

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**“ACTUALIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA ZONA SUR DE LA SIERRA DE PERIJÁ
MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT
7 ETM (HOJAS TOPOGRÁFICAS 5544-5644)”**

Trabajo Especial de Grado

Presentado ante la Ilustre

Universidad Central de Venezuela

Para optar al título de Ingeniero Geólogo.

Por el Br. Méndez G., William G.

y la T. S. U. De Ponte, Lilibel

Caracas, junio 2008

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**“ACTUALIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA ZONA SUR DE LA SIERRA DE PERIJÁ
MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT
7 ETM (HOJAS TOPOGRÁFICAS 5544-5644)”**

Tutor académico: Ricardo Alezones

Cotutor académico: Mauricio Hernández

Trabajo Especial de Grado
Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Para optar al título de Ingeniero Geólogo.
Por el Brs. Méndez G. William G.
y la T.S.U. De Ponte Lilibel

Caracas, Junio de 2008

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Geológica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller William Méndez y la T.S.U. Lilibel De Ponte

Titulado:

**“ACTUALIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA ZONA SUR DE LA SIERRA DE PERIJÁ
MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT
7 ETM (HOJAS TOPOGRÁFICAS 5544-5644)”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Geólogo, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por los autores, lo declaran APROBADO.

Enrique Toribio
Prof. Jurado.

Orlando Cabrera
Prof. Jurado

Prof. Ricardo Alezones
Tutor académico.

Ing. Mauricio Hernández
Cotutor académico.

A nuestros padres...

Lisibel y William

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco primero a mi Dios por darme vida y salud, durante todo este tiempo en la magna casa de estudio, también a mi Virgen de Maria Francia y al Nazareno de San Pablo por haber estado conmigo durante todos los momentos de felicidad y desilusión en mi carrera.

A mi madre Celia Garcia y a mis hermanos Will, Arlían y Willy Jesús, Adriana, Angely, a mi padre William Méndez, y a mi padrastro William Mora, por ser esa fuente de motivación de todos mis logros conseguidos durante mi formación académica.

A mi abuela Yajaira por apoyarme en todo los proyectos que me he trazado en mi vida.

A mis tíos especialmente (Baroni Garcia y Henry Méndez) por ser tan atentos conmigo en todo momento académico, mis tías, mis primos y primas, que siempre estuvieron hay presentes durante mis momentos felices en la carrera y a mis a todos esos amigos que compartieron conmigo.

A los amigos y compañeros que compartieron durante mi carrera Javier, Néstor, Cristian, José Miguel, Eudo, Carolina, Ángel, Darwin, y todos aquellos que siempre estuvieron allí para ayudarme en los momentos que los necesite.

A los profesores, Ricardo Alezones, Mauricio Hernández, Enzo Caraballo por dar parte de su tiempo en la elaboración de mi trabajo especial de grado.

A todos ellos agradezco toda la ayuda prestadas, gracias se les aprecia.

William Méndez

AGRADECIMIENTOS.

A Dios Todopoderoso, por su infinita ayuda.

A la Universidad Central de Venezuela, en especial a todos los profesores de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica por formarme como profesional.

A mi mamá, BERNARDINA MAIA de DE PONTE, por ser todo para mi, gracias a su esfuerzo y sacrificio me impulsó para salir adelante.

A mi papá MANUEL DE PONTE (Q.E.P.D.), porque su recuerdo me acompaña siempre.

A mis hermanos Alberto, Yenny y Edilberto, porque siempre están cuando necesito de ellos.

A William Méndez, por ser mi compañero de tesis, quien con su empeño y absoluta dedicación sacó adelante la tesis.

A todo el personal de INGEOMIN, por su colaboración y consejos para la realización de esta tesis.

Al Ing. Ricardo Alezones, por ser el tutor de la tesis y brindarme sus valiosos consejos a lo largo de mis años de estudio.

Al Ing. Mauricio Hernández, por guiarnos en la realización de la tesis.

Al Ing. Enzo Caraballo, por su asesoría técnica a lo largo del desarrollo de la tesis.

A William Jesús Rodríguez, por ser mi mejor amigo a lo largo de estos años de estudio.

A Marta de Elguezabal y María Elena Kraim por ser mis compañeras de estudios.

A todos ellos...

¡MUCHAS GRACIAS!

Lilibel De Ponte.

DE PONTE, Lilibel & MÉNDEZ, William

“ACTUALIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA ZONA SUR DE LA SIERRA DE PERIJÁ MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT 7 ETM (HOJAS TOPOGRÁFICAS 5544-5644)”

Tutor: Prof. Ricardo Alezones. Tesis, Caracas UCV. Facultad de Ingeniería.

Escuela de geología, Minas y Geofísica. 2008

El área de estudio se encuentra ubicada en la región sur de la Sierra de Perijá Estado Zulia, estando comprendida entre los siguientes puntos geográficos (Longitud-Latitud): Hoja 5544(Río Day): E 73°30' - E 73°00' / N 9°20' - N 9°40' Hoja 5644 (Río Aricuaísa): E 73°00' - E 72°30' / N 9°20' - N 9°40'

El presente trabajo surgió, debido a que en la Sierra de Perijá los mapas cartográficos datan hace 9 años por lo que ya son necesarios debido a su antigüedad. Para 1999 (última actualización de la zona) las herramientas utilizadas no tenían la flexibilidad que los nuevos “software” ofrecen ahora y la tecnología del procesamiento de imágenes ha evolucionado mucho. Por eso, el desarrollo de este nuevo mapa con esta tecnología de procesamiento de imágenes, es de gran importancia para la utilización de una zona que presenta un difícil acceso. Específicamente éste estudio lo conforma uno de los 5 mosaicos, que se lleva a cabo por la UCV, para ello se elaboró un mapa geológico donde se presenta una serie de unidades sedimentarias como se muestra a continuación, de lo más antiguo a lo más joven: **Paleozoico:** Paleozoico sin diferenciar, **Jurásico Medio:** Formación Río Negro, **Cretácico inferior:** Grupo Cogollo (Formaciones Apón, Lisure y Maraca), **Cretácico superior:** Formaciones La Luna y Colón Mito – Juan, **Paleoceno:** Grupo Orocué Formaciones Barcos y Los Cuervos, **Eoceno Temprano:** Formación Carbonera, **Oligoceno:** Grupo El Fausto, **Mioceno:** Formaciones Los Ranchos y La Villa y el **Cuaternario:** Terrazas Cuaternarias y Cuaternario Reciente.

Estructuralmente la zona de estudio, presenta dos unidades, la unidad de montaña identificada por zonas acolinadas, alargadas y de cotas elevadas (2700 m. s n. m.). La orientación general de estas formas es de N 25 E, y cuyo corte transversal es asimétrico con una mayor pendiente hacia la ladera oeste. Son características de relieves cuya proyección horizontal es alargada, ubicada hacia las zonas noroeste de la zona de estudio. La sección transversal es ancha, con crestas agudas, laderas asimétricas (con mayor pendiente hacia el oeste) sin escalonamiento. La depresión es una zona de menor elevación rodeada por relieves abruptos. Se encuentra ubicada en la zona suroeste de la hoja. Las cotas descienden de noreste a suroeste con elevaciones máximas de 600 metros y mínimas de 200 mts. La segunda unidad, terraza irregular drenada identificada por la presencia de los ríos principales Río Aricuaisa y Río Lora. En esta unidad, presenta diversas lomas, las cuales están limitadas por la variedad de los afluentes dendríticos. Las cotas en esta unidad varían de 1200 a 400 m.s.n.m..

De toda la información recolectada y analizada la integración de las firmas espectrales fue de gran utilidad en la actualización, debido a que se obtuvo la correspondencia de formaciones existente en la imagen, adicionalmente se puede indicar que el mapa de acoplo y que se utilizó fue el de Chaplet (1999), debido a que no había diferencia entre las litologías encontradas. Las correcciones realizadas en Transformación de la Fracción Mínima de ruido (MNF), Índice de pureza de píxeles (PPI) y el Espectral Angel Mapper (SAM), evidenciaron aspectos litológicos ya encontrados, pero no proporcionan datos relevantes para el estudio de la imagen. En la imagen estudiada se identificaron una serie de drenajes los cuales en su mayoría son de tipo meándricos, los drenajes principales de la zona están marcados por los Ríos Aricuaisa y Lora. El sistema estructural se marca por la falla más importante de la zona, la Falla de Perijá, encontrándose en la zona sur las fallas de Baracay y la Dacuma, las cuales son fallas de corrimiento y se presentan sub-paralelas desde la parte norte de la zona. Desplazan las unidades más viejas sobre las más jóvenes, por

ello se observa el adelgazamiento entre las capas de las formaciones Orocué y Carbonera.

Para finalizar, con el modelo 3D, se observan los corrimientos desde el norte de la zona hasta el sur, también se presentan una capas verticales. Y según la bibliografía consultada (Duerto 1998) existe un anticlinal, donde uno de sus flancos es paralelo al Río Lora, pero en la imagen satelital no se observa con claridad tal estructura.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Generalidades.....	1
1.2. Objetivo General.....	1
1.3. Objetivos Específicos.....	1
1.4. Localización Y Extensión del Área De Estudio.....	2
 CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO.....	5
 CAPÍTULO III	
3. GEOLOGÍA REGIONAL.....	31
 CAPÍTULO IV	
4. METODOLOGÍA.....	68
 CAPÍTULO V	
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	131
 CAPÍTULO VI	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	160
BIBLIOGRAFÍA.....	162
ANEXOS.....	167

LISTA DE TABLAS

Tabla	Descripción	Página
2-1	Satélite Landsat 7 ETM.....	26
3-1	Formación Sierra de Perijá.	32
3-2	Descripción de las formaciones de edad Devónico – Pérmico.....	34
3-3	Paleozoico Superior de la Sierra de Perijá.....	35
3-4	Descripción del Grupo la G.....	38
3-5	Descripción Litológica del Cretácico Temprano.....	42
3-6	Descripción litológica del Cretácico Tardío.....	47
3-7	Descripción litológica del Cenozoico temprano – Eoceno medio.....	51
3-8	Descripción Litológica del Cenozoico, Eoceno, Plio – Pleistoceno.....	60
3. 9	Columna Estratigráfica.....	67
5-1	Tabla 1. Contactos Litológicos de la Imagen satelital Landsat 7 ETM # 8-53. Mapa Actualizado 1:100.000.....	143
5.2	Tabla 2. Sistema de drenajes de la Imagen satelital Landsat 7 ETM # 8-53. Mapa Actualizado 1:100.000.....	147

5.3 Tabla 3. Fallas Observadas en la imagen satelital landsat 7

ETM # 8-53. Mapa Actualizado 1:100.000..... 153

LISTA DE FIGURAS

Figura	Descripción	Página
1-1	Ubicación de la zona de estudio, Hojas Topográficas 5544- 5644 ambos a escala 1:100.000.....	3
1-2	Ubicación de longitud y latitud en la Imagen Satelital Landsat 7 ETM Numero 8-53.....	4
2-1	Imagen satelital de la Tierra.....	5
2-2	La Energía Reflejada y emitida de los objetos es lo que se mide en la Percepción Remota.....	7
2-3	Capas de información en Sistema del Información Geográfica.....	8
2-4	Proceso que involucra la interacción entre la Radiación Incidente y Los Objetos De Estudio.....	9
2-5	La Energía Electromagnética.....	10
2-6	El Campo Eléctrico.....	11
2-7	Líneas mostrando el campo magnético de un imán de barra, producidas por limaduras de hierro sobre papel.....	12
2-8	Mecanismo de Interacción de Energía Electromagnética y Materia.....	14
2-9	Esquema de Adquisición y Generación de una Imagen.....	15

2-10	Sensores Activos.....	16
2-11	Resolución Espacial.....	17
2-12	Resolución Espectral.....	18
2-13	Resolución Radiométrica Fuente: IGAC. Notas de Clase.....	19
2-14	Reflectancia.....	21
2-15	Firma Espectral del Pino y La Hierba Húmeda en Comparación con la Hierba Seca.....	22
2-16	Índices De Vegetación.....	24
2-17	Pantalla de visualización de ENVI.....	27
2-18	Simulación de vuelo con ENVI.....	28
2-19	Análisis Espacial.....	29
3-1	Carta cronoestratigráfica del Paleozoico en Perijá.....	33
3-2	Cuadro Crono –Estratigráfico y Columna Litoestratigráfica del Jurásico en la Sierra de Perijá.....	37
3-3	Carta cronoestratigráfica del Lago de Maracaibo y la Sierra de Perijá.....	41
3-4	Paleografía del Aptiense.....	45
3-5	Paleografía del Tope del Cenomaniense Tardío.....	46
3-6	Paleografía del Campanéense Tardío - Maastrichtiense.....	50
3-7	Paleografía del Paleoceno Tardío - Eoceno temprano.....	57
3-8	Paleografía del Eoceno medio.....	58

3-9	Paleografía del eoceno tardío – oligoceno.....	64
3-10	Paleografía del Mioceno Medio.....	66
4-1	Calibración de imágenes en radiancia.....	68
4-8	Calibración en Layer Staking.....	72
4-14	Calibración en Formato Bill.....	75
4-19	Corrección Atmosférica de la Imagen en Flaash.....	78
4-26	Mascara de nubes. “Shapefile Realizado”.....	82
4-27	Extracción de los píxeles relacionados con la máscara y sombra de Nubes en Imágenes Hiperespectrales.....	83
4-33	Construcción de la Máscara de Nubes.....	86
4-38	Spatial Subset (Delimitación de Zona de estudio) de la Imagen...	88
4-41	Transformación de la Fracción Mínima de Ruido (MNF)....	90
4-46	Corrección del Índice de Impureza del Píxel (PPI).....	92
4-62	Corrección n-D Visualizador.....	100
4-71	Spectral Angle Mapper (SAM).....	105
4-77	Clasificación No Supervisada.....	108
4-81	Clasificación No Supervisada en ERDAS.....	110
4-91	Índice de Vegetación.....	115
4-94	Clasificación Supervisada.....	116
4-105	Firmas Espectrales – Programa ERDAS.....	122

4-107	Cociente de Banda.....	123
4-116	Modelo topográfico en 3D.....	128
5-1	Imagen en flash identificando topografía (Bandas 3-5-1).....	131
5-2	Unidades Topográficas.....	132
5-3	Contacto entre las Formaciones Río Negro- Cogollo.....	133
5-3.A	Mapa Chaplet.....	133
5-3.B	Mapa de Duerto.....	134
5-3.C	Resultado del Mapa Actualizado.....	134
5-4	Contacto entre las Formaciones Orocue- Carbonera.....	135
5-4.A	Mapa Chaplet.....	135
5-4.B	Mapa de Duerto.....	136
5-3.C	Resultado del Mapa Actualizado.....	136
5-5	Contacto entre las Formaciones Mito Juan- Terrazas Cuaternarias.....	137
5-5.A	Mapa Chaplet.....	137
5-5.B	Mapa de Duerto.....	138
5-5.C	Resultado del Mapa Actualizado.....	138
5-6	Clasificación Supervisada.....	139
5-6.A	Mapa Chaplet (1999).....	139
5-6.B	Mapa de Duerto.....	140

5-6.C	Resultado de la Clasificación Supervisada.....	140
5-7	Clasificación no supervisada.....	141
5-7.A	Mapa de Chaplet (1999).....	141
5-8	Vista de Drenajes en la combinación de Bandas (R3-G5-B1). Escala 1:100.....	144
5-9	Mosaico Guaraní, Escala 1:100.000.....	145
5-10	Drenajes Observados en la zona de estudio Escala 1:100.000...	146
5-11	Vista de Falla en la combinación de Bandas (R3-G5-B1). Escala 1:100.000.....	148
5-12	Radargrafía en la zona de estudio. Para ubicar Falla.....	149
5-12-A	Fallas en la Radargrafía en la zona	149
5-13	Mapa Estructural Río Day y Intermedio Escala 1:100.00.....	150
5-14	Imagen de estudio de la zona. Ubicación de Corrimientos.....	151
5-14-A	Fallas de Corrimiento en la zona de estudio.....	151
5-15	Mapa Estructural Río Aricuaisa Escala 1:100.000.....	152
5-16	Imagen de la Radargrafía a 30° de elevación “Argis 9.1”. (Representando unidades).....	154
5-17	Modelo en 3D a 20° de elevación “Envi 4.2”. Evidencia topográfica. (Bandas R2, G4, B6).....	155
5-18	Corte topográfico B-B´ de la hoja 5544. Río Day.....	156
5-19	Corte topográfico A-A´ de la hoja 5644. Río Aricuaisa.....	157

5-20	Modelo en 3D a 30° de elevación “Envi 4.2”	
	Evidencia litológica (Bandas R2, G4, B6).....	158
5-21	Modelo en 3D a 30° de elevación “Envi 4.2”. Comparación de zonas.(Bandas R5, G4, B2).....	158
5-22	Modelo en 3D a 45° de elevación “Envi 4.2”. Evidencia de Corrimientos Bandas (R5, G4, B1).....	159
5-23	Modelo en 3D a 45° de elevación “Envi 4.2”. Evidencia Estructural. Bandas (R5, G6, B3).....	159

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

La importancia de la actualización de los mapas geológicos radica en la evolución humana en cada zona, por eso debería realizarse cada década. En la Sierra de Perijá los mapas geológicos datan hace 9 años por lo que ya es necesario realizar su actualización debido a su antigüedad. Para 1999 (última actualización de la zona) las herramientas utilizadas no tenían la flexibilidad que los nuevos “software” ofrecen ahora y la tecnología del procesamiento de imágenes ha evolucionado mucho. Por eso, el desarrollo de este nuevo mapa con esta tecnología de procesamiento de imágenes, es de gran importancia para la utilización masiva en los próximos estudios cartográficos.

1.2. OBJETIVO GENERAL:

Actualizar la geología de la zona sur de la Sierra de Perijá, Estado Zulia, a partir de las imágenes satelitales (landsat 7 ETM) y de la compilación de la literatura geológica, con el fin de generar un mapa geológico a escala 1:100.000.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar las correcciones de imágenes satelitales Landsat 7 ETM.
 - Corrección atmosférica en flaash.
 - Mascara para eliminar nubosidad y sus sombras.
 - Transformación de la Fracción Mínima del Ruido (MNF).
 - Índice de Pureza del Píxel (PPI).
 - Spectral Angle Mapper (SAM).

- Clasificación no supervisada y supervisada de las características geológicas y topológicas de las imágenes.
- Firmas Espectrales.
- Realizar el Modelo Digital de Elevación de la zona de estudio.
- Elaborar un mapa geológico actualizado a escala 1:100.000 de la zona de estudio en ArcGis.
- Presentar un informe con los análisis, resultados, conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron a través de las imágenes satelitales y sus propiedades.

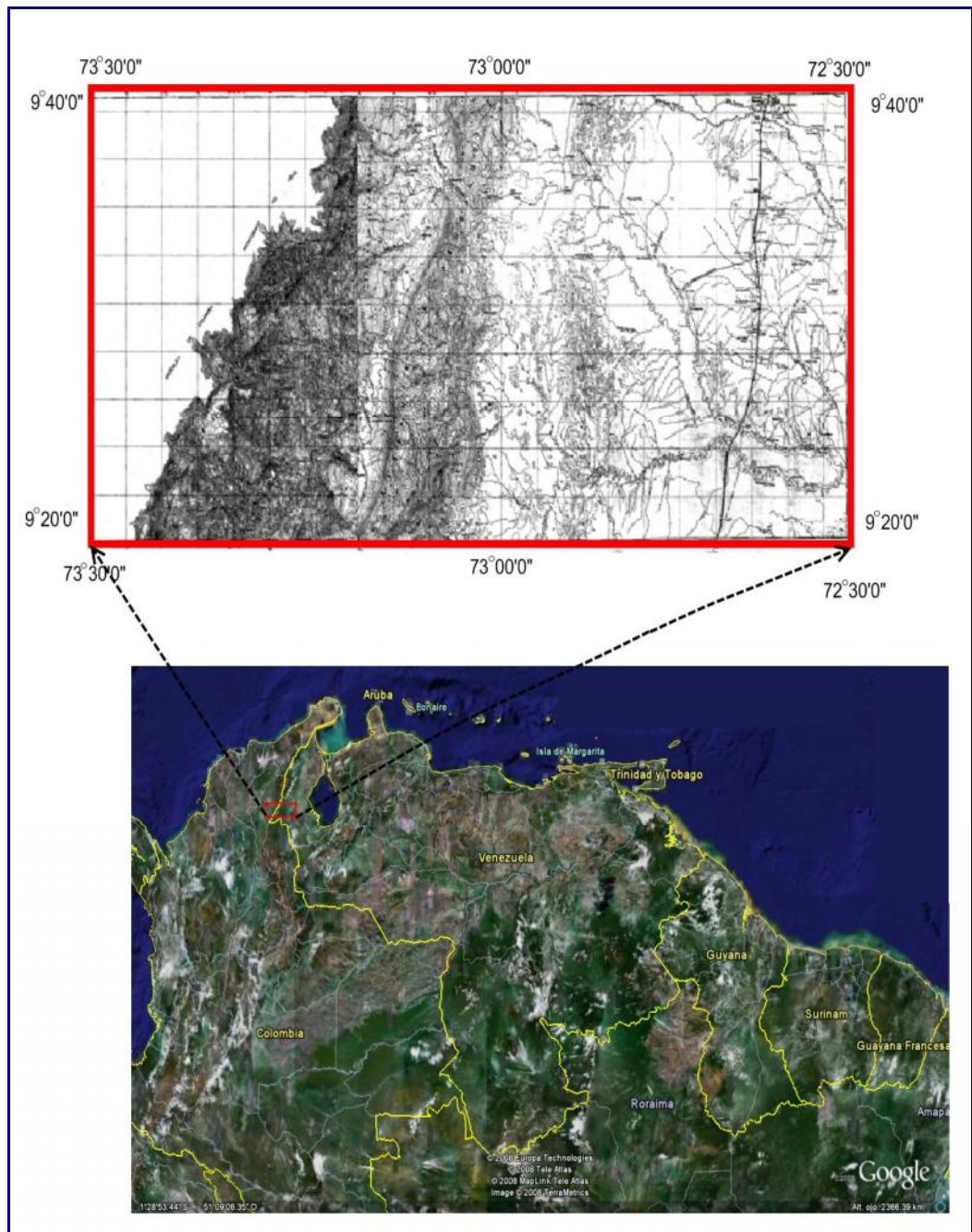
1.4. LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio esta localizada hacia la parte occidental de la Sierra de Perijá, restringida a las cartas topográficas 5544 (**RÍO DAY**) y 5644 (**RÍO ARICUAISA**), a escala 1:100.000 (**figura 1. 1**). “Base cartográfica – Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar – 1976”

La zona corresponde al sur del Estado Zulia, y se encuentra comprendido entre las coordenadas geográficas (Longitud- Latitud):

Hoja 5544: E 73°30' - E 73°00' / N 9°20' - N 9°40'

Hoja 5644: E 73°00' - E 72°30' / N 9°20' - N 9°40'. (**Figura 1. 2**). “Imagen satelital - Landsat 7 ETM Numero 8-53.



(Figura 1. 1) Ubicación de la zona de estudio, resaltada con un rectángulo rojo, tomada de Google Earth



(Figura 1. 2). Ubicación de longitud y latitud en la Imagen Satelital

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Geomática

Según Campbell (1981), desde fines del siglo XX, la Geomática, como ciencia integradora, ha permitido estudiar y conocer el espacio geográfico, mediante diferentes técnicas como la Fotogrametría, la Geodesia, la Percepción Remota, la Cartografía, los Sistemas de Información Geográfica y el Sistema de Posicionamiento Global.

Según Chuvieco (1995), la Geomática tiene como elemento fundamental en su desarrollo teórico y práctico al análisis geográfico, constituyendo un soporte y un apoyo en el desarrollo de las Ciencias de la Tierra. Esta ciencia apoya, orienta y afina procesos de toma de decisiones y planeación estratégica para los sectores productivo, social, gubernamental e internacional. Su campo de acción es el estudio del espacio geográfico con una visión científica e integral.



Figura 2.1. Imagen satelital de la Tierra. Tomado de: (<http://www.igm.cl/4.Gematica.html>)

2.2 Percepción Remota

Según Alzate (2001), la Percepción Remota es una ciencia moderna que permite el estudio del territorio por medio del uso de imágenes satelitales. Éstas se obtienen básicamente de la energía o diferentes longitudes de ondas emitidas por los cuerpos, que son captadas por los sensores remotos montados en una plataforma, generalmente conocida como satélites artificiales. El satélite artificial es un equipo o artefacto de fabricación humana, colocado en órbita alrededor de un cuerpo celeste, pudiendo ser un planeta o satélite natural. El primer satélite artificial fue el Sputnik I lanzado por la Ex - Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas el 4 de octubre de 1957.

Según Alzate (2001), desde entonces se han puesto en órbita miles de satélites artificiales, destinados a muchos propósitos, como obtención de imágenes satelitales para estudios científicos del orden de la climatología, geodesia, geografía, geología, agronomía, medio ambiente, además de servir como transmisores para las señales GPS, o bien, transmitir microondas para la TV, celulares, teléfonos satelíticos, entre otras tantas aplicaciones

Según Alzate (2001) y Chuvieco (1995), la información remitida por el sensor remoto es enviada a modernos dispositivos computacionales que procesan la información cualitativa y cuantitativamente, distinguiendo diferentes rangos de ondas. Estos rangos representan diferente información del terreno, la que es graficada por medio de colores o texturas de blanco y negro. Esta graficación se denomina imagen satelital.

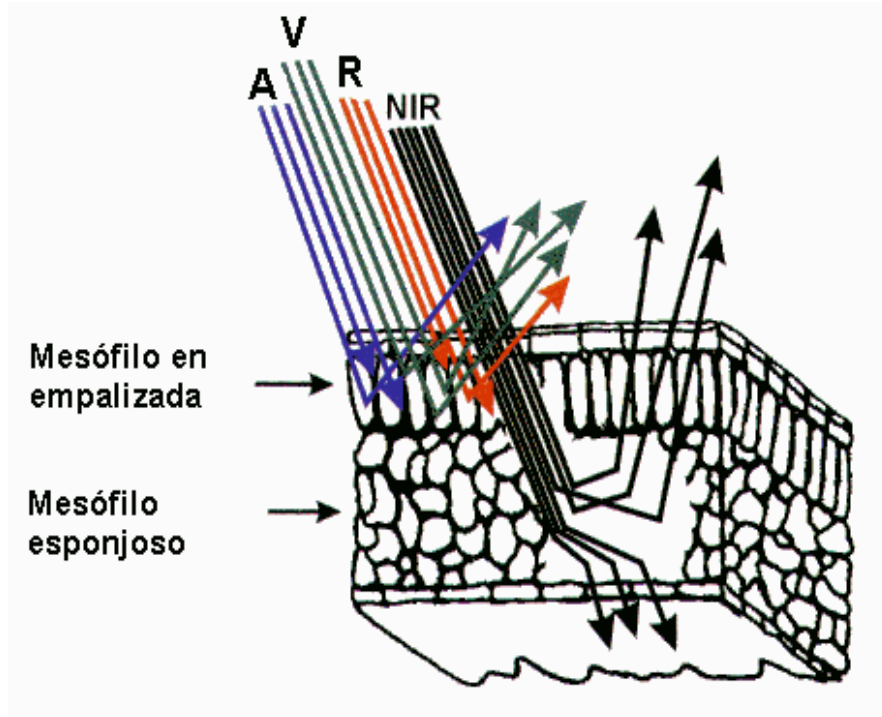


Figura 2.2. La energía reflejada y emitida de los objetos es lo que se mide en la percepción remota. Por ejemplo, una planta verde se ve de ese color porque la clorofila en sus hojas absorbe la mayor parte de la energía en las longitudes de onda del azul y el rojo, y refleja principalmente las longitudes de onda verde. La energía reflejada en las longitudes de onda verde es percibida por el ojo humano como el color verde. Tomado de <http://www.igm.cl/4.Geomatica.html>

2.3 Sistemas de Información Geográfica (SIG):

Según Alzate (2001) y Chuvieco (1995), los Sistemas de Información Geográfica o SIG, son sistemas informáticos, es decir, hardware, software, datos digitales y usuario, que capturan, almacenan, manipulan, procesan y visualizan la información espacial. Esta información debe encontrarse georreferenciada, lo que significa que debe poseer coordenadas geográficas (latitud y longitud) que permitan graficarla en mapas.



Figura 2. 3. Capas de información en Sistema del Información Geográfica. Tomado de:
<http://www.igm.cl/4.Geomatica.html>

Según Alzate (2001), los SIG manejan la información digital del terreno en capas o niveles, es decir, descomponen la realidad en distintos temas, como por ejemplo, relieve, hidrografía, vías de comunicación y otros. Por medio del uso de estos sistemas, el usuario puede combinar la información para crear mapas de síntesis o análisis, según su uso y requerimiento. Para un estudio del territorio, los SIG pueden entregar información de fenómenos geográficos diciendo qué existe, dónde se localiza, qué y cómo ha evolucionado y cómo se distribuye.

Los SIG constituyen una herramienta utilizada para la toma de decisiones, permitiendo al usuario decidir cómo manejar el territorio analizado, por medio del almacenamiento, procesamiento y análisis de la información.

2.4 La Teledetección:

Es el proceso a través del cual se obtiene información a distancia (sin contacto con los objetos) sobre las características de la superficie terrestre, mediante el sensor y registro de la energía emitida o reflejada por la tierra. Méndez L. (2002)

Este proceso involucra la interacción entre la radiación incidente y los objetos de estudio, además de la transmisión, recepción, procesamiento y análisis de los datos obtenidos. Figura 2.4

- A. Fuente de energía
- B. Radiación y Atmósfera
- C. Interacción con la superficie
- D. Sensor
- E. Transmisión, Recepción y Procesamiento
- F. Interpretación y Análisis
- G. Aplicación

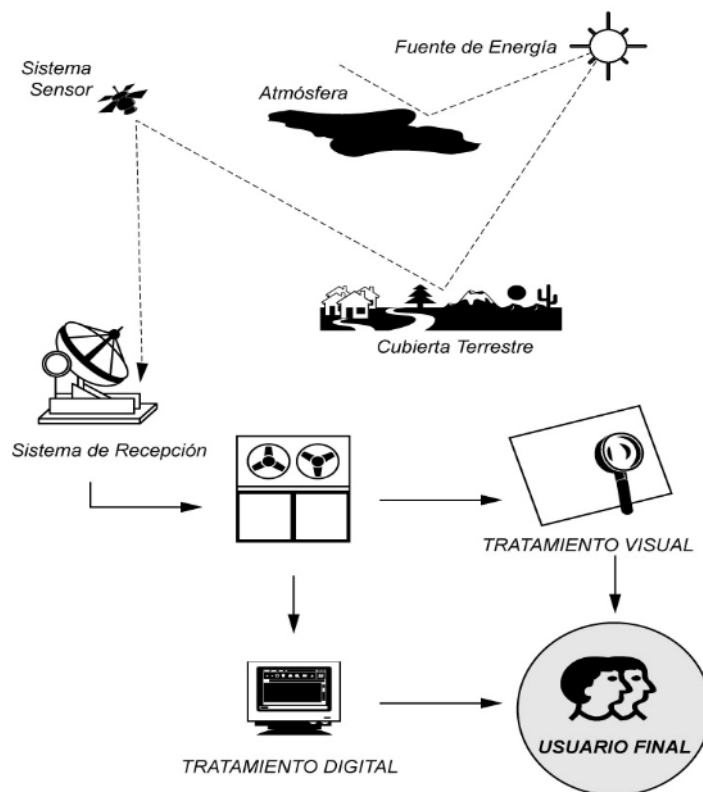


Figura 2. 4. Proceso que involucra la interacción entre la Radiación Incidente y Los Objetos De Estudio. Tomado de: (<http://ecologiadelpaisaje.googlepages.com/Tema13.pdf>)

Según Méndez L. (2002) y Alzate (2001) la obtención de los productos derivados de los procesos de teledetección requiere de una serie de etapas ordenadas que van desde el registro de la cantidad y calidad de la energía reflejada por la superficie terrestre hasta la generación de datos en algún formato que sea accesible para su análisis (por ej. imágenes).

2.5 La Energía Electromagnética:

Cualquier objeto natural o sintético que se encuentre a una temperatura superior a 0° K genera energía electromagnética. Méndez L. (2002)

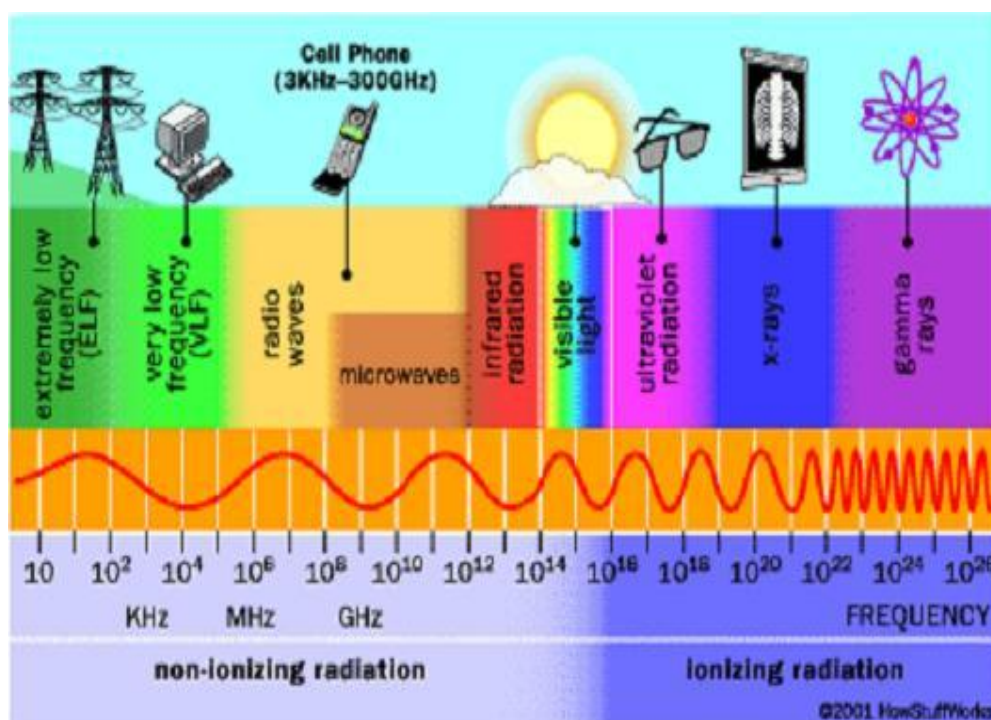


Figura 2. 5. La Energía Electromagnética. Tomado de: <http://www.igm.cl/4.Geomatica.html>

2.5.1 El campo eléctrico

Es una propiedad del espacio, debido a la cual una carga eléctrica puntual de valor "q" sufrirá los efectos de una fuerza "F" que vendrá dada por la siguiente ecuación:

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

Donde "E" es el mencionado campo eléctrico, que es, por tanto una magnitud vectorial. Esta definición indica que el campo no es directamente medible, sino a través de la medición de la fuerza actuante sobre alguna carga. La idea de campo eléctrico fue propuesta por Michael Faraday al demostrar el principio de inducción electromagnética en el año 1832. Resnick (1999). Figura 2.6

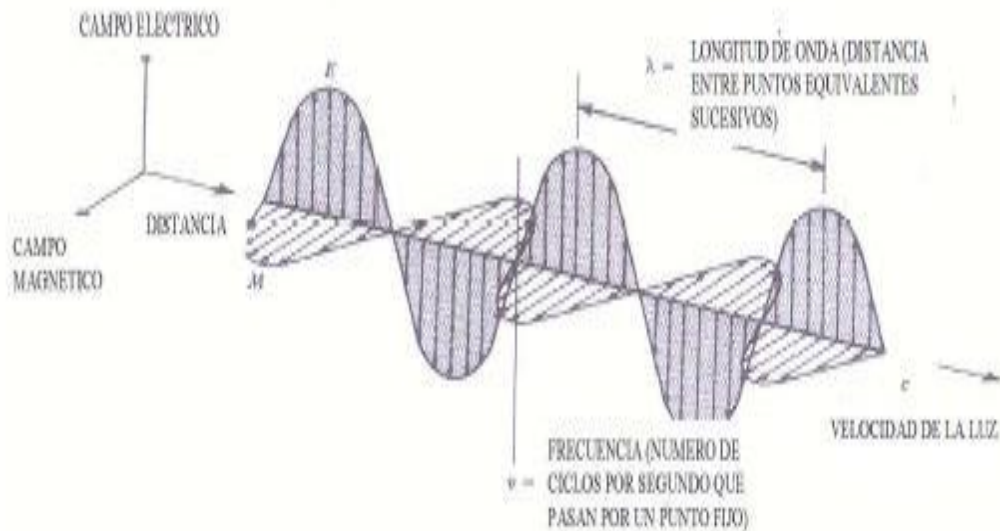


Figura 2. 6. El Campo Eléctrico. Tomado de: www.astronomynotes.com/light/emanim.gif

2.5.2.- El campo magnético

Es una propiedad del espacio por la cual una carga eléctrica puntual de valor q que se desplaza a una velocidad \mathbf{v} , sufre los efectos de una fuerza que es perpendicular y proporcional tanto a la velocidad como a una propiedad del campo, llamada inducción magnética (o según algunos autores, Densidad de flujo magnético). Así, dicha carga percibirá una fuerza descrita como:

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

(Nótese que tanto \mathbf{F} como \mathbf{v} y \mathbf{B} son magnitudes vectoriales y el producto cruz es un producto vectorial que tiene como resultante un vector perpendicular tanto a \mathbf{v} como a \mathbf{B}). (Acosta 1975)

La existencia de un campo magnético se pone en evidencia por la propiedad localizada en el espacio de orientar un magnetómetro (laminilla de acero imantado que puede girar libremente). La aguja de una brújula, que pone en evidencia la existencia del campo magnético terrestre, puede ser considerada un magnetómetro. (Acosta 1975). Figura 2.7

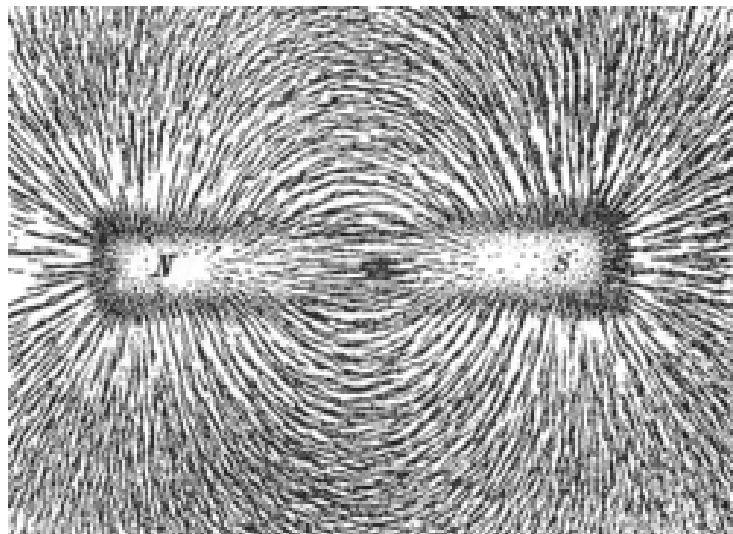


Figura 2. 7. Líneas mostrando el campo magnético de un imán de barra, producidas por limaduras de hierro sobre papel. www.geociencias.unam.mx/.../magfield.gif

2.5.3 La energía electromagnética recibida por los objetos

Según Alzate (2001), antes que la radiación usada en teledetección, alcance la superficie de la tierra, ésta tiene que atravesar la atmósfera. Las partículas y los gases atmosféricos pueden afectar la luz y la radiación incidente sobre los objetos de interés. Estos efectos son causados principalmente por mecanismos de dispersión y absorción.

Existen tres mecanismos principales de interacción entre la energía incidente y la superficie de la tierra:

1. Absorción, cuando la radiación (o parte de ella) es absorbida por el objeto.
2. Transmisión, cuando la radiación (o parte de ella) es transmitida (pasa a través) por el objeto.
3. Reflexión, cuando la radiación (o parte de ella) es reflejada por el objeto.

Figura 2.8

Estos mecanismos se manifiestan en diferentes medidas dependiendo del objeto y de la longitud de onda de la radiación incidente. Por ejemplo, la clorofila de las hojas absorbe la radiación en el azul y rojo, y refleja las longitudes de onda correspondientes al verde, por eso se ven las hojas verdes. Midiendo la energía que es reflejada (o absorbida) por diferentes objetos en diferentes longitudes de onda se puede reconstruir la respuesta espectral para cada objetos.

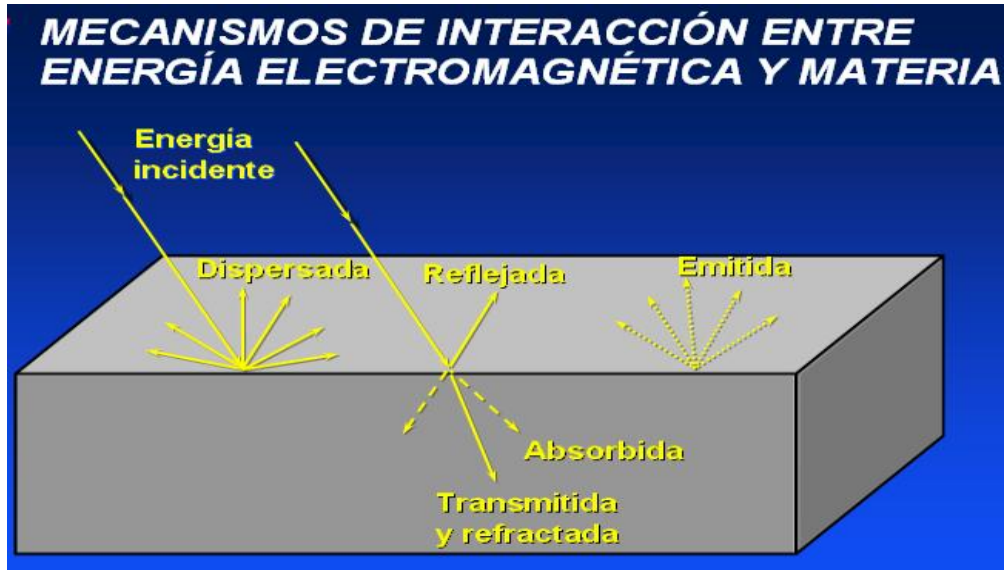
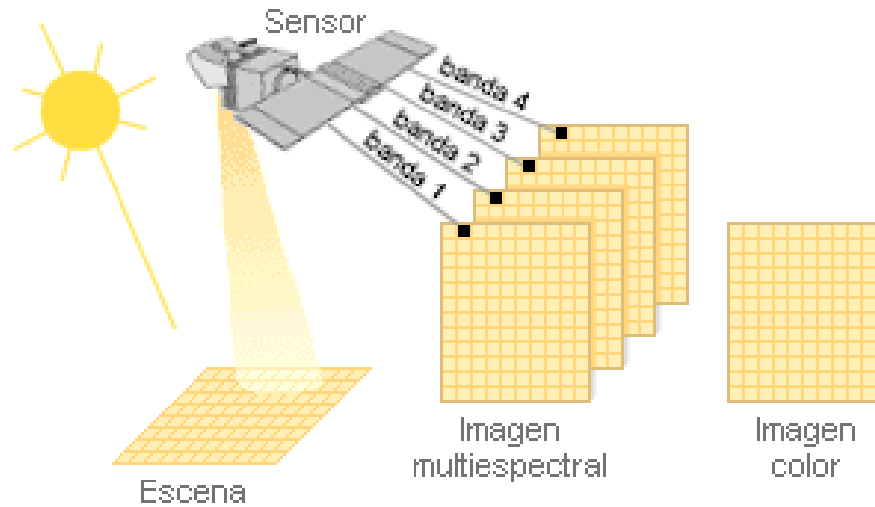


Figura 2. 8. Mecanismo de Interacción de Energía Electromagnética y Materia. Tomado de:
www.personal.us.es/lnavarrete/tmav/c03/c03-05.gif

2.6 Sensores y satélites

Según Alzate (2001), la fuente de energía mas comúnmente utilizada en teledetección es el sol. La energía proveniente del sol puede ser reflejada por la tierra (visible) o bien absorbida y luego emitida por la tierra (IR térmico). Los sensores que utilizan la energía naturalmente disponible son llamados sensores pasivos. Figura 2. 9



Esquema de adquisición y generación de una imagen

Figura 2. 9 Esquema de Adquisición y Generación de una Imagen. Tomado de:

www.fuerzaaerea.mil.ar/servicios/images/csr2.gif

Según Campbell (1981), los sensores activos proveen de su propia fuente de energía para “iluminar” la superficie terrestre. Estos sensores emiten radiación dirigida hacia el área de interés y luego detectan la porción de esa radiación que es reflejada. La principal ventaja de estos sensores es que pueden operar de día y de noche y que pueden emitir radiación diferentes a la emitida por el sol (ej. microondas), pudiendo obtener otra información de la superficie. Figura 2. 10



Figura 2. 10. Sensores Activos. Tomado de.(www.lanero.net/.../Satelites-Cartografia.jpg)

Según Campbell (1981), para que los sensores puedan obtener la información es necesario que estén montados sobre algún soporte o plataforma. Los satélites son las plataformas mas comunes para sensores remotos, aunque también existen sensores remotos montados sobre aviones o sobre estructuras fijas (ej. radiómetros). Los satélites tienen características particulares que los diferencian entre ellos. La órbita de un satélite describe de manera que se ubica en relación a la tierra. Existen dos principales tipos de órbitas satelitales:

-Órbita Geoestacionaria: en la cual la velocidad de desplazamiento del satélite es igual a la velocidad de rotación de la tierra. De esta manera el satélite esta “estacionado” observando siempre la misma porción de la superficie.

-Órbita Heliosincrónica: en la cual el movimiento del satélite es casi polar lo que permite que las imágenes sean tomadas siempre a la misma hora solar local.

2.6.1 Características de las imágenes satelitales

Cuando la energía electromagnética es registrada por un sensor de forma electrónica se genera una imagen (si el sensor esta montado en un satélite, se genera una imagen satelital). Chuvieco (1995)

Esta imagen es una representación de la realidad en la forma de una matriz de datos, donde cada celda o pixel es una porción del área observada con un único valor. Méndez L. (2002)

Una imagen satelital esta compuesta por información proveniente de diferentes longitudes de onda, organizada en diferentes canales o bandas para un sensor determinado. De esta manera se obtiene información no solo en el espectro visible, sino también en otras longitudes de onda a las cuales el ojo humano no es sensible. Méndez L. (2002)

Las imágenes satelitales (condicionada por las características de los sensores) están caracterizadas por una serie de parámetros espaciales y espectrales:

1. Resolución Espacial. Designa al objeto más pequeño que puede ser distinguido sobre una imagen. O como al mínima distancia entre dos objetos en el terreno que puede distinguir un sensor y que posteriormente puede ser identificada sobre la imagen. Chuvieco (1995). Figura 2. 11

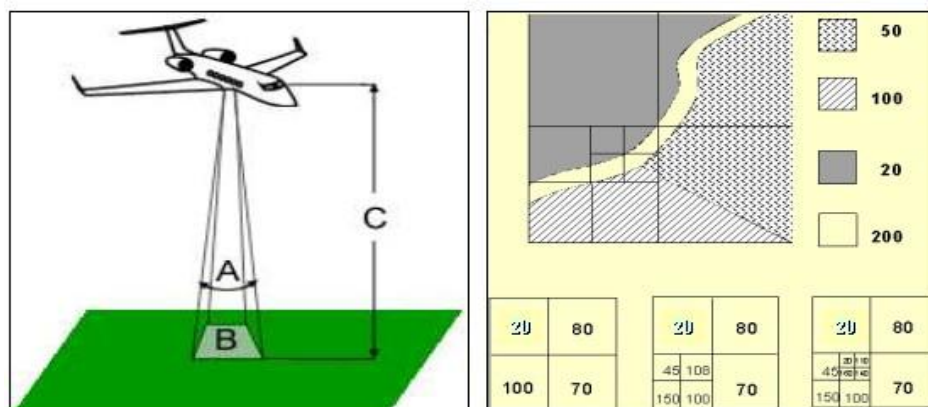


Figura 2. 11. Resolución Espacial. Tomado de: (Chuvieco, 1995)

2. Tamaño de píxel: esta determinado por la resolución espacial y es el tamaño de la celda de la imagen, la cual cuenta con un único valor (información). Campbell (1981)
3. Resolución espectral, describe la habilidad del sensor para registrar diferentes intervalos de longitud de onda. Una imagen con mayor resolución espectral cuenta con más bandas que una imagen con menor resolución espectral, indistintamente de que el rango total de longitud de onda registrado sea el mismo. (Chuvieco 1995). Fig. 2.12

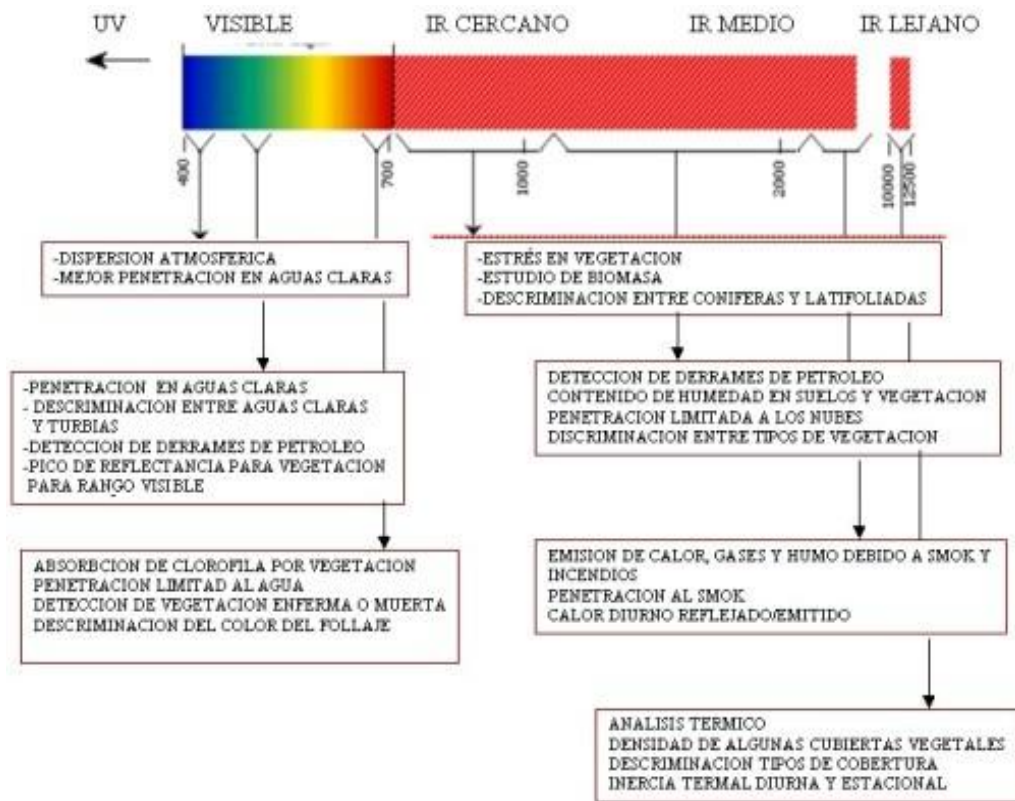


Figura 2.12. Resolución espectral. Tomado de: Chuvieco (1995)

Resolución Radiométrica: describe la cantidad de información contenida en la imagen. Está determinado por la capacidad del sensor para registrar pequeñas variación de intensidad en la radiación registrada. Chuvieco (1995). Figura 2.13



Figura 2.13. Resolución radiométrica. Tomado de: Chuvieco (1995).

Resolución Temporal: se refiere al tiempo que tarda el sensor en completar una órbita y por ende cada cuanto se toma una imagen. Chuvieco (1995).

Según Campbell (1981), la información contenida en las imágenes puede almacenarse de diferentes maneras. Lo más común es que las variaciones de la superficie terrestre se registren como variaciones de intensidad de la energía reflejada por dicha superficie y registrada por el sensor. Estos valores se conocen como Números Digitales (DN) y no tienen dimensión física ni unidad de medida.

Simplemente, los valores de DN (para cada pixel) representan diferentes valores de brillo de la imagen, normalmente entre 0 y 255. Por lo tanto, las imágenes en DN no brindan información intrínseca sobre la superficie sensada, solamente nos da una idea de las variaciones relativas entre ellas (por ej. Si un área de la imagen es más o menos brillante que otra).

Para poder obtener información de la superficie sensada en magnitudes físicas hace falta transformar los valores en DN a valores de Radiancia. La Radiancia es una medida de la energía reflejada por la superficie, normalmente medida en W/m^2 , y surge de la calibración de los valores DN mediante coeficientes de transformación conocidos. Aunque la Radiancia es una medida física real, todavía no brinda información completa sobre las características de la superficie terrestre porque no tiene en cuenta la geometría de la radiación incidente, la geometría de la radiación reflejada ni la interacción de la energía con la atmósfera.

La Reflectancia es la medida que brinda información relevante sobre el comportamiento y las características intrínsecas de la superficie terrestre sensada. Esto se logra al corregir los valores de radiancia, contemplando la geométrica de la energía incidente y reflejada y todas las perturbaciones causadas por la atmósfera y otros agentes externos a la imagen. Debido a que la Reflectancia es el resultado del cociente entre energía incidente energía reflejada el resultado es una magnitud adimensional. Solo indica que proporción de la energía incidente es reflejada por la superficie y captada por el sensor y eso tiene relación directa con las características de la superficie sensada. Campbell (1981).

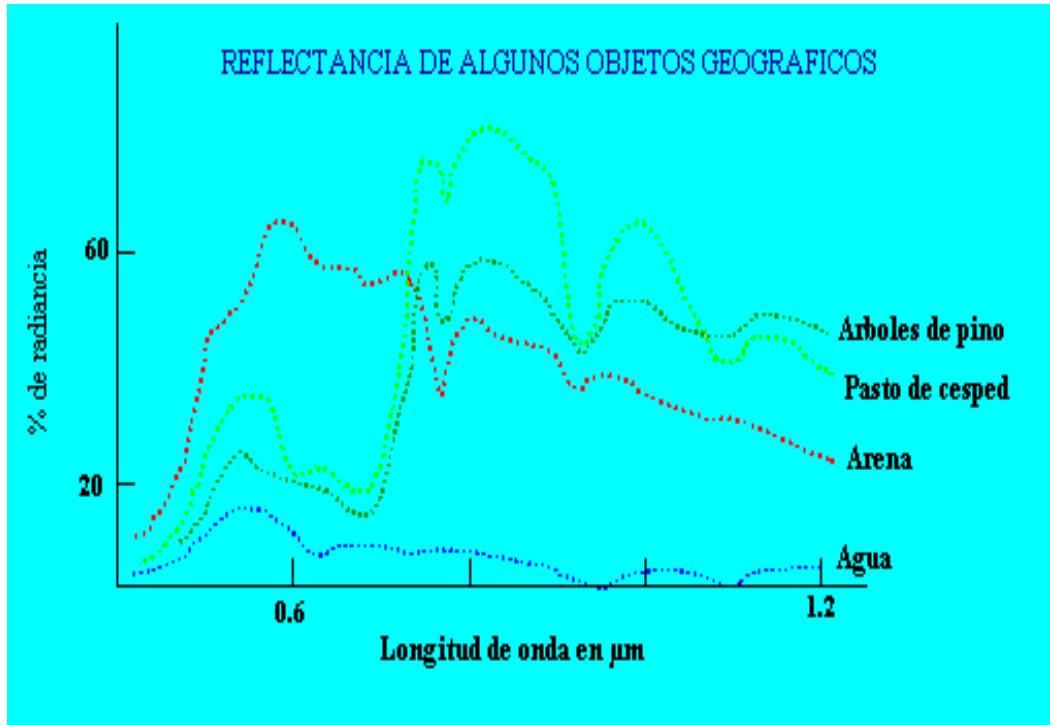


Figura 2.14. Reflectancia. Tomado de: www.conae.gov.ar/libro_tele/Reflectancia.gif

Esta respuesta característica de cada tipo de superficie ante un tipo de energía incidente es lo que determina la firma espectral de los objetos sensados. Campbell (1981).

La firma espectral de los objetos contenidos en una imagen es lo que con más frecuencia se utiliza para clasificar las imágenes y obtener mapas temáticos categorizados en diferentes clases, que brindan información sobre la superficie terrestre. Campbell (1981).

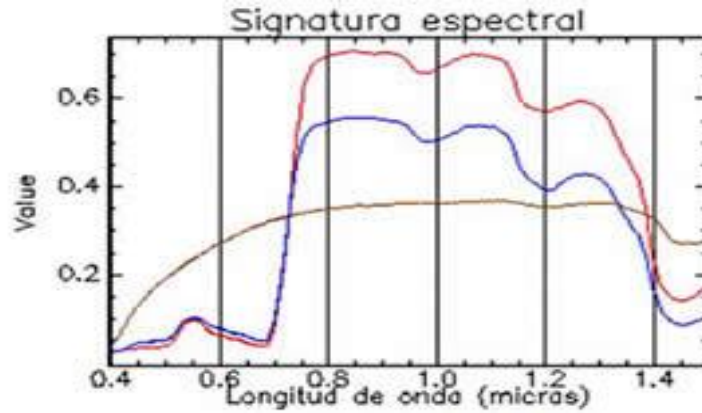


Figura 2.15. Firma Espectral del Pino y La Hierba Húmeda en Comparación con la Hierba Seca. Tomado de: www.conae.gov.ar/libro_tele/Reflectancia.gif

Estas propiedades se pueden representar en la firma espectral que muestra la reflectancia de cualquier cubierta en función de la longitud de onda. La figura 2.15 representa la gráfica de la firma espectral de tres cubiertas. La curva que toma los valores más altos corresponde a la hierba verde y húmeda, la curva intermedia es la reflectancia que muestra un tipo de pino forestal representativo y la tercera curva corresponde a la hierba seca con poca actividad fotosintética. Campbell (1981).

2.6.2 Procesamiento y análisis de imágenes

Según Campbell (1981), para el procesamiento de una imagen satelital es necesario ante todo, obtener la información contenida de manera confiable. El pre-procesamiento corrige las distorsiones geométricas y radiométricas, mientras que el proceso de extracción de la información permite identificar y sintetizar la información deseada.

En términos generales, el procesamiento de una imagen implica:

a) Pre-procesamiento

1. Georeferenciación: asigna coordenadas y proyecciones específicas a la imagen, para posicionarla en un lugar de la tierra correcto.

2. Ortorectificación: corrige las deformaciones espaciales debidas a la topografía y al ángulo de observación.

3. Corregistro: hace que dos o más imágenes sean comparables espacialmente, asignado a puntos comunes las mismas coordenadas.

4. Calibración: Transforma valores en DN en valores de radiancia.

5. Calculo de reflectancia, se obtiene a partir de imágenes de radiancia, corrigiendo por la geometría de iluminación y observación.

b) Extracción de información

1. Las Transformaciones: se utilizan para sintetizar la información contenida en una imagen de manera de hacerla accesible para los usos requeridos. Entre las transformaciones más comunes se encuentran el cociente entre bandas, los Índices de Vegetación. Campbell (1981).

El cociente entre bandas permite resaltar variaciones sutiles en la respuesta espectral de diferentes superficies y muestra la respuesta relativa de la superficie en las longitudes de onda analizadas, lo que facilita la comparación entre imágenes con diferentes valores absolutos (diferente brillo). Por ejemplo, conociendo que la vegetación refleja la radiación en las longitudes de onda correspondientes al Infrarrojo cercano (N.IR) y absorbe en las longitudes de onda correspondiente al Rojo, se puede identificar la vegetación mediante un cociente entre estas bandas Campbell (1981).

Los Índices de vegetación, en muchos casos, son cocientes entre bandas, que brindan información sobre diferentes características de la vegetación. Figura 2. 16

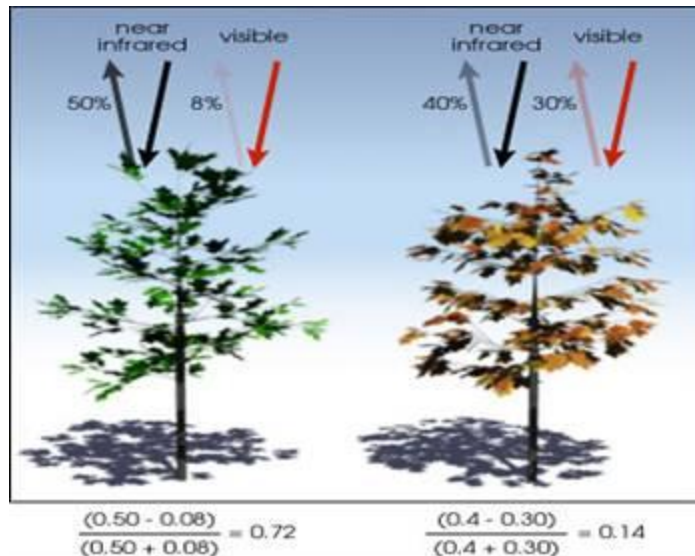


Figura 2.16. Índices De Vegetación. Tomado de: www.personal.us.es/lnavarrete/tmav/c03/c03-05.gif

Uno de los índices mas utilizados es el NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).

$$\text{NDVI} = \frac{\text{infrarrojo cercano} - \text{rojo visible}}{\text{rojo visible} + \text{infrarrojo cercano}}$$

El cociente de la diferencia sobre la suma de los valores en estas bandas hace que el rango de los valores resultantes de NDVI varíe entre +1 y -1, lo que facilita su interpretación.

2. Las Clasificaciones, sirven para sintetizar la información espectral contenida en las bandas de una imagen en clases discretas que comparten una característica en común, como por ejemplo, agua, suelo, vegetación, etc.

Las clasificaciones son los procesos de automatización de extracción de información mas comúnmente utilizados en teledetección. En estos procesos se utiliza algún mecanismo de aprendizaje sobre las características espectrales de un grupo de píxeles que se utiliza luego para extrapolar la misma información a la totalidad de la imagen. Campbell (1981).

Los dos tipos de clasificaciones que existen se diferencian en el grado de intervención del usuario en el proceso.

2.1.- Clasificación supervisada, el usuario elige un grupo de píxeles representativo de cada una de las clases que quiere obtener para utilizarlo como entrenamiento para clasificar la imagen. En este caso existe una elección a priori de las clases de interés. Campbell (1981).

2.2.- Clasificación no supervisada, el proceso de separación entre clases se hace automáticamente por el procesador sobre la base de las diferencias espectrales entre los píxeles de la imagen. Luego, el usuario etiqueta a posteriori las diferentes clases obtenidas de acuerdo a su conocimiento del área de estudio. Campbell (1981).

2.7 Satélite Landsat 7 ETM

El satélite estadounidense Landsat 7 ETM es el 6º satélite de observación terrestre de la NASA de una serie (el lanzamiento del Landsat 6 fracasó en 1993) que data de 1972. Por lo tanto, el sistema Landsat constituye la grabación continua más prolongada de la superficie de la Tierra. Las tareas principales de todos los satélites Landsat son el control medioambiental, la evaluación de desastres, la explotación del suelo y la planificación regional, la cartografía, la administración de pastizales y la exploración petrolera y de minerales. El modo de funcionamiento ha mejorado de manera constante. Actualmente, el Landsat ETM cuenta con 8 canales, desde luz visible (canales 1, 2, 3) hasta infrarrojo cercano y mediano (canales 4, 5, 7) y radiación térmica (canal 6). La resolución espacial es de 15 metros en el canal

pancromático (8) y de 30 metros en los canales del 1 al 5 y en el 7. El canal térmico 6 ofrece una resolución de 80 metros. El satélite Landsat 7 opera en una órbita circular, heliosíncrona, cuasipolar. Tabla 2. 1 (<http://geo.arc.nasa.gov.html>)

Tabla 2. 1. Características del Satélite Landsat 7 ETM.

Landsat 1-3 Escáner multiespectral	Landsat 4-5 Thematic Mapper (TM)	Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper (ETM)	
1972-1982	desde 1982	desde 1999	
915 km	705 km	705 km	
18 días	16 días	16 días	
185 km	185 km	185 km	
79 × 79 m	30 × 30 m ²	30 × 30 m ²	
	1 = 0,45 - 0,52 μm	1 = 0,45 - 0,52 μm	AZUL
4 = 0,50 - 0,60 μm	2 = 0,52 - 0,60 μm	2 = 0,52 - 0,60 μm	VERDE
5 = 0,60 - 0,70 μm	3 = 0,63 - 0,69 μm	3 = 0,63 - 0,69 μm	ROJO
6 = 0,70 - 0,80 μm	4 = 0,76 - 0,90 μm	4 = 0,76 - 0,90 μm	INFRARROJO CERCANO
7 = 0,80 - 1,10 μm			
	5 = 1,55 - 1,73 μm	5 = 1,55 - 1,73 μm	INFRARROJO MEDIO
	7 = 2,08 - 2,35 μm	7 = 2,08 - 2,35 μm	INFRARROJO MEDIO
8 = 10,4 - 12,5 μm (237 × 237 m ²)	6 = 10,4 - 12,5 μm (120 × 120 m ²)	6 = 10,4 - 12,5 μm (80 × 80 m ²)	INFRARROJO TÉRMICO
		8 = 0,52 - 0,9 μm (15 × 15 m ²)	PANCROMÁTICA

Landsat

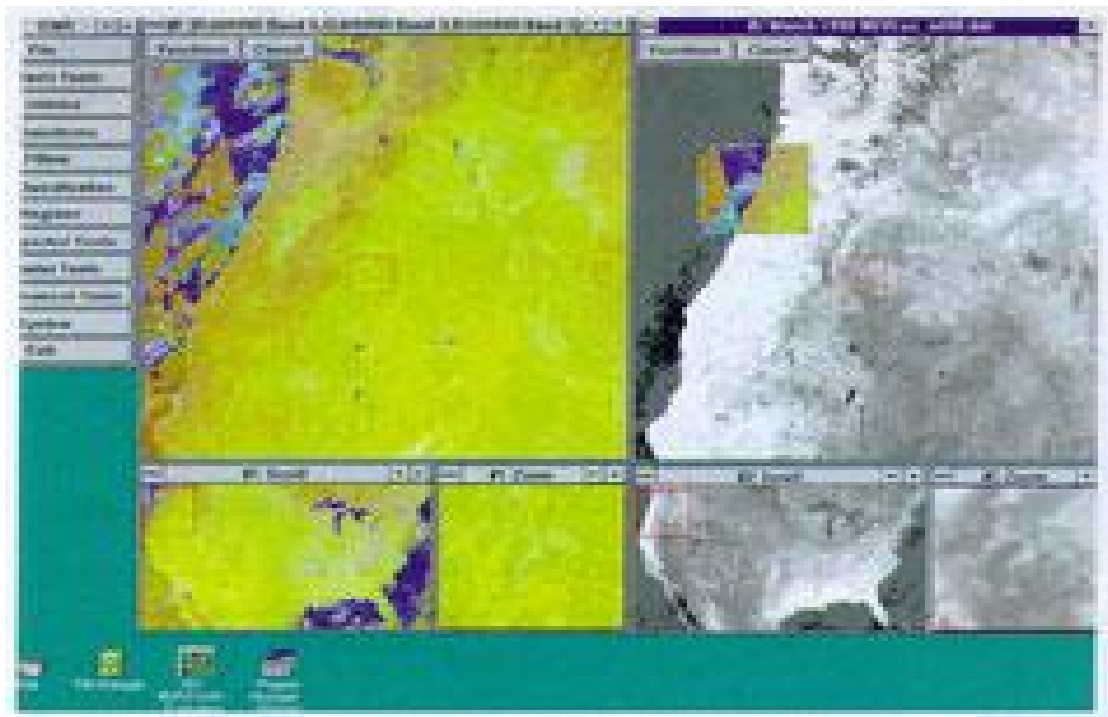
Tomado de: (www.lanero.net/.../Satelites-Cartografia.jpg)

2.8 Software utilizado para el procesamiento de imágenes satelitales:

2.8.1 ENVI

ENVI contiene herramientas para el análisis de datos hiperespectrales y multiespectrales. Se pueden identificar y representar los píxeles más puros de una imagen o determinar la composición de cualquier espectro desconocido comparándolo con espectros de librerías.

Las nuevas herramientas hiperespectrales de ENVI 3.1 incluyen: remuestreo espectral de los ficheros de datos al rango de longitud de onda definido por el usuario y mejoras del Visualizador Dimensional, lo que permite que los datos puedan verse en múltiples dimensiones. Figura 2.17



2.17. Pantalla de visualización de ENVI. Tomado de: www.envi_ser/esd_pol

La arquitectura abierta de ENVI facilita el trabajo con datos de los proveedores líderes como Landsat, SPOT, RADARSAT, NASA, NOAA, EROS Data Center y ESA, y está preparado para acomodar datos de EarthWatch, Orbview y Space Imaging. También puede georeferenciar imágenes e importar vectores. Permite la digitalización de vectores, superponer vectores sobre datos de imágenes, construir nuevas capas, editar datos de puntos, polilíneas y polígonos, crear y/o editar atributos, y consultar la información de los atributos asociada a sus vectores con el GUI intuitivo de ENVI. Figura 2.18

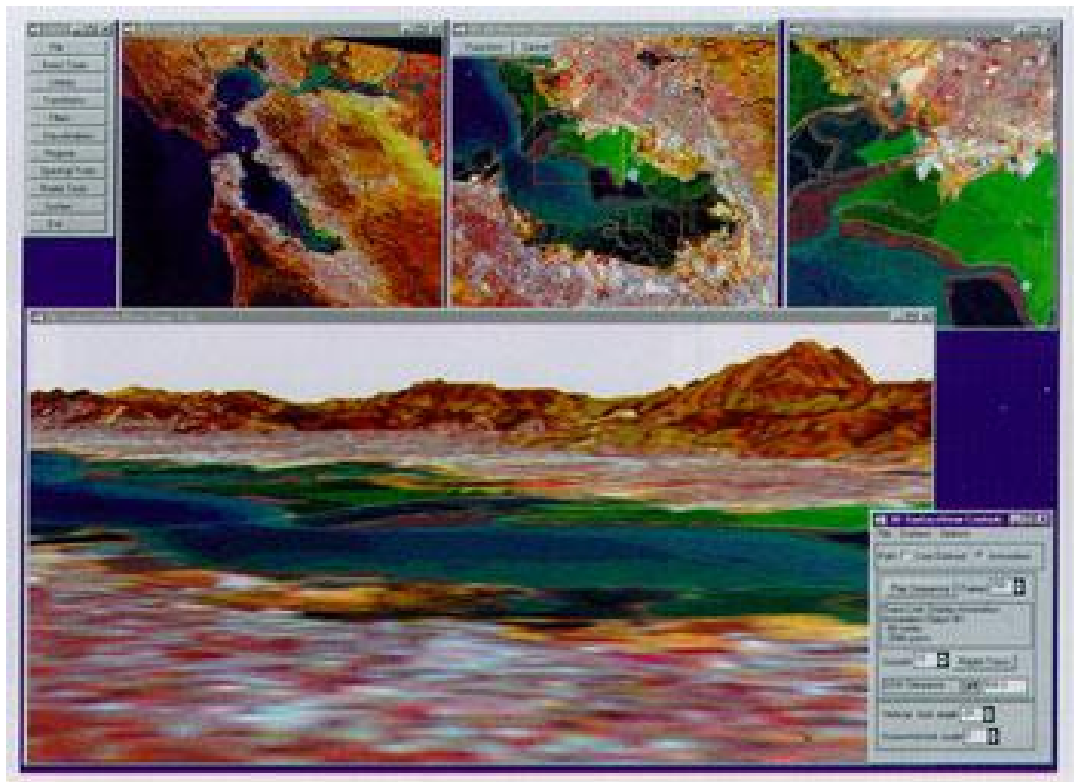


Figura. 2.18. Simulación de vuelo con ENVI. Tomado de: www.envi_ser/esd_pol

2.8.2 ArcVIEW GIS 9.2

Es un software GIS para visualizar, crear, manipular y gestionar información geográfica, estos corresponden a lugares, direcciones, posiciones en terreno, áreas urbanas y rurales; regiones y cualquier tipo de ubicaciones en terrenos determinados. Figura 2.19. Esta información es trabajada de manera sistémica, lo que representa una diferencia sustancial a lo relacionado al trabajo con información planos y mapas, permitiéndonos explorar, ver y analizar los datos según parámetros, relaciones y tendencias que presenta nuestra información, teniendo como resultado nuevas capas de información, mapas y nuevas bases de datos.

Características

Arc View GIS es el software desktop más usado de los GIS del mundo, porque entrega de una forma fácil el trabajo en datos geográficos.



Figura 2.19. Análisis Espacial. Tomado de: www.espectral_imagen/arc_gis

2.8.3 ERDAS IMAGINE

Es el sistema más sofisticado y poderosos para procesamiento de imágenes adquiridas a partir de sensores remotos, análisis de datos geográficos y modelamiento gráfico de información espacial. Posee una estructura que permite adicionar módulos a su conjunto de herramientas básicas, según los requerimientos de análisis de los usuarios. Está diseñado para incrementar su productividad y ayudarlo a tomar la mejor decisión rápidamente.

IMAGINE suministra un conjunto de herramientas para:

Entrada y manipulación de imágenes

- Despliegue y realce.
- Análisis espectral.
- Fotogrametría digital.
- Análisis de imágenes de radar.
- Modelamiento de información espacial.
- Integración de datos SIG.

CAPÍTULO III

3. GEOLOGÍA REGIONAL

En este capítulo se presenta de forma general y sintetizada, los aportes que han realizado los diferentes autores a cada una de las unidades litoestratigráficas, definidas en la zona de estudio.

En la zona de Perijá, se presenta un registro estratigráfico que abarca desde el precámbrico-Paleozoico hasta las formaciones recientes, las cuales se presentan esquematizadas como se presenta a continuación:

A.- Pre-Cámbrico

Precámbrico Tardío → Basamento → Formación Perijá

La Formación Perijá se ubica por encima del basamento, posiblemente en discordancia, e infrayace a la Formación Caño Grande del Grupo Cahirí, en contacto de falla (Hea y Whitman, 1960, en CIEN 1997). Bowen (1972) señala que a la unidad infrayacen los sedimentos no metamorfizados del Grupo Río Cahirí de edad Devónico. En tres localidades el contacto es de falla normal de ángulo alto, 70° aproximadamente, según el mismo autor, se observan contactos de falla en el tope con las areniscas de la Formación Río Negro.

Tabla N° 3. 1: "Formación Sierra de Perijá"

Autor	Descripción
Liddle et al. (1943)	<p><i>Litología:</i> Conjunto litológicamente constituido por cuarcitas duras cortadas por diques y vetas de cuarzo blanco, junto con esquistos micáceos (micaesquistos) y esquistos gneisoides intrusionados por un granito (CIEN, 1997)</p> <p><i>Espesor:</i> 300 m. aproximadamente, él mismo, en el año (1946) estudio la sección superior del Caño Grande obteniendo un espesor de 250 m. (CIEN, 1997)</p>
<p>Sutton (1946)</p> <p>Hea y Whitman, (1960)</p>	<p><i>Litología:</i> Unidad compuesta por esquistos biotíticos, moscovíticos, tremolítico, cuarzos feldespáticos y metacuarcitas cloríticas, cortados por pequeños diques aplíticos y vetas de cuarzo lechoso, señalando su grado metamórfico correspondiente a la facie de los esquistos verdes (CIEN, 1997)</p> <p><i>Espesor:</i> Hea (1964) reconoce una sección de 1000 m. de espesor en el mismo caño</p>

B.- Rocas Paleozoicas:

Devónico – Pérmico → Rocas Paleozoicas → Grupo Río Cachirí →

Formación Las Guineas

Formación Caño Grande

Formación Caño del Oeste

Formación Campo Chico

Suprayacente a este conjunto litológico y de manera discordante, se presentan las formaciones Caño del Noroeste, Caño Indio, Río Palmar y Palmarito, terminando así la secuencia de edad Paleozoica (Figura 3.1).

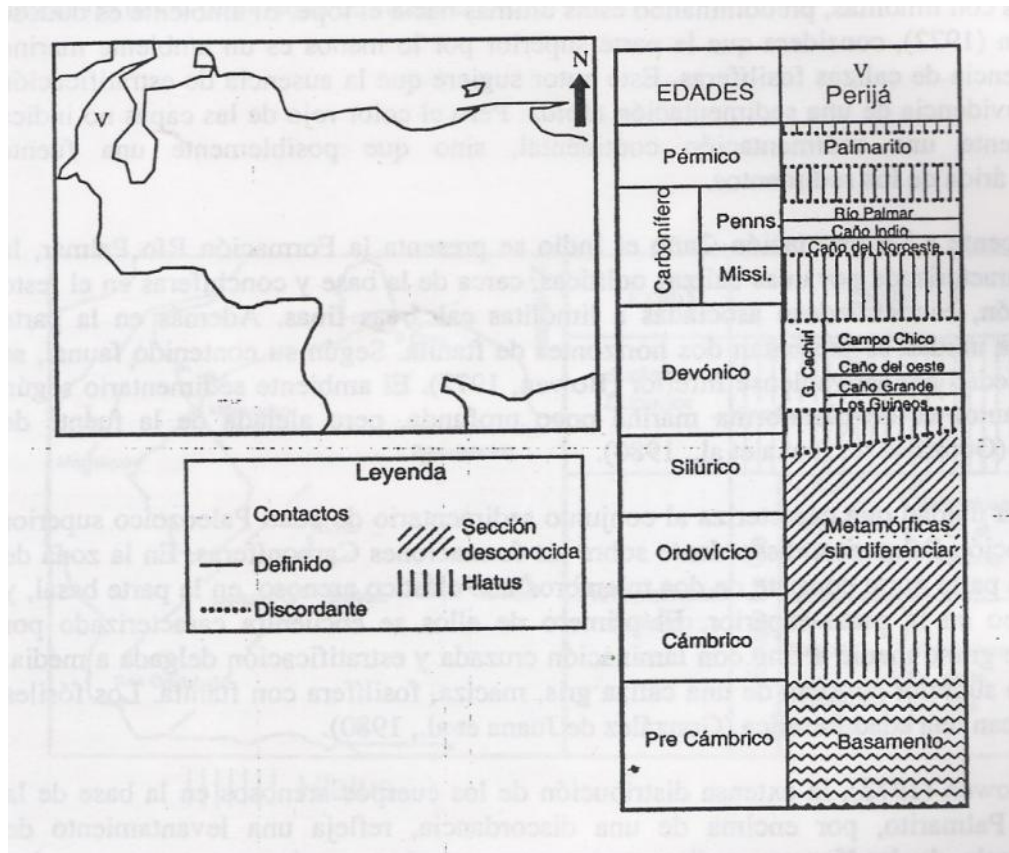


Figura 3. 1.- Carta cronoestratigráfica del Paleozoico en Perijá (Tomado y modificado de González de Juana et al., 1980)

Tabla N° 3. 2 “Descripción de las formaciones de edad Devónico – Pérmico”

Formación	Descripción litológica
Campo Chico (González de Juana et al., 1980)	Caracterizada por la presencia de unas grauwasas ferruginosas de grano medio a grueso, intercaladas con limolitas carbonáceas y esporádicamente con calizas microcristalinas gris oscuro
Caño del Oeste (Bowen, 1972)	Predominan los sedimentos lutíticos
Caño Grande (Bowen, 1972)	Caracterizada por cuerpos de subgrauwasas micáceas y areniscas de grano fino interestratificadas en capas delgadas, mostrando en la parte superior calizas y lutitas bioclásticas recristalizadas, muy duras, las cuales alternan con capas de limolita micácea, carbonácea y piritica y con calizas microcristalinas
Las Guineas (Bowen, 1972)	La porción basal del grupo se caracteriza por areniscas cuarcíferas con estratificación cruzada y lutitas limosas

Tabla N° 3. 3 “Paleozoico Superior de la Sierra de Perijá”

Formación	Descripción Litológica
Palmarito González de Juana et al., 1980)	Se dispone discordante sobre las formaciones Carboníferas. En su parte norte consiste de dos miembros uno clástico arenoso, en la parte basal, y otro calcáreo en la parte superior. El primero de ellos se encuentra caracterizado por areniscas de grano medio a fino con laminación cruzada y estratificación delgada a media. El miembro superior consiste de una caliza gris, maciza, fosilífera con ftanita. (
Río Palmar (Bowen, 1972)	Caracterizada por unas calizas oolíticas, cerca de la base y conchíferas en el resto de la sección, encontrándose asociadas a limolitas calcáreas finas. Además en la parte central de la unidad se presentan dos horizontes de ftanita. Según su contenido faunal, se estima una edad Pennsilvaniense Inferior <i>Ambiente:</i> Según el mismo autor es de plataforma marina poco profunda, pero alejada de la fuente de sedimentos. (González de Juana et al., 1980).

<p>Caño Indio Bowen (1972)</p>	<p>Caracterizada por areniscas macizas gruesas, en las cuales el tamaño de grano es muy variable, de muy fino a grueso y se encuentran intercaladas con limolitas, predominando estas últimas hacia el tope</p> <p><i>Ambiente:</i> Se considera que la parte superior por lo menos es un ambiente marino por la presencia de calizas fosilíferas</p>
<p>Caño del Noroeste (Bowen, 1972)</p>	<p>Se destaca, posiblemente, un solo horizonte de calizas crinoidales delgadas y margas grises que debido a su contenido faunal, permite determinar su edad en el Carbonífero Temprano-Medio</p> <p><i>Ambiente:</i> Aguas llanas restringido (González de Juana et al, 1980).</p>

C.- Triásico – Jurásico:

La sedimentación en el área de la Sierra de Perijá en el periodo Triásico - Jurásico, se encuentra representada, por el Grupo La Gé (Hea y Whitman, 1960 en González de Juana et al., 1980). (Ver figura 2). Este grupo se encuentra representado por las formaciones Tinacoa (Liddle et al. 1943 en Parnaud et al. 1995), Macoita (Hedberg y Sass, 1937 en Parnaud et al., 1995) y La Quinta (Künding, 1938 en Parnaud et al, 1995).

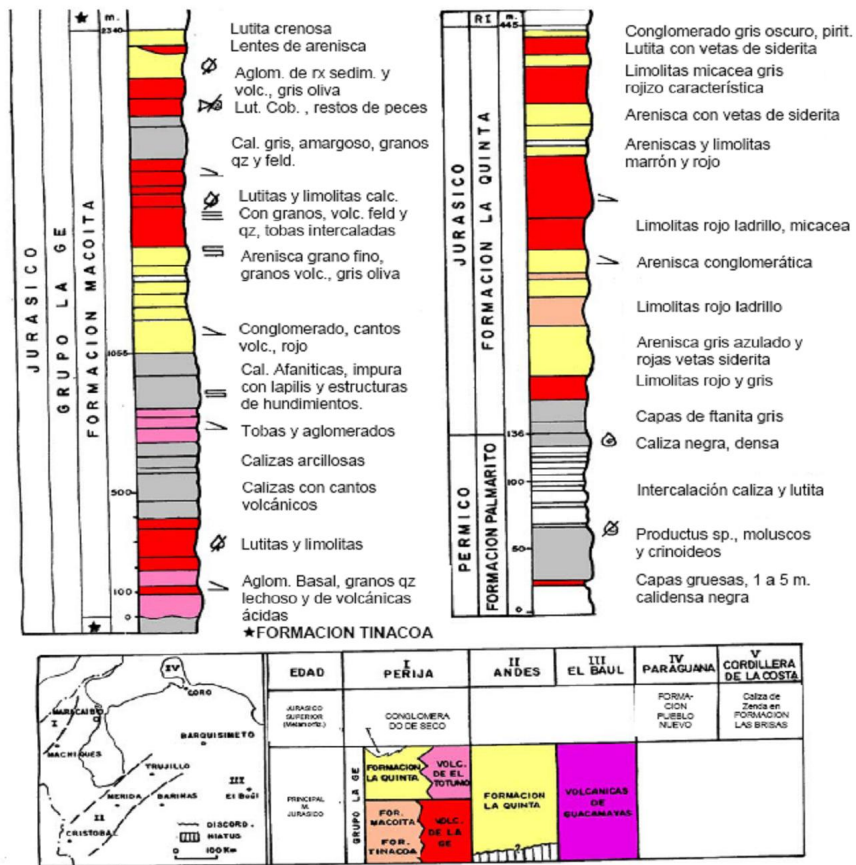


Figura 3. 2.- Cuadro Crono –Estratigráfico y Columna Litoestratigráfica del Jurásico en la Sierra de Perijá (Tomado de Mendoza., 2005)

Este conjunto sedimentario refleja un carácter continental con una fuente de aporte de cenizas volcánicas (Parnaud et al., 1995).

Tabla N° 3. 4 “Descripción del Grupo la G”

Formación	Descripción Litológica
La Quinta (CIEN, 1997).	<p><i>Litología:</i> La formación se divide en tres intervalos descritos por Maze (1984) en la quebrada La G. consiste de arcosa marrón a roja oscura, de grano fino a medio y con pocas intercalaciones piroclásticas. Presencia de fragmentos vegetales y de carbón. Por encima de este intervalo se desarrolla un área de transición, compuesto por capas de basalto-andesitas, conglomerados tobáceos y arcosas verdes, intercalaciones de arcosa marrón a rojo oscuro y lutitas rojas a negras fosilíferas, se presentan menos carbonatos que en la sección anterior, son comunes en forma de lentes, esferas o nódulos irregulares. El intervalo superior esta constituido por rocas de grano más grueso, localmente conglomerático de cantos, que consisten de una arcosa roja oscura a marrón principalmente y unas capas de ceniza roja félsicas finas.</p> <p><i>Espesor:</i> 1700 metros en la Quebrada la Ge. Hea y Whitman (1960) consideran que el mínimo espesor conseguido en esa quebrada es de unos 1050 metros (Maze,</p>

	<p>1984).</p> <p><i>Edad:</i> Jurasico Tardío – Medio. (Maze 1984a; Lugo y Mann, 1995).</p>
<p>Macoita (CIEN, 1997).</p>	<p><i>Litología:</i> Intervalo constituido de lutitas y limolitas calcáreas, que algunas veces se presentan pseudo-oolíticas, las cuales se interstratifican con grauvacas, areniscas tobáceas, tobas líticas, que muestran frecuentemente estratificación cruzada (González de Juana et al, 1980).</p> <p><i>Edad:</i> Jurásico Medio. (Maze 1984a; Lugo y Mann, 1995).</p>
<p>Tinacoa (CIEN, 1997).</p>	<p><i>Litología:</i> Se acumuló en un ambiente poco profundo de aguas dulces a salobres, generando la formación de las calizas, de abundante materia vegetal detrítica y ausencia de clásticos y terrígenos. El material volcánico presente es de mayor tamaño hacia la parte superior de la misma, algunas veces embebido en los sedimentos o formando capas (González de Juana et al., 1980). Los piroclásticos crecen en volumen hacia el tope y lateralmente y se conocen como las Volcánicas de la Ge (González de Juana et. al., 1980)</p> <p><i>Edad:</i> Jurásico Medio Temprano (Maze 1984a; Lugo y Mann, 1995).</p>

Marco tectónico:

Domina en esta secuencia sedimentaria, un periodo de "rifting" o apertura y separación de la Pangea durante el tiempo del Jurásico, lo que Parnaud et al. (1995), define como supersecuencia A o extensiva. (Ver figura 3)

D.- Cretácico Temprano:

Cretácico Temprano → Formación La Luna

Formación Maraca

Formación Lisure

Formación Apón

Formación Río Negro

Este conjunto sedimentario representa según Parnaud et al. (1995), a la supersecuencia B o secuencia de margen pasivo, la cual marca el comienzo de la trasgresión marina cretácica en Venezuela. Esta trasgresión es correlacionable con los cambios eustáticos globales que se tienen desde el Cenomaniense Tardío hasta el Campaniense y se representan en la curva de Haq et. al., (1988), (ver Figura 3.3)

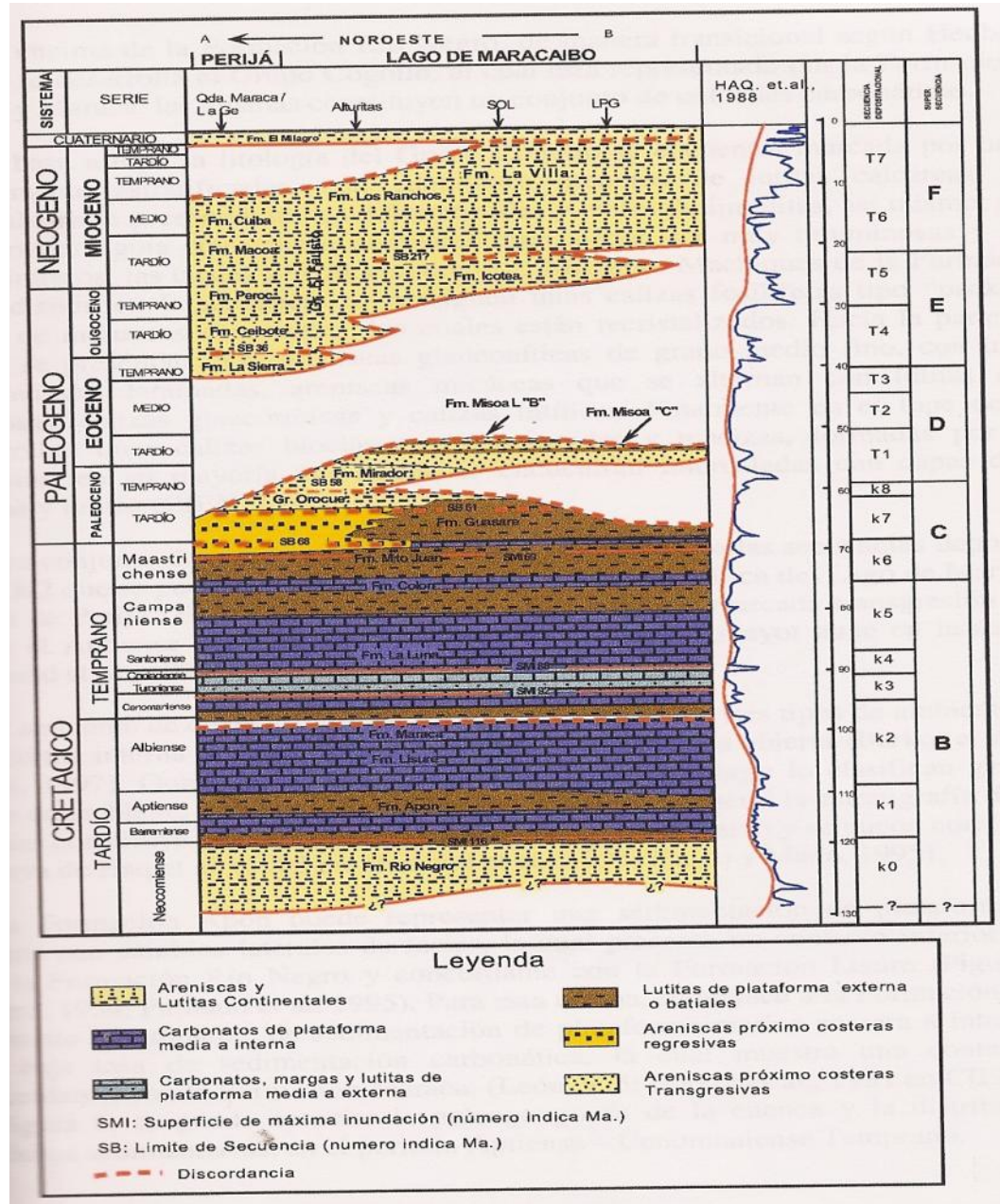


Figura 3. 3- Carta cronoestratigráfica del Lago de Maracaibo y la Sierra de Perijá, donde se muestran las distintas formaciones que se representan en el área y sus relaciones estratigráficas (Tomado y modificado de Parnaud et. Al. 1995)

En la Sierra de Perijá y en el Lago de Maracaibo, según Canache et al. (1994), se puede reconoce un hiatus de edad Cenomaniense Temprano localizado entre la parte superior de la Formación Maraca y la base de la Formación La Luna. Esta

erosión trunca prácticamente la secuencia Albiense, y la misma se encuentra relacionada a la colisión del arco volcánico del Pacífico con la corteza continental de Suramérica, lo que genera una deformación flexural en el frente de aplicación de la carga. Una cuenca de ante país o "foreland" se desarrolla al oeste de la Sierra de Perijá y un "forebulge" aparece en las áreas de Perijá y el lago de Maracaibo.

Según Parnaud et al., (1995), las secuencias depositacionales **K1** y **K2**, que se aprecian en la carta cronoestratigráfica del Lago de Maracaibo y La Sierra de Perijá representan la marcada transgresión que abarca desde el Apítense hasta el Campanéense, tomando como mayor auge en la secuencia **K2**.

Tabla N° 3. 5 “Descripción Litológica del Cretácico Temprano”

Formación	Descripción Litológica
La Luna (CIEN, 1997)	<i>Litología:</i> Es considerada como el marcador del punto de máxima transgresión en el cretácico de Venezuela (Parnaud et al., 1995). El cual es correlacionable a escala mundial, donde el evento se considera de edad Turoniense. Consiste de calizas de láminas delgadas, densas de color gris oscuro a negro, carbonáceas, bituminosas y de arcillas calcáreas. Caracterizada por concreciones elipsoidales y discoidales. Es común el sílex negro en forma de pequeñas laminas (Hedberg y Sass, 1937). Las concreciones elipsoidales a discoidales son entre 10 y 80 cm de diámetro. El tope se encuentra caracterizado por un intervalo de arenas glauconíticas con restos de peces y ocasionalmente plantas. Este intervalo es denominado Miembro Tres Esquinas y el mismo se presenta en un espesor reducido y se interpreta como una superficie de máxima inundación (MFS) que está localizada en el

	<p>Lago de Maracaibo y que corresponde con el límite de MFS del "datum" de los 79 Ma. (Parnaud et al., 1995 y CIEN, 1997).</p> <p><i>Edad:</i> Según CIEN, (1997) es Cenomaniense - Campaniense en base a su contenido fósil, el cual es principalmente microfósilífero. Sin embargo, esta formación muestra una fauna macrofósilífera importante, que se encuentra caracterizada por abundante restos de peces y amonites (Hedberg y Sass, 1937 y Ford y Houbolt, 1963).</p>
--	---

<p>Río Negro (CIEN, 1997)</p>	<p><i>Litología:</i> De base a tope la litología es de calizas gruesamente estratificadas, con cantidades menores de lutitas calcáreas y margas. Intercaladas se presentan lutitas dolomitizadas y lentes de limolitas, así mismo, se presenta un horizonte guía con calizas nodulares que pueden ser muy bituminosas y lutitas con foraminíferos, las cuales se conocen como el Miembro Machiques de la Formación Apón. Ascendiendo en la secuencia se consiguen unas calizas fosilíferas tipo "packstone" con restos de moluscos abundantes, recristalizados. Hacia la parte media del grupo se presentan unas areniscas glauconíticas de grano medio fino, con unas calizas, glauconíticas laminadas, areniscas micáceas que se alternan con lutitas arenosas y arcillosas, calizas glauconíticas y calizas lutíticas. Finalmente en el tope del grupo se desarrollan unas calizas bioclásticas, coquinoideas y macizas, formadas por <i>Ostreas</i> y <i>Trigonias</i></p>
-------------------------------	--

	<p>en su mayoría, las cuales se encuentran intercaladas con capas delgadas de margas y lutitas (CIEN, 1997).</p> <p><i>Ambiente:</i> Se estima de tres tipos: deltáico, plataforma interna marina restringida y plataforma externa abierta (Barkot et al., 1981; en CIEN, 1997), González de Juana et al. (1980), sin embargo lo clasifican genéricamente como un ambiente marino de aguas llanas. De manera general la estratigrafía del Cretácico Inferior constituye una sedimentación de carácter transgresivo y se puede correlacionar con la curva de Haq et al. (1988 en Parnaud et al., 1995) (Lugo y Mann, 1995).</p>
<p>Río Negro (Renz, 1959; Trump y Salvador, 1964; en Lugo y Mann, 1995</p>	<p><i>Litología:</i> Areniscas blancas, generalmente de grano grueso, conglomerados heterogéneos, arcillas y lutitas. (CIEN, 1997). Estos sedimento representan los depósitos basales de la transgresión Cretácica, y están caracterizados por ambientes de depositación de tipo fluvial y abanicos aluviales.</p> <p><i>Edad:</i> Neocomiense - Barremiense, basado en su posición estratigráfica, dado que su contenido fósil es escaso</p>

Marco tectónico:

En la figura 3.4, se puede observar como la Formación Apón, representa una sedimentación de plataforma somera a externa con cambios laterales de facies, presentando un contacto inferior transicional con la formación Río Negro y concordante con la Formación Lisure (González, 1999).

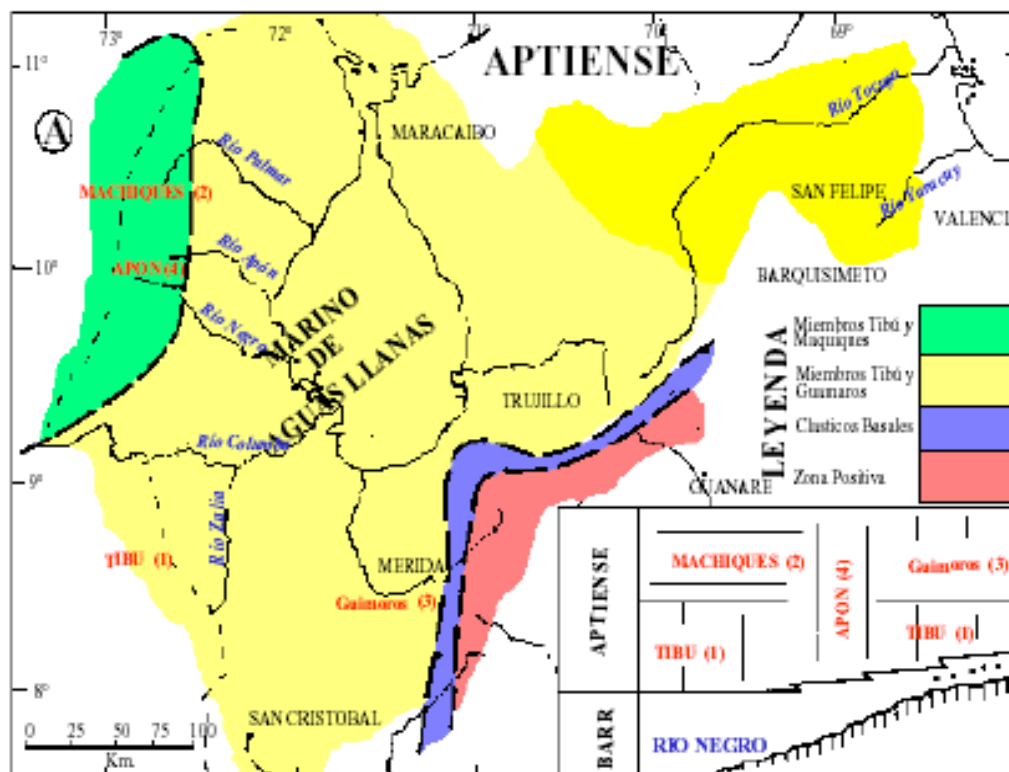


Figura 3. 4. Paleografía del Aptiense (Tomado de Mendoza 2005)

En la figura 3.5 del tope del Cenomaniense Tardío se puede, apreciar la paleogeografía de zona. El levantamiento de este "forebulge" hasta emerger, ocasiona la restricción de la sedimentación en el área y la erosión de la Formación Maraca durante el Cenomaniense Temprano (Parnaud et al., 1995)

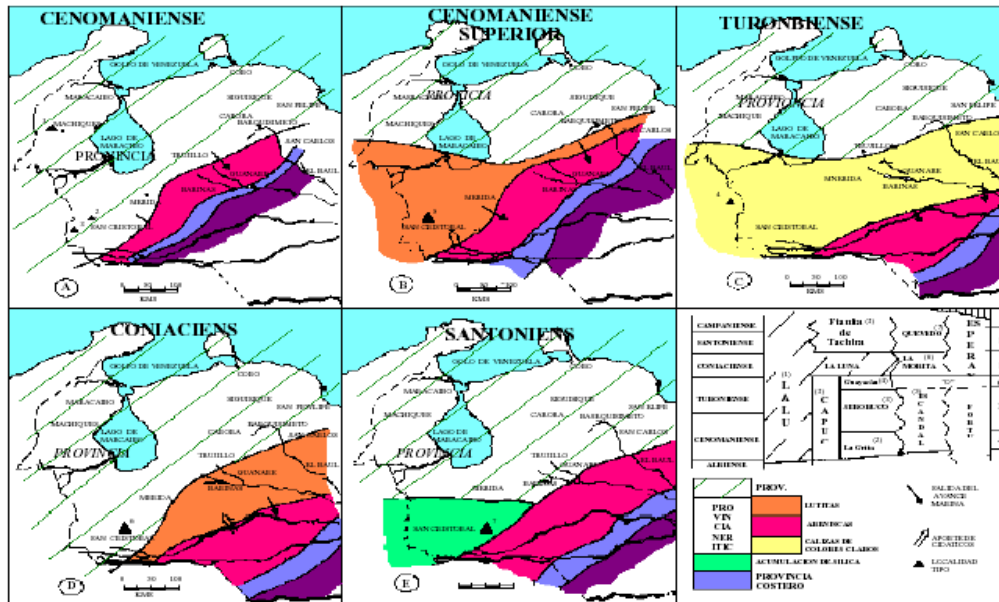


Figura 13 EVOLUCION PALEOGEOGRAFICA DURANTE EL CRETACICO MEDIO A SUPERIOR, ENTRE EL CENOMANIENSE Y EL SANTONIENSE CON TRES PROVINCIAS. EN LA PROVINCIA PELAGICA EN AMBIENTES ANOXICOS, HACIA EL N-NW SE DEPOSITAN LAS CALIZAS Y LUTITAS NEGRAS PIRITICAS DE LA FORMACION LA LUNA. EN LAS PROVINCIAS NERITICAS Y COSTERO CONTINENTAL LAS FACIES FUERON MAS CLASTICAS DE AGUAS MAS OXIGENADAS, DE LAS FORMACION CAPACHO, ESCANDALOSA Y FORTUNA. HACIA EL TOPE LA FORMACION LA LUNA CAMBIA A FACIES MAS SILICAS (FTANITA DE TACHIRA) Y SUS EQUIVALENTES SON DE AMBIENTES MAS CLASTICOS Y MAS OXIGENADOS HACIA EL S-SE, CON LA MORITA Y QUEVEDO Y EL EQUIVALENTE DE AMBAS LA FORMACION ESPERANZA (tomado de González de Juana y otros, 1.980)

Figura 3. 5. -Paleografía del Tope del Cenomaniense Tardío. (Tomado Mendoza 2005)

Las secuencias depositacionales **K3**, **K4** y **K5** (de la figura 3), según Parnaud et al. (1995, es el resultado de un episodio transgresivo que abarca desde el Cenomaniense Tardío hasta el Campaniense Temprano, produciendo la depositación de una secuencia en una cuenca tipo “foreland”, la cual en el área de Perijá y el Lago de Maracaibo, recibe el nombre de Formación La Luna. La presencia de cenizas volcánicas en la base esta formación sugiere la existencia de un arco volcánico al oeste de la región de Perijá y la profundización rápida de la cuenca desde plataforma interna a profundidades batiales, reflejarían posiblemente la migración del “forebulge” hacia el este en dirección de la cuenca Barinas Apure (Figura 3.5).

E.- Cretácico Tardío

Cretácico Tardío → Formación Mito Juan

Formación Colón

Tabla N° 3. 6 “Descripción litológica del Cretácico Tardío”

Formación	Descripción Litológica
Mito Juan Ford y Houmbolt. 1963;	<p><i>Litología:</i> Presencia de lutitas grises, gris verdosas y negras, a menudo arenosas, en las cuales el contenido de limo y arena aumenta hacia el tope, en donde se encuentran capas delgadas de calizas y areniscas que son en su mayoría ricas en fragmentos de rocas, ftanita detrítica y feldespatos.</p> <p><i>Espesor:</i> Según Sutton (1946) varia desde 215 m a 755 m en el Estado Táchira y en la parte norte de la cuenca se han registrados espesores en pozos</p>

	<p>de unos 150 metros</p> <p><i>Edad:</i> Masstrichtiense Tardío (Cushman y Hedberg, 1941 en Sutton, 1963)</p>
<p>Colón (Ford y Houbolt. 1963 y CIEN, 1997)</p>	<p><i>Litología:</i> Lutitas de color gris oscuro a negro, macizas, localmente piríticas y ocasionalmente micáceas o glauconíticas que se interestartifican, con margas y capas de calizas en menor proporción. Las lutitas se presentan más arenosas hacia la base y hacia el tope de la formación</p> <p><i>Espesor:</i> En la localidad tipo es de 900 metros., sin embargo, en la cuenca del lago y en la Sierra de Perijá a lo largo del Río Cachirí el espesor encontrado es de 470 m (Sutton. 1946). La extensión geográfica de la unidad abarca toda la cuenca de Maracaibo (CIEN, 1997)</p> <p><i>Edad:</i> Campanéense - Masstrichtiense Temprano</p>

Marco tectónico:

Según Gonzáles (1994) Para el tiempo del Campaniense Tardío - Masstrichtiense se inicia la regresión debido al régimen tectónico reinante para el momento (ver Figura 8), lo cual, permite la depositación de las facies arcillosas de la Formación Colón (Liddle, 1928 en Parnaud et al., 1995). La sedimentación de esta secuencia finaliza con el sistema encadenado de alto nivel (highstand systems tract) que se encuentra expresado en la Formación Mito Juan (Figura 8) Gamer, 1926 en Parnaud et al., 1995). Esta característica le permite a Parnaud et al. (1995), definir estas formaciones en la secuencia depósital K6, la cual se puede ver en la Figura 3.3.

Numerosas unidades depósitacionales a pequeña escala comienzan a generarse con indeterminadas superficies de inundación. Generalmente la unidad arcillosa de la Formación Colón es interpretada como una cobertura transgresiva, en donde se encuentran presentes dos intervalos que definen ambientes de aguas profundas en la parte inferior y media para la unidad, y unas condiciones mas someras para la parte superior de la misma, que marca el inicio de la regresión (CIEN, 1997). Esto, le da paso a la Formación Mito Juan la cual se encuentra caracterizada por un sistema depositacional progradante que identifica el sistema de alto nivel "highstand" (Parnaud et al., 1995), donde el mismo se encuentra marcado por ambientes de aguas salobres a marinas poco profunda el cual evidencia el relleno de la cuenca (Sutton, 1946). .

Una erosión muy pequeña registrada en el área de Perijá, hacia el tope de esta secuencia sugiere un leve tectonismo en esta zona (Figura 3.3). Para el final del Cretácico y comienzo del Paleoceno, la cuenca "foredeep" de la Sierra de Perijá estaba relleniéndose con los sedimentos del "highstand" de la Formación Mito Juan, los cuales provenían de una Fuente del oeste (Figura 3.6). (González, 1999)

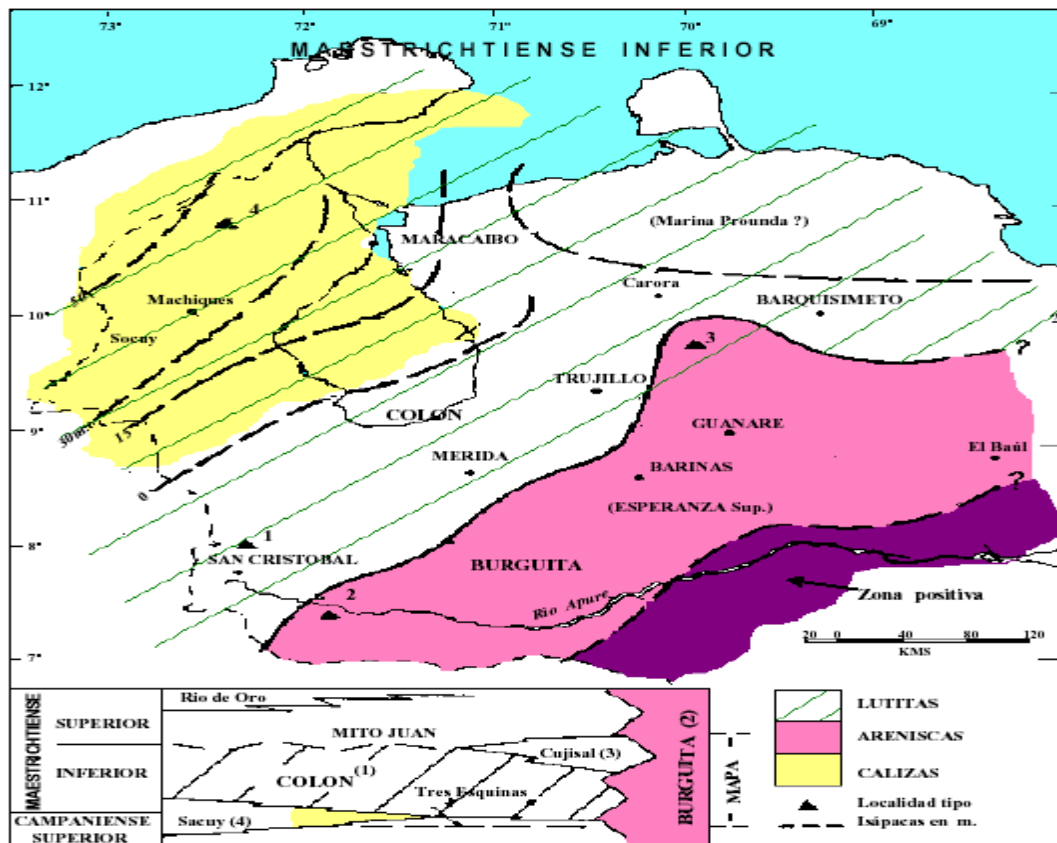


Figura3. 6. Paleografía del Campanéense Tardío - Maastrichtiense. Las calizas del miembro Socuy al N-NW son cubiertas por las lutitas de la Formación Colón típica. Al S-SE, se desarrolla la facie arenosa de la formación Burguita u del miembro Cujisal (Tomado de Mendoza 2005)

F.- Cenozoico Temprano, Paleoceno - Eoceno Medio

Cenozoico temprano – Eoceno medio → Formación Guasaré

Grupo Orocue → Fm. Marcelina

Fm. Trujillo

Fm. Mirador

Fm. Misoa

Fm. Paují

Tabla N° 3. 7 “Descripción litológica del Cenozoico temprano – Eoceno medio

Formación	Descripción Litológica
Guasare (CIEN, 1997)	<p>Esta formación marca el comienzo del proceso de regresión franca que se da en el oeste de Venezuela</p> <p><i>Litología:</i> calizas, generalmente glauconíticas, intercaladas con los cuerpos de calizas se presentan algunas lutitas y limolitas, así como areniscas, calcáreas y glauconíticas.</p>
Key (1960)	<p><i>Litología:</i> En el subsuelo de la formación se encuentran lutitas grises oscuras, más o menos arenosas, laminadas o macizas, carbonáceas y a veces micáceas. Conjuntamente a los sedimentos se encuentran areniscas grises claras a marrones, de grano fino a medio, calcáreas y glauconíticas y a veces carbonáticas, limolitas y arcillitas grises con esférulas de siderita. En menores proporciones se presentan calizas arenosas de color gris con algunas capas muy delgadas de carbón</p> <p><i>Ambiente:</i> Marino nerítico; el cual se encontró influenciado por un ambiente deltáico que dominó hacia la parte suroeste</p>
Grupo Orocué (CIEN, 1997)	<p><i>Litología:</i> Intercalación de lutitas, arcillitas carbonosas con laminaciones de carbón, areniscas intercaladas con limolitas y lutitas con algunas vetas de carbón, así como areniscas en capas gruesas de grano fino a medio junto con unas capas de carbón</p>

	hacia el tope. <i>Ambiente:</i> Parálisis, con sedimentación deltáica
Formación Marcelina (Sutton, 1946)	<i>Litología:</i> Presencia de intercalaciones de areniscas, lutitas, lutitas arenosas y capas de carbón. En la base las areniscas son más gruesas y macizas, localmente calcáreas, mientras que hacia el tope pasan a ser más delgadas, y a presentarse intercaladas con lutitas color gris, muestran laminaciones de mica y carbón. Las lutitas por lo general son grises, oscuras a negras y muestran fractura concoidal y en forma de lápices. Es común la presencia de nódulos de areniscas y calizas arenosas, con una forma alargada. El carbón presente en esta formación es de tipo subbituminoso a bituminoso y es más abundante hacia la base de la misma (Sutton, 1946).
Parnaud et al. (1995)	Ésta formación para el autor representa la parte final de la supersecuencia C o secuencia de transición entre el margen pasivo y activo (secuencias K7 y K8 Figura 3.4).
Formación Trujillo (Sutton, 1946).	<i>Litología:</i> Caracterizada por un intervalo espeso de lutitas de color azul a gris oscuro a grises oscuras y negras, las cuales localmente pueden ser micáceas y carbonáticas
Brondijk, (1967)	<i>Litología:</i> Representa un relleno con sedimentos del tipo "flysh", junto con numerosas lutitas, intercalaciones de turbiditas, "wildflysh" y bloques deslizados que se estaban depositando en la cuenca

	subsidente del Lago de Maracaibo
<p>Formación Mirador (González de Juana et al., 1980)</p>	<p><i>Litología:</i> Se encuentra caracterizada por depósitos de areniscas claras macizas que presenta un grano fino a medio, conjuntamente con capas delgadas de gránulos o gujarros de composición cuarzosa. A lo largo de toda la sección tipo se presenta material carbonáceo, apreciándose algunas intercalaciones de lutitas en su tercio superior y capas delgadas de carbón las cuales se encuentran interstratificadas con las mismas.</p> <p>Ésta se deposita discordantemente por encima de la formación Trujillo</p> <p>Ambiente: Régimen fluvial con una capcición de arenas en barras de meandro y canales (González de Juana et al., 1980).</p> <p>Según Parnaud et al., (1995) la unidad representa una depositación continental persistente que se presenta hacia el sur, en una fase transgresiva de la cuenca ocasionada por la flexura de la plataforma frente a la gran carga que generaron las napas en la parte central de la cuenca del lago de Maracaibo.</p> <p>Según Van Veen (1972), la formación Mirador fue depositada por un complejo fluvio-deltáico, de ríos que provenían del sur y suroeste, debido a que durante el Eoceno no habían emergido las montañas andinas que rodean la cuenca del Lago del Maracaibo</p>

<p>Formación Misoa (CIEN, 1997)</p>	<p><i>Litología:</i> Presenta areniscas, limolitas y lutitas intercaladas, en diferentes cantidades. Hacia el este, en la Sierra de Perijá, se pueden apreciar algunas capas de calizas en la parte inferior. Los cuerpos lutíticos por su parte muestran una composición variable. Las lutitas se encuentran en forma de intercalaciones menores en las unidades compuestas por areniscas y limolitas, debido a esta característica las mismas alcanzan centenares de metros entre los complejos de areniscas</p>
<p>Brondjik (1967)</p>	<p><i>Litología:</i> Las calizas son escasas y se localizan exclusivamente en la base y en la región sureste y en el subsuelo del Lago de Maracaibo. Se describe como calizas de color gris a gris azulado, duras y con espesores de menos de un metro, generalmente arenosas, gradando a areniscas calcáreas. Generalmente bioclásticas.</p> <p><i>Espesor:</i> Variable, el mismo se adelgaza hacia el oeste donde es reducido por erosión. Los espesores compuestos alcanzan cerca de los 5000 metros, y varían entre el rango de los 3500 metros y los 5500 metros.</p> <p>Según Parnaud et al. (1995) el contacto de esta formación es discordante, con la formación Guasare y las demás formaciones del Paleoceno. Hacia el tope es concordante y transicional con la Formación Paují (CIEN, 1997). Van Veen (1972) menciona, que</p>

	<p>esta formación pasa lateralmente a la Formación Trujillo.</p> <p><i>Ambiente:</i> Representa un proceso sedimentario que varia desde deltáico alto, al suroeste y sur, a deltáico bajo y marino somero al norte y noreste (CIEN, 1997).</p> <p>Según Van Veen (1972), las formaciones Misoa fue depositada por un complejo fluvio-deltáico, por ríos que provenían del sur y suroeste, debido a que durante el Eoceno no habían emergido las montañas andinas que rodean la cuenca del Lago del Maracaibo</p> <p>Edad: Presenta una edad de sedimentación que va desde el Eoceno Temprano hasta el Eoceno Medio. (Parnaud et al., 1995)</p>
<p>Formación Paují (CIEN, 1997 y González de Juana et al., 1980).</p>	<p><i>Litología:</i> Se caracteriza por una espesa secuencia de lutitas, las cuales son fácilmente, diferenciables de la Formación Misoa infrayacente. Las lutitas se muestran macizas a fósiles. Presentan numerosas concreciones de tipo ferruginosa y calcárea. El contacto inferior de esta unidad es concordante con la Formación Misoa y el mismo puede ser abrupto e igualmente puede verse en algunas zonas como transicional. En el subsuelo del Lago de Maracaibo el contacto se presenta con las arenas "B" de la Formación Misoa y el mismo es concordante. El contacto superior es discordante (Parnaud et al.,</p>

	<p>1995).</p> <p><i>Edad:</i> Eoceno Medio, determinado sobre la base de foraminíferos planctónicos y concuerda bien con las edades asignadas para la Formación Misoa infrayacente.</p> <p><i>Ambiente:</i> Basado en el contenido faunal presente el cual esta constituido principalmente por foraminíferos de variados tipos, indicativos según Graves, 1988 en CIEN, 1997, de que la depositación se presento en aguas limpias y profundas, de talud superior y medio. La sedimentación de la Formación Paují constituye una transgresión marina desde el este-noreste, solapando sobre al Formación Misoa</p>
--	---

Marco Tectónico

Comienza con la colisión del arco volcánico del Pacífico con la placa Suramericana, este evento junto con la regresión del nivel mar a escala mundial, genera desde el Cretácico Tardío hasta el Paleoceno Tardío, una sedimentación de carácter regresiva típica de este tiempo (Figura 3.8). (González, 1999)

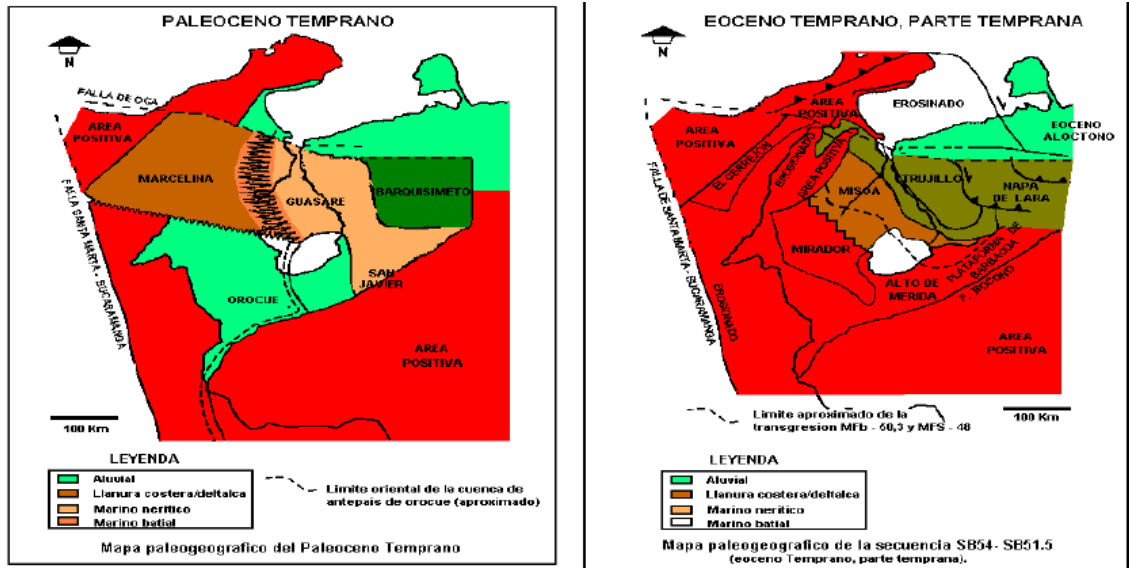


Figura 3. 7. Paleografía del Paleoceno Tardío - Eoceno temprano. (Tomado de Mendoza 2005)

Para el final del Paleoceno Tardío, comienza el emplazamiento de las napas de Lara hacia la parte norte del lago de Maracaibo (Parnaud et al., 1995; Figura 3.7. Estas napas gradualmente se emplazaron hacia el este y formaron una nueva cuenca antepaís o "foreland", la cual tenía una dirección aproximada de N20W, paralela a la margen noreste del Lago de Maracaibo (Figura 3.8). La flexura originada por esta deformación es la que ocasiona los diferentes ciclos transgresivos - regresivos que se reflejan en la sedimentación de las diferentes formaciones de edad Paleoceno Tardío - Eoceno presentes en la cuenca (Parnaud et al., 1995).

Para el final del Paleoceno hacia la parte este de la cuenca del lago de Maracaibo, se deposita la Formación Trujillo (Figura 9), la cual esta caracterizada por un intervalo espeso de lutitas de color azul a gris oscuro a grises oscuras y negras, las cuales localmente pueden ser micáceas y carbonáticas. Junto a estos cuerpos se pueden apreciar cantidades subordinadas de areniscas grises y marrones. Las lutitas por lo general se presentan físilas y ocasionalmente pueden mostrar concreciones elipsoidales y discoidales, piritas y calizas arenosas con hierro meteorizado. En la parte inferior de la Formación se han reportado delgadas capas de carbón subituminoso (Sutton, 1946); (González, 1999)

Durante el Eoceno Medio (Figura 3.8), dos cambios mayores modifican la configuración de la cuenca. El primero de esto es el emplazamiento final de las napas de Lara hacia el sur, generando como resultado una subsidencia por flexura en la plataforma de la cuenca de Barinas - Apure generando una inundación marina. (Parnaud et al., 1995). El segundo de estos, produce una línea de 'bisagra en la plataforma del lago de Maracaibo hacia la parte noreste del mismo producto de la carga tectónica ejercida por las napas de Lara (Parnaud et al., 1995). (González, 1999)

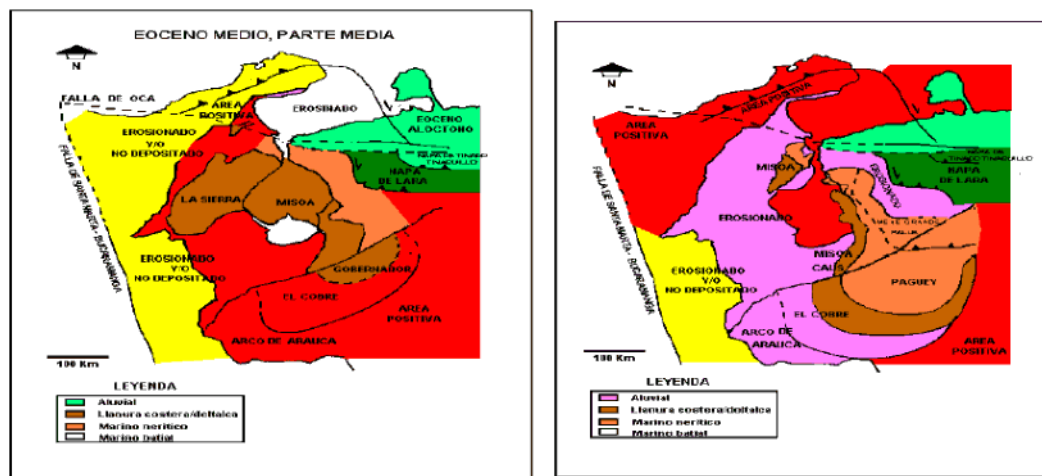


Figura 3. 8.- Paleogeografía del Eoceno medio. (Tomado y modificado de Mendoza. 2005).

La generación de la línea de bisagra en el Lago de Maracaibo, genera la paleogeografía existente en el mismo, para el tiempo del Eoceno Medio, la cual se puede observar en la figura 10. Esto permitió entonces las depositación de los sedimentos de plataforma somera caracterizados por las arenas "B" de la Formación Misoa seguida entonces por las condiciones de aguas profundas que permitieron depositar a las lutitas de la Formación Paují. Este conjunto constituye la secuencia depositacional T2 de Parnaud et al. (1995), mostrada en la Figura 3.3. Estos autores mencionan que esta secuencia finaliza en un sistema encadenado de alto nivel o "high stand system tract" progradacional que esta muy relacionado a las napas de Lara. Posteriormente continua la sedimentación de la parte superior de las arenas "B" y después se produce la flexura de la plataforma, generando la depositación de un

sistema encadenado de bajo nivel o "lowstand system tract" de tipo turbidítico, el cual corresponde a la Formación Paují. . (González, 1999).

El desarrollo de las napas de Lara según Parnaud et al. (1995) esta reflejado por la progradación forzada en dirección noreste. Esto se encuentra reflejado por la parte superior de la Formación Paují representando así la secuencia depositacional T3 (Figura 3). . (González, 1999)

G.- Cenozoico Tardío, Eoceno Tardío - Plio-Pleistoceno

Cenozoico, Eoceno – Plio – Pleistoceno → Grupo El Fausto → Fm. La Sierra

Formación Ceibote

Formación Peroa

Formación Macoa

Formación Cuiba

Formación Los Ranchos

Formación La Villa

Formación El Milagro

Tabla N° 3. 8 “Descripción Litológica del Cenozoico, Eoceno, Plio - Pleistoceno”

Formación	Descripción Litológica
La Sierra (González de Juana et al., 1980 y CIEN, 1997)	<p><i>Litología:</i> Se encuentra caracterizada por un conjunto de areniscas pardas, masivas, en capas gruesas a medianas, en las cuales se presenta algunas intercalaciones de lutitas, lutitas arenosas, limolitas y ocasionalmente conglomerados, laminas de lignito y raras capas de carbón</p> <p>Según Miller y San Juan (1963), la formación se puede dividir en tres miembros: Los Tanques, Caña Brava y Rincón. La parte basal de la formación, Miembro Los Tanques: presencia de areniscas masivas, grises a pardo claras, donde las capas son medianas a gruesas, con una granulometría de fina a gruesa y con un escogimiento pobre. Estratificación cruzada y localmente se presentan concreciones de siderita y areniscas, con forma elipsoidal y discoidal. Las areniscas son del tipo subgrawacas y grawacas y en la base de estas se puede apreciar una unidad conglomerática (Miller y San Juan, 1963).</p> <p>En el intervalo central, denominado el Miembro Caña Brava, se encuentran lutitas gris claro conjuntamente con areniscas de grano fino a medio, capas delgadas, estratificación cruzada, junto con limolitas cuarzosas. Poca presencia de lentes de calizas con restos de algas, así como</p>

	<p>capas de lignito (Miller y San Juan, 1963).</p> <p>El último miembro de esta formación se conoce como Miembro El Rincón en el cual predominan las areniscas, de color claro, con grano fino a grueso y estratificación cruzada. Conjuntamente con estos cuerpos se presentan lutitas gris oscuro, arcillas moteadas y algunas capas delgadas de areniscas conglomerática. Las arenas de este miembro se pueden clasificar como subgrawacas (Miller y San Juan, 1963 y CIEN, 1997).</p> <p>Los contactos de la Formación La Sierra son discordantes en la base y en el tope</p> <p><i>Ambiente:</i> El primero, serie de playas transgresivas; el segundo miembro, depositación de estuarios y lagunas costeras, Miembro Rincón, las islas de barreras formadas en la región de Alturitas - San José, en la zona central del distrito Perijá se hicieron mas estables y las lagunas fueron o rellenadas por sedimentos deltáicos y lagunales de grano grueso. De manera general el Grupo El Fausto lo constituyen ambientes de aguas someras salobres (CIEN, 1997)</p>
<p>Grupo El Fausto (CIEN, 1997).</p>	<p><i>Litología:</i> Constituido de base a tope por unas areniscas masivas, en capas que se desarrollan en menos de 1 a 6 m, muestran pobre escogimiento y un grano de fino a grueso, puede observarse ocasionalmente lentes conglomeráticos y</p>

	<p>estratificación cruzada. Conjuntamente con estos sedimentos se presentan algunas capas delgadas de arcillitas intercaladas. Hacia el tope el grupo comienza hacerse predominantemente arcilloso a limolítico, presentando cuerpos de color gris y un aspecto moteado característico, también se observan delgadas capas de areniscas con anhidrita, lignito, pelotillas de siderita, agregados de piritita y gránulos de glauconita</p> <p><i>Edad:</i> Oligoceno - Mioceno Tardío. <i>Ambiente:</i> Varía de base a tope, lo constituyen ambientes de aguas someras salobres (CIEN, 1997). Este grupo se correlaciona con las formaciones Lagunillas y La Rosa. Al sur, las formaciones Carbonera y León, son equivalentes a la parte inferior del grupo (formaciones Ceibote y Peroc), mientras que el Grupo Guayabo corresponde a las formaciones Macoa y Cuiba (CIEN 1997). El contacto superior del Grupo El Fausto es transicional con la Formación Los Ranchos y hacia la base discordante con la Formación La Sierra (González de Juana et al., 1980).</p>
<p>Los Ranchos (CIEN, 1997).</p>	<p><i>Litología:</i> Compuesta entre un 50 y 60 % de cuerpos arenosos. Lutitas, presentándose en cantidades menores limolita y conglomerados de guijarros o areniscas conglomeráticas (González de Juana et al., 1980) Los sedimentos dominantes se muestran bien estratificados, micáceos y ferruginosos, con algunas capas delgadas de</p>

	<p>areniscas conglomeráticas (CIEN, 1997)</p> <p><i>Ambiente:</i> Laguna costera de aguas salobre, con alguna influencia de sedimentación subaérea. Esta unidad es concordante y transicional con la Formación la Villa, la cual se presenta suprayacente a la misma</p>
<p>La Villa (González de Juana et al., 1980 y CIEN, 1997)</p>	<p><i>Litología:</i> Caracterizada por la presencia de arcillas en conjunto con areniscas de grano fino que, dependiendo de la ubicación, prevalecen sobre los sedimentos arcillosos. Las areniscas se muestran mal escogidas y a veces conglomeráticas. Por lo general la estratificación se observa mal desarrollada, reconociéndose estratificación cruzada esporádicamente. El contacto inferior de la formación es transicional con Los Ranchos y el contacto superior de la Formación La Villa es discordante angular con la Formación El Milagro CIEN, 1997).</p> <p><i>Edad:</i> Mioceno medio a tardío. <i>Ambiente:</i> Según Sutton (1946) esta marcado por depósitos de aguas dulces y llanas. Sin embargo Kerez y San Juan (1964), consideran que la sedimentación es del tipo fluvio - deltáico y lacustrino marginal (CIEN, 1997). Graf (1969) interpreta la sedimentación en ambientes de tipo fluvial y paludal sobre un amplio plano costero (CIEN, 1997)</p>

Marco tectónico:

Para el tiempo de depositación de la Formación la Sierra, el marco tectónico cambia totalmente, lo que genera el desarrollo en el este y noreste de relieves positivos que dividen la cuenca de Falcón y Maracaibo. Los levantamientos al oeste y sur de la Sierra de Perijá y la Cordillera Colombiana Oriental alimentaron, al sistema deposicional fluvio-deltaico que dominaba para aquel momento. La circulación marina desde el este continua activa afectando la cuenca. Barinas - Apure. Esta influencia marina predomina el Lago de Maracaibo hasta el final del Oligoceno Tardío - Mioceno Temprano. Para este periodo se puede reconocer según Parnaud et al. (1995), la secuencia deposicional T4, la cual esta constituida en su base por la Formación La Sierra y Formación Carbonera (Figura 3.10).

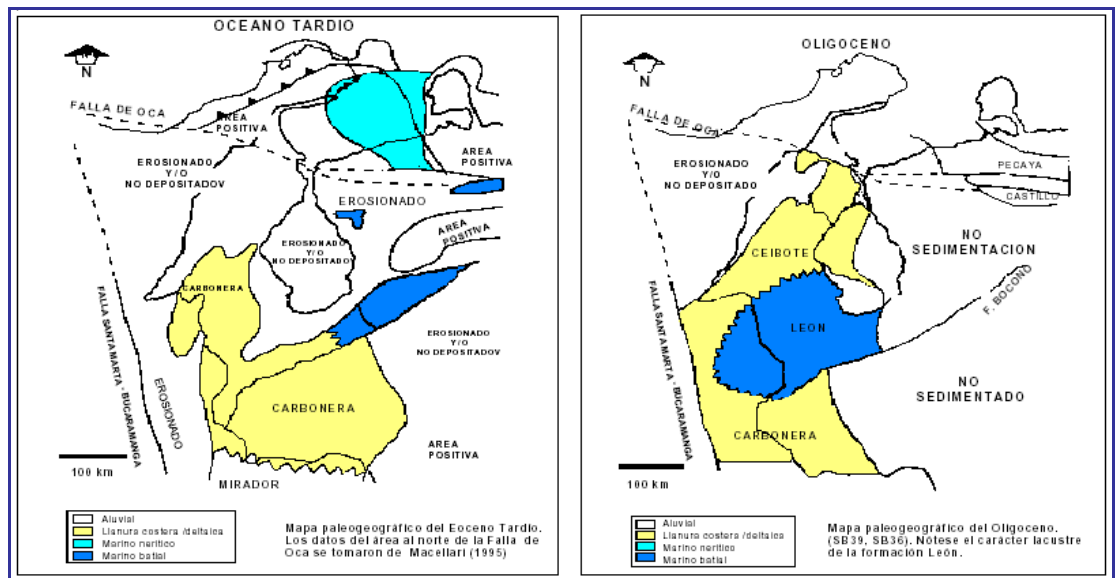


Figura 3. 9. Paleografía del eoceno tardío - oligoceno

(Tomado de Mendoza 2005)

La secuencia deposicional T4 forma parte de la supersecuencia E o secuencia de cuenca colisional, y la misma en su base corresponde sísmicamente a una discordancia caracterizada por la Formación La Sierra, que representa la erosión

del Eoceno desde el oeste al este y la erosión de la sección Paleoceno al sur de la Cuenca del Lago de Maracaibo (Figura 3; Parnaud et al., 1995).

Para Parnaud et al. (1995) la base del Grupo el Fausto está caracterizada por la Formación Ceibote que representa el tope de la secuencia T4. Por encima de esta, se desarrolla la secuencia depositacional TS que esta compuesta por los sedimentos comprendido entre el Oligoceno Tardío y el Mioceno Temprano. Estos, marcan una amplia y extensa inundación marina caracterizada en la Sierra de Perijá por las formaciones Peroc y Macoa. La base de esta secuencia según estos autores, es discordante y se encuentra en la sísmica por truncaciones y terminaciones del tipo "onlap". De igual manera aprecia un afinamiento de la misma hacia el este del Lago de Maracaibo y se acuña y desaparece a lo largo del alineamiento de Icotea (Figura 3).

Para el Mioceno Medio, se inicia el tectonismo compresivo a gran escala, afectado el Macizo de Santander, Sierra de Perijá y la cadena de los Andes Merideños. La orogénesis los Andes Merideños culmina en el Plio-Pleistoceno. El levantamiento de estas montañas se correlaciona con la depositación de las secuencias T6 y T7, las cuales están representadas por la Formación Cuiba perteneciente a la parte superior del Grupo EI Fausto y las formaciones, Los Ranchos, La Villa y Necesidad (Figura 3). (González, 1999)

Un levantamiento, acompañado de la sedimentación de una molasa a lo largo de la Cordillera Andina es lo que caracteriza este periodo. En la cuenca del Lago de Maracaibo la sedimentación marina es persistente, pero gradualmente va cambiando a una paleogeografía de aguas dulce al norte. En esta cuenca comienza una fase transgresiva durante el Mioceno Medio, produciendo la sedimentación de las formaciones Cuiba en Perijá y la Rosa en el Lago de Maracaibo, las cuales son seguidas por un evento regresivo progradante debido a la disminución de la influencia marina. Los ambientes de aguas dulces dominaron la sedimentación del centro de la

cuenca, reflejados por la depositación de las Formaciones Los Ranchos y La Villa (Parnaud et al., 1995). . (González, 1999)

Estas secuencias forman parte de la supersecuencia E o secuencia de cuenca colisional, definidas por Parnaud et al. (1995) y la misma localmente pueden exceder, los 5500 m de espesor en la antifosa flexural o "foredeep" (Figura 3.11). . (González, 1999)

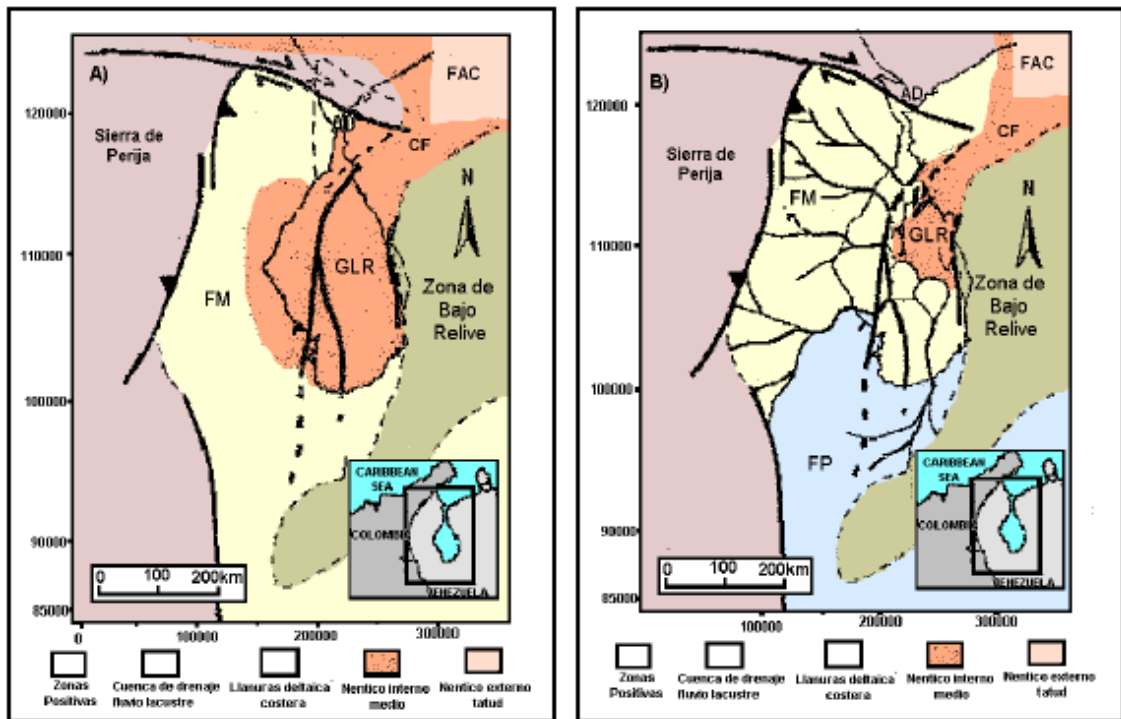


Figura 3. 10. Paleografía del Mioceno Medio en la cuenca del Lago de Maracaibo (Tomado de Mendoza 2005)

Esta deformación trae como resultado la separación del Lago de Maracaibo y la cuenca Barinas - Apure como se muestra en la Figura 3.10, Mioceno Medio - Pleistoceno (Parnaud et al., 1995). Numerosas discordancias angulares se presentan en los piedemontes del norte y sur de los Andes, quedando así un registro histórico de la tectónica que prevaleció en este periodo (Parnaud et al., 1995). . (González, 1999)

Tabla N° 3. 9 “Columna Estratigráfica”

ERA	SISTEMA	SERIE	PISO	GRUPO FORMACION/MIEMBRO	ESPESOR (metros)	LITOLOGÍA GRÁFICA	DESCRIPCION LITOLOGICA	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO		Cuaternario Reciente. Terrazas Cuaternarias	??		Alluvión	
			MIOCENO		Las Villas	520		Areniscas Arcillas Areniscas
		Los Ranchos		720				
	PALEOGENO	OLIGOCENO		El Fausto	820		Areniscas Lulitas	
			EOCENO		Carbonera		450	
				Mirador	300			
		PALEOCENO			Los Cuervos	220		
				El Barco	230			
	MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR	CAMPANIENSE	Mío Juan	230		Lulitas
				CENOMANIENSE	La Luna	140		Calizas
INFERIOR		ALBIENSE	Maraca	450		Calizas		
		APTIENSE	Lisire	520		Calizas		
			Apón	250		Arenisca		
		BERRIASIENSE	Río Negro	600				
JURASICO					Macota	750		Limolita
PALEOZOICO	Sin Diferenciar							

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4. Interpretación Geológica De Imágenes Mediante Landsat 7 En El Sur De La Sierra De Perijá (Mapas 5544 (RIO DAY) y 5644 (RIO ARICUAISA))

Este capítulo, contiene la metodología utilizada para llevar a cabo la correcciones atmosféricas de las imágenes en Landsat 7, además todos los procedimientos que se deben seguir para el procesamiento de imágenes hiperespectral vistos en satélites.

4.1. CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA DE BANDA

A continuación se muestra la metodología utilizada para realización de corrección de bandas en imágenes satelitales:

El procedimiento a trabajar se realiza en el “software” ENVI 4.2.

4.1.1. Calibración de la imagen en radiancia y poder realizarle la corrección atmosférica a cada banda:

Paso 1. se selecciona “Basic Tools” en el menú principal del programa, luego se hizo clic en “Preprocessing”-- “Calibration Utilities”--“Landsat TM”

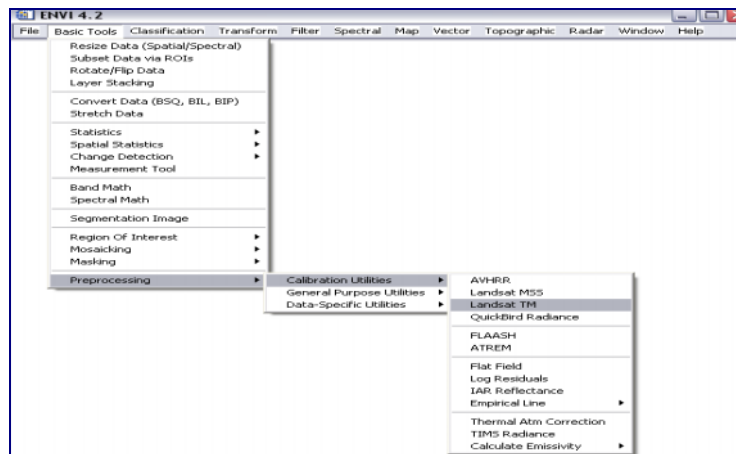


Fig. 4.1

Paso 2. Aparece la ventana Calibration Input File, busca la banda (**Open**), se marca para su calibración se presiona “**OK**”

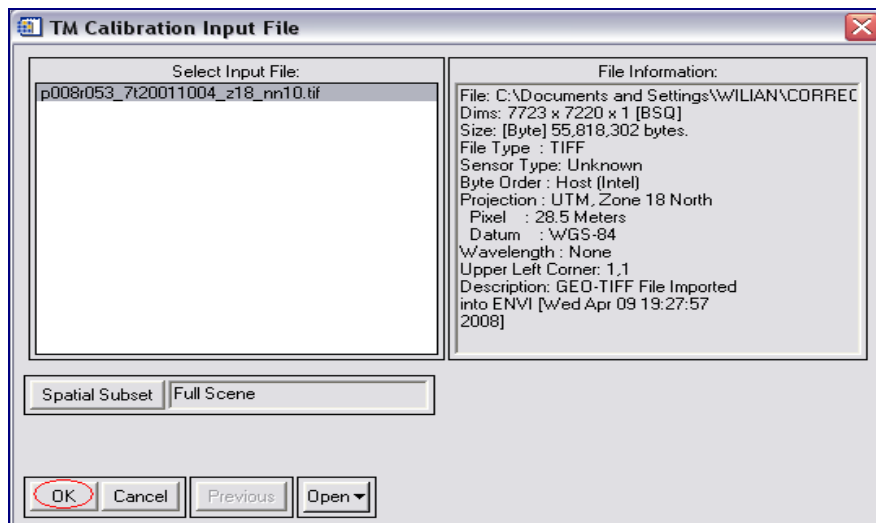


Fig. 4.2

Paso 3. Al hacerlo se activa una tabla la cual se debe reflejar todos Parámetros de Calibración de cada Banda (mes, día y año de adquisición, elevación del sol, escala mínima y máxima de la banda, el tipo de calibración), el cual se encuentra en el archivo original **Metadata** “Ver Anexo 5”. Seleccionar “**Choose**”, ingresar un archivo de salida para guardar la calibración de ese archivo de banda

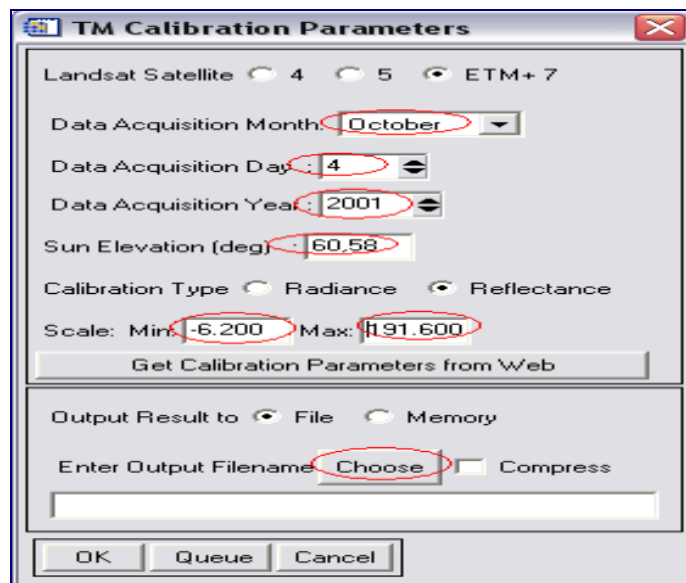


Fig. 4.3

Paso 4. Presionar “Ok” para guardar cada procesamiento de banda en la imagen

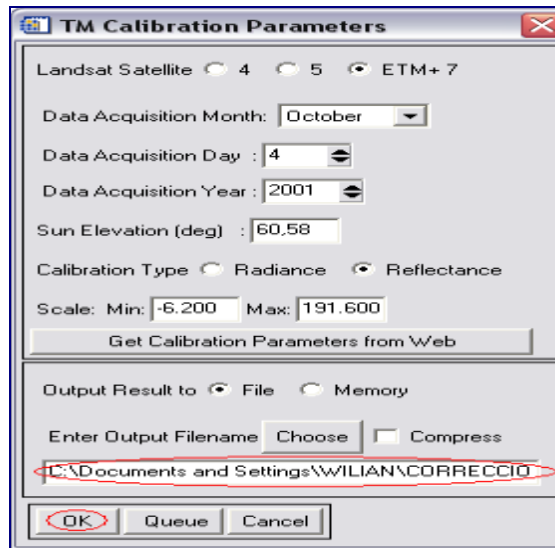


Fig. 4.4

“Todo el procedimiento anteriormente explicado se realizara para cada banda”

Las bandas son: 10, 20, 30, 40, 50 y 70

Resultados

Para 1 Banda

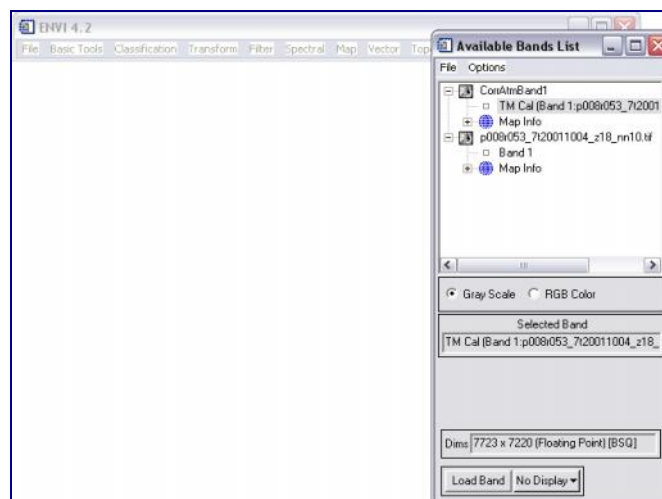


Fig. 4.5

Para Todas las Bandas

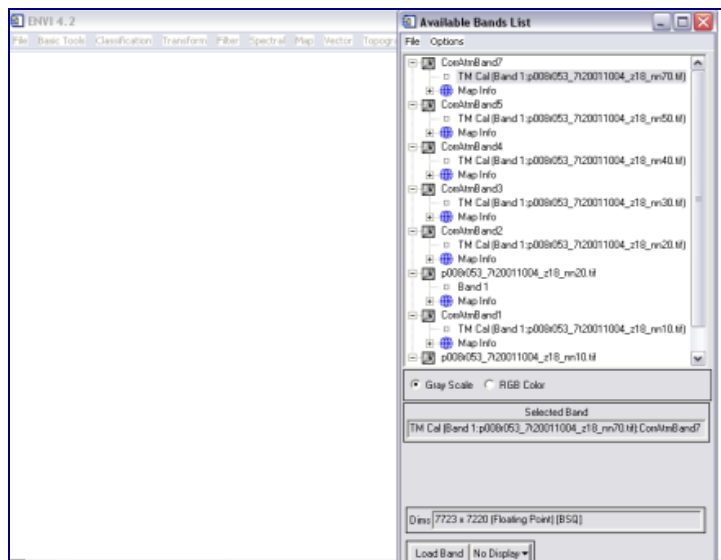


Fig. 4.6

Resultado de Calibración de Bandas

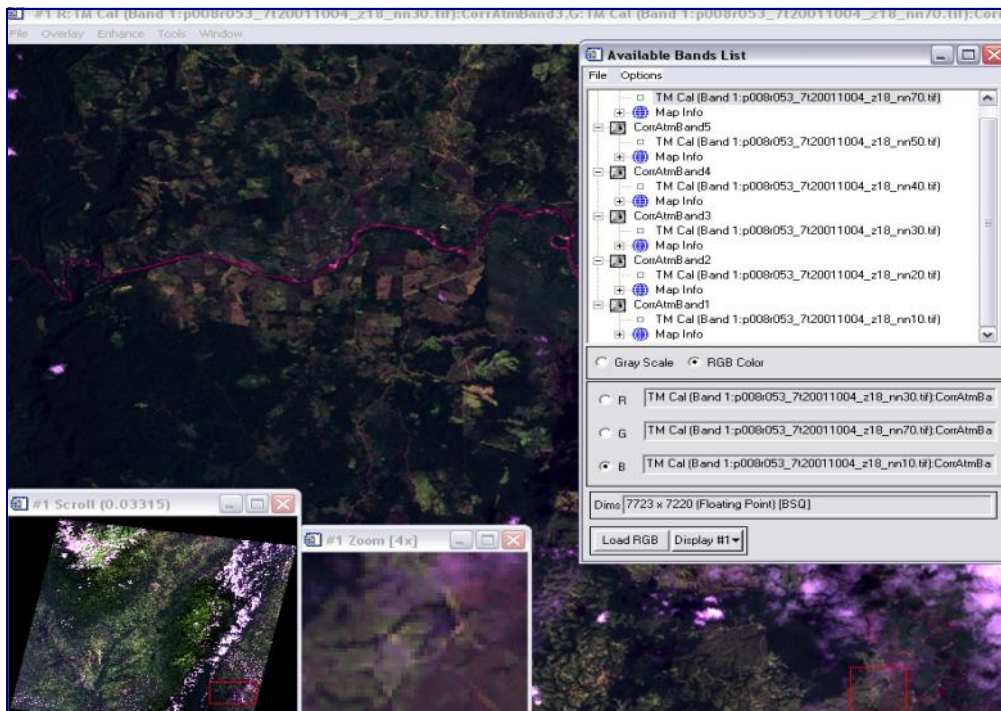


Fig. 4.7

4.1.2. Calibración en Layer Staking

Paso 1. se selecciona “Basic Tools” se abre la ventana “Layer Staking”

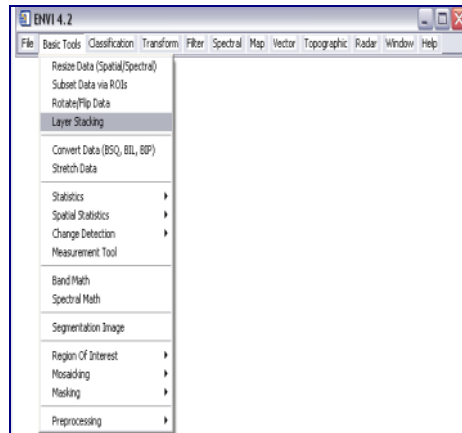


Fig. 4.8

Paso 2. Se selecciona Import File, para extraer las imágenes de bandas corregidas, las cuales serán extraídas desordenadas

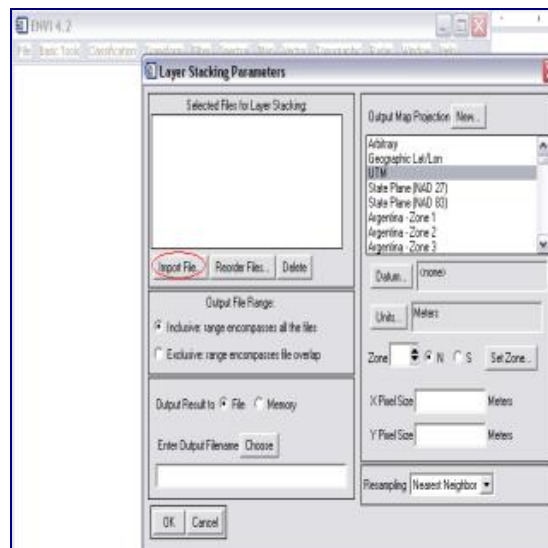


Fig. 4.9

Paso 3. Extraídas todas las imágenes de bandas, se selecciona de abajo hacia arriba para guardar en orden el procedimiento. Todo esto con el propósito de obtener una corrección de bandas ordenadas

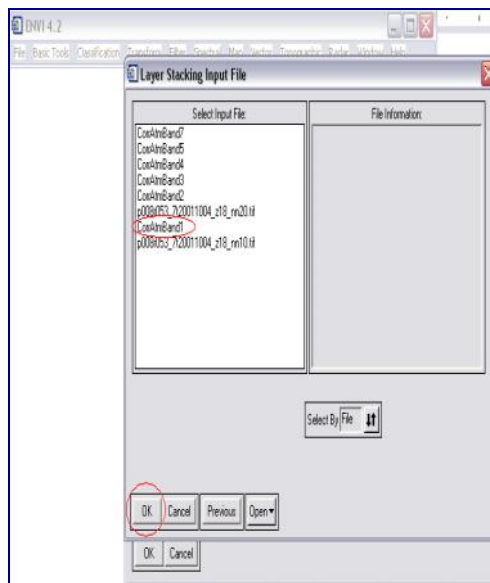


Fig. 4.10

Paso 4. Ordenadas todas las bandas

Selecciono **“Choose”** para guardar el procesamiento

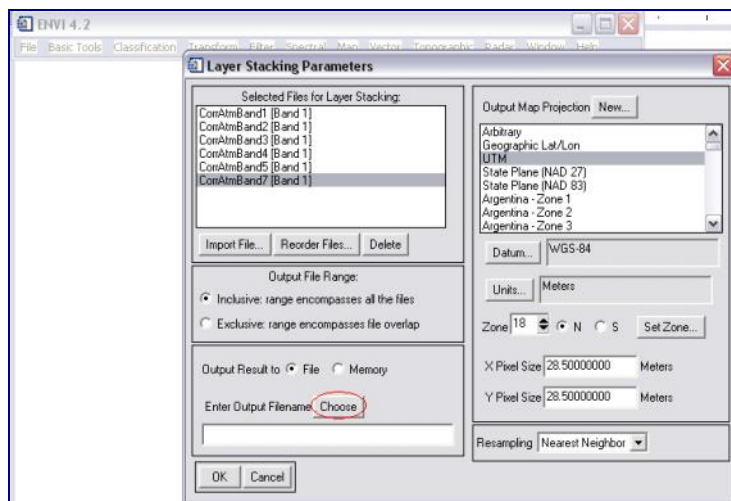


Fig. 4.11

Paso 5. Se guardan en una carpeta seleccionada

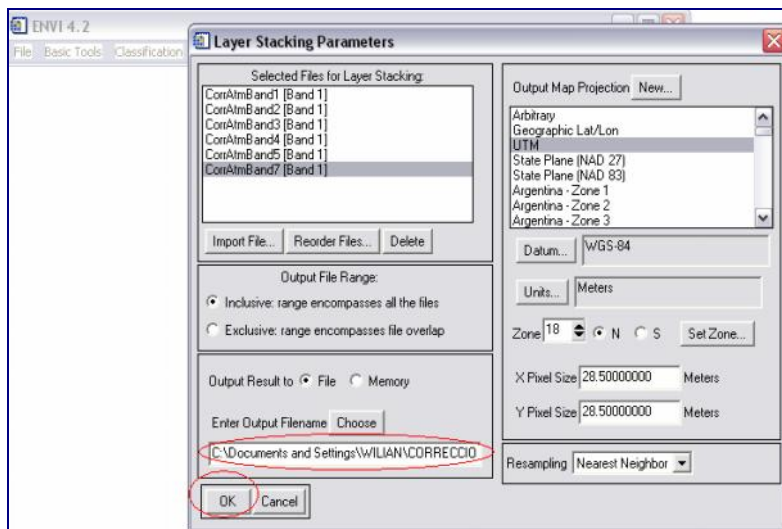


Fig. 4.12

Resultado de la imagen en layer stacking

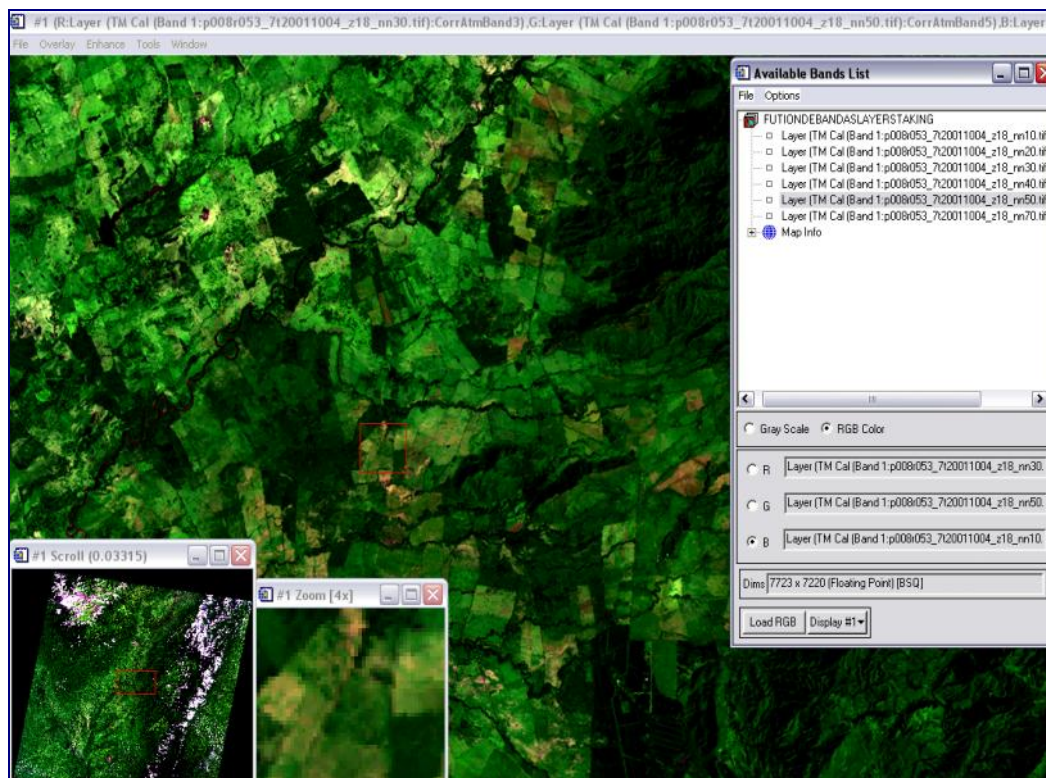


Fig. 4.13

4.1.3. Calibración en Formato Bill

Paso 1. Se selecciona Basic Tools

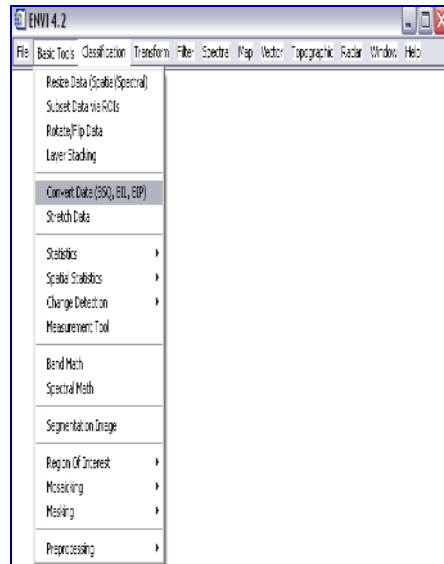


Fig. 4.14

Paso 2. Se abre una ventana llamada Convert File Input File, se selecciona la corrección del Archivo Layer Staking y se hace clic en “OK”, seguidamente se mostrara una ventana “Convert File Parameters”

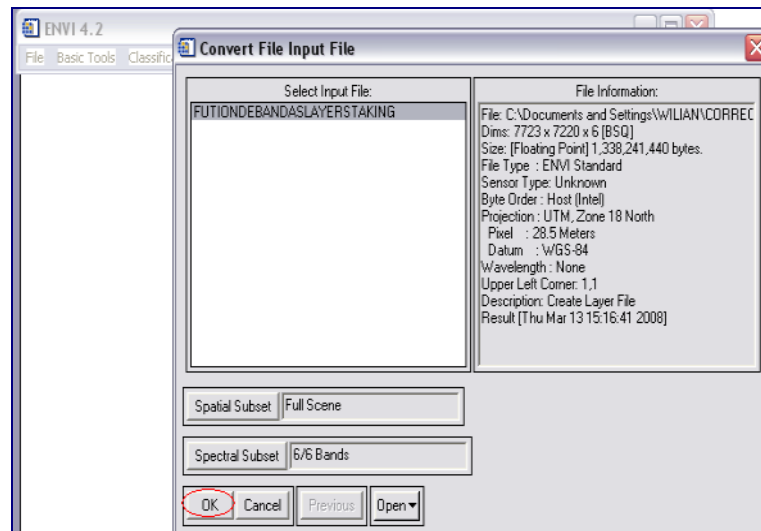


Fig. 4.15

Paso 3. Se convierten los Parámetros a Bill

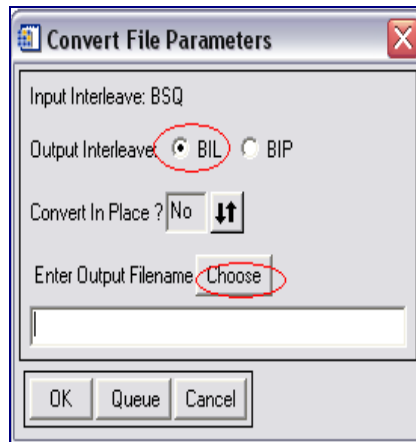


Fig. 4.16

Paso 4. Se guarda en una Carpeta y se observaran los resultados

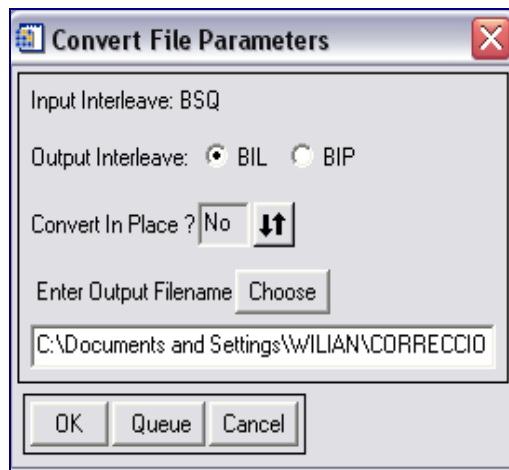


Fig. 4.17

Resultados en Bill

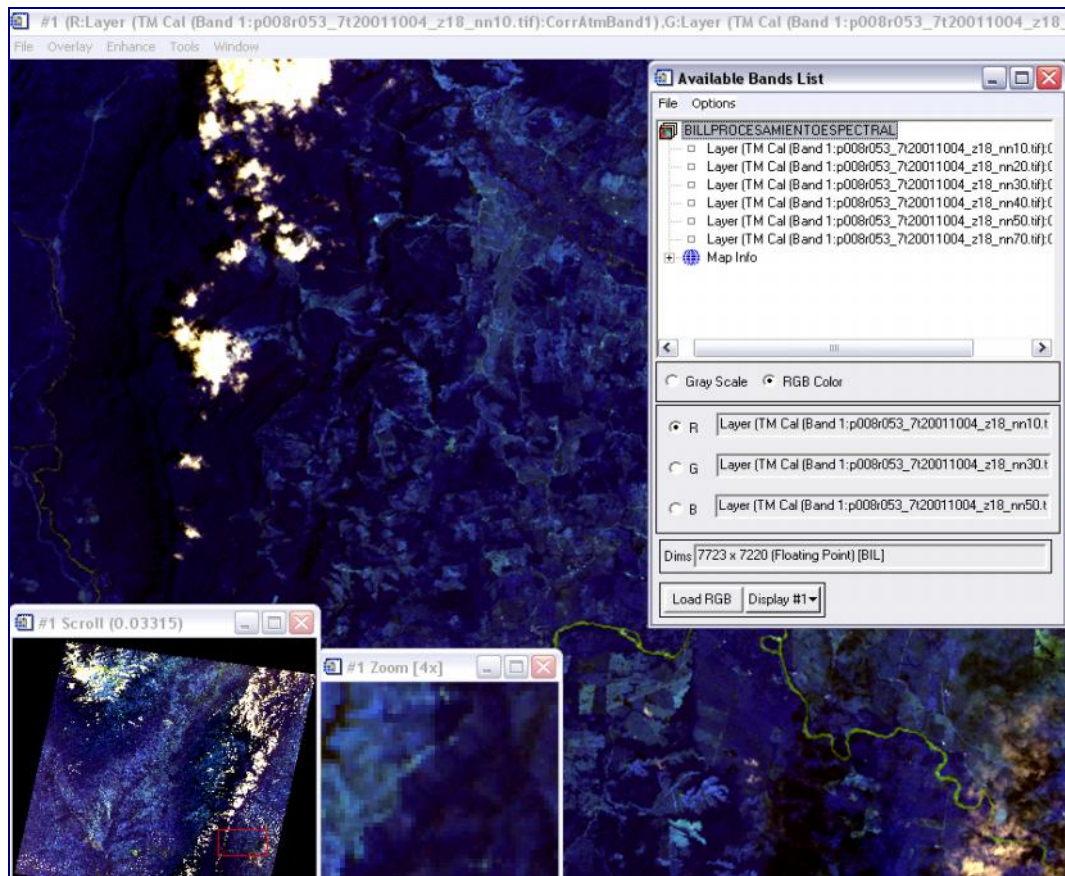


Fig. 4.18

4.1.4. Corrección Atmosférica de la Imagen en Flaash

Paso 1. Se selecciona **Basic Tools**, luego clic en “Preprocessing” → “Calibration Utilities” → “Flaash”,

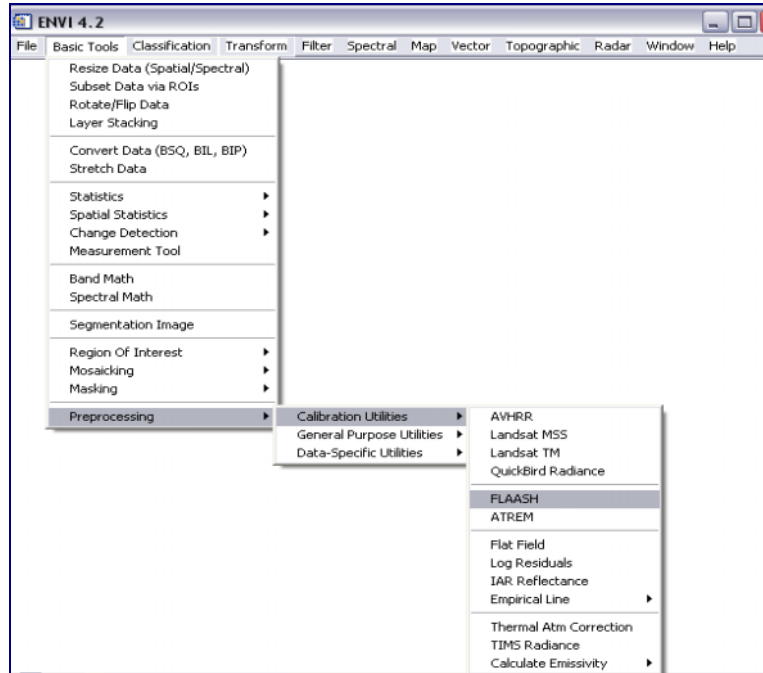


Fig. 4.19

Paso 2. Se abre una ventana llamada **Flaash Atmospheric Correction Model Input Paso Parameters**

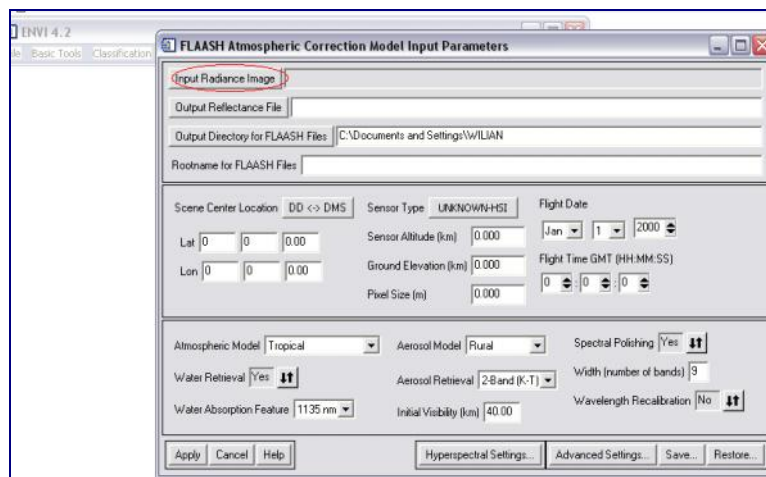


Fig. 4.20

Paso 3. Se selecciona el archivo Bill Espectral, seguidamente se selecciona la **carpeta ondas**, de donde se sacaran una serie de datos los cuales sirven para la corrección, para luego salir una carpeta llamada **factor escala de radiancia** donde se seleccionan los datos observados y se hace clic en **OK**

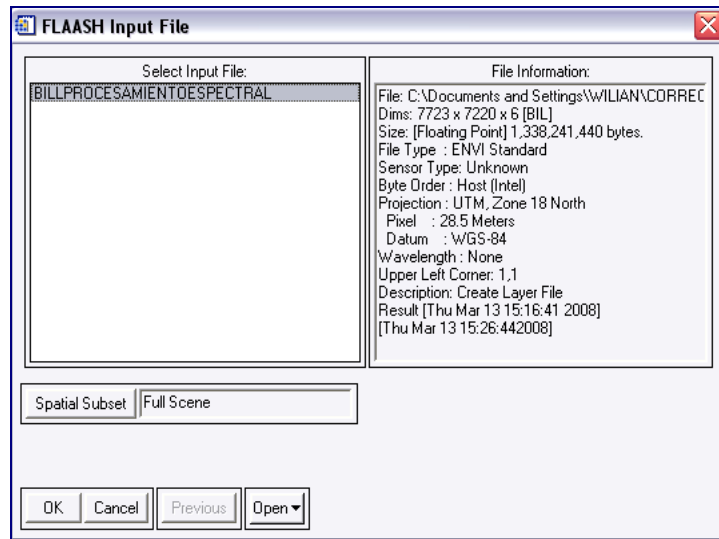


Fig. 4.21

Paso 4. Se guardara la imagen de Radiancia en las carpetas seleccionada y la hora de adquisición con todas los archivos realizados en esta corrección, para culminar con la selección del **Sensor Type**, donde se seleccionara el tipo de sensor que genero la imagen (en este caso Landsat 7)

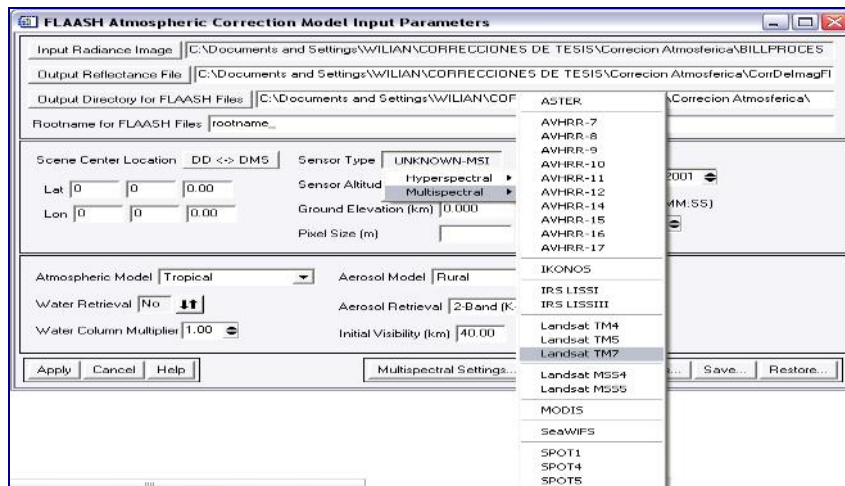


Fig. 4.22

Paso 5. Se le agrega la latitud, longitud, sensores de altitud, elevación y píxeles

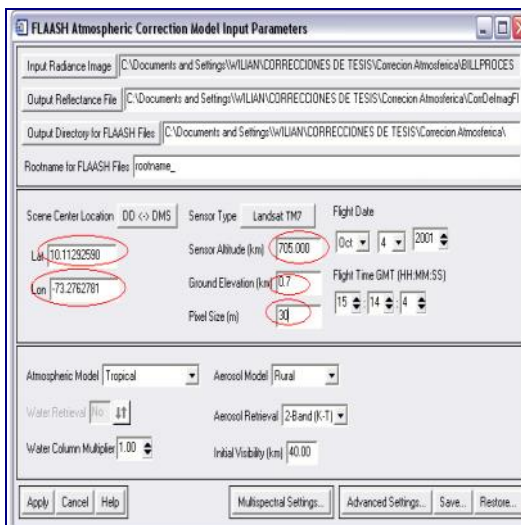


Fig. 4.23

Paso 6. Se selecciona Multispectral Setting, se anotan las bandas correspondientes y se guarda

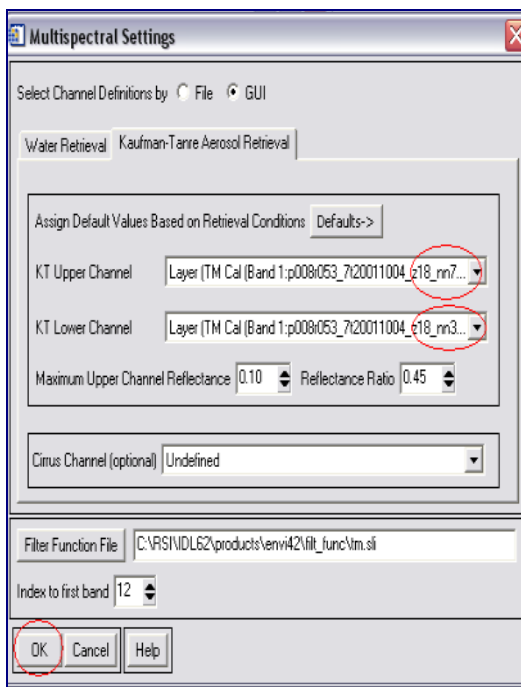


Fig. 4.24

Resultados Imagen en Flaash

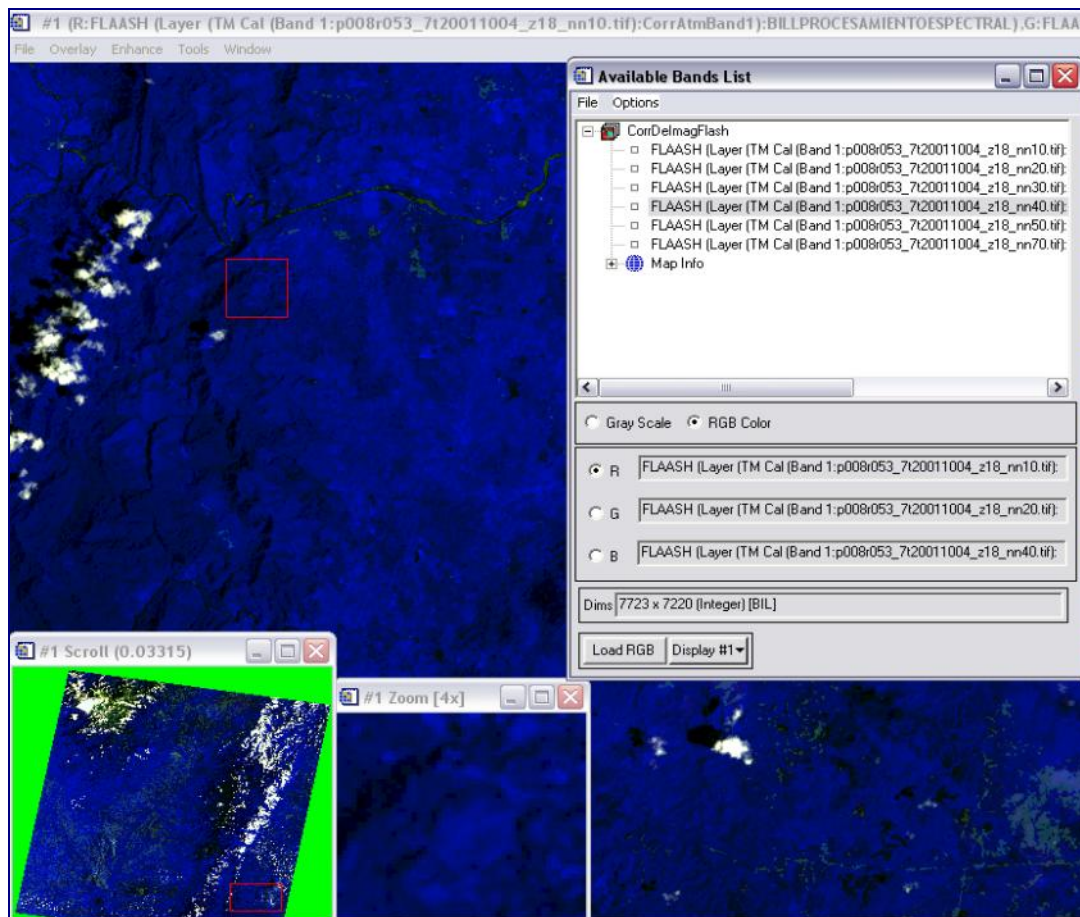


Fig. 4.25

4.1.5. Construcción de máscara para el uso en la extracción de nubes y sombras de nubes de nubes

Utilizando el programa ArcGis 9.1, se realizó una vectorización (Digitalización) de la imagen, donde delimitaremos nubes y sombras de nubes, este proceso es importante ya que se generará un “shapefile” para un proceso posterior de filtrado y obtener la imagen pura y sin estos elementos.

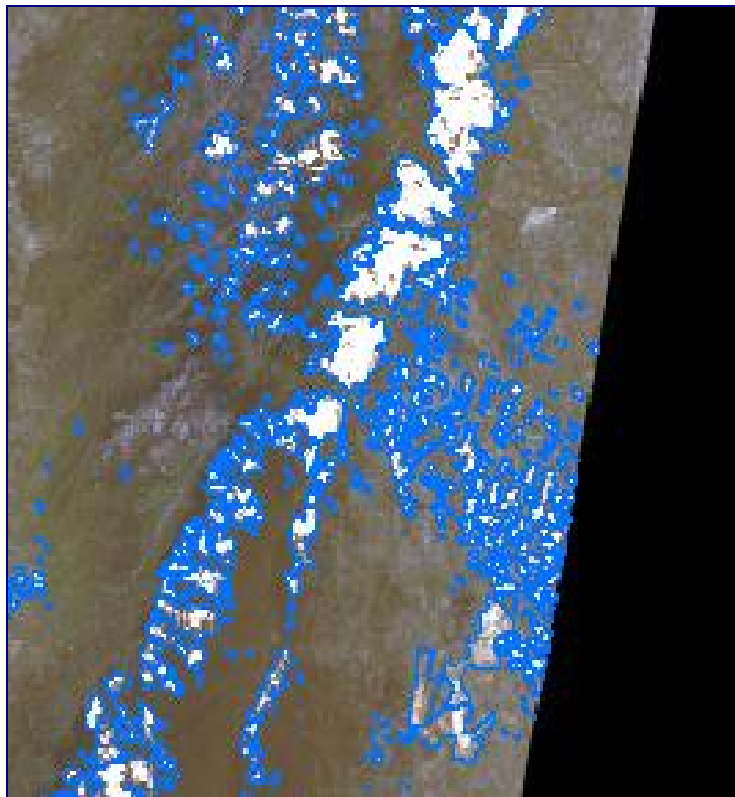


Fig. 4.26. “Shapefile” Realizado

4.1.6. Extracción de los píxeles relacionados con la máscara y sombra de nubes en Imágenes Hiperespectrales.

Para generar una imagen pura – Utilizando la máscara realizada en el programa ArcGis en formato shapefile para transformarla a formato ROI.

Paso 1. Se selecciona Basic Tools – Open Vector File

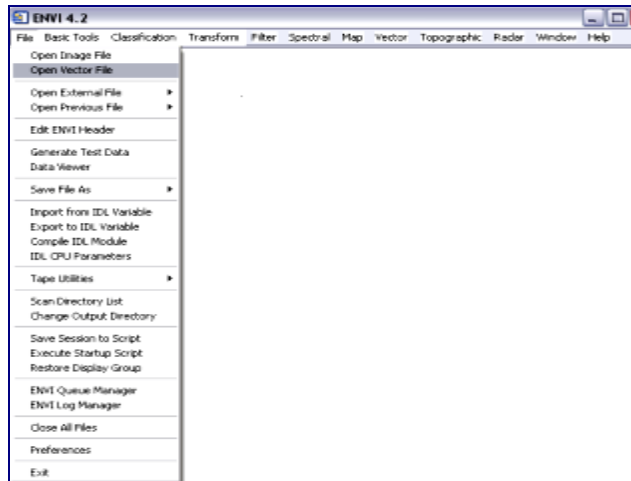


Fig. 4.27

Paso 2. Se activa una ventana llamada “Import Vector File Parameters”, al seleccionar “Ok” se despliega “Available Vectors List”, se hace clic en “Select All Layers”

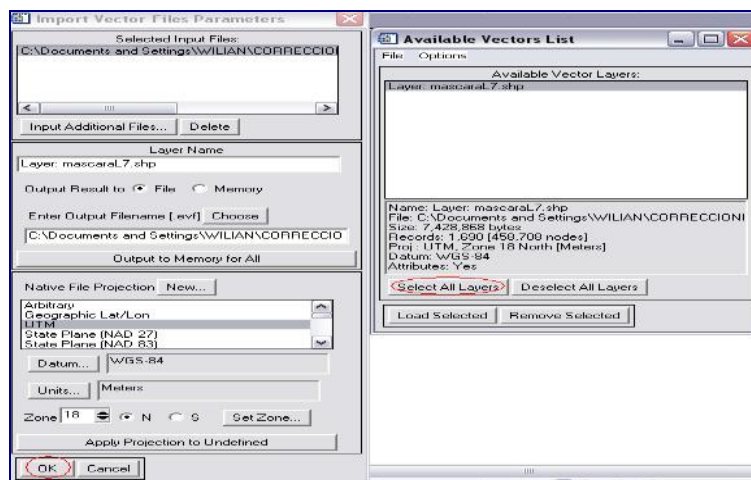


Fig. 4.28

Paso 3. Aparece la mascara shapefile, se selecciona, se hace clic “**Load Selected**”. Este Shapefile es la vectorización obtenida en el programa ArcGis descrito en el apartado **4.1.6**.

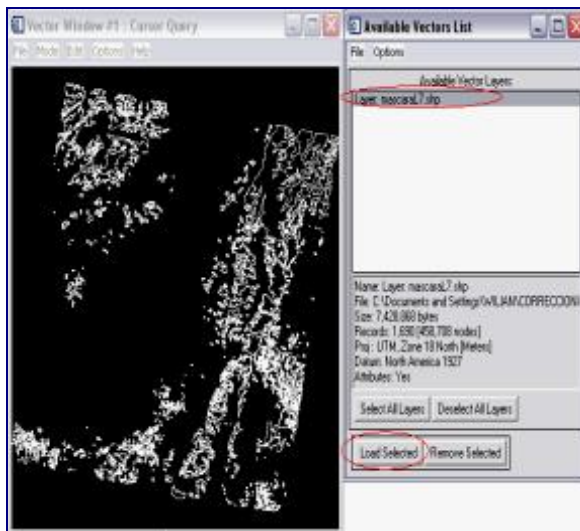


Fig. 4.29

Paso 4. Aparece la ventana **Windows #1** donde se abre el shapefile realizado, clic en “**OK**”

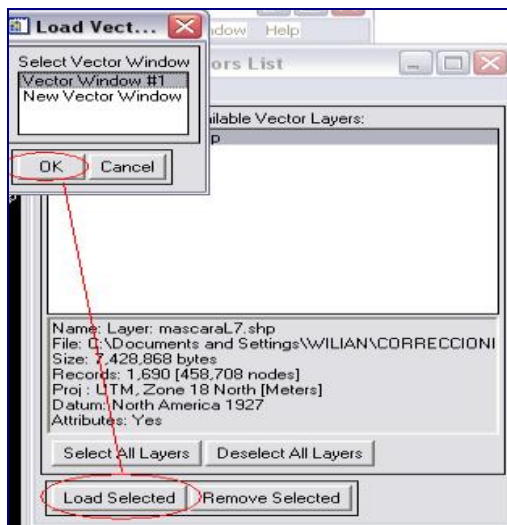


Fig. 4.30

Paso 5. Luego en esta ventana seleccionar **File---“Export Active Layer to ROIs...”**

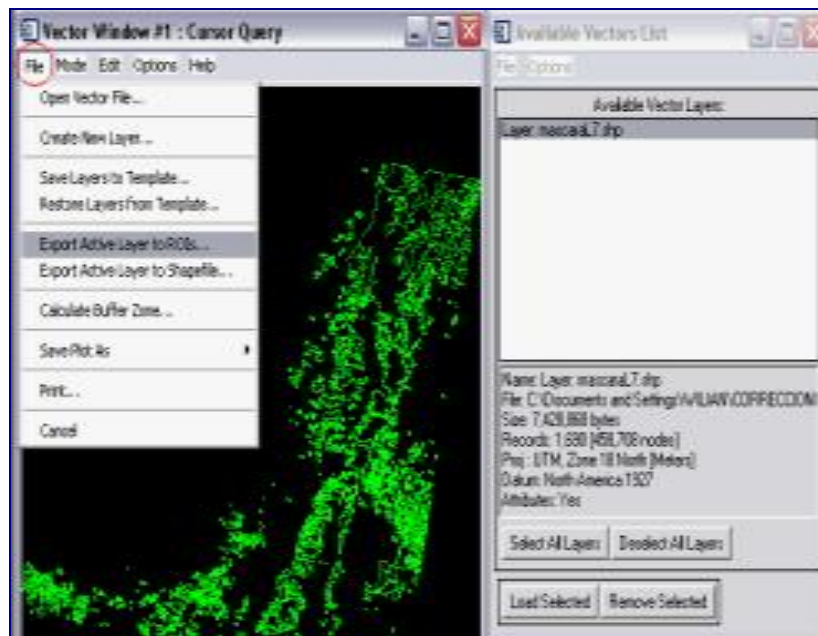


Fig. 4.31

Paso 6. Selecciono la máscara para que pueda convertir en el método de corrección a formato “ROI” y se presiona “OK”

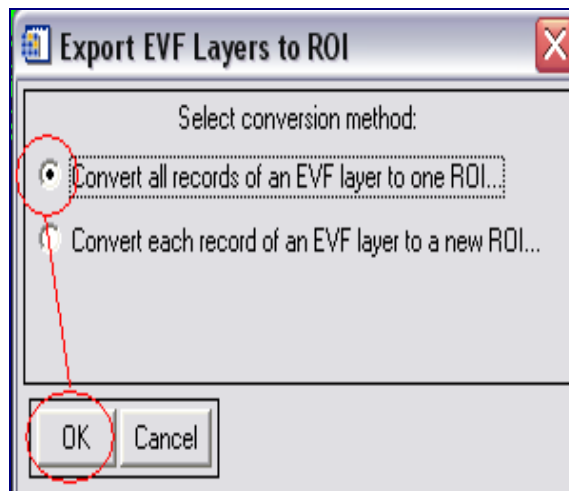


Fig. 4.32

4.1.6. Construcción de la Máscara de Nubes

Paso 1. Se selecciona Basic Tools → Masking Build Mask,

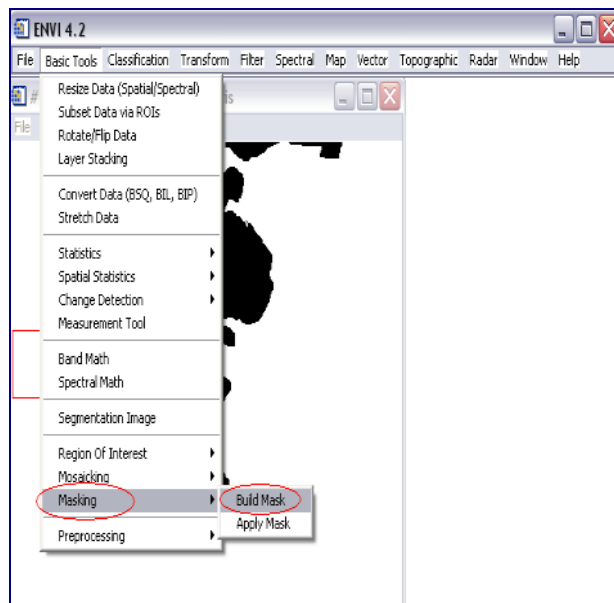


Fig. 4.33

Paso 2. Se despliega una ventana, selecciono **Display # 1** se hace clic en “OK”

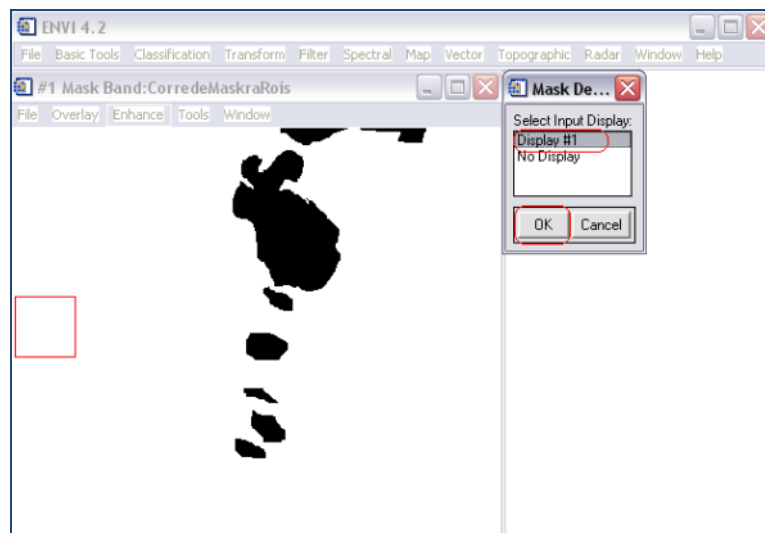


Fig. 4.34

Paso 3. Desplegar la referencia de **Mask Definition**, se selecciono **Option** → **Import ROIs...**

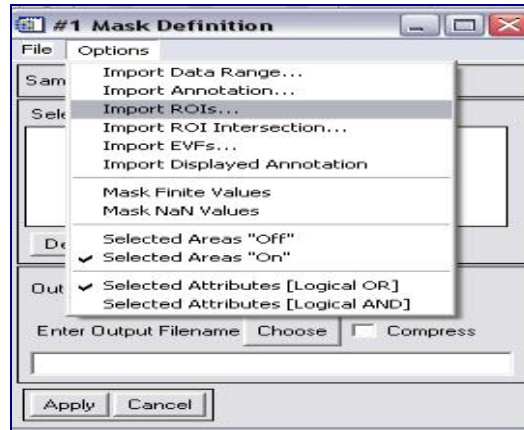


Fig. 4.35

Paso 4. se selecciona la máscara en ROIs, se hace clic en OK

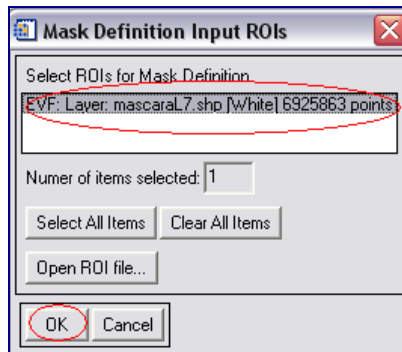


Fig. 4.36

Paso 5. seleccionada la máscara en ROIs..., se selecciona la carpeta donde se guardo la corrección de la construcción de la mascara



Fig. 4.37

4.1.7. Spatial Subset (Delimitación de Zona de estudio) de la Imagen

La imagen completa resulta demasiada pesada para el proceso de corrección, tendremos que delimitar una zona de estudio más pequeña para poder aplicar las correcciones, así el tamaño de la imagen se hace manejable por los equipos de computación empleados.

Paso 1. Para esto se seleccionó la corrección de la imagen en flash

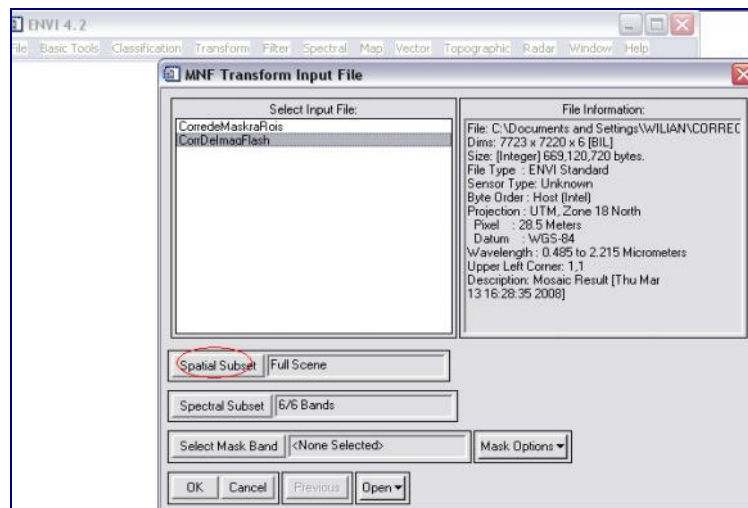


Fig. 4.38

Paso 2. La cual desplegó una ventana llamada “Select Spatial Subset”, se selecciona “Image”

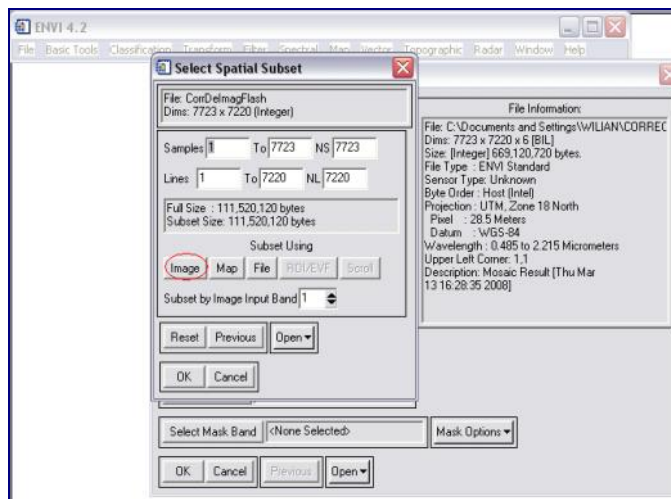


Fig. 4.39

Paso 3. En la imagen se le realiza la delimitación de la zona de estudio que se quiere, con este paso realizado se consigue el resultado del subset de la zona y desde ahora las correcciones realizadas se harán al subset.

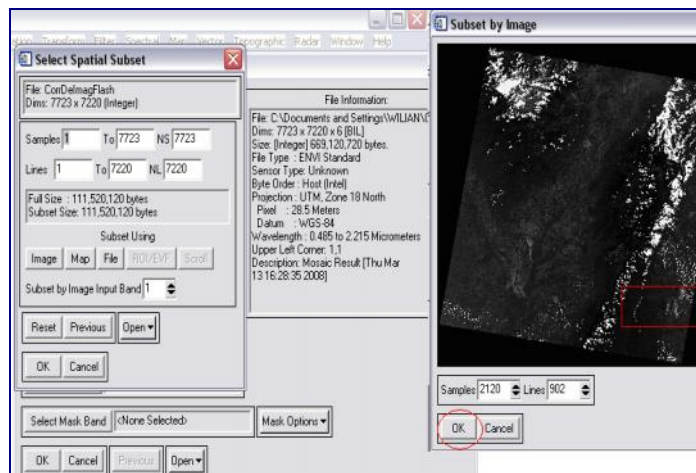


Fig. 4.40

4.1.8. Transformación de la Fracción Mínima de Ruido (MNF)

Paso 1. Se selecciona en el menú principal “Spectral” → “MNF Rotación” → “Forward MNF” → “Estimate Noise Statistics From Data”

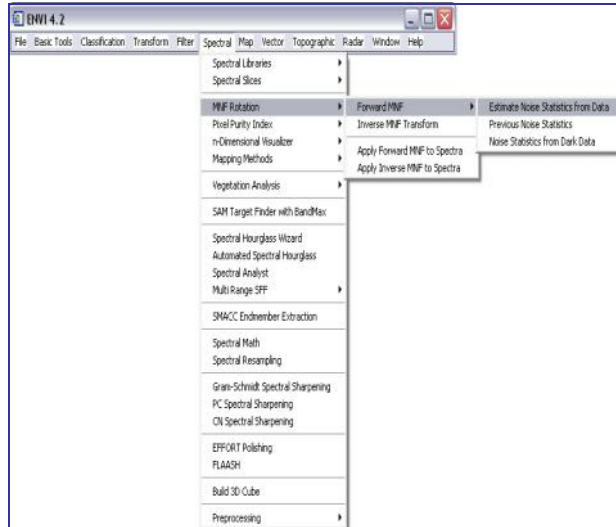


Fig. 4.41

Paso 2. Se activa una ventana llamada “MNF Transform Input File”, se selecciona el archivo antes realizado del “subset de la imagen” → “Corrección de la Mascará En Rois” → se presiona “OK”

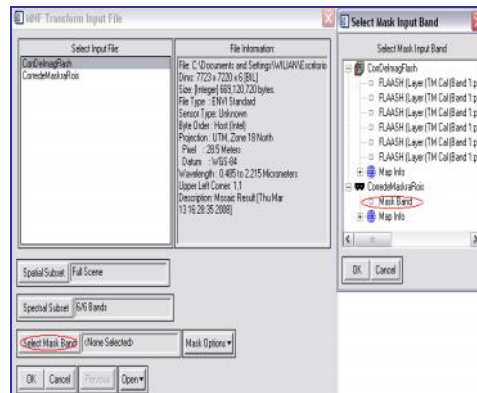


Fig. 4.42

Paso 3. Se despliega otra ventana llamada “**Forward MNF Transform Parameters**” en la cual se guardan los tres archivos respectivo se presiona “**OK**”

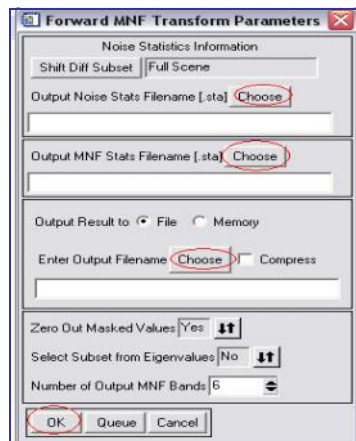


Fig. 4.43

Paso 4. Generar el Resultados del MNF

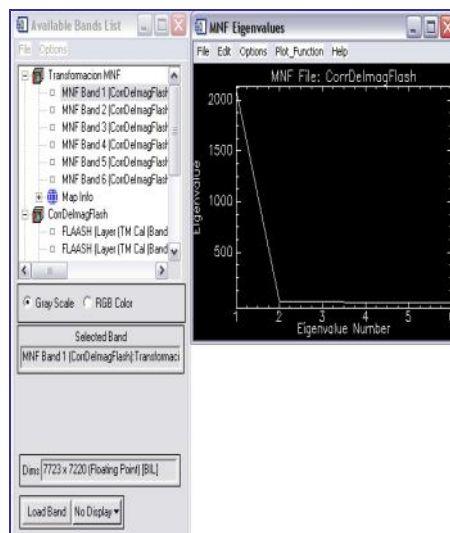


Fig. 4.44

Resultados de MNF

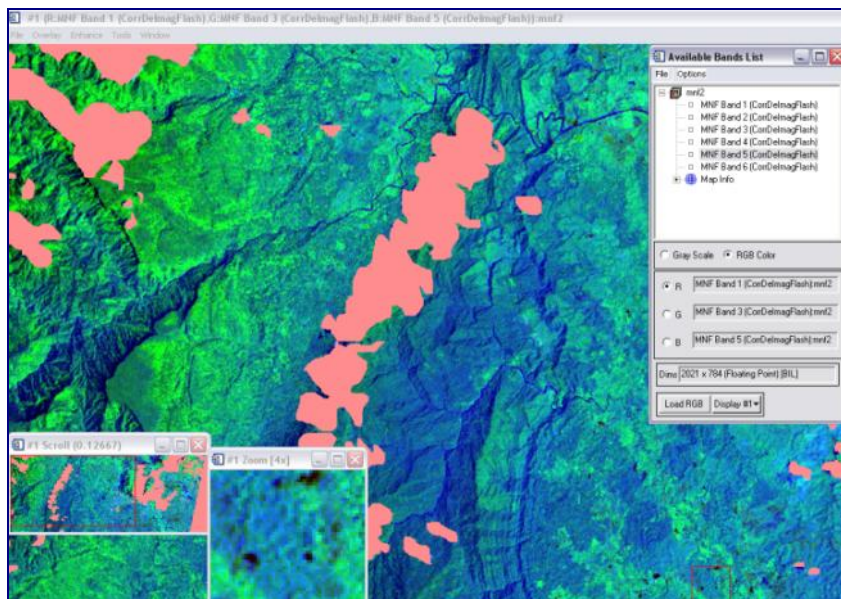


Fig. 4.45

4.1.9. Corrección del Índice de Pureza del Píxel (PPI)

Paso 1. Se selecciono en el menú principal “Spectral”----“Pixel Purity Index”--
-“[Fast] New Output Subset”,

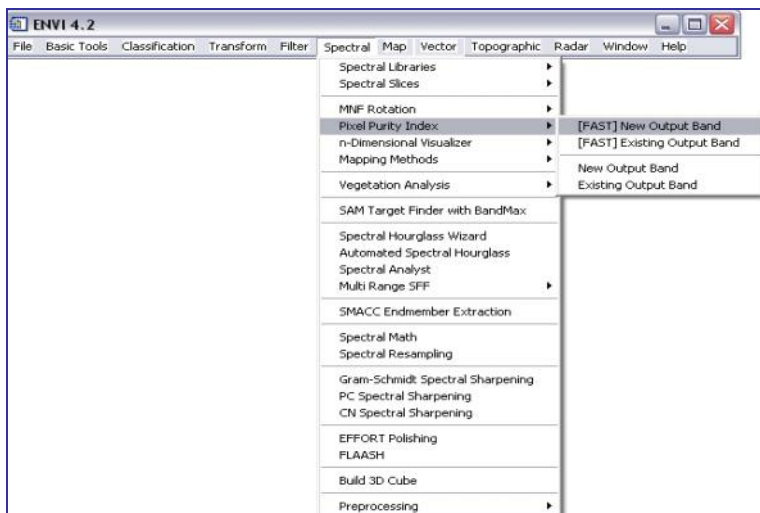


Fig. 4.46

Paso 2. Con esto se activa la ventana “**File Spectral Subset**”, se selecciona Subset MNF y las 3 primeras Bandas del Spectral Subset

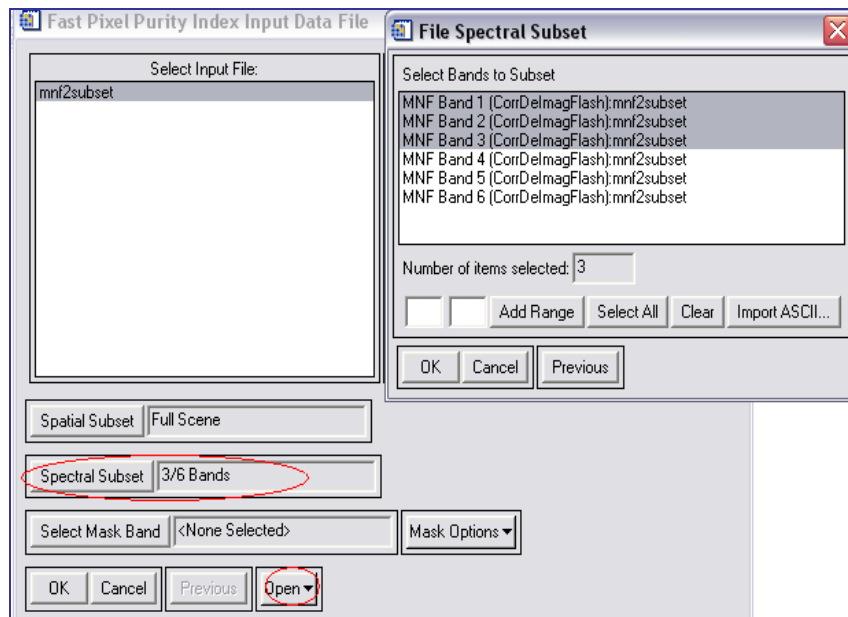


Fig. 4.47

Paso 3. Seleccionar la máscara en Rois.

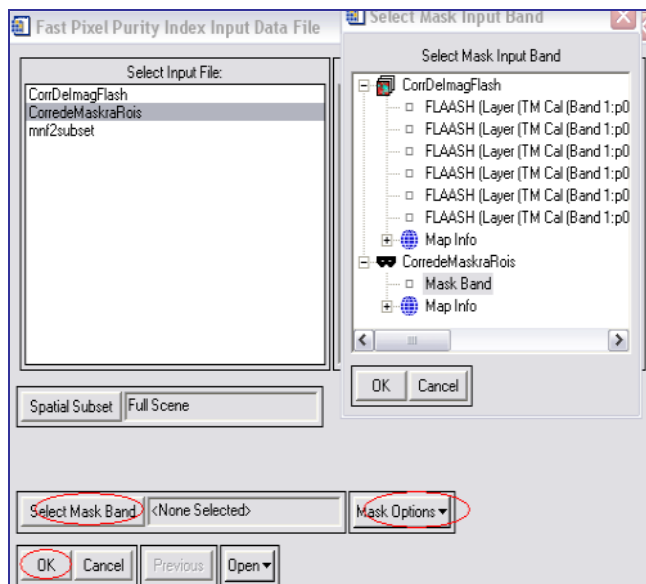


Fig. 4.48

Paso 4. Al desplegarse la ventana “Fast Pixel Purity Index Parameters” se escoge la carpeta donde se va a guardar y se tiene la corrección en PPI.

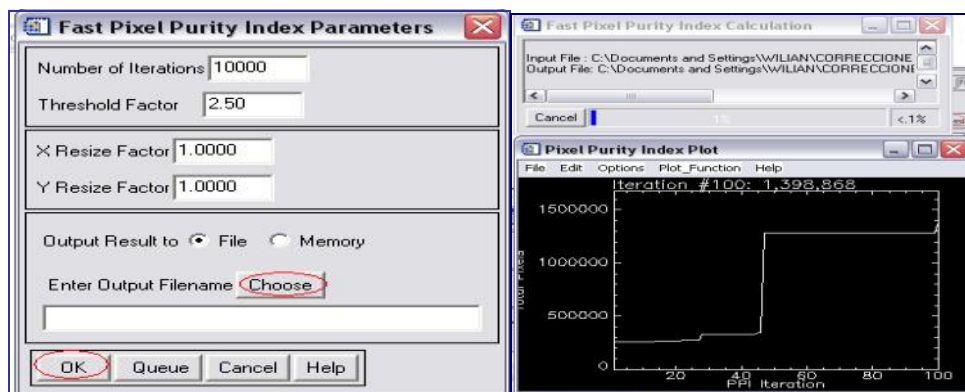


Fig. 4.49

Paso 5. Con la Corrección Del PPI, Se selecciona, se hace clic en “Load Band”, se despliega el PPI Transformado.

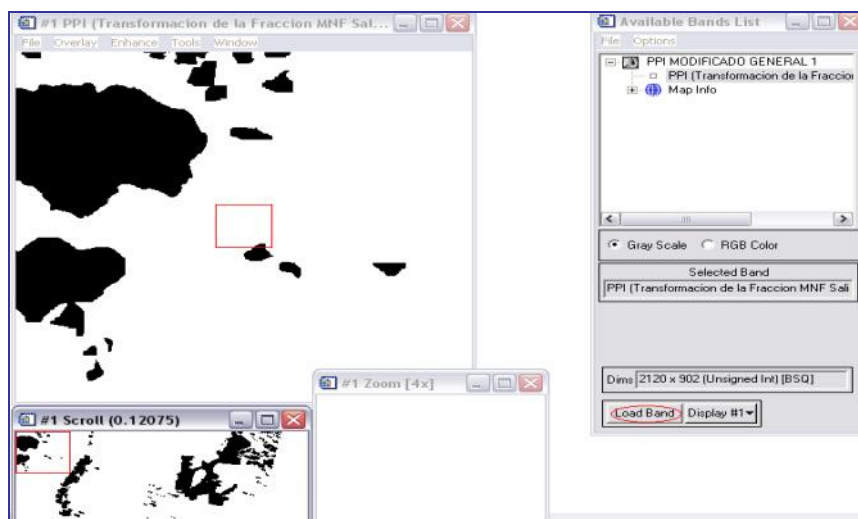


Fig. 4.50

Paso 6. Click en Overlay → Density Slice

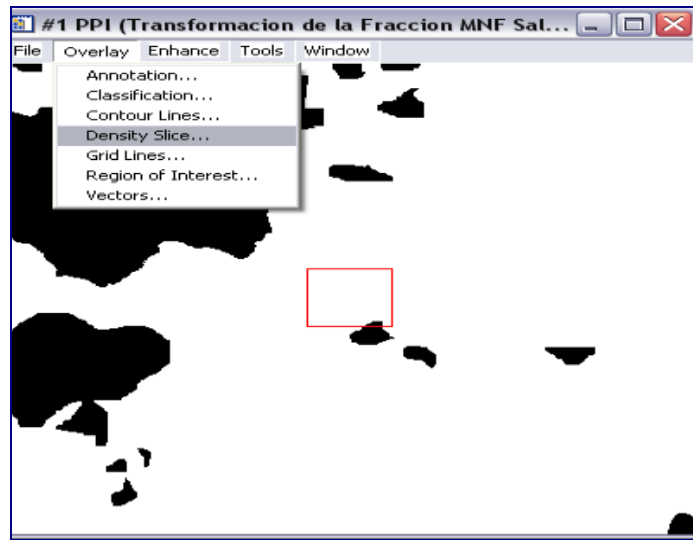


Fig. 4.51

Paso 7. Ya se tiene el PPI Transformado se hace Clic en “OK”



Fig. 4.52

Paso 8. Esta ventana muestra unos valores de rango de la cantidad de píxeles existentes

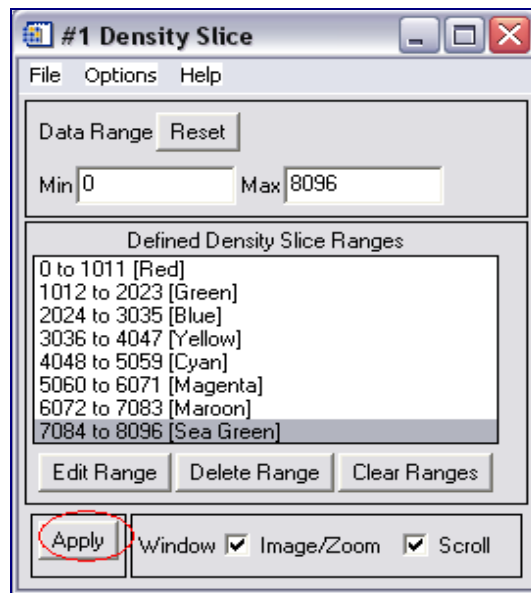


Fig. 4.53

Paso 9. Con la ventana de valores antes desplegadas, volvemos al PPI Transformado, se despliega **Tools** → **Region Of Interest** → **Band Threshold To ROIs**

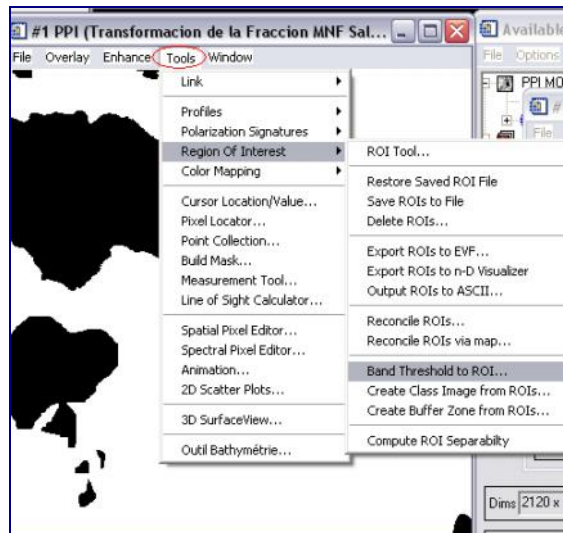


Fig. 4.54

Paso 10. Con la ventana anteriormente abierta se vuelve a seleccionar el **PPI Transformado**

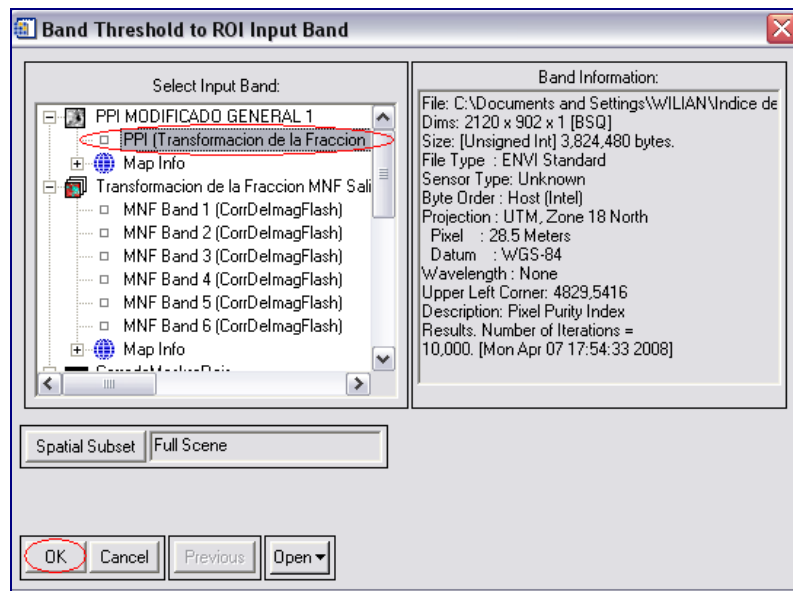


Fig. 4.55

Paso 11. Se abre una ventana y en forma manual seleccionaremos aquellos píxeles extremos que estén cercanos a los 10.000, en este caso se obtuvo una gran precisión

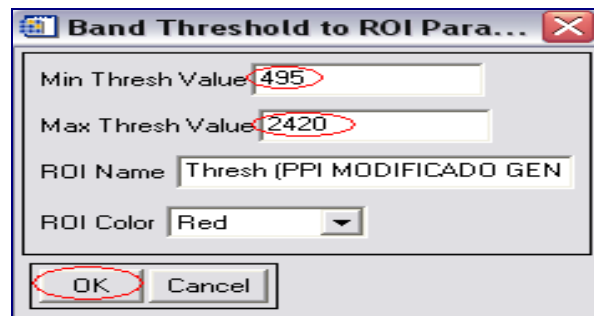


Fig. 4.56

Paso 12. Resultados de los píxeles

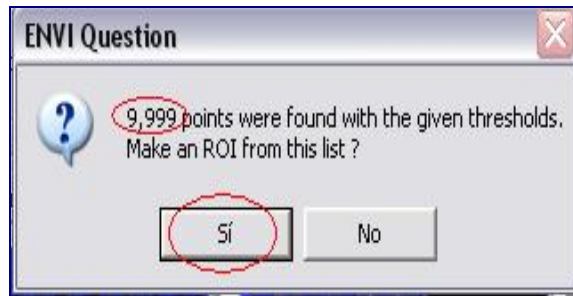


Fig. 4.57

Paso 13. Con el resultado anterior

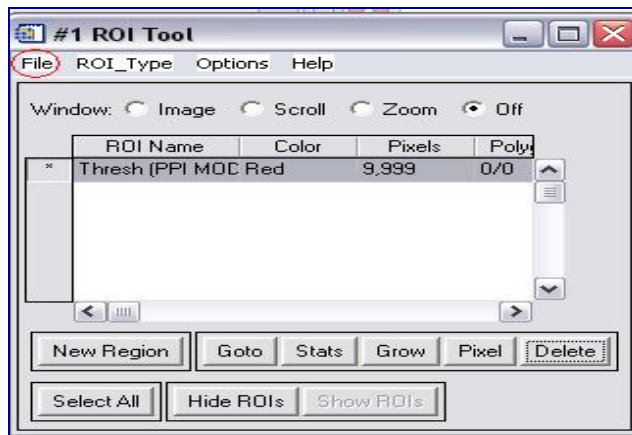


Fig. 4.58

Paso 14. Se despliega una ventana llamada **#1 ROI Tool** → **File** → **Save ROIS...**,

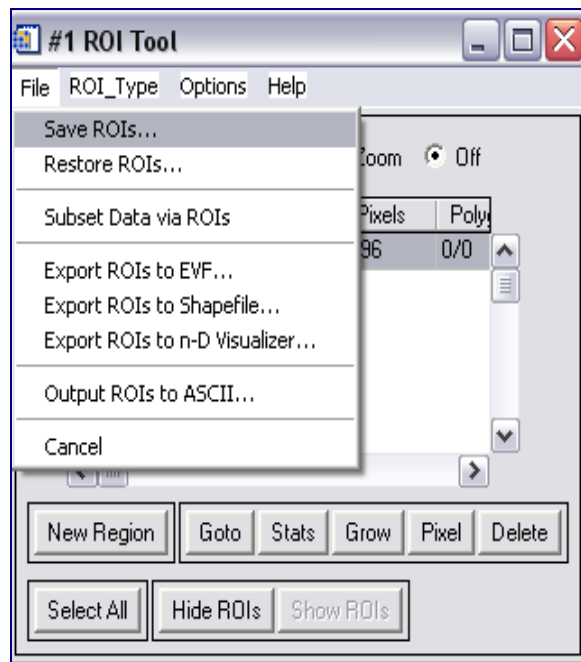


Fig. 4.59

Paso 15. Se guarda en la carpeta seleccionada

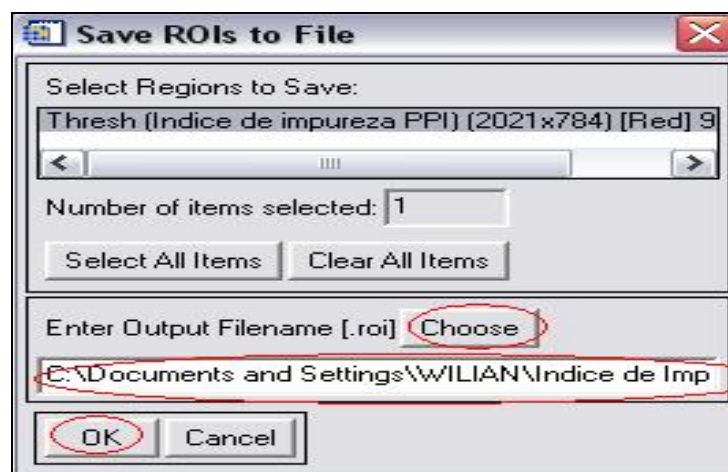


Fig. 4.60

Paso 16. Luego de guardado se abre File y se exporta al próximo procedimiento al “Export ROIs to n- D Visualizer...”

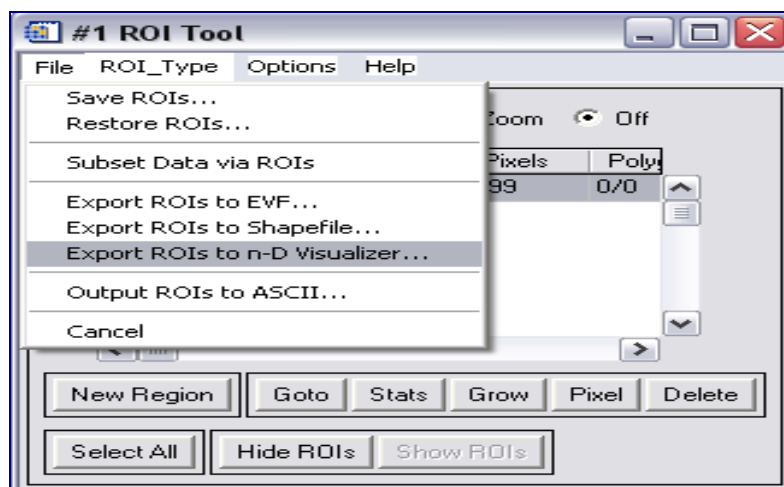


Fig. 4.61

4.1.10. Corrección n-D Visualizador

Al exportar los píxeles mediante el paso anterior.

Paso 1. Se hace clic en la ventana **n-D Control**--- File--- Save State...

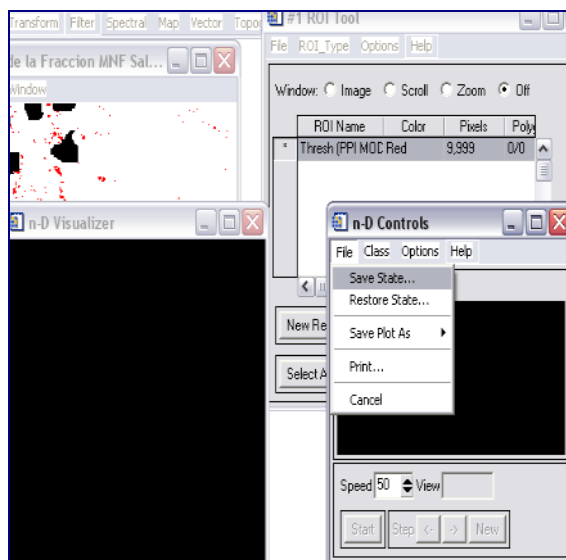


Fig. 4.62

Paso 2. Seguidamente **Options** → “**Show Axes**”, esto para que aparezcan los ejes en 3D

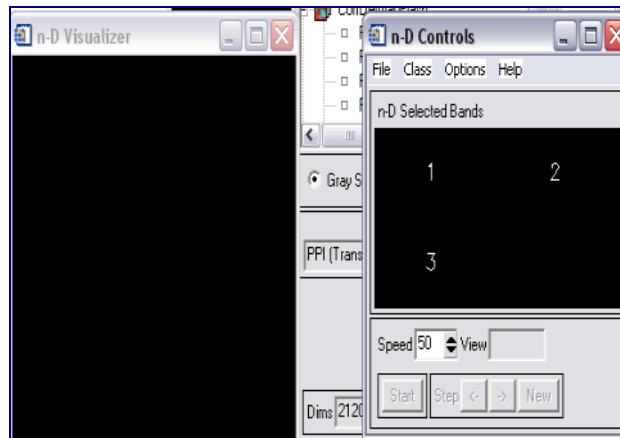


Fig. 4.63

Paso 3. Una vez ya visualizados los 3 ejes se seleccionan, luego se abre **File** → **Save State**

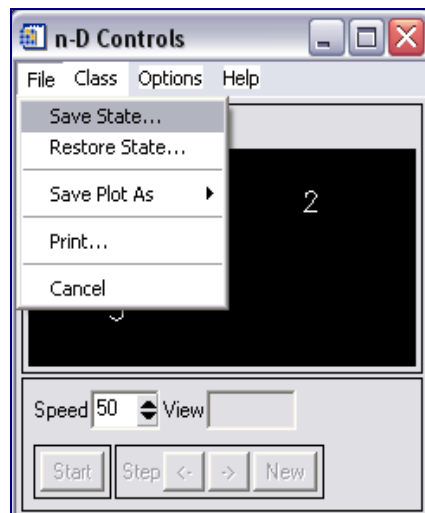


Fig. 4.64

Paso 4. Se guarda

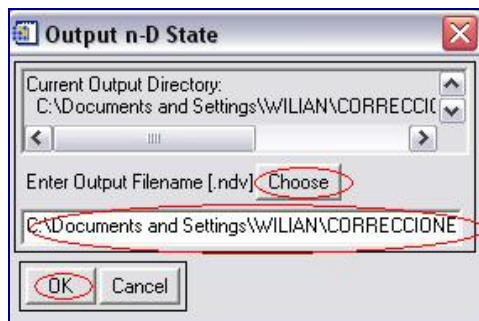


Fig. 4.65

Paso 5. Luego de guardado y teniendo las ventanas **N- D Visualizador** y **n-D Control** con las tres coordenadas abiertas y los píxeles de la imagen

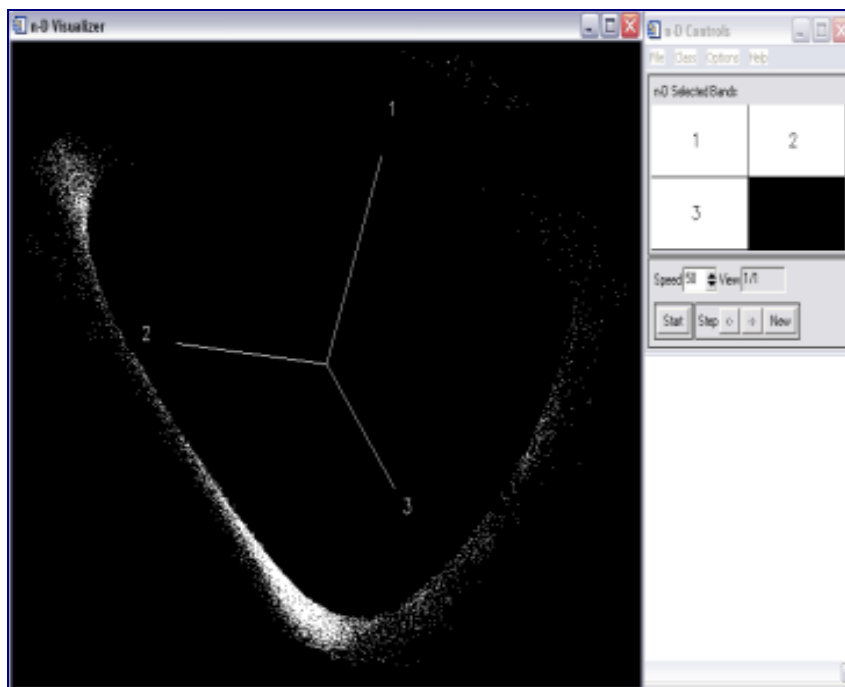


Fig. 4.66

Paso 6. Se seleccionaron los extremos con distintos colores denominadas clases

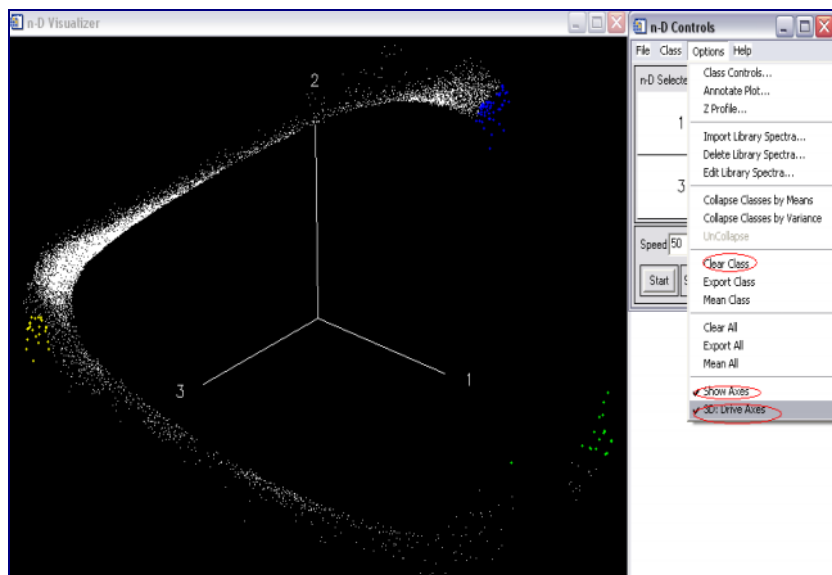


Fig. 4.67

Paso 7. Al tener listos las clases se hizo clic en File de la ventana n- D Control--- Save State, para mostrar el numero de clases seleccionados

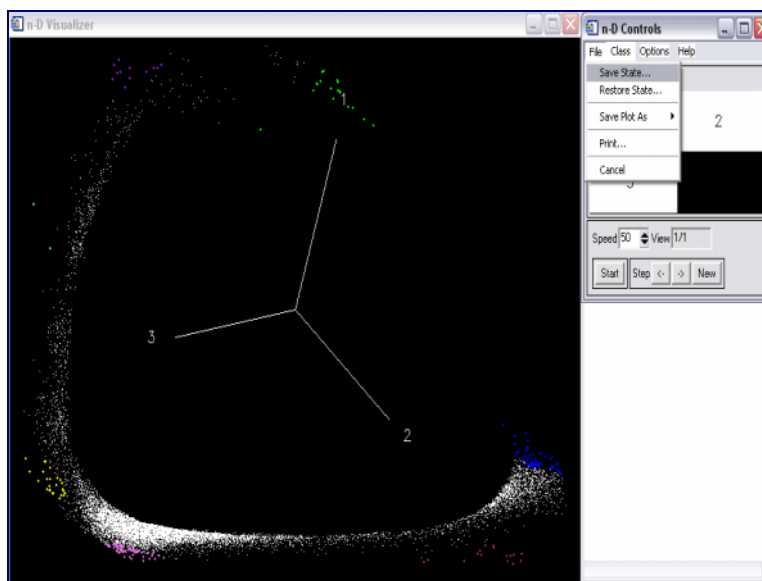


Fig. 4.68

Paso 8. Observadas el numero de clases escogidas se selecciono **File---Save ROIs...**

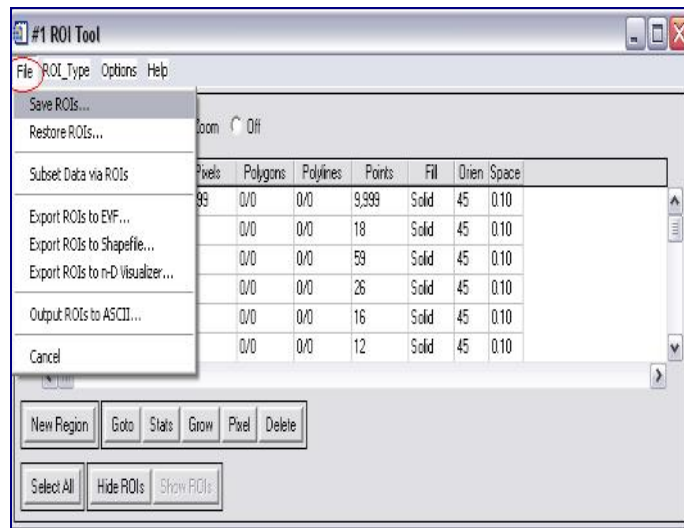


Fig. 4.69

Paso 9. Se seleccionaron las clases escogidas y se guardaron en la carpeta

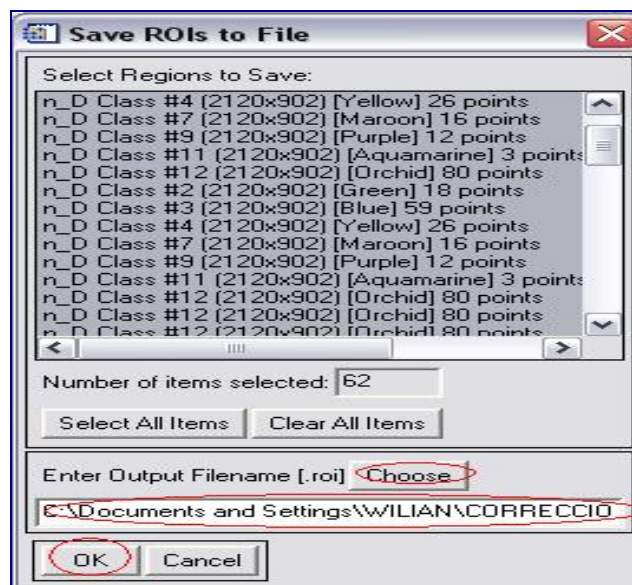


Fig. 4.70

4.1.11. Spectral Angle Mapper (SAM)

Paso 1. Se seleccionó **Spectral** → **Mapping Methods** → **Spectral Angle Mapper**

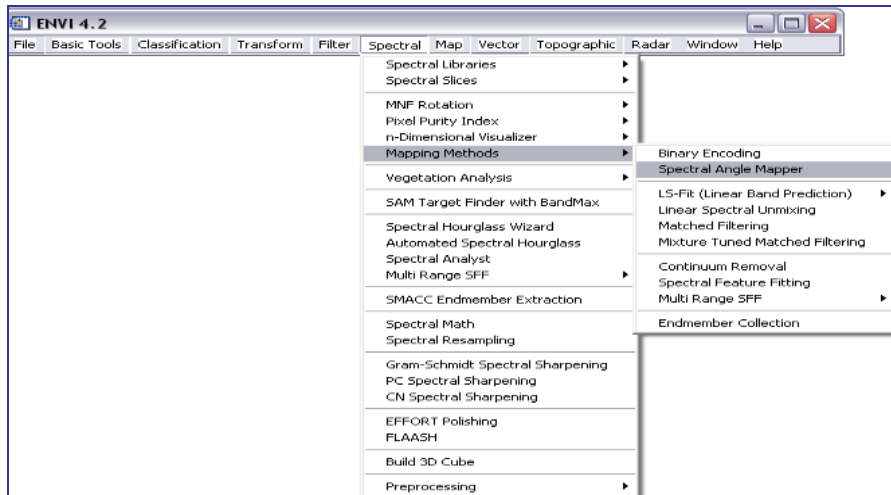


Fig. 4.71

Paso 2. Al desplegar la ventana “**Classification Input File**” se selecciona “**mnf subset**”, en el Spectral Subset se seleccionan las tres primeras bandas (1, 2, 3), ya que en este procedimiento tiene que repetirse también para las 3 bandas restantes (4, 5, 6) y se hace clic en “**OK**”

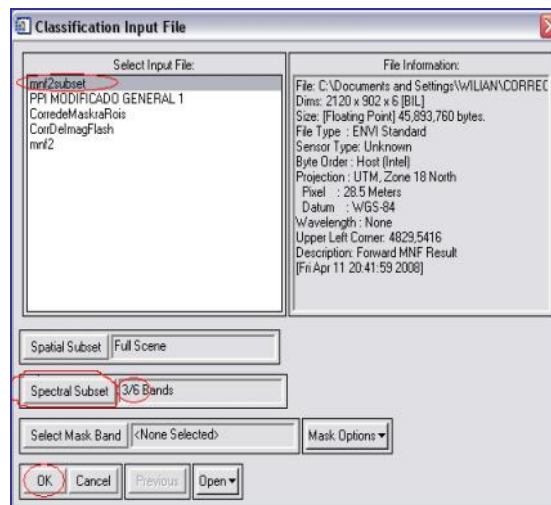


Fig. 4.72

Paso 3. se abrió la ventana “**Endmember Collection: SAM**” se presiona import--
- “**From ROI/EVF from Impud File**”

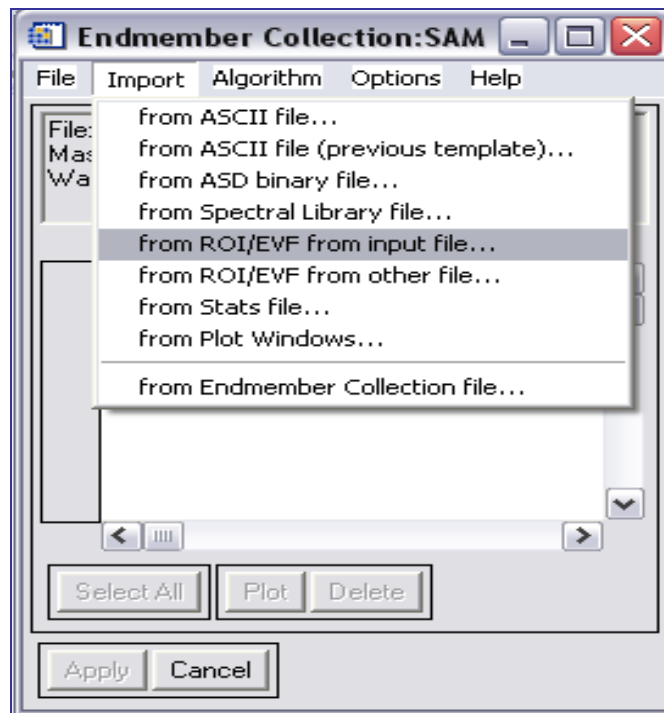


Fig. 4.73

Paso 4. se despliega “**Select Regions for Stats Calculat**”, donde se seleccionan las clases obtenidas en el procedimiento anterior, se presiona **OK**, se vuelven a remarcar las clases se selecciona “**Apply**”

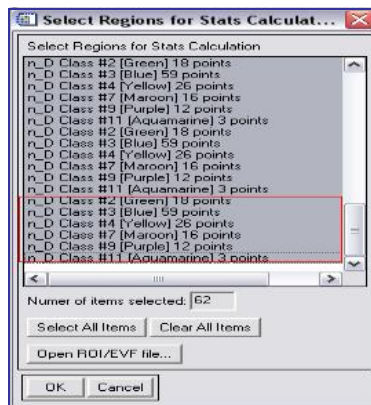


Fig. 4.74

Paso 5. Lo que genera una ventana llamada “Spectral Angle Mapper Parameters”

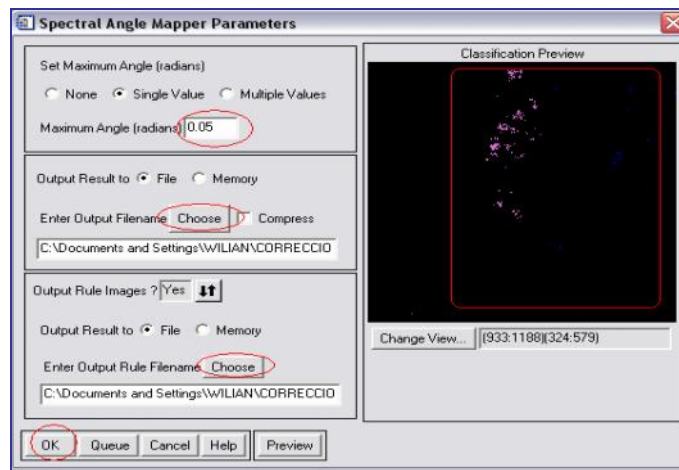


Fig. 4.75

Paso 6. Se guardan los cambios realizados, se hace clic en OK y culmina su corrección

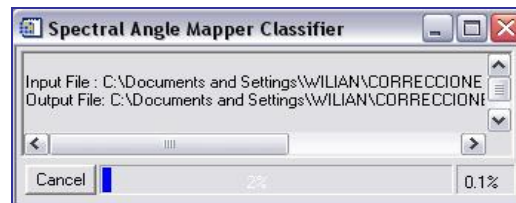


Fig. 4.76

4.1.12. Clasificación No Supervisada

Paso 1. Se selecciona **Classification---Unsupervised---Isodata**

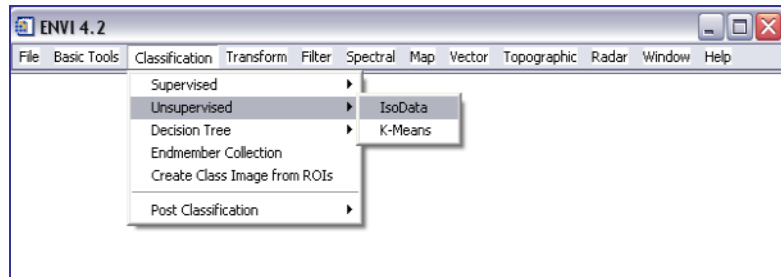


Fig. 4.77

Paso 2. Se abre la ventana Classification Input File--- se selecciona la corrección de imagen en flash, se hace Clic en “OK”

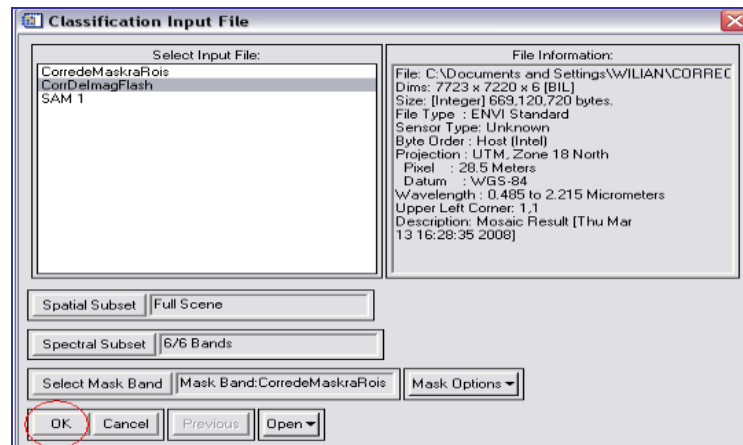


Fig. 4.78

Paso 3. En esta ventana se selecciona un rango mínimo y un máximo de clases para la clasificación se hace Clic en “OK”

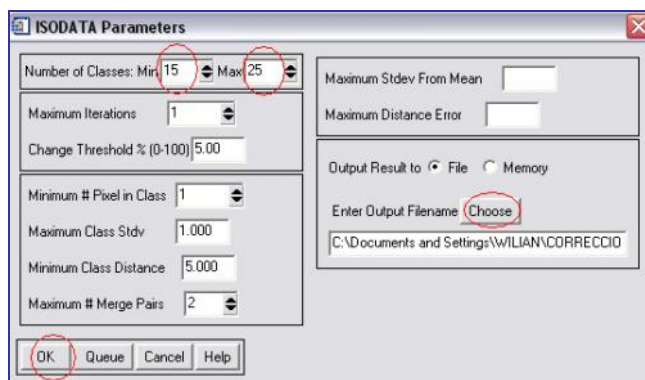


Fig. 4.79

Paso 4. Resultado

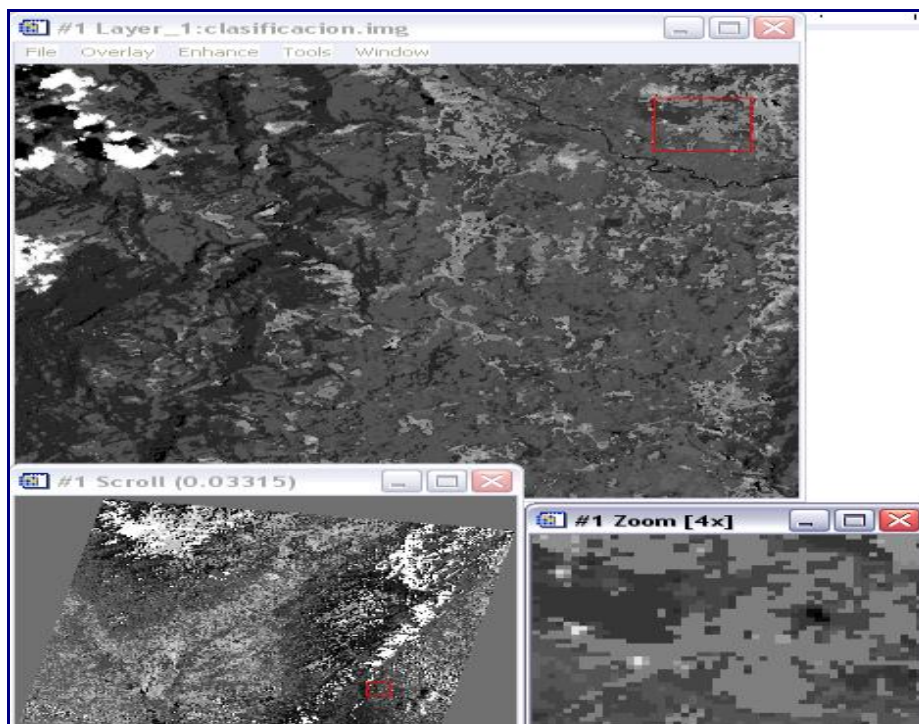


Fig. 4.80

4.1.13. Clasificación No Supervisada en ERDAS

Paso 1. Se selecciona Viewer para mostrar la imagen.

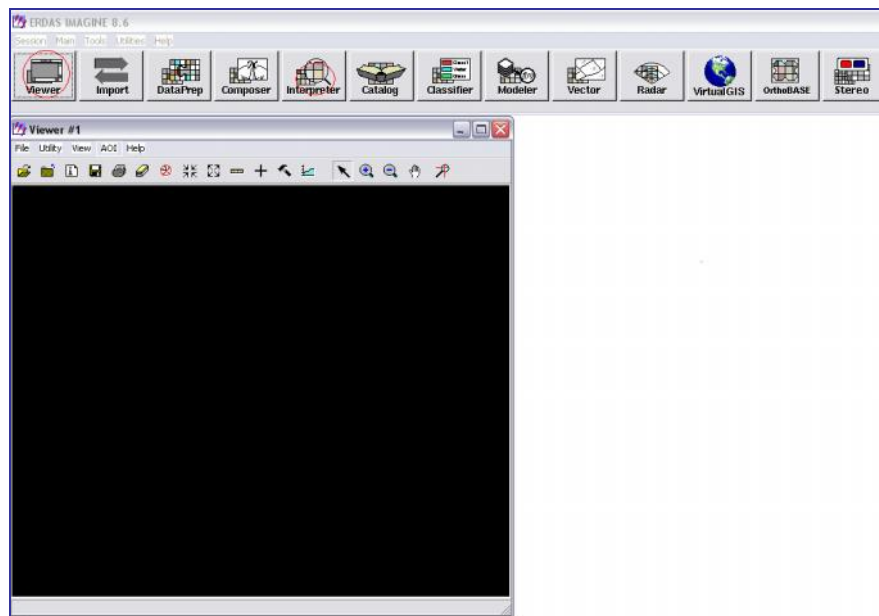


Fig. 4.81

Paso 2. Con el Viewer abierto se selecciona interpreter → utilidades → layer stack

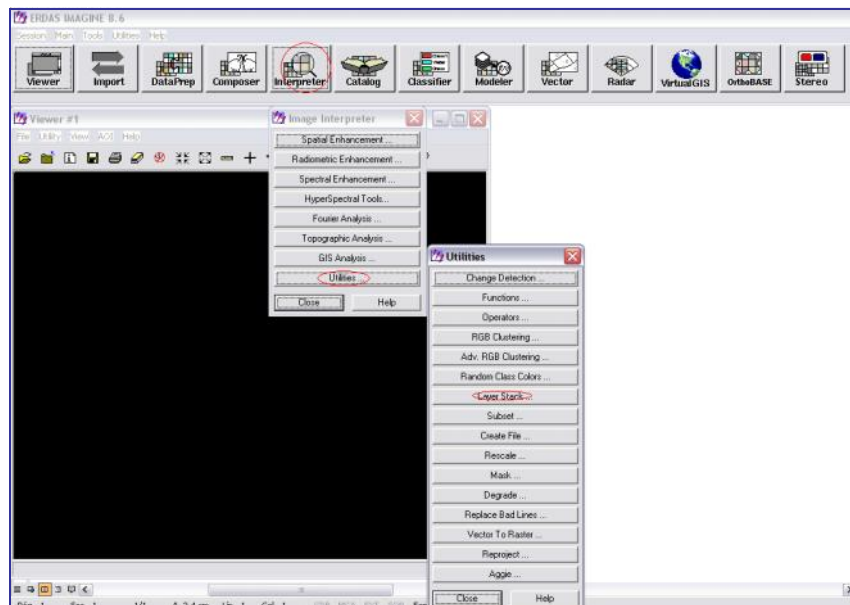


Fig. 4.82

Paso 3. Con el Layer Stack se guardara la corrección de imagen flash para las primeras 3 (1-2-3) bandas y luego se hará con las siguientes 3 bandas (4-5-6) todo esto para tener la imagen corregidas en *.Img del 1-6

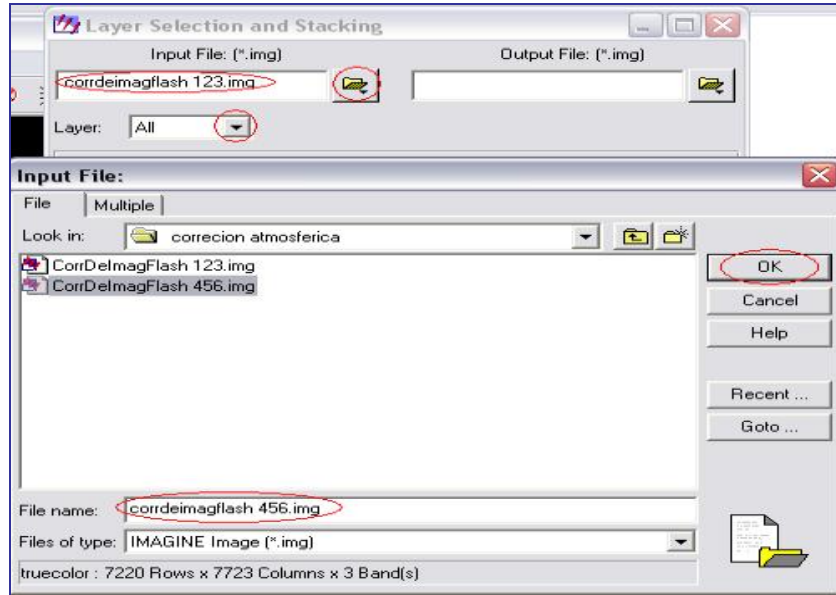


Fig. 4.83

Paso 4. Obtenida la corrección de las 6 imágenes a punto image se guarda

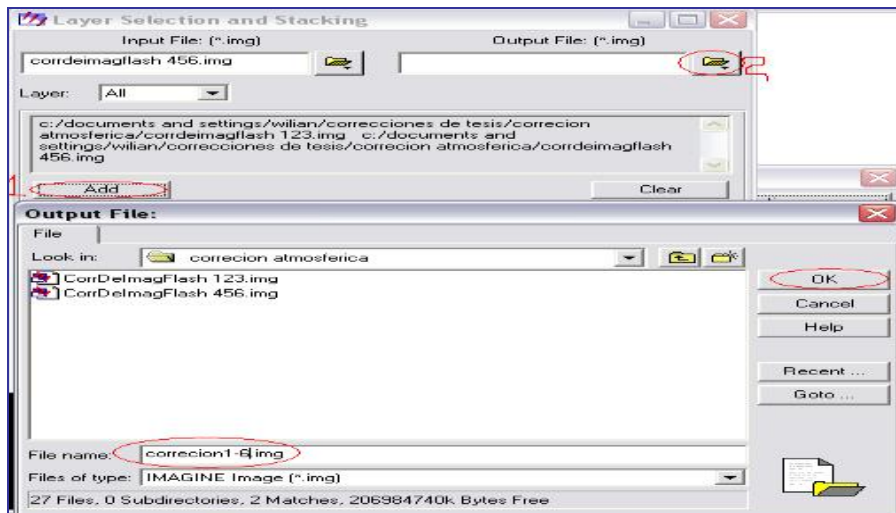


Fig. 4.84

Paso 5. Guardadas la 6 imágenes se clic en OK para su corrección

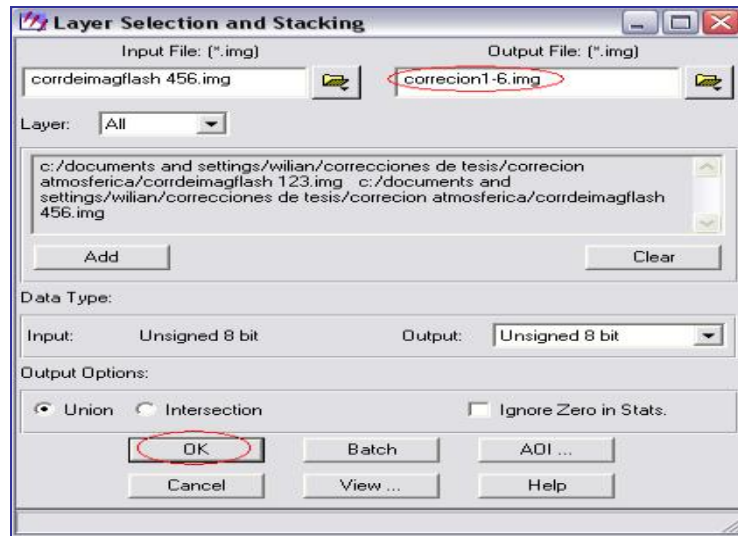


Fig. 4.85

Paso 6. Corrección

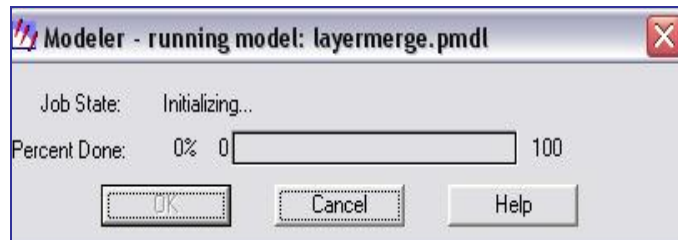


Fig. 4.86

Paso 7. Se abre el Erdas nuevamente y se le da clic a classifier, Clasificación no supervisada

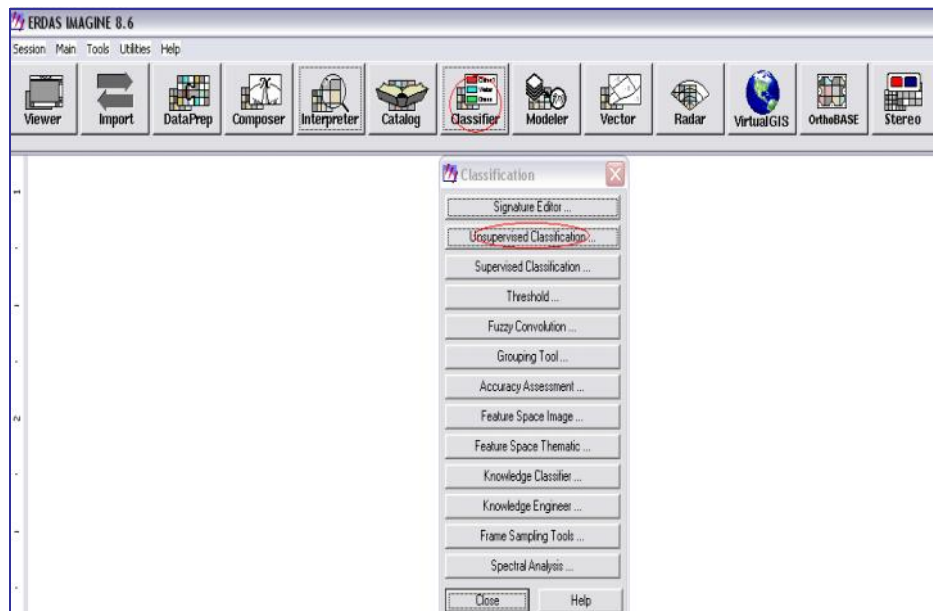


Fig. 4.87

Paso 8. Se abre el recent para obtener el archivo guardado anteriormente en envi y así poder tener la clasificación no supervisada en erdas

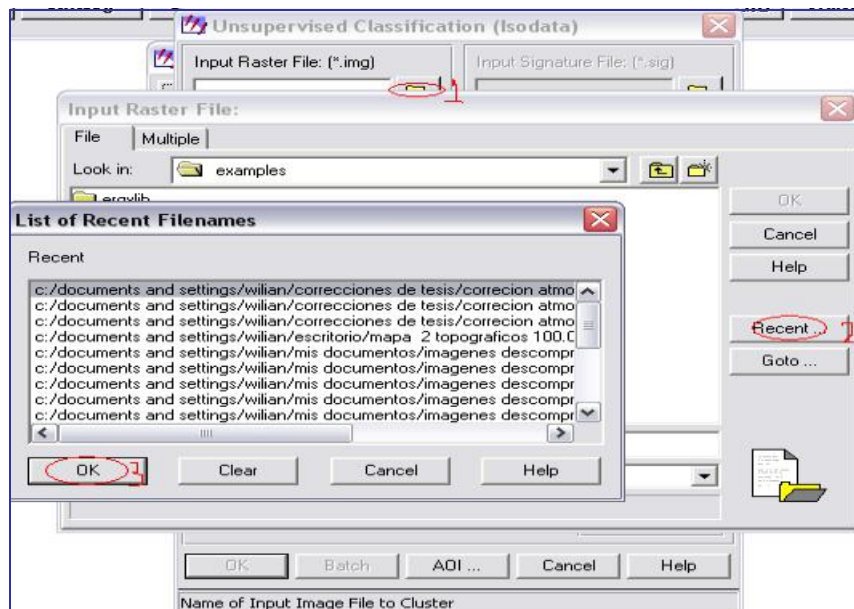


Fig. 4.88

Paso 9. Resultados en Grises. Para dar resultados en colores en la imagen, se selecciona **Raster--- attribute Editor**, y se despliega el editor para el cambio de colores.

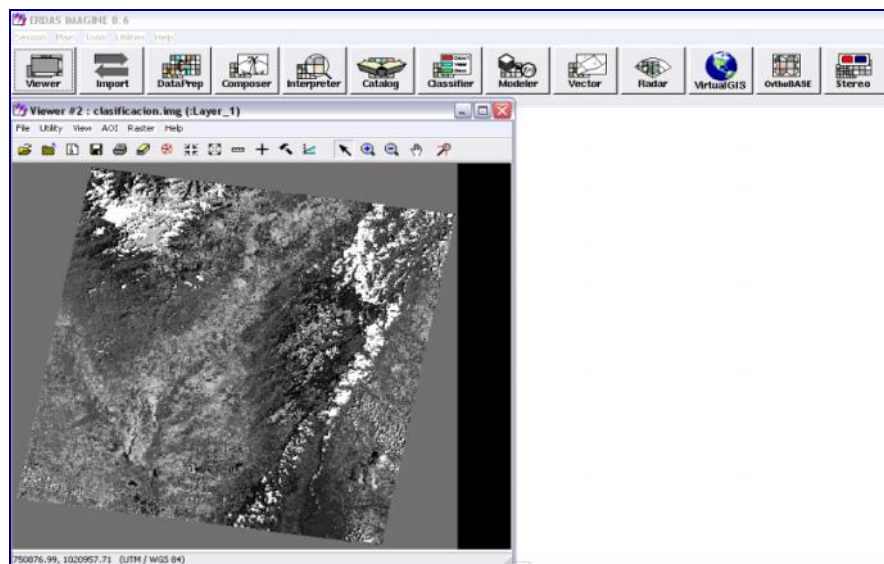


Fig. 4.89

P10. Resultados en colores

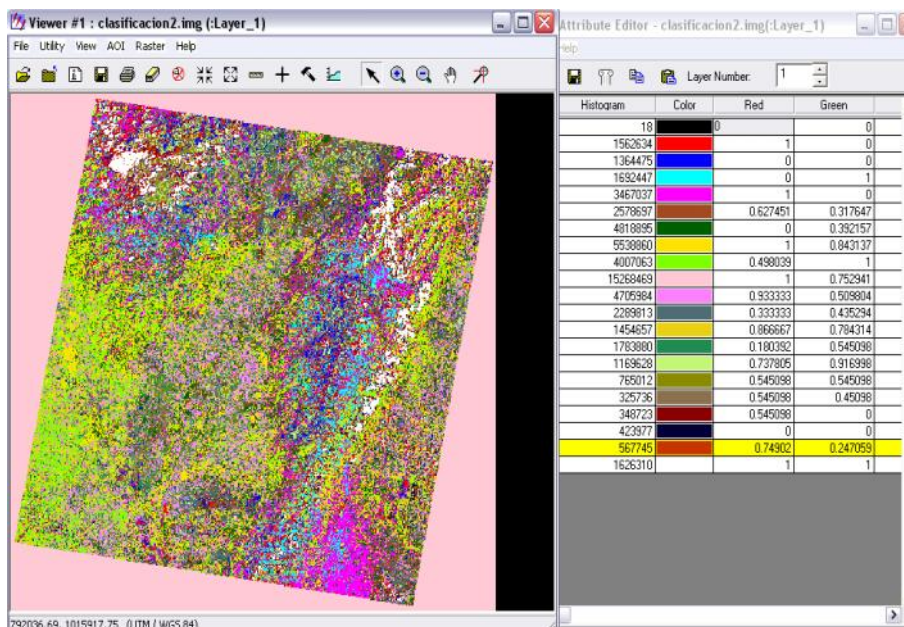


Fig. 4.90

4.1.14. Índice de Vegetación

Paso 1. Se selecciona **Interpreter---Spatial Enhancement---Índice**. Se busca la imagen corregida en Flaash de 1-6.

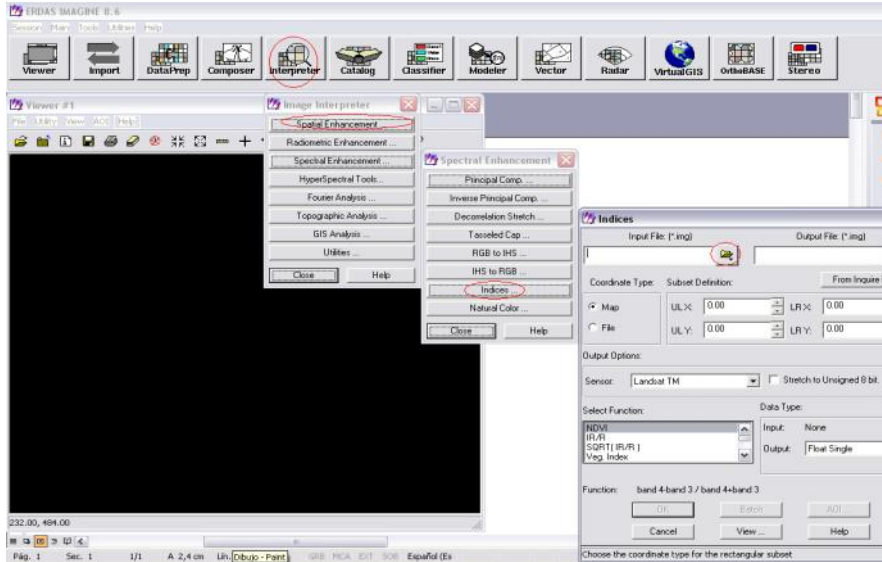


Fig. 4.91

Paso 2. Se selecciona la **imagen corregida en Flaash 1-6** como archivo de entrada. Y se genera una de salida llamado **Índice**

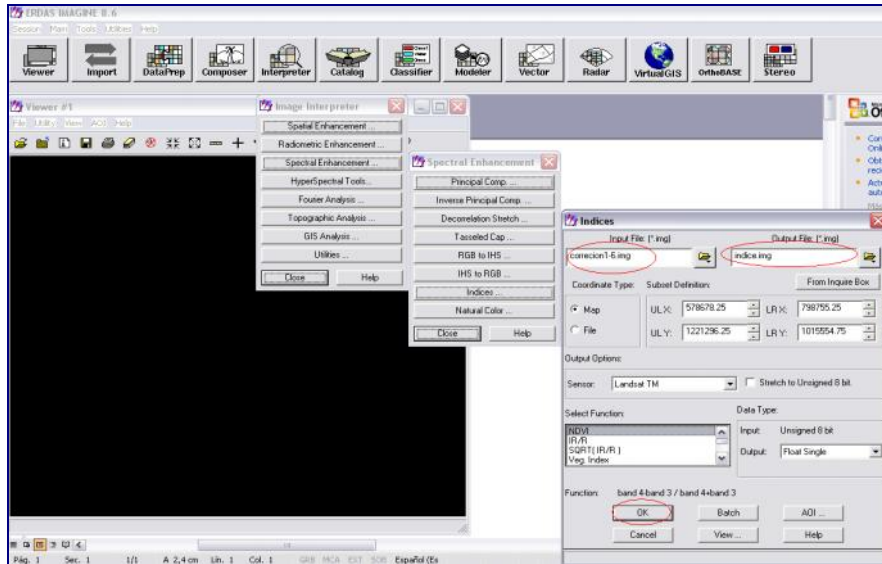


Fig. 4.92

Paso 3. El resultado muestra que el índice de vegetación en la zona blanca.

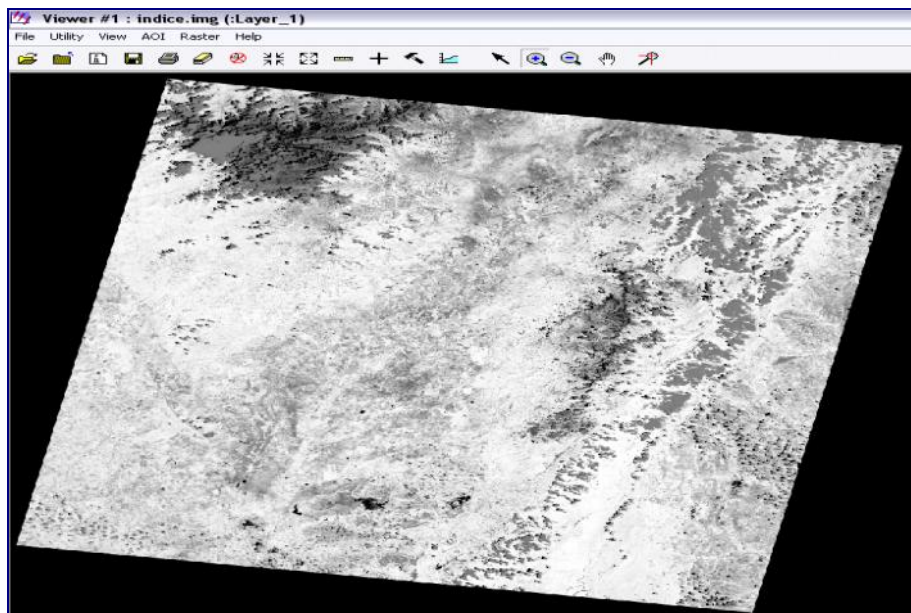


Fig. 4.93

4.1.15. Clasificación Supervisada

Se trabajó con el programa Erdas, mediante los siguientes pasos:

Paso 1. Se selecciona el VIEWER

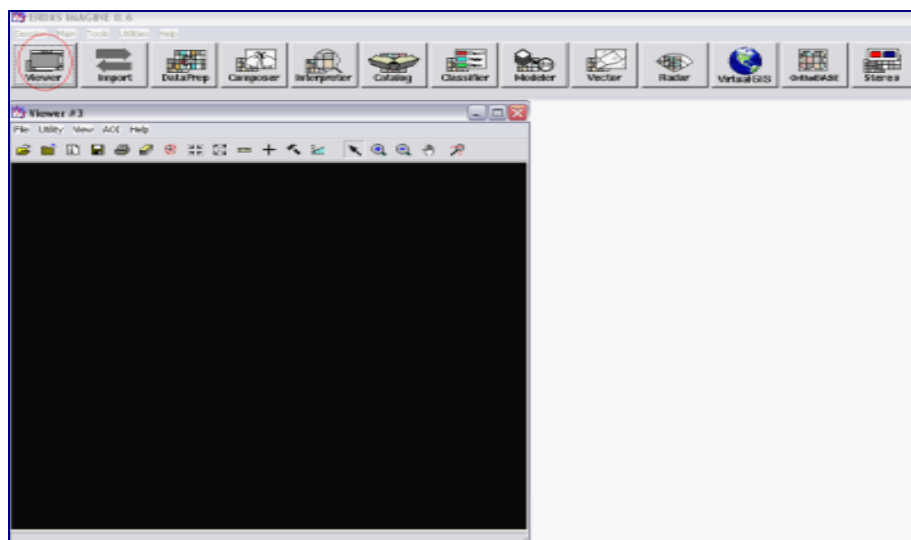


Fig. 4.94

Paso 2. Se abre la carpeta Open File se selecciona la Imagen en Flash 1-6.Imag, antes corregida, se hace clic en OK

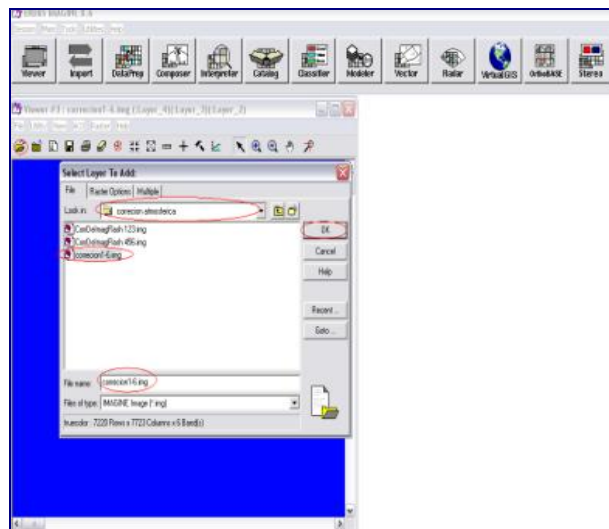


Fig. 4.95

Paso 3. Seguidamente se hace clic derecho del Mouse, se selecciono Fit Image To Window

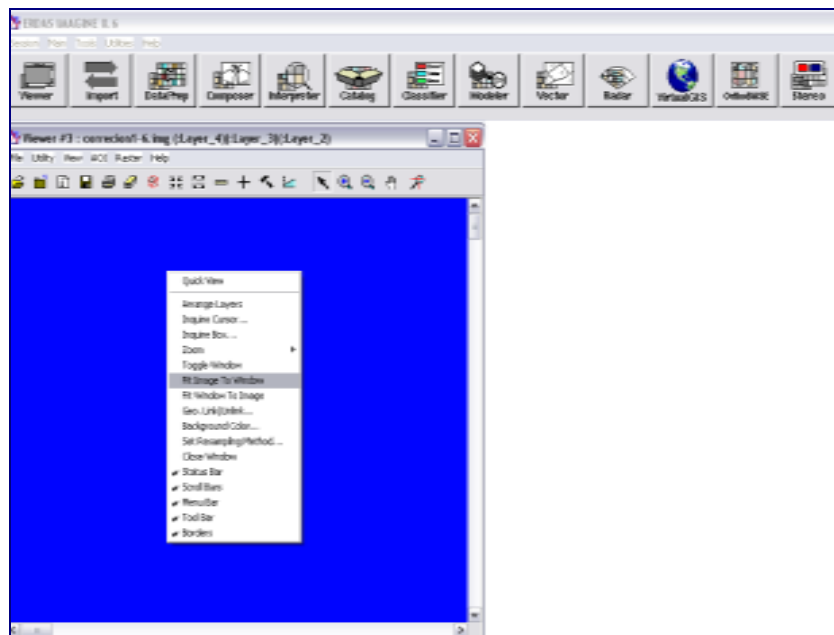


Fig. 4.96

Paso 4. Se despliega la imagen a corregir

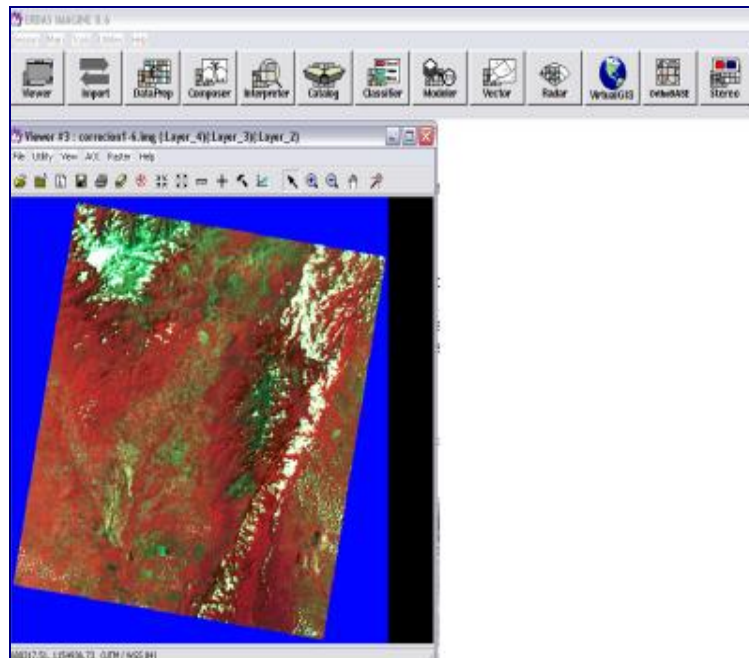


Fig. 4.97

Paso 5. En el menú principal del Viewer se selección **Raster** → **Tools**

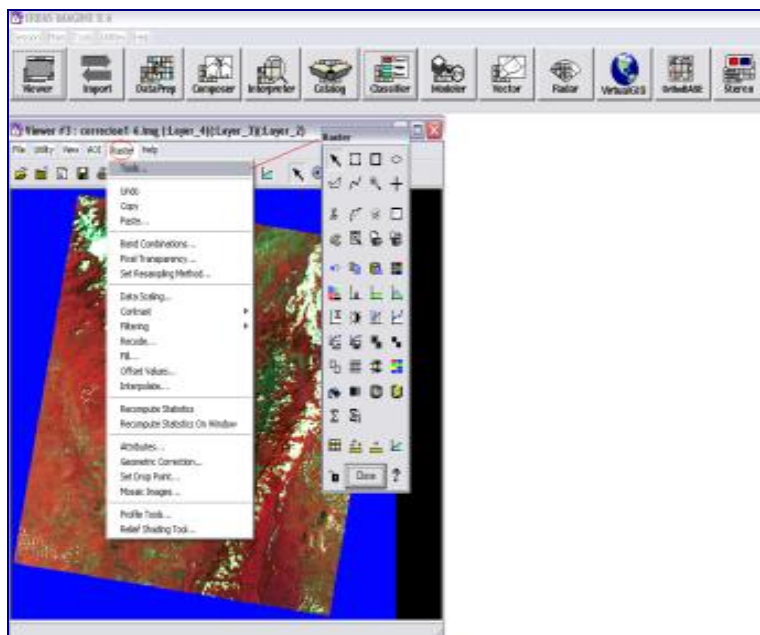


Fig. 4.98

Paso 6. Luego en el menú del Programa Classifier → Signature Editor, ya seleccionadas estas herramientas

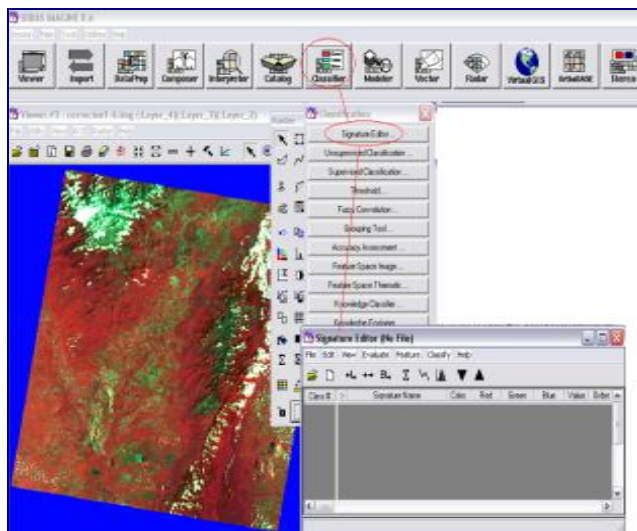


Fig. 4.99

Paso 7. Se marca la clase que se quiere en la imagen con la herramienta del Tools, se envía al Signature Editor, donde se va guardando la cantidad de clase q se escojan, ya seleccionadas las clases se guardan en el Signature Editor en un archivo *.sig

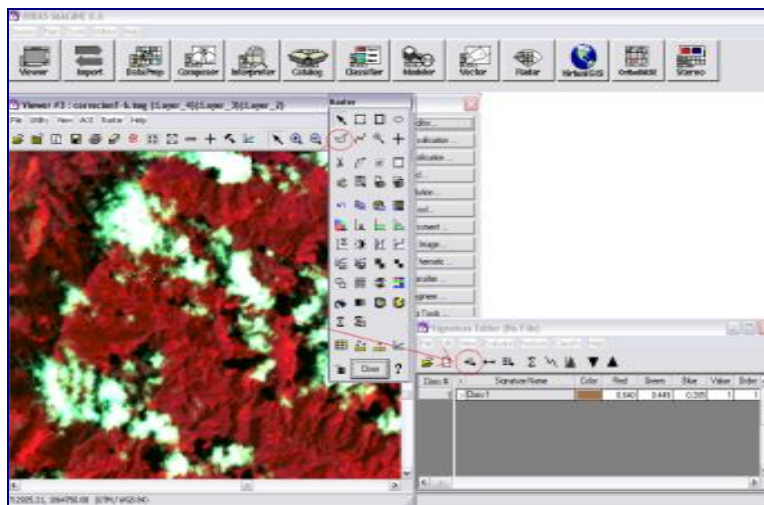


Fig. 4.100

Paso 8. Luego de guardado el archivo.sig, se selecciono en el menú **Classifier** → **Supervised Classification**, se despliega la ventana Supervised Classification, donde primero se va guardar la Imagen en Flash 1-6.Imag, segundo el Signature Editor.sig, y por último el archivo de clasificación de salida, luego se hace clic en “OK” y se guarda la corrección. Seguidamente para realizar el cambio de colores en los pixeles de la clases

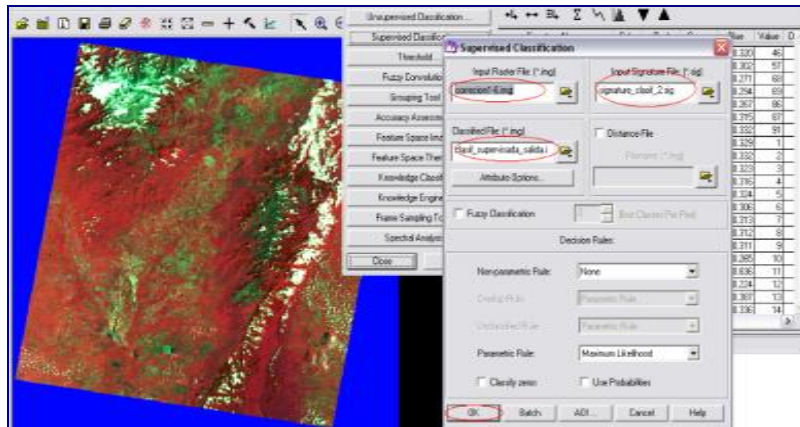


Fig. 4.101

Paso 9. Se abre la Clasificación Supervisada anteriormente guardada, se despliega la imagen con un color grisáceo dado el cambio, se selecciona **Raster** → **Attributes**

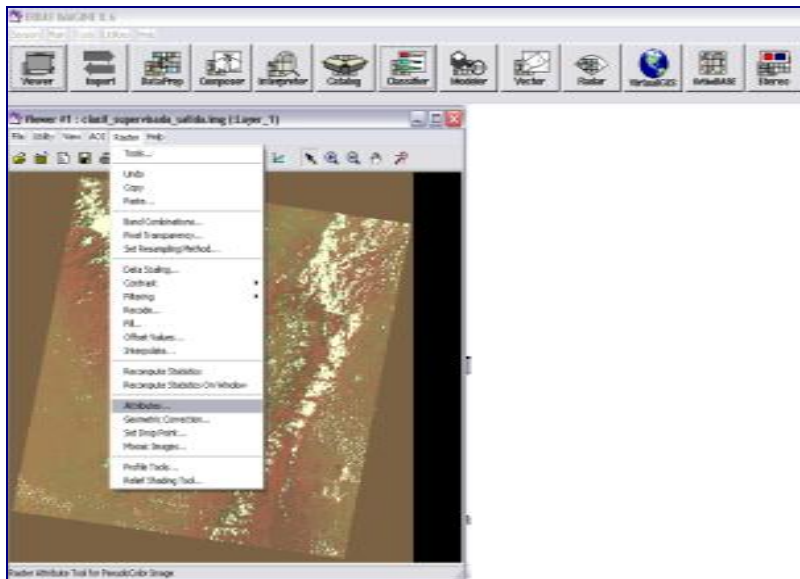


Fig. 4.102

Paso 10. lo que desplegó el Raster Signatura, con las clases antes seleccionadas, aquí lo que se hizo fue el cambio de color de los píxeles

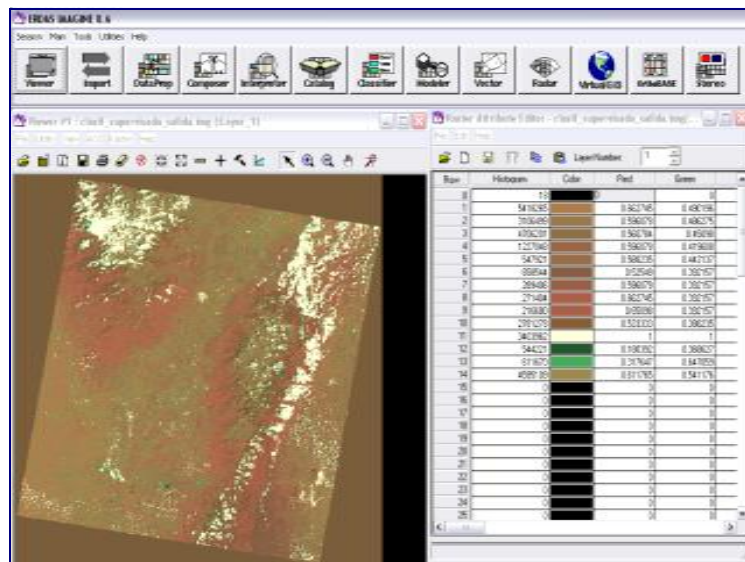


Fig. 4.103

Paso 11. Realizado el cambio en los colores, la imagen comenzara a cambiar los píxeles de acuerdo a las clases tomadas en el Signature Editor, se selecciona **File→Save**, y se guarda la Corrección realizada

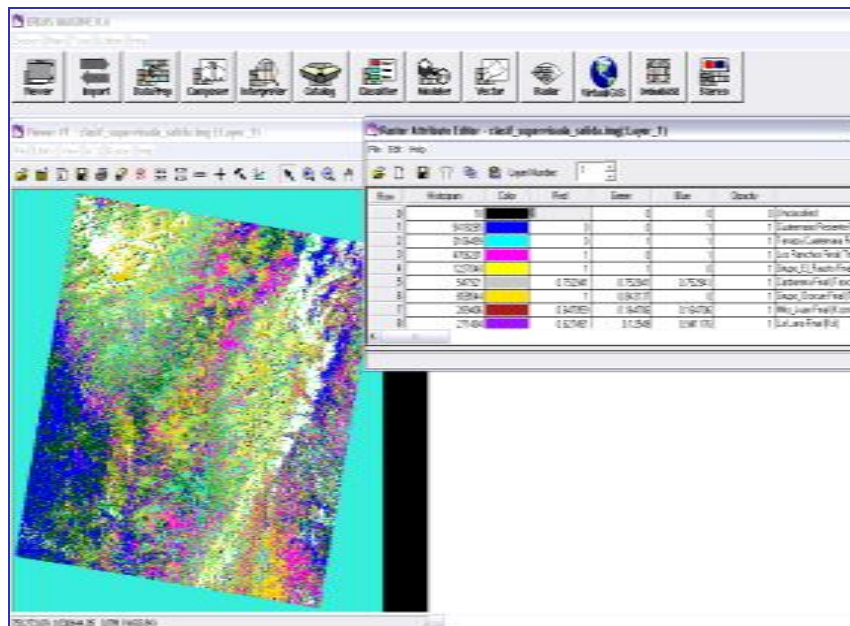


Fig. 4.104

4.1.16. Firmas Espectrales – Programa ERDAS

Paso 1. Se abre el archivo **Clasificación supervisada.imag**→**Raster**→**Signature Editor**, con estos componentes abiertos se seleccionaron clases para hacer la comparación entre píxeles de la imagen y así poder obtener los resultados

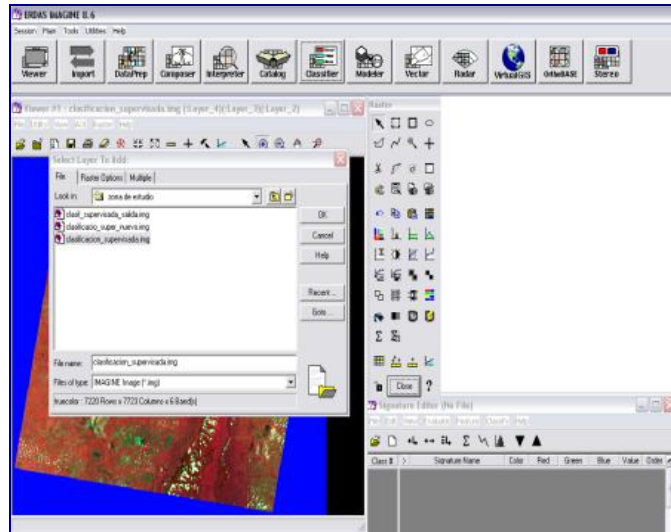


Fig. 4.105

Paso 2. Seleccionadas las clases, se toma el Paso 3 de esta imagen (√) y se agrega un histograma (X, Y) el cual nos muestra la interpretación de cada clase seleccionada

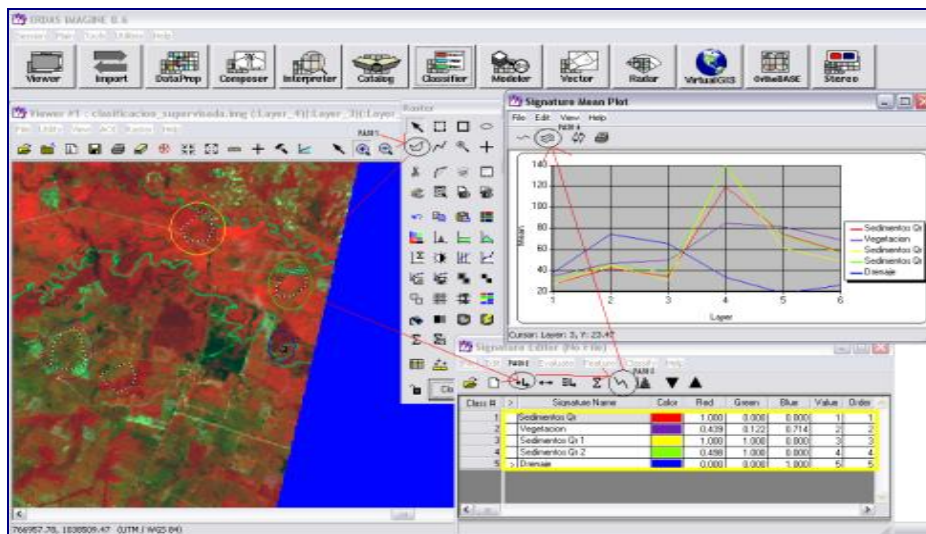


Fig. 4.106

4.1.17. Cociente de Banda

Paso 1.A. Se hace clic en File → Open Image File, se selecciona la corrección 1-6 en Flash

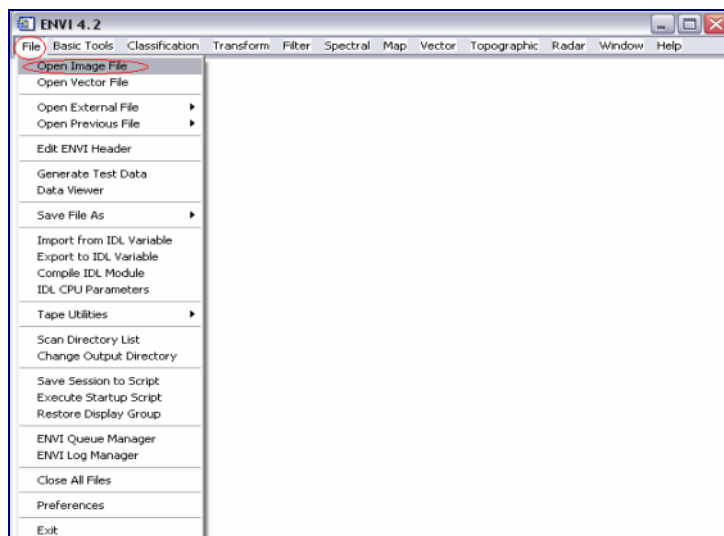


Fig. 4.107

El paso 2 se realizo de dos maneras:

Paso 2.A. En la primera se explicara cómo realizar cociente de banda con numerador y denominador solamente, se selecciono **Transform→Band Ratios**

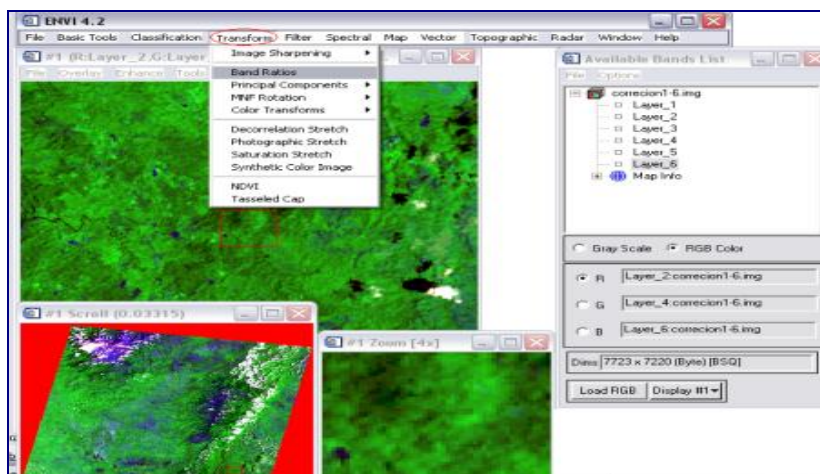


Fig. 4.108

Paso 3.A. Se despliega **Band Ratios Input Bands**, donde se seleccionaron el layer 3 y el layer 1 que expresan el Oxido de Hierro como ejemplo

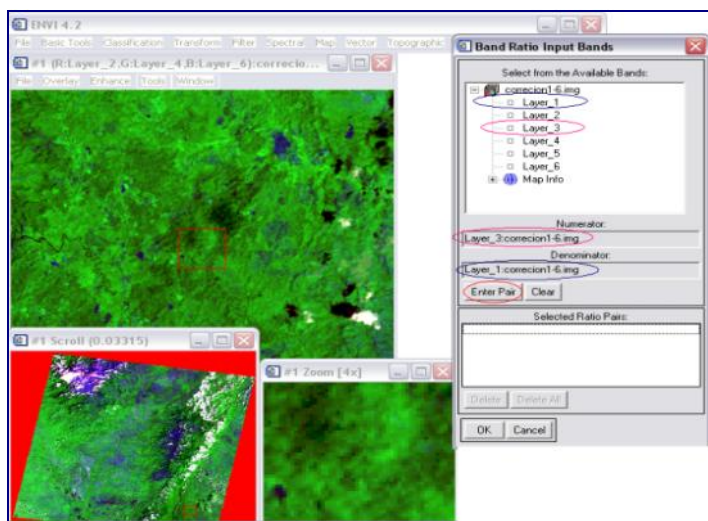


Fig. 4.109

Paso 4.A. Luego de seleccionadas se las bandas se le hace “CLIC” a **Choose**, para guardar la corrección realizada

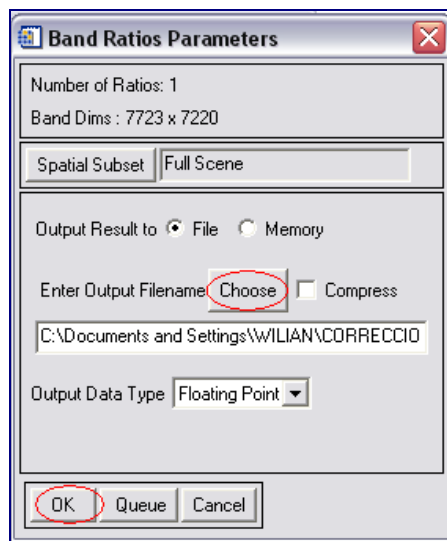


Fig. 4.110

Paso 5.A. Guardada, se desplegó una ventana llamada “Available Bands List”, se selecciona el **Oxido de Hierro (O₂Fe)**→Clic→Load Band→ Resultados

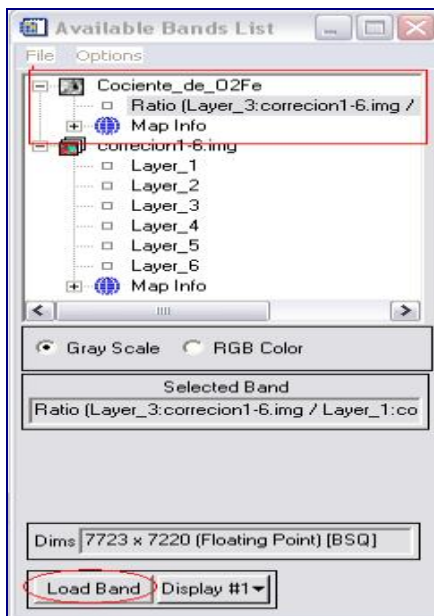


Fig. 4.111

Resultados de la forma A

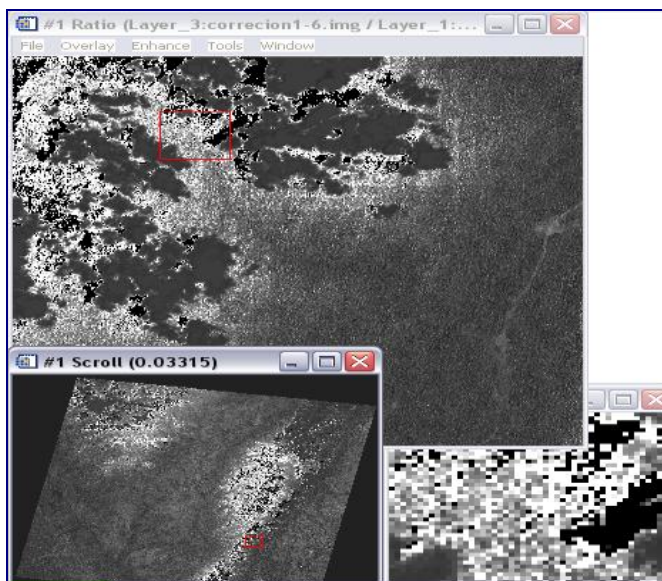


Fig. 4.112

Paso 2.B. Se selecciona **Basic Tool---Band Math**, **Paso . 3. A.** se desplego la ventana **Band Math**, aquí se realizó una operación matemática con bandas (b1+b3/b5)→**Clic**→**OK**

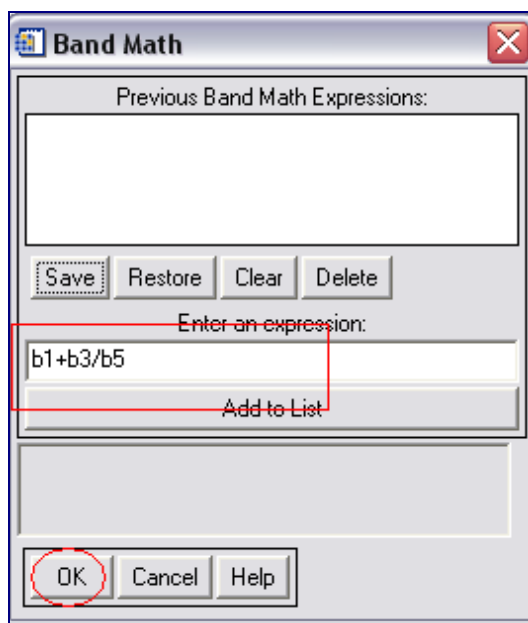


Fig. 4.113

Paso 3.B. En este paso se definen los parámetros de cada banda seleccionada, se hace **Clic**→**Choose**, se busca la carpeta donde se va a guardar →“**OK**”

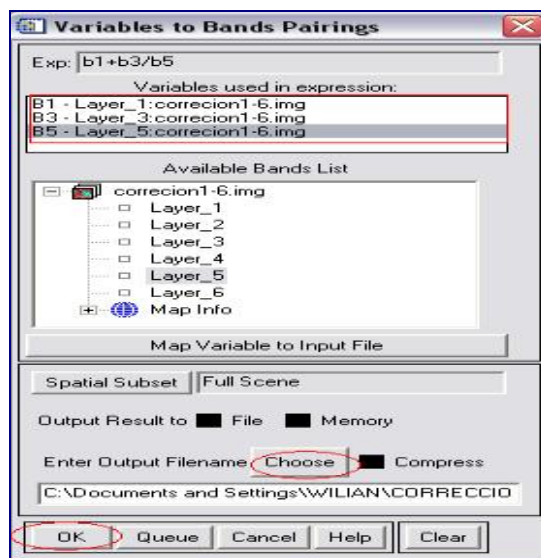


Fig. 4.114

Resultado para la forma B

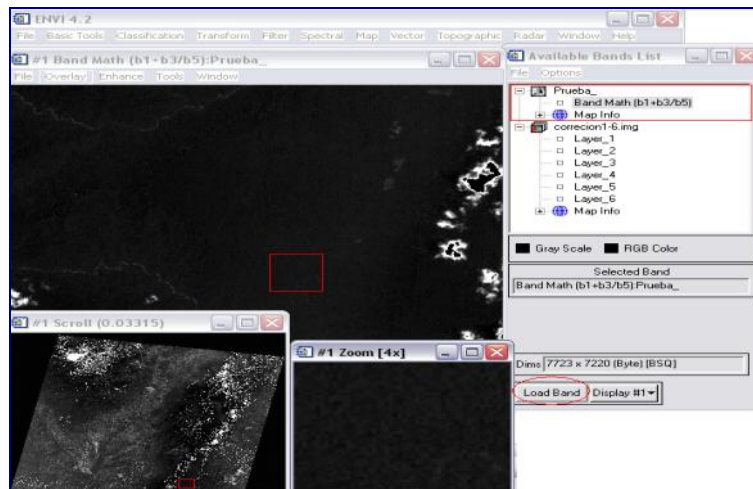


Fig. 4.115

4.1.18. Modelo topográfico en 3D

Paso 1. Se abre la imagen corregida en flaash de 1-6

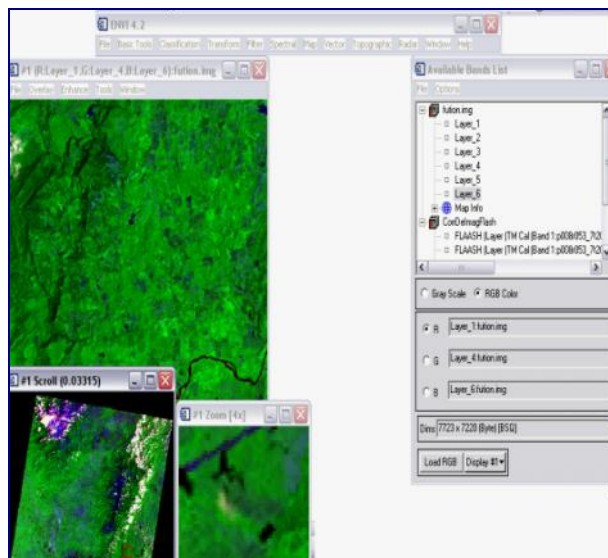


Fig. 4.116

Paso 2. Se selecciona Tools--- 3D SurfaceView

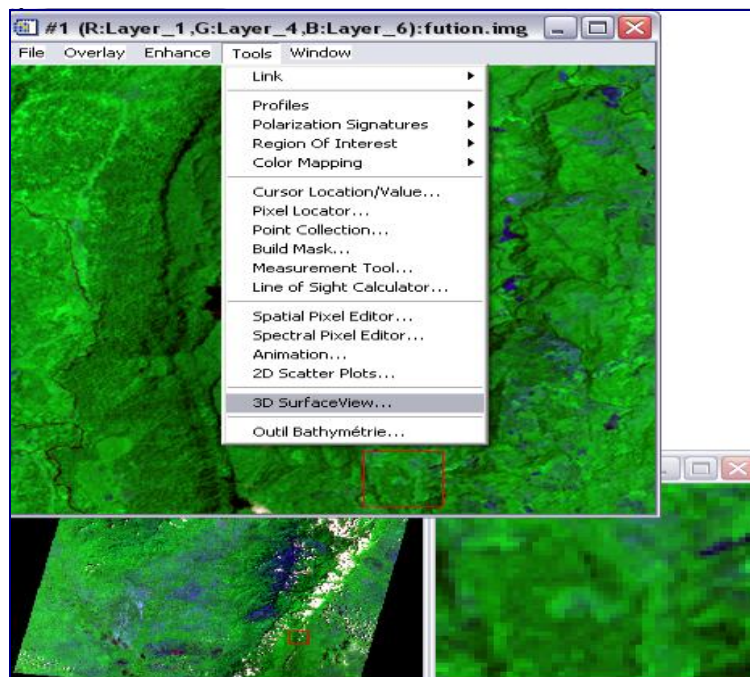


Fig. 4.117

Paso 3. En el Associated DEM Input File, donde se cualquiera de los layer abiertos en la ventana, se hace clic en OK

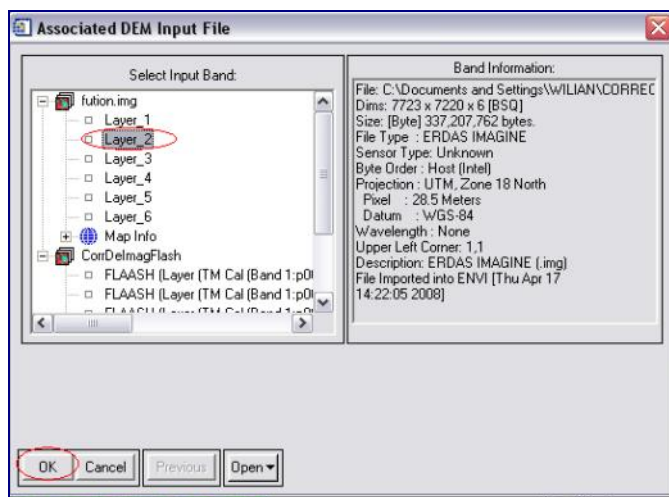


Fig. 4.118

Paso 4. Se despliega la venta 3D SurfaceView Input Parameters, donde se le da la calidad de resolución → exageración vertical → OK

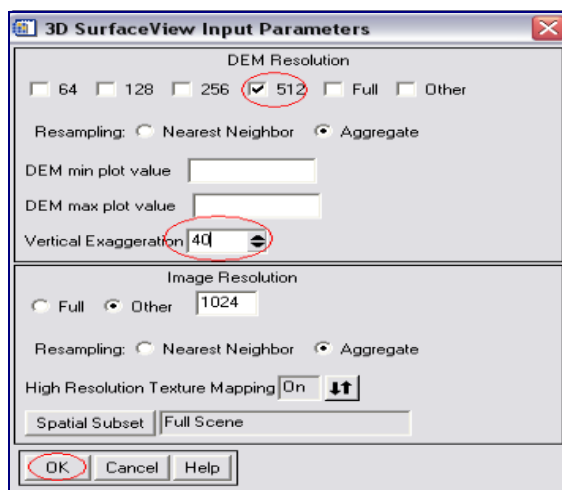


Fig. 4.119

RESULTADO

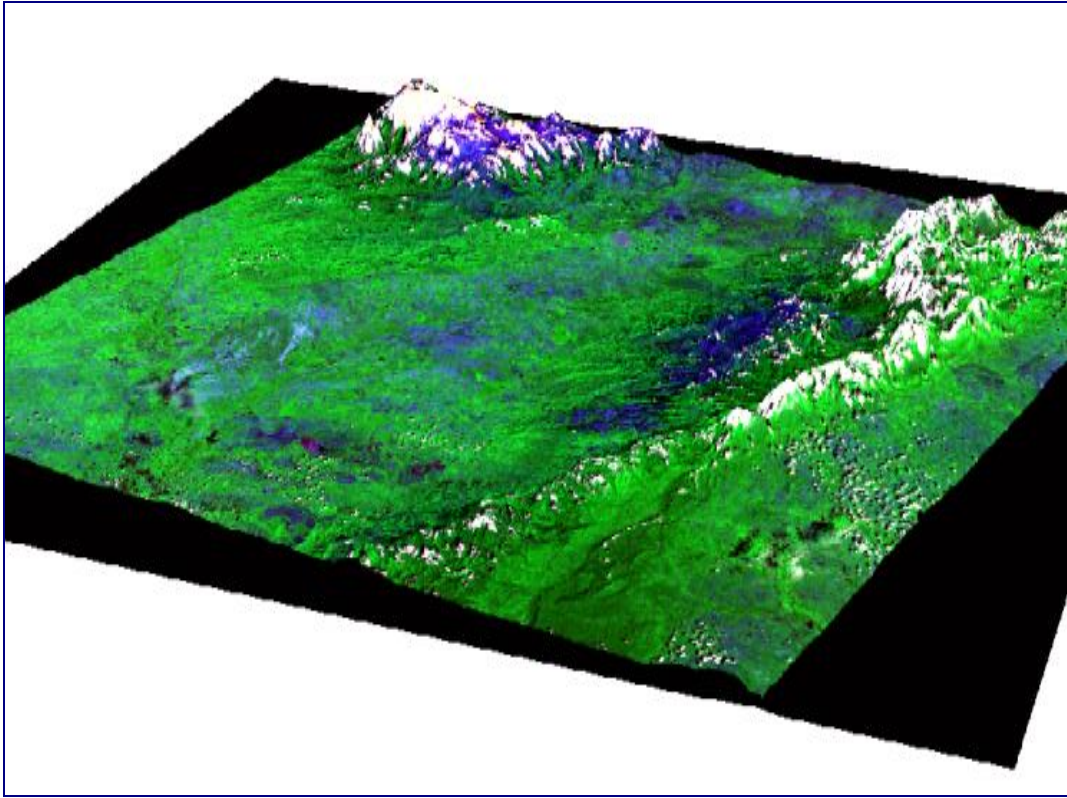


Fig. 4.120

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Realizados todos los procesamientos y correcciones de imágenes satelitales, se obtuvieron los resultados de dichos estudios para la actualización de la geología de la zona sur de la Sierra de Perijá.

La interpretación se basa en el análisis de rasgos topográficos, litológicos hidrológicos y estructurales.

5.1. Rasgos Topográficos

Al observar la imagen se destacan dos unidades; la primera es la unidad de Valle (litología menos competente), y la segunda es la unidad de montaña (litología competente). Figura 5.1

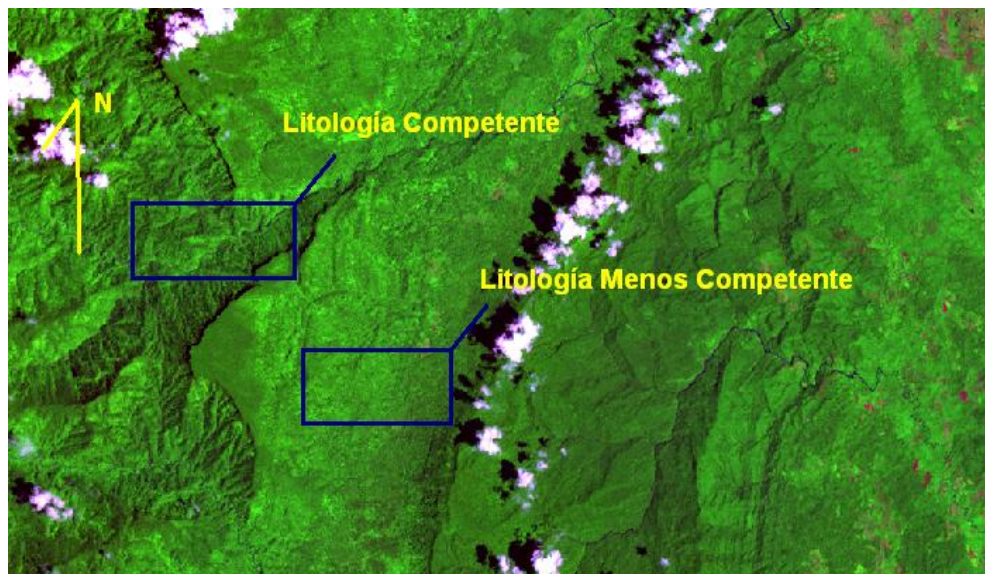


Figura 5.1. Imagen en flash identificando topografía (Bandas R2-G4-B6).

5.1.1. Unidad de Valle (Terraza irregular drenada, litología menos competente): es la unidad predominante de la zona ya que abarca aproximadamente un 60% del área total, se puede identificar al este de la imagen. (Ver Figura 5.2).

5.1.2. Unidad de Montaña (litología Competente): esta unidad ocupa el resto de área de la zona de estudio el 40% de la imagen analizada, las topografía presenta una elevación promedio de 1.200 a 2.000 m. s. n. m, las capas que se observan presentan una orientación aproximada de N20°E. Se encuentra del lado oeste de la imagen. (Ver Figura 5.2)

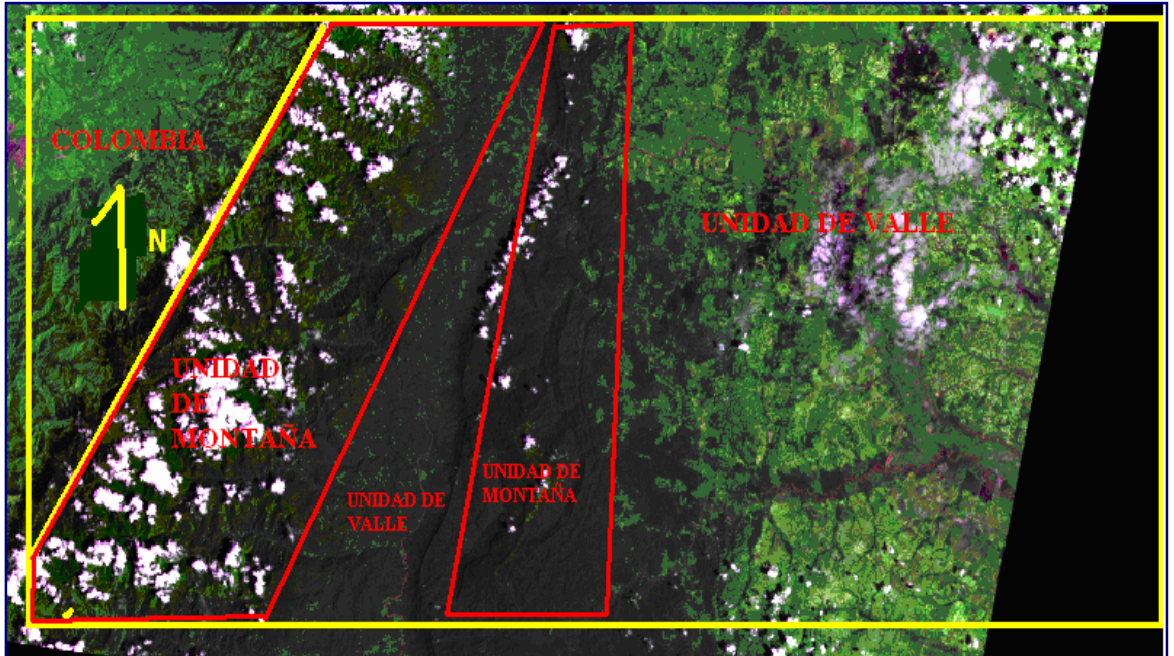


Figura 5.2. Unidades Topográficas

Combinación (R3, G5, B1) Escala 1:100.000

5.2. Rasgos Litológicos

Para lograr la actualización del mapa de la zona sur de la Sierra de Perijá, el estudio fue realizado principalmente por firmas espectrales. Se utilizaron barridos por distintas zonas de la imagen debido a la existencia de los diferentes contactos propuesto por los autores consultados, obteniendo como resultado que el mapa de Chaplet (1999) y el mapa de Duerto (1998) tuvieron concordancia en algunos resultados, a continuación se observaran una serie de comparaciones realizadas para el reconocimiento de los contactos existentes en la zona (ver Figura, Barrido Comparativo A. 5.3, 5.3-A, 5.3-B, 5.3-C, Barrido Comparativo B 5.4, 5.4-A, 5.4-B, 5.4-C, Barrido Comparativo C 5.5, 5.5-A, 5.5-B, 5.5-C)

Barrido Comparativo A

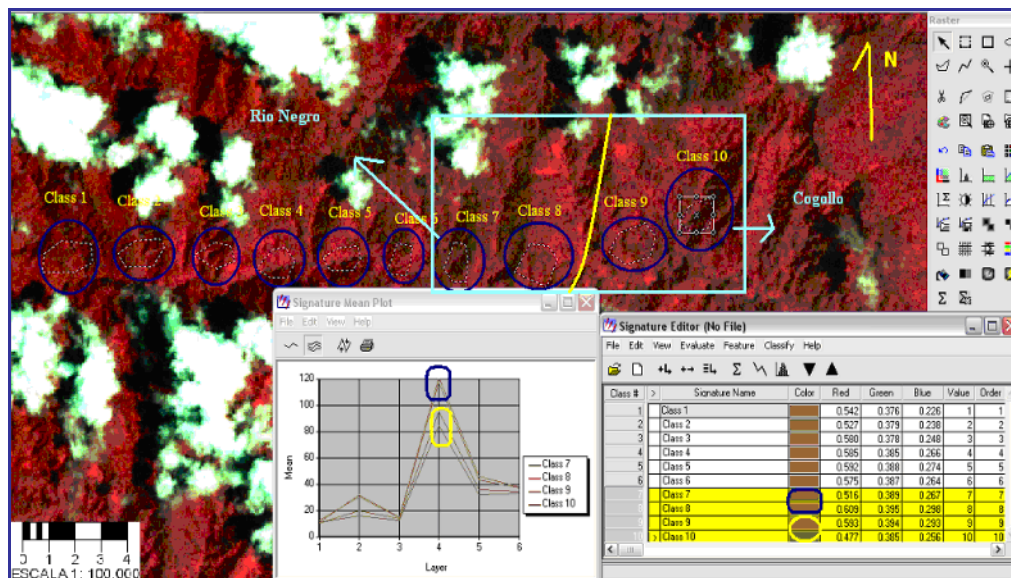


Figura 5.3 Firma espectral para comprobar el contacto entre las Formaciones Río Negro (Azul)- Cogollo (Amarillo) Combinación (R4, G3, B2)

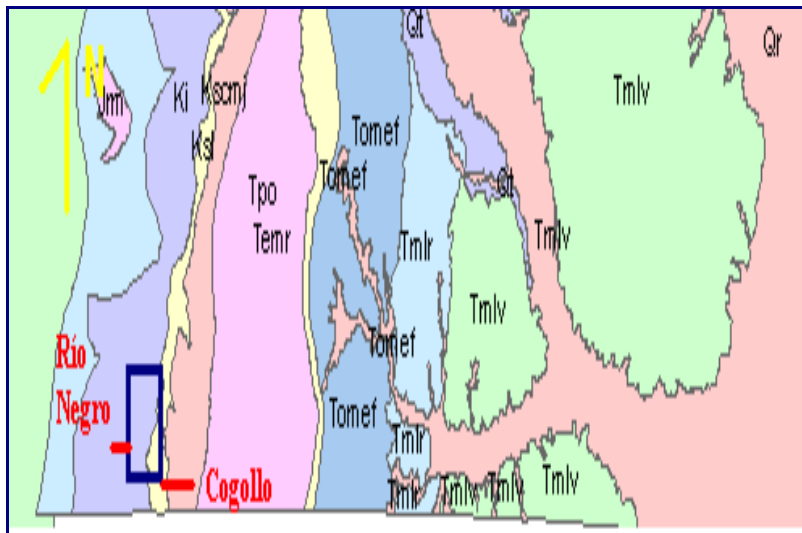


Figura 5.3-A. Mapa de Chaplet (1999)

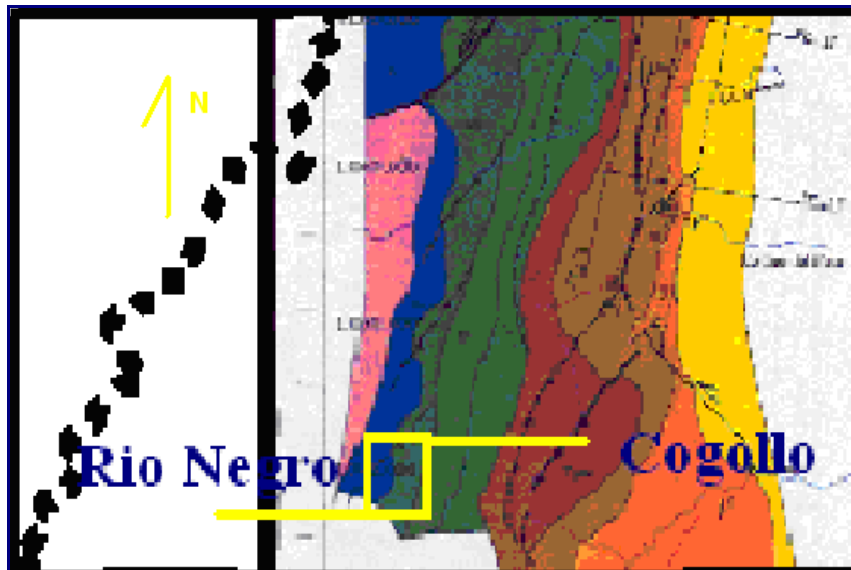


Figura 5.3-B. Mapa de Duerto (1998)

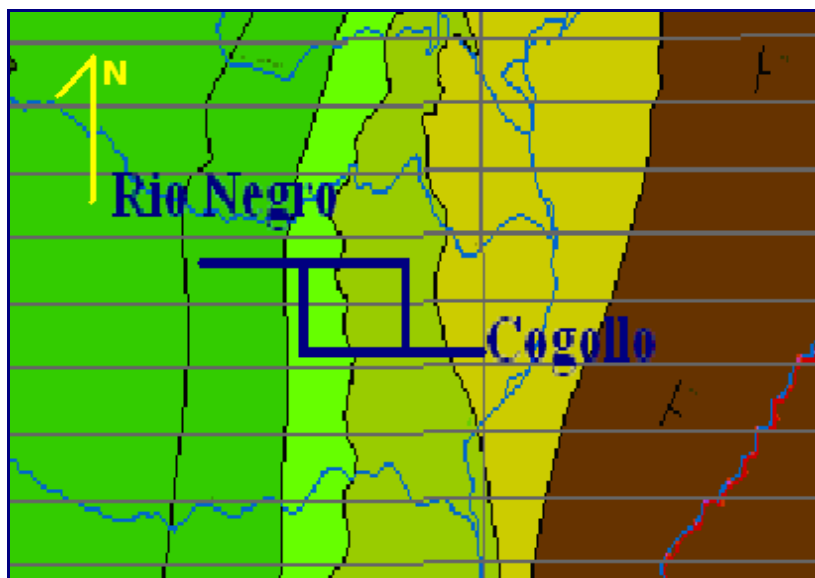


Figura 5.3-C. Resultado del Mapa Actualizado

Luego de realizar el barrido anteriormente mostrado se puede indicar que los mapas utilizados con la integración de las firmas espectrales fueron de gran utilidad en la actualización, debido a que se obtuvo la correspondencia de formaciones existente en la imagen.

Barrido Comparativo B

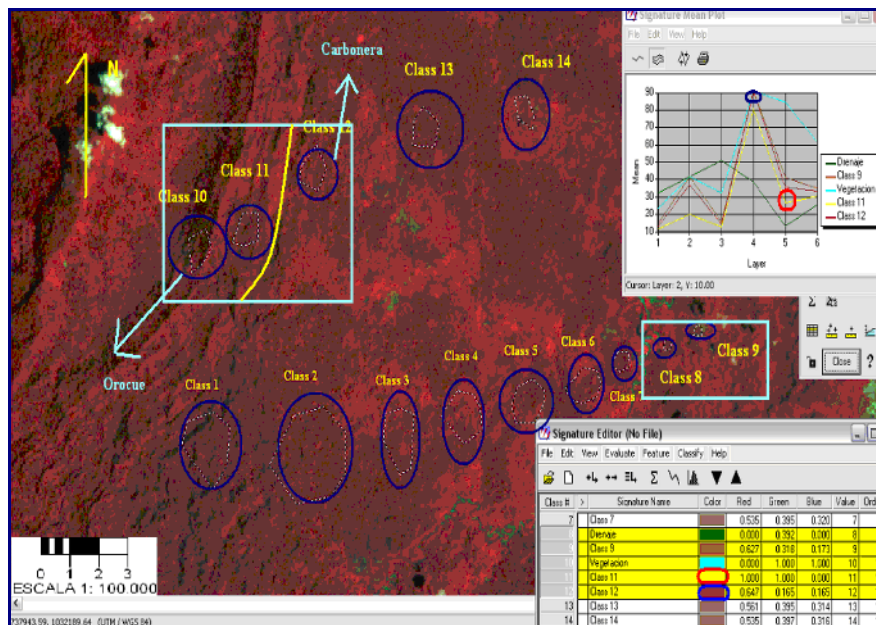


Figura 5.4. Firma espectral para comprobar el contacto entre las Formaciones Orocué (rojo)- Carbonera (azul)

Combinación (R4, G3, B2)

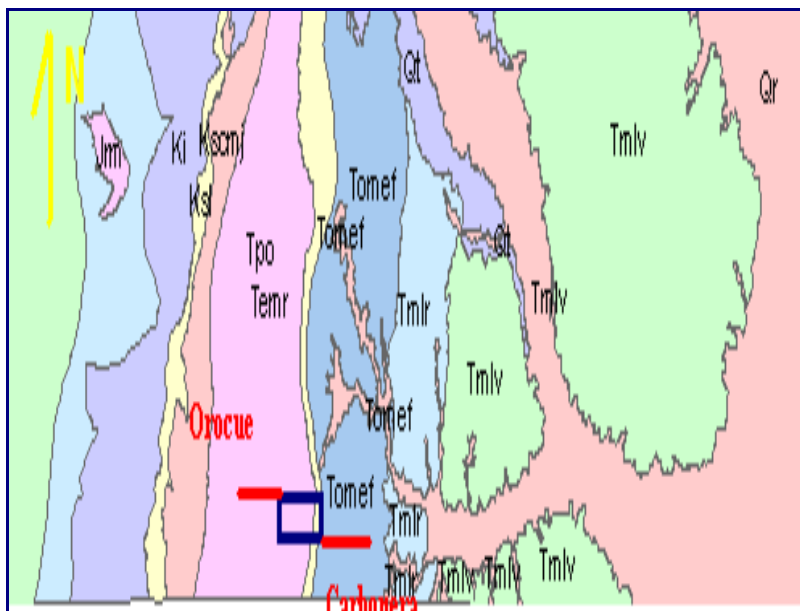


Figura 5.4-A. Mapa de Chaplet (1999)

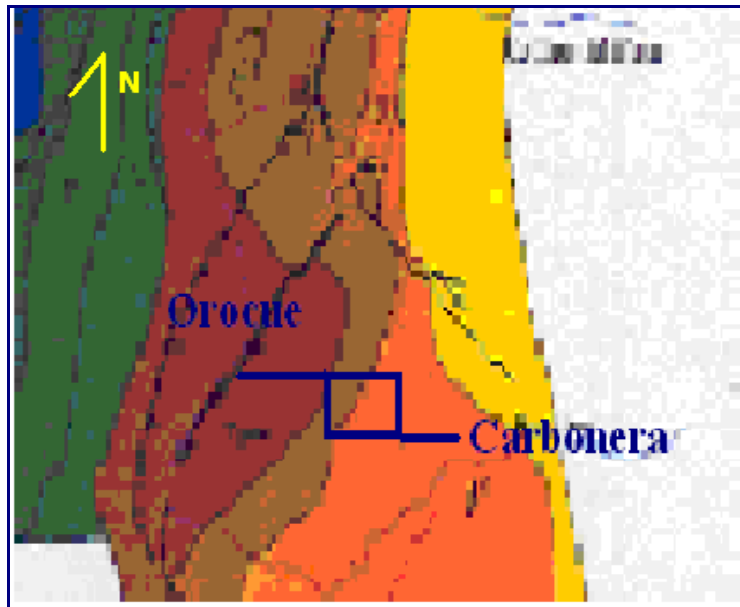


Figura 5.4-B. Mapa de Duerto (1998)

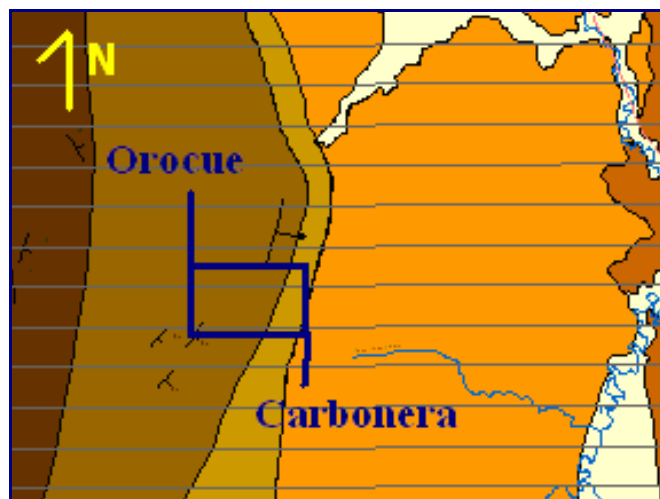


Figura 5.3-C. Resultado del Mapa Actualizado

En el barrido B existió correspondencia entre los mapas en la litología, aunque incongruencia entre los espesores del mapa de Duerto (1998) y el Chaplet (1999), por eso el resultado del mapa actualizado fue integrado al mapa de Chaplet debido a que la corrección de firmas espectrales no le dio tanto espesor a la Formación Carbonera como el dado por el otro autor.

Barrido Comparativo C

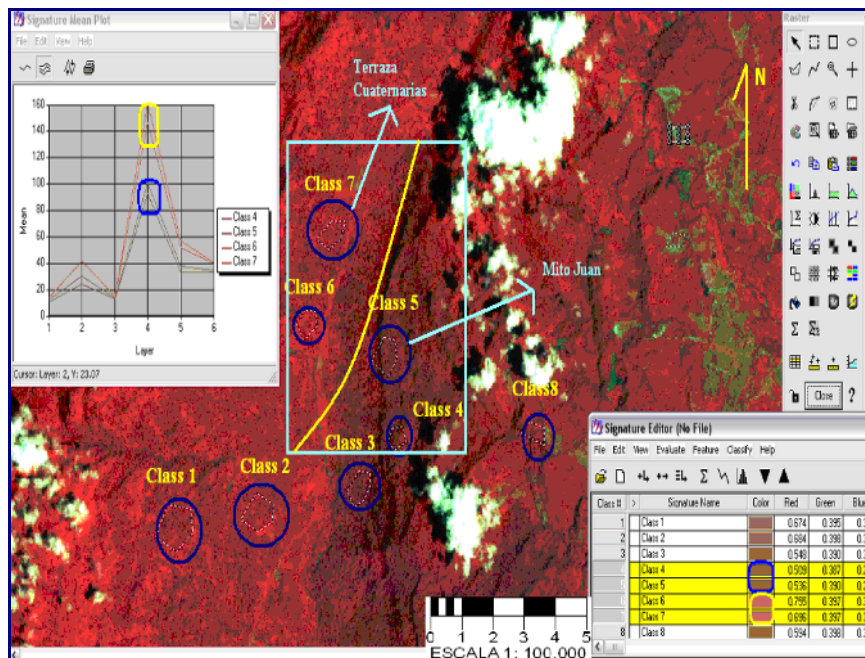


Figura 5.5. Firma espectral para comprobar el contacto entre las Formaciones Mito Juan (azul)- Terrazas Cuaternarias (amarilla)

Combinación (R4, G3, B2)



Figura 5.5-A. Mapa de Chaplet (1999)

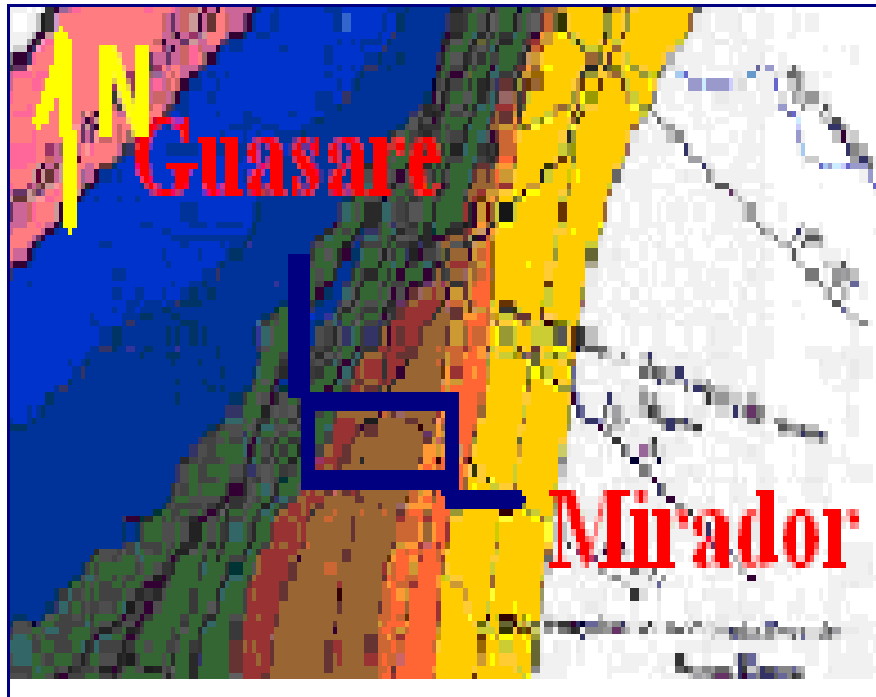


Figura 5.5-B. Mapa de Duerto (1998)

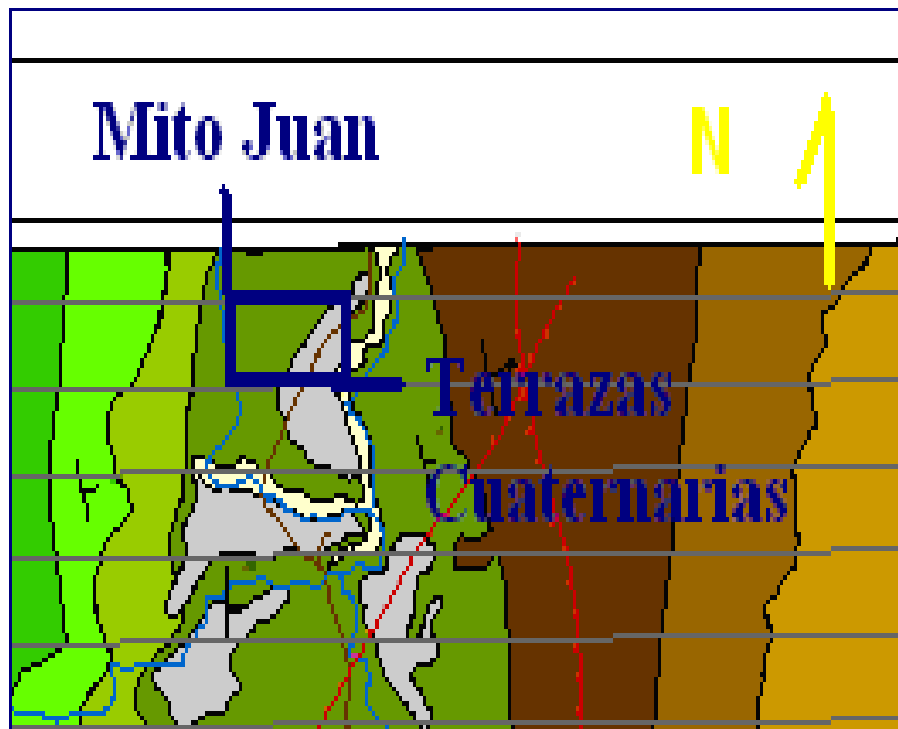


Figura 5.5-C. Resultado del Mapa Actualizado

Para culminar esta comparación realizada entre los mapas consultados se obtuvieron como resultado diferencias entre si, sirviendo como referencia el mapa de Chaplet (1999), el cual según la corrección de las firmas generó la correspondencia existente en la litología, dando como respuesta rocas menos competentes de las formaciones estudiadas.

También la clasificación supervisada corroboró la correspondencia de los contactos presentados en el mapa Chaplet (1999) con la imagen satelital de la zona, debido a la variación entre píxeles de la imagen, se mostraron diferentes tipos de clases seleccionadas, vistas en la imagen (Ver Figura 5.6, 5.6-A, 5.6-B, 5.6-C).

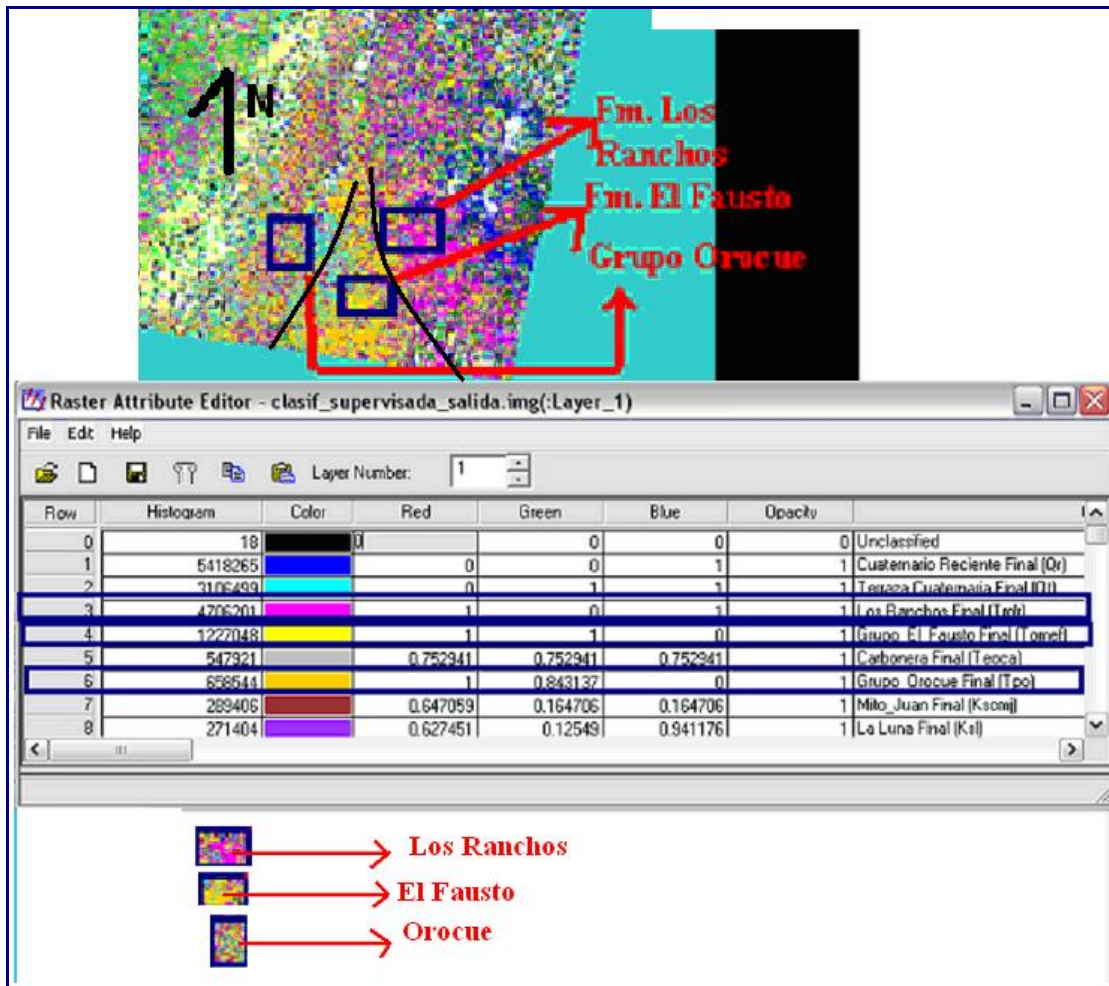


Figura 5.6. Clasificación Supervisada para la discriminación de las formaciones Los Ranchos, Grupo El Fausto y el Grupo Orocué.

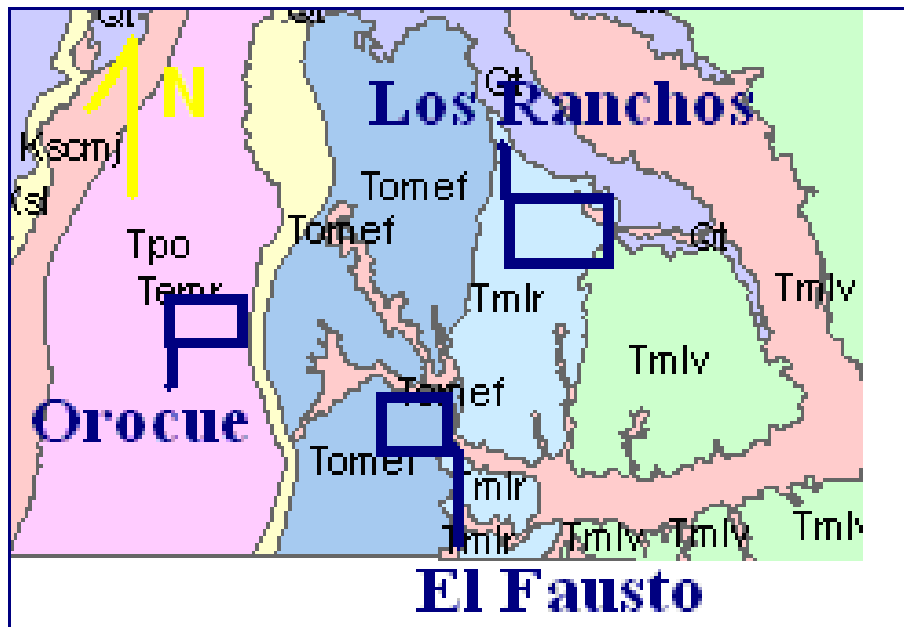


Figura 5.6-A. Mapa de Chaplet (1999)

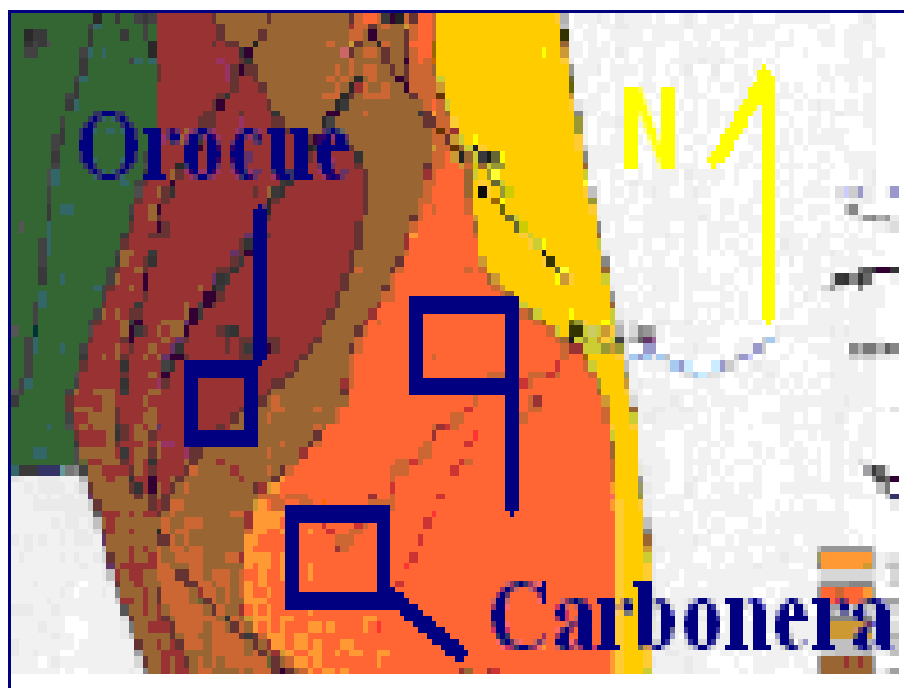


Figura 5.6-B. Mapa de Duerto (1998)

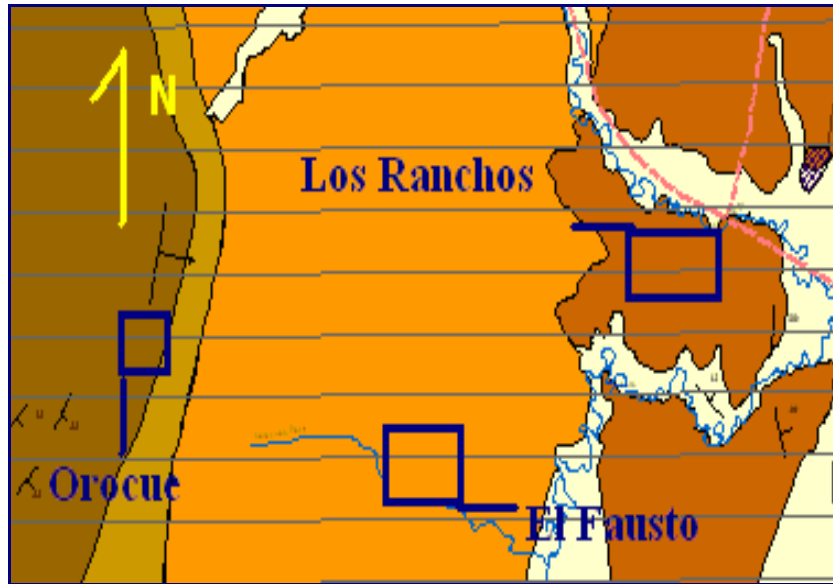


Figura 5.6-C. Resultado de la Clasificación Supervisada en el Mapa Actualizado

Después de realizar la comparación de resultados entre la correspondencia de los mapas consultados y la actualización realizada se puede indicar que el mapa de acoplo y que utilizó fue el mapa de Chaplet (1999), debido a que no había diferencia entre las litologías encontradas.

Otro método utilizado fue la clasificación no supervisada, la cual generó una buena resolución de la imagen estudiada al observarla. (Figura 5.7, 5.7-A).

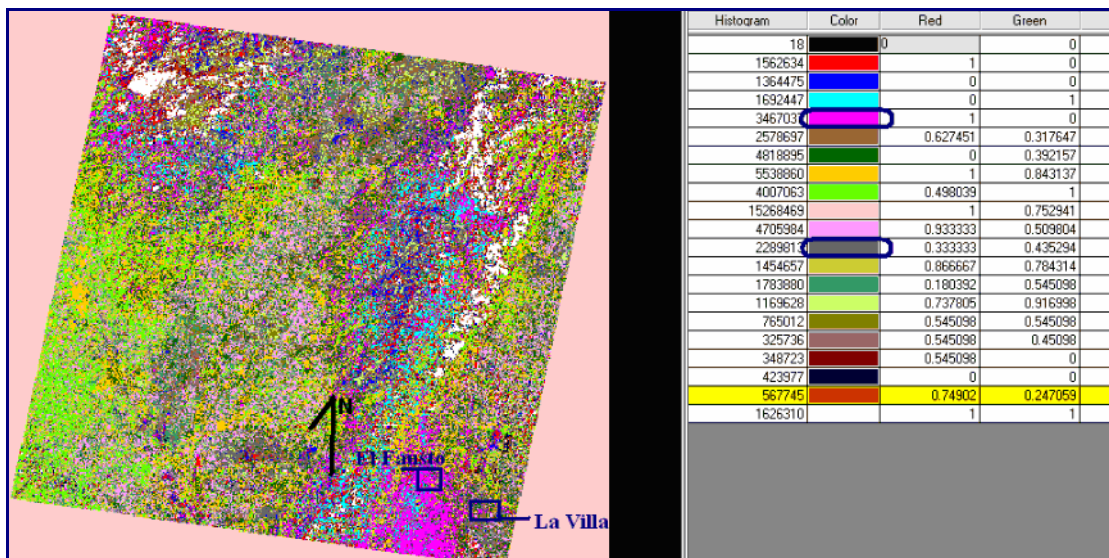


Figura 5.7. Clasificación no supervisada para la discriminación del Grupo El Fausto y la Formación La Villa

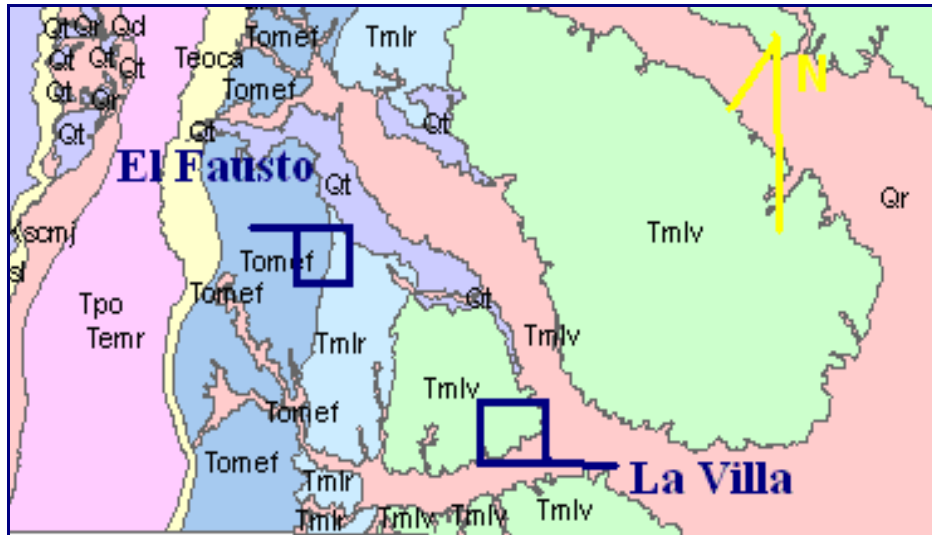


Figura 5.7-A. Mapa de Chaplet (1999)

De acuerdo a los resultados en esta clasificación se puede decir que los píxeles obtenidos por la corrección pudieron haber tenido dispersión por toda la imagen, lo que es importante tomar en cuenta a la hora de tomar decisiones. El análisis realizado en el presente trabajo fue comparado con el mapa de Chaplet (1999), y el resultado fue el esperado, una ubicación de píxeles fue parecida hacia las zonas seleccionadas.

Por último, se puede destacar que las correcciones realizadas en Transformación de la Fracción Mínima de ruido (MNF), Índice de Impureza (PPI) y el Espectral Angel Mapper (SAM), evidenciaron aspectos litológicos ya encontrados, pero no proporcionan datos relevantes para el estudio de la imagen.

Realizados todos los procesamientos de la imagen, se lograron determinar las formaciones descritas en la siguiente Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Contactos Litológicos de la Imagen satelital Landsat 7 ETM # 8-53. Mapa Actualizado 1:100.000

Contactos Litológicos Existentes en la Zona S de Sierra de Perijá	
(Base a Tope)	
Formación	Procedimiento Utilizado
Cuaternario	Firmas Espectrales (cambio de banda 4 roca menos competente). (Ver figura 5.5)
Terrazas Cuaternarias	Firmas Espectrales y Clasificación Supervisada (comparación con Mito Juan (ver figura 5.5))
La Villa	Firmas Espectrales y Clasificación no supervisada (ver Fig. 5.7)
Los Ranchos	Firmas Espectrales, clasificación supervisada (ver figura 5.7)
Grupo El Faustos	Firmas Espectrales clasificación supervisada (ver figura 5.7)
Formación Carbonera	Firmas Espectrales (ver figura 5.4)
Grupo Orocué (Barcos, Los Cuervos)	Firmas Espectrales y clasificación supervisada (Ver figuras 5.4 y 5.6 C)
Colon- Mito Juan	Firmas Espectrales (Ver figuras 5.5)
La Luna	Firmas Espectrales y clasificación supervisada (Correspondencia entre La Formación Mito Juan y el Grupo Cogollo)
Grupo Cogollo (Apon, Lisure, Maraca)	Firmas Espectrales (Ver figuras 5.3)
Río Negro	Firmas Espectrales y clasificación supervisada (Ver figuras 5.3)
Formación Sin Diferenciar	Firmas Espectrales.

5.3. Rasgos Hidrológicos

Con respecto a las unidades de drenajes y estructuras de la zona, se puede indicar que las mismas se identificaron por diversas combinaciones de bandas, pero la utilizada en este caso es rojo3-verde5-azul1. A continuación se muestra un ejemplo de las combinaciones realizadas. (Ver Figura 5.8)

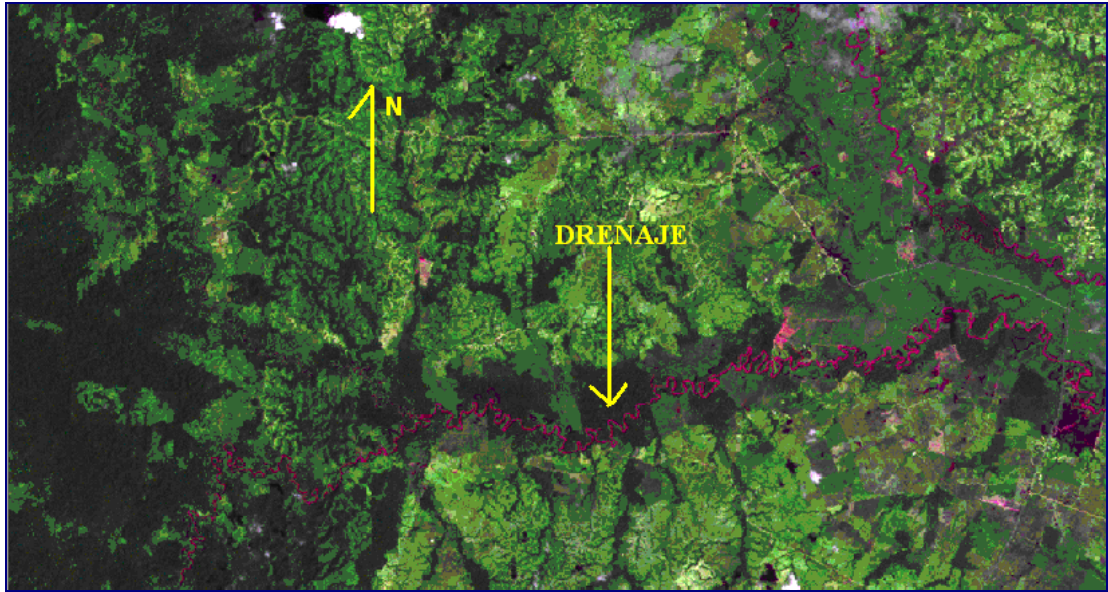


Figura 5.8. Vista de Drenajes

. Combinación (R3, G5, B1) Escala 1:100.000

También se puede recalcar que la interpretación de los drenajes en la imagen fue únicamente de los principales debido a que los tributarios son muy pocos los observados. Para obtener el drenaje intermitente, se usó como base, la información contenida en los mapas cartográficos Río Day (5544) y Río Aricuisa (5644) a escala 1:100.000 (ver anexos 6 y 7). Seguidamente se muestra la correspondencia de imagen satelital y la referencia bibliográfica. (Figuras 5.9, 5.10)

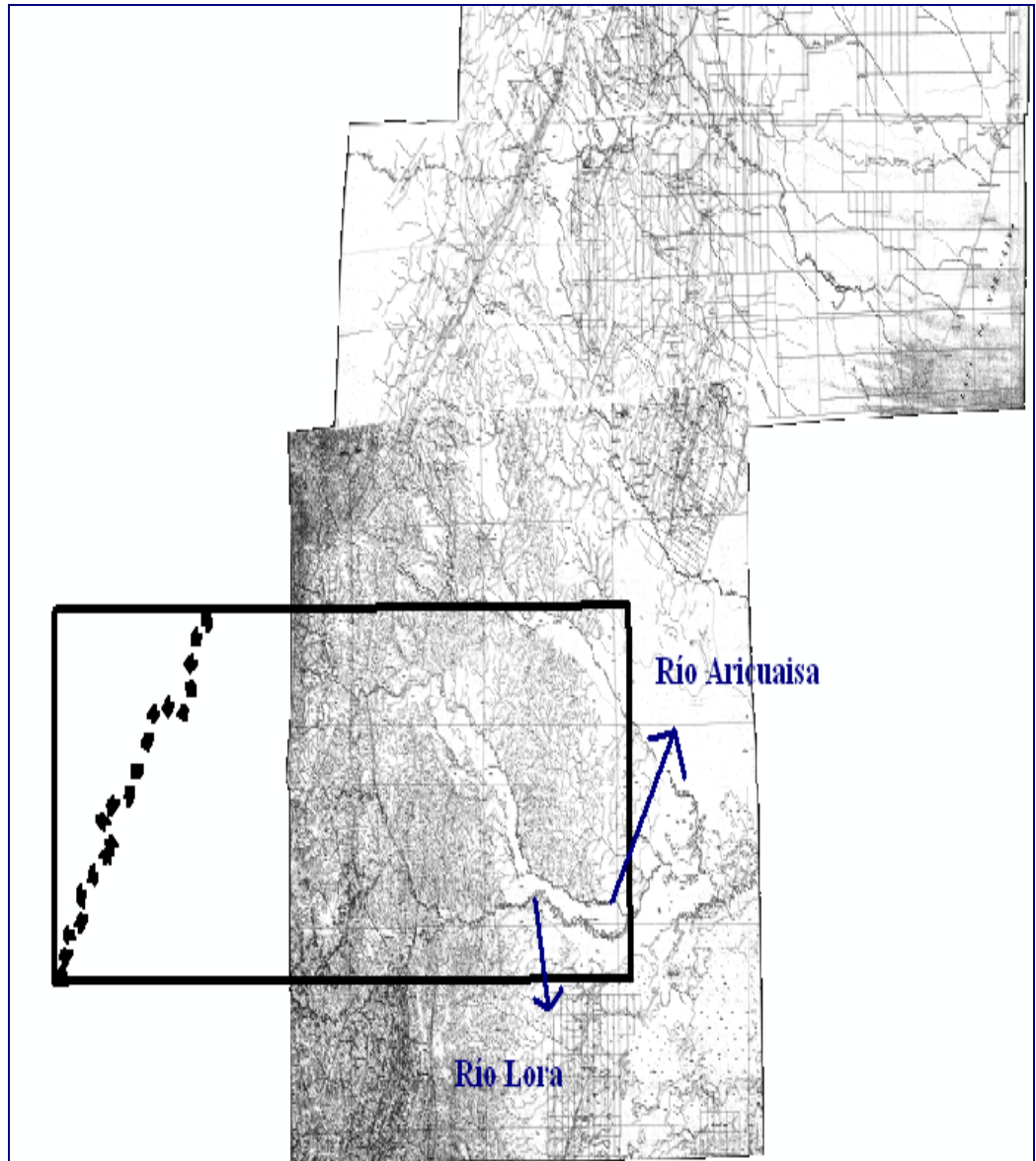


Figura 5.9. Mapa Geológico

Mosaico Guaraní Escala 1:100.000

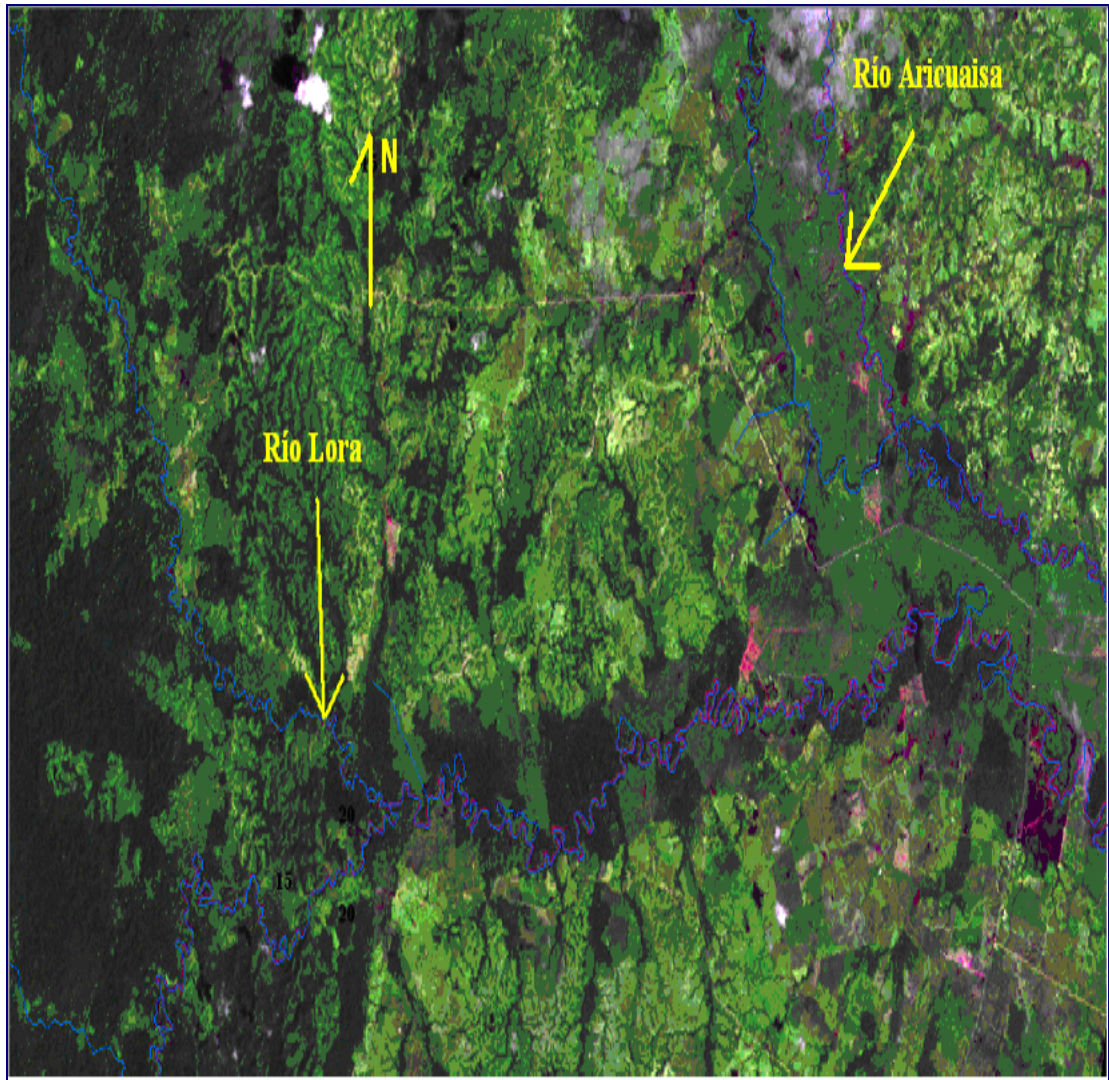


Figura 5.10. Drenajes Observados en la zona de estudio

Combinación (R3, G5, B1) Escala 1:100.000

En la imagen estudiada se identificaron una serie de drenajes los cuales en su mayoría son de tipo meandricos, los drenajes principales de la zona están marcados por los Ríos Aricuisa y Lora. En el mapa de este trabajo los ríos principales se mostraran a continuación: (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Sistema de drenajes de la Imagen satelital Landsat 7 ETM. Mapa Actualizado 1:100.000

#	Drenajes Observados	Ubicación	Dirección	Longitud Km
P1	Río Aricuaisa	S-E	S-E al N- W-O	98072,5
T1.1	Río Sirocuay	N	N-S	3504,7
T1.2	Río Agnaso	N	N-O	13008,10
T1.3	Río Bagbisi	N	N-O	22000
T1.4	Río Baracay	N	O-E	36589,26
T1.5	Caño Colorado	S-E	N-O	19168,7
P2	Río Lora A-B	S-E	E-O	101234,83
T2.1	Caño Juan Pablo	S	N-O	6996,56
T2.2	Caño del Norte	S	N-O	43384,83
P3	Río del Norte	S	S-N	44265,87
T3.1	Río Ogchidabù	S-O	E-O	15619,74
T3.2	Río Guairì	S-O	E-O	32407,36
T3.3	Río Day	S-O	E-O	26847,88
T3.4	Río Dagda	S-O	N-E	20899,10
P4	Río Santa Rosa	N-E	N-O	45644,33

P: Principal, T: Tributarios.

5.4. Rasgos Estructurales

Ya expuesta la topografía, litología y dirección de los drenajes en la zona, los cuales son determinantes en la generación de los relieves observados, se pueden evidenciar las principales estructuras existentes en la zona. (Ver Figura. 5.11)

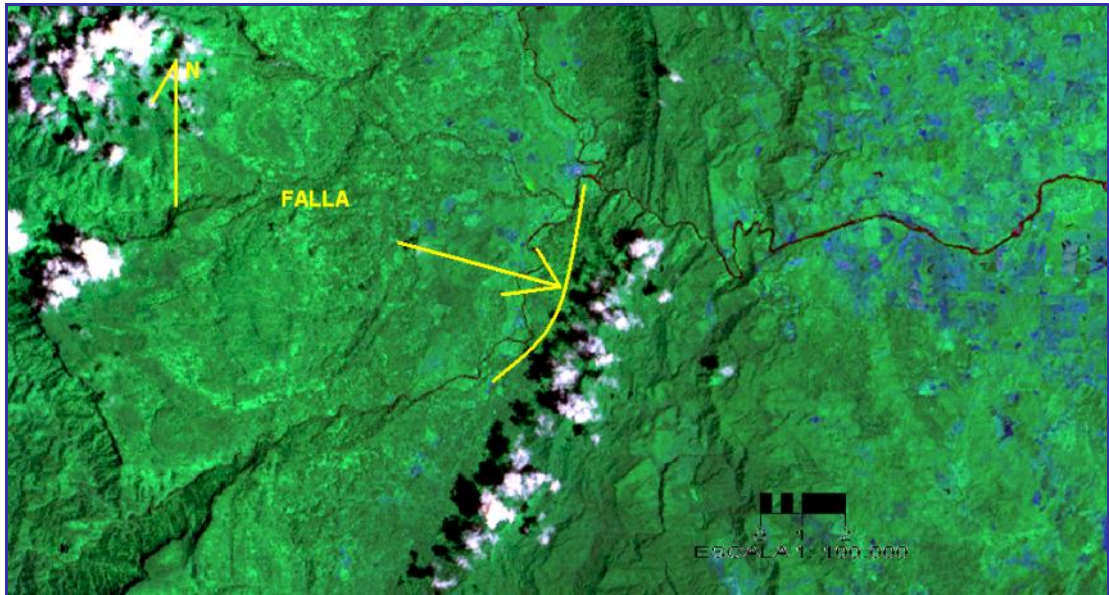


Figura. 5.11. Vista de Falla en la
Combinación R2, G4, B6.

Al observar los resultados obtenidos, se puede indicar que la zona de estudio esta compuesta principalmente por un conjunto de fallas de corrimiento y otras de movimiento inverso-sinistral, esta correspondencia comparada en la imagen satelital, en las distintas combinaciones de banda realizadas, y con los mapas geológicos Río Day- Intermedio y Río Aricuaisa (Ingeomín) y la radargrafía. (Ver Figura 5.12, 5.13, 5.14, 5.15). Este sistema estructural puede ser marcado por la falla más importante de la zona, la Falla de Perijá. De acuerdo a la observación de la radargrafía de la zona, y el estudio bibliográfico realizado, dicha falla se desplaza desde el norte hasta el sur de la Sierra de Perijá.

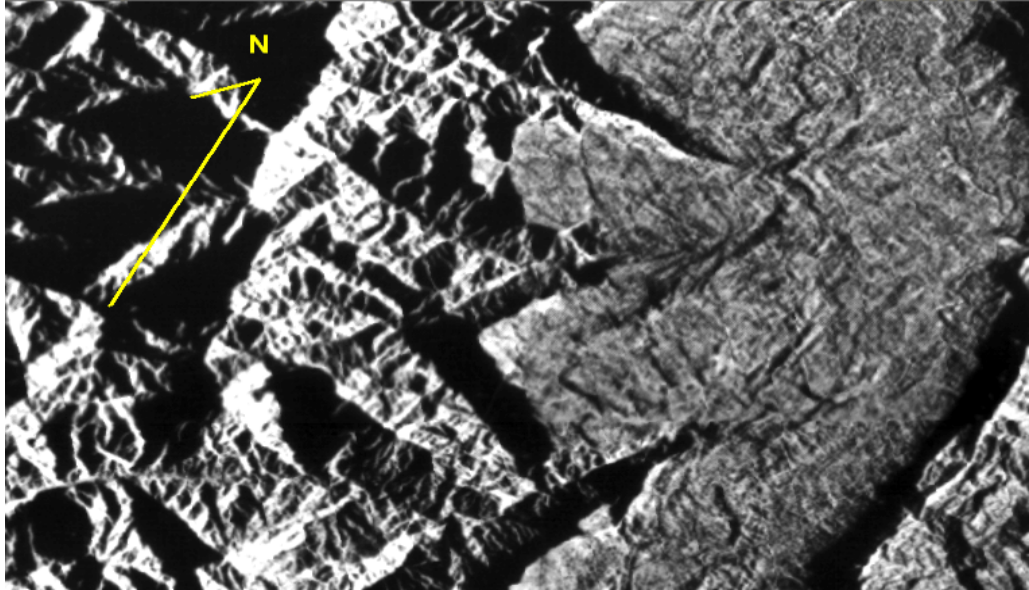


Figura 5.12. Radargrafía en la zona de la Sierre de Perijá. Para ubicar falla.

Escala 1:100.000

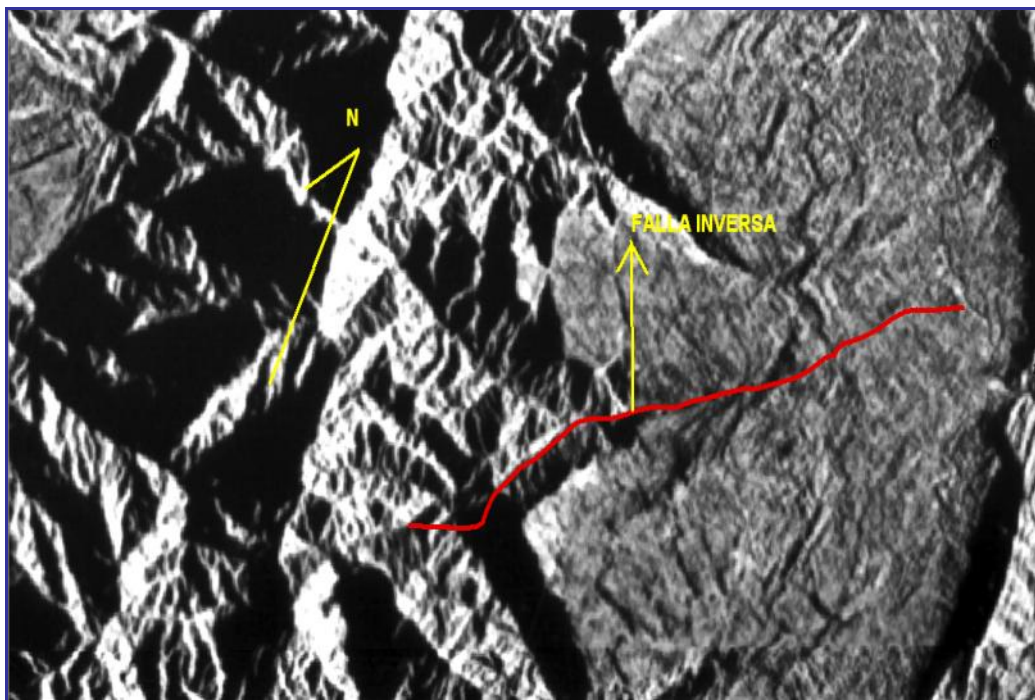


Figura 5.12. A. Falla en la radargrafía en la zona de la Sierre de Perijá Escala 1:100.000

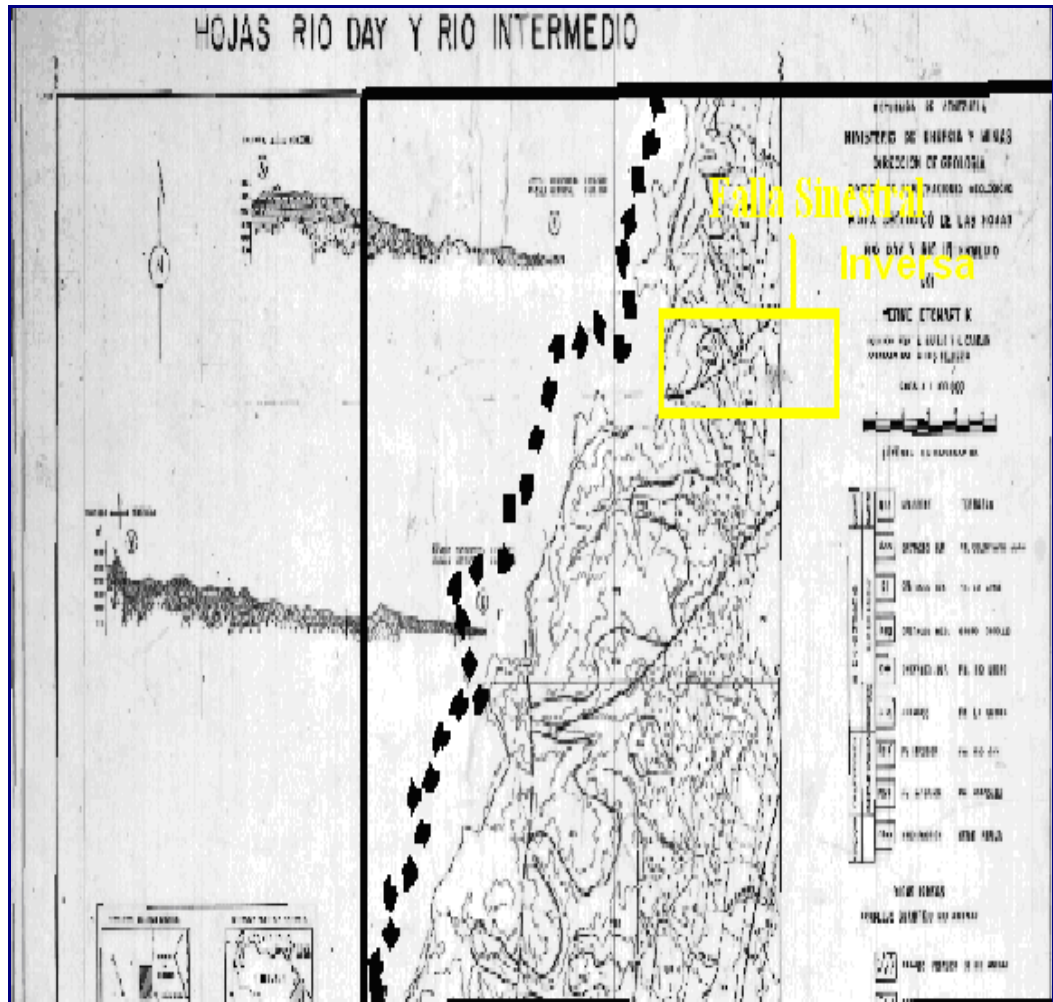


Figura 5.13. Mapa Geológico de Herne Etchartk y Louis González, de Ingeomin Río Day –Intermedio

Escala 1:100.000

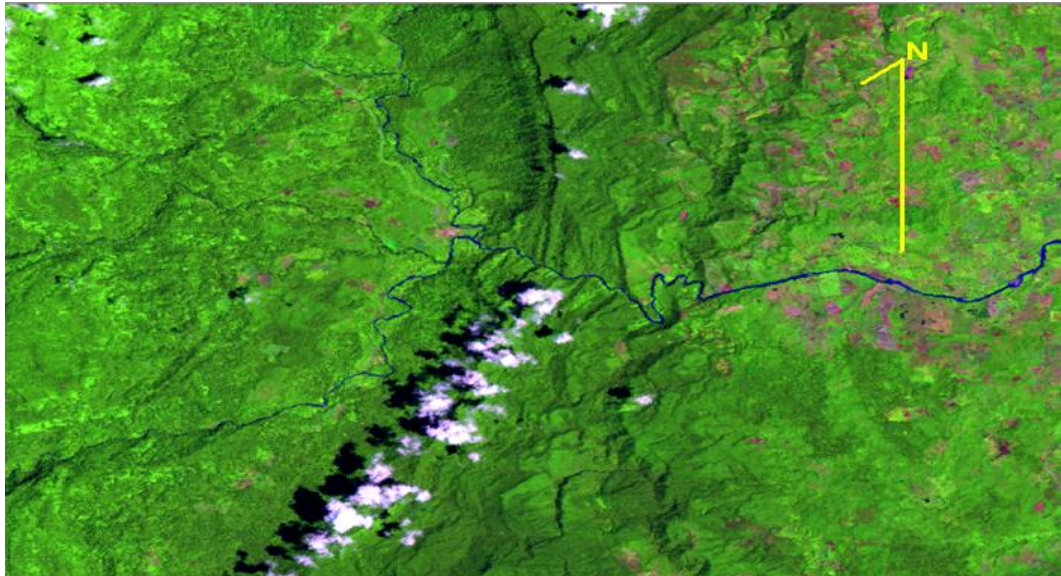


Figura 5.14. Imagen de estudio de la zona. Ubicación de Corrimientos

(Combinación R5, G4, B3)

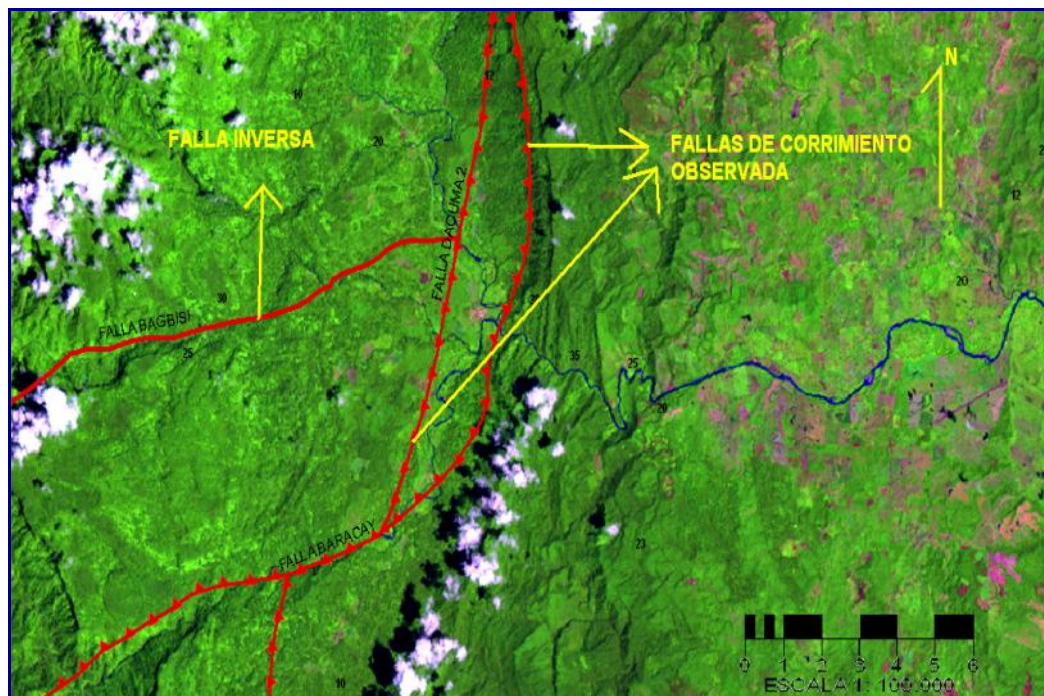


Figura 5.14. A. Fallas observadas en la zona de estudio

(Combinación R5, G4, B3)

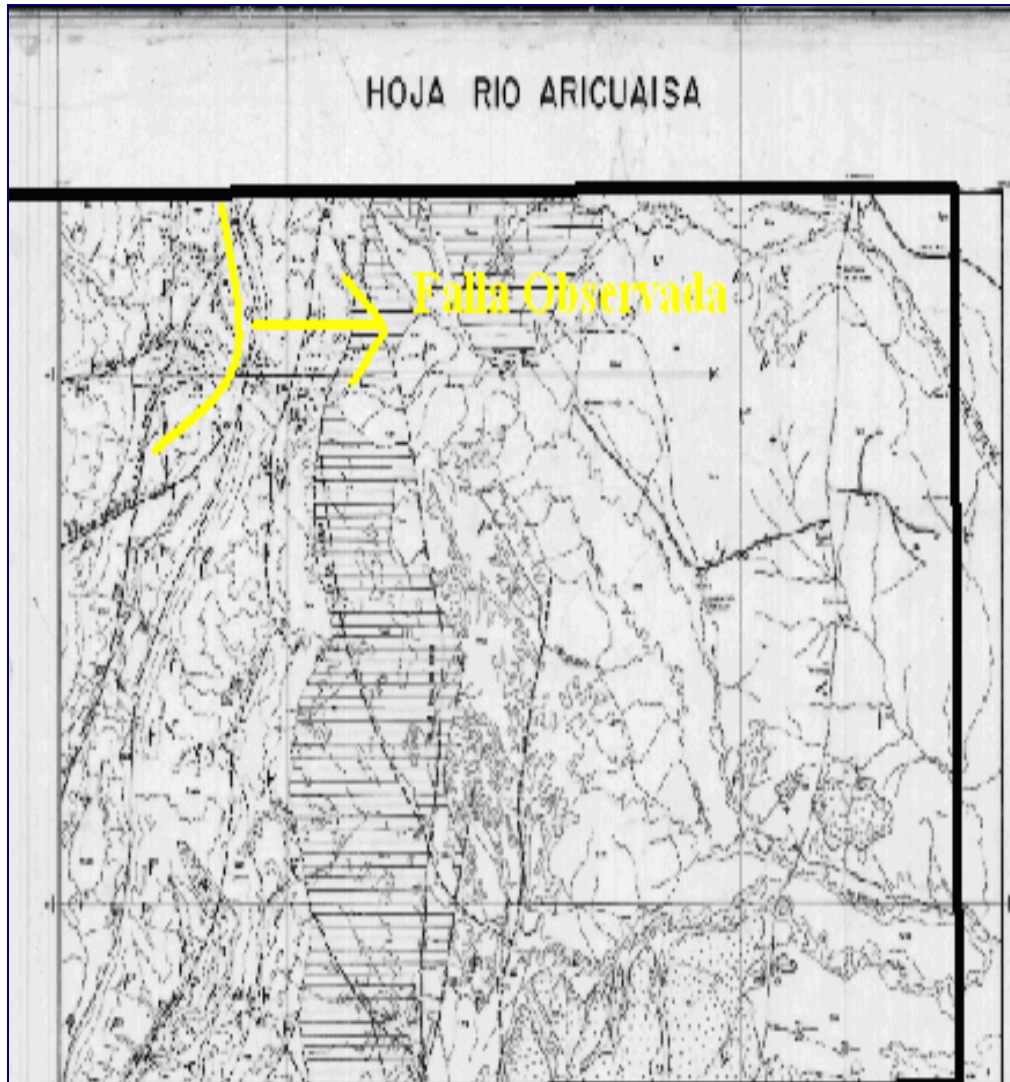


Figura 5.15. Mapa Geológico de Herne Etchart y Louis González, de Ingeomín (Río Aricausa).

Escala 1:100.000

Luego de realizar las comparaciones en las figuras anteriores de las fallas existentes en la zona, se puede indicar que el estudio de la radargrafía es de más precisión, ya que en la imagen las nubes pueden significar un aspecto engorroso en dicha interpretación y en cambio la radargrafía esta libre de ese detalle que es muy importante.

Entre las fallas observadas se mostrarán las siguientes: Tabla 3.

Tabla 3. Fallas Observadas en la imagen satelital landsat 7 ETM # 8-53. Mapa Actualizado 1: 100.000

#	Falla Observadas	Ubicación	Dirección	Longitud Km
P1	Falla Dacuma 1 Corrimiento	Centro-S	N-S	26034,64
P2	Falla Dacuma 2 Corrimiento	N-S	N-S	12304,94
P4	Falla Bagbisi Inversa- Sinestral	N	S-O	18314,49
P5	Falla Baracay Corrimiento	N	N-S y desciende al S-O	40227,83
P6	Falla Río Lora 1 Inversa- Sinestral	S	S-N	25948.29
P7	Falla Day Corrimiento	S-W	N-S	9726,24

P: Principales, I: Inferidas

Como se puede observar en el mapa generado, las fallas más importantes son las fallas de Baracay y la Dacuma, son fallas de corrimiento y se presentan sub-paralelas desde la parte norte de la zona. Desplazan las unidades más viejas sobre las más jóvenes, por ello se observa el adelgazamiento entre las capas de las formaciones Orocué y Carbonera.

5.5. Modelo Topográfico 3D

Para finalizar el análisis y comprobar los resultados obtenidos, se realizó la observación de modelo topográfico 3D en Arcgis 9.1 y en Envi 4.2, esto para representar cambios de topografía, litología y estructuras desde otro punto de vista, con respecto a la topografía se generó una vista de la radargrafía con una inclinación de 30° aproximadamente, donde se observan la unidades descritas. (Figura 5.16)

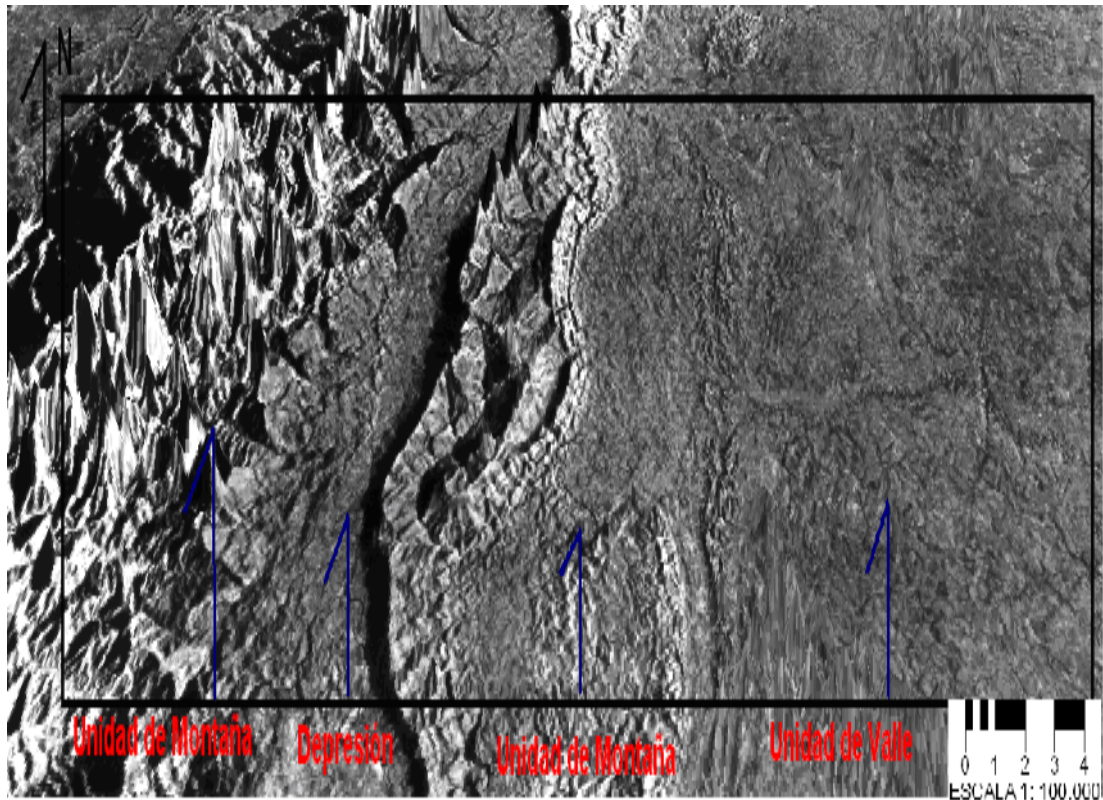


Figura 5.16. Imagen de la Radargrafía a 30° de elevación “ArcGis 9.1”. (Representando unidades)

Escala 1: 100.000

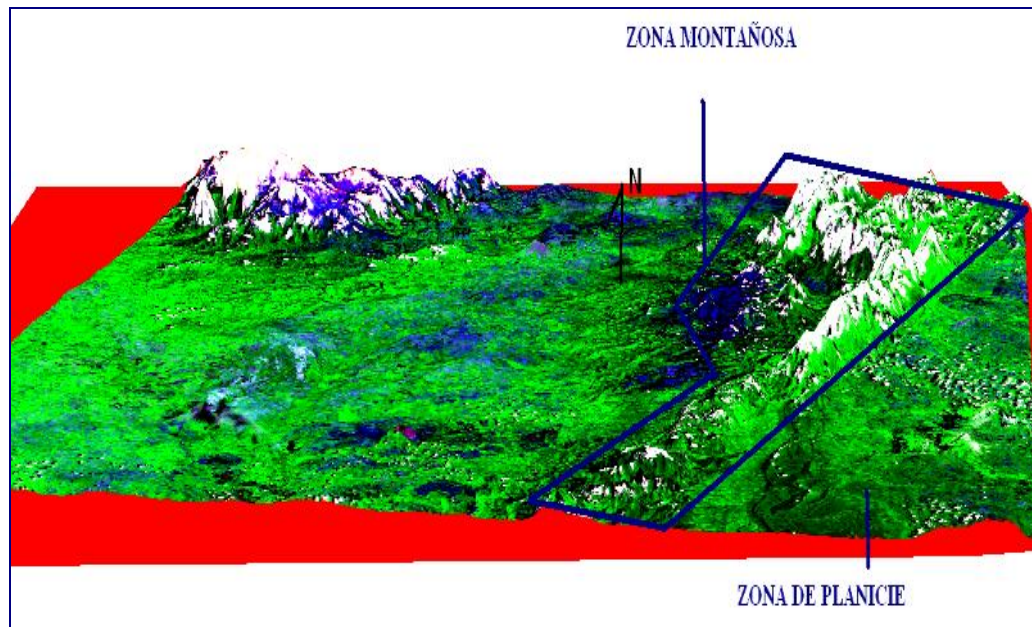
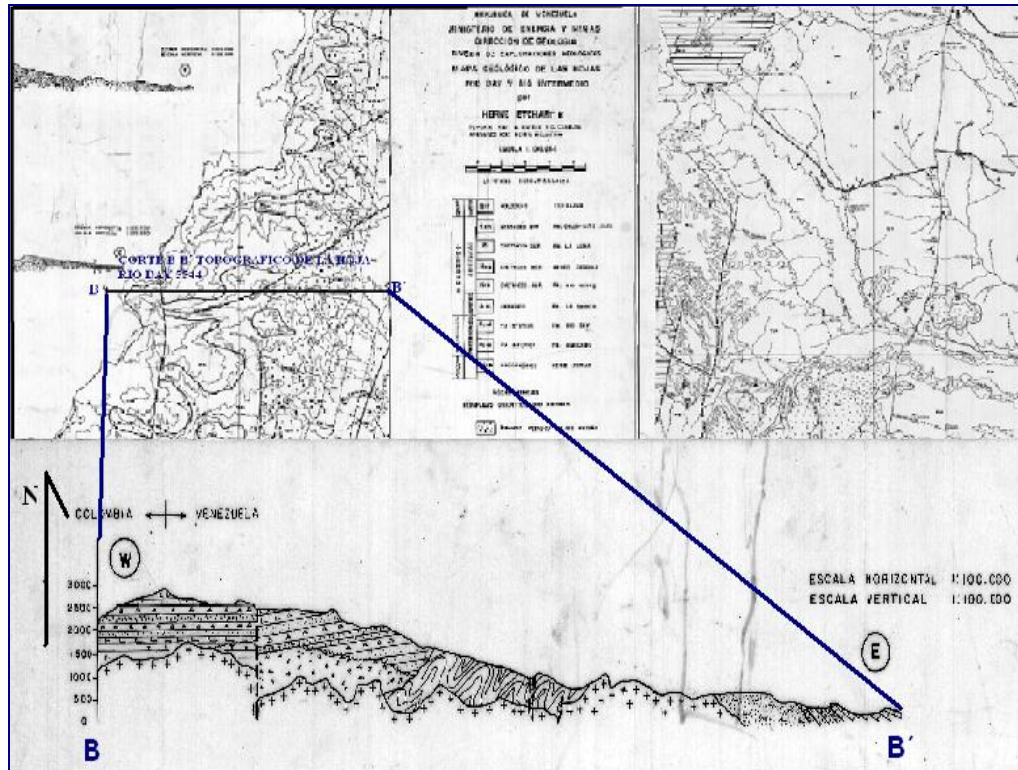


Figura 5.17. Modelo en 3D a 20° de elevación “Envi 4.2”. Evidencia topográfica. (Bandas R2, G4, B6)

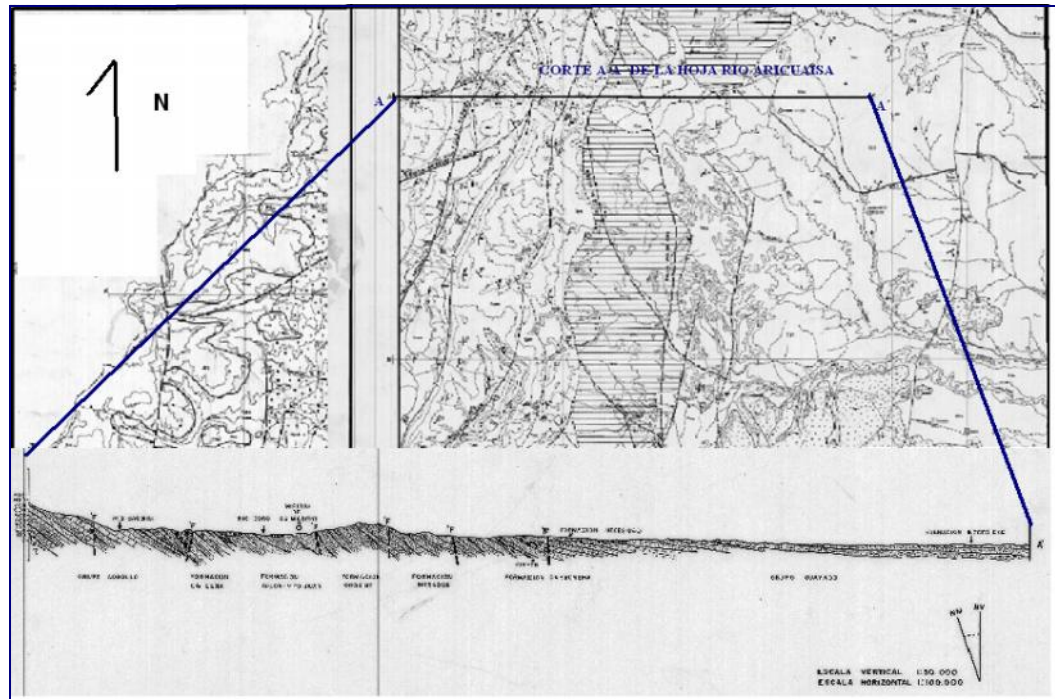
Realizada la observación de la imagen 3D, se destacaron las 2 unidades correspondientes a la zona. Estas fueron la unidad de montaña la cual se identificó por zonas acolinadas, alargadas y de cotas elevadas aproximadas a 2700 m. s n. m. La orientación general de estas formas es de N25°E, y cuyo corte transversal es asimétrico con una mayor pendiente hacia la ladera oeste. Son características de relieves cuya proyección horizontal es alargada, ubicada hacia las zonas noroeste de la zona de estudio. La sección transversal es ancha, con crestas agudas, laderas asimétricas (con mayor pendiente hacia el oeste) sin escalonamiento. (Figura 5.17)



(Figura 5.18). Mapa Geológico de Herne Etchartk y Louis González, de Ingeomín Río Day –Intermedio. Corte topográfico B-B' de la hoja 5544.

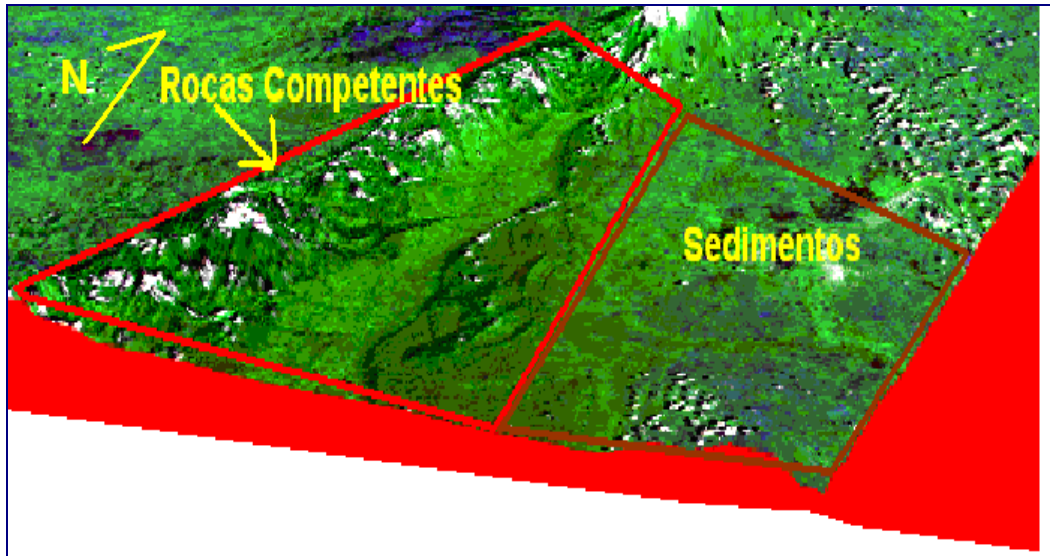
La depresión es una zona de menor elevación rodeada por relieves abruptos. Se encuentra ubicada en la zona suroeste de la hoja. Las cotas descienden de noreste a suroeste con elevaciones máximas de 600 metros y mínimas de 200 mts. (Ver figura 5.18)

De acuerdo a la unidad de valle (terrazza irregular drenada), ésta se encuentra ubicada en la zona centro y este de la zona de estudio, limita con el borde norte y este de la hoja y con la unidad de Montaña al oeste. (Figura 5.19).



(Figura 5.19). Mapa Geológico de Herne Etchart y Louis González, de Ingeomín Río Aricausa. Corte topográfico A-A' de la hoja 5644.

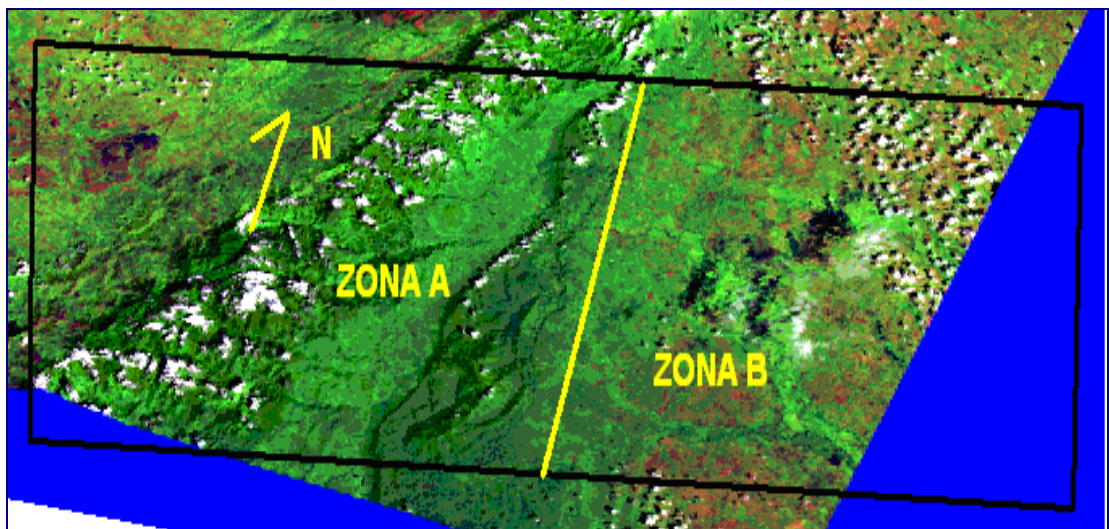
Con respecto a la litología en el modelo 3D se observó que al oeste de la zona de estudio se presentan unas rocas de gran dureza, esta litología determina los altos topográficos. Tales rocas se depositaron de manera continua generando una secuencia que evidencia un evento transgresivo importante, hasta presentar un evento regresivo, exponiendo la secuencia a los agentes erosivos. (Figura 5.20)



(Figura 5.20). Modelo en 3D a 30° de elevación “Envi 4.2”. Evidencia litológica (Bandas R2, G4, B6)

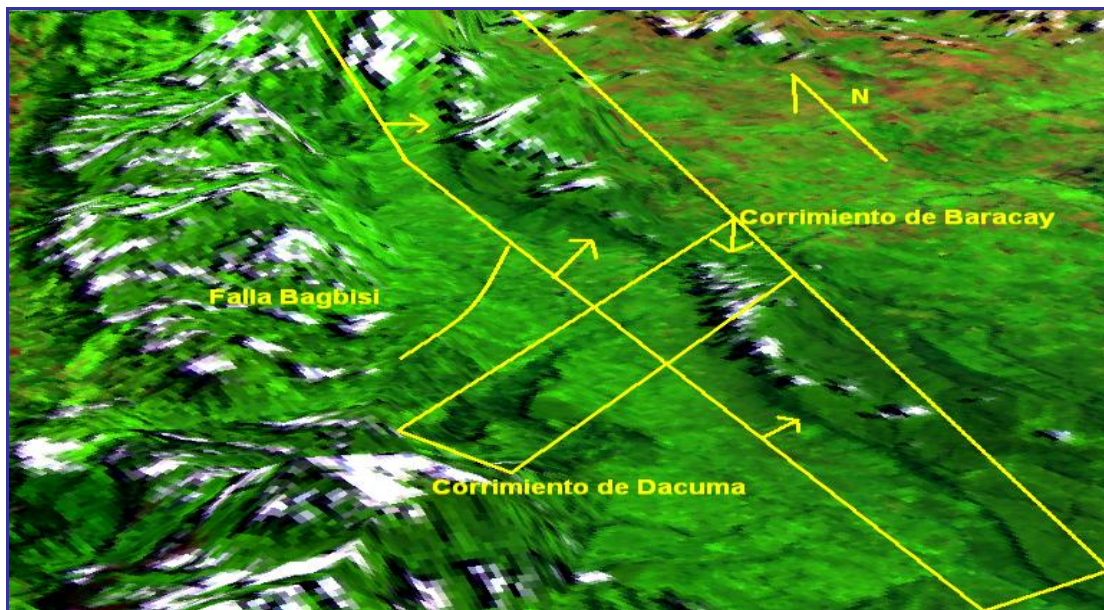
En la zona A se observó uniformidad de colores en este caso verde con diferencia claro-oscuro, lo que puede indicar que lo oscuro es la topografía más elevada y lo más claro es la zona de depresión.

En la zona B se observa que el color verde es de una misma tonalidad lo que indica una zona sin relieve, pero existe un cambio de color a marrón, lo cual puede indicar otra litología, que según la bibliografía consultada indica cuaternario reciente. (Figura 5.21)

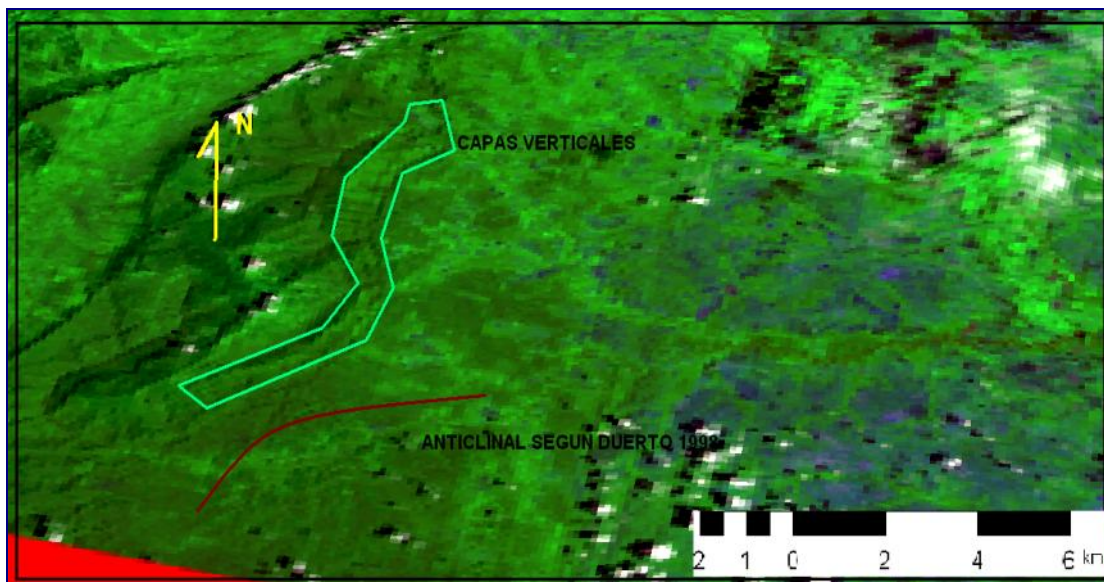


(Figura 5.21). Modelo en 3D a 30° de elevación “Envi 4.2”. Comparación de zonas. (Bandas R5, G4, B2)

Para finalizar con el modelo 3D con respecto a las estructura existentes se observan los corrimientos desde el norte de la zona hasta el sur (Figura 5.22), también se presentan una capas verticales (Figura 5.23). Y según la bibliografía consultada (Duerto 1998) existe un anticlinal, donde uno de sus flancos es paralelo al Río Lora, pero en la imagen satelital 8-53 no se observa con claridad tal estructura.



(Figura 5.22). Modelo en 3D a 45° de elevación “Envi 4.2”. Evidencia de Corrimientos. Bandas (R5, G4, B1)



(Figura 5.23). Modelo en 3D a 45° de elevación “Envi 4.2”. Evidencia Estructural. Bandas (R5, G6, B3)

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Este tipo de estudio realizado por imágenes multiespectrales ayuda a realizar una interpretación visual con respecto a los cambios topográficos, litológicos, hidrológicos y estructurales; por lo cual, es de vital importancia mantener a detalles las correcciones realizadas.

En el estudio de la zona sur de la sierra de Perijá se destacan 2 unidades litológicas, señaladas como zona A compuesta de rocas competentes y zona B sedimentos provenientes de la sierra (menos competente), este aspecto geológico fue reportado por Chaplet (1999).

Entre las correcciones de mayor importancia y que sirvieron para la actualización del mapa, se tienen las firmas espectrales, que juegan un papel fundamental en el estudio de contactos litológicos existentes en la zona; estas se apoyan en referencias bibliográficas recopiladas, que sirven de correspondencia a todos aquellos resultados obtenidos en dicha corrección.

Adicionalmente a esto, se realizan correcciones a la clasificación supervisada y no supervisada, las cuales proporcionan apoyo para la comprobación de los resultados obtenidos en las firmas espectrales. Éstas a su vez sirvieron para detallar el sistema hidrológico y de vegetación de la zona.

También se aplicaron otra serie de correcciones que fueron útiles para la observación de pequeños detalles expuestos en el área de estudio. Entre las correcciones realizadas, se tienen la Transformación Mínima de Ruido (MNF), el Índice de Impureza PPI, el Spectral Angle Mapper (SAM), Modelo 3D, etc... Todas ellas, con los cambios de combinaciones de bandas realizadas, aportaron diferentes ideas para la obtención de las formaciones discriminadas en el mapa actualizado.

Con respecto a los análisis determinados (hidrológico y estructural), se puede expresar que tanto las combinaciones de bandas realizadas en las distintas correcciones obtenidas y las referencias bibliográficas encontradas, fueron de gran importancia para su observación; es por ello que, se puede determinar que fue muy detallado el estudio hecho y con menos distinción, de acuerdo a la referencia de los autores consultados.

Con el modelo de elevación 3D, la radargrafía, la imagen satelital y la bibliografía consultada indica que la zona A presenta toda la información estructural de la imagen, la cual es dominada por las fallas de Baracay y Dacuma.

6.2. RECOMENDACIONES

Después de haber formulado las conclusiones, se plantean las siguientes recomendaciones:

- Las correcciones utilizadas para este estudio deben ser llevadas paso a paso según la metodología de este trabajo, debido a que los procedimientos se evalúan de manera consecutiva y de no hacerlo no se avanzaría en dichas correcciones, lo que no daría el estudio de la imagen en perfección.
- Se debe actualizar los mapas geológicos cada 10 años, esto con la finalidad de obtener una visión clara de la geología de cada zona.
- Los estudios realizados con imágenes satelitales deben estar siempre apoyados de una buena referencia bibliográfica, debido a que las mismas presentan detalles que dificultan la visualización debido al sombreado de las nubes.
- Los datos cartográficos para la actualización de un mapa topográfico deben siempre estar a la misma escala o a menor escala, para que el resultado sea un mapa de mayor detalle y mejor distribuido.

BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, VIRGILIO (1975) CURSO DE FISICA MODERNA. Harla. México D.F., Mexico.
- ALBRIZZIO C. E. 1969. Estratigrafía de la Formación Mirador en San Antonio y Ureña, estado Táchira, Venezuela. Mem. IV Cong. Geol. Venezolano, 2: 569-584.
- ALZATE, M. (2001) Imágenes espaciales de la superficie terrestre . Procesamiento digital, análisis y extracción de la información geomática. Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Geofísica. Universidad Nacional de Colombia
- ATLAS -- ENVI. LA TELEDETECCIÓN MÁS SENCILLA. - Mapping Interactivo ENVI, el Entorno para la Visualización de Imágenes es uno de los más avanzados paquetes de procesamiento de imágenes de muy fácil manejo para trabajar con datos.
- AUDEMARD, F. (1991) Tectonic of western Venezuela. Rice University Houston 245 p. PhD. Tesis INÉDITO
- AZPIRITXAGA I. & J. E. Casas 1989. Estudio sedimentológico de las formaciones Mirador y Carbonera en el río Lobaterita, estado Táchira, Venezuela. Geos (Caracas), (29): 1-17.
- BOESI T., F. GALEA G. ROSAS, M. A. LORENTE, I. DURÁN & M. VELÁSQUEZ 1988. Formación Los Cuervos. Código Geológico de Venezuela. <http://www.pdvsa.com/lexico/f500w.htm>. Consulta 28 marzo 2007
- BONINI W. E. et. al. (eds) The Caribbean – South American plate boundary and tectonic: GSA memoir 162. P: 263-282
- BOWEN (1972) Estratigrafía del Pre-cretácico en la parte norte de la Sierra de Perijá. IV Cong. Geolo. Venez. Caracas. Memorias T(II) 5 p: 227- 238
- BRONDIJK (1967^a) The Misoa and Trujillo formations. En: La estratigrafía del Eoceno en la cuenca de Maracaibo. Asoc. Vnzlana. Geol. Min. Y Petr. Publicación especial N°1.91 p
- CABRERA D., I. PAREDES, J. CRUX, S. ALFONZO, A. FARIAS, M. CASTRO, M. CARRILLO & J. PICO 2001. Marco estratigráfico del occidente de Venezuela,

bioestratigrafía y magnetoestratigrafía de las secciones río Yunyima, río Yasa y río Negro, Perijá central. . PDVSA-Intevep, INT-8246, 2001, inédito, 35 p.

- CAMPBELL, J. G.(1981) The used of Landsat MSS data for geological mapping, en J.G. Campbell, Ed Matching Remote Sensing Technologies and Their Applications, London Remote Sensing Society, pp 143 - 162
- CANACHE M. PILLOUD A., TRUSKOWSKI I. CRUZ J. A. Y GAMARRA S. (1994) Revisión estratigráfica de la sección cretácica del Río Maraca, Sierra de Perijá, Venezuela. V Simposio Bolivariano, exploración petrolera en la cuenca subandina. Pto La Cruz. Memorias. P: 240 – 241
- CHAPLET M. 1999. Relaciones tectónicas entre la Sierra de Perijá central y la Sierra de Perijá meridional, intervalo Machiques, al norte - río Lora, la sur, Estado Zulia - Venezuela. Aguasuelos para PDVSA E & P, Informe Técnico EP-16551, inédito, 33 p.
- CHAPLET M. 1999. Mapa geológico de guaraní. PDVSA-EP, escala 1:100.000
- CHUVIECO E. (1995) Fundamentos de Teledetección Espacial. Rialp, S.A. Madrid 2^{da} Edición. 450 p.
- COMITÉ INTERFILIAL DE ESTRATIGRAFÍA Y NOMENCLATURA (1997) Código estratigráfico de las cuencas petroleras de Venezuela. [HTTP:WWW.INTEVEP.PDV.COM/~ibc03](http://WWW.INTEVEP.PDV.COM/~ibc03).
- Creole Petroleum Corporation 1954. Mapa de geología de superficie, Hoja D-2, escala 1:100.000
- Creole Petroleum Corporation 1961. Mapa de geología de superficie, Hoja E-2, escala 1:100.000
- Creole Petroleum Corporation 1967. Mapa de geología de superficie, Hojas E-2-C, escala 1:50.000
- Creole Petroleum Corporation 1961. Mapas de geología de superficie, Hojas E-2-A, escala 1:50.000
- Creole Petroleum Corporation 1954. Mapas de geología de superficie, Hojas D-2-C, escala 1:50.000

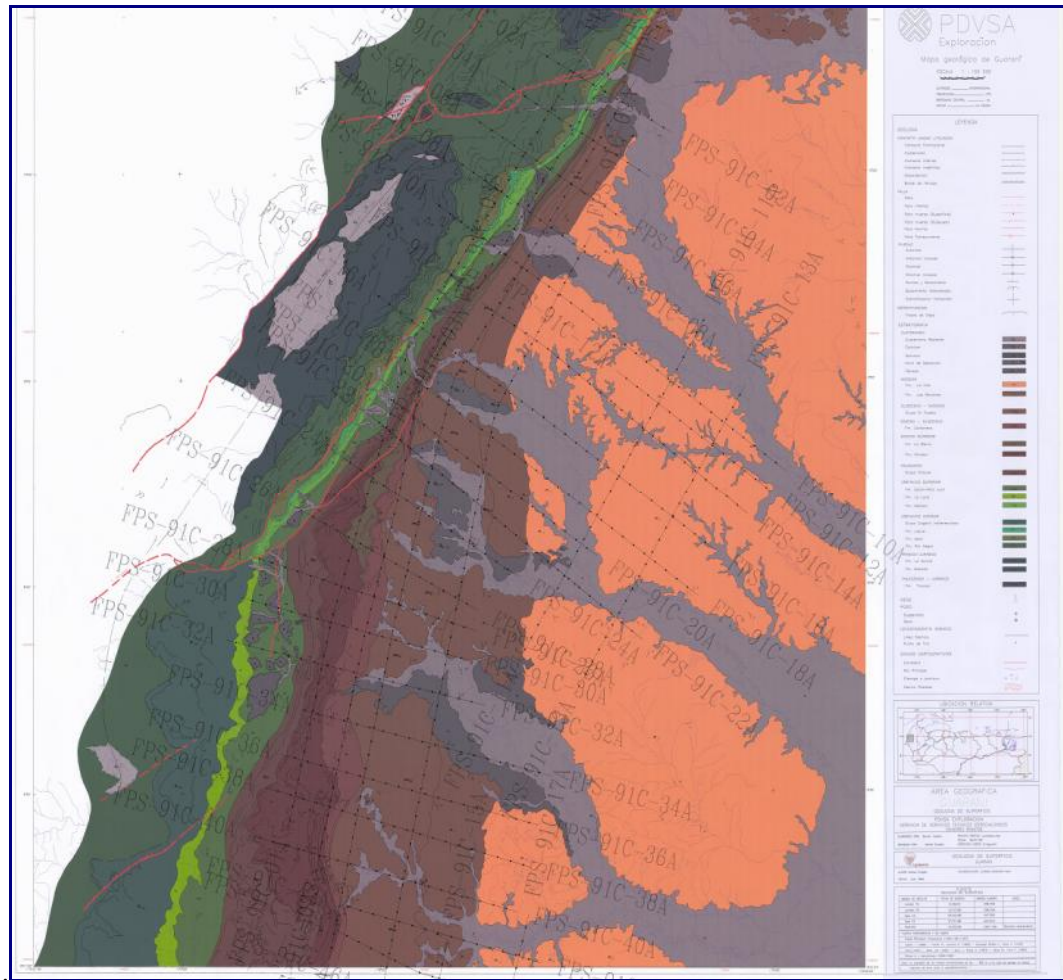
- DE TONI B., C. RIVERO & F. ROURE 1998. Estilo Estructural del Flanco Sur oriental de Perijá: Ejemplo de Inversión Tectónica. Mem. IX Congreso Venezolano de Geofísica, CD-ROM.
- DUERTO L. 1998. Principales zonas triangulares del occidente de Venezuela. UCV-G, 179 p.
- DUERTO L., F. AUDEMARD, J. LUGO & M. OSTOS 1998. Síntesis de las principales zonas triangulares en los Frentes de Montañas del Occidente Venezolano: Mem. IX Congreso Venezolano de Geofísica, CD-ROM.
- DUERTO L., A. ESCALONA & P. MANN 2006. Deep structure of the Mérida Andes and Sierra de Perijá Mountain fronts, Maracaibo Basin, Venezuela: Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 90 (4): 505-528.
- E. I. G. LITOS C. A. 1997. Mapa geológico del flanco suroriental de la Sierra de Perijá, PDVSA-Maraven, informe EP-30929, escala 1: 100.000.
- ETCHART H. 1970. Mapa Geológico de la Hoja río Day y río Intermedio. Ministerio de Energía y Minas, Dirección de Geología, Caracas, escala 1:100.000.
- FORD A. Y HOUBOLT J. J. (1963) Microfacies del cretáceo de Venezuela occidental, en Cuvillier J. y Schurman H. (eds) International Sedimentary petrographical series Leiden E. J. Brill publicación especial V: VI. 59 p
- GARCÍA F.; S. GHOSH, F. RONDÓN, I. FIERRO, M. SAMPOL, G. BENEDETTO, C. O. ODREMAN, T. SÁNCHEZ & A. USECHE. 1980. Formación Río Negro. Código Geológico de Venezuela. <http://www.pdvsa.com/lexico/f500w.htm>. Consulta 28 marzo 2007.
- GEDLER E. 1986. Mapa Geológico de una zona ubicada al SO de la población de Machiques (estado Zulia, distrito Perijá) secciones del río Yasa y caño Maraca. UCV-G, Trabajo Especial de Grado.
- GONZÁLEZ DE JUANA C., J. M. ITURRALDE DE AROZENA & X. PICARD 1980. Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas. Caracas, Edic. Foninves, 1031 p.
- GONZÁLEZ GUZMÁN 1967. Formación Los Cuervos. Código Geológico de Venezuela. <http://www.pdvsa.com/lexico/f500w.htm>. Consulta 28 marzo 2007.

- GONZÁLEZ GUZMAN. 1993. Palinoestratigrafía de la sección de superficie del río Tukuko, proyecto Flanco Perijanero, estado Zulia, MARAVEN, EPC-13.148, inédito.
- GONZÁLEZ GUZMAN. 1993. Palinoestratigrafía de la sección de superficie del río Shukumo, Proyecto Flanco Perijanero, estado Zulia, MARAVEN, EPC-13.174, inédito.
- GONZÁLEZ, R. (1999) Interpretación de un área y balanceo de una sección regional del Flanco Suroriental de Perijá (Sierra de Perijá – Costa Occidental del Lago de Maracibo). Universidad Central de Venezuela. 145 p Tesis INÉDITO.
- HEA J. P. Y WHITMAN A. B. (1960) Estratigrafía y petrología de los sedimentos pre-cretácicos de la parte norte-central de la Sierra de Perijá Estado Zulia, Venezuela. Boletín Geol. Min. Caracs Memorias 3 p: 351-376.
- KELLOGG J. N. (1984) Cenozoic tectonic history of the Sierra de Perijá, Venezuela – Colombia, and adjacent basins. En Bonini W.E. et. al., eds The Caribbean – South American plate boundary and tectonic: GSA memoir 162. P: 239-261.
- KEY C. E. (1960) Estratigrafía del subsuelo del Alturitas. III Cong. Geol. Vnzlano Caracas. Memorias. TII. P: 511-545.
- LOUREIRO D., R. FALCÓN, F. GALARRAGA, J. MORA, M. OSTOS, O. ROJAS, F. URBANI & F. YORIS 1993. Estudio y demuestre de secciones geológicas en el flanco oriental de la serranía de Perijá. PDVSA-Maraven, inédito, EP-30952, 23 p.
- LUGO J Y MANN P. Jurassic-Eocene tectonic evolution of Maracaibo Basin, Venezuela. En Tankard A. J., Suarez S. R. y Welsink H. I. (eds), Petroleum basin of South America AAPG Memoir 62. P:699-725
- MARTÍNEZ J. & R. Martínez 1980. Mapa geológico río negro y quebrada Santa Rosa. UCV-G, trabajo especial de grado, escala 1: 5.000.
- MAYNC 1954. Grupo Cogollo. Código Geológico de Venezuela. <http://www.pdvsa.com/lexico/f500w.htm>. Consulta 28 marzo 2007.
- MÉNDEZ, L. (2002). Curso de Geomática, Nivel Intermedio. Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar.

- MENDOZA, S VICENTE. (2005) Geología de Venezuela. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra.
- MAZE W. (1984) Jurassic La Quinta in the Sierra de Perijá, northwestern Venezuela: Geology and tectonic environment of red begs and volcanic rocks.
- MAZE W. (1984) Paleomagnetic results from the Jurassic La Quinta Formation in the Perijá range, Venezuela, and their tectonic significance . En Bonini W. E. et. al. (eds) The Caribbeam – South American plate boundary and tectonic: GSA memoir 162. P: 287-293
- PAPANONI P. G. 1993. Análisis y caracterización de litofacies pertenecientes a parasecuencias de edad Eoceno (ambientes de transición) Formación Mirador de Venezuela Occidental. UCV, Escuela de Geología, Trabajo Especial de Grado, Inédito, 301 p.
- PARNAUD F., Y. GOU, J. PASCUAL, M. CAPELLO, Y. TRUSKOWSKI, H. PASSALACQUA & F. ROURE 1995. Stratigraphic syntesis of western Venezuela. En Tankard A., R. Suárez, & H. J. Welsink. Eds., Petroleum basins of South America. Am. Assoc. Petrol. Geol. Memoir (62): 741-756 p.
- SUTTON F. A. (1946) Geology of Maracaibo Basin, Venezuela. AAPG 30(10) p: 1621-1742
- TESTAMARCK J., J. PERDOMO & I. SERRANO 1994. Estilos estructurales del flanco oriental de la Sierra de Perijá. Mem. V Simposio Bolivariano de Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas. 314–316.
- VAN VEEN F. R. 1969. Ambientes sedimentarios de las formaciones Mirador y Misoa del Eoceno inferior y medio en la cuenca del Lago de Maracaibo. Mem. IV Cong. Geol. Venezolano, 2: 1073-1104.

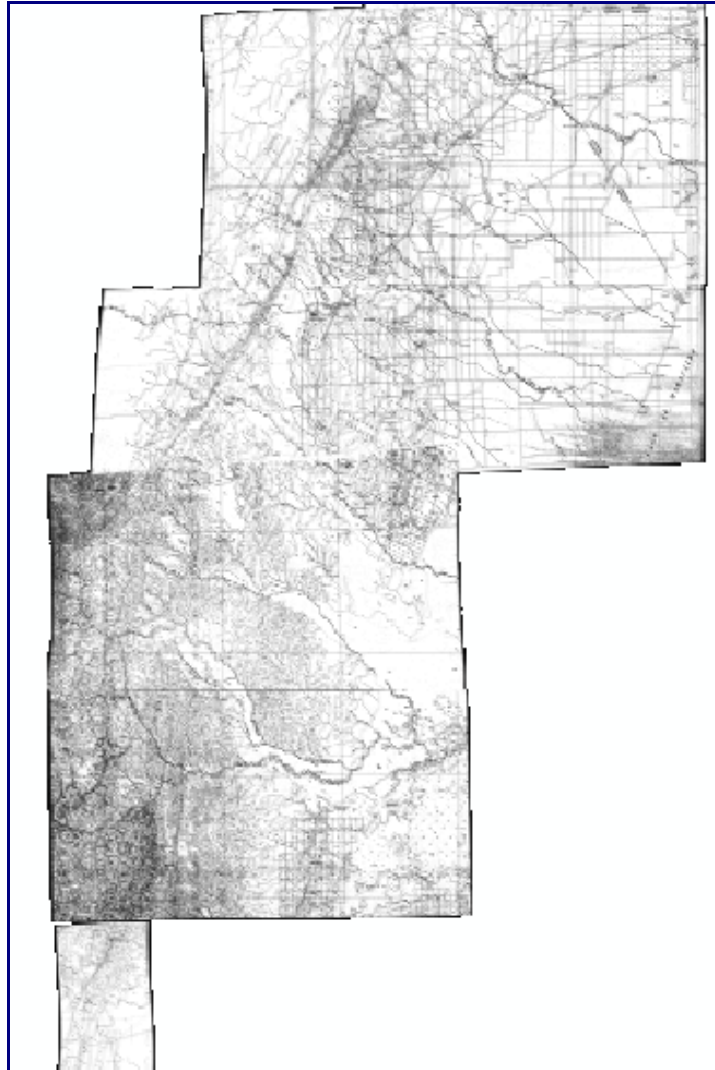
ANEXOS

- Mapas Utilizados:

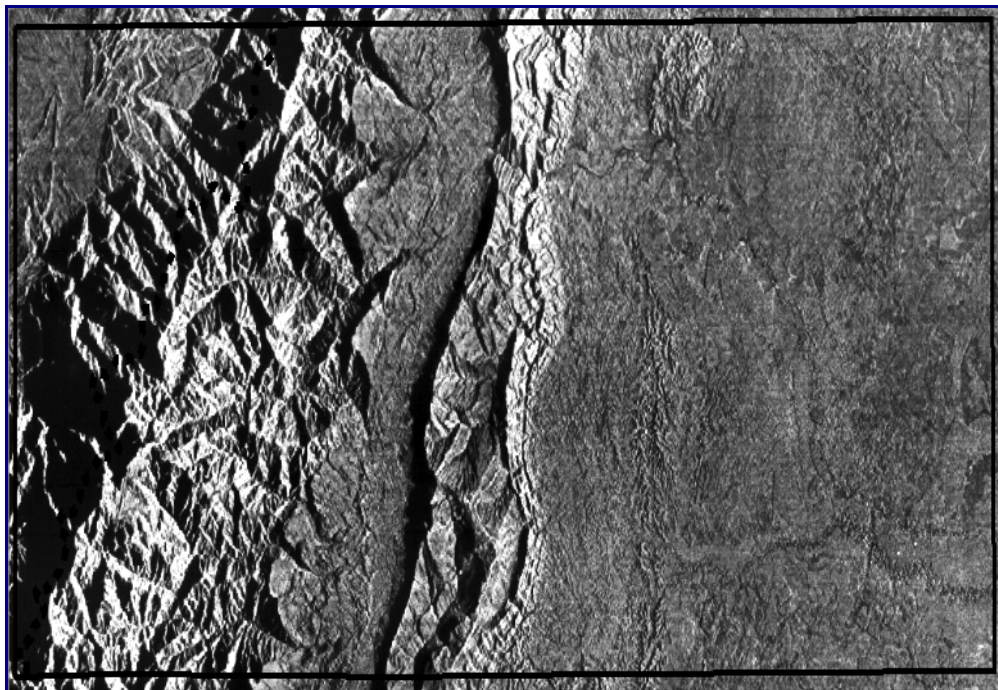


Anexo 1. Mapa de agua suelo de Charplet (1999)

Escala 1:100.000



Anexo 3. Mosaico Guaraní. Unión de Mapas Creole, las Hojas D-2, E-2 Escala 1:100.000, y las Hojas E-2-C, E-2-A, D-2-C, Escala 1:50.000

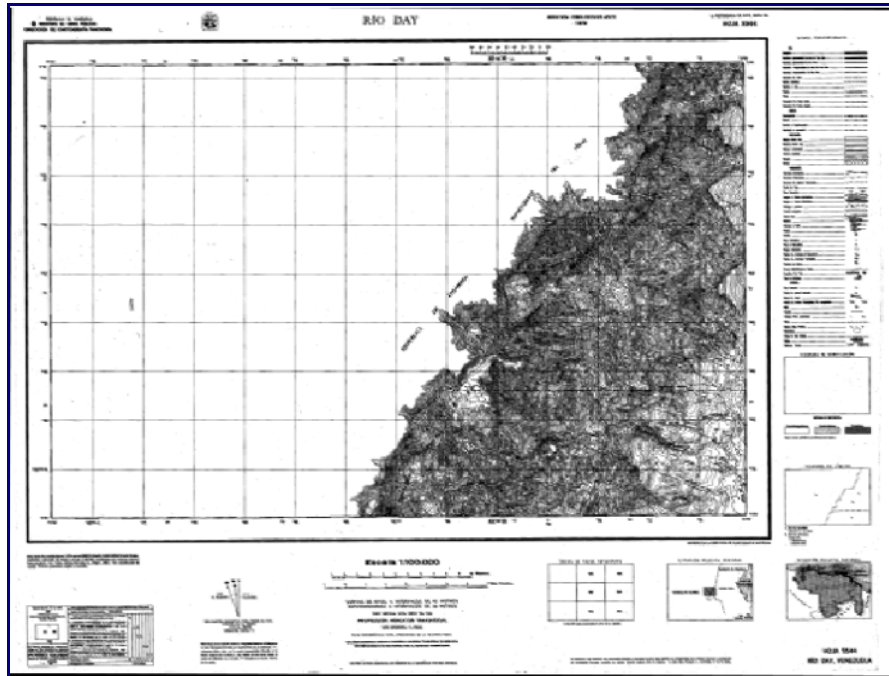


Anexo 4. Radargrafía De La Zona S De La Sierra De Perijá

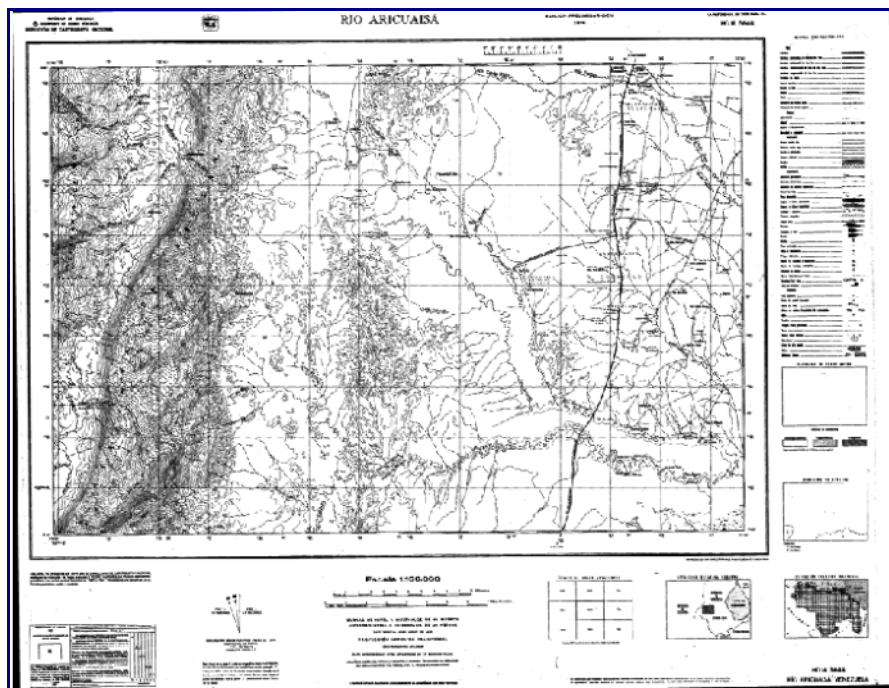
- **Metadata Utilizada**

```
GROUP = METADATA_FILE
PRODUCT_CREATION_TIME = 2004-02-12T15:14:05Z
PRODUCT_FILE_SIZE = 558.9
STATION_ID = "FDC"
GROUND_STATION = "EDC"
GROUP = ORTHO_PRODUCT_METADATA
SPACECRAFT_ID = "Landsat7"
SENSOR_ID = "ETM+"
ACQUISITION_DATE = 2001-10-04
WRS_PATH = 008
WRS_ROW = 053
BAND1_FILE_NAME = "p008r053_7120011004_z18_nn10.tif"
BAND2_FILE_NAME = "p008r053_7120011004_z18_nn20.tif"
BAND3_FILE_NAME = "p008r053_7120011004_z18_nn30.tif"
BAND4_FILE_NAME = "p008r053_7120011004_z18_nn40.tif"
BAND5_FILE_NAME = "p008r053_7120011004_z18_nn50.tif"
BAND7_FILE_NAME = "p008r053_7120011004_z18_nn70.tif"
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
LMAX_BAND1 = 191.600
LMIN_BAND1 = -6.200
LMAX_BAND2 = 196.500
LMIN_BAND2 = -6.400
LMAX_BAND3 = 152.900
LMIN_BAND3 = -5.000
LMAX_BAND4 = 241.100
LMIN_BAND4 = -5.100
LMAX_BAND5 = 31.000
LMIN_BAND5 = -1.000
LMAX_BAND7 = 10.800
LMIN_BAND7 = -0.350
```

Anexo 5. Metadata la Imagen Satelital 8-53



Anexo 6. Mapa Cartográfico Río Day 5544



Anexo 7. Mapa Cartográfico Río Aricuaísa 5644