

RECONOCIMIENTO DE ZONAS DE ALTERACIÓN HIDROTERMAL EN DEPÓSITOS EPITERMALES CON IMÁGENES ASTER - SUR DEL PERU

Dina Huanacuni Mamani

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico

dhuanacuni@ingemmet.gob.pe

Juan Casas Malpartida

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico

jucasas@ingemmet.gob.pe

RESUMEN

El presente trabajomuestra una metodología para el procesamiento de imágenes satelitales ASTER en el cual se determinaron zonas de anomalías hidrotermales. Para corroborar los resultados del procesamiento de imágenes se realizó la interpretación del espectro de una muestra de mano utilizando el PIMA/SPy el estudio de secciones delgadas, pulidas.

El resultado del procesamiento de imágenes ASTER sirvió para identificar 3 zonas importantes.

Zona A ubicada al noreste de la imagen y muestra una alteración del tipo argílicase encuentran los depósitos de Santa Rosa, Tukari y Cacachara. Zona B. Se encuentra al sur oeste en el sector de Charaque y finalmente zona C está al sureste y noroeste de la zona de estudio donde predomina la alteración propilítica.

ABSTRACT

This paper shows a methodology for the ASTER image processing in which identified areas of hydrothermal anomalies. To corroborate the results of image processing is performed the interpretation of the spectrum of a sample of hand using the PIMA / SP and the study of thin sections and polished. The result of ASTER image processing was used to identify 3 major areas. Zone A is located northeast of the image and displays the type argillic alteration at deposits of Santa Rosa, Cacacharaand Tukari. AreaB It is located in the south west atCharaque sector and finally Area C in the southeast and northwest of the study area predominantly propylitic alteration.

INTRODUCCIÓN

Los yacimientos epitermales de oro y plata de alta sulfuración en el sur del Perú muestran características geológicas especiales y están hospedados principalmente en rocas volcánicas del Mio-plioceno. Su descubrimiento se debe al

desarrollo de diferentes herramientas de prospección como la geoquímica, geofísica y sensores remotos, los cuales se han aplicado en las diversas campañas de exploración. En este trabajo se presenta un ejemplo de aplicación con imágenes ASTER.

El INGEMMET se encuentra realizando el estudio de la geología de la Cordillera Occidental del sur del Perú y su relación con los recursos minerales. Entre los departamentos de Puno, Moquegua y Tacna existen zonas con anomalía de alteración hidrotermal detectadas con imágenes de satélite ASTER. Para la comprobación de resultados se ha utilizado el espectrómetro infrarrojo portátil – PIMA/SP que identifica las asociaciones de minerales.

El área de estudio está ubicada en la zona sur del territorio peruano. Se enmarca en las coordenadas geográficas 70°00' - 70°30' de longitud Oeste y 16°30'-17 ° 00' de latitud Sur, entre los departamentos de Tacna, Moquegua y Puno. Morfoestructuralmente está situado entre el Arco del Barroso y el Altiplano Andino.

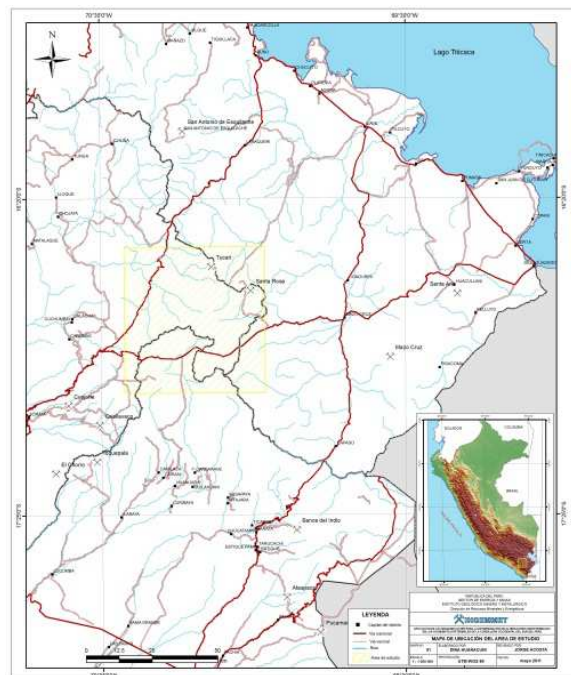


Figura 1.- Mapa de ubicación de la zona de estudio.

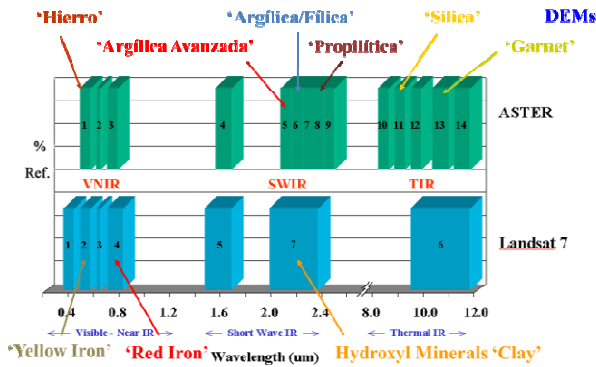


Figura 2.- Comparación de bandas espectrales LANDSAT Y ASTER

MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

La zona de estudio se encuentra ubicada en la parte central de la Cordillera Suroccidental, específicamente en la parte central de la Cadena Volcánica del Sur, configurando un ambiente típicamente vulcanológico, cuya conformación data del Cenozoico hasta el Cuaternario, caracterizada por varias etapas de efusión (básicas y ácidas), siendo la última etapa del Barroso. (Figura 1. Mapa geológico de la zona)

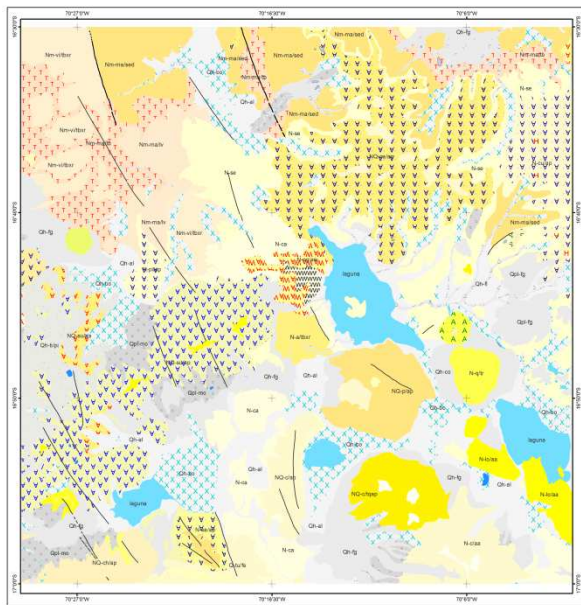


Figura 3.- Mapa Geológico de la zona de estudio.

Las rocas aflorantes en el área de estudio corresponden a las siguientes unidades:

Grupo Puno.-
Secuencias volcanoclásticas de característico color rojo-violáceo la cual se expone relleno de depresiones y cubriendo las amplias penillanuras.

Por lo general muestra conspicua estratificación donde resaltan las areniscas volcánicas con laminaciones de material muy fino producto de ambientes lagunares. Eventos tectónicos posteriores han producido fuerte plegamiento y basculamiento notándose incluso contactos bruscos con el Barroso. Al oeste y norte de Tucari se aprecia intensa cloritización siendo la roca muy deleznable.

Volcánico Sencca.-

Piroclástico de color blanco debido a su composición riolítica. Consta mayormente de tufo y la pillis moderadamente compactos, fuertemente erosionados, lo cual hace restringida su exposición. Cerca de los yacimientos presentan alteración hidrotermal de bajo grado apareciendo solo de manera de relictos.

Infrayace a los volcánicos de Grupo Barroso cuando se aprecian cerca de las líneas de cumbre.

Grupo Barroso.-

Secuencia conformada mayormente por lavas andesíticas, que en ocasiones muestran disyunción columnar. Al sur de Tucari se aprecian aglomerados calcoalcalinos dentro del paquete efusivo.

Dado la amplitud y prolongado volcanismo asociado a esta unidad litoestratigráfica, es común la presencia de intrusivos hipoabisales de andesita-dacita, que forman parte del arco volcánico cenozoico del sur del país. Los minerales que conforman la roca al intemperizarse originan amplias anomalías de color lo cual es típico en todo el distrito.

Material cuaternario.-

Constituido por coluvio glaciales y morrenas hacia las zonas distales de los valles en U, se observan material Polimíctico que no llegan a conformar grandes depósitos. (Figura 2.- Columna estratigráfica)

LEYENDA				LEYENDA			
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS	ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depositos aluviales	CENOZOICA	NEOGENO	PLEISTOCENO	Andesita Porfídica
			Depositos coluviales				Andesita Porfídica
CENOZOICA	NEOGENO	PLEISTOCENO	Depositos lacustres	CENOZOICA	NEOGENO	PLEISTOCENO	Andesita Porfídica
			Depositos fluviales				Andesita Porfídica
			Depositos eólicos				Andesita Porfídica
			Depositos proclásticos				Andesita Porfídica
			Depositos arenosos				Andesita Porfídica
			Depositos aluviales				Andesita Porfídica
			Depositos de cenizas				Andesita Porfídica
			Depositos de lapilli				Andesita Porfídica
			Depositos de bombas				Andesita Porfídica
			Depositos de lavas				Andesita Porfídica
			Depositos de tufos				Andesita Porfídica
			Depositos de bombas				Andesita Porfídica
			Depositos de lavas				Andesita Porfídica
			Depositos de tufos				Andesita Porfídica
Depositos de bombas	Andesita Porfídica						

Figura 4.- Columna estratigráfica.

OBJETIVO

El objetivo del trabajo fue reconocer minerales de alteración hidrotermal utilizando técnicas de análisis espectral a partir de imágenes ASTER. Para la comprobación de resultados se ha utilizado el

Espectrómetro infrarrojo portátil –PIMA/SP que identifica asociaciones de minerales en base a sus características de absorción y reflexión en determinadas longitudes de onda.

METODOLOGÍA

En el presente trabajo se utilizaron imágenes del sensor multiespectral ASTER (AdvanceSpaceborneThermalEmission and ReflectionRadiometer) a bordo del satélite Terra, que consta de tres subsistemas independientes, visible e infrarrojo cercano (VNIR) con tres bandas e infrarrojo térmico (TIR) con cinco bandas.

Utilizando una escena ASTER, se realizaron los siguientes procesos:

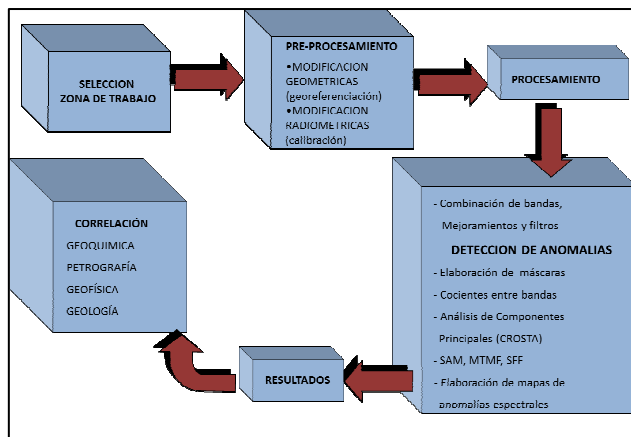


Figura 5.- Metodología

Pre-Procesamiento.

Se convirtió los niveles digitales a radiancia y posteriormente a reflectancia. Conversión de nivel digital a radiancia se realizó con el modelo $Rad_i = (ND_i - 1) \times coef_i$, mientras que la reflectancia se obtuvo con la corrección atmosférica (Método FLAASH).

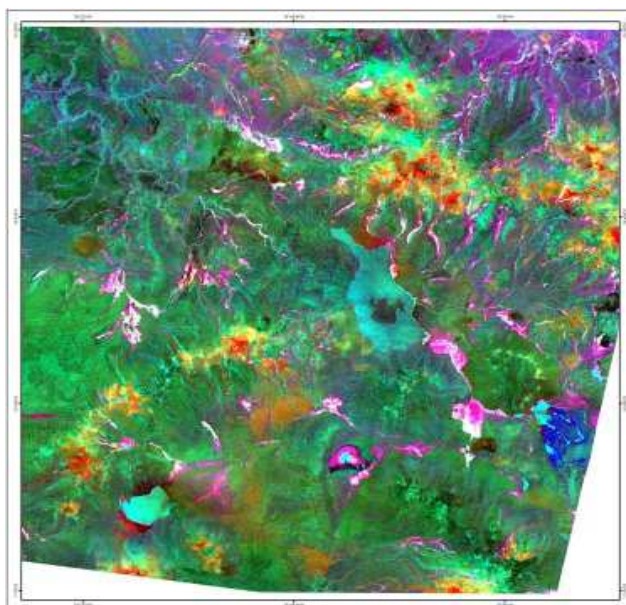


Figura 6.-Cociente entre bandas 4/5 5/6 5/8

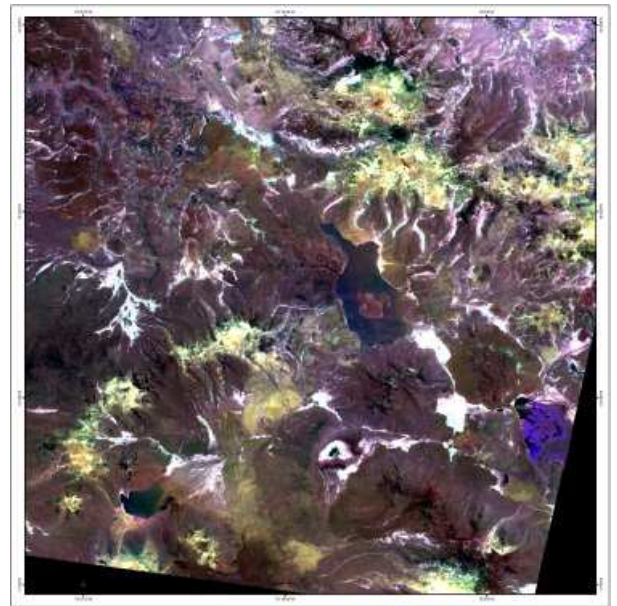


Figura 7.- Cociente entre bandas 4/5 4/6 4/7

Procesamiento.

Se realizaron diferentes combinaciones de bandas como 4,6,8, y 3,2,1 (Figura 8,9 y 10) para la identificación de zonas de alteración argílica, fílica, propilítica y oxidación. Se utilizó la técnica de Crosta y MTF para la reducción de la dimensionalidad de los datos mediante análisis de componentes principales lo cual permitió determinar zonas de alteración y asociación de minerales.

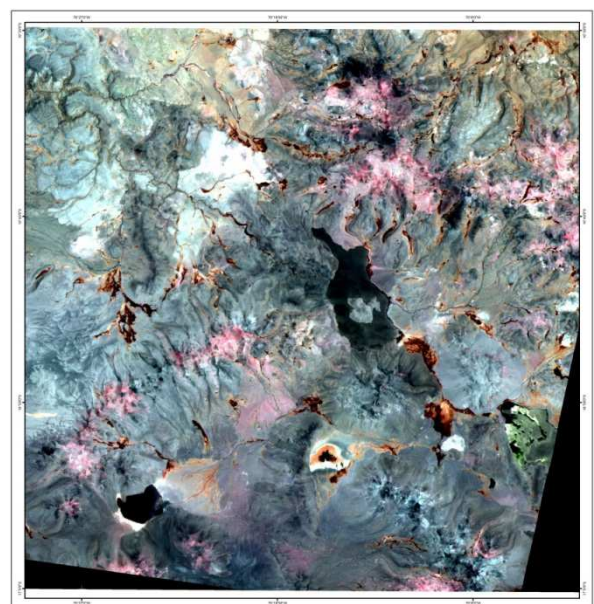


Figura 8.-Composición de bandas 468

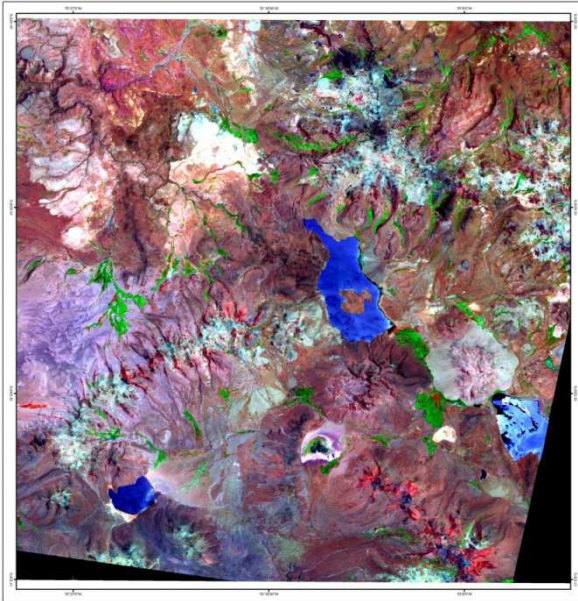


Figura 9.-Composición de bandas 9 3 1

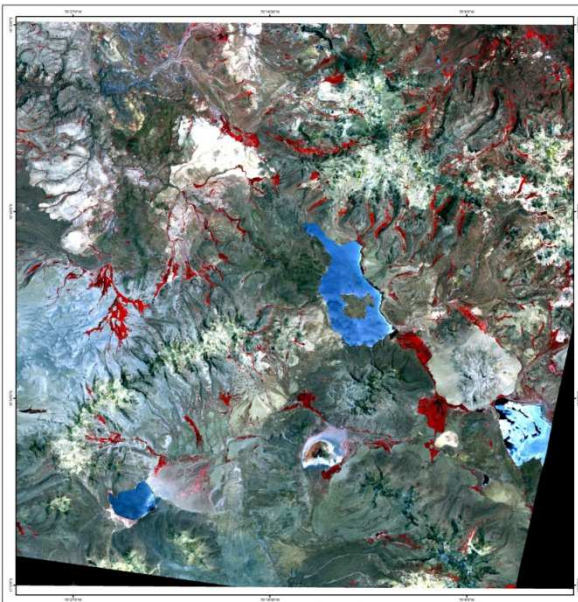


Figura 10.-Composición de bandas 3 2 1

Post-Procesamiento.

Consistió en realizar la verificación comparando la firma espectral de la imagen y el espectro de una muestra de campo utilizando el PIMA.

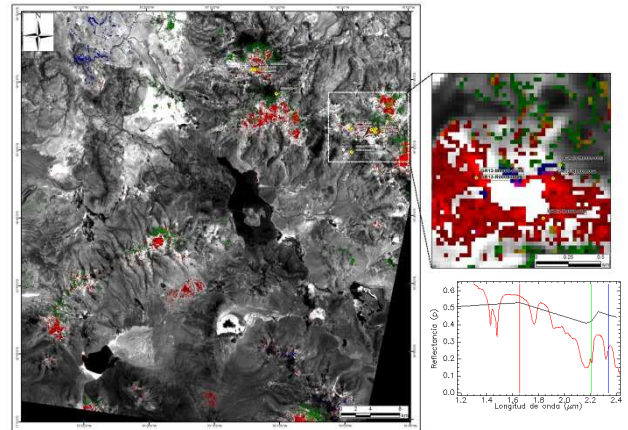


Figura 11.-Mapa de anomalías hidrotermales (firma espectral de una muestra con la imagen satelital)

CARACTERIZACIÓN ESPECTRAL Y MINERALÓGICA

Mediante el procesamiento de imágenes se determinaron zonas con anomalías hidrotermales; con alteración tipo argílica, filica y propilítica. Para corroborar los resultados se realizó la interpretación de los resultados de la firma espectral de las rocas y el estudio de secciones delgadas, pulidas. A continuación se presentan algunos resultados:

Caracterización espectral

Alteración Argílica

Se puede observar la asociación mineralógica sílice-alunita, la cual se encuentra en la parte central de los depósitos epitermales de alta sulfuración. Esta alteración representa temperaturas que varían de 150°C a 280°C. La alunita puede variar de acuerdo a las cercanías de las fuentes de calor, pasando de una alunita potásica a una cálcica, la cual se altera a una alunita sódica.

La firma espectral de una muestra del yacimiento Santa Rosa presenta un rasgo de absorción a 1480 nm, el cual es típico de una alunita potásica.

La asociación pirofilita-alunita, está asociada a brechas hidrotermales y freáticas. La firma espectral de esta asociación presenta un rasgo de absorción a 1350 nm. En el yacimiento Santa Rosa presenta esta alteración Sílice-Pirofilita-Alunita está asociada a brechas hidrotermales.

La asociación sílice-illita-Óxidos de hierro se encuentra ubicada en la periferie de los yacimientos epitermales de alta sulfuración. Esta alteración se forma por debajo de los 150 °C. La alteración sílice-illita en el área de estudio, está restringida en las fallas y en halos de alteración de brechas

hidrotermales; este ensamble también se encuentra en los focos de fuentes de aguas termales extintas. La firma espectral se caracteriza por presentar rasgos de absorción entre 1275-1900. (Figura 11 Comparación de la firma espectral de la muestra con la imagen satelital)

CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA

En la zona de Santa Rosa en secciones delgadas tenemos muestras que presentan fenocristales alterados (argilizados) en una matriz sílicea, minerales secundarios: cuarzo (60%), alunita (30%) opacos (10%). En secciones pulidas se obtuvieron muestras que presentan estructuras de relleno compuesto de cuarzo, pirita y abundantes óxidos de Fe. Como mineral primario se tiene pirita (10%) minerales secundarios como Óxidos de hierro (hematita, limonitas 8%). (Figura 12 A y B. Se puede apreciar las secciones delgadas y pulidas de una muestra de esta zona)

Los resultados en Cacachara corresponden a estructura de relleno compuesto de cavidades rellenas de esfalerita, galena, cobres grises y calcopirita. Minerales primarios Pirita (<1%), galena (15%), esfalerita 20%), calcopirita (<1%). Cobres grises (1%) y minerales secundarios hematita (0.5%).

En la zona de Tucari, corresponde a una roca intensamente alterada por sílice con cavidades y diseminaciones rellenas de pirita, escasa calcopirita, seguida de galena y abundantes óxidos de Fe. Presentan minerales primarios como pirita (8%), calcopirita (trazas), galena (Trazas) y minerales secundarios hematita-limonitas (5%).



Figura 12.-A) Sección delgada del mineral de alunita.

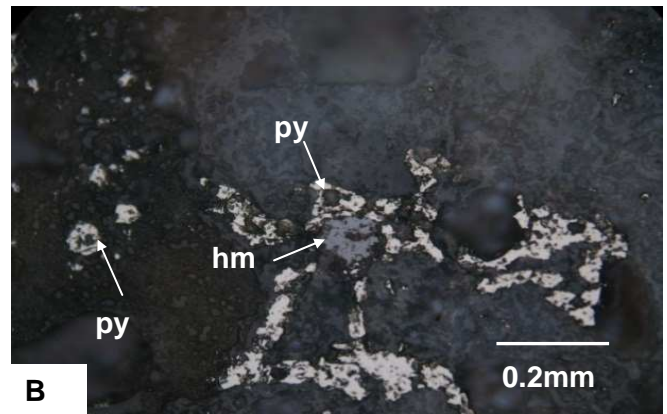


Figura 12.-B) Sección pulida, la muestra corresponde a una estructura de relleno compuesto de cuarzo, pirita y abundantes óxidos de Fe.

RESULTADOS

El resultado del procesamiento de imágenes ASTER sirvió para identificar 3 zonas importantes, denominadas A, B y C: (Figura13.- Mapa de yacimientos epitermales de oro y alteración hidrotermal.

Zona A.

Se ubica al noreste de la imagen y muestra una alteración del tipo argílica. En esta zona se encuentran los depósitos de Santa Rosa, Tucari y Cacachara. La alteración corresponde al emplazamiento de intrusiones dacíticas en un complejo estrato volcán andesítico y están conformadas por centros de sílice masiva representada por múltiples etapas de brechas hidrotermales. Estas brechas están rodeadas por sílice granular y alteración argílica avanzada.

Zona B. Se encuentra al sur oeste en el sector de Charaque. En el área existen afloramientos de rocas volcánicas de origen efusivo y explosivo (andesitas, traquitas y tufos) del Grupo Barroso. Las andesitas y tobas volcánicas están alteradas y alojan la mineralización. Charaque tiene alteraciones de tipo argílica a argílica avanzada, cuarzo amorfo y sílice residual cartografiada en campo.

Zona C. Está al sureste y noroeste de la zona de estudio donde predomina la alteración propilítica.

REFERENCIAS

- Acosta, J. Huanacuni, D. (2008) Estudio de los volcánicos cenozoicos del sur del Perú y su relación con la metalogenia. Informe técnico. INGEMMET. p22.

- Nieto, O. (2009) Evolución de alteraciones hidrotermales, quebrada Pacha, emplazadas en el mioceno superior. Tesis de grado. UNSA
- Hedesquist, J. Izawa, E. Arribas, A. White, N. (2001) Yacimientos epitermales de oro: tipos de mineralización características y exploración

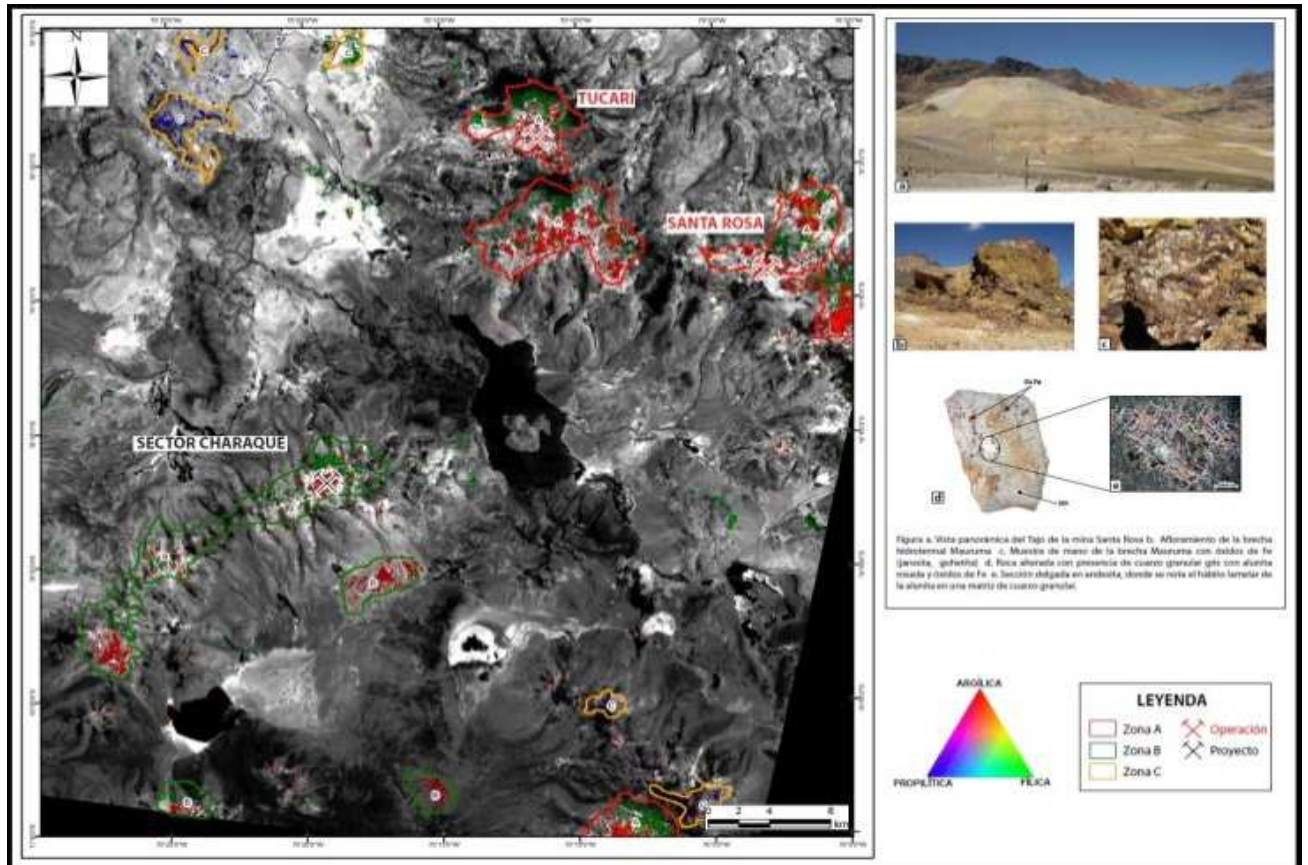


Figura13.- Mapa de yacimientos epitermales de oro y alteración hidrotermal.