

Procesamiento de imágenes Landsat para la evaluación regional de estructuras con potencial gasopetrolífero.

Julio Ernesto Gómez Herrera ⁽¹⁾

Orlando Álvarez Hernández ⁽¹⁾

Ramón Cruz Toledo ⁽¹⁾

⁽¹⁾*Centro de Investigación y Desarrollo del Petróleo
Washington 169, Cerro, Ciudad de la Habana, Cuba*

juliog@ceinpet.cupet.cu

oral@ceinpet.cupet.cu

cruzt@ceinpet.cupet.cu

Abstract. Study area is related with the Cuban Western North Area of Heavy Oil, characterized by Alpine – style tectonics with a recognized complex series of overthrust sheets. Several tectono – stratigraphic units (TSUs) as result of the overthrusting carbonate domain Placetás, Camajuani TSUs and ophiolitic and volcanic – sedimentary rocks of the Zaza Terrane overthrust across rocks of Placetás, Camajuani TSUs.

Fundamental interest is directed to detect shallow objectives (not bigger than 1500 m. of depth), related with the ophiolitic sequence. These objectives are characterized to present big hydrocarbon debits, shadow deep, quality trapped hydrocarbon, plus current oil prices in the market, make those significantly profitable.

A Landsat image Thematic Mapper middle infrared (band 7), near infrared (band 4) and green – red visible (band 2) was used to make different procedures. The first procedure corresponded to the directional filter and borders to define tectonic lineament and for define lithologic differences using no – supervised classification process. The second procedure was included the Digital Model Terrain (DMT). Were applied decorrelation, stretching, speckle filters and no supervised (ISODATA) classification algorithms too.

The analyses were demonstrated that recent tectogenesis and tectolineaments defined enhanced potential reservoirs and oil migration.

Keywords: remote sensing, image processing, oil exploration, geology.

1. Introducción

La utilización de técnicas de procesamiento digital de imágenes de sensores remotos se ha convertido en una herramienta de trabajo muy útil en la exploración petrolera aunque paradójicamente, su uso no está muy extendido, en nuestro quehacer cotidiano. Por esa razón el objetivo principal, es el trazado e identificación de diferentes eventos tectónicos en superficie utilizando imágenes de los sensores del satélite Landsat 7, apoyados lógicamente en la información del Modelo Digital del Terreno (MDT), aplicaciones geológicas y geofísicas.

El área de estudio (Figura 1) está relacionada con la Franja Norte Occidental Cubana de Crudos Pesados, caracterizados en un ambiente de sobrecorrimientos y desarrollo de mantos tectónicos del complejo vulcanógeno – sedimentario (Terreno Zaza), que cubren las rocas de las Unidades Tectonoestratigráficas (UTE) carbonatadas, Placetás y Camajuani en diferentes zonas, que a su vez están sobrecorridas. Nuestro interés fundamental está dirigido a detectar objetivos someros con potencial gasopetrolífero (no mayores de 1500 m. de profundidad), relacionados con la secuencia vulcanógeno – sedimentaria (ofiolítica). Estos objetivos se caracterizan por adquirir su capacidad de reservorio o sello en función de su grado de fracturación, con la característica de poseer grandes débitos de hidrocarburo en su etapa inicial y aunque sus reservas extraíbles están catalogadas como pequeñas, por su poca

profundidad, calidad del hidrocarburo entrampado y precios actuales del petróleo en el mercado, los hace significativamente rentables.

El conocimiento en profundidad de la perspectividad del área, está dado principalmente por la información directa aportada por los pozos de exploración perforados, yacimientos, emanaciones superficiales de hidrocarburos (Linares, 2003) y la información indirecta facilitada por la interpretación de los campos potenciales (gravimetría, aeromagnetometría y sus transformadas) y la sísmica. Todas apoyándose en la cartografía geológica de superficie.

Sabiendo por experiencia, que existe una impresión en superficie de los fenómenos geólogo – tectónicos en profundidad y el desigual conocimiento geológico desde el punto de vista espacial del área, incorporamos el uso de los sensores remotos para potenciar la detección de estructuras, morfología y elementos de estas (fallas y fracturas), responsables de regular la capacidad de sello y reservorio de estas secuencias.

La imagen de satélite Landsat TM-7 nos sirve de herramienta para cartografiar los elementos que condicionan la acumulación potencial de hidrocarburos. Este sensor, está compuesto por 8 bandas espectrales que pueden ser combinadas de distintas formas para obtener variadas composiciones de color u opciones de procesamiento. Entre las principales mejoras técnicas respecto de su antecesor, el Landsat 5, se destaca el añadido de una banda espectral pancromática con resolución espacial de 15 m. También cuenta con mejoras en las características geométricas y radiométricas y una mayor resolución espacial de la banda térmica para 60 m. Permite trabajar aplicaciones directas hasta una escala de 1:25.000, principalmente en áreas rurales o de grandes extensiones.

2. Materiales y métodos.

El área comprende aproximadamente 1900 Km.² y geográficamente corresponde con las provincias de La Habana y parte occidental de Matanzas. Se puede dividir regionalmente dos sectores, Occidental (que abarca las estructuras de conocidos yacimientos de petróleo con rumbos de las estructuras W) el sector Oriental (parte Occidental de Matanzas) con rumbos de estructuras de dirección NW-SE que es el rumbo principal cubano. Este giro ocurre debido a la acción de la tectónica transcurrente (Figura 2).

En el sector Occidental se observan escamas de las rocas, del complejo ofiolítico y del arco volcánico con sus sedimentos piggy back de edad Mastrichtiense Según el ampo gravimétrico regional el espesor de los apilamientos puede superar los 9 Km. en algunos lugares. El sector oriental posee un franco rumbo NW – SE, conformado por los esfuerzos del Oligoceno – Mioceno. A consecuencia de esta transurrencia, tendremos fallas sintéticas cuyo sistema conformaron la actual configuración del territorio.

Respecto al Terreno Zaza, en su franja Norte entre 2-3 Km. se desarrolla una fracturación intensa de estas rocas, las cuales al heredar un alto de las calizas infrayacentes pueden ocurrir la acumulación de hidrocarburos en estos reservorios de Zaza fracturados (Gómez, 1994).

Según la información sobre las densidades de las rocas del Terreno Zaza, podemos afirmar que los apilamientos de rocas ofiolíticas y del arco volcánico, producen máximos gravimétricos locales o residuales en el caso de un predominio de las ofiolitas densas. La intensidad de estos máximos depende tanto de la profundidad a que se encuentren estos apilamientos o mantos, su espesor y el contraste de densidades (Otero, 2002).

A partir del material cartográfico digitalizado se elaboró el Modelo Digital del Terreno (MDT) en una red regular con espaciamiento de 50 metros (Figura 3). Esto determinó diferentes esquemas cualitativos y morfométricos, red de drenaje (Figura 4), los que aportaron información geomorfológica, la cual potenció la interpretación de los sensores remotos.

Se trabajó con una imagen LandSat 7 ETM+ Bandas 7,4,2 (R,G,B), Pan Sharpened Path 15/ Row 44 30 de Julio 2000 orthorectificada en GEOcover OrthoTM Scene y GTOPO30 Lambert Conformal Conic Projector Clarke 1866 Spheroid. Esta imagen fue georreferenciada de la Proyección WGS84 a la Proyección Cónica Conforme de Lambert, Esferoide Clarke 1866, NAD27 de Cuba. Se realizó el mosaico y se cortó el mismo según una máscara que incluye a la Franja Norte de Occidental de Crudos pesados de Cuba (Figura 5).

La selección de esta combinación espectral RGB (7,4,2) de manera primaria nos da una respuesta espectral de la superficie de área estudiada aunque se observan efectos de la vegetación que pueden enmascarar las características geológicas y estructurales.

Para contrarrestar en parte este efecto procedimos a sustituir el canal 2 por el modelo digital del terreno, acción que constituyó un buen efecto de realce de la imagen con respecto a los elementos tectónicos (Figura 6).

3. Discusión.

Se escogió una vista que comprendía la parte oriental del sector occidental y la parte delantera del sector oriental (Figura 7), por varias razones: (1) Prioridad de esa zona para la exploración gasopetrolífera, (2) zona de cambio de las direcciones estructurales enunciadas por los métodos tradicionales, (3) reducción del área de trabajo.

Se aplicaron principalmente dos procedimientos (Figura 9). El primer procedimiento correspondió a las combinaciones de bandas RGB 7, 4 y 2 donde se aplicaron filtros de bordes para efectuar análisis tectónicos y clasificación no supervisada con el algoritmo ISODATA para delimitar grupos homogéneos dentro de la imagen. Con este procedimiento no pudimos alcanzar soluciones que aportaran elementos significativos en nuestro análisis.

En un segundo procedimiento se incluyó el modelo digital del terreno (MDT) en el canal del espectro visible 2. Se aplicó la clasificación no supervisada ISODATA (Figura 8) donde no pudimos asociar las clases encontradas a objetos geológicos de interés, pero sí lineamientos de interesantes para la exploración (Chuvieco, 1996).

Aplicamos a la escena obtenida de la clasificación, procedimientos de filtrado de bordes, y filtrado direccional (Figura 10) con los pudimos definir mejor los elementos estructurales asociados a las rocas de la asociación ofiolítica que nos interesan destacar.

Se pudo detectar (1) estructuras elevadas (con la ayuda de los residuales gravimétricos, anomalías altimétricas y características de la red de drenaje), atribuidos a la tectogénesis formadoras de trampas, (2) el reflejo en la superficie de estas trampas en el terreno, (3) tectoalineamientos asociados a fallas de cabalgamiento, que se alinean en dirección perpendicular a la dirección del esfuerzo principal cubano NW, en la etapa de tectónica compresiva y los de dirección NE, asociados a las fallas rumbo deslizantes responsables de la migración del petróleo. (Figura 11,12 y 13), (4) en las áreas donde afloran las serpentinitas, se pudieron seleccionar lugares, dentro de los máximos gravimétricos, donde se supone exista una buena fracturación relacionada a la densidad de los tectoalineamientos y mejoramiento de las capacidades gasopetrolíferas.

En los casos donde las ofiolitas están cubiertas, se seleccionaron los lugares donde los bajos valores de densidad de tectoalineamientos indican una buena conservación de los sellos (Figura 11).

4. Conclusiones.

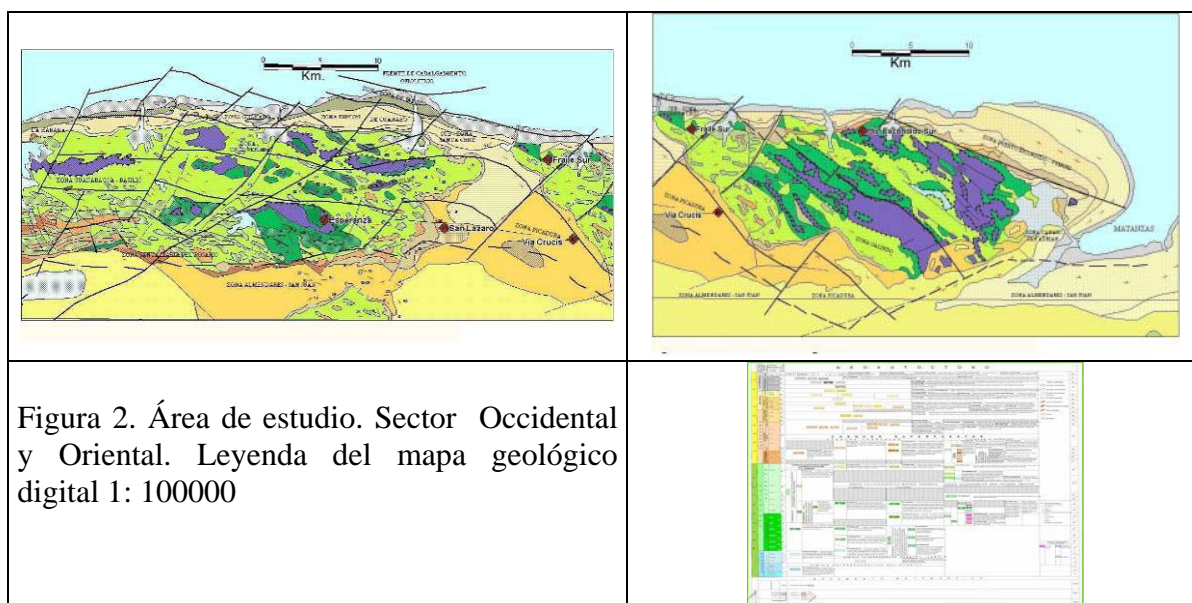
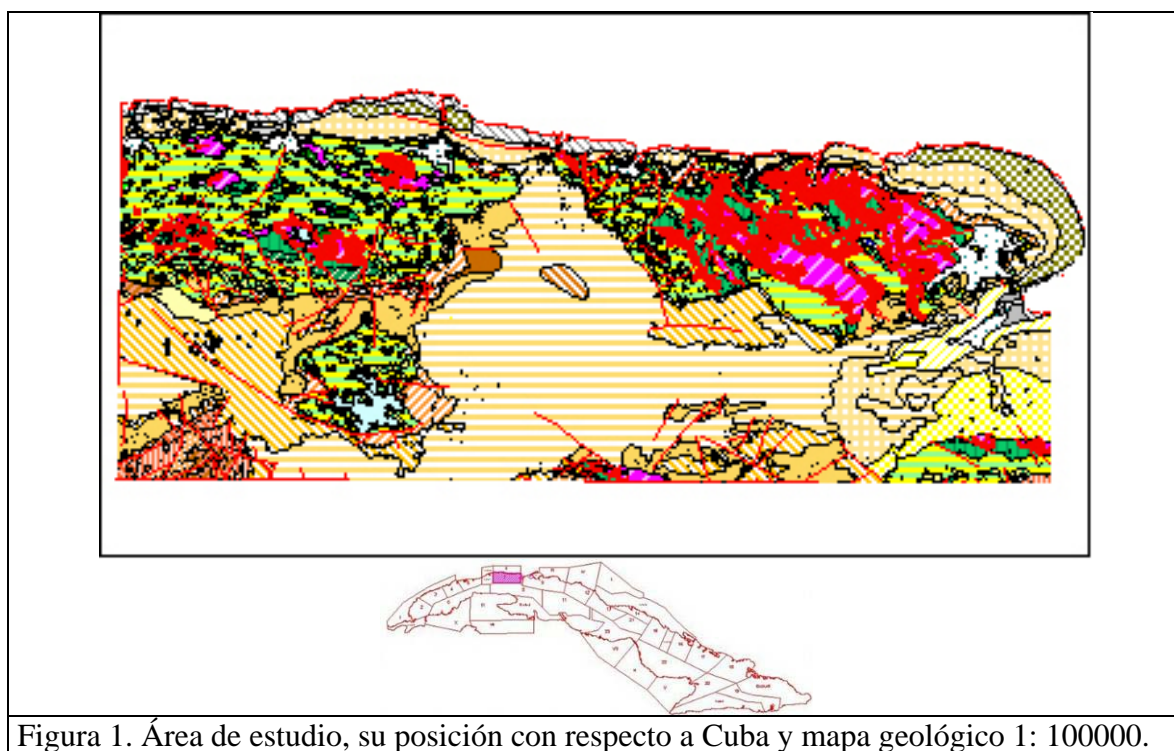
La escena RGB (7,4,2) y (7,4,MDT) después de diferentes análisis y filtrados no pudo proporcionar un buen resultado para la clasificación, para determinar alteraciones litológicas. La información espectral dada por la reflectancia de las rocas alteradas y la resolución de la imagen directamente ligada con las propiedades morfológicas de las rocas aflorantes, fueron enmascaradas por otros factores, entre ellos la cubierta forestal de la zona. Desgraciadamente, hasta el momento de la interpretación, carecíamos de imágenes radar. La imagen de satélite potenciada por el MDT y la utilización de los campos potenciales geofísicos ayudaron extraordinariamente a la interpretación de los elementos tectónicos del área que facilitaron la exploración geológica en la búsqueda de zonas con posible potencial gasopetrolífero.

Con la utilización de los sensores remotos se pudieron ubicar áreas perspectivas ubicadas dentro de los máximos gravimétricos locales y con existencia en sus alrededores de manifestaciones superficiales de hidrocarburos. Queda la definitiva comprobación de todo esto por el aporte de la interpretación de la sísmica.

De forma general en el sector Occidental predominan tectoalineamientos de dirección NE y tectoalineamientos de dirección NW, estructuras circulares en la dirección NW, todos ubicados en zonas de encuentro de fallas con desplazamiento sinistral y dextral. Para el sector Oriental aparecen los elementos estructurales mencionados en el sector Occidental con la diferencia que se presenta muy bien la dirección NW (Figura 12 y 13), estableciéndose muy bien un sistema estructural combinado con estructuras deslizantes que a nuestro modo de vista son responsables de la migración del petróleo.

Por último proponemos llamar la atención de nuestros especialistas aun más, a favor de un uso más amplio de las técnicas de los sensores remotos en nuestra esfera de trabajo.

5. Figuras



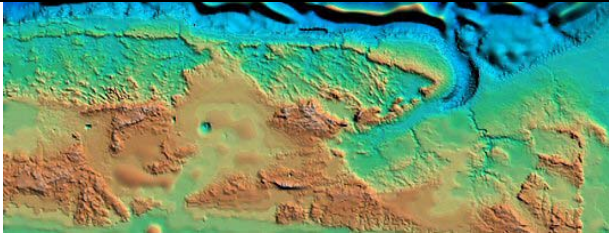


Figura 3. Modelo Digital del Terreno

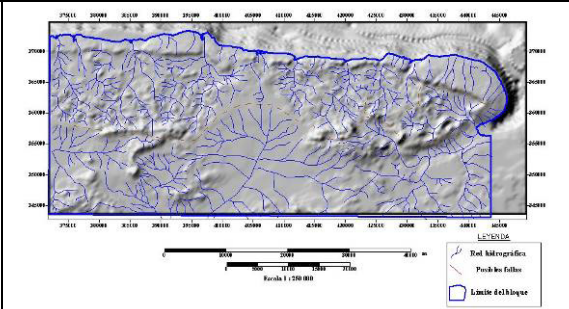


Figura 4. Modelo Digital del Terreno sombreado con la red de drenaje superpuesta.



Figura 5. Escena RGB (7, 4,2) Landsat seudo coloreada.



Figura 6. Escena RGB (7,4, MDT) Landsat seudo coloreada.

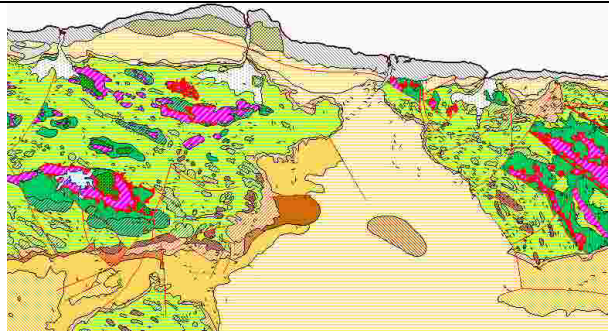


Figura 7. Vista de la zona de trabajo principal, parte central del área total de trabajo.

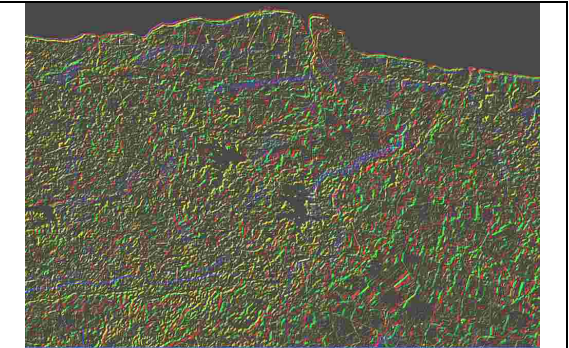


Figura 8. Escena resultante posterior a la aplicación de la clasificación no - supervisada.

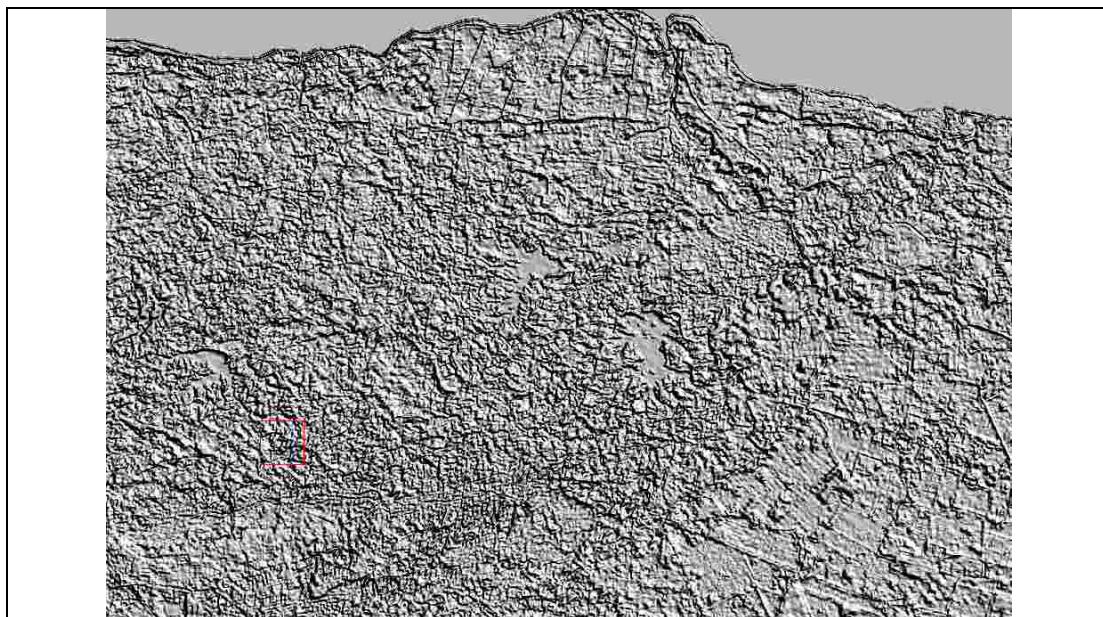
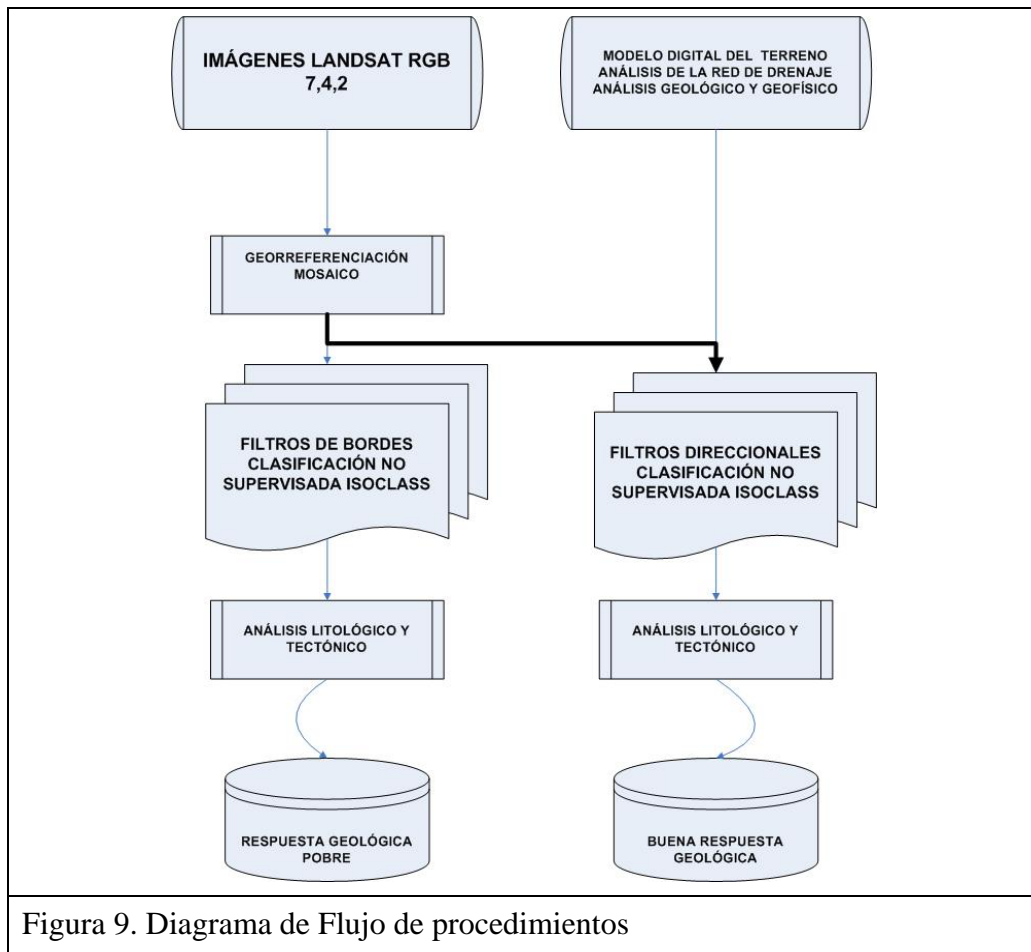


Figura 10. Escena resultante de la aplicación de los procesos de mejoramiento de la clasificación no supervisada mediante filtros direccionales y bordes.

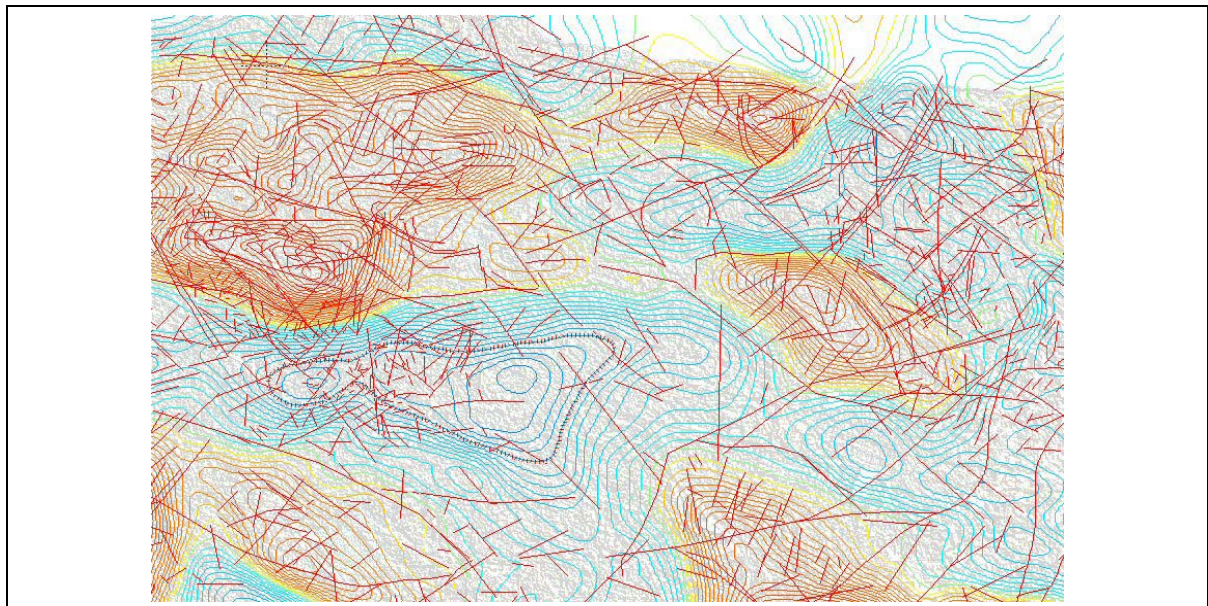


Figura 11. Resultado de la interpretación de la información del procesamiento de imágenes, geofísica y elementos morfométricos.

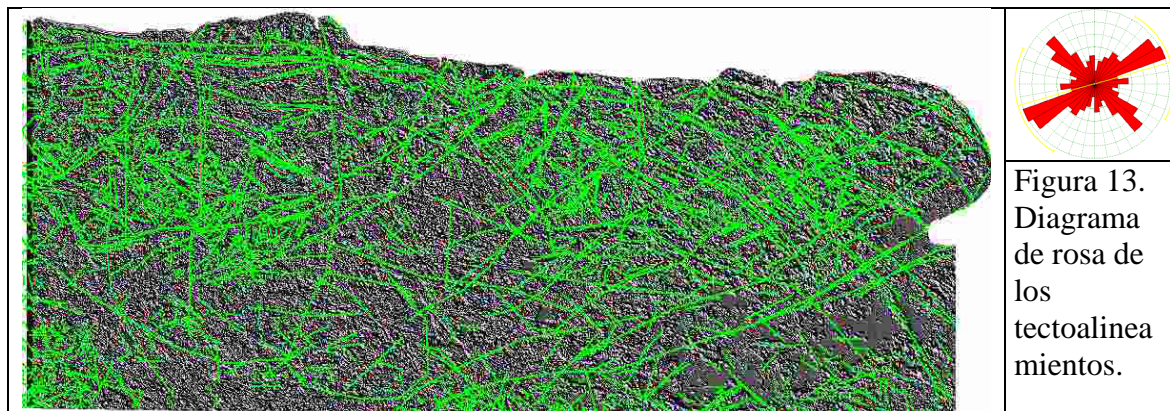


Figura 12. Escena resultante de la interpretación de fracturas, fallas, sobre la imagen obtenida de los procesos de filtrado digital direccional.

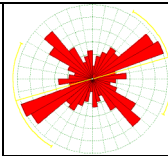


Figura 13. Diagrama de rosa de los tectoalinea mientos.

6. Referencias.

- Chuvieco, E, 1996 Fundamentos de la Teledetección espacial. ISBN 84-321-3127-X
- Gómez J., et. al., 1994. Pronóstico gasopetrolífero en la asociación ofiolítica cubana aplicando modelación matemática, Geofísica Internacional Vol. 33, Num. 3, Pág. 447-467, México,
- Linares , et, al, 2003 Oil & Geosite: Atlas digital de datos de interés para la exploración petrolera de la República de Cuba, Memorias II Congreso del Científico del CEINPET.
- Otero R, et, al ., 2002 Caracterización del Territorio comprendido por el Bloque 7, según su grado de perspectiva a escala 1: 50000 , Archivo CEINPET