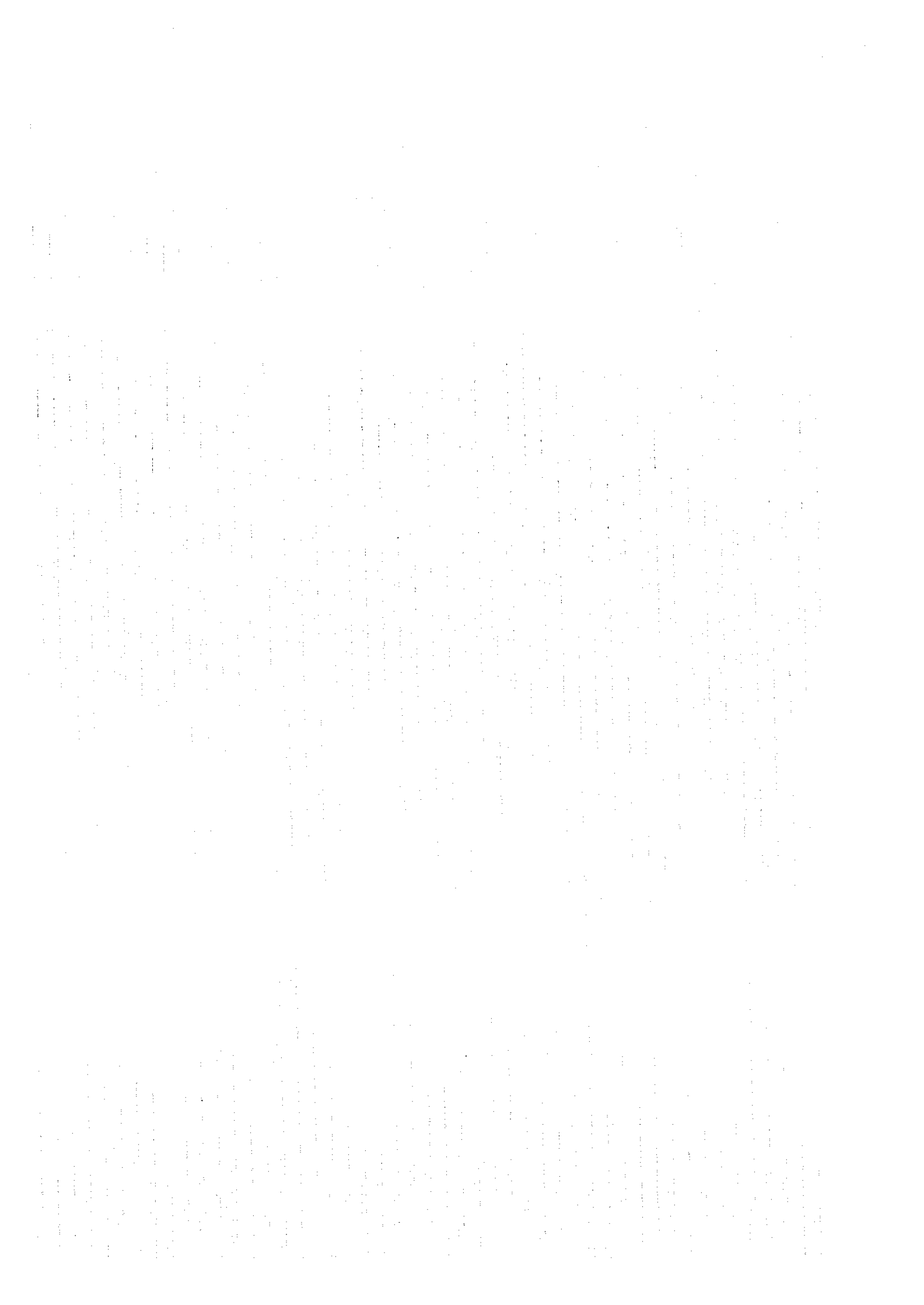


THE INTERNATIONAL CONFEDERATION  
OF AGENCIES FOR THE PROTECTION  
OF PATENT RIGHTS  
(I.A.P.R.)

(I.A.P.R.)

THE INTERNATIONAL CONFEDERATION  
OF AGENCIES FOR THE PROTECTION  
OF PATENT RIGHTS

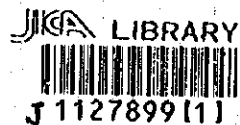
100 22



**INFORME**  
**SOBRE LA EXPLORACION MINERA**  
**EN LA CORDILLERA ORIENTAL**  
**REPUBLICA DEL PERU**

**(FASE I)**

MARZO 1996



**JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY**  
**METAL MINING AGENCY OF JAPAN**

## PROLOGO

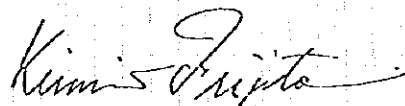
El gobierno del Japón, en respuesta a la solicitud del gobierno de la República del Perú, decidió realizar diversos estudios de exploración de yacimientos minerales mediante el análisis de los datos precedentes y de las imágenes de satélite con el objetivo de comprobar las posibilidades de recursos minerales metálicos en la Cordillera Oriental de la República del Perú, para lo cual se le encargó la investigación a la "Japan International Cooperation Agency" (JICA), la cual decidió confiar la realización de los estudios a la "Metal Mining Agency of Japan" debido a que el contenido de las investigaciones pertenece a campos especializados de geología y al estudio de recursos minerales. Para el comienzo de la primera fase del presente estudio, la "Metal Mining Agency of Japan" envió una comisión compuesta por 4 ingenieros, los que permanecieron en el lugar en cuestión desde el 21 de Enero hasta el 17 de Febrero de 1996.

Los estudios en concreto se concluyeron de acuerdo a lo programado gracias a la cooperación del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico de la jurisdicción del Ministerio de Energía y Minas y de las organizaciones del gobierno de la República del Perú.

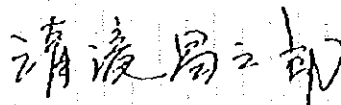
El presente informe refleja los resultados de las investigaciones correspondientes a esta primera fase y formará parte del informe final.

Finalmente, queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento por la cooperación recibida en la realización del presente estudio a las agencias vinculadas del gobierno de la República del Perú, así como al Ministerio de Relaciones Internacionales, al Ministerio de Comercio Internacional e Industria, a la Embajada del Japón en el Perú, y a todo el personal relacionado con esta investigación.

MARZO 1996



Kimio Fujita  
Presidente  
Japan International  
Cooperation Agency



Shozaburo Kiyotaki  
Presidente  
Metal Mining Agency  
of Japan

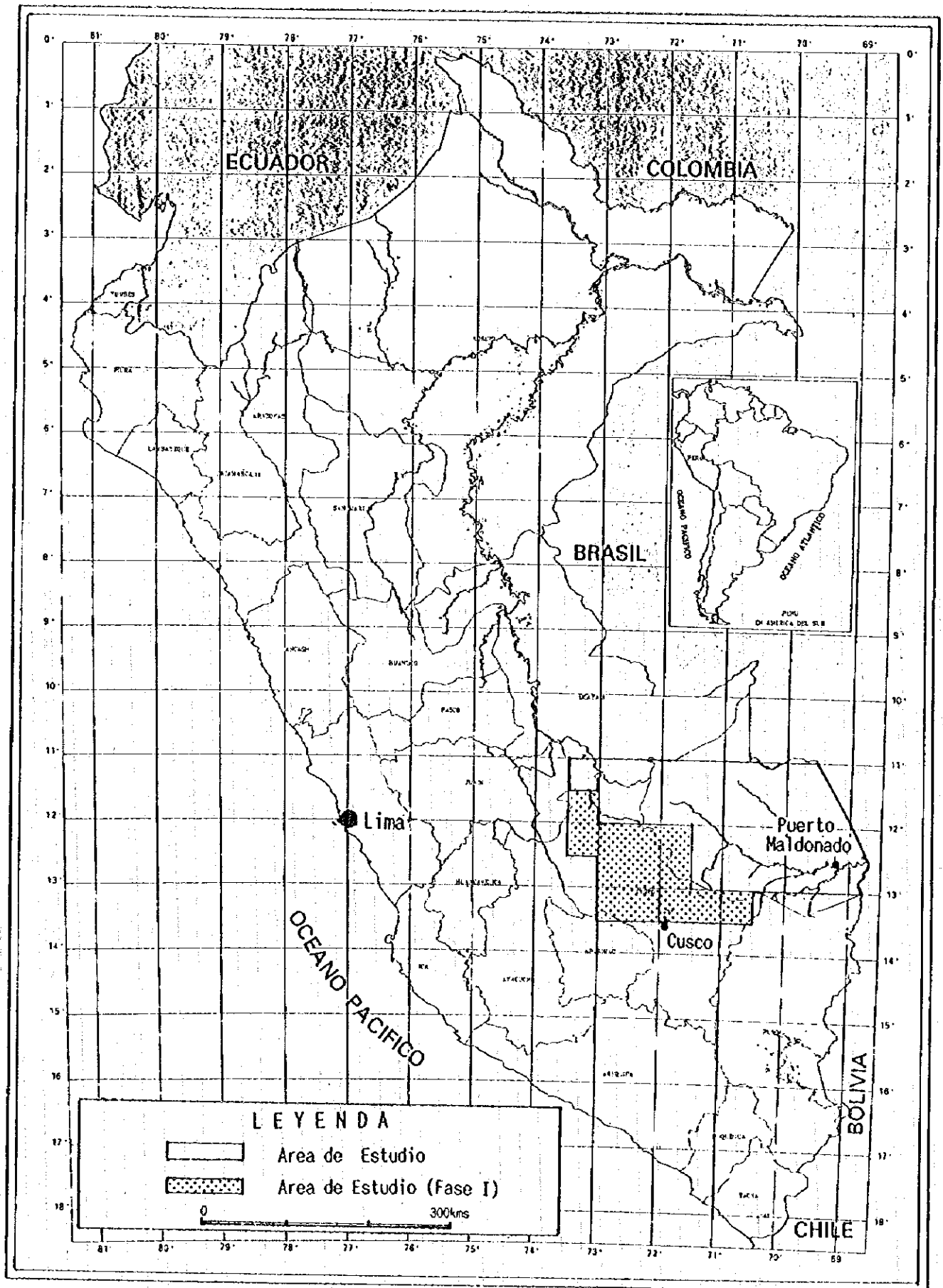


Figura 1 MAPA DE UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO



## RESUMEN

En el presente informe se resumen los resultados de los estudios de la primera fase de las investigaciones básicas en cooperación para la exploración de recursos minerales en la Cordillera Oriental de la República del Perú. El objetivo de las investigaciones es llevar a cabo el análisis de las imágenes de satélite y los datos precedentes, el análisis general de los resultados obtenidos y la extracción de zonas de ocurrencia de depósitos minerales prometedores en un corto plazo y de forma efectiva de una vasta extensión de la región Oriental de la República del Perú, principalmente la Cordillera Oriental de los Andes y en las Llanuras del Río Madre de Dios, donde la clasificación de los yacimientos no está detalladamente aclarada. Las investigaciones en cuestión se efectuaron desde el 21 de enero hasta el 17 de febrero de 1996.

Los estudios de la presente fase abarcan una extensión de 120,000 km<sup>2</sup>, dentro de los cuales, a 45,000 km<sup>2</sup> se les realizó la recopilación y el análisis de los datos ya existentes con relación a la geología y los depósitos minerales y el análisis de las imágenes de satélite para la interpretación fotogeológica de las unidades geológicas y el análisis de los liniamientos a partir de los datos de JERS-1/SAR, la extracción de las zonas de alteración a partir de los datos de LANDSAT/TM, etc.

Los resultados de las investigaciones son los que se resumen seguidamente.

(1) Los resultados de la interpretación fotogeológica a partir de los datos de JERS-1/SAR permitieron hacer una clasificación más detallada de las unidades geológicas, que la división del mapa geológico ya existente (INGEMMET, 1975). El liniamiento de la estructura de la flexión Abancay se aprecia de forma evidente, quedó aclarado que la densidad de lineamientos dentro de la Formación Mesozóica y las rocas intrusivas es más alta en comparación con la Formación Paleozóica.

(2) Los resultados del análisis espectral a partir de los datos de LANDSAT/TM permitieron la extracción de anomalías espectrales supuestamente asociadas a zonas de alteración en la zona montañosa al norte del Cusco dentro de las unidades del Paleozóico inferior y dentro del Grupo Mitu.

(3) Los resultados del análisis de los datos ya existentes muestran, a partir de las abundantes descripciones de indicaciones de mineralización, dentro de la región de estudio, la existencia de depósitos del tipo de relleno de fracturas de oro, plata, cobre y zinc. Esto se supone debe haber sido por las excavaciones realizadas con el objeto de los cuerpos minerales de alta ley. Por otro lado, en

Perú quedó esclarecido, a partir de las investigaciones de los años recientes, que los principales yacimientos están concentrados en estratoligados especiales. Esto ha originado que devengan como objetivo los yacimientos del tipo controlados por estratoligados, posibles para la explotación a gran escala. Desde este punto de vista se considera la existencia de abundantes indicaciones de mineralización auríferas dentro de pizarras correspondientes a la Formación Ananea, se reconocen indicaciones de mineralización de cobre en roca molasa y rocas volcánicas, correspondiente al Grupo Mitu y se supone la posibilidad de que sean yacimientos del tipo estratoligado. Los yacimientos polimetálicos se pueden presentar en el Grupo Pucará, Formación Santa, Grupo Casma, pero las zonas en que se distribuyen, debido a las limitaciones de la ubicación geográfica, las investigaciones no han progresado, por lo que los reportes de yacimientos e indicaciones de mineralización son escasos.

En los minerales pesados de los sedimentos del lecho de los ríos se tienen reportes de óxidos de estaño, tungsteno, titanio, etc. Esto permite sugerir la posibilidad de existencia de rocas graníticas greisenizadas similares, productoras de estos minerales en la presente región.

En la región de estudio desde la franja montañosa hacia la franja de la selva, dentro de la zona de transición y dentro de la zona de la selva hay reportes de yacimientos de placeres auríferos, a partir de las investigaciones futuras, existen posibilidades de descubrir yacimientos prospectivos para la explotación.

Generalizando los anteriores resultados del análisis a continuación se dan las zonas extraídas de ocurrencia de yacimientos prometedores.

- En las pizarras de las unidades del Paleozóico inferior distribuidas, se describen vetas e indicaciones de mineral de placer auríferas, zonas de abundante distribución de indicaciones de minerales de oro, plomo y zinc de los alrededores de Paucartambo y hacia el este y el norte de Calca y las zonas de alteración extraídas a partir de las imágenes de LANDSAT/TM.

- En las partes norte y oeste de Urubamba fueron extraídas zonas de alteraciones a partir de las imágenes de LANDSAT/TM donde también existen indicaciones minerales del tipo de veta y de metasomatismo de contacto de cobre, plomo y zinc conteniendo plata distribuidos en las rocas volcánicas rojas y en conglomerado correspondientes al Grupo Mitu del período pérmico al período triásico.

- En los alrededores de Machu Picchu y Quillabamba se distribuyen en las



rocas graníticas del sistema de rocas alcalinas, dentro de las cuales existe la expectativa de mineralización por greisenización y zonas de distribución de rocas graníticas con posibilidades de contener metales raros.

Basándose en los anteriores resultados de los estudios de la primera fase, para la segunda fase de investigaciones se desean los siguientes estudios.

(1) Como análisis de las imágenes de satélite en los estudios de la segunda fase, a partir de los datos de JERS-1/SAR, la clasificación de unidades geológicas y el análisis de llinamientos y a partir de los datos de LANDSAT/TM la extracción de zonas de alteración.

(2) Recopilación y análisis de los datos ya existentes.

(3) Digitalización de la información de los datos geológicos por cuadrángulos.

(4) Con relación a las zonas de ocurrencia de yacimientos prometedores extraídas en las investigaciones de la primera y la segunda fases, como objetivo se plantea la comprobación de campo para el a través de la prospección geoquímica por rocas.



**INFORME  
SOBRE LA EXPLORACION MINERA  
EN LA CORDILLERA ORIENTAL  
REPUBLICA DEL PERU**

**(FASE I)**

**INDICE**

PROLOGO

MAPA DE UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO

RESUMEN

**PARTE I INTRODUCCION**

<b>CAPITULO 1 GENERALIDADES DEL ESTUDIO .....</b>	<b>1</b>
1-1 Objetivos y condiciones del estudio .....	1
1-2 Generalidades de los trabajos y extensión de la Fase I .....	2
1-3 Composición de la comisión de estudio .....	2
1-4 Período y volúmenes del estudio .....	4
<b>CAPITULO 2 GEOGRAFIA DE LA REGION DE ESTUDIO.....</b>	<b>5</b>
2-1 Ubicación, vías de comunicación y transporte .....	5
2-2 Orografía y red de drenaje .....	5
2-3 Clima y vegetación.....	6
<b>CAPITULO 3 INFORMACION GEOLOGICA PRECEDENTE DEL AREA .....</b>	<b>9</b>
3-1 Generalidades de los estudios precedentes .....	9
3-2 Generalidades geológicas.....	10
3-3 Generalidades de los yacimientos minerales conocidos.....	10

## PARTE II DISCUSION

<b>CAPITULO 1 ANALISIS DE LAS IMAGENES DE SATELITE .....</b>	<b>15</b>
1-1 Objetivos del análisis .....	15
1-2 Interpretación fotogeológica .....	15
1-3 Extracción de las zonas de alteración .....	30
1-4 Consideraciones .....	32
<b>CAPITULO 2 ANALISIS DE LOS DATOS PRECEDENTES.....</b>	<b>67</b>
2-1 Objetivos del análisis .....	67
2-2 Geología .....	67
2-3 Yacimientos minerales.....	71
2-4 Consideraciones.....	75
<b>CAPITULO 3 ANALISIS GENERAL.....</b>	<b>93</b>

## PARTE III CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

<b>CAPITULO 1 CONCLUSIONES.....</b>	<b>97</b>
<b>CAPITULO 2 RECOMENDACIONES PARA LA SEGUNDA FASE DEL ESTUDIO .....</b>	<b>99</b>
<b>BIBLIOGRAFIA, DOCUMENTOS CONSULTADOS Y DATOS RECOPIADOS .....</b>	<b>101</b>

## LISTA DE FIGURAS

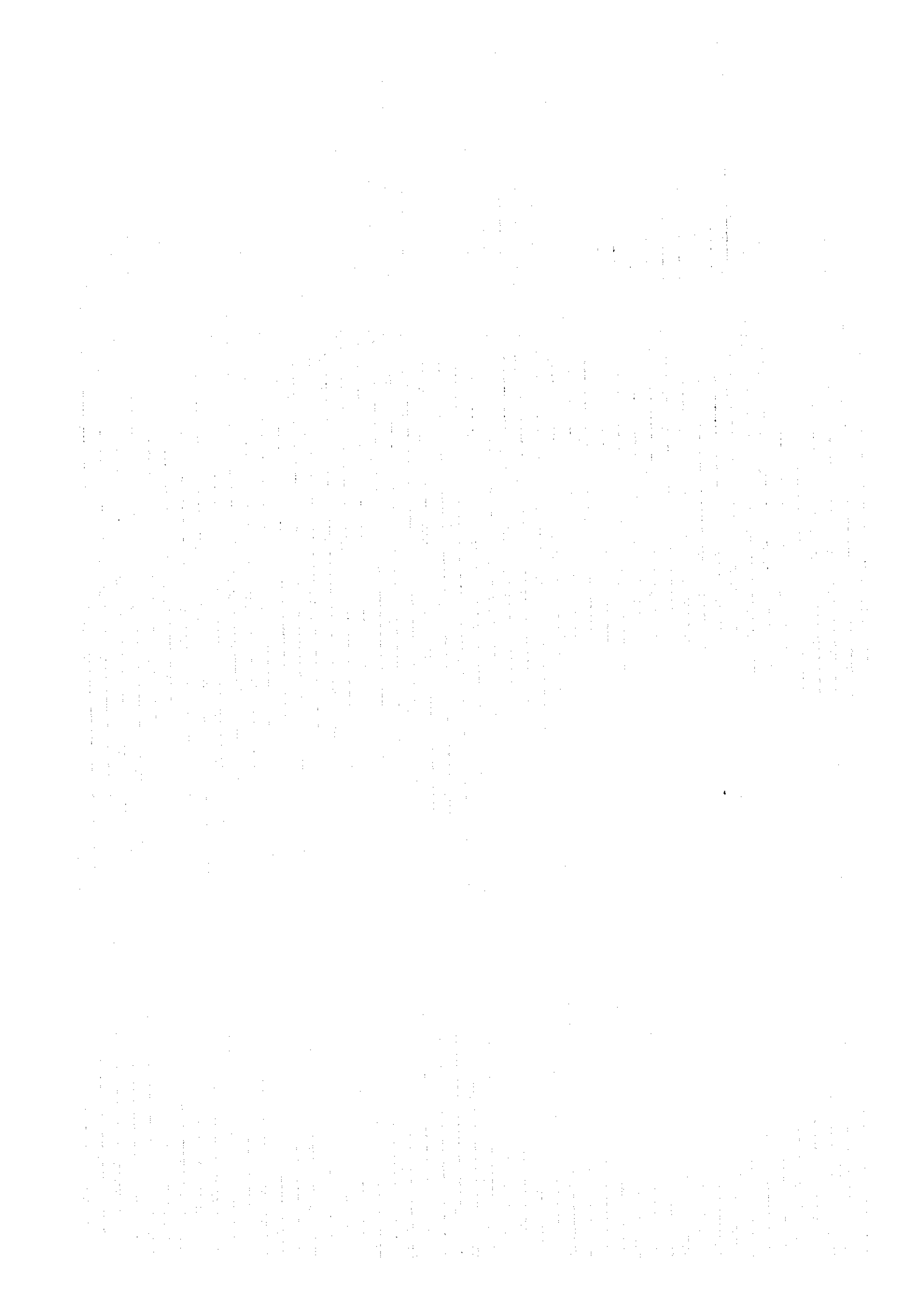
- Figura 1 MAPA DE UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO
- Figura 2 MAPA GEOLOGICO RESUMEN
- Figura 3 MAPA DE LOS LIMITES DEL ANALISIS DE LAS IMAGENES DE SATELITE
- Figura 4-1 IMAGEN DEL JERS-1/SAR (CUADRANGULO 26-q)
- Figura 4-2 IMAGEN DEL LANDSAT/TM (CUADRANGULO 26-q)
- Figura 4-3 MAPA DE INTERPRETACION DE UNIDADES GEOLOGICAS Y ZONAS DE ALTERACION (CUADRANGULO 26-q)
- Figura 4-4 MAPA DE INTERPRETACION DE LINIAMIENTOS (CUADRANGULO 26-q)
- Figura 5-1 IMAGEN DEL JERS-1/SAR (CUADRANGULO 27-q)
- Figura 5-2 IMAGEN DEL LANDSAT/TM (CUADRANGULO 27-q)
- Figura 5-3 MAPA DE INTERPRETACION DE UNIDADES GEOLOGICAS Y ZONAS DE ALTERACION (CUADRANGULO 27-q)
- Figura 5-4 MAPA DE INTERPRETACION DE LINIAMIENTOS (CUADRANGULO 27-q)
- Figura 6-1 IMAGEN DEL JERS-1/SAR (CUADRANGULO 27-r)
- Figura 6-2 IMAGEN DEL LANDSAT/TM (CUADRANGULO 27-r)
- Figura 6-3 MAPA DE INTERPRETACION DE UNIDADES GEOLOGICAS Y ZONAS DE ALTERACION (CUADRANGULO 27-r)
- Figura 6-4 MAPA DE INTERPRETACION DE LINIAMIENTOS (CUADRANGULO 27-r)
- Figura 7-1 IMAGEN DEL JERS-1/SAR (CUADRANGULO 27-s)
- Figura 7-2 IMAGEN DEL LANDSAT/TM (CUADRANGULO 27-s)
- Figura 7-3 MAPA DE INTERPRETACION DE UNIDADES GEOLOGICAS Y ZONAS DE ALTERACION (CUADRANGULO 27-s)
- Figura 7-4 MAPA DE INTERPRETACION DE LINIAMIENTOS (CUADRANGULO 27-s)
- Figura 8 MAPA INTEGRAL Y DE EVALUACION DE LA POTENCIALIDAD

## **LISTA DE CUADROS**

- Cuadro 1 COMISION DE ACUERDOS PREVIOS Y NEGOCIACIONES
- Cuadro 2 COMISION DE ESTUDIO
- Cuadro 3 PERIODOS DEL ESTUDIO
- Cuadro 4 VOLUMENES DEL ESTUDIO
- Cuadro 5 TEMPERATURAS Y PRECIPITACIONES EN LA REGION DE ESTUDIO
- Cuadro 6 DATOS EMPLEADOS DE LAS IMAGENES DE SATELITE
- Cuadro 7 RESUMEN DE LAS UNIDADES GEOLOGICAS DESCIFRADAS DE LAS  
IMAGENES DEL SATELITE JERS-1/SAR
- Cuadro 8 CUADRO SINOPTICO DE LOS YACIMIENTOS Y INDICACIONES DE  
MINERALIZACION CONOCIDOS
- Cuadro 9 CUADRO SINOPTICO DE LA CANTIDAD DE INDICACIONES DE  
MINERALIZACION POR TIPOS DE MINERALES Y FORMA.

## **LISTA DE PLANOS ANEXOS**

- PL. 1 INTERPRETACION GEOLOGICA DE LAS IMAGENES DE SATELITA  
(JERS-1/SAR), ZONAS DE ANOMALIAS DE SATELITE (LANDSAT/TM)  
E INDICACIONES MINERALES
- PL. 2 LINIAMIENTOS DE LAS IMAGENES DE SATELITE (JERS-1/SAR)







## PARTE I INTRODUCCION



## PARTE I INTRODUCCION

### CAPITULO 1 GENERALIDADES DE ESTUDIO

#### 1-1 Objetivos y condiciones del estudio

La República del Perú está entre uno de los países del mundo más ricos en recursos subterráneos. Posee una extensión territorial de aproximadamente 1,285,000 km<sup>2</sup> y desde el Océano Pacífico, en dirección al Este, el relieve, la división geológica y la distribución metalogénica, se presentan en zonas de bandas casi paralelas. De estos, la distribución metalogénica a partir de la costa del Pacífico se observan las siguientes bandas: 1) Área de Fierro de la Costa, 2) Sub-provincia cuprífera del Pacífico, 3) Sub-provincia Polimetálica del Altiplano, 4) Provincia Polimetálica Andina Oriental y 5) La zona de yacimientos minerales en la Llanura del Río Madre de Dios, cuya detallada clasificación aún no está aclarada.

En la presente investigación, a solicitud del gobierno del Perú, se recibió como objetivo principal, realizar estudios en la Cordillera Oriental, que comprende la zona de abundantes yacimientos minerales metálicos al este de los Andes y la zona de yacimientos minerales cuya clasificación detallada aún no está clara, en la región del nacimiento del río Amazonas, en la cual se realizará el análisis de las imágenes de satélite y de los datos precedentes, para que posteriormente, a partir del análisis conjunto de los resultados obtenidos, en un breve período y de forma eficiente, para una amplia extensión, extraer como resultado las perspectivas de existencia de yacimientos minerales en dicho territorio.

Además, durante el período de ejecución del estudio, como otro objetivo, se le trasladaran las técnicas y metodologías de análisis e investigación a la contraparte peruana, que es INGEMMET.

Los estudios comenzaron en la fecha del 14 de Diciembre de 1995, sobre la base del "Scope of Work", previamente convenido y aprobado.

## **1-2 Generalidades de los trabajos y extensión de la Fase I**

Según lo convenido en el "Scope of Work" entre la "Japan International Cooperation Agency", la "Metal Mining Agency of Japan" y el INGEMMET se establecieron 120,000 km<sup>2</sup> como extensión objetivo del estudio. En la investigación del presente año, aunque se incluyó la realización del procesamiento de los datos de las imágenes de satélite de toda la extensión objeto del estudio, dentro de esta, solamente se realizó el análisis de los datos precedentes y de las imágenes de la parte suroeste de la zona montañosa principalmente, que corresponde a una extensión de 45,000 km<sup>2</sup> (Figura 1).

La forma en que se adecuó la realización de las investigaciones fue la siguiente.

El procesamiento de los datos de las imágenes de satélite, el análisis de las imágenes y las labores para su interpretación se realizaron, principalmente, en el Japón, después de obtenidos en el Perú los datos del LANDSAT/TM, los datos del JERS-1/SAR y los mapas topográficos 1:100,000 (una parte, mosaicos de imágenes de satélite). Por otra parte, el análisis de los datos precedentes se realizó en Japón y en Lima, después de obtenerse en el Perú los documentos de la información geológica, de las minas y las zonas de indicaciones minerales. También, dentro del período de las investigaciones en cuestión, en INGEMMET, se efectuó el traslado de las técnicas de procesamiento de los datos de satélite.

Según la ejecución del análisis de las imágenes de satélite y de los datos precedentes, se confeccionaron, como resultado preliminar, el mapa de análisis de liniamientos, el mapa de resultados de la extracción de zonas de alteraciones, la revisión de las zonas de indicaciones minerales ya conocidas, el mapa integral de evaluación de la potencialidad, entre otros.

## **1-3 Composición de la comisión de estudio**

La comisión de estudio está compuesta por la comisión de acuerdos previos y negociaciones y la comisión de estudios en concreto, la integración de cada una de ellas se muestra en el Cuadro 1 y el Cuadro 2, respectivamente.

Cuadro 1. COMISION DE ACUERDOS PREVIOS Y NEGOCIACIONES

J A P O N		P E R U	
Sr. Jiro Osako	MMAJ	Ing° Juan Mendoza	M. E. M.
Sr. Kenichi Takahashi	MMAJ	Ing° Hugo Rivera	INGEMMET
Sr. Yoshiaki Igarashi	MMAJ	Ing° José León	INGEMMET
Sr. Seiichi Mizusawa	MMAJ	Ing° Oscar Palacios	INGEMMET
		Ing° Francisco Herrera	INGEMMET
		Ing° Manuel Paz	INGEMMET

Cuadro 2. COMISION DE ESTUDIO

J A P O N		P E R U	
Ing° Tsuyoshi Yamada	MINDECO	Ing° Marco Lara	INGEMMET
Ing° Hiroshi Hama	MINDECO	Ing° Washington Larico	INGEMMET
Ing° Kiyohisa Shibata	MINDECO	Ing° Jorge Chira	INGEMMET
Ing° Hidehisa Watanabe	MINDECO	Ing° Victor Llipo	INGEMMET
		Ing° Raul Asto	INGEMMET

### 1-4 Período y volúmenes del estudio

Los períodos de las investigaciones se dividen de la forma que se presenta en el Cuadro 3.

**Cuadro 3. PERIODO DE ESTUDIO**

	1995		1996				
	Diciembre		Enero		Febrero		
Plan y preparación				20			
Movilización				21	22		
Visita de cortesía y reunión				23	24		
Compilación de datos				25		13	
Análisis de imágenes satélite				25	3		
Reunión					4	14	
Demovilización					5	7	
Interpretación y preparación de informe anual					8	18	29

En el Cuadro 4 se muestran los volúmenes del estudio.

**Cuadro 4. VOLUMENES DEL ESTUDIO**

Item	Cantidad
Análisis de Imágenes Satélites	Area de Estudio 45,000km <sup>2</sup> (Fase I) (Total 120,000km <sup>2</sup> )
Compilación de Datos	Area de Estudio 120,000km <sup>2</sup> (20 días en Perú)

## CAPITULO 2 GEOGRAFIA DE LA REGION DE ESTUDIO

### 2-1 Ubicación, vías de comunicación y transporte

La región objeto de estudio se extiende de este a oeste aproximadamente 500 km, a partir de unos 400 km al este de la ciudad de Lima hasta la frontera con Brasil (68° 40' de longitud oeste) y de norte a sur, desde los alrededores del Cusco hacia el norte, aproximadamente unos 300 km, hasta los 11° de latitud sur, ocupando un área de 120,000 km<sup>2</sup> (Figura 1).

Dentro de la región de estudio está comprendida la principal división administrativa y ciudades fundamentales, como son los departamentos del Cusco y Madre de Dios, en cada una de las cuales se encuentran, el Cusco (se ubica en el límite sur de la región de estudio) y Quillabamba, en el primero y Puerto Maldonado, Madre de Dios, Manú, entre otras, en el último.

Las vías de transporte para trasladarse hasta la región de estudio desde la ciudad de Lima hasta el Cusco o Puerto Maldonado son las rutas aéreas periódicas que están establecidas. Para el traslado entre Lima y Cusco se requiere de aproximadamente 1 hora, mientras que entre Cusco y Puerto Maldonado es de aproximadamente 30 minutos.

Para el traslado dentro de la región de estudio pueden ser empleados vehículos terrestres de tracción total o alquilar pequeños aviones o helicópteros. Con la utilización de vehículos terrestres de tracción total se necesitan de aproximadamente 10 horas y mediante ferrocarril son necesarias de 7 a 8 horas para trasladarse entre el Cusco y Quillabamba. Para el traslado terrestre a otros pueblos los peligros son abundantes y se requieren de varios días, por lo que se decidió emplear la vía aérea.

### 2-2 Orografía y red de drenaje

La división del relieve de la región de estudio puede resumirse incluyendo desde el oeste, la llamada Cordillera Oriental en la zona montañosa, desde la parte límite este de la Cordillera de los Andes hasta el este, que recibe el nombre general de zona de la Selva, dentro de la cual se localiza la llamada Llanura de Madre de Dios en las tierras bajas del Río Madre de Dios, en el nacimiento del Río Amazonas.

En la parte suroeste de la región de estudio la zona montañosa el Nevado Salcantay, posee una altura sobre el nivel del mar de 6,271 m, entre el relieve abrupto de la Cordillera Vilcabamba y la Cordillera Urubamba se alinea en

dirección noroeste sureste el Río Urubamba. Este relieve montañoso disminuye en altura al avanzar en dirección noreste u oeste, disminuyendo hasta unos 500 m a 300 m en la cuenca del Río Madre de Dios, llegando a las tierras bajas del nacimiento del río Amazonas.

La red de drenaje en la zona montañosa de la parte suroeste de la región de estudio se destaca por que los ríos corren en dirección noroeste sureste de forma continua paralelamente a la cordillera. En la cuenca del Río Madre de Dios sobresale generalmente la dirección noroeste sureste del río, aunque se observa de forma prominente los meandros de los ríos.

### 2-3 Clima y vegetación

En el clima de ambas zonas, tanto en el de la zona montañosa de la Cordillera Oriental como en el de la zona de la Selva, se distinguen el período de lluvias y el período de seca, el período de seca se extiende desde mayo hasta aproximadamente septiembre y el período de lluvias desde diciembre hasta marzo aproximadamente. La temperatura en las zonas montañosas, en que las alturas sobrepasan los 4,000 m sobre el nivel del mar, en el período de seca, alcanza valores por debajo de cero, siendo cálidas generalmente a mediodía en días despejados. En la Selva aunque existen variaciones de temperatura al mediodía, por lo general son muy calientes y la humedad es muy alta.

En el Cuadro 5 se muestran las temperaturas y las precipitaciones mensuales del Cusco, representando a las zonas montañosas y de Puerto Maldonado, representando a la zona de la Selva.

En el aspecto de la vegetación, la zona montañosa y la zona de la Selva son completamente diferentes.

La zona montañosa con más de 5,000 m sobre el nivel del mar es casi glacial y no existe vegetación a excepción de los musgos. Entre aproximadamente los 5,000 m y los 3,000 m sobre el nivel del mar se presentan abundantes cambios, en los valles y las cuencas de los ríos con alturas menores de 4,000 m sobre el nivel del mar crecen eucaliptos y árboles gigantes de hojas caducas, que existen también en las tierras cultivables, en los terrenos montañosos por el pobre suministro de agua crecen dispersos tipos de arbustos de baja estatura. A alturas menores, a medida que esta disminuye, la densidad de la vegetación aumenta, convirtiéndose en jungla tropical lluviosa en la zona de la Selva.



Cuadro 5 TEMPERATURAS Y PRECIPITACIONES EN LA REGION DE ESTUDIO

(Temperatura) (°C)

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Cusco	13.6	13.9	13.1	11.4	10.6	10.3	11.1	13.1	14.2	14.5	14.2	12.8
Puerto Maldonado	26.9	26.7	26.3	26.3	25.6	24.4	24.2	26.3	27.3	27.3	27.6	26.7

(Precipitación) (mm)

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Cusco	163	150	109	51	15	5	5	10	25	66	76	137
Puerto Maldonado	259	257	274	134	119	63	55	43	90	146	157	301



## CAPITULO 3 INFORMACION GEOLOGICA PRECEDENTE DEL AREA

### 3-1 Generalidades de los estudios precedentes

Las investigaciones geológicas y mineras de la región de estudio presentan limitaciones, dado el relieve que se presenta, las condiciones de las investigaciones en la zona montañosa y en la selva son diferentes.

En la zona montañosa, desde antes de la antigua civilización Inca se extraían metales nobles, cobre y otros. Posteriormente, en la época de la colonización se llevó a cabo activamente la exploración no organizada para encontrar minas de metales nobles y gran cantidad de oro y plata fueron extraídos. Pero, en la región objeto del presente estudio es abrupta la característica de las montañas y existe una densa vegetación en sus laderas, por lo cual, las investigaciones geológicas generales realizadas por La Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (siglas ONERN, actualmente Instituto de Recursos Naturales, siglas INRENA) como son investigaciones de recursos naturales en la franja de la parte este de la región de estudio y a lo largo de la parte oeste del río Urubamba, en la parte sur de la región de estudio y la parte de la prolongación sureste de la zona divisoria de las aguas, en la que se distribuye la zona de yacimientos auríferos y en la parte suroeste de la zona montañosa, se ejecutaron racionalmente con la cooperación de Francia solo dentro de esta región, no obteniéndose progresos. Investigaciones locales han sido realizadas por INGEMMET, el Banco Minero del Perú, la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, compañías mineras privadas, etc. Como resultado general de estas investigaciones está publicado el mapa geológico 1:1,000,000 por INGEMMET (1973).

En la zona de la Selva debido a lo complicado de las vías de acceso, la información también es poca. Las investigaciones geológicas y de productos minerales comenzaron desde la época de los años 1950 con los estudios petroleros (principalmente investigaciones de compañías petroleras de interpretación de fotos aéreas, interpretación de imágenes de satélite y comprobación de campo) en los cuales se vincularon Petróleos del Perú (en lo adelante Petroperú), ONERN, etc. Las investigaciones con el objetivo de localizar yacimientos auríferos de placer avanzaron según las compañías mineras privadas, pero con la finalidad de proteger a los extractores de pequeño capital de arenas auríferas y hacer una utilización eficaz de los recursos naturales, el Banco Minero del Perú realizó una evaluación general basada en la orden del presidente de la República D.S.No.010-74-EM/DGM, según lo cual se aclararon las condiciones de existencia de los

yacimientos de arenas y los volúmenes de producción de oro. Como mapas geológicos de la región de estudio existen el mapa SLAR, el mapa geológico 1:100,000 editado por INGEMMET y el mapa geológico 1:100,000 según la International Petroleum Company Ltd. (1967). La extensión de este último cubre aproximadamente las 3/4 partes de la región de estudio.

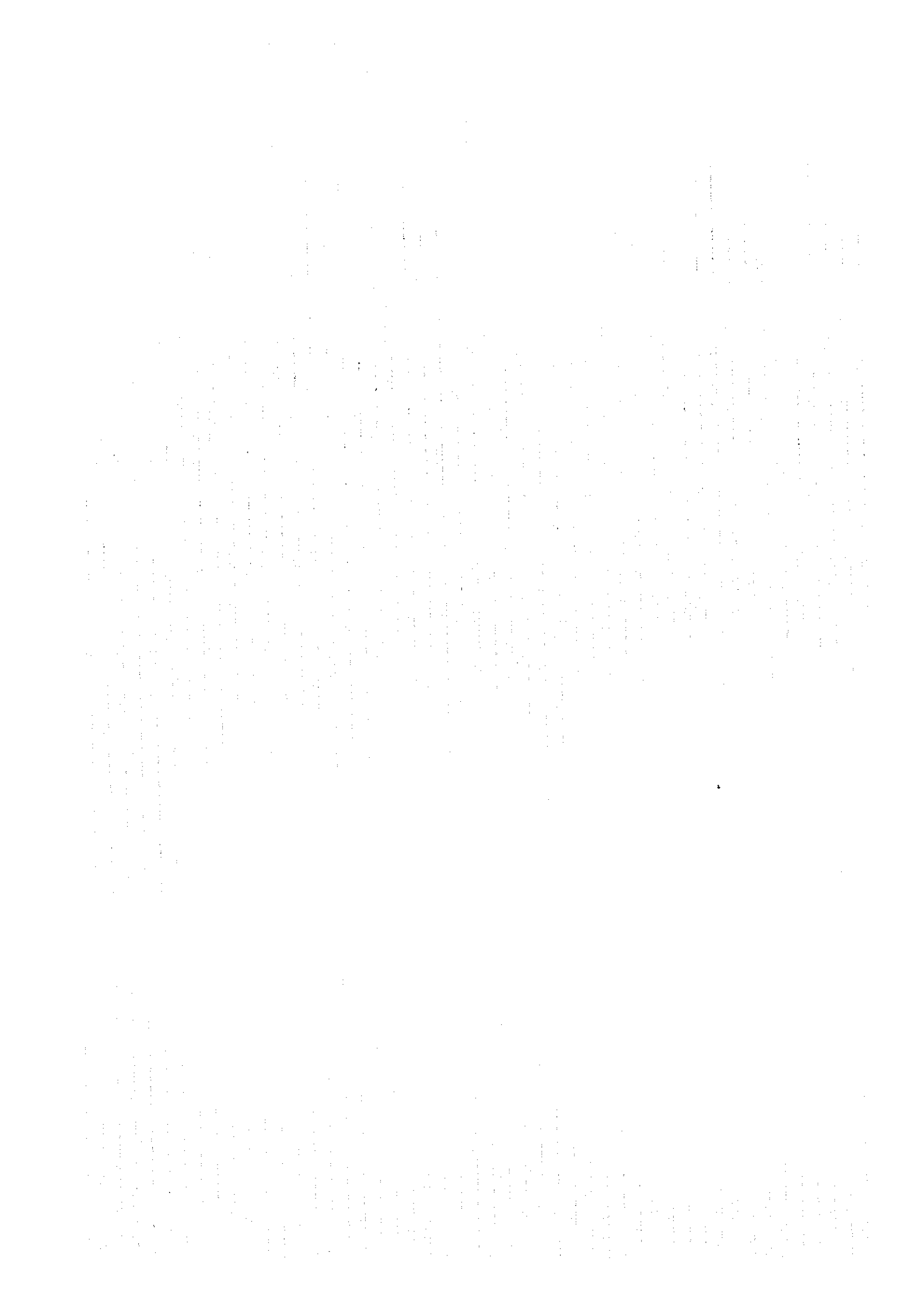
### **3-2 Generalidades geológicas**

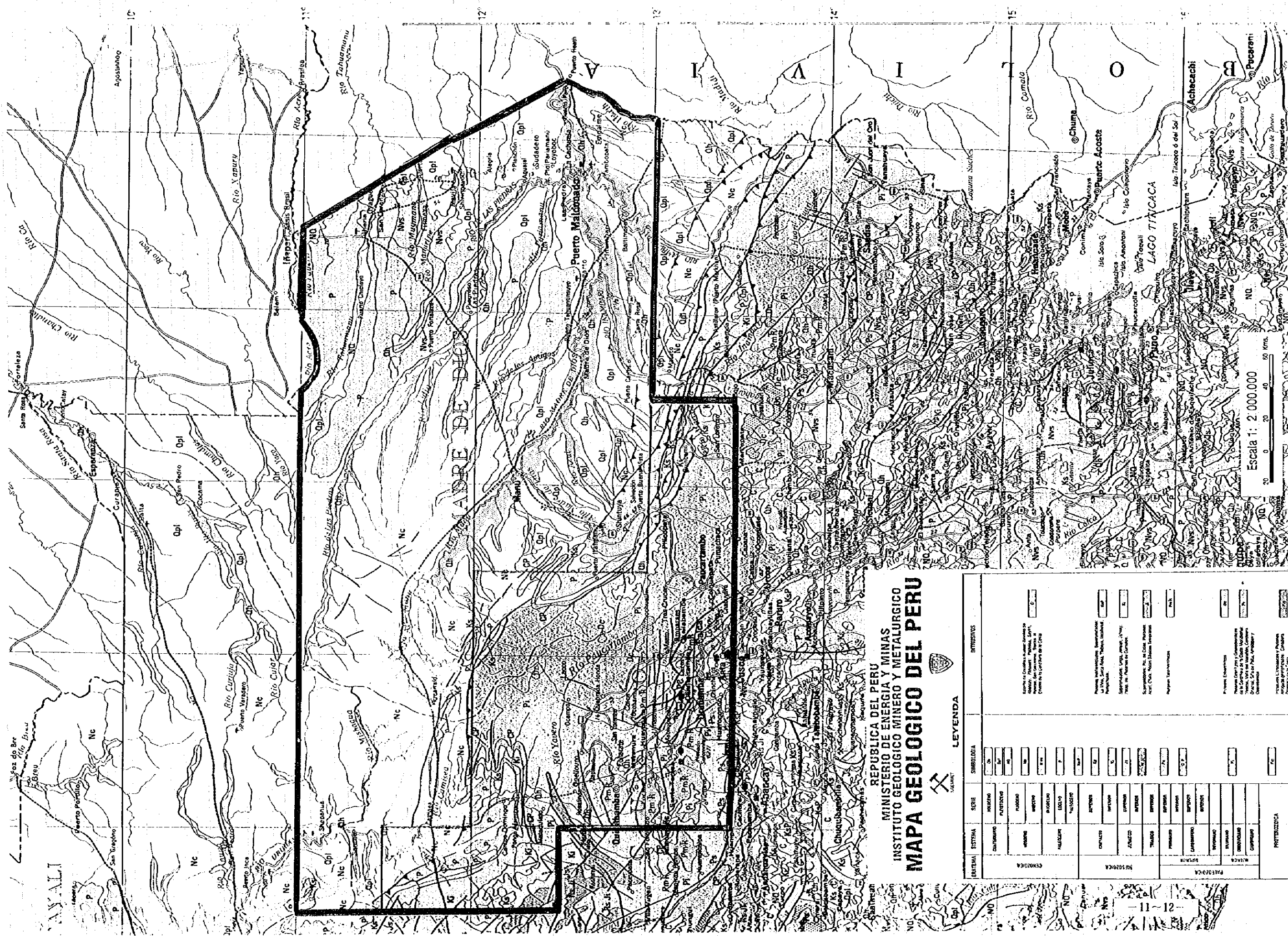
La geología del Perú (Figura 2), según INGEMMET (1995), en la zona montañosa de la región de estudio, la geología está constituida, en el basamento, por roca metamórfica del período Precámbrico, roca sedimentaria de la Formación Contaya del período Ordovícico y Formación Ananea desde el período Silúrico a la parte inferior del período Devónico, roca caliza del Grupo Pucará de la era Mesozóica, período Triásico, arenisca, cuarcita, arcilla del Grupo Goyllarisquizga del Cretácico inferior, rocas clásticas de origen volcánico del Grupo Oriente, rocas graníticas del período devónico correspondientes a los Plutones Eohercínicos, rocas plutónicas como granito y granodiorita de los Plutones Tardihercínicos y rocas graníticas formadas en la actividad de la época del Mioceno, y estas cubiertas por los sedimentos glaciales.

Parte del programa del estudio geológico comprende la zona de la Selva, desde la cuenca noreste del Río de las Piedras, afluente del Río Madre de Dios, hasta la frontera con Brasil, en que se distribuyen rocas sedimentarias del Grupo Huayabamba del Paleógeno, además rocas sedimentarias de la Formación Ipururo del Neógeno a excepción de los sedimentos aluviales de la Formación Madre de Dios de las cuencas de los ríos Madre de Dios y Urubamba del período Cuaternario.

### **3-3 Generalidades de los yacimientos minerales conocidos**

En la clasificación geológica de los depósitos de la República del Perú, la Cordillera Oriental es parte del programa de estudios geológicos que pertenece al este de los Andes, en que se distribuye la zona de depósitos desde la era Paleozóica hasta la era Cenozóica en que se conocen los yacimientos metálicos y indicaciones minerales de cobre, plomo, zinc, etc. que contienen oro y plata y las indicaciones minerales de metales raros de estaño, tungsteno, níquel, cobalto, etc. No existe una división clara en la clasificación geológica de los depósitos de la zona de la Selva, pero se conoce que en el límite oeste de la zona del escudo brasileño aparecen, dentro de las ampliamente distribuidas rocas sedimentarias del Terciario y del Cuaternario, indicaciones de petróleo y gas natural y los



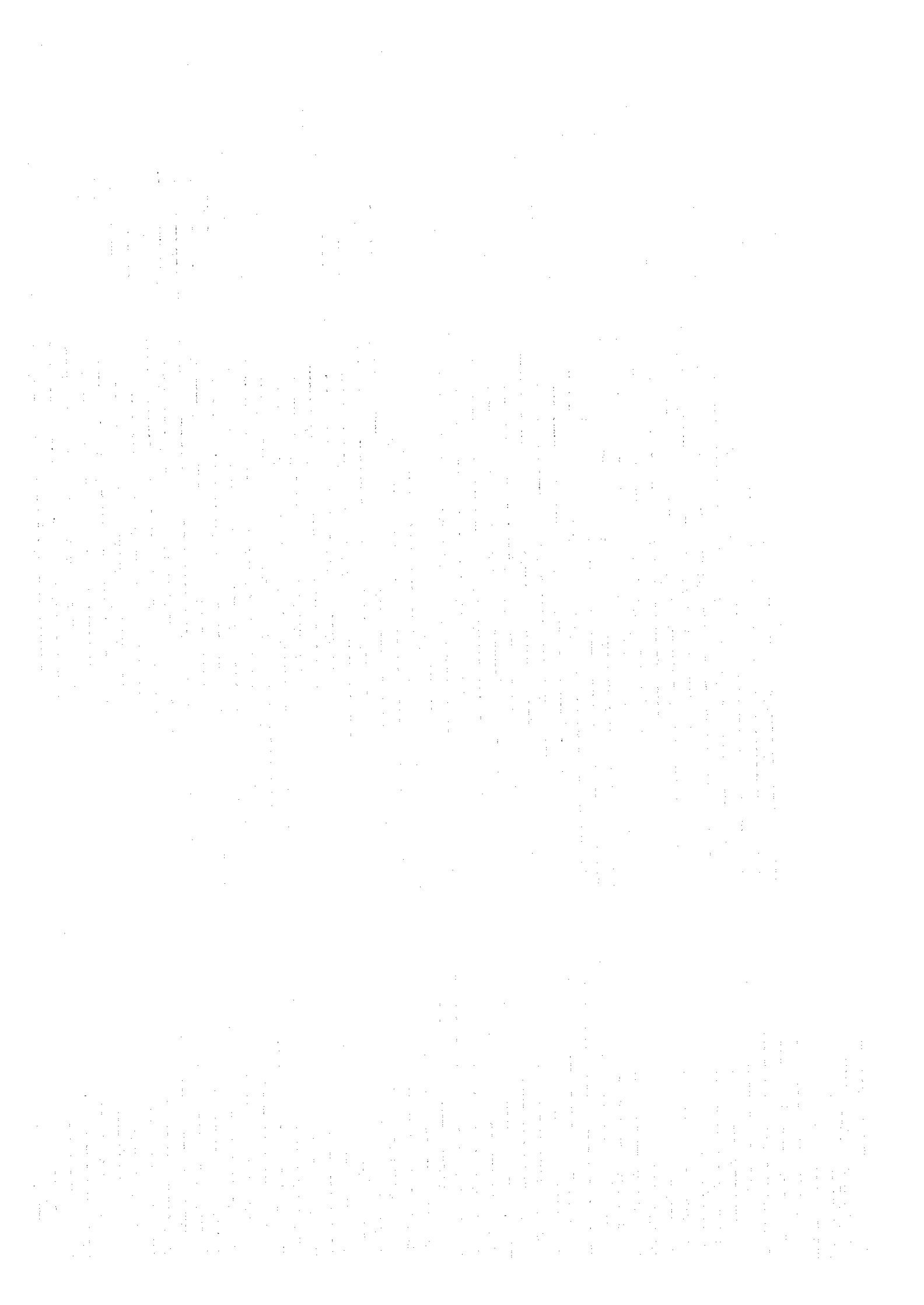


REPUBLICA DEL PERU  
 MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS  
 INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO  
**MAPA GEOLOGICO DEL PERU**



**LEYENDA**

ENTIDAD	SISTEMA	SERIE	SIMBOLOGIA	INTRUSIVOS
GEOLOGICA	CUATERNARIO	ALUVIAL	Al	Lavas y Cuarcitas (ver series 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000, 1001, 1002, 1003, 1004, 1005, 1006, 1007, 1008, 1009, 1010, 1011, 1012, 1013, 1014, 1015, 1016, 1017, 1018, 1019, 1020, 1021, 1022, 1023, 1024, 1025, 1026, 1027, 1028, 1029, 1030, 1031, 1032, 1033, 1034, 1035, 1036, 1037, 1038, 1039, 1040, 1041, 1042, 1043, 1044, 1045, 1046, 1047, 1048, 1049, 1050, 1051, 1052, 1053, 1054, 1055, 1056, 1057, 1058, 1059, 1060, 1061, 1062, 1063, 1064, 1065, 1066, 1067, 1068, 1069, 1070, 1071, 1072, 1073, 1074, 1075, 1076, 1077, 1078, 1079, 1080, 1081, 1082, 1083, 1084, 1085, 1086, 1087, 1088, 1089, 1090, 1091, 1092, 1093, 1094, 1095, 1096, 1097, 1098, 1099, 1100, 1101, 1102, 1103, 1104, 1105, 1106, 1107, 1108, 1109, 1110, 1111, 1112, 1113, 1114, 1115, 1116, 1117, 1118, 1119, 1120, 1121, 1122, 1123, 1124, 1125, 1126, 1127, 1128, 1129, 1130, 1131, 1132, 1133, 1134, 1135, 1136, 1137, 1138, 1139, 1140, 1141, 1142, 1143, 1144, 1145, 1146, 1147, 1148, 1149, 1150, 1151, 1152, 1153, 1154, 1155, 1156, 1157, 1158, 1159, 1160, 1161, 1162, 1163, 1164, 1165, 1166, 1167, 1168, 1169, 1170, 1171, 1172, 1173, 1174, 1175, 1176, 1177, 1178, 1179, 1180, 1181, 1182, 1183, 1184, 1185, 1186, 1187, 1188, 1189, 1190, 1191, 1192, 1193, 1194, 1195, 1196, 1197, 1198, 1199, 1200, 1201, 1202, 1203, 1204, 1205, 1206, 1207, 1208, 1209, 1210, 1211, 1212, 1213, 1214, 1215, 1216, 1217, 1218, 1219, 1220, 1221, 1222, 1223, 1224, 1225, 1226, 1227, 1228, 1229, 1230, 1231, 1232, 1233, 1234, 1235, 1236, 1237, 1238, 1239, 1240, 1241, 1242, 1243, 1244, 1245, 1246, 1247, 1248, 1249, 1250, 1251, 1252, 1253, 1254, 1255, 1256, 1257, 1258, 1259, 1260, 1261, 1262, 1263, 1264, 1265, 1266, 1267, 1268, 1269, 1270, 1271, 1272, 1273, 1274, 1275, 1276, 1277, 1278, 1279, 1280, 1281, 1282, 1283, 1284, 1285, 1286, 1287, 1288, 1289, 1290, 1291, 1292, 1293, 1294, 1295, 1296, 1297, 1298, 1299, 1300, 1301, 1302, 1303, 1304, 1305, 1306, 1307, 1308, 1309, 1310, 1311, 1312, 1313, 1314, 1315, 1316, 1317, 1318, 1319, 1320, 1321, 1322, 1323, 1324, 1325, 1326, 1327, 1328, 1329, 1330, 1331, 1332, 1333, 1334, 1335, 1336, 1337, 1338, 1339, 1340, 1341, 1342, 1343, 1344, 1345, 1346, 1347, 1348, 1349, 1350, 1351, 1352, 1353, 1354, 1355, 1356, 1357, 1358, 1359, 1360, 1361, 1362, 1363, 1364, 1365, 1366, 1367, 1368, 1369, 1370, 1371, 1372, 1373, 1374, 1375, 1376, 1377, 1378, 1379, 1380, 1381, 1382, 1383, 1384, 1385, 1386, 1387, 1388, 1389, 1390, 1391, 1392, 1393, 1394, 1395, 1396, 1397, 1398, 1399, 1400, 1401, 1402, 1403, 1404, 1405, 1406, 1407, 1408, 1409, 1410, 1411, 1412, 1413, 1414, 1415, 1416, 1417, 1418, 1419, 1420, 1421, 1422, 1423, 1424, 1425, 1426, 1427, 1428, 1429, 1430, 1431, 1432, 1433, 1434, 1435, 1436, 1437, 1438, 1439, 1440, 1441, 1442, 1443, 1444, 1445, 1446, 1447, 1448, 1449, 1450, 1451, 1452, 1453, 1454, 1455, 1456, 1457, 1458, 1459, 1460, 1461, 1462, 1463, 1464, 1465, 1466, 1467, 1468, 1469, 1470, 1471, 1472, 1473, 1474, 1475, 1476, 1477, 1478, 1479, 1480, 1481, 1482, 1483, 1484, 1485, 1486, 1487, 1488, 1489, 1490, 1491, 1492, 1493, 1494, 1495, 1496, 1497, 1498, 1499, 1500, 1501, 1502, 1503, 1504, 1505, 1506, 1507, 1508, 1509, 1510, 1511, 1512, 1513, 1514, 1515, 1516, 1517, 1518, 1519, 1520, 1521, 1522, 1523, 1524, 1525, 1526, 1527, 1528, 1529, 1530, 1531, 1532, 1533, 1534, 1535, 1536, 1537, 1538, 1539, 1540, 1541, 1542, 1543, 1544, 1545, 1546, 1547, 1548, 1549, 1550, 1551, 1552, 1553, 1554, 1555, 1556, 1557, 1558, 1559, 1560, 1561, 1562, 1563, 1564, 1565, 1566, 1567, 1568, 1569, 1570, 1571, 1572, 1573, 1574, 1575, 1576, 1577, 1578, 1579, 1580, 1581, 1582, 1583, 1584, 1585, 1586, 1587, 1588, 1589, 1590, 1591, 1592, 1593, 1594, 1595, 1596, 1597, 1598, 1599, 1600, 1601, 1602, 1603, 1604, 1605, 1606, 1607, 1608, 1609, 1610, 1611, 1612, 1613, 1614, 1615, 1616, 1617, 1618, 1619, 1620, 1621, 1622, 1623, 1624, 1625, 1626, 1627, 1628, 1629, 1630, 1631, 1632, 1633, 1634, 1635, 1636, 1637, 1638, 1639, 1640, 1641, 1642, 1643, 1644, 1645, 1646, 1647, 1648, 1649, 1650, 1651, 1652, 1653, 1654, 1655, 1656, 1657, 1658, 1659, 1660, 1661, 1662, 1663, 1664, 1665, 1666, 1667, 1668, 1669, 1670, 1671, 1672, 1673, 1674, 1675, 1676, 1677, 1678, 1679, 1680, 1681, 1682, 1683, 1684, 1685, 1686, 1687, 1688, 1689, 1690, 1691, 1692, 1693, 1694, 1695, 1696, 1697, 1698, 1699, 1700, 1701, 1702, 1703, 1704, 1705, 1706, 1707, 1708, 1709, 1710, 1711, 1712, 1713, 1714, 1715, 1716, 1717, 1718, 1719, 1720, 1721, 1722, 1723, 1724, 1725, 1726, 1727, 1728, 1729, 1730, 1731, 1732, 1733, 1734, 1735, 1736, 1737, 1738, 1739, 1740, 1741, 1742, 1743, 1744, 1745, 1746, 1747, 1748, 1749, 1750, 1751, 1752, 1753, 1754, 1755, 1756, 1757, 1758, 1759, 1760, 1761, 1762, 1763, 1764, 1765, 1766, 1767, 1768, 1769, 1770, 1771, 1772, 1773, 1774, 1775, 1776, 1777, 1778, 1779, 1780, 1781, 1782, 1783, 1784, 1785, 1786, 1787, 1788, 1789, 1790, 1791, 1792, 1793, 1794, 1795, 1796, 1797, 1798, 1799, 1800, 1801, 1802, 1803, 1804, 1805, 1806, 1807, 1808, 1809, 1810, 1811, 1812, 1813, 1814, 1815, 1816, 1817, 1818, 1819, 1820, 1821, 1822, 1823, 1824, 1825, 1826, 1827, 1828, 1829, 1830, 1831, 1832, 1833, 1834, 1835, 1836, 1837, 1838, 1839, 1840, 1841, 1842, 1843, 1844, 1845, 1846, 1847, 1848, 1849, 1850, 1851, 1852, 1853, 1854, 1855, 1856, 1857, 1858, 1859, 1860, 1861, 1862, 1863, 1864, 1865, 1866, 1867, 1868, 1869, 1870, 1871, 1872, 1873, 1874, 1875, 1876, 1877, 1878, 1879, 1880, 1881, 1882, 1883, 1884, 1885, 1886, 1887, 1888, 1889, 1890, 1891, 1892, 1893, 1894, 1895, 1896, 1897, 1898, 1899, 1900, 1901, 1902, 1903, 1904, 1905, 1906, 1907, 1908, 1909, 1910, 1911, 1912, 1913, 1914, 1915, 1916, 1917, 1918, 1919, 1920, 1921, 1922, 1923, 1924, 1925, 1926, 1927, 1928, 1929, 1930, 1931, 1932, 1933, 1934, 1935, 1936, 1937, 1938, 1939, 1940, 1941, 1942, 1943, 1944, 1945, 1946, 1947, 1948, 1949, 1950, 1951, 1952, 1953, 1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175,



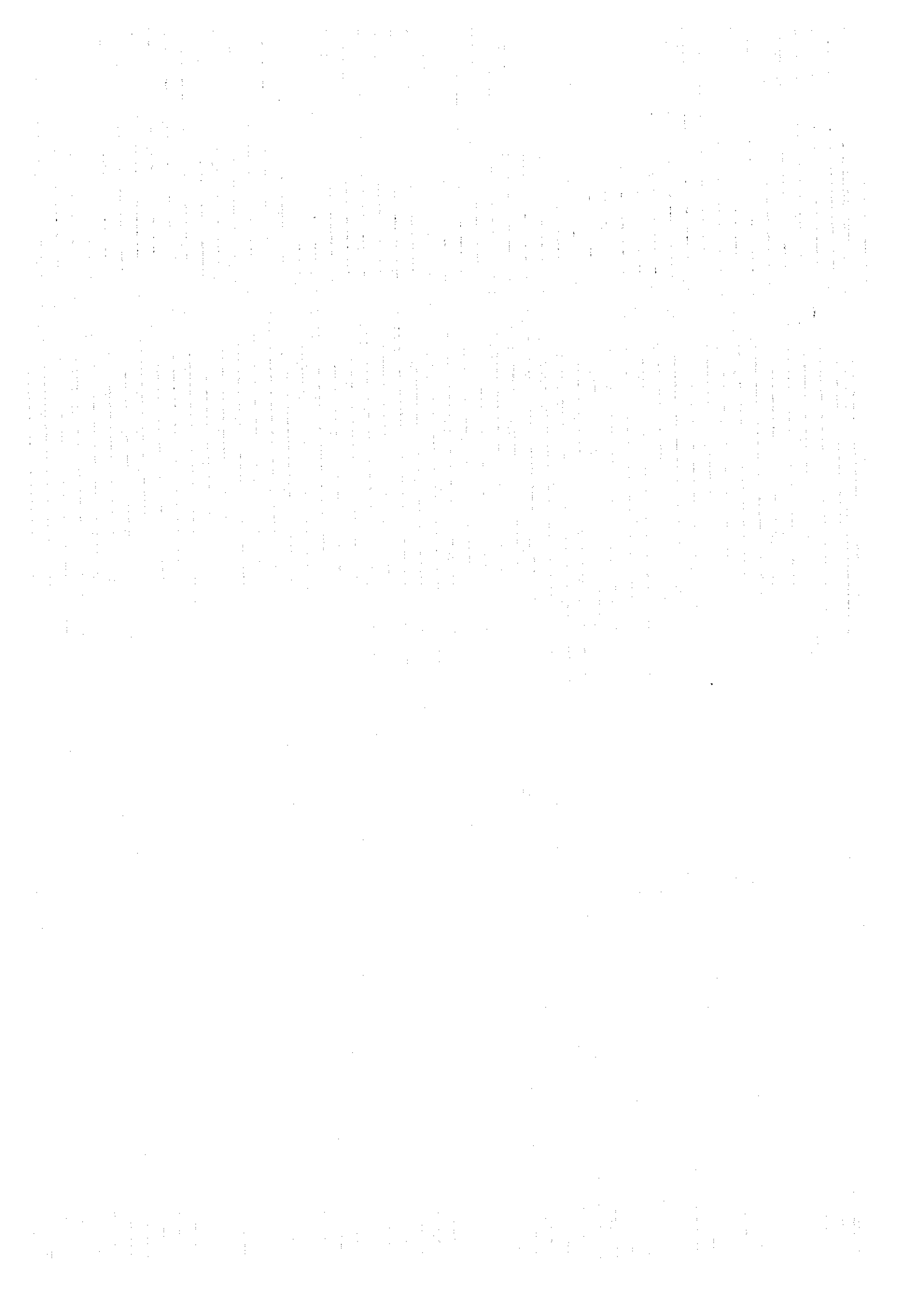
yacimientos de placer de oro, metales raros, etc.

Los yacimientos de la zona montañosa se conoce que por lo general son yacimientos e indicaciones minerales de pequeña y mediana escala del tipo de relleno de grietas. Aunque también pueden observarse los casos de existencia de yacimientos de cobre de tipo metasomáticos de contacto, de tipo diseminados y de tipo de capas rojas. En la parte norte de esta zona de yacimientos se conoce la existencia de yacimientos de placer con agrupación densa de oro. En la zona montañosa, sobre la explotación de los nuevos yacimientos de oro, cobre, plomo y zinc, existen posibilidades prometedoras. Además, ha sido reportado (INGEMMET, 1969) que hay indicaciones minerales en forma de lentes de níquel, cobalto, platino en las existentes rocas ultra básicas indicadas dentro de la Cordillera Vilcabamba, dentro de estos también hay la posibilidad de descubrir yacimientos económicamente rentables, pero en la actualidad, en la presente región, las rocas ultra básicas no están distribuidas, en las cuales las indicaciones minerales de metales raros se suponen son producidas por la mineralización de origen hidrotermal.

En estos momentos en la zona en cuestión no existe informe de minas que estén en producción.

Los yacimientos de la zona de la Selva son yacimientos de petróleo, gas y placeres auríferos. Con relación al petróleo y al gas, según Petroperú y las compañías petroleras se llevaron a cabo estudios desde la época de los años 1950 hasta la época de los años 1970, pero en la actualidad la actividad de investigación ha disminuido considerablemente. En la parte oeste de la zona de estudio, según la compañía petrolera Shell, ha sido descubierto el campo gasífero de Camisea (marzo, 1983), pero aún no se está explotando. Por otra parte, con respecto a los yacimientos de placeres auríferos, en el Río Madre de Dios y sus afluentes, yacimientos de placer dentro de los sedimentos aluviales de los periodos Terciario y Cuaternario, son objeto de extracción en 1,431 lugares.





## PARTE II DISCUSSION



## PARTE II DISCUSION

### CAPITULO 1 ANALISIS DE LAS IMAGENES DE SATELITE

#### 1-1 Objetivos del análisis

Se realizan las labores de interpretación fotogeológica de las imágenes de satélite con el objetivo de comprender la estructura geológica regional del área de estudio, además de llevar a cabo la extracción de las zonas de alteración mediante el análisis espectral y preparar el mapa básico para la evaluación regional de las potencialidades de la parte oeste de la zona montañosa dentro del área de estudio. Cada uno de los cuadrángulos preparados posee un ancho de 30' tanto para la latitud como para la longitud, dividiéndose de esta forma el mapa topográfico 1:100,000 confeccionado por el Instituto Geográfico Nacional del Perú (en lo adelante IGN), con lo que se tienen 13 cuadrángulos señalados con 24-p, 25-p~s, 26-q~s y 27-q~u.

#### 1-2 Interpretación fotogeológica

##### 1-2-1 Datos empleados

Los datos del JERS-1/SAR se muestran en la Figura 3 y el Cuadro 6, dentro de los cuales están señalados con el símbolo ● los datos empleados en el análisis.

##### 1-2-2 Procesamiento de imágenes

(1) Tratamiento para la reducción de ruidos: para facilitar las tareas de interpretación de la estructura geológica se procesaron los datos brutos de 16-bit con el Filtro Selectivo de Promediación de Mediana (Selective Average Median Filter / SAMF) el cual hace disminuir los ruidos (Speckle noise) contenidos en los datos de SAR y al mismo tiempo poder enfatizar los bordes.

(2) Recuantificación de 8-bit: para darle la salida a las imágenes después de efectuar el tratamiento de (1), los histogramas basados en los datos de 16-bit se recuantificaron a 8-bit.

(3) Confección del mosaico digital de imágenes: al comienzo de los datos registrados de cada una de las imágenes se tienen la latitud y la longitud de los 4 vértices de la imagen, los cuales se consultan para poder cubrir la totalidad del área de estudio, por lo que las imágenes de (2) se llevan al sistema de

coordenadas UTM, empalmándose y ajustándose digitalmente para confeccionar el mosaico de imágenes.

(4) Salida de las imágenes: para cada uno de los cuadrángulos, la imagen de salida, a escala 1:200,000 se imprimió en blanco y negro sobre papel.

### **1-2-3 Resultados de la interpretación**

Las labores de interpretación se realizaron empleando como consulta el mapa geológico 1:1,000,000 ya existente. La clasificación de las unidades geológicas se realizó con la consulta de la clasificación de unidades del mapa geológico ya existente e introduciendo en lo posible la información geológica interpretada a partir de las imágenes. Los símbolos para cada una de las unidades se adjudicaron consultando la simbología de la división por edades del mapa geológico ya existente, dentro de lo cual, en las unidades que se dividieron más detalladamente, según la interpretación, se le adjudicó símbolos numéricos comenzando desde la parte inferior (en el caso en que la relación superior e inferior es desconocida, se empleó el alfabeto). En el mapa geológico ya existente, utilizado como consulta, se reflejó la posición de las principales carreteras y pueblos.

La comparación de las unidades geológicas dentro del mapa de interpretación y el mapa geológico ya existente se presenta en el Cuadro 7.

A continuación se describen las características de cada una de las unidades geológicas.

- (1) Unidad Q3: Depósitos aluviales que se observa en los terrenos llanos a lo largo de los ríos.
- (2) Unidad Q2: Depósitos aluviales a fluviales. Se clasificaron en Q2 aquellos que no pudieron incluirse en Q3. No siempre aparece en contacto con la unidad Q3. Puede observarse también, en algunos casos, en la superficie de las terrazas de la rivera de los ríos.
- (3) Unidad Q1: La resistencia a la erosión es de grado medio y la densidad de la red de drenaje también es media.
- (4) Unidad T3: Es el estrato superior de la formación terciaria. Se presenta en las superficies planas de las mesetas y en la superficie de los declives suaves. Se supone que el estrato está compuesto por capas de conglomerado arenoso debido a la resistencia con relación a la erosión.
- (5) Unidad T2: Se intercala entre las unidades T3 y T1. El espesor del estrato es más fino que los estratos superior e inferior de la formación terciaria y su distribución en el área también es más estrecha. La forma de la red de drenaje

Cuadro 6 DATOS EMPLEADOS DE LAS IMAGENES DE SATELITE

Sensor		Path	Row	Observed date	
JERS-1/SAR		427	320	1995-05-22	
		427	321	1995-05-22	
		427	322	1995-05-22	
		428	319	1991-07-06	
		428	320	1991-07-06	
		428	321	1991-07-06	
		428	322	1991-07-06	
		429	319	1995-05-24	
		429	320	1995-05-24	
		429	321	1995-05-24	
		429	322	1995-05-24	
		●	429	323	1995-05-24
			430	319	1992-10-30
			430	320	1992-10-30
		●	430	321	1992-10-30
		●	430	322	1992-10-30
		●	430	323	1992-08-03
			431	319	1992-10-30
			431	320	1992-10-30
		●	431	321	1992-10-30
		●	431	322	1992-10-30
		●	431	323	1994-04-12
			432	319	1992-11-01
		●	432	320	1992-11-01
		●	432	321	1992-11-01
		●	432	322	1992-11-01
		●	432	323	1993-10-19
			433	319	1993-03-14
		●	433	320	1992-11-02
		●	433	321	1992-11-02
		●	433	322	1992-11-02
		●	433	323	1993-03-14
			434	319	1992-11-03
	●	434	320	1992-11-03	
	●	434	321	1992-11-03	
	●	434	322	1992-11-03	
		434	323		
	●	435	319	1992-11-01	
	●	435	320	1991-08-26	
		435	321	1991-08-26	
		436	319		
		436	320		
LANDSAT/TM		002	068	1991-07-27	
		002	069	1991-07-27	
		003	068	1991-10-14	
	★	003	069	1991-10-14	
	★	004	068	1990-09-16	
	★	004	069	1990-09-16	
	★	005	068	1986-07-26	
	★	005	069	1986-07-26	

●, ★ Datos usados en Fase I

**Cuadro 7 RESUMEN DE LAS UNIDADES GEOLOGICAS DESCIFRADAS  
DE LAS IMAGENES DEL SATELITE JERS-1/SAR**

No.	Nombre de Unidad	Nombre de Unidad de Mapa Geológico del Perú	Leyenda de Mapa Geológico del Perú 1975 Escala 1/1,000,000	No.	Nombre de Unidad	Nombre de Unidad de Mapa Geológico del Perú	Leyenda de Mapa Geológico del Perú 1975 Escala 1/1,000,000
1	Q3	Q-c	Aluviales, Fluviales	20	J	Jms-c	Fm. Boquerón
2	Q2			21	TRJ	TRJim	Gpo. Pucará
3	Q1	Qpl-c	Fm. Ucayali				
4	T3	Ts-c	Fm. Ipururo	22	P2	Pms-c	Gpo. Mitu
5	T2			23	P1	Pms-c	
6	T1			24	CP-i	CP-i	Fm. Copacabana
7	Ta	Tms-v	Gpo. Tacaza	25	CP	CP	Perm.-Carbo. Sedimentarias y metamórficas
8	Tb	Tim-c	Gpo. Puno				
9	KT-i	KT-i	Cretá. Plutones	26	SD1	SD	Gpo. Cabanillas
10	KT3			27	SD2		
11	KT2	KTi-c	Cretá.-Terciario facies marinas	28	O	O	Siluriano-Devoniano
12	KT1			29	LPi		
13	Kb	Kms-c	Cretá. Fm. Muñani	30	LPh		
14	Ka	Kms	Fms. Yuncaypata y Ferrobamba	31	LPg		
				32	LPf		
15	K2	K	Cretá. indiviso	33	LPe		
16	K1			34	LPd		
17	JK	JsKi	Gpo. Yura	35	LPc		
				36	LPb		
18	JK-ia	Jk-i	Cretá.-Jurásico	37	LPa		
19	JK-ib		Plutones, Ilipabisa				

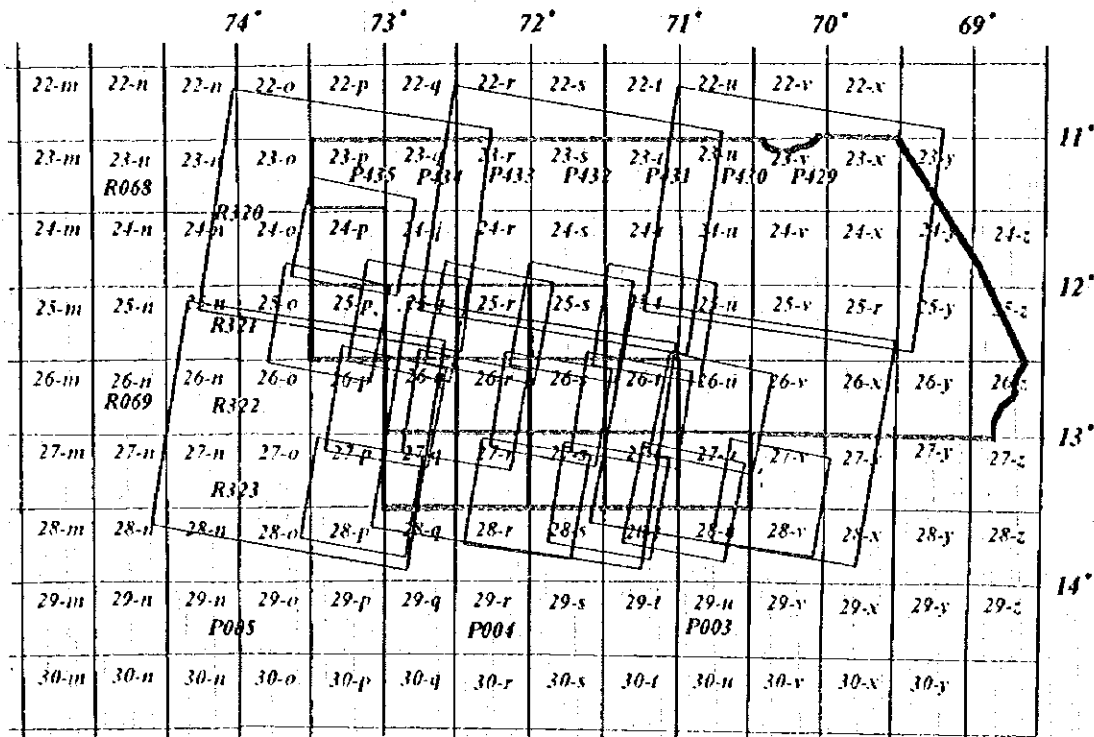


Figura 3 MAPA DE LOS LIMITES DEL ANALISIS DE LAS IMAGENES DE SATELITE





es del tipo foliación del cedro, fina, de elevada densidad. El relieve es ondulado con poca diferencia de alturas. Se supone que la constitución del estrato sea de materiales arenosos a lutíticos principalmente.

(6) Unidad T1: Es el estrato inferior de la formación terciaria. La forma de la red de drenaje es emplumada, de elevada densidad. El relieve es finamente ondulado. El espesor de la capa es ancho, con desarrollo de estratificación. Se supone que se constituye a partir, principalmente, de roca de material lutítico.

(7) Unidad Ta: Rocas volcánicas de la parte superior del sistema terciario. Se distribuye escasamente al sur del área de estudio. La estructura de la superficie es lisa, la red de drenaje es de tipo dendrítica o paralela en las pendientes, con alta densidad.

(8) Unidad Tb: Sedimentos continentales de la parte inferior del sistema terciario, se distribuyen escasamente al sur del área de estudio. La estructura de la superficie es baja a media, la red de drenaje es del tipo emplumado, paralela en las pendientes, con alta densidad.

(9) Unidad Kt-i: La unidad geológica se observa localmente en el cuadrángulo 26-q. se distribuye aisladamente dentro del basamento LPa. En la misma forma que LPa, la ondulación del relieve es grande en general, la estructura de la superficie es más lisa que en LPa. La red de drenaje es de tipo dendrítica o paralela en las pendientes, con alta densidad. En el tipo paralelo, los valles se extienden superficialmente en contacto muy cercano uno de otro, reflejándose como estrías finas.

(10) Unidad KT3: Sedimentos continentales del sistema cretácico al terciario antiguo, la forma de la red de drenaje casi no es posible distinguirla por lo detallada que se presenta. La estructura de la superficie del terreno va desde lisa a grado medio. La roca de material lutítico es la principal, se supone se intercala entre las capas de arenisca y conglomerado.

(11) Unidad KT2: En las zonas bajas al pie de las montañas, se distribuye ampliamente en el caso de forma de bandas. La forma de la red de drenaje casi no es posible distinguirla por lo detallada que se presenta. La superficie del terreno se presenta con concavidades irregulares, en general las ondulaciones son pocas, formándose terrenos llanos. El espesor del estrato es ancho, desarrollándose la estratificación. La roca lítica es la principal, se supone se intercalan entre las capas de arenisca y conglomerado.

(12) Unidad KT1: Se distribuye en la parte superior de la unidad KT2, la forma de la red de drenaje es del tipo emplumado detallado, pudiéndose distinguir fácilmente de la unidad KT2. La estructura de la superficie es rugosa.

(13) Unidad Kb: Se distribuye en poca extensión en el sur del área de estudio. La estructura de la superficie y la densidad de la red de drenaje es de grado medio. La red de drenaje es de tipo dendrítica o paralela en las pendientes, con alta densidad.

(14) Unidad Ka: Se distribuye en una pequeña extensión en el sur del área de estudio. Baja resistencia a la erosión, la forma de la red de drenaje no puede ser descifrada sobre las imágenes. Forma cuenca, en cuya parte central se forman lagunas. No se reconocen planos de estratificación.

(15) Unidad K2: Al igual que en la unidad Kt-i, la unidad geológica se observa localmente en el cuadrángulo 26-q. La forma de la red de drenaje es de tipo dendrítica detallada, con densidad elevada. La estructura de la superficie es muy similar a la de la unidad Kt-i, la ondulación del relieve es más tranquila.

(16) Unidad K1: Se distribuye al pie de las montañas como un ribete de la parte inferior de las pendientes. Se observa con evidencia la superficie del estrato del tipo flatiron, buzando en la dirección del declive. La forma de la red de drenaje casi no puede distinguirse sobre las imágenes. La superficie del terreno es lisa. El espesor del estrato se supone más fino que la unidad Kt-i. La roca arenosa se supone es la principal.

(17) Unidad JK: Se distribuye escasamente en la parte sur del cuadrángulo 27-s. La forma de la red de drenaje es de tipo dendrítica con elevada densidad. Se pone en contacto con la unidad P1 de la parte noreste mediante una falla y su contacto con la unidad Ka de la parte suroeste no está aclarado.

(18) Unidad JK-ia: Se distribuye aisladamente dentro del basamento LPa. Al igual que en LPa, el relieve está grandemente ondulado en general. La estructura de la superficie es más suave que LPa. La red de drenaje es de tipo dendrítica, con densidad media. En el tipo paralelo, los valles se extienden superficialmente en contacto muy cercano uno de otro, reflejándose como estrias finas. La estructura de la superficie es de media a tosca.

(19) Unidad JK-ib: Se distribuye al igual que la unidad JK-ia aisladamente dentro del basamento LPa. La forma de la red de drenaje casi no es posible distinguirla sobre las imágenes por lo que puede ser separada de la unidad JK-ia.

(20) Unidad J: Se distribuye como una banda, ribeteando la unidad CP en la parte norte del área de estudio. La estratificación es evidente y se reconoce también en algunos lugares el estrato con buzamiento del tipo flatiron. El espesor del estrato es ancho. La estructura de la superficie del plano de estratificación es lisa y en la parte de la sección del declive es tosca. La red de drenaje sobre el plano de estratificación es poca, en la dirección del declive presenta la forma

paralela, en otros lugares muestra la forma paralela en la dirección del buzamiento, la densidad es elevada. La roca de material arenoso se supone es la principal.

(21) Unidad TRJ: Se distribuye en una estrecha extensión en el cuadrángulo 27-q. La estructura de la superficie es de media a irregular, la forma de la red de drenaje es dendrítica, con densidad media. En el lado oeste se pone en contacto con la unidad P2 mediante una falla. La distribución sobre las imágenes es muy pequeña, por lo que se desconoce la relación del estrato con los alrededores.

(22) Unidad P2: Se distribuye en la parte suroeste de la unidad P1, en contacto con la unidad Ka. La estratificación no está muy clara, pero por lo general existe en el macizo, la estructura estratigráfica se supone se refleja en la evidente forma paralela de la red de drenaje.

(23) Unidad P1: Se distribuye ampliamente, extendiéndose en dirección NW-SE y ocupa más de la mitad de la parte sur del área interpretada. La estratificación es poco clara en el macizo. La forma de la red de drenaje es dendrítica, con alta densidad. Es característico la formación de crestas continuas alargadas, a estas paralelamente se extienden los valles profundos y largos. Se supone formada por conglomerado y arenisca.

(24) Unidad CP-i: Se distribuye poco en la parte suroeste del cuadrángulo 27-q. La estructura de la superficie se muestra irregular casi igual que la unidad LPa que se distribuye en las cercanías, la forma de la red de drenaje es del tipo de foliación del cedro y la densidad de la misma es media. El contacto con la unidad P2 del lado norte es una frontera poco clara.

(25) Unidad CP: Unidad geológica distribuida por debajo de la unidad Jms-c. La estratificación es clara en la parte oeste del área de distribución, pero en la parte este se hace poco clara al ampliarse el área de distribución en el macizo. El tipo dendrítico de la red de drenaje se presenta de forma abundante, pero en la parte oeste de la región presenta una forma paralela a la dirección del rumbo.

(26) Unidad SD1: En el lado sur del área de estudio la estructura presenta el sistema NW-SE, se observa en la parte suroeste de la unidad LPb. Posee un tono algo más claro que los estratos de los alrededores, la forma de la red de drenaje casi no se puede distinguir por los detallada que se presenta, la densidad de la red de drenaje es de media a alta.

(27) Unidad SD2: Presenta una estructura de la superficie más tosca que la unidad SD1, la forma de la red de drenaje es parecida a las unidades LPa y LPb que se distribuyen en gran parte de los alrededores. Se distribuye envuelta en el intervalo de la unidad P1 en el cuadrángulo 27-r.

(28) Unidad O: Se distribuye escasamente en la parte suroeste del cuadrángulo 27-q. La estructura de la superficie se muestra irregular casi igual que la unidad LPa que se observa en los alrededores, la red de drenaje presenta la forma de foliación del cedro, con densidad media. Por el lado este está en contacto con la unidad LPa mediante una falla, la frontera por el lado norte no está clara. Por el lado sur se pone en contacto con la unidad P2 pero la frontera tampoco está clara.

(29) Unidad LPi: La estructura de la superficie es lisa en el macizo. Se observa una línea continua similar a la estratificación, pero está poco claro. La forma de la red de drenaje es dendrítica con densidad irregular.

(30) Unidad LPh: Existe por lo general en todo el macizo, la estructura de la estratificación se supone se refleja en la evidente forma paralela de la red de drenaje.

(31) Unidad LPg: La red de drenaje se presenta como detalladamente dendrítica y de tipo paralelo. Además de la red de drenaje de tipo paralelo en la dirección del declive hay que añadir la de dirección ENE-WSW que se supone se destaca por la existencia de los planos de estratificación.

(32) Unidad LPf: Se distribuye en contacto con el lado oeste de LPb. Las diferencias de alturas del relieve ondulado se hacen más pequeñas, La estructura de la superficie es algo lisa. Presenta una forma dendrítica de la red de drenaje.

(33) Unidad LPe: En contacto con los lados este a norte de LPd. La estructura de la superficie es comparativamente lisa, la densidad de la red de drenaje es llamativamente baja comparándola con las otras unidades LP. La red de drenaje presenta la forma de dendrítica a paralela. Hay lugares en que se observa la apariencia de líneas similares a estratos, pero esto normalmente no es así.

(34) Unidad LPd: La forma de la red de drenaje varía de dendrítica haciéndose paralela - perpendicular, con densidad elevada. Por lo general se observa la estructura estratificada en el macizo. Los principales ríos corren en dirección NW-SE, mientras que los afluentes se desarrollan perpendicularmente en dirección NE-SW. La ondulación del relieve es grande.

(35) Unidad LPe: Presenta características muy similares a LPb, pero la ondulación del relieve se hace más grande, presenta un tono más oscuro que la unidad LPd de los alrededores. La forma de la red de drenaje se desarrolla corriendo paralelamente a lo largo de las pendientes.

(36) Unidad LPb: Muestra características muy similares a LPa, pero la ondulación del relieve se hace más pequeña. La forma de la red de drenaje se desarrolla corriendo paralelamente a lo largo de las pendientes.

(37) Unidad LPa: Se distribuye ampliamente ocupando más de la mitad de la parte sur del área interpretada. La estratificación es poco clara en el macizo. La forma de la red de drenaje es dendrítica con densidad alta. La diferencia de altura del relieve ondulado es grande. Es característico la formación de crestas alargadas continuamente, paralelamente a las cuales los valles son profundos y extensos.

Los resultados de la interpretación se presentan en las Figuras 4-3, 5-3, 6-3 y 7-3 como mapas de interpretación de las unidades geológicas para cada uno de los cuadrángulos, 26-q, 27-q, 27-r y 27-s, respectivamente. Además, en las Figuras 4-4, 5-4, 6-4 y 7-4 se muestran los mapas de interpretación de lineamientos de los mismos cuadrángulos. En el análisis del presente año se confeccionaron los mapas de interpretación de las unidades geológicas y los mapas de interpretación de lineamientos de todos los cuadrángulos, para cada uno de los cuales se muestran, respectivamente, en los planos anexos PL. 1 y en los PL. 2.

Seguidamente serán explicados los resultados de la interpretación para cada uno de los cuadrángulos.

(1) 24-p

Las formaciones terciaria y mesozóica muestran un buzamiento suave este a lo largo de la parte oeste de la unidad J, pero presentan un buzamiento abrupto de la superficie del estrato en el lado este donde se repite la estructura de sinclinal y anticlinal. La estructura sinclinal suave se puede observar desde la esquina noroeste hasta la parte central de la imagen, en la esquina sureste existe la estructura anticlinal a partir de la forma de división este - oeste. En las cercanías del Río Urubamba se observa una estructura anticlinal que posee un eje de dirección WNW-ESE. Con relación a la formación paleozóica de la parte oeste la interpretación de la estructura geológica es difícil ya que el buzamiento del estrato es suave y la estructura de la estratificación es poco clara. Según los cortes de las fallas de los sistemas N-S y E-W existe la posibilidad de que este dividido en unidades de grandes bloques.

(2) 25-p

En general el rumbo de los grandes plegamientos va desde la dirección NWN-SES hasta la dirección E-W a ENE-WSW. En las cercanías de los lugares plegados se observa claramente fallas de dirección ENE-WSW. En la parte superior derecha de la imagen, en el área del lado más al sur de la falla observada, la estructura geológica del sistema terciario al grupo mesozóico, también es diferente, al pie

de las montañas la estructura sinclinal posee un eje en dirección E-W, hacia el lado norte, dentro de la cuenca se presenta una estructura anticlinal. La estructura del grupo paleozóico es poco clara, pero se supone el plegamiento armónico desde la distribución de las unidades LPg y LPh y las grandes estructuras antes mencionadas.

(3) 25-q

En la región mas al norte de la parte central del cuadrángulo se observa una estructura plegada de las unidades K, J y Cp que posee un eje en dirección ENE-WSW y superponiéndose una estructura de falla similar al tipo de falla de sobre escurrimiento. El rumbo de la falla es de dirección E-W a ENE-WSW casi igual al rumbo del estrato. La formación terciaria a la formación mesozóica parte superior presentan también la anterior estructura plegada y la misma tendencia del plegamiento. La forma de meandros del Río Urubamba reciben la fuerte influencia del rumbo de estos estratos.

(4) 25-r

La mitad sur del cuadrángulo está ocupada por la unidad Pali-b. En la mitad norte, dentro de la zona de distribución de la unidad LPe, se extiende desde el lado oeste J y se distribuyen cada una de las unidades de Cp de forma algo fallada. Esta forma de distribución tiene elevada posibilidad de haberse producido según fallas. La estructura de la estratificación no está clara, pero se observa que la tendencia general es E-W a WNW-ESE. La estructura circular (red de drenaje) se aprecia en la periferia de J y Cp, por lo que puede ser que la estructura plegada de los estratos haya influenciado en el plegamiento de la red de drenaje.

(5) 25-s

En la parte central del cuadrángulo se presenta una evidente estructura del sistema NW-SE. En la misma zona se presentan fallas del sistema NW-SE y 3 liniamientos de la misma dirección, fallas del sistema NNE-SSW, 1 liniamiento de la misma dirección y 3 estructuras anticlinales que se extienden en esa misma dirección. En la parte noreste de la banda de la estructura del sistema NW-SE, se distribuyen KT2, T1 y T2 desde la parte central de la imagen dirigiéndose hacia la parte noreste. En la parte norte y este del cuadrángulo se distribuye la unidad Q3 a lo largo de la red de drenaje. Dentro de la estructura del sistema NW-SE, en lo más al suroeste se ubica la falla, atravesando la parte central de

las 2 estructuras anticlinales que existen en la parte noreste y este. Desde el lado suroeste, la segunda falla pasa por el centro de las 2 estructuras anticlinales, dividiendo estas estructuras anticlinales en parte norte y sur. La parte suroeste de la imagen está compuesta por la unidad LPd de tono de grado medio y de superficie irregular, por encima de esto se distribuye la unidad LPe que presenta un tono claro y una estructura de la superficie de media a irregular. Todas las unidades también se comparan con las unidades Pali del mapa geológico 1:1,000,000 ya existente

(6) 26-q

La unidad LPa se distribuye ampliamente en toda el área, dentro de lo cual se observan aisladamente las unidades K2 y KTi en forma de islas. La unidad K2 muestra una apariencia de la red de drenaje detallada, de tipo foliada, en contraste con la unidad KTi en que es principalmente dendrítico, la ondulación es grande en la parte periférica, etc. por lo que la diferencias son claras. KTi, juzgando por las condiciones de apariencia, existe posibilidad que sea roca intrusiva, pero no se aprecian características representativas que permitan decidir con un criterio positivo. K2, por poseer baja resistencia con relación a la erosión existe una elevada posibilidad de que sea roca sedimentaria.

(7) 26-r

La unidad LPa se distribuye ampliamente en casi toda el área, en la parte noreste se distribuye en forma de banda la unidad LPb y LPd. Los principales ríos y las crestas se alinean en dirección NW-SE, reflejando la tendencia geológica general. Los afluentes de los ríos es evidente que corren de forma paralela a la dirección perpendicular del afluente principal y el declive.

(8) 26-s

Se observa la unidad LPb en la esquina suroeste y la unidad LPe en la esquina noreste, las otras y la unidad LPd se distribuyen en casi toda el área. La estructura de la estratificación en el macizo de LPb y LPd es desconocida, pero para LPe se extrajo que la estratificación es de rumbo NW-SE. La apariencia de la red de drenaje es evidente que es del tipo paralelo al tipo perpendicular alineándose a la dirección NW-SE y a la dirección NE-SW cruza perpendicularmente a la anterior. En la parte sureste de la imagen se observa en el área de distribución de las unidades LP el desarrollo de una cuenca de no comunes depósitos aluviales del período cuaternario. En los terrenos montañosos



de los alrededores de la cuenca se observa un relieve paralelo a los valles algo profundos del sistema NE-SW por lo que existe la posibilidad de desarrollo de fallas de esta dirección.

(9) 26-t

Es evidente, al igual que 25-s, la estructura del sistema NW-SE, En la parte este se extrajeron 2 estructuras anticlinales del sistema NNW-SSE. Dentro de estas, la estructura anticlinal del lado este está constituida por las unidades CP2 y K2, la estructura anticlinal del lado oeste por las unidades CP, K2 y KP2. Desde el este de la estructura anticlinal en dirección a la parte noreste se distribuyen las unidades KT2, Ta, T1, T2 y Q3. Dentro de T1 de la parte central del cuadrángulo se observa la apariencia de la red de drenaje del tipo emplumado, por ser más bajo topográficamente que T1 se clasificó como unidad Ta. En la parte suroeste de la imagen se distribuyen LPd, LPe y Q3.

(10) 27-q

La parte sureste del cuadrángulo todavía no se han obtenido los datos de SAR. La parte central de la imagen de este a oeste se distribuye roca intrusiva Kt-i del sistema cretácico. En el lado norte y sur de esto se distribuye la unidad LPa de la formación paleozóica. En la parte sur de la imagen se distribuyen las unidades O, P2 y CP-i de la formación paleozóica y TRJ de la formación mesozóica. Pero, la frontera de estas unidades es poco clara. Se observa la evidente falla y el lineamiento del sistema WNW-ESE y el algo no evidente lineamiento del sistema N-S.

(11) 27-r

La parte suroeste del cuadrángulo todavía no se han obtenido los datos de SAR. Se observa de forma clara la estructura y el liniamiento del sistema WNW-ESE que pasa por la parte central. En la parte norte de esta misma estructura se distribuyen las unidades LPa, SD2 y P1 de la era paleozóica, en la parte noreste las unidades LPa y SD2 en el intervalo, en la parte este se distribuye en forma de bloque roca intrusiva Kt-i del sistema cretácico. En la parte central y sur de esta misma estructura se distribuye P2 de la era paleozóica y en la parte este en forma de bloque Ka del período cretácico, pero la relación de ambas es desconocida. En las partes sur y este de la imagen se distribuye en una estrecha área Kb del sistema cretácico y Ta y Tb del período terciario.

(12) 27-s

Casi toda el área del cuadrángulo está ocupada por las unidades LPa, LPb, LPc, LPd, SD1, SD2, P1 y P2 de la era paleozóica. También todas las unidades se agrupan en el bloque que se extiende en dirección NW-SE. Los más abundantes liniamientos son también los del sistema NW-SE, seguidos en abundancia por los del sistema NE-SW. Dentro de las unidades LPa y LPb se distribuye la cuenca de forma fina y alargada que se extiende en dirección NW-SE. En la parte suroeste del cuadrángulo se clasifican las unidades JK y Ka de la era mesozóica y la unidad Ta del período terciario. La estructura de la formación paleozóica y triásica no puede ser descifrada.

(13) 27-t

La zona estructural del sistema NW-SE se observa en la parte norte del cuadrángulo. La zona estructural está constituida por las unidades K2, KT1, KT2, T1, etc. A excepción de la unidad KT2 en las restantes la forma de la red de drenaje es del tipo dendrítico detallado, la unidad KT2 muestra una forma de la red de drenaje del tipo emplumado detallado. En la parte sureste del cuadrángulo se distribuyen JK-1a y JK-1b, estas son comparables con la roca intrusiva JK-1 del mapa geológico 1:1,000,000. JK-1a del lado oeste es característico el tono de medio a oscuro. La unidad Q3 se distribuye en la parte norte de la imagen.

(14) 27-u

La estructura del sistema NW-SE se observa en la parte norte del cuadrángulo. La misma estructura está constituida por las unidades K2, KT1, KT2, T1, etc. A excepción de la unidad T1 en las restantes la forma de la red de drenaje se muestra del tipo dendrítico, en la unidad T1 muestra una forma de la red de drenaje del tipo paralelo. Las unidades K2, KT1, KT2 y T1 son comparables con las unidades K, Kti-c y Tsc del mapa geológico ya existente. En las partes central oeste y suroeste del cuadrángulo se observan 2 lugares con estructura de tipo de roca intrusiva, el primero se clasifica como la unidad JK-1a y el segundo como la unidad JK-1b. Ambas son comparables con la unidad JK-1 del mapa geológico ya existente. En la parte sur de la zona estructural se distribuye ampliamente la unidad LPd, la cual es comparable con la unidad Pali del mapa geológico ya existente. A lo largo de los ríos actuales se distribuyen las unidades Q3 y Q2, en la parte noreste del cuadrángulo se distribuye en una estrecha área la unidad Q1.

### 1-3 Extracción de las zonas de alteración

#### 1-3-1 Datos empleados

Los datos del LANDSAT/TM se muestran en la Figura 3 y el Cuadro 6, dentro de los cuales están señalados con el símbolo ★ los datos empleados en el análisis.

#### 1-3-2 Procesamiento de imágenes

(1) Confección del mosaico digital de las imágenes: Al comienzo de los datos registrados de cada una de las imágenes se tienen la latitud y la longitud de los 4 vértices de la imagen, los cuales se consultan para poder cubrir la totalidad del área de estudio, por lo que las imágenes se llevan al sistema de coordenadas UTM, empalmándose y ajustándose digitalmente para confeccionar el mosaico de imágenes. En el momento de confeccionar el mosaico de imágenes se efectúa la transformación para cada una de las bandas, en que el análisis principal es lograr ajustar el histograma de los valores de DN de cada una de las escenas al histograma de los valores de DN de la escena central (Path004/Row069), de tal forma que al realizar el posterior análisis espectral en cada una de las escenas no se produzcan desviaciones.

(2) Análisis espectral: A las imágenes preparadas en (1) se realizó el montaje de cada uno de los tipos de bandas según el tratamiento para resaltar el espectro (método de los residuos logarítmicos) tomando en consideración las zonas de mineralización y alteraciones ya existentes, dentro de esto se eligieron los resultados del procesamiento en que se extrajeron las zonas de alteraciones más apropiadas.

En el método de los Residuos Logarítmicos se eliminan los efectos topográficos, de la intensidad de la luz solar, etc. utilizando la media geométrica como un factor de multiplicación a la razón de reflexión, a partir de la media de todos los datos de la razón de reflexión se hace la transformación de cada uno de los datos, resaltándolos, según esta metodología se asigna el modelo de razón de reflexión de la superficie terrestre.

Para el pixel  $i$  de valor de brillantes  $\lambda$  se supone la siguiente expresión para obtener  $X_{i\lambda}$

$$X_{i\lambda} = T_i \times \rho_{i\lambda} \times I_\lambda$$

pero,

$T_i$  : es el factor topográfico en el pixel  $i$

$\rho_{i\lambda}$  : es la banda  $\lambda$  de la razón de reflexión de la superficie del terreno para el

pixel  $t$

$I_\lambda$  : es la influencia de la intensidad de la luz solar en la banda  $\lambda$

Desde aquí, a continuación se da el orden para eliminar  $T_i$  y  $I_\lambda$

- [1] Se obtiene "a" como la relación de la media  $X_i$  del intervalo de la banda del pixel  $i$  y  $X_{i\lambda}$ .
- [2] Se obtiene "b" como la relación de la media  $X_{i\lambda}$  de todos los pixels de la banda  $\lambda$  y la media  $X_i$  de todas las bandas y todos los pixels
- [3] Se obtiene la relación de "a" y "b"
- [4] Se aplica logaritmo a la expresión en su conjunto

Aquí el motivo de la aplicación del logaritmo en el cálculo es para aumentar la velocidad de cálculo en la descomposición del polinomio. El valor de brillantes después de la transformación  $Y_{i\lambda}$  se calcula según la siguiente expresión.

$$Y_{i\lambda} = \log X_{i\lambda} - \log X_i - \log X_j + X$$

(3) Salida de las imágenes: Para cada uno de los cuadrángulos la imagen de salida a escala 1:200,000 se imprimió a color sobre papel.

### 1-3-3 Resultados extraídos

El procesamiento de los residuos Logarítmicos se llevó a cabo sobre los datos de LANDSAT/TM, confeccionándose la composición de imágenes que se coloreó para las bandas 1, 2 y 3 de azul, verde y rojo, respectivamente. Las imágenes procesadas por los Residuos Logarítmicos de los cuadrángulos 26-q, 27-q, 27-r y 27-s se muestran respectivamente en las Figuras 4-2, 5-2, 6-2 y 7-2.

Los minerales de óxido de hierro como magnetita, hematita, limonita, etc. por poseer una amplia característica de absorción de las longitudes de onda menores de 600 nm (comprende desde la banda 1 a la 2 de TM), los sombreros de hierro contienen abundantes minerales de óxido de hierro y se supone que los mismos en las imágenes se presentan coloreados del amarillo al naranja. Pero, en el examen de las imágenes procesadas se observó que las alteraciones minerales en una parte presentan el mismo matiz según lo cual es evidente que no existe una relación de causa. Entonces, los elementos que se relacionan a continuación se eliminaron a partir de las anomalías espectrales objeto de la extracción.

Dentro de las imágenes las nubes aparecen coloreadas de amarillo, por lo que esto en el modelo de distribución, la sombra que conlleva es simplemente blanca, hecho por el cual es posible su separación. En las partes de altas elevaciones el color blanco se distribuye en los glaciales o las nieves perpetuas que se presentan, estos se distribuyen rodeados por una zona en forma de

envoltura de color amarillo. Además, cerca de las crestas con inclinación abrupta o dentro de los valles de buzamiento abrupto en la divisoria de las aguas o la red de drenaje se distribuyen zonas coloreadas paralelamente en amarillo. Estas son, evidentemente, un factor topográfico dado a las anomalías espectrales, por lo que para el juicio objeto de la extracción fueron eliminadas.

Además de lo explicado anteriormente, se presentan zonas de color desde amarillo a naranja que tienen la posibilidad de reflejar distribución de sombreros de hierro, extraído a partir del juicio de las anomalías espectrales. A las zonas de distribución de las anomalías espectrales extraídas según las imágenes de JERS-1/SAR se les superpuso las unidades geológicas. En las Figuras 4-3, 5-3, 6-3 y 7-3 se muestran las unidades geológicas descifradas y el mapa de las zonas de alteración extraídas de los cuadrángulos 26-q, 27-q, 27-r y 27-s. Las anomalías espectrales extraídas están contenidas en gran parte en los cuadrángulos 27-r y 27-s. En el cuadrángulo 27-r se extrajeron 2 lugares de anomalías de unos 2 km de diámetro sobre pequeñas crestas del centro algo al este y además una relativamente amplia anomalía en la parte suroeste. En el cuadrángulo 27-s se extrajeron relativamente amplia anomalía sobre la divisoria de las aguas de la parte sureste y del centro más al noroeste. Dentro de estas, la de más al noroeste del centro del cuadrángulo 27-s presenta una tendencia a extenderse paralelamente a el rumbo de los estratos.

#### 1-4 Consideraciones

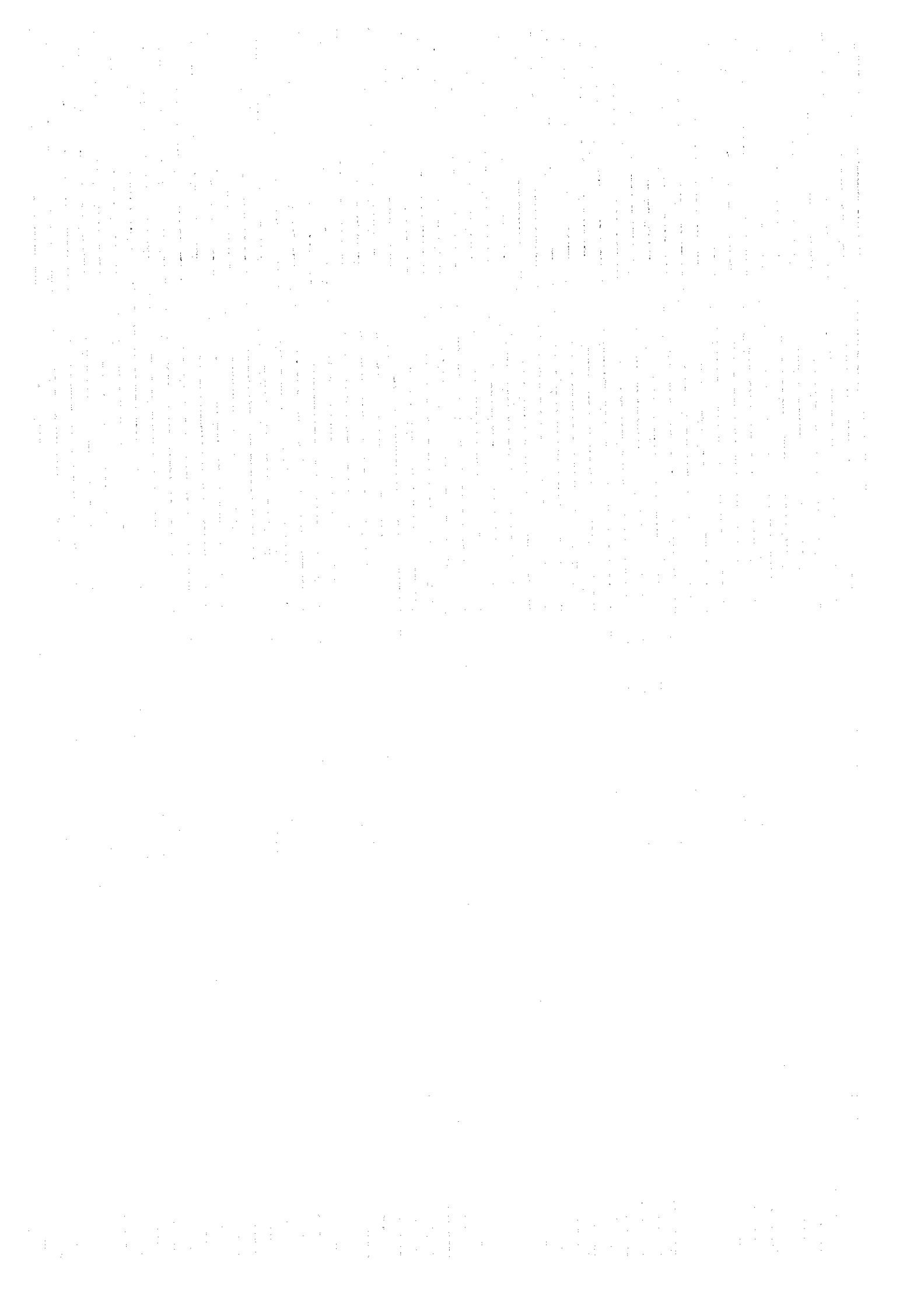
A partir de la interpretación fotogeológica de los datos de JERS-1/SAR se realizó la clasificación de las unidades geológicas y la interpretación de los liniamientos.

La clasificación de las unidades geológicas se llevó a cabo utilizando como consulta el mapa geológico ya existente (INGEMMET, 1975). La interpretación reclasificó, en el mapa geológico de INGEMMET (1975), el estrato del período cuaternario (Q-c) en depósitos aluviales (Q3) y los depósitos aluviales o los depósitos deluviales que no pudieron ser clasificados en Q2. El estrato del período terciario, según las diferencias en la forma de la red de drenaje, se pudo clasificar detalladamente en 3 unidades desde T1 hasta T3. El estrato del período cretácico al período terciario (en el mapa geológico KT1-c) a partir de la estructura de la superficie del terreno y la forma de la red de drenaje se clasificó detalladamente desde KT1 a KT3. Las rocas intrusivas del período jurásico al período cretácico (en el mapa geológico JK-i) según la forma de la red de drenaje se dividió en JK-ia y JK-ib. El grupo Mitu a partir de las

características de la forma de la red de drenaje de tipo paralelo y la forma de tipo dendrítica se clasificó en P1 y P2. Las rocas sedimentarias del período silúrico al período devónico (en el mapa geológico SD) según las diferencias en la estructura de la superficie pudo ser clasificada en SD1 y SD2. Además, el estrato paleozóico de edad desconocida a partir de la forma de la red de drenaje, la estructura de la superficie, las tonalidades, etc. se clasificó detalladamente en 9 unidades desde LPa hasta LPi.

Los liniamientos de la que se nombra flexión Abancay, que se le dice tendencia de los Andes, varían desde la dirección NW-SE hacia la dirección E-W, pudieron ser descifrados de forma evidente en la parte norte de la región de estudio. En contraste con esto, en la parte sur de la región de estudio se pudo descifrar abundantes liniamientos del sistema N-S. Los liniamientos, dentro del estrato paleozóico, son el resultado característico de la dirección de los planos de estratificación, dentro del estrato mesozóico y las rocas intrusivas son del sistema N-S y del sistema NW-SE, en comparación la densidad de liniamientos en el primero es más alta.

En los resultados del análisis espectral a partir de los datos del LANDSAT/TM se observan anomalías espectrales en las unidades geológicas de la formación Paleozóica SD1, SD2, O, dentro de la formación Paleozóica de edad desconocida y dentro del grupo Mitu, que se extrajeron como zonas con posibilidad de distribución de zonas de alteración.



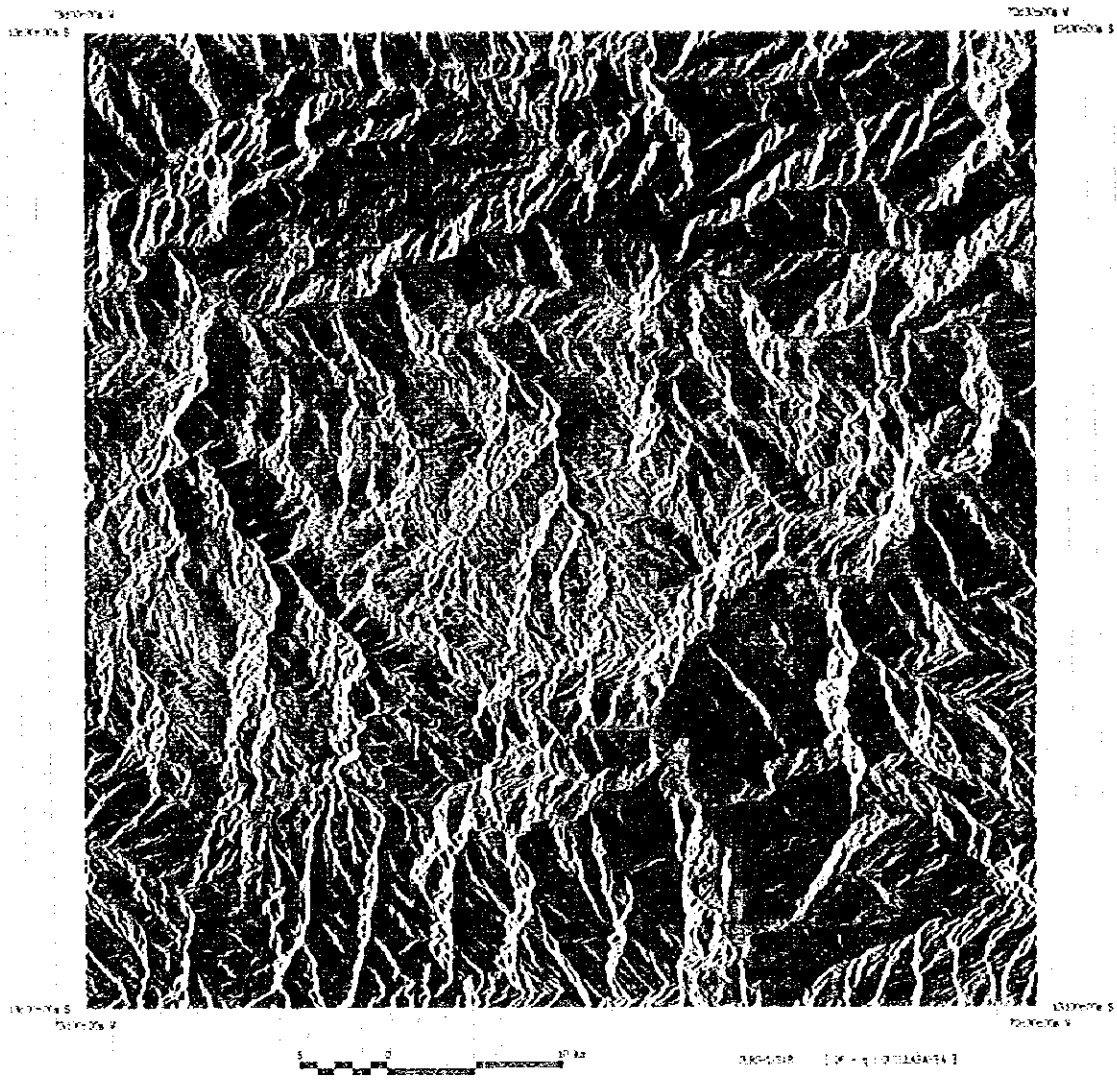


Figura 4-1 IMAGEN DEL JERS-1/SAR (CUADRANGULO 26-q)

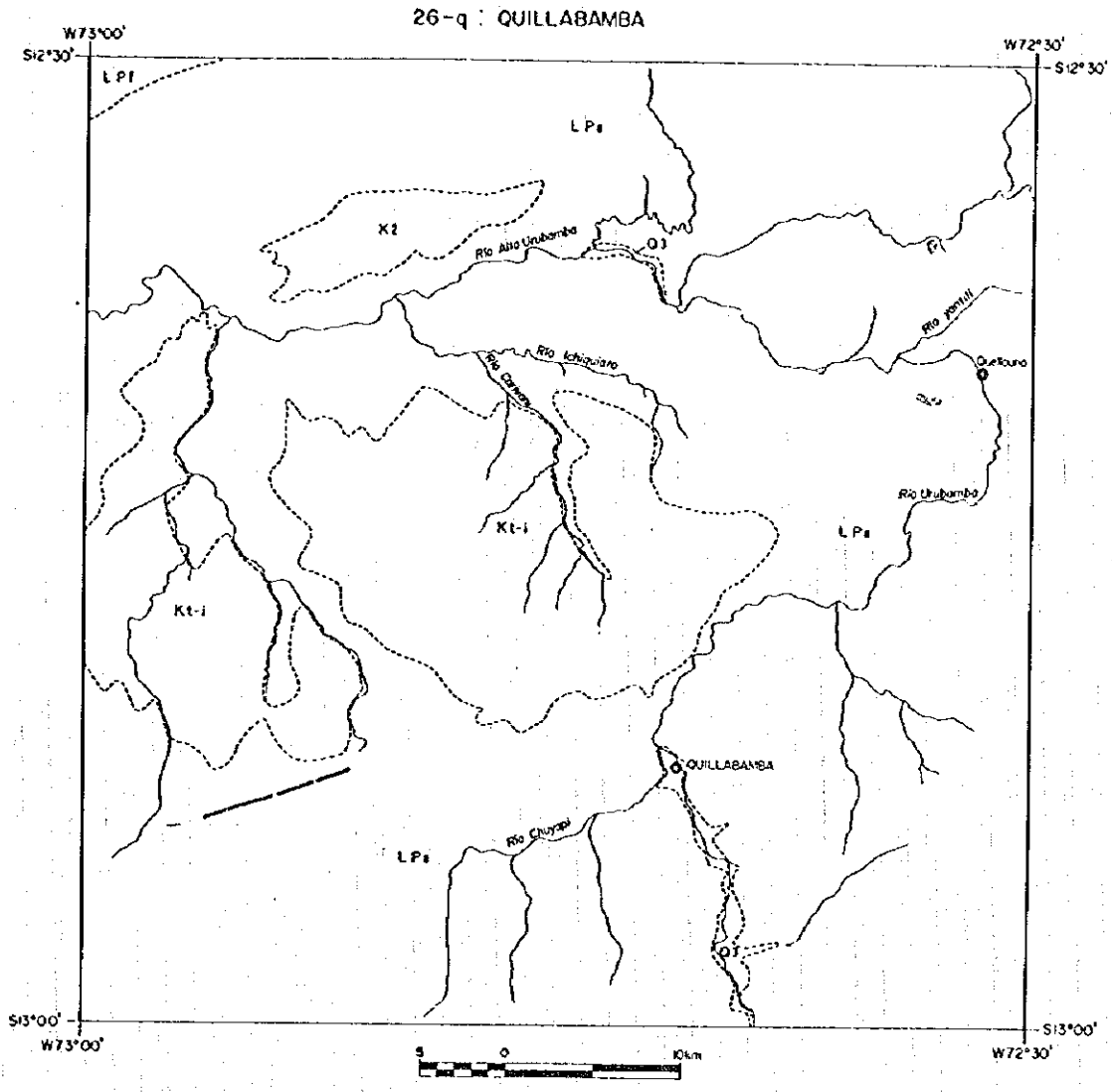




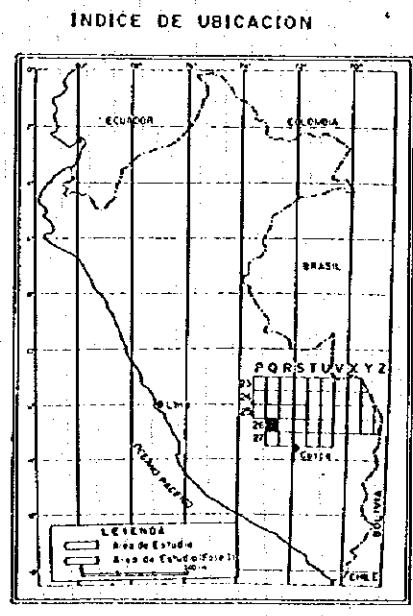


Figura 4-2 IMAGEN DEL LANDSAT/TM (CUADRANGULO 26-q)





- LEYENDA**
- LPI — contacto y nombre de unidad
  - - - LPs - - - contacto inferido y nombre de unidad
  - - - rumbo y buzamiento de foliación
  - ↔ eje de plegue anticlinal y su plonge
  - ↔ eje de plegue sinclinal y su plonge
  - ↔ falla trascurrente
  - falla probable
  - - - lineamiento
  - pueblo
  - río, quebrada
  - laguna
  - camino
  - ⊗ anomalía espectral (LANDSAT/ TM)



**Figura 4-3 MAPA DE INTERPRETACION DE UNIDADES GEOLOGICAS Y ZONAS DE ALTERACION (CUADRANGULO 26-q)**







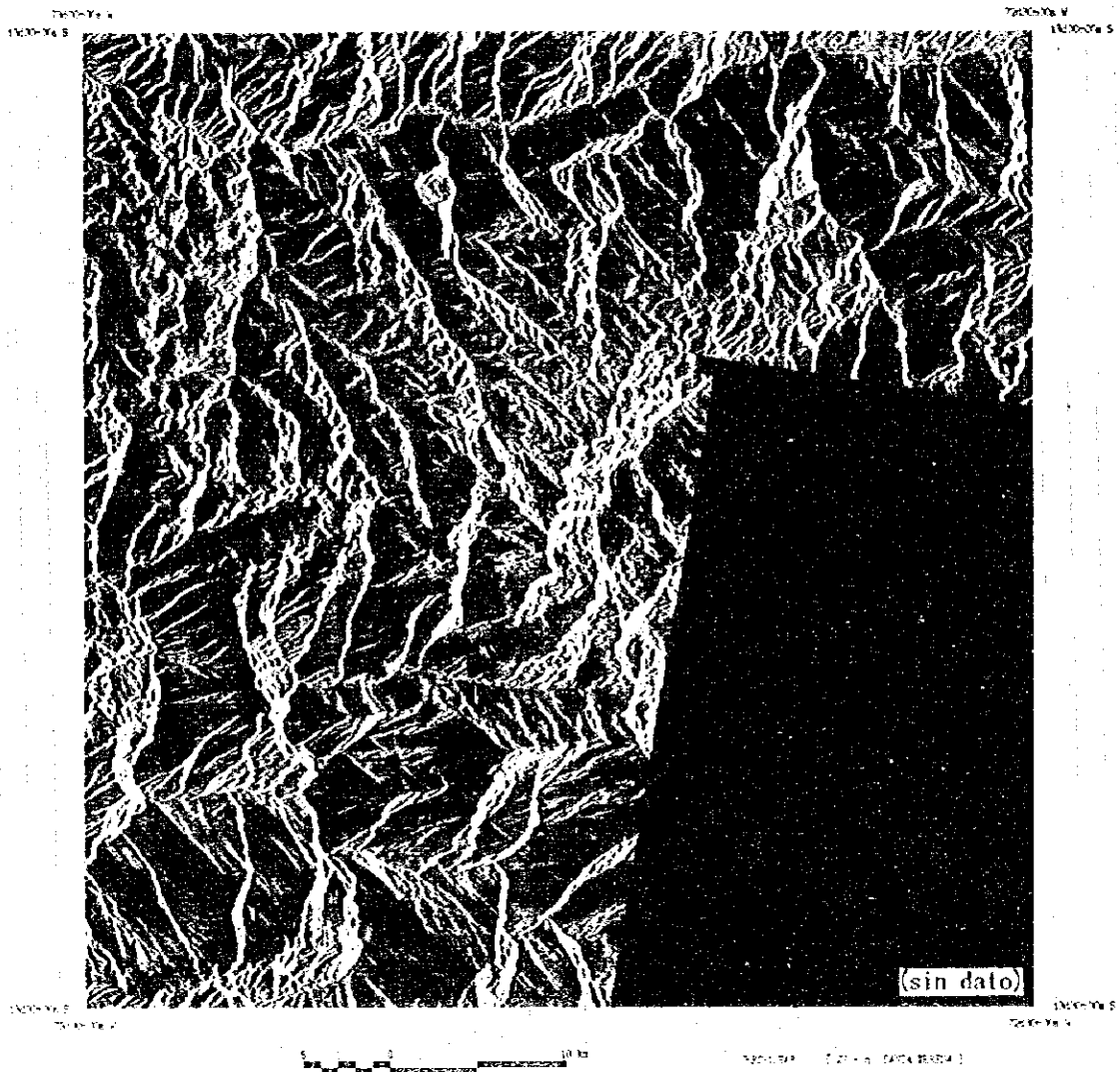


Figura 5-1 IMAGEN DEL JERS-1/SAR (CUADRANGULO 27-q)

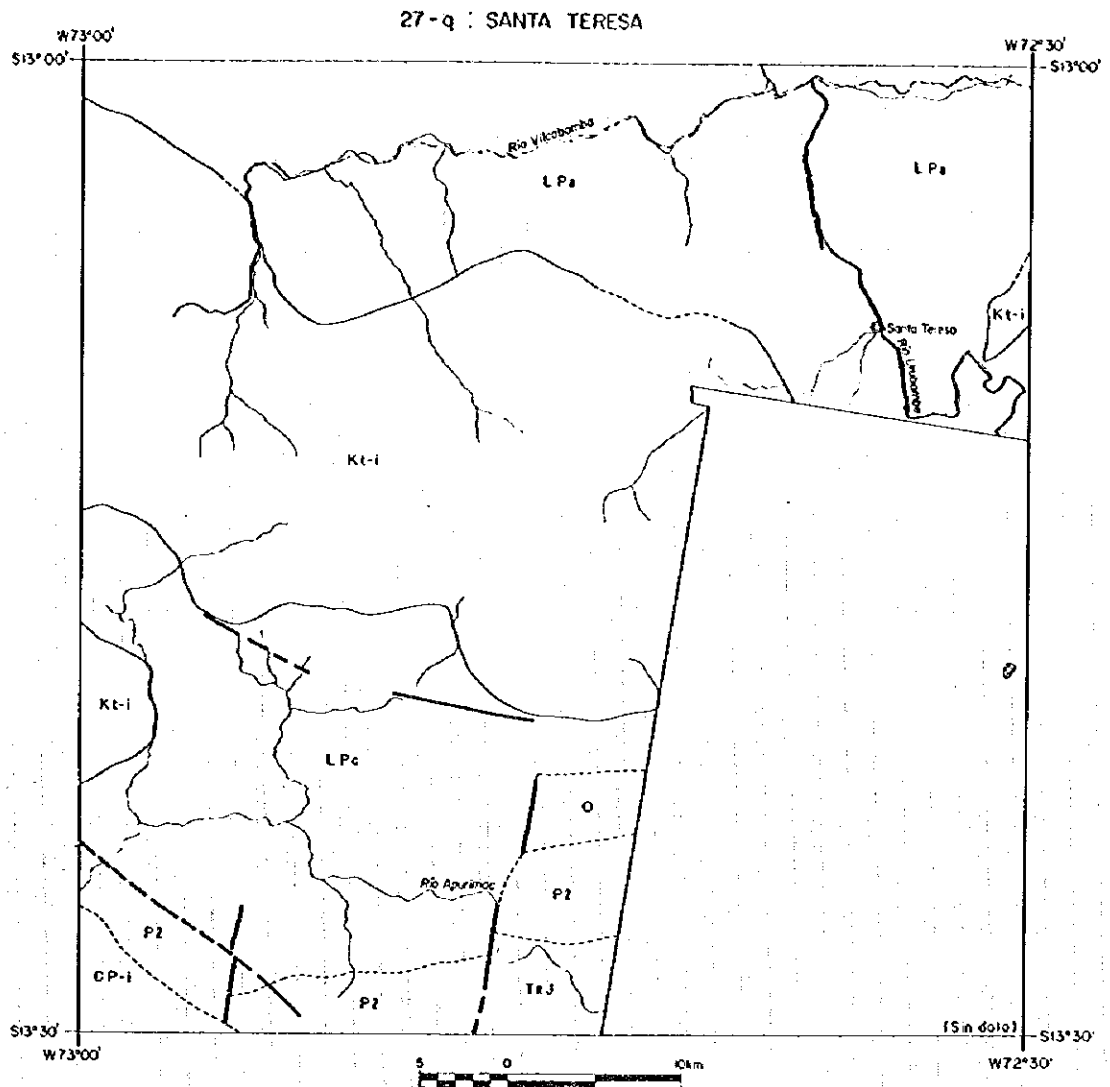






Figura 5-2 IMAGEN DEL LANDSAT/TM (CUADRANGULO 27-q)





- LEYENDA**
- LPa — contacto y nombre de unidad
  - - - LPa - - - contacto inflexo y nombre de unidad
  - - - rumbos y buzamiento de foliación
  - P — eje de pliegue anticlinal y su plonge
  - S — eje de pliegue sinclinal y su plonge
  - F — falla trascurrente
  - - - falla probable
  - - - lineamiento
  - pueblo
  - río quebrado
  - laguna
  - camino
  - β anomalía térmica (LANDSAT/TM)

**ÍNDICE DE UBICACION**

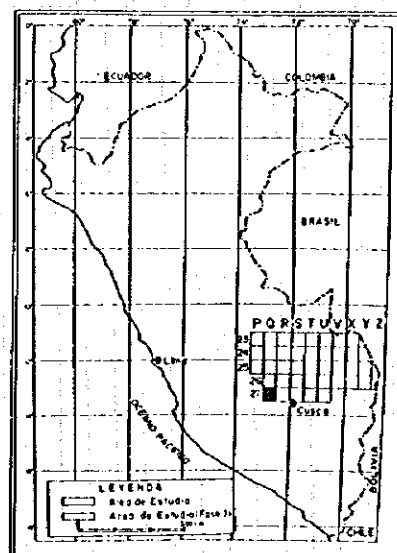
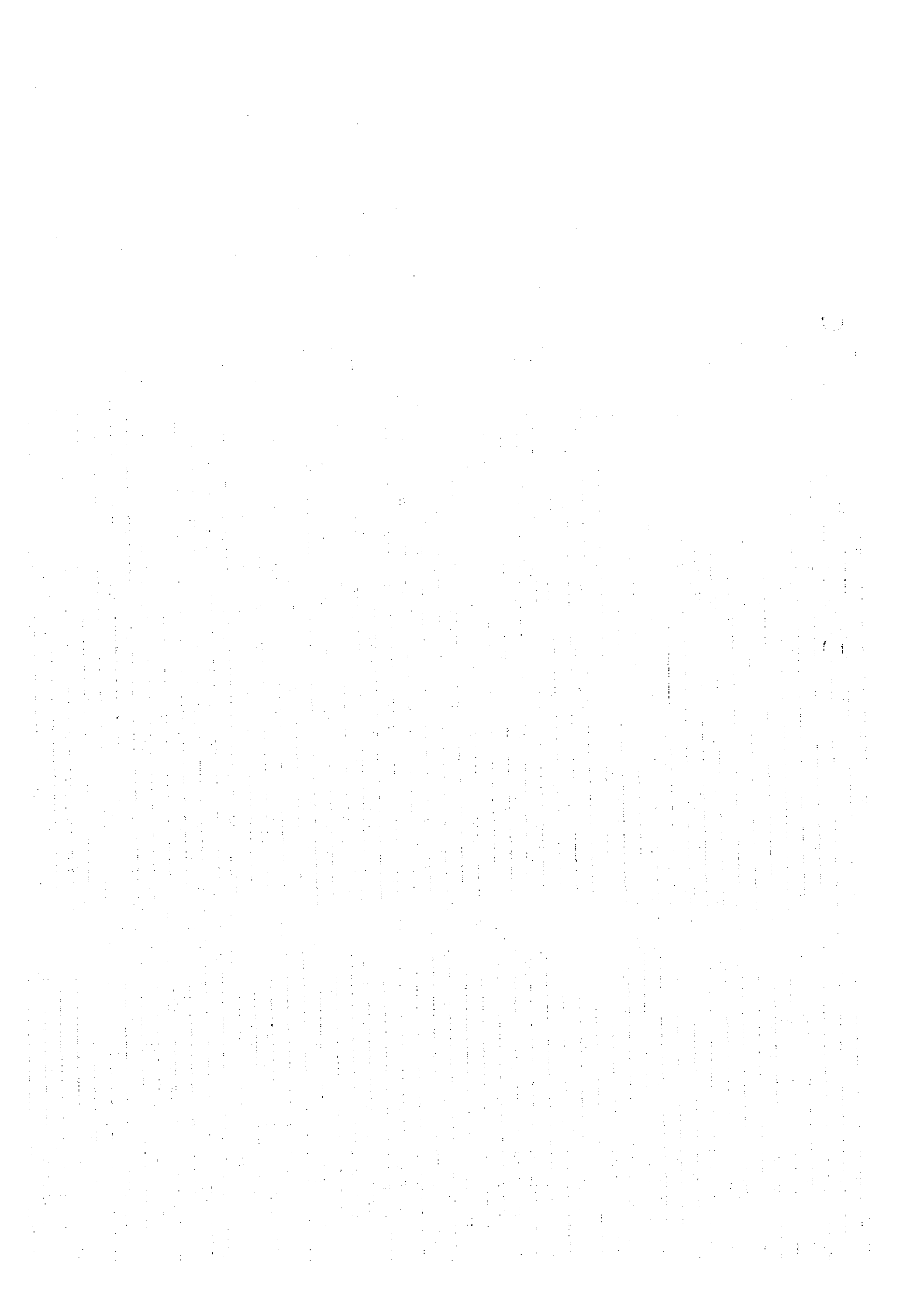
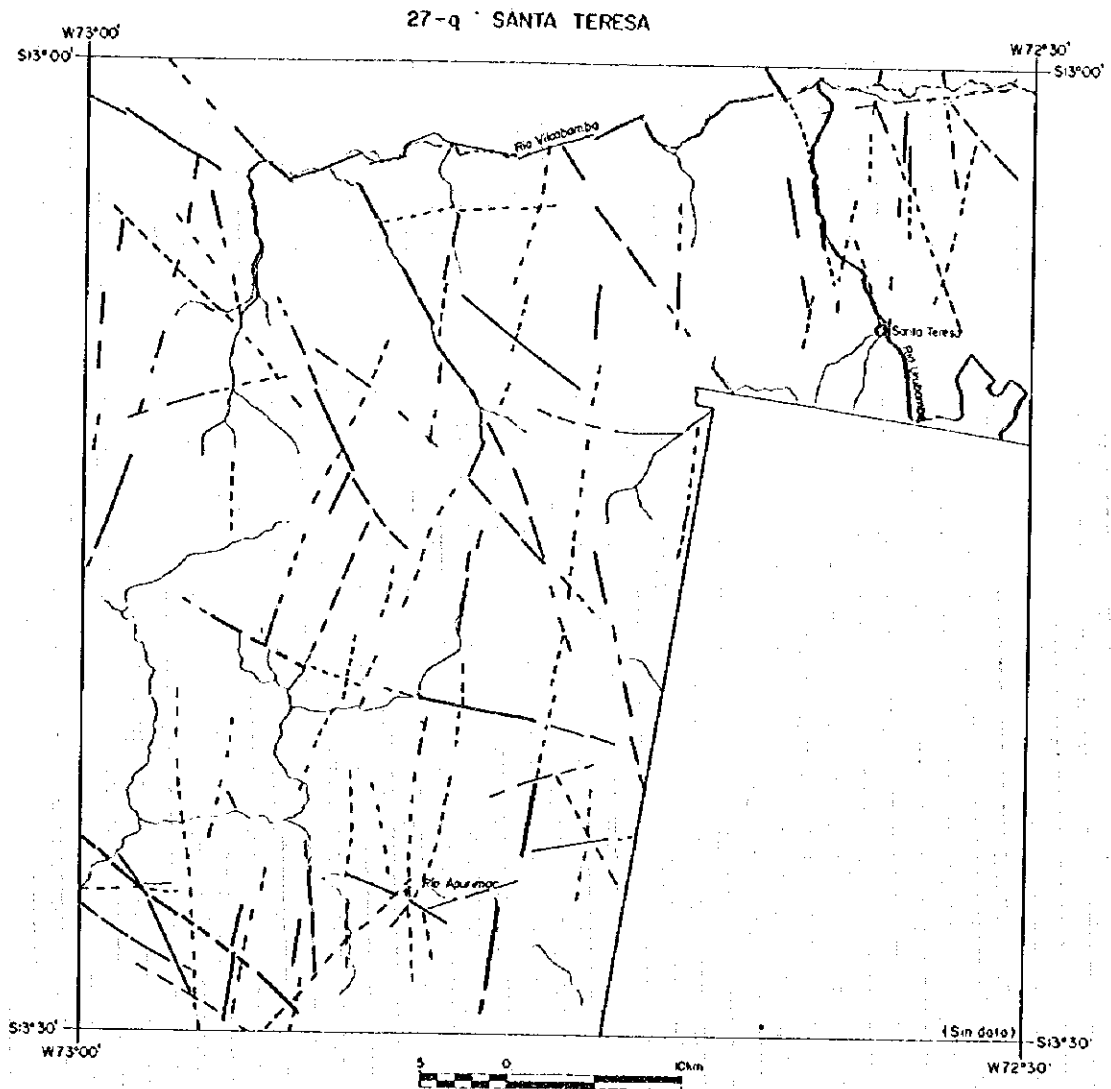


Figura 5-3 MAPA DE INTERPRETACION DE UNIDADES GEOLOGICAS Y ZONAS DE ALTERACION (CUADRANGULO 27-q)





- LEYENDA**
- SP4 --- contacto y nombre de unidad
  - SPe --- contacto interno y nombre de unidad
  - rumbo y buzamiento de foliación
  - ←+→ eje de pliegue anticlinal y su plonge
  - ←-→ eje de pliegue sinclinal y su plonge
  - falla transcurrente
  - falla probable
  - lineamiento
  - pueblo
  - ~ río, quebrada
  - ~ laguna
  - ~ camino

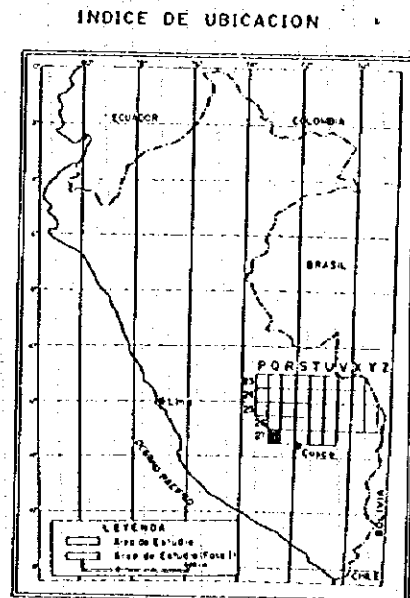


Figura 5-4 MAPA DE INTERPRETACION DE LINIAMIENTOS  
(CUADRANGULO 27-q)



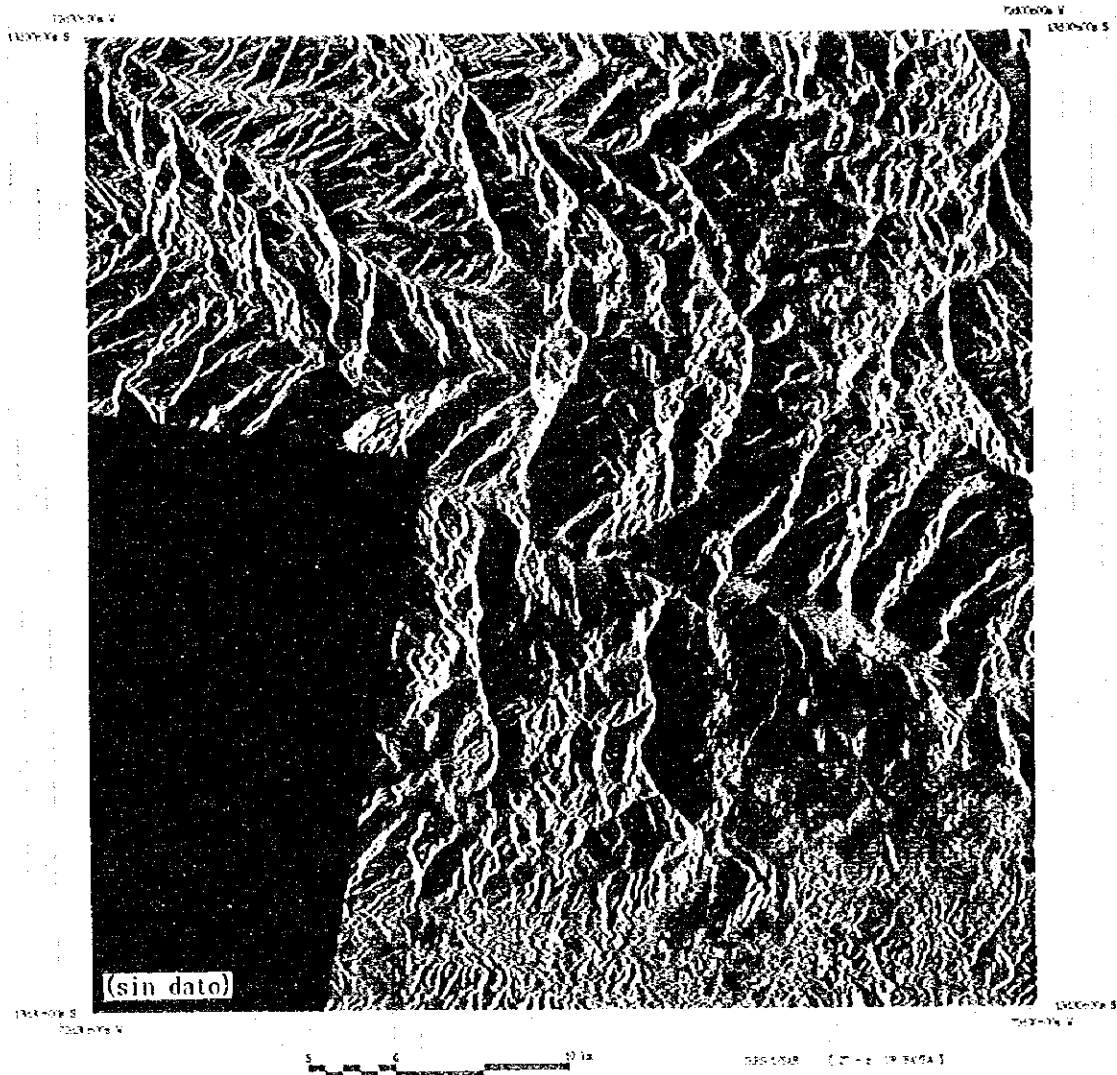
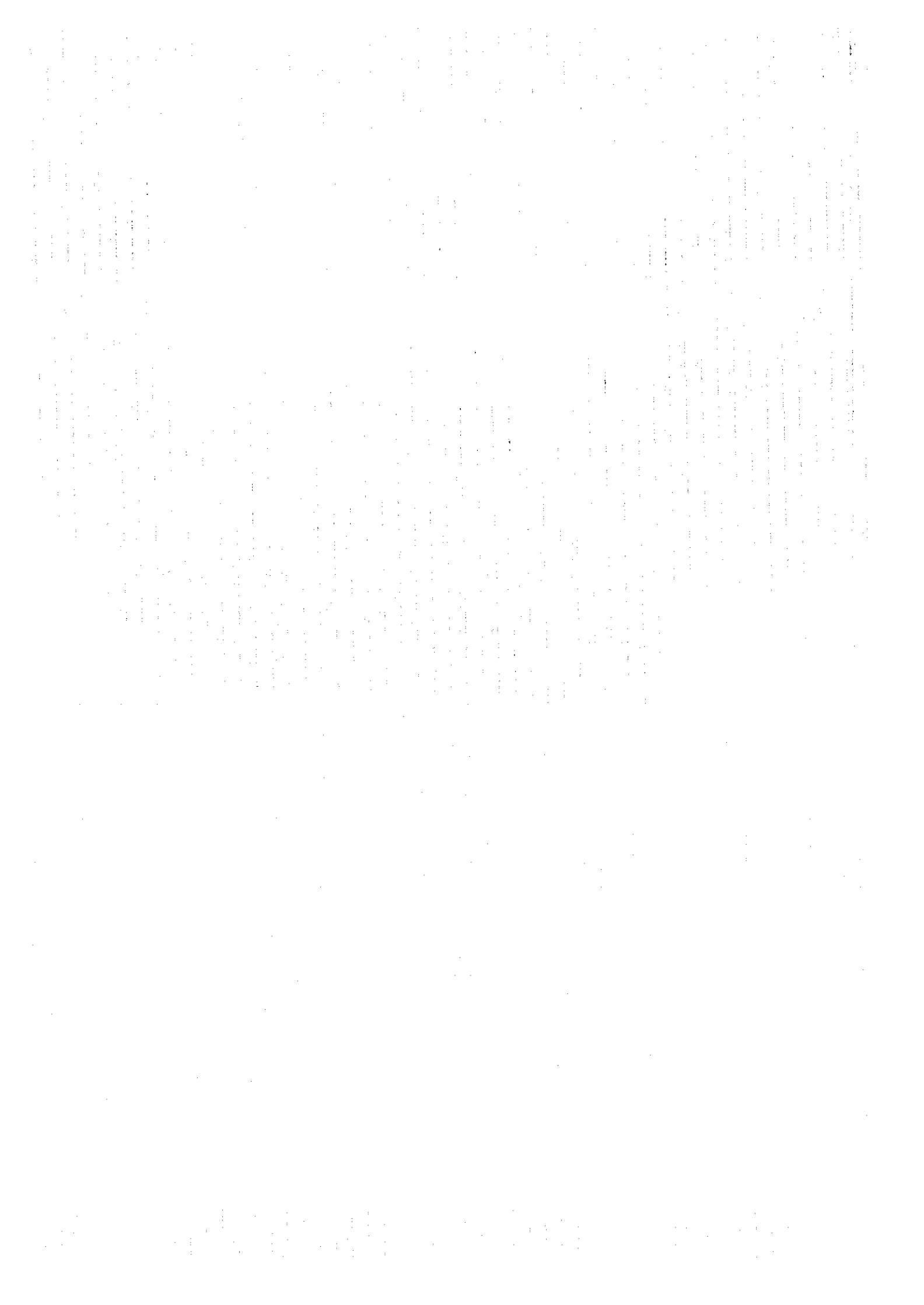


Figura 6-1 IMAGEN DEL JERS-1/SAR (CUADRANGULO 27-c)





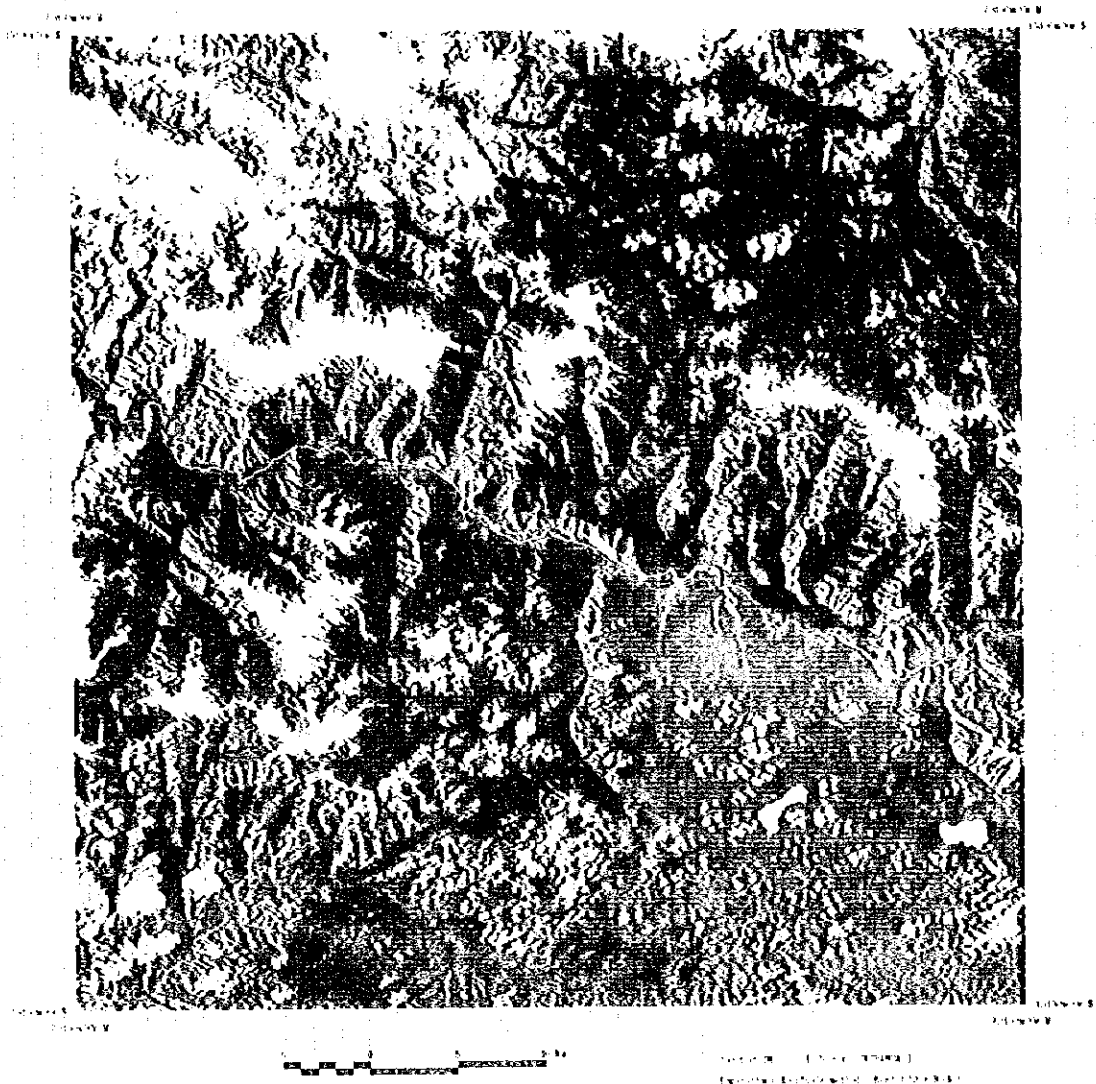
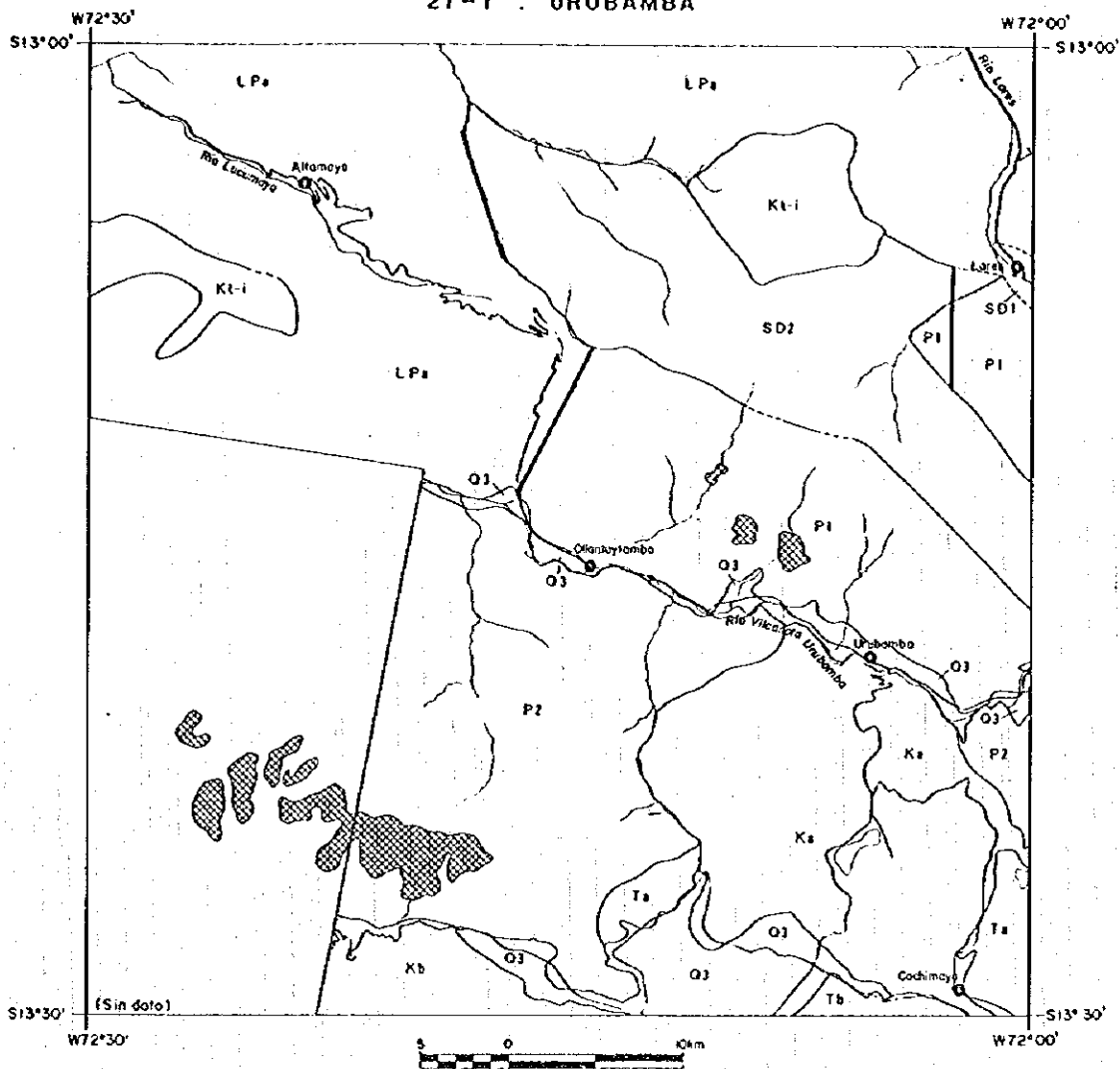


Figura 6-2 IMAGEN DEL LANDSAT/TM (CUADRANGULO 27-r)



27-r : URUBAMBA



LEYENDA

- LPa — contacto y nombre de unidad
- LPa — contacto inferido y nombre de unidad
- rumbo y buzamiento de foliación
- eje de plegue anticlinal y su plonge
- eje de plegue sinclinal y su plonge
- falla trascurrenente
- falla probable
- lineamiento
- o — pueblo
- río, quebrada
- laguna
- camino
- 8 — anomalía espectral (LANDSAT/TM)

INDICE DE UBICACION

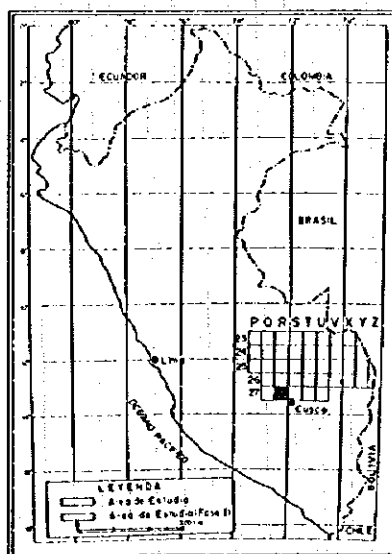
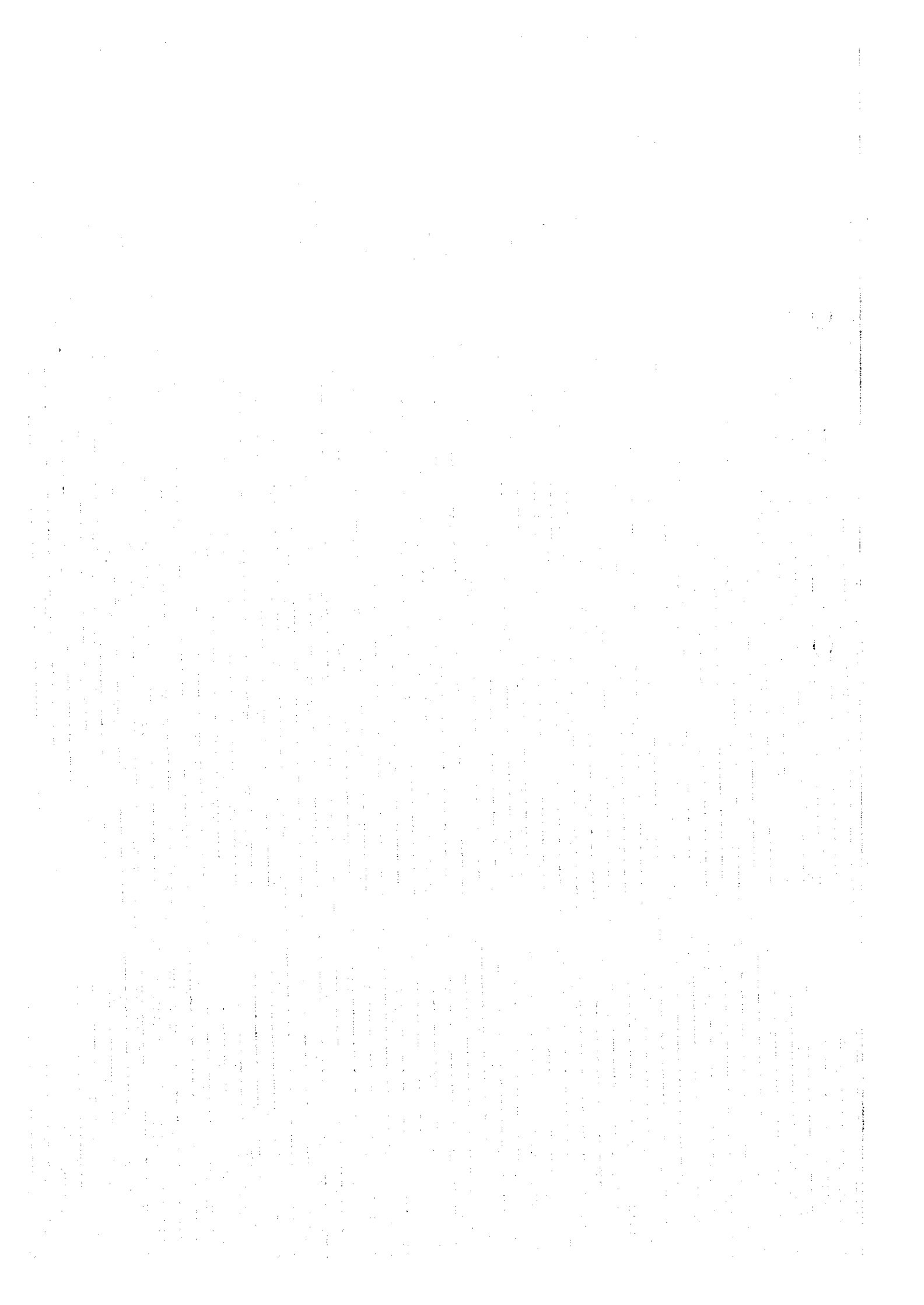
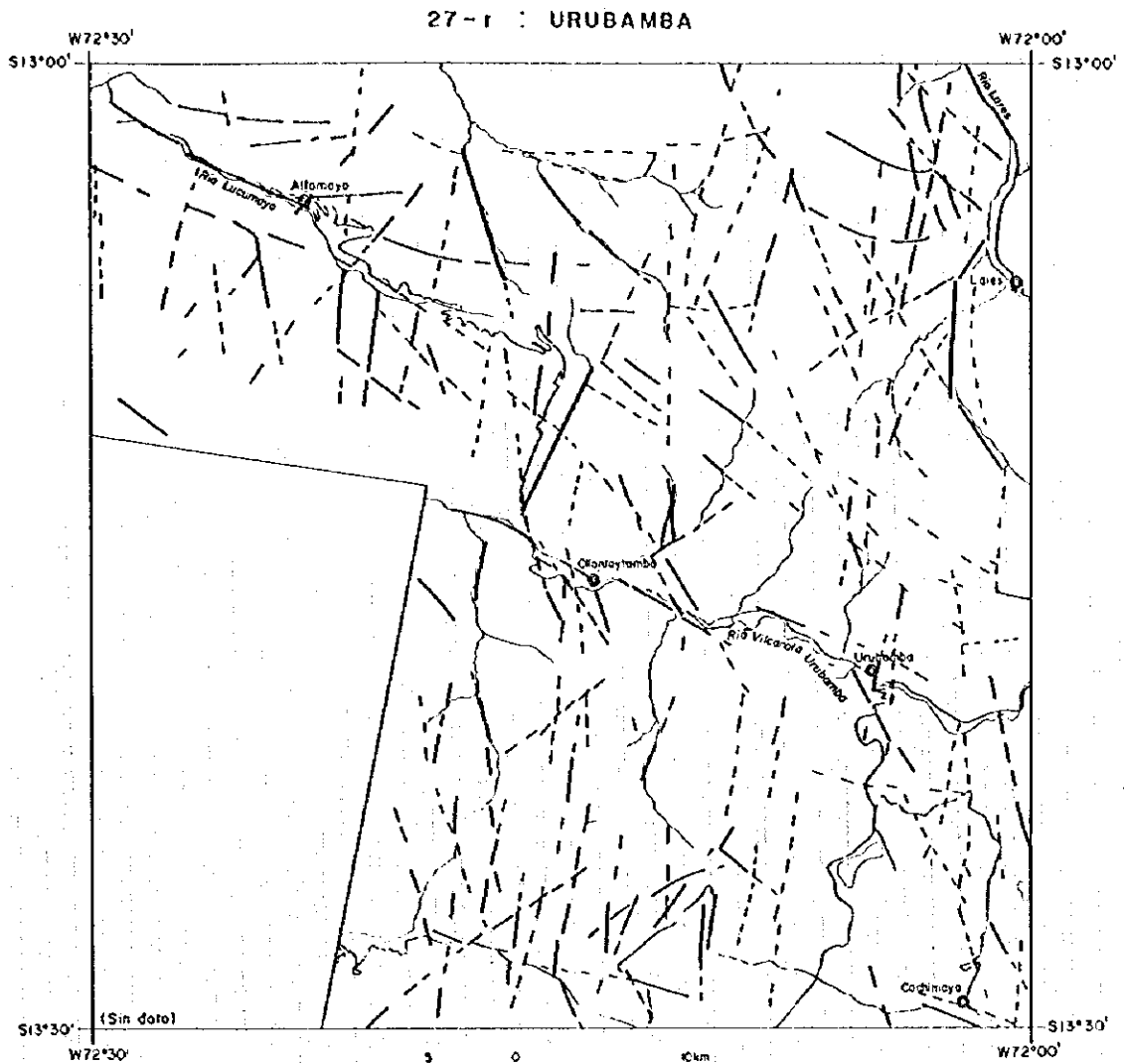


Figura 6-3 MAPA DE INTERPRETACION DE UNIDADES GEOLOGICAS Y ZONAS DE ALTERACION (CUADRANGULO 27-r)





- LEYENDA**
- contacto y nombre de unidad
  - contacto inferido y nombre de unidad
  - rumbo y buzamiento de foliación
  - eje de pliegue anticlinal y su plonge
  - eje de pliegue sinclinal y su plonge
  - falla trascorrente
  - falla probable
  - lineamiento
  - pueblo
  - río, quebrado
  - laguna
  - camino

**INDICE DE UBICACION**

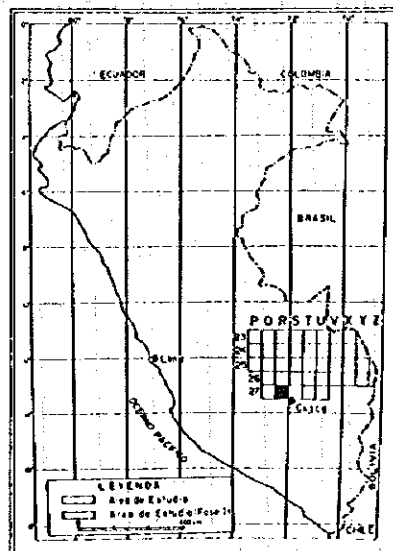


Figura 6-4 MAPA DE INTERPRETACION DE LINIAMIENTOS  
(CUADRANGULO 27-r)



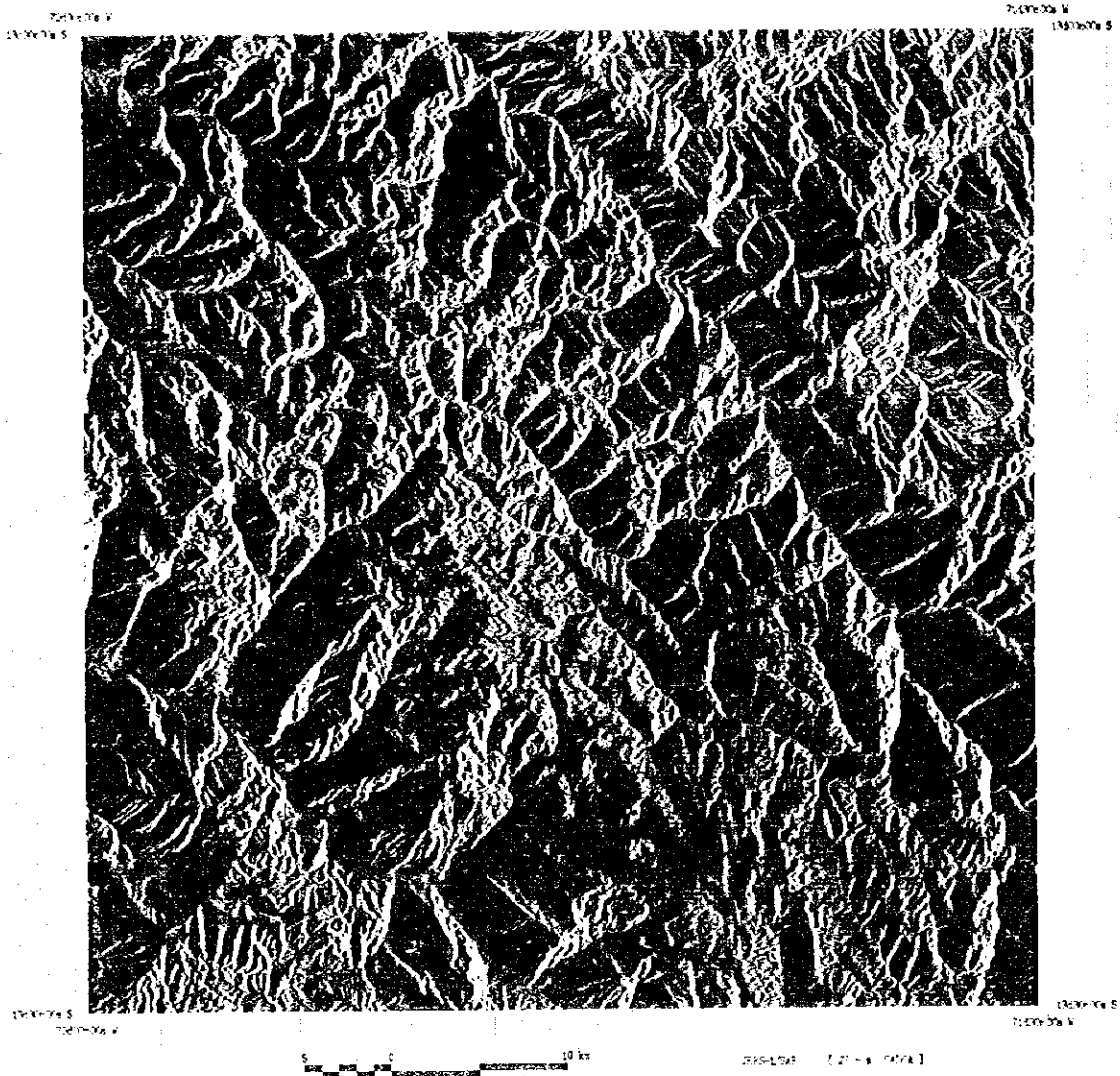


Figura 7-1 IMAGEN DEL JERS-1/SAR (CUADRANGULO 27-s)



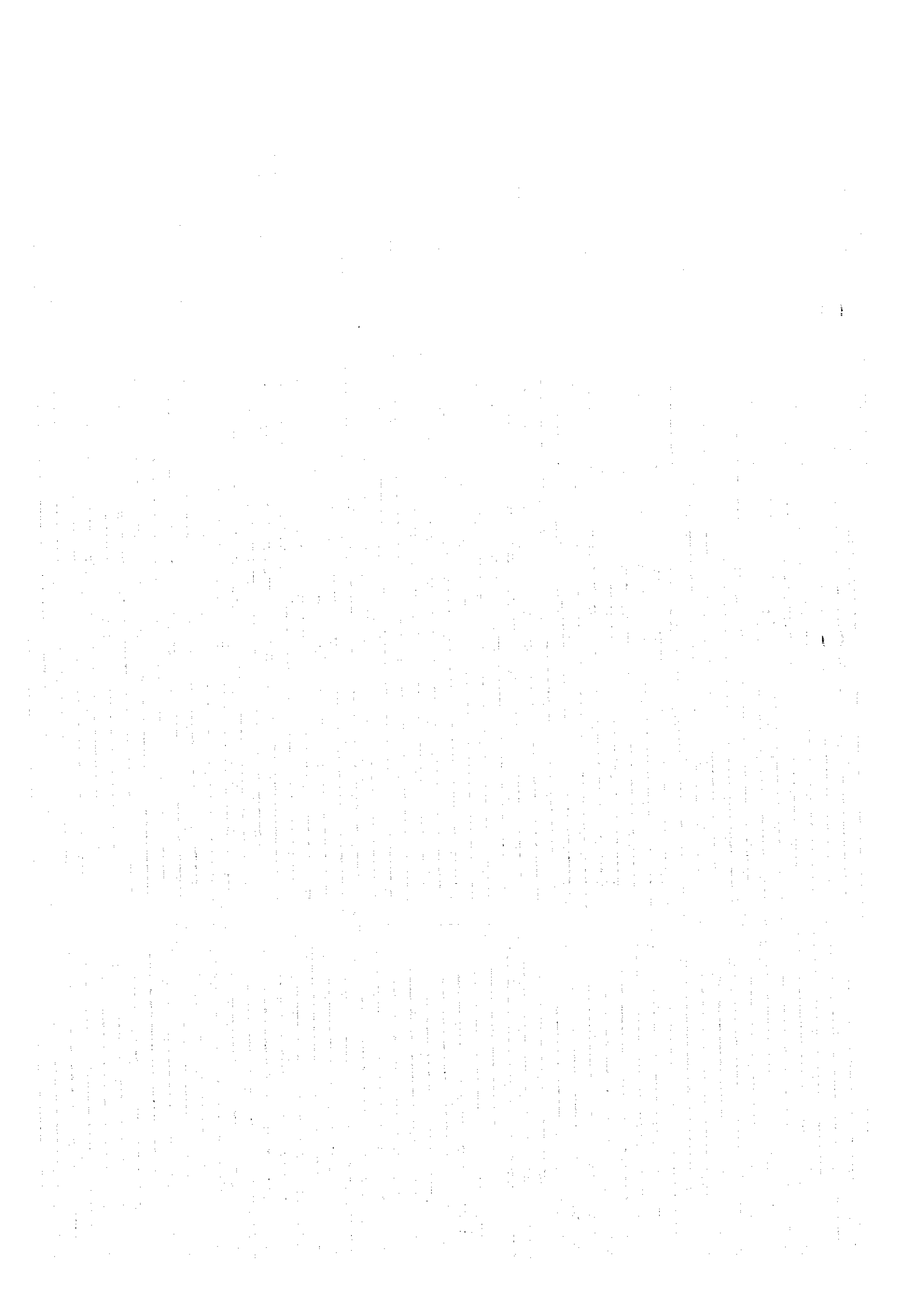


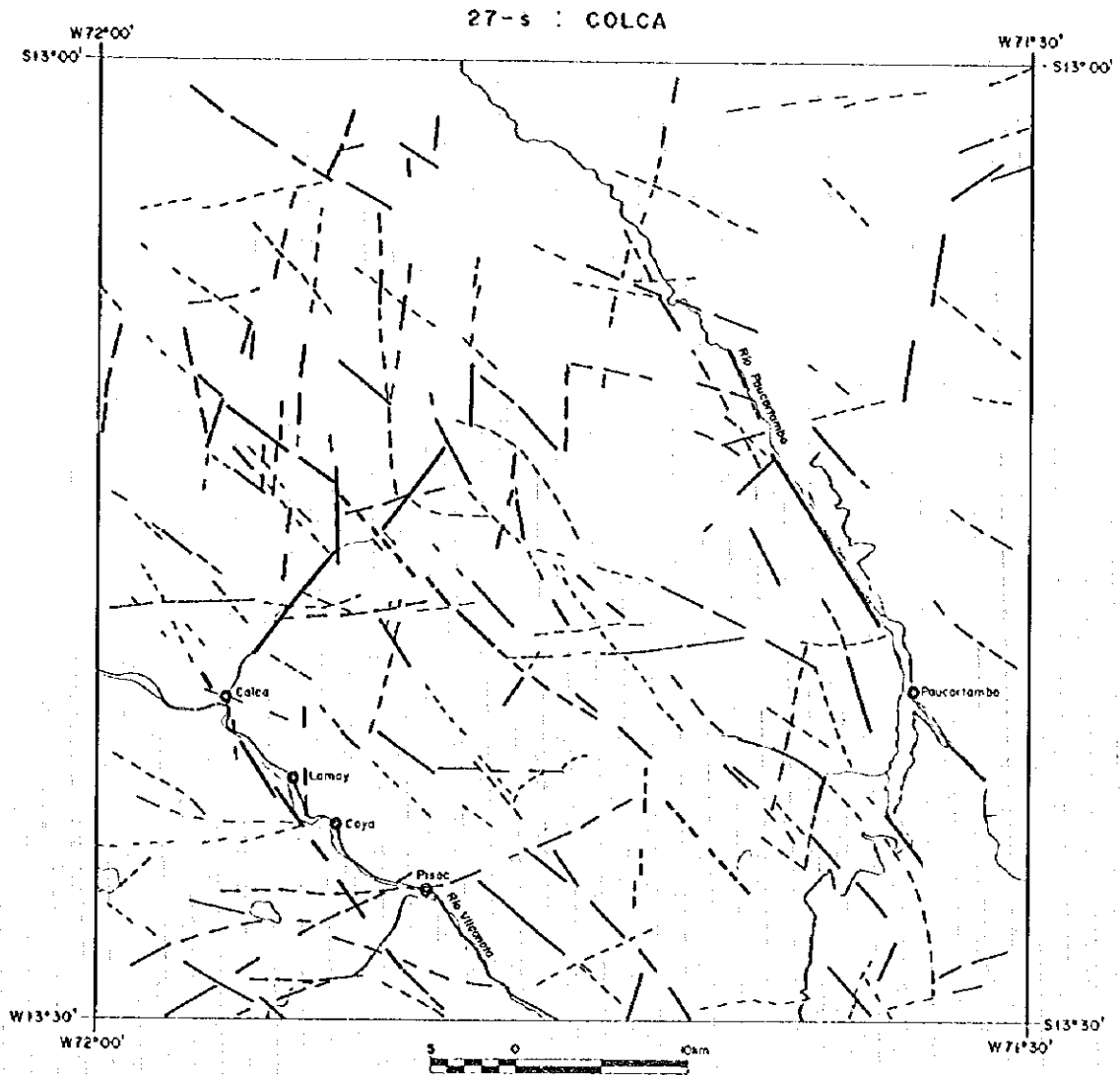


Figura 7-2 IMAGEN DEL LANDSAT/TM (CUADRANGULO 27-s)









- LEYENDA**
- contacto y nombre de unidad
  - - - contacto infuso y nombre de unidad
  - rumbo y buzamiento de foliación
  - ↖ eje de pliegue anticlinal y su plonge
  - ↙ eje de pliegue sinclinal y su plonge
  - falla trascurrenente
  - falla probable
  - - - lineamiento
  - pueblo
  - río, quebrada
  - laguna
  - camino

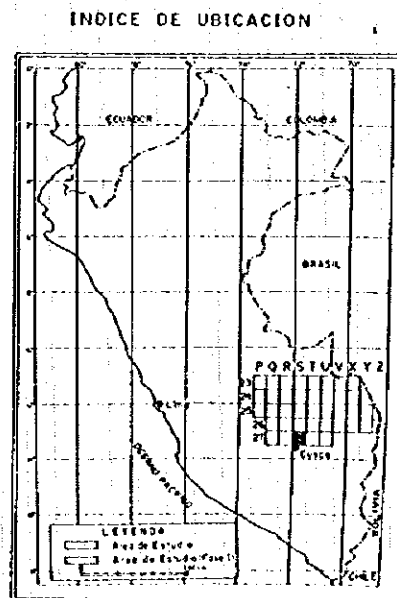


Figura 7-4 MAPA DE INTERPRETACION DE LINIAMIENTOS  
(CUADRANGULO 27-s)



## CAPITULO 2 ANALISIS DE LOS DATOS PRECEDENTES

### 2-1 Objetivos del análisis

Los datos precedentes fueron coleccionados, ordenados y analizados, según lo cual se confeccionó un resumen de los yacimientos y las indicaciones minerales dentro de la zona objeto de estudio y poder comprender las condiciones de existencia de los mismos.

### 2-2 Geología

#### 2-2-1 Datos recopilados

Los datos recopilados se reunieron a partir del informe geológico de INGEMMET, de los mapas geológicos editados por Petroperú, de los informes técnicos del Banco Minero del Perú, de las memorias de graduación y las tesis de ingeniería de la Universidad del Cusco, de los informes de los estudios de la ONERN, de Los Boletines de la Sociedad Geológica del Perú, etc. Los detalles de los datos reunidos se presentan en los documentos y datos recopilados.

#### 2-2-2 Resumen geológico

##### (1) Estratigrafía

Las unidades geológicas representadas en la región de estudio están compuestas por la formación Paleozóica inferior y superior, formación Mesozóica, formación Cenozóica y rocas intrusivas.

La formación Paleozóica inferior se distribuye ampliamente en la parte central de la región de estudio. Esta formación inferior ha sido estudiada detalladamente en los cuadrángulos 27-r y 27-s de los alrededores del Cusco (Carlotto et. al., 1995).

##### [Formación Ollantaytambo]

Esta formación se distribuye en los alrededores de Ollantaytambo del cuadrángulo 27-r y se supone que es el estrato más antiguo de la región de estudio. Las litofacies están compuestas por el desarrollo de la estratificación de conglomerado, arenisca, cuarcita, rocas volcánicas (ignimbrita), etc. suponiendo la edad geológica del período cámbrico en las rocas metamórficas. El espesor de la formación es de unos 1,000 m.



#### [Formación Ordovícica]

Esta formación se distribuye en los cuadrángulos 27-r y 27-s hacia el norte de Ollantaytambo y hacia el norte de Paucartambo, dividiéndose en el estrato inferior, formado principalmente por conglomerado, el estrato central compuesto fundamentalmente por pizarra y cuarcita y el estrato superior constituido principalmente por cuarcita, el espesor total registrado de la formación es de 4,500 m.

#### [Formación Zapla]

Esta formación se distribuye en pequeña escala en el cuadrángulo 27-s en Calca y hacia el norte de Paucartambo. Las litofacies son sedimentos glaciales consistentes en tellita de grano fino de ambiente marino. El espesor de la formación está entre 100 m a 200 m. La edad geológica se supone sea del período silúrico.

#### [Formación Unidad Superior]

Esta formación se distribuye en pequeña escala en el cuadrángulo 27-r hacia el norte de Ollantaytambo, se distribuye además en el cuadrángulo 27-s en Calca y hacia el norte de Paucartambo. Las litofacies están compuestas por pizarra, esquisto cristalino, cuarcita, etc. desarrolladas en la superficie de estratificación. El espesor de la formación es de 4,000 m. La edad geológica establecida a partir de fósiles se supone entre los períodos silúrico y devónico.

Esta formación se subdividió en estrato inferior y estrato superior, el estrato inferior se desarrolla la estratificación destacándose pizarra gris con fósiles, siendo el espesor del estrato entre 2,500 m y 3,000 m. El estrato superior corresponde, según Mendivil, S. (1978) a la Formación Cctca y a la Formación Urcos, compuestas por esquisto arcilloso, esquisto de barro, arenisca, cuarcita, etc. El espesor del estrato es de entre 1,000 m y 1,500 m. La Formación Urcos en comparación con la Formación Amanea de Puno se observan abundantes vetas de cuarzo que entrecruzan diagonalmente la estratificación.

#### [Grupo Copacabana] (Douglas, J. A., 1914)

Esta formación se distribuye en los alrededores de Limatambo. Las litofacies están compuestas por caliza y de origen marino, el espesor de la formación es de entre 600 m y 700 m. La edad geológica establecida a partir de fósiles es del período pérmico. El Grupo Copacabana se subdivide en 4 formaciones. Las 4 formaciones son la Formación Tinta de 50 m de espesor constituida principalmente

por arenisca silicificada (Dávila, D., 1987), la Formación Chuquicahuana de 100 m de espesor formada fundamentalmente por alternancia de caliza, lutita y lutita arenosa (Mendivil, S., 1978), la Formación San Salvador de entre 400 m a 500 m de espesor compuesta por poca cantidad de lutita intercalada en el estrato de caliza (Mendivil, S., 1978) y la Formación Yaucat de 50 m a 300 m de espesor compuesta en la parte inferior por arenisca roja y lutita y en la parte superior por alternancia de caliza y arenisca (Dávila, D., 1987). El Grupo Mitu cubre al presente grupo con una relación de discordancia.

[Grupo Mitu] (Mc. Laughlin, D. H., 1924)

Esta formación se distribuye en el cuadrángulo 27-r hacia el norte de Urubamba, se distribuye además en el cuadrángulo 27-s en los alrededores de Calca. Las litofacies se dividen en 2 formaciones que son la Formación Pisac que está compuesta por conglomerado, arenisca, esquisto de barro y rocas volcánicas (Gabelman, J. et al., 1984) y la Formación Pachatusan formada por toba de color rojo, brecha, aglomerado, basalto, riolita, ignimbrita, etc. de un ancho espesor y macizo de rocas volcánicas (Gregory, H., 1916). El espesor de la formación varía de 600 m a 2,000 m. La edad geológica se establece desde el período pérmico tardío al período triásico. El Grupo Pucará, equivalente a formación, cubre al presente grupo discordantemente.

[Grupo Pucará, equivalente a formación]

Esta formación se distribuye en la parte cercana a la formación Paleozóica dentro de los cuadrángulos 25-p, 25-q y 26-q. las litofacies están representada por caliza. Las condiciones geológicas detalladas dentro de la región de estudio aunque son desconocidas, la edad geológica está entre el período triásico tardío al período jurásico reciente. Se compara, para esta misma época, con la Formación Huambutio (Dávila, D., 1987) compuesta por arenisca silicificada, esquisto de barro rojo y yeso, el espesor es de 200 m.

[Grupo Goyllarisquizga, equivalente a formación]

Esta formación se distribuye dentro de los cuadrángulos 24-p, 25-p, 25-q, 27-r y 27-s. Las litofacies están compuesta principalmente por estratos de conglomerado, cuarcita, caliza y lutita. La edad geológica es del período cretácico reciente. Dentro de los cuadrángulos 27-r y 27-s, una parte dentro del grupo está compuesta por arenisca silicificada, conglomerado, esquisto de barro y lutita, que se compara con la Formación Huancané (Cabrera et al., 1936). En los

alrededores de Urubamba se compone de conglomerado, arenisca conglomerada, y arenisca silicificada, siendo el espesor de la formación de 30 m a 150 m.

#### [Formación Cretácica Superior]

Esta formación se distribuye en los cuadrángulos 25-q, 25-s, 26-s, 27-r y 27-s. En los cuadrángulos 27-r y 27-s se compara con la Formación Yuncaypata. Las litofacies se dividen para la parte inferior de la formación donde están representadas por lutita calcárea y caliza y en la parte superior de la formación por lutita roja, caliza, marga y lutita negra o verde

#### [Formación del Paleoceno]

Esta formación se distribuye dentro de los cuadrángulos 24-p, 25-p, 25-q, 25-s, 26-s y 27-s. Dentro del cuadrángulo 27-r se clasifican como Formación Quilque y Grupo San Jerónimo. Las litofacies para el primer caso se componen de lutita, arenisca roja y conglomerado, siendo el espesor de la formación de 250 m. En el segundo caso aparecen litofacies de color rojo de sedimentos de origen continental, el espesor se establece que alcanza hasta 6,000 m.

#### [Formación del Neoceno]

Esta formación se distribuye en la parte sur del cuadrángulo 27-r y está compuesta principalmente por rocas volcánicas. El espesor de la formación es de entre 100 m y 500 m.

#### [Formación Cuaternaria]

En la cuenca de los ríos se reconocen los depósitos deluviales y aluviales. Además, en las cercanías de los glaciales reconocidos en los lugares elevados se observa morrena.

#### (2) Rocas intrusivas

Las rocas intrusivas se distribuyen en 2 tipos de batolitos.

Estos son el batolito Machu Picchu del sistema de roca alcalina, que se supone intruyó en el período pérmico al período triásico, compuesto por granito, adamelita, diórta monzonítica, etc. presentando  $246 \pm 10$  Ma según los resultados de la datación por Rb/Sr y el batolito Andahuaylas-Yauri del sistema de roca calcoalcalina, que se supone intruyó en el período terciario antiguo, compuesto por granodiorita, gabro, diórta, cuarzodiorita, etc. presentando de  $32.6 \pm 1.0$  a  $37.0 \pm 1.5$  Ma y  $52.7 \pm 2.0$  Ma según los resultados de la datación.

Además de esto se observa roca volcánica shoshonítica en pequeña escala dentro del cuadrángulo 27-r.

### (3) Estructura

Dentro de la región de estudio existe la llamada estructura geológica de zona de transición que se nombra flexión Abancay, la cual es una zona en que varía desde la dirección NW-SE de la tendencia de los Andes hacia la tendencia de dirección E-W.

Las formaciones Paleozóicas se disponen casi paralelamente a la tendencia de los Andes pero en la estructura interna se desarrollan estructuras anticlinales y sinclinales, además debido a la falla de sobre escurrimiento se reconoce la repetición de los estratos.

Las formaciones Mesozóicas se distribuyen en ambos flancos de la estructura anticlinal cuyo eje está formado por la formación Paleozóica, dentro de la zona montañosa se distribuye irregularmente en la parte suroeste del flanco del plegamiento y desde la franja montañosa hacia la franja de la selva se distribuye también intermitentemente en una estrecha extensión en las cercanías de la parte de la transición. En el borde noroeste de la región de estudio las fallas y las relaciones de discordancia se distribuyen en una amplia extensión.

El sistema terciario antiguo y el sistema terciario reciente en la parte superior de estos se distribuye una relación de discordancia.

Las rocas intrusivas se observan en un batolito de rocas graníticas en la parte suroeste de la región de estudio, dentro de la franja montañosa en el grupo paleozóico se presenta metamorfismo de contacto.

## 2-3 Yacimientos minerales

### 2-3-1 Datos recopilados

Los datos recopilados se obtuvieron a partir de los informes geológicos del INGEMMET, de los documentos de la Dirección de Fiscalización Minera del Ministerio de Energía y Minas y del Registro Público de Minería, de los informes de investigación del Banco Minero del Perú, de los mapas geológicos editados por Petroperú, de las memorias de graduación y las tesis de ingeniería de las Universidades del Cusco, San Marcos y Arequipa, etc., de los informes de investigaciones de la ONERN, de Los Boletines de la Sociedad Geológica del Perú, de los documentos de Mitsui Mining and Smelting Co., Ltd., y compañías privadas, etc. Los detalles de los datos reunidos se presentan en la bibliografía y

documentos consultados y datos recopilados.

### 2-3-2 Mineralización

La descripción de los yacimientos y indicaciones minerales dentro de la región de estudio está toda relacionada con la mineralización hidrotermal de oro, plata, cobre, plomo, zinc de los tipos de depósitos de relleno a excepción de los yacimientos de placer, además en una parte contienen minerales radioactivos de níquel, cobalto, uranio, etc. Estos, en los estudios del pasado se supone se realizaron investigaciones y labores con el objetivo de cuerpos minerales de alta ley.

Por otro lado, en Perú los principales yacimientos están concentrados especialmente en estratoligados lo cual está resumido según, comenzando por Ponzoni (1980), Cardoso et. al. (1990), Fontboté (1990), etc. Es decir, en estos estratoligados especiales en que aparecen yacimientos y indicaciones minerales existe la posibilidad de que se desarrollen posibles yacimientos de grandes dimensiones de excavación pero que no sean de alta ley.

Desde este punto de vista, considerando la región de estudio, las siguientes unidades geológicas tienen la posibilidad de poseer yacimientos del tipo controlado por estratoligados.

Edad	Unidad Geológica	Roca de caja	Deposito mineral
Cretácico	Grupo Casma	volcánicas	Cu, Pb, Zn
	Formación Santa	caliza	Pb, Zn
Jurásico	Grupo Pucará	caliza	Pb, Zn
Pérmico-Triásico	Grupo Mitu	molasa	Cu
Silúrico-Devónico	Formación Ananea	pizarra	Au

La unidad geológica correspondiente a la Formación Ananea del período silúrico al período devónico se distribuye en los cuadrángulos 27-r y 27-s, donde progresan las investigaciones geológicas, como Formación Unidad Superior en dirección norte desde Calca hasta Paucartambo, dentro de esta unidad geológica aparecen vetas de oro, indicaciones minerales de plomo y zinc con cobre y zonas productoras de oro de placer.

La unidad geológica correspondiente al Grupo Mitu se distribuye en Urubamba - Calca y en dirección sur de Machu Picchu. En los alrededores de Urubamba aparecen vetas de cobre con plata de Escarabajo, etc. o indicaciones

minerales de tipo metasomático de contacto.

La unidad geológica se compara con el Grupo Pucará del período jurásico, se distribuye en los cuadrángulos 25-p, 25-q y 27-q, pero en estos momentos, por las limitaciones de la ubicación geográfica, las investigaciones no han progresado, siendo escasos los reportes de yacimientos y indicaciones minerales.

La unidad geológica se compara con la Formación Santa del período cretácico, se distribuye como grupo Goyllarisquizga, envolviendo la región de estudio, dentro de los cuadrángulos 24-p, 25-p y 25-q del borde noroeste y dentro de los cuadrángulos 27-t y 27-u del borde suroeste, pero en estos momentos, por las limitaciones de la ubicación geográfica, las investigaciones no han progresado, siendo escasos los reportes de yacimientos y indicaciones minerales.

La distribución de esta unidad geológica se compara con el Grupo Casma del período cretácico, se supone distribuido como el estrato superior del Grupo Goyllarisquizga, pero esto no está detalladamente aclarado.

En el análisis de los minerales pesados de las arenas de río hay reportes de óxidos de estaño, tungsteno, titanio, etc. Esto, en dirección sur de la región de estudio del departamento de Puno, también aparece en los reportes de las rocas graníticas greisenificadas conteniendo metales raros, por lo que en el interior de la presente región de estudio, dentro de las rocas graníticas distribuidas, hay también la posibilidad de existir mineralización conteniendo también metales raros.

Además de esto, aparecen reportes de yacimientos de placer auríferos desde la zona de transición hasta la selva, de la franja montañosa hacia la franja de la selva.

### **2-3-3 Yacimientos e indicaciones de mineralización**

En los datos ya existentes se describen los yacimientos y indicaciones minerales, los cuales se clasifican por tipo de mineral y por la forma, representándose en cada uno de los cuadrángulos su ubicación (Figuras 4-3, 5-3, 6-3, 7-3 y Plano anexo Pl.1). Con relación al contenido de la descripción, las indicaciones minerales, para cada uno de los cuadrángulos, incluye la dimensión de la indicaciones de mineralización, ley, roca madre de la indicaciones de mineralización fuente, etc. lo cual se resume como un cuadro sinóptico en el Cuadro 8.

En esta ocasión, la recopilación, dentro de la región de estudio, de la distribución de la cantidad de indicaciones minerales por tipo de mineral y forma

de la mineralización viene dado en el Cuadro 9.

**Cuadro 9 CUADRO SINOPTICO DE LA CANTIDAD DE INDICACIONES DE MINERALIZACION POR TIPOS DE MINERALES Y FORMA.**

	Placer	Veta	Contacto Manto	Porfido	total
Au, Ag	24	10			34
Polimetal(Cu,Pb,Zn,Ag)		73	9		82
Cu		19	2		21
Co, Ni		5	1		6
Sb		1			1
W					0
REE	1				1
Otros		8	8		16
total	25	116	20	0	161

#### 2-3-4 Principales yacimientos y indicaciones minerales

##### (1) Escarabajo (CUZ27R010, 032, 033, 034)

Ubicación: Urubamba, Departamento del Cusco, Coordenadas UTM (8,539,000 norte; 807,000 este), altitud 4,000 m

Geología: Se distribuyen rocas riolíticas de color ladrillo dentro del Grupo Mitu, rocas volcánicas dacíticas y rocas de porfidos graníticos de color amarillo claro en estock y dique.

Mineralización: Se observa en la zona de silicificación y el cuarzo dentro de la zona de cizalla dentro del Grupo Mitu, en tipo de vetas o diseminación conteniendo pirita, blenda, calcopirita, galena, magnetita, pocas cantidades de pirrotina y arsenopirita. La blenda y la galena son de grano fino. La reserva y la ley se calculan en 400,000 toneladas de reserva probable total, Zn: 9%, Pb: 6%, Cu: 2% y Ag: 4 oz/t

##### (2) Flor Amarilla (CUZ27S016)

Ubicación: Calca, Departamento del Cusco, Coordenadas UTM (8,538,000 norte; 184,000 este), altitud 4,400 m

Geología: Dentro del estrato paleozóico en la capa inferior (rumbo NW-SW, buzamiento irregular) se destaca la pizarra.