

INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA MEDIANTE IMÁGENES DE RADAR DE LA MONTAÑA SIRA

Tito RAYMUNDO S, Luís QUISPESIVANA Q

Instituto Geológico Mínero Metalúrgico -INGEMMET

El objetivo del presente trabajo es contribuir en el uso adecuado de las imágenes de RADARSAT (Canadá) para la interpretación de unidades litoestratigráficas en base a las características que muestran las imágenes y su respectivo control de campo. La importancia de las imágenes de radar se ve fortalecido si tenemos en cuenta el uso limitado de otras imágenes, cuyo sensor es pasivo, caso de las imágenes LANDSAT TM.

La montaña Sira se encuentra ubicada en el límite departamental entre Huánuco y Ucayali; parte central de la selva peruana, siendo su geoforma muy peculiar; en forma de un apéndice, que se extiende como un alto en el sector Occidental y central de la Amazonia, encontrándose casi todo el año cubierto por grandes masas de nubes

Se han podido diferenciar claramente las secuencias estratigráficas; vistas en las imágenes de RADARSAT, tales como el Grupo Copacabana, cuya textura es medianamente rugosa, caracterizándose en ellas estructura de fallas y fracturas, seguidamente se puede apreciar una secuencia mayor correspondiente al Grupo Oriente, que dada su composición litológica, presenta una textura bastante rugosa, denotada por el drenaje dendrítico. Posterior a esta unidad se puede apreciar a la Formación Chonta, cuya textura cambia bruscamente, por la presencia de rocas carbonatadas lutitas y areniscas, la textura de esta secuencia es menos rugosa que la del Grupo Copacabana. Características de tonalidad, textural y de brillantez tanto de la Formación Chonta como de las formaciones Vivian, Cachiyacu – Huchpayacu y Casablanca, son relativamente similares, denotan algunos cambios característicos observables, cuando hacemos algunos artificios y ampliaciones de las imágenes en la computadora, mientras que, el resto de las unidades litológicas como las formaciones Pozo-Yahuarango, Chambira e Ipururo, presenta geoformas más onduladas y una textura más uniforme, con algunas variaciones de tonos y brillantez. La Formación Ucayali, del Cuaternario - Pleistoceno se diferencia claramente de las unidades anteriores por presentar una textura bastante fina y sin mayores disturbaciones.

El cuadro estructural del área muestra una gran variedad de fallas y fracturas, denotándose claramente una gran falla inversa (sobrescurrimiento), ubicada en el sector, siendo su recorrido kilométrico. Este sobrescurrimiento ha levantado secuencias del Cretáceo y Paleozoico, poniéndolas en contacto con secuencias del Paleógeno - Neógeno (Formación Ucayali).

RADARSAT

Lanzado el 04 de noviembre de 1995, fue el resultado de un consorcio entre el Gobierno Canadiense, la industria privada y la NASA. Al ser el primer satélite canadiense de observación de la Tierra, y el primero en el mundo de sensor de "radar" orientado operacionalmente, **RADARSAT** proporciona información valiosa para el monitoreo del medio ambiente y de los recursos naturales de la Tierra

Los geólogos que trabajan con imágenes ópticas, deben hacer una transición con el propósito de entender las características únicas de las imágenes producidas por radar y utilizar con éxito los datos de "radar". La longitud de onda espacial que usa es capaz de penetrar lluvia, nubes y neblina, para proporcionar una vista continuamente despejada de la Tierra.

Las características que se tomaron en cuenta para la interpretación fueron las siguientes: Tonalidad, textura, patrón de drenaje y formas de relieves, estos elementos usados originalmente para la interpretación de fotografías aéreas (RICCI Y PETRI, 1965; HARVARD, 1967; CARTER &

STONE, 1974) son aplicados para las imágenes de LANDSAT y ahora para el RADARSAT con algunas consideraciones.

GEOGRAFÍA

Geográficamente la zona de estudio se ubica en el apéndice de la faja Subandina (Montaña Sira) y el Llano Amazónico en general, desde este punto de la interpretación y basados en mapa topográfico del IGN, se delimitaron las regiones naturales, climas, y temperaturas relativas, así mismo para la hidrografía se delimitaron las cuencas hidrográficas del área, siendo la más importante la cuenca del río Pachitea, que atraviesa de SSW a NE, ubicado en el extremo inferior de la montaña Sira.

Para determinar las unidades geográficas se considero los aspectos morfológicos siendo fundamental delinear los diversos aspectos geográficos del área estudiada, como se puede apreciar en la imagen de **RADARSAT**. Los aspectos morfológicos están controlados, por el tipo de litología que posee el terreno, el curso de agua favorece la diferenciación de los materiales que corresponde tal o cual recorrido

GEOMORFOLOGÍA

Basándonos en el reconocimiento detallado del relieve superficial en las Imágenes de Satélite (**RADARSAT**) y algunas características usadas en la determinación de unidades geográficas, se ha delimitado tres zonas geomorfológicas: cumbres, ladera fuertemente disectadas y laderas moderadamente disectadas; estas se ubican en la zona de la Montaña Sira, lomadas y planicies agrupadas como parte de la zona del Llano Amazónico

ESTRATIGRAFÍA

Grupo Copacabana

Considerando la composición calcárea del Grupo Copacabana y además, siendo la unidad de mas antigua en ésta parte del estudio, los patrones utilizados, para determinar el grado de tectonismo que pudo haber sufrido, fueron tonalidad, textura y su correlación estratigráfica. La morfología característica de esta unidad por su composición calcárea y grado de erosión y ubicación en zonas netamente tropicales, forma valles en proceso de erosión continua.

La tonalidad, en la parte central de la montaña Sira, es de un gris oscuro, más que todas las unidades aflorantes en esta zona. Fig N° 1

Texturalmente es más uniforme en las zonas de planicie alta y en los bordes de algunas escarpas su textura es aislada, mostrándose medianamente rugosa

Su patrón de drenaje en general es de forma lineal y en algunos casos pasa a ser angular, muchos de ellos aprovechan los lineamientos de fallas, fracturas y canales de erosión

Grupo Oriente

Cubre una gran extensión de la montaña Sira, esta conformada por las formaciones Cushabatay, Raya y Agua Caliente, que claramente se pueden diferenciar en la parte norte del apéndice de estas montañas. Fig. N° 2

El tono gris que se puede apreciar se clasifica en tres, siendo la Formación Cushabatay, la más oscura, pasando a un tono gris claro para la Formación Raya y cambiando a un gris menos claros, para la Formación Aguas Calientes.

La textura más pronunciada se da en el área de la Formación Cushabatay, por el mismo hecho de que su morfología se compone de "Pongos" y tramos encañonados, gradualmente pasa a una textura relativamente fina correspondiente a la Formación Raya, para pasar gradualmente a la Formación Agua Caliente, donde podemos ver una textura monótona en algunos casos presenta una morfología en forma de "V"

Su drenaje es netamente dendrítico, por el mismo hecho de su composición litológica.

Formación Chonta

En las imágenes satelitales (*RADARSAT*), se puede observar esta secuencia en forma tabular, algunas veces se puede perder la secuencia por la cobertura cuaternaria. Su forma tabular se debe a la presencia de calizas y lutita.

La tonalidad que presenta es uniforme a lo largo del área siendo su parte central de tono gris oscuro y sus bordes blanco brillante, indicándonos el límite de otra unidad litológica.

La textura está definida por la presencia de la lutita y calizas y areniscas. Diríamos que es la formación donde su textura es medianamente uniforme respecto a la Formación Vivian. **Fig. N° 3**

El patrón de drenaje está controlado por fracturas, algunas veces por fallas que atraviesa dicha formación. La textura que presenta esta área es angular, aprovechando las zonas de fracturamiento de las calizas.

Formación Vivian

La Formación Vivian, presenta ciertas características similares al Grupo Oriente en la imagen satelital, diferenciándose más uniformes, haciendo que su presencia sea más notoria en las imágenes de *RADARSAT*.

El tono gris es más uniforme variando a ser gris oscuro en su parte central y delineado en su parte superior por una banda fina blanquecina y hacia la parte inferior de la imagen, el tono se vuelve más oscuro.

Su textura se ve uniforme, quizá influenciado por la poca vegetación que pudiera presentar y además por su composición litológica de areniscas poco consolidadas lo que hace que los rayos electromagnéticos son absorbidos y su retorno es lento, es la razón del tono gris oscuro, se puede denotar que textualmente la Formación Vivian es más uniforme que el resto de las unidades litológicas.

Debido a que se encuentra ubicado casi en la parte de la planicie de Pachitea, el drenaje es en muchos casos rectangular, y en algunos casos dendríticos poco observables puesto que las escorrentías se filtran dentro de las areniscas.

Formación Cachiyacu – Huchpayacu

De acuerdo a la posición estratigráfica contigua a la Formación Vivian se puede diferenciar las formaciones Cachiyacu y Huchpayacu, agrupados como una sola unidad. A estas dos se las toma como una sola, debido a su escaso afloramiento en el campo y la dificultad que presenta en su interpretación mediante imágenes de *RADARSAT*.

Su tono es más oscuro que la Formación Vivian, y en otros casos es más claro, variando de acuerdo a su composición litológica y morfología.

La textura se encuentra relacionado con su composición litológica. Esto quiere decir que la textura de las areniscas de la Formación Vivian al de las lutitas arcillas que tiene, es bien notoria, considerando que la Formación Vivian tiene una textura uniforme a lo largo de esa franja de su afloramiento, hacia el oeste tiene un cambio brusco al encontrarse con una textura ondulada en forma de "V" debido al drenaje que recorre sobre su superficie débil.

Formación Casablanca

En la imagen satelital se observa como un cordón más angosto que bordea la montaña Sira, por sus características litológicas tiene una similitud a la Formación Vivian tanto textural como tonal.

Presenta un tono de gris relativamente claro, es uniforme variando en algunos puntos, debido a que en algunas zonas podemos apreciar lomadas de pequeña altitud, que hacen que los rayos incidentes del *RADARSAT* retornan con cierto ángulo sobre las lomas.

En cuanto a su textura no se puede apreciar claramente debido a su poco grosor. A la altura de las localidades de Puerto Inca es medianamente abrupto y hacia la parte norte se hace más uniforme.

Su patrón de drenaje es inapreciable, pues en muchos casos se pierde debido a la porosidad de su composición litológica.

Formación Yahuarango – Pozo

Debido a que la Formación Pozo tiene poca extensión de afloramiento y que en algunos casos es apreciable se toman estas formaciones en una sola unidad. Se las aprecia en la margen izquierda del río Pachitea. En la imagen satelital se observa como una basta franja, siendo en algunos puntos distinguible la Formación Pozo y en otras es más difícil su ubicación.

Por correlación de tonalidad, estas formaciones presentan un tono más oscuro con algunas tonalidades blanquecinos, jaspeado, que con la Formación Chambira que es la forma contigua en la escala geológica, algunos tonos por la estructura morfológica que presenta (lomadas) en realidad, los diferentes tonos de gris son mínimos variado de una formación a otra.

Formación Chambira

En las imágenes de satélite se puede apreciar que tanto la Formación Chambira como Ipururo tienen casi las mismas características de su textura morfológica.

Su tonalidad varía de gris a gris claro y en algunos casos son blanquecinos en forma de chispas. **Fig. N° 4**

La textura de la Formación Chonta es muy notoria, al presentarnos en su terreno una gran basta de lomadas, lo que lo caracteriza como una textura media a gruesa.

Por ubicarse en partes llanas, en nuestra área de estudio el patrón de drenaje está controlado por las lomadas.

Formación Ipururo

Mediante las imágenes satelital es fácil determinarlo por su textura y tono de gris, siendo un poco más claro que la Formación Chonta; por ubicarse en una zona relativamente plana, se encuentra poco distorsionada por lo general presentan lomas poco abruptas. En general en algunos casos se puede confundir con depósitos cuaternarios y en algunos casos con la Formación Chambira que es la más próxima por presentar casi la misma topografía.

Su textura en esta área es más rugosa y uniforme que la Formación Chambira, notándose relativamente fina, esto debido a su composición litológica y a su edad reciente, y mucho menos deformadas

Es poco notorio su patrón de drenaje, siendo su recorrido local, quizás radial, bordeando las lomas de poca altitud

Formación Ucayali

Se puede determinar fácilmente por su textura y tono, dado que la Formación Ucayali es una unidad reciente.

La tonalidad del gris varía de este a oeste siendo en el primer caso gris, cambiando paulatinamente a gris claro. En general es casi uniforme, observando algunos claros en las zonas donde no existe abundantes cobertura vegetal, puesto que son zonas de pantano, que en épocas de estiaje, las tomas satelitales dan un tono blanquecino.

Depósitos Cuaternario

En muchos casos estos depósitos pueden ser observados en las Imágenes; dependiendo del tamaño de distribución que tienen, es así, que en esta parte los depósitos aluviales son observados claramente por las características de tono y textura, y así mismo el tamaño de su distribución. **Fig. N° 5**

ROCAS IGNEAS

Mediante las imágenes de **RADARSAT**, fue delimitado un cuerpo de roca ígnea intrusiva de forma alargada, ubicado en el flanco izquierdo de la montaña Sira. Este cuerpo alargado aparentemente cubre las partes altas de las quebradas Pintuyacu y Quimpichari, en cuyas aguas se observa bloques de este intrusivo. Además de este cuerpo intrusivo hay stocks pequeños, aislados de composición variada

Quizás en esta zona sea un poco imperceptible a simple vista, el intrusivo, pero con los datos de campo y las estructuras características vistos en imágenes de *RADARSAT* se los puede delimitar. Tienen una tonalidad de gris oscuro más comprimida y presentando algunos claros indicándonos en cierto caso casos escarpas de fallas.

Se ve limitado por el tamaño de bloque de todas maneras se puede deducir que posee una textura rugosa.

El drenaje que se puede apreciar es radial bordeando este pequeño bloque (intrusivo).

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Las Imágenes de Satélite permitieron observar y cartografiar un gran número de lineamientos así como el establecimiento de probables zonas estructurales, destacando el sobreescurreamiento Sira, de carácter kilométrico (Extremo inferior del flanco oriental de la montaña Sira). Así mismo se determinaron pliegues resaltando el del sector norte del área de estudio, constituido por el Grupo Oriente.

En las zonas de Plegamientos se pudo diferenciar tres juegos conformados por anticlinales y sinclinales

Se determinaron tres sectores de fallamiento (Inverso, Distintivo y Compresivo)

GEOLOGÍA ECONÓMICA

En ésta se realiza una breve descripción regional de posibles áreas mineras prospectables geoquímicamente. Para tal caso se inició con la interpretación de la red de drenaje, para luego realizar las delimitaciones de cuencas hidrográficas de acuerdo al orden de importancia, considerándose áreas de primer, segundo y tercer orden, para determinar estas ordenes se realizó un muestreo de referencia de sedimentos de quebrada, donde nos dieron valores anómalos, como en el río Pintuyacu, denotándonos una zonas de importancia en manifestaciones de mineralización destacando el oro.

CONCLUSIONES

Las imágenes de RADARSAT, aplicados en el campo del Cartografiado Geológico Regional, constituyen un material excelente para la interpretación geológica. Su utilización en estos últimos años constituye uno de los instrumentos de mayor uso nacional como internacional y sobre todo en regiones tropicales como es el caso de nuestra área de estudio, donde la cubierta vegetal es densa. A pesar de los efectos de distorsión es posible la extracción de datos Geográficos, Geomorfológicos, Geológicos, lineamientos estructurales, determinar una red de drenaje.

REFERENCIAS

AGUILAR LUCIO (1936).- Geología de la Región del Bajo Pachitea: Cuerpo de Ingenieros de Minas y Aguas. Lima - Perú.

CÁLDAS J., SOTO P. & VALDIVIA H. (1985).- Evaluación del potencial petrolífero de la Cuenca Huallaga. Petroperú. Lima. 87 p.

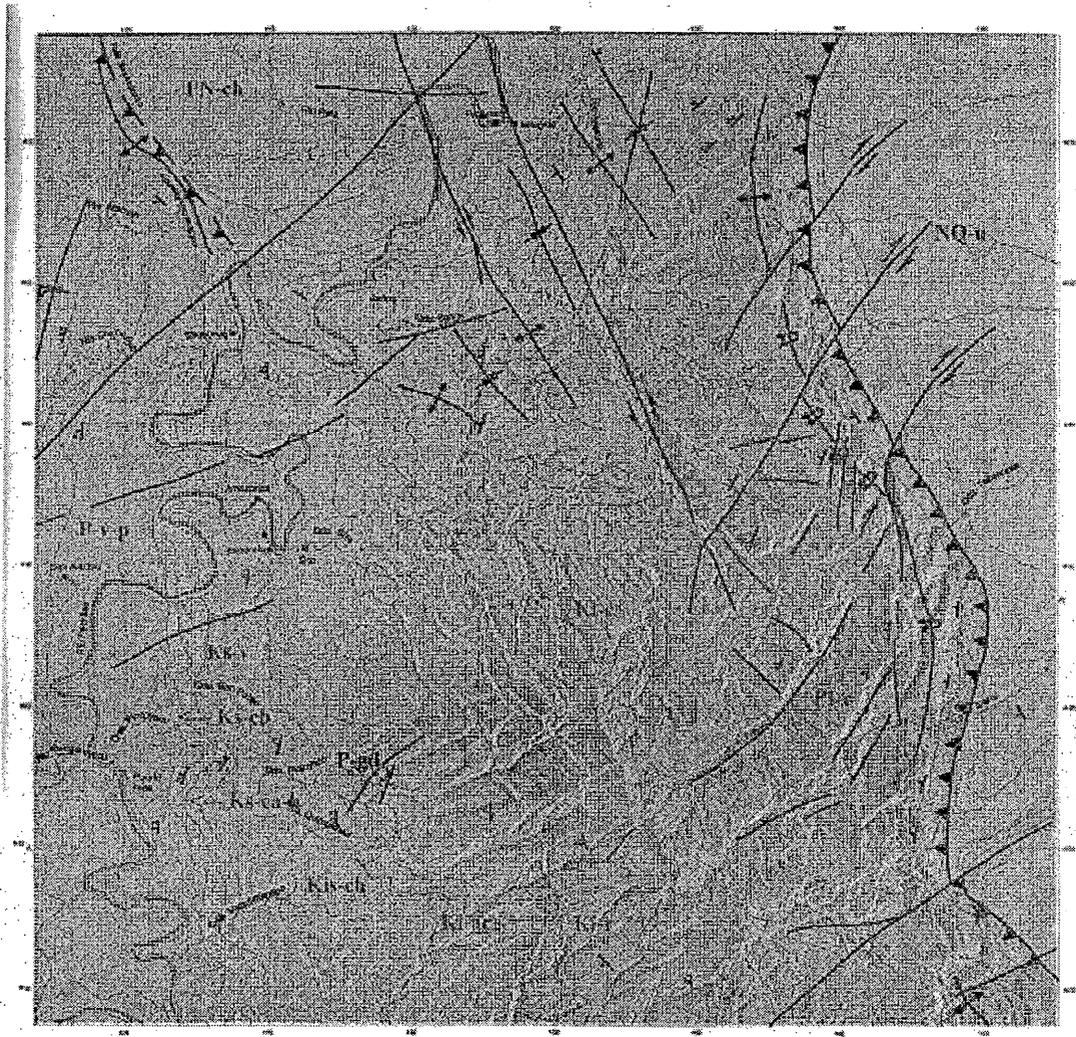
CARLOS A. CANOBA (1982).- Cartografiado Geomorfológico a través de Imágenes de LANDSAT. En Quinto Congreso Latinoamericano de Geología, Argentina, ATCTAS, IV: pags. 11-26.

DAVILA J. & ZEGARRA J. (1982).- Levantamiento del Mapa de Lineamientos Estructurales del Perú a partir de Imágenes SLAR - LANDSAT. En Boletín de la Sociedad Geológica del Perú N°69.

DAVILA B. JORGE (1980).- Técnicas de Interpretación de Imágenes SLAR: Bol. N°1 Serie F-INGEMMET

DE LA CRUZ J., VALENCIA M. & BOULANGGER E. (1996).- Geología de los Cuadrángulos de Aguaytía, Panao y Pozuzo, Boletín.- N° 80 Serie A: Carta Geológica Nacional. 134 p.

- DEPARTAMENTO DE SENSORES REMOTO (1981).- Consideraciones Básicas Sobre a Metodología de Interpretación Visual de Imágenes LANDSAT., Brasil.
- DUEÑAS Enrique (1925).- Rasgos Fisiográficos Fundamentales del Territorio Peruano. En: Soc. Geológica del Perú (1): pags 31-61.
- ERICKSON J. (1992).- La Exploración de la Tierra Desde el Espacio.
- GARCIA RIAZA (1992).- La Interpretación de Imágenes de Satélite en Geología. Boletín Geológico y Minero- Instituto Tecnológico Geominero de España. Vol.103, Núm. 2.
- HEIM A. (1946).- Tectónica del Bajo Pachitea; Cuerpo de Ingenieros de Minas. Lima - Perú.
- INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL (IGN) (1989).- Atlas del Perú, Ministerio de Defensa. Lima-Perú.
- J.N. RINKER (1972).- Notas Sobre Percepción Remota U.S. Amy IAGS.
- MANUAL OF REMOTE MAXIMO MARTINEZ V.(1975).- Tectónica del Area Ucayali Central. En Bol. de la Soc. Geológica del Perú. Tomo 45 Págs. 61 – 82.
- MOREIRA F., ARRIAGA H. & GONZÁLES J. (1996).- Geoquímica Regional Técnica de Apoyo en la Cartografía Geológica Integral GEOMIMET, XXII EPOCA, Septiembre – Octubre N°. 203, pags. 9 – 10.
- MOYA R. Carlos (1974).- Anteproyecto de Exploración de Gravas Auríferas: Río Negro. Banco Minero del Perú, Archivos INGEMMET 5-B-1-6-14. Inédito.
- ONERN (1966).- Inventario, Evaluación e Integración de los Recursos Naturales de la Zona del Río Pachitea.
- PERALES C. Fernando (1994).- Glosario y Tablas de Correlación de las Unidades Estratigráficas del Perú
- PERRY Sandra (1996).- A Geologist's Practical Guide to Using Satellite Imagery for Alteration Prediction on Structural Interpretation. Perry Remote Sensing, Ltd. Denver, Colorado, USA. INGEMMET.
- RISTO Kalliola (1993).- Amazonía Peruana: Vegetación, humedad tropical en el llano Subandino. Public. por Proy. Amazonia Universidad de Turku-ONER-FINIDA
- SENSORES REMOTOS Y PRINCIPIOS DE PERCEPCIÓN REMOTA (1975).- Centro Interamericano de Fotointerpretación CIAF. Bogotá – Colombia SENSING (1975) The American Society of Photogrametry. Volumen Y SINGEWALD, J. T. (1 928). Geology of the Pichis and Pachitea Rivers, Perú. En: Geol. Soc. Am. Bull. 39, pags. 447 - 464
- VALVERDE Roberto (1946).- La Cuenca Petrolífera Peruana del Amazonas y su Correlación Estratigráfica con las Formaciones Petrolíferas del Continente Sudamericano. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú N°19, pags. 81-132.
- VENEZIANI Paulo & USTAQUIO Celio (1982).- Metodología de Interpretación de Datos de Sensoramiento Remoto y sus Aplicaciones en Geología. Publicación del Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE-Brasil.
- WILLIAMS M. (1949).- Depósitos Terciarios Continentales del Valle del Alto Amazonas. Sociedad Geológica del Perú. Volumen Jubilar, XXV Anv., 2(5), pag. 13



UNIDAD	SECCION	ESPESES	DESCRIPCION	ESPESES	ESPESES
COLUMBIA	A-1	1000	Gravels	1000	1000
		1000	Sandstone	1000	
		1000	Siltstone	1000	
		1000	Shale	1000	
		1000	Claystone	1000	
		1000	Marl	1000	
		1000	Limestone	1000	
		1000	Dolomite	1000	
		1000	Gypsum	1000	
		1000	Halite	1000	
MONTANA	B-1	1000	Gravels	1000	1000
		1000	Sandstone	1000	
1000	Siltstone	1000	1000		
1000	Shale	1000			
1000	Claystone	1000	1000		
1000	Marl	1000			
1000	Limestone	1000	1000		
1000	Dolomite	1000			
1000	Gypsum	1000	1000		
1000	Halite	1000			

INGEMMET		INVESTIGACION GEOLOGICA Y MINERA DIRECCION GENERAL DE LA MONTAÑA	
Por: T. H. ...	INVESTIGACION GEOLOGICA	APLICACION DEL SIGUIENTE DE LA INVESTIGACION GEOLOGICA	LÁMINA 17-2
Obra: T. H. ...	1958 Julio 1958		

- SIMBOLOS**
- Contacto geológico
 - Contacto geológico estructural
 - Falda
 - Falda normal
 - Falda inversa
 - Falda tónica
 - Faja de cizalla
 - Ruptura o fractura
 - Depósito holoceno
 - Aluvial
 - Aluvial reciente
 - Aluvial antiguo
 - Aluvial muy antiguo
 - Línea de drenaje
 - Camino
 - Ferrocarril

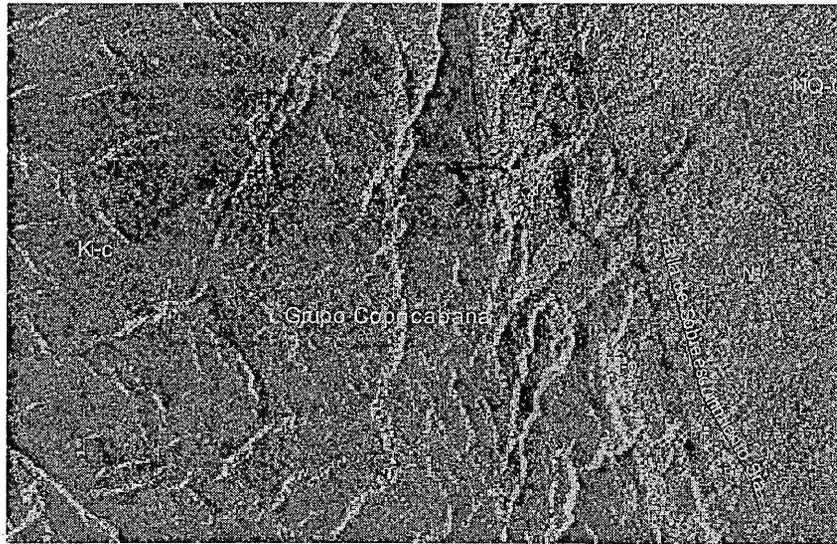


Fig. N° 1 Vista característica de la interpretación del Grupo Copacabana. Vista ubicada en el extremo Este de la montaña Sira

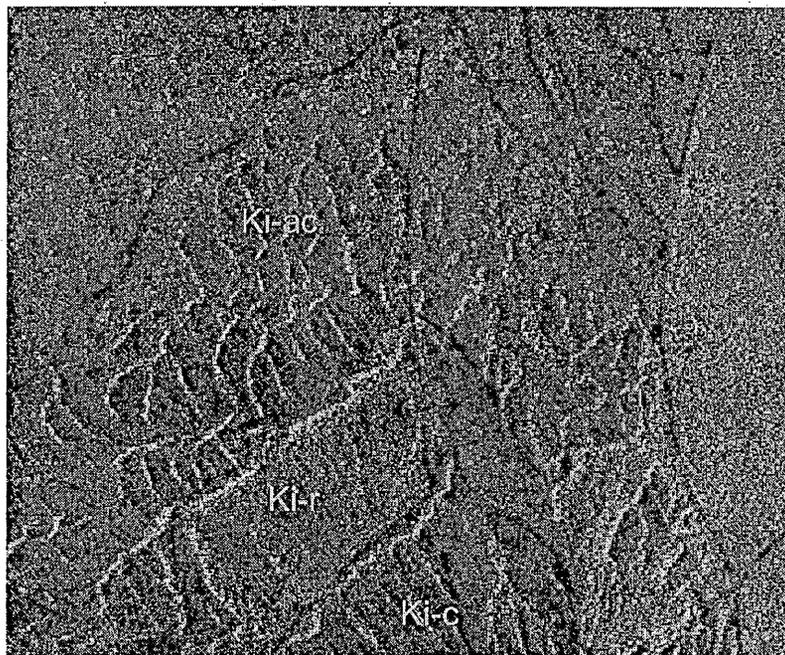


Fig. N° 2 Nótese clarramente la diferencia tonal y textural de las Formaciones Cushabatay Raya y Agua Caliente (Grupo Oriente. Sector norte de la montaña Sira

Fig. N° 3 Nótase la diferencia textural que presenta la Formación Chonta (Kis-ch), respecto a las formaciones Agua Caliente y Vivian. También se aprecia la delimitación del intrusivo

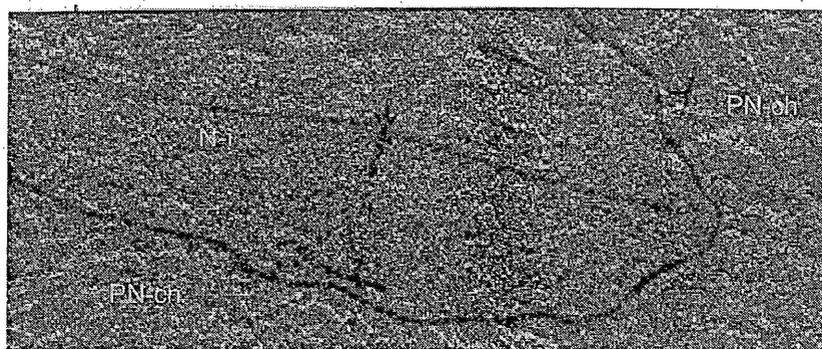
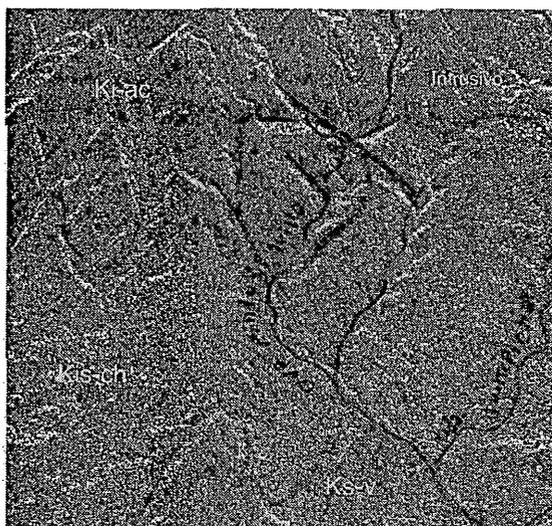


Fig. N° 4 Nótase claramente las diferencias de la formación Chambira (PN-ch) respecto a las demás formaciones (Imágenes de RADARSAT)

Fig. N° 5 Nótase las diferencias de los depósitos recientes delimitados en ambas márgenes del río Pachitea. Ubicado en el sur de la localidad de Puerto Inca

