



## IDENTIFICACIÓN DE ROCAS BÁSICAS MEDIANTE DATOS ASTER Y LANDSAT ETM, EN LAS SIERRAS DE MAZ, UMANGO Y ESPINAL, PROVINCIA DE LA RIOJA, (68°30'O- 29°15'S) ARGENTINA

PÉREZ, D.J..

Lab. Tectónica Andina, Depto. Cs. Geológicas, F.C.E.N., U.B.A.  
Cdad. Universitaria. Pab.II Universidad de Buenos Aires  
C1428 Buenos Aires, Argentina  
[daniel@gl.fcen.uba.ar](mailto:daniel@gl.fcen.uba.ar)

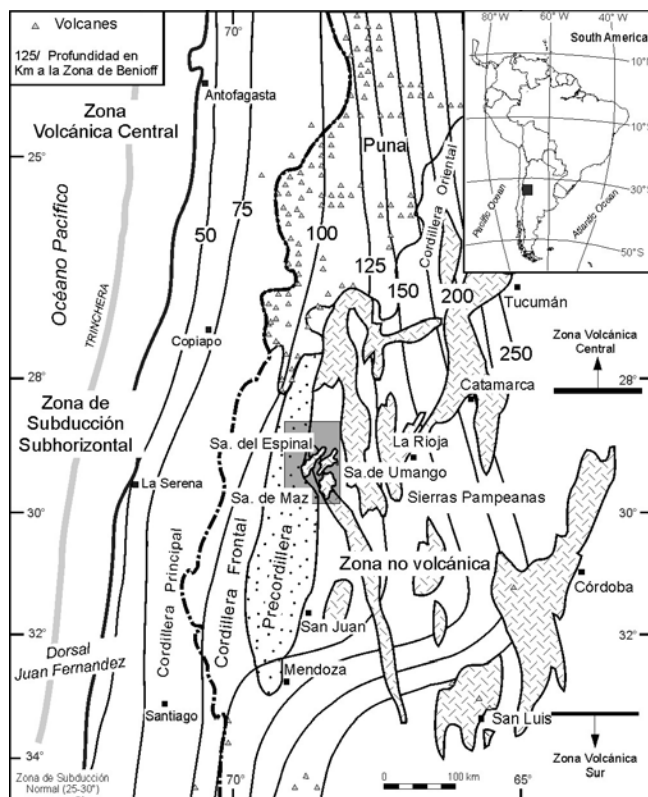
### INTRODUCTION

El objetivo del presente estudio consistió en la identificación de rocas básicas, mediante el procesamiento de datos de los sensores ASTER y ETM. El chequeo de campo permitió identificar nuevos límites de las unidades y corroborar los ya conocidos. Si bien el trabajo consistió en la identificación de rocas básicas, también se buscó evaluar el potencial del sensor ASTER para dicha tarea. También y con la finalidad de realizar el mapeo geológico de la región de estudio, se identificaron otras unidades, como granitos y rocas sedimentarias, ambos de variadas edades.

Asimismo se realizó mediante los datos ASTER un modelo de elevación digital DEM (*Digital Elevation Model*) del área de estudio el que permite una visión de la geología y estructura.

El área de estudio abarca las Sierras de Maz, Umango y Espinal, al noroeste de las Sierras Pampeanas Occidentales, en la provincia de La Rioja, 28°15'-28°30' LS y 68°00'-69°00' LO; todas estas unidades son de edad precámbrica y paleozóica (véase figura 1).

**Figura 1:** Marco tectónico de los Andes Centrales con los diferentes segmentos de subducción de la placa de Nazca debajo de Los Andes y su control en la distribución de las provincias geológicas de Argentina. Contornos de la zona Wadati-Benioff del segmento subhorizontal (1). Se indica la ubicación de estudio en las sierras de Maz, Umango y Espinal.



La región presenta un clima árido con poca cobertura vegetal y suelos poco desarrollados, permitiendo que las rocas y minerales tengan su composición química original preservada y bien expuestos en superficie, lo cual no siempre ocurre en otras regiones.

## **ESTRATIGRAFÍA**

Se mencionarán las unidades ígneo-metamórficas, ya propuestas (2), ahora extendidas a todo este conjunto Serrano. Estas unidades corresponden a los Complejos El Taco, Maz y El Zaino, y el Complejo Umango.

Complejo del Taco: aflora en la Sierra de Las Ramaditas y en la parte sur de la Sierra de Maz. Son mármoles, calcosilicatos, esquistos cuarzo-micáceos, en parte granatíferos, derivados de calizas, margas y areniscas impuras; además de anfibolitas y rocas ultramáficas.

Complejo de Maz: está integrado por metasedimentos pelíticos y arenosos, asociados con anfibolitas, meta-gabros y meta-tonalitas. Aflora en el flanco oriental y sector central de la Sierra de Maz, extendiéndose hacia el norte en la Sierra del Espinal, donde constituye gran parte del bloque serrano (Formación Espinal).

Complejo El Zaino: integrado por un conjunto de metasedimentos arenosos, pelíticos y calcáreos impuros. Aflora en el sector occidental de la Sierra de Maz y en algunos pequeños asomos de basamento ubicados en el Campo de San Antonio, entre la Sierra de Maz y las secuencias mesozoicas-terciarias del cerro Colorado. Continúa en el extremo sudoccidental de la Sierra del Espinal. El contacto con el Complejo del Maz es tectónico, a través de una falla que corre este complejo sobre el del Zaino. En la Sierra del Espinal el contacto entre ambos complejos posiblemente también sea tectónico. Bancos de mármoles afloran en la desembocadura de la quebrada del Relincho (Sierra de Maz) asociados a calcáreos impuros, anfibolitas y esquistos granatíferos, continuando hacia el sur en los cerritos del área de Carrizal.

Complejo Umango: constituye la sierra de Umango y se reconocen dos asociaciones, un conjunto de metasedimentos (mármoles, calcosilicatos y niveles anfibólicos; esquistos pelíticos y cuarcíticos) y una secuencia ígnea metamorfizada. Los mármoles son importantes en el sector oriental de la Sierra de Umango y en las nacientes de la quebrada del Cordobés, donde presentan contactos tectónicos con anfibolitas. El sector central de la Sierra de Umango y el cerro Cordobés están formados por gneises tonalíticos, granodioríticos y graníticos, diques máficos (anfibolitas) y meta-gabros. En la zona central de la Sierra de Umango, entre la Pampa del Guesito y hasta el extremo sur de la misma, afloran gneises tonalítico-granodioríticos hasta graníticos con numerosos cuerpos de anfibolitas (metagabros/dioritas). Estos gneises son interpretados como rocas ígneas, tonalitas a granodioritas hasta granitos, intruidas por diques máficos, los que estarían formando las raíces de un arco magmático.

## **SENSORES REMOTOS**

Las imágenes satelitales de Sensores Remotos son muy útiles en mapeo geológico y minero ya que presentan un gran número de datos en diferentes longitudes de onda. Diversas plataformas satelitales llevan a bordo más de un sensor. El sensor ETM (*Enhanced Thematic Mapper-Plus*) está colocado a bordo del Landsat 7; mientras que el sensor ASTER (*Advanced Spaceborn Thermal Emission and Reflection Radiometer*) está colocado en el satélite TERRA.

## CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES

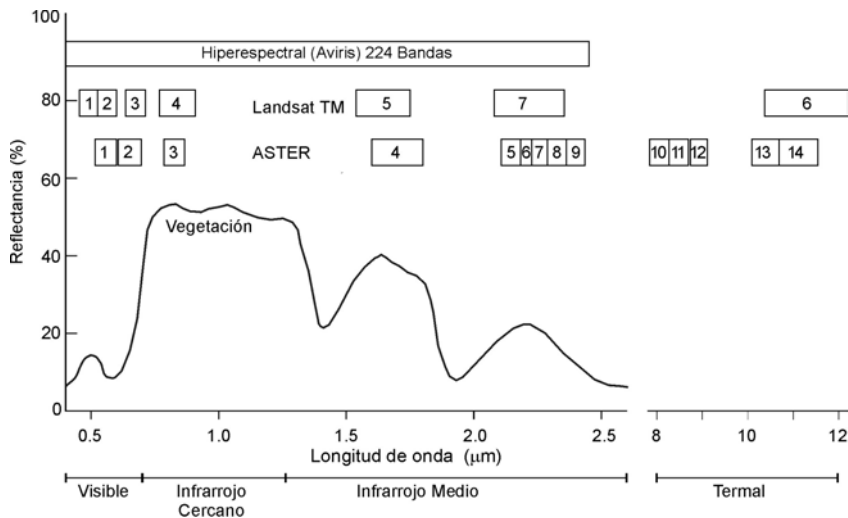
La **resolución espectral** de un sensor, es el poder que tiene para discriminar diferentes objetivos (albedos) sobre la superficie terrestre. La misma está directamente relacionada con dos parámetros, el valor de intervalos de longitud de onda y las cantidades de bandas que el sensor puede registrar en el espectro electromagnético (EEM). Un sensor que posee detectores operando en más de una banda del EEM, es **multiespectral**, ya que registra la radiación electromagnética en varias longitudes de ondas espectrales. Cuando el sensor posee más de 100 bandas, es **hiperespectral**. Los procesos de las imágenes en general deben estar acompañadas por un trabajo de campo. En este trabajo se realizó procesamiento de los datos, chequeo de campo y un segundo procesamiento.

### **ASTER** (*Advanced Spaceborn Termal Emisión and Reflection Radiometer*)

Sensor multiespectral con 14 bandas, con tres subsistemas que operan en forma simultánea, cubriendo las regiones del visible e infrarrojo cercano (VNIR), infrarrojo medio o de onda corta (SWIR) y el infrarrojo termal (TIR). El VNIR tiene 3 bandas con 15 metros de resolución espacial; el SWIR registra 6 bandas con 30 metros de resolución; y el TIR tiene 5 bandas de 90 metros de resolución. Posee una banda 3B con visión hacia atrás, y que forma con la banda 3N un ángulo de 27.5 grados lo que da una visión estereoscópica permitiendo realizar un Modelo de Elevación Digital de terreno. La resolución espectral de estos datos, permite realizar clasificaciones de rocas y minerales; además de modelos de elevación digital DEM, constituyendo una herramienta importante para el estudio y mapeo geológico (ver figura 2).

### **LANDSAT THEMATIC MAPPER ETN -7** (*Enhanced Thematic Mapper-Plus*)

Es un sensor multiespectral que opera simultáneamente en siete bandas cubriendo la porción del espectro electromagnético desde el visible al infrarrojo termal; con una resolución espacial de 30 metros en el visible e infrarrojo y 120 metros en el infrarrojo termal. Cada escena cubre 185 Km. Los detectores están colocados en regiones que tienen la mínima absorción atmosférica (ventana atmosférica) (véase figura 2).



**Figura 2:** Espectro Electromagnético, con las porciones de absorción de Sensores multiespectrales LandSat y ASTER; y el sensores Hiperespectral (AVIRIS) con 224 bandas. Se indica el comportamiento espectral de la vegetación.

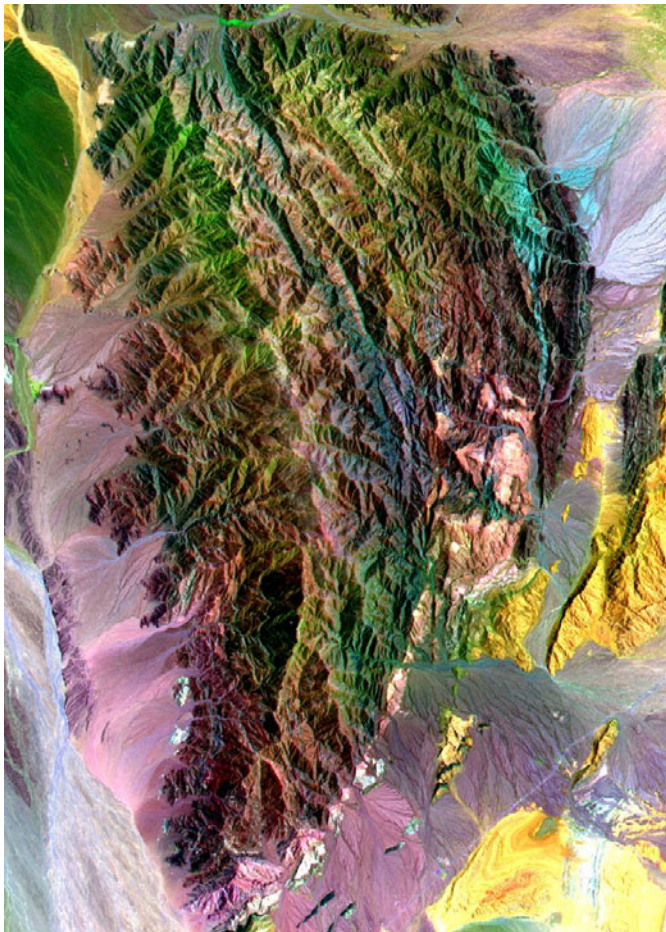
## METODOLOGÍA

En una primera instancia de procesamiento de los datos ETM y ASTER se realizaron trabajos de georeferenciación y Composición de Color con combinaciones de bandas. Luego se realizó un primer chequeo de campo, donde se tomaron puntos acotados con GPS de diferentes rocas para luego tener una mejor comprensión en los siguientes trabajos de re-procesamientos de datos de imágenes. Luego con nuevos datos del sensor ASTER solicitados a ASTER-ARO de Japón, se realizaron las primeras clasificaciones de diferentes rocas de la zona de estudio. Se identificaron rocas básicas, calcáreas y granitoides. También se realizó un Modelo de Elevación Digital DEM, con el cual y dada la alta resolución de estos datos, se identificaron macro y microestructuras en sectores de las sierras poco estudiadas o relevadas. Los datos fueron procesados por los programas ENVI, Ermapper y Erdas.

## PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Se emplearon las siguientes técnicas de procesamientos: 1) Composición de Colores, 2) Cociente de Bandas, y 3) Clasificaciones supervisadas SAM.

La *Composición de Colores (CC)*, se formó por combinación de tres bandas simultáneas



asignadas al espacio RGB (rojo, verde, azul). Por conveniencia todas las composiciones mencionadas en este trabajo, son RGB. La Composición Colorida y su correspondiente manejo de los histogramas de cada una de las bandas, es muy útil en la determinación de rasgos regionales, como separación entre grandes clases de rocas, sedimentarias, volcánicas y también la vegetación. En el caso de la región estudiada se muestra una composición RGB 621, de las imágenes ASTER. En la misma se pueden identificar además de las rocas básicas del sector este de la sierra, un granito, los depósitos carboníferos y cretácicos, y todo un bandeamiento con rumbo NNO que cruza la sierra dado por los diferentes estadios de metamorfismo que tienen las rocas de toda la sierra de Maz (véase figura 3).

**Figura 3:** Composición Color de combinaciones RGB 621, de datos ASTER.

La *Clasificación Espectral* fue practicada por el SAM Spectral Angle Mapper. Esta técnica es muy utilizada en la clasificación de materiales y recursos mineros en geología. El Spectral Angle Mapper - SAM (3) es una técnica de

clasificación supervisada, que compara el espectro de cada píxel en la imagen, contra un espectro de referencia. El espectro de referencia puede ser tomado de una librería espectral de laboratorio, de una librería espectral de campo o de la imagen misma que se va a clasificar. En este trabajo se tomó un espectro de la misma imagen a clasificar.

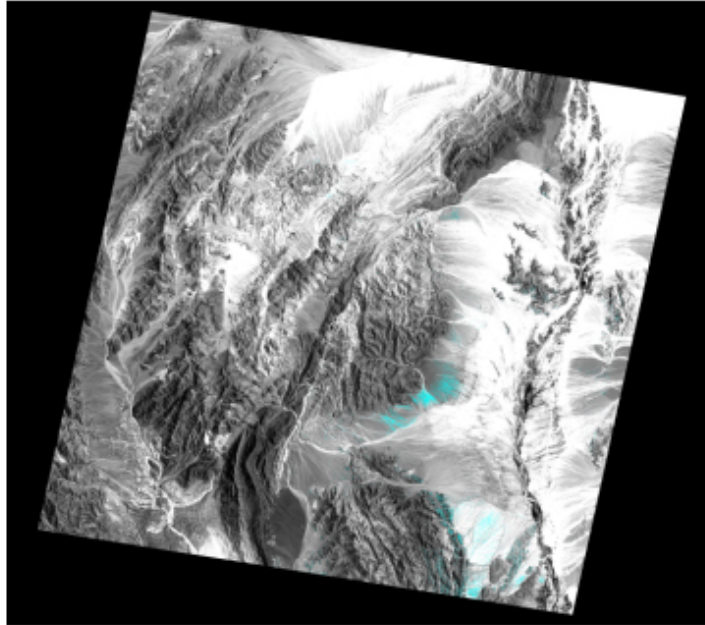


Figura 4a: rocas básicas del sector oriental de la sierra de Maz y Umango

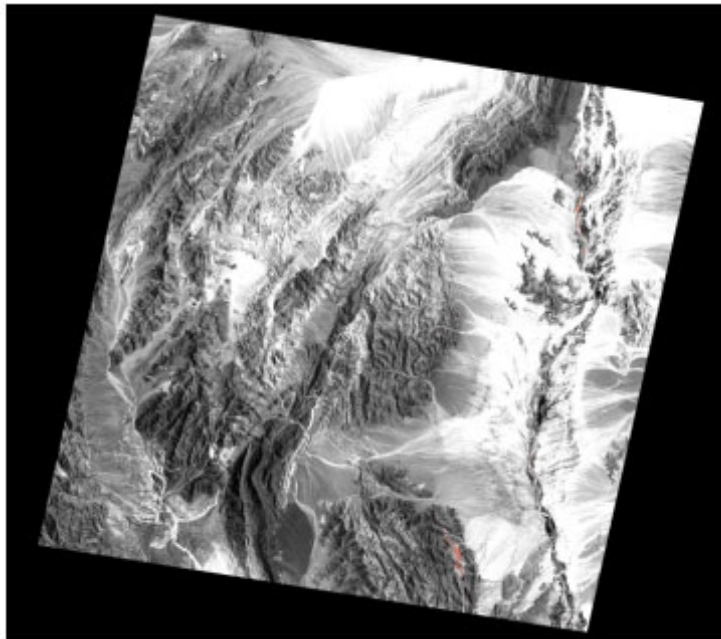
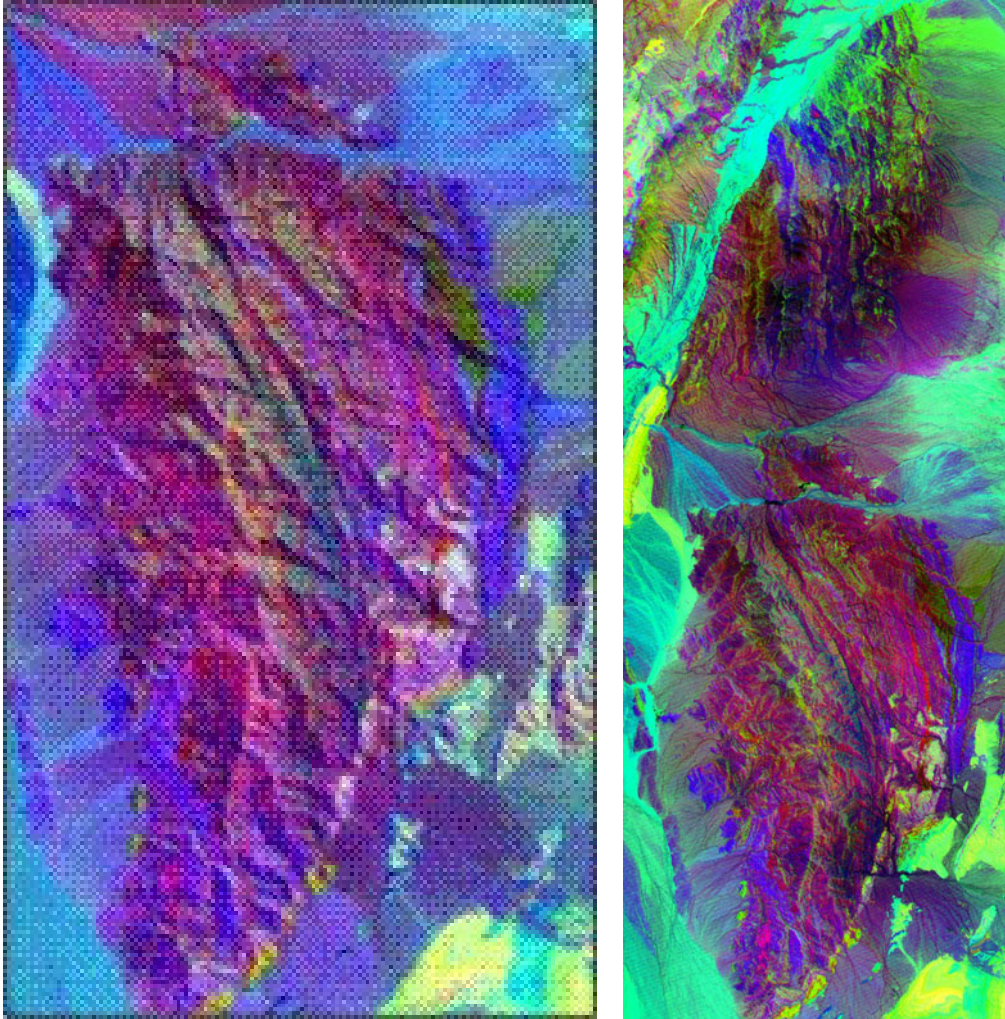


Figura 4b: granitoides del sector oriental de la sierra de Maz.

La clasificación SAM permitió identificar rocas metamórficas precámbricas y granitoides asociados en el sector este de las sierras de Maz y Espinal. Es de mencionar que esos granitoides no fueron clasificados donde se tiene conocimiento que existen esas rocas pero de edad paleozoicas. Esto estaría indicando características espectrales diferentes, en cuanto a los diferentes tipos de granitoides (véase figuras 4a-b).



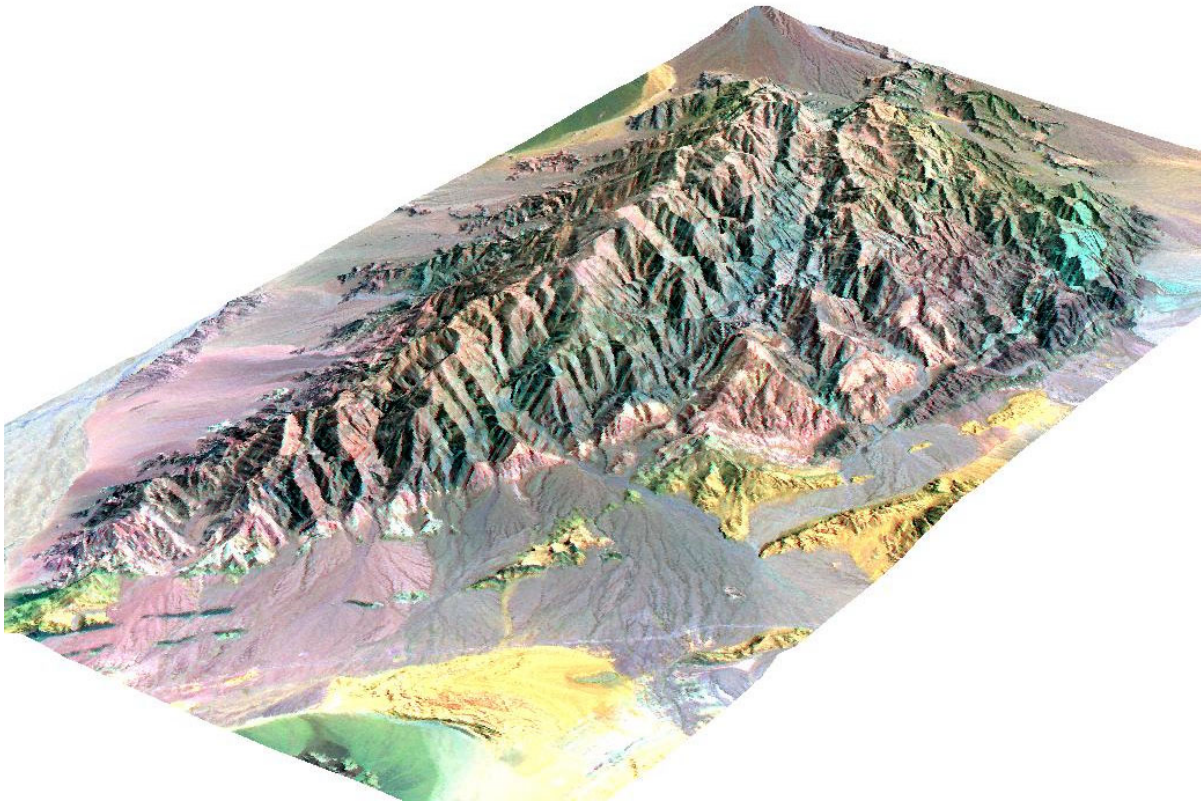
**Figura 5a-b:** cociente de bandas según Drury (1993).

También se realizaron Composiciones coloridas de *Cocientes de Bandas* con los datos tanto de Landsat ETM-7 y con ASTER. Los cocientes practicados fueron los siguientes. Cociente de bandas (4) que permiten la identificación de rocas básicas y ultra básicas. Para los datos de sensor Landsat se colocaron las siguientes relaciones por canal. Canal rojo (R): cociente de banda 5/4; canal verde (G) cociente de banda 3/1; canal azul (B) cociente de banda 7/5. Esto permitió la identificación muy marcada de los afloramientos pertenecientes a las rocas básicas del sector oriental de las sierras de Maz (véase figura 5a).

Asimismo se realizaron los cocientes de bandas pero con los datos del sensor ASTER, tomando las bandas que tienen las mismas longitudes de onda que para el sensor Landsat. Los cocientes fueron los siguientes: canal rojo (R): cociente de banda 4/3; canal verde (G) cociente de banda

2/1; canal azul (B) cociente de banda 6/4. Esto permitió la identificación muy marcada de los afloramientos pertenecientes a las rocas básicas del sector oriental de las sierras de Maz (véase figura 5b).

Asimismo se realizó un modelo de elevación digital DEM el cual permitió analizar e identificar con mayor precisión las estructuras de la sierra de Maz. Las vistas que ofrecen estos modelos son importantes ya que se accede a vistas en tres dimensiones que permiten aproximarse bastante a la realidad y ver estructuras a nivel regional imposibles de analizar en el campo (véase figura 6).



**Figura 6:** DEM modelo de elevación digital, realizado en base a datos del sensor ASTER.

## REFERENCIAS

- Cahill, T., Isacks, B.L., 1992. Seismicity and Shape of the Subducted Nazca Plate. *Journal of Geophysical Research*, V.97(B12): 17503-17529.
- Kilmurray, J.O., Dalla Salda, L., 1971. Las fases de deformación y metamorfismo en la Sierra de Maz, Provincia de La Rioja, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, XXVI(2): 245-263.
- Kruse, F.A., Lefkoff, A.B., Boardman, J.W., Heidenbrecht, K.B., Shapiro, A.T., Barloon, J.P. and Goetz, A.F.H., 1993. The Spectral Image Processing System (SIPS) – Interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data: *Remote Sensing Environment*, 44: 145-163.
- Drury, S.A., Behrhe, S.M., 1993. Accretion tectonics in northern Eritrea revealed by remotely sensed imagery. *Geological Magazine*, 130: 177-190.