


74

INFORME
SOBRE LA EXPLORACION MINERA
EN LA CORDILLERA ORIENTAL
REPUBLICA DEL PERU
(FASE II)

MAR 27 1997

JICA LIBRARY

J 1137872 (6)

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

MINERAL MINING AGENCY OF JAPAN

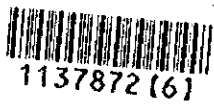
MPN
JR
97-070

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

(FASE II)

MARZO 1997

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
METAL MINING AGENCY OF JAPAN



1137872(6)

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 (MMAJ)" debido a que el contenido de las investigaciones pertenece a campos especializados de geología y al estudio de recursos minerales. El presente estudio corresponde a la segunda fase de los trabajos, como continuación de la Fase I de 1995, para lo cual la "Metal Mining Agency of Japan" envió una comisión compuesta por 4 ingenieros, los que permanecieron en el lugar en cuestión desde el 3 de Septiembre hasta el 31 de Octubre de 1996.

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

El presente informe resume los resultados de las investigaciones correspondientes a esta segunda fase.

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 Exteriores, 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 de 1997



Kimio Fujita

Presidente

Japan International Cooperation Agency



Shozaburo Kiyotaki

Presidente

Metal Mining Agency of Japan

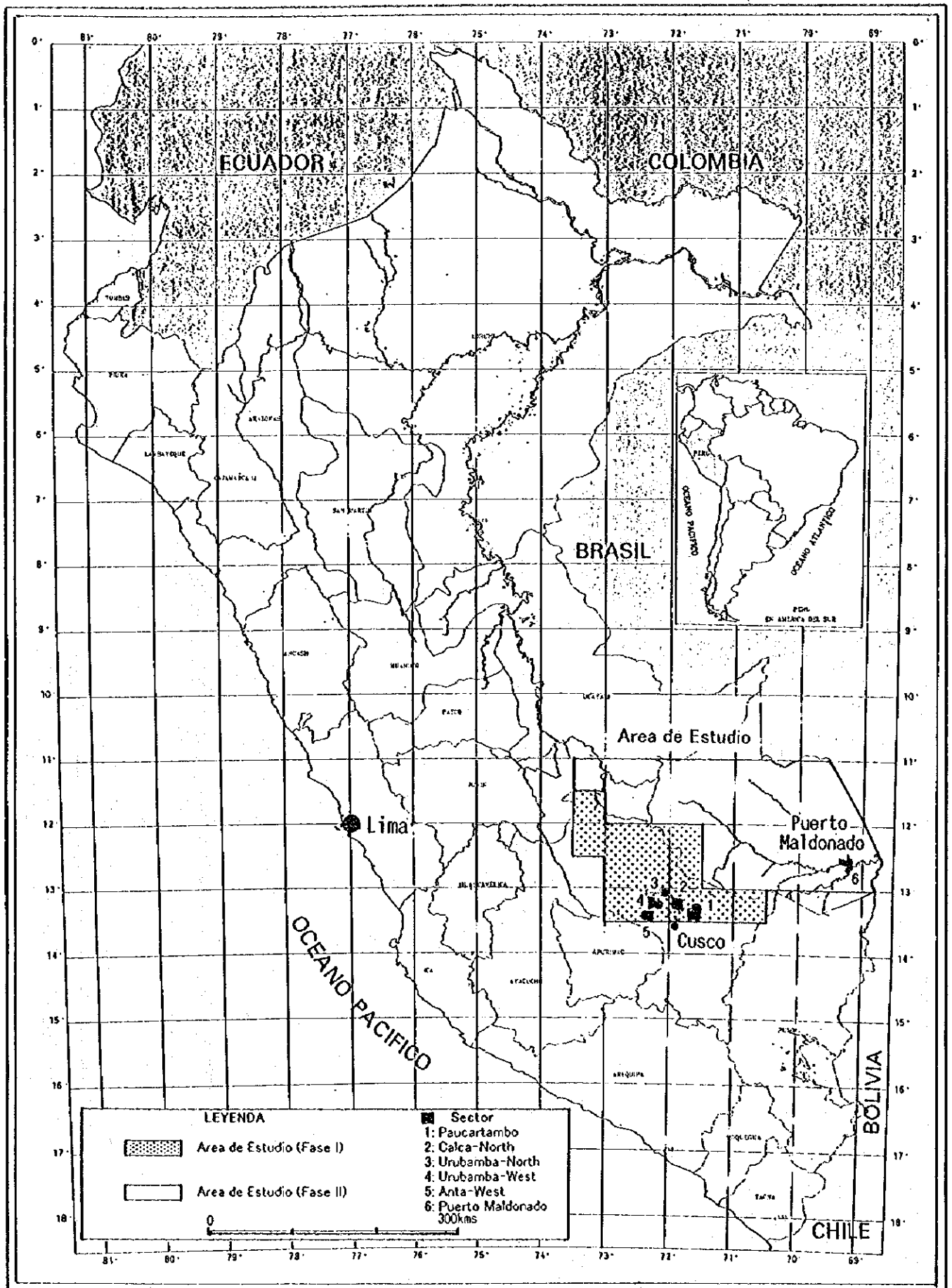


Figura 1 MAPA DE UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO

RESUMEN

En el presente informe se resumen los resultados de los estudios en cooperación de la segunda fase de las investigaciones básicas para la exploración de los recursos naturales 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 en la franja de la Cordillera Oriental de los Andes y en la franja de la llanura del Río Madre de Dios, donde la clasificación de los yacimientos minerales no está detalladamente aclarada. Las investigaciones en cuestión se efectuaron desde el 3 de Septiembre hasta el 31 de Octubre de 1996.

Los estudios de la presente fase abarcan una extensión total de 120,000 km², dentro de los cuales se efectuó la recopilación y análisis de los datos existentes de un área de 75,000 km² con relación a la geología y los depósitos minerales, así como el análisis de las imágenes de satélite para la interpretación fotogeológica de las unidades geológicas, el análisis de los lineamientos a partir de los datos de JERS-1/SAR, la extracción de las zonas de alteración a partir de los datos de LANDSAT/TM y la ejecución de estudios geológicos específicos en los sectores extraídos en la Fase I que son prometedores para la existencia de depósitos minerales.

Los resultados de las investigaciones son las que se resumen seguidamente:

- (1) Los resultados de la interpretación fotogeológica en los datos JERS-1/SAR, permitieron clasificar más detalladamente de las unidades geológicas que la del mapa geológico ya existente (INGEMMET, 1995). El lineamiento en la parte oeste del área de estudio donde se denomina como la "Deflexión de Abancay", tendencia de los Andes varía desde la dirección NW-SE a la dirección E-W, esta estructura se destaca de forma evidente y armónica. En la zona de la Selva, la densidad de los lineamientos es pobre, destacándose la dirección NW-SE. La densidad de lineamientos dentro de la formación cuaternaria de la Selva posee una tendencia especialmente pobre.
- (2) En los alrededores del Cusco dentro del área de estudio en la actualidad no existen minas en explotación, pero se encuentran algunas evidencias de minas y laboreos

mineros abandonados. No obstante, en los estudios realizados en esta oportunidad, los valores de los análisis de todas las muestras presentan baja ley de contenido mineral.

- (3) El contenido de oro dentro de las muestras de rocas, en comparación, para cada litofacie se comprueba una tendencia de abundancia dentro de la pizarra, lutita y areniscas del Ordovísico al Devónico de la Formación Paucartambo, la Formación San José y otras. Una parte de estas formaciones se compara con la Formación Ananea del Departamento de Puno, la cual se establece como depósitos tipo estratoligado para los depósitos auríferos, por lo que en este sector también se supone de igual forma que existe la posibilidad de que estas indiquen depósitos tipo estratoligado para los depósitos auríferos.
- (4) En el Río Tambopata y en el Río Madre de Dios de los alrededores de Puerto Maldonado se reconocen depósitos auríferos de placer. Especialmente, en el Río Madre de Dios existe un gran número de pequeñas empresas mineras que se dedican a la extracción de oro. En la presente región los estratos en que existe oro son los estratos de arena y grava del fondo del río antes mencionado y los bancos de gravas de los Depósitos de Terraza. En la parte superior de la corriente del presente sector, en la zona de Huepetuhe, está representado el grupo de depósitos auríferos de placer que son activamente explotados. El origen de estas arenas auríferas de los depósitos de oro que existen en el Río Madre de Dios y sus afluentes se supone que su fuente de procedencia es el oro de la formación Paleozóica que existe en la Cordillera Oriental de los Andes, aunque esto no está comprobado.
- (5) En la zona de transición dentro del área de estudio, que se va desde la zona montañosa hacia la Selva, en cada uno de los sectores Puquiri, Huepetuhe, Caychihue, Puerto Carlos y en el Río Madre de Dios de la Selva, en que existen reportes de depósitos de placer, gran cantidad de empresas mineras llevan a cabo la extracción de oro mediante maquinas o manualmente. Mediante los estudios futuros en la zona de transición desde la zona montañosa hacia la Selva y en las zonas vírgenes de la Selva existe la posibilidad de descubrir depósitos auríferos de gran envergadura para la explotación.
- (6) Se confeccionaron el mapa de clasificación de unidades geológicas a escala 1:200,000 y el mapa de lineamientos por la digitación de los datos geológicos de los resultados de la Fase I y la presente Fase II.
- (7) Del análisis general de los resultados se relacionan a continuación los sectores prometedores para la existencia de depósitos minerales que se extrajeron.

- Como depósitos de tipo estratoligado de depósito aurífero

En la zona de pizarra, lutita y areniscas de la Formación Paucartambo, la Formación San José y otras del Ordovísico - Devónico de los sectores de Paucartambo y Calca-North .

- Como objetivo para los depósitos de placer de oro

En la zona de transición desde la zona montañosa hacia la Selva y las zonas vírgenes de la Selva.

De acuerdo a los resultados anteriores se puede afirmar las siguientes proposiciones para los estudios futuros.

- (1) Los datos del JERS-1/SAR en los sectores en que existe abundante nubosidad, se considera que, son muy efectivos en el análisis para la clasificación de las unidades geológicas, el análisis de lineamientos, etc. Iguales condiciones geológicas se supone posee la parte de la prolongación hacia el norte de la presente región investigada, por lo que se espera ésta medio será también efectivo para su estudio.
- (2) Las unidades geológicas, lineamientos, etc. que se han hecho como los resultados obtenidos del análisis de las imágenes de satélite, son necesario comprobar realizando las investigaciones terrestres para completar el mapa geológico.
- (3) Por las investigaciones realizadas en la Fase I y en la presente Fase II se extrajeron los siguientes sectores prometedores para minerales, en los cuales se recomienda la ejecución de estudios futuros con el objeto de descubrir nuevos yacimientos minerales.

- Como depósitos de tipo estratoligado de depósito aurífero

En la zona de pizarra, lutita y areniscas de la Formación Paucartambo, la Formación San José y otras del Ordovísico - Devónico de los sectores de Paucartambo y Calca-North .

- Como objetivo para los depósitos de placer de oro

En la zona de transición desde la zona montañosa hacia la Selva y las zonas vírgenes de la Selva.



**INFORME SOBRE LA EXPLORACION MINERA
EN LA CORDILLERA ORIENTAL, REPUBLICA DEL PERU
(FASE II)**

INDICE

PROLOGO
MAPA DE UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO
RESUMEN

PARTE I INTRODUCCION

CAPITULO 1 GENERALIDADES DEL ESTUDIO

1-1	Objetivos y condiciones del estudio	1
1-2	Generalidades de los trabajos y extensión de la Fase I	1
1-3	Generalidades de los trabajos y extensión de la Fase II	2
1-4	Composición de la comisión de estudio	4
1-5	Período y volúmenes del estudio	5

CAPITULO 2 GEOGRAFIA DE LA REGION DE ESTUDIO

2-1	Ubicación, vías de comunicación y transporte	7
2-2	Orografía y red de drenaje	8
2-3	Clima y vegetación	8

CAPITULO 3 INFORMACION GEOLOGICA PRECEDENTE DEL AREA

3-1	Generalidades de los estudios precedentes	11
3-2	Generalidades geológicas	12
3-3	Generalidades de los yacimientos minerales conocidos	12

PARTE II DISCUSION

CAPITULO 1 ANALISIS DE LAS IMAGENES DE SATELITE

1-1	Objetivos del análisis	17
1-2	Interpretación fotogeológica	17
1-3	Extracción de las zonas de alteración	30
1-4	Consideraciones	32

CAPITULO 2 ESTUDIO GEOLOGICO

2-1 Generalidades geológicas de los sectores de trabajo	69
2-2 Sector Paucartambo	70
2-3 Sector Calca-North	79
2-4 Sector Urubamba-North	83
2-5 Sector Urubamba-West	87
2-6 Sector Anta-West	91
2-7 Sector Puerto Maldonado	96
2-8 Examen de los resultados de los análisis de rocas y minerales.....	100
2-9 Consideraciones	115

CAPITULO 3 ANALISIS DE LOS DATOS PRECEDENTES

3-1 Objetivos del análisis	117
3-2 Geología	117
3-3 Yacimientos minerales	123
3-4 Consideraciones	126

CAPITULO 4 DEGITACIÓN DE DATOS GEOLOGICOS

4-1 Corrección geométrica	157
4-2 Entrada de datos	157
4-3 Tareas de edición	158
4-4 Preparación de los datos para la salida	158

CAPITULO 5 ANALISIS GENERAL	159
--	------------

PARTE III CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO 1 CONCLUSIONES	165
--------------------------------------	------------

CAPITULO 2 RECOMENDACIONES PARA ESTUDIOS FUTUROS	167
---	------------

BIBLIOGRAFIA, DOCUMENTOS CONSULTADOS Y DATOS RECOPIADOS..	169
--	------------

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 MAPA DE UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO
- Figura 2 MAPA GEOLOGICO GENERAL
- Figura 3 MAPA DE LOS LIMITES DEL ANALISIS DE LAS IMAGENES DE SATELITE
- Figura 4-1 IMAGENES DEL JERS-1/SAR (Cuadrángulo 24-q)
- Figura 4-2 IMAGENES DEL LANDSAT/TM (Cuadrángulo 24-q)
- Figura 4-3 MAPA DE INTERPRETACION DE UNIDADES GEOLOGICAS (Cuadrángulo 24-q)
- Figura 4-4 MAPA DE INTERPRETACION DE LINEAMIENTOS (Cuadrángulo 24-q)
- Figura 5-1 IMAGENES DEL JERS-1/SAR (Cuadrángulo 24-r)
- Figura 5-2 IMAGENES DEL LANDSAT/TM (Cuadrángulo 24-r)
- Figura 5-3 MAPA DE INTERPRETACION DE UNIDADES GEOLOGICAS (Cuadrángulo 24-r)
- Figura 5-4 MAPA DE INTERPRETACION DE LINEAMIENTOS (Cuadrángulo 24-r)
- Figura 6-1 IMAGENES DEL JERS-1/SAR (Cuadrángulo 26-u)
- Figura 6-2 IMAGENES DEL LANDSAT/TM (Cuadrángulo 26-u)
- Figura 6-3 MAPA DE INTERPRETACION DE UNIDADES GEOLOGICAS (Cuadrángulo 26-u)
- Figura 6-4 MAPA DE INTERPRETACION DE LINEAMIENTOS (Cuadrángulo 26-u)
- Figura 7-1 IMAGENES DEL JERS-1/SAR (Cuadrángulo 26-v)
- Figura 7-2 IMAGENES DEL LANDSAT/TM (Cuadrángulo 26-v)
- Figura 7-3 MAPA DE INTERPRETACION DE UNIDADES GEOLOGICAS (Cuadrángulo 26-v)
- Figura 7-4 MAPA DE INTERPRETACION DE LINEAMIENTOS (Cuadrángulo 26-v)
- Figura 8 IMAGENES DEL LANDSAT/TM
- Figura 9 COLUMUNA ESTRATIGRAFICA REGIONAL DEL AREA DE ESTUDIO
- Figura 10-1 MAPA GEOLOGICO DEL SECTOR PAUCARTAMBO (Escala 1:100,000)
- Figura 10-2 PERFIL GEOLOGICO DEL SECTOR PAUCARTAMBO (Escala 1:100,000)
- Figura 11 MAPA GEOLOGICO Y PERFIL DEL SECTOR CALCA-NORTH (Escala 1:100,000)
- Figura 12 MAPA GEOLOGICO Y PERFIL DEL SECTOR URUBAMBA-NORTH
(Escala 1:100,000)
- Figura 13 MAPA GEOLOGICO Y PERFIL DEL SECTOR URUBAMBA-WEST
(Escala 1:100,000)
- Figura 14 MAPA GEOLOGICO Y PERFIL DEL SECTOR ANTA-WEST (Escala 1:100,000)
- Figura 15 MAPA GEOLOGICO DEL SECTOR PUERTO MALDONADO (Escala 1:100,000)
- Figura 16 PLANO DE FRECUENCIAS ACUMULATIVAS DE LOS VALORES DEL
ANALISIS DE MINERALES

- Figura 17 MAPA DE MAYORES QUE EL UMBRAL DEL ANALISIS DE MINERALES EN LOS SECTORES PAUCARTAMBO Y CALCA-NORTH**
- Figura 18 MAPA DE MAYORES QUE EL UMBRAL DEL ANALISIS DE MINERALES EN LOS SECTORES URUBAMBA-NORTH, URUBAMBA-WEST Y ANTA-WEST**
- Figura 19 PLANO DE FRECUENCIAS ACUMULACION DE LOS VALORES DEL ANALISIS DE ROCAS**
- Figura 20 MAPA DE MAYORES QUE EL UMBRAL DEL ANALISIS DE ROCAS EN LOS SECTORES PAUCARTAMBO Y CALCA-NORTH**
- Figura 21 MAPA DE MAYORES QUE EL UMBRAL DEL ANALISIS DE ROCAS EN LOS SECTORES URUBAMBA-NORTH, URUBAMBA-WEST Y ANTA-WEST**
- Figura 22 MAPA DE UBICACION DE LOS PRINCIPALES YACIMIENTOS EN LA ZONA DE RIO MADRE DE DIOS**
- Figura 23 MAPA DE LINEAMIENTOS GENERAL**
- Figura 24 MAPA INTEGRAL DE EVALUACION DE LA POTENCIALIDAD**

LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1 COMISION DE ACUERDOS PREVIOS Y NEGOCIACIONES
- Cuadro 2 COMISION DE ESTUDIO EN EL TERRENO
- Cuadro 3 PERIODOS DEL ESTUDIO
- Cuadro 4 VOLUMENES DEL ESTUDIO
- Cuadro 5 INVESTIGACIONES DE LABORATORIO
- Cuadro 6 INFORMACION GEOGRAFICA DE LAS PRINCIPALES POBLACIONES
- Cuadro 7 TEMPERATURAS Y PRECIPITACIONES EN LA REGION DE ESTUDIO
- Cuadro 8 DATOS EMPLEADOS DE LAS IMAGENES DE SATELITE
- Cuadro 9 UNIDADES GEOLOGICAS INTERPRETADAS EN LAS IMAGENES JERS-1/SAR
- Cuadro 10 VALORES DEL ANALISIS DE LAS MUESTRAS DE LA MINA ELSA
- Cuadro 11 VALORES DEL ANALISIS DE LAS MUESTRAS DE LA MINA HUANCARANI
- Cuadro 12 VALORES DEL ANALISIS DE LAS MUESTRAS DE LA MINA AZUL
- Cuadro 13 VALORES DEL ANALISIS DE LAS MUESTRAS DE ESCARABAJO
- Cuadro 14 VALORES DEL ANALISIS DE MAGNETITA EN EL SKARN
- Cuadro 15 VALORES DEL ANALISIS DE LOS SEDIMENTOS DEL RIO TAMBOPATA
- Cuadro 16 VALORES DEL ANALISIS DE LOS SEDIMENTOS DEL RIO MADRE DE DIOS
- Cuadro 17 VALORES ESTADISTICOS Y UMBRALES DEL ANALISIS DE MINERALES
- Cuadro 18 VALORES ESTADISTICOS Y UMBRALES DEL ANALISIS DE ROCAS
- Cuadro 19 COMPARACION DE LOS CONTENIDOS PROMEDIOS DE CADA LITOFACIE
- Cuadro 20 MINAS ABANDONADAS (PARTES COMPROBADAS)
- Cuadro 21 ROCAS DE CAJA CON POSIBILIDAD PARA DEPOSITOS ESTRATOLIGADOS
- Cuadro 22 CUADRO SINOPTICOS DE LOS YACIMIENTOS Y INDICACIONES DE MINERALIZACION CONOCIDOS
- Cuadro 23 CANTIDAD DE ZONAS MINERALIZADAS POR TIPOS Y FORMA DE LA MINERALIZACION
- Cuadro 24 CANTIDAD DE RESERVAS EN EL SECTOR PUQUIRI Y OTROS

LISTA DE APENDICES

- Apéndice A LISTA Y MAPA DE UBICACION DE LAS MUESTRAS
- Apéndice B RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS PETROGRAFICOS
- Apéndice C RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS MINERALOGRAFICO DE OPACO
- Apéndice D RESULTADOS DEL ANALISIS QUIMICOS
- Apéndice E RESULTADOS DE DIFRACCION POR RAYOS X
- Apéndice F RESULTADOS DE DATACION ISOTOPICA

PARTE I INTRODUCCION

CAPITULO I. GENERALIDADES DEL ESTUDIO

1-1 Objetivos y condiciones del estudio.

La República del Perú es uno de los países más ricos en recursos subterráneos. Posee una extensión territorial de aproximadamente 1,285,000 km², desde el Océano Pacífico hacia el este el relieve, la distribución geológica y metalogénica se presentan en forma de bandas casi paralelas. En cuanto a la distribución metalogénica, a partir de la costa del Pacífico, se observan las siguientes franjas: 1) Área de hierro 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 clasificación no está detallada.

En la presente investigación, a solicitud del Gobierno del Perú, se tuvo como objetivo principal realizar estudios en la Cordillera Oriental, en la zona de abundantes yacimientos minerales metálicos al este de los Andes, en la zona de yacimientos minerales cuya clasificación detallada aún no está clara y en la región del nacimiento del Río Amazonas, en las cuales 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, extraer las zonas perspectivas de yacimientos minerales por resultados válidos desde una amplia extensión.

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

Los estudios comenzaron el 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 estableció como objetivo del estudio un área de 120,000 km². En la investigación de la Fase I, aunque se incluyó la realización del procesamiento de los datos de las imágenes de satélite de toda la extensión objeto del estudio, 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 km² (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 Lima, después de haberse obtenido 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 el 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 interpretación de lineamientos, el mapa de resultados de la extracción de las zonas de alteración, la revisión de las zonas de indicaciones minerales conocidas, el mapa integral de evaluación de la potencialidad, entre otros.

1-3 Generalidades de los trabajos y extensión de la Fase II.

En el estudio de la presente fase se analizaron e interpretaron los datos precedentes y las imágenes de satélite de una extensión de 75,000 km², excluyendo los 45,000 km² investigados en la Fase I y los sectores extraídos en la primera fase con altas posibilidades para la existencia de depósitos minerales, como son los 5 sectores en las cercanías de Calca y Urubamba en que se realizaron los estudios geológicos propiamente dichos y el reconocimiento geológico en el sector Puerto Maldonado (Figura 1). Se realizó la digitación de los datos geológicos obtenidos de los estudios de ambas fases.

Las investigaciones se llevaron a cabo como se describe a continuación.

1-3-1 Interpretación de las imágenes de satélite

Con relación a la metodología de interpretación, se empleó la misma que en las labores realizadas en la Fase I.

1-3-2 Estudio geológico en el área en cuestión

① Objetivos

De los resultados de los estudios de la Fase I se extrajeron los sectores Paucartambo, Calca-North, Urubamba-North, Urubamba-West y Anta-West que fueron comparados y complementados con los datos ya existentes con el objetivo de esclarecer en el área de estudio en cuestión la estructura geológica y la mineralización, así como la relación que pueda existir entre ellas. Además se estudiaron las generalidades de las condiciones de existencia de los depósitos de placer en los alrededores de Puerto Maldonado

② Investigaciones en el área en cuestión

1) Sectores Paucartambo, Calca-North, Urubamba-North, Urubamba-West y Anta-West

- Utilizando los resultados del análisis de las imágenes de satélite y los datos presedentes se llevó a cabo el estudio en cuestión haciendo la revisión y actualización del mapa geológico ya existente.
- Para la realización de los estudios se constituyeron 3 grupos de trabajo, cada uno de ellos compuesto por un ingeniero japonés y uno de la contraparte peruana. En el transporte se emplearon vehículos todo terrenos y caballos.
- Durante el reconocimiento se utilizaron los mapas topográficos a escala 1:50,000 que fueron ampliados de los de escala 1:100,000, la confección del mapa de rutas y las rutas de reconocimiento se realizó mediante el examen cuidadoso de los datos ya existentes, también se consideraron y establecieron las medidas de seguridad necesarias.
- En la comprobación de la ubicación se empleó conjuntamente el sistema GPS.
- En el mapa de rutas se describieron concretamente diversos aspectos de las observaciones realizadas, en los afloramientos importantes se confeccionaron esquemas y se tomaron fotografías a color.
- Los resultados del estudio de cada sector se resumieron en un mapa geológico a escala 1:100,000.

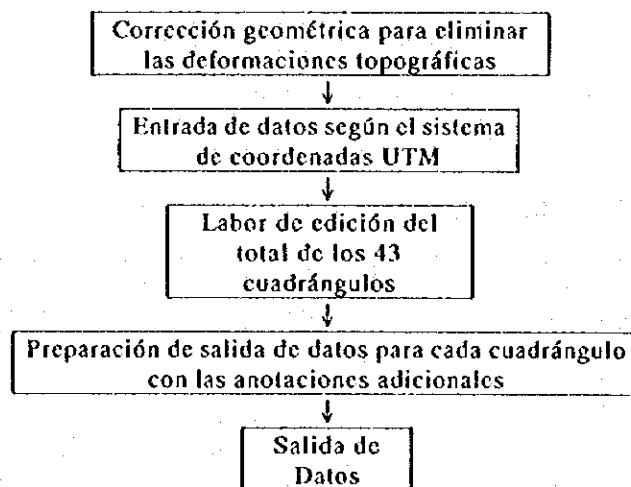
2) Sector Puerto Maldonado

- Los métodos de estudio corresponden con los explicados en el punto 1).
- El estudio se llevó a cabo por un grupo solamente, en el traslado también se empleó embarcación con motor.

1-3-3 Digitación de datos geológicos

Se realizó la digitación de los mapas de la clasificación en unidades geológicas y de lineamientos confeccionados por la interpretación de los 43 cuadrángulos que componen el área total de la región de estudio

La tarea se realizó en el orden que se presenta a continuación



1-4 Composición de la comisión de estudio

Las comisiones están compuestas por una comisión para previo negociación y acuerdo 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 Comisión de acuerdos previos y negociaciones

JAPON		PERU	
Sr. Junichi Tominaga	MMAJ	Ing. Hugo Rivera	INGEMMET
Sr. Akio Koike	MMAJ	Ing. José León	INGEMMET
Sr. Kenichi Takahashi	JICA	Ing. Antonio Guzmán	INGEMMET
Sr. Hitoshi Shimoda	MMAJ	Ing. Marco Lara	INGEMMET

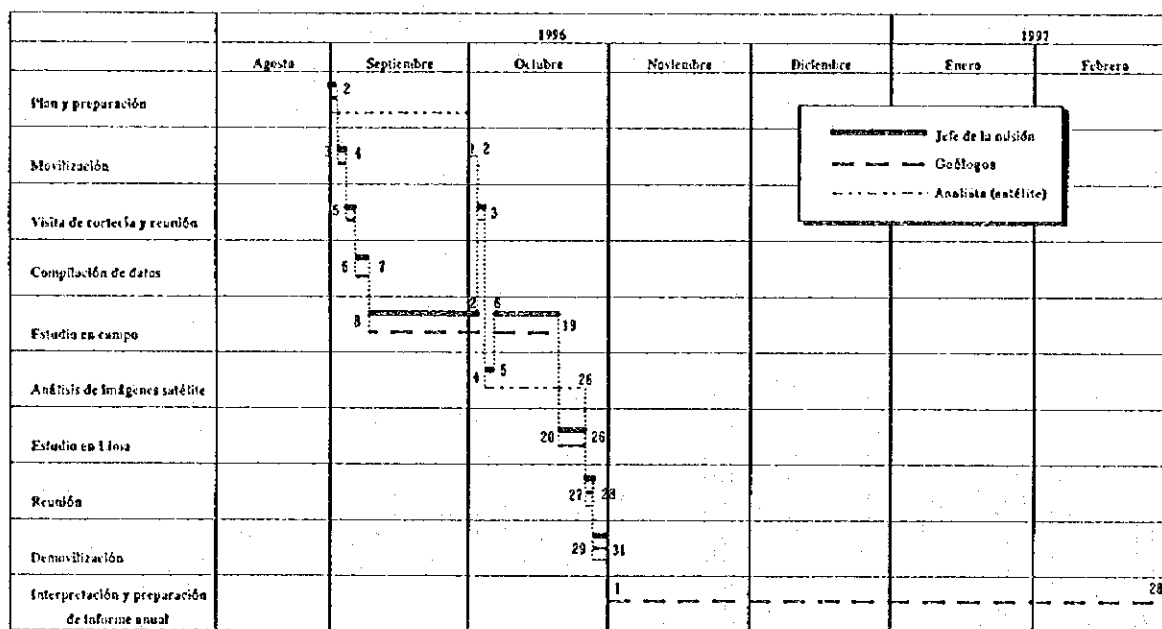
Cuadro 2 Comisión de estudio en el terreno

JAPON		PERU	
Ing. Tsuyoshi Yamada	MINDECO	Ing. Marco Lara	INGEMMET
Ing. Shoji Kumita	MINDECO	Ing. Washington Larico	INGEMMET
Ing. Haruo Harada	MINDECO	Ing. Jorge Chira	INGEMMET
Ing. Hidehisa Watanabe	MINDECO	Ing. Victor Lipa	INGEMMET

1-5 Períodos y volúmenes del estudio

Los períodos en que se dividieron las investigaciones se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3 Períodos del estudio



En el Cuadro 4 se muestran los volúmenes del estudio. Asimismo, los métodos y la cantidad de pruebas de laboratorio llevadas a cabo en relación con estos estudios se detallan en el Cuadro 5.

Cuadro 4 Volúmenes del estudio

Item	Cantidad	
Análisis de Imágenes Satélites	Area de estudio	75,000km ²
Estudio de Geología	Area de estudio*	1,482km ²
	* Sector	(km ²)
	•Paucartambo	576
	•Calca-North	256
	•Urubamba-North	60
	•Urubamba-West	220
	•Anta-West	220
	•Puerto Maldonado	150

Cuadro 5 Investigaciones de laboratorio

Item	Cantidad
Estudio petrográfico	15
Estudio mineralográfico de opacos	15
Difracción por rayos X	15
Ensayos	
(1) Roca Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sn, W, Ni, Co	50
(2) Mineral Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sn, W, Ni, Co	100
Datación isotópica (K-Ar)	5

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 (73°30' de la longitud oeste) hasta la frontera con Bolivia (68°40' de la longitud oeste) y de norte a sur, desde los alrededores del Cusco (13°30' de la latitud sur) hacia el norte, aproximadamente unos 300 km, hasta los 11° de la latitud sur, ocupando un área de 120,000 km² (Figura 1).

Dentro de la región de estudio están comprendidas la principal división administrativa y ciudades importantes, como son los departamentos del Cusco y Madre de Dios, en cada uno de las cuales se localizan, el Cusco (se ubica en el límite sur de la región de estudio) y Quillabamba en el primero de ellos 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 el Cusco se requiere de aproximadamente una hora, mientras que entre el Cusco y Puerto Maldonado es de aproximadamente 30 minutos.

Para el traslado dentro de la región de estudio pueden ser empleados vehículos de doble tracciones o alquilar avionetas o helicópteros. Con la utilización de vehículos se necesitan de aproximadamente 10 horas y mediante ferrocarril son necesarias de 7 a 8 horas para trasladarse entre el Cusco y Quillabamba.

La información fundamental de las poblaciones de los sectores en que se realizaron los estudios en cuestión de la presente fase se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 6 Información geográfica de las principales poblaciones

Poblados	Distancia del Cusco a:	Horas de viaje con camioneta	Tipo de carretera	Número de habitantes	Altura (m.s.n.m.)
Paucartambo	106km	3	A y B(1)	2,500	2,906
Calca	50km	1.5	A	7,500	2,928
Urubamba	72km	2.5	A	6,000	2,875
Anta	25km	1	A	4,500	3,400
Lares	92km	4	A y C(2)	2,500	2,800

A: Carretera asfaltada B: Carretera afirmada C: Trocha carrozable
(1) Aprox. 30km en carretera afirmada (2) Trocha carrozable desde Urubamba
(3) Aprox. 40km en carretera afirmada

2-2 Orografía y red de drenaje.

El relieve de la región de estudio comprende aproximadamente, desde el oeste, la zona montañosa denominada Cordillera Oriental, parte este de la Cordillera de los Andes, hasta el este, con la zona denominada Selva, dentro de la cual se localiza la llamada Llanura de Madre de Dios, en las terrenos bajos del Río Madre de Dios.

En la parte suroeste de la región de estudio, dentro de la zona montañosa, se ubica el Nevado Salcantay que posee una altura de 6,271 msnm, entre el relieve abrupto de la Cordillera de Vilcabamba y la Cordillera de Urubamba, se alinea el Río Urubamba con una dirección noroeste-sureste. Este relieve montañoso disminuye en altura hacia el noreste o el este, hasta unos 500 m a 300 m en la cuenca del Río Madre de Dios.

En la red de drenaje en la zona montañosa de la parte suroeste de la región de estudio son abundantes los ríos que corren en dirección-noroeste sureste de forma continua y paralelamente a la cordillera, En la cuenca del Río Madre de Dios mayormente la dirección es noroeste-sureste del río, aunque se observa de forma predominante los meandros del mismo.

2-3 Clima y vegetación

En el clima de ambas zonas, tanto el de la zona montañosa de la Cordillera Oriental como el de la zona de la Selva, se distinguen el período de lluvias y el período de sequía, este último comprende desde mayo hasta setiembre aproximadamente y el período de lluvias desde diciembre hasta marzo aproximadamente. La temperatura en las zonas montañosas, en que las alturas sobrepasan los 4,000 msnm, en el período de sequía alcanza valores bajo cero, siendo cálida generalmente al mediodía en días despejados. En la Selva, aunque existen variaciones de temperatura al mediodía, por lo general es muy caliente y la humedad es muy alta.

En el Cuadro 7 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 Selva son completamente diferentes.

Cuadro 7 Temperaturas y precipitaciones en la región de estudio

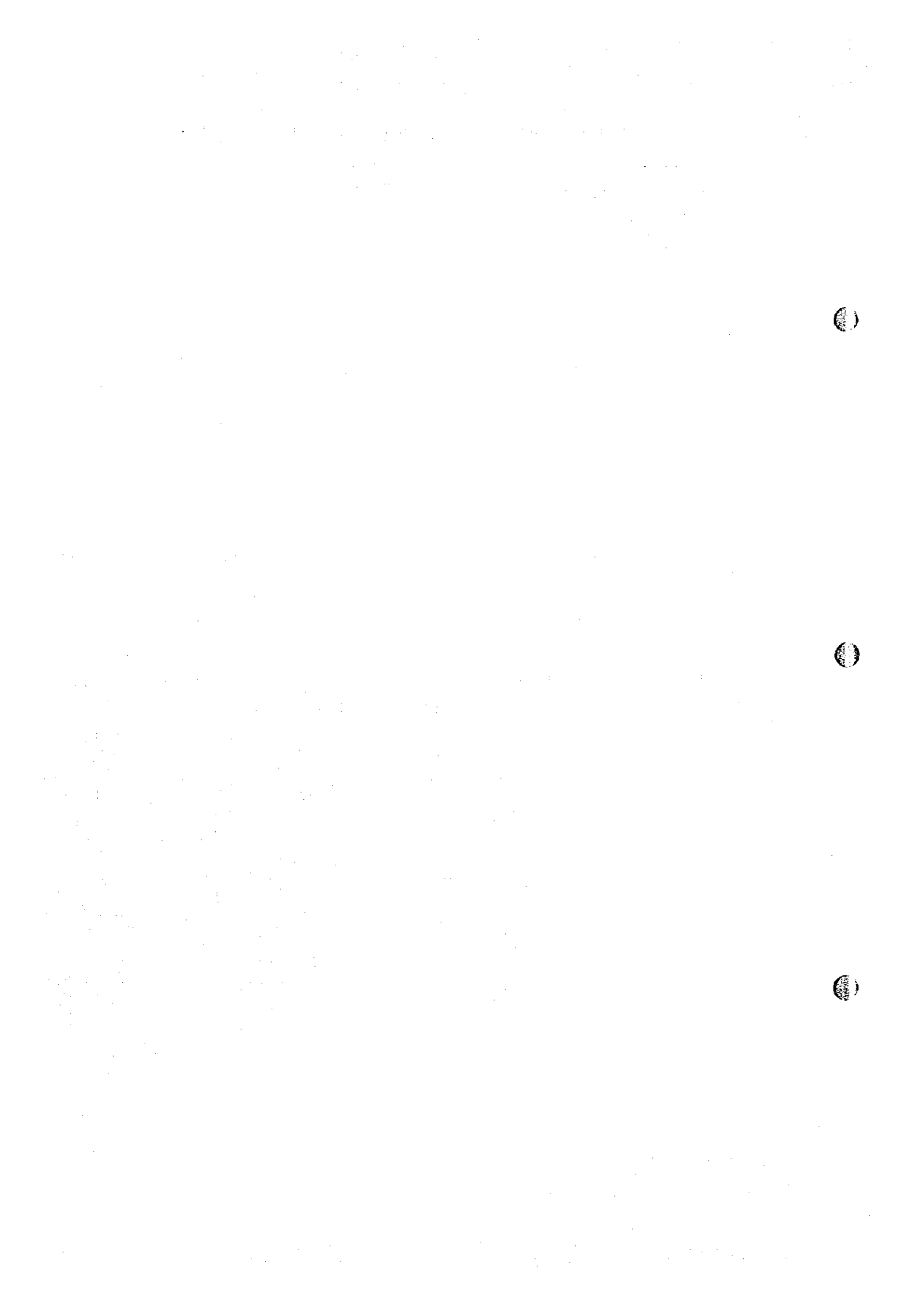
Temperatura (°C)

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	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.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	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

La zona montañosa, con más de 5,000 msnm es casi glacial y no existe vegetación a excepción de los musgos. Entre aproximadamente los 5,000 y los 3,000 msnm se presentan abundantes cambios, en los valles y cuencas de los ríos, con alturas menores de 4,000 msnm 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 diversos tipos de arbustos bajos. 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.



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 debido al relieve que presenta, siendo diferentes las condiciones de investigación en la zona montañosa y en la Selva.

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 una activa exploración no organizada, para encontrar minas de metales nobles, siendo extraída una gran cantidad de oro y plata. Pero en la región objeto del presente estudio son características las montañas abruptas, existiendo una densa vegetación en sus laderas, por lo que las investigaciones geológicas generales realizadas por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN, actualmente Instituto de Recursos Naturales, INRENA) como son las investigaciones de recursos naturales en la franja 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 en la parte sureste de la divisoria de aguas, en la que se distribuye la zona de depósitos auríferos, así como en la parte suroeste de la zona montañosa, donde se ejecutaron racionalmente con la cooperación de Francia solamente dentro de estas regiones, no habiéndose obtenido 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 es también pobre. Las investigaciones geológicas y mineras comenzaron desde los años 1950 con los estudios petroleros (principalmente investigaciones de compañías petroleras de interpretación de fotografías aéreas, interpretación de imágenes de satélite y comprobación de campo) de Petroleos del Perú (en adelante PETROPERU), ONERN, etc. Las investigaciones con el objetivo de localizar depósitos auríferos de placer fueron realizadas por compañías mineras privadas, pero con la finalidad de proteger a los extractores de gravas auríferas de pequeño capital y hacer una utilización eficaz de los recursos naturales, el Banco Minero del Perú realizó una evaluación general por orden del Presidente de la República - D.S.Nº 010-74-BM/DGM, con lo cual se aclararon las

condiciones de la existencia de depósitos de gravas y los volúmenes de producción de oro. La información básica de la región de estudio consiste en mapas SIAR, el mapa geológico 1:100,000 editado por INGEMMET y el mapa geológico 1:100,000 de la International Petroleum Company Ltd. (1967). Este último cubre aproximadamente las $\frac{3}{4}$ partes de la región de estudio.

El INGEMMET en la actualidad lleva a cabo la recopilación activa para el mapa geológico a escala 1:100,000 de la presente región de estudio.

3-2 Generalidades geológicas

Según el mapa geológico del Perú (Figura 2) editado por INGEMMET (1995), en la zona montañosa de la región de estudio la geología está constituida en el basamento por rocas metamórficas del Precámbrico, rocas sedimentarias de la Formación Contaya del Período Ordovícico y la Formación Ananea del Período Silúrico al Devónico Inferior, calizas del Grupo Pucará de la Era Mesozóica, Período Triásico, areniscas, cuarcitas y arcillas del Grupo Goyllarisquizga del Cretácico Inferior, rocas clásticas de origen volcánico del Grupo Oriente, rocas graníticas del Devónico correspondientes a los plutones Eohercínicos, rocas plutónicas como granito y granodiorita de los plutones Tardihercínicos y rocas graníticas del Mioceno, cubiertas por los sedimentos glaciales.

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

3-3 Generalidades de los yacimientos minerales conocidos.

En la clasificación geológica de los depósitos minerales de la República del Perú, la Cordillera Oriental es parte de la franja de yacimientos de los Andes orientales, en la que se distribuyen unidades geológicas desde la era Paleozóica hasta la era Cenozóica, conociéndose de la existencia de yacimientos metálicos e indicaciones minerales de cobre, plomo, zinc, etc., que contienen oro y plata así como zonas mineralizadas de metales raros

como estaño, tungsteno, níquel, cobalto, etc. No se tiene una clasificación geológica-minera detallada de los depósitos minerales de la zona de la Selva, pero se conoce que en el límite oeste del escudo brasileño aparecen dentro de las rocas sedimentarias del Terciario y del Cuaternario ampliamente distribuídas, indicaciones de petróleo y gas natural, así como depósitos de placer aurífero, metales raros, etc.

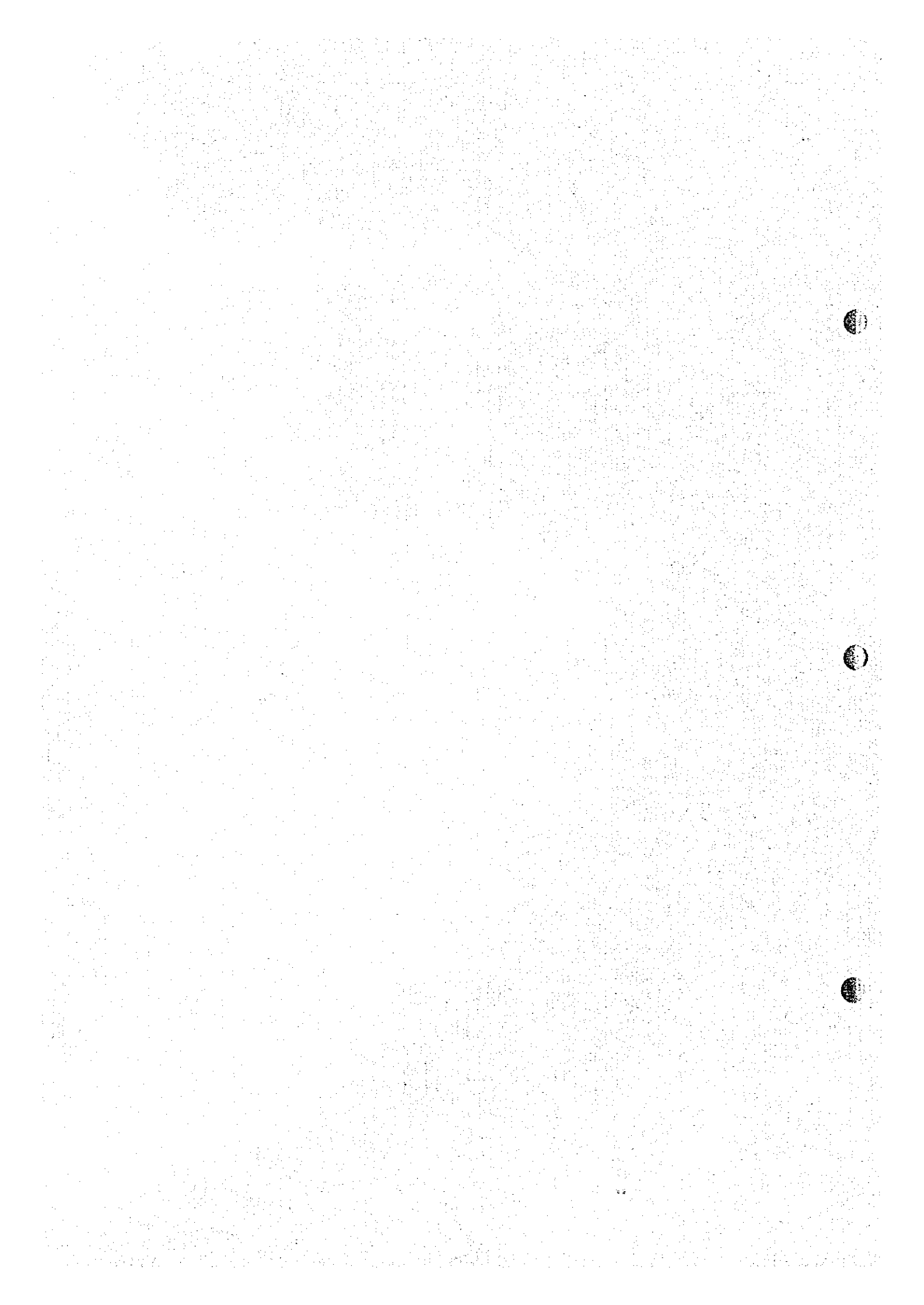
Los yacimientos de la zona montañosa son por lo general yacimientos o indicaciones minerales de pequeña y mediana escala del tipo de relleno de fisura. También pueden observarse yacimientos de cobre de tipo metasomático de contacto, disseminado y en capas rojas. En la parte norte de esta zona existen placeres auríferos. En la zona montañosa hay posibilidades prometedoras con respecto a la explotación de nuevos yacimientos de oro, cobre, plomo y zinc. Además se ha reportado (INGEMMET, 1969) que hay indicaciones minerales en forma de lentes de níquel, cobalto y platino en las rocas ultrabásicas presentes en la Cordillera de Vilcabamba, en las que la mineralización de metales raros se supone es de origen hidrotermal, por lo que también existe la posibilidad de descubrir yacimientos económicamente rentables de este tipo, aunque en la presente región no hay presencia de rocas ultrabásicas.

En la actualidad en la zona en cuestión no existen informes de minas que esten en producción.

Los yacimientos de la zona de Selva son de petróleo, gas y placeres auríferos. Con relación al petróleo y al gas, PETROPERU y otras compañías petroleras llevaron a cabo estudios desde los años 1950 hasta los años 1970, habiendo disminuído considerablemente las investigaciones en la actualidad. En la parte oeste de la zona de estudio, según la compañía petrolera SHELL, se descubrió el campo gasífero de Camisea (marzo 1983). Por otra parte, con respecto a los yacimientos de placer aurífero en el Río Madre de Dios y sus afluentes, estos se ubican en los sedimentos aluviales del Terciario y Cuaternario y son objeto de extracción o están pendientes de la autorización para hacerlo una gran cantidad de grandes y pequeñas empresas mineras.



PARTE II DISCUSSION



CAPITULO 1 ANALISIS DE LAS IMAGENES DE SATELITE

1-1 Objetivos del análisis

La tarea de interpretación fotogeológica de las imágenes de satélite se realiza con el objetivo de comprender las estructuras geológicas regionales del área de estudio y preparar el mapa básico para la evaluación regional de áreas con potencial minero dentro de esta zona. Cada cuadrángulo considerado posee un ancho de 30 minutos, tanto para la latitud como para la longitud, los cuales son similares a los mapas topográficos a escala 1:100,000 confeccionados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). Para esta fase de estudio se han considerado un total de 30 cuadrángulos.

1-2 Interpretación fotogeológica

1-2-1 Datos empleados

Los datos empleados en el análisis se muestran en la Figura 3 y el Cuadro 8.

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 preparar la salida de 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.

Cuadro 8 Datos empleados de las imágenes de satélite

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	1994-07-06
	428	320	1994-07-06
	428	321	1994-07-06
	428	322	1994-07-06
	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	1996-02-03
	434	319	1992-11-03
	434	320	1992-11-03
	434	321	1992-11-03
	434	322	1992-11-03
434	323	1994-07-12	
435	319	1992-11-04	
435	320	1994-08-26	
435	321	1994-08-26	
436	319	1994-03-04	
436	320	1994-03-04	
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

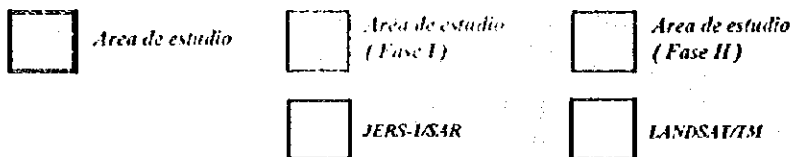
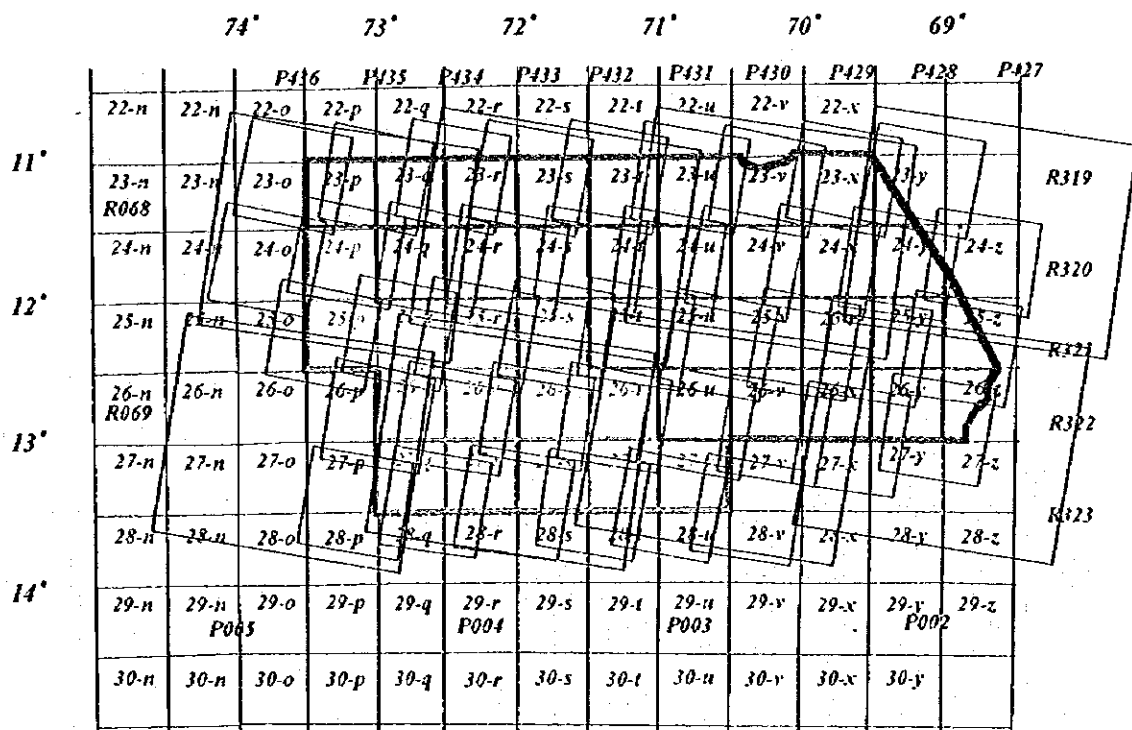


Figura 3 MAPA DE LOS LIMITES DEL ANALISIS DE LAS IMAGENES DE SATELITE



1-2-3 Resultados de la interpretación

La tarea de interpretación fotogeológica se realizó consultando el mapa geológico ya existente a escala 1:1,000,000 (INGEMMET, 1995), así como también para la clasificación de las unidades geológicas de las áreas de interés. Para la obtención final del mapa fotointerpretado de las unidades geológicas se ha tomado en cuenta, en lo posible, esta información geológica ya existente y la información obtenida a partir de la interpretación de las imágenes de satélite. 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 subdividieron más detalladamente según la interpretación, se les 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 topográfico ya existente utilizado como consulta, también se remarcó la posición de las principales carreteras y poblaciones.

La comparación entre las unidades geológicas del mapa interpretado y las del mapa geológico ya existente se presenta en el Cuadro 9.

Cuadro 9 Unidades geológicas interpretadas en las imágenes de JERS-1/SAR

No.	Nombre de Unidad Interpretada	Nombre de Unidad del Mapa Geológico del Perú (INGEMMET, 1995)	Leyenda del Mapa Geológico del Perú (INGEMMET, 1995)
1	Q3	Qh-c	Cuaternario Depósitos Aluviales
2	Qplc2	Qpl-c	Cuaternario
3	NpQ		Fms. Madre de Dios
4	NQ	NQ	Cuaternario/Neogeno
5	NQ2	Nm-c	Neogeno
6	NQ1		Formación Ipururo
7	Pp	P-c	Paleogeno
8	Pc1		Formación Yahuarango
9	Kis	Kis	Cretáceo Grupo Oriente
10	Ki	Ki	Cretáceo Grupo Goyllarisquizga
11	CP	CsP	Carbónico Grupo Copacabana
12	LPe	O	Ordoviciano Formación Contaya

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

(1) Unidad Q3:

Depósitos aluviales que se observan en los terrenos llanos a lo largo de los ríos, se supone que contienen principalmente detritos y barro. En los terrenos bajos a lo largo de los ríos y en las zonas bajas de los mismos se aprecian claramente los lagos en forma de luna creciente

(2) Unidad Qplc2:

En depósitos aluviales a fluviales. Están a una altura relativamente algo más elevada que Q3. En ocasiones aparece formando parte de la superficie de las terrazas de las riveras de los ríos. En comparación con NpQ su superficie es algo más rugosa, observándose en las huellas del cause de los antiguos ríos (rastros de lagos en forma de luna creciente)

(3) Unidad NpQ:

En depósitos aluviales o fluviales del Cuaternario, formando parte de las zonas bajas y de la superficie de las terrazas de las riveras de los ríos. Están a una altura relativamente algo más elevada que Q3. La forma de la red de drenaje es del tipo dendrítico, siendo su densidad de baja a media. Además comparandola con Q3 presenta una resistencia a la erosión algo más elevada por lo que se supone que sus estratos están constituidos principalmente por estratos de arena y grava.

(4) Unidad NQ:

Comprende desde la parte superior de la secuencia Neógena hasta la parte inferior de la Cuaternaria. Se distribuye en las cercanías de Iñaparí en la parte noreste de la región de estudio. Esta unidad en comparación con las unidades Qplc y Q3 presenta una constitución de su superficie más rugosa, un tono más oscuro, etc., características por las cuales puede hacerse su diferenciación

(5) Unidad NQ2:

Se distribuye ampliamente en casi toda la región del área interpretada como el estrato inferior de la secuencia Neógena. Se presenta en relieves que van desde llanos hasta suavemente ondulados. La constitución de su superficie es rugosa, la forma dominante de la red de drenaje es de tipo dendrítica a paralela, desarrollando un sistema de drenaje fino. Presenta una estructura de plegamientos suaves, en algunos lugares está desarrollada la estratificación. Se supone está constituida principalmente por areniscas (psammita) de grano fino.

(6) Unidad NQ1:

Localizada en la parte oeste de la región de estudio, en algunas partes se observa la presencia de una evidente estructura plegada en el contacto entre las unidades Pe1 y NQ2, por lo que de este grupo, la secuencia que va desde dentro de la unidad Nmc hasta parte del estrato de la unidad NQ2 del mapa geológico ya existente se considera como la unidad NQ1.

(7) Unidad Pp:

Formación Paleógena. Formada por las superficies planas de las mesetas y las superficies de los declives suaves. La forma del sistema de la red de drenaje de la parte noreste de la región de estudio casi no se puede distinguir por lo fina que es. La forma de la red de drenaje de la parte sureste de la región de estudio es del tipo dendrítica, no muy clara y su densidad también es más baja que en la unidad Nmc. En algunos lugares se puede reconocer una estratificación poco clara y el espesor de la formación más grueso. El relieve es finamente ondulado y su constitución superficial es fina. Se supone está constituida principalmente por arenisca de grano fino y marga.

(8) Unidad Pe1:

Está distribuida en forma de banda en las zonas bajas al pie de los montes. La estratificación está desarrollada, la red de drenaje es del tipo paralelo a lo largo de los planos de estratificación. El sistema de drenaje de las partes bajas y llanas casi es imposible de distinguir por lo fino que es. Su constitución superficial es rugosa y con abundantes pequeñas ondulaciones.

(9) Unidad Kis:

Se distribuye al pie de los montes, en las partes bajas de las laderas, en forma de bandas que los bordean. Buza en la dirección de las pendientes, se observa claramente en la superficie de los estratos del tipo "flat-iron". Sobre los cuadrángulos la forma de la red de drenaje casi no se puede distinguir. La constitución de su superficie es suave. El espesor de la formación se supone más fino que el de la unidad Pe1. Se supone está constituida principalmente por arenisca.

(10) Unidad Ki:

Formando parte de la divisorias de las aguas en contacto con la unidad Kis. En la parte de los bordes la estratificación es clara, formando macizos en las cimas. Su constitución superficial es algo rugosa, la red de drenaje se presenta de dendrítica

a paralela, con poca densidad. Se supone está constituida principalmente por arenisca.

(11) Unidad CP:

Esta unidad geológica se distribuye por debajo de la unidad Ki. La estratificación no está clara, es un macizo. La red de drenaje es del tipo dendrítico de poca densidad. La ondulación del relieve es comparativamente superior. Característicamente está formando crestas continuas y prolongadas, paralelamente a las cuales se extienden alargados y profundos valles.

(12) Unidad LPe:

La constitución de su superficie es comparativamente suave, existen lugares en los que se observan planos semejantes a los de la estratificación.

La totalidad de la red de drenaje en la región de estudio de la presente fase es del tipo dendrítica o paralela de poca densidad. La ondulación del relieve es poca, excluyendo la porción oeste en que es relativamente alta. En las partes llanas se caracteriza por estar formada por meandros y lagos en forma de luna creciente.

Una parte de 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: 24-q, 24-r, 26-u y 26-v, 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 período se confeccionaron los mapas de interpretación de las unidades geológicas y los mapas de interpretación de lineamientos de todos los cuadrángulos, se muestran respectivamente, en las Figuras 23 y 24.

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

(1) 23-p

La unidad NQ2 se distribuye dentro del cuadrángulo en la totalidad de la región presentando una estructura suavemente plegada. En la parte noroeste los ejes de plegamiento son de dirección NNW-SSE, en la parte del eje del anticlinal en forma de domo se exhibe el estrato más inferior de la unidad NQ2. Desde la parte central hacia el lado este del cuadrángulo el rumbo general de los estratos cambia de dirección NNW-SSE a dirección E-W.

(2) 23-q

Al igual que en el caso del cuadrángulo 23-p la unidad NQ2 es la predominante. La ondulación del relieve es suave. El rumbo general de los estratos es de dirección NNW-SSE o de dirección N-S. Esta tendencia, debido a que no es armónica con el rumbo general en 23-p, en la región cubierta por los depósitos aluviales de las cercanías del Rfo Urubamba, se supone que el rumbo general cambia a la dirección N-S.

(3) 23-r

Al igual que en el cuadrángulo 23-p la unidad NQ2 es la predominante. La ondulación del relieve es suave. El rumbo general de los estratos es de dirección N-S o NNE-SSW. Desde la parte central hasta la parte norte del cuadrángulo, existe la parte de los terrenos bajos en forma de banda en dirección sur-norte, pero debido a la erosión no se aprecia estructuralmente forma alguna.

(4) 23-s

La unidad NQ2 se distribuye ampliamente en la totalidad de la región. La ondulación del relieve es suave. La estratificación es extremadamente no evidente, pero sobresalen los lineamientos del sistema N-S. Algunos de los lineamientos extraídos en la interpretación tienen la posibilidad de que tengan este rumbo.

(5) 23-t

La unidad NQ2 se distribuye ampliamente en la totalidad de la región. La ondulación del relieve es suave. El rumbo de la estratificación se observa que es evidentemente del sistema N-S. En el lado sur del Rfo de las Piedras se desarrollan lineamientos paralelos al mismo, los cuales son posiblemente los planos de estratificación.

(6) 23-u

La unidad NQ2 se distribuye ampliamente en la totalidad de la región. La ondulación del relieve es suave. Para el rumbo de los estratos en la parte oeste dentro del cuadrángulo se destaca la dirección N-S, pero en la parte noreste tienen una dirección WNW-ESE paralelos al Rfo Tahuamanu, en la parte del extremo este del cuadrángulo se extrae nuevamente la dirección N-S.

(7) 23-v

La unidad NQ2 se distribuye ampliamente en la totalidad de la región. La ondulación del relieve es suave. El rumbo de la estratificación en la parte oeste dentro del cuadrángulo es de evidente dirección NW-SE, pero en las partes central y este cambia a la dirección N-S. Además, dentro del cuadrángulo, en la parte oeste existe una suave estructura anticlinal, mientras en la parte este se reconoce la estructura sinclinal.

(8) 23-x

En su totalidad corresponde a parte de la meseta, pero no se reconocen estructuras características. En la parte norte del cuadrángulo sobresalen los lineamientos que van de NNW-SSE a NNE-SSW, en la parte sur se reconocen los lineamientos del sistema ENE-WSW. En la totalidad del mismo se distribuye principalmente la unidad Pp. En las partes noroeste y suroeste del cuadrángulo se distribuye principalmente la unidad NQ2. A lo largo de los ríos se distribuye la unidad NQ.

(9) 23-y

Al igual que en el cuadrángulo 23-x no se reconocen estructuras características. En la totalidad del cuadrángulo se destacan los lineamientos del sistema NNW-SSE al sistema NNE-SSW. La unidad Pp se distribuye en las partes central y oeste, como continuación del lado oeste del cuadrángulo 23-x, rodeando a la unidad NQ2. A lo largo del Río Tahuamanu se distribuyen las unidades NQ y Q3.

(10) 24-q

En la parte norte dentro del cuadrángulo se distribuye ampliamente la unidad NQ2. Desde la parte central hasta la parte sur se distribuyen cada una de las formaciones desde la unidad Pc1 hasta la unidad Ki, constituyendo una estructura plegada cuyo eje posee una dirección E-W. Se observa el desarrollo de una gran y extensa falla de dirección E-W, el extremo norte de la unidad Ki muestra una estructura de falla de sobrecojamiento (paraclasa).

(11) 24-r

Se continúa la estructura que se observa en el cuadrángulo 24-q. En el contacto con la unidad NQ2 la dirección del eje de los plegamientos varía gradualmente desde E-W a WNW-ESE. También hay la posibilidad de que exista una estructura de falla de dirección E-W. En la parte sur de este cuadrángulo se distribuye la unidad LPe.

(12) 24-s

En su esquina suroeste se distribuyen las unidades Kis y Pc1. Otra unidad que se distribuye ampliamente es la NQ2. No se reconocen partes de formaciones que muestren la clara estratificación de las unidades NQ1 y NQ2. La totalidad de la no clara estructura estratificada se supone se debe a que la unidad NQ2 en esta región es casi horizontal.

(13) 24-t

Se distribuye la unidad NQ2. Debido a que la estructura estratificada no está clara, se hace difícil la extracción de partes de estratos.

(14) 24-u

Al igual que en el cuadrángulo 24-t, en su totalidad se distribuye la unidad NQ2. Debido a que la estructura estratificada no está clara, se hace difícil la extracción de partes de estratos.

(15) 24-v

Al igual que en los cuadrángulos 24-t y 24-u, en su totalidad se distribuye la unidad NQ2.

(16) 24-x

Casi su totalidad es del tipo de meseta. Los lineamientos en el lado oeste del cuadrángulo son del sistema NNW-SSE al sistema NNE-SSW, en las partes norte y sur se reconoce el sistema ENE-WSW. En la parte central oeste se reconocen pequeños hundimientos del relieve. Desde la parte central oeste hacia las partes norte y sur se distribuyen las unidades Q3 y Pp y hacia la parte este se distribuyen las unidades Q3, Pp, NQ2, etc. En la parte sureste del cuadrángulo se distribuye la unidad Qp1c1. Dentro de la unidad Pp no hay continuidad, no obstante, en los declives abruptos se reconocen planos de estratificación. La parte central de la unidad Pp está constituida algunas veces por hundimientos del relieve. La unidad Q3 se prolonga en dirección WNW-ESE. A partir de la distribución de la estructura geológica y de los hundimientos del relieve se supone con alta posibilidad los valles anticlinales. A lo largo de los ríos actuales de la parte sur del cuadrángulo se distribuye estrecha y alargadamente la unidad Q3.

(17) 24-y

Al igual que los otros cuadrángulos el relieve es del tipo de meseta. Como lineamientos se reconocen los del sistema NNW-SSE al sistema NNE-SSW. En una parte que va del noroeste al suroeste del cuadrángulo se distribuye la unidad NQ2 que posee una constitución de su superficie rugosa y de tono claro y una red de drenaje del tipo emplumado. En una parte del suroeste del cuadrángulo se distribuye la unidad Qp1c1. A lo largo de los ríos se distribuye la unidad Q3, en el resto de la totalidad del área se distribuye la unidad Qp1c2. No se pudo interpretar una estructura geológica característica.

(18) 24-z

En una gran parte del cuadrángulo se distribuye la unidad Qp1c2. En las partes norte y noroeste del cuadrángulo se distribuye la unidad NQ2 y a lo largo de los ríos se distribuye parcialmente la unidad Q3. Se reconocen los lineamientos del sistema NNW-SSE al sistema NE-SW. No se pudo interpretar una estructura geológica característica.

(19) 25-t

En la totalidad del cuadrángulo se distribuyen ampliamente la unidad NQ2 y las unidades Qp1c1 y Q3 de la formación Cuaternaria. En la parte del borde suroeste del cuadrángulo se pueden observar cada una de las unidades Pc1, Ki y CP, que presentan un rumbo NW-SE. La dirección del buzamiento de la totalidad de los estratos es NE.

(20) 25-u

En la totalidad del cuadrángulo se distribuyen ampliamente la unidad NQ2 y las unidades Qp1c1 y Q3 de la formación Cuaternaria. La estructura estratificada de la unidad NQ2 no está clara.

(21) 25-v

Al igual que en el cuadrángulo 25-u, en la totalidad del cuadrángulo se distribuyen ampliamente la unidad NQ2 y las unidades Qp1c1 y Q3 de la formación Cuaternaria. La estructura estratificada de la unidad NQ2 no está clara.

(22) 25-x

Los lineamientos se reconocen del sistema NW-SE al sistema NNE-SSW. Dentro de estos los más evidentes son del sistema NW-SE, en la parte sur del cuadrángulo se reconocen fallas de desplazamiento derecho de este mismo sistema. Desde el oeste hacia el este del cuadrángulo se distribuyen las unidades Pp y Qp1c2 en ese orden. En una parte del noreste se distribuye la unidad Qp1c1. A lo largo de los ríos de dirección casi este oeste se distribuye la unidad Q3, hacia el lado sur de esta y en la parte central oeste del cuadrángulo se distribuye la unidad NQ2 en una banda estrecha y alargada de dirección casi este oeste. Observando la repetición de la distribución de las unidades Pp y NQ2, existe la posibilidad que sea producto de la influencia de la estructura plegada. No obstante, a partir de las imágenes no pudo ser interpretada la estructura plegada.

(23) 25-y

Se reconocen lineamientos del sistema NW-SE y algunos del sistema NNE-SSW. En el lado oeste del cuadrángulo se reconocieron 2 fallas de desplazamiento derecho del sistema NW-SE, pero es difícil una interpretación general de la estructura geológica. En el lado oeste del cuadrángulo, constituyendo la parte de los terrenos bajos y la superficie de los declives, se distribuyen las unidades Pp, Qp1c2 y Qp1c1 y en el lado este se distribuye la unidad Qp1c2, formando parte de los terrenos bajos. El hundimiento del relieve a lo largo de los ríos dentro de la unidad Qp1c2 es más notable que dentro de la unidad Pp. El Río de las Piedras está constituido por un relieve del tipo de meandros móviles, a lo largo del río se distribuye la unidad Q3. También, a lo largo de los otros ríos se distribuye la unidad Q3.

(24) 25-z

Se reconocen lineamientos del sistema NNW-SSE al sistema NNE-SSW. En la parte central del cuadrángulo se reconocen fallas del sistema NW-SE. La totalidad del cuadrángulo posee un relieve llano en el que se distribuye la unidad Qp1c2, a lo largo de los ríos, formando el relieve del tipo de meandros móviles y del corte de los meandros, se distribuye la unidad Q3.

(25) 26-I

La estructura del sistema NW-SE es evidente, en la parte este fueron extraídas 2 estructuras anticlinales del sistema NNW-SSE. Dentro de estas, la estructura anticlinal del lado este está constituida por las unidades CP y Kis. La estructura anticlinal del lado oeste está formada por las unidades CP, Kis y Pc1. Desde la estructura anticlinal del lado este hacia la parte noreste se distribuyen las unidades Pc1, NQ1, NQ2 y Q3. Dentro de la unidad NQ1 de la parte central del cuadrángulo se reconoce una red de drenaje del tipo emplumada. En la parte suroeste del cuadrángulo se distribuyen las unidades LPe y Q3.

(26) 26-II

En su totalidad se distribuyen ampliamente la unidad NQ2 y las unidades Qp1c1 y Q3 del Cuaternario. En el borde suroeste del cuadrángulo se distribuye la unidad CP. El plano de estratificación de rumbo NW-SE puede observarse pero la dirección del buzamiento no está clara. La unidad NQ2 se reconoce en estructuras lineales semejantes a la de estratificación en las cercanías del contacto con la unidad CP. Estas, es posible compararlas con las unidades NQ2 y NQ1, clasificadas en la parte oeste del cuadrángulo. Pero debido a que la continuidad de las estructuras lineales no es buena, esto no puede ser asegurado.

(27) 26-v

Al igual que en los cuadrángulos 25-u y 25-v, se distribuyen ampliamente la unidad NQ2 y las unidades Q3 y Qp1c1 del Cuaternario. Dentro de la unidad NQ2 se desarrollan abundantes estructuras lineales, pero no está claro que sean debidas a una estructura estratificada.

(28) 26-x

No se reconocen estructuras de falla características, pero en la parte central del cuadrángulo se reconoce un relieve que posee una estructura circular no clara. En su totalidad se presenta un relieve del tipo de meseta, en una parte de su lado norte se distribuye la unidad Pp y a lo largo de los ríos la unidad Q3, en la gran parte restante se distribuyen las unidades Qp1c2 y Qp1c1

(29) 26-y

Los lineamientos se reconocen del sistema NNW-SSE al sistema NNE-SSW. En su totalidad presenta un relieve del tipo de meseta en el que se distribuyen las unidades Qp1c2 y Q3.

(30) 26-z

Los lineamientos se reconocen del sistema NNW-SSE al sistema NNE-SSW y algunos del sistema NE-SW. En la parte suroeste del cuadrángulo se reconocen fallas de desplazamiento izquierdo del sistema NNE-SSW. En su totalidad presenta un relieve llano en el que se distribuye la unidad Qp1c2, a lo largo de los ríos se distribuye la unidad Q3. Dentro de la unidad Qp1c2, en dirección sur-norte, como una prolongación, se distribuye la unidad Nntc, la unidad Qp1c2 se puede distinguir según las diferencias en el tono del color, pero no se reconoce una clara frontera, la interpretación de la estructura geológica fue difícil.

1-3 Extracción de las zonas de alteración

1-3-1 Datos empleados

Los datos del LANDSAT/TM empleados en el análisis se muestran en la Figura 3 y el Cuadro 8.

1-3-2 Procesamiento de imágenes

(1) Confección del mosaico digital de las imágenes de satélite en los que se consideran 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 poder confeccionar el mosaico de imágenes. En el momento de confeccionar el mosaico de imágenes se efectúa la transformación para cada una de las bandas, donde el análisis principal es para lograr el ajuste del histograma de los valores DN de cada una de las escenas 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 le 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 de alteraciones ya existentes, dentro de esto se eligieron los resultados del procesamiento en que se estrajeron 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, según esta metodología se asigna el modelo de razón de reflexión de la superficie terrestre.

Para obtener el valor del grado de brillantes $X_{i\lambda}$ del pixel i y la banda λ se supone la siguiente expresión:

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

pero,

T_i : es el factor topográfico en el pixel i

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

I_λ : es la influencia de la intensidad de la luz solar en la banda λ

Desde aquí, a continuación se da el orden para eliminar T_i y I_λ

- ① Se obtiene "a" como la relación del promedio del intervalo de la banda del pixel i , X_i y $X_{i\lambda}$
- ② Se obtiene "b" como la relación del promedio de todos los pixeles de la banda λ , X_λ y el promedio de todas las bandas y todos los pixeles X .
- 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 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:

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

(3) Salidad 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.

Los minerales de óxido de fierro 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 fierro contienen abundantes minerales de óxido de fierro y se supone que los mismos en las imágenes se presentan

coloreados del amarillo al naranja. Pero, dentro de los límites de estudio de la presente fase, toda el área está cubierta por vegetación por lo que casi no se reconocieron afloramientos y fue difícil la extracción de zonas de alteración. Por esto se confeccionaron las imágenes de "color forzado" coloreando las bandas 7, 4 y 5 de azul, verde y rojo, respectivamente, realizando la interpretación de las unidades geológicas, complementándose con las imágenes del SAR. Por lo general, en las regiones en que crece la vegetación con alta densidad y en amplias áreas, similares a las regiones tropicales de jungla lluviosa, el grado de emisión y reflexión de la brillantez, en la posible zona visual desde las copas de los árboles, tiende a aumentar, por lo que en las bandas desde la 1 a la 3 del LANDSAT/TM los datos se hacen extremadamente abundantes en ruidos, lo que impide la obtención de información útil.

Los límites de estudio de la presente fase es una región de este tipo, en la que la calidad de los datos desde la banda 1 hasta la banda 3 fue muy mala, por lo que se adoptó una combinación de bandas (bandas 7, 4 y 5) de la región de cerca del infrarojo y de ondas cortas y largas del infrarojo. Se representan con verde la vegetación, con violeta las rocas y suelos y con rojo las partes de alteraciones. (Figura 8).

1-4 Consideraciones

Resultado de la interpretación fotogeológica de los datos de JERS-1/SAR se realizó la clasificación de las unidades geológicas y la interpretación de los lineamientos.

La clasificación de las unidades geológicas se llevó a cabo utilizando como consulta el mapa geológico del Perú ya existente (INGEMMET, 1995).

En los resultados de la interpretación la unidad del sistema Paleógeno (P-c) del mapa geológico se clasificó en las unidades Pc1 y Pp. La unidad Pc1 se distribuye en forma de banda en los terrenos bajos al pie de los montes, la estratificación está desarrollada, la red de drenaje es de tipo paralela a lo largo de los planos de estratificación, la constitución de su superficie contiene los tipos rugoso, fino y ondulado. La unidad Pp está formada por las superficies planas de las mesetas y las superficies de las pendientes suaves. La constitución de su superficie es rugosa, la forma de la red de drenaje casi no puede distinguirse. Se supone está constituida principalmente por arenisca de grano fino y margas. La unidad del sistema Neógeno (Nm-c) del mapa geológico ya existente se clasificó en las unidades NQ1 y NQ2. La unidad NQ1 presenta una clara estructura estratificada, la unidad NQ2 muestra una constitución de su superficie rugosa, la red de drenaje es básicamente del tipo dendrítica a paralela, desarrollándose la misma de forma muy fina, por lo que pudo hacer-

se la división. Además, el sistema Cuaternario del mapa geológico (Qp1-c) se dividió en la unidad Qp1c1, la cual forma los terrenos bajos y la superficie de las terrazas fluviales de las riveras de los ríos, la red de drenaje es del tipo dendrítico con una densidad media y como unidad Qp1c2 aquella en que la constitución de su superficie es algo rugosa, reconociéndose en el rastro de los antiguos ríos.

El lineamiento de la deflexión de Abancay, denominado tendencia de los Andes, en la parte oeste del área de estudio varían desde la dirección NW-SE a la dirección E-W, esta estructura se destaca de forma evidente y armónica, pero en la parte este de la franja de la Selva, la densidad de los mismos es pobre, destacándose la dirección NW-SE. La densidad de lineamientos dentro de la unidad Qp1c1 de la Selva posee una tendencia especialmente pobre.

Las formas particulares interpretadas que presentan los lineamientos son las siguientes:

- Estructuras circulares cuadrángulos 24-u y 26-x
- Corrimientos cuadrángulos 24-x
- Fallas cuadrángulos 24-q, 24-r y 25-y



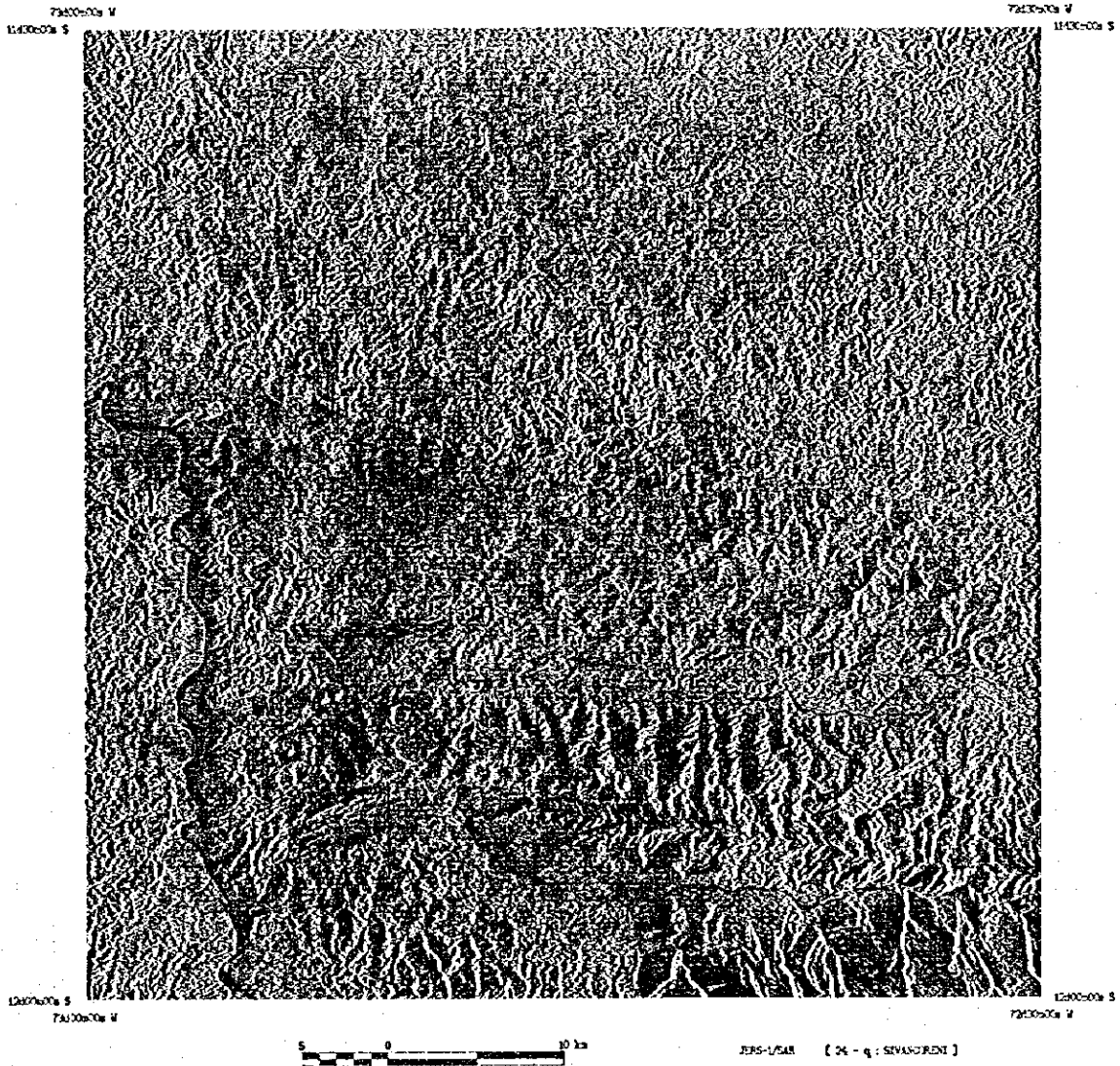


Figura 4-1 IMAGENES DEL JERS-1/SAR (Cuadrángulo 24-q)



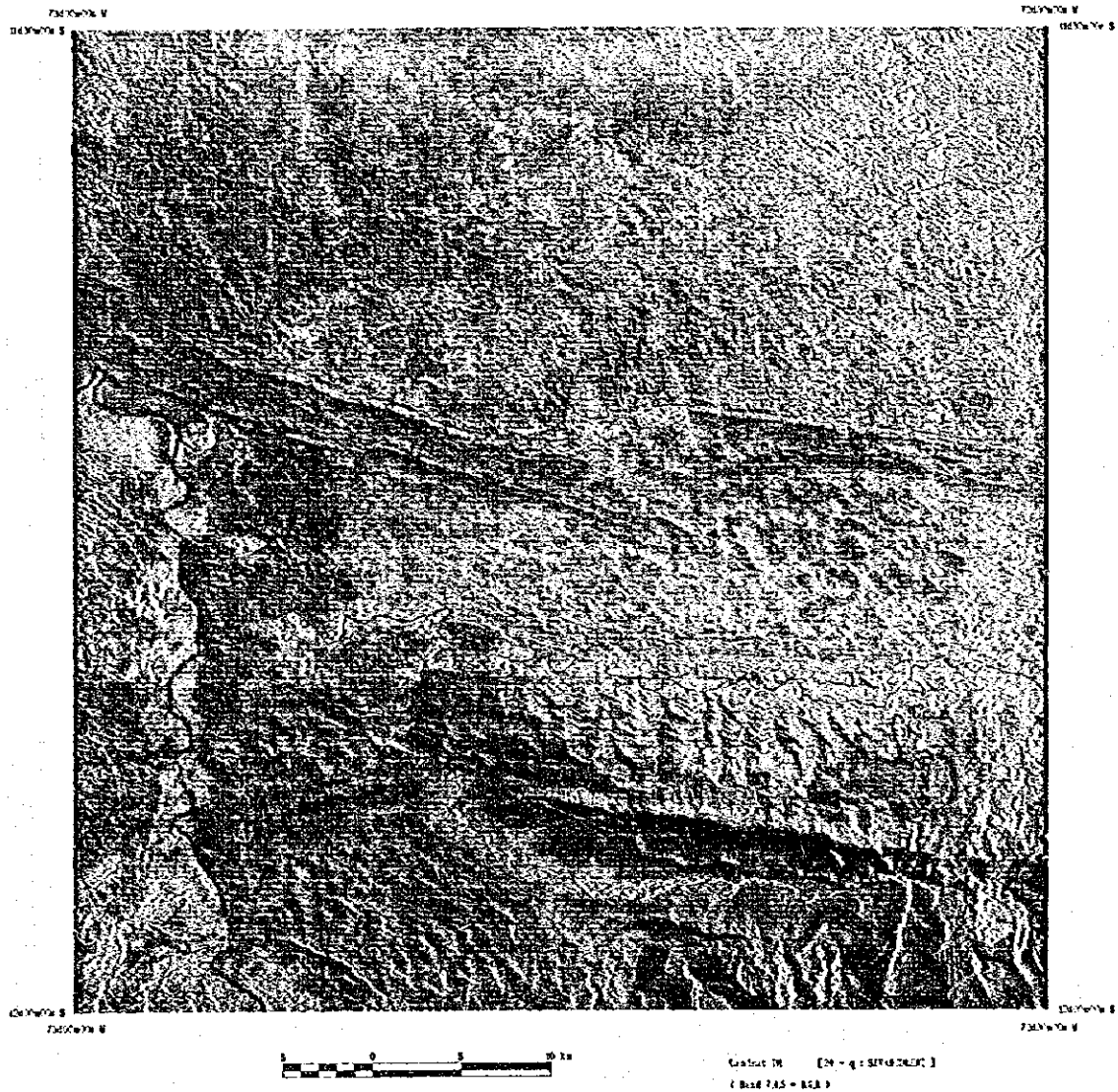
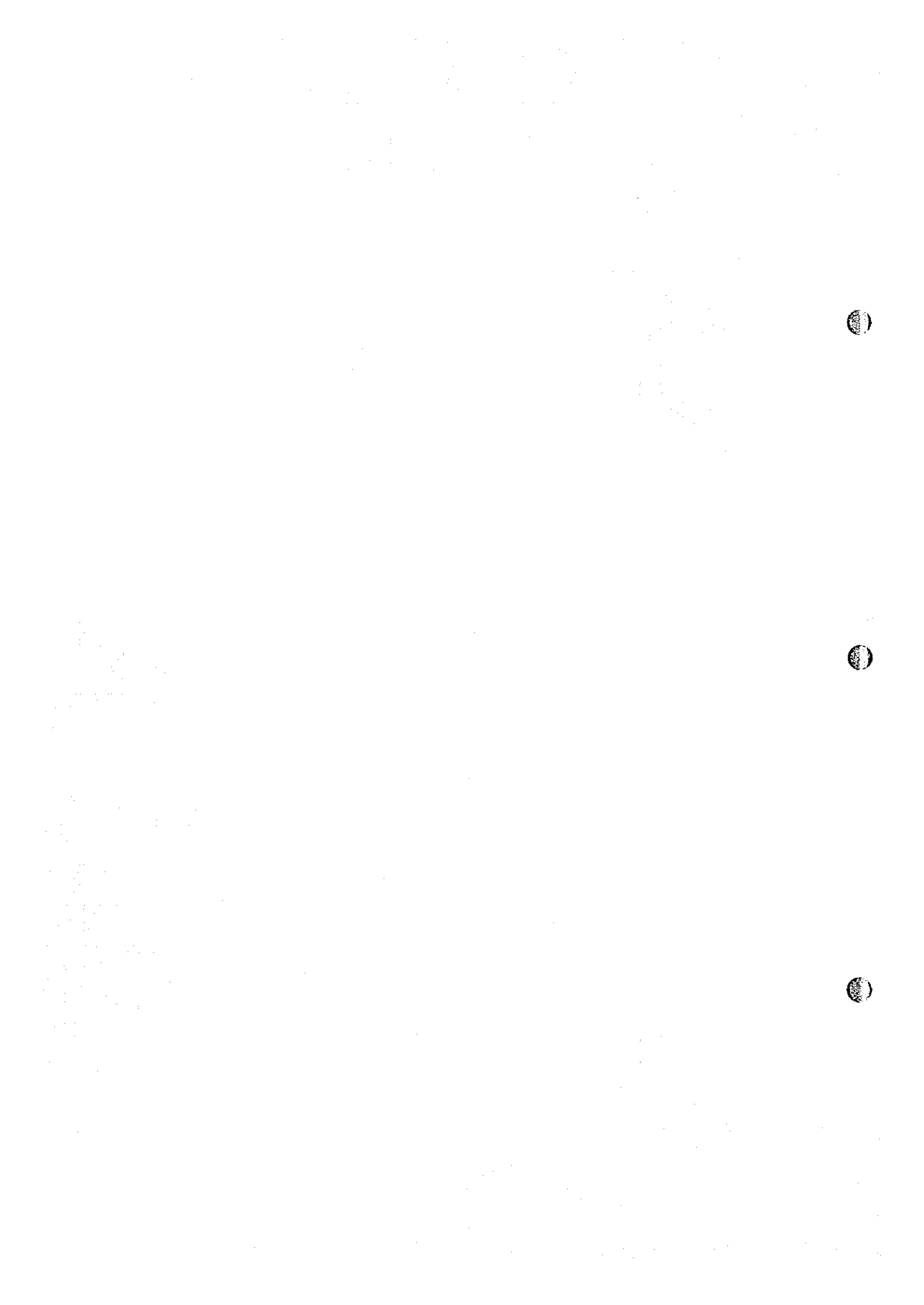


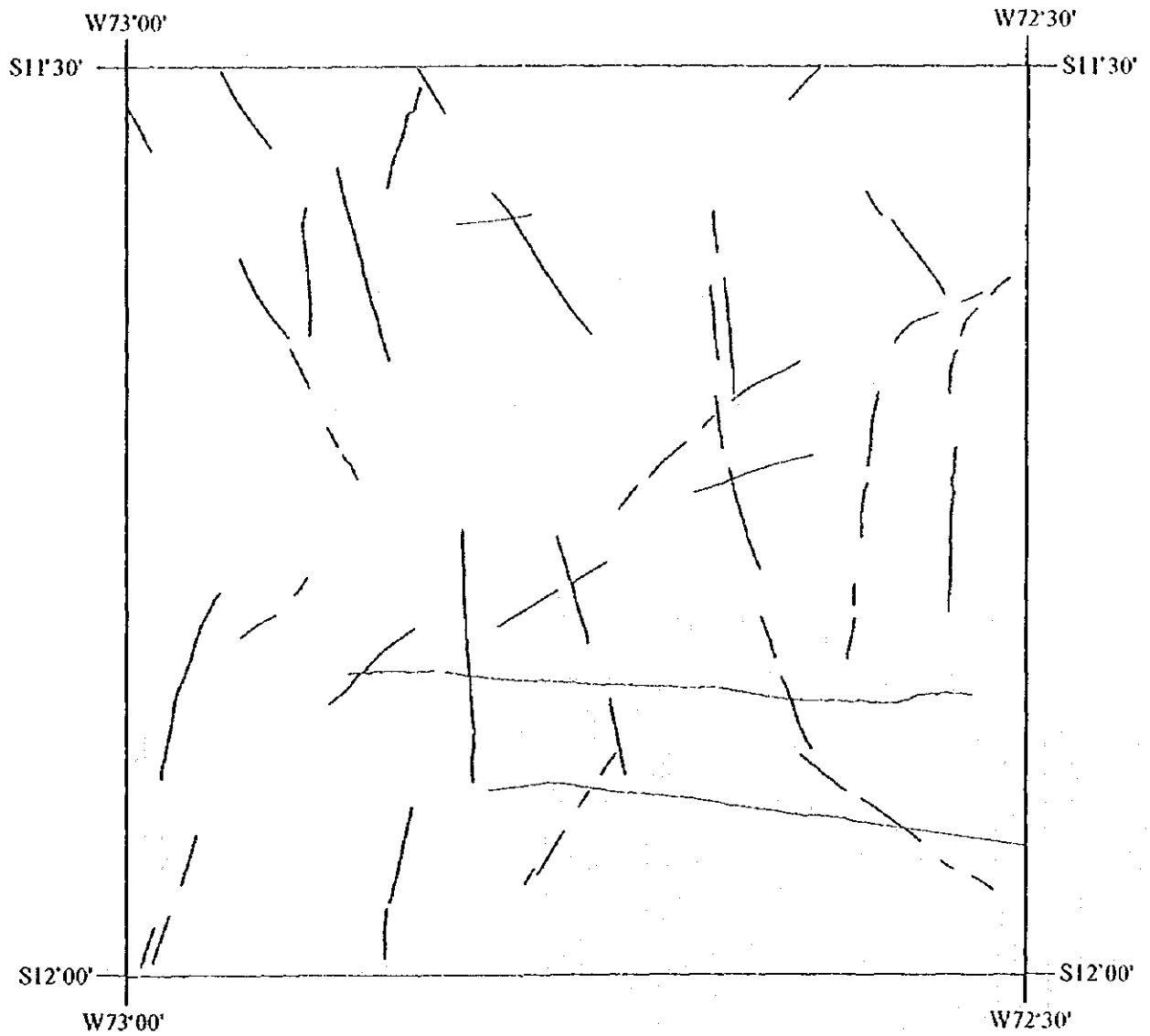
Figura 4-2 IMAGENES DEL LANDSAT/TM (Cuadrángulo 24-q)





24-Q

(Sivancoreni)



LEYENDA

— lineamiento



Figura 4-4 MAPA DE INTERPRETACION DE LINEAMIENTOS (Cuadrángulo 24-q)



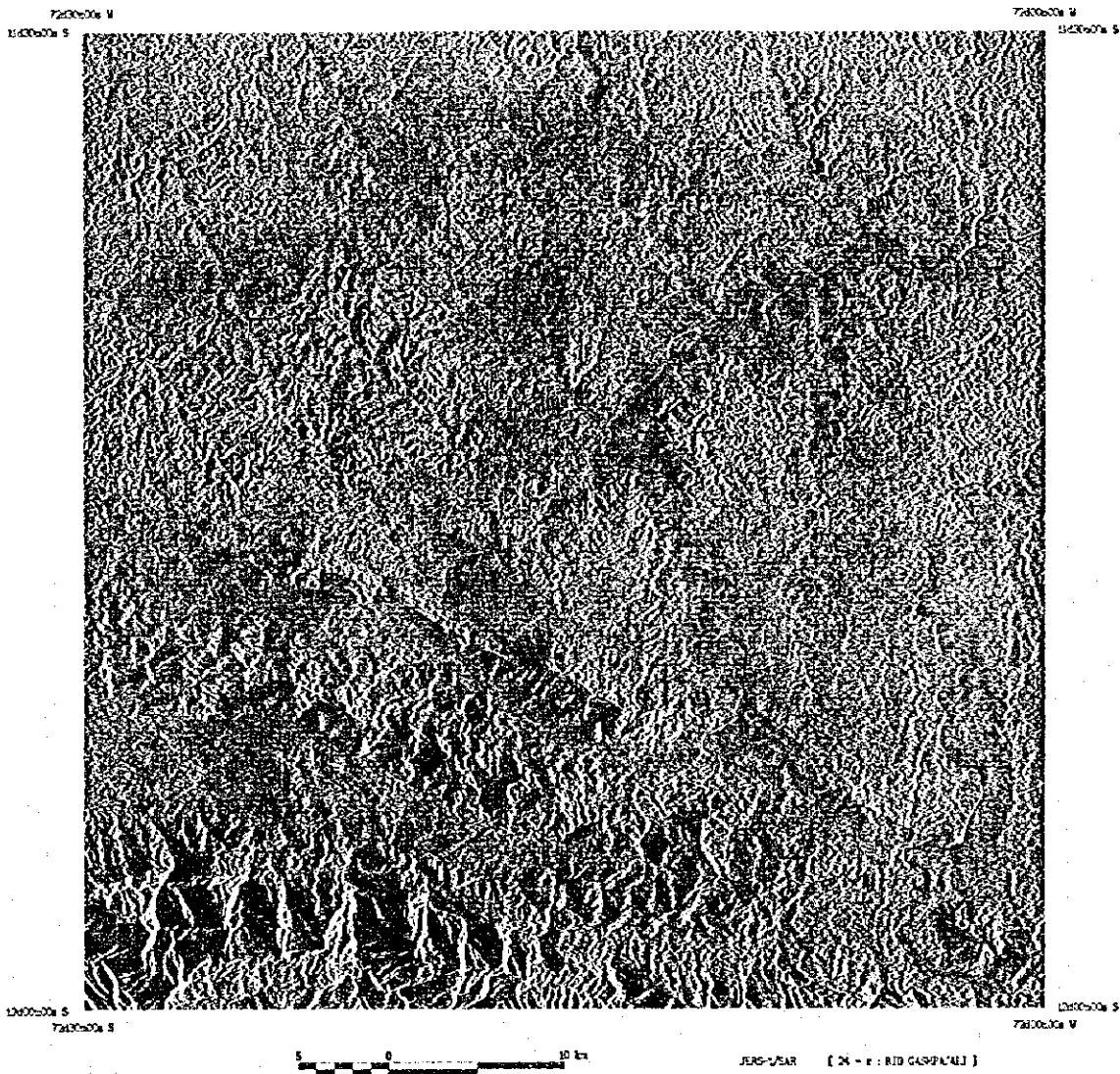


Figura 5-1 IMAGENES DEL JERS-1/SAR (Cuadrángulo 24-r)



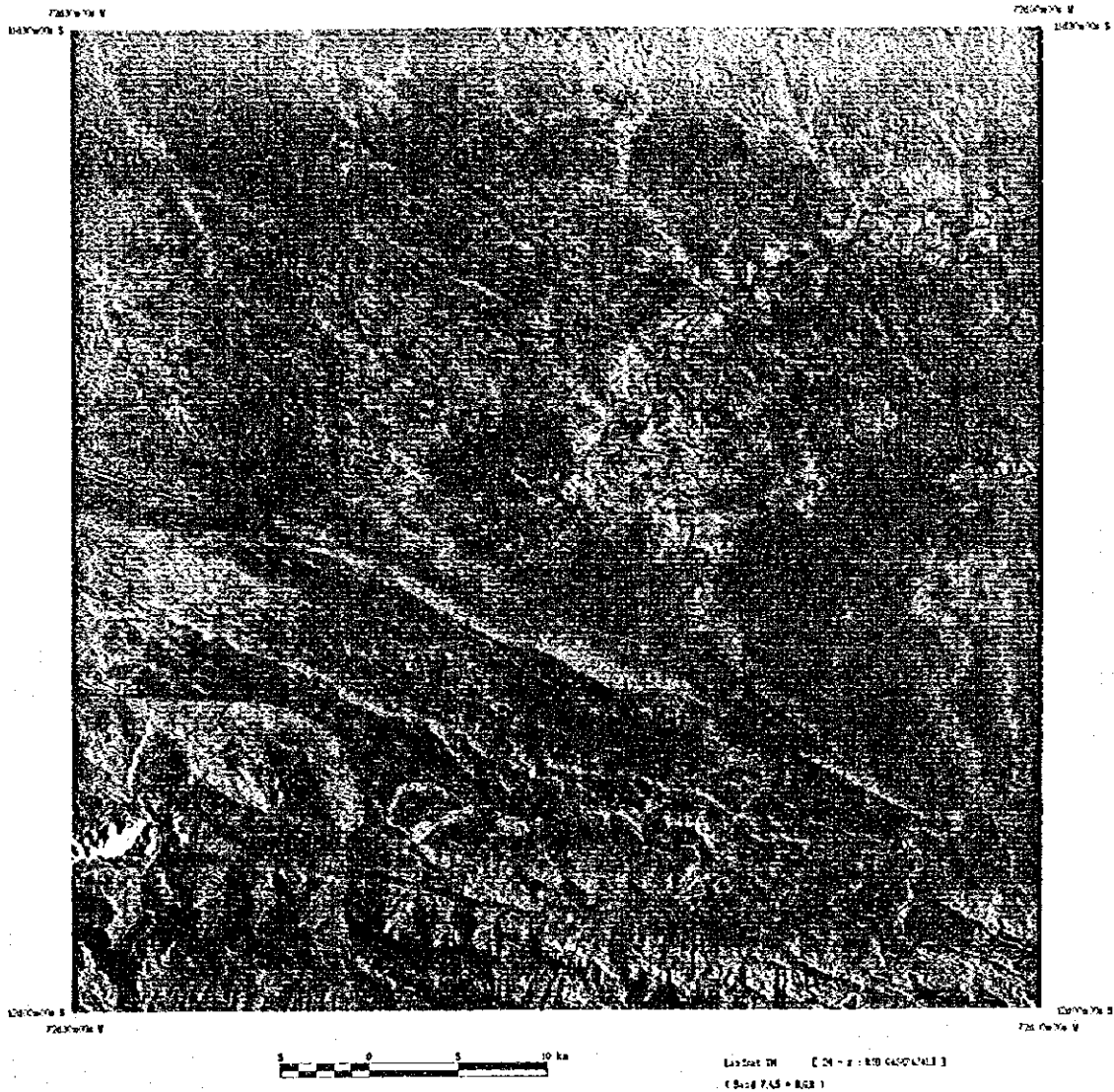


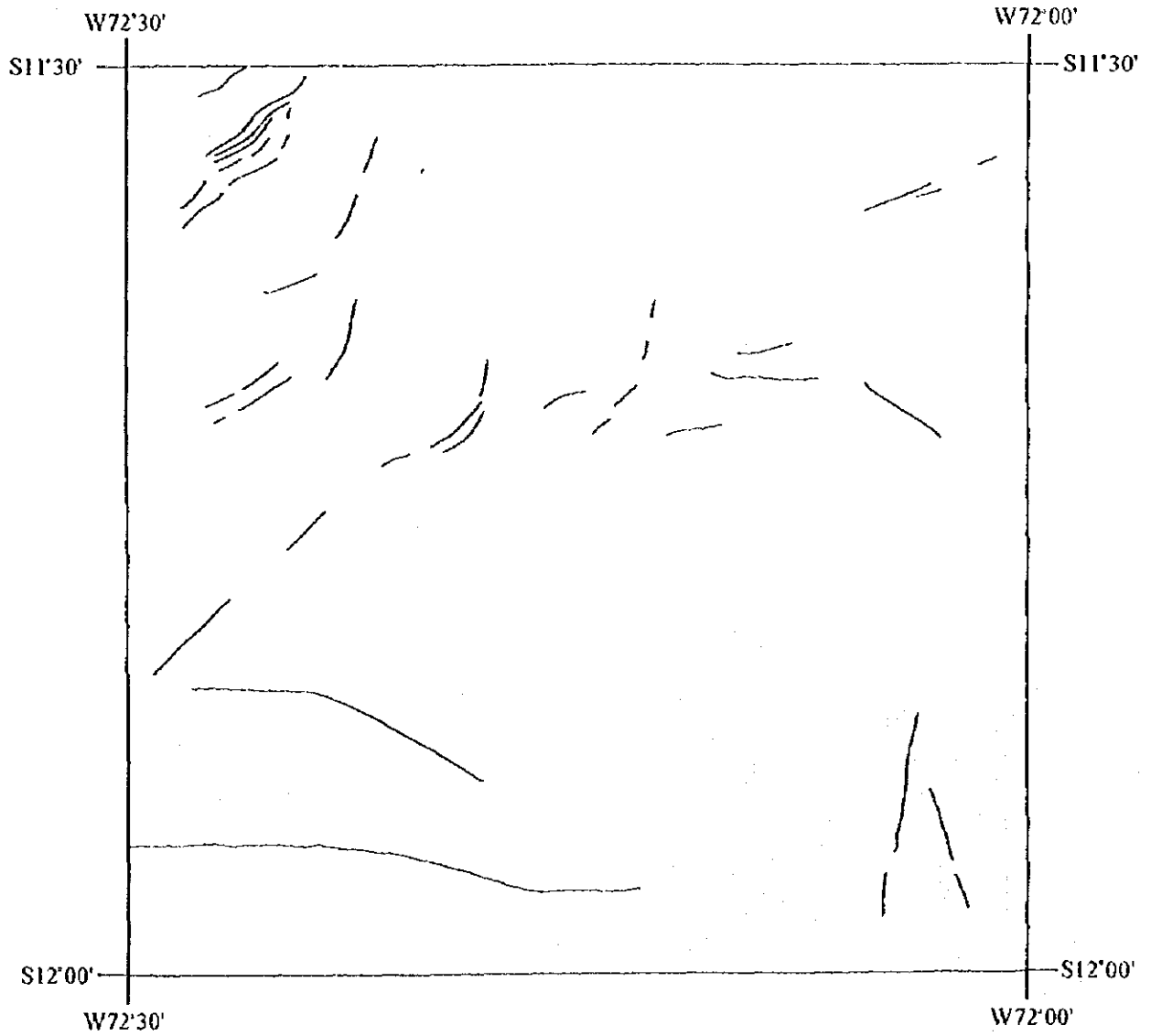
Figura 5-2 IMAGENES DEL LANDSAT/TM (Cuadrángulo 24-r)






24-R

(Rio Gaspajali)



LEYENDA

 lineamiento

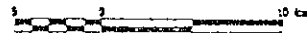
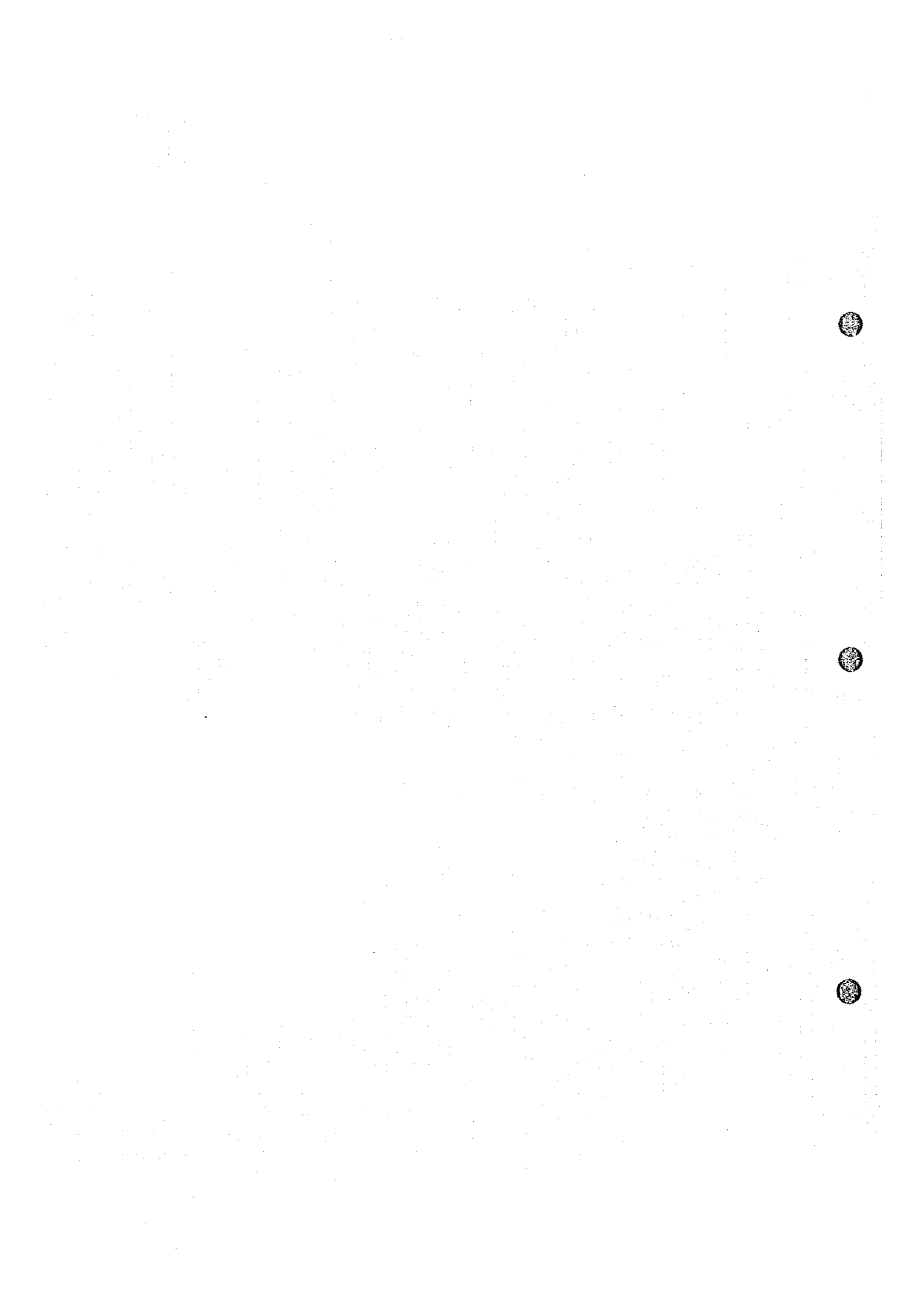


Figura 5-4 MAPA DE INTERPRETACION DE LINEAMIENTOS (Cuadrángulo 24-r)



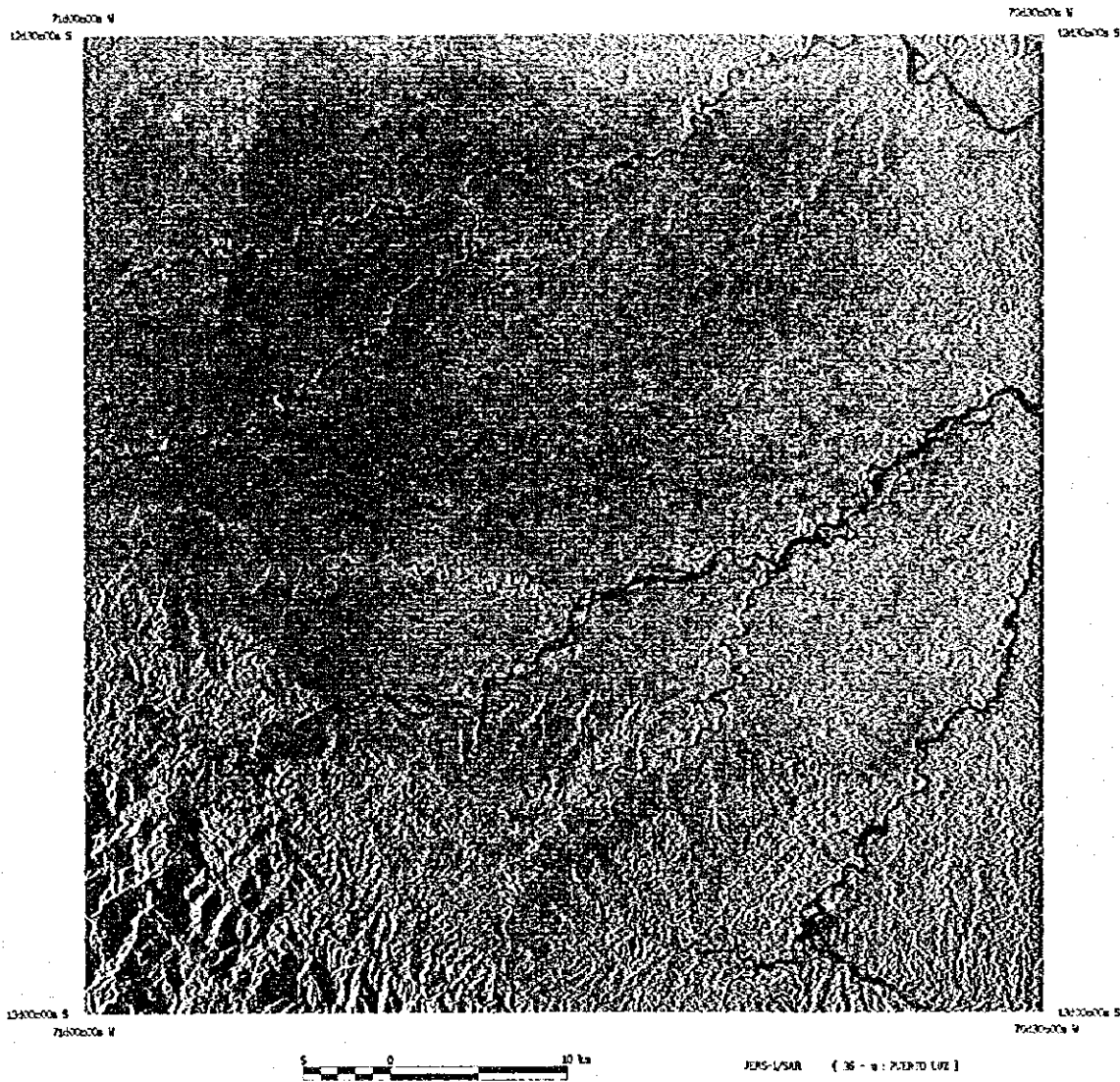
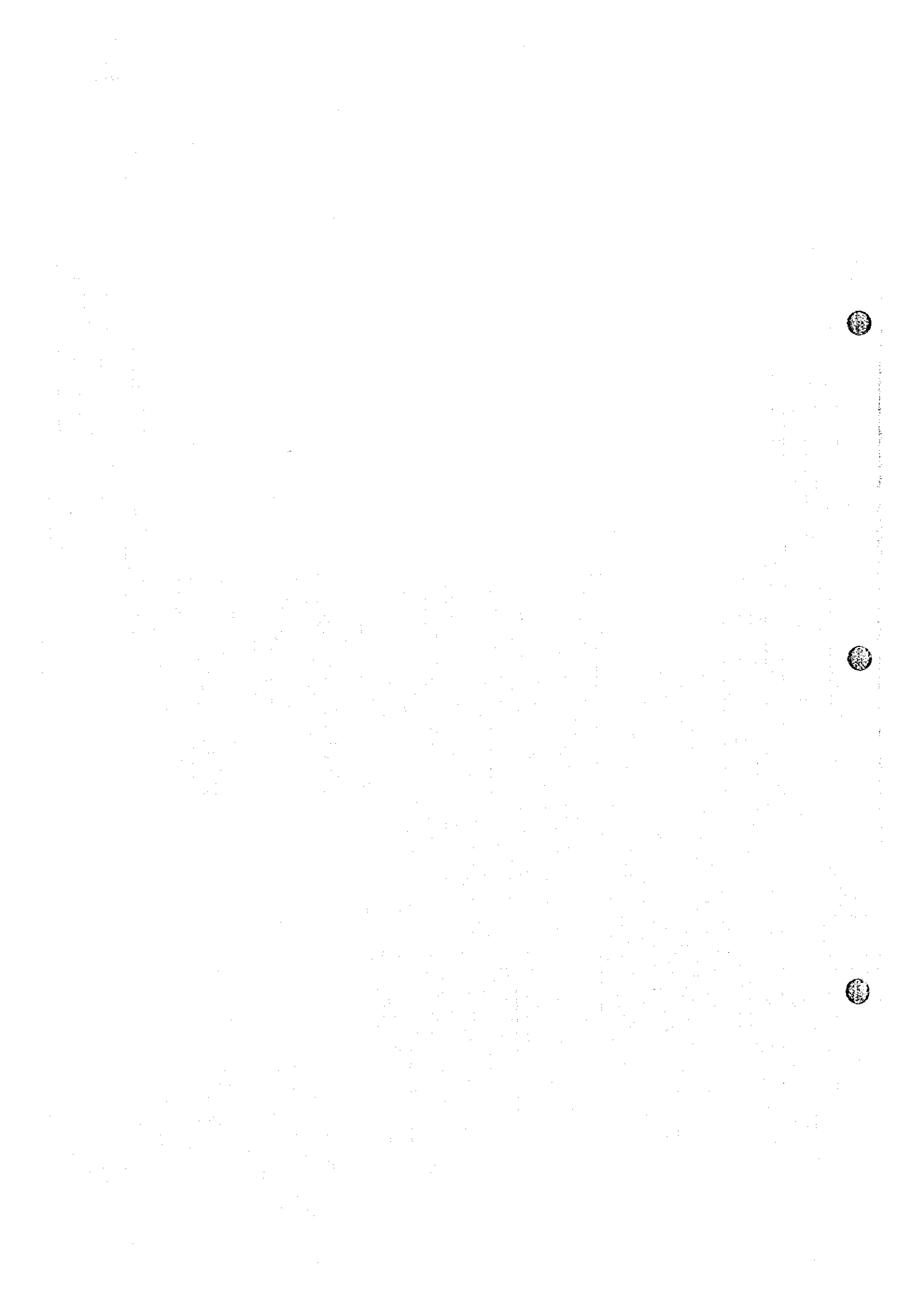


Figura 6-1 IMAGENES DEL JERS-1/SAR (Cuadrángulo 26-u)



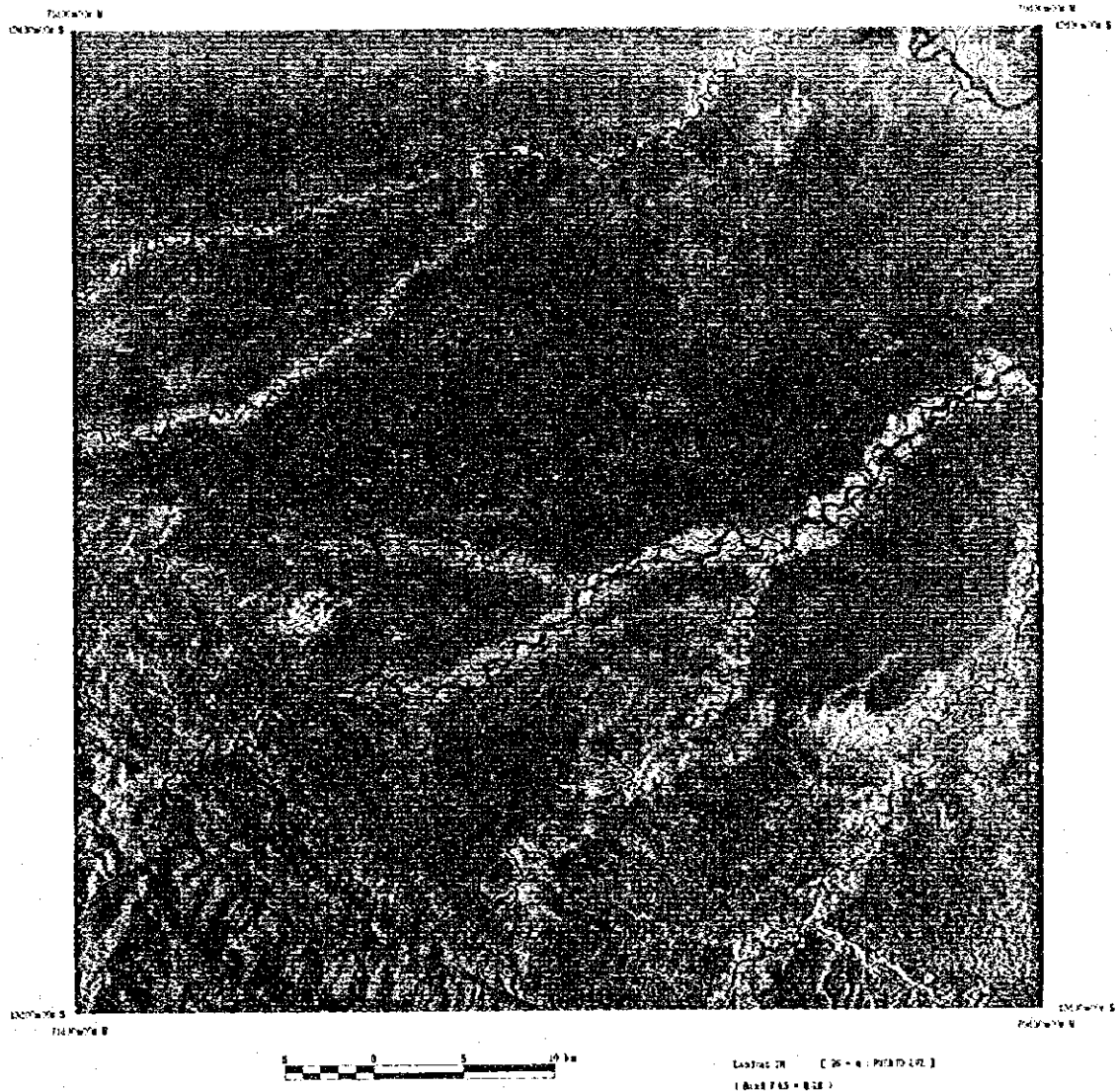


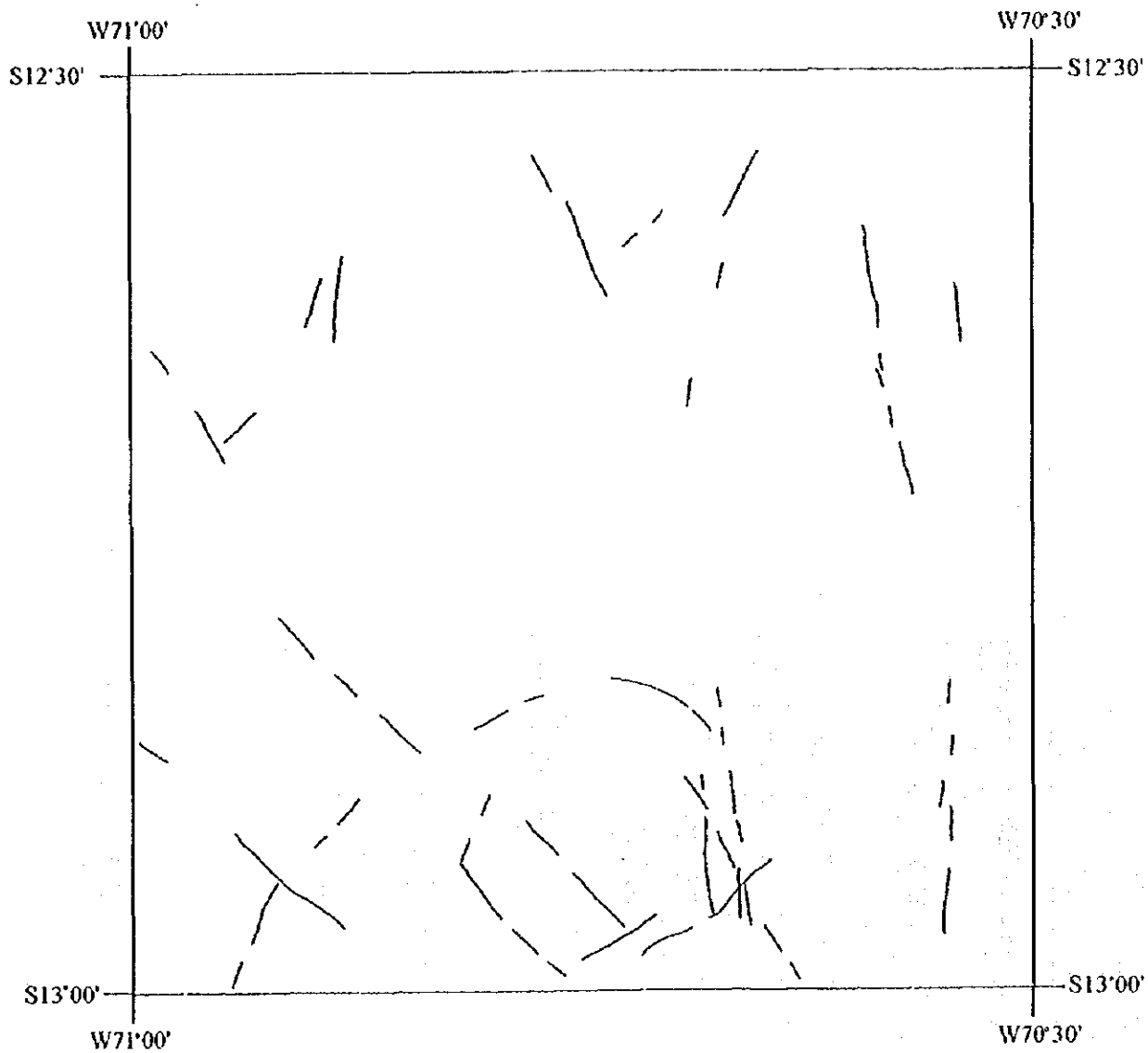
Figura 6-2. IMAGENES DEL LANDSAT/TM (Cuadrángulo 26-u)





26-U

(Puerto Luz)



LEYENDA

lineamiento

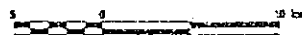


Figura 6-4 MAPA DE INTERPRETACION DE LINEAMIENTOS (Cuadrángulo 26-u)



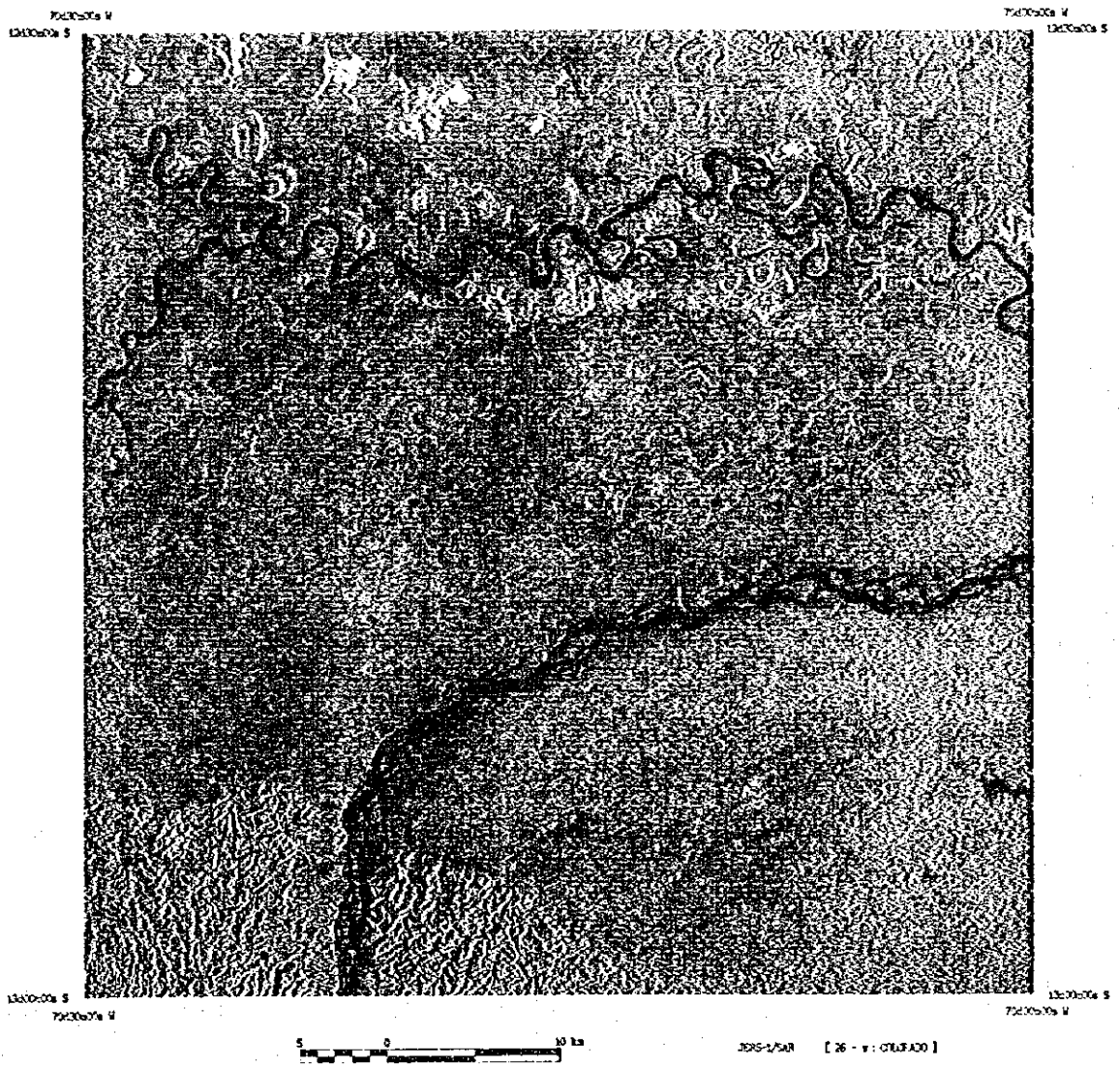


Figura 7-1 IMAGENES DEL JERS-1/SAR (Cuadrángulo 26-v)

