

## PROCESAMIENTO Y PRODUCTOS ASTER DEL ÁREA DE SIERRA DE FAMATINA, PROVINCIA DE LA RIOJA, REPÚBLICA ARGENTINA

AZCURRA, DIEGO  
CASTRO GODOY, SILVIA  
KAKU, MANABU  
KOHNO, ITOSHI  
MARIN, GRACIELA

SEGEMAR, Julio A. Roca 651, piso 8, (1322) Buenos Aires, Argentina  
dazcur@geosatar.gov.ar,

**Abstract.** ASTER sensor, carried by Terra satellite, has 14 bands in 3 regions subsystems: visible and near infrared (VNIR), short-wave infrared (SWIR) and thermal infrared (TIR). Also it has stereo mode by the nadir looking band 3N and backward-looking band 3B of VNIR. Because these main characteristics, ASTER data is a power tool to apply in geology. The study area is Sierra de Famatina, in La Rioja Province, Argentina, between S28°40' - W68°00' and S29°20' - W67°30'. The oldest units are upper Precambrian to lower Paleozoic metamorphic and intrusive rocks, covered by Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic marine and continental sedimentites and volcanic rocks.

Main objective of this project is the geological mapping at 1:100.000 scale and the mining potential evaluation of the area. In this work, the first stage results are presented, including satellite data processing and analysis as well as the interpretation. ASTER data was processed to generate the digital elevation model (DEM), to ortorectify the images. Different combination VNIR, SWIR and TIR bands let to identify the geological units. Also it was processed ratios bands to allow the rocks and hydrothermal minerals discrimination. Besides, the spectral angle mapper (SAM) was applied to classify different alteration minerals.

**Keywords:** Remote Sensing, Aster Image, Sierra de Famatina, Multispectral analisis, Hydrothermal alteration, band ratio, Spectral Angle Mapper.

### Introducción

El sensor ASTER se encuentra a bordo del satélite TERRA que presenta una órbita helio-sincrónica a una altitud de 705 kilómetros, un ciclo de repetición de 16 días, un ancho de barrido de 60 kilómetros y una distancia entre órbitas de 172 Km. Dicho sensor esta compuesto por 3 subsistemas, para cada región del espectro electromagnético: VNIR, SWIR y TIR. Cada uno de estos subsistemas presenta características particulares tales como 3 bandas en la región espectral del visible e infrarrojo cercano (VNIR) con una resolución espacial de 15 metros, 6 bandas en la región espectral del infrarrojo de onda corta (SWIR) con una resolución espacial de 30 metros y 5 bandas en el infrarrojo térmico con una resolución espacial de 90 metros (ERSDAC, 2001).

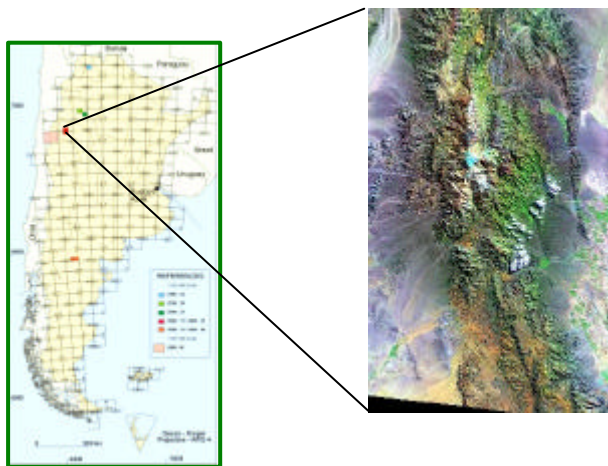
Además presenta un telescopio con visual hacia atrás que escanea en la región espectral de la banda 3 (banda 3B) lo que nos permite realizar modelos digitales de terreno (MDT) por pares estereoscópicos. La tabla 1 muestra las principales características de las bandas ASTER.

Subsistema	Banda N°	Rango espectral ( $\mu\text{m}$ )	Resolución espacial	Resolución radiométrica
VNIR	1	0.52 - 0.60	15 m	8 bits
	2	0.63 - 0.69		
	3N	0.78 - 0.86		
	3B	0.78 - 0.86		
SWIR	4	1.600 - 1.700	30 m	8 bits
	5	2.145 - 2.185		
	6	2.185 - 2.225		
	7	2.235 - 2.285		
	8	2.295 - 2.365		
	9	2.360 - 2.430		
TIR	10	8.125 - 8.475	90 m	12 bits
	11	8.475 - 8.825		
	12	8.925 - 9.275		
	13	10.25 - 10.95		
	14	10.95 - 11.65		

**Tabla 1.** Características de las bandas de los subsistemas VNIR, SWIR y TIR.

### Ubicación

La región de estudio se encuentra en la Sierra de Famatina, Provincia de la Rioja, Republica Argentina, entre los 28° 40' S, 68° W y los 29° 20' S, 67° 30' W. (figura 1)

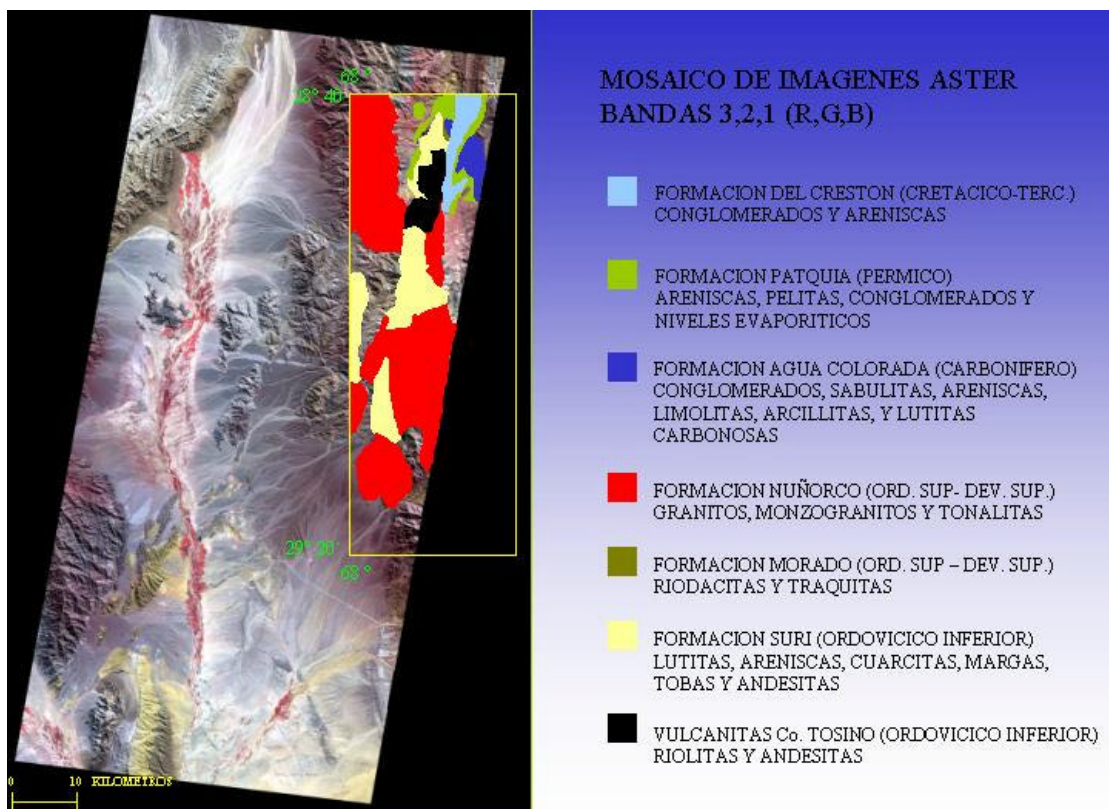


**Figura 1.** Mapa de ubicación de Sierra de Famatina.

## Geología del área

La Sierra de Famatina esta conformada por una serie de bloques montañosos con orientación principal Norte-Sur. Esta morfología actual es el resultado del levantamiento a lo largo de fallas inversas generadas por la orogenia Andina durante el Terciario superior.

Las rocas mas antiguas son metamorfitas de la Fm. Negro Peinado (Proterozoico-Cámbrico). En el Cámbrico sup., se desarrollaron sedimentitas de la Fm. La Aguadita. El Grupo Cachiuyo (Ordovícico) esta integrado por sedimentitas y vulcanitas de las unidades Suri, Molles, Las Planchadas, Morado, Portezuelo y La Alumbraera. Los granitoides se dividen en 3 grupos: Granito Ñuñorco-Sañogasta (395-451ma), granitoides Cerro Toro (Ordovícico) y Granitoide Sierra de Paiman (379-459ma). Las sedimentitas del Paleozoico superior-Triásico (formaciones Agua Colorada, Lagares, La Cuesta, Colina, Talampaya y Tajados) están cubiertas discordantemente por Fm. El Crestón (Kr?, Terc?). En el Terciario se presentan sedimentitas y vulcanitas (Fm. El Mogote) e intrusivos los cuales se observan en las cumbres de la Sierra de Famatina, asociados a la mineralización. En la figura 2 se presenta un bosquejo geológico simplificado, tomado de la hoja 2969-II Tinogasta a escala 1:250.000 (Camino et al, 2000), en el que se puede observar las principales formaciones del área de estudio.



**Figura 2:** Datos ASTER 3,2,1 (R,G,B) y bosquejo geológico del sector occidental de la Sierra de Famatina (adaptado de Camino et al, 2000).

### Procesamiento y metodología

Hasta el momento se obtuvieron dos imágenes ASTER L1A (datos crudos) que representarían el 50 % de la región. A partir de cada una de ellas se generó el modelo digital de terreno con el software ASTER DEM Data Generation Software. Luego se ortorectificaron las imágenes con el software ASTER Geocoded Ortho Imagen Generation Software utilizando los modelos digitales de terreno. Este nivel de procesamiento se realiza en plataforma UNIX con softwares específicos diseñados por investigadores del comité científico de ASTER. Es así como se obtienen datos nivel 3A (imágenes ortocorregidas). Es interesante destacar que se logra este nivel de procesamiento con la información provista del satélite, con un error horizontal de 30 metros en una zona que presenta alturas promedio de 2000 metros (Azcurra, 2002). A partir de estas imágenes se realizaron distintos procesamientos con el fin de discriminar rocas y minerales de alteración.

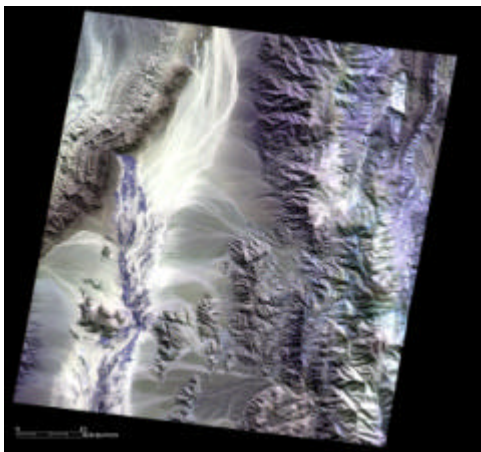
### Combinaciones de bandas

Se realizaron distintas combinaciones de bandas con el fin de realizar una interpretación foto geológica de las mismas. Combinando las bandas del VNIR se puede lograr una buena discriminación geomorfológica y de litologías debido a su resolución espacial de 15 metros (figura 3).

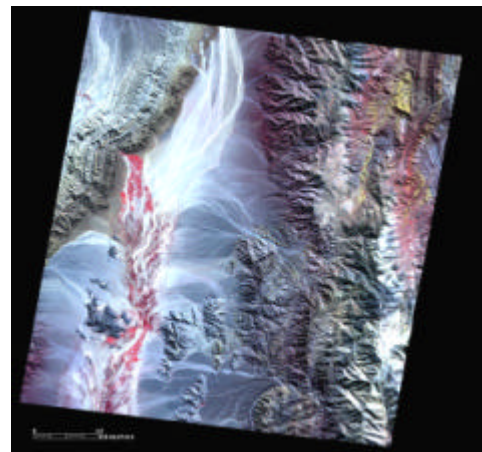
En la combinación de bandas 6,5,4 del infrarrojo de onda corta (SWIR) se puede resaltar rocas sedimentarias y algunas zonas de alteración hidrotermal (figura 4).

Las combinaciones de las bandas 14,12,10 del infrarrojo térmico (TIR) nos da información estructural así como de rocas ígneas (figura 4)

También se combinaron bandas de los distintos subsistemas, como se muestra en la figura 6, la combinación de bandas 5,3,1 (R,G,B) brinda una buena discriminación de rocas sedimentarias y de zonas de alteración hidrotermal.

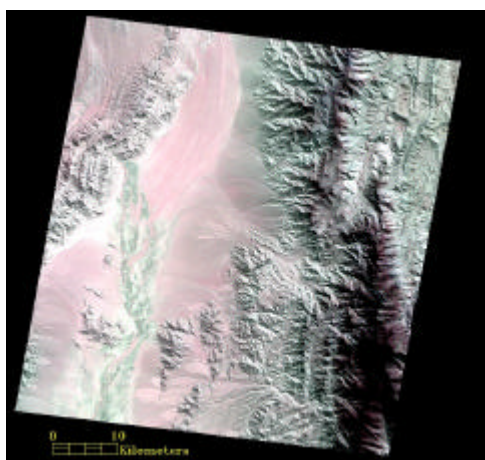


**Figura 3.** Combinación de Bandas 3,2,1 (R,G,B) del sector oeste del segmento central de la Sierra de Famatina.

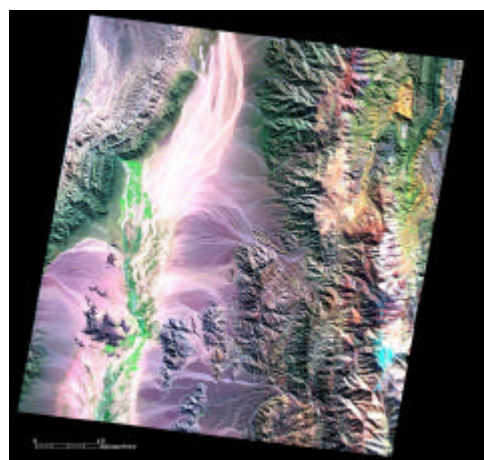


**Figura 4.** Combinación de Bandas 6,5,4 (R,G,B) del sector oeste del segmento central de la Sierra de Famatina.





**Figura 5.** Combinación de Bandas 14, 12, 10 (R,G,B) del sector oeste del segmento central de la Sierra de Famatina.

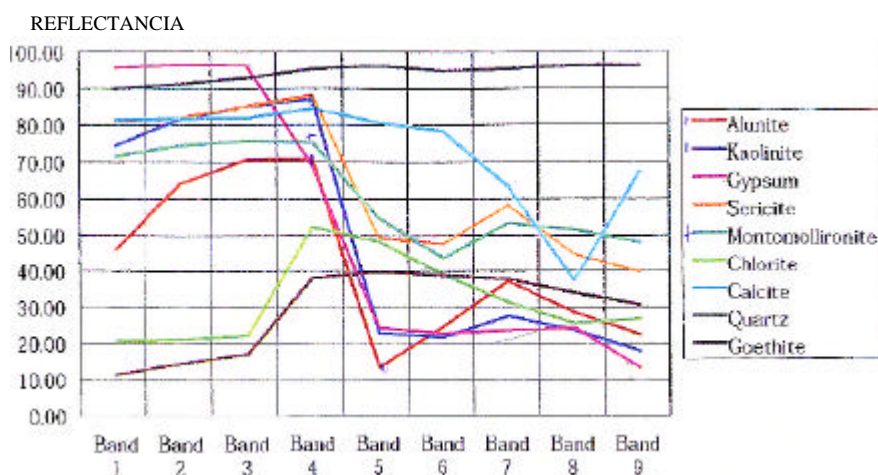


**Figura 6.** Combinación de Bandas 5,3,1 (R,G,B) del sector oeste del segmento central de la Sierra de Famatina.

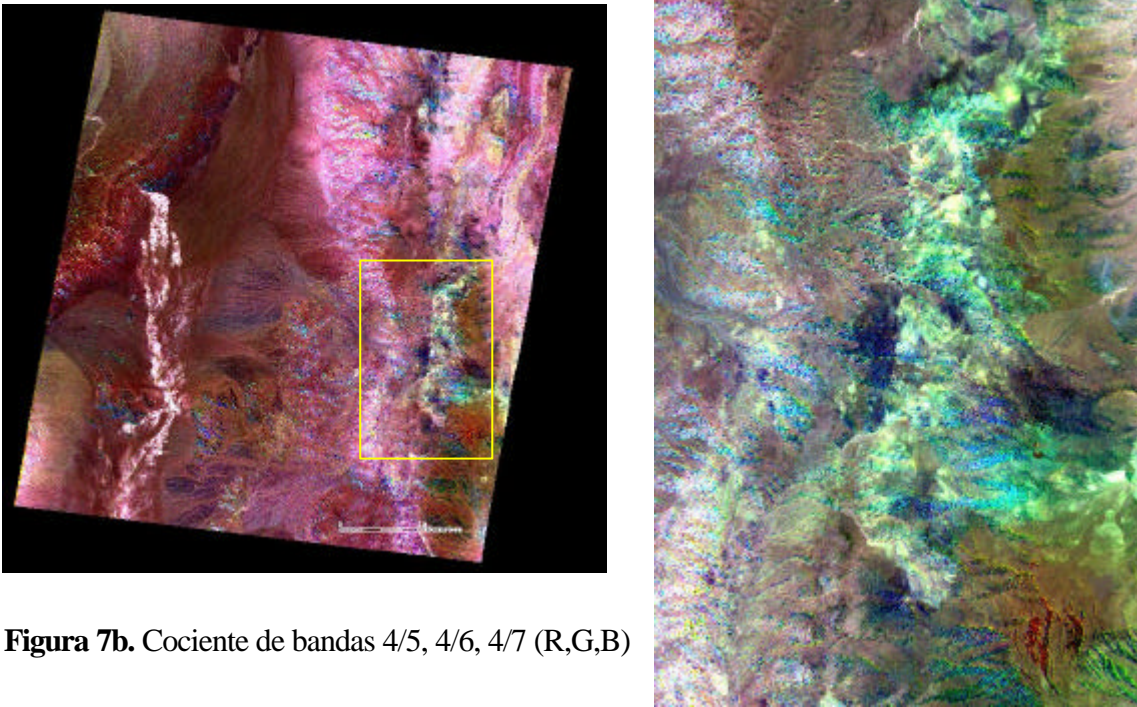
### Cocientes de bandas

Debido a que en muchos casos las respuestas espectrales de las rocas son similares, no siempre es posible diferenciar diferentes litologías con interpretación fotogeológica a partir de combinaciones de bandas. Por ello se utilizaron cocientes de bandas en el SWIR para la discriminar zonas de alteración hidrotermal ya que estas presentan picos de absorción y de reflectancia característicos en esta región del espectro electromagnético (Yamaguchi, 1987). (figura 7a).

Con la combinación de cocientes 4/5, 4/6, 4/7 (R,G,B) se pudo identificar zonas de alteración hidrotermal sobre la Fm. Suri (figura 7b).

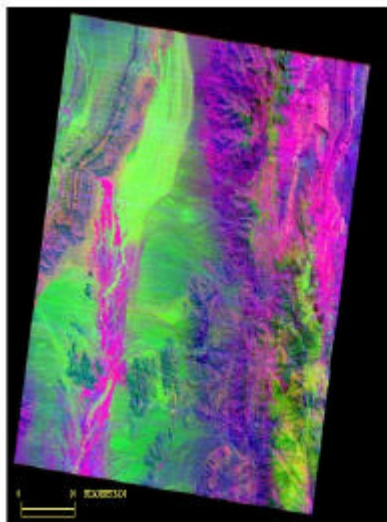


**Figura 7a.** Patrones espectrales simplificados a las bandas 1 a 9 de ASTER, de minerales de alteración característicos.



**Figura 7b.** Cociente de bandas 4/5, 4/6, 4/7 (R,G,B)

En las bandas del infrarrojo térmico se aplicaron los índices para identificar sílice y carbonato (Ninomiya, 1997, Ninomiya y Fu, 2001, Ninomiya, 2002). A su vez se utilizó el cociente 3/1 para identificar óxidos de Fe. Con la combinación de estos índices (figura 8) se puede identificar en algunos sectores al contacto entre la Formación Suri y el Granito Ñuñorco que intruye a la primera.



Combinación de  
Índices  
RGB: Ox, Si, Ci

Ox = 3/1
SI = 13/12
CI = 13/14

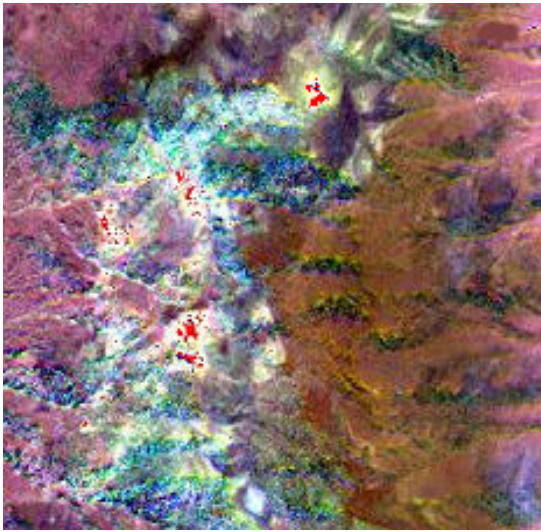
Ox = 3/1  
SI = 13/12  
CI = 13/14

**Figura 8.** Combinación de índices de óxido de hierro, sílice y carbonatos: Ox, Si, Ci (R,G,B)



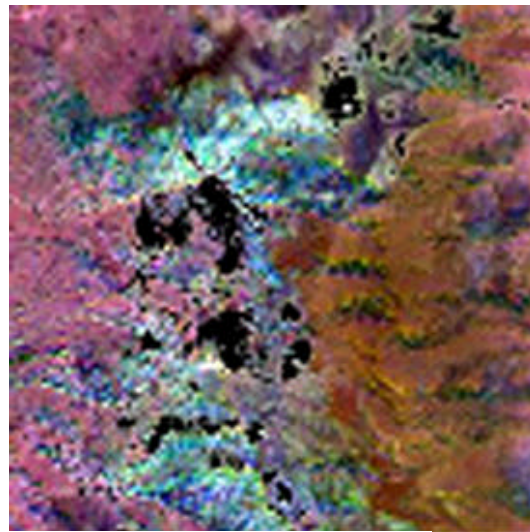
**Clasificación de minerales de alteración.**

Se realizó la clasificación utilizando el modulo de ENVI Spectral Angle Mapper (SAM), que consiste en la determinación de la similitud entre dos espectros, el del píxel de la imagen y el patrón espectral de referencia del mineral de interés. El algoritmo determina la similitud espectral calculando el ángulo de mejor aproximación y considerando a ambos vectores. Se utilizó una base de datos espectrales del Servicio Geológico de los Estados Unidos (speclib4) y se clasificaron Alunita, Montmorillonita y Sericita (figuras 9, 10 y 11)



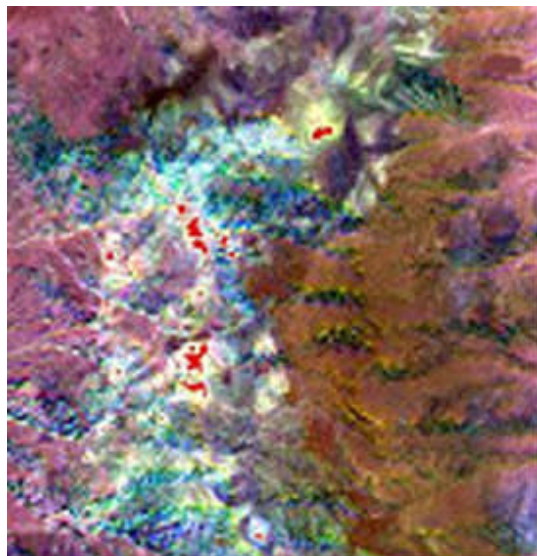
**Figura 9.** Clasificación SAM

 **alunita**



**Figura 10.** Clasificación SAM

 **montmorillonita**



**Figura 11.** Clasificación SAM

 **Sericita**

## **Conclusiones**

La resolución multiespectral de los datos ASTER permite, discriminar rocas ígneas principalmente en la región espectral del infrarrojo térmico (TIR) y minerales de alteración especialmente en las región del infrarrojo de onda corta (SWIR).

En una segunda fase del presente proyecto se comprobará en el terreno la performance geométrica y radiométrica de los datos. Además se realizarán mediciones radiométricas en el campo, de minerales de alteración y rocas para confeccionar la base de datos espectrales del área.

## **Bibliografía**

ERSDAC, 2001. ASTER User's Guide part I

Caminos, R. y L. Fauqué, 2001. Hoja Geológica 2969-II Tinogasta, Provincia de La Rioja, a escala 1:250.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR. Informe Inédito, Buenos Aires.

Azurra, D. 2002. Comparación de productos Landsat 7 ETM y ASTER en el Distrito Minero Farallon Negro. III Seminario ASTER-GEOSATAR, 24-25 de Octubre de 2002. SEGEMAR, Buenos Aires.

Yamaguchi, Y. 1987. Possible techniques for lithologic discrimination using the short wavelength infrared bands of the Japanese ERS-1.

Ninomiya, Y., Matsunaga, T. y Yamaguchi, Y. 1997. Estimation of SiO<sub>2</sub> content using simulated TIR remote sensing data generated from spectra measured on the sawed surfaces of rocks at Cuprite, Nevada, USA. Proc. 30 th Int.Geol. Cong. Vol. 10:49-62

Ninomiya, Y. and B. Fu. 2001. Spectral Indices for Lithologic Mapping with ASTER Thermal Infrared Data Applying to a Part of Beishan Mountains, Gansu, China. Institute of Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS, Sydney, Australia.

Ninomiya, Y. 2002. Mapping quartz, carbonate minerals and mafic-ultramafic rocks using remotely sensed multiespectral thermal infrared ASTER data. International Society for Optical Engineering SPIE, vol. 4710, pp. 191-202.