H., 1977, Metallic mineralization affiliated to subaerial volcanism: a review. *In Volcanic processes in ore genesis*. Institution of Mining and Metallurgy-Geological Society of London, 99-116

Sillitoe, R.H., 1988, Environments, styles and origins of gold deposits in western Pacific island arcs. *In Bicentennial Gold 88*, Geological Society of Australia, Abstracts22, 127-138.

Sillitoe, R.H. and Hedenquist, J.W., 2003, Linkages between volcanotectonic settings, ore-fluids compositions, and epithermal precious metal deposits; SEG Special Publication 10, pp. 315-343.

Sinclair B.J., 2000 Geology and genesis of the Batle zone VHMS deposits, Myra Falls District, British Columbia, Canada: unpublished Ph. D thesis, Ilobart, University of Tasmania.

Staudte J.G., 1995 Epithermal mineralization in the Sierra Madre Occidental and the Metallogeny of northwestern Mexico. Coctoral Thesis, University of Arizona Department of Geosciences

Staude, J.M. (2001). Geology, Geochemistry and Formation of Au-(Cu) Mineralization and Advanced Argillic Alteration in the Mulatos District, Sonora, Mexico: Society of Economic Geologists, SP8, 2001, p. 00-00.

Staude, J.-M., 1993, Gold, silver, and base metal epithermal mineral deposits around the Gulf of California, Mexico: relationship between mineralization and mayor structures. *In* Scott, R.W. Jr., Detra, P.S., Berger, B.S. (eds.), Advances related to United States and international mineral resources: developing frameworks and exploration technologies. U.S.G.S. Bulletin, 2039, 69-78.

Staude, J.-M.G., 1994 Acid Sulfate gold systems of Mulatos District, Sonora; Northern Mexico's largest gold system: Geological Society of America Abstracts and Programs v 26, no 7 p, A-142

Stewart, A. y Kamprad, J., 1997, Penetrando la superficie de un regolito; Identificación de las rocas originales de rocas equivalentes intemperizadas, Eastern Goldfields, Western Australia: Australian Geological Survey Organisation Research Newsletter 26, May 1997, 6 p.

Teran M.G., 1982; Informe de la exploración de la mina "El Realito", en la asignación minera Puebla, Sahuaripa Son C.R.M.

Tompson, A.J.B., y Tompson J.F.H., 1996 Atlas de alteración: Atlas of Alteration: A Field and petrographic Guide to Hydrothermal Alteration Minerals. Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, pag 7-12

Wark, D.A., Kempter, K.A., and McDowell, F.W. (1990). Evolution of waning, subduction-related magmatism, northern Sierra Madre Occidental, Mexico: Geological Society of America Bulletin, v. 102, p. 1555-1564.

White, N.C., Hedenquist, J.W., 1990, Epithermal environments and styles of mineralization: variations and their causes, and guidelines for exploration. *In* Hedenquist, J.W.,

White, N.C., Siddeley, G. (eds.), Epithermal gold mineralization of the Circum-Pacific: geology, geochemistry, origin and exploration, II. Journal of Geochemical Exploration, 36, 445-474.

Wisser, E., 1966, The Epithermal Precious Metal Province of Northwest México, Nevada Bureau of Mines Report 13, pt. C p 63-92

Zhang, G., Pan, Y. y Chen, N., 1998, Un estudio de la espectroscopía de reflectancia de onda corta del Infrarrojo (SWIR) de un grupo de minerales de kaolinita en el Athabasca basin, Saskatchewan (abs): Geological Association of Canada and Mineralogical Association of Canada Abstract Volume, Quebec 1998, Abstracts, p. A-203.

APÉNDICE I

Base de datos de muestras para espectrometría IR

ESTE	NORTE	# Muestra	PIMA	LITOLOGÍA	ALTERACIÓN	ESTRUCTUR/OXIDACION	DESCRIP	COMENTARIOS
706101	3176358	PL-1-02	Smc	T. Dac	RF			
706147	3176352	PL-1-03	Smc	T. Dac	RF			
706199	3176351	PL-1-04	K-Smc	T. Dac Ig	RF			
706253	3176350	PL-1-05	Al	T. Dac	SA	Falla 155, 70	2	Falla 155°, 70°, dickita-Alnita?
706301	3176351	PL-1-06	Al	T. Dac	SA		3	Vt de Alnita, roca de baja densidad
706349	3176335	PL-1-07	Dik-Al	T. And	SA		2	Hem Dis
706411	3176351	PL-1-08	Al-Dik	T. Dac	SA		2	Hem Dis
706446	3176350	PL-1-09	Al	T. And	SA		2	Hem Dis
706501	3176357	PL-1-10	K-Dik	T. Dac	SA		2	Hem Dis, subloramiento
706544	3176354	PL-1-11	Al	T. Dac	SA		2 Dis	cristales de Alnita?
706593	3176350	PL-1-12	Al	T. Dac	SA		3	hematita Dis
706642	3176353	PL-1-13	K-Dik	T. Dac	SA		2	oxidacion en frag
706702	3176359	PL-1-14	K-Dik	T. And	SC		2	Hem Dis
706766	3176346	PL-1-15	Al	T. And	SA		2	
706809	3176338	PL-1-16	Dik-Al	T. And	SA		2	
706851	3176350	PL-1-17	Dik-Smc	T. And	SA		2	zonas de SA con slce masivo
706916	3176350	PL-1-18	Dik-Smc	T. And	SA		2	Alnita? en cristales
706947	3176356	PL-1-19	Al	T. And	SV	BXH	3	
707000	3176352	PL-1-20	Al	T. Dac	SA		2	Hem Dis
707050	3176350	PL-1-21	Al	T. Dac	SM-SA		2	Hem Dis
707102	3176353	PL-1-22	Al	T. Dac	SM-SA		2	Hem Dis
707151	3176350	PL-1-23	Al	T. And	SA-SM		3	
707220	3176348	PL-1-24	Al	T. Dac	SA		2	Hem Dis
707257	3176348	PL-1-25	Al	T. And	SA		2	Hem Dis, Vt de qzo
707301	3176358	PL-1-26	Dik-K-Al	T. And	SA		2	Hem Dis (pyox?)
707353	3176341	PL-1-27	Al	T. And	SA		2	Alnita? en cristales
707400	3176350	PL-1-28	Al	T. And	SA		2	cristales de Alnita fina, o dickita?
707442	3176350	PL-1-29	Al-Dik	T. Dac	SA		2	Goe, STW Msestra alejada por falta
707496	3176390	PL-1-30	K-I-Smc	T. And	SA		2	
707550	3176345	PL-1-31	Al	T. Dac	SA		2	Megabloque?, zona de bloques
707608	3176346	PL-1-32	Al	T. Dac	SA		2	
707650	3176357	PL-1-33	K	T. Dac	SA		2	Jar, Msestra en camino por falta de
707725	3176328	PL-2-01	Smc	T. Dac	RF		0	
706106	3176415	PL-2-02	I-Smc-K	T. Dac	RF		1	
706151	3176426	PL-2-03	Smc	T. Dac Ig	RF		0	
706181	3176461	PL-2-04	Al	T. Dac	SA		2	
706257	3176445	PL-2-05	Al-K-Dik	T. Dac	SA		3	
706292	3176452	PL-2-06	Al	T. And	SM-SA		2	
706348	3176449	PL-2-07	K-Al	T. And P	SA		1	
706399	3176446	PL-2-08	Al-Dik	T. And	SA		1	
706453	3176449	PL-2-09	Dik-Al	T. And	SC-SA		1	
706497	3176449	PL-2-10	Al-K-Dik	T. Dac	SC		1	
706545	3176457	PL-2-11	Al-K	T. And	SC		1	
706599	3176451	PL-2-12	Al-K	T. And	SM		2	
706652	3176449	PL-2-13	Sil-Al	T. And	SM		1	
706703	3176452	PL-2-14	Dik-K	T. And	SA		2	
706750	3176451	PL-2-15	Sil	T. Dac	SM		3	
706798	3176447	PL-2-16	Al	T. Dac	SM-SA		2	
706851	3176448	PL-2-17	Sil	T. Dac	SM-SA		3	
706898	3176452	PL-2-18	Al-K	T. Dac	SM		1	
706948	3176454	PL-2-19	K-Dik	T. Dac	SM-SA		2	Hem Dis >10%
706997	3176450	PL-2-20	K	T. Dac	SA-SM		3	abundante Hem
707048	3176452	PL-2-21	Al-K	T. Dac	SA		1	
707102	3176452	PL-2-22	K-Dik	T. And	SA		2	

707150	3176452	PL-2-23	Dik-K	T. And	SC		2	
707187	3176451	PL-2-24	Dik-K-Al	T. And	SC		2	
707251	3176449	PL-2-25	Al	T. And	SA		2	
707300	3176453	PL-2-26	K-Dik-Al	T. And	SC-SA		2	
707352	3176449	PL-2-27	Al-K	T. And	SA		1	Hem Dis
707391	3176454	PL-2-28	K-Dik	T. Dac	SA		3	
707460	3176455	PL-2-29	K-Smc	T. Dac	C-SC		3	Jar, BXC
707506	3176458	PL-2-30	Al	T. Dac	SA	BXC	2	
707552	3176450	PL-2-31	I-K	T. Dac	SC	BXF	2	
707580	3176456	PL-2-32	Al	T. Dac	SA	BXC	1 Frac	
707657	3176459	PL-2-33	Al	T. Dac	SA	BXC	2	
707701	3176451	PL-3-01	N	T. Dac	SM	BXH	3	
706068	3176534	PL-3-02	K-Dik	T. Dac	SA-SM		1	
706154	3176557	PL-3-03	Al-K	T. And	SA		3	
706207	3176550	PL-3-04	Al	T. And	SA		3	
706248	3176549	PL-3-05	Sil-Al	T. And	SM-SA		2	
706321	3176544	PL-3-06	Smc	T. And P	SC		3	fuerte Frac
706341	3176540	PL-3-07	Al	T. Dac	SM-SA-SV		2	BXH, ojos de qzo g.g., Mestra en c
706403	3176533	PL-3-08	Smc	T. Dac	SC		3	Hem Dis
706445	3176548	PL-3-09	K-Smc	Dac P	C		2	fenos de bt, hornblendas oxidadas
706513	3176552	PL-3-10	K-Smc	T. Dac	C		1	qzo de g.f
706545	3176567	PL-3-11	Al	T. Dac	SM		1	ojos de qzo g.g., xx de qzo de g.f.
706623	3176524	PL-3-12	Al	T. Dac	SM		1	
706656	3176530	PL-3-13	Sil-Al-Dik	T. Dac	SM		3	
706702	3176557	PL-3-14	Al-K	T. Dac	SM		2	ojos de qzo 3%, Py Dis %
706753	3176543	PL-3-15	K-Al	T. Dac	SA		2	xx de qzo 3%
706808	3176550	PL-3-16	Al-K	T. Dac	SA		2	ojos de qzo g.f.1%
706853	3176547	PL-3-17	K-Dik	T. Dac	SA		3	Hem Frac
706904	3176548	PL-3-18	Sil	T. Dac	SC		2	
706962	3176553	PL-3-19	K	T. And	SC		2	
707001	3176551	PL-3-20	Sil	T. And	SA		2	
707056	3176547	PL-3-21	Al	T. Dac	SA		1	Jar, Alnita en cristales
707099	3176549	PL-3-22	Dik-K-Al	T. Dac	SA		2	Hem Dis
707143	3176552	PL-3-23	K-Dik	Dac P	SC		2	limonita Hem
707198	3176554	PL-3-24	K	Dac P	SA		3	limonita porf
707253	3176550	PL-3-25	Dik-K	Dac P	SA		2	
707301	3176547	PL-3-26	Al	T. Dac	SA		2	
707345	3176553	PL-3-27	I	T. And P	SC		1	
707400	3176546	PL-3-28	Dik-K-Al	T. And	SC		1	
707448	3176551	PL-3-29	Al-K	T. Dac	SA		2	Hem Dis
707510	3176553	PL-3-30	Al	T. Dac	SA		3	Hem Dis y Vt de qzo
707550	3176551	PL-3-31	I	T. And	SA		2	Hem Dis
707599	3176561	PL-3-32	I	T. And	SA		2	Hem Dis
707701	3176553	PL-3-33	N	Dac P	C-SC		2	oxidacion Frac
706188	3176664	PL-4-01	Dik	Dac P	C-SC		2	
706245	3176658	PL-4-02	Sil	T. Dac	SM		1	
706302	3176649	PL-4-03	Dik-K-Al	T. Dac	SM-SA		2	
706347	3176648	PL-4-04	Sil-K	T. Dac	SC		2	
706461	3176658	PL-4-05	I-K	T. And	C		2	
706500	3176648	PL-4-06	Dik	T. Dac	SV		2	
706558	3176649	PL-4-07	Sil-Al	T. Dac	SM		1	qzo de g.m
706583	3176632	PL-4-08	Sil-Al	T. Dac	SM		2	qzo de g.m-g.g
706750	3176667	PL-4-09	I	T. And	SC		3	
706726	3176624	PL-4-10	Sil	T. And	SM		3	
706803	3176645	PL-4-11	Sil-K	T. And	S A		3	
706849	3176641	PL-4-12	Sil	T. And	SM		2	
706902	3176628	PL-4-13	Sil	T. Dac	SV		2	OxFE Frac, qzo de gm
706955	3176647	PL-4-14	Al	T. Dac	SM-SA		3	Falla N310 55°, obra minera

707004	3176652	PL-4-15	Dik-Al	T. Dac	SA-SM	3	OxFE Frac
707048	3176648	PL-4-16	Al-K	T. Dac	SA	3	
707102	3176654	PL-4-17	Al-Dik-K	T. Dac	SA	2	
707158	3176649	PL-4-18	Al	T. Dac	SA	3	Hem Dis >10%
707203	3176642	PL-4-19	K-Dik-Al	T. Dac	SA	2	OxFE Frac
707264	3176645	PL-4-20	Al-Dik-K	T. And	SA		
707305	3176645	PL-4-21	K-Dik	T. And P	SC		
707347	3176645	PL-4-22	K-Dik-Al	T. And P	SC		Vt de qzo
707452	3176644	PL-4-23	Al-Dik	T. Dac	SC	2	OxFE en Cav
707483	3176654	PL-4-24	Al	T. And	SC		OxFE en Cav
707549	3176642	PL-4-25	I	T. And	SC	Hem Dis	
706601	3176653	PL-4-26	Al-K	T. Dac	SA	2	OxFE en Cav
707650	3176647	PL-4-27	Al	T. Dac	SA-SM	3	
707698	3176648	PL-4-28	K-Dik	T. Dac	SA	2	
706100	3176750	PL-5-01	Al-K				
706150	3176750	PL-5-02	Al	Dac	SM-SA	BX	
706200	3176750	PL-5-03	Dik-K	Dac	SA		
706250	3176750	PL-5-04	I	T. And	SC-C		
706300	3176750	PL-5-05	Dik-K	T. And	SC-C	BX en parches	
706350	3176750	PL-5-06	Dik-K	And	SC-SA		
706400	3176750	PL-5-07	K-Dik	T. Dac	SC		
706450	3176750	PL-5-08	Dik	?	SA		
706500	3176750	PL-5-09	I		C	BXC, Frac 270 2	exterior obra minera
706550	3176750	PL-5-10	Dik	T. Dac	SC		
706600	3176750	PL-5-11	Dik-K	T. Dac	SC		Vt de Qz y Py disem
706650	3176750	PL-5-12	Dik-K	T. Dac	SC		Py disem
706700	3176750	PL-5-13	K-I	T. Dac	C		
706750	3176750	PL-5-14	Al-K	T. And	SC-SA		
706800	3176750	PL-5-15	N	NA			
706850	3176750	PL-5-16	I-K	T. And	SC	STW de qz	
706900	3176750	PL-5-17	Al	T. Dac	SC	STW ?	2
706950	3176750	PL-5-18	K-Al-Sil	?	SM-SA		2
707000	3176750	PL-5-19	Dik-K-Al	T. And	SA		
707050	3176750	PL-5-20	Dik-K-Al	T. And	SA		
707100	3176750	PL-5-21	K-Dik-Al		SC-SA	BXH	
707150	3176750	PL-5-22	K-Dik	Dac	SC-SA	BX fina en part 2--3	
707200	3176750	PL-5-23	K	?	SC-SA	Vt de qz	
707250	3176750	PL-5-24	Al	?	SA	BXC	
707300	3176750	PL-5-25	K-Al	And	SC-SM		1-2.
707350	3176750	PL-5-26	K-Al		C		2
707400	3176750	PL-5-27	K-Dik		SC-SA		
707450	3176750	PL-5-28	K-Al	Dac	SC	Lich	2
707500	3176750	PL-5-29	Al	T. Dac	SA	BX	1-2.
707550	3176750	PL-5-30	I	T. Dac	C		1
707600	3176750	PL-5-31	I	T. Dac	SC		1
707650	3176750	PL-5-32	I-CI	T. And	C		1
707700	3176750	PL-5-33	I	T. And	C		1
706100	3176850	PL-6-01	Dik	T. Dac	SM		1
706150	3176853	PL-6-02	Sil	Dac	SM + Al		2
706203	3176844	PL-6-03	I	T. And	SC		1
706250	3176855	PL-6-04	I	T. And	SC-C		1
706311	3176858	PL-6-05	I	T. And	C		1
706338	3176852	PL-6-06	I	T. And	C		1
706400	3176849	PL-6-07	I	T. And	SC-C		2
706450	3176850	PL-6-08	I	T. And		BXF	3
706500	3176850	PL-6-09	I	T. And	C		1
706550	3176850	PL-6-10	I-Dik	And	SC		1
706602	3176876	PL-6-11	I-Dik	And	SC		1-2.

706698	3176858	PL-6-13	K-Dik	And	SC-SA		1-2.
706758	3176854	PL-6-14	I-K	T. And	C	BX	1
706908	3176835	PL-6-17	K-Dik	And	SC		
706950	3176850	PL-6-18	K-Dik	And	SC-SA		1-2.
707087	3176857	PL-6-21	K	And	SA	Frac 120	2
707151	3176864	PL-6-22	K-Dik	Dac P	SA		2--3
707200	3176850	PL-6-23	I-Smc	And	C		1
707270	3176832	PL-6-24	Dik-Al	Dac	SC		2
707366	3176856	PL-6-26	Dik-K	Dac	SA	BX	2
707413	3176863	PL-6-27	I	Dac	C		1
707456	3176859	PL-6-28	K-I	And	SC-SA	BX parcial	
707500	3176850	PL-6-29	I	And	SC-SA		1
707550	3176850	PL-6-30	Al	T. And P	SC		1
707600	3176850	PL-6-31	I	T. And P	C		1
707644	3176839	PL-6-32	I	T. And P	SA		2
707703	3176844	PL-6-33	I	NA			
706100	3176250	PL-7-01	Smc	T. RioD	RF		toba de fragmentos y cristales de fe
706150	3176251	PL-7-02	Smc	T. Rio	RF		toba de fragmentos y cristales de fe
706200	3176250	PL-7-03	Smc	T. RioD	RF		toba de fragmentos y cristales de fe
706254	3176264	PL-7-04	K-Smc	T. Dac	C	BXC	roca con escasos fragmentos >10 c
706300	3176250	PL-7-05	Smc	T. Dac	C	Vt de qz	toba sin q o Msy fino con fragmento
706351	3176250	PL-7-06	K-Al	T. Dac	C	BXF, Vt, Frac (roca color marron con debil alteraci
706400	3176250	PL-7-07	K-Dik-Al	T. And P	SC	Vt de qz	1-2.
706449	3176250	PL-7-08	Dik-K	T. And	SC	Frac, Vt fino cc	1-2.
706500	3176250	PL-7-09	Al	And	SA	Frac y Vt de ar	arcillas Fracuras y posible Al, matriz
706550	3176250	PL-7-10	Al-Dik	Dac	SA		1-2.
706600	3176250	PL-7-11	Al	Dac	SA		1-2.
706650	3176250	PL-7-12	Dik-K-Al	T. And	SC		1
706700	3176250	PL-7-13	Al	Dac	SM	Frac 0°, 60°, E2	
706749	3176250	PL-7-14	Al-Dik-K	Dac	SC		1-2.
706800	3176250	PL-7-15	Al	?	SA	Falla 80,20	
706849	3176250	PL-7-16	Sil	Dac	SA	BXC	1
706900	3176250	PL-7-17	Al	Dac	SA	BXC	
706967	3176259	PL-7-18	Dik-K	?	SC	BX	2
707024	3176245	PL-7-19	Dik-K-Al	And	SC	BX	1
707050	3176250	PL-7-20	K-Dik	T. And	SC	Vt de qz	2
707100	3176250	PL-7-21	Dik-K	Dac	SC		2
707150	3176251	PL-7-22	N	NA			
707183	3176270	PL-7-23	Dik-Al	And	SC		2
707250	3176250	PL-7-24	Al	Dac	SM	BXC parcial	
707350	3176250	PL-7-26	Al	Dac	SM		1-2.
707386	3176248	PL-7-27	Al	?	SM + Al	BXF	
707450	3176251	PL-7-28	I	Dac	C		1
707500	3176250	PL-7-29	Smc	Dac P	C		1
707550	3176250	PL-7-30	N	NA			
707600	3176251	PL-7-31	N	NA			
707650	3176250	PL-7-32	N	NA			
707697	3176274	PL-7-33	N	Dac		AFL, BXC	1-2.
706077	3176166	PL-8-01	Smc	T. Rio	RF		toba riolitica compuesta por cristale
706149	3176139	PL-8-02	K-Smc	T. Rio	RF		toba riolitica compuesta por cristale
706231	3176152	PL-8-03	K-Smc	T. Rio	RF		toba riolitica compuesta por cristale
706250	3176150	PL-8-04	K-Smc	T. Rio	RF		toba riolitica compuesta por cristale
706285	3176155	PL-8-05	Smc	T. Rio	RF		toba riolitica compuesta por cristale
706336	3176156	PL-8-06	Smc	T. Rio	RF		toba riolitica compuesta por cristale
706392	3176136	PL-8-07	K	?	C		roca color rosado con vetillas de arc
706450	3176150	PL-8-08	K	And	C		roca color blanco fuertemente arglz
706491	3176170	PL-8-09	K-Dik	?	C		roca color blanco con parches de O
706550	3176150	PL-8-10	N	NA			

706600	3176149	PL-8-11	N	NA					
706650	3176150	PL-8-12	Dik-K	T. And P	C				roca color rojizo a amarillo claro, co
706700	3176150	PL-8-13	Al	T. And	SA	Frac 60,40			roca color gris claro a gris con fragrn
706749	3176150	PL-8-14	I	?	C-SC				roca color gris claro y rojiso en sup
706800	3176150	PL-8-15	I	Dac	C-SC				roca color rojizo por OxFE, con frag
706833	3176151	PL-8-16	I	Dac	SC-C				zona con OxFE, en roca con fragme
706900	3176150	PL-8-17	N	NA					
706950	3176150	PL-8-18	Dik-K	T. Dac	SC				roca color rojiso por OxFE, modera
707000	3176150	PL-8-19	N	NA					
707051	3176150	PL-8-20	Al	Dac	SC				roca color rojiso por OxFE, ojos de i
707100	3176150	PL-8-21	Al-K	?	SC				mezcla de slcificacion mod a debil,
707150	3176150	PL-8-22	K-Al-Dik	T. Dac	SC				dudoso loramiento... roca mod slcif
707200	3176150	PL-8-23	Dik	Dac P	SC				roca color amarillento con ojos de q
707251	3176185	PL-8-24	K-Dik	?	SC				roca de textura fina sin q y cerca de
707250	3176110	PL-8-24B	Al-K	Dac	SV				roca con fuerte slcificacion y poco s
707300	3176150	PL-8-25	Al	Dac	SC	BXF			Zona de brecha de Falla, en roca di
707350	3176183	PL-8-26	Al	Dac P	?	Frac 10,75			zona de Frac 10,75. en roca porfiric
707400	3176150	PL-8-27	N	NA					
707451	3176150	PL-8-28	N	NA					
707500	3176150	PL-8-29	N	NA					
707550	3176150	PL-8-30	I	Dac	SC	Falla 10,75			roca con OxFE en fragmentos, en z
707600	3176160	PL-8-31	I	Dac	SC	BXC, Frac 240			roca con qz y mod silcificacion y O:
707628	3176144	PL-8-32	Al	Dac P		BXC			posible porfido? No se distingue cu:
707663	3176126	PL-8-33	I-Cl	Dac P	C				roca porfirica de qz-feldespatos, colo
706318	3176054	PL-9-01	RF	T. Rio					
706350	3176050	PL-9-02	N	NA					
706400	3176050	PL-9-03	N	NA					
706443	3176064	PL-9-04	K	T. Dac	SC	Frac 120	2--3		roca con matriz oxidada debila-mod
706490	3176042	PL-9-05	Al	T. And P	C		1		roca porfirica con feldespatos subhe
706550	3176050	PL-9-06	N	NA					
706600	3176050	PL-9-07	K-Dik	And	C				roca color cé claro, de textura fragrn
706650	3176050	PL-9-08	N	NA					
706746	3176058	PL-9-09	Dik-K	T. And	SC	Vt de qz	2		roca color rojizo por OxFE con fragrn
706750	3176050	PL-9-10	Smc-I	And	C-SC		3		zona de fuerte oxidacion, en roca co
706845	3176032	PL-9-11	Al-K	Dac	SM-SA		2		roca color gris claro a blanco con fu
706850	3176050	PL-9-12	Smc-I	?	C-SC	BX	3		
706900	3176050	PL-9-13	N	NA					
706950	3176050	PL-9-14	N	NA					
707000	3176050	PL-9-15	N	NA					
707110	3176045	PL-9-16	K-Al	And	SA		2		roca color rozado en sup fresca, cc
707100	3176050	PL-9-17	K	And	SC		2		roca con combinacion de sc y fragrn
707150	3176050	PL-9-18	Dik-K	And	SC-C		1-2.		roca color blanco, arglzada de textu
707267	3176066	PL-9-19	Dik-K	Dac	SC-C		1		roca color cé claro a rojizo, con frag
707324	3176062	PL-9-20	Dik-Al	And	C-SC		1		roca de textura fina sin qz?
707371	3176049	PL-9-21	Al	And	SM		1-2.		And textrua fina con fuerte slcificaci
707388	3176048	PL-9-22	I	And	C		1		roca color cé claro de textura porfiti
707400	3176050	PL-9-23	N	NA					
707451	3176050	PL-9-24	N	NA					
707558	3176039	PL-9-25	I	Dac	SC		2		roca con moderada slcificacion, y a
707551	3176050	PL-9-26	I	Dac	SC		3		roca color rojizo a cé, fuerte oxidaci
707655	3176004	PL-9-27	I	Dac	SC		1		roca color blanco con alteracion SC
706400	3175938	PL-10-01	Smc	T. Rio	RF				toba riolitica compuesta por cristale
706453	3175950	PL-10-02	Smc	T. Rio	RF				toba riolitica compuesta por cristale
706500	3175950	PL-10-03	N	NA					
706518	3175955	PL-10-04	Sil-Al	Dac	SA		1		roca color blanco, fuerte slcificacion
706600	3175950	PL-10-05	Dik-K	And	SC	AFL, BX parcie	1-2.		roca con arcillas de color blanco, si
706650	3175950	PL-10-06	Sil-Al	Dac	SA		1		fuerte slcificacion en roca color blar
706635	3175960	PL-10-07	Dik-K	T. And P	C	Frac 310--250	1		roca porfirica sin ojos de qz y felde

706750	3175950	PL-10-08	N							
706800	3175950	PL-10-09	Al	Dac	SA			1-2.	roca fragmentada con ojos finos de	
706804	3175946	PL-10-10	K-Al	?	SC-C	Vt de qz	1		roca color gris claro, no ojos de qz,	
706900	3175950	PL-10-11	I	Dac	C			1-2.	roca con textura fragmentada fina, s	
706946	3175938	PL-10-12	Al-Dik	Dac	SA	Frac 170,40			roca con textura fragmentada fina y	
707000	3175950	PL-10-13	Dik	And	SC-C		2		text?, no ojos de qz y hematita Frac	
707050	3175950	PL-10-14	K-I	Dac P	C		1		roca porfirica con fenocristales de fr	
707080	3175957	PL-10-15	Dik	T. And P	C		2--3		roca porfirica con fenocristales argl;	
707150	3175950	PL-10-16	Al	T. And P	SA		1		roca color gris con fragmeots lixiviar	
707212	3175929	PL-10-17	Al-Dik	T. And P	SC		1		roca porfirica con debil slcificacion y	
707267	3175930	PL-10-18	Dik	T. And P	SC-C				roca con textura porfirica y fenocris	
707350	3175949	PL-10-20	Dik-Al	T. Dac	SC	AFL, STW?	2		roca color gris con fragmentos slcifi	
707400	3175950	PL-10-21	N	NA						
707450	3175950	PL-10-22	N	NA						
707500	3175950	PL-10-23	Dik-K	Dac P	C		1		con oxidos en superficie, roca de cc	
707550	3175950	PL-10-24	K-I-Smc	T. And P	C	Frac 265,60	1		roca con textura porfirica con fenoci	
707587	3175974	PL-10-25	I	T. And P	C		1-2.		roca con textura porfirica y feldespa	
706500	3175850	PL-11-01	Smc	T. Rio	RF				toba riolitica compuesta por cristale	
706650	3175850	PL-11-04	K-Dik-Al	?	C		2		textura porfirica con 20% fenocrista	
706700	3175850	PL-11-05	Al	Dac	SC	Frac	2		roca color blanco, con finos ojos de	
706737	3175840	PL-11-06	Al	?	SM + Al	Frac N-S	1		roca sin qz y textura obliterada por f	
706782	3175843	PL-11-07	Dik-Al	And	SC-SA	BXC parcial	1		roca color gris claro-rojizo fuerteme	
706850	3175850	PL-11-08	Dik	And	SA	BXC	1		zona de brecha craquel con poca o:	
706916	3175848	PL-11-09	Dik	And	SM-SA	BXC	1-2.		zona de brecha craquel con fragme	
706950	3175852	PL-11-10	Dik	?	SA	BXC, Frac 310 2			zona de brecha con Fracuramiento	
707000	3175850	PL-11-11	K-Dik	And	SA-SC	BX	2--2		roca oxidada con arcillas y minerale	
707050	3175850	PL-11-12	K-Dik	T. And P	SC-C		1		roca porfirica color gris claro-blanco	
707094	3175858	PL-11-13	Al	Dac	SA	Frac y Falla 170,40			roca con fragmentos de cristales y c	
707150	3175850	PL-11-14	Al	?	SM + Al	BXC			roca color gris claro a blanco, sin qz	
707209	3175861	PL-11-15	Dik	And	SC				roca sin qz? Con bandas de oxidos	
707250	3175850	PL-11-16	N	NA						
707300	3175850	PL-11-17	N	NA						
707364	3175842	PL-11-18	Al	Dac P	SC		1		roca porfirica con 20% de fenocriste	
707421	3175849	PL-11-19	Al	Dac	SC-SA	AFL	2		roca con escasos ojos de qz, arcilla	
707450	3175850	PL-11-20	N	NA						
707500	3175851	PL-11-21	N	NA						
707578	3175838	PL-11-22	I	Dac	C	BX			afloramiento con brecha, mineral cc	
706535	3175744	PL-12-01	Smc	T. RioD					toba de color blanco con cristales y	
706650	3175750	PL-12-02	Dik-K	T. Dac	SC		2		roca con fragmentos >10 cm de roc	
706698	3175768	PL-12-03	Al	Dac	?	BX	3		Zona de brecha con fuerte oxidacio	
706745	3175724	PL-12-04	Al	?	SM	BX	3		Zona de brecha con fuerte oxidacio	
706800	3175750	PL-12-05	N	NA						
706838	3175757	PL-12-06	Al	Dac	SC	Frac OxFE-BX	3		zona de fuerte OxFE y Frac N-S, cc	
706895	3175728	PL-12-07	Al	And	SM + Al		2		roca fuertemente slcificada con Fra	
706926	3175726	PL-12-08	K-Dik	And	SC-SM		2		roca color gris a amarillo claro en zc	
707000	3175750	PL-12-09	N	NA						
707050	3175750	PL-12-10	Al-K	Dac	SC	BXC	1		roca con arcillas color blanco cubri	
707100	3175750	PL-12-11	Dik-K	Dac	C		1		roca color blanco con arcillas y herr	
707150	3175750	PL-12-12	K-Dik	Dac	SA	BX	1-2.		zona de brecha con fragmentos sut	
707200	3175750	PL-12-13	N	NA						
707235	3175747	PL-12-14	K-Dik	T. Dac	SC	BX	3 superficie		Fuerte oxidacion en superficie, roca	
707300	3175750	PL-12-15	N	NA						
707332	3175746	PL-12-16	Dik-K	And	SC		2		roca con textura fragmentada fina c	
707400	3175750	PL-12-17	I	And					Roca textura fina de color verdoso s	
707450	3175749	PL-12-18	N	NA						
707500	3175750	PL-12-19	I	And	C		1		Andesita con fragmentos finos y Fra	
707551	3175750	PL-12-20	I	And	C	BXC, BXH	3		Zona de brecha fuertemente oxidad	
706700	3175650	PL-13-01	Smc	T. Rio	RF				toba riolitica compuesta por cristale	

706749	3175650	PL-13-02	Smc	T. Rio	RF				toba riolitica compuesta por cristale:
706806	3175675	PL-13-03	Dik	T. And P	C	Frac 340	3		roca porfirica sin 30% fenocristales
706876	3175649	PL-13-04	Dik-K	And	C		2		roca con cristales arglizados en una
706896	3175637	PL-13-05	Sil	And	SM	Frac	1 Frac		zona de intenos Fracuramiento, 350
706942	3175654	PL-13-06	Sil-Dik	And	SM	BX	1 Frac		zona de brecha de fragmentos finos
706999	3175643	PL-13-07	Dik-K	And	SA	Frac 150 y BX(3		Zona de oxidos a 150, con fuerte Fr
707050	3175650	PL-13-08	Dik-K	T. Dac	SC		1		Toba Dacitica de fragmentos? Colo
707083	3175643	PL-13-09	Dik	Dac	SA-SV		1		Zona de brecha con arcillas y fuerte
707150	3175650	PL-13-10	K-Dik	?	SA		1		fuerte slcificacion y arcillas, Fracura
707199	3175650	PL-13-11	N	NA					
707271	3175642	PL-13-12	Dik-K	Dac	C		1		roca con ojos de qz, lixiviada en sup
707316	3175653	PL-13-13	Dik-K	T. Dac	C		1		roca color blanco con abundantes a
707350	3175650	PL-13-14	Sil	?	SM	BXC	1		zona de brecha craquel, en roca co
707430	3175639	PL-13-15	K-Dik		?		2		roca color cé claro por oxidacion, y
707450	3175650	PL-13-16	N	NA					
707493	3175647	PL-13-17	Dik-K	And	C-SC	BXC	2--3		zona con BXC parcial, con moderac
706700	3175550	PL-14-01	Smc	And	RF				roca color rojizo Msy Fracurada -Bx
706750	3175550	PL-14-02	Smc	And	RF		1		roca color rojizo Msy Fracurada -Bx
706800	3175548	PL-14-03	Smc	And	RF	BX			roca color rojizo Msy Fracurada -Bx
706850	3175549	PL-14-04	N	NA					
706902	3175576	PL-14-05	Sil	Dac	SM-SA	BXC	1		zona de brecha con fragmentos fue
706946	3175564	PL-14-06	Sil	?	SM	BXC	1		zona de brecha craquel con fuerte s
707000	3175550	PL-14-07	Sil	Dac	SA	BXC	1		zona de brecha con fragmentos ma
707050	3175534	PL-14-08	Al	Dac	SA	BXF frag finos 2--3			Zona de brecha de Falla con fuerte
707084	3175532	PL-14-09	Sil	Dac	SM	Frac, BXC 340 3			zona de fuerte Fracuramiento a BX(
707143	3175551	PL-14-10	Dik-K	?	C		1		roca color cé claro por oxidos y argl
707182	3175542	PL-14-11	Sil	Dac	SM-SA		1		Roca con >5% ojos de qz 2mm, y f
707250	3175550	PL-14-12	Sil	Dac	SA	Frac 20°, BXC 1			fuerte slcificacion en roca color blar
707300	3175550	PL-14-13	Dik-K	Dac	SC		1-2.		roca fragmentada con ojos de qz? E
707350	3175550	PL-14-14	Dik	Dac	SM-SA	Falla 15,65 y B2			Zona de Falla, no ojos de qz y fuert
707400	3175550	PL-14-15	Sil	?	SM	BX	2		zona de brecha con fragmentos sut
707437	3175530	PL-14-16	Sil	Dac	SM	BXC	2		zona de brecha con fragmentos sut
706750	3175452	PL-15-02	Smc	And	RF				T crist finos andesitica color rojizo a
706800	3175450	PL-15-03	Smc	And	RF				T crist finos andesitica color rojizo a
706877	3175455	PL-15-04	K	T. And	C	Frac N-S	2		roca color rojizo en superficie por fu
706900	3175450	PL-15-05	N	NA					
706951	3175451	PL-15-06	N	NA					
707001	3175450	PL-15-07	N	NA					
707051	3175451	PL-15-08	Sil	And	SM	Frac-BXC 230,			Zona de Fracuras a brechamiento c
707100	3175450	PL-15-09	N	NA					
707144	3175440	PL-15-10	K	And	SM-SA	BX 0°	2		Zona de brecha con fuerte slcificaci
707196	3175441	PL-15-11	Dik-K	Dac	SA	BXF	2		zona de brecha de Falla con fragme
707227	3175437	PL-15-12	Dik	And	C-SC	Frac, BXC	2		roca sin ojos de qz, con arcillas y z
707285	3175488	PL-15-13	Dik-K	And	C-SC		2		roca con fragmentos arglizados, de
706701	3175350	PL-15-14	N	NA					
706750	3175351	PL-15-15	N	NA					
706800	3175350	PL-16-01	Smc	T. Rio					
706850	3175350	PL-16-02	Smc	T. Rio					
706785	3175353	PL-16-03	Smc	And-Bas	RF				zona de brecha, sin alteracion con
706950	3175350	PL-16-04	Smc	And	RF				roca sin alteracion, con slce entre la
707001	3175351	PL-16-05	N	NA					
707051	3175350	PL-16-06	N	NA					
707101	3175351	PL-16-07	N	NA					
707151	3175350	PL-16-08	N	NA					
707200	3175350	PL-16-09	N	And	SC	BXC, Frac	2		roca fuertemente slcificada sin ojos
707152	3175369	PL-16-10	I	And	C		1		roca sin ojos de qz < 10% fragment
707211	3175368	PL-16-11	K-Dik	And	SC	Frac	1		Andesita con fragmentos finos - gru
707253	3175313	PL-16-12	I						

707309	3175328	PL-16-13	I	And	C	Frac débil con	1	roca color blanco con mine oxidado
707380	3175343	PL-16-14	I	T. And			1	
706701	3175251	PL-17-01	N	NA				
706749	3175250	PL-17-02	N	NA				
706800	3175249	PL-17-03	Smc	T. And	RF	Vt de qz		roca color rojizo con ojos de 1% ojo
706850	3175250	PL-17-04	Smc	T. And	RF			T And frag fina color rojizo con Vt d
706900	3175250	PL-17-05	Smc	T. And	C			
706950	3175249	PL-17-06	N	NA				
707026	3175248	PL-17-07	K-Dik	T. And	C			roca color blanco con oxidos en sup
707050	3175249	PL-17-08	N	NA				
707101	3175250	PL-17-09	Dik-Al-K	And	C-SC			roca color blanco con zonas oxidad
707151	3175249	PL-17-10	N	NA				
707201	3175250	PL-17-11	Al	And	SC-C			roca color blanco, sin ojos de qz, ar
707250	3175251	PL-17-12	Al	And	SM			fuerte slcificacion, textura obltarad
707314	3175282	PL-17-13	Al	And	SC	Frac N-S, Falla 2		
706820	3176802	PL-18-01	Sil-K-I	T. And	SA	Falla 80,90	1-2 en Cav	
706885	3176804	PL-18-02	Dik-K	T. Dac	SA		2	oxidacion Goe-Jar
706923	3176793	PL-18-03	K-Al-Dik	Dac P	SA	Frac 10, 90	3 Goe-Jar	ojos de qzo g.g. 3%
706972	3176796	PL-18-04	K-Dik	T. And	SA		2 en Cav	Block de SM sobre loramiento de S.
707187	3176808	PL-18-05	Al	T. And	SA-SM	BXH	2 Frac	
707220	3176809	PL-18-06	I	T. And	SC-SA	BXC	1	Goe Dis, Fracuramiento M-F
707301	3176797	PL-18-07	I	T. And	SA-SC	BXC	2 Goe	
706523	3176701	PL-19-01	K-Dik	T. Dac	SC	Frac 330, 90	2 Dis y Frac	Zonas Ocasionales Bx con hematit
706575	3176700	PL-19-02	K-I-Smc	T. And	C		1 Frac	Text Porfidica, frag pomez
706743	3176712	PL-19-03	Sil	T. Dac	SM-SA	BXC	2-3 Frac	
706779	3176710	PL-19-04	Dik-K-Al	T. And	SA-SM	BXC	2 Dis y Cav	textura porfidica
706847	3176702	PL-19-05	Sil-K-I	T. Dac	SC		1 Frac	xx de qzo 2% g.g.
706885	3176705	PL-19-06	Al-K	T. Dac	SA-SM		2-3 Frac	oxidacion de sulfuros?
706941	3176700	PL-19-07	Al-K	T. Dac	SA-SM	Frac 275, 80	3 hem Dis	
706975	3176695	PL-19-08	Sil	Dac P	SM-SV	BXC	2-3 Goe Jar	ojojs de qzo g.g 3%
707035	3176700	PL-19-09	Dik-K-Al	T. And	SA	BXC	1 Frac	Py 5% Dis fina, oxidacion de sulfurc
707074	3176691	PL-19-10	Al	T. And	SA-SM	BXC	2-3 Dis	Msestra en Obra Minera
707124	3176693	PL-19-11	Sil	T. And	SM	BXC	1 Frac	
707175	3176693	PL-19-12	Sil-K	T. Dac	SC	STW de qz	1-2 Frac	Py fina Dis 3%
707225	3176698	PL-19-13	K-Dik	T. Dac	SC		2	Vt de qzo, oxidacion de sulf.
707272	3176698	PL-19-14	Al-K	T. And	SC	STW de qz	1-2 Frac	
707324	3176707	PL-19-15	Sil	T. And	SM	BXC	3 Goe	Hem iridicente Frac
707368	3176708	PL-19-16	K	T. And	SC		2-3 Frac	fuerte Frac, oxidacion
706365	3176598	PL-20-01	Sil	T. Dac	SM	BXC	3 Frac	Hem iridicente Frac
706435	3176600	PL-20-02	I-K	T. Dac	C		2 Frac	xx qzo rotos subloramiento
706536	3176608	PL-20-03	Sil	T. Dac	SM	Frac 295, 55°	1 Frac	Megabloque?
706690	3176617	PL-20-04	K-Dik	T. Dac	SM	BXC	3 Frac	
706720	3176605	PL-20-05	K-Dik-Smc	Dac P	SA	BXC	2 Dis y Frac	Hem en ojos de qzo?
706778	3176611	PL-20-06	Sil	T. Dac	SM		2 Frac	
706846	3176600	PL-20-07	Sil	T. Dac	SM-SV	BXC	2 Frac	Msestra en Obra minera, Bno antig
706879	3176607	PL-20-08	K-Al	T. Dac	SC-SA	Frac 35, 90	2 Frac	Msestra en obra minera con orienta
706935	3176595	PL-20-09	Sil	T. Dac	SM-SA	BXC	2-3 Frac	Alnita Frac
706974	3176600	PL-20-10	Dik-K	T. Dac	SA	BXC	2 Frac	Alnita-Dickita
707022	3176599	PL-20-11	K-Dik	T. Dac	SA	STW	2 Frac	oxidacion Goe-Jar
707074	3176590	PL-20-12	K-Dik-Al	T. And	SA	BXC	2 Frac	Bno antiguo (707076,3176600)
707134	3176598	PL-20-13	K-Dik-Al	T. And	SA	STW		
707187	3176604	PL-20-14	Al	T. Dac	SA-SM	BXC	2-1 Frac	Frac N30 65, Frac N320
707220	3176598	PL-20-15	Al-K-Dik	Dac P	SM-SA	Frac 330, 75°	2-3 Frac	ojos de qzo g.g.
707280	3176602	PL-20-16	Dik-K	Dac P	SA-SC		2 Frac	Textura Porfidica
707329	3176605	PL-20-17	Al	T. And	SM	BXC	1 Frac	
707373	3176596	PL-20-18	K-Dik-Al	T. And	SA	Frac 325	1-2 Jar	textura porfidica
707466	3176602	PL20-19	Al-K-I					
706282	3176498	PL-21-01	Sil	Dac P	SM-SA	BXC	2 Frac	

706380	3176502	PL-21-02	Sil-Al	T. Dac	SM-SA	BXC	2 Frac	alt SA post a SM
706424	3176510	PL-21-03	Al	T. Dac	SM	Frac 20°, BXC	1-2 Hem	Vt de qzo-Hem
706480	3176494	PL-21-04	Al	T. And	SA-SM	Frac 345° 80°	39143	fuerte alteracion a SM
706540	3176497	PL-21-05	Al	T. Dac	SM-SA	Frac 350°, 90°	2 Frac	Vt de Alnita? Pirofl?
706624	3176498	PL-21-06	Sil	T. And	SM	Frac 320°, 90°	1 Frac	abundantes rodandos
706675	3176496	PL-21-07	Sil	T. Dac	SM	Frac 20°, 90°	; 1 Frac	
706719	3176491	PL-21-08	Sil-Al	T. And	SM + Al	Falla 290°, 40°	1 Dis	Frac N135 80
706780	3176506	PL-21-09	K-Al-Dik	T. And	SA	STW de qz	2 Vt y Frac	text pofidica g.f.
706827	3176497	PL-21-10	K-Dik	T. Dac	SA	STW	3	Hem Dis 7% (Limonita)
706882	3176487	PL-21-11	Sil	Dac P	SM-SV	Frac 165°, 80°	1-2 Frac	ojos de qzo g.m. 1%
706924	3176505	PL21-12	Sil	T. Dac	SM	Frac 305°, 80°	2 Frac	Alnita Frac
706974	3176500	PL21-13	Sil-Al	T. Dac	SM	BXC	1 Frac	Frac N315 65, ojos de qzo
707024	3176501	PL21-14	Sil	T. Dac	SM	BXC, Frac N3C	2-3 Hem	vtas qzo Hem, ojos de qzo 1%, Hem
707075	3176510	PL21-15	Sil	T. Dac	SM	BXC	1 Frac	Alnita Frac
707129	3176500	PL21-16	K-Dik-Al	T. Dac	SA	BXC, Frac N3E	2-3 Frac	Py Dis a 5m
707178	3176498	PL21-17	K-I-Smc	T. And	SA-SC	Frac 75°, 70°	2 Dis	bno antiguo
707225	3176499	PL21-18	Dik-K-Al	T. And	SM-SA		2-3 Dis	oxidacion moderada Frac
707280	3176504	PL21-19	K-Dik-Al	Dac P	SA-SM	BXC	2-3 Frac	
707314	3176493	PL21-20	Al	Dac P	SM-SA	Frac 185°, 80°	3 Dis	Hem
707381	3176500	PL21-21	Sil-Al	T. Dac	SM	BXC	2-3 Frac	Falla N320 90, Alnita Frac
707426	3176503	PL21-22	Al-Sil-K	T. Dac	SA	Frac 345°, 90°	2-3 Dis	Alnita Frac
706433	3176401	PL22-01	K-Dik-Al	T. Dac	SA	Frac 310°, 80°	3	Vt de hm
706478	3176398	PL22-02	Al-Dik	T. Dac	SA-SM	Frac 30°, 90°	3 Dis y en Vt	
706527	3176399	PL22-03	K-Dik-Al	T. And	SM-SA	Frac 305°, 70°	2 Hem Dis	Alnita compacta?
706564	3176400	PL22-04	K-Al-Dik	T. Dac	SA	Frac 130° 75°; 2	Hem Dis	Hem Dis 3%
706627	3176403	PL22-05	Al	T. And	SA	Frac 310°, 90°	2-3 Dis	Hem Dis y Frac
706674	3176392	PL22-06	Al	T. And	SA	Frac 320°, 90°	2 Frac	
706718	3176398	PL22-07	Sil	T. Dac	SM	BXC, BXH	1 Frac	Alnita Frac?
706774	3176404	PL22-08	Al	T. Dac	SM	Frac 310°, 80°	2 en Vt y Frac	estrati N40 22°
706876	3176396	PL22-09	Al	T. Dac	SA	Frac 15°, 90°	2-3 Hem	Vt de Alnita
706924	3176403	PL22-10	Sil	T. Dac	SM-SV	BXC	2-1 Frac	Alnita Frac?
706975	3176401	PL22-11	Sil	T. Dac	SM-SV	Frac 40°	2-1 Frac	xxx y ojos de qzo 3%
707023	3176395	PL22-12	Sil	T. Dac	SV-SM		1 Frac y Cav	ojos de qzo g.m 2 %
707080	3176405	PL22-13	Al-Dik	T. Dac	SM	Falla N320 90	1-2 Frac	
707125	3176402	PL22-14	Al-Dik-K	T. Dac	SA		2 Frac	Hem Frac
707162	3176398	PL22-15	Al-K-Dik	T. Dac	SA	STW de qz	3	Hem Dis y en Vt
707331	3176401	PL22-16	Al-Dik	T. Dac	SA	Frac °155°, 70°	2	Hem Dis y Vt xx qzo g.f.
707377	3176400	PL22-17	Al	Dac P	SM	Falla N340 90	1 Frac	ojos de qzo 2% g.m.
707483	3176409	PL22-18	Al	Dac P	SA-SM	BXC	2 Frac	Goe Frac, ojos de qzo 3%
706375	3176302	PL23-01	Al-Dik	T. And P	SA	Frac 150], 75°	3	Hem Dis 7%
706429	3176295	PL23-02	K-Dik-Al	T. Dac	SA	STW Vt de Al	2-3 Vt y Frac	Frac N40 90
706475	3176302	PL23-03	K-Dik	T. Dac	SA	Frac 35°, 90°	3	STW Vt de qzo
706530	3176298	PL23-04	Sil-Al	T. And	SM	Frac 45°, 65°	3	Hem Dis 3% y Hem botroidal Frac
706581	3176299	PL23-05	Sil	T. Dac	SA	Frac N25 90	2 Dis y Vt	
706629	3176301	PL23-06	K-Dik	T. Dac	SA	STW de qz	2-3 Frac y Dis	BXC en estructura N340 80
706679	3176301	PL23-07	Al-Dik	T. And P	SA	Frac 320°, 90°	2	Hem Dis y Frac
706776	3176301	PL23-08	Al	T. Dac	SM	Falla N135 70	1	Falla Lateral N60 65 Siniestral
706825	3176304	PL23-09	Sil	T. Dac	SM		1-2 Frac	Frac N340 80
706875	3176300	PL23-10	Sil-Al	T. Dac	SM		2	Alnita de color rosa Frac
707030	3176313	PL23-11	K-Dik	T. Dac	SA	Falla N298	80 3 Hem-Jar	ojos de qzo 2% g.m.
707081	3176300	PL23-12	Dik	T. Dac	SA	Frac. 335°, 90°	3 Vt y Frac	STW Vt qzo Hem
707129	3176304	PL23-13	Dik-Al	Dac P	SA	STW, Vt de He	2-3 Hem	escasos ojos de qzo
707177	3176302	PL23-14	Dik-K-Al	T. Dac	SC-SA	Falla N330 60	1 Frac	dickita-Alnita
707227	3176301	PL23-15	Al-K	T. Dac	SM-SV	BXC	2 Frac	
707277	3176301	PL23-16	Sil-Al	T. Dac	SM	BXC	2 en Vt	
707375	3176297	PL23-17	Sil	Dac P	SM-SA	BXC	3	Hem especular Frac
707424	3176297	PL23-18	Sil	T. Dac	SM-SA	BXC	3 Frac y Vt	shear zone, Al-Hem especular en v
707470	3176300	PL23-19	Sil-Al	T. Dac	SM-SA	BXC	3 Frac	

706481	3176201	PL24-01	K-Dik	T. And P	SA-SC	Frac 140°, 80°	2 Frac	Vt de Al-Dik
706519	3176201	PL24-02	Al	Dac P	SA	Frac 35°, 75°	2	STWk halnes de qzo cortando a fel
706575	3176205	PL24-03	K	Dac P	SC		3	Hem Frac y Dis 3%
706623	3176205	PL24-04	K-Dik	Dac P	SC	STW, Vt de He	3 Frac	Frac N50 60
706675	3176198	PL24-05	Sil-Al	T. Dac	SM-SA	BXC	1-2 Frac	xx de Alnita hexagonal
706724	3176199	PL24-06	Al-Dik	T. Dac	SM-SA	Frac 140°	2	Goe Dis
706828	3176193	PL24-07	K-l-Smc	T. Dac	C	Frac 130°, 90°	3	
706869	3176210	PL24-08	Al	T. Dac	SV	Frac 310°, 90°	2 Dis	
706981	3176206	PL24-09	Sil	T. Dac	SV-SM	BXC	2 Frac y Cav	
707025	3176200	PL24-10	K-Dik-Al	T. And	SA	Frac N50 90	2-3 Dis	hmr Dis, Sv supergeno
707078	3176197	PL24-11	Sv	Dac P	SV	BXC	1	ojos de qzo 1 %
707230	3176190	PL24-12	l	T. Dac	SA	BXC	2	Hem-Jar Frac
707275	3176196	PL24-13		T. And	SC	Frac 20°, 90°	2 Dis	
707325	3176202	PL24-14	Al	Dac P	SA		2	Vt de Hem, ojos de qzo g.m 1%
707381	3176202	PL24-15	Al	T. Dac	SA	BXH-BXC	3 Dis y Vt	Hem Dis 3%, Vt de Hem especular
707415	3176203	PL24-16	Sil-Al	T. Dac	SV	BXC	1	
707475	3176190	PL24-17	l	Dac P	SC		2	Hem Dis, subloramiento en un cami
707519	3176198	PL24-18	Al-Dik	Dac P	SA-SV	BXC	2 Frac	BXC Msy parecida al Cordon de la '
706580	3176090	PL25-01	Al-Dik	T. Dac	SA	STW Vt Al-Dik	3 en Vt	
706784	3176118	PL25-02	K-l-Smc	T. And	SC		2 Vt	Vt de Al-Goe
706915	3176105	PL25-03	Smc-K	T. And P	C	BXC	2	abundante arcilla
706971	3176095	PL25-04	K-Dik	T. And P	SC	BXC	3 Frac y Dis	Sv supergeno
707033	3176107	PL25-05	K-Dik	Dac P	SA-SC	BXC	1 Frac	oxidacion Goe, Sv supergeno
707075	3176101	PL25-06	Al	T. Dac	SA-SM	BXC	2 Frac	Falla N345 40, oro visible?
707177	3176094	PL25-07	Sil	T. And	SM	BXC	3 Jar-Hem	Zona Msy similar a CO
707225	3176098	PL25-08	Sil-Al	T. Dac	SM-SA	BXC	3 Vt y Dis	SA posterior a SM
707263	3176103	PL25-09	Dik	Dac P	SA-SC	Frac °10, 90°	1 Frac	oxidacion de Jar
707323	3176090	PL25-10	Al	T. Dac	SA	BXC	3	Hem Dis
707527	3176100	PL25-11	Al	Dac P	SM-SA	BXC	1 Frac Jar	subloramiento
706625	3176003	PL26-01	Dik-Al	T. Dac	SC		2	oxidacion Goe-Jar
706689	3175997	PL26-02	Dik-K	T. And	SA	Frac 320°, 80°	2 Frac	oxidacion de Hem
706772	3175996	PL26-03	K-Dik	T. And	SA-SM	BXC, STW	3	oxidacion Goethita,
706821	3175998	PL26-04	Al	T. And	SA-SM-SV	BXC, STW	3	oxidacion Jar Goe
706975	3175996	PL26-05	K-Smc	T. And	C-SC	STW, Vt de He	1	
707034	3176000	PL26-06	Al	T. Dac	SA		1 Jar	Megabloque?
707177	3175994	PL26-07	Dik	Dac P	SA		3	ojos de qzo 3% con Hem Dis impre
707230	3175996	PL26-08	Dik-Al	Dac P	SA	Frac 340°, 90°	3	
707280	3175990	PL26-09	l-Smc	T. And P	SC	STW	3	Sv supergeno
707330	3176000	PL26-10	Dik-Al-K	Dac P	SA		2 Frac	escasos ojos de qzi
707380	3175998	PL26-11	K-Smc	Dac P	SC-C	STW	2 Frac	Msestra intemperizada y humeda
706675	3175908	PL27-01	l-Smc-K	T. And	C	STW	3 Jar-Hem	Jar> Goe Frac
706724	3175894	PL27-02	Sil-K	T. Dac	SA	STW de Hem	3 Hem	
706776	3175895	PL27-03	Sil	T. Dac	SM	BXC, Frac, Fa	3 Hem Frac	Frac N340 80 y N20 65, barita, Alnit
706877	3175897	PL27-04	Sil	T. Dac	SM-SA	BXC	2	oxidacion 2 Jar
706925	3175899	PL27-05	Sil-Al-Dik	T. Dac	SM-SA	BXC, STW	3 Hem-Goe	Alnita Frac
706971	3175900	PL27-06	Dik	T. Dac	SM-SA	BXC, STW	3	oxidacion Jar Goe, barita, Alnita
707078	3175902	PL27-07	Dik	T. And P	SA-SC	Frac 05°, 75°	2 Dis	Hem Dis 3%, Goe Frac
707124	3175900	PL27-08	Al-Dik	Dac P	SA	Frac 45°, 90°	2 Hem	
707179	3175900	PL27-09	Sil	Dac P	SV	Frac 190°, 80°	.	oxidacion Hem-Jar
707220	3175901	PL27-10	Dik-Al	Dac P	SA	Frac 350° y 32	3 Dis	Hematita Dis 7%
707339	3175900	PL27-11	Al-K	Dac P	SM-SA		1	xx de Alnita Frac y Cav
707378	3175892	PL27-12	Al-Dik-K	Dac P	SA		3 Dis	xx de Alnita reemplazando feld
707426	3175906	PL27-13	Al	Dac P	SA	Frac 320°	1 Frac Hem	Fracuras color rosado con cristales
707476	3175901	PL27-14	Dik-Al	Dac P	SA	Frac 321°	2 Frac Hem	
706785	3175801	PL28-01	Al	Dac P	SM-SA	BXC Frac N35	2 Dis y Frac	Falla N160 80°
706829	3175802	PL28-02	Sil	T. Dac	SM	BXC	3 Frac	xx de qzo
706871	3175796	PL28-03	Dik	T. Dac	SM	BXC	3	oxidacion Hem-Jar, Aln ita Frac
706926	3175798	PL28-04	Dik-K	T. Dac	SM	BXC	2	oxidacion Hem-Jar Frac, Alnita Frac

706981	3175800	PL28-05	Dik-K	T. Dac	SA	BXC	2 Jar Frac	qzo 1%, Alnita
707030	3175800	PL28-06	K-Dik-I	Dac P	SC	STW	1 Frac	
707080	3175800	PL28-07	Dik-K	Dac P	SA	Frac 30°, 90°	1 Frac	ojos de qzo <1%, Alnita dickita?
707166	3175802	PL28-08	K-Dik	Dac P	SA	STW de qz	1 Frac	
707424	3175798	PL28-09	Dik-Al	Dac P	SA	Lich	1	ojos de qzo 3% g.m.
706833	3175696	PL29-01	Al	T. Dac	SA	Est 340°, 20°	3	xx de qzo rotos abundante oxidaci
706877	3175704	PL29-02	Dik-K	Dac	SA	Est 355°, 30°	2 Frac	oxidacione de py, Tz de Py
706926	3175699	PL29-03	K-Dik-I	T. Dac	SC		2 Frac	xxx qzo g.f rotos
707029	3175703	PL29-04	Dik-K	T. Dac	SA	BXC con Frac	2 Frac	ojos de qzo
707083	3175696	PL29-05	Dik-K	T. Dac	SM	BXC	2 Jar Hem	
707120	3175696	PL29-06	Dik	T. Dac	SA	BXC	2	xx qzo de g.f
707225	3175703	PL29-07	Sil	T. Dac	SM	BXC	2 Hem -Jar	
707277	3175703	PL29-08	Al-Dik-K	T. Dac	SA	BXC	3 Jar-Hem	limonita Jarositica
707315	3175702	PL29-09	Sil-I-Dik	T. Dac	SA	Frac 290°, 90°	2 Frac	
707377	3175695	PL29-10	K	Dac P	SC	Frac 345°, 55°	1 Jar	ojos de qzo
706889	3175599	PL30-01	Sil	T. Dac	SM-SV	BXC	1 Frac	Falla N330 80
706923	3175598	PL30-02	Sil	T. Dac	SM	BXC	2 Jar	Falla N135 60
706975	3175605	PL30-03	Sv	T. And P	SV	BXC, STW de	1 en Cav	
707025	3175601	PL30-04	Sil	T. Dac	SM-SA	BXC, Falla N1:2		Hem Dis Frac
707073	3175603	PL30-05	Sil	T. Dac	SM	BXC	2 Frac y Cav	
707134	3175600	PL30-06	Sil	Dac P	SM	BXC	3 Dis Frac	Hem iridicente Frac
707171	3175601	PL30-07	Sil	T. Dac	SM-SA	BXC	3	oxidacion de hemtita
707216	3175593	PL30-08	Sil	T. Dac	SM	BXC 20°	3 Frac	Hem Dis
707325	3175600	PL30-09	Sil	T. Dac	SV		3	Goe botridal e iridicente
707380	3175600	PL30-10	K	T. And P	SA	BXC	2 Jar	Frac N20 80
707417	3175611	PL30-11	K-Dik	Dac P	SA	BXC	1 Frac	
706983	3175497	PL31-01	Sil	T. Dac	SM		1 Frac	ojos de q1zo 1%
707028	3175502	PL31-02	Sil	T. Dac	SM	BXC	1 Frac	Msestra humeda
707077	3175498	PL31-03	Sil	T. Dac	SM	Frac 325°, Fall	2 Frac	hem Fracuras y Cav
707125	3175496	PL31-04	K-Smc	T. And	SC	Est 15°, 35°	2 Frac	
707180	3175506	PL31-05	Sil	T. Dac	SM-SV	Frac 20°, 60°	3	Hem Frac en Cav cerca de obra mi
707278	3175496	PL31-06	Al-K	Dac P	SM-SA	BXH-BXC	2 Jar	Frac N305 60
707323	3175498	PL31-07	K-Dik	Dac P	SA	STW	2	oxidacion de pirita
707485	3175502	PL31-08	Smc	Dac P	C	STW	2 Jar Frac	Muestra en arroyo
707004	3175383	PL32-01	Dik-K	Dac P	SC	Frac 335°, 50°	1 Jar	
707078	3175393	PL32-02	Al-Dik	Dac P	SC	Est 55°, 15°	1 en Jar	Vt de Alnita?
707133	3175401	PL32-03	Sv	T. Dac	SV	Falla 05°, 80°	3	BXC
707171	3175401	PL32-04	Dik	T. Dac	SC	STW		Frac N20 90
707221	3175403	PL32-05	Sil	T. Dac	SV	BXF 40°, 80°	3	
707081	3175302	PL33-01	K-Dik	T. Dac	SC	Frac 05°, 75°	2 Frac	
707179	3175303	PL33-02	Al	T. Dac	SA	Frac 15°	2 Frac	ojos de qzo de g.f
707234	3175290	PL33-03	Al-Dik	T. Dac	SA		2 Frac	

APÉNDICE II

Lista de códigos y abreviaturas

LITOLOGIA		ESTRUCTURAS			
T	Toba	Falla	Falla	NA	No Aflora
P	Textura Porfídica	Frac	Fracturamiento		
Ig	Textura Ignimbrítica	STW	Stok work		
And	Andesita	BXC	Brecha Craquel		
And-Bas	Andesita Basáltica	BXH	Brecha Hidrotermal		
Dac	Dacita	BXF	Brecha de Falla		
Rio	Riolita	Est	Estratificación		
RioD	Riodacita	Vt	Vetilleo o Vetillas		
?	Indefinida	AFL	Afloramiento		
ALTERACIÓN		OXIDACION			
C	Clay	1, 2, 3	Débil, Moderado, Fuerte		
SC	Sílice Clay	Cav	Cavidades		
SM	Sílice Masivo	Dis	Diseminado		
SV	Sílice "vuggy"	MINERALES			
Al	Alunita	Al	Alunita	Cl	Clorita
RF	Roca Fresca	Dik	Dickita	Hem	Hematita
		K	Caolinita	Goe	Goetita
		I	Illita	Jar	Jarosita
		Smc	Smectita	Ba	Barita
		Mzsc	Muscovita	By	Biotita
		Py	Pirita		