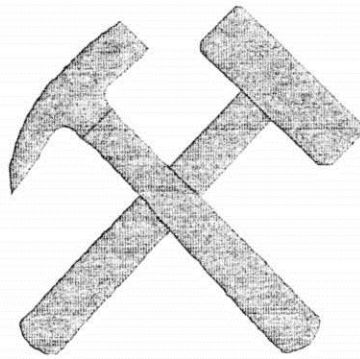


REPUBLICA DEL PERÚ

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y
METALURGICO

DIRECCION GENERAL DE GEOLOGÍA

*INFORME SOBRE LA APLICACIÓN
BASICA DE LA INTERPRETACIÓN
GRAFICA DE IMAGENES DEL
LANDSAT 5 - TM PARA LA CIA
YAULIYACU*



Lima - Perú

LABORATORIO DE IMAGENES - INGEMMET

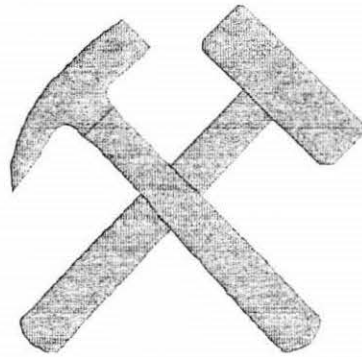
ENERO 1998

REPUBLICA DEL PERÚ

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y
METALURGICO

DIRECCION GENERAL DE GEOLOGÍA

*INFORME SOBRE LA APLICACIÓN
BASICA DE LA INTERPRETACIÓN
GRAFICA DE IMAGENES DEL
LANDSAT 5 - TM PARA LA CIA
YAULIYACU*



Lima - Perú

LABORATORIO DE IMAGENES - INGEMMET

ENERO 1998

INDICE

página

1.0.0...UBICACIÓN.....	1
2.0.0...OBJETIVOS PRIMARIOS.....	1
3.0.0...SERVICIO DE LABORATORIO DE IMAGENES DE SATÉLITE....	2
4.0.0...METODOLOGÍA.....	5
4.1.0...MÉTODO.....	5
4.1.1...ALTERACIONES , ANOMALÍAS.....	6
4.2.0...IDENTIFICACIÓN DE LAS ANOMALÍAS.....	8

TABLAS :

TABLA 1UBICACIÓN DE LAS COORDENADAS UTM-; PUNTOS DE LAS CONCESIONES MINERAS EMYSA Y BALKANES -1- 82.....	3/4
TABLA 2.....FUNCIÓN DEL COLOR Y SU REPUESTA EN LA ANOMALÍA (HOJA MATUCANA 24 - k).....	8

INFORME SOBRE LA APLICACION BASICA DE LA
INTERPRETACION GRAFICA DE IMAGENES DEL LANDSAT 5 - TM
PARA LA CIA YAULIYACU

Laboratorio de Imágenes de Satélite - INGEMMET , Av.Canadá,San Borja, Lima 41

1.0.0. UBICACION

El área de estudio se ubica en la región Central del Perú , Departamento de Lima y alcanza una superficie aproximada de 1426 km².

Esta zona se extiende al sur de la carta topográfica nacional de Matucana - 24 k entre las coordenadas UTM con

Izquierda superior :

Inferior derecha :

Este : x = 344 000 m ; x = 383 500 m

Norte : y = 8730 500 m ; y = 8694 400 m.

Resulta un $\Delta x = 39\,500\text{ m}$, $\Delta y = 36\,100\text{ m}$ con un datum horizontal : provisional South America - Perú 1956, zona UTM 18 y esferoide internacional 1909.

2.0.0. OBJETIVOS PRIMARIOS

El objetivo del análisis de las imágenes de satélite LANDSAT 5 - TM, es una contribución a la exploración é interpretación de las anomalías hidro-termales y las estructuras geológicas en el área de Matucana (hoja 24 - k). A través del procesamiento digital de imágenes de LANDSAT 5 - TM del row

068,path 007 resulta una ubicación de áreas de alteración hidrotermal y alteraciones superficiales mediante las interpretaciones graficas de imágenes a escala 1 : 30 000 y 1 : 50 000.

El recubrimiento satelital indica entre la localidad de San Mateo y Morococha una cobertura de 100 % y sirve como base para las exploraciones geológicas que se están realizando en los alrededores de la mina Casapalca (UTM: x = 3669939 m ; y = 8714346 m) y al oeste de la mina Morococha (UTM :x = 376474 m ; y = 8716979 m).La Tabla 1 ubica los puntos de las concesiones mineras de la Empresa Minera Yauliyacu .

Pero el estudio de las secuencias volcánicas con una silificación sin haberse observado con trabajo geológico de campo, nos indica áreas erróneas debido a que ésta silificación tiene reflectancias similares con caolinita (bauxita), caniza, toba,calizas intercaladas con alto contenido de cuarzo etc. La reflectancia de cuarzo es fuerte en las secuencias volcánicas con toba, mayor que en las rocas con alteraciones exógenas ó alteraciones endógenas.

El término *alteración* lo vamos a utilizar para referirnos a líquidos fríos o calientes de origen , ya sea soluciones magmáticas , metamórficas (soluciones hidrotermales) y/o agentes de meteorización resultado de la removilización de las soluciones por el agua en circulación.

3.0.0. SERVICIO DE LABORATORIO DE IMAGENES DE SATELITE

El Laboratorio de Imágenes de Satélite ha finalizado los siguientes trabajos con una impresión y/o interpretación del subset de Matucana (hoja 24 k) con :
RVA con las bandas TM 7,4,1. Esta hoja base sirve para la interpretación de las estructuras con 64 puntos de la concesión minera EMYSA con el centro de UTM : x = 366200 m ; y = 8713 000 m y 4 puntos de la concesión Balkanes -1-82 con un centro de UTM: x = 370 000 m ; y = 8705500 m. Escala 1 : 50 000

N°	NORTE	ESTE
1	8721620	366110
2	8719298	369380
3	8716855	367635
4	8715430	369690
5	8715205	369535
6	8714625	370355
7	8714120	370000
8	8711667	370000
9	8707125	366601
10	8707388	367828
11	8707795	368745
12	8707770	369150
13	8706770	369150
14	8706810	368655
15	8705000	366000
16	8703415	366000
17	8702910	366895
18	8703970	366994
19	8703785	368980
20	8701303	368745
21	8701325	368450
22	8698400	366790
23	8698830	366000
24	8699120	365730
25	8698175	365000
26	8699165	363195
27	8700950	364220
28	8701940	362475
29	8699790	361265
30	8701335	358470
31	8702670	359208
32	8704600	358315
33	8705020	359220
34	8704440	359441
35	8706265	360520
36	8706100	361071
37	8707000	361627
38	8708540	358465
39	8709000	358000
40	8709200	357678
41	8710835	358700
42	8710360	359590
43	8711000	358000
44	8711000	358000
45	8717000	358000
46	8717000	357000
47	8716000	357000
48	8716000	356000
49	8718000	356000
50	8718000	357800
51	8717500	357500
52	8716300	359600

53	8717000	360000
54	8715000	360000
55	8715000	363700
56	8715140	363505
57	8716765	364680
58	8717000	364345
59	8717000	364345
60	8717720	363335
61	8719140	364335
62	8719875	363280
63	8721115	364135
64	8720360	365205

CONCESIONES BALKANES - 1 -82

VERTICE	NORTE	ESTE
1	8705466	371093
2	8703589	370402
3	8704488	367962
4	8706365	368654

Tabla 1 : Ubicacion de los coordenadas UTM-; puntos de las concesiones mineras EMYSA y BALKANES-1-82, Matucana (hoja 24 - k).

para la ubicación de la estructura , además de una hoja con escala 1 : 100 000 con las concesiones mineras. -

RVA con la banda TM 7,4,1 . Esta hoja base sirve para las exploraciones geológicas con anomalías y alteraciones. Escala 1 :30 000. -

Ratio TM 3 /TM 1 . La hoja indica alteraciones con concentraciones de Fe (Fe²⁺ y Fe³⁺) en los pliegues que son las metas de la exploración para los depósitos polimetálicos.

Ratio TM 5/TM 4 . La hoja observa una anomalía de Fe²⁺ . Escala 1 : 50 000 (pancromática).

Ratio TM 3/1 , 5/4, 5,7 (RVA) con " Falso Color " y Fe²⁺ , Fe³⁺ , sílice,calcita, arcilla con AL (OH)₃ .

4.0.0. METODOLOGIA

4.1.0. METODO

Cuando el área de la exploración no tiene una cobertura de nubes y por eso la falta de ruido de la frecuencia resulta baja, se recomienda solamente la selección de las bandas TM RVA 7,4,1. Esta combinación de las bandas ayuda también a la ubicación de halos de alteraciones en la zona de MATUCANA (hoja 24 - k) y mejora la tonalidad de los colores. El cañón de color RVA produce con las bandas TM 7,4,1 (Rojo,Verde,Azul) variaciones de espectro *infrarrojo medio* (banda TM 7) y con el *espectro cercano* de la banda TM 4 (Verde); resulta una imagen más clara adicional con la banda TM 1 del *espectro visible* para la percepción de las anomalías hidrotermales. Pero la banda TM 1 es más sensible - en contraste de la banda TM 2 - a las perturbaciones atmosféricas.

4.1.1. ALTERACIONES , ANOMALIAS

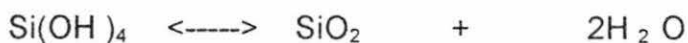
Con la interpretación de la anomalía a partir de la imagen de LANDSAT 5 - TM, estas zonas de alteración son objetivos favorables para la prospección. Pero la anomalía, p.e. del color rojo - magenta con la banda 7,4,1 (R,V,A) se caracteriza en una reacción de descomposición de minerales de hierro con óxido de hidrógeno $H^+ + (OH)^- = H_2O$. Esto resulta de una meteorización química que es la descomposición de minerales preexistentes y de la sucesiva formación de otros nuevos minerales (ejemplo : alteración sericítica , alteración propilitica, alteración de las rocas feldespáticas con o sin alunita).

Los silicatos en general se descomponen por procesos de hidrólisis, de los cuales un simple ejemplo, es la siguiente reacción.

La ecuación explica la hidrólisis de los feldespatos potásicos y sódicos en la zona de Casapalca y Morococha con aglomerados volcánicos e intrusivos o intrusiones ácidas. La reacción química controla también la acidez que incrementa la solubilidad de los minerales ricos en metales. En el proceso de alteración de los feldespatos resulta una caolinización + silicificación (color blanco hasta amarillo - blanco en la imagen con la banda RVA 7,4,1) :



La hidrólisis prácticamente ataca a todos los minerales presentes en la roca sujeta a la meteorización. En esta zona de alteración la intensidad de la silicificación cambia asociadas a los depósitos polimetálicos con :



sílice coloidal sílice criptocristalina (calcedonia) con sílice cristalizada

1. - zona con más de 20 % de cuarzo (zonas con una silicificación)
2. - zona de rocas de cuarzo - sericita
3. - zona de rocas propilitizadas (cloritizadas)

4. - zona de rocas caolinizadas

Pero LANDSAT 5 - TM no diferencia entre las alteraciones exógenas/ endógenas ó las alteraciones hidrotermales o mineralización supérgena / hipógena.

LANDSAT 5 - TM " observa " solamente una mineralización con el grupo OH^- y únicamente el geólogo en el campo puede clasificar las alteraciones en estos dos grupos principales.

El proceso de alteración hidrotermal (por ejemplo caolinización - potásica , cuarzo - sericita - propilítica) ocurre en zona de vetas con una mineralización (UTM : $x = 367\ 500\ \text{m}$; $y = 8712\ 600\ \text{m}$). Los sensores detectan allí también un área de lixiviación - oxidación que confirman una mineralización hidrotermal transicional de origen hipógeno hasta supérgeno. En esta zona los procesos exógenos (como indica la alta reflectancia blanca de sílice con arcilla) constituyen un importante factor en la redistribución y concentración de las mineralizaciones primarias. La prueba mineralógica sería una generación de minerales que adquieren pseudoformas.

Las soluciones mineralizantes habrían ascendido a lo largo de las fracturas principales y se extendieron NE - SW. Las intrusiones de los cuerpos diorita - granodiorita en la misma dirección y sus contactos con las rocas volcánicas terciarias (Fm. Carlos Francisco / Eoceno ? y Fm. Casapalca / Cretáceo sup. - Terciario inferior).

El gran número de anomalías en dicha dirección indica las fallas(con o sin vetas) asociadas a fracturamientos. Las vetas con las mineralizaciones en la dirección NE - SW son productos de esfuerzos tensionales y corresponden a estructuras solamente de corta longitud que sirvieron de canales de alimentación para la mineralización hidrotermal.

La postmineralización paralela y transversal al rumbo NE - SW muestran un sistema de fallas perpendicular a la tectónica de plegamiento y formación de fallas andinas (NW - SE) .

4.2.0. IDENTIFICACION DE LAS ANOMALIAS

Las áreas con una anomalía (supergénica e hipogénica) presentan características con una tonalidad fácilmente identificable con un control en el campo. Por ejemplo: el color cian-magenta indica una piritización con o sin las series isomorfas PbS,ZnS . La tonalidad roja nota la mineralización asociada en una zona de oxidación.

COLOR	COMBINACION (RVA)	ANOMALÍA
Blanco	7 ,4 , 1	silicificación - argilitización
Amarillo - verde	3/1, 5/4 ,5/7	sulfitos con óxidos
Rojo	7, 4 , 1	óxidos de hierro
Magenta	7, 4 , 1	óxidos de hierro
Azul - Violeta - Cian	7, 4, 1	pirita con polimetálicos
con Blanco	5/7	arcilla con Al(OH) ₃
Naranja	7, 4, 1	mineralización
Verde	5/4	con Fe ²⁺
Negro	3/1	con Fe ²⁺ + Fe ³⁺

Tabla 2 : - FUNCIÓN DEL COLOR Y SU RESPUESTA EN LA ANOMALÍA -
EN LA ZONA MATUCANA (24- k)

Las áreas alteradas (supergénica e hipogénica) presentan características de colores con su halos de alteración indicando el grupo químico (OH)⁻ con o sin Fe²⁺ + Fe³⁺ ; pero la presencia de Fe(OH)₂ y/o Fe(OH)₃ generalmente ayudan a ubicar cualquier otra concentración de minerales con mezclas isomorfas con menos caracteres diagnósticos. Las anomalías se identifican en la imagen por

- la forma geométrica
- tonalidad de color con su caracterización

- una aureola de mineralización que tiene - p.e. - un anillo ó dos anillos circulares hasta semicirculares con los colores de la Tabla 2.

Los colores son numerosos pero están ligados típicamente a los canones de color (RVA) con TM bandas y TM cocientes y un objeto específico. Solamente los trabajos en campo ayudan para una calibración de los colores con sus tonalidades; además la identificación de estas masas geomorfológicas pueden determinarse aproximadamente con más exactitud. Las anomalías hidrotermales se identifican también en la imagen con la banda RVA

7,4,1 en la zona UTM $x = 367\ 500\ m$; $y = 8712\ 750\ m$.

Los elementos estructurales son importantes por considerar en la ubicación la anomalía hidrotermal ó zonas mineralizadas en:

- pliegues
- fallas
- vetas

con contactos de macizos intrusivos.

En el centro (UTM $x = 367\ 500\ m$; $y = 8712\ 750\ m$) de la hoja 24 - k es conocida la existencia de una zona estructural de orientación ENE - WSW que alinea depósitos de vetas evidentemente en diferentes niveles de emplazamiento. Los diques están relacionados con una localización de depósitos endógenos y controlando su emplazamiento por estructuras locales.

Importantes son las intersecciones de fallas con los macizos dioríticos (línea NE - SW; Laguna Putca ; UTM $x = 366\ 500\ m$; $y = 8708\ 000\ m$ hasta Cerro Chinchirosa ; UTM $x = 370\ 000\ m$; $y = 8714\ 000\ m$) con un rumbo idéntico ó perpendicular de las estructuras removilizadas .

Las zonas de debilidad estructural se desarrollan a lo largo de los pliegues. Esta correlación define una zona fuertemente fracturada y permeable que originan

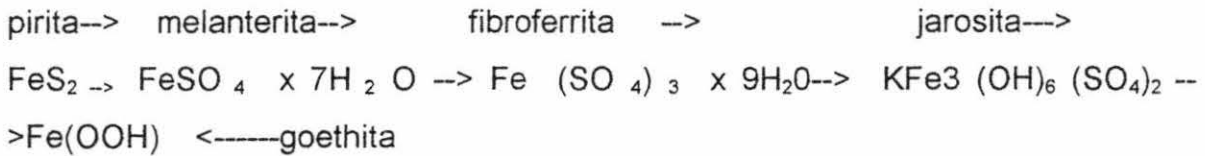
Cu ..22 - 53 % ; Ag ..0 - 18 % ; Zn .. 0 - 9 % : Fe²⁺.. 0 - 13% ;Hg..0 - 17 %; Ni ..0 - 3.5% ; Co.. 0 - 4.2% ; Mn.. 0 - 1.5% ; As.. 0 - 20% ; Sb ..0 - 29.2% ; Bi.. 0 - 13%;S..20.6 -29.1% (A.BETEJTIN - CURSO DE MINERALOGIA , MOSCÚ 1977,738 p.)

Esta distribución de elementos tienen minerales relativamente muy propagados en los diferentes tipos de yacimiento polimetálicos hidrotermales. Los sulfitos de los depósitos hidrotermales, por ejemplo tetraedrita (Cu,Fe,Zn,Ag)₁₂ S₁₃ Sb₁₄ con el hábito típico tetraédrico, la tennantita Cu₁₂ As₄ S₁₃ con o sin Ag, se encuentra en las vetas NE - SW con buornonita CuPbSbS₃ . Considerable en cantidades de minerales hidrotermales que se nota en los filones con cuarzo (anomalía blanca con anillo rojo - naranja hasta marrón). La paragénesis se descompone fácilmente en la zona de oxidación de las ocurrencias; a su cuenta pueden formarse la malaquita, la cerucita y óxidos de antimonio.

La descomposición parcial ó total de los minerales en las condiciones naturales depende más que nada de los procesos de oxidación - reducción con el grado de pH . El hierro divalente se oxida hasta el trivalente. Bajo la influencia de ello, en el proceso de la meteorización, la destrucción de la red cristalina con Fe²⁺ forma masas terrosas de color que causa una anomalía espectral. La alteración se refiere también a los minerales integrados por elementos capaces de constituir en las condiciones naturales con varios iones de distinta valencia (p.e. ; Fe²⁺ - Fe³⁺ , Mn²⁺ - Mn³⁺ , Cu⁰ - Cu¹⁺ - Cu²⁺).

La alteración de la roca encajonante sigue una secuencia normal que va de la propilitización a cierta distancia de las vetas y la piritización (por ejemplo : mina Morococha con color violeta - azul) con una sericitización - silicificación en la periferie de la mina. Se nota una menor piritización a medida que se acerca al área con una alteración de feldespato potásico o zona de rocas caolinizadas. Se podría explicar la aparición de jarussita - alunita ,sulfatos de hierro con hidróxidos y limonita durante el proceso de la lixiviación y redeposición supergénica. Esta paragénesis con hidróxidos férricos y ferrosos pueden

precipitar directamente por una actividad química durante el proceso de la alunitización supérgeno :



El potencial iónico, explica algunos elementos como el hierro o el cobre que se presentan en los medios de la meteorización con dos estados de oxidación. Por otra parte, también se explica como otros elementos distintos pueden presentar un comportamiento geoquímico análogo. Por tener análogo potencial iónico, esto depende fundamentalmente de su carga eléctrica y del radio iónico análogo, por ejemplo $\text{Zn}^{2+} = 0,74 \text{ \AA}$, $\text{Cu}^{2+} = 0,74 \text{ \AA}$, $\text{Fe}^{2+} = 0,74 \text{ \AA}$, $\text{Ag}^{2+} = 0,61 \text{ \AA}$, $\text{Fe}^{3+} = 0,64 \text{ \AA}$. La concepción geoquímica explica las mineralizaciones hidrotermales de grupo de la tetraedrita con Cu, Ag, Zn, Hg, Co, Mn, As, Sb, Bi, (Au).

Es importante señalar que la combinación de bandas TM ó un cociente de bandas no son capaces de detectar directamente anomalías de dichos elementos: pero si nota en combinación con los óxidos de hierro y otras mineralizaciones de alteración que contengan grupos (OH)⁻ como alunita, jarosita, arcilla , cuarzo opalina. Con el color rojo hasta cian-azul existe una relación entre la tonalidad y la cantidad de óxido presente.

Laboratorio de Imágenes de Satélite

MEMORANDUM 9298 EGJUFS-LIS

- I N G E M M E T -