

2.9 Resumen del análisis

2.9.1 Corrección del sistema y de la cantidad de radiación

Para el análisis, se seleccionaron 13 escenas de las imágenes de JERS-1 OPS del Area del Estudio. En realidad, de estas 13 escenas, se tuvo que descartar las cuatro tomadas en invierno porque la cobertura de nieve no permitían realizar un análisis detallado de las zonas de alteración. Por lo tanto, finalmente nueve escenas fueron utilizadas en el análisis.

Para la corrección de sistema se intentó reducir la influencia del retraso de respuesta de los sensores en la gama de infrarrojo de ondas cortas que es una de las características de los datos de JERS-1 OPS. También se realizó el registro entre bandas de las imágenes de la gama de infrarrojo visible y cercano y de la gama de infrarrojo de ondas cortas.

Las nueve escenas utilizadas para el análisis fueron tomadas en diferentes fechas, por lo que era posible que una misma materia sea representada con diferentes valores de brillo. En este caso, no se puede realizar una evaluación de los resultados del análisis aplicando los mismos criterios. Por este motivo, se realizó la corrección de la luz incidente, factor de reflectancia direccional, transmisividad atmosférica, energía radiante de trayecto y de la sensibilidad de los sensores sobre la base de las informaciones sobre el control de situación del satélite, así como los datos del traslapo de las imágenes. Sin embargo, entre las imágenes utilizadas, existían las zonas que no estaban incluidas en el traslapo de las imágenes, y no se ha podido realizar la corrección de la transmisividad atmosférica entre los grupos de las imágenes del Norte y Sur del Area del Estudio.

2.9.2 Imágenes en mosaico sin costura y la conversión geométrica

Para las nueve escenas cuyo brillo fue corregido, se determinó la correspondencia entre dos imágenes en base al traslapo de las imágenes. Subsiguientemente, se realizó la conversión geométrica de las imágenes aplicando el método del cuadrado mínimo. Cabe indicar que existen zonas que no coinciden en el traslapo de las imágenes por los efectos del paralaje. Para la alineación de las imágenes, se utilizó el método denominado "mosaico sin costura" que consiste en unir dos imágenes evitando las zonas que no son concordantes. Este método, además de eliminar los efectos del paralaje en la alineación de las imágenes, permite unir dos imágenes evitando las zonas que presentan variación de las coberturas terrestres. Como resultado, se ha logrado generar las imágenes en mosaico libres de desplazamiento en las uniones y que presentan tonos naturales. Estas imágenes en mosaico fueron divididas en dos grupos: la Imagen U que reúne tres escenas de la parte Norte, y la Imagen L que reúne seis escenas del Sur. Se

Search Results of Pseudo Reflectance to the Database on Pixels Identified to be Alunite

	Band 1	Band 2	Band 3	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8
DN Value	59	102	89	108	58	60	57
Minimum	14	14	5	14	9	16	18
Conversion of Pseudo Reflectance	1.000	0.663	0.787	0.987	1.598	1.394	1.685
Pseudo Reflectance	24.91	32.28	36.59	51.36	43.38	33.96	36.40

Aln	Cal	Goe	Gyp	Kao	Qtz	Ser	Band 1	Band 2	Band 3	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8	Error
							24.91	32.28	36.59	51.36	43.38	33.96	36.40	
40	0	20	30	10	0	0	30.29	34.39	37.76	55.09	44.62	38.06	37.86	1.19
50	0	20	20	10	0	0	29.97	34.15	37.55	55.12	45.09	38.12	38.64	1.19
30	0	20	40	10	0	0	30.60	34.61	37.97	55.03	44.16	38.02	37.13	1.20
30	10	20	30	10	0	0	30.14	34.10	37.43	54.64	45.11	38.82	37.88	1.20
20	10	20	40	10	0	0	30.47	34.33	37.63	54.60	44.64	38.78	37.13	1.21
40	10	20	20	10	0	0	29.83	33.87	37.20	54.67	45.61	38.86	38.66	1.21
60	0	20	10	10	0	0	29.65	33.92	37.33	55.14	45.59	38.19	39.47	1.21
40	30	10	10	0	10	0	28.36	33.32	37.26	57.92	43.89	37.63	37.90	1.22
20	40	10	20	0	10	0	28.83	33.28	37.02	56.77	43.96	39.19	36.30	1.22
40	20	10	10	0	20	0	29.05	33.82	37.56	56.93	43.82	37.96	38.86	1.23

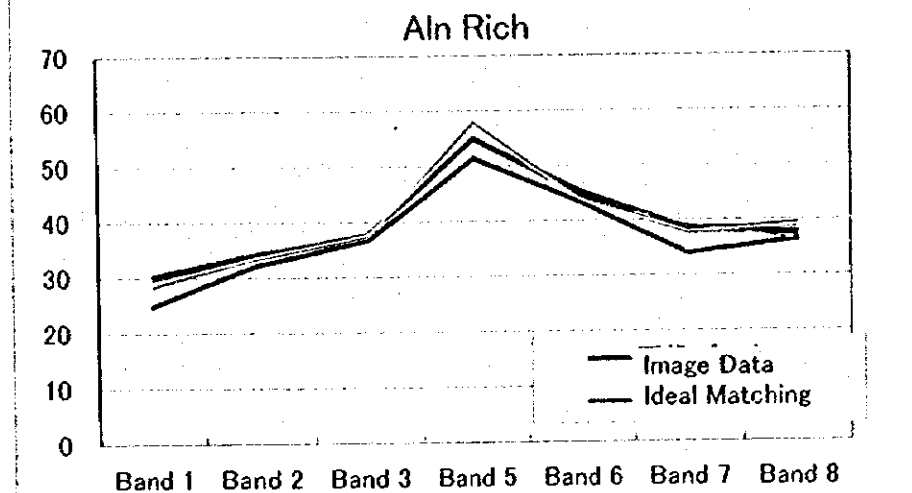


Fig.52 Identification of Alteration Minerals in Areas Dominated by Alunite



Search Results of Pseudo Reflectance to the Database on Pixels Identified to be Kaolinite

	Band 1	Band 2	Band 3	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8
DN Value	80	108	89	110	62	63	58
Minimum	14	14	5	14	9	16	18
Conversion of Pseudo Reflectance	1.000	0.663	0.787	0.987	1.598	1.394	1.685
Pseudo Reflectance	34.03	32.12	34.09	48.86	43.70	33.79	34.77

								Band 1	Band 2	Band 3	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8	Error
Aln	Cal	Goe	Gyp	Kao	Qtz	Ser		34.03	32.12	34.09	48.86	43.70	33.79	34.77	
0	0	30	0	70	0	0		33.32	36.07	38.38	49.95	47.40	37.07	35.70	1.12
0	0	30	10	60	0	0		33.13	35.93	38.30	50.18	47.03	37.60	36.17	1.13
10	0	30	0	60	0	0		32.96	35.82	38.19	50.16	47.35	37.59	36.45	1.14
10	20	20	10	40	0	0		33.95	36.73	38.98	49.75	45.91	37.36	35.97	1.15
0	20	20	30	30	0	0		33.51	36.41	38.84	50.55	45.24	37.97	35.93	1.15
0	0	30	20	50	0	0		32.79	35.69	38.15	50.55	46.74	38.16	36.61	1.15
0	20	20	20	40	0	0		34.16	36.87	39.11	49.75	45.53	37.38	35.59	1.15
20	20	20	0	40	0	0		33.74	36.57	38.84	49.75	46.31	37.37	36.36	1.16
0	30	20	10	40	0	0		33.83	36.51	38.73	49.49	46.32	37.78	35.94	1.16
20	10	20	10	40	0	0		34.06	36.92	39.21	50.00	45.51	36.99	35.99	1.16

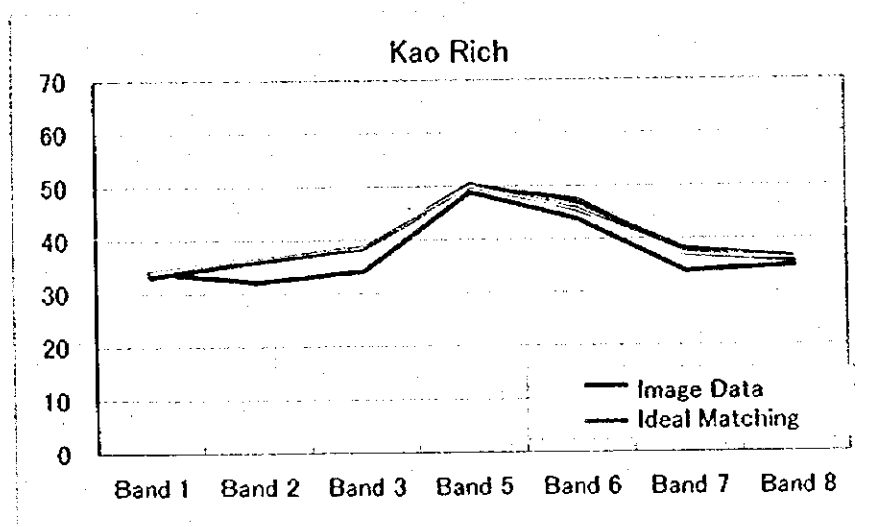
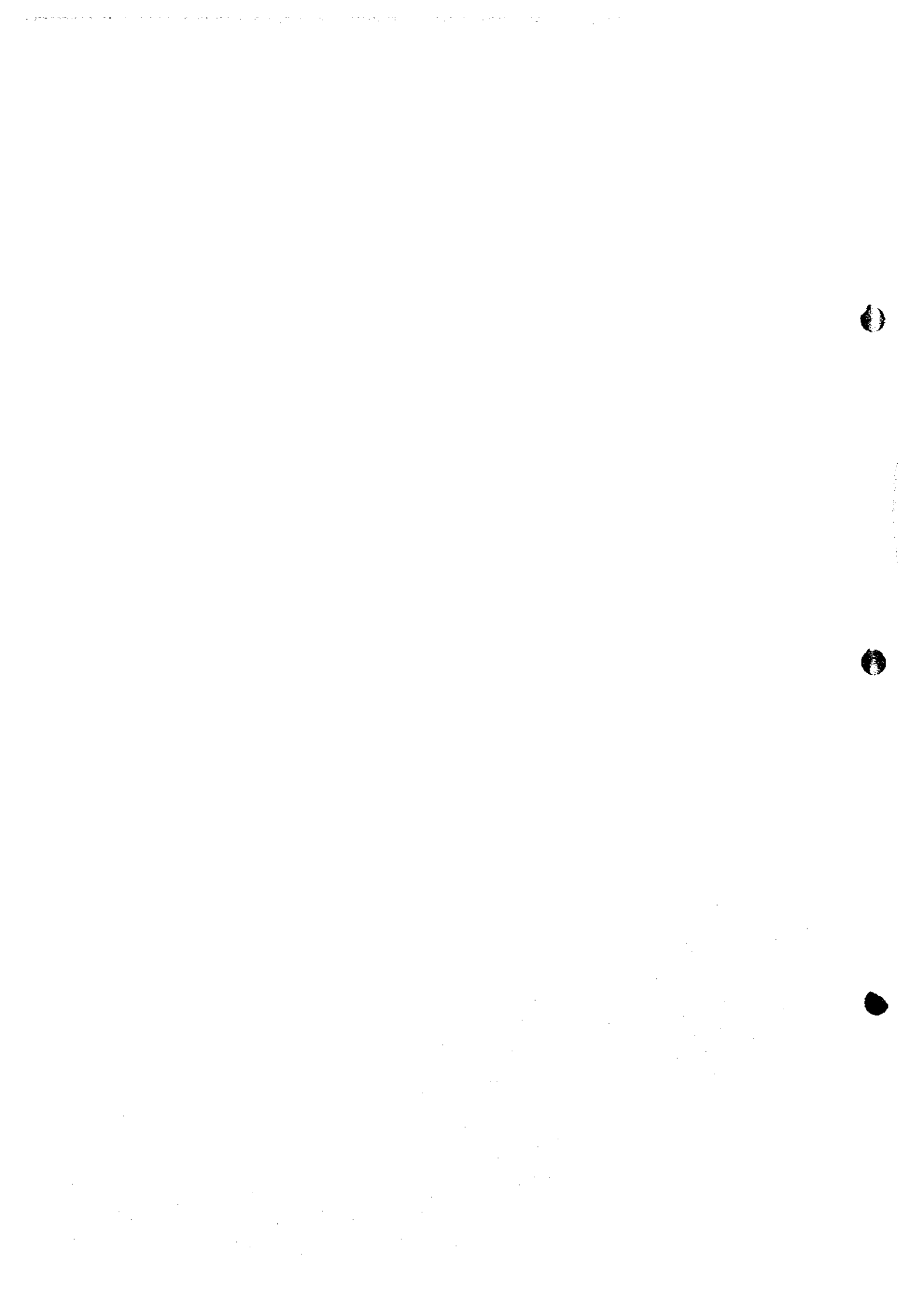


Fig.53 Identification of Alteration Minerals in Areas Dominated by Kaolinite



Search Results of Pseudo Reflectance to the Database on Pixels Identified to be Sericite

	Band 1	Band 2	Band 3	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8
DN Value	76	98	81	92	60	69	59
Minimum	14	14	5	14	9	16	18
Conversion of Pseudo Reflectance	1.000	0.663	0.787	0.987	1.598	1.394	1.685
Pseudo Reflectance	33.96	30.49	32.76	42.17	44.67	40.47	37.86

Aln	Cal	Goe	Gyp	Kao	Qtz	Ser	Band 1	Band 2	Band 3	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8	Error
							33.96	30.49	32.76	42.17	44.67	40.47	37.86	
0	70	10	0	0	0	20	32.76	34.95	36.75	46.71	46.96	44.37	41.17	1.35
0	60	10	0	0	0	30	33.94	35.90	37.47	46.15	46.24	43.45	41.37	1.36
0	60	10	0	10	10	10	33.65	35.97	37.87	47.65	46.84	40.93	38.24	1.37
0	70	10	0	10	0	10	33.55	35.90	37.82	47.75	46.94	40.89	37.89	1.37
0	50	10	0	10	20	10	33.73	36.04	37.91	47.56	46.76	40.96	38.61	1.37
0	60	10	0	0	10	20	32.85	35.03	36.80	46.63	46.87	44.37	41.60	1.37
0	40	10	0	10	30	10	33.82	36.09	37.95	47.48	46.68	40.99	38.98	1.37
0	30	10	0	10	40	10	33.90	36.16	37.99	47.39	46.60	41.02	39.35	1.38
0	60	10	10	0	0	20	33.61	35.87	37.71	47.54	45.42	42.87	39.95	1.38
0	30	10	0	10	50	0	32.44	35.04	31.24	48.46	47.59	41.49	39.10	1.38

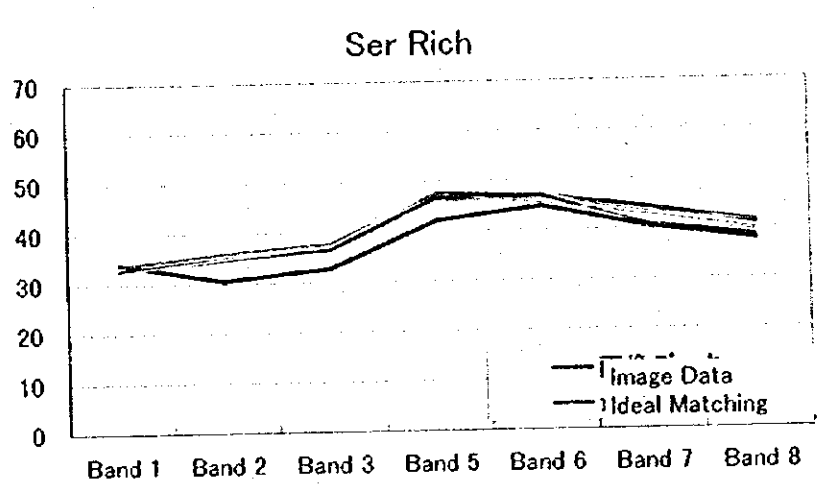


Fig.54 Identification of Alteration Minerals in Areas Dominated by Sericite / Calcite

0

●

●

Comparison of Pseudo Reflectance (Direction Cosine) among Identified Alteration Minerals

	Band 1	Band 2	Band 3	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8	Aln	Cal	Goe	Gyp	Kao	Qtz	Ser
Aln Rich	24.91	32.28	36.59	51.36	43.38	33.96	36.40	40	0	20	30	10	0	0
Aln Rich	30.92	33.45	35.78	51.61	41.44	31.07	36.03	70	10	10	0	10	0	0
Kao Rich	34.03	32.12	34.09	48.86	43.70	33.79	34.77	0	0	30	0	70	0	0
Kao Rich	34.94	32.60	34.37	48.55	42.64	34.61	34.10	0	10	20	40	30	0	0
Ser>Goe	28.68	28.51	31.15	45.87	47.70	40.79	36.75	0	70	20	0	10	0	0
Ser>Aln,Kao	41.31	38.83	37.15	44.52	39.77	29.39	31.27	0	0	0	0	40	0	60
Ser >Rich	33.96	30.49	32.76	42.17	44.67	40.47	37.86	0	70	10	0	0	0	20
Goe>Aln,Kao	27.98	29.81	32.81	46.03	45.49	38.25	38.85	0	40	30	0	30	0	0

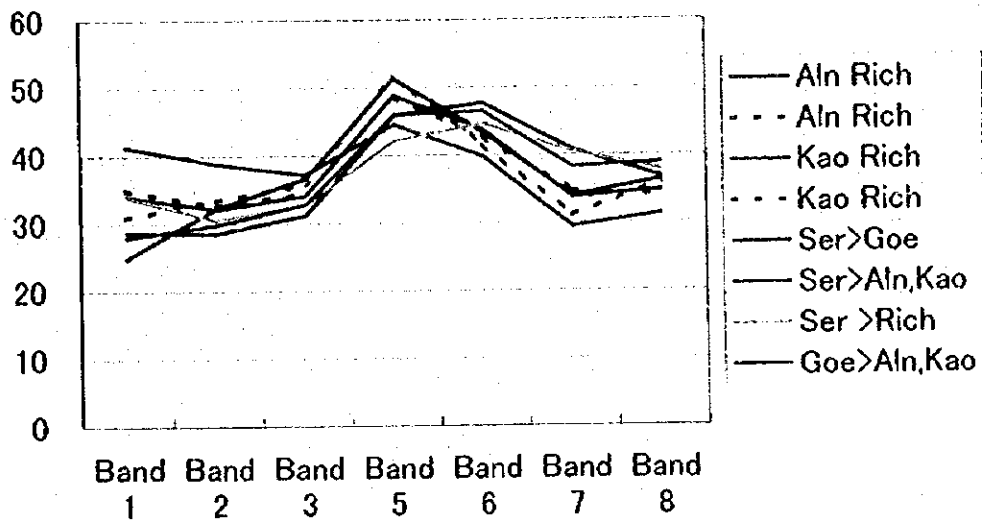


Fig.55 Comparison of Pseudo Reflectance in Each Category



dividió de esta manera porque entre las dos Imágenes U y L, no había traslapo.

El siguiente paso consistió en seleccionar los puntos de control terrestre (GCP) en ambas imágenes en mosaico y realizar la conversión geométrica al Sistema de Coordenada Universal Transversal de Mercator (UTM). El error de proyección en este caso fue de unos 400 m. Este error se debe al nivel de precisión de los mapas topográficos utilizados y al paralaje producida en la observación de las imágenes. Sin embargo, en la actualidad, no se puede evitar que se produzca un error de proyección de esta magnitud. La resolución espacial fue definida en 18m/1 pixeles para mantener la calidad de las imágenes originales. En todos los procesos posteriores del análisis se aplicó esta resolución espacial. Finalmente, se obtuvo un gran "juego de datos" que incluía 500 Mbyte de las 7 bandas de la Imagen U, y 1 Gbyte de la Imagen L.

2.9.3 Generación de las imágenes de análisis espectral

El objetivo principal de este análisis es realizar una clasificación detallada de las zonas de alteración. El análisis incluyó además de la generación de las imágenes de falso color, ratioing, procesamiento de residuales logarítmicos y conversión de brillo a la pseudo reflectancia, según fuera necesario.

Las imágenes de falso color fueron generadas aplicando AVR= 358 (apto para la clasificación de litofacies) y las imágenes de "ratio" fueron generadas aplicando las combinaciones AVR= 5/6, 5/7, 5/8 (aptas para la identificación de las zonas de alteración). Por otro lado, para el procesamiento de residuales logarítmicos, se utilizaron todas las bandas. Al momento de generar estos tres tipos de imágenes, se generaron previamente las imágenes de máscara que representan solamente los afloramientos, eliminando los efectos de la cobertura de nieve. Asimismo, se determinaron los coeficientes necesarios para el análisis.

2.9.4 Identificación de las zonas de alteración y ratioing para resaltar las zonas de alteración

Previo al análisis de las zonas de alteración, se identificaron las zonas de alteración sobre la base de las imágenes de conversión de brillo, de falso color y de "ratio". Los supervisores utilizados para la identificación fueron seleccionados de los resultados de interpretación de las zonas de alteración por las imágenes de LANDSAT TM realizada en el primer año del estudio. Se aplicó el método de la formación de umbrales, definiendo el umbral relativamente bajo a manera de identificar todas las zona de alteración. Como resultado, se ha logrado cubrir casi totalmente los resultados de la interpretación visual de las zonas de alteración de las imágenes de LANDSAT TM. Sin embargo, por otro lado, los taludes y las quebradas aguas abajo fueron interpretados también como zonas de alteración.

Las zonas de alteración identificadas fueron conservadas como "imágenes de

máscara", y se procedió a clasificar las zonas y los minerales de alteración. Previo a este trabajo, con el fin de esclarecer la diferencia de los minerales de alteración componentes, fueron generadas las imágenes de ratioing para resaltar las zonas de alteración (AVR= 5/6, 5/7, 5/8) utilizando los datos únicamente de las áreas identificadas como las zonas de alteración, las mismas que fueron representadas con tonos característicos. En estas imágenes, se logró representar los minerales como alunita y caolín que se forman por la alteración ácida, con tonos de alta luminosidad e intensidad. Los minerales formados por la alteración neutra a ácida como sericita están representadas con tonos de baja luminosidad e intensidad. Los taludes y las quebradas aguas abajo de las zonas de alteración debían aparecer con tonos menos luminosos e intensos debido a la presencia de las rocas no alteradas. Al sintetizar los resultados de este trabajo, se logró deducir a grosso modo los minerales de alteración, e interpretar la ubicación de las zonas de alteración y los taludes.

Al analizar las imágenes de ratioing para resaltar las zonas de alteración descritas anteriormente, se logró agrupar las zonas de alteración identificadas en tres grandes grupos. El primer grupo está constituido por las posibles zonas de alteración en la zona fronteriza entre Argentina y Chile. Este grupo aparece con tonos de alta luminosidad e intensidad, y se deduce que están compuestas principalmente por los minerales formados por la alteración ácida como alunita, caolinita o yeso. El segundo grupo está constituido por las posibles zonas de alteración que abarcan una superficie extensa donde afloran las rocas del Paleozoico en el Este de la frontera. La mayor parte representada con color rojo pardo, y se dedujo que corresponde a las zonas de alteración y sus taludes conformados principalmente por los minerales formados por la alteración ácida a neutra como sericita. El tercer grupo está constituido por las posibles zonas de alteración ubicadas dentro de los afloramientos de las rocas volcánicas del Cretáceo a Terciario, en el Sur del territorio chileno. Estas posibles zonas de alteración aparecen con tonos muy peculiares, y por su distribución en forma irregular dentro de las rocas volcánicas, se dedujo que corresponden a las rocas volcánicas no alteradas o ligeramente alteradas.

Sin embargo, en el caso de predominar un determinado mineral de alteración, los tonos variarían en base a este mineral, y sería arriesgado interpretar el tipo de los minerales presentes en cada zona solamente sobre la base de los tonos de las imágenes de "ratio". Al ver que es conveniente realizar la clasificación de los minerales por la pseudo reflectancia, se realizó la clasificación de los minerales de alteración mediante los métodos del máximo de verosimilitud y de coincidencia de comportamiento, que se describen a continuación.

2.9.5 Clasificación de las zonas de alteración

Se concluyó que se puede clasificar las zonas de alteración en unos cuantos

grupos a partir de los tonos representados en las imágenes de ratioing para resaltar las zonas de alteración. Se procedió a generar las imágenes de ratioing para resaltar las zonas de alteración aplicando el método del agrupación que no requiere definir supervisores, y se realizó la clasificación sobre la base de los residuales logarítmicos. Sin embargo, este método no resultó ser del todo idóneo por la susceptibilidad a los ruidos o a la influencia de los valores extraordinarios, lo que provocaba que se agruparan la mayor parte de los datos en un mismo cluster. Para resolver este problema, se intentó realizar la clasificación combinando el método del máximo de verosimilitud y el de coincidencia de comportamientos que son dos métodos en los que los efectos de los ruidos y de los valores extraordinarios no son grandes.

En el método del máximo de verosimilitud se requiere definir los supervisores. Sin embargo, dada la poca disponibilidad de informaciones sobre las zonas que puedan servir de supervisores, en el presente análisis se tomaron los tonos que aparecen en las imágenes de ratioing para resaltar las zonas de alteración como los supervisores. Se realizó la clasificación, y al eliminar los supervisores cuya tasa de llegada no llegaba a 0,1% (aprox. el 2% del área), se logró agrupar en 77 clases en base a los tonos. Subsiguientemente, con el fin de reflejar la pseudo reflectancia a los resultados de la clasificación, se integraron las 77 clases a 11 grupos utilizando los residuales logarítmicos. Se hizo la comparación entre los residuales logarítmicos de los 11 grupos y los residuales logarítmicos de los píxeles, y se fueron clasificando las zonas de alteración de acuerdo a la semejanza del comportamiento.

Al analizar los residuales logarítmicos de cada grupo, se concluyó que los 11 grupos pueden ser clasificados en dos grandes grupos. El primero es el que presenta una mínima absorción en la Banda 7, y el otro es el que presenta una reducción sucesiva de reflectancia hacia el lado de las ondas largas. Si bien es cierto que el comportamiento del espectro de pseudo reflectancia y el comportamiento del espectro de reflectancia de los minerales de alteración no coinciden completamente, de sus características se dedujo que el primer grupo corresponde a las zonas de alteración ácida con predominio de alunita y caolinita, mientras que el segundo consiste en las zonas de alteración ácida a neutra con predominio de sericita y que contiene también caolinita. La distribución de estas zonas coincidía con los resultados de clasificación según tonos que aparecieron en las imágenes de ratioing para resaltar las zonas de alteración.

En este análisis se utilizaron los residuales logarítmicos como pseudo reflectancia para la clasificación. Sin embargo, los valores de pseudo reflectancia obtenidas en las zonas de alteración presentaron absorción en la Banda 3 en todos los grupos. Este comportamiento no es algo propio de las rocas meteorizadas o de los minerales de alteración, por lo que se dedujo que los residuales logarítmicos del Área del Estudio no se asemejaban a la pseudo reflectancia. Por lo tanto, se concluyó que es arriesgado interpretar los minerales de alteración según el

comportamiento del espectro de reflectancia. Se concluyó también que es casi imposible deducir la combinación o la relación del volumen de los minerales de alteración del comportamiento de los residuales logarítmicos.

2.9.6 Interpretación de los minerales a través del método de coincidencia de comportamiento

En una combinación de dos minerales, el espectro de reflectancia muestra una evolución no lineal en función de la relación de volumen. Particularmente, cuando se mezcla una pequeña cantidad de limonita o caolinita a alunita, el espectro de reflectancia se asemeja más al de mineral de alteración mezclado que el de alunita. Por consiguiente, es imposible deducir el tipo de minerales o realizar un análisis cuantitativo de las muestras (datos de las imágenes) a partir de la combinación lineal de los miembros finales (definiendo como los "miembros finales" a los valores del espectro de reflectancia de los minerales de alteración). El modelo de "isograin" esclarece la relación que hay entre la relación de volumen y el espectro de reflectancia de los minerales, sobre la base del cual se realizó la composición del espectro de reflectancia de los minerales de alteración en este análisis. Se escogieron siete minerales (alunita, caolinita, yeso, calcita, sericita, cuarzo y limonita) como los miembros finales, los que fueron combinados con una variación de tasa de mezcla por cada 10%. De esta manera se preparó una base de datos del espectro de reflectancia de los minerales de alteración que incluía aproximadamente 6.000 combinaciones.

Como el siguiente paso, para utilizar esta base de datos es necesario convertir los datos de las imágenes a la pseudo reflectancia. De la precisión de este procedimiento depende la confiabilidad de la interpretación de los minerales. Hasta la fecha no se tiene una metodología establecida de conversión a pseudo reflectancia, y para este análisis el equipo de estudio se fijó en el comportamiento universal del espectro de reflectancia de las rocas meteorizadas afloradas, sobre la base del cual se determinaron las líneas de suelo, y realizó la conversión a pseudo reflectancia. Este método permitió determinar un factor de conversión, aunque todavía no se puede afirmar que este sea un método objetivo y universal. En todo caso, queda por seguir analizando la idoneidad del método en los diferentes casos y, de esta manera, verificar su aplicabilidad en otras áreas.

En este análisis se continuó realizando la clasificación de los minerales de alteración y el análisis semicuantitativo, suponiendo que el factor de conversión a pseudo reflectancia es correcto. El método del análisis consistió en comparar la base de datos del espectro de reflectancia de los minerales de alteración y el comportamiento de pseudo reflectancia de las imágenes, y se tomaron como los resultados de la clasificación a los pixeles donde ambos comportamientos eran más concordantes. El método fue aplicado sólo en las zonas de alteración identificadas, y se calculó el contenido (concentración) de los siete minerales de alteración de

cada pixel. Subsiguientemente, se realizó la re-clasificación de las zonas de alteración en cinco grupos según el contenido de los minerales, combinación y relación de volumen. Estos cinco grupos fueron: las zonas con predominio de alunita, de caolinita, de sericita + caolinita, sericita, y finalmente la zona con predominio de limonita).

Como resultado de esta clasificación, se concluyó que las zonas de alteración en la frontera entre Argentina y Chile corresponden a la alteración ácida con predominio de caolinita o alunita, mientras que muchas de las zonas de alteración dentro de las rocas sedimentarias del Paleozoico al Este de la frontera están constituidas por las zonas con predominio de sericita + caolinita o de sericita.

Como el siguiente paso, con el fin de comprobar la confiabilidad de la clasificación de las zonas de alteración según la coincidencia de comportamiento, se buscaron los primeros diez datos de la base de datos que mayor coincidencia presentaron en el comportamiento. El resultado fue que la diferencia de comportamientos de los diez primeros datos era insignificante, pero que las combinaciones de los minerales eran muy similares, y que la variación de la relación del volumen también era muy pequeña. En otras palabras, se aclaró que si bien es cierto que el dato que mayor coincidencia presentó es poco confiable, pero no existen grandes alteraciones en las combinaciones o en la relación del volumen de los minerales de alteración, por lo que los resultados del análisis son aplicables para la clasificación de las zonas de alteración.

2.10 Conclusiones

Teóricamente es posible deducir los minerales de alteración a partir de todos los datos de las imágenes utilizando el método de coincidencia de comportamientos. Sin embargo, para lograr alta precisión de los resultados, se requiere utilizar informaciones del espectro onmidonda más detalladas como las que se recogen por aeronaves, además de establecer una gran base de datos del espectro de reflectancia de un elevado número de los miembros finales. Todo esto requiere una inversión enorme de mano de obra y de tiempo. Por lo tanto, para ser más realistas, es necesario limitar la superficie del área a ser analizada, y deducir previamente los minerales de alteración que pueden estar presentes en dicha área. En este caso, cuando existen otros minerales que no hayan sido previstas o los minerales no alterados en la zona de alteración seleccionada, los resultados de la interpretación no serían correctos. Esto lo demuestra el hecho de que los taludes y los alrededores de una zona de alteración con predominio de alunita o caolinita también aparecen incluidas como zonas de alteración de sericita + caolinita o de sericita en los resultados del análisis. Como una medida, se debe realizar de manera complementaria una interpretación visual utilizando las imágenes de falso color para verificar si los minerales son autóctonos o alóctonos. Por otro lado, la base de

datos del espectro de reflectancia preparada sobre la base del modelo "isograin", presupone el tamaño de las partículas de los minerales de alteración. Si el tamaño de las partículas reales sea mucho mayor o menor que lo presupuesto, el análisis arrojaría diferentes resultados. Sin embargo, en este caso, se deduce que la diferencia aparecería más en la relación del volumen y menos en las combinaciones de alteraciones.

De este modo, la interpretación de los minerales de alteración mediante el método de coincidencia de comportamiento basada sobre el modelo de "isograin", requiere establecer previamente una serie de hipótesis.

Si bien es cierto que es difícil verificar detalladamente la idoneidad de los resultados del análisis en todas las zonas de alteración del Area del Estudio, se realizó un estudio de campo después de este análisis con el fin de hacer una evaluación de las principales zonas de alteración, donde se ha podido comprobar que el método es hasta cierto punto válido cuando se dividen las zonas de alteración en dos grupos; zonas de alteración ácida con predominio de alunita y caolinita y las zonas de alteración neutra predominantemente de sericitización. Por lo tanto, si bien es cierto que el método de conversión a pseudo reflectancia debería ser cada vez mejorado a través de los procesos empíricos, se ha comprobado su validez para la clasificación de las zonas de alteración.

Los datos de JERS-1 OPS que poseen tres bandas en la gama de $2.0\mu\text{m}$, son los únicos datos de las imágenes de satélite útiles para la clasificación de las zonas o minerales de alteración. Sin embargo, su aplicación se había visto restringida a causa de los efectos de los ruidos inherentes que aparecen en los datos. En este trabajo, ha sido sumamente útil haber logrado comprobar la aplicabilidad de estos datos en el análisis detallado de las zona de alteración, sin ignorar los limitantes inherentes como son los ruidos, la reducida gama dinámica, el limitado número de las bandas en la gama de ondas necesaria, etc., ni menospreciar todas las informaciones que ofrecen estas imágenes.

BIBLIOGRAFIA

- Hiroi, T. et al., (1985) : A method to determine mineral assemblage of asteroidal surfaces by their spectral references -29 Amphitrite as an example of applications-, Proceedings of the 18th ISAS Lunar and Planetary Symposium, p.52-53.
- Hiroi, T. and Takeda, H. (1989) : A method of converting reflectance spectra into absorption coefficient spectra of mineral mixtures for application to asteroidal surface mineralogy, Lunar and Planetary Science.
- Hiroi, T. and Pieters, C. M. (1992) : Effects of grain size and shape in modeling reflectance spectra of mineral mixtures, Proceedings of Lunar and Planetary Science, Vol. 22, p.312-325.
- Metal Mining Agency Japan (MMAJ) and Earth Remote Sensing Data Analysis Center (ERSDAC) (1995) : Report on the Development of Technology for Analysis of Resources Satellite Data in 1994 (in Japanese).
- Metal Mining Agency Japan (MMAJ) and Earth Remote Sensing Data Analysis Center (ERSDAC) (1996) : Report on the Development of Technology for Analysis of Resources Satellite Data in 199 (in Japanese).
- Saito, G., Murakami, T., Kumagai, K., Kato, M., Kawakami, T., Tsukada, Y., Matano, Y. and Iida, K. (1998) : The methodology development of the satellite soil map using ASTER data, Proceedings of the 24 th Scientific Conference, Remote Sensing Society of Japan, p.147-150 (in Japanese with English abstract).
- Sanga, T., Haruyama, J., Ohtake, M. and Otake, H. (1998) : Development of geometric and radiometric correction technique for the regional mosaic image - An application on the moon acquired by the Clementine Orbiter - ,Geoinformatics, Vol. 9, No. 3, p.135-145 (in Japanese with English abstract).
- Ministry of International Trade and Industry and Agency of Resources and Energy (1996) : User manual of JERS-1 data for mineral resources exploration: In Integrated Report on study of technical development for mineral resources exploration and development of exploration technology using resources satellite, pp. 233 (in Japanese).



EPILOGO

La interpretación fotogeológica a través de las técnicas de estereoscopia de las fotografías aéreas es una tecnología que comenzó a ser aplicada después de la Segunda Guerra Mundial. Mientras tanto, el uso de las imágenes de satélite tomadas desde altitudes muy elevadas recién comenzó en 1972 cuando fue lanzado el LANDSAT para la observación continental, y su historia es apenas de 26 años. Desde entonces, los sensores de los satélites artificiales han venido evolucionando progresivamente, comenzando con MMS de la primera generación, TM de la segunda generación, y actualmente se tiene el HRV de la tercera generación caracterizado por la alta resolución terrestre y por la visión estereoscópica. El JERS-1 (Fuyo No.1) es un satélite japonés lanzado en febrero de 1992 y equipado de sensores ópticos estereoscópicos (OPS) y del radar de apertura sintética (SAR). En otras palabras, es un satélite completamente equipado para la exploración de los recursos.

El impacto de las imágenes MMS que permitieron por primera vez al hombre visualizar directamente la superficie terrestre desde el universo ha sido enorme. La gran ventaja de las imágenes de satélite es que se puede tomar los datos de una gran extensión en forma simultánea y objetiva. Los datos digitales de TM y de OPS de alta resolución espectral son procesados por computadoras y aplicados en una diversidad de campos de la ciencia de la tierra.

El proceso fundamental de la exploración de yacimientos metálicos consisten en realizar el levantamiento en terreno, recoger los datos detallados sobre las zonas de alteración estrechamente relacionadas con la formación de los yacimientos, tomar muestras y analizar las propiedades de las zonas de alteración y las combinaciones de los minerales. Es cierto que actualmente diversos tipos de instrumentos modernos como el espectrómetro portátil están siendo utilizados en el levantamiento en terreno; no obstante, su método básico no ha cambiado con el transcurso del tiempo, sino que hoy los geólogos continúan, al igual que en los tiempos anteriores, trepando las montañas, y penetrándose en las selvas tropicales para recoger los datos de la superficie terrestre.

Sin embargo, ahora que la tecnología de punta permite obtener previo al levantamiento las imágenes de alta resolución espectral, se hace posible realizar una interpretación cuantitativa de minerales con una precisión relativamente alta, mediante la interpretación fotogeológica visual de los datos de satélite o mediante procesamiento altamente complejo de los datos con el uso de las computadoras. Estos resultados sirven de base para planificar y ejecutar de manera racional el levantamiento en terreno, pudiendo ahorrar el tiempo, costo y mano de obra.

Todo lo anterior demuestra que la interpretación fotogeológica de las imágenes de satélite o de las fotografías aéreas, así como el procesamiento digital y

análisis computarizado de los datos son un conjunto de técnicas de gran utilidad, que ofrecen ágil y eficazmente una gran cantidad de informaciones geológicas y topográficas útiles de una región extensa a un costo relativamente bajo. Sería conveniente, por lo tanto, tener en cuenta estas ventajas y aplicar los datos de satélite como un instrumento del estudio preliminar a la exploración de los yacimientos metálicos, no sólo en los afloramientos sino también en las zonas cubiertas de vegetación densa.

APPENDICES

**Appendix 1 Description of Alteration Zones Extracted from
LANDSAT TM Images and Characteristics of Mineral
Assemblages Identified from JERS-1 OPS Images**

**Appendix 2 Material for Presentation of Results of Satellite
Data Analysis in Buenos Aires and Lecture Material
for Seminar on Remote Sensing and Photogeologic
Interpretation Method in San Juan**

**Appendix 1 Description of Alteration Zones Extracted
from LANDSAT TM Images and Characteristics
of Mineral Assemblages Identified from JERS-1
OPS Images**

Alteration

No.1

Number of Alteration	Lithology observed	Dimension (km)	Elongation	Intensity of alteration†	Structure Texture	Alteration Mineralogy mapped by JERS-1 OPS data	Prospect included
AA6025	Miv	8X2.5		2	lineament (NNE-SSW, NNW-SSE)		Veradero Sur
AA6026	Miv	3X3		2			Los Dasdobados
AA6027	Miv	2X1		2	Intrusive		
AA6028	Miv	1.5X1		2			
AA6030	Ps/Triv	7.5X4		2	lineament (NNW-SSE)		Cerro Colorada, Veladero Centro
AA6031	Ps/Triv	6X3		2			
AA6032	γp, Ps/Triv	18X5		2	lineament (N-S)	In northern central, Kao zone is located with small Alu zone in the NW, Alu zones are distributed in four zones at the northern area and four Ser zones are scattered in north east end and west edge of northern central area	La Ortiga
AA6033	γp	6X3		2			Nevada (Chile), Lama
AA6035	γp	2.5X0.5	N-S	2			Los Amarillos
AA6036	γp	12X3	NNW-SSE	2	lineament (N-S)		Manifestation NN
AA6037	γp	2.5X1.5		2		Kao predominates in the west and Alu predominates in the east	
AA6038	Mim, γt	4.5X1.5		2	lineament (NNW-SSE)	Small Kao zone is located at the north end with very small Alu zone while Alu zone with small Ser and Kao zone is located in the south	
AA6043	Mim	2X1		1		Long narrow Alu zone is located in N-S direction, surrounded by three Kao zones and Ser zone in the peripheral	
AA6045	Mim	0.5X0.5		1	argillitic intrusive or playa		
AA6047	Ps/Triv	1.5X1.5		2	lineament (N-S)	Kao area predominates in central and surrounded by Ser zone. Small Alu zone is located in the south end	
AA6048	Mim	1.5X0.5		1	playa (?)		
AA6051	γp, OIMiv	6X5		1		Alu zones are distributed in 6 zones, one in northern edge is along with small Kao and Ser zone, small Kao area is located besides second one from north	
AA6052	OIMiv	1.5X0.5		1		Alu predominates	
AA6053	OI/OIMiv	2X1		2	lineament (NW-SE)	Alu predominates in northern part while Ser predominates in southern area	Rio de la Flecha
AA6054	γt	1.5X0.5		2	lineament (NNE-SSW)	Kao predominates and Ser zone is located in eastern edge	
AA6055	OI/OIMiv	8.5X1.5	NE-SW	2		Three zones are distributed. Kao area is surrounded by Ser in the east and surrounded by Alu in the west, while the other is pure Kao zone	Carachas alteration
AA6056	γt	1.5X0.5	NE-SW	2	Intrusive	Alu zone is surrounded by Kao, Ser zone is located in the western edge	Cerro Amarillo
AA6057	OI/OIMiv	0.5X0.5		2	circular structure, lineament (NE-SW)	Ser is distributed in the NE edge in NW-SE direction	
AA6058	γp	4X1.5		2		Alu predominates in northern area and Kao predominates in southern area	Los Mogotes
AA6059	γp	1.5X1		2	lineament (ENE-WSW)	Ser predominates in center	Ranchillos
AA6060	Cs	3X1.5		2		Ser zones are distributed besides Goe zones	Las Sapitos
AB6001	DC	0.5	N-S	1	N-S		Umango
AA6063	γp, OIMiv	9X2.5		2		Zonal distributions of Alu in northern central and Kao in southern central, small zone of Kao in northern edge and those of Kao and Alu in western area	El Potoro

Number of Alteration	Lithology observed	Dimension (km)	Elongation	Intensity of alteration#	Structure Texture	Alteration Mineralogy mapped by JERS-1 OPS data	Prospect included
AA6064	$\gamma p, OI/mv$	3X1.5		2	lineament (NE-SW)	Zonal distribution of Kao in northern area	
AA6065	OI/OI/mv	3.5X1		1	lineament (NE-SW)		
AA6066	Qv	2X1.5		2		Kao predominates in southern area and small Alu areas are distributed in northern edge	Rio Blanco
AA6067	Qv	1X0.5		2	Intrusive	Kao predominates while small Ser zone in center and Alu zone in western edge	
AA6068	$\gamma p, Tv$	20X5.5	NE-SW	2	lineament (N-S)	Kao predominates in several scattered areas in center, Alu and Ser zone is distributed in north-eastern and western area	Cerro Colorado, La Ollita
AA6073	Cs	5X1	NNE-SSW	2	lineament (NE-SW)	Clear Alu zone in northern edge, Ser and Alu areas are distributed in southern area	Carnerito
AA6074	Cs	1X0.5		2			
AB7001	Ds	1.5X0.5	NE-SW	2	lineament (NNW-SSE)		
JE101	pt	7.5X5	N-S	2	lineament (N-S)	Kao predominates in most of the area	Rio Frio
AA7043	$\gamma p, OI/mv$	4X3.5	E-W	2		Kao predominates in most of the area and Ser zones are located in north- and west-end	Del Carmen (Carmen)
JE102	γp	4X1	N-S	2		Kao predominates the area with Ser fringe, Alu appears at NE corner	
JE103	γp	6X2.5	N-S	2		Kao predominates the area with Ser fringe	
JE104	γp	1.5X0.5	NW-SE	1		Kao predominates	
JE105	γp	1.5X1	N-S	1		Kao predominates	
AA7046	$\gamma p, Of$	2X1.5	E-W	0.5			
AA7047	γp	3.5X2	N-S	0.5			
AA7049	γp	9X3	NNW-SSE	1			Las Openas
AA7050	CPb	2X1.5	E-W	1		Kao predominates in central with very small Alu zones at the north	(weathered granite w/ muscovite)
AA7051	γp	2X1	NNW-SSE	1		Ser predominates	
JE106	Cpa	0.5		1		central Kao with Ser fringe	(weathered granite w/ muscovite)
AA7052	CPb	2X1	NW-SE	2		Kao predominates	
AA7053	CPb	3X1.5	NNW-SSE	2			
AA7054	CPb	3.5X1.5	N-S	0.5			Quebrada de Pismanta
AA7055	CPb	2.5X1.5	WNW-ESE	1	circular structure	Kao zones are located in north and south	La Poposa
AA7056	γm	5.5X5	N-S	2	lineament (NW-SE, N-S)	Ser zones are distributed in three parts in which small Kao zones are located	
AA7057	Cpa, CPb	1.5X0.5	N-S	1		Kao predominates in central small area with small Ser zones	
AA7058	$\gamma p, CPb$	3X1.5	NNW-SSE	1		Goe zones are distributed with small Kao zone	
AA7059	αm	5.5X2	N-S	1		Kao predominates in central area surrounded by Ser zones	Guañeros
AA7060	γp	1.5X1	NNW-SSE	1	circular structure		San Francisco de los Andes
AA7061	Psva	1.5X1	N-S	1		Kao predominates surrounded by Ser areas	
AA7062	Psva	5X1.5	ENE-WSW	1		Kao predominates in northern area and Ser predominates in southern area	
AB8001 (AA7064)	Ps, αm	6X1.5	N-S	2	circular structure	Ser and Kao distributes, Ser predominates in western half	El Retamal
AA7065	γp	2X1	N-S	2		Alu predominates with small two Kao zones surrounded by Ser zones in the north	
AA7066	αm	5X2	N-S	2	circular structure, lineament (NW-SE)	Kao predominates in western area while Ser zones are located in the east	Avestruces
AA7067	αm	3.5X1.5	N-S	2	margin of circular structure	Ser zones are located in two areas	Portezuero de Amarillo
AA7068	Trv	2.5X1.5	WNW-ESE	2	circular structure	Kao predominates in south and Ser predominates in north	Venezuela

Number of Alteration	Lithology observed	Dimension (km)	Elongation	Intensity of alteration*	Structure Texture	Alteration Mineralogy mapped by JERS-1 OPS data	Prospect included
JE107	Trv			2		Aggregate of smallish Ser alteration crops	Potrerrillos
AA7069	γp	5.5X1	ENE-WSW	2	lineament (N-S, NW-SE), circular structure	Ser zone is located from west to NE with small three Kao zones in the west	Manrique
AA7070	Psva	5X1	N-S	1	lineament (N-S, E-W)	Kao predominates northern area and Ser predominates in the south	Portezuelo Las Burras
AA7071	am	1X0.5	NNE-SSW	2		Ser predominates	
AA8054	Ps	2.5X0.5	NW-SE	1	lineament (N-S, NW-SE)	Kao predominates with small Goe zone in center and small Ser zone in NE edge	
AA8070	Ps, γp, Trv	4X3	E-W	2			
AA8057	Olmiv	1X0.5	NNE			Ser predominates in the south and Kao predominates in the north with very small Alu zone	
AA8010	γp	2X1.5	N-S	2	intrusive	Kao predominates with small two Ser zones in the SE	
AA8011	γt	2X1.5	NE-SW	2	intrusive	Kao predominates with small two Ser zones in the north and south, and Goe zones are located in the edges of east and west	
AA8012	γt	2X1.5	NE-SW	2		Kao predominates with Ser zones in northern to western edge	Rincones de Araya
AA8013	γt	1X0.5	NW-SE	2		Kao predominates with small Ser zone in the southern edge	
AA8014	γt	2.5X1.5	NNW-SSE	2		Kao zone is located from NW to SE along with Ser zone	
AA8015	γt	3X2	NE-SW	1	circular structure		
AA8016	Ps	1.5X0.5	N-S	2	lineament (NNW-SSE)	Two areas divided to Ser zone and Kao zone	
AA8020	γt	3.5X2	WNW-ESE	2	lineament (NNW-SSE), Intrusive	Kao predominates with Ser zone in east and south edge	El Alter, Rincon del Cenicero
AA8022	Jb	2X1.5	WNW-ESE	2		Kao predominates with Ser zone in the western edge	
AA8023	γt	2.5X1.5	NE-SW	2		Ser zone runs from NEE to WSW in which small Kao zone is located	
AA8025	Ks	6X2	ENE-WSW	2	circular structure lineament (NNW-SSE)	Kao predominates with Ser zone in SE	El Pachon
AA8028	Mii	3X1.5	NE-SW	2		Ser zones are located in the peripherals	Yunque
AA8030	Mii	2X1.5	WNW-ESE	2	circular structure	Small Kao zone in the west	
AA8049	Ks, Mipl	4X2.5	N-S	2	circular structure		El Indio
AA8058	γt	2X1	NNW-SSE	2	intrusive	Ser predominates with Kao zone in the north to west peripherals	
AA8059	γt	2X1	E-W	1	circular structure (a little vague)		
AA8060	Ps	1.5X1	NNE-SSW	1		Kao predominates with Ser zone in the peripherals	
AA8061	γt	4X1	NE-SW	2		Kao predominates with Ser and alu zones in the peripherals	
JE108	γt	1.2X0.5	E-W	1		Ser predominates	
AA8062	Olmiv	3X1	N-S	1	lineament (N-S)	Kao and Ser zones runs from S to N	
AA8066	γp, Ps	5.5X2	ENE-WSW	2			
AA8067	Trs	5X2	N-S	1			
AB7003	Cs	1.5X0.5	N-S	2	lineament (NE-SW, N-S)		Guachi, Las Tolas

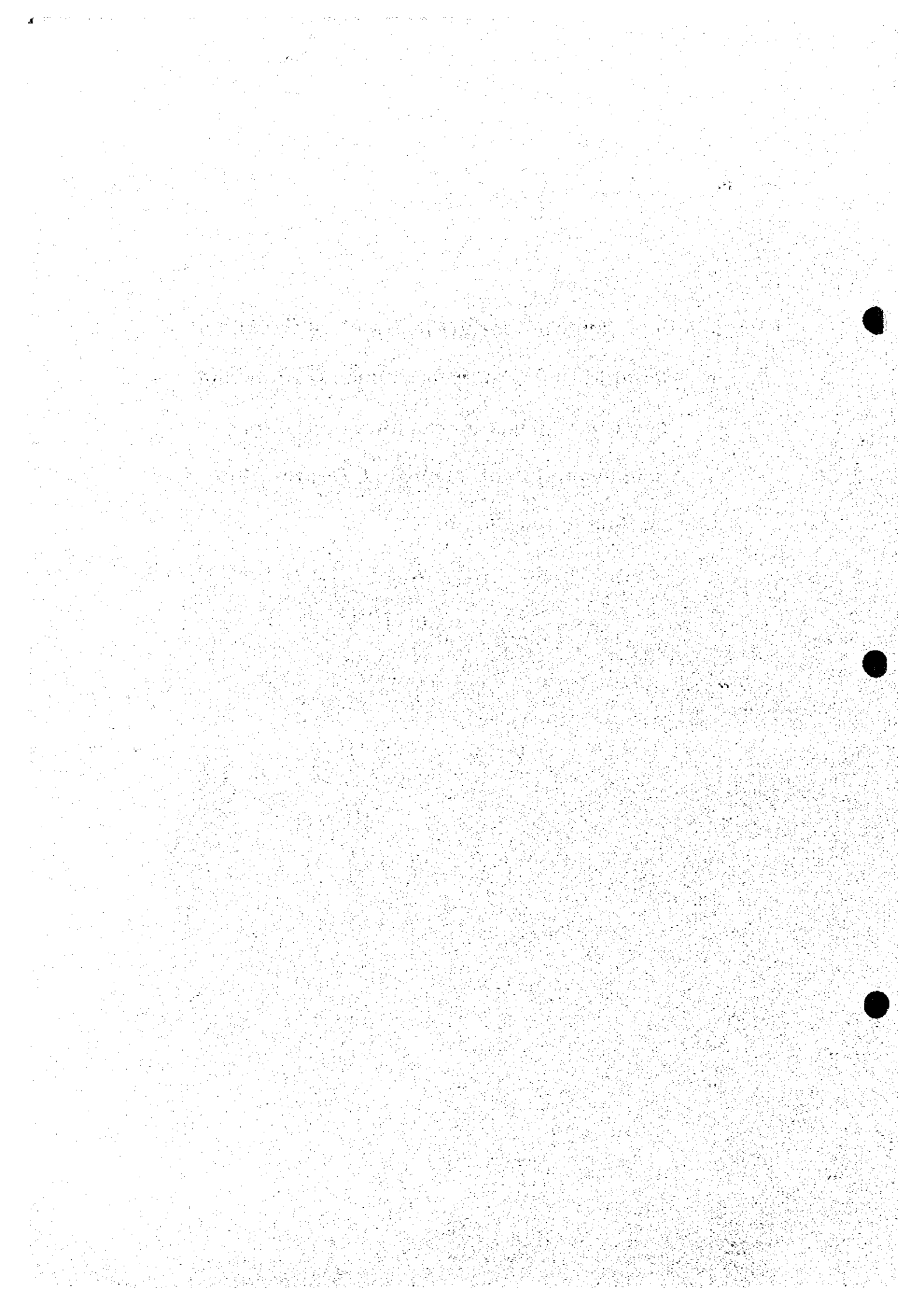
Alteration

No.4

Number of Alteration	Lithology observed	Dimension (km)	Elongation	Intensity of alteration*	Structure Texture	Alteration Mineralogy mapped by JERS-1 OPS data	Prospect included
AA8056	Trv	2X1.5	NNE-SSW	2	circular structure	Ser predominates	
AA8063	Ps	1.5X1	ENE-WSW	0.5			
AA8064	Ps	1X0.5	E-W	0.5			
AA8065	Ps	4X1.5	NNW-SSE	0.5			
AA8070	Ps, γp, Trv	4X3	E-W	2	circular structure	Ser zones are scattered in three areas	
AB8003	γp	4.5X1	NNW-SSE	2			Alcaparossa
AB8004	Ps	2.5X2	E-W	1			
AB8005	Ps	2X0.5	NE-SW	0.5		Small Kao zone with Ser zone to the south	
AB9006	Ps	2X1	E-W	2			Leoncito
AB8007	SD	1X1		1			Cerro Blanco Alteration
AB8008	PR	2.5X1	NE-SW	2			La Negrita, Cortaderas, San Benicio
AB8009	S	1X0.5	NE-SW	2	circular structure		Paramillos Norte
AB8010	S	1X0.5	E-W	2	circular structure		Creston Amarillo
AB9004	C	<0.5		2	center of circular structure		Paramillos Sur

*: Point 2, hydrothermal alteration with high confidense level ; pts.1, possibly hydrothermal alteration; pts.0.5, possibly mis-understanding for weathering or other clayay feature.

**Appendix 2 Material for Presentation of Results of
Satellite Data Analysis in Buenos Aires and
Lecture Material for Seminar on Remote
Sensing and Photogeologic Interpretation
Method in San Juan**



**SEMINARIO SOBRE
EL ANALISIS POR SENSORES REMOTOS
ANÁLISIS DE LAS IMAGENES DE SATELITE**

1. Expositor:

Masataka OCHI

Investigador no numerario

División de Investigación

Japan Mining Engineering Center for International Cooperation (JMEC)

2. Exposición en Buenos Aires

(1) Fecha: Viernes, 9 de octubre (de 9:00 a 13:30)

(2) Lugar: Sala de Seminario del Museo de Minería

Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos,

Secretario de Industria, Comercio y Minería

Subsecretario de Minería

(3) Participantes: 30 aproximadamente

(4) Contenido de la exposición:

Resultados del análisis de las imágenes de satélite obtenidos en 1997 (identificación de las zonas de alteración sobre la base de las imágenes de LANDSAT TM) e informe intermedio del análisis correspondiente al año 1998.

3. Seminario en San Juan

(Teoría y práctica de las técnicas de interpretación de las imágenes de satélite basada en el método de interpretación fotogeológica)

(1) Fecha: Del martes 13 al viernes 16 de octubre (cuatro días)

(2) Lugar: Sala de seminario del Instituto de Predicción Sísmica de SEGEMAR (Servicio Geológico Minero Argentino)

(3) Participantes: 19 (investigadores de SEGEMAR y de las universidades)

(4) Contenido:

Martes, 13: Exposición de los resultados del análisis de las imágenes de satélite obtenidos en 1997 (a.m.)

Informe intermedio del análisis de las imágenes de satélite correspondiente al año 1998 (p.m.)

Miércoles, 14: Exposición sobre las técnicas básicas de interpretación fotogeológica (a.m.)

Prácticas de estereoscopia e interpretación fotogeológica utilizando estereoscopio portátil (p.m.)

Jueves, 15: Ejemplo de aplicación: Clasificación de las dunas en la Cuenca Junggar de china (a.m.)

Prácticas de la interpretación de imágenes de LANDSAT TM de la Cordillera Andina (p.m.)

Viernes, 16: Ejemplo de aplicación: Monitoreo de la línea costera y preparación del mapa batimétrico en el Mar Caspio (a.m.)

Entrega de diplomas y recepción (p.m.)

4. Literaturas utilizadas

- (1) Documento preparado para la exposición en Buenos Aires**
- (2) Documento preparado para el seminario en San Juan**
- (3) Ejemplar del Diploma del Seminario**

**Material for Presentation of Results
of Satellite Data Analysis in Buenos Aires**

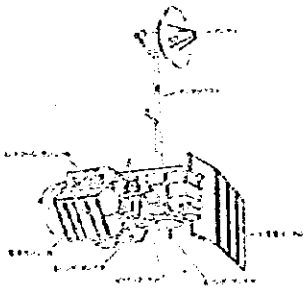


SATELLITE DATA ANALYSIS
FOR
MINERAL RESOURCES
IN
THE REPUBLIC OF ARGENTINA

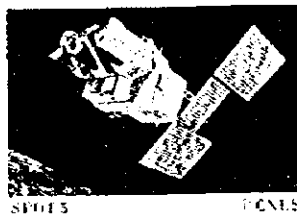
EL ANALISIS DE DATOS
DE SATELITE
PARA
RECURSOS MINERALES
EN
LA REPUBLICA DE ARGENTINA

SATELLITE DATA APPLICABLE IN GEOLOGY
DATOS DE SATELITE APLICABLE EN GEOLOGIA

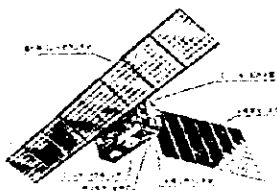
SATELLITES & SENSORS (EXAMPLES)
SATELITES Y SENSORES (EJEMPLOS)



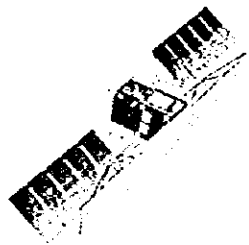
LANDSAT TM



SPOT HRV



JERS-1 OVN, OPS, SAR



RADARSAT SAR

CONTENTS OF PRESENTATION
CONTENIDO DE LA PRESENTACION

PHASE-1 STUDY (LANDSAT TM)
ESTUDIO DE LA FASE 1 (LANDSAT TM)

1. INTRODUCTION

INTRODUCCION

2. OVERVIEW

GENERALIDADES

3. PROCESSING OF IMAGE DATA

PROCESAMIENTO DE DATOS DE IMAGENES

4. RESULTS OF THE STUDY

RESULTADOS DEL ESTUDIO

5. BENEFITS AND LIMITATIONS OF REMOTE SENSING DATA

BENEFICIOS Y LIMITACIONES DE LOS DATOS DE "REMOTE SENSING"

PHASE-2 STUDY (INTERIM REPORT)

ESTUDIO DE LA FASE 2 (INFORME INTERINO)

1. INTRODUCTION

INTRODUCCION

2. OVERVIEW

GENERALIDADES

3. DATA PROCESSING

PROCESAMIENTO DE DATOS

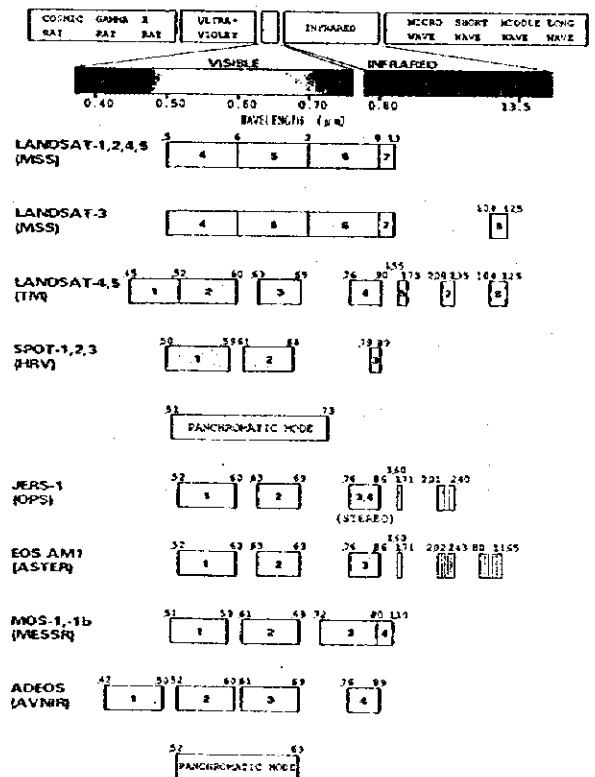
4. RESULTS OF THE ANALYSIS

RESULTADOS DEL ANALISIS

5. ATTACHED MATERIALS WITH THE REPORT

MATERIALES ACCESORIOS CON EL INFORME

Spectral Coverage of Optical Sensors



SATELLITE DATA ANALYSIS
FOR
MINERAL RESOURCES
IN
THE REPUBLIC OF ARGENTINA

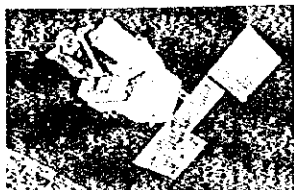
*EL ANALISIS DE DATOS
DE SATELITE
PARA
RECURSOS MINERALES
EN
LA REPUBLICA DE ARGENTINA*

SATELLITE DATA APPLICABLE IN GEOLOGY
DATOS DE SATELITE APLICABLE EN GEOLOGIA

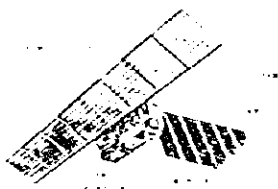
SATELLITES & SENSORS (EXAMPLES)
SATELITES Y SENSORES (EJEMPLOS)



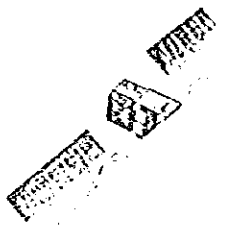
LANDSAT TM



SPOT HRV



JERS-1 OVN, OPS, SAR



RADARSAT SAR

CONTENTS OF PRESENTATION
CONTENIDO DE LA PRESENTACION

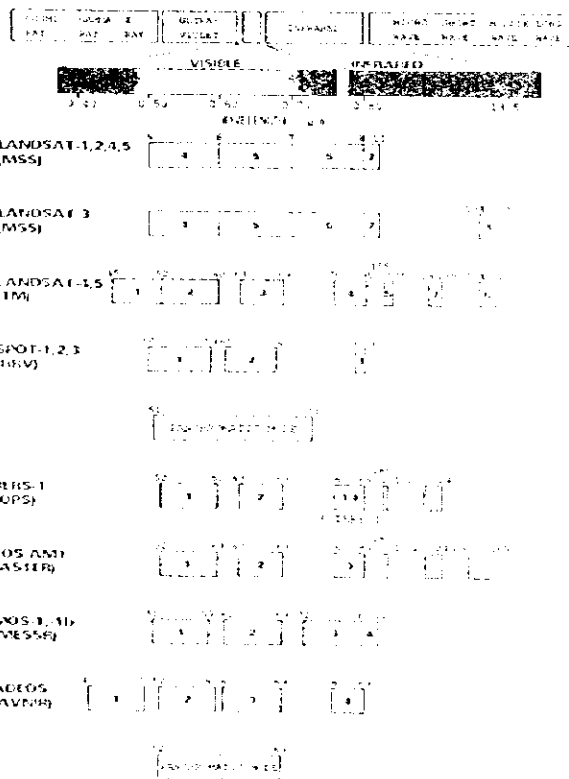
PHASE-1 STUDY (LANDSAT TM)
ESTUDIO DE LA FASE-1 (LANDSAT TM)

1. INTRODUCTION
INTRODUCCION
2. OVERVIEW
GENERALIDADES
3. PROCESSING OF IMAGE DATA
PROCESAMIENTO DE DATOS DE IMAGENES
4. RESULTS OF THE STUDY
RESULTADOS DEL ESTUDIO
5. BENEFITS AND LIMITATIONS OF REMOTE SENSING DATA
BENEFICIOS Y LIMITACIONES DE LOS DATOS DE "REMOTE SENSING"

PHASE-2 STUDY (INTERIM REPORT)
ESTUDIO DE LA FASE-2 (INFORME INTERINO)

1. INTRODUCTION
INTRODUCCION
2. OVERVIEW
GENERALIDADES
3. DATA PROCESSING
PROCESAMIENTO DE DATOS
4. RESULTS OF THE ANALYSIS
RESULTADOS DEL ANALISIS
5. ATTACHED MATERIALS WITH THE REPORT
MATERIALES ACCESORIOS CON EL INFORME

Spectral Coverage of Optical Sensors



OBJECTIVE OF THE STUDY IN 1997

OBJETIVO DEL ESTUDIO EN 1997

The analysis focuses in realizing the fotogeologic interpretation using LANDSAT TM images and the results will be incorporated with published literatures for integral study of geology ore deposits and reserves on mineralization zones and will be applied for identification of zones of high mineral potential.

El análisis contempla realizar la interpretación fotogeológica mediante las imágenes LANDSAT TM, cuyos resultados serán cotejados con otras literaturas disponibles para estudiar integralmente la geología, yacimientos y reservas de las áreas mineralizadas, y de esta manera identificar las áreas con alto potencial de desarrollo.

METHODOLOGY OF THE ANALYSIS (PROCEDURE OF PHOTOGEOLOGIC INTERPRETATION)

METODOLOGIA DEL ANALISIS

PROCEDIMIENTO DE LA INTERPRETACION FOTOGEOLOGICA

1. PREPARATION

PREPARATIVO (obtención y orientación de los datos satelitales, recopilación y revisión de los informes geológicos y yacimientos disponibles)

2. PROCESSING AND GENERATION OF IMAGES

PROCESAMIENTO Y GENERACION DE IMAGENES

3. PHOTOGEOLOGIC INTERPRETATION

INTERPRETACION FOTOGEOLOGICA

4. INTEGRAL ANALYSIS

ANALISIS INTEGRAL (preparación del mapa de análisis integral, y cotejo con los mapas geológicos existentes)

5. FIELD VERIFICATION SURVEY

LEVANTAMIENTO EN TERRENO

6. RE-INTERPRETATION BASED ON THE SURVEY

RE-INTERPRETACION A BASE DEL LEVANTAMIENTO

STUDY CONTENTS IN 1997

CONTENIDO DEL ESTUDIO EN 1997

1. COMPILATION OF PUBLISHED MATERIALS

COMPILACION DE LOS MATERIALES

PUBLICADOS

2. PROCESSING OF LANDSAT DATA

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE

LANDSAT

3. PHOTOGEOLOGIC INTERPRETATION OF LANDSAT TM IMAGES

INTERPRETACION FOTOGEOLOGICA DE
LOS IMAGENES LANDSAT TM

4. INTEGRAL INTERPRETATION

INTERPRETACION INTEGRAL

5. REPORTING

PREPARACION DEL INFORME

PRODUCTION OF IMAGES AND MAPS

PRODUCCION DE LOS IMAGENES Y MAPAS

A. IMAGES

A. IMAGENES

1. FALSE COLOR COMPOSITE IMAGES

(1:250,000; 23 scenes)

For lithologic structural delineation

IMAGENES COMPUESTAS DE FALSO COLOR

(1:250,000; 23 escenas)

Para delineación litológica y estructural

2. RATIO IMAGES

: 3/1, 4/5, 5/7 = BGR (Blue, Green, Red)

(1:250,000; 23 scenes)

For extraction of alteration zones

IMAGENES DE "RATIO"

: 3/1, 4/5, 5/7 = AVR (Azul, Verde, Rojo)

(1:250,000; 23 escenas)

Para extracción de zonas de alteración

3. MOSAIC IMAGE (1:2,000,000)

IMAGENES EN MOSAICO (1:2,000,000)

OBJECTIVE OF THE STUDY IN 1997

OBJETIVO DEL ESTUDIO EN 1997

The analysis focuses in realizing the fotogeologic interpretation using LANDSAT TM images and the results will be incorporated with published literatures for integral study of geology ore deposits and reserves on mineralization zones and will be applied for identification of zones of high mineral potencial.

El análisis contempla realizar la interpretación fotogeológica mediante los imágenes LANDSAT TM, cuyos resultados serán cotejados con otras literaturas disponibles para estudiar integralmente la geología, yacimientos y reservas de las áreas mineralizadas, y de esta manera identificar las áreas con alto potencial de desarrollo.

METHODOLOGY OF THE ANALYSIS

PROCEDURE OF PHOTOGEOLOGIC INTERPRETATION

METODOLOGIA DEL ANALISIS

(PROCEDIMIENTO DE LA INTERPRETACION FOTOGEOLOGICA)

1. PREPARATION

PREPARATIVO (obtención y orientación de los datos satelitales, recopilación y revisión de los informes geológicos y yacimientos disponibles)

2. PROCESSING AND GENERATION OF IMAGES

PROCESAMIENTO Y GENERACION DE IMAGENES

3. PHOTOGEOLOGIC INTERPRETATION

INTERPRETACION FOTOGEOLOGICA

4. INTEGRAL ANALYSIS

ANALISIS INTEGRAL (preparación del mapa de analisis integral, y cotejo con los mapas geológicos existentes)

5. FIELD VERIFICATION SURVEY

LEVANTAMIENTO EN TERRENO

6. REINTERPRETATION BASED ON THE SURVEY

REINTERPRETACION A BASE DEL LEVANTAMIENTO

STUDY CONTENTS IN 1997

CONTENIDO DEL ESTUDIO EN 1997

1. COMPILATION OF PUBLISHED MATERIALS

COMPILACION DE LOS MATERIALES PUBLICADOS

2. PROCESSING OF LANDSAT DATA

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE LANDSAT

3. PHOTOGEOLOGIC INTERPRETATION OF LANDSAT TM IMAGES

INTERPRETACION FOTOGEOLOGICA DE LOS IMAGENES LANDSAT TM

4. INTEGRAL INTERPRETATION

INTERPRETACION INTEGRAL

5. REPORTING

PREPARACION DEL INFORME

PRODUCTION OF IMAGES AND MAPS

PRODUCCION DE LOS IMAGENES Y MAPAS

A. IMAGES

A. IMAGENES

1. FALSE COLOR COMPOSITE IMAGES

(1:250,000: 23 scenes)

For lithologic structural delineation

IMAGENES COMPUESTAS DE FALSO COLOR

(1:250,000: 23 escenas)

Para delineaación litológica y estructural

2. RATIO IMAGES

: 3/1, 4/5, 5/7 = BGR (Blue, Green, Red)

(1:250,000: 23 scenes)

For extraction of alteration zones

IMAGENES DE "RATIO"

: 3/1, 4/5, 5/7 = AVR (Azul, Verde, Rojo)

(1:250,000: 23 escenas)

Para extracción de zonas de alteración

3. MOSAIC IMAGE (1:2,000,000)

IMAGENES EN MOSAICO (1:2,000,000)

B. MAPS
B. MAPAS

1. SIMPLIFIED GEOLOGIC MAP

(A3 & A4 size; 23 areas)

For lithologic, chronologic and structural correlation with results of photogeologic interpretation

MAPA GEOLOGICO SIMPLIFICADO

(tamaño de A3 & A4; 23 áreas)

Para correlación litológica cronológica y estructural con resultados de interpretación fotogeológica

2. PHOTOGEOLOGIC INTERPRETATION MAP

(1:250,000; 23 areas)

MAPA DE INTERPRETACION FOTOGEOLOGICA

(1:250,000; 23 areas)

3. INTEGRATED INTERPRETATION MAP

(1:250,000; 23 areas)

MAPA INTEGRAL DE INTERPRETACION FOTOGEOLOGICA

(1:250,000; 23 areas)

4. COMPILED PHOTOGEOLOGIC INTERPRETATION MAP

(1:2,000,000)

MAPA COMPILADO DE INTERPRETACION FOTOGEOLOGICA (1:2,000,000)

5. REGIONAL INTERPRETATION MAP (1:2,000,000)

MAPA DE INTERPRETACION REGIONAL (1:2,000,000)

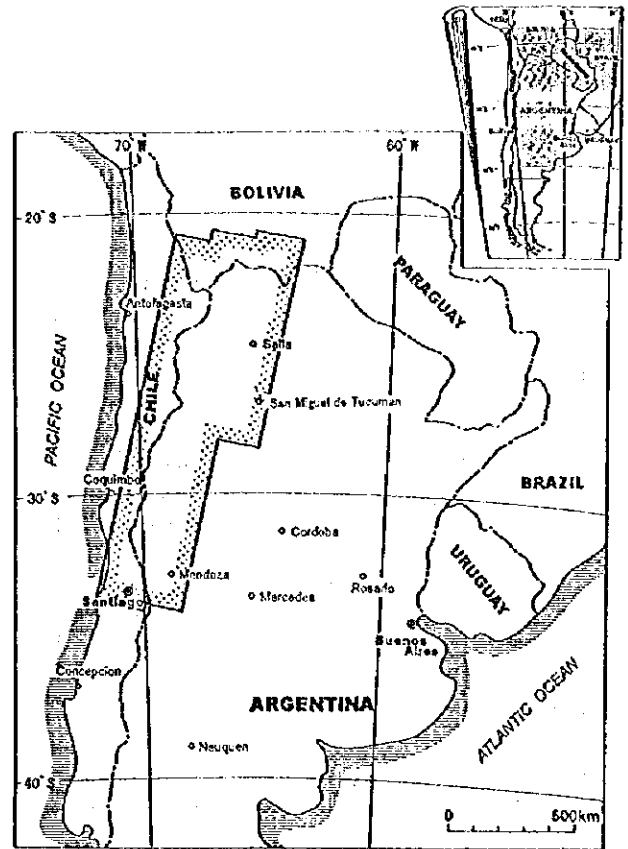


Fig. 1 Location Map of the Study Area

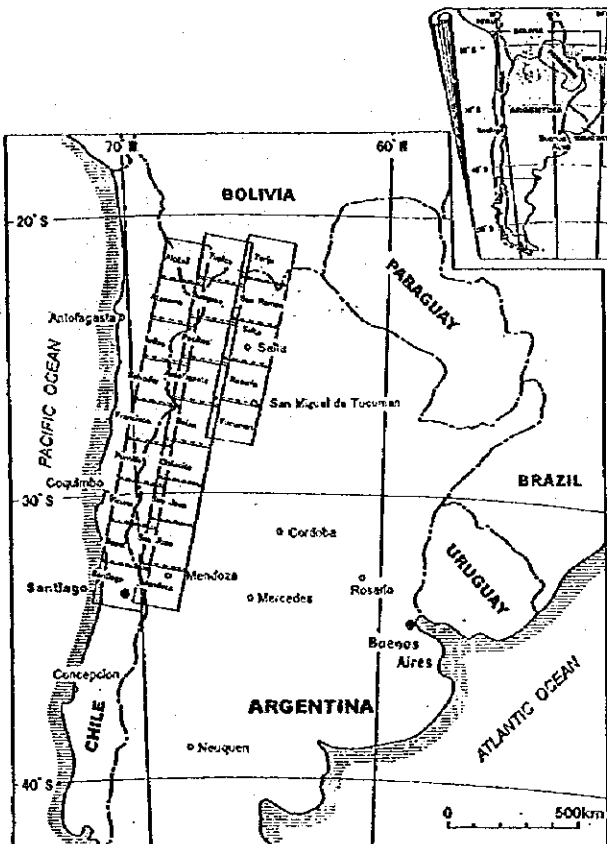


Fig. 2 Configuration of the Images Used

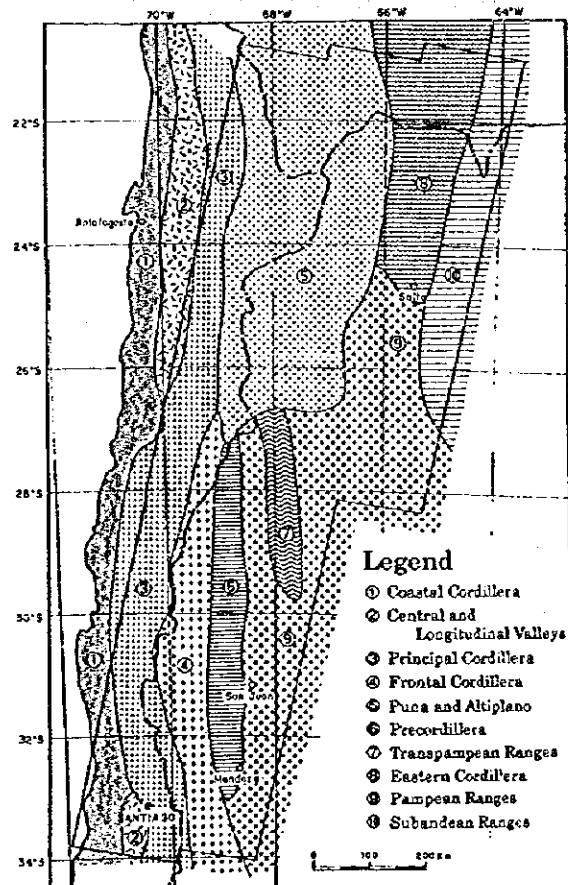


Fig. 4 Tectonic Province of the Study Area (compiled from Sillitoe, 1931 etc.)

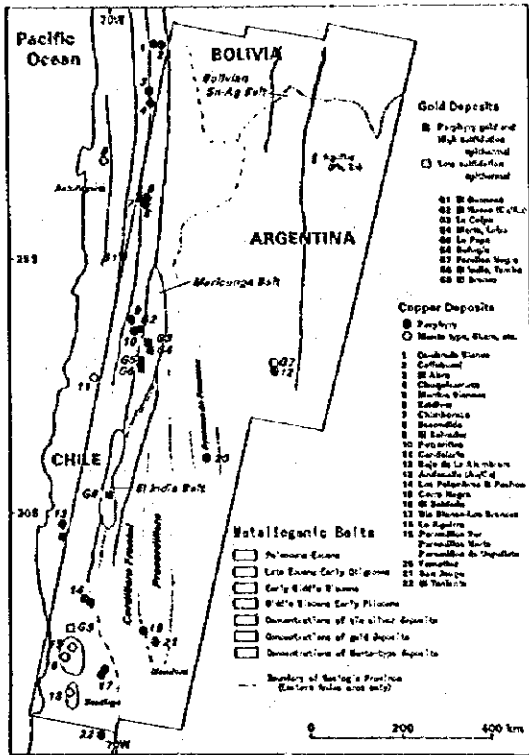
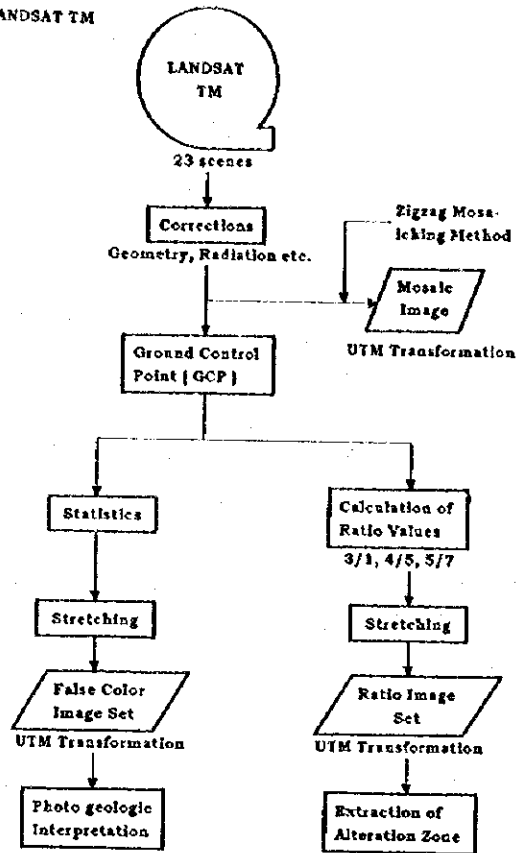
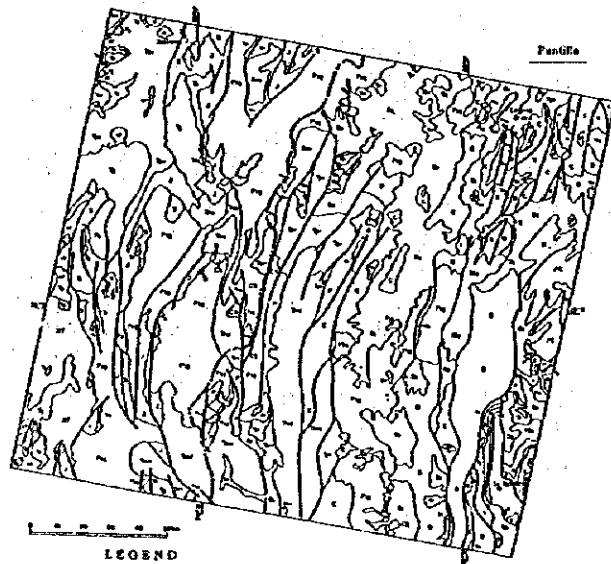
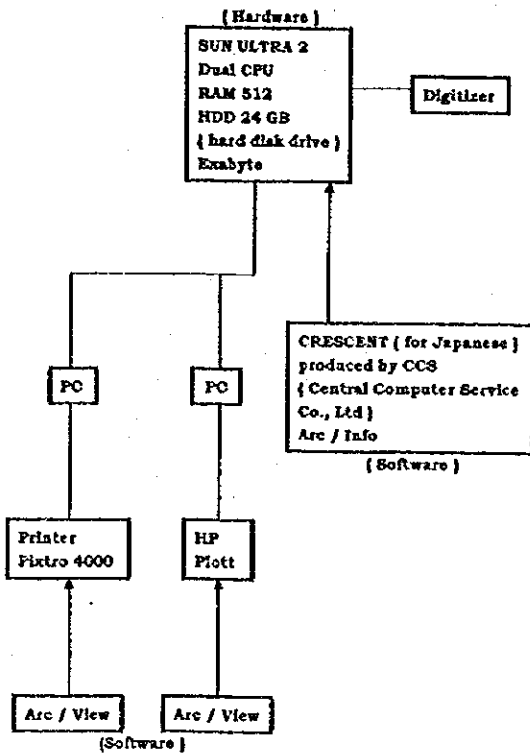


Fig. 7 Metallogenic Province of the Study Area (adapted from Sillitoe, 1991)

LANDSAT TM



Configuration of Hardware and Software



LEGEND

Quaternary (mainly sedimentary)	Quaternary (mainly sedimentary)
Tertiary to Quaternary (mainly sedimentary)	Tertiary to Quaternary (mainly sedimentary)
Miocene to Pliocene volcanic rocks	Miocene to Pliocene volcanic rocks
Miocene sedimentary rocks	Miocene sedimentary rocks
Pliocene to Oligocene (mainly volcanic rocks)	Pliocene to Oligocene (mainly volcanic rocks)
Oligocene to Tertiary	Oligocene to Tertiary
Cretaceous	Cretaceous
Jurassic	Jurassic
Triassic	Triassic
Permian	Permian
Carboniferous	Carboniferous
Devonian	Devonian
Ordovician	Ordovician
Undivided Paleozoic	Undivided Paleozoic
Proterozoic to Cambrian	Proterozoic to Cambrian
Intrusive Rocks	Intrusive Rocks
Cretaceous intrusive rocks	Cretaceous intrusive rocks
Paleozoic intrusive rocks	Paleozoic intrusive rocks
Fault	Fault
Mainly in Spanish	Mainly in Spanish
E: La Plata's	E: La Plata's
S: Bolivia	S: Bolivia

Fig. 24 Simplified Geologic Map of the Puntilla Area

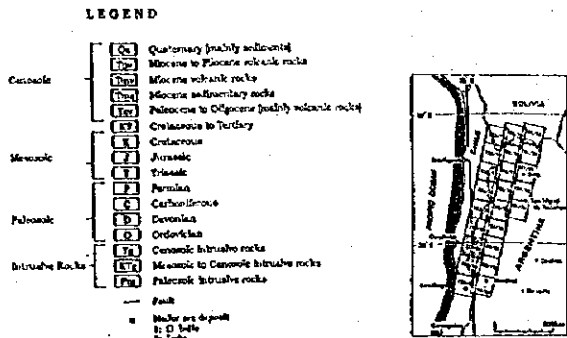
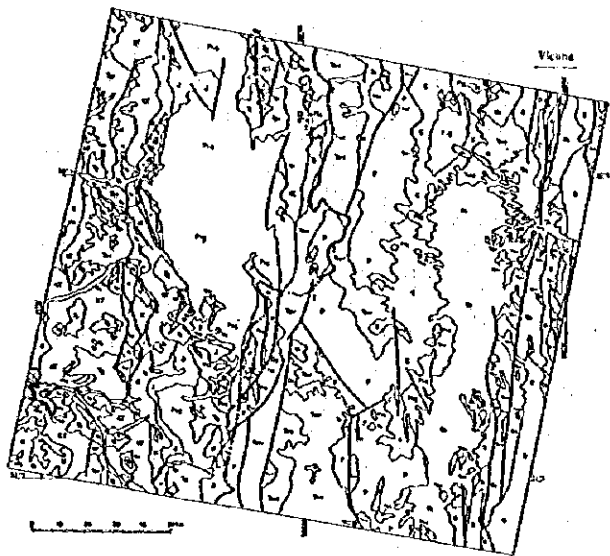


Fig.27 Simplified Geologic Map of the Vicuna Area

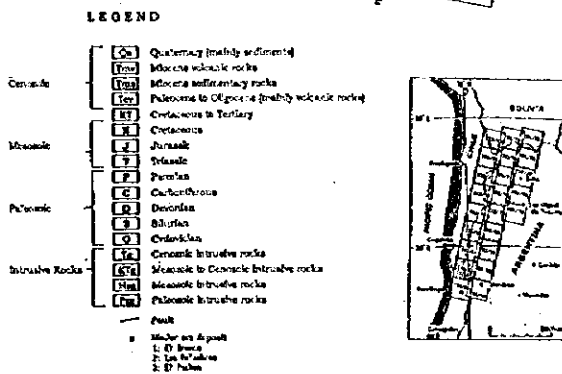
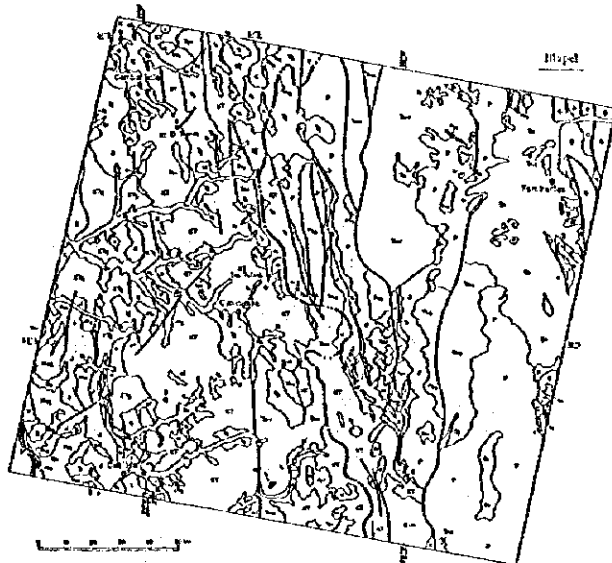


Fig.30 Simplified Geologic Map of the Ilapel Area

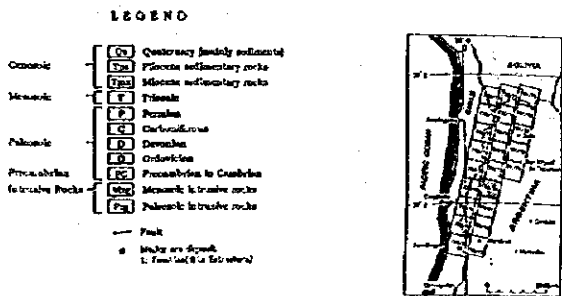


Fig.51 Simplified Geologic Map of the Chilcito Area

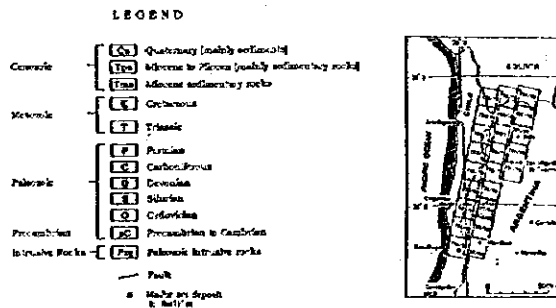
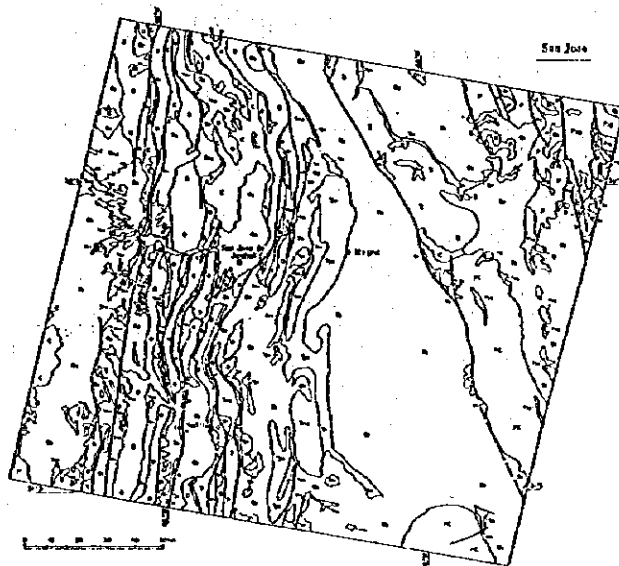


Fig.54 Simplified Geologic Map of the San Jose Area

Vicuña

Vicuña Area

No.	Name	Latitude	Longitude	Element	Type (Form)
A78	Agua Blanca and Montañas	29° 28' 30" S	69° 59' 00" W	As, Ag, Cu	Vein
A80	Las Aguaditas	29° 49' 00" S	69° 11' 00" W	As	Vein
A81	El Salado	29° 49' 00" S	69° 24' 00" W	Pb, Zn, Ag	Vein (Epithermal)
A82	Rio Frio	29° 51' 00" S	69° 57' 00" W	As, Ag	Vein
A84	La Familia group	30° 00' 00" S	69° 59' 00" W	As	Vein
A84	Rodolpho	30° 03' 00" S	69° 59' 00" W	Cu	Vein
A87	Tocota district	30° 35' 00" S	69° 54' 00" W	Cu, Au	Vein
A90	San Francisco de Los Andes	30° 56' 00" S	69° 56' 00" W	Cu, As	Stockwork
A91	El Retamal	30° 57' 00" S	69° 56' 00" W	Cu, Mo	Dissemination
A92	Quatro Angles	30° 56' 00" S	69° 57' 00" W	Pb, Zn, Ag, Au	Vein (Mesothermal)
A93	Quatro Viejo	30° 56' 00" S	69° 56' 00" W	Pb, Zn, Ag	Mesothermal
A94	Quatro Nuevo	30° 56' 00" S	69° 51' 00" W	As	Vein (Dissemination)
A98	María María Cuna and nearby	31° 06' 00" S	69° 51' 00" W	Pb, Zn, Ag	Epithermal
C164	La Olla	29° 26' 00" S	70° 49' 00" W	Cu, Au, Ag	Vein
C165	Los repugnans Las Bucas	29° 27' 00" S	70° 38' 00" W	Ag, Au	Vein
C168	Rosita Estrella	29° 27' 00" S	70° 41' 00" W	Cu, Au, Ag	Vein
C167	Chacras, Chacras	29° 21' 00" S	70° 42' 00" W	Cu	Vein
C169	La Chica	29° 38' 00" S	70° 30' 00" W	Cu, Ag	Vein
C169	La Chica Sta. María	29° 38' 00" S	70° 48' 00" W	Cu, Ag	Vein
C180	Ollas	29° 38' 00" S	70° 44' 00" W	Cu	Vein
C281	Juan del Valle Las Abadías	29° 41' 00" S	70° 48' 00" W	Cu, Pb, Ag	Vein
C168	Sra. Rosa Bona	29° 41' 00" S	70° 41' 00" W	Cu, Au, Ag	Vein
C282	Roscones Faldada	29° 44' 00" S	70° 37' 00" W	Cu	Epithermal, Vein
C283	Flor del Valle	29° 46' 00" S	70° 37' 00" W	As, Cu	Epithermal, Vein
C284	El Indio	29° 47' 00" S	70° 43' 00" W	As, Ag	Vein
C285	El Suro	29° 47' 00" S	70° 43' 00" W	As, Ag	Vein
C286	Agüita, Aguachico El El Dorado	29° 48' 00" S	70° 43' 00" W	Cu	Stratiform, Lenticular
C287	Delicia	29° 48' 00" S	70° 43' 00" W	Cu, Ag	Vein
C288	Las Higueras	29° 48' 00" S	70° 40' 00" W	As	Plate
C289	El Valle Vicuña, San Vicente	29° 48' 00" S	70° 38' 00" W	Ag, Cu, Au	Stratiform, Lenticular, Plate
C290	Claritas Mascul A. María Cubana	29° 48' 00" S	70° 38' 00" W	Ag, Cu, Au	Stratiform, Plate, Mascla
C291	Cinco y Adifera La Huda,	29° 52' 00" S	70° 38' 00" W	Cu, Au, Ag	Stratiform, Plate, Mascla
C292	Segunda El Peral	29° 52' 00" S	70° 38' 00" W	Cu, Au, Ag	Stratiform, Plate
C271	Año del Porongo San Andrés	29° 56' 00" S	70° 38' 00" W	Cu, Au, Ag	Stratiform, Plate
C271	Monte Bajo del Porongo San Juan	29° 56' 00" S	70° 38' 00" W	Cu, Au, Ag	Stratiform, Plate
C271	Marchal	29° 56' 00" S	70° 38' 00" W	Cu, Au, Ag	Stratiform, Plate
C273	Puñica, El Vulkan Sta. Jose	29° 58' 00" S	70° 38' 00" W	Cu	Vein
C274	Concho	29° 58' 00" S	70° 38' 00" W	Cu	Contact Metamorphic
C274	Quebrada Las Panzas	29° 58' 00" S	70° 38' 00" W	Cu	Vein, Mascla
C274	Espiranca (Andocito)	29° 58' 00" S	70° 38' 00" W	Cu	Vein, Mascla
C274	Carnes	29° 58' 00" S	70° 38' 00" W	Cu	Vein, Mascla
C277	Sta. Rosa Yusa, Socavon Quebrada	30° 03' 00" S	70° 38' 00" W	Cu	Vein
C278	Espiranca	30° 04' 00" S	70° 47' 00" W	Ag, Pb	Vein
C279	Yudanca (Montaña 14)	30° 05' 00" S	70° 41' 00" W	Ag, Au, Cu	Vein
C279	Montaña 7 (San Pedro) San	30° 05' 00" S	70° 41' 00" W	Ag, Au, Cu	Vein
C279	Montaña 8	30° 05' 00" S	70° 41' 00" W	Ag, Au, Cu	Vein
C280	Blanco La Lige	30° 05' 00" S	70° 41' 00" W	Cu, Mn	Stratiform, Lenticular
C281	Yusa Vieja Yusa I Santa Ana	30° 06' 00" S	70° 35' 00" W	Cu	Stratiform
C281	Monte Narcho	30° 06' 00" S	70° 35' 00" W	Cu	Stratiform

1/2

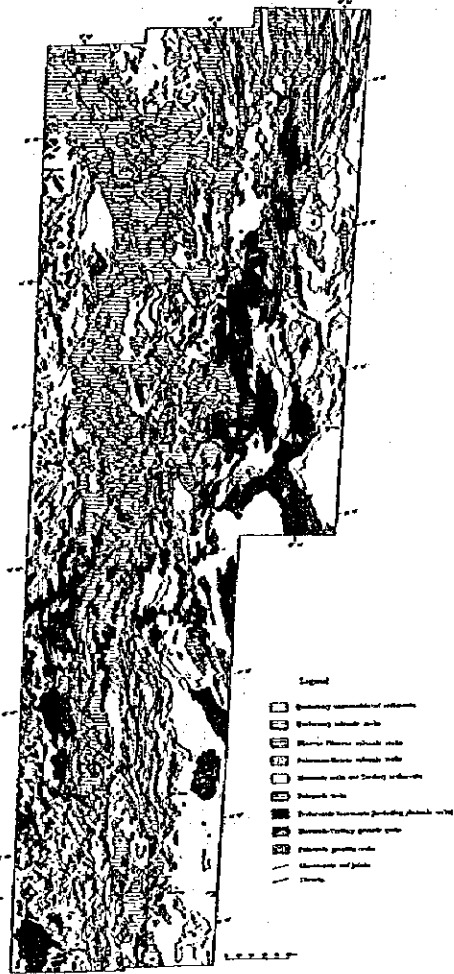
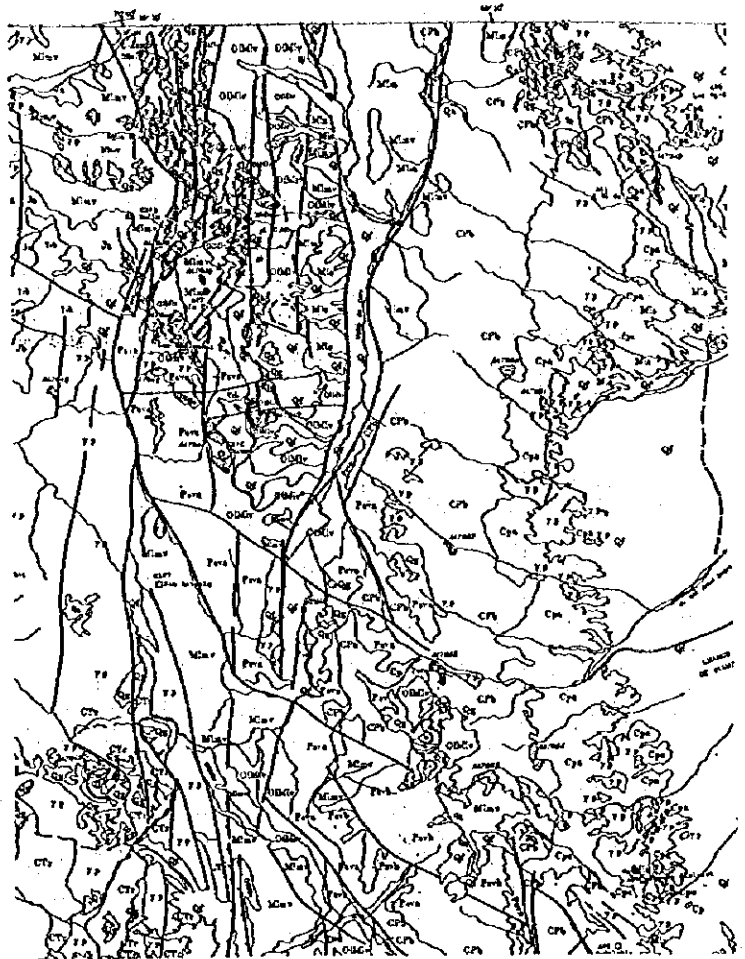


Fig. 18 Compiled Photogeologic Interpretation Map of the Study Area

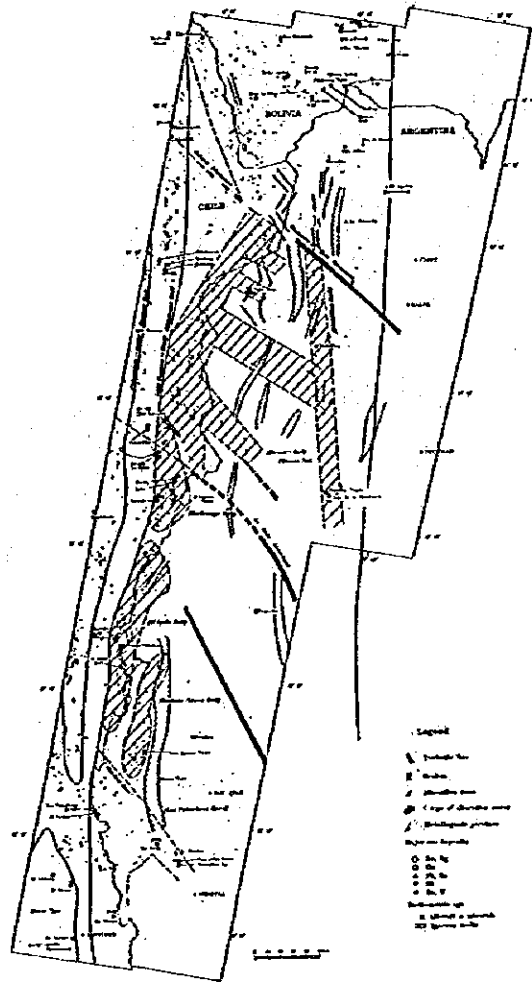


Fig. 19 Regional Interpretation Map of the Study Area

**BENEFITS AND LIMITATIONS OF REMOTE SENSING
DATA FOR EXPLORATION PURPOSES**

**BENEFICIOS Y LIMITACIONES DE LOS DATOS DE
REMOTE SENSING A FIN DE EXPLORACION**

A. BENEFITS (IN REGION WITHOUT VEGETATION)

A. BENEFICIOS (EN LA REGION SIN VEGETACION)

1. MULTI-SPECTRAL DIGITAL DATA
DATOS DIGITALES MULTIESPECTRAL
2. REGIONAL GEOLOGIC INTERPRETATION
- Lithology (Photogeologic unit), Structure (Lineament, Folding) -
INTERPRETACION GEOLOGICA REGIONAL
- Litología (Unidad fotogeológica), Estructura (Lineamiento, Plegamiento) -
3. EXTRACTION OF ALTERATION ZONE
EXTRACCION DE LAS ZONAS DE ALTERACION
4. LOGISTIC INFORMATION
The satellite images can be utilized during a field survey as a map instead of any topographic map.
INFORMACION LOGISTICA
Las imagenes satelitales pueden ser utilizadas durante un levantamiento en terreno como un mapa en lugar del mapa topográfico.

B. LIMITATIONS

B. LIMITACIONES

When observing, the weather must be fine because the optical sensor cannot penetrate cloud cover.

Cuando observando, el tiempo tiene que hacer claro porque el sensor optico no puede penetrar la cubierta de nube.

SATELLITE DATA USED

JERS-1 OPS (VNIR & SWIR) : 9 SCENES

METHODOLOGY OF THE ANALYSIS

1. PREPARATION
2. PROCESSING AND GENERATION OF IMAGES
3. CLASSIFICATION OF ALTERATION ZONE
4. IDENTIFICATION OF ALTERATION MINERALS

PRODUCTION OF IMAGES

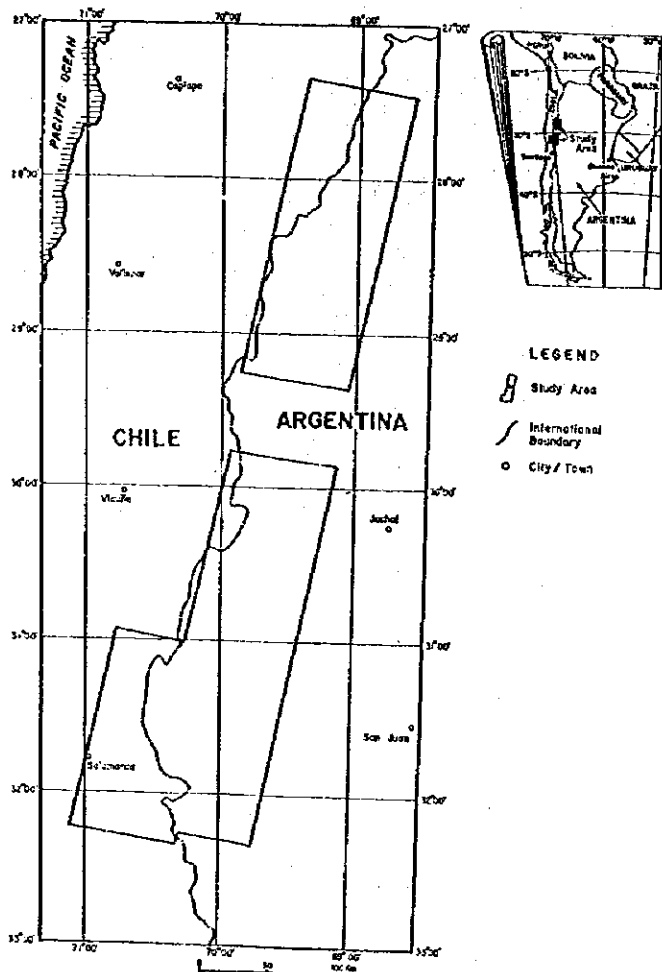
1. MOSAIC IMAGE
2. FALSE COLOR IMAGE
3. RATIO IMAGE
4. IMAGE OF CLASSIFICATION FOR ALTERATION ZONE
5. IMAGE OF IDENTIFICATION FOR ALTERATION MINERALS

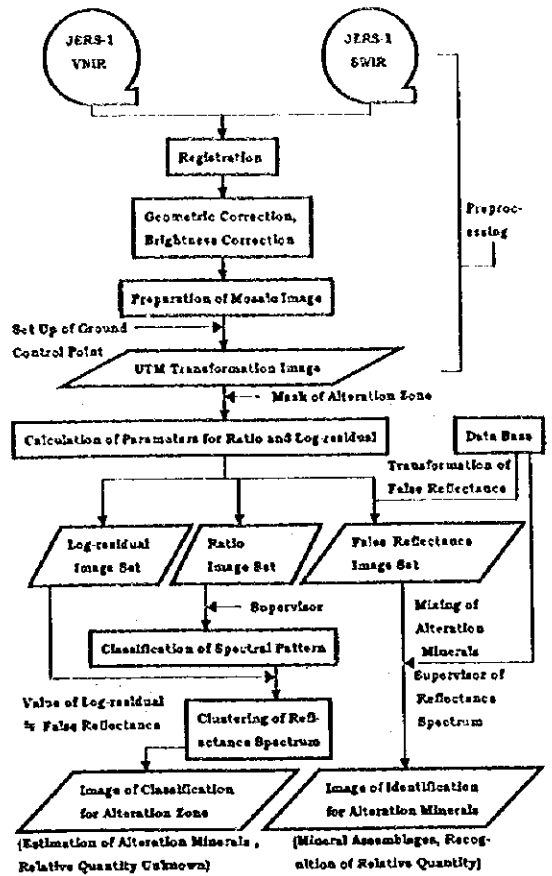
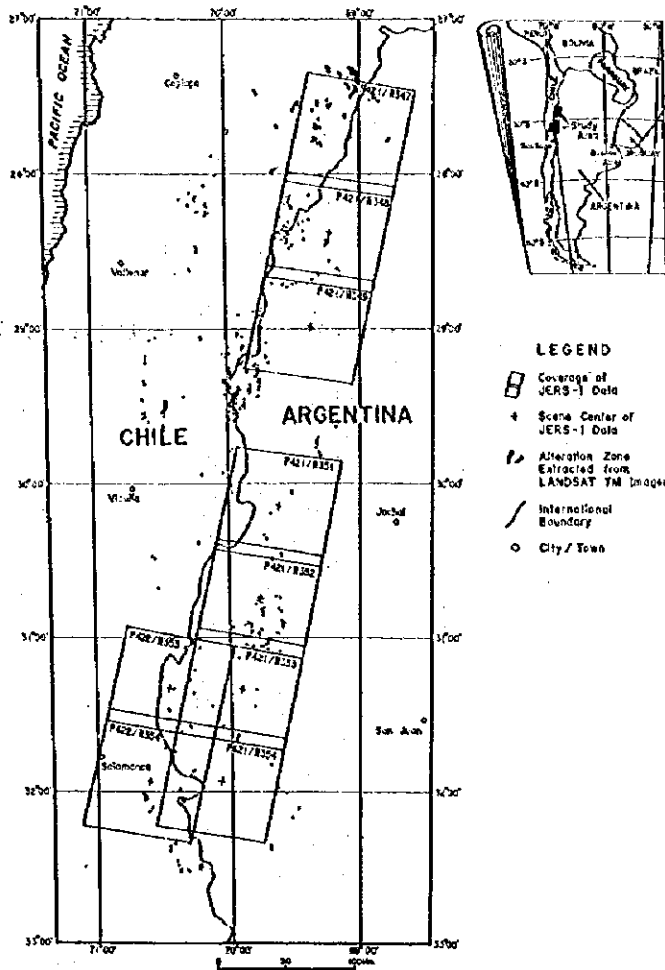
TITLE OF THE STUDY

**DETAILED SATELLITE DATA ANALYSIS
FOR
MINERAL RESOURCES
IN
THE REPUBLIC OF ARGENTINA**

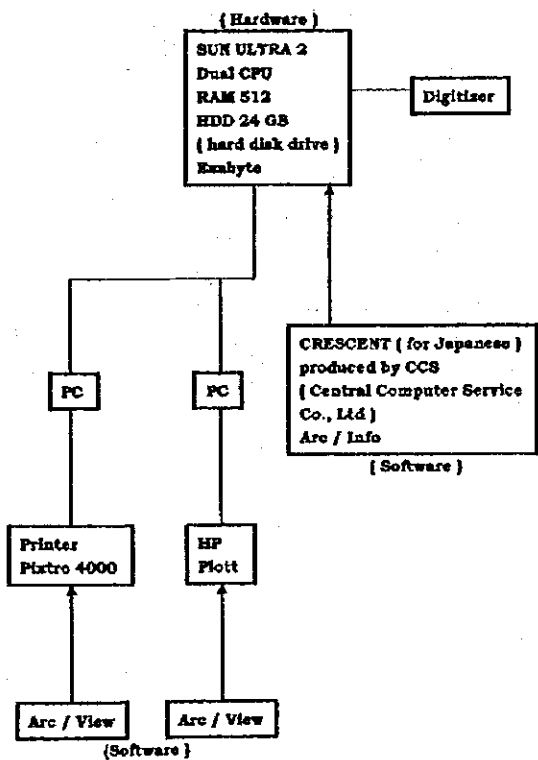
OBJECTIVES OF THE STUDY

The analysis focuses in detailed classification of alteration zones using Japanese JERS-1 data for the purpose of providing useful information to the field survey as well as integral study of the area.

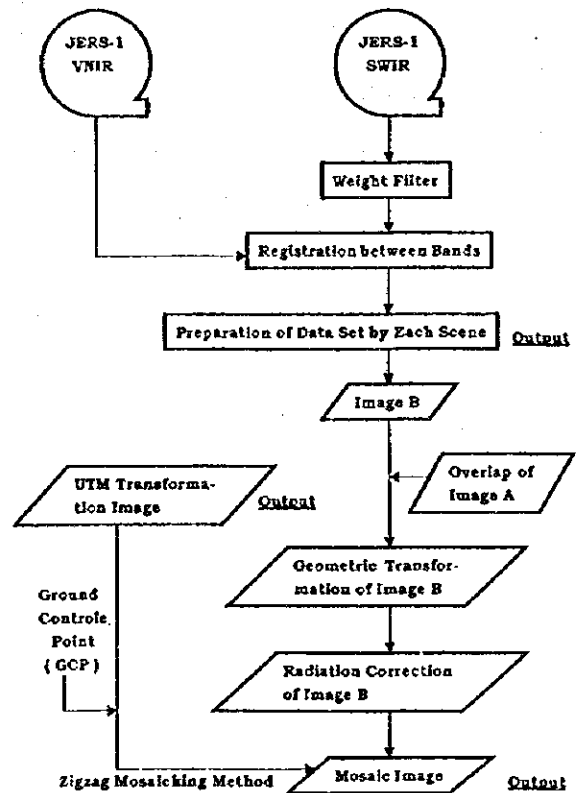




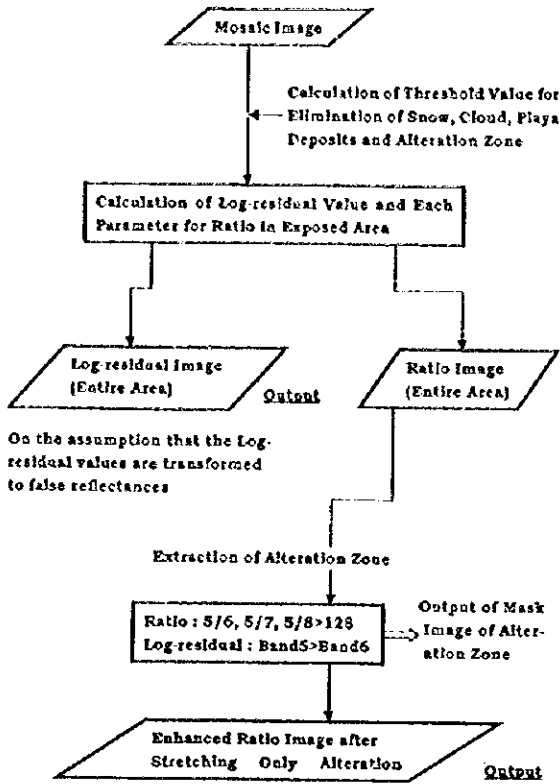
Configuration of Hardware and Software



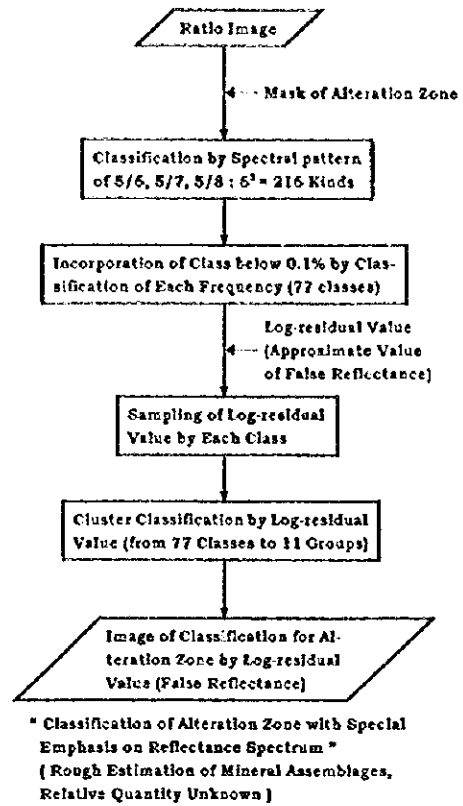
Mosaic Image



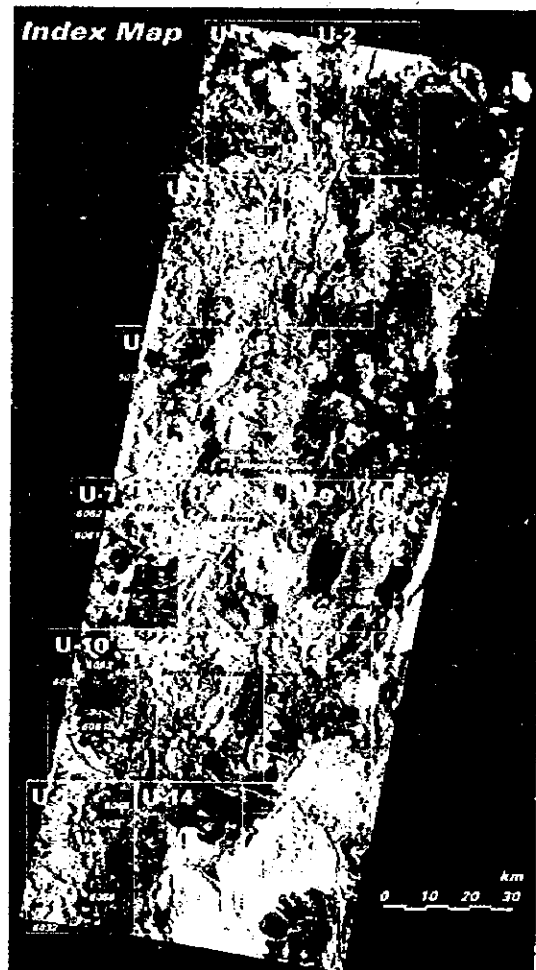
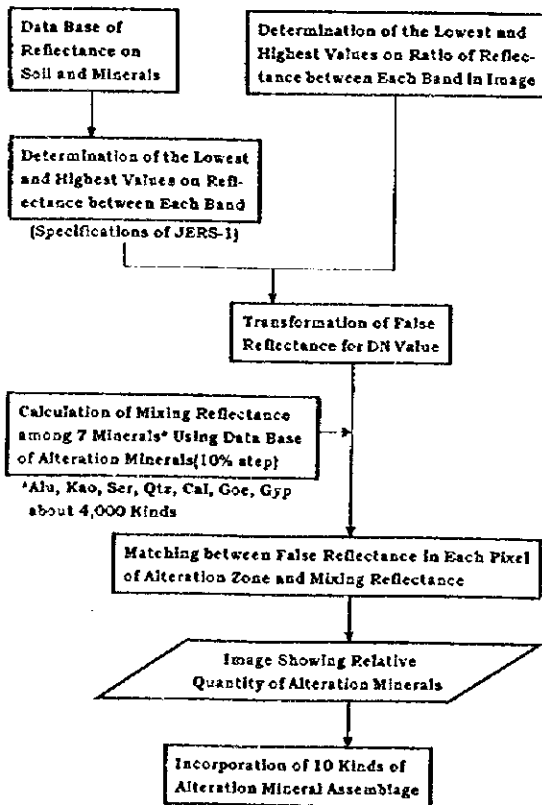
Logarithmic Residual Image and Ratio Image

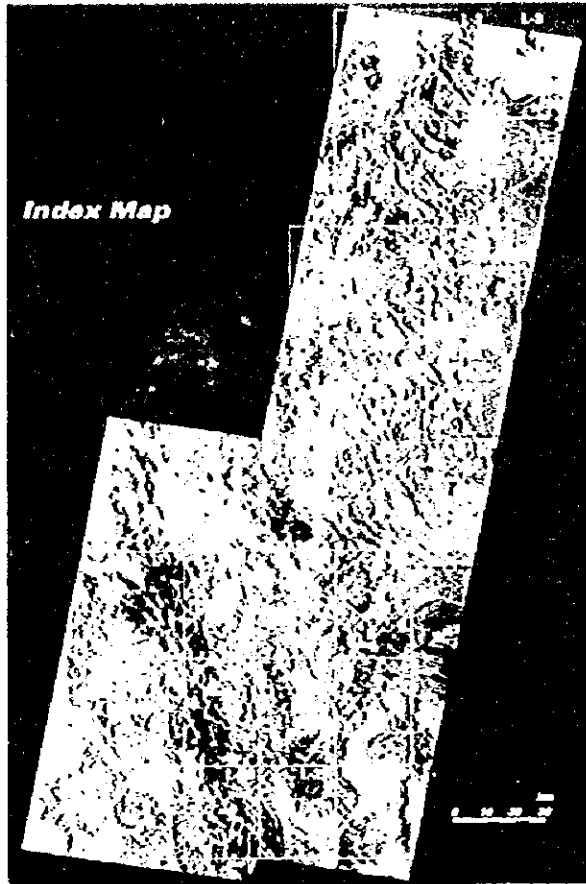


Classification of Alteration Zone



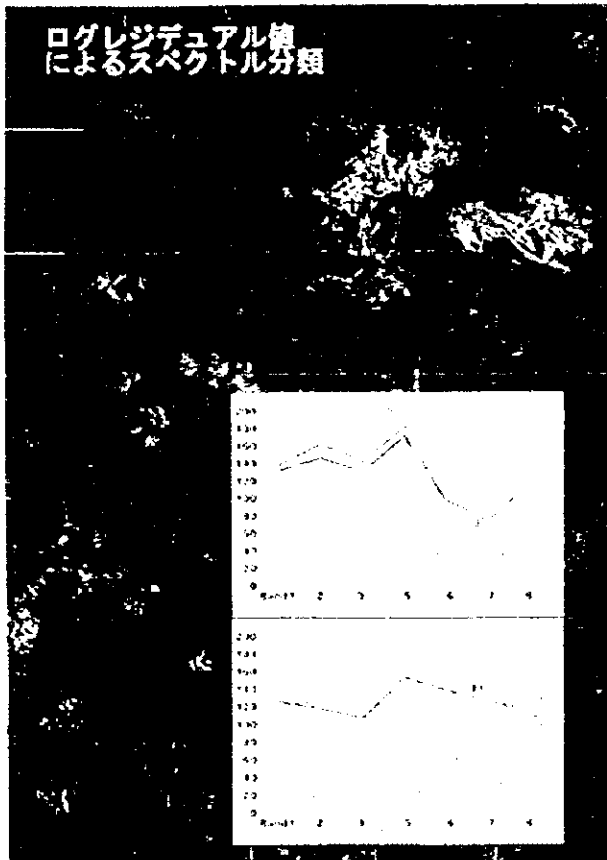
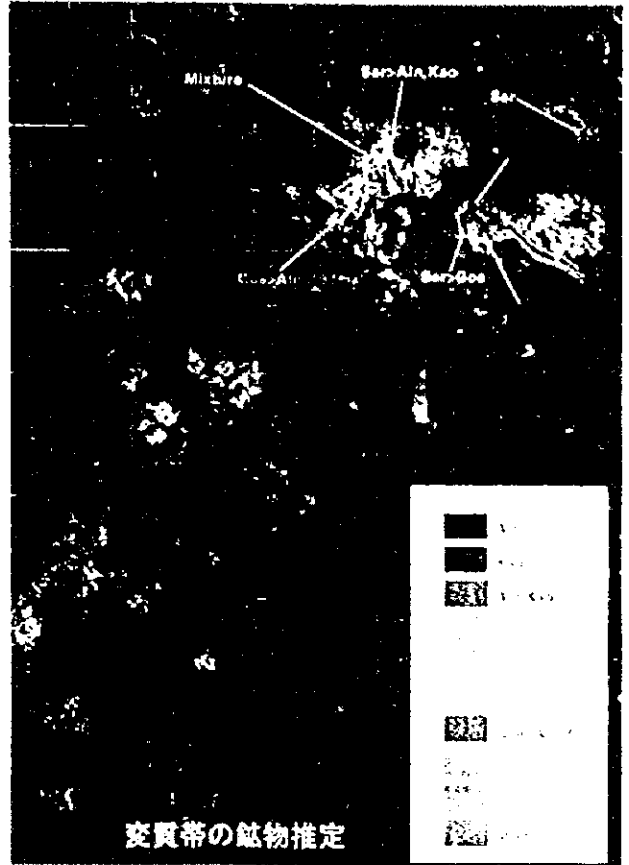
Identification of Alteration Minerals





L-22

mineral



ATTACHED MATERIALS
WITH THE REPORT

— IMAGES IN THE REPORT —

1. MOSAIC IMAGES (2 images in A1 size)
2. FALSE COLOR COMPOSITE IMAGE (42 AREAS; A4)
3. RATIO IMAGE (42 AREAS; A4)
4. IMAGE OF CLASSIFICATION FOR ALTERATION ZONE (42 AREAS; A4)
5. IMAGE OF IDENTIFICATION FOR ALTERATION MINERALS (42 AREAS; A4)

— APPENDIX —

LIST OF ALTERATION ZONE

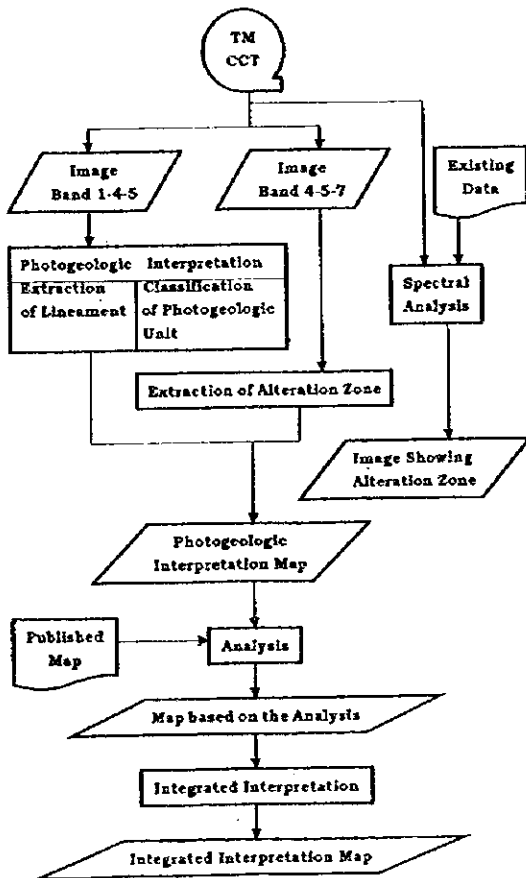
— ATTACHED IMAGES AND MATERIALS —

1. MOSAIC IMAGES
2. IMAGES IN THE REPORT (9 scenes; A3 size)
3. LOG-RESIDUAL IMAGE (9 scenes; A3 size)
4. DISTRIBUTION AND CLASSIFICATION MAP OF ALTERATION ZONES

GENERAL APPLICATION OF PHOTOGEOLOGIC INTERPRETATION

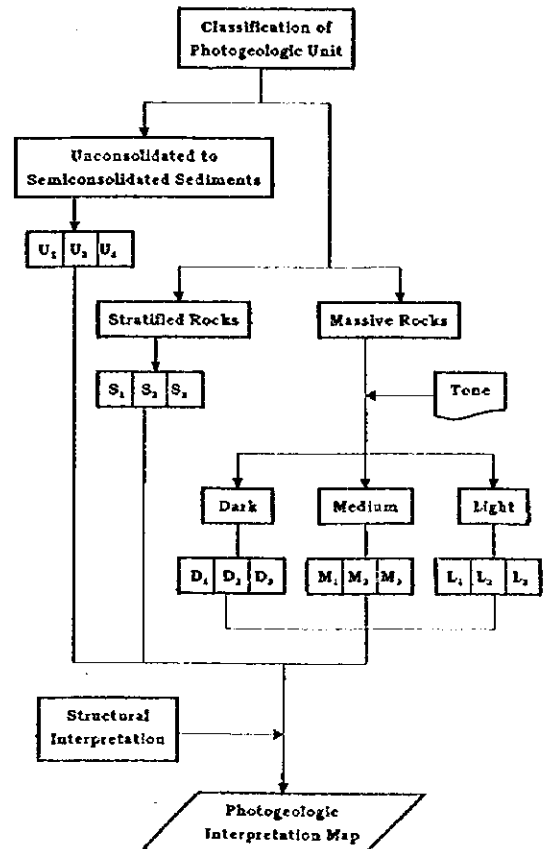
-- SUBJECT --

- A. GENERAL GEOLOGY**
 - 1. Lithologic Mapping
 - 2. Structural Interpretation
- B. APPLIED GEOLOGY**
 - 1. Resources Exploration
 - a. Metallic Minerals
Alteration zones, Spectral analysis, Lineaments
 - b. Petroleum
Mapping, Salt dome, Folds, Lineaments
 - c. Geothermal Energy
Volcanic rock, Fractures
 - 2. Hydrogeology
Aquifer, Aquiclude, Structure, Basin analysis
 - 3. Engineering Geology
Slope stability, Landslide, Flood control, Prediction of inundation
- C. CURRENT TECHNOLOGY**
 - GIS: Geographical Information System
 - Digital Mapping Technology



PHOTOGEOLOGY FOR MINERAL EXPLORATION

- A. REMOTE SENSING DATA**
 - LANDSAT MSS/TM, SPOT HRV,
JERS-1 OPS/SAR, RADARSAT SAR etc.
- B. PHOTOGEOLOGIC ACTIVITY**
 - 1. Interpretation of Lithology
 - 2. Interpretation of Folding
 - 3. Extraction of Lineament
 - 4. Extraction of Alteration Zone
 - 5. Extraction of Logistic Information
Roads, Urbanized Area,
Pipeline, Railway, Airport etc.



AVAILABLE INFORMATION

INFORMACION APROVECHABLE

1. LITHOLOGY

LITOLOGIA

2. FOLDING

PLGAMIENTO

3. LINEAMENT

LINEAMIENTO

4. ALTERATION ZONE

ZONA DE ALTERACION

5. LANDSLIDE

DESLIZAMIENTO DE TIERRA

6. DENSITY OF VEGETATION

DENSIDAD DE VEGETACION

7. CULTIVATION

CULTIVACION

8. ROAD NETWORK

RANEA DE CARRETERAS / CAMINOS

9. CANAL

CANAL

10. SETTLEMENT / CITY

ESTANCIA / CIUDAD

FACTORS OF INTERPRETATION

FACTORES DE INTERPRETACION

1. TONE

TONO

2. TEXTURE

TEXTURA

3. DRAINAGE PATTERN

MODELO DE DRENAJE

4. DRAINAGE DENSITY

DENSIDAD DE DRENAJE

5. ROCK RESISTANCE AGAINST EROSION

RESISTENCIA DE ROCA

6. BEDDING

ESTRATIFICACION

7. ATTITUDE

DISPOSICION

8. JOINTING

DIACLASA

9. BOUNDARY

CONTACTO

10. SUPERFICIAL COVER; VEGETATION & CULTIVATION

CUBIERTA; VEGETACION & CULTIVACION

11. PROBABLE LITHOLOGY

LITOLOGIA PROBABLE

12. FOLDING

PLEGAMIENTO

13. FRACTURE (LINEAMENT)

FRACTURA (LINEAMIENTO)

**Lecture Material for Seminar on Remote Sensing
and Photogeologic Interpretation Method in San Juan**

AVAILABLE INFORMATION

INFORMACION APROVECHABLE

1. LITHOLOGY
LITOLOGIA
2. FOLDING
PLAGAMIENTO
3. LINEAMENT
LINEAMIENTO
4. ALTERATION ZONE
ZONA DE ALTERACION
5. LANDSLIDE
DESLIZAMIENTO DE TIERRA
6. DENSITY OF VEGETATION
DENSIDAD DE VEGETACION
7. CULTIVATION
CULTIVACION
8. ROAD NETWORK
RANDA DE CARRETERAS / CAMINOS
9. CANAL
CANAL
10. SETTLEMENT / CITY
ESTANCIA / CIUDAD

FACTORS OF INTERPRETATION

FACTORES DE INTERPRETACION

1. TONE
TONO
2. TEXTURE
TEXTURA
3. DRAINAGE PATTERN
MODELO DE DRENAJE
4. DRAINAGE DENSITY
DENSIDAD DE DRENAJE
5. ROCK RESISTANCE AGAINST EROSION
RESISTENCIA DE ROCA
6. BEDDING
ESTRATIFICACION
7. ATTITUDE
DISPOSICION
8. JOINTING
DIACLASA
9. BOUNDARY
CONTACTO
10. SUPERFICIAL COVER: VEGETATION & CULTIVATION
CUBIERTA; VEGETACION & CULTIVACION
11. PROBABLE LITHOLOGY
LITOLOGIA PROBABLE
12. FOLDING
PLEGAMIENTO
13. FRACTURE (LINEAMENT)
FRACTURA (LINEAMIENTO)

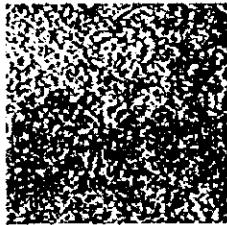
Texture (*Textura*)



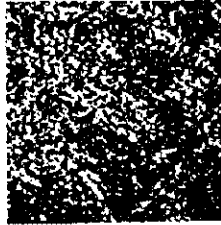
Smooth (*Suave*)



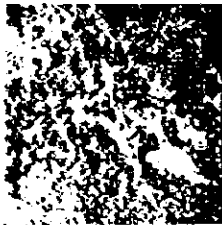
Speckled (*Moteada*)



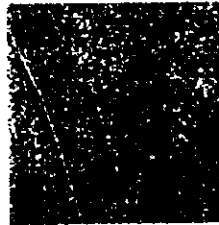
Rough (*Rugosa*)



Granular (*Granular*)

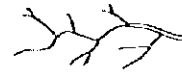


Irregular (*Irregular*)

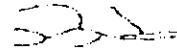


Linear (*Lineal*)

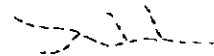
Symbols ; Drainage (*Simbolos ; Drenaje*)



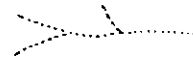
1 Stream, course visible on photographs.



2 Intermittent stream, Dry valley



3 Stream at bottom of a valley.
Course not visible due to vegetation cover.



4 Approximate course of stream on lowland or terrace,
course not visible due to high vegetation.

Symbols (*Simbolos*)

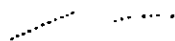


Hard bed of steep altitude, when direction of dip cannot
be observed or may be to both directions.
Frequent on hogbacks.

Strike symbols, to indicate strike of bedding plane without
outlining shape of dip slope, with classification of dip group.

- | | | | |
|------|------|------|------|
| 1. + | 2. — | 3. — | 4. — |
| 5. — | 6. — | 7. — | 8. — |

1. horizontal 2. 1/2-10 degrees 3. 10-40 degrees 4. 40-70degrees
5. 70-near vertical 6. vertical 7. overturned 8. dip direction unknown


lithologic boundary, certain or supposed ;
followed on photograph.

Symbols (*Simbolos*)



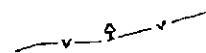
Infiltration center ; large or small in granular material,
marking kettles in glacials, small infiltration pans on terraces (T).



Hillside, with head scarp, sliding masses and boundary

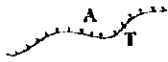


Cultivated and abandoned fields in tropical rainforest.



Alignment of vegetation.

Symbols (Simbolos)



Boundary between terrace (T) and floodplain (A).



Tilt of terrace or general tilt of surface.

Hard, Resistant Beds

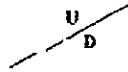


Ledge or rim of outcropping hard bed, which can be followed on the photographs.



Ledge of hard bed. Direction of dip can be observed, but too narrow to develop drainage or dipslope. common on escarpments.

Symbols (Simbolos)



Fault with upthrown (U) and downthrown (D) side.



Downthrown side of fault direction of fault plane, dip and facet (f).



Horizontal displacement.

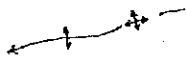


Small, medium and large sinkholes (with pool) in limestone, dolomite or gypsum.

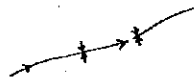
Symbols (Simbolos)



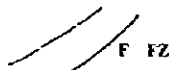
Boundary of unconformity with strike symbols.



Anticline axis with dome and plunge.

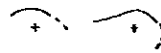


Syncline, with plunge and deepest axial part.



Fracture or inferred fault, F; known or certain fault, FZ; fault or fracture zone.

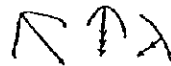
Symbols (Simbolos)



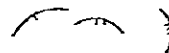
Near horizontal bedding with position of rim.



Direction of gentle dip and rim. Arrow should be extended to foot of slope.

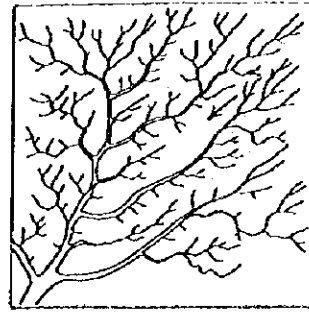


Moderate (3-10 degrees), medium (10-40 degrees) and steep (more than 40 degrees) dipslopes. With one two three barbs.



short, narrow dipslopes, when arrows cannot be used.

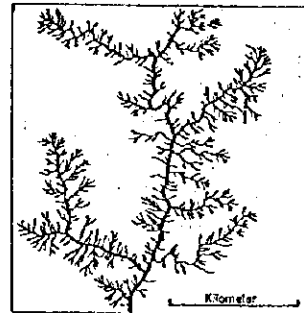
Subparallel - Dendritic pattern (*Modelo Subparalelo-Dendritico*)



Coastal plain type. Flat bottomed broad short channels of limited extent. Elongated tributaries at the right developed due to tilt of the surface (arrow). Broad channels develop in fine sandy material.

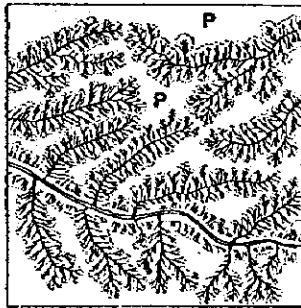
Drainage Pattern (*Modelo Drainaje*)

Dendritic - Pinnate pattern (*Modelo Dendritico-Pinnado*)



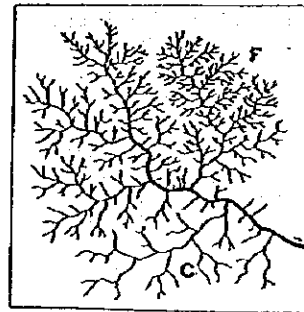
This modification is found on Illinoian tillplain. There is no structural control. P is a plain surface. The material is sandy and clayey silt.

Dendritic-Pectinate pattern



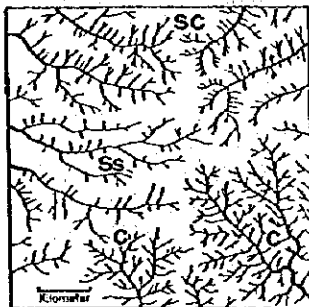
Feather-like design typical with loess. Parallel gullies with pear-shaped headwater basins. Main stream in flat bottomed valley. P is a loess surface.

Dendritic pattern (*Modelo Dendritico*)

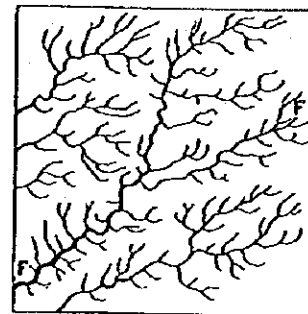


Also called tree-like or arborescent. Most common basic pattern. F is fine texture; C is coarse texture. No structural control. Occurs on fine textured impervious material.

Dendritic Pattern (*Modelo dendritico*)

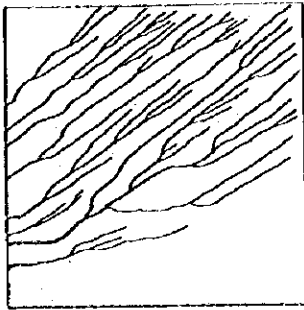


Different designs develop in clayshale (C), sandy or silty clay (SC) and sand or sandstone (S). The difference is in shape, ramification, type, texture and length of gullies. C is most ramified, tree-like, fine textured. S is more wide spaced, less ramified with short straight gullies. SC is finer textured with longer ramified gullies; a type between C and S.



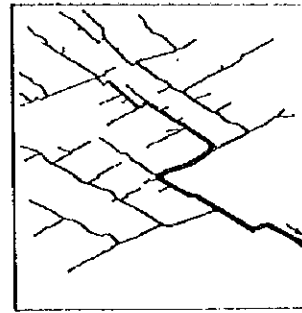
Tributaries of fourth and third order show pincer-like curved forms. Partly fracture controlled along F-F. Occurs on igneous intrusions.

Parallel pattern (*Modelo Paralelo*)



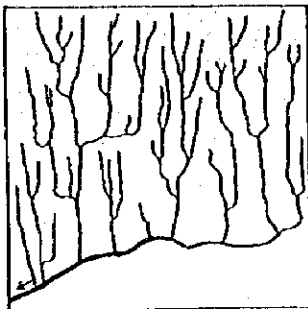
This basic pattern develops on fine textured material with steep slopes. Also along laminated formations of different resistance, e.g., sandstone-shale belts, or on tilted valley fills. It is most common along steep clay scarps with obsequent streams.

Angulate pattern (*Modelo Anguloso*)



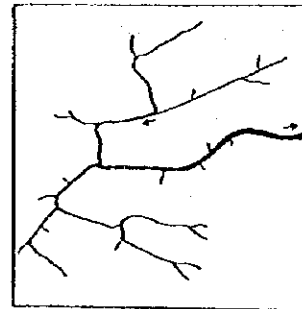
This is a modification of the angular pattern. The minor tributaries are parallel, joining the main tributaries at obtuse angles. The pattern is fracture controlled and is found mostly in granular sediments, like sandstones in near horizontal attitudes.

Subparallel Pattern (*Modelo Subparalelo*)



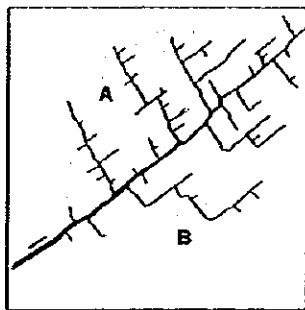
The Parallel tributaries join the main stream at an angle. This type is common on coastal plains in fine material, or on lava streams.

Contorted Pattern (*Modelo Contorsionado*)



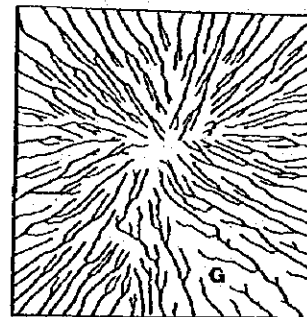
The streams show reversed flow (arrows). The material is sandstone. The control is structural.

Angular pattern (*Modelo Angular*)

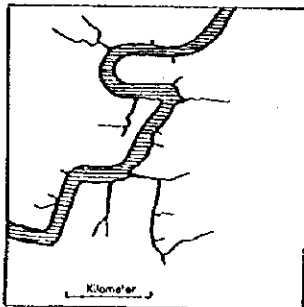


This basic type is also called a trellis pattern. A and B are two tilted sandstone blocks. The pattern is fault controlled. It is found on fractured granular deposits or intrusives.

Radial pattern (*Modelo Radial*)

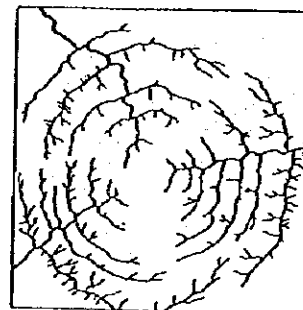


The consequent streams flow from a central area in a radial design. The design is from an Indonesian volcano. The material is fine textured tuff and granular tuff at G point. This basic pattern can be centrifugal (positive) on domes or uplifts and centripetal (negative) in basins.



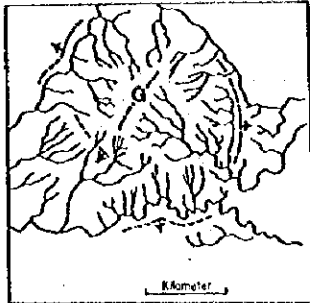
In a main stream cutting through a horizontal sandstone region. The fracture controlled channel is rounded at the top and is angular at bottom. Gully erosion develops along fractures.

Annular Pattern (*Modelo Anular*)



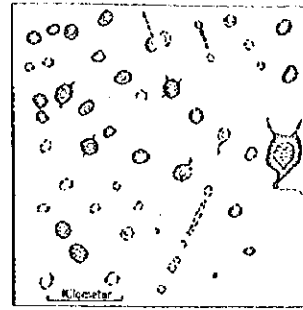
The rather rare design occurs on domes with concentric hard and soft upturned beds, or basins of similar composition.

Radial pattern (*Modelo Radial*)



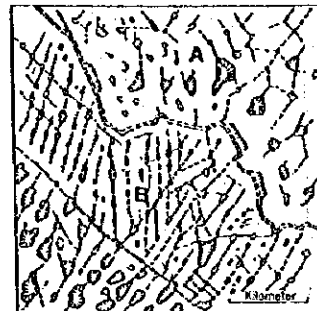
Pincerlike-dendritic and annular drainage pattern on a small granite dome. Dashed lines with arrow are hard upturned bedded sediment ridges. The central granite ridge with apex is at G point. (Meade Cy., South Dakota)

Sinkhole Pattern



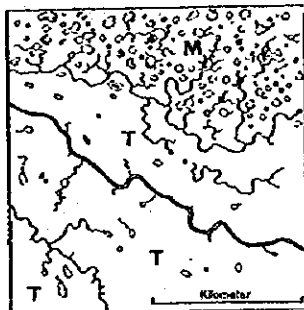
This pattern develops on soluble rocks like limestone, gypsum and dolomite. Sinks are usually roundish or oval shaped. Only short rudimentary surface channels develop. The shallow basins are filled with residual clay.

Tropical karst Pattern



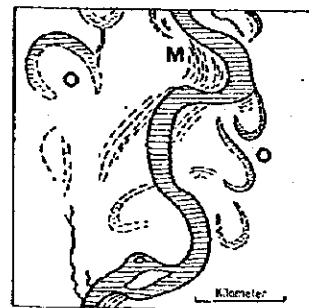
Three different types of limestones (A,B,C) show three types of sinkholes and dissolved fractures. The dry surface channels is fracture controlled. The angular boundary between the limestone types suggest fault contact.

Deranged Pattern



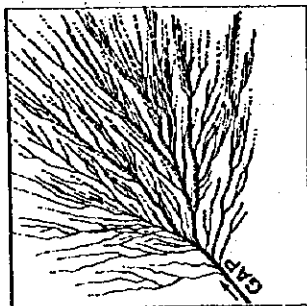
This pattern develops on glacial till. At M point is a moraine, at T points are glacial terraces. Knob and kettle topography on moraines. Infiltration centers on terraces. (New Jersey, USGS 1:20,000)

Anastomotic Pattern (*Modelo Anastomosado*)



Oxbow lakes (O) and meander scars (M) are on abandoned channels. Because of the collateral connecting flood channels, the pattern is called anastomotic. This depository pattern in common on floodplains may be, in part, structure controlled.

Dichotomic Pattern



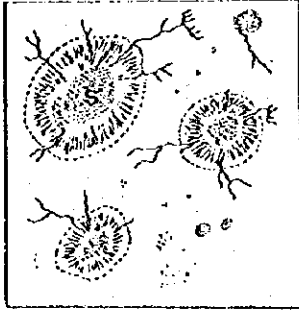
The streams radiating from a common point in a fan shaped manner depositing granular material by branching and multiple bifurcation (dichotomy). This design is found on alluvial fans and deltas.

Braided stream Pattern



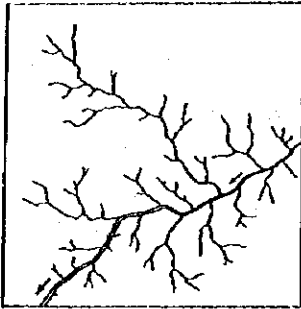
This pattern develops on broad stream channels when the stream velocity becomes insufficient to carry the load of sand gravel and boulders, dumping them in the channel. This pattern is controlled by the deposited material and is very unstable. Floods may cause frequent changes.

Lacunate Pattern



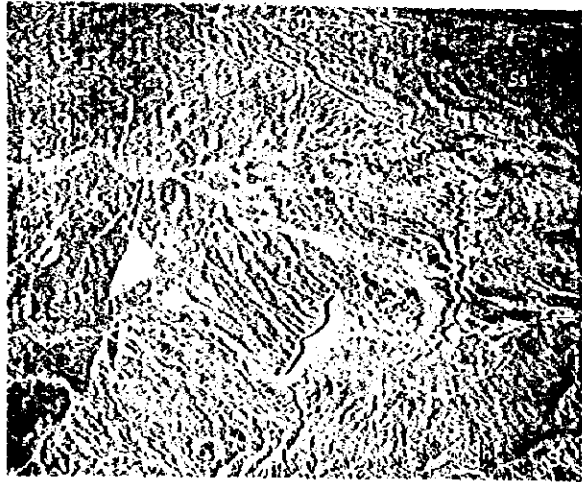
The large bowls are called buffalo wallows and occur in the Great Plains where a pervious surface layer meets an impervious substratum. Here parallel drainage develops and the water seeps into a granular deposits (S). This results in a dotted pattern (at the bottom of the bowls) of small infiltration centers, similar to those developed on terraces.

Barbed Pattern



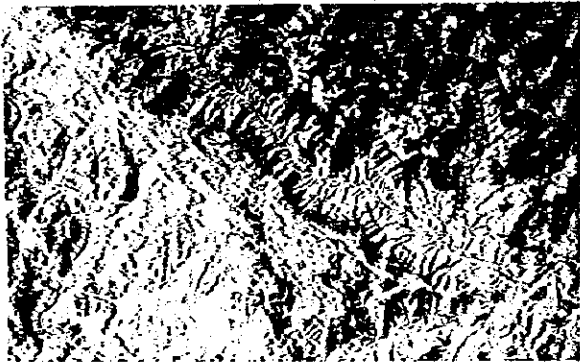
This design occurs on pirating streams utilizing pirated tributaries. It is also called back hand drainage because the tributaries join the main stream at obtuse angle. A barbed pattern is often structurally caused.

Subdendritic Pattern (*Modelo Subdendritico*)



Subdendritic pattern at D¹, D², D³ of three adjacent drainage basins. There are three head water basins in shale (sh¹). At left, in area 1, stream enters into sandstone zone (Ss) with coarse dendritic pattern and at shale complex (sh) with a fine textured dendritic pattern. Stream system at area 2 (right) flows in opposite direction of system 1. However, stream system 1 begins to drain system 2 at P-P along the scarp. This is stream piracy. There is a contorted stream channel at x. Ss¹ is a hard sandstone resting on Sh¹. Double arrows indicate direction of flow. The beds are near horizontal. (Morocco)

Morphologic expression and drainage pattern of sandstone



Morphologic expression and drainage pattern of sandstone (Ss); shale, (1,2,3) and sandy shale (X-X), in horizontal position. Separation can be made by difference in drainage pattern (dotted line). At 2 is a dendritic centripetal drainage basin; at 3 subparallel design which develops mostly on steep finer grained clayey slopes. Note fracture controlled dry channel at F. (northern Lybia)

Dendritic pattern in fine textured shale



Dendritic pattern in fine textured shale at D. On sandstone (sd) only faint traces of a pattern are visible. Sandstone complex (Ss) form hogbacks with internal drainage. Desert climate, no vegetation. (Mauretania)

Centrifugal radial drainage pattern on pyroclastics (R) and parallel pattern (P) on lava streams. Volcanic region in arid climate.



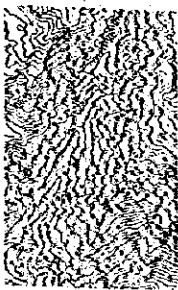
B is black basalt. Granular pyroclastics around crater C have a lighter tone. (Western Sudan, Central Sahara)

Angulate and angular drainage pattern in a sandstone shale area

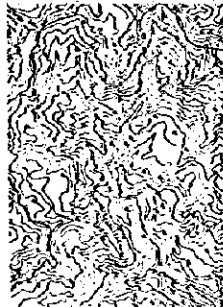


The type is angulate at A and near rectangular at R. The sandstone is partly thick and massive at M, but rather thin bedded at X; here it is folded and peneplained. Drainage develops along fractures of the leveled sandstone structures. The fracture pattern is accentuated by vegetation along the crush zone. At V is a valley in a soft rock with an angulate-dendritic pattern. (Northwest, Australia)

Drainage density



High

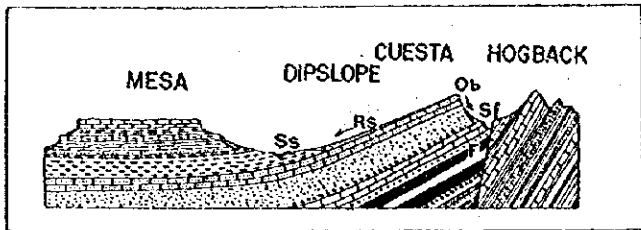


Moderate



Low

Relation of attitude of resistant beds to landform



Hard beds form a mesa when horizontal, a dipslope or cuesta when tilted, and a hogback when in steep attitude. Ss is a strata subsequent or strike controlled stream; Sf a fault controlled stream; Rs a resequent stream, and Ob an obsequent stream. F is a fault contact between beds of moderate dip and steep attitude.

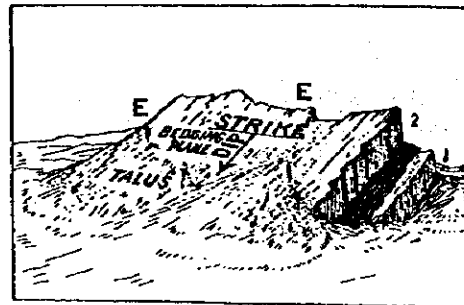
Horizontal shale formation capped by sandstone



The resistant hard sandstone forms steep cliffs. The weak crumbles into coalescent talus cones, which form a continuous sheet. Cliff and slopes in a canyon indicate hard (sandstone, limestone) and soft (shale, clay, silt) beds if the attitude is near horizontal. The light bottom of the valley is filled out by loose sand. Shale and sandstone are colored. At X is a resistant homogeneous mass, probably an igneous. (Palestine)

Bedding (Estratificacion)

Relation between strike-dip-bedding plane and talus



The talus tends to reduce the angle of sloping. E-E is the edge or rim of a hard bed, usually marked on aerial photographs and maps. Number 1 is the older, number 2 the younger sandstone bed, interbedded with dark schist. Direction of strike and dip in the field is measured by a compass. The degree of the dip by clinometer. On aerial photographs stereoscopic instruments are used.

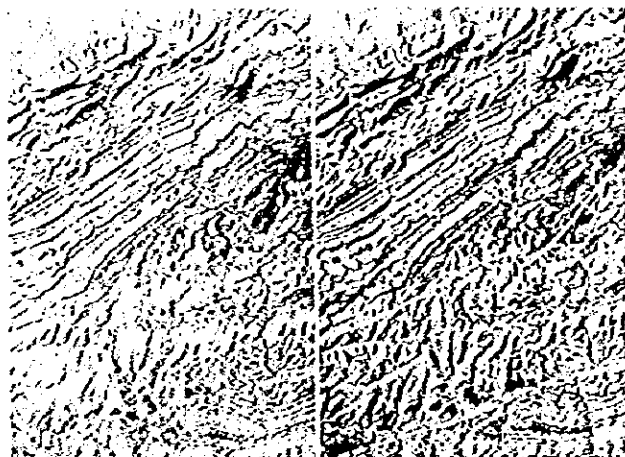
Continuity analysis of an oriented mosaic sheet section



Lithologic units A-H can be followed, mainly by drainage pattern. The boundaries can be plotted without stereoscopy, which has to follow later. Unit E (a sandstone-shale complex) with boundaries to G and D is a conspicuous key horizon tree-like drainage which can be followed here over a distance of 49 km. The structure is a pitching syncline. Position of the axis is conjectural. The direction of the dipping beds can be derived from the gut-landing and V form of dip-slopes, and the runoff directed towards the center of the bowl. Indications of fracturing are truncations (T) discontinuity of keybed with straight stream channel at X-X-X; angular stream bends at X' and stream along straight boundary between H and G. Facial change at top of G grading into more shaly H. (Mosaic, Utah)

Attitude (disposicion)

Thin sandstone beds disclose structural features



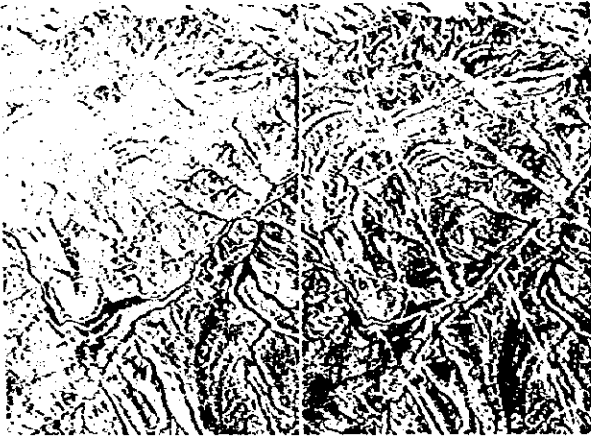
The formation is composed of rather thin, shale-interbedded sandstones. The flaggy sandstone beds can be easily followed and separated because of their individual character. The garland pattern is caused by thin shale intercalations on beds with medium (10-15 degrees) dip. S is a hard sandstone complex; S1 is a flaggy complex with thicker shale; S2 has thinner shale intercalations; S3 is a thick sandstone bed. The shaly anticline core, marked by axial symbol, has a duplicated sandy shale flank (note drainage pattern at SSh) of different character than flank S-S3 because of three parallel faults of considerable throw. At X-X are shale formations, eroded to valleys. At A, axial displacement. (Southern Sahel, Tunisia)

Bowl shaped synclinal valley



This practically undisturbed structure is in contrast to the displaced hogback series (H) in the background. Consequently, the area H must be older, because it has its separate fault tectonics. The hogbacks have steep beds with attitudes. The synclinal bowl in the foreground has gentle undisturbed dip-slopes. This indicates an unconformity between the two morphologic units. The bowl, an outstanding example of a syncline, is composed by sandstones (Ss) and shales (Sh) which are more exposed to denudation. The consequent radial drainage towards the syncline axis discharges through the watergap at the upper left corner. The oblique photograph taken at an angle of about 30 degrees does not show the dips at the foreground well, unless the dip is under the tilt of the camera. (Bou Anane, Northern Sahara)

Dislocated anticline nose



The axial displacement happens along the principal fault F-F. The upper block is sunken because Ss2 does not reappear in the center of the upper block. The left flank is steep, right flank gentle. photographic supposition like this has to be field controlled, to investigate identify of sandstone horizons (abc). At X inclination of small dip slope will indicate axial pitch. (Wyoming)

Plunge of an assymmetric anticline



The beds are not disturbed by major faulting. The light toned key sandstone beds are Ss1 and Ss2. The lower flank is somewhat steeper than the upper of Ss2. This causes asymmetry. At the bottom are near vertical sandstone beds forming hogbacks (Hb). Note change of strike in steep beds along F. At T is a terrace with spotty vegetation, often found on terraces. (Hot Springs, Wyoming)