

# Interpretación tectónica-estructural de la región entre Torondoy y Valera, a partir de imágenes de satélite land-sat. tm.

## Estructural-tectonic interpretation of the region between Torondoy and Valera using satellite image land-sat. tm.

J. T. Castrillo, O. Odreman  
Escuela de Ingeniería Geológica Universidad de los Andes,  
Mérida Venezuela.  
cjaset@ing.ula.ve

Yves Hervouet  
Laboratorio de Geología Estructural y Teledetección,  
Université de Pau et Pays de l'Adour,  
Pau, Francia.

### Resumen

*El presente estudio realizado utilizando imágenes de Satélite esta localizado en la zona de contacto entre la cadena Andina y la cuenca del Lago de Maracaibo, región comprendida entre el poblado de Torondoy al SW y la Ciudad de Valera al NE en el flanco Norte occidental de los Andes de Mérida. La Interpretación Fotogeológica sobre la imagen de satélite Land-Sat TM, complementada con información de campo permitió la definición del marco estructural regional así como la conceptualización del Modelo Tectónico para la zona de estudio. Para este análisis se efectuó un procesamiento digital que consistió en la aplicación de filtros direccionales, Análisis en componentes principales, composiciones coloreadas con el cual se logró identificar e individualizar dos grupos direccionales dentro de los elementos lineamentarios visibles en la imagen de Satélite. Un primer grupo de elementos estructurales relacionados a un sistema importante de accidentes de extensión kilométrica orientadas N 55° - 60° E, de forma paralela a la cadena andina. Estos accidentes han sido interpretados como fallas de corrimiento Sub-paralelas entre ellas. El cabalgamiento más evidente es el denominado de las Virtudes quien representa el corrimiento del basamento Precambico-Paleozoico sobre la cobertura meso - cenozoica de la cuenca del Lago de Maracaibo, como consecuencia del levantamiento Plio - Pleistoceno de los Andes. Los otros cabalgamientos y retro-cabalgamientos se superponen de manera sub-paralela al cabalgamiento principal. Un segundo grupo de lineamientos estructurales obtenido a partir del análisis satelitario lo constituye un conjunto de fallas de dirección sensiblemente N 55° - 60° W quienes se superponen al sistema de fallas cabalgantes las cuales fueron interpretadas como fallas normales generando la formación de un sistema de bloques elevados y deprimidos. El modelo de evolución, Tectónico - Estructural corresponde a una asociación de escamas de corrimientos y retrocorrimientos imbricados. La geometría general se asimila a una Zona Triangular.*

**Palabras Claves:** Cabalgamiento, retrocabalgamiento, teledetección, néogeno, Andes venezolanos.

### Abstract.

*The present study realized using satellite image is located at the contact zone between the Andes chain and the Maracaibo Foredeep, between Torondoy at SW and Valera city at NE in the Northwestern Flank of the Mérida Andes. The analysis of the satellite image Land sat TM N° 006/054 complemented with the field study allowed the definition of the regional structural setting as well as the Tectonic model for the study area. The analysis was realized with the digital procedure that can identify and individualize two directional group into of directional element visible in the satellite image. A first group of structural elements is relate with a important sistem of accidents with kilometric extensión oriente N 55° - 60°E, parallel at andina chain. This accidents have been interpreting as thrust fault sub-parallel between them. The " Las Virtudes" fault re-*

present the precambrian-paleozoic basement overthrust the mezo-cenozoic cover of Maracaibo basin as consequence of the Plio-Pleistocene Venezuelan Andes uplift. Others thrust fault and back thrust are disposed sub-parallel with principal thrust fault. The second group of structural elements is obtained starting with satellital analysis that constituent a group of faults with direction N 55° - 60° W. The tectonic-structural model correspond a system of slices of thrust fault and back thrust fault imbricate. The general geometry is assimilated a triangle zone.

**Keywords:** Thrust, back thrust, remote sensing, neogene, venezuelan Andes.

## 1 Introducción

En el estado actual de los conocimientos de la Geología Andina y en particular de la zona comprendida entre Torondoy y Valera en el flanco Norte Occidental de los Andes de Mérida (Fig.1), existe la necesidad de realizar un estudio Tectónico – Estructural, teniendo como objetivo la homogenización de la información pre-existente, la cual es bastante escasa y puntual, e incorporando a su vez los nuevos elementos y parámetros que permitan comprender la compleja estructura Andina.

Este estudio comprende una definición de los caracteres estructurales locales y regionales, presentes en la región entre Torondoy y Valera. El mismo ha sido elaborado utilizando los métodos de la Teledetección espacial quien representa una herramienta complementaria de los trabajos de campo, ya que ayuda a tener una visión de conjunto y a lograr una identificación de los “Objetos Geológicos”, que sería muy difíciles de correlacionar con la sola información de chequeos localizados. ( Floyd y Sabins, 1982. Comitans, 1988).

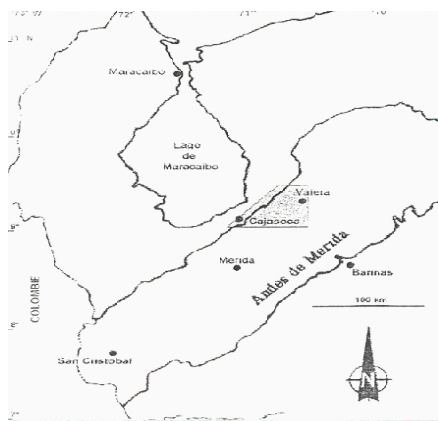


Fig.1. Localización de la zona de estudio

## 2 Método de estudio

El análisis de la imagen de satélite ha sido dividida en dos etapas:

La primera parte consistió en aplicar sobre la imagen, los tratamientos basados en métodos estadísticos para obte-

ner una visión global de los diferentes conjuntos geológicos existentes en la región estudiada. Una interpretación detallada y sistemática ha sido efectuada para elaborar la carta estructural preliminar.

En segundo lugar, la integración de los datos cartográficos y de terreno al tratamiento automatizado de la imagen, permitió poner en evidencia diferentes estructuras, tales como: fallas normales e inversas, fallas transcurrentes, cabalgamientos y pliegues.

## 3 Trabajos realizados sobre la imagen

La imagen de satélite corresponde a la escena Land sat Thematic Mapper (TM) N° 006-054, adquirida el 20 de Enero de 1988, sobre los Andes Venezolanos. La imagen trata de pertenecer al cuadrante noroeste cubriendo la parte Noroeste de los Andes de Mérida. Los tratamientos aplicados son los siguientes: ( Sabins, 1987; Miegbielle, 1993).

- Expansión de dinámica (Stretching)
- Composiciones coloreadas
- Análisis en componentes principales
- Filtros

Estos tratamientos fueron realizados utilizando el programa Multiscope, versión 2.2 (Cap. Gemini Sogeti, 1993

## 4 Discusión resultados obtenidos

Sobre la imagen de satélite la zona de estudio se presenta como una región alargada en dirección Sur oeste- Noroeste, al Sur este, destacan la intersección de dos sistemas de fallas regionales, Falla de Río Monboy-Valera y la Falla de Piñango. (; MEM, 1972; Bellizzia, 1976; Soulas, 1985).

Los Filtros de “alta frecuencia” muestran que la topografía es caracterizada por la existencia de relieves importantes: en efecto sobre el sector Sureste, las altitudes son superiores a los 3000 mts, y corresponde al basamento igneo-metamórfico de edad Precambrico-Paleozoico. Sobre el piedemonte el relieve se hace menos importante (altitudes inferiores a 1000 m). Esta zona corresponde a las formaciones de edad cretácica y cenozoica (Eoceno medio a superior).

El contacto con la cuenca del Lago de Maracaibo se hace de manera brusca, por lo cual es muy bien diferenciada sobre la imagen de satélite (Fig 2 ). La cuenca de Maracaibo es casi horizontal, la altura es inferior a 50 m. El sustrato en este caso está constituido principalmente por

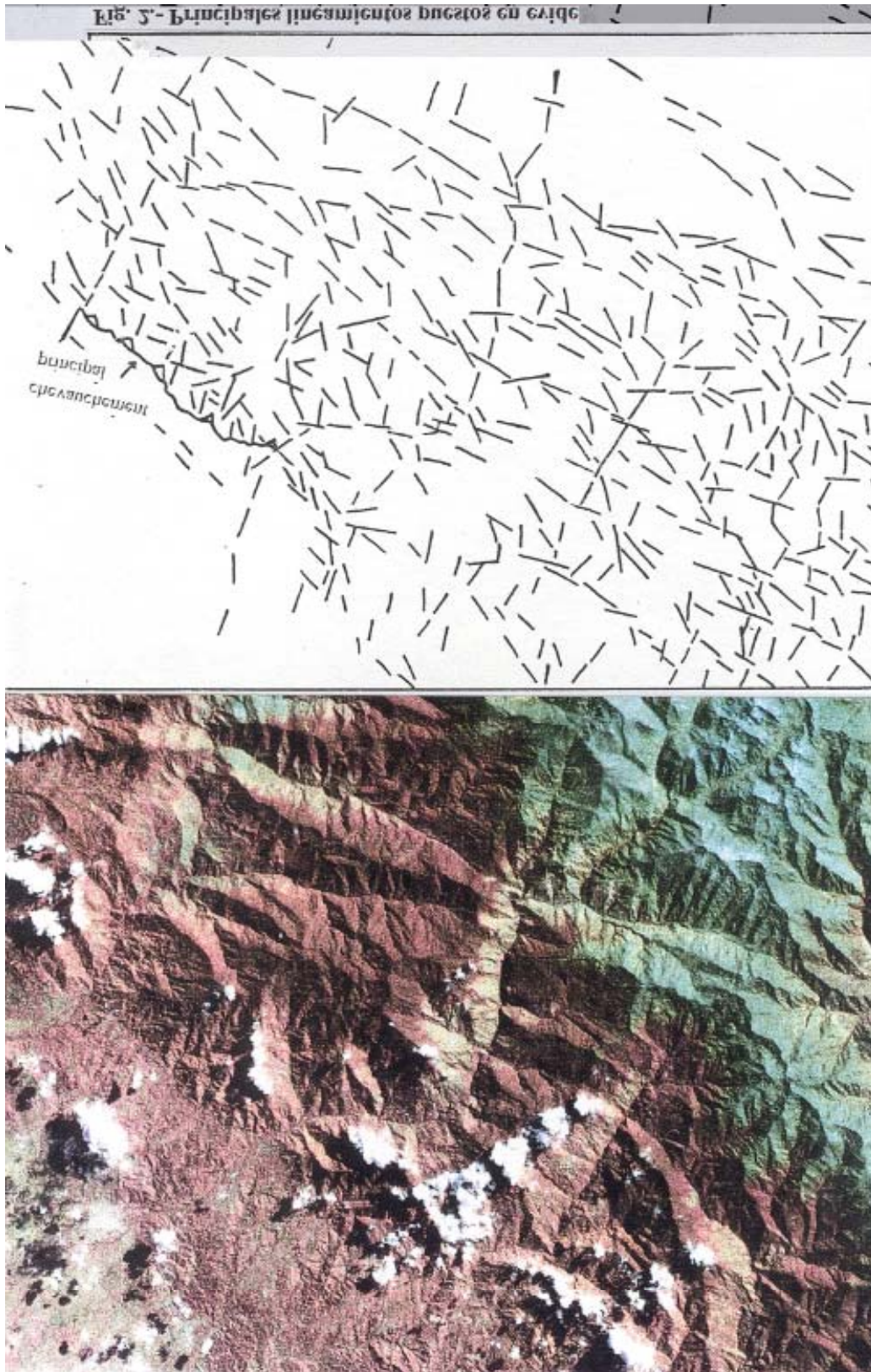


Fig. 2. Principales lineamientos puestos en evidencia a partir de la composición coloreada de los canales TM4, TM5 y TM2



formaciones del Mioceno y del Plioceno recubiertas en discordancias por el cuaternario.

El análisis de la imagen en composición coloreada, permitió establecer regionalmente que las formaciones sedimentarias cretácicas y terciarias presentan un buzamiento general hacia el Noroeste, en concordancia con una configuración cilíndrica de la cadena Andina.

La inversión local de los buzamientos en los estratos se efectúa al contacto de los cabalgamientos o retrocabalgamientos. Esta característica es general en toda la región. (Castrillo y Hervouet, 1996).

El anticlinal de Boscan (Fig 3), puede ser puesto en evidencia muy claramente afectando los depósitos mio-pliocenos y esta orientado N 55-60-E, casi paralelamente a la estructura andina. Este pliegue fue cartografiado en este trabajo desde la zona de las virtudes hasta la falla de Buena Vista. (Fig. 3)

De la misma manera, el análisis de la imagen permite poner en evidencia una estructura circular "enigmática" en la región de Isnotu-Betijoque y quien es delimitadas por los ríos la Hormiga y Vichu (Fig 4).

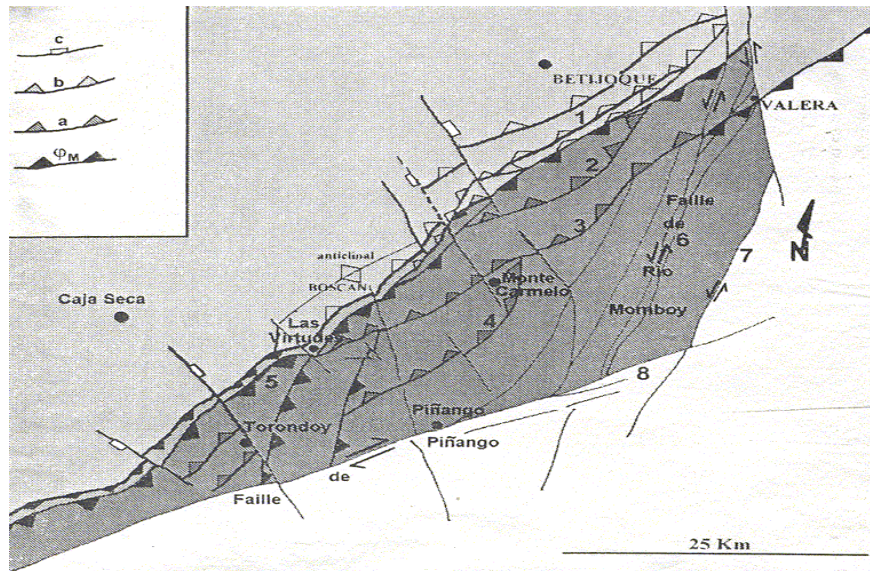


Fig.3. Carta estructural obtenida a partir de la interpretación de la imagen de Sátelite Land Sat TM,y datos del terreno,(a)Fallas antitéticas del cabalgamiento principal,(b)Retrocabalgamiento,(c)Fallas con un juego esencialmente vertical,rectángulo del lado deprimido QM,cabalgamiento principal.

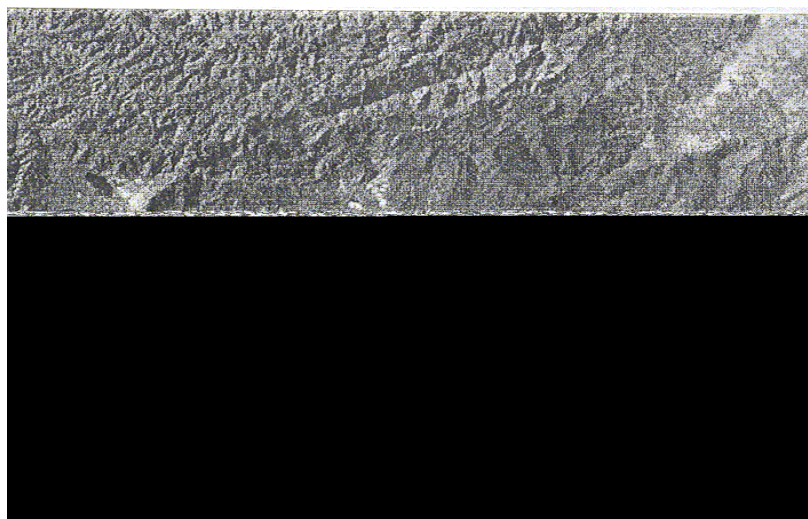


Fig.4. Estructura semicircular en la región de Betijoque-Isnotu.

La aplicación de filtros lineares direccionales NW-SE y SW-NE y el análisis en componentes principales, permiten de hacer resaltar los grandes trazos estructurales de la zona, configurados por fallas de dimensión plurikilométrica, con una componente transcurrente y de orientación general paralela a la dirección andina. Estos lineamientos corresponden al sistema de fallas de Río Monboy-Valera (ya conocidas) cuya orientación es N 30°E al sur de Valera y prácticamente Norte-Sur al norte de esta ciudad (Fig 3; Soulas *et al*, 1985 ).

Los datos de terreno muestran que este sistema tuvo un último juego transcurrente sinistral asociado a una componente normal. La falla de Motatan es paralela al sistema anterior (Fig.3 Soulas,1985; Castrillo, 1997). El otro lineamiento importante esta representado por la falla de Piñango quien presenta una orientación general N 070-075-E. Los datos de terreno confirman su carácter transcurrente dextral con una componente normal. El trazo sobre la imagen es rectilíneo (Fig 3 ).

Sobre la imagen de satélite Land Sat TM, ha sido también posible identificar un sistema importante de elementos lineares y accidentes de extensión Kilométrica N 55-60E orientados de manera paralela a la cadena andina (Fig 3).

Estos accidentes representan fallas de corrimiento Subparalelas entre si. El corrimiento más evidente corresponde al cabalgamiento de las Virtudes (Fig. 3), quien representa la superposición del basamento ígneo metamórfico, Precámbrico –Paleozoico sobre la cobertura meso-cenozoica de la cuenca del Lago de Maracaibo. Este contacto anormal esta señalado por un cambio brusco de relieve entre los dos compartimientos. Los otros cabalgamientos y retro-cabalgamientos se superponen de manera sub-paralela al corrimiento principal.

Sin embargo el resultado más importante obtenido a partir de la interpretación de la imagen de satélite fue la puesta en evidencia en el basamento de un conjunto de fallas de dirección marcadamente N55-60°W quienes se superponen al sistema de cabalgamientos. Estos accidentes están bien definidos sobre la composición coloreada y afectan al conjunto de las series precámbricas y paleozoicas, sobre la zona de contacto con la cuenca del Lago de Maracaibo son enmascarados por las series cenozoicas y se hacen menos evidentes.

Este sistema de fallas transversales, desconocidas hasta ahora, esta compuesta de varios segmentos cuya traza cartográfica sobre la imagen evoca una disposición en “echelon”, Las fallas generan un sistema de bloques levantados y deprimidos. Ellas deben corresponder a fallas normales

## 5 Conclusiones:

El análisis de la imagen de satélite complementada con datos obtenidos en la verificación de campo han permitido interpretar la configuración estructural de la región entre Torondoy y Valera como una asociación [P1] de escamas

de corrimiento y retro corrimientos imbricados (Castrillo y Hervouet, 1996), que puede ser asimilado a una zona triangular (intercutaneos Thrust Wedge; Price, 1986).

Sobre este sistema de fallas de corrimientos se superpone un conjunto de fallas de dirección sensiblemente N55-60°W, quienes representan una sucesión de accidentes verticales y sub-paralelos entre ellos. Del Sur oeste al Noreste forman un dispositivo estructural en pilares y depresiones sobre el borde de la cadena andina al contacto con la cuenca del Lago de Maracaibo.

Estas fallas han tenido un juego vertical importante antes del desplazamiento final del cabalgamiento plioleistoceno representado por el corrimiento de las Virtudes. En algunos casos ellos podrían haber controlado el movimiento del cabalgamiento durante el emplazamiento final

## Referencias

- Bellizzia, A.; Pimentel N. & Bajo R., 1976, *Mapa Geológico Estructural de Venezuela Ministerio de Energía y Minas*. Ediciones Foninves. Caracas.
- Bonn, F. & Rochon, G., 1992. *Precis de Télédétection, principes et méthodes*. Presse de l'Université du Quebec, vol. 1, 485 pp.
- Cap Germini Sogeti, 1993,- *Logiciel Multiscope*, version 2.2, France.
- Castrillo, J. T. & Hervouet, Y., 1996,- “Tectonic Model of Thrust and Imbricated Thrusting Wedge on the North-Western Flank of the Mérida Andes between Torondoy and Valera (Venezuela)”. *Troisième symposium international sur la Géodynamique andine*. Saint Malo. France. p. 307-310.
- Castrillo, J., 1997,- *Structuration Néogène du Flanc Nord-Oeste des Andes Venezueliennes entre Torondoy Et Valera*. Tesis Doctoral. Centre Universitaire de Recherche Scientifique, Université De Pau et Pays De L'Adour, Memoria, 247 p.
- Comitas (Commission) ministérielle de la terminologie de la télédétection aérospatiale), 1988,- *Glossaire des termes officiels de la télédétection aérospatiale*. *Bull. de la S:F:P:T:*, 112,63 p.
- Floid, F. & Sabins, J.R., 1982, *Remote Sensing, Principles and interpretation*. W.H. Freeman and Company, New York.
- Ministerio de Energía y Minas, 1972, *Mapas Geológicos-Estructurales de las Regiones de Caja seca; Timotes y Valera-Escuque*. *Escala 1:50000*. Dirección de Geología Caracas.
- Miegebielle, V., 1993, *Géologie structurale et Télédétection: Applications au bassin Wealdien de Soria (Cordillères ibériques-España)*. These Doct. Centre Universitaire de Recherche Scientifique, Univ de Pau et des Pays de l'Adour, Mémoire, 282 p.
- Price, R. A., 1986, “The Southeastern Canadian Cordillera: Thrust Faulting, tectonic wedging and delamination of the Lithosphere”. *Journal of Structural Geology*. 8, 239-254. In:

McClay, K.R. (eds) 1992. *Thrust Tectonics*, Edit. Chapman and Hall, London

Soulas, J.P., 1985, Neotectónica del flanco Occidental de Los Andes de Venezuela, entre 70° 30' y 71°00'W (Fallas de Boconó, Valera Tuñame, Piñango y del Piedemonte). *VI Congreso Geológico venezolano SVG*, Caracas.

Soulas, J.p.; Rojas, C. & Schubert, C., 1985, "Excursión

N° 4 Neotectónica de las fallas de Boconó, Valera Tuñame y Mene Grande. Guía de Campo N° 4". *VI Congreso Venezolano de Geología*, Caracas, 28p.

Sabins, F. F., 1987, *Remote Sensing, Principles and interpretation*. 2<sup>nd</sup> ed., W.H. Freeman and Company, New York., 449p.