

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE HERRAMIENTAS SOFTWARE
ESPECIALIZADAS PARA EL TRATAMIENTO DIGITAL DE
IMÁGENES DE SATELITE
-CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS BASICOS-**

DIEGO JOSÉ RUIZ RUEDA

JHON JAIRO SALCEDO BAUTISTA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2005**

**ANALISIS COMPARATIVO DE HERRAMIENTAS SOFTWARE
ESPECIALIZADAS PARA EL TRATAMIENTO DIGITAL DE
IMÁGENES DE SATELITE
-CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS BASICOS-**

DIEGO JOSÉ RUIZ RUEDA

JHON JAIRO SALCEDO BAUTISTA

**Proyecto de grado requisito para optar al titulo de Ingeniero Civil en la
Universidad Industrial de Santander**

**DIRECTOR: HERNAN PORRAS DIAZ
Ingeniero Civil; M.Sc., PhD.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2005**

***A mis padres Leonor y José,
a mi hermana Silvia Juliana
y a mi abuela Virginia
que hicieron esto posible
porque siempre han creído en mí
y me han dado la fuerza necesaria
para seguir adelante.***

***Jhon, la paciencia es virtud
de los grandes hombres.***

***A todos mis compañeros de carrera,
que me ayudaron a alcanzar mis objetivos.***

***A todas aquellas personas que hicieron
posible la realización de esta investigación.***

***A mis padres y hermanos
por su apoyo a lo largo de este proceso.***

***A Carolina por estar a mi lado
cuando más la necesite.***

***Diego, hay cosas que solo con
un amigo se pueden aprender.***

***A todos aquellos que me colaboraron
de una u otra manera
en el transcurso de mi carrera.***

AGRADECIMIENTOS

Al Doctor **Hernán Porras Díaz**, por la confianza depositada a lo largo de proyecto.

Agradecimientos especiales al Ingeniero **Edgar Rene Muñoz**, por su colaboración desinteresada y por compartir sus experiencias y conocimientos en Teledetección y el Procesamiento Digital de Imágenes de satélite.

A **Global Land Cover Facility** (GLCF), de la Universidad de Maryland, en los Estados Unidos.

GEOMATICA, Gestión y Optimización de Sistemas.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales del Brasil (INPE).

A **Eduardo Iturriarte** de Research System Incorporated (RSI), por su colaboración durante el desarrollo del proyecto.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN	1
1. DESCRIPCION DEL PROYECTO	3
1.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
1.3 JUSTIFICACION	3
1.4 ALCANCES	4
1.5 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO	5
1.6 APORTES DEL PROYECTO	5
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1 TELEDETECCIÓN	8
2.2 PRINCIPIOS FÍSICOS DE LA TELEDETECCIÓN	8
2.3 IMÁGENES DE SATÉLITE	12
2.4 PROGRAMAS ESPACIALES Y SUS SENSORES	21
2.5 HERRAMIENTAS SOFTWARE	31
2.6 CRONOLOGIA DE LOS SENSORES REMOTOS	36
3. CARACTERIZACION DE PROCESOS BASICOS	40
3.1 PREPROCESAMIENTO	40
3.2 CLASIFICACIÓN	48
3.3 FILTROS	55
3.4 TRANSFORMACIONES	59
3.5 ANALISIS ESPECTRAL	65

3.6	VECTORIZACIÓN	66
3.7	MODELAMIENTO TOPOGRÁFICO	70
3.8	RADAR	75
3.9	OTRO TIPO DE PROCESOS	80
4.	METODOLOGÍA	87
4.1	METODOLOGIA APLICADA	87
4.2	DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA	88
5.	ANALISIS DE RESULTADOS	107
5.1	PREPROCESAMIENTO	109
5.2	CLASIFICACIÓN	115
5.3	FILTRAJE	121
5.4	TRANSFORMACIONES	136
5.5	VECTORIZACIÓN	140
5.6	MODELAMIENTO TOPOGRÁFICO	142
5.7	ANÁLISIS ESPECTRAL	146
5.8	OTROS	147
5.9.	RESUMEN DE RESULTADOS	151
6.	APLICACIONES	161
6.1	Elaboración del estudio diagnostico general de las áreas de los contratos de evaluación técnica Mantecal, Altamira, Brisas y Cachama.	162
6.2	Mapa De Coberturas Del Suelo De La Estación Experimental - Forestal San Juan Tetla Y Sus Alrededores Elaborado Con Base En Diferentes Métodos De Clasificación Supervisada De Una Imagen Landsat 7 ETM.	167
6.3	Intensidad extractiva del uso actual del suelo y cobertura vegetal de subcuena del río tona basada en sensores remotos.	170
6.4	Detección de suelos de turba a partir de imágenes satelitales	172

6.5	Procesamiento digital de imágenes satelitales para la cartografía náutica fluvial Argentina.	174
6.6	Análisis de anomalías espectrales aplicado a la Exploración minera en la zona central de Cajamarca	175
7.	CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES	178
8.	RECOMENDACIONES	180
	BIBLIOGRAFIA	181
	APENDICES	184

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 01. Anchos de bandas y resoluciones espectrales para algunos tipos de sensores	14
Tabla 02. Características de uso según resolución espacial	19
Tabla 03. Resolución Espacial según escala de trabajo	20
Tabla 04. Módulos del software Geoimage	32
Tabla 05. Historia de disponibilidad de cada satélite	39
Tabla 06. Bandas Infrarrojas y Rojas más comunes.	63
Tabla 07. Relación de los Tipos de Remuestreo	86
Tabla 08. Lista de Software encontrados	89
Tabla 09. Software Preseleccionado	90
Tabla 10. Análisis de costos	91
Tabla 11. Análisis por características*	92
Tabla 13. Características Imagen Ikonos	101
Tabla 14. Funciones de procesamiento más usados en los sistemas de tratamiento de imágenes satelitales	102
Tabla 15. Funciones Básicas Seleccionadas	104
Tabla 16. Funciones Básicas a ser Procesadas.	106
Tabla 17. Características Equipo Utilizado	107
Tabla 18. Bandas e imágenes utilizadas para el procesamiento.	108
Tabla 19. Resultados Proceso Layer Stacking Bandas 4-3-2	109
Tabla 20. Resultados Proceso Layer Stacking Bandas 61,62	109
Tabla 21. Resultados Proceso reemplazo de líneas malas (Banda 1)	110
Tabla 22. Resultados Proceso reemplazo de líneas malas (Banda 8)	110
Tabla 23. Resultados Proceso reemplazo de líneas malas (Banda 61)	111
Tabla 24. Resultados Proceso reemplazo de líneas malas Imagen Ikonos	111
Tabla 25. Resultados Proceso Sustracción Oscuridades Banda 8	112
Tabla 26. Resultados Proceso Sustracción Oscuridades Banda 1	112
Tabla 27. Resultados Proceso Sustracción Oscuridades Banda 61	113
Tabla 28. Resultados Proceso Sustracción Oscuridades Imagen Ikonos	113
Tabla 29. Resultados Proceso Calibración IAR Banda 8	114
Tabla 30. Resultados Proceso Calibración IAR Banda 1	114
Tabla 31. Resultados Proceso Calibración IAR Banda 61	114
Tabla 32. Resultados Proceso Calibración IAR Imagen Ikonos	115
Tabla 33. Resultados Clasificación Supervisada Imagen 4-3-2	115
Tabla 34. Resultados Clasificación Supervisada Imagen Ikonos	116
Tabla 35. Resultados Clasificación Supervisada Imagen 61-62	116
Tabla 36. Resultados Clasificación No Supervisada Banda 8	117
Tabla 37. Resultados Clasificación No Supervisada Banda 1	117
Tabla 38. Resultados Clasificación No Supervisada Banda 61	118
Tabla 39. Resultados Clasificación No Supervisada Imagen Ikonos	118
Tabla 40. Resultados Post-Clasificación Imagen Clasificada Banda 8	119
Tabla 41. Resultados Post-Clasificación Imagen Clasificada Banda 1	119
Tabla 42. Resultados Post-clasificación Imagen Clasificada Banda 6	120
Tabla 43. Resultados Post-clasificación Imagen Clasificada Imagen Ikonos	120
Tabla 44. Resultados Filtrado Paso Bajo de diferentes Kerneles Banda 8	121
Tabla 45. Resultados Filtrado Paso Bajo de diferentes Kerneles Banda 1	122
Tabla 46. Resultados Filtrado Paso Bajo de diferentes Kerneles Banda 6	123

Tabla 47. Resultados Filtraje Paso Bajo de diferentes Kerneles Imagen Ikonos	124
Tabla 48. Resultados Filtraje Paso Alto de diferentes Kerneles Banda 8	125
Tabla 49. Resultados Filtraje Paso Alto de diferentes Kerneles (Banda 1)	126
Tabla 50. Resultados Filtraje Paso Alto de diferentes Kerneles (Banda 6)	127
Tabla 51. Resultados Filtraje Paso Alto de diferentes Kerneles Imagen Ikonos	128
Tabla 52. Resultados Filtraje Direccional de diferentes Kerneles Banda 8	129
Tabla 53. Resultados Filtraje Direccional de diferentes Kerneles Banda 1	130
Tabla 54. Resultados Filtraje Direccional de diferentes Kerneles Banda 61	131
Tabla 55. Resultados Filtraje Direccional de diferentes Kerneles Imágenes Ikonos	132
Tabla 56. Resultados Filtro Laplace Banda 8	133
Tabla 57. Resultados Filtro Laplace Banda 1	133
Tabla 58. Resultados Filtro Laplace Banda 61	134
Tabla 59. Resultados Filtro Laplace Imagen Ikonos	134
Tabla 60. Resultados Transformada de Fourier Banda 1	135
Tabla 61. Resultados Transformada de Fourier Banda 61	135
Tabla 62. Resultados Transformada de Fourier Imagen Ikonos	135
Tabla 63. Resultados Componentes Principales Imagen 4-3-2	136
Tabla 64. Resultados Componentes Principales Imagen 61,62	136
Tabla 65. Resultados Componentes Principales Imagen Ikonos	137
Tabla 66. Resultados Transformación RGB-IHS Imagen 4-3-2	137
Tabla 67. Resultados Transformación RGB-IHS Imagen Ikonos	138
Tabla 68. Resultados Agudización Brovey	138
Tabla 69. Resultados Cálculos de Índices de Vegetación Imagen 4-3-2	139
Tabla 70. Resultados Cálculos de Índices de Vegetación Imagen 61,62	139
Tabla 71. Resultados Transformación Tasseled Cap	140
Tabla 72. Resultados Vectorización imagen clasificada Banda 8	140
Tabla 73. Resultados Vectorización imagen clasificada Banda 1	141
Tabla 74. Resultados Vectorización imagen clasificada Banda 6	141
Tabla 75. Resultados Vectorización imagen clasificada Ikonos	141
Tabla 76. Resultados Modelamiento Topográfico Banda 8	142
Tabla 77. Resultados Modelamiento Topográfico Banda 1	143
Tabla 78. Resultados Modelamiento Topográfico Banda 61	144
Tabla 79. Resultados Modelamiento Topográfico Imagen Ikonos	145
Tabla 80. Búsqueda de objetivos LayerStacking 4-3-2	146
Tabla 81. Búsqueda de objetivos LayerStacking 61-62	146
Tabla 82. Resultados Matemáticas de Bandas 1 y 2	147
Tabla 83. Resultados Matemáticas de Bandas 1 y 2 Imagen Ikonos	147
Tabla 84. Resultados Matemáticas de Bandas 61 y 62 Imagen	148
Tabla 85. Resultados Segmentación Banda 8	148
Tabla 86. Resultados Segmentación Banda 1	149
Tabla 87. Resultados Segmentación Banda 61	149
Tabla 88. Resultados Segmentación Imagen Ikonos	150
Tabla 90. Ejemplo Clasificación supervisada	155
Tabla 91. Ponderaciones	156
Tabla 92. Tabla de Recomendaciones	160
Tabla 93. Tabla de Recomendación Aplicación 1	163
Tabla 94. Clases utilizadas en el entrenamiento	165
Tabla 94. Tabla de Recomendación Aplicación 2	170
Tabla 95. Tabla de Recomendación Aplicación 3	172
Tabla 96. Tabla de Recomendación Aplicación 4	173
Tabla 97. Tabla de Recomendación Aplicación 5	175
Tabla 98. Tabla de Recomendación Aplicación 6	177

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 01. Imagen de satélite QuickBird. Dubai	7
Figura 02. División del espectro electromagnético	9
Figura 03. Firmas Espectrales para algunos tipos de materiales	11
Figura 04. Imagen de satélite QuickBird. Montreal-Canadá	13
Figura 05. Esquema de registro de una imagen en formato BSQ	16
Figura 06. Esquema de registro de una imagen en formato BIP	17
Figura 07. Esquema de registro de una imagen en formato BIL	17
Figura 08. Proceso de Teledetección Espacial desde la adquisición hasta el usuario final.	21
Figura 09. Imagen de satélite NOAA-15	22
Figura 10. Imagen de satélite LANDSAT 7	23
Figura 11. Imagen de satélite SPOT	24
Figura 12. Imagen de satélite IRS	25
Figura 13. Imagen de satélite ERS	26
Figura 14. Imagen de satélite QuickBird 2	28
Figura 15. Imagen de satélite IKONOS	29
Figura 16. Imagen de satélite SPIN 2	30
Figura 17. Primera fotografía a color	37
Figura 18. Histogramas de Datos Originales	42
Figura 19. Histogramas de Datos Realzados Radiométricamente	43
Figura 20. Histograma Lineal	44
Figura 21. Histograma Raíz Cuadrada	45
Figura 22. Ecualización del Histograma	46
Figura 23. Clasificación Por El Método Del Paralelepípedo	49
Figura 24. Clasificación por el método de la mínima distancia.	50
Figura 25. Método de Iteración Isodata	53
Figura 26. Kernel para Paso Alto	56
Figura 27. Variación de valores digitales aplicando el Paso alto	56
Figura 28. Kernel para Paso Bajo	56
Figura 29. Ejemplo de Kernel para filtro Direccional	57
Figura 30. Intensidad, Matiz, Saturación en el Sistema Coordinado de Color	61
Figura 31. Imagen PPI	66
Figura 32. Elementos Vectoriales	67
Figura 33. Raster convertido a Formato Vectorial	69
Figura 34. Calculo de Buffer's	70
Figura 35. Calculo de Pendiente	72
Figura 36. Calculo de aspecto	73
Figura 37. Ejemplo de Relieve Sombreado	74
Figura 38. Imagen Segmentada.	81
Figura 39. Remuestreo	82
Figura 40. Diagrama de Flujo de la Metodología	87
Figura 41. Earth Science Data Interface (ESDI)	98
Figura 42. Grilla Landsat de Colombia.	100
Figura 43. Ubicación Imagen Ikonos, dentro del Departamento de Santander.	101
Figura 44. Mosaico Área de Estudio.	164
Figura 45 Clasificación No Supervisada por el método Isodata	165
Figura 46. Clasificación Supervisada y post-clasificada	167

LISTA DE APENDICES Y ANEXOS

	pág.
Apéndice A. Eficiencia General.	185
Apéndice B. Eficiencia de tiempos.	186
Apéndice C. Eficiencia de tamaño de archivos de salida.	187
Anexo A. Manual de procesos basicos para el tratamiento digital de imágenes de satélite para el software ENVI 4.1.	189
Anexo B. Manual de procesos basicos para el tratamiento digital de imágenes de satélite para el software ERDAS 8.7.	225
Anexo C. Manual de procesos basicos para el tratamiento digital de imágenes de satélite para el software SPRING 4.1.	259

RESUMEN

TITULO: ANALISIS COMPARATIVO DE HERRAMIENTAS SOFTWARE ESPECIALIZADAS EN EL TRATAMIENTO DIGITAL DE IMAGENES SATELITALES, -CARACTERIZACION DE PROCESOS BASICOS-.*

AUTORES: DIEGO JOSE RUIZ RUEDA
JHON JAIRO SALCEDO BAUTISTA**

PALABRAS CLAVES: Teledetección, Análisis, Comparativo, Caracterización, Satélite.

DESCRIPCION

El presente proyecto analiza rendimientos (tiempo de procesamiento, tamaño de archivo de salida) de programas de procesamiento de imágenes satelitales, previamente seleccionados según parámetros definidos y aplicados a los procesos.

Etapas de Recurso Humano.

- Revisión Bibliográfica e Internet.
- Capacitación en los Programas.

Etapas de Recolección de Información.

- Selección y Adquisición de Imágenes de Satélite.
- Selección y Adquisición de Programas.
- Selección de Procesos Básicos.

Aplicación de Procesos Básicos

Los procesos básicos fueron aplicados con igualdad de condiciones de parámetros y de condiciones de equipo a todas las imágenes y a todos los procesos, aunque en algunos procesos solo son aplicables a bandas solas y otras son aplicables a imágenes multibandas.

Ponderación de Resultados.

Con los resultados de la aplicación de los procesos básicos, se ponderaron los resultados dando la misma prioridad todos los procesos. Una tabla de recomendación generada con los resultados, fue aplicada a varios estudios relacionados con teledetección que comprendieran diferentes áreas de aplicación y de esta forma los diferentes procesos.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Ingeniería Civil. Director: Hernán Porras Díaz

ABSTRACT

TITLE: COMPARATIVE ANALYSIS OF SPECIALIZED TOOLS SOFTWARE IN THE DIGITAL TREATMENT OF IMAGES OF SATELLITE, - CHARACTERIZATION OF BASIC PROCESSES -.*

**AUTHORS: DIEGO JOSE RUIZ RUEDA
JHON JAIRO SALCEDO BAUTISTA****

KEY WORDS: Teledetection, Analysis, Comparative, Characterization, Satellite.

DESCRIPTION

The present project analyzes performance (time of processing, size of output file) of programs of processing of images of satellite, previously selected according to defined parameters and applied to the processes.

Stage of Human Resource.

- Bibliographical revision and Internet.
- Training in the Programs.

Stage of Gathering of Information.

- Selection and Acquisition of Images of Satellite.
- Selection and Acquisition of Programs.
- Selection of Basic Processes.

Application of Basic Processes

The basic processes were applied with equality of conditions of parameters and of equipment conditions to all the images and all the processes, although in some alone processes they are applicable to alone bands and others are applicable to images made up of multiple bands.

Consideration of Results.

A recommendation tablet generated with the results, it was applied to several studies related with teledetection that include different application areas and this way the different processes of this technology.

* Degree Thesis

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. Civil Engineering. Director: Hernán Porras Díaz

INTRODUCCIÓN

*“La humanidad debe elevarse
por encima de la tierra,
al techo de la atmósfera y mas allá,
porque solo eso nos permitirá entender
el mundo en que vivimos”.*
—Sócrates—

El desarrollo de la tecnología de observación espacial y la enorme disponibilidad de datos obtenidos por diferentes plataformas espaciales, han abierto un potencial enorme de información que se viene utilizando con mayor frecuencia por parte de especialistas de diferentes disciplinas que tienen que ver, no solo con las ciencias de la tierra, sino también con otras ciencias como la informática, física o matemáticas. Como profesionales en el área de la Ingeniería, se debe estar al tanto de los desarrollos del mundo moderno, y traer los beneficios que estos tienen a nuestro medio, gracias al fácil acceso a la información con que se cuenta hoy en día, no resulta difícil de realizar para no quedarnos atrás. Los Sensores Remotos es una tecnología que ha traído grandes beneficios por su aplicabilidad en diversos campos, su gran cobertura, reducción de costos y tiempos comparado con otros métodos, disponibilidad temporal y la accesibilidad de los datos en tiempo real, entre otras ventajas.

La teledetección encuentra un amplio rango de aplicaciones, incluyendo obviamente el área del reconocimiento militar en la cual tuvieron su origen muchas de las técnicas. En la esfera no militar, muchas de las aplicaciones pueden ser catalogadas aproximadamente como “medioambientales”, y podemos distinguir un rango de variables medioambientales que pueden ser medidas. En la atmósfera, éstas incluyen temperatura, precipitación, la distribución y tipo de nubes, velocidades del viento, y las concentraciones de gases como vapor de agua, dióxido de carbono, ozono, etc. Sobre la superficie terrestre, podemos medir el movimiento tectónico, la topografía, la temperatura, el albedo o reflectancia y la humedad del suelo, y determinar la cobertura terrestre con gran detalle, por ejemplo caracterizando el tipo de vegetación y su estado de salud o caracterizando acciones humanas como carreteras y ciudades. Sobre la superficie del océano, podemos medir la temperatura, la topografía, velocidad del viento, el espectro de energía de las olas y el color (el cual está a menudo relacionado con la productividad biológica por el plancton). También puede estudiarse la criosfera, la parte de la superficie terrestre cubierta por nieve y hielo, proporcionando datos

sobre la distribución, condición y comportamiento dinámico de la nieve, hielo del mar, icebergs, glaciares y placas de hielo.

Desde las primeras experiencias de teledetección se remontan a 1859, cuando Gaspar Félix de Tournachon obtuvo las primeras fotografías aéreas desde un globo cautivo (Chuvienco, 2000), se han producido desarrollos importantes, debido a su gran mayoría a partes militares (I y II guerra mundial). Todas estas innovaciones se desarrollaron posteriormente a aplicaciones civiles que conllevaron a un interés a entidades gubernamentales y civiles a desarrollar esta tecnología.

La teledetección es una técnica aplicada y como tal dependiente del estado de desarrollo tecnológico existente en cada momento, por esta razón fue que en las últimas décadas de la mano con el desarrollo espacial y computacional, se ha obtenido un avance significativo y lo tendrá aún más en un futuro cercano, abriendo grandes posibilidades de aplicabilidad en las Ingenierías.

La teledetección actual tiene tres elementos importantes, que hacen más fácil el análisis de los datos obtenidos, los sensores que son los encargados de captar los datos; el software que es el responsable de procesar los datos obtenidos por el sensor y por último el interprete que se tiene la responsabilidad de analizar los resultados y tomar decisiones según sea el caso.

Debido al alto costo para desarrollar y poner en órbita un sensor, este elemento se sale de nuestras manos, y confiar en los datos suministrados por las entidades que comercializan, que para estudios determinados no existen mucha oferta, por lo tanto no existe elección para la adquisición. El software tiene el mismo problema que el sensor, pero gracias a los diversos programas existentes para el procesamiento digital de imágenes de satélite, sí puede elegir cual de ellos adquirir, para esto se requiere un análisis previo de cada uno de ellos para observar las fortalezas y debilidades que conlleva a una elección adecuada según el propósito del estudio que se va a desarrollar en base a esta tecnología, siendo este el fin del presente proyecto.

1. DESCRIPCION DEL PROYECTO

El proyecto **“Análisis comparativo de herramientas software especializadas para el tratamiento digital de imágenes de satélite”**, quiere dar a conocer el desarrollo de la tecnología de sensores Remotos y sus aplicaciones en la Ingeniería como primer pasó para realizar futuros estudios. Este capítulo esta concebido para dar al lector una visión previa del desarrollo del proyecto, cuales son sus objetivos, justificación y alcances.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar los más apropiados programas computacionales, por medio de un cuadro comparativo de las diferentes funcionalidades, para el análisis y tratamiento de imágenes de satélite, y de estos obtener información acerca de los procesos y patrones a utilizar en proyectos en donde se manifieste el uso de esta nueva tecnología aplicada a la Ingeniería Civil.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1.2.1** Caracterización y clasificación de los procesos y operaciones básicas para el procesamiento digital de imágenes de satélite.
- 1.2.2** Analizar el rendimiento y los resultados de los procesos básicos de programas seleccionados para el procesamiento digital de imágenes, manteniendo iguales condiciones de trabajo en el equipo en cada proceso.
- 1.2.3** Validación de los procesos, funcionalidades y adaptabilidad de las herramientas seleccionadas para el procesamiento de imágenes de satélite mediante pequeñas aplicaciones.

1.3 JUSTIFICACION

El desarrollo de la tecnología de la percepción remota y la enorme disponibilidad de datos obtenidos por diferentes plataformas espaciales, han abierto un potencial enorme de información que se viene utilizando con mayor frecuencia por parte de especialistas de diferentes disciplinas que tienen que ver, no solo con las ciencias

de la tierra, sino también con otras ciencias como la informática, física o matemáticas.

De esta manera, las imágenes satelitales se constituyen hoy en día, en un importante material para la observación de la tierra que provee una gran cantidad de información con importantes ventajas económicas comparativas. Por esta razón, su uso es cada día mas difundido en todos los continentes de nuestro planeta.

Hoy, después de treinta años del lanzamiento del primer satélite tecnológico para la observación de la tierra, muchos centros de enseñanza superior y universidades, todavía desconocen como una nueva disciplina a la Percepción Remota y Teledetección

Nosotros a través de este proyecto queremos dar una iniciativa, que junto con cursos generalmente impartidos por instituciones o proyectos extra universitarios, generen espacios a proyectos más complejos y exalten las ventajas que ofrece esta tecnología, como por ejemplo: economía comparada con otros procesos tradicionales, accesibilidad a las herramientas para su procesamiento, manejo de grandes áreas, lo que ahorra tiempo de trabajo, entre otras. Además la teledetección no solo involucra la carrera de ingeniería civil sino a diversas áreas de conocimiento como son Geología, Agronomía, Topografía, Biología, medio Ambiente, Geografía, Arqueología, incluyendo a aquellas de carácter social como Turismo, entre otras que serán beneficiadas.

El gran volumen de información proveniente de investigaciones en los diversos campos de aplicación de la percepción remota que junto con su difusión a través de varios medios donde se puede encontrar información frecuentemente disgregada y parcializada que conduce comúnmente a los posibles usuarios realizar elecciones inapropiadas para el problema que este desea resolver, o a recurrir a empresas conocedoras del tema con un alto costo, a esto se le suma que la mayoría de productos son ofrecidos por empresas comerciales, cuyo objetivo es generar ganancias llevando muchas veces a exaltar su producto sobre los demás. Este proyecto tiene la finalidad de investigar, recoger y organizar la información existente en las diversas fuentes de información relacionados con la teoría, aplicaciones y tratamiento de la teledetección, así como un análisis comparativo de las funcionalidades de programas seleccionados como base para optimizar futuras investigaciones y aplicaciones relacionadas con este tema.

1.4 ALCANCES

El principal alcance del presente proyecto es desarrollar una metodología clara y ordenada, para una selección de un software a partir de resultados y rendimientos, usualmente llamado **Benchmarking** desde un punto de vista del usuario.

Un alcance secundario es familiarizar al lector en la tecnología de Sensores Remotos y dar a conocer la utilidad de esta en estudios referentes a la Ingeniería. Con el desarrollo del proyecto, se realizó una tabla de Excel automatizada, con la cual el usuario puede realizar consultas de recomendación sobre el software mas apropiado a utilizar dependiendo del estudio que se desee desarrollar.

1.5 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

El proyecto esta organizado en capítulos presentando información acerca de la concepción, desarrollo, metodología, aplicaciones, conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron en el desarrollo del presente proyecto.

El capítulo 2 comprende las generalidades sobre el tema del proyecto. Definiciones, teoría, Imágenes, software e historia. El capítulo 3 contiene una caracterización de procesos mas comunes utilizados en el tratamiento digital de imágenes satelitales, para poder aplicar correctamente estos procesos en el desarrollo del presente estudio.

La metodología con la que se llevo a cabo el estudio se expone en el capítulo 4 del libro, en donde se ponen en manifiesto las diferentes fases y elecciones con la que se desarrollo este proyecto. Se muestra en el capítulo 5, los resultados obtenidos a través del desarrollo del estudio y mostrando la automatización de la hoja de Excel para la recomendación del software.

En el capítulo 7, hace referencia a diversos estudios realizados por diferentes entidades y personas, en donde se aplica la tecnología de Sensores Remotos cómo ejemplos para analizar los resultados del proyecto.

Los capítulos finales contienen las observaciones y conclusiones junto con las recomendaciones de dicho proyecto.

1.6 APORTES DEL PROYECTO

Con el desarrollo de este proyecto se realizaron manuales de procedimiento de los diferentes programas utilizados, para que el lector tenga una concepción inicial sobre estos y que se puedan desarrollar mas fácilmente futuros estudios en el tema.

Adicionalmente se desarrolló una hoja de Excel automatizada que contiene una recomendaciones basadas en los resultados del el presente estudio, para la utilización del software. Se aclara que la idea no es desmeritar los programas utilizados, sino recomendar el mas apropiado en cuanto a rendimientos y tamaños de archivo se refiere.

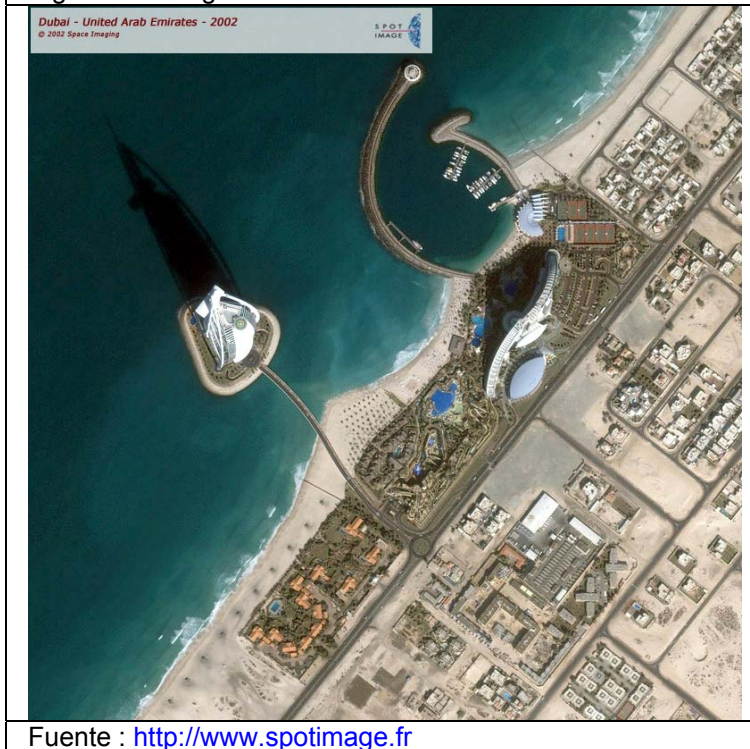
Una capacitación, organizada por el grupo de investigación de GEOMATICA, Gestión y Optimización en Sistemas, adscrito a la escuela de ingeniería civil de la Universidad Industrial de Santander, a futuros usuarios de la teledetección para el desarrollo del procesamiento de la imagen QuickBird-2 adquirida por el grupo de Geomática, en su uso en diversos proyectos.

2. MARCO TEÓRICO

El continuo desarrollo de los satélites artificiales ha permitido la posibilidad de conseguir información detallada de la superficie terrestre, fácilmente y a un bajo costo en los últimos años. La teledetección ha alcanzado un alto nivel de desarrollo, beneficiándose de los avances obtenidos en la carrera espacial, así como el avance de los computadores, que han aumentado su capacidad y velocidad de procesamiento, desligándose de la fotografía aérea, precursora de la teledetección moderna .

Hoy en día, sensores instalados en satélites nos envían continuamente información, en forma de imágenes como la mostrada a continuación, sobre la dinámica nubosa, la cobertura vegetal y sus variaciones estacionales, la temperatura superficial oceánica, etc. Incluso eventos de gran escala temporal como las superficies de hielo polar, la expansión de los desiertos o la deforestación tropical pueden ser estudiadas exhaustivamente y de manera continua a partir de datos procedentes de sensores situados en el espacio.

Figura 01. Imagen de satélite QuickBird. Dubai



Fuente : <http://www.spotimage.fr>

2.1 TELEDETECCIÓN

Sensores Remotos es una traducción latina del término inglés *remote sensing*, ideado a principios de la década de los 60, ideado para designar cualquier medio de observación distante (PINTO, 2003).

Una definición formal, comprensiva y amplia que engloba todos los aspectos geofísicos de los Sensores Remotos es:

Una tecnología para la adquisición y medida de datos e información de alguna propiedad de un fenómeno, objeto o material por un dispositivo de registro que no se encuentre en contacto físico directo, con la propiedad bajo estudio; y el posterior tratamiento de los datos e información en el contexto de una determinada aplicación, por medio de técnicas que involucran la fusión de los conocimientos pertinentes a la medición de campos de fuerza, la radiación electromagnética, energía acústica empleado por cámaras, radiómetros y escáneres, láseres, receptores de frecuencia de radio, sistemas de radar, sonar, dispositivos termales, sismógrafos, magnetómetros, gravímetros, y otros instrumentos.

Este concepto, engloba todos los aspectos que giran alrededor de la percepción remota, el campo en el cual se está interesado es la observación remota de la superficie terrestre, se puede definir como las técnicas de adquisición de datos e información de la superficie terrestre desde el aire o del espacio por medio de equipos (llamados sensores) de registro mediante la interacción electromagnética existente entre el objeto y el sensor por medio de una fuente de radiación, y su posterior tratamiento en el campo de aplicación. A este campo de aplicación le llamaremos *Teledetección*.

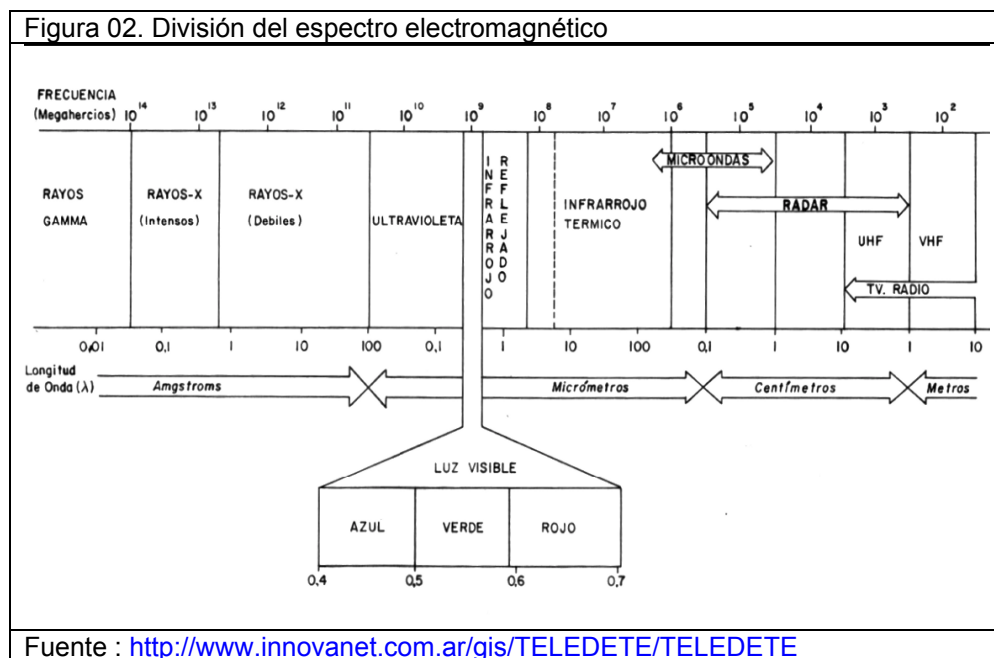
2.2 PRINCIPIOS FÍSICOS DE LA TELEDETECCIÓN

Los sensores de los satélites reciben la información acerca de un objeto a través de la energía electromagnética. Esta información puede estar codificada en la frecuencia, intensidad o polarización de la onda y es transmitida directamente desde el objeto o indirectamente por reflexión, dispersión o reemisión hasta el sensor.

Todos los materiales de la Tierra reflejan o emiten energía electromagnética. Los sensores miden la intensidad de la radiación electromagnética emitida por un objeto y estudian sus propiedades físicas a partir de su variación con la frecuencia.

2.2.1 El espectro electromagnético. La radiación electromagnética se presenta como una distribución continua de frecuencias que conocemos con el nombre de espectro electromagnético.

Dicho espectro suele estar estructurado en una serie de bandas espectrales donde la radiación electromagnética manifiesta un comportamiento similar. No todas las bandas presentan igual interés desde el punto de vista de la teledetección.



Fuente : <http://www.innovanet.com.ar/gis/TELEDETE/TELEDETE>

La teledetección está interesada de manera particular en los espectros electromagnéticos producto de la interacción de los rayos electromagnéticos generados durante el intercambio energético entre la tierra y el sol. En esta relación se destacan por su uso los espectros siguientes:

- El dominio del visible. Comprendido en el intervalo de onda del orden de 0.38 hasta 0.78 micro-m. En este intervalo se capta el canal pancromático utilizado en los estudios urbanos.
- El dominio del infrarrojo cercano. Comprendido en el intervalo de 0.78 hasta 3 micro-m, de gran uso en los estudios relacionados con la determinación de los contenidos en agua.
- El dominio del infrarrojo medio. Comprendido en el intervalo de 3 hasta 8 micro-m, toma como base de su emisión y reflexión la superficie terrestre. Este

dominio es destinado a los estudios de los contenidos en humedad de la actividad clorofiliana.

- El dominio del infrarrojo térmico. Comprendido en el intervalo de 8 hasta 15 micro-m, toma como base la emisión exclusiva desde la superficie terrestre, destinado en general a los estudios relacionados con la meteorología.

Estos cuatro dominios y otros del espectro magnético, delimitan el campo de la teledetección pasiva, es decir en este caso, los sensores poseen solamente la propiedad de captar los rayos electromagnéticos emitidos y/o reflejados desde diferentes fuentes. Al contrario, en la teledetección activa, las fuentes de emisión están confundidas con los mismos sensores diseñados para captar la reflexión de los rayos electromagnéticos emitidos desde las mismas fuentes emisoras (radares, sonares, láser) (Touder, 1999).

2.2.2 Cuerpo negro. El Sol es la fuente más obvia de radiación electromagnética para su uso en teledetección. Sin embargo, todos los cuerpos a temperaturas superiores a 0° K, condición que verifican todos ellos, emiten continuamente radiación electromagnética. Debemos considerar entonces a todos los cuerpos como fuentes de radiación, cuya magnitud y composición espectral difieren considerablemente de la del Sol.

Sin embargo, la distribución de la cantidad de radiación en cada longitud de onda no es uniforme, de ahí la importancia de determinar la temperatura superficial del Sol, ya que la distribución de la energía emitida en las diferentes regiones del espectro depende de la temperatura de la fuente.

Por esto, La iluminación solar, un dato estratégico en la teledetección, varía en función de la posición de la tierra y las partículas presentes en el espacio. Estas variables determinan una constante solar (la iluminación) del orden de $1353 \pm 21 \text{ W}\cdot\text{m}^2$.

En las condiciones de un cuerpo negro, la reflectancia de una superficie

$$(M) = C T \exp.^{-4}$$

Donde:

C: constante de Stefan Boltzman ($5.6697 \cdot 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$).

$E(l)$: La reflexión de un ancho de onda l ;

M: Reflectancia de la superficie del objeto a una temperatura dada;

Mn: Reflectancia de un cuerpo negro a la misma temperatura.

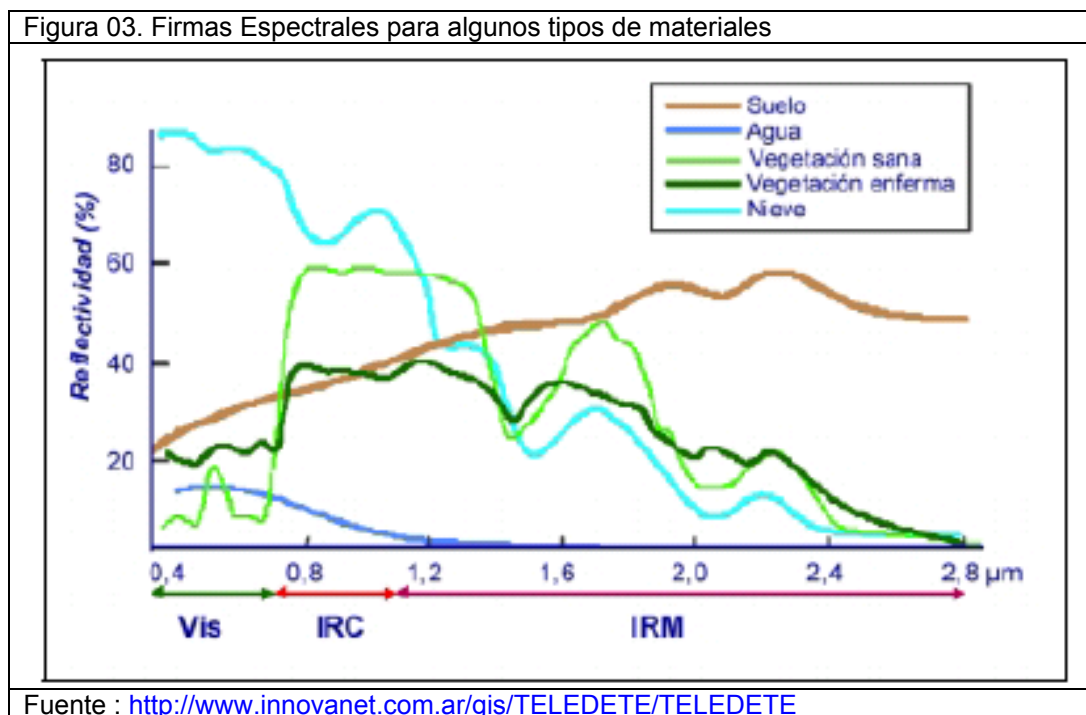
La combinación de las ecuaciones anteriores, nos da como resultado la energía emitida para cualquier superficie) (Touder, 1999):

$$M = E(l) C T \exp.^{-4} \text{) (Touder, 1999).}$$

Esta última ley establece que si un cuerpo se calienta, emitirá más radiación. Esto es de especial importancia a la hora de diseñar los sensores (los objetivos con temperaturas bajas necesitarán mayores tiempos de exposición o menores resoluciones espaciales para recoger así el suficiente número de fotones para realizar una medida con la relación S/N suficientemente alta).

2.2.3 Firma espectral. La teledetección se basa en la interacción del espectro electromagnético y la superficie terrestre. Cuando realizamos un gráfico en el que representamos la cantidad la radiación reflejada por una superficie y la relacionamos con la longitud de onda de la onda electromagnética, obtenemos lo que se denomina firma espectral.

Conociendo la firma espectral de la superficie que necesitamos estudiar, podemos clasificar de manera más o menos sencilla, los píxeles correspondientes a dicha superficie. Así, citando un ejemplo clásico, la vegetación tiene una firma espectral caracterizada por un pico de reflexión en infrarrojo cercano, lo que permite diferenciarla de otras superficies que en el rango del visible tengan una respuesta espectral semejante.



Dentro de la firma espectral, dependiendo de la longitud de onda analizada, es posible el análisis particularizado de características de la superficie bajo estudio.

Cada superficie tiene una variabilidad determinada por varios factores (ángulo de iluminación solar, relieve, influencias atmosféricas, ángulo de observación...) que dificultan en algunos casos su discriminación. Es por ello que comprender y determinar la firma espectral es esencial si necesitamos diseñar instrumentos que puedan detectar los rasgos que se desean.

2.2.4 Interacciones atmosféricas. La energía que recibe un sensor desde un objetivo de interés debe pasar a través de la atmósfera. Los componentes gaseosos y las partículas de materia dentro de la atmósfera, pueden afectar la intensidad y la distribución espectral de la energía y pueden impedir la observación de características de la superficie.

Los mecanismos de absorción de la atmósfera dependiente de la frecuencia, alteran la cantidad de radiación solar que alcanza la superficie de la Tierra. Otro efecto atmosférico que también puede alterar significativamente la radiación que llega al sensor es la dispersión o difusión de radiación por partículas de la atmósfera.

La suma de estas dos formas de pérdida de energía se denomina atenuación atmosférica. Ambas perturbaciones varían en sus efectos de una región espectral a otra. Por regla general, el fenómeno de dispersión añade intensidad a la señal recibida por el sensor, mientras que la absorción atmosférica reduce el nivel de las medidas espectrales realizadas. Las regiones del espectro que están menos influenciadas por los efectos de la absorción y dispersión se denominan ventanas atmosféricas. Tenemos una ventana bien definida en el rango del visible y unas cuantas dentro de las frecuencias correspondientes al infrarrojo. Estas bandas son empleadas extensivamente en teledetección, generando las familias de sensores del visible/infrarrojo cercano y del infrarrojo térmico.

Además de estos efectos mencionados, habría que sumar los de reflexión y refracción, aunque en menor medida que los anteriores.

2.3 IMÁGENES DE SATÉLITE

En este nuevo siglo podemos contar con docenas de satélites de teledetección en órbita alrededor de la tierra, cada uno de ellos dedicado a captar imágenes de tipo muy específico. El valor práctico y la multiplicidad de aplicaciones de las imágenes continúan aumentando a medida que se lanzan nuevos satélites. Cada vez se dispone de imágenes en una cantidad creciente de tamaños de escena, resoluciones espectrales, frecuencias de paso y detalles espaciales.

Figura 04. Imagen de satélite QuickBird. Montreal-Canadá



Fuente : <http://www.digitalglobe.com>

Una imagen de satélite puede ser definida como la intensidad de energía reflejada o emitida por un terreno, es una representación de captura indirecta de información espacial del terreno, esta energía reflejada es representada en un arreglo matricial compuesto por píxeles o elementos los cuales tienen unas coordenadas y un valor de intensidad; esta intensidad viene representada por unos niveles de gris, valores enteros, finitos y no negativos (generalmente de 0 a 255, dependiendo de la resolución radiométrica) el cual es proporcional a la reflectancia del terreno.

2.3.1 Características. Dentro de las características a tener en cuenta de las imágenes se encuentran: el número de bandas (resolución espectral), el área de la superficie observada (resolución espacial), el número de bits (resolución radiométrica) y el intervalo de tiempo entre dos observaciones del mismo lugar (resolución temporal), y el formato de almacenamiento. Las cuales se describen con más detalle a continuación.

- Resolución espacial. Está dada por la capacidad de distinguir objetos de una manera grafica en una imagen, es decir entre más área cubierta, el área del píxel o elemento es mayor, si una resolución espacial es de 30 metros significa que elementos separados una distancia menor a esta o que tengan dimensiones menores no serán detallados en la imagen.
- Resolución radiométrica. Representa la sensibilidad del sensor en distinguir entre los niveles de intensidad de la señal recibida es decir una resolución de 10 bits (1024 niveles de intensidad) es mayor que una resolución que una de 8 bits (256 niveles de intensidad).

- Resolución espectral. Es una medida de ancho de las bandas espectrales del sensor, entre menor sea el ancho de banda es mayor la resolución espectral ya que tendría mas bandas para complementar el intervalo total. El numero de bandas y la medida de ancho de esta dada por cada sensor o el tipo de imagen, a continuación presentamos un cuadro con el tipo y ancho de bandas según el sensor. Las imágenes multispectrales son usualmente, fotografías o despliegues en el monitor producidos por datos de entrada que representan segmentos o intervalos del espectro electromagnético.
- Resolución temporal. Esta se refiere a la frecuencia con la cual los sensores obtienen imágenes de la misma área en particular. Por ejemplo, los satélites Landsat pueden ver la misma área de la tierra una vez cada 16 días. El satélite SPOT, por otra parte, puede visitar la misma área cada tres días.

Tabla. 01. Anchos de bandas y resoluciones espectrales para algunos tipos de sensores

Bandas Espectrales de Landsat-7 ETM		
Banda	μm	Resolución (m)
1 (visible blue)	.450 - .515	30
2 (visible green)	.525 - .605	30
3 (visible red)	.630 - .690	30
4 (near infrared)	.775 - .900	30
5 (mid / short wave infrared)	1.550 - 1.750	30
6* (thermal infrared)	10.400 - 12.500	60
7 (mid / short wave infrared)	2.090 - 2.350	30
8** (pan)	.520 - .900	15
Bandas Espectrales de Landsat-5 MSS		
Banda	μm	Resolución (m)
1	.50 - .60	79
2	.60 - .70	79
3	.70 - .80	79
4	.80 - 1.10	79
5	10.4-12.6	240
Bandas Espectrales de SPOT HRV		
Banda	μm	Resolución (m)
1	.50 - .59	20
2	.61 - .68	20
3	.79 - .89	20
Panc.	.51 - .73	10

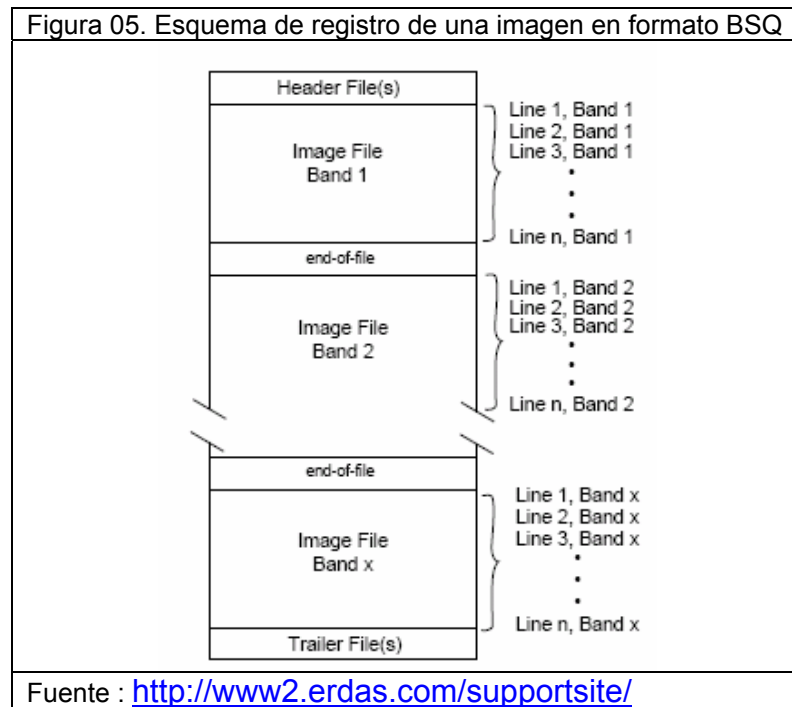
Bandas Espectrales de SPOT 4 HRV		
Banda	µm	Resolución (m)
1	.50 - .59	10
2	.61 - .68	10
3	.79 - .89	10
4	1.58 - 1.775	10
Bandas Espectrales de IRS 1C -1D		
Banda	µm	Resolución (m)
Panc.	.50 - .75	5.8
Bandas Espectrales de IRS LIS III		
Banda	µm	Resolución (m)
1	.52 - .59	23
2	.62 - .68	23
3	.77 - .86	23
4	1.55 - 1.70	70
Bandas Espectrales de IRS WIFS		
Banda	µm	Resolución (m)
1	.62 - .68	188
2	.77 - .86	188
Bandas Espectrales de Ikonos		
Banda	µm	Resolución (m)
1	.45 - .52	4
2	.52 - .60	4
3	.63 - .69	4
4	.76 - .90	4
Panc.	.45 - .90	1
Bandas Espectrales de SPIN 2		
Banda	Nm	Resolución (m)
Panc (KVR 1000)	510 - 760	2
Panc (TK 350)	510 - 760	10

Fuente: Manual de ayuda del software Spring.

2.3.2 Estructura de almacenamiento. Las imágenes se pueden almacenar como un flujo binarios de bytes, los cuales se apoyan en sus formatos nativos (byte, signed and unsigned integer, long integer, floating point, double precision, 64-bit integer, unsigned 64-bit integer, complex, or double complex), entre los formatos binarios mas comunes se encuentran (BSQ, BIL, BIP), estos formatos son conocidos como fast-format, los cuales facilitan la escritura y lectura,

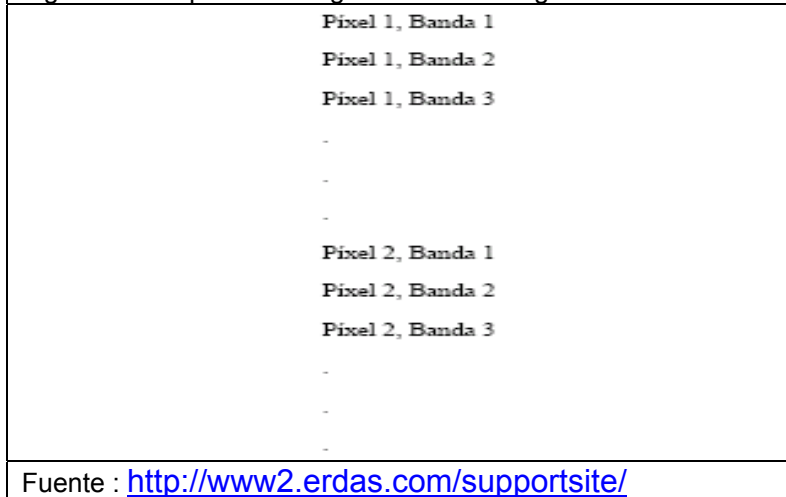
generalmente estos formatos vienen acompañados por un archivo header o archivo de encabezado que proporciona información al programa acerca de las dimensiones de la imagen, formato de los datos y otra información pertinente.

- Formato BSQ (Imagen en banda secuencial). En este formato la imagen es registrada banda a banda como se muestra en el esquema a continuación. Este tipo de formato es muy usado en imágenes TM/Landsat. Este formato es muy ventajoso ya que una bandas pueden ser leídas y visualizadas fácilmente y múltiples bandas pueden se cargadas fácilmente en cualquier orden.



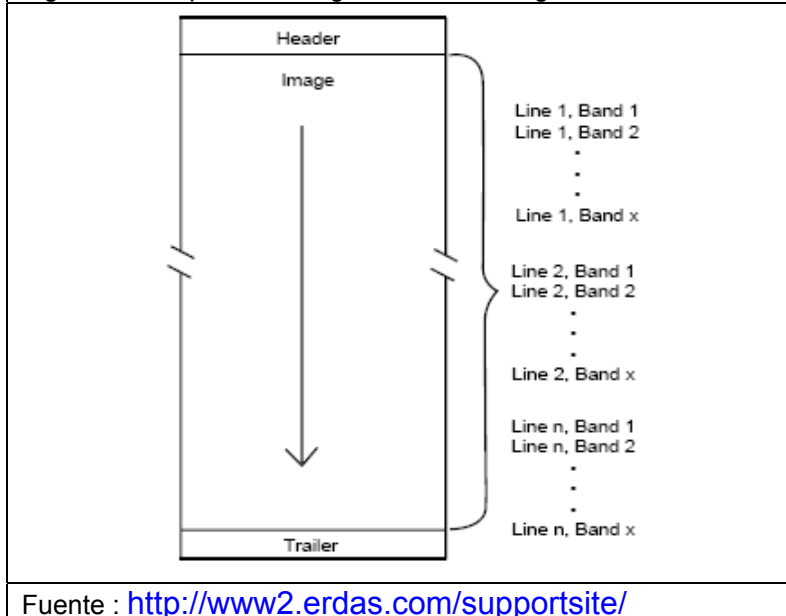
- Formato BIP (Banda intercalada por píxel). En este formato el píxel es grabado secuencialmente para todas las bandas, conforme al esquema a seguir.

Figura 06. Esquema de registro de una imagen en formato BIP



- Formato BIL (Banda Entrelazada por el Formato de la Línea). En este formato cada línea es grabada secuencialmente para todas las bandas, conforme al esquema a seguir.

Figura 07. Esquema de registro de una imagen en formato BIL



2.3.3 Ventajas. A continuación se muestra las principales ventajas que conlleva el uso de las imágenes de satélite¹.

¹Tomado de **PROSIS LTDA**, <http://www.prosis.com.co>

- **Digital.** Casi todas las imágenes procedentes de satélites se adquieren digitalmente. Esto implica que no es necesario efectuar conversiones de datos, escaneos o digitalizaciones. Con una preparación mínima las imágenes quedan listas para ser cargadas directamente en un SIG. Dada su naturaleza digital, estas se procesan manipulan y realzan para extraer de ellas detalles e información que otras fuentes no detectan.
- **Rápido.** Debido a que los satélites se encuentran en órbitas muy altas y en plataformas estables, puede recopilar información de enormes áreas en tan solo unos cuantos segundos.
- **Económico.** Para zonas extensas, las imágenes de satélite resultan más económicas que la fotografía aérea o los levantamientos cartográficos o topográficos.
- **Global.** Los satélites no están limitados por fronteras políticas ni geográficas y se encuentran en órbitas que permiten sobrevolar todas las zonas del planeta.
- **Actualizado.** Se puede disponer de una imagen de satélite unas semanas después de su toma anterior.
- **Sinóptico.** Los satélites captan en una sola imagen detalles de la cubierta del suelo, carreteras e infraestructura, etc. Con esto puede observarse las diferentes relaciones entre las temáticas observadas en las diferentes escalas de interés.
- **Preciso.** Dado que una imagen de satélite es capturada sin intervención humana, la información que contiene es una representación objetiva e imparcial de los objetos y detalles de la superficie terrestre.
- **Flexible.** El tratamiento y la extracción de información de las imágenes de satélite pueden ser tan complicados o sencillos como se desee. Según la aplicación pueden hacerse desde interpretaciones visuales hasta clasificaciones automáticas expertas.

2.3.4 Uso y aplicaciones del procesamiento digital de imágenes.

- **Recursos Naturales.** Cobertura y Uso del suelo, Análisis Multitemporal, Determinación de áreas inundables, Evaluación de fenómenos dinámicos como: Deforestación e Incendios Forestales.
- **Geología y Geomorfología.** Interpretación de Formas del Relieve, Exploración Petrolera y Minera, Zonas Erosionadas e inestables, sedimentación.
- **Ingeniería.** Diseño de vías, Oleoductos, Líneas de transmisión eléctrica, Redes de Servicios Públicos.
- **Ordenamiento Territorial.** Uso recomendado del suelo, Determinación de Áreas de amenaza, Análisis de Restricciones Ambientales, Diagnóstico Ambiental de Alternativas, Estudio de Impacto.
- **Militar.** Planeamiento de Misiones, Inteligencia, Análisis de Terreno y de visibilidad, Estrategia Militar.

- Telecomunicaciones. Generación de Información Geográfica - DEM, Selección de sitios de torres, Análisis de visibilidad o visualización en 3D, Identificación de áreas sin cobertura de señal para celulares.

Para la adquisición de una imagen, se debe tener en cuenta el tipo de proyecto a realizar con esta. A continuación se muestra unas tablas resumen en las cuales se muestra el uso según la escala de trabajo y los diferentes proyectos que se pueden realizar dependiendo del trabajo a realizar.

Tabla 02. Características de uso según resolución espacial

Resolución Espacial	Características
1 a 5 metros	• Permite diferenciar tipos de edificaciones (casas, forma del terreno, características de los techos) • Elaboración de mapas a escala humana, o también, es posible individualizar árboles, carros, ómnibus, monumentos y calles urbanas. • Identificación de áreas agrícolas menores.
10 - 15 metros	• Identificación de cuarteles de una ciudad, edificios e calles principales. • Detallamiento de áreas forestales. • Identificación de minerales y áreas agrícolas.
20 - 30 metros	• Identificación de regiones urbanas, aeropuertos, autopistas principales y ferroviarias. • Identificación de grandes áreas forestales y agrícolas, vías hidrográficas y caracterización de cobertura del suelo. • Identificaciones de lineamentos geológicos.
80 - 100 metros	• Mapas de estructuras geológicas regionales. • Mapas de grandes vías hidrográficas y extensas áreas forestales y agrícolas.

Fuente. <http://personales.conexion.com.py>

Tabla 03. Resolución Espacial según escala de trabajo

Resolución Espacial	Escala de Trabajo
1 metro	1:2.000
5 metros	1:12.000
10 metros	1:25.000
20 metros	1:50.000
30 metros	1:80.000
80 metros	1:200.000
1.000 metros	1:1.500.000

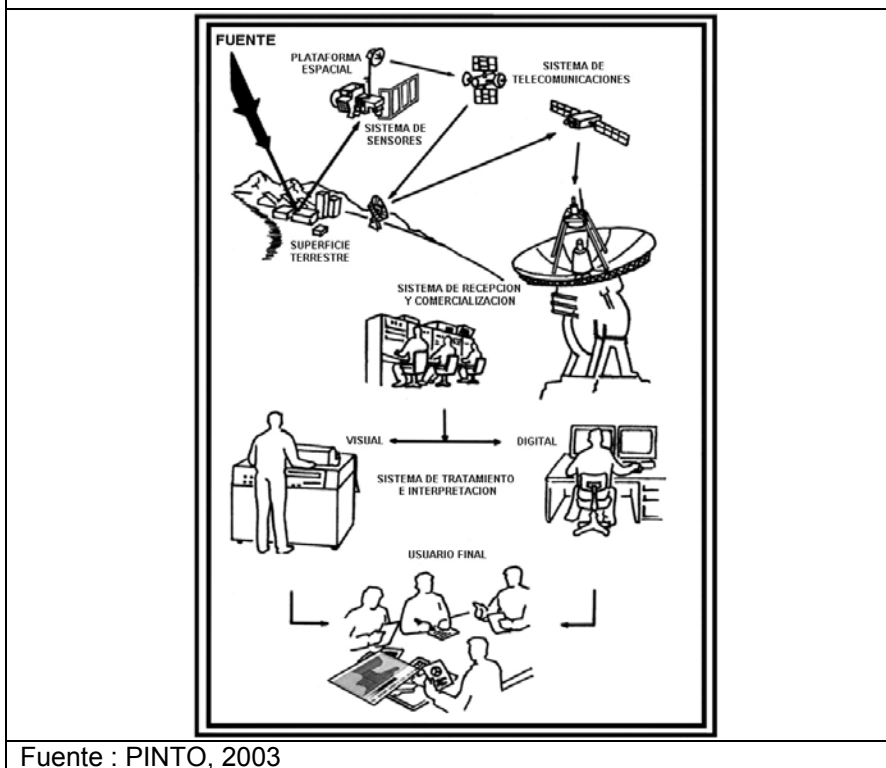
Fuente. <http://personales.conexion.com.py>

2.3.5 Elementos de la Teledetección. Para la obtención de una imagen varios procesos se ven involucrados. En resumen los elementos que intervienen en el proceso de teledetección son los siguientes (Chuvieco, 2000):

- Fuente de energía, que supone el origen de la radiación electromagnética que detecta el sensor.
- La cubierta terrestre, formada por distintas masas de vegetación, suelo, agua o construcciones humanas, que reciben la señal energética y la reflejan o emiten.
- Sistema de sensor, compuesto por el sensor, propiamente dicho y la plataforma que lo alberga. Tiene como misión captar la energía procedente de la cubierta terrestre, codificarla, grabarla o enviarla al sistema de recepción.
- Sistema de Recepción y comercialización, en donde se recibe la información, se graba en formato apropiado y tras algunas correcciones se distribuye a los interesados.
- Interprete, que convierte los datos en información temática de interés, de cara a facilitar la evaluación del problema en estudio.
- Usuario Final, encargado de analizar el documento fruto de la interpretación, así como dictaminar las consecuencias que de él se deriven.

Un la siguiente figura muestra el proceso que se lleva a cabo para la obtención de la imagen hasta que llega a manos del usuario final.

Figura 08. Proceso de Teledetección Espacial desde la adquisición hasta el usuario final.



2.4 PROGRAMAS ESPACIALES Y SUS SENSORES ¹

Debido a los grandes costos involucrados, la mayoría de los satélites que observan la tierra o hacen medidas geofísicas, han sido concebidos, diseñados, contruidos, lanzados y subsecuentemente operados por las agencias gubernamentales, o han sido apoyados en parte por fondos del gobierno. Desde los años 60's de los aproximadamente 2400 satélites en orbita muchos de los cuales son o fueron de origen militar o como un servicio general de los Estados Unidos, Francia, Rusia, India , Japón y otros gobiernos para estudio o desarrollo científico o como sistemas de monitoreo que hacen observaciones ambientales. Sólo aproximadamente 100 de estos satélites son desarrollados por compañías que han entrado en lo que puede llamarse el "Negocio Espacial" aunque la mayoría de estos satélites han sido de comunicación (Campbell, 2000).

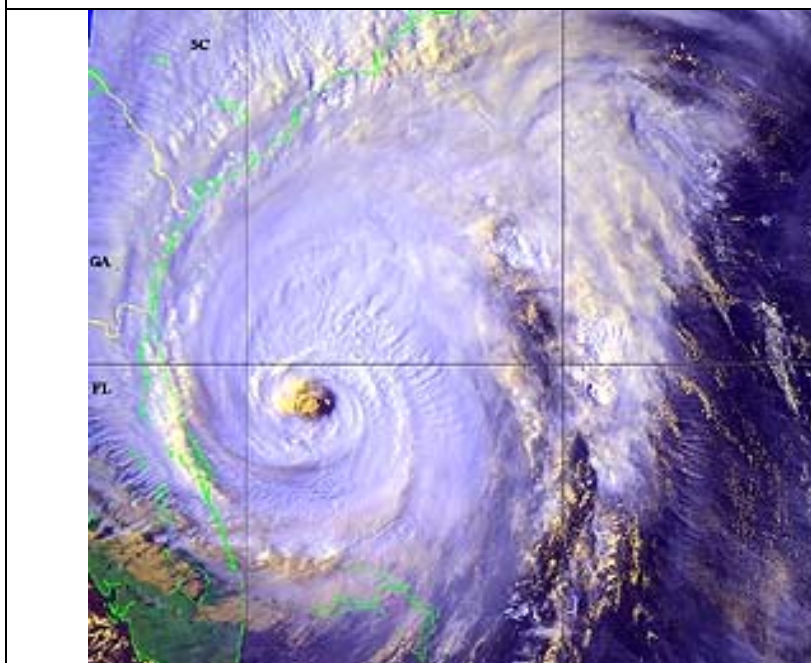
Como se menciona en el párrafo anterior, son numerosos los satélites en orbita, mencionarlos y describirlos daría para escribir un extenso libro, por esta razón a continuación se mencionan algunos programas.

¹Los programas mencionados se basaron en el artículo: Sensores Espaciales para Estudios Ambientales, a las puertas del siglo XXI, J. Elvecio Pernía

2.4.1 Programa NOAA (EE.UU.). La Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica (NOAA) de los Estados Unidos adelanta uno de los programas espaciales atmosféricos más antiguos y con mayor tradición en el mundo. Desde que NOAA-1 fue lanzado en diciembre de 1970, un total de 14 satélites de este programa han sido colocados en órbita. El NOAA-13 no funcionó por una falla de energía (Sizemore y Carroll, 1999). Con esta excepción, los variados sensores de los satélites NOAA han suministrado muy valiosos datos para la evaluación no sólo de la atmósfera, sino también de los mares, océanos y áreas continentales. Actualmente se cuenta con el satélite NOAA-14, operativo desde marzo de 1995, y con el NOAA-15, lanzado el 13 de mayo de 1998, colocados en órbitas cercanamente polares, helio sincronizadas, de 850 Km. de altura.

NOAA-15 porta los instrumentos sensores AVHRR-3, HIRS-3, AMSU-A, AMSU-B, SBUV-2, OCI y SARSAT. El radiómetro de alta resolución AVHRR-3 cubre fajas de 2.940 Km. en seis bandas espectrales, cinco de las cuales son las mismas de AVHRR-2 (NOAA-14) y una adicional en el infrarrojo medio. El sensor de temperatura HIRS-3 es similar al HIRS-2 (NOAA-14), excepto por ligeros cambios en los rangos espectrales de cinco de sus bandas del infrarrojo termal. El radar de microondas pasivo AMSU-A trabaja con una resolución de 40 Km., en fajas de 2.240 Km. de ancho y con 10 longitudes de onda diferentes. AMSU-B registra fajas de 2.240 Km., pero con resolución de 15 Km. y con tres longitudes de onda diferentes (en el rango de 0.16 a 0.33 cm.) (Sizemore y Carroll, 1999).

Figura 09. Imagen de satélite NOAA-15



Fuente : <http://rst.gsfc.nasa.gov>

2.4.2 Programa LANDSAT (EE. UU.). El quinto satélite de este programa, el cual estuvo operando desde marzo de 1984, fue retirado del servicio a comienzos del presente año de 1999. Su sustituto, el LANDSAT-7 fue colocado en órbita el 31 de marzo de 1999 (LANDSAT-6 cayó al mar en 1993, durante el lanzamiento de su cohete portador). LANDSAT-7 conserva la mayor parte de las características de la órbita del anterior, es decir, opera en órbitas cercanamente polares, heliosincronizadas, a una altura nominal de 705 Km. El ancho de la faja de rastreo es de 185 Km.

En este satélite el rastreador multispectral MSS fue excluido, y el rastreador TM fue sustituido por el rastreador ETM (Enhanced Thematic Mapper = “Mapeador” Temático Mejorado). ETM opera con las mismas siete bandas espectrales de su predecesor: una en el azul, una en el verde, una en el rojo, una en el infrarrojo cercano, dos en el infrarrojo medio y una en el termal. La banda termal de ETM tiene una resolución espacial de 60 m, en comparación con los 120 m que tenía esa banda en TM. El resto de las bandas multispectrales son grabadas con 30 m de resolución. El otro avance importante en ETM es la inclusión de una banda pancromática (Banda 8) que opera en el rango espectral de 0.5 a 0.9 μm de longitud de onda (verde, rojo e infrarrojo cercano), y tiene una resolución espacial de 15 m (American Society of Photogrammetry, 1997).

Figura 10. Imagen de satélite LANDSAT 7



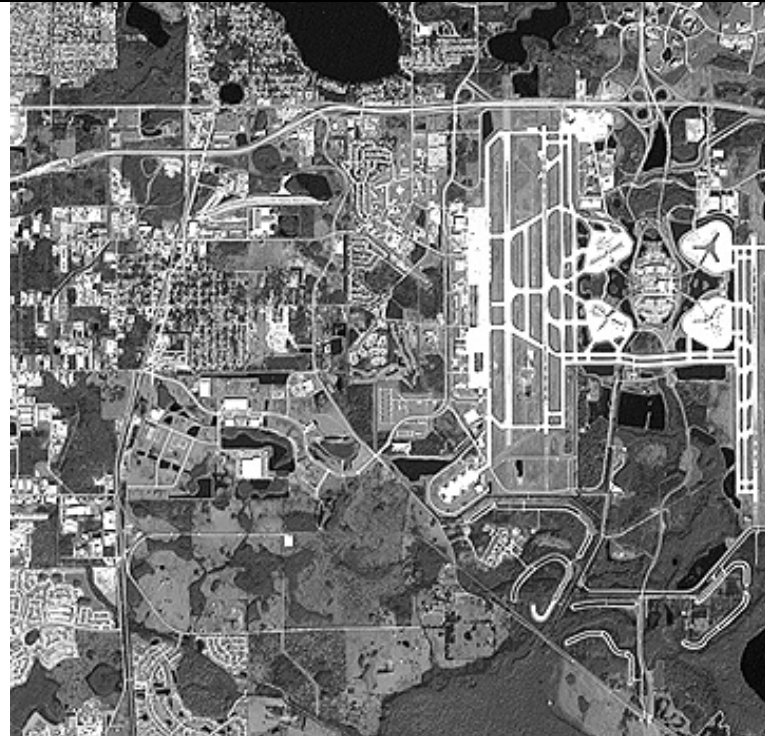
Fuente : <http://rst.gsfc.nasa.gov>

2.4.3 Programa SPOT (Francia). SPOT-4 fue puesto en servicio en marzo de 1998 en una órbita cercanamente polar, heliosincrónica, de 830 Km. de altura. Porta dos instrumentos HRV (High Resolution Visible) que, fundamentalmente, son iguales a los de sus predecesores. Cada instrumento HRV puede cubrir el terreno con visión nadiral y no nadiral (perpendicular a la dirección de la órbita), a través de un arreglo lineal de detectores de tipo CCD (Charge Coupled Device)

que opera en modo pancromático y en modo multiespectral. En modo pancromático trabaja con energía electromagnética de 0.51 a 0.73 μm y con 10 m de resolución. En el modo multiespectral opera con resolución de 20 m y en tres bandas espectrales: una en el verde (0.50-0.59 μm), una en el rojo (0.61-0.68 μm) y otra en el infrarrojo cercano (0.79-0.89 μm). El ancho de la faja en SPOT va de 60 Km. en la visión nadiral, hasta 80 Km. en la visión no nadiral extrema (Lillesand y Kiefer, 1994). La visión nadiral y no nadiral permite obtener pares estereoscópicos para la producción fotogramétrica de mapas a curvas de nivel cada 25 m y modelos digitales del terreno.

SPOT-5 se lanzó en el año 2002, con una vida útil programada de cinco años, y tendrá un diseño diferente al de sus predecesores. Seguirá operando en los modos pancromático y multiespectral, aunque el poder de resolución espacial será doblado (píxeles de 5 y 10 m respectivamente). El otro avance radica en el cambio de diseño para la obtención de las imágenes estereoscópicas, que ya no se obtendrán desde órbitas diferentes sino desde una misma. Las dos imágenes de la misma área, tomadas con visión inclinada hacia delante y hacia atrás, permitirán la estereoscopia (American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, 1997)... En SPOT-5, al obtenerse una imagen del par, en el mismo momento se obtendrá la otra, en condiciones similares de iluminación.

Figura 11. Imagen de satélite SPOT



Fuente : <http://rst.gsfc.nasa.gov>

2.4.4 Programa IRS (India). India está operando varios sistemas espaciales de percepción remota para evaluación de recursos, de tecnología muy avanzada. Desde 1995 hasta 1999 ostentaba el récord de resolución de 5.8 m para un sensor óptico-electrónico espacial (no fotográfico) con fines civiles.

El satélite IRS-1C fue puesto en servicio en 1995, porta tres instrumentos sensores: el sensor pancromático de 5.8 m de resolución, opera con energía electromagnética de 0.5 a 0.75 μm , ancho de faja de 70 Km. y capacidad estereoscópica. El sensor multiespectral LISS-3 trabaja con 4 bandas espectrales (una en el verde, otra en el rojo, otra en el infrarrojo cercano y otro en el infrarrojo medio). La resolución espacial de las tres primeras bandas es de 23.5 m y la de la última es de 70.5 m. El ancho de las fajas es de 142 Km. El tercer sensor es el WiFS, que cubre fajas de 774 Km. de ancho, con resolución gruesa de 180 m. Opera con una banda en el rojo y otra en el infrarrojo cercano. El satélite IRS-1D fue lanzado en septiembre de 1997, con sensores y características idénticas a las de IRS-1C.

El satélite IRS-P5 o CARTOSAT-Porta el sensor MAPSAT con capacidad de producir imágenes pancromáticas estereoscópicas, con visión hacia delante y hacia atrás de la misma faja de rastreo, con resolución espacial de 2.5 m (American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, 1997).

Figura 12. Imagen de satélite IRS



Fuente : <http://rst.gsfc.nasa.gov>

2.4.5 Programa ERS (Unión Europea). La Agencia Espacial Europea (ESA) colocó en órbita el satélite ERS-1 en 1991, que operó hasta 1996. El satélite ERS-2 ha estado funcionando desde 1995 hasta el presente. ERS-2, al igual que ERS-

1, porta varios instrumentos, uno de ellos es un instrumento de microondas activo (AMI), capaz de operar como un radar de visión lateral de apertura sintética (SAR) y como un escaterómetro para medir la velocidad del viento. Opera con energía electromagnética de 5.7 cm. de longitud de onda (Banda C), polarización VV, ángulo de incidencia de 23°, resolución espacial de 30 m, abarcando fajas de 100 Km. de ancho. También este radar puede medir la dirección y la longitud de las ondas de la superficie oceánica. El satélite ERS-2 porta otros tres instrumentos de importancia para estudios ambientales: un radar altimétrico (RA), un radiómetro avanzado de barrido (AATSR) y un instrumento experimental para el monitoreo global del ozono (GOME). El radar altimétrico RA permite la medición de la elevación de la superficie del mar, la altura de las olas marinas significativas, varios parámetros de las masas de hielo y una estimación de la velocidad del viento a nivel de la superficie del mar. La exactitud de RA en altimetría es de 10 cm. El radiómetro AATSR cubre fajas de 500 Km., con resolución de 0.5 Km., con una banda en el rojo, una en el infrarrojo cercano, dos en el infrarrojo medio y tres en el infrarrojo termal. Estas bandas son combinadas con los datos aportados por un sensor de microondas que opera con dos longitudes de onda para medir la temperatura de la superficie del mar, la temperatura en el tope de las nubes y el contenido del vapor de agua en la atmósfera. El instrumento GOME cubre fajas de 960 Km. de ancho con resolución de 40 Km. x 2 Km. y 40 Km. x 320 Km., utilizando energía ultravioleta, azul, verde y rojo (Canadá Center for Remote Sensing, 1998).

Figura 13. Imagen de satélite ERS



Fuente : <http://rst.gsfc.nasa.gov>

2.4.6 Programa RADARSAT (Canadá). Programa del gobierno canadiense para la explotación comercial de las imágenes tomadas por radares desde el espacio. RADARSAT-1 fue colocado en servicio en noviembre de 1995 en una órbita de 798 Km., cercanamente polar, heliosincronizada. RADARSAT- 1 porta un radar de apertura sintética (SAR) que trabaja con energía electromagnética de 5.6 cm. de longitud de onda Banda C), polarización HH, y observa el terreno con seis diferentes modos de operación: 1) en el modo estándar obtiene fajas de 100 Km. de ancho y resolución de 28 m x 25 m, 2) en el modo de faja amplia abarca 150 Km. de ancho y resolución de 28 m x 35 m, 3) en el modo de resolución fina las fajas son de 45 Km. de ancho y la resolución es de 10 m x 9 m, 4) en el modo de cobertura extendida la faja es de 75 Km. y la resolución de 20 m x 28 m, 5) en el modo angosto de ScanSAR obtiene fajas de 300 Km. de ancho, con resolución de 50 m x 50 m, y 6) en el modo amplio de ScanSAR obtiene fajas de 500 Km. de ancho y resolución de 100 m x 100 m (RADARSAT International, 1994).

Un nuevo satélite (RADARSAT-2) se lanzó en el año 2001, con una órbita y un sistema de radar similares a los de RADARSAT-1, pero con mayores capacidades. Trabaja con 12 modos diferentes de operación en cuanto a ángulos de incidencia, ancho de faja y resolución espacial. Podrá tomar fajas de 10 a 500 Km. de ancho y la resolución de las imágenes irá de 3 m x 3 m hasta 100 m x 100 m. La frecuencia de pasada será de 24 días, pero la resolución temporal será de 2-3 días para el ecuador.

2.4.7 Programa EOS (EE.UU.). El programa Sistema de Observación de la Tierra (Earth Observing System: EOS) es la parte central de la Misión al Planeta Tierra, desarrollado por la Administración Nacional Aeroespacial de los Estados Unidos (NASA), dentro del gran Programa Internacional de Investigación sobre Cambios Globales. EOS está diseñado para funcionar en una serie de satélites individuales de tamaño mediano y pequeño, a ser lanzados en las próximas dos décadas (Price, 1994). Los cinco primeros satélites son: AM-1 (Ante Meridian), COLOR (color oceánico), AERO-1 (aerosoles de la atmósfera), PM-1 (Post Meridian; nubes, nieve, hielo, temperatura, productividad de la tierra y del océano), ALT (circulación de las corrientes oceánicas, balance de masas de las capas de hielo) y CHEM (química atmosférica) (Lillesand y Kiefer, 1994). El lanzamiento del primer satélite EOS AM-1 se lanzó en 1999 (Jonsson, 1999). Porta cinco instrumentos: Un espectraloradiómetro de imágenes de moderada resolución (MODIS), el cual opera con 36 bandas espectrales, con resolución espacial de 250 m a 1 Km.; Un radiómetro espacial avanzado para medir la emisión térmica y la reflexión (ASTER); Un espectraloradiómetro de ángulo múltiple (MISR), consistente en varios arreglos lineales de detectores del tipo CCD, que registran la superficie terrestre en cuatro bandas y con nueve ángulos de visión separados. Provee visiones en múltiples ángulos de elementos de la superficie terrestre, datos sobre nubes y aerosoles de la atmósfera; Un sistema para la medición de la energía radiante de las nubes y la tierra (CERES); Un rastreador de tres canales en el

infrarrojo cercano (MOPITT), para medir el monóxido de carbono y el metano, a través de perfiles de la atmósfera (Lillesand y Kiefer, 1994).

2.4.8 Programa QUICKBIRD (EE.UU.). Este es uno de los nuevos programas de percepción remota espacial de naturaleza netamente comercial. Es propiedad de Earth Watch, empresa de los EE. UU. Formada en 1995 para explotar el mercado de imágenes de alta resolución para fines civiles. El programa de inicio de Earth Watch fue el Early Bird, cuyo primer satélite (Earl Bird-1) fue lanzado en diciembre de 1997 con sensores de resolución de 3 y 15 m. Al poco tiempo de su lanzamiento el centro de control de Earth Watch perdió la comunicación con el satélite. La compañía continuó exclusivamente con el programa QuickBird y el lanzamiento del primer satélite (Quick Bird-1) fue para el año 1999, con una vida útil de cinco años. Este programa está diseñado para obtener imágenes pancromáticas y multiespectrales de muy alta resolución, de 1 y 4 m respectivamente, y capacidad estereoscópica, El ancho de la faja es de 22 Km. El sensor pancromático operará con luz de 0.45 a 0.90 μm y el sensor multiespectral con cuatro bandas, en el azul, el verde, el rojo y el infrarrojo cercano. Ambos sensores son del tipo arreglo lineal de detectores CCD (pushbroom linear array). La altura de la órbita será de 600 Km.

QuickBird-1 tendrá una órbita no polar, con 66 grados de inclinación (no heliosincronizada), que le da la habilidad de observar sitios de la superficie terrestre en diferentes horas del día, con diferentes condiciones de iluminación (American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, 1997). Por el contrario, Quick Bird-2, que se lanzo en el año 2001, tendrá una órbita cercanamente polar, heliosincronizada, que le permite la obtención de imágenes con condiciones similares de iluminación. Las demás características de los sensores son similares a las de Quick Bird-1.

Figura 14. Imagen de satélite QuickBird 2



Fuente : <http://rst.gsfc.nasa.gov>

2.4.9 Programa IKONOS (EE.UU.). Programa de percepción remota de alta resolución, de las empresas comerciales estadounidenses Space Imaging y Eastman Kodak Company. IKONOS-1 fue lanzado a finales de abril de 1999, pero desafortunadamente al día siguiente fue declarado perdido. Un segundo satélite (IKONOS-2) fue lanzado en el año 2000.

Se colocó en una órbita de 680 Km. y porta la cámara digital Space Image, fabricada por Kodak, la cual consiste en un telescopio liviano capaz de producir imágenes pancromáticas de 1 m de resolución, e imágenes multiespectrales en 4 bandas (azul, verde, rojo e infrarrojo cercano), con 4 m de resolución. La cámara digital de IKONOS-2 tiene capacidad de tomar imágenes con visión nadir y con visión inclinada, hacia delante y hacia atrás y en la dirección perpendicular a la órbita. IKONOS-2 retoma una determinada área cada tres días. Además, puede ser programado en tiempo casi real, lo que permitirá la programación de nuevas adquisiciones de imágenes, de acuerdo al estado actual del tiempo.

Figura 15. Imagen de satélite IKONOS



Fuente : <http://www.spaceimage.com>

2.4.10 Programa SPIN (Rusia)

SPIN es un programa comercial ruso para la obtención de imágenes espaciales, con sistemas fotográficos utilizados con fines militares durante la “guerra fría”. Estas fotografías han sido promocionadas comercialmente desde 1993. El programa utiliza satélites de la serie Cosmos que son colocados en órbitas no polares (65° de inclinación) y a 220 Km. de altura. Portan dos sistemas fotográficos: el sistema KVR-1000 y el sistema TK-350. Las fotografías son vendidas en película negativa, película positiva, en copias en papel y en medio digital.

El sistema KVR-1000 consiste en una cámara de 1000 mm. de distancia focal, que proporciona fotografías pancromáticas de 2 m de resolución, a escala media 1:220.000. El formato de esta cámara es de 18 cm. x 18 cm., que corresponde a un área del terreno de 40 Km. x 40 Km. Estas imágenes pueden ser ampliadas hasta 1:10.000 sin mayor pérdida de detalle. En formato digital el tamaño del píxel es de 1.56 m. Se cuenta con imágenes en archivo desde 1984 (Sklaris, 1999).

La cámara TK-350 es una cámara desarrollada para generar información cartográfica planialtimétrica de exactitud. Tiene 350 mm. de distancia focal y resolución de 10 m a la escala típica de 1:660.000. El formato es de 30 cm. x 45 cm., que abarca 200 Km. x 300 Km. Estas imágenes pueden ser ampliadas hasta la escala 1:50.000 sin pérdida significativa de calidad.

Produce fotografías pancromáticas estereoscópicas con 60 a 80 % de recubrimiento longitudinal. Con 80 % de solape se obtiene visión estereoscópica con geometría verdadera (sin exageración vertical). Estas imágenes permiten elaborar mapas a curvas de nivel y/o modelos digitales del terreno. Los promotores indican que con ellas es posible obtener una exactitud de 5 m en altura (RMS), con puntos de control terrestre. El archivo de imágenes de la cámara TK-350 se remonta al año 1981 (Sklaris, 1999).

Figura 16. Imagen de satélite SPIN 2



Fuente : <http://rst.gsfc.nasa.gov>

2.5 HERRAMIENTAS SOFTWARE

En la Teledetección, además de la imagen es necesario dos componentes más: Hardware y software. En el hardware nos interesa la velocidad de procesamiento ya que este debe procesar millones de instrucciones por segundo, en este sentido se ha tenido una ventaja ya que la velocidad de procesamiento se ha ido aumentando rápidamente en los computadores personales mientras el costo ha ido decreciendo.

Comercialmente se dispone de numerosas herramientas (programas), entre los cuales se mencionan los más comunes en el área de la teledetección, encontrados en Internet (Se debe aclarar que esta información fue extraída de Internet en su totalidad, y son descripciones comerciales de la casa matriz, cuyo objetivo es dar a conocer el programa).

2.5.1 ENVI

Empresa: RSI (Research System Inc.)

Página Principal: <http://www.rsinc.com/spain/envi/>

Tutorial: <http://www.rsinc.com/envi/tutorial.pdf>

ENVI es un software completo de visualización y análisis de las imágenes obtenidas en la teledetección. Su interfaz lógico e intuitivo nos permite leer, visualizar y analizar diferentes formatos de imágenes, de todos los tamaños y en un gran número de plataformas. Además, ENVI incluye el lenguaje de desarrollo [IDL \(Interactive Data language\)](#) que permite extender las funcionalidades de ENVI y crear rutinas propias.

Sus completas funciones interactivas de análisis multi/hiperespectral y análisis radar revolucionan la manera que tenemos de observar la tierra.

Diferentes tipos de imágenes: de satélite, radar o aéreas;

Una gran gama de formatos de imágenes: SPOT, IKONOS, Landsat 7, Terra (ASTER, MISR, MODIS), ERS, SeaWiFs, ENVISAT, SPOT Vegetación, HDF-EOS, Radarsat, TOPSAR, AIRSAR, E-SAR, GEOTIFF, AVIRIS, CASI;

Formatos de vectores estándar: ArcView Shape file, MapInfo, Microstation .DGN, AutoCAD DXF;

Posee un conjunto muy completo de funciones de análisis y de tratamiento que permiten trabajar con imágenes multispectrales, hiperespectrales y de radar. También alberga algoritmos específicos que permiten tener en cuenta y aprovechar las ventajas de cada uno de estos campos:

Gracias a IDL, Interactive Data Language (incluido en ENVI), el usuario puede integrar rápidamente sus propios algoritmos de tratamiento o el acceso a nuevos formatos de imágenes.

IDL es un entorno muy completo (permite el acceso, análisis y visualización de datos), potente (lenguaje optimizado, multithreading...) y abierto (tiene enlaces a otros lenguajes, especialmente a C, C++ y Fortran).

2.5.2 GEOIMAGE

Empresa: Geoimage

Página Principal: <http://www.geoimage.fr>

GEOimage es el primer logicial de procesamiento de imágenes aplicado a la cartografía concebida como una verdadera herramienta de producción.

GEOimage está organizado en talleres y módulos especializados, según los principales tipos de datos geográficos utilizados y las tareas a realizar:

Tabla 04. Módulos del software Geoimage

GEOtopo	es el taller de producción de MDT
GEOspatio	es el taller de producción de ortocartografía (fotomapas y mapas al trazo)
GEOclass	Es el taller de foto-interpretación y de tratamientos temáticos.

Fuente: <http://www.geoimage.fr>

Las funciones de producción están dotadas de avanzados Interfaces Hombre-Máquina (IHM) con el fin de guiar al usuario en las diferentes etapas de aprendizaje o de utilización del software.

GEOimage conduce un esfuerzo de investigación tomando en cuenta las potencialidades de nuevos datos de observación de la Tierra (producción de MDE por radargrametría e interferometría de imágenes SAR, MDE urbanos, fusión de datos y multiresolución, técnicas de correlación al sub.-píxel, aéreo y espacio triangulación).

2.5.3 IDRISI

Empresa: ClarkLabs

Pagina Principal <http://www.clarklabs.org/>

Otras páginas: <http://www.idrisi.com.br/>
<http://sigte.udg.es/idrisi/>

Tutorial <http://www.sbg.ac.at/geo/idrisi/wwwtutor/tuthome.htm>

El Idrisi es un software que reúne herramientas en el área de procesamiento de imágenes, sensores remotos, SIG, geoestadística, apoyan las decisiones de análisis de imágenes geográficas

Funcionalidades de Idrisi:

- Opciones de importación/exportación o intercambio de archivos.
- Funciones de visualización de información geográfica.
- Funciones de visualización de imágenes satélite.
- Consultas a la base de datos.
- Operadores matemáticos, de distancia y contexto.
- Funciones estadísticas.
- Herramientas de soporte a la toma de decisiones.
- Módulo de análisis temporal.
- Funciones de análisis superficial.
- Funciones macro.
- Funciones de restauración de la imagen.
- Opciones de mejora de la imagen.
- Funciones de transformación.
- Módulos de trabajo de las firmas espectrales.
- Métodos de clasificación.
- Opciones de conversión.
- Capacidad de proyección.
- Opciones de modificación de las propiedades de imagen.
- Módulo de rasterización/vectorización.
- Opciones de creación de base de datos.

2.5.4 SPRING

Empresa: Ministerio de ciencia y tecnología de Brasil

Pagina Principal <http://www.dpi.inpe.br/spring>

Tutorial <http://www.dpi.inpe.br/spring/espanol/manuales.html>

SPRING es un GIS (Sistema de Información Geográfica) y al mismo tiempo un sistema de tratamiento de imágenes obtenidas mediante percepción remota que realiza la integración de las representaciones de datos matriciales ("estructura raster") y datos con estructura vectorial en un único ambiente. SPRING presenta un conjunto de nuevos e innovadores algoritmos y procedimientos, como resultado de los proyectos de investigación del INPE y sus colaboradores.

Para alcanzar estos objetivos, el SPRING se basa en un modelo de datos orientado a objetos, del cual se derivada su interfaz de menús y el lenguaje espacial LEGAL. Algoritmos innovadores, como los utilizados para indexación espacial, segmentación de imágenes y creación de retículas triangulares, garantizan el desempeño adecuado en las más diversas aplicaciones.

2.5.5 GRASS

Pagina principal <http://grass.baylor.edu/>
Manual <http://grass.itc.it/gdp/index.html>

Potente Sistema de Información Geográfica (GIS) desarrollado en sus inicios por el Cuerpo de Ingenieros del ejército de los Estados Unidos y posteriormente liberado. Basado en UNIX, en la actualidad soporta ya prácticamente todas las plataformas y sistemas operativos.

El Sistema de Apoyo de Análisis de Recursos Geográficos, comúnmente llamado GRASS GIS, es un Sistema de Información Geográfica (GIS) usado para el manejo de datos, procesamiento de imágenes, producción de gráficos, modelación espacial, y visualización de muchos tipos de datos. Es un Software Libre.

Al principio desarrollado por los laboratorios de ingenieros de la armada de estados unidos (EE.-UU-CERL, 1982-1995), una rama del Cuerpo de Ingenieros militar estadounidense, El GRASS ha evolucionado en una utilidad poderosa con una amplia variedad de aplicaciones en muchas áreas diferentes de la investigación científica. El GRASS es actualmente usado en ajustes académicos y comerciales en el mundo entero, así como muchas agencias gubernamentales incluso NASA, NOAA, USDA, DÓLAR, CSIRO, el Servicio de Parque Nacional, la Oficina de Censo estadounidense, USGS, y muchas compañías ambientales consultoras.

El GRASS es un GIS raster/vector, sistema de procesamiento de imágenes, y sistema de producción de gráficos. El GRASS contiene más de 350 programas e instrumentos para realizar mapas e imágenes sobre la pantalla y el papel; manipula el raster, vector, y datos de sitios; trata datos de imagen multiespectrales; y crea, maneja, y almacena datos espaciales. El GRASS usa a ambos un interfaz de ventanas intuitivo así como sintaxis de línea de orden para la

facilidad de operaciones. El GRASS usa el interfaz con impresoras comerciales, trazadores, digitalizadores, y bases de datos para desarrollar nuevos datos así como manejar datos existentes.

2.5.6 ERDAS IMAGINE PROFESIONAL

Empresa: LEICA GEOSYSTEMS

Página: <http://www.infocarto.es/erdas/ima83/prof.htm>

Si es usted un usuario profesional que necesite las herramientas más novedosas y sofisticadas para teledetección y análisis complejo Imagine Profesional es para usted. Le proporciona todas las capacidades de Imagine Esencial y Avanzado, además de análisis radar y herramientas de clasificación avanzada. También ofrece una capacidad única de análisis de datos geográficos: Modelización Gráfica de Datos Espaciales.

Ahora tiene más formas de para realizar clasificaciones de superficies con mayor precisión. Imagine Profesional incluye muchos métodos de clasificación, y más importante aún, proporciona avanzadas herramientas para la evaluación de la calidad tanto de los datos de entrada como de los mapas temáticos resultantes, fundamental para la evaluación de la precisión de la clasificación.

El Model Maker de Imagine Profesional le proporciona una interfaz única, de fácil manejo y basada en objetos para el análisis espacial de datos integrados raster y vector con solo un "clic" de ratón. Construya complejos modelos gráficamente, de la misma forma que crearía un flujograma. ERDAS Imagine entonces le permite ejecutar el proceso entero con solo pulsar un botón. Combine modelos, use múltiples "inputs", o adapte más de 50 modelos prediseñados para ejecutar su trabajo con más facilidad y sus análisis con la mayor velocidad. Model Maker permite a los usuarios desarrollar y probar algoritmos y diversos escenarios rápidamente.

Los datos radar proporcionan una información única sobre rasgos superficiales y sub.-superficiales. Para ayudarle a aprovechar al máximo esta información, Imagine Profesional le proporciona herramientas para preprocesar y analizar datos radar para extraer la información más útil.

2.5.7 ER MAPPER

Empresa: ER MAPPER

Página:

http://www.ermapper.com/support/kb/knowledge_base_view.aspx?KNOWLEDGE_BASE_ID=166

Manuales: <http://www.ermapper-spain.com/esp/docs/documentos.htm>

Sistemas Operativos: Windows.xp, Windows 2000, Servidor 2003 De Windows
Hardware: PC Estándar

ER Mapper es la solución a la demanda de imágenes de alta calidad. ER Mapper lo hace todo por usted: Orthorectificación, mosaico, balance de color y compresión. Los asistentes (wizards) son los que hacen a ER Mapper tan potente, pero manteniendo la sencillez de uso

ER Mapper es el producto que necesitan sus imágenes. Con su intuitiva funcionalidad de proceso y *el fácil-de-aprender interfase gráfico*, ER Mapper continua siendo el mejor programa de proceso de imágenes.

2.6 CRONOLOGIA DE LOS SENSORES REMOTOS

A continuación se muestra algo de la historia ordenada cronológicamente de la evolución de los sensores remotos.¹

- 300 a.c. Grecia, Aristóteles filosofa un poco sobre la naturaleza de luz, describe la luz como una cualidad y no como una sustancia real.
- Siglo 10 Al Hazan de Basra se acreditó la explicación del principio de la cámara oscura.
- 1802 Thomas Young formula los conceptos básicos la teoría de Helmholtz de visión colorida: Tres conjuntos separados de conos en la retina del ojo, uno armoniza con el rojo, uno con el azul, y uno con el verde.
- 1827 Joseph Niepce saca la primera foto natural.
- 1855 El Físico escocés James Clark Maxwell, postula la teoría de adición del color para la producción de fotografías a color.
- 1858 Primera fotografía aérea conocida, se toma de un globo cautivo de una altitud de 1,200 pies encima de París por Gaspar Félix Tournachon Nadar.
- 1861 Con la ayuda de fotógrafo Thomas Sutton, Maxwell demuestra sus técnicas usando una cinta multicolor. James Clerk Maswell realiza la primera fotografía en color con tres negativos de separación.

¹Basado en <http://www.research.umbc.edu/~tbenja1/umbc7/santabar/vol1/lec1/1-2.html>

Figura 17. Primera fotografía a color



Fuente : <http://www.fotografoscolombianos.com/historia/historia2.htm>

- 1860s Usan las observaciones aéreas desde globos cautivos en la Guerra americana. Los globos eran usados para mapear los bosques en 1862 aunque no eran fotografías aéreas.
- 1870s Cuadros tomados de las alturas mayores, 33,000 a 34,000 pies, desde globos libres.
- 1879 S.P. Langley empieza el trabajo para descubrir un detector de radiación superior.
- 1887 En Alemania se empiezan los experimentos con la fotografía para el estudio de bosques.
- 1906 Alberto Maul toma fotografías aéreas que usa un cohete propulsado por aire comprimido que subió a una altura de 2,600 pies y sacó fotos.
- 1906 G.R. Lawrence que había estado experimentando con las cámaras durante algún tiempo (algunos de los cuales pesaron más de 1,000 lbs.) Realizó en el aire con la ayuda de globos, saca fotos del terremoto de San Francisco de una altitud de unos 600 metros.
- Wilbur Wright toma la primera fotografía aérea desde avión de Centocelli, Italia. Wilbur Wright produjo un lanzamiento en el uso de fotografía aérea.
- 1940s Es en la segunda guerra mundial cuando se produce un notable desarrollo de estas técnicas.
- 1914 a 1919 WWI produce un empujón en el uso de fotografía aérea, pero después de esta guerra el interés de guerra decae
- 1919 Canadá empieza un programa de mapeo forestal a base de fotografías aéreas.
- 1919 Hoffman es el primero en montar una cámara termal infrarroja en un avión.
- 1931 Stevens desarrolla una película InfraRoja sensible (B&W).
- 1934 Se fundó la Sociedad americana de fotogrametría. Se publica la primera edición de Ingeniería Fotogramétrica. Esta Journal de la Sociedad americana de Fotogrametría se renombró Ingeniería Fotogramétrica y sensores remotos.
- 1936 El Capitán Alberto W. Stevens toma la primera fotografía de la curvatura real de la tierra tomada de un globo libre a una altitud de 72,000 pies.
- 1950s Avances en la tecnología de los sensores en el rango multispectral.

- 1954 Westinghouse desarrolla el primer sistema de radar aerotransportado.
- 1960 Se lanza el primer satélite meteorológico el TIROS 1.
- 1962 Zaitor y Tsuprun construyen un prototipo de cámara con nueve lentes multispectrales que permiten nueve combinaciones de filtro de película diferentes. ITEK emplea la cámara para explorar el valor potencial de fotografía Multispectral.
- 1968 Hemphill describe el uso del láser en sensores aerotransportados.
- 1972 Se lanza el primer Earth Resources Technology Satellite (ERTS 1). Este sistema se renombra después Landsat 1. ERTS lleva un vidicon de viga de retorno (RBV) y un escáner multispectral (MSS).
- 1975 Lanzamiento del Landsat 2
- 1978 Lanzamiento del Landsat 3
- 1978 Lanzamiento y fracaso del Seasat. Primer satélite SAR civil.
- 1978 Lanzamiento del Nimbus 7 (Coastal Zone Color Scanner).
- 1978 Lanzamiento del NOAA 6 (semejante al TIROS), primer satélite en llevar un radiómetro avanzado de muy alta definición (advanced very high resolution radiometer) (AVHRR) a bordo.
- 1981 Lanzamiento del SIR A (Space Imaging Radar A).
- 1982 Lanzamiento del Landsat 4 (Thematic Mapper and MSS)
- 1984 Lanzamiento del SIR B
- 1984 Lanzamiento del Landsat 5
- 1985 Landsat mediante un contrato comercial le otorga a EOSAT. Toma el funcionamiento sobre los satélites y los derechos de los datos de los Landsat.
- 1986 Lanzamiento del Spot 1. Satélite de recursos terrestres francés (Sistema probatorio de la observación de la tierra).
- 1988 Lanzamiento del Satélite de Sensor Remoto de la India (IRS).
- 1990 Lanzamiento del Spot 2.
- 1991 Lanzamiento del ERS1 (European Radar Satellite), principalmente diseñado para aplicaciones oceanográficas.
- 1991 Es lanzado el segundo satélite IRS (Indian Remote Sensing).
- 1992 Es lanzado el satélite JERS (Japanese Earth Resources Satellite), con L bandas de radar y visible y infrarrojo de radianza/reflectancia grabados en dispositivos magnetofónicos a bordo.
- 1992 Landsat queda bajo el control gubernamental de los Estados Unidos. EOSAT retiene los derechos de algunos de los datos del Landsat.
- 1993 Lanzamiento del SIR C
- 1993 Lanzamiento del SPOT 3
- 1994 Falla del Landsat 6
- 1995 Lanzamiento del tercer satélite IRS (Indian Remote Sensing).
- 1995 Canadá lanza RADARSAT

- 1995 Early CORONA y los datos del satélite KH son desclasificados por una orden ejecutiva firmada por el presidente clinton. Esta orden autoriza la desclasificación de fotografías satelitales de inteligencia adquirida en los 60s
- 1995 Lanzamiento del ERS 2
- 1997 Lanzamiento del SeaWiFs, reemplazara el nimbus.
- 1998 Lanzamiento del SPOT 4
- 1999 Lanzamiento para el primer EOS (Earth Observing System's) serie AM1 en una plataforma de orbita polar(POP).nombrado "Terra"
- 1999 Lanzamiento del Landsat 7 con el sensor ETM+
- 1999 Lanzamiento de IKONOS, 1 m de resolución óptica en la imagen de satélite.
- 2001 Lanzamiento de QuickBird de 61 cm. de resolución óptica en la imagen de satélite.
- 2001 Fecha de lanzamiento propuesta para el EOS serie PM1 en POP
- 2002 Lanzamiento de SPOT 5.

Tabla 05. Historia de disponibilidad de cada satélite

Landsat MSS	disponible desde 1972
Landsat TM	disponible desde 1985
Spot	disponible desde 1986
ERS	disponible desde 1991
IRS	disponible desde 1996
RADARSAT	disponible desde 1996
SPOT 4 Vegetação	disponible desde 1998
Aster	disponible desde 1999
Landsat ETM+	disponible desde Julio 1999
Ikonos	disponible desde enero 2000
Kompsat	disponible desde setiembre 2000
EROS	disponible desde 2000
Quick Bird	disponible a partir de 2002
ENVISAT	disponible a partir de 2002

Fuente. <http://personales.conexion.com.py>

3. CARACTERIZACION DE PROCESOS BASICOS

Con el desarrollo de programas comerciales muchas veces nos olvidamos de la teoría básica y las definiciones de conceptos, procesando datos sin saber, ni tener en cuenta su verdadera intención y definición, llevando a errores en muchas ocasiones, errores en los resultados por simples confusiones. Este capítulo pretende aclarar algunos procesos básicos utilizados en el tratamiento digital de imágenes satelitales.

3.1 PREPROCESAMIENTO

En este grupo, se incluyeron aquellos procesos que se le realizan a la imagen (no son obligatorios) antes de empezar a procesarla ya sea para una mejor visualización u ordenamiento de la información.

3.1.1 Layer stacking. Es un proceso en el cual se crea un nuevo archivo multibanda único de varios archivos (bandas) de imágenes georeferenciadas de una misma zona, que pueden ser de diferentes tamaños de píxel, magnitudes y proyecciones, Las bandas serán sometidas a un proceso de remuestreo (ver proceso de remuestreo) y reproyectadas a una proyección y tamaño de píxel deseada en el archivo de salida.

Este procedimiento es muy útil para unificar las bandas de una imagen o una serie de imágenes que se tiene en archivos separados como es usual, en uno solo archivo para ahorro de espacio en disco y tiempo, además de un manejo de información mas ordenado.

3.1.2 Calibración IAR. La calibración de la reflectancia IAR (Internal Average Relative Reflectance) en un proceso para convertir el espectro grabado por el sensor en una forma que pueda compararse con los espectros de referencia conocidos. Esta técnica calcula una reflectancia relativa dividiendo cada espectro píxel por el espectro promedio de la escena (Kruse, 1988).

El algoritmo está basado en la suposición que el espectro promedio de la escena está principalmente compuesto de la contribución atmosférica y que la atmósfera

Es uniforme a través de toda la escena. Sin embargo, estas suposiciones no siempre son válidas. En particular, el espectro promedio podría contener características de absorción relacionados con los materiales de interés. El algoritmo podría sobrecompensar (remover) estas características de absorción. El espectro promedio debería inspeccionarse visualmente para verificar esta posibilidad. Aplicado convenientemente, esta técnica puede remover la mayoría de los efectos atmosféricos.

3.1.3 Reemplazo de líneas malas. Si un detector se desajusta ocurre un rayado o bandeamiento, es decir, el sensor proporciona lecturas mayores o menores que los otros detectores para la misma banda sobre la misma cubierta de terreno.

Algunos datos de Landsat 1, 2 y 3 tienen rayado cada seis líneas, debido a la mala calibración de algunos de los 24 detectores que fueron usados por el MSS. Las rayas no son valores de datos constantes, ni es un factor constante de error o sesgo. La diferente respuesta del detector que falla es una función compleja de los valores de datos recibidos.

Este problema ha sido eliminado en los nuevos sensores. Hay varios algoritmos en la literatura que ayudan a corregir este problema en los datos más antiguos. Entre estos algoritmos están: la convolución simple a lo largo de una línea, el filtrado de paso alto, y las transformaciones de componentes principales y su inversa (Crippen 1989).

Las imágenes de barredores multiespectrales o hiperespectrales muestran un patrón de rayado pronunciado debido a la variación de desplazamientos en los detectores. Este efecto puede agravarse más debido a un ángulo solar desfavorable. Estos artefactos pueden ser minimizados corrigiendo cada línea examinada por un promedio derivado de la escena (Kruse 1988).

Otro error común en los sensores remotos es la pérdida de una línea. La pérdida de una línea ocurre cuando un detector no funciona completamente, o cuando se satura temporalmente durante una pasada (similar al efecto del flash de una cámara sobre la retina). El resultado es una línea o una línea parcial de datos con valores más altos, creando un rayado horizontal hasta que el(los) detector(s) se recupera(n), si ellos se recuperan. La línea perdida se corrige usualmente reemplazando la línea mala con una línea de valores promedio de las líneas anterior y posterior.

3.1.4 Sustracción de oscuridades. Esta técnica asume que el píxel de más bajo ND en cada banda debería ser realmente cero y que su valor radiométrico (ND) es el resultado de errores aditivos inducidos por la atmósfera. Estas

suposiciones son muy simples y trabajos recientes indican que este método puede degradar en vez de mejorar los datos.

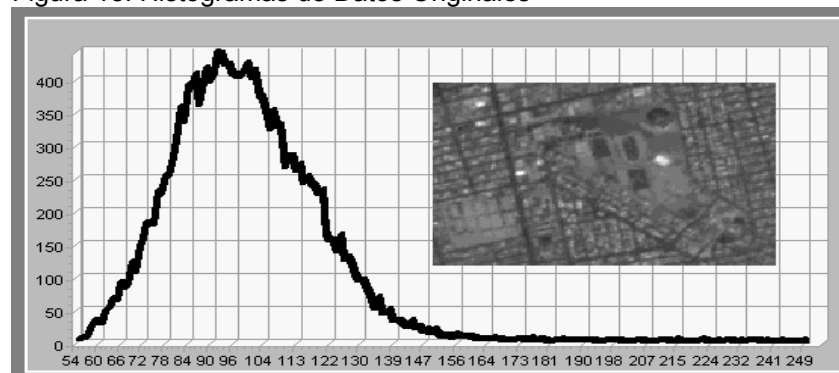
3.1.5 Contraste. La técnica de realce de contraste tiene como objetivo mejorar la calidad de las imágenes bajo los criterios subjetivos del ojo humano.

El contraste entre dos objetos puede ser definido como la razón entre sus niveles de gris medios. Los realces trabajan con los valores individuales de los píxeles de la imagen, independientemente de la vecindad del píxel.

Este proceso consiste aprovechar el intervalo máximo de visualización comprendido en el ambiente de 8 bits entre 0 y 256 niveles de gris con una manipulación de la transferencia radiométrica en cada píxel, con el objetivo de aumentar la discriminación visual entre los objetos presentes en la imagen.

En el caso de la imagen pancromática de Spot siguiente, su histograma muestra en el eje X la dinámica de los VD originales comprendidos en el intervalo 0, 249 y en el eje Y la frecuencia que representa cada VD en el total de la imagen.

Figura 18. Histogramas de Datos Originales



Fuente : <http://membres.lycos.fr/teledetec/>

Después de la consulta del histograma, nos damos cuenta de la posibilidad de mejorar la visualización de 54 hacia 0 y 249 hacia 256.

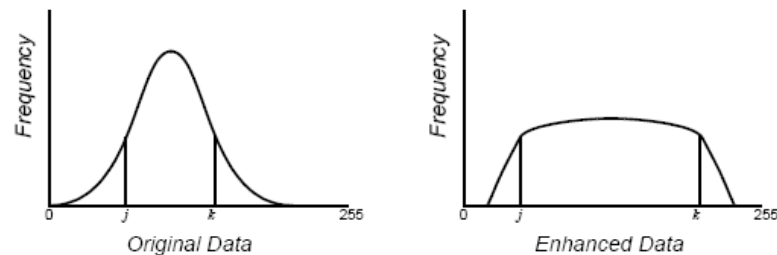
No existe una regla que mejor se aplique para contrastar una imagen, ya que depende de las características de la escena; época de adquisición, ángulo de iluminación, altura del sensor y bandas.

Los motivos por los cuales se desea aplicar un aumento o inclusive una reducción de contraste, deben estar bien claros antes de realizarlo, debido a que este procesamiento puede afectar el resultado de operaciones subsecuentes. Al aplicar

un realce de contraste como una etapa de Preprocesamiento, se debe tener cuidado con el hecho de que parte de la información puede ser perdida, dependiendo de la forma como sea realizado el aumento de contraste.

Un aumento de contraste no revelará nunca una información nueva que no esté contenida en la imagen. El contraste solamente presentará la misma información existente en los datos brutos, pero de una forma más clara para el usuario. Dependiendo de los puntos y de las bandas en los que ellos aparecen, los realces radiométricos que se aplican a una banda no pueden ser apropiados para otras bandas. Por consiguiente, el realce radiométrico de una imagen multibanda normalmente puede ser considerado como una serie de realces independientes de una sola banda.

Figura 19. Histogramas de Datos Realizados Radiométricamente



Fuente : Guía de usuario del software ERDAS

En la Figura arriba, el rango entre j y k en el histograma de los datos originales es aproximadamente un tercio del rango total de los datos. Cuando se realzan radiométricamente los mismos datos, el rango entre j y k se amplía. Por consiguiente, los píxeles entre j y k ganan contraste—es más fácil distinguir los valores de brillo diferentes en estos píxeles. Sin embargo, los píxeles fuera del rango entre j y k están más agrupados que en el histograma original para compensar la expansión entre j y k . Se pierde contraste entre estos píxeles.

Existen muchos métodos para el realce de contraste, entre los que podemos mencionar:

- **Lineal.** El aumento de contraste por una transformación lineal es la forma más simple de las opciones. La función de transferencia es una recta y sólo son controlados dos parámetros: la inclinación de la recta y el punto de intersección con el eje X. La inclinación controla la cantidad de aumento de contraste y el punto de intersección con el eje X, controla la intensidad media de la imagen final.

La función de mapeo lineal puede ser representada por:

$Y = AX + B$ donde:

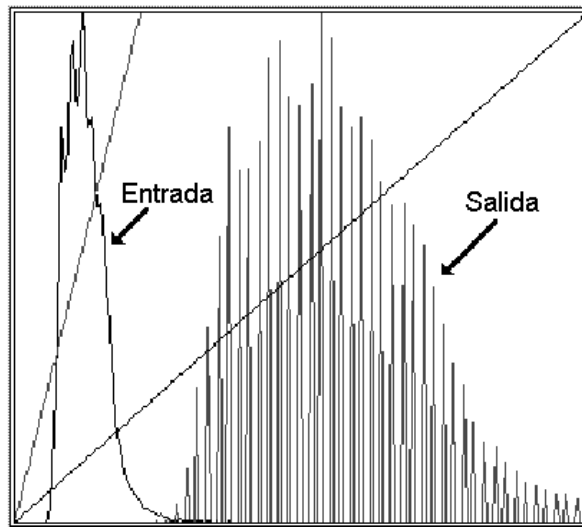
Y = nuevo valor de nivel de gris;

X = valor original de nivel de gris;

A = inclinación de la recta (tangente del ángulo);

B = factor de incremento, definido por los límites mínimo y máximo suministrados por el usuario.

Figura 20. Histograma Lineal



Fuente : Manual de ayuda Software Spring

- Raíz cuadrada. La opción de transformación por raíz cuadrada se utiliza para aumentar el contraste de las regiones oscuras de la imagen original. La función de transformación es representada por la curva como en la figura a seguir. Observe que la inclinación de la curva es tanto mayor cuanto menores son los valores de niveles de gris.

La transformación por raíz cuadrada se puede expresar por la función:

$$Y = A \sqrt{X}$$

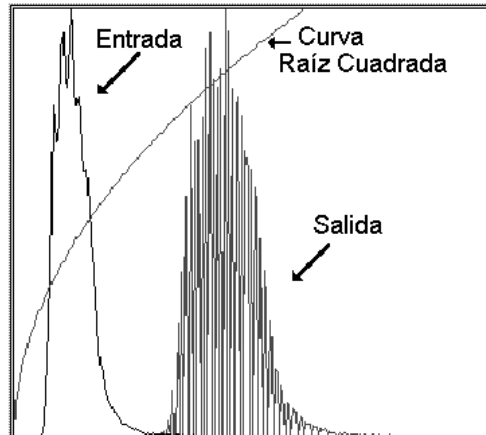
Donde:

Y = nivel de gris resultante

X = nivel de gris original

A = factor de ajuste para que los niveles de salida se restrinjan al intervalo entre 0 y 255

Figura 21. Histograma Raíz Cuadrada



Fuente : Manual de ayuda Software Spring

- **Ecualización del histograma.** Es una forma de manipulación de histograma que reduce automáticamente el contraste en las áreas muy claras o muy oscuras de una imagen. También expande los niveles de gris a lo largo de todo intervalo. Consiste en una transformación no lineal que considera la distribución acumulativa de la imagen original, para generar una imagen resultante cuyo histograma será aproximadamente uniforme.

La opción de ecualización parte del principio que el contraste de una imagen sería optimizado si todos los 256 niveles de intensidad posibles fueran igualmente utilizados o, en otras palabras, todas las barras verticales que componen el histograma fueran de la misma altura. Obviamente esto no es posible debido a la naturaleza discreta de los datos digitales de una imagen de percepción remota. Sin embargo, se consigue una aproximación al dispersar los picos del histograma de la imagen, dejando intocadas las partes más chatas. Como se puede ver en la figura a continuación, este proceso se obtiene a través de una función de transferencia que tiene una alta inclinación siempre que el histograma original presenta un pico y una baja inclinación en el resto del histograma.

La Ecualización del histograma se puede expresar por la función:

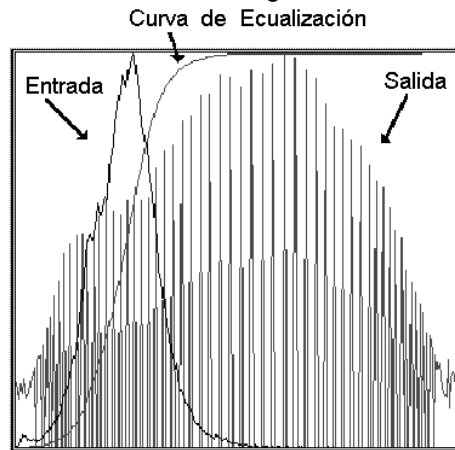
$$Y = \frac{(f_{axi}) \cdot 255}{P_t}$$

Donde:

f_{axi} = frecuencia acumulada para el nivel de gris x_i

P_t = población total (número total de "píxeles")

Figura 22. Ecualización del Histograma



Fuente : Manual de ayuda Software Spring

3.1.6 Estadísticas. Las estadísticas son generadas a partir de los niveles digitales de la capa e incorporadas en el archivo de la imagen. Esta información estadística es usada para crear muchos programas y ayudar a tomar decisiones.

Las estadísticas del archivo de una imagen contienen la media, la desviación estándar, covarianza, coeficiente de correlación, coeficiente de variación, entre otras estadísticas para cada banda de datos. Estos tipos de estadísticas son calculados con formulas tradicionales.

3.1.7 Registro o georeferenciación. La Georeferenciación consiste en un proceso de referenciación de la imagen adquirida, es la transformación geométrica que relaciona coordenadas de la imagen (línea y columna) con coordenadas geográficas (latitud y longitud) de un mapa, dentro de un registro cartográfico decidido por el usuario. Esta transformación elimina distorsiones existentes en la imagen, causadas durante el proceso de formación de la imagen, por el sistema sensor y por imprecisión de los datos de posicionamiento de la plataforma (aeronave o satélite).

La georeferenciación es un proceso arduo y genera cambios que pueden ser significativos en la nueva imagen corregida

Para operar una georeferenciación es necesario determinar de una manera segura, los parámetros del nuevo sistema de referenciación:

- La proyección: se entiende como el proceso de transformación de las coordenadas esferoides en coordenadas planas y viceversa.

- El datum: es el elipsoide de referencia fijo. Bajo esta óptica los datums pueden ser locales, regionales ó continentales, pueden ser también diversos obedeciendo cada uno a un concepto diferente en el cálculo de la longitud y latitud.

3.1.8 Creación de subregiones. Esta herramienta se refiere al fraccionamiento de un archivo grande en uno o más pequeños. Muchas veces los archivos contienen áreas más extensas que el área bajo estudio, de manera que esta función le permite agilizar tiempo de procesamiento sobre todo si se trabaja con datos multibanda.

Generalmente se pueden realizar los subconjuntos de varias formas: se puede crear el archivo físico, es decir usted “recorta” un archivo y lo guarda físicamente para posterior tratamiento, o también se puede crear en el momento de realizar una función de procesamiento, la decisión, pero esta ultima solo hace el corte para el proceso a realizar es decir no crea el archivo físico de corte.

3.1.9 Mosaicos. Esta aplicación es muy útil si el estudio del área en la cual usted está interesado puede cubrir varios archivos de imágenes. En este caso, es necesario combinar las imágenes para crear un archivo más grande. Se puede realizar de dos formas: basados en el píxel que implica que las imágenes se unen según la numeración de los píxeles de cada una de las imágenes de entrada, la otra forma es georeferenciada e implica que las imágenes se unen según la posición geográfica de cada una de ellas, sin importar que estas no se unan, en el caso que ellas se superpongan algunos programas especializados le dan la opción de generar un corte de las imágenes para eliminar la superposición existente.

3.1.10 Ortorectificación. Ortorectificación es una forma de rectificación que corrige el desplazamiento debido al terreno y que se puede usar si existe un DEM del área de estudio. Está basada en las ecuaciones de colinealidad, que se pueden derivar usando GCP's (puntos de control terrestre) en 3D. En áreas relativamente planas, la Ortorectificación no es necesaria, pero en áreas montañosas (o en fotografías aéreas de edificios), en las cuales se requiere un alto grado de exactitud, se recomienda la Ortorectificación.

El proceso de Ortorectificación toma las imágenes digitales crudas y aplica un DEM y los resultados de la triangulación para crear una imagen ortorectificada. Luego que una imagen ortorectificada es creada, cada píxel dentro de la imagen adquiere fidelidad geométrica. Así que las mediciones que se hacen sobre una imagen ortorectificada representan las posiciones de los objetos como si ellas fueran hechas directamente sobre la superficie terrestre.

Una imagen o una fotografía con una proyección ortográfica es aquella en la cual cada punto luce como si un observador estuviera mirando directamente en línea recta a través de ella, a lo largo de una línea de vista que es ortogonal (perpendicular) a la Tierra.

3.2 CLASIFICACIÓN

La clasificación es proceso de ordenar los píxeles en número de clases o categorías, basado en sus valores digitales, es decir si un píxel satisface un conjunto de características, este es asignado a esa clase o categoría. También se conoce como segmentación de la imagen.

Dependiendo del tipo de información que usted quiera extraer de los datos las clases se pueden asociarse con características del terreno o representar áreas que se ven diferentes en el computador. Un ejemplo de una imagen clasificada es un mapa de cobertura vegetal, suelos desnudos, pastos áreas urbanas. Estos procesos se pueden realizar de dos formas supervisada y no supervisada.

3.2.1 Clasificación supervisada. Este tipo de clasificación es controlado rigurosamente por el investigador. En este tipo de clasificación usted debe confiar de sus propias habilidades para reconocer patrones, además debe reconocer algún tipo de información espacial respecto al terreno. En este proceso usted selecciona píxeles que representen rasgos o patrones del terreno que este reconoce, o puede identificar por medio de fotografías aéreas datos de verdad, muestreo con GPS. Antes de realizar cualquier tipo de clasificación es necesario conocer los datos y el número de las clases o categorías deseadas y el programa se encarga de identificar los píxeles con estas características, si la clasificación es exacta las clases resultantes representarán las clases que usted identificó originalmente. Las muestras espectrales son un conjunto de píxeles que usted elige para representar lo conocido, el sistema calcula estadísticas a este conjunto para crear una firma paramétrica para la clase.

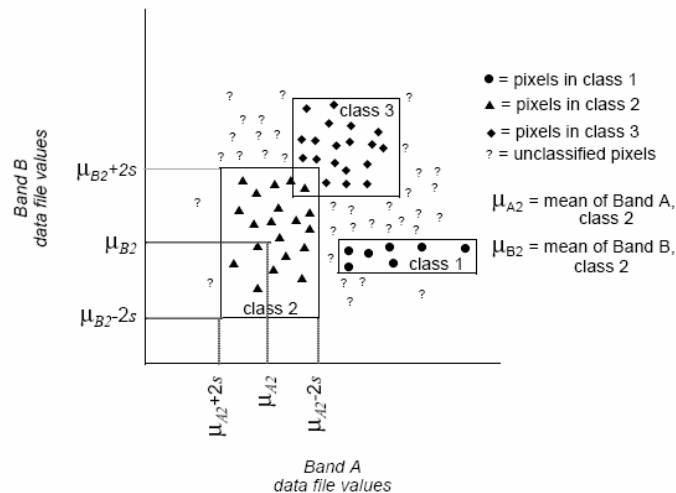
Una vez que se han determinado las clases lo siguiente es realizar la clasificación, cada píxel es analizado independientemente y comparado con la clase de la firma espectral, píxeles que cumplen con las características definidas en las firmas espectrales son asignados a la clase de la firma.

- **Paralelepípedo.** Después de ser creadas las clases, se crean unos paralelepípedos, que son regiones dentro de los límites de la firma espectral. En caso que haya traslapes de las firmas se puede definir la prioridad para definir la clase en el cual el píxel va a ser clasificado, puede ser clasificado según el orden de las clases, por orden paramétrica o puede dejar sin clasificar.

En el caso que quede por fuera de las fronteras de los paralelepípedos, el píxel puede ser clasificado por reglas paramétricas o dejarse sin clasificar. Ç

Este método es rápido confiable, útil como clasificación de primer paso, no depende de las distribuciones normales de los píxeles, aunque si los paralelepípedos tiene esquinas muy lejanas (muestras demasiado grandes) puede clasificar píxeles que estén muy alejados de la media de la firma espectral. Este proceso puede explicarse con el siguiente grafico.

Figura 23. Clasificación Por El Método Del Paralelepípedo

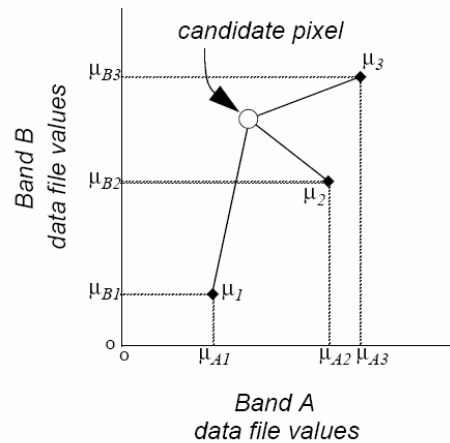


Fuente : Guía de usuario del software ERDAS

- **Mínima Distancia.** Este método es llamado también distancia espectral, el cual calcula la distancia espectral entre el vector de medidas del píxel candidato y el vector media de la firma. En la siguiente figura se ilustra este proceso mediante líneas desde el píxel candidato a las medias de las clases, el píxel es asignado a la clase más cercana.

Como ventajas en este proceso tenemos que no quedan píxeles sin clasificar puesto que cada píxel es incluido a la firma más cercana, es una de las clasificaciones mas rápidas puesto que la regla de decisión es mas rápida que las demás (excepto que el método de paralelepípedo), pero las desventajas de este método es que los píxeles son clasificados por muy lejos que se encuentren de cualquier media, sin embargo es solucionado por el umbral de variación de los píxeles que están mas lejanos de sus clases, además este método no considera la variación de la clase, es decir: en una caracterización del tipo de suelo, los píxeles que pertenezcan a la clase urbana tienen una gran variación respecto a la media de esta firma por lo que quedarían clasificados en otra clase.

Figura 24. Clasificación por el método de la mínima distancia.



Fuente : Guía de usuario del software ERDAS

- Distancia Mahalanobis. Este método es similar al de mínima distancia solo que la ecuación que se usa es la matriz de covarianza. La varianza y la covarianza se calculan para que los conglomerados que varían conduzcan a clases que varían de manera similar y viceversa, por ejemplo cuando se clasifican áreas urbanas (clase cuyos píxeles varían bastante) los píxeles correctamente clasificados pueden estar más lejos de la media que aquellos de una clase de agua que usualmente es una clase que no varía mucho. La ecuación de la distancia Mahalanobis se muestra a continuación.

$$D = (X - M_c)^T (Cov_c^{-1}) (X - M_c)$$

Donde:

D	=	distancia de Mahalanobis
c	=	una clase particular
X	=	el vector de medidas del píxel candidato
M_c	=	el vector media de la firma de la clase c
Cov_c	=	matriz de covarianza de los píxeles en la firma de la clase c
Cov_c^{-1}	=	inversa de la matriz de covarianza
T	=	función traspuesta

De las ventajas de este método tenemos la toma en cuenta la variabilidad de las clases, que no sucede con la mínima distancia o paralelepípedo, puede ser más útil que la mínima distancia en casos que donde el criterio estadístico debe tenerse en cuenta, sin embargo tiende a sobre-clasificar las firmas con valores relativamente grandes en la matriz de covarianza, es decir si hay una gran

dispersión los píxeles en un agrupamiento o muestra, la matriz de covarianza de esta firma espectral contendrá grandes valores, además es mas lenta a la hora de computar.

- **Máxima Probabilidad:** Este método esta basado en la decisión la probabilidad de que un píxel pertenezca a una clase particular, la ecuación básica asume que estas probabilidades son iguales para todas las clases y que las bandas de entradas tienen distribuciones normales. Si este no es el caso usted puede obtener mejores resultados con los métodos de paralelepípedo o de mínima distancia. Si usted tiene un conocimiento que las clases no son iguales, usted puede especificar factores de peso para las clases, esta regla de decisión es conocida como decisión Bayesiana, a menos que usted conozca las probabilidades de forma a priori se recomienda no especificarlas, es decir los pesos serían iguales a 1.

La ecuación del método de máxima probabilidad se muestra a continuación.

$$D = \ln(a_c) - [0.5 \ln(|Cov_c|)] - [0.5 (X - M_c)^T (Cov_c^{-1}) (X - M_c)]$$

Donde:

D	=	distancia ponderada (probabilidad)
c	=	una clase particular
X	=	el vector medida del píxel candidato
M_c	=	el vector media de la muestra de la clase c
a_c	=	porcentaje de probabilidad con que un píxel candidato es miembro de la clase c (el defecto es 1.0, o es entrado de un conocimiento a priori)
Cov_c	=	la matriz de covarianza de los píxeles en la muestra de la clase c
$ Cov_c $	=	determinante de Cov_c (álgebra matricial)
Cov_c^{-1}	=	inversa de Cov_c
$\ln$	=	función logaritmo natural
T	=	función traspuesta

En este método el píxel es asignado a la clase c para la cual D sea menor. Este método es uno de los métodos mas exactos, debido a que toma mas variables a consideración, además toma en cuenta la variabilidad de las clases como lo hace el método de Mahalanobis, sin embargo es un método que toma mas tiempo para calcular que aumenta de acuerdo con el numero de bandas de entrada, también tiende a sobre-clasificar firmas con valores altos en la matriz de covarianza, además como es una regla paramétrica se basa en la distribución normal de las bandas de entrada.

3.2.2 Clasificación no supervisada. En este tipo de clasificación llamado también aglomeración le permite definir muchas clases e identificar clases que no están en regiones contiguas o en regiones de fácil reconocimiento. Pero usted tiene la tarea de identificar las clases que sean creadas por este método el cual esta basado en agrupaciones naturales de píxeles. Utilizan sólo la información espectral aislada de cada píxel para encontrar regiones homogéneas.

Este método es mas automatizado, solo basta con especificar con algunos parámetros que el computador usa para revelar patrones estadísticos que son inherentes a los datos, estos patrones no son necesariamente son características directamente significativas de la escena, como áreas contiguas y fácilmente reconocidas como tipo o uso de suelo.

Son simplemente conglomerados de píxeles con características espectrales similares, en algunos casos es mas importantes identificar los grupos de píxeles con características espectrales similares que ordenar los píxeles dentro de categorías reconocibles. Es responsabilidad del analista darle significado a las categorías generadas por el programa.

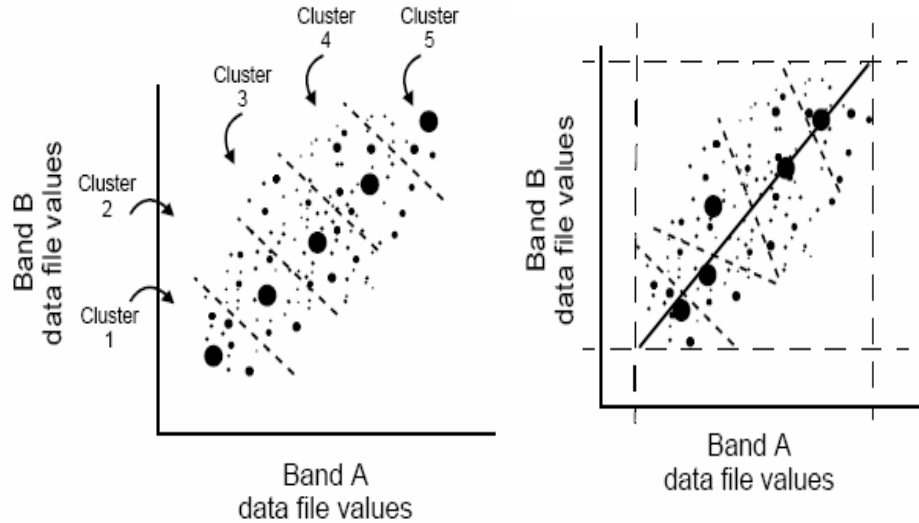
Una vez que se han determinado el número de clases, el umbral de cambio y el número de iteraciones lo siguiente es realizar la clasificación.

- **Método Isodata.** Este es un método de aglomeración que usa las distancias espectrales y que interactivamente clasifica los píxeles, redefine el criterio para cada clase y clasifica nuevamente hasta que los patrones de distancia espectral de los datos emergen gradualmente, usa la mínima distancia espectral para asignar un conglomerado a cada píxel candidato, este proceso empieza con un numero específico de conglomerados arbitrarios y procesa repetidamente para que estos promedios se desplacen a los promedios de los conglomerados de los datos. Al ser este un método iterativo no esta influenciado por los niveles digitales iniciales, como ocurre con los algoritmos de un paso.

En la grafica a continuación se observa como realiza dos iteraciones de este método, en la grafica de la izquierda se agrupan los píxeles de forma regular y arbitraria, en la derecha que corresponde a una segunda iteración, las medias de los conglomerados se recalculan, ocasionado desplazamientos de esos conglomerados en el espacio de las características y cada vez que se repite el proceso cada píxel es comparado con las medias de los nuevos conglomerados.

Como ventajas podemos destacar que las capas temáticas generadas pueden ser de gran ayuda para una posterior clasificación supervisada, además por ser iterativo no se influencia geográficamente por los píxeles iniciales o finales. Sin embargo este proceso puede gastar bastante tiempo, debido a lo repetitivo del proceso y presenta inconvenientes cuando necesitamos tener en cuenta la homogeneidad espacial de lo píxeles.

Figura 25. Método de Iteración Isodata



Fuente : Guía de usuario del software ERDAS

- **Método K-Media:** Este método calcula medias de clases iniciales, uniformemente distribuidas en el espacio de los datos y entonces iterativamente agrupa los píxeles a la clase mas cercana usando la técnica de la mínima distancia, cada iteración recalcula la media de la clase, y reclasifica los píxeles con respecto a estas nuevas medias. Todos lo píxeles son clasificados a la clase mas cercana a menos que se especifiquen una desviación estándar o umbral de distancia, en cuyo caso algunos píxeles pueden ser no clasificados si ellos no reúnen el criterio seleccionado.

3.2.3 Post clasificación. Este proceso como su nombre lo indica, se hace una vez terminada la clasificación, si el usuario lo desea, puede hacer una serie de análisis en caso de verificar, remuestrear, combinar los datos obtenidos de la clasificación.

- **Matriz De Confusión o De Exactitud.** Esta matriz es creada para comparar la exactitud de la imagen clasificada con los datos de referencia, esta matriz no es si no una lista de valores de clase para los correspondientes, la matriz compara lo puntos de referencia con los puntos clasificados en una matriz de tamaño $C \times C$ donde C es el numero de clases, incluyendo la clase 0 (no clasificada).

Los informe generados muestran la exactitud global, coeficiente kappa, la matriz de confusión, los errores de comisión (el porcentaje de píxeles extras en la clase), errores de omisión (el porcentaje de píxeles omitió de clase), exactitud del productor, y exactitud del usuario para cada clase.

La exactitud del productor es la probabilidad que un píxel en la imagen de la clasificación se pone en la clase X dada que la clase de real es X. La exactitud del usuario es la probabilidad que la clase real es X dado un píxel es colocado en la clase X en la imagen de la clasificación.

El coeficiente kappa expresa la reducción de proporcional en el error, generada por un proceso de clasificación comparado con el error de una clasificación realizada al azar. Por ejemplo un valor de 0.82 implica que el proceso esta evitando el 82% de los errores que genera una clasificación al azar.

- **Combinación de Clases.** Este método permite combinar o fusionar clases que usted considere redundantes o que usted considere que son una misma. Este método permite fusionar varios pares de clases a la vez. La clase resultante tomará el nombre de la primera clase del par.
- **Cribado de Clases.** Este método soluciona el problema de píxeles aislados que sobrevienen de la clasificación, lo hace aplicando un paso bajo o cualquier tipo de filtro para remover esas áreas, pero la información de las clases puede ser adulterada por los códigos de las clases adyacentes.

El método examina los 4 o 8 píxeles vecinos para determinar si un píxel se agrupa con los píxeles de la clase adyacente. Si el número de píxeles en una clase que están agrupados es menor que el número mínimo que usted ingresa, estos píxeles se quitarán de la clase. Cuando usted remueve píxeles por este método, los píxeles removidos serán reemplazados por píxeles que pertenecen a la clase “no clasificada”.

- **Generación De Muestras Aleatorias.** A menudo es útil generar una muestra aleatoria de puntos de un resultado de clasificación o de las regiones de interés. Tales muestreos, pueden ser valiosos en el soporte de valoración de la exactitud de la clasificación y de expediciones de campo.
- **Agrupación de Clases.** Este método agrupa áreas clasificadas similares adyacentes usando operadores morfológicos. Las imágenes clasificadas a menudo experimentan una falta de coherencia espacial (mancha o agujeros en áreas clasificadas). Un filtraje paso bajo puede ser usado para suavizar estas imágenes, pero la información de la clase podría adulterarse por los códigos de la clase adyacente. Esta función resuelve este problema, las clases seleccionadas son agrupadas, realizando una dilatación y luego una reducción

sobre la imagen clasificada, usando un kernel del tamaño especificado en el dialogo de parámetros.

- **Análisis Mayoritario y Minoritario.** Este método de análisis mayoritario es aplicado para cambiar los píxeles “falsos o diferentes” dentro de una clase grande a esa misma clase, es decir que píxeles que generalmente queden aislados, se puedan cambiar a las clases de la que están rodeados, mediante un remuestreo matricial en el cual usted especifica el tamaño de la matriz y se da al píxel que esta en medio de esta matriz, el valor de clase de la mayoría de los píxeles contenidos en esa matriz, en el análisis minoritario es el caso contrario, se dará al píxel que esta en medio de esta matriz, el valor de clase de la minoría de los píxeles contenidos en esa matriz.

3.3 FILTROS

El filtrado es un término amplio, que se refiere a la alteración de las características espaciales o espectrales para el realce de la imagen (Jensen 1996).

Esta función es generalmente usada para mejorar la imagen, removiendo ciertas frecuencias espaciales. La frecuencia espacial describe la variación del brillo o valor digital con la distancia, las imágenes contienen muchas frecuencias espaciales diferentes, por ejemplo, remover la variación de la alta frecuencia en una imagen, produce una imagen de salida mucho mas suave o lisa.

Los filtros, en si, son operaciones focales que calculan el valor de reemplazo, con base en una ventana o matriz (3x3, 5x5, etc.) y cambian el valor digital del píxel por un nuevo valor, este proceso solo afecta a un píxel a la vez.

3.3.1 Filtrado por convolución. Este tipo de filtrado es el proceso de promediar pequeños conjuntos de píxeles a través de una imagen. El filtrado de convolución se usa para cambiar las características de la frecuencia espacial de una imagen (Jensen 1996)

Un kernel (filtro) de convolución es una matriz de números de que se usan para promediar el valor de cada píxel con los valores de los píxeles circundantes en una dirección particular. Los números de la matriz sirven para dar mayor peso en ese promedio a ciertos píxeles particulares. Estos números son llamados coeficientes ya que se usan de la misma forma que las ecuaciones matemáticas.

- **Filtro Paso-Alto.** Este tipo de filtraje tiene el efecto de incrementar la frecuencia espacial, los kernels paso altos tienden a realzar los bordes, puesto

que ellos hacen resaltar los grupos homogéneos de píxeles, a diferencia de los filtros resaltadores de bordes, no necesariamente eliminan otros elementos. Ejemplos de uso: límites de un campo de cultivo, lineamientos geológicos, entre otros. Un ejemplo de variación de valores digitales se muestra a en las siguientes figuras.

Figura 26. Kernel para Paso Alto

-1	-1	-1
-1	16	-1
-1	-1	-1

Fuente : Guía de usuario del software ERDAS

Figura 27. Variación de valores digitales aplicando el Paso alto

ANTES			DESPUES		
204	200	197	204	200	197
201	106	209	201	9	209
198	200	210	198	200	210

Fuente : Guía de usuario del software ERDAS

- **Filtro Paso Bajo.** Este método tiene como finalidad disminuir la frecuencia espacial, es decir mantener los componentes de frecuencia baja y remover los de frecuencia alta.

El efecto creado por un tipo de filtro paso bajo, es de suavización de la imagen, esta atenuación tiende a minimizar ruidos y origina una imagen menos nítida, con niveles de gris disipados.

Figura 28. Kernel para Paso Bajo

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Fuente : Guía de usuario del software ERDAS

- **Filtro Direccional.** Este tipo de filtro es un primer derivativo del filtro mejorador de bordes, que selectivamente mejora las características de la imagen que tienen componentes de dirección específica (gradientes). La suma de los elementos de un kernel direccional es cero. El resultado es que áreas con valores de píxel uniformes son puestas en cero, mientras aquellas que son variables son mostradas como límites brillantes.

Estos operadores se aproximan a las ocho posibles orientaciones de la brújula, los nombres indican la dirección de la pendiente con respuesta máxima, el borde detectado es ortogonal a la dirección de la pendiente.

Figura 29. Ejemplo de Kernel para filtro Direccional

NORTE	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>-2</td><td>1</td></tr><tr><td>-1</td><td>-1</td><td>-1</td></tr></table>	1	1	1	1	-2	1	-1	-1	-1	NORESTE	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>-1</td><td>-2</td><td>1</td></tr><tr><td>-1</td><td>-1</td><td>1</td></tr></table>	1	1	1	-1	-2	1	-1	-1	1
1	1	1																			
1	-2	1																			
-1	-1	-1																			
1	1	1																			
-1	-2	1																			
-1	-1	1																			
OESTE	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>-1</td></tr><tr><td>1</td><td>-2</td><td>-1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>-1</td></tr></table>	1	1	-1	1	-2	-1	1	1	-1	NOROESTE	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>-2</td><td>-1</td></tr><tr><td>1</td><td>-1</td><td>-1</td></tr></table>	1	1	1	1	-2	-1	1	-1	-1
1	1	-1																			
1	-2	-1																			
1	1	-1																			
1	1	1																			
1	-2	-1																			
1	-1	-1																			
SUROESTE	<table><tr><td>1</td><td>-1</td><td>-1</td></tr><tr><td>1</td><td>-2</td><td>-1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	1	-1	-1	1	-2	-1	1	1	1	SURESTE	<table><tr><td>-1</td><td>-1</td><td>1</td></tr><tr><td>-1</td><td>-2</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	-1	-1	1	-1	-2	1	1	1	1
1	-1	-1																			
1	-2	-1																			
1	1	1																			
-1	-1	1																			
-1	-2	1																			
1	1	1																			
SUR	<table><tr><td>-1</td><td>-1</td><td>-1</td></tr><tr><td>1</td><td>-2</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	-1	-1	-1	1	-2	1	1	1	1	ESTE	<table><tr><td>-1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>-1</td><td>-2</td><td>1</td></tr><tr><td>-1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	-1	1	1	-1	-2	1	-1	1	1
-1	-1	-1																			
1	-2	1																			
1	1	1																			
-1	1	1																			
-1	-2	1																			
-1	1	1																			

Fuente : Guía de usuario del software ERDAS

- **Filtros Laplacianos.** Estos tipo de filtros es la segunda derivativa del filtro mejorador de bordes, opera sin tener en cuenta la dirección del borde. Los filtros Laplacianos enfatizan los valores máximos dentro de una imagen usando un kernel con un alto valor central rodeado por valores negativos en direcciones este – oeste, norte – sur y valores cero en las esquinas del kernel, todos los filtros Laplacianos deben tener tañamos de kernel impares.

Estos operadores son mejores para detección de líneas (o manchas) a diferencia de los bordes de rampa.

3.3.2 Análisis de Fourier. Esta función es usada para convertir una imagen ráster de dominio espacial a una imagen de dominio frecuencial, el calculo de la FFT convierte la imagen en una serie de funciones sinusoidales de varias

frecuencias en dos dimensiones. Un analista puede editar la imagen de Fourier para eliminar ruido o remover características periódicas.

- Transformada de Fourier. Las transformaciones Fourier se usan típicamente para remover ruidos como el rayado, manchas, vibraciones presentes en las imágenes una vez sea identificado su periodicidad (áreas de frecuencia espacial). Puede usarse ediciones de Fourier para remover errores regulares en los datos, como aquellos causados por anomalías del sensor (por ejemplo, el rayado). Esta técnica de análisis pueden usarse a través de de las bandas como otra forma de reconocimiento de patrones/elementos.

La ecuación de cálculo que es usada es:

$$F(u, v) \leftarrow \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) e^{-j2\pi ux/M - j2\pi vy/N}]$$

Donde:

M	=	el número de pixeles horizontalmente
N	=	el número de pixeles verticalmente
u, v	=	las variables de frecuencia espacial
e	$\approx$	2.71828, la base de los logaritmos naturales
j	=	el componente imaginario de un número complejo

El número de píxeles horizontales y verticales deben ser una potencia de dos. Si las dimensiones de la imagen de entrada no son una potencia de dos, ellos se aproximan a la siguiente potencia de dos más alta.

La imagen generada por el cálculo de la FFT, no es una imagen óptima para verla o editarla, cada píxel de la imagen de Fourier, es un número complejo. Para desplegar como una sola imagen estos componentes se combinan en una operación raíz suma de cuadrados. Además como el rango dinámico espectros de Fourier excede el rango de un dispositivo de despliegue típico, el cálculo de la magnitud de Fourier calculada, involucra una función logarítmica.

- Eliminación de ruido Fourier. Ocasionalmente, las imágenes están adulteradas por ruidos que son periódicos por naturaleza, un ejemplo de ello son las líneas escaneadas que se presentan en algunas imágenes TM. Cuando esta

imágenes son transformado al espacio Fourier, el patrón de líneas periódicas se convierte en un alineamiento radial. Las funciones de análisis Fourier proveen dos herramientas para reducir ruido en las imágenes, que son la edición y la remoción automática de ruido periódico.

3.3.3 Remoción automática del ruido periódico. Esta función permite remover ruidos periódicos, más sin embargo requiere una interacción del analista y un poco de ensayo y error, este algoritmo fue desarrollado para procesar imágenes degradadas uniformemente por anomalías periódicas. Primero la imagen se divide en bloques de 128 x 128 píxeles, luego se a cada bloque se calcula FFT y se promedian sus magnitudes, el promedio remueve todas la cantidades de dominio de frecuencia excepto aquellas que están presentes en cada bloque. El espectro de la potencia es usado como un filtro para ajusta la FFT de la imagen entera. Cuando se lleve a cabo la IFFT el resultado es una imagen que debe tener ruido eliminado o reducido significativamente. Este método esta parcialmente basado en los algoritmos esbozados en Canon, 1983 y Srinivasan, 1988.

3.4 TRANSFORMACIONES

La transformación de imágenes es el proceso de hacer una imagen más interpretable para una aplicación particular (Faust 1989), las transformaciones son a menudo utilizadas en lugar de las técnicas de clasificación, para extraer elementos, estudio y localización de áreas y objetos en el terreno y derivación de información útil del terreno. Estas operaciones cambian los datos a otro espacio de datos usualmente aplicando una función lineal, el objetivo de la mayoría de las transformaciones es mejorar la presentación de los datos originales, muchas veces las imágenes transformadas son más fácilmente interpretadas que con los datos originales.

3.4.1 Análisis de componentes principales (ACP). Esta aplicación comprime los valores redundantes en menos bandas que ofrecen más posibilidad de los datos originales. Este análisis no es más que un mecanismo de compresión de datos. Los datos de las bandas de ACP no están correlacionados y son independientes y por lo regular sondas interpretables que los datos de origen (Jensen 1996; Faust 1989).

Para realizar la transformación de análisis principales, se realiza una transformación lineal sobre los datos, lo que significa que las coordenadas de cada píxel en el espacio espectral, son recalculados, mediante una ecuación lineal. El resultado de la transformación es que se cambian y se rotan los ejes principales en el espacio espectral n-dimensional.

La primera componente principal contiene la información de brillo asociada a las sombras de topografía y a las grandes variaciones de la reflectancia espectral general de las bandas. Esta componente principal posee la mayor parte de la variancia total de los datos, concentrando la información antes dispersa, en varias dimensiones

La segunda componente principal, presenta menos contraste y es desprovista de información topográfica.

La tercera y cuarta componentes principales contienen típicamente menos estructura de la imagen y más ruido que las dos primeras, indicando la compresión de los datos en las primeras bandas.

La última componente representa básicamente el ruido existente en los datos originales.

La transformación de componentes principales convierte una imagen multibanda en un conjunto de imágenes mutuamente ortogonales que representan la variación entre las bandas. Dependiendo de los rangos de ND y la varianza de las bandas de entrada, estas nuevas imágenes ocuparían solo una porción del rango de 0 a 255.

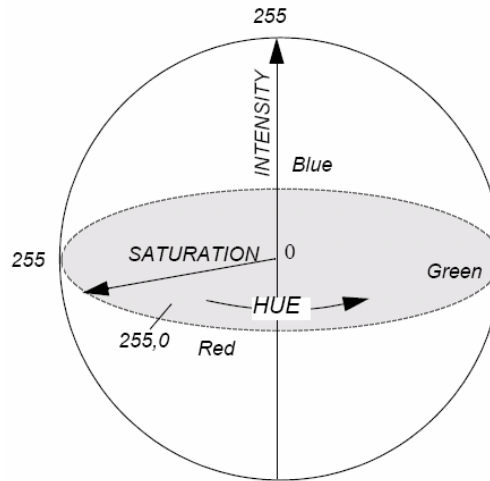
3.4.2 Transformación RGB a IHS. Para poder describir las propiedades de color de un objeto en una imagen, normalmente el ojo humano no distingue la proporción de azul, verde, y rojo y si evalúa la intensidad (I), el color o matiz (H), y la saturación (S).

La intensidad o brillo es la medida de energía total en todas las longitudes de onda, siendo por lo tanto la responsable por la sensación de brillo de esa energía incidente sobre el ojo, variando de 0 (negro) a 1 (blanco).

El matiz o color de un objeto es la medida de la longitud de onda medio de la luz que se refleja o se emite, definiendo, el color del objeto. Varía desde 0 en el punto medio del rojo hasta el verde y el azul hasta volver al punto medio del rojo en 360, como se expresa en la figura.

La saturación o pureza expresa el intervalo de longitud de onda alrededor de la longitud de onda media, en el cual la energía es reflejada o transmitida. Un alto valor de saturación resulta en un color espectralmente puro, en tanto que un bajo valor indica una mezcla de longitudes de onda que irá a producir tonos apagados. También varía linealmente de cero a uno.

Figura 30. Intensidad, Matiz, Saturación en el Sistema Coordinado de Color



Fuente : Buchanan, 1979

Esta transformación puede ser utilizada para producir composiciones en color con una reducida correlación interbanda, además es muy útil cuando se desea combinar diferentes tipos de imágenes de diferentes satélites, Chávez evalúa esta función para fusionar las resoluciones entre Landsat e imágenes pancromáticas Spot. (Chávez 1991).

El procedimiento para combinar imágenes de diferentes sensores consiste en calcular las componentes IHS a partir de tres bandas seleccionadas por ejemplo: del TM y aplicar un contraste en las componentes H y S y en una imagen SPOT. La componente I es sustituida por la banda del SPOT y se aplica transformación Inversa (IHS – RGB).

Los índices son usados en exploración minera, y análisis de vegetación, para diferenciar rocas o tipos de vegetación, también se puede usar esta función para minimizar efectos de sombra en las imágenes, además ciertas combinaciones de cocientes de imágenes TM son usadas por geólogos para interpretar varios tipos de minerales con imágenes Landsat.

3.4.3 Transformación Brovey. Esta aplicación fue desarrollada par incrementar visualmente el contraste de los extremos bajos y altos del histogramas de una imagen (por ejemplo proporcionar contraste en las sombras, aguas, y áreas de alta reflectancia como características urbanas). Por consiguiente la transformación de Brovey no se debe usar si es importante preservar la radiometría de la escena original. Sin embargo, es muy buena para producir imágenes RGB con altos grados de contraste entre los extremos bajos y altos del histograma de la imagen y para producir imágenes visualmente atractivas.

Esta transformación esta destinada a producir imágenes solo tres bandas serian a la vez fusionadas de la cadena multispectral de entrada, tales como las bandas 3, 2, 1 de SPOT o las bandas 4, 3, 2 de Landsat TM. El resultado de fusionar imágenes será desplegado con las bandas 1, 2, 3 en RGB.

En si es una combinación matemática de resolución de la imagen a color y datos de alta resolución dividido en la sumatoria de las bandas de color dividido en las bandas de color, la función automáticamente remuestrea las tres bandas. El algoritmo se muestra a continuación:

$$[DNB1 / DNB1 + DNB2 + DNB3] \times [DN_{high\ res.\ image}] = DNB1_{new}$$

$$[DNB2 / DNB1 + DNB2 + DNB3] \times [DN_{high\ res.\ image}] = DNB2_{new}$$

$$[DNB3 / DNB1 + DNB2 + DNB3] \times [DN_{high\ res.\ image}] = DNB3_{new}$$

Donde:

$$B = \text{Banda}$$

3.4.4 Calculo De Índices. Esta aplicación esta realiza cocientes entre bandas usados en estudios de minerales y de vegetación, es decir transforma datos multispectrales en una imagen de una banda que representa la distribución de minerales o de vegetación. El píxel con valor digital más alto indica una vegetación más verde o más vigorosa.

Estos cocientes de imágenes son derivados de la absorción/reflexión espectral del material de interés, la absorción esta basada en los enlaces moleculares del material (superficies). De esta forma el cociente da información sobre la composición química del material de interés.

Estos índices son usados ampliamente en exploración minera y análisis de vegetación para encontrar pequeñas diferencias entre tipos de rocas y clases de vegetación. En muchos casos los índices escogidos pueden resaltar y mejorar diferencias que no suelen ser observados en un despliegue de color original.

Los índices también pueden ser usados para minimizar los efectos de sombras en las imágenes multispectrales. Pueden generarse imágenes blancas y negras con índices individuales o una combinación de color de tres cocientes.

Algunos ejemplos de cociente para cálculo de índices se muestran a continuación:

- índice de vegetación = $IR - R$
- índice de Vegetación de Diferencia normalizado (NDVI) =

$$\frac{IR - R}{IR + R}$$

- NDVI transformado (TNDVI)=

$$\sqrt{\frac{IR - R}{IR + R} + 0.5}$$

- óxido de hierro = $TM\ 3/TM1$
- minerales arcillosos = $TM\ 5/TM7$
- minerales ferrosos = $TM\ 5/TM4$
- composición mineral = $TM\ 5/TM7$, $TM5/TM4$, $TM3/TM1$ (RGB)
- composición hidrotermal = $TM\ 5/TM7$, $TM3/TM1$, $TM4/TM3$ (RGB)

La siguiente Tabla muestra las bandas infrarrojas (IR) y Roja(R) para algunos sensores más comunes (Jensen, 2000):

Tabla. 06. Bandas Infrarrojas y Rojas más comunes.

SENSOR	BANDA IR	BANDA R
Landsat MSS	7	5
SPOT XS	3	2
Landsat TM	4	3
NOAA AVHRR	2	1

Fuente: Jensen, 2000

3.4.5 Tasseled Cap. Esta aplicación ejecuta una transformación ortogonal de los datos originales en un nuevo espacio tetradimensional consistente en el índice de brillo del suelo (SBI), el índice de vegetación verde (GVI), el índice de materia amarilla (YVI) y un índice (NSI) asociado con efectos atmosféricos. Es decir rotan los ejes de la estructura de datos para optimizar la visualización de los datos en estudio de vegetación. Para datos Landsat TM, el índice de vegetación consiste en

brillo, verdor y un tercero. El brillo y el verdor son los equivalentes a los índices SBI y GVI, el tercer componente está relacionado a las características del suelo, incluyendo el estado de humedad. Para datos Landsat 7 ETM esta transformación produce seis bandas de salida: brillo, verdor, humedad, Cuarto (niebla), quinto y sexto, este tipo de transformación debe aplicarse a datos calibrados de reflectancia en lugar de aplicarlo al conjunto de imágenes con números digitales en bruto.

Esta Transformación ofrece una manera de optimizar la visualización de los datos para estudios de vegetación. La investigación ha producido tres ejes de estructuras de datos que definen el contenido de información de la vegetación (Crist 1986):

- Brillo- una suma ponderada de todas las bandas, definidas en la dirección de la variación principal en la reflectancia del suelo.
- Verdor- ortogonal al brillo, un contraste entre las bandas del infrarrojo y del visible. Fuertemente relacionado con la cantidad de vegetación verde en la escena.
- Humedad- relacionado con la humedad del suelo y del dosel.

Estas rotaciones van ligadas al sensor, pero una vez definidas para un sensor en particular (digamos Landsat 4TM), la misma rotación trabaja para cualquier escena tomada por este sensor. Cuando aumentan el número de bandas del Landsat TM a MSS permitieron definir tres ejes adicionales llamados Niebla, Quinto y Sexto.

El siguiente algoritmo es el utilizado en este proceso proporciona los coeficientes para imágenes Landsat.

$$\text{Brillo} = .3037(\text{TM1}) + .2793(\text{TM2}) + .4743 (\text{TM3}) + .5585 (\text{TM4}) + .5082 (\text{TM5}) + .1863 (\text{TM7})$$

$$\text{Verdor} = -.2848 (\text{TM1}) - .2435 (\text{TM2}) - .5436 (\text{TM3}) + .7243 (\text{TM4}) + .0840 (\text{TM5}) - .1800 (\text{TM7})$$

$$\text{Humedad} = .1509 (\text{TM1}) + .1973 (\text{TM2}) + .3279 (\text{TM3}) + .3406 (\text{TM4}) - .7112 (\text{TM5}) - .4572 (\text{TM7})$$

$$\text{Niebla} = .8832 (\text{TM1}) - .0819 (\text{TM2}) - .4580 (\text{TM3}) - .0032 (\text{TM4}) - .0032 (\text{TM5}) - .0563 (\text{TM5}) + .0130 (\text{TM7})$$

3.5 ANALISIS ESPECTRAL

3.5.1 Búsquedas De Objetivos. Esta función busca en una imagen de entrada, un material o materiales específicos que se sospecha hay en la zona en una muy baja concentración, la imagen de salida es una imagen en escala de grises, para cada objetivo espectral de entrada.

En una situación de análisis típico, el analista debe conocer la firma espectral de una baja probabilidad del material de interés (objetivo), pero no se tiene los espectros de fondo y no se desea generarlos.

3.5.2 Transformación De Mínima Fracción De Ruido. Esta aplicación que es similar al de Componentes Principales y que se usa para determinar la dimensionalidad de la imagen, segregar el ruido de los datos y para reducir los requerimientos de hardware propios del proceso (Green et al.,1988; Boardman and Kruse,1994).Sólo en el caso de datos hiperespectrales, el MNF divide al conjunto de los datos en dos partes: la primera, con magnitudes de valores propios ("eigenvalores") superiores a uno y con imágenes ("eigenimages") coherentes y la segunda, con magnitudes de valores propios cercanos a la unidad y con imágenes donde predomina el ruido. Esta transformación es útil ya que permite separar aquellas bandas que muestran características interesantes y válidas.

3.5.3 Índice De Pureza De Píxel. Tiene como objetivo encontrar los píxeles espectralmente puros o "extremos" (Boardman and Kruse, 1994). Éstos corresponden a materiales, cuyos espectros se combinan linealmente dando lugar al espectro de la imagen. El PPI se calcula marcando los píxeles extremos en cada proyección, las proyecciones pueden ser bidimensionales o n-dimensionales. El resultado es una imagen (imagen PPI) en las que el DN de cada píxel, corresponde al número de veces en que el píxel se contó como extremo.

De esta manera, la luminosidad de los píxeles en la imagen marca la situación espacial de los extremos espectrales. Finalmente la imagen obtenida se usa para seleccionar varios centenares de píxeles para el análisis total, de esta manera, se reduce significativamente el número de píxeles ha ser examinados. Posteriormente se calculan los promedios de las firmas espectrales coleccionados y se compara con la librería espectral de los laboratorios.

Figura 31. Imagen PPI



Fuente : Guía de usuario del software ENVI

3.6 VECTORIZACIÓN

Los objetos geográficos poseen propiedades intrínsecas que precisan ser conocidas para representarlos, tales como, localización (posición de un objeto a través de sus coordenadas geográficas), dimensión (permite describir los objetos a través de las entidades puntos, líneas o polígonos), continuidad, tamaño, vecindad, forma y escala.

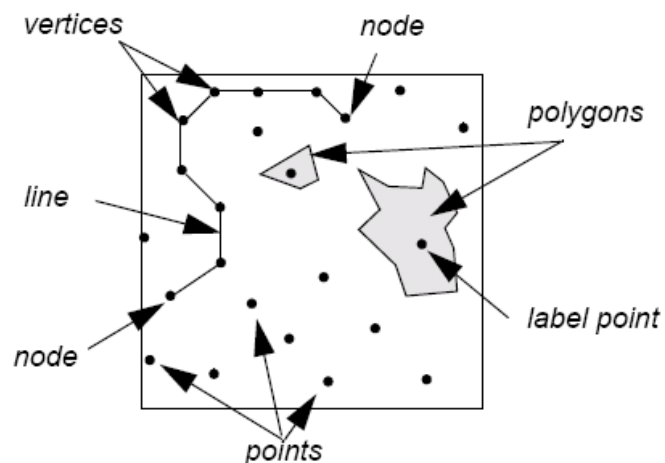
3.6.1 Capas Vectoriales

- **Puntos:** Un punto está representado por un par de coordenadas x, y. Los puntos pueden representar la Localización de un lugar geográfico o un punto sin área, tal como el pico de una montaña. Los Puntos etiquetas (label) son también usados para identificar polígonos.
- **Líneas.** Una línea (polilínea) es un conjunto de segmentos de línea y representa un elemento geográfico Lineal, tales como ríos, caminos, o redes de servicio. Las líneas también pueden representar límites no geográficos, similares a distritos de votación, zonas escolares, curvas de nivel, etc.
- **Polígonos.** Un polígono es una línea cerrada o un conjunto de líneas cerradas que definen un área homogénea, tales como tipos de suelo, uso del suelo o cuerpos de agua. Los polígonos pueden También ser usados para

representar sitios no geográficos, como habitas de vida salvaje, límites Estatales, distritos comerciales, etc. Los polígonos también contienen puntos etiqueta (labels) que identifican el polígono. El punto etiqueta enlaza el polígono a sus atributos.

- **Vértices.** Los puntos que definen una línea son los vértices. Un vértice es un punto que define un elemento, tales como los extremos de un segmento de línea o el punto de un polígono donde el segmento de línea cambia de dirección. Los extremos de las líneas son llamados nodos. Cada línea tiene dos nodos. Desde donde parte la línea y a donde llega la línea. De donde parte es el primer vértice de la línea, y a donde llega es el último vértice de la línea. Las líneas van unidas a otras líneas solo por nodos. Una serie de líneas en la cual el primer nodo de la primera línea está unido al nodo final de la última línea es un polígono.
- **Coordenadas.** Los datos vectoriales están expresados por las coordenadas de los vértices. Los vértices definen cada elemento están referenciados con coordenadas x, y, o coordenadas cartesianas. En algunos casos, estas coordenadas pueden estar en pulgadas [como en las aplicaciones de algunos programas de diseño (CAD),] pero frecuentemente las coordenadas están referenciadas a mapas, tales como State Plane, UTM (Universal Transverse Mercator), o Cónica Conforme de Lambert. La información vectorial digitalizada de una imagen sin georeferenciar está expresada en coordenadas de archivo. Cada uno de los elementos es mostrado en la figura siguiente.

Figura 32. Elementos Vectoriales



Fuente : Guía de usuario del software ERDAS

Puntos, líneas y polígonos son representaciones vectoriales utilizadas normalmente para describir objetos geográficos en mapas. La relación espacial entre estas entidades, como por ejemplo proximidad y vecindad, son obtenidas a través del análisis y observación de los mapas por el intérprete.

Por otra parte, una vez que los objetos del mapa fueron digitalizados y están representados por puntos, líneas y polígonos en el computador, esta relación espacial deberá ser definida explícitamente para que se pueda proceder a las operaciones de análisis espacial de los datos. En mapas digitales, las relaciones espaciales son descritas a través de la topología definida como la parte de la matemática que estudia las propiedades geométricas que no varían mediante una deformación.

Formas y coordenadas de los objetos son menos importantes que los elementos del modelo topológico como conectividad, contigüidad, continencia, etc. De esta forma, definir la topología significa hacer explícitas las relaciones espaciales entre los objetos a través de un proceso matemático. Una vez definida la topología, cada polígono podrá entonces ser asociado a un atributo.

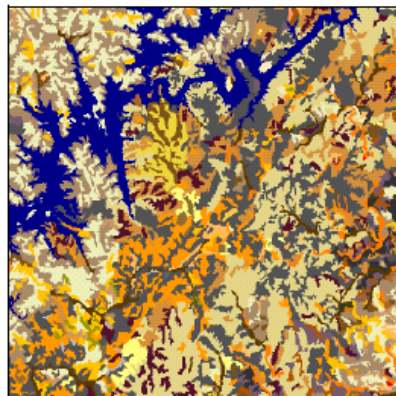
3.6.2 Raster A Vector. Una capa ráster puede convertirse a capa vectorial y puede usarse como otra capa en una base de datos vectorial.

Esta herramienta crea una capa de polígono usando los valores de contorno y un archivo de atributos (.dbf) que contiene el ID de la clase y otra información como longitud de polígono, áreas entre otras.

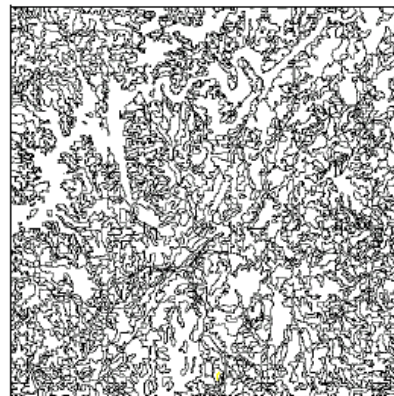
Los datos ráster temáticos se pueden convertir a formato vectorial, pero convertir capas ráster continuas, puede crear muchos elementos vectoriales que no son fácilmente manejables.

La siguiente figura ilustra una clasificación del uso de suelo en formato ráster que se ha convertido a formato vectorial.

Figura 33. Raster convertido a Formato Vectorial



Clasificación Uso Suelo (Raster)



Clasificación convertida a polígonos(Vector)

Fuente : Guía de usuario del software ENVI

3.6.3 Vector A Raster. Igualmente se pueden pasar formatos Vectoriales a Raster si así se desea.

El método que utiliza es exactamente inverso, solo hay que especificarle el tamaño de píxel, y el atributo que desea que sirva como base para la rasterización.

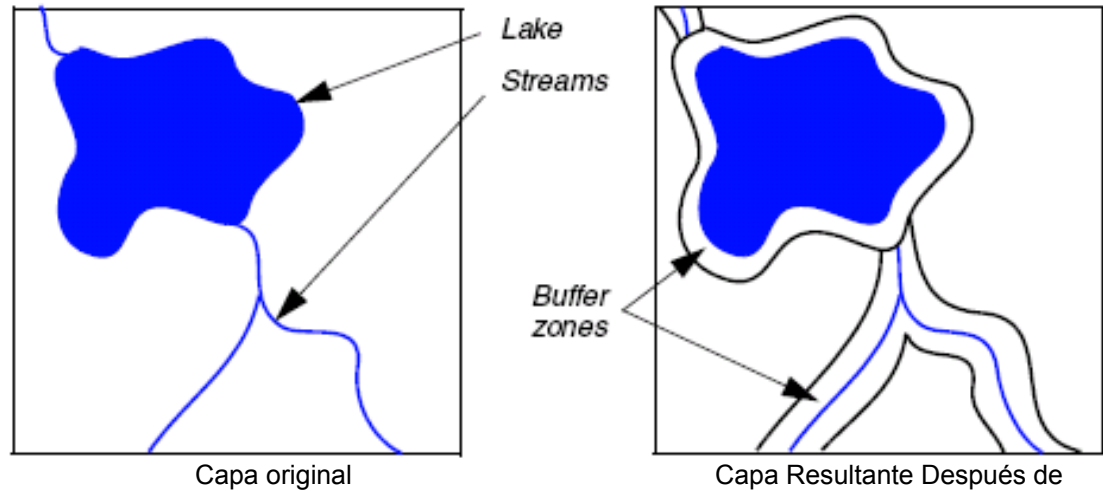
3.6.4 Calculo De Búfer's. Muchas aplicaciones requieren algunas medidas de distancia o de proximidad. Por ejemplo, un urbanizador de bienes raíces estaría interesado en conocer la distancia entre un sitio potencial para un centro comercial y una vía principal.

El análisis de proximidad determina cuáles píxeles de una capa están localizados a una distancia específica de los píxeles de una cierta clase o clases. Se crea una nueva capa temática categorizada por la distancia de cada píxel de las clases específicas de la capa de entrada.

Este nuevo archivo se vuelve una nueva capa de la base de datos y proporciona una zona de influencia alrededor de la(s) clase(s) especificada(s). En nuevos análisis, puede ser beneficioso considerar otros factores, tomando en cuenta si ellos caen dentro o fuera de la zona de influencia.

En la Figura siguiente se muestra una capa que contiene lagos y corrientes de agua y la capa resultante después de realizar un análisis de proximidad para crear una zona de influencia alrededor de todos los cuerpos de agua.

Figura 34. Calculo de Buffer's



Fuente : Guía de usuario del software ENVI

3.7 MODELAMIENTO TOPOGRÁFICO

El modelamiento topográfico involucra el procesamiento y la simulación gráfica de los datos de elevación. Las funciones de los programas usualmente trabajan con datos topográficos (también llamados datos del terreno o datos de elevación), en los cuales se registra una elevación (o valor Z) en cada posición X,Y. Sin embargo, las funciones de análisis del terreno no están restringidas a datos topográficos. Cualquier serie de valores, tales como densidades de población, valores de presión de agua subterránea, mediciones gravimétricas y magnéticas y concentraciones de químicos, pueden ser usados.

Los datos del terreno son usados a menudo como un componente de rutinas SIG complejas de modelamiento o clasificación. Ellos pueden, por ejemplo, ser una clave para identificar hábitats de vida silvestre que están asociados con elevaciones específicas. Las imágenes de pendiente y aspecto son usualmente un factor importante para evaluar la aptitud de un sitio para un uso propuesto. Los datos del terreno también pueden ser usados para la clasificación vegetal de especies que son dependientes del terreno (por ejemplo, vegetación alpina).

Los datos topográficos tienen muchos usos en SIG. Por ejemplo, los datos topográficos pueden ser usados conjuntamente con otros datos para:

- Calcular la ruta mas corta sobre una zona montañosa
- Evaluar la visibilidad desde varios puntos o a lo largo de unas vías
- Simular viaje a través de un paisaje
- Determinar las velocidades de escurrimiento de nieve

- Ortorectificar imágenes satelitales o aéreas
- Crear mapas de pendiente y de aspecto
- Proporcionar datos históricos para clasificación de imágenes

3.7.1 Pendiente. La pendiente se expresa como el cambio en elevación sobre la distancia. En este caso, la distancia es el tamaño del píxel. La pendiente es usualmente expresada como un porcentaje pero también puede ser calculada en grados.

La relación entre las expresiones de pendiente en porcentaje y en grados es como sigue:

- Un ángulo de 45° tiene una pendiente del 100%
- Un ángulo de 90° tiene una pendiente del 200%
- Una pendiente menor de 45° está en el rango 1-100%
- Las pendientes entre 45° y 90° son expresadas como pendientes entre 100 - 200%

Una ventana de 3×3 píxeles se usa para calcular la pendiente en cada píxel. Para un píxel en la posición X, Y, las elevaciones a su alrededor son utilizadas para calcular la pendiente como se muestra en la siguiente Figura, cada píxel tiene una resolución en el terreno de 30 × 30 metros.

Primero se calculan los cambios de elevación promedio por unidad de distancia en la dirección x e y (Δx y Δy) así:

$$\Delta x1 = c - a$$

$$\Delta y1 = a - g$$

$$\Delta x2 = f - d$$

$$\Delta y2 = b - h$$

$$\Delta x3 = i - g$$

$$\Delta y3 = c - i$$

$$x = (\Delta x1 + \Delta x2 + \Delta x3) / 3 \times x_s$$

$$y = (\Delta y1 + \Delta y2 + \Delta y3) / 3 \times y_s$$

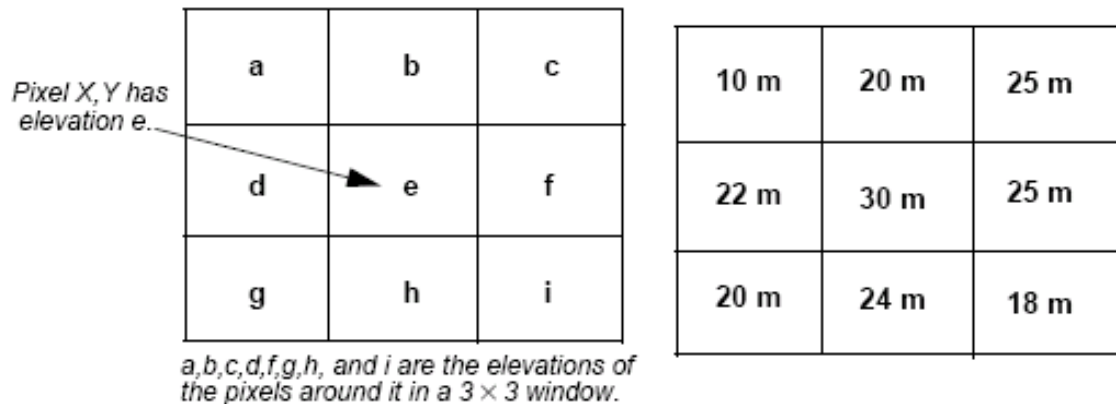
Donde:

$a...i$ = valores de elevación de los píxeles en una ventana 3x3.

x_s = tamaño del píxel en x = 30 metros

y_s = tamaño del píxel en y = 30 metros

Figura 35. Calculo de Pendiente



Fuente : Guía de usuario del software ERDAS

La pendiente en el píxel x, y se calcula así:

$$s = \frac{\sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}}{2} \quad s = 0.0967$$

$$\text{if } s \leq 1 \quad \text{percent slope} = s \times 100$$

$$\text{if } s > 1 \quad \text{percent slope} = 200 - \frac{100}{s}$$

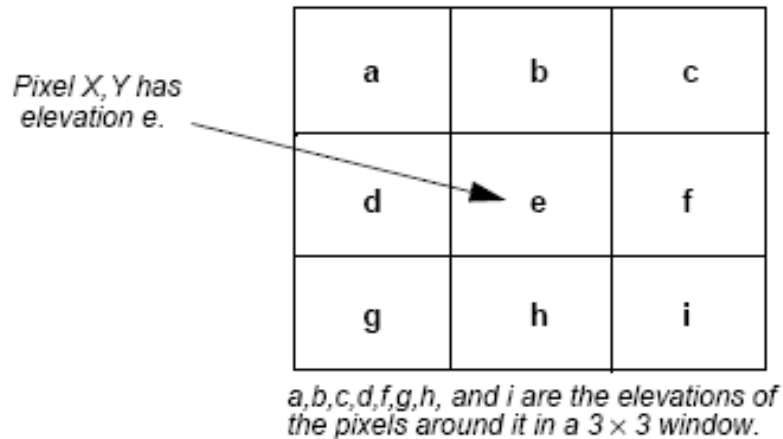
$$\text{slope in degrees} = \tan^{-1}(s) \times \frac{180}{\pi}$$

3.7.2 Aspecto. Una imagen de aspecto es un archivo de imagen que está codificado en escala de grises de acuerdo con la dirección predominante de la pendiente en cada píxel. El aspecto está expresado en grados a partir del norte, en dirección horaria, desde 0 a 360. El norte es 0 grados. Un valor de 90 grados es este, 180 grados es sur y 270 grados es oeste. Un valor de 361 grados se usa para identificar superficies planas como cuerpos de agua.

Al igual que en los cálculos de pendiente, en aspecto se usa una ventana de 3 × 3 alrededor de cada píxel para calcular la dirección predominante que enfrenta. Para el píxel x,y con los siguientes valores de elevación a su alrededor, primero se calculan los cambios de elevación promedio. Cada píxel es de 30 × 30 metros en el siguiente ejemplo:

$$\begin{array}{lll} \Delta x1 = c-a & \Delta x2 = f-d & \Delta x3 = i-g \\ \Delta y1 = a-g & \Delta y2 = b-h & \Delta y3 = c-i \end{array}$$

Figura 36. Calculo de aspecto



Fuente : Guía de usuario del software ERDAS

Donde:

$a...i$ = valores de elevación de los píxeles en una ventana de 3x3.

$$\Delta x = (\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3) / 3 \quad \Delta y = (\Delta y_1 + \Delta y_2 + \Delta y_3) / 3$$

Si $\Delta x = 0$ y $\Delta y = 0$, entonces el aspecto es plano (codificado a 361 grados). De otra manera, se calcula así:

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta x}{\Delta y} \right)$$

Note que θ está calculado en radianes, entonces aspecto es $180 + \theta$ (en grados).

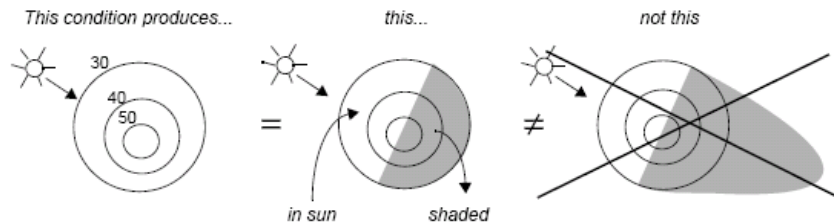
3.7.3 Relieve. Una imagen de relieve proporciona una ilustración de las variaciones en elevación. Basado en una posición del sol especificada por el usuario, las áreas que estarían iluminadas se resaltan y las áreas que estarían sombreadas se oscurecen.

Las imágenes de relieve sombreado se generan a partir de una superficie de elevación, sola o en combinación con un archivo de imagen desplegada sobre el terreno. Es importante anotar que el programa de relieve identifica las áreas sombreadas—es decir, aquellas que no reciben la luz solar directamente. El programa no calcula la sombra que es proyectada por objetos topográficos en la superficie adyacente.

Por ejemplo, una montaña alta, con luz solar proveniente del noroeste sería simbolizada como sigue en relieve sombreado. Únicamente, las porciones de la montaña que estarían ensombrecidas frente a una luz noroeste serían

oscurecidas. El programa no simularía la sombra que la montaña pudiera proyectar en el lado sureste.

Figura 37. Ejemplo de Relieve Sombreado



Fuente : Guía de usuario del software ERDAS

Las imágenes de relieve sombreado son una herramienta gráfica efectiva. Ellas también pueden ser utilizadas en análisis, por ejemplo el derretimiento de la nieve definido por una superficie de elevación. Se puede generar una serie de imágenes de relieve para simular el movimiento del sol sobre el paisaje. La nieve se derrite a velocidades que pueden estimarse para cada píxel basadas en la cantidad de tiempo que dicho píxel está iluminado o ensombrecido. Las imágenes de relieve sombreado también se pueden utilizar para realzar detalles sutiles en imágenes en escala de grises tales como aeromagnetismo, radar, mapas gravimétricos, etc.

Al calcular el relieve, el software compara la posición del sol y el ángulo especificados por el usuario con el ángulo que cada píxel enfrenta. A cada píxel se le asigna un valor entre -1 y +1 para indicar la cantidad de reflectancia de luz en dicho píxel.

- Números negativos y valores cero representan áreas sombreadas.
- Números positivos representan áreas soleadas, con +1 asignado a las áreas de reflectancia más alta.

Los valores de reflectancia son luego aplicados a los valores originales del píxel para obtener el resultado final. Todos los valores negativos son cambiados a 0 o al nivel de luz mínimo que el usuario especifique. Ellos indican áreas ensombrecidas. La reflectancia de luz en áreas soleadas cae en un rango de valores que depende de si el píxel está enfrentando directamente el sol o no. (En el ejemplo de arriba, los píxeles enfrentados al noroeste serían los más brillantes. Los píxeles enfrentando el norte-noroeste y el oeste-noroeste no serían tan brillantes.)

En un archivo de relieve, en el que un DEM muestra la superficie del relieve, los valores de reflectancia de la superficie son multiplicados por los valores de despliegue de color de del archivo de imagen.

3.7.4 Rasgos Topográficos. Esta herramienta es usada para producir una imagen de salida que clasifica cada píxel en uno de los tipos de cualquiera de los tipos de terreno siguientes: Pico, cordillera, Estrechos, Planos, Canales o abismos.

Los rasgos topográficos son determinados ajustando una superficie cuadrática a los datos digitales de elevación para un tamaño del kernel determinado y calcula la pendiente y curvaturas de la superficie.

La pendiente y curvatura de la superficie determinan el rasgo Topográfico. Por ejemplo, una superficie con cambio dependiente de positivo a negativo (cóncava transversalmente) se puede deducir que es un canal. Un Pico, tiene la característica de ser convexo tanto longitudinalmente y transversalmente. Mientras una cordillera es sacada de pendientes convexas transversalmente. Mientras los estrechos tienen una curvatura cóncava y una curvatura convexa.

3.7.5 DEM. Un modelo digital de elevación es una representación matemática de distribución espacial de una determinada característica vinculada a una superficie real. La superficie es en general continua y un fenómeno que representa puede ser variado.

Para la representación de una superficie real sin computador, es indispensable la elaboración y creación de un modelo digital, que puede estar representado por ecuaciones analíticas o una red de puntos, de modo de transmitir al usuario las características espaciales del terreno.

DEM's son datos de modelo digital de elevación. DEM fue originalmente un término reservado para datos de elevación suministrados por USGS, pero actualmente es utilizado para describir cualquier dato de elevación digital.

3.8 RADAR

El término Radar ("*Radio Detection And Ranging*") es utilizado de forma general para clasificar los sistemas que operan en la zona de frecuencia de microondas.

El sistema radar está configurado en forma tal que el transmisor produce radiación electromagnética de una potencia conocida a una frecuencia dada.

La transmisión de las ondas electromagnéticas por un medio es directamente proporcional a la longitud de onda; de esta forma, cuanto menor la frecuencia del radar mayor será su penetración. Esta facilidad permite digitalización de imágenes donde los sistemas digitalizadores en la región del visible y del infrarrojo

se muestran ineficientes, principalmente en situaciones de extensa cobertura de nubes, como es el caso de la región amazónica.

Patrón Antena. Las variaciones de baja frecuencia en el brillo de las imágenes en la dirección de "rango" son causadas principalmente por la pérdida de potencia relacionada con la geometría de visión lateral, que decae con $1/R^3$ en el caso de las imágenes SAR, donde R es la distancia entre la antena y un dado punto en la imagen.

Esta pérdida de potencia es corregida en el instante de la adquisición de cada pulso, a través el STC (Sensitivita Time Control), revisando la corrección del decaimiento de la potencia. Debido la imperfección en el sistema STC u otras perturbaciones de la electrónica del radar (variación de ganancia del amplificador durante el tempo de adquisición del eco), mecánica o eléctrica, la corrección no es perfecta, permaneciendo alguna variación residual.

El algoritmo consiste en generar un patrón a través de la media de las columnas de la imagen. La media de las columnas debe ser tomada en regiones (ventanas) tan homogéneas como sea posible. Se debe garantizar que exista la media en toda la dirección de "rango".

Dos métodos pueden ser utilizados en el filtrado (ajuste). El primero es el de la media móvil, que consiste en filtrar el padrón a través de un filtro de media, donde el número de puntos de la media es definido por el tamaño de la ventana de la interfase. El segundo es el ajuste por polinomio, donde el grado del polinomio es seleccionado a través de la interfase.

Después del filtrado del padrón, la imagen puede ser corregida. Uno de los métodos de corrección es el multiplicativo, que consiste en multiplicar el valor del píxel que está siendo procesado, $V(i,j)$, por un factor dado por la razón entre el valor medio del padrón, $\bar{P}$ y el valor del padrón ajustado, $P(j)$, o sea:

$$V_c(i,j) = V(i,j) \cdot \frac{\bar{P}}{P(j)}$$

Donde j es el índice de columna de la imagen (dirección de "rango").

3.8.1 Filtro Adaptativos (Supresion De Ruido)

- Filtro Frost [Frost -1982] Es un filtro convolucional lineal, derivado de la minimización del error medio cuadrático sobre el modelo multiplicativo del ruido. En este filtro se incorpora la dependencia estadística de la señal original, ya que

se supone una función de correlación espacial exponencial entre píxeles. Es un filtro adaptativo que preserva la estructura de bordes.

- Filtro Lee [Lee-1981]. Adopta un modelo multiplicativo para el ruido y obedece el criterio de "local linear minimum mean square error". Local, porque utiliza estadísticas locales del píxel a ser filtrado, admitiendo la no estacionalidad de la media y de la variancia de la señal. Es un filtro lineal porque realiza una linealización por expansión en serie de Taylor de la multiplicación de la señal y el ruido en torno de la media, utilizando solamente los términos lineales. El resultado de la linealización transforma el modelo multiplicativo del ruido en aditivo, o sea, el ruido y la señal se tornan independientes; y finalmente, "minimum mean square error", porque minimiza el error medio cuadrático a través del filtro de Wiener (filtro basado en el criterio de error mínimo medio cuadrático). El filtro de Lee es un filtro adaptativo y general.

Filtro De Kuan/Nathan [Kuan Et Al.-1982]. Adopta el modelo multiplicativo. El procedimiento es semejante al de Lee, en donde la estimación punto a punto es realizada utilizándose el filtro de Wiener. La diferencia entre ellos, consiste en el hecho de que en el filtro de Kuan/Nathan no se realiza ninguna aproximación. Es también un filtro adaptativo y general.

Medidas cuantitativas realizadas en los filtros probados, mostraron que los filtros de Lee, Kuan, Frost preservan el valor medio de la imagen. Los filtros no específicos para ruido, presentan una reducción considerable de la desviación estándar, lo que implica una gran pérdida de información (pérdida de resolución). El filtro de Frost presentó la máxima preservación de textura y una menor pérdida de información.

La utilización de un filtro u otro depende de la aplicación deseada. Para una determinada aplicación, si el factor más importante es:

- Relación señal-ruido - se aconseja el uso del Filtro de Media.
- Pérdida mínima de resolución - se recomienda usar el Filtro de Frost
- Relación señal-ruido y pérdida mínima de resolución, se aconseja el Filtro de Frost.

3.8.2 Textura. Según Pratt (1991), "Muchas porciones de imágenes de escenas naturales están desprovistas de bordes bien definidos sobre áreas grandes. En estas áreas la escena puede caracterizarse como una estructura consistente muy similar a la textura de la tela. Las medidas de la textura de una imagen pueden usarse para segmentar una imagen y clasificar sus segmentos."

Como un realce, la textura se aplica particularmente a los datos de radar, aunque puede aplicarse a cualquier tipo de datos con resultados variados. Por ejemplo, se

ha demostrado (Blom et al 1982) que una imagen de varianza de tres capas usando ventanas 15×15 , 31×31 y 61×61 combinadas en una imagen RGB de tres colores (rojo, verde, azul) es útil para discriminación geológica. Lo mismo podría aplicarse a una clasificación de vegetación.

- **Análisis De La Textura En El Radar.** La interacción de las ondas de radar con la superficie de interés es dominada por la reflexión que involucra la rugosidad de la superficie en la escala de longitudes de onda. En imágenes VIS/IR, el fenómeno involucrado es la absorción a nivel molecular. También, como se conoce por el tipo de arreglo de la antena, el radar es especialmente sensible a la regularidad que es un múltiplo de su longitud de onda. Esto proporciona un método más preciso para cuantificar el carácter de la textura en el retorno del radar.

La capacidad para usar datos de radar para detectar textura y proporcionar información topográfica acerca de la imagen es una gran ventaja sobre otros tipos de imágenes en donde la textura no es una característica cuantitativa.

La transformación de textura puede usarse de varias maneras para mejorar el uso de imágenes de radar. Agregar la imagen de intensidad de radar como una capa adicional en una clasificación de vegetación es bien sencilla y puede ser útil. Sin embargo, la imagen de textura apropiada (función y tamaño de la ventana) puede aumentar bastante la discriminación. Usando sitios conocidos de prueba, uno puede experimentar para discriminar cuál imagen de textura ayuda más a la clasificación. Por ejemplo, la imagen de textura podría agregarse como capa adicional a las bandas TM.

Aunque la textura ha sido típicamente una medida cualitativa, esta puede mejorarse con algoritmos matemáticos.

- **Distancia Media Euclidiana**
Estos algoritmos se muestran abajo (Iron y Petersen 1981).

$$\text{Mean Euclidean Distance} = \frac{\sum [\sum_{\lambda} (x_{c\lambda} - x_{ij\lambda})^2]^{\frac{1}{2}}}{n - 1}$$

Donde:

$x_{ij\lambda}$ = valor del ND para la banda espectral λ y píxel (i,j) de una imagen multiespectral.

$x_{c\lambda}$ = valor del ND para la banda espectral λ del píxel central de la ventana

n = número de píxeles en la ventana,

- Varianza

$$Variance = \frac{\sum (x_{ij} - M)^2}{n - 1}$$

Donde:

x_{ij} = valor del ND del píxel (i,j)

n = número de píxeles en la ventana.

M = media de la ventana móvil.

- Media.

$$Mean = \frac{\sum x_{ij}}{n}$$

- Oblicuidad (Skewness)

$$Skew = \frac{\left| \sum (x_{ij} - M)^3 \right|}{(n - 1)(V)^{\frac{3}{2}}}$$

Donde:

x_{ij} = el valor del ND del píxel (i,j)

n = número de píxeles en la ventana

M = media de la ventana móvil (Ver arriba)

V = varianza (Ver arriba)

- Kurtosis

$$Kurtosis = \frac{\sum (x_{ij} - M)^4}{(n - 1)(V)^2}$$

Donde:

x_{ij} = valor del ND del píxel (i,j)

n = número de píxeles en la ventana

M = media de la ventana móvil (Ver arriba)

V = varianza (Ver arriba)

3.9 OTRO TIPO DE PROCESOS

3.9.1 Detección de cambios. La detección de cambios a partir de una secuencia multitemporal de imágenes de satélite es una de las aplicaciones más importantes en teledetección. Como es bien sabido, este proceso requiere de una adecuada corrección radiométrica y geométrica de las imágenes, de manera que los cambios detectados sólo sean atribuibles a verdaderas modificaciones del paisaje.

El análisis de detección de cambios abarca un rango amplio de métodos para identificar, describir y cuantificar las diferencias entre imágenes de la misma escena en diferentes tiempos de toma o bajo diferentes condiciones de toma.

Muchas de las herramientas ofrecidas por los programas (tales como matemática de bandas o análisis de componentes principales) pueden ser usadas de forma independiente o en combinación, como parte de un análisis de detección de cambios.

Esta herramienta se basa en las diferencias de un par de imágenes (final – inicial) a las cuales se resaltan las variaciones de valor digital entre píxeles según los umbrales fijados por el usuario, un cambio positivo, quiere decir que aumentó su VD, y un cambio negativo significa que hay una disminución de VD.

3.9.2 Matemática de banda y espectros. La rutina de matemática de bandas es una herramienta que le permite definir su propio algoritmo y aplicarlo según a las bandas o a archivos enteros. Generalmente usted puede construir un algoritmo sencillo o complicado según usted lo desee. Por ejemplo usted simplemente puede sustraer una banda de otra, de la misma imagen o ejecutar su propia función como le desee.

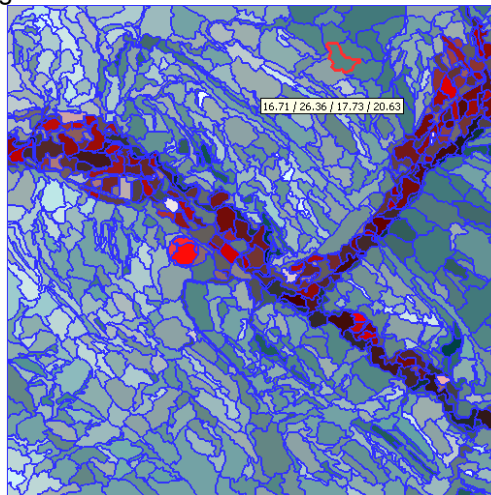
Este es un término general para describir operaciones que combinan los píxeles de dos o más capas ráster en combinaciones matemáticas, con esta función se pueden calcular los diferentes tipos de índices predeterminados en los programas, solo que con esta aplicación se puede realizar la operación deseada.

3.9.3 Segmentación de la imagen. En este proceso, se divide la imagen en regiones que deben corresponder a las áreas de interés de la aplicación. Se

entiende por regiones un conjunto de "píxeles" contiguos, que se dispersan en dos direcciones y que presentan uniformidad entre sí. Es aconsejable realizar este proceso como una fase previa a la clasificación, donde se extraen los objetos relevantes para la aplicación deseada. El método mas usado en este proceso es el crecimiento de regiones.

Este método consiste en un agrupamiento de los datos en la cual se solo las regiones adyacentes pueden ser unidas.

Figura 38. Imagen Segmentada.



Inicialmente, este proceso de segmentación rotula cada píxel como perteneciente a una región diferente. Seguidamente se calcula un criterio de similitud para cada par de regiones adyacente espacialmente. El criterio de similitud es que cada 4 u 8 píxeles son considerados para la conectividad, basados en un test de hipótesis estadístico que prueba la media entre las regiones. Luego se divide la imagen en un conjunto de subimágenes y se realiza la unión de regiones, según un umbral de cambio definido y/o un número mínimo de píxeles que deben estar contenidos en la región.

Para que dos regiones A y B vecinas sean unidas, se debe adoptar el siguiente criterio:

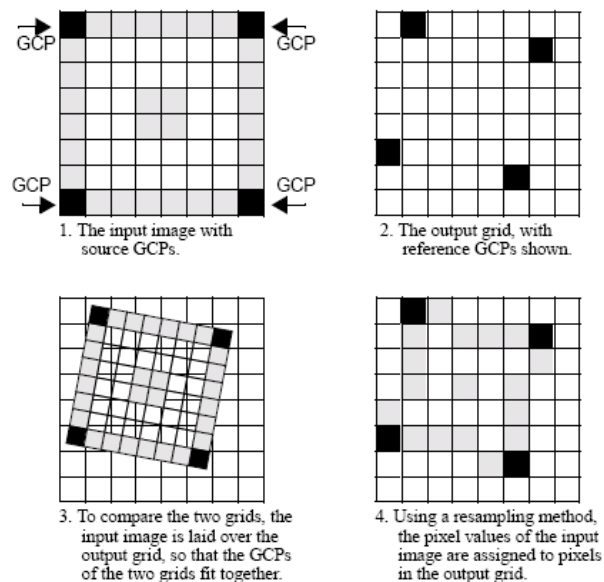
- A y B son similares (test de las medias);
- La similitud satisface el umbral establecido;
- A y B son mutuamente próximas (entre los vecinos de A, B es la más próxima, y entre los vecinos de B, A es la más próxima).

En el caso que las regiones A y B satisfagan estos criterios, dichas regiones serán agregadas, en caso contrario, el sistema reinicia el proceso de prueba de

conexión. Cada región conectada o segmento, esta dad por un único valor digital en el archivo de salida.

3.9.4 Remuestreo. Cuando se desea realizar una rectificación de una imagen, la determinación del modelo de transferencia de coordenadas cartográficas, no significa el fin del proceso de la rectificación. Es necesario prevenir un nuevo modelo para la transferencia de los valores digitales (VD) de la imagen original hacia los píxeles de la misma imagen corregida. En efecto, la corrección de coordenadas cartográficas, no contempla una transferencia de los VD a sus píxeles respectivos una vez que la transferencia de coordenadas está procesada. Para la creación de esta nueva matriz de píxeles, se usa según el caso tres modelos de interpolación y cada uno de ellos presenta beneficios e inconvenientes.

Figura 39. Remuestreo



Fuente : Guía de usuario del software ERDAS

En todos los métodos, el número de filas y de columnas en la salida se calcula a partir de las dimensiones del mapa de salida, las cuales son determinadas por la transformación geométrica y el tamaño de la celda. Las esquinas de salida (superior izquierda e inferior derecha) del archivo de salida se pueden especificar. Los valores default se calculan de tal manera que el archivo fuente completo es remuestreado al archivo destino. Si se está realizando una rectificación imagen a imagen, puede ser benéfico especificar las esquinas de salida relativas al sistema del archivo de referencia, de manera tal que las imágenes sean co-registradas. En

este caso, las coordenadas X, Y de la esquina superior izquierda son 0, 0 y no los valores default.

- **Vecino Más Cercano.** Para determinar el píxel de salida más cercano, las coordenadas rectificadas (xo,yo) del píxel son retransformadas al sistema de coordenadas fuente usando la inversa de la transformación. Las coordenadas retransformadas (xr,yr) son usadas en la interpolación bilineal y en la convolución cúbica también. El píxel que está más cercano a las coordenadas retransformadas (xr,yr) es el vecino más cercano. Los niveles digitales de ese píxel se convierten en los niveles digitales de la imagen de salida.
- **Interpolación Bilineal.** En interpolación bilineal, el nivel digital del píxel rectificado se basa en las distancias entre la posición de la coordenada retransformada (xr,yr) y los cuatro píxeles más cercanos en la imagen de entrada (fuente). En este ejemplo, los píxeles vecinos son numerados 1, 2, 3 y 4. Dados los niveles digitales de estos cuatro píxeles en una grilla, la tarea es calcular un nivel digital para r (V_r)

Para calcular V_r , primero se deben considerar V_m y V_n . Interpolando V_m y V_n , usted puede realizar una interpolación lineal que es un proceso simple de ilustrar. Si los niveles digitales son plotados en un gráfico relacionando las distancias entre ellos, es clara la interpolación lineal. El nivel digital de m (V_m) es una función del cambio en el nivel digital entre los píxeles 3 and 1 (es decir, $V_3 - V_1$).

La ecuación para calcular V_m a partir de V_1 y V_3 es:

$$V_m = \left[\frac{V_3 - V_1}{D} \right] \times dy + V_1$$

Donde:

Y_i = la coordenada Y del píxel i

V_i = el nivel digital del píxel i

dy = la distancia entre Y_1 y Y_m en el sistema de coordenadas fuente

D = la distancia entre Y_1 y Y_3 en el sistema de coordenadas fuente

Si uno considera que $(V_3 - V_1 / D)$ es la pendiente de la línea en el gráfico de arriba, entonces esta ecuación se transforma en la ecuación de una línea $y = mx + b$.

De manera similar, la ecuación para el cálculo del nivel digital para n (V_n) en la grilla de píxeles es:

$$V_n = \left[\frac{V_4 - V_2}{D} \right] \times dy + V_2$$

A partir de V_n y V_m , el nivel digital de r , que es la posición de la coordenada retransformada (x_r, y_r) , se puede calcular de la misma manera:

$$V_r = \left[\frac{V_n - V_m}{D} \right] \times dx + V_m$$

La ecuación siguiente se obtuvo acoplando las ecuaciones para V_m y V_n a esta ecuación final para V :

$$V_r = \frac{\left[\frac{V_4 - V_2}{D} \times dy + V_2 \right] - \left[\frac{V_3 - V_1}{D} \times dy + V_1 \right]}{D} \times dx + \left[\frac{V_3 - V_1}{D} \times dy + V_1 \right]$$

$$V_r = \frac{V_1(D - dx)(D - dy) + V_2(dx)(D - dy) + V_3(D - dx)(dy) + V_4(dx)(dy)}{D^2}$$

En la mayoría de los casos $D = 1$, ya que las coordenadas de archivo de los datos se usan como coordenadas fuentes y ellas tienen incrementos de 1. Algunas ecuaciones para interpolación bilineal expresan los niveles digitales de salida como:

Donde:

$$V_r = \sum w_i V_i$$

w_i = un factor de peso

La ecuación de arriba podría ser expresada en un formato similar, en el cual el cálculo de w_i es claro:

$$V_r = \sum_{i=1}^4 \frac{(D - \Delta x_i)(D - \Delta y_i)}{D^2} \times V_i$$

Donde:

Δx_i = cambio en la dirección X entre (x_r, y_r) y la coordenada de archivo de datos del píxel i

Δy_i = cambio en la dirección Y entre (x_r, y_r) y la coordenada de archivo de datos del píxel i

V_i = el nivel digital del píxel i

D = la distancia entre píxeles (en X o en Y) en el sistema de coordenadas fuente

Para cada uno de los cuatro píxeles, el nivel digital tiene más peso si el píxel está más cercano a (x_r, y_r) .

- **Convolución Cúbica:** La convolución cúbica es similar a la interpolación bilineal, excepto que: un conjunto de 16 píxeles, en un arreglo de 4×4 , se promedia para determinar el nivel digital de salida, y una aproximación de función cúbica, en lugar de lineal, se aplica los 16 valores de entrada. Para identificar los 16 píxeles en relación con la coordenada retransformada (x_r, y_r) , se usa el píxel (i, j) , de manera que, $i = \text{int}(x_r), j = \text{int}(y_r)$

Esto asume que (x_r, y_r) está expresado en coordenadas de archivo de datos (píxeles). Los píxeles alrededor (i, j) conforman una grilla de píxeles de entrada de 4×4 . Como se usa una función cúbica, en lugar de una lineal, para dar peso a los 16 píxeles de entrada, los píxeles más lejanos de (x_r, y_r) tienen exponencialmente menos peso que aquellos que están cerca de (x_r, y_r) . Diversas versiones de la ecuación de convolución cúbica son usadas. Las diferentes ecuaciones tienen diferentes efectos sobre los niveles digitales de salida. Algunas convoluciones pueden ser similares a un filtro de baja frecuencia (como la interpolación bilineal) ayudando a promediar y a suavizar los valores. Otras pueden tender a aumentar la nitidez de la imagen, de manera similar a un filtro de alta frecuencia. El efecto general de la convolución cúbica depende de los datos.

La formula usualmente usada es:

$$V_r = \sum_{n=1}^4 V(i-1, j+n-2) \times f(d(i-1, j+n-2)+1) +$$

$$V(i, j+n-2) \times f(d(i, j+n-2)) +$$

$$V(i+1, j+n-2) \times f(d(i+1, j+n-2)-1) +$$

$$V(i+2, j+n-2) \times f(d(i+2, j+n-2)-2)$$

Donde:

$i = \text{int}(x_r)$

$j = \text{int}(y_r)$

$d(i, j)$ = distancia entre un píxel con coordenadas (i, j) y (x_r, y_r)

$V(i, j)$ = el nivel digital del píxel (i, j)

V_r = el nivel digital de salida

$a = -0.5$ (una constante que difiere en otras aplicaciones de convolución cúbica)

En la mayoría de los casos, un valor de a de -0.5 tiende a producir capas de salida con una media y una desviación estándar más cercana que las de los datos originales (Atkinson 1985).

Tabla. 07. Relación de los Tipos de Remuestreo

METODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Vecino mas Cercano	Transfiere los valores de los datos originales sin promediar como lo hacen los otros métodos; por consiguiente, los datos en los extremos no se pierden. Adecuado para antes de una clasificación. Es el de más fácil y rápido uso. Apropiado para archivos temáticos	Cuando se usa para un remuestreo desde un tamaño de un tamaño de grilla mayor a uno menor, este usualmente hace un efecto de escalón sobre las líneas diagonales y curvas. Algunos datos pueden reducirse mientras otros valores pueden ser duplicados. Using on linear thematic data (e.g., roads, streams) may result in breaks or gaps in a network of linear data.
Interpolación Bilineal	Más exactitud espacial que el método anterior. Este método se usa a menudo para cambiar el tamaño de la celda de los datos. Los resultados de las imágenes son mas uniformes, sin el efecto escalón.	Desde que los píxeles se promedian, la interpolación bilineal tiene el efecto de una circunvolución de baja frecuencia. Se uniformizan los bordes, y algún datos extremos se pierden.
Convolución Cúbica	Usa remuestreo de 4x4. En la mayoría de los casos, la media y desviación estándar de los píxeles de salida son iguales a los de los píxeles de entrada. Haciéndolo así el método mas preciso de todos. El efecto de curva cúbica puede agudizar la imagen y uniformizar el ruido (Atkinson, 1985). Los efectos dependen de los datos usados. Este método es recomendado cuando hay un cambio dramático en el tamaño de la celda de los datos, como en la unión de fotos aéreas temáticas (eje. Igualar una ventana de 4x4 con una ventana 2x2).	Los valores pueden ser alterados. Es el más intenso método de remuestreo, por lo tanto es el más lento.

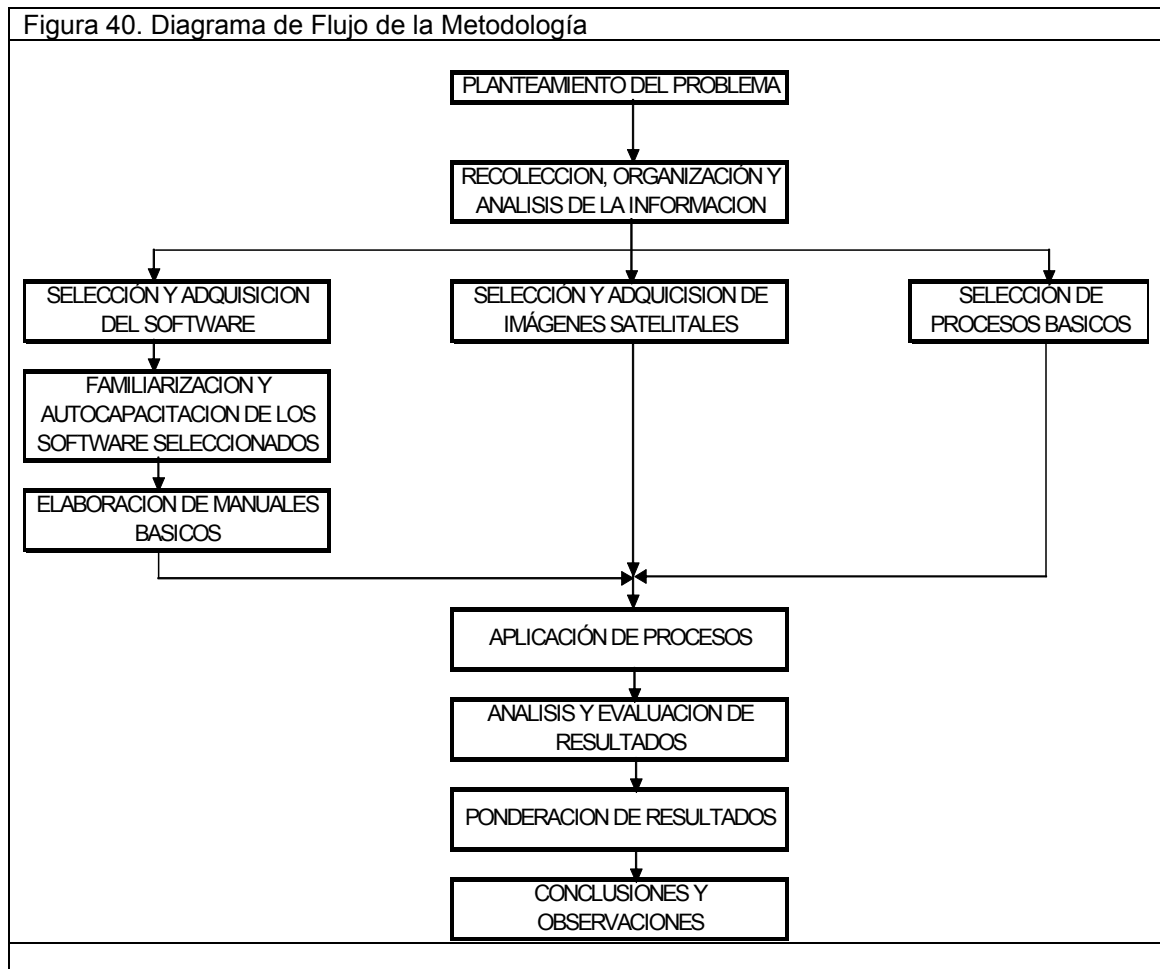
Fuente: Jensen, 2000

Los métodos de remuestreo no son exclusivos de la rectificación de imágenes, se utilizan frecuentemente para visualizar las imágenes Raster en pantalla, estos datos se remuestrean para desplegarlos en la pantalla, según el tamaño del visor y si este es disminuido o ampliado, aunque en este proceso solo tiene una función visual y no afecta los datos de la imagen como es el caso de la rectificación.

4. METODOLOGÍA

Este estudio pretende dar a conocer a los lectores el método de selección de software especializado en el tratamiento digital de imágenes de satélite para posteriormente realizar un análisis de resultados y rendimientos de dichos software, aplicando una serie de procesos básicos que se seleccionaron basándonos en la literatura especializada en el tema y fuentes conocedoras de esta tecnología.

4.1 METODOLOGIA APLICADA



Las ventajas en la utilización de la teledetección en cuanto a costos y mejores resultados en la realización de proyectos sobre otros métodos tradicionales ha repercutido en una gran demanda de productos e información en la área de teledetección, es importante conocer las ventajas más allá de lo que se menciona en las paginas Web o boletines informativos de las empresas comerciales que manejan tanto el software como las imágenes satelitales, para ello se realizó un análisis comparativo con el fin de orientar que programas se comportan mejor u ofrecen mayores ventajas en cuanto a rendimientos ante los demás en determinadas aplicaciones.

4.2 DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA

4.2.1 Planteamiento del problema. El desarrollo de la tecnología de la percepción remota y la enorme disponibilidad de datos obtenidos por diferentes plataformas espaciales, han abierto un potencial enorme de información que se viene utilizando con mayor frecuencia por parte de especialistas de diferentes disciplinas que tienen que ver, no solo con las ciencias de la tierra, sino también con otras ciencias como la informática, física o matemáticas. Esta tecnología ha tenido en los últimos años, un enorme espacio de aplicaciones gracias a la socialización en el uso de computadoras de alta capacidad que permiten procesar datos satelitales de una forma cada vez mas amigable y comprensiva, incrementándose esta facilidad de tratamiento digital de imágenes, con los enormes recursos disponibles en Internet.

Paralelamente a todo el desarrollo tecnológico en los diversos campos del conocimiento humano, importantes logros se han alcanzado en las ciencias de la observación espacial, gracias a la diversidad de nuevas plataformas espaciales que orbitan nuestro planeta. De esta manera, las imágenes satelitales se constituyen hoy en día, en un importante material para la observación de la tierra que provee una gran cantidad de información con importantes ventajas económicas comparativas. (Lizeca, 2004).

Como primer paso de este avance se debe organizar el gran volumen de información proveniente de investigaciones en los diversos campos de aplicación de la percepción remota que junto con su difusión a través de varios medios donde se puede encontrar información frecuentemente disgregada y parcializada que conduce comúnmente a los posibles usuarios realizar elecciones inapropiadas para el problema que este desea resolver. El proyecto tiene la finalidad de investigar, recoger y organizar la información existente en las diversas fuentes de información relacionados con la teoría, aplicaciones y tratamiento de la teledetección, así como un análisis comparativo de las funcionalidades de programas seleccionados como base para optimizar futuras investigaciones y aplicaciones relacionadas con este tema.

4.2.2 Recursos Bibliográficos. Esta etapa consiste en la recopilación, organización y análisis de la información de publicaciones referentes al tema en estudio, tanto en medio físico, digital e Internet, que en este caso fue la herramienta mas usada por su disponibilidad, fácil acceso y gran volumen de información

Además todo el material relacionado en la bibliografía se analizó de forma minuciosa para poder ampliar el conocimiento sobre las técnicas, procesos relacionados con la teledetección.

4.2.3 Software. Para la selección de un software para realizar el presente estudio se realizaron las siguientes etapas: Búsqueda y análisis de información, Preselección de software, Selección, Adquisición.

- Búsqueda y Análisis de información. Se realizo como primer paso una búsqueda de información por medio de la Web en motores de búsquedas (Google, Altavista, Conexcol, entre otros) bajo los parámetros de: Software + tratamiento de imágenes satelitales, Programas + Teledetección, entre otros; para conocer los programas mas utilizados comercialmente en el tratamiento digital de imágenes y conocer los principales atributos de estos software para una posterior selección.
- Preselección. Seguidamente, con la información obtenida, se realizo una lista preliminar de programas especializados en el tratamiento digital de imágenes, mencionados mas adelante:

Asimismo, se recolecto la información disponible de estos programas en cuanto a manuales, tutoriales, guías de Usuario, versiones demo, Folletos que mostraban los atributos que las casas matrices ofrecían para promocionar un software determinado.

Tabla 08. Lista de Software encontrados

Idrisi Kilimanjaro	ENVI
Grass	Microdem
EiNet	Geoimage
Spans	Erdas Imagine
Row Major	PCI Geomatic
MultiSpec	ER-Mapper
Dragon	Spring
Image Processing Workbench(IPW)	Software Development SMIS IKI RAN

Analizada esta información se tomaron como base los siguientes parámetros para una preselección del software para realizar el análisis comparativo.

- o Idioma. Se tomo como primer parámetro debido a lo complicado y demorado que es manejar un software donde la mayor parte de la información esta en un idioma no manejado por el usuario, por ejemplo el Software Development SMIS IKI RAN es un programa ruso, lo cual hace difícil su entendimiento. Por esta razón se tomaron como idiomas base para la preselección el español y el Ingles.
- o Adquisición. Por otra parte, se tomo en cuenta la facilidad de consecución el software en nuestro país. Debido a cuestiones de idioma y la representación en nuestro país o en países en los cuáles fuera fácilmente importado (USA, España, etc.).

Se mandaron correos a las diferentes empresas, para contactar los representantes; en algunos casos no hubo repuesta a estos correos electrónicos, dificultando o limitando el acceso a los programas.

- o Orientación. Otro parámetro primordial para la preselección de los programas fue la orientación de estos, pues en algunos caso la aplicación de los programas esta muy particularizada como en sectores de la Oceanografía, Meteorología, por lo que decidió no preseleccionar este tipo de programas y dejar los que son más generales en el tratamiento digital de imágenes satelitales.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, se preseleccionaron los programas a analizar mostrados en la siguiente tabla, en la cual se muestra la consideración principal por la cual el software nos llamo la atención, claro esta que los programas seleccionados cumple las demás consideraciones, antes descritas.

Tabla 09. Software Preseleccionado

SOFTWARE	CONSIDERACION PRINCIPAL	IDIOMA
ENVI	Buen Seguimiento, Tutoriales	INGLES
Geoimage	Buena Información	INGLES
Erdas Imagine	Disponibilidad, Popularidad	INGLES
PCI Geomatic	Seguimiento, Disponibilidad	INGLES
ER-Mapper	Buena Información	INGLES, ESPAÑOL
Spring	Gratuito, Disponibilidad	PORTUGUES, ESP.,ING
Idrisi Kilimanjaro	Buena Información, Popularidad	INGLES, ESPAÑOL
Grass	Gratuito	INGLES

- Selección y adquisición. Reducido el número de programas para tratamiento de imágenes bajo las consideraciones mencionadas, estos son los programas que se ajustan a nuestras necesidades, lo ideal sería realizar el análisis propuesto en este proyecto, pero por cuestiones económicas, se tomaron otras consideraciones más precisas como fueron un pequeño análisis de estos programas para encontrar los programas más óptimos y de esta manera reducir costos, un análisis de costos de los diferentes software.

Se realizó un análisis en base al cumplimiento de ciertas características en cuanto al procesamiento digital de imágenes, para poder observar cuáles programas ofrecían mayores características para realizar un análisis completo, todo esto basado en la información que se encontró en la Web sobre los diferentes programas, se realizó la tabla 11 donde se muestran las características generales y los programas a los cuales se le halló información. En este análisis se presentaron dificultades para la realización debido a la información disgregada de los diferentes programas.

Como segundo paso a la selección se realizó otro análisis en cuanto a costos de cada uno de los programas, para tomar una decisión tomando en cuenta este criterio, que es uno de los más importantes debido al poco recurso económico con el que contamos, estos resultados se muestran en la Tabla 10, más adelante.

Tabla 10 Análisis de costos

PROGRAMA	VERSION EDUCACIONAL*	VERSION PROFESIONAL*	VALOR EN PESOS	
ENVI	\$ 1.500	\$ 5.800	\$ 3.913.320	\$ 15.131.504
SPRING	GRATUITO	GRATUITO	GRATUITO	GRATUITO
ERDAS PROFESIONAL	----	\$ 330.000	----	\$ 6.342.910
GRASS	GRATUITO	GRATUITO	GRATUITO	GRATUITO
ISRIDI KILIMANJARO	\$ 600	\$ 995	\$ 1.565.328	\$ 2.595.836
ER MAPPER	GRATUITO	\$ 3.995	GRATUITO	\$ 18.654.622
GEOIMAGE	\$10000 (5 Lic.)	\$ 5.000	\$26.088.800	\$ 13.044.400

*Precios a Marzo del 2005. Tasa representativa del dólar \$2500 pesos

Con base a los anteriores análisis, se puede observar un mejor comportamiento de las características de los programas ENVI, ERDAS, SPRING e IDRISI. Igualmente vemos en el análisis de costos que estos cuatro programas son los que mejor se adaptan a nuestras necesidades, aunque no se debe menos preciar las capacidades de los otros programas.

Tabla 11. Análisis por características*								
CARACTERISTICAS	ENVI	SPRING	ER MAPPER	IDRISI	ERDAS	GRASS	PCI	GEOIMAGE
1.Preprocesamiento De Imágenes								
Corrección Radiométrica (Restauración)	✓	✓	NPI	✓	✓		✓	
Eliminación De Ruido	✓	✓	NPI	✓	✓	✓	✓	
Padrón Antena	✓	✓	✓	✓				
Distorsión Geométrica (ORTHORECTIFICACION)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Corrección por atmósfera	✓						✓	
2.Realce								
Contraste	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Filtraje Espacial	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
Operación Aritmética Entre Bandas	✓	✓	✓	✓				
Transformación IHS	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Transformación RGB	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Componentes Principales	✓	✓		✓	✓		✓	
Modelo de Mezclas	✓	✓						
Lectura De Píxel	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Segmentación De Imágenes	✓	✓		✓	✓	✓		
Estadística De Imágenes	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Superposición De Imágenes	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Fusión de Datos	✓						✓	✓

CARACTERISTICAS	ENVI	SPRING	ER MAPPER	IDRISI	ERDAS	GRASS	PCI	GEOIMAGE
3. Clasificación								
Supervisada (Píxel)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
No Supervisada (Regiones)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4. Procesamiento de Imágenes								
Mosaico de Imágenes	✓	✓	✓	✓	✓			
Detección Espectral	✓	✓	✓		✓		✓	✓
Conversión de Vector a Raster	✓	✓	✓	✓			✓	
5. Modelo Digital Del Terreno								
Mapa De Pendientes	✓	✓		✓	✓			
Volúmenes	✓	✓				✓		
Áreas	✓	✓		✓	✓			
Secciones Transversales	✓	✓				✓	✓	
Perfiles	✓	✓	✓	✓	✓			
Generación de Rasgos Topográficos	✓		✓	✓				
Trazado de curvas de nivel	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
6. Post-Proceso								
Generación De Retículas	✓	✓		✓				
Generación De Imágenes	✓	✓	✓	✓				
Elaboración De Mapas	✓	✓	✓		✓			

CARACTERISTICAS	ENVI	SPRING	ER MAPPER	IDRISI	ERDAS	GRASS	PCI	GEOIMAGE
Digitalización, Edición de Nodos y Líneas	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Transformación proyecciones	✓	✓		✓	✓		✓	
Vuelo a través del Modelo 3D	✓		✓		✓	✓		✓
7. Análisis Geográfico								
Estimación de densidades	✓	✓	✓	✓	✓			
GeoEstadística	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Caracterización del terreno	✓		✓	✓	✓			

✓ El software posee esta característica.

NPI – No se encontró información

- Tabla basada en información encontrada de INTERNET.

Se selecciono el software SPRING, porque es gratuito y cumple con las expectativas esperadas, por otro lado se encontró que la escuela de Ingeniería Civil cuenta con una licencia de funcionamiento del software ERDAS PROFESIONAL, se opto por seleccionar este programa.

Finalmente se tenía como opciones de compra el ENVI e IDRISI KILIMAJANRO. Observando nuevamente los análisis, el ENVI posee mayores características, en contraparte el IDRISI tiene un menor valor, para un mejor desarrollo del proyecto se opto por escoger el ENVI como opción de compra, patrocinado por el Grupo de Investigación GEOMATICA, adscrito a la Escuela de Ingeniería Civil, se realizaron los contactos y procedimientos pertinentes para la compra del software, todo esto se realizo sin ningún contratiempo.

Contando ya legalmente, trabajar con los software se procedió con el siguiente paso del desarrollo del proyecto.

A continuación se da una breve descripción de los programas seleccionados y adquiridos.



ENVI

Mientras trabajaba con los datos del Mariner 7 y 9 de la NASA en el Laboratorio para las Físicas Atmosféricas y Espaciales en la Universidad de Colorado, el fundador de RSI David CERN empezó a trabajar en lo que se volvería IDL en el futuro, un nuevo idioma de la programación para la visualización de los datos y análisis. En 1977, después de varios prototipos, RSI estaba incorporado e IDL fue lanzado comercialmente. NASA rápidamente comprendió el potencial de IDL y estaba entre los primeros clientes de RSI.

En 1981, IDL se volvió a escribir en el lenguaje FORTRAN para VAX/VMS, un sistema que estaba popular con científicos en el momento debido a su 32-bits de memoria virtual. Pronto, los laboratorios de la investigación principales y las universidades mayores por el país estaban usando IDL para resolver su análisis de los datos y desafíos de la visualización.

En abril de 1987, IDL se volvió a escribir en el C para los puestos de trabajo en UNIX, el uso de IDL se expandió en las aplicaciones. La demanda de IDL también se extendió rápidamente a otros campos de estudio incluso la investigación y desarrollo, la ciencia, la medicina e ingeniería

Durante este período, RSI extendió su producto que ofrece por primera vez con el desarrollo de ENVI, una aplicación que procesa imágenes de percepción remota escrita en IDL. La primera versión de ENVI se lanzo en 1994.

Como los conjuntos de datos se han vuelto más grandes y más complejos, la necesidad de extraer las respuestas de los datos también ha crecido. IDL y ENVI continúan extendiendo su la capacidad. En 1998, IDL fue nombrado "Hito de la Tecnología de los Primeros 40 Años de NASA" por su valor de ayuda a científicos de la NASA en los descubrimientos que hacen. (Basado en www.RSInc.com)

El ENVI actualmente va en la versión 4.1, que fue la adquirida para el desarrollo de este proyecto.



SPRING

El SPRING es una aplicación para Sistemas de Información Geográfica (SIG) y al mismo tiempo un sistema de tratamiento digital de imágenes obtenidas por procesos de teledetección que realiza la integración de las representaciones de datos matriciales y datos con estructura vectorial en un único ambiente.

SPRING es un producto desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) de Brasil con la cooperación de la Agencia Investigación Agrícola de Brasil (EMBRAPA/CNPQ), el Centro Latinoamericano de Soluciones Encino Superior y Pesquisas (IPM Brasil) y el grupo de Tecnología Gráfica Computarizada (TECGRAF-PUC Río).

El proyecto SPRING ha recibido la ayuda substancial de CNPq con sus programas RHAE y PROMOTEM/CC. El INPE y sus colaboradores han invertido mas de 140 hombre año en el desarrollo de SPRING que sido utilizado para importantes proyectos de Brasil¹.

SPRING fue desarrollado en 1993, con el fin de establecer un programa de investigación y desarrollo en procesamiento de imágenes de satélite que proporcionase a la comunidad de usuarios un acceso más fácil a esta tecnología. Actualmente el SPRING cuenta con la versión 4.1.1, el cual fue utilizado para el desarrolló de este proyecto.



ERDAS

ERDAS - Earth Resources Data Analysis System - empezó el 21 de diciembre de 1978. La primera versión de software portátil se creó al principio de 1979, qué, durante mucho tiempo, permaneció como el único producto barato de los SIG que permitía el proceso de datos percibidos remotamente.

¹ Muñoz, Leon (2003)

La compañía empezó vendiendo el software en un mercado más amplio: las compañías comerciales, el gobierno, el ejército, los establecimientos educativos, las organizaciones de la investigación científicas. El software fue requerido para ver, procesar y analizar datos espaciales usándolo para tomar decisiones y apreciar los recursos naturales. La compañía de ERDAS mantuvo el mundo del software en desarrollo durante mucho tiempo, creando productos para crear aplicaciones que utilizan datos percibidos remotamente.

Antes de 1992 la técnica de la teledetección fue concebida para ser útil para la investigación científica, y estaba bastante aislada del mercado de los SIG rápidamente crecía su comercialización. Antes de 1994 todos los software con estas funciones tenían que ser pedidos de varios proveedores hasta que salió el ERDAS 8.1 el cual tenía todas las funciones SIG usando datos de percepción remota, y en abril de 2001 ERDAS IMAGINE pasó a manos de Leica Geosystems hasta la fecha de hoy. Hoy ERDAS IMAGINE está en la versión 8.7 pero la versión usada en este proyecto fue la 8.4.

4.2.4 Capacitación. Se desarrolló una capacitación de los investigadores de este tema en los diferentes software a utilizar y familiarización con el proyecto y la terminología a utilizar. Se realizó una autocapacitación por parte de los desarrolladores para el manejo de estos software en base a los manuales, tutoriales, Guías de usuarios que se encuentran en los software adquiridos, además de consultas en los diferentes Foros de discusión especializados en el tema, encontrados en Internet. Esta Autocapacitación dio los resultados esperados, teniendo un muy buen manejo y conocimiento de los tres software como valor agregado para los desarrolladores.

Esto se realizó paralelamente con la lectura, comprensión y análisis de la Teoría fundamental, terminología y procesos para el desarrollo del tratamiento digital de imágenes de documentación encontrada en Internet, Biblioteca UIS, y otros.

4.2.5 Selección de Imágenes. Otro aspecto importante para el desarrollo del presente proyecto es la imagen a ser procesada, la escogencia de las imágenes depende de varias características como son: tamaño del área, cobertura de la imagen, resolución espacial, resolución espectral, resolución temporal, resolución radiométrica y ángulo de iluminación solar.

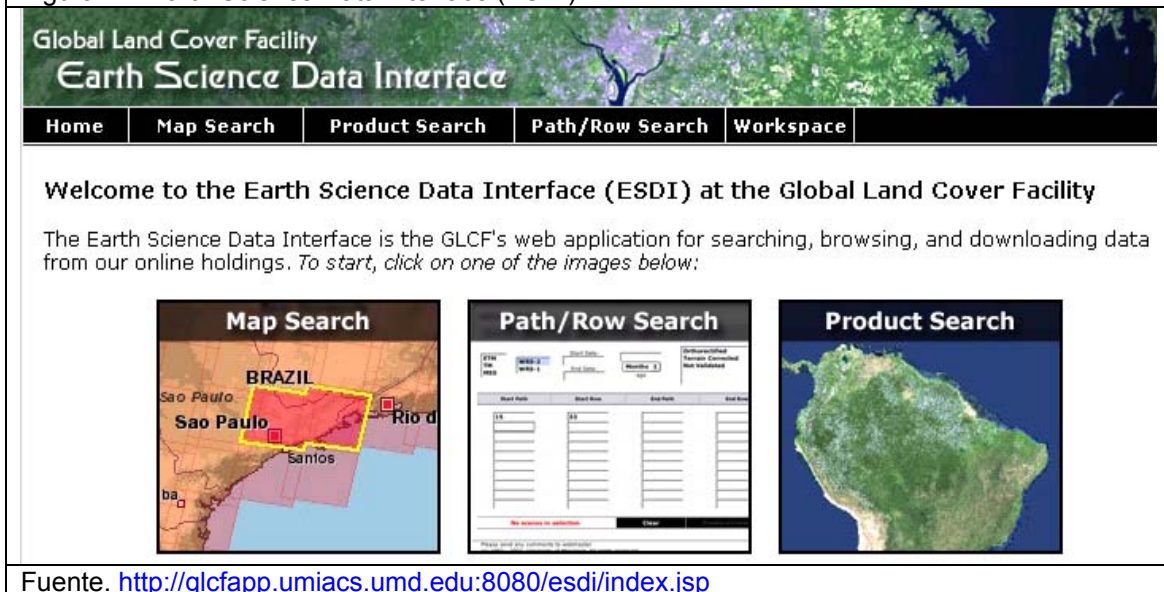
Al nivel de los usuarios, la decisión de elegir, adquirir e integrar una imagen satélite constituye la etapa principal y una de las más destacadas en la investigación. El proceso de la toma de decisión de compra no es un momento previo al estudio propiamente dicho, pero sí, el inicio primordial del estudio mismo.

Se consulto el Earth Science Data Interface (ESDI), Dependencia del GLCF de la Universidad de Maryland, la cual posee imágenes Landsat que están disponible gratuitamente en la página <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>, para un fácil acceso a los usuarios interesados.

Dentro de la información que se encuentra almacenada en la página, se encuentran imágenes de la mayoría de la superficie terrestre tomadas desde sus inicios hasta la actualidad, además se encuentran investigadores capacitados para colaborar al usuario interesado en el tema.

Actualmente se encuentran 10 escenas para Path 8 Row 55, la cual es la zona que cubre parcialmente el departamento de Santander, el cual nos interesa para el desarrollo del proyecto.

Figura 41. Earth Science Data Interface (ESDI)



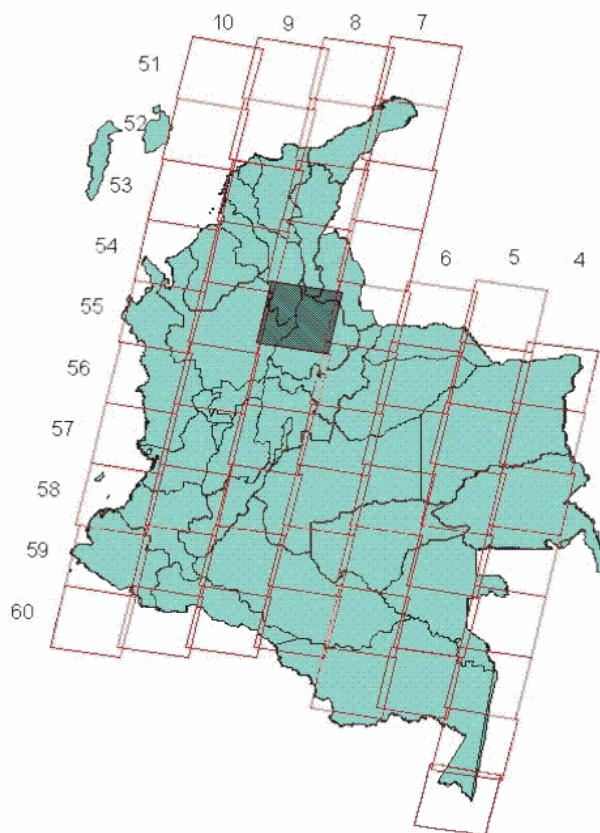
- Características de la imagen. Se observaron las diferentes escenas ofrecidas por la zona se descartaron las imágenes las cuales tuvieran problemas (bandeamiento, ruido, etc...) y se seleccionó la imagen con las siguientes características:

Tabla 12. Características Imagen Landsat Seleccionada

CARACTERISTICAS DE LA IMAGEN LANDSAT	
Satélite	LANDSAT 7
Sensor	ETM+
Fecha de toma	04/08/2002
Resolución espacial	
Pancromática (banda 8)	15 mt
Espectral (banda 1-5,7)	30 mt
THM (banda 61,62)	60 mt
Resolución radiométrica	8 bits
Resolución espectral	9 bandas
Tamaño de escena	235,53 x 209,43 Km
Tamaño archivo entrada	548 Mb
Formato	BSQ
Path/Row	8/55
Coordenadas	
Latitud UL	8° 10' 48,2232" N
Longitud UL	74° 54' 52,78" W
Latitud LR	6° 16' 52,09" N
Longitud LR	72° 47' 11,34" W
Azimut solar	68° 35' 54.94"
Proyección	UTM
Datum	WGS 84
Elipsoide	WGS 84
Zona	18
Extensión de archivo	.L1G

La figura siguiente muestra en la zona sombreada la ubicación de la zona escogida, en los diferentes Path y Rows en Colombia.

Figura 42. Grilla Landsat de Colombia.



Fuente. <http://www.prosis.com>

Ante la necesidad de realizar análisis a diferentes tipos de imágenes, se realizaron breves indagaciones para consecución de una imagen con diferentes características a la Landsat (Resolución Radiométrica y Espacial), para tener una variedad que nos permite observar mejor el comportamiento de los programas. Se obtuvo por medio del Ing. Edgar Rene Muñoz, una imagen Ikonos que comprende el área metropolitana de Bucaramanga, con las características mostradas en la Tabla 13.

La Figura 43 muestra en la zona delineada la ubicación de la zona comprendida por la imagen Ikonos, en el departamento de Santander.

Tabla 13. Características Imagen Ikonos

CARACTERISTICAS DE LA IMAGEN IKONOS	
Satélite	IKONOS
Sensor	IKONOS
Fecha de toma	2001
Resolución espacial	
Espectral (banda 1-3)	4 mt
Resolución radiométrica	8 bits
Resolución espectral	3 bandas
Tamaño de escena	21,544 x 27248 Km
Tamaño archivo entrada	105 Mb
Formato	BIP
Coordenadas	
Latitud UL	7° 10' 53,57" N
Longitud UL	73° 11' 23,21" W
Latitud LR	6° 53' 35,00" N
Longitud LR	73° 02' 04,41" W
Proyección	UTM
Datum	WGS 84
Elipsoide	WGS 84
Zona	18
Extensión de archivo	.TIF

Figura 43. Ubicación Imagen Ikonos, dentro del Departamento de Santander.



Durante la realización de este proyecto, el Grupo de Investigación Geomática adscrito a la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander adquirió una imagen QuickBird-2 de resolución espacial de 0.60 m, resolución espectral de 4 bandas y resolución radiométrica de 10 Bits; A esta imagen no se incluyo dentro del estudio por razones de tiempo.

4.2.6 Selección de Procesos. Este es otro aspecto primordial en el desarrollo del presente proyecto, debido a que esto procesos nos proyectaran el rendimiento de los diferentes software. El alcance de este proyecto, se limita a analizar el rendimiento del software en cuanto a procesos básicos se refiere.

Consultando varias fuentes bibliograficas de autores reconocidos en el tema como lo son Chuvieco, Jensen, Richards y Gibson; Además observando el desarrollo de diferentes proyectos referentes al tema mencionados mas adelante, como también estudiando la configuración de los programas a analizar,

Durante la capacitación, se pudieron extraer una serie de parámetros para realizar la selección de procesos básicos mas usados en la Teledetección.

Una valiosa información se obtuvo en la tabla del libro de Jensen, la cual contiene las funciones de procesamiento más usadas en los programas de tratamiento de imágenes satelitales, esta información fue usada como parámetro inicial de dicha selección.

Tabla 14. Funciones de procesamientos más usados en los sistemas de tratamiento de imágenes satelitales

PRE-PROCESAMIENTO
1. Corrección radiométrica
2. Corrección Geométrica
DESPLIEGUE Y REALCES
3. Despliegue a B/N y RGB
4. Porciones de densidad
5. Reducción, Ampliación y Pan
6. Manipulación de Contraste
7. Álgebra de Imágenes
8. Filtros Espaciales
9. Realces direccionales
10. Componentes Principales
11. Combinaciones Lineales
12. Transformaciones de Textura

13. Transformaciones de Frecuencia
14. Modelos Digitales del Terreno
15. Transformaciones Tri-dimensionales
16. Animaciones
17. Compresión de Imágenes
EXTRACCION DE INFORMACION
18. Clasificación Supervisada
19. Clasificación No Supervisada
20. Clasificación Contextual
21. Procesamiento de imágenes de Radar
22. Análisis de datos Hyperespectrales
23. Sistemas Expertos y/o redes neuronales
LINAJE DE LA IMAGEN
24. Imagen completa
25. Formato de Salida para GIS
COMPOSICION DE MAPAS
26. Salidas de mapas e imágenes
SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA
27. Imagen Raster basado en SIG
28. Polígonos basados en SIG (vector)
PROCESAMIENTO INTEGRADO DE IMÁGENES Y SIG
29. Sistemas completos de procesamiento (Funciones 1 a 21)
30. Sistemas completos de procesamiento y SIG (Funciones 1 a 30)
UTILIDADES
31. Redes de Trabajo (Internet, Red Local)

Fuente: (Jensen, 2000)

Otro parámetro fue la observación de los diferentes software en los cuales se realizaban los mismos procesos, fue un indicador clave para el desarrollo de esta etapa.

Con la información obtenida se realizó una selección de los procesos básicos los cuales se agruparon los procesos según la función que realizaban en el tratamiento digital de imágenes, mencionados a continuación los cuales se explicaron en el capítulo anterior.

- Preprocesamiento.
- Clasificación.

- Vectorización.
- Filtrado.
- Transformaciones.
- Topografía.
- Análisis Espectral.
- Radar
- Otros.

Se realizó una tabla de los procesos básicos seleccionados, con las consideraciones e información antes mencionadas.

Tabla 15. Funciones Básicas Seleccionadas

1	PRE-PROCESAMIENTO		Aleatorio
1.1	LayerStacking	*	Agrupación de clases
1.2	Reemplazo de Líneas Malas	*	Análisis Mayoritario/Minoritario
1.3	Sustracción de Obscuridades	3	FILTRAJE
1.4	Calibración IAR	3.1	Convolución
1.5	Creación de Subregiones	*	Paso Alto
1.6	Contraste	*	Paso Bajo
*	Lineal	*	Direccional
*	Gaussiano	*	Laplaciano
*	Raíz Cuadrada	3.2	Análisis de Fourier
1.7	Estadísticas	4	TRANSFORMACION
1.8	Registro	4.1	Componentes Principales
1.9	Mosaicos	4.2	RGB a IHS
1.10	Georeferenciación	4.3	Brovey
1.11	Orthorectificación	4.4	Cálculo de Índices
2	CLASIFICACION	4.5	Tasseled Cap
2.1	Supervisada	5	ANÁLISIS ESPECTRAL
*	Paralelepípedo	5.1	Porciones Espectral
*	Mínima Distancia	5.2	Índice de Pureza de Píxel
*	Probabilidad Máxima	5.3	Métodos de Mapeo
*	Distancia Mahalanobis	*	Predicción de Bandas
2.2	No supervisada	*	Separación Espectral
*	Isodata	*	Remoción Continua
*	K-Media	*	Ajuste de Rasgos Espectrales
2.3	Post-Clasificación	5.4	Búsqueda de Objetivos
*	Matriz de confusión	5.5	Análisis Espectral
*	Combinación de clases	5.6	Extracción de MNF
*	Cribado de Clases	6	VECTORIZACIÓN
*	Generación de Muestreo	6.1	Raster a Vector

6.2	Vector a Raster
6.3	Calculo de Búferes
6.4	Creación de Fronteras
6.5	Conversión de Contornos a DEM
7	ANÁLISIS TOPOGRAFICO
7.1	Modelamiento Topográfico
*	Pendiente
*	Aspecto
*	Relieve
7.2	Características Topográficas
*	Cumbres
*	Cordilleras
*	Estrechos
*	Planos
*	Abismos
*	Canales
7.3	Vista en 3D

8	RADAR
8.1	Corrección Patrón Antena
8.2	Filtro Adaptativos (Supresión de ruido)
*	Lee
*	Frost
*	Kuan
8.3	Filtro de Textura
9	OTROS
9.1	Detección de Cambios
9.2	Matemáticas de Bandas y Espectros
9.3	Segmentación de la imagen
9.4	Remuestreo
*	Vecino mas cercano
*	Bilinear
*	Convolución Cúbica

Los procesos mencionados anteriormente, se le realizaron las definiciones correspondientes en el capítulo 2.

Debido a que el proyecto tiene como objetivo, al análisis de la eficiencia de los software en cuanto a rendimiento de Tamaño y Espacio (muchas veces este es un factor importante a tener en cuenta en el desarrollo de proyectos, ya que un estudio grande requerirá de un equipo potente para la realización del mismo), se considero para la selección de procesos, que la exactitud de los resultados de este proceso estuviera directamente involucrado con el software, por ejemplo la realización de una buena orthorectificacion depende mayormente de la apreciación del usuario y los datos entrados para este proceso.

También ante la dificultad de conseguir una imagen de radar, no se realizaron los procesos referidos a esta agrupación.

Con estos últimos parámetros a tener en cuenta, se seleccionaron finalmente los siguientes procesos para ser tratados cuyo resultados se muestran en el siguiente capítulo.

Tabla. 16. Funciones Básicas a ser Procesadas.

1	PRE-PROCESAMIENTO	
1.1		LayerStacking
1.2		Reemplazo de Líneas Malas
1.3		Sustracción de Obscuridades
1.4		Calibración IAR
2	CLASIFICACION	
2.1		Supervisada
2.2		Probabilidad Máxima
2.3		No supervisada
2.4		Isodata
2.5		K-Media
2.6		Análisis Mayoritario/Minoritario
3	FILTRAJE	
3.1		Convolución
*		Paso Alto
*		Paso Bajo
*		Direccional
*		Laplaciano
*		Análisis de Fourier
4	TRANSFORMACION	
4.1		Componentes Principales

4.2		RGB a IHS
4.3		Brovey
4.4		Calculo de Índices
4.5		Tasseled Cap
5	ANALISIS ESPECTRAL	
5.1		Porciones Espectral
5.2		Extracción de MNF
6	VECTOR	
6.1		Raster a Vector
6.2		Vector a Raster
7	ANALISIS TOPOGRAFICO	
7.1		Modelamiento Topográfico
*		Pendiente
*		Aspecto
*		Relieve
8	OTROS	
8.1		Detección de Cambios
8.2		Matemáticas de Bandas y Espectros
8.3		Segmentación de la imagen

5. ANALISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se pretende mostrar los resultados obtenidos y analizar la aplicación de los procesos seleccionados en el capítulo anterior, en cuanto a rendimientos de los software analizados para determinar finalmente un cuadro resumen en el cual se pueda proponer uno de los software para una determinada aplicación proporcionando un porcentaje a cada uno de los grupos de procesos definidos en el capítulo anterior dependiendo de la aplicación deseada.

Con el desarrollo vertiginoso de los computadores, se redujo muchos problemas relativos a la velocidad de procesamiento y capacidad, actualmente se pueden adquirir a un costo accesible equipos con buenas características para desarrollar aplicaciones de tratamiento digital de imágenes. Todos los procesos se realizaron en el mismo equipo de procesamiento con el fin de mantener una igualdad de condiciones en los procesos. Tomando en cuenta una de la recomendaciones de una tesis de grado¹ se concluyo que el equipo utilizado para el procesamiento tiene buenas característica, el cual pertenece a uno de los desarrolladores de este proyecto, las características del equipo utilizado en la aplicación de los procesos se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 17. Características Equipo Utilizado

EQUIPO	
Memoria RAM	496 MB
Procesador	INTEL PENTIUM IV HT
Velocidad	2,99 GHz
Disco Duro	120 GB
Sistema Operativo	WINDOWS XP PROFESIONAL.

Los procesos se realizaron en tres ocasiones siempre buscando una igualdad o similaridad de parámetros de entrada que requerían cada software para el procesamiento, los resultados del tiempo mostrados en las tablas siguientes son el promedio de estas medidas, ya que se presentaron algunas variaciones de tiempo no mayores a 10 segundos en los casos de mayor variación, no se presentaron variaciones en los resultados de tamaño.

¹ Intensidad Extractiva del uso actual del suelo y cobertura vegetal de la subcuenca del río Tona basada en sensores Remotos, (Muñoz - Leon, 2003)

Teniendo en cuenta que el presente proyecto tiene un enfoque al análisis de resultados y rendimientos de los software, nuestro interés es analizar el comportamiento del tamaño y tiempo de procesamiento, para lo cual se necesita diferentes tamaños y resoluciones de imágenes, debido a que las imágenes Landsat contienen varias bandas con diferentes resoluciones y tamaños se decidió realizar el proceso a algunas de la bandas independientemente para obtener las variaciones en los resultados.

Tabla 18. Bandas e imagenes utilizadas para el procesamiento.

IMAGEN	RESOLUCION (m)	TAMAÑO (Kb)
Landsat (Banda 8)	15	214.174
Landsat (Banda 61)	60	13.413
Landsat (Banda 1)	30	53.579
Ikonos (Bandas 1-2-3)	4	107.651
Layer Stacking (Bandas 4-3-2)	30	160.737
Layer Stacking (Bandas 61-62)	60	26.826

Generalmente se realizaron los procesos a las cuatro primeras imágenes presentadas en la tabla anterior, en algunos procesos no se permitían como imagen de entrada una sola banda por lo que se realizo un layer stacking entre bandas de igual resolución para realizar los procesos.

A continuación se muestran los resultados de los procesos realizados, definidos en el capítulo dos del presente proyecto.

5.1 PREPROCESAMIENTO

5.1.1 Layer Stacking. Se le realizó este proceso a las bandas 61-62 y las bandas 4-3-2 de la imagen Landsat, no se realizaron a más porque se presentaban igualdad de resultados. Los resultados del software Erdas se utilizaron para otros procesos en las cuales se necesitaron imágenes multibanda.

Tabla 19. Resultados Proceso Layer Stacking Bandas 4-3-2

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	4, 3, 2		
Tamaño archivo			
Banda 4-3-2 (Kb)	53.579		
Tamaño Total	160.737		
Pixel de entrada (mt)	30		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Remuestreo	Vecino mas cercano	Vecino mas cercano	-----
Formato de salida	.img	.img	-----
Pixel de salida (mt)	30	30	-----
Nombre de archivo de salida	LS432_ENVI.img	LS432_ERDAS.img	-----
Tamaño archivo de salida (Kb)	160.571	177.019	-----
Tiempo (min:seg)	0:27.04	01:04.13	-----

Tabla 20. Resultados Proceso Layer Stacking Bandas 61,62

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	61, 62		
Tamaño archivo			
Banda 4-3-2 (Kb)	13.413		
Tamaño Total	26.826		
Pixel de entrada (mt)	60		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Remuestreo	Vecino mas cercano	Vecino mas cercano	-----
Formato de salida	.img	.img	-----
Pixel de salida (mt)	60	60	-----
Nombre de archivo de salida	LS6162_ENVI.img	LS6162_ERDAS.img	-----
Tamaño archivo de salida (Kb)	26.770	29.810	-----
Tiempo (min:seg)	00:03.30	00:13.48	-----

5.1.2 Reemplazo de Líneas Malas. Se le realizó este proceso a las bandas 1, 8, 61 de la imagen Landsat y a la imagen Ikonos.

Tabla 21. Resultados Proceso reemplazo de líneas malas (Banda 1)

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	1		
Tamaño archivos (Kb)	53.579		
Pixel de entrada (mt)	30		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Líneas	500-1000-2000-4000	500-1000-2000-4000	-----
# Líneas para promediar	2	2	-----
Nombre de archivo de salida	lm1_envi.img	lm1_erdas.img	-----
Tamaño de archivo de salida	53.525	59012	-----
Tiempo (min:seg)	00:01.84	00:23.17	-----

Tabla 22. Resultados Proceso reemplazo de líneas malas (Banda 8)

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	8		
Tamaño archivos (Kb)	214.174		
Pixel de entrada (mt)	15		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Líneas	500-1000-2000-4000	500-1000-2000-4000	-----
# Líneas para promediar	2	2	-----
Nombre de archivo de salida	lm8_envi.img	lm8_erdas.img	-----
Tamaño de archivo de salida	214.066	234627	-----
Tiempo (min:seg)	00:20.34	01:29.30	-----

Tabla 23. Resultados Proceso reemplazo de líneas malas (Banda 61)

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	61		
Tamaño archivos (Kb)	13.413		
Pixel de entrada (mt)	60		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Líneas	500-1000-2000-4000	500-1000-2000-4000	-----
# Líneas para promediar	2	2	-----
Nombre de archivo de salida	lm6_envi.img	lm6_erdas.img	-----
Tamaño de archivo de salida	13.386	14910	-----
Tiempo (min:seg)	00:01.45	00:08.16	-----

Tabla 24. Resultados Proceso reemplazo de líneas malas Imagen Ikonos

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	3,2,1		
Tamaño archivos (Kb)	107.651		
Pixel de entrada (mt)	4		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Líneas	500-1000-2000-4000	500-1000-2000-4000	-----
# Líneas para promediar	2	2	-----
Nombre de archivo de salida	lmik_envi.img	lmik_erdas.img	-----
Tamaño de archivo de salida	107.490	119255	-----
Tiempo (min:seg)	00:20.23	00:43.74	-----

Tabla 27. Resultados Proceso Sustracción Oscuridades Banda 61

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	61		
Tamaño archivos (Kb)	13.413		
Pixel de entrada (mt)	60		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo de Sustracción	Banda Minima	Punto de Cobertura	-----
Nombre de archivo de salida	so61_envi.img	so61_envi.img	-----
Tamaño de archivo de salida	13.386	14.910	-----
Tiempo (min:seg)	00:03.55	00:09.52	-----

Tabla 28. Resultados Proceso Sustracción Oscuridades Imagin Ikonos

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	3,2,1		
Tamaño archivos (Kb)	107.651		
Pixel de entrada (mt)	4		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo de Sustracción	Banda Minima	Punto de Cobertura	-----
Nombre de archivo de salida	soik_envi.img	soik_erdas.img	-----
Tamaño de archivo de salida	107.490	119.255	-----
Tiempo (min:seg)	00:48.04	00:57.33	-----

5.1.4 Calibración IAR

Tabla 29. Resultados Proceso Calibración IAR Banda 8

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	8		
Tamaño archivos (Kb)	214.174		
Pixel de entrada (mt)	15		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Nombre de archivo de salida	CR8_envi.img	CR8_erdas.img	-----
Tamaño de archivo de salida	856.257	936.061	-----
Tiempo (min:seg)	01:36.35	03:34.86	-----

Tabla 30. Resultados Proceso Calibración IAR Banda 1

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	1		
Tamaño archivos (Kb)	53.579		
Pixel de entrada (mt)	30		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Nombre de archivo de salida	CR1_envi.img	CR1_erdas.img	-----
Tamaño de archivo de salida	214.095	235.398	-----
Tiempo (min:seg)	00:18.31	00:47.96	-----

Tabla 31. Resultados Proceso Calibración IAR Banda 61

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	61		
Tamaño archivos (Kb)	13.413		
Pixel de entrada (mt)	60		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Nombre de archivo de salida	CR8_envi.img	CR8_erdas.img	-----
Tamaño de archivo de salida	53.539	59.440	-----
Tiempo (min:seg)	00:03.52	00:10.92	-----

Tabla 32. Resultados Proceso Calibración IAR Imagen Ikonos

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	1-2-3		
Tamaño de escena	COMPLETA		
Tamaño archivos (Kb)	107651		
Pixel de entrada (mt)	4		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Nombre de archivo de salida	CRik_envi.img	CRik_erdas.img	-----
Tamaño de archivo de salida	429.956	475.711	-----
Tiempo (min:seg)	00:32.54	03:12.24	-----

5.2 CLASIFICACIÓN

La clasificación no supervisada se realizaron a las bandas independientes pero en la clasificación supervisada se aplicó a la imagen Ikonos y a las imágenes multibanda creadas anteriormente ya que el algoritmo pide una imagen multibanda, las clases que se tuvieron en cuenta para realizar las clasificaciones fueron: Urbano, Vegetación, Nubes, Cuerpos de agua, Montaña y Sombras.

5.2.1 Clasificación Supervisada

Tabla 33. Resultados Clasificación Supervisada Imagen 4-3-2

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	4-3-2		
Tamaño archivos (Kb)	160.571		
Pixel de entrada (mt)	30		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	Max. Likelihood	Max. Likelihood	Max. Likelihood
Clases	6	6	6
Regiones por clase	2	2	2
Desviación estandar	5	----	----
Nombre de archivo de salida	cs432_envi.img	cs432_erdas.img	I000026.grb
Tamaño de archivo de salida	53.525	59.017	53.016
Tiempo (min:seg)	03:16.40	01:02.07	01:12.00

5.2.2 Clasificación No Supervisada

Tabla 36. Resultados Clasificación No Supervisada Banda 8

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	8		
Tamaño archivos (Kb)	214.174		
Pixel de entrada (mt)	15		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	ISODATA	ISODATA	K-MEDIA
Numero de clases	6	6	6
Iteraciones	3	3	3
Umbral de cambio (%)	5	95	---
Min. # de pixeles en la clase	1.000	---	---
Min. desviacion estandar	1	---	---
Min. distancia entre clases	5	---	---
Nombre de archivo de salida	CNS8_ENVI.img	CNS8_ERDAS.img	I000019.grib
Tamaño de archivo de salida	214.066	234.628	214.050
Tiempo (min:seg)	16:09.15	4:26.16	2:29.95

Tabla 37. Resultados Clasificación No Supervisada Banda 1

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	1		
Tamaño archivos (Kb)	53.579		
Pixel de entrada (mt)	30		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	ISODATA	ISODATA	K-MEDIA
Numero de clases	6	6	6
Iteraciones	3	3	3
Umbral de cambio (%)	5	95	---
Min. # de pixeles en la clase	1.000	---	---
Min. desviacion estandar	1	---	---
Min. distancia entre clases	5	---	---
Nombre de archivo de salida	CNS1_ENVI.img	CNS1_ERDAS.img	I000047.grib
Tamaño de archivo de salida	53.525	59.014	53.518
Tiempo (min:seg)	04:23.66	02:01.48	00:46.91

Tabla 38. Resultados Clasificación No Supervisada Banda 61

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	61		
Tamaño archivos (Kb)	13.413		
Pixel de entrada (mt)	60		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	ISODATA	ISODATA	K-MEDIA
Numero de clases	6	6	6
Iteraciones	3	3	3
Umbral de cambio (%)	5	95	---
Min. # de pixeles en la clase	1.000	---	---
Min. desviacion estandar	1	---	---
Min. distancia entre clases	5	---	---
Nombre de archivo de salida	CNS6_ENVI.img	CNS6_ERDAS.img	I000070.grib
Tamaño de archivo de salida	13.386	14.912	13.381
Tiempo (min:seg)	00:41,67	00:19,54	00:08.74

Tabla 39. Resultados Clasificación No Supervisada Imagen Ikonos

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	3,2,1		
Tamaño archivos (Kb)	107.651		
Pixel de entrada (mt)	4		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	ISODATA	ISODATA	K-MEDIA
Numero de clases	6	6	6
Iteraciones	3	3	3
Umbral de cambio (%)	5	95	---
Min. # de pixeles en la clase	1.000	---	---
Min. desviacion estandar	1	---	---
Min. distancia entre clases	5	---	---
Nombre de archivo de salida	CNSIk_ENVI.img	CNSIK_ERDAS.img	I000069.grib
Tamaño de archivo de salida	35.830	39.459	35.819
Tiempo (min:seg)	06:48.06	1:07.24	00:55.20

5.2.3 Post Clasificación

Tabla 40. Resultados Post-Clasificación Imagen Clasificada Banda 8

PARAMETROS			
Formato de entrada	.IMG		
Archivo	CNS8_envi.img		
Tamaño archivos (Kb)	214.066		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Clases Analizadas	6	6	6
Nucleo	3x3	3x3	---
Peso Pixel Central	3	3	3
Nombre de archivo de salida	postc8_ENVI.img	postc8_Erdas.img	I000019.grib
Tamaño de archivo de salida	214.066	214.154	214.050
Tiempo (min:seg)	04:33.86	03:33.19	00:52.18

Tabla 41. Resultados Post-Clasificación Imagen Clasificada Banda 1

PARAMETROS			
Formato de entrada	.IMG		
Archivo	CNS1_envi.img		
Tamaño archivos (Kb)	53.525		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Clases Analizadas	6	6	6
Nucleo	3x3	3x3	---
Peso Pixel Central	3	3	3
Nombre de archivo de salida	postc1_ENVI.img	postc1_Erdas.img	I000047.grib
Tamaño de archivo de salida	53.525	53.685	53.518
Tiempo (min:seg)	02:56.66	00:59.42	00:25.64

Tabla 42. Resultados Post-clasificación Imagen Clasificada Banda 6

PARAMETROS			
Formato de entrada	.IMG		
Archivo	CNS6_envi.img		
Tamaño archivos (Kb)	13.386		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Clases Analizadas	6	6	6
Nucleo	3x3	3x3	---
Peso Pixel Central	3	3	3
Nombre de archivo de salida	postc6_ENVI.img	postc6_Erdas.img	I000070.grib
Tamaño de archivo de salida	13.386	13.395	13.381
Tiempo (min:seg)	00:32.84	00:15.77	00:06.61

Tabla 43. Resultados Post-clasificación Imagen Clasificada Imagen Ikonos

PARAMETROS			
Formato de entrada	.IMG		
Archivo	CNSIK_envi.img		
Tamaño archivos (Kb)	35.381		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Clases Analizadas	6	6	6
Nucleo	3x3	3x3	---
Peso Pixel Central	3	3	3
Nombre de archivo de salida	postcik_ENVI.img	postcik_Erdas.img	I000069.grib
Tamaño de archivo de salida	35.830	35.846	35.819
Tiempo (min:seg)	01:34.75	4:26.16	00:16.98

5.3 FILTRAJE

Este procedimiento se ejecutó a las diferentes banda mencionadas en las tablas para varios kernels o matrices de normalización las cuales al variarse no arrojaron ningún cambio en el tamaño de los resultados.

5.3.1 Paso Bajo

Tabla 44. Resultados Filtraje Paso Bajo de diferentes Kernels Banda 8

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	8		
Tamaño archivo	214.174		
Pixel de entrada (mt)	15		
	PASO BAJO 3x3		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3
Formato de salida	.img	.img	.grb
Pixel de salida (mt)	15	15	15
Nombre de archivo de salida	PB8_3X3_ENVI.img	PB8_3X3_ERDAS.img	I000028.grb
Tamaño archivo de salida (Kb)	428.130	234.627	214.050
Tiempo (min:seg)	00:52.63	01:31.35	1:48.30
	PASO BAJO 5x5		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 5x5	KERNEL 5x5	KERNEL 5x5
Formato de salida	.img	.img	.grb
Pixel de salida (mt)	15	15	15
Nombre de archivo de salida	PB8_5X5_ENVI.img	PB8_5X5_ERDAS.img	I000038.grb
Tamaño archivo de salida (Kb)	428.130	234.627	214.050
Tiempo (min:seg)	00:53.94	01:41.47	02:35.82
	PASO BAJO 7x7		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 7x7	KERNEL 7x7	KERNEL 7x7
Formato de salida	.img	.img	.grb
Pixel de salida (mt)	15	15	15
Nombre de archivo de salida	PB8_7X7_ENVI.img	PB8_7X7_ERDAS.img	I000039.grb
Tamaño archivo de salida (Kb)	428.130	234.627	214.050
Tiempo (min:seg)	00:59.34	01:12.29	03:48.35

Tabla 45. Resultados Filtrado Paso Bajo de diferentes Kernels Banda 1

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	1		
Tamaño archivo	53.579		
Pixel de entrada (mt)	30		
	PASO BAJO 3x3		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3
Formato de salida	.img	.img	.grb
Pixel de salida (mt)	30	30	30
Nombre de archivo de salida	PB1_3X3_ENVI.img	PB1_3X3_ERDAS.img	I000049.grb
Tamaño archivo de salida (Kb)	107.048	59.012	53.516
Tiempo (min:seg)	00:09.21	00:28.15	00:24.62
	PASO BAJO 5x5		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 5x5	KERNEL 5x5	KERNEL 5x5
Formato de salida	.img	.img	.grb
Pixel de salida (mt)	30	30	30
Nombre de archivo de salida	PB1_5X5_ENVI.img	PB1_5X5_ERDAS.img	I000050.grb
Tamaño archivo de salida (Kb)	107.048	59.012	53.516
Tiempo (min:seg)	00:06.77	00:27.41	00:42.99
	PASO BAJO 7x7		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 7x7	KERNEL 7x7	KERNEL 7x7
Formato de salida	.img	.img	.grb
Pixel de salida (mt)	30	30	30
Nombre de archivo de salida	PB1_7X7_ENVI.img	PB1_7X7_ERDAS.img	I000051.grb
Tamaño archivo de salida (Kb)	107.048	59.012	53.516
Tiempo (min:seg)	00:11.30	00:26.82	01:15.29

Tabla 46. Resultados Filtrado Paso Bajo de diferentes Kernels Banda 6

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	6		
Tamaño archivo	13.413		
Pixel de entrada (mt)	60		
	PASO BAJO 3x3		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3
Formato de salida	.img	.img	.grb
Pixel de salida (mt)	60	60	60
Nombre de archivo de salida	PB6_3X3_ENVI.img	PB6_3X3_ERDAS.img	I000076.grb
Tamaño archivo de salida (Kb)	26.770	14.910	53.516
Tiempo (min:seg)	00:02.71	00:08.30	00:19.37
	PASO BAJO 5x5		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 5x5	KERNEL 5x5	KERNEL 5x5
Formato de salida	.img	.img	.grb
Pixel de salida (mt)	60	60	60
Nombre de archivo de salida	PB6_5X5_ENVI.img	PB6_5X5_ERDAS.img	I000077.grb
Tamaño archivo de salida (Kb)	26.770	14.910	53.516
Tiempo (min:seg)	00:01.25	00:07.24	00:33.92
	PASO BAJO 7x7		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 7x7	KERNEL 7x7	KERNEL 7x7
Formato de salida	.img	.img	.grb
Pixel de salida (mt)	60	60	60
Nombre de archivo de salida	PB6_7X7_ENVI.img	PB6_7X7_ERDAS.img	I000078.grb
Tamaño archivo de salida (Kb)	26.770	14.910	53.516
Tiempo (min:seg)	00:01.18	00:05.88	00:45.77

Tabla 47. Resultados Filtrado Paso Bajo de diferentes Kernels Imagen Ikonos

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	3,2,1		
Tamaño archivo	107.651		
Pixel de entrada (mt)	4		
	PASO BAJO 3x3		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3
Formato de salida	.img	.img	.grb
Pixel de salida (mt)	4	4	4
Nombre de archivo de salida	PBik_3X3_ENVI.img	PBik_3X3_ERDAS.img	I000073.grb
Tamaño archivo de salida (Kb)	214.979	119.255	35.818
Tiempo (min:seg)	00:36.35	00:41.22	00:08.69
	PASO BAJO 5x5		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 5x5	KERNEL 5x5	KERNEL 5x5
Formato de salida	.img	.img	.grb
Pixel de salida (mt)	4	4	4
Nombre de archivo de salida	PBik_5X5_ENVI.img	PBik_5X5_ERDAS.img	I000074.grb
Tamaño archivo de salida (Kb)	214.979	119.255	34.818
Tiempo (min:seg)	00:34.13	00:40.62	00:17.58
	PASO BAJO 7x7		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 7x7	KERNEL 7x7	KERNEL 7x7
Formato de salida	.img	.img	.grb
Pixel de salida (mt)	4	4	4
Nombre de archivo de salida	PBik_7X7_ENVI.img	PBik_7X7_ERDAS.img	I000075.grb
Tamaño archivo de salida (Kb)	214.979	119.255	35.818
Tiempo (min:seg)	00:34.52	00:41.77	00:30.60

5.3.2 Paso Alto

Tabla 48. Resultados Filtrado Paso Alto de diferentes Kernels Banda 8

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	8		
Tamaño archivo	214.174		
Pixel de entrada (mt)	15		
	PASO BAJO 3x3		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	15	15	---
Nombre de archivo de salida	PA8_3X3_ENVI.img	PA8_3X3_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	428.130	234.627	---
Tiempo (min:seg)	01:08.61	01:19.43	---
	PASO BAJO 5x5		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 5x5	KERNEL 5x5	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	15	15	---
Nombre de archivo de salida	PA8_5X5_ENVI.img	PA8_5X5_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	428.130	234.627	---
Tiempo (min:seg)	02:12.55	1:26.19	---
	PASO BAJO 7x7		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 7x7	KERNEL 7x7	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	15	15	---
Nombre de archivo de salida	PA8_7X7_ENVI.img	PA8_7X7_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	428.130	234.627	---
Tiempo (min:seg)	05:04.09	01:20.04	---

Tabla 49. Resultados Filtrado Paso Alto de diferentes Kernels (Banda 1)

Tabla 10: Resultados Filtrado Paso Bajo de diferentes Kernels (Banda 1)			
PARAMETROS			
Formato de entrada		TIFF	
Banda		1	
Tamaño archivo		53.579	
Pixel de entrada (mt)		30	
	PASO BAJO 3x3		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	30	30	---
Nombre de archivo de salida	PA1_3X3_ENVI.img	PA1_3X3_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	107.048	59.012	---
Tiempo (min:seg)	00:12.93	00:21.36	---
	PASO BAJO 5x5		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 5x5	KERNEL 5x5	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	30	30	---
Nombre de archivo de salida	PA1_5X5_ENVI.img	PA1_5X5_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	107.048	59.012	---
Tiempo (min:seg)	00:18.70	00:19.22	---
	PASO BAJO 7x7		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 7x7	KERNEL 7x7	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	30	30	---
Nombre de archivo de salida	PA1_7X7_ENVI.img	PA1_7X7_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	107.048	59.012	---
Tiempo (min:seg)	00:33.47	00:17.40	---

Tabla 50. Resultados Filtrado Paso Alto de diferentes Kernels (Banda 6)

Tabla 66: Resultados Filtrado Paso Bajo de diferentes Kernels (Banda 6)			
PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	61		
Tamaño archivo	13.413		
Pixel de entrada (mt)	60		
	PASO BAJO 3x3		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	60	60	---

Nombre de archivo de salida	PA6_3X3_ENVI.img	PA6_3X3_ERDAS.img	
Tamaño archivo de salida (Kb)	26.770	14.910	---
Tiempo (min:seg)	00:07.02	00:07.54	---
	PASO BAJO 5x5		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 5x5	KERNEL 5x5	KERNEL 5x5
Formato de salida	.img	.img	.grb
Pixel de salida (mt)	60	60	
Nombre de archivo de salida	PA6_5X5_ENVI.img	PA6_5X5_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	26770	14.910	---
Tiempo (min:seg)	00:03.60	00:05.95	---
	PASO BAJO 7x7		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 7x7	KERNEL 7x7	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	30	30	---

Nombre de archivo de salida	PA6_7X7_ENVI.img	PA6_7X7_ERDAS.img	
Tamaño archivo de salida (Kb)	26770	14.910	---
Tiempo (min:seg)	00:05.13	00:06.48	---

Tabla 51. Resultados Filtrado Paso Alto de diferentes Kernels Imagen Ikonos

Tabla 61. Resultados Filtrado Paso Bajo de diferentes kernels imagen kernel			
PARAMETROS			
Formato de entrada		TIFF	
Banda		3,2,1	
Tamaño archivo		107.651	
Pixel de entrada (mt)		4	
PASO BAJO 3x3			
ENVI		ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	4	4	---
Nombre de archivo de salida		PAik_3X3_ENVI.img	PAik_3X3_ERDAS.img
Tamaño archivo de salida (Kb)	214.979	119.255	---
Tiempo (min:seg)	00:33.24	00:42.35	---
PASO BAJO 5x5			
ENVI		ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 5x5	KERNEL 5x5	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	4	4	---
Nombre de archivo de salida		PAik_5X5_ENVI.img	PAik_5X5_ERDAS.img
Tamaño archivo de salida (Kb)	214979	119.255	---
Tiempo (min:seg)	00:50.13	00:41.77	---
PASO BAJO 7x7			
ENVI		ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 7x7	KERNEL 7x7	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	4	4	---
Nombre de archivo de salida		PAik_7X7_ENVI.img	PAik_7X7_Erdas.img
Tamaño archivo de salida (Kb)	214979	119.255	---
Tiempo (min:seg)	01:17.60	00:41.28	---

5.3.3 Filtrado Direccional

Tabla 52. Resultados Filtrado Direccional de diferentes Kernels Banda 8

PARAMETROS			
Formato de entrada		TIFF	
Banda		8	
Tamaño archivo		214.174	
Pixel de entrada (mt)		15	
	DIRECCIONAL 3x3		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3
Direccion	Norte	Norte	Norte
Formato de salida	.img	.img	.grb
Pixel de salida (mt)	15	15	15
Nombre de archivo de salida	DIR8_3X3_ENVI.img	DIR8_3X3_ERDAS.img	I000081.grb
Tamaño archivo de salida (Kb)	428.130	234.627	214.053
Tiempo (min:seg)	01:00.00	01:22.82	01:25.74
	DIRECCIONAL 5x5		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 5x5	KERNEL 5x5	---
Direccion	Norte	Norte	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	15	15	---
Nombre de archivo de salida	DIR8_5X5_ENVI.img	DIR8_5X5_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	428.130	234.627	---
Tiempo (min:seg)	02:00.58	01:26.84	---
	DIRECCIONAL 7x7		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 7x7	KERNEL 7x7	---
Direccion	Norte	Norte	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	15	15	---
Nombre de archivo de salida	DIR8_7X7_ENVI.img	DIR8_7X7_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	428.130	234.627	---
Tiempo (min:seg)	04:30.57	01:47.99	---

Tabla 53. Resultados Filtrado Direccional de diferentes Kernels Banda 1

Tabla 66: Resultados de Mapeo Direccionales diferentes Kernel's Banda 1			
PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	1		
Tamaño archivo	53.579		
Pixel de entrada (mt)	30		
	DIRECCIONAL 3x3		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3
Direccion	Norte	Norte	Norte
Formato de salida	.img	.img	.grb
Pixel de salida (mt)	30	30	30
Nombre de archivo de salida	DIR1_3X3_ENVI.img	DIR1_3X3_ERDAS.img	I000080.grb
Tamaño archivo de salida (Kb)	107.048	59.012	53.517
Tiempo (min:seg)	00:14.01	00:23.27	00:19.22
	DIRECCIONAL 5x5		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 5x5	KERNEL 5x5	---
Direccion	Norte	Norte	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	30	30	---
Nombre de archivo de salida	DIR1_5X5_ENVI.img	DIR1_5X5_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	107.048	59.012	---
Tiempo (min:seg)	00:22.86	00:26.19	---
	DIRECCIONAL 7x7		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 7x7	KERNEL 7x7	---
Direccion	Norte	Norte	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	30	30	---
Nombre de archivo de salida	DIR1_7X7_ENVI.img	DIR1_7X7_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	107.048	59.012	---
Tiempo (min:seg)	00:41.51	00:34.64	---

Tabla 54. Resultados Filtrado Direccional de diferentes Kernels Banda 61

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	61		
Tamaño archivo	13.413		
Pixel de entrada (mt)	60		
	DIRECCIONAL 3x3		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3
Direccion	Norte	Norte	Norte
Formato de salida	.img	.img	.grb
Pixel de salida (mt)	60	60	60
Nombre de archivo de salida	DIR6_3X3_ENVI.img	DIR6_3X3_ERDAS.img	I000079.grb
Tamaño archivo de salida (Kb)	26.768	14.910	53.517
Tiempo (min:seg)	00:03.10	00:08.53	00:20.20
	DIRECCIONAL 5x5		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 5x5	KERNEL 5x5	---
Direccion	Norte	Norte	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	60	60	---
Nombre de archivo de salida	DIR6_5X5_ENVI.img	DIR6_5X5_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	26.768	14.910	---
Tiempo (min:seg)	00:03.77	00:07.76	---
	DIRECCIONAL 7x7		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 7x7	KERNEL 7x7	---
Direccion	Norte	Norte	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	60	60	---
Nombre de archivo de salida	DIR6_7X7_ENVI.img	DIR6_7X7_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	26.768	14.910	---
Tiempo (min:seg)	00:5.30	00:08.47	---

Tabla 55. Resultados Filtrado Direccional de diferentes Kernels Imágenes Ikonos

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	3,2,1		
Tamaño archivo	107.651		
Pixel de entrada (mt)	4		
	DIRECCIONAL 3x3		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3
Direccion	Norte	Norte	Norte
Formato de salida	.img	.img	.grb
Pixel de salida (mt)	4	4	4
Nombre de archivo de salida	DIRik_3X3_ENVI.img	DIRik_3X3_ERDAS.img	I000082.grb
Tamaño archivo de salida (Kb)	214.979	119.255	35.818
Tiempo (min:seg)	00:38.25	00:44.97	00:13.53
	DIRECCIONAL 5x5		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 5x5	KERNEL 5x5	---
Direccion	Norte	Norte	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	4	4	---
Nombre de archivo de salida	DIRik_5X5_ENVI.img	DIRik_5X5_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	214.979	119.255	---
Tiempo (min:seg)	00:43.56	00:45.92	---
	DIRECCIONAL 7x7		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 7x7	KERNEL 7x7	---
Direccion	Norte	Norte	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	4	4	---
Nombre de archivo de salida	DIRik_7X7_ENVI.img	DIRik_7X7_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	214.979	119.255	---
Tiempo (min:seg)	01:02.67	00:58.41	---

5.3.4 Filtro Laplace

Tabla 56. Resultados Filtro Laplace Banda 8

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	8		
Tamaño archivo	214.174		
Pixel de entrada (mt)	15		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	15	15	---
Nombre de archivo de salida	flp8_ENVI.img	flp8_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	428.130	234.627	---
Tiempo (min:seg)	01:17.66	01:32.36	---

Tabla 57. Resultados Filtro Laplace Banda 1

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	1		
Tamaño archivo	53.579		
Pixel de entrada (mt)	30		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3x3	KERNEL 3x3	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	30	30	---
Nombre de archivo de salida	flp1_ENVI.img	flp1_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	107.048	59.012	---
Tiempo (min:seg)	00:12.77	00:22.15	---

5.3.5 Transformada de Fourier

Tabla 60. Resultados Transformada de Fourier Banda 1

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	1		
Tamaño archivo	53.579		
Pixel de entrada (mt)	30		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Nombre de archivo de salida	fft1_ENVI.img	fft1_ERDAS.fft	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	428.072	284.105	---
Tiempo (min:seg)	07:53.12	02:06.00	---

Tabla 61. Resultados Transformada de Fourier Banda 61

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	61		
Tamaño archivo	13.413		
Pixel de entrada (mt)	60		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Nombre de archivo de salida	fft6_ENVI.img	fft6_ERDAS.fft	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	107.076	71.022	---
Tiempo (min:seg)	1:01.33	00:21.59	---

Tabla 62. Resultados Transformada de Fourier Imagen Ikonos

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	3,2,1		
Tamaño archivo	107.651		
Pixel de entrada (mt)	4		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Nombre de archivo de salida	fftik_ENVI.img	fftik_ERDAS.fft	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	859.910	852.296	---
Tiempo (min:seg)	11:15.25	07:39.92	---

5.4 TRANSFORMACIONES

Las transformaciones se realizaron a la imagen Ikonos y a las imágenes multibanda creadas anteriormente ya que el algoritmo requiere de entrada una imagen multibanda, ya que los archivos de salida en muchos casos son también multibanda o el algoritmo requiere realizar una operación aritmética entre ellas

5.4.1 Componentes Principales

Tabla 63. Resultados Componentes Principales Imagen 4-3-2

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	4-3-2		
Tamaño archivo	162.933		
Pixel de entrada (mt)	30		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Factor re-tamaño(x,y)	1	1	1
Calculos a base de	Covarianza	Covarianza	Covarianza
Numero de bandas PC salida	3	3	3
Formato de salida	.img	.img	.grb
Pixel de salida (mt)	30	30	60
Nombre de archivo de salida	pc432_ENVI.img	pc432_ERDAS.img	I000090.grb
Tamaño archivo de salida (Kb)	642.281	706.176	160.548
Tiempo (min:seg)	05:26.04.	04:01.52	06:05.70

Tabla 64. Resultados Componentes Principales Imagen 61,62

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	61, 62		
Tamaño archivo	26.770		
Pixel de entrada (mt)	60		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Factor re-tamaño(x,y)	1	1	1
Calculos a base de	Covarianza	Covarianza	Covarianza
Numero de bandas PC salida	2	2	2
Formato de salida	.img	.img	.grb
Pixel de salida (mt)	60	60	60

Nombre de archivo de salida	pc6162_ENVI.img	pc6162_ERDAS.img	I000087.grb
Tamaño archivo de salida (Kb)	167.077	118.870	26.762
Tiempo (min:seg)	00:13.02.	00:25.75	00:09.63

Tabla 65. Resultados Componentes Principales Imagen Ikonos

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	3,2,1		
Tamaño archivo	107.651		
Pixel de entrada (mt)	4		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Factor re-tamaño(x,y)	1	1	1
Calculos a base de	Covarianza	Covarianza	Covarianza
Numero de bandas PC salida	3	3	3
Formato de salida	.img	.img	.grb
Pixel de salida (mt)	4	4	4
Nombre de archivo de salida	pcIK_ENVI.img	pcIK_ERDAS.img	I000085.grb
Tamaño archivo de salida (Kb)	429.956	475.511	107.454
Tiempo (min:seg)	00:58.64	03:54.54	03:09.24

5.4.2 Transformación RGB-IHS

Tabla 66. Resultados Transformación RGB-IHS Imagen 4-3-2

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	4-3-2		
Tamaño archivo	162.933		
Pixel de entrada (mt)	30		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Nombre de archivo de salida	TRANS_IHS_ENVI.img	TRANS_IHS_ERDAS.img	I000062
Tamaño de archivo de salida	642.281	706.177	53.516
Tiempo (min:seg)	01:03.70	03:45.35	01:23.35

5.4.4 Calculo de Índices de Vegetación

Tabla 69. Resultados Cálculos de Índices de Vegetación Imagen 4-3-2

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	4-3-2		
Tamaño archivo	162.933		
Pixel de entrada (mt)	30		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Nombre de archivo de salida	iv432_ENVI.img	iv432_erdas.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	214.095	235.398	---
Tiempo (min:seg)	00:30.04	00:56.79	---

Tabla 70. Resultados Cálculos de Índices de Vegetación Imagen 61,62

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	61, 62		
Tamaño archivo	26.770		
Pixel de entrada (mt)	60		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Nombre de archivo de salida	iv6_ENVI.img	iv6_erdas.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	53.539	59.440	---
Tiempo (min:seg)	00:09.14	00:20.09	---

5.4.5 Tasseled Cap

Tabla 71. Resultados Transformación Tasseled Cap

PARAMETROS			
Fecha de realización	25/08/2005		
Formato de entrada	TIFF		
Banda	1-5,7		
Tamaño Escena	COMPLETA		
Tamaño archivo	321.141		
Pixel de entrada (mt)	30		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Nombre de archivo de salida	TC_IM_ENVI.img	TC_IM_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	1.284.560	706.798	---
Tiempo (min:seg)	15:24.03	06:41.44	---

5.5 VECTORIZACIÓN

La ejecución de la vectorización se realiza a las imágenes clasificadas con el fin de agrupar las clases, visualizarlas mejor y poder exportarlas a un formato de visualización de un archivo de SIG. Por este motivo se le realizó a las clasificaciones anteriormente realizadas.

Tabla 72. Resultados Vectorización imagen clasificada Banda 8

PARAMETROS			
Formato de entrada	.IMG		
Archivo	cns8_envi.img		
Tamaño archivos (Kb)	214.066		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Clases Vectorizadas	6	6	6
Nombre de archivo de salida	vec8_ENVI.img	vec8_Erdas	it00042.grb
Tamaño de archivo de salida	121.218	105.529	148.365
Tiempo (min:seg)	122:15.88	03:20.13	13:01.25

Tabla 73. Resultados Vectorización imagen clasificada Banda 1

PARAMETROS			
Formato de entrada	.IMG		
Archivo	cns1_envi.img		
Tamaño archivos (Kb)	53.525		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Clases Vectorizadas	6	6	6
Nombre de archivo de salida	vec1_ENVI.img	vec1_Erdas	it00043.grb
Tamaño de archivo de salida	36.962	24.657	40.598
Tiempo (min:seg)	09:44.43	00:46.43	02:35.15

Tabla 74. Resultados Vectorización imagen clasificada Banda 6

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Archivo	cns6_envi.img		
Tamaño archivos (Kb)	13.386		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Clases Vectorizadas	6	6	6
Nombre de archivo de salida	vec6_ENVI.img	vec6_Erdas.img	it00041.grb
Tamaño de archivo de salida	11.448	6.693	13.382
Tiempo (min:seg)	01:50.00	00:18.96	01:39.85

Tabla 75. Resultados Vectorización imagen clasificada Ikonos

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Archivo	cnsik_envi.img		
Tamaño archivos (Kb)	35.830		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Clases Vectorizadas	6	6	6
Nombre de archivo de salida	vecik_ENVI.img	vecik_Erdas	it00044.grb
Tamaño de archivo de salida	22.139	16.109	25.466
Tiempo (min:seg)	14:47.16	00:29.89	01:58.25

5.6 MODELAMIENTO TOPOGRÁFICO

Este proceso se realiza para poder observar las características topográficas que se pueden extraer de la imagen gracias a parámetros físicos de la misma.

Tabla 76. Resultados Modelamiento Topográfico Banda 8

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	8		
Tamaño archivo	214.174		
Pixel de entrada (mt)	15		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3	KERNEL 3	KERNEL 3
Tipo de modelo	PENDIENTE	PENDIENTE	PENDIENTE
Formato de salida	.img	.img	.img
Pixel de salida (mt)	15	15	15
Nombre de archivo de salida	T8_PEND_3_ENVI.img	T8_PEND_ERDAS.img	I000120.grib
Tamaño archivo de salida (Kb)	856.258	234.627	345.815
Tiempo (min:seg)	16:01.41	01:50.85	08:25.06
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3	KERNEL 3	---
Tipo de modelo	ASPECTO	ASPECTO	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	15	15	---
Nombre de archivo de salida	T8_ASP_3_ENVI.img	T8_ASP_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	856.258	468.439	---
Tiempo (min:seg)	16:31.93	03:00.89	---
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3	KERNEL 3	---
Tipo de modelo	RELIEVE	RELIEVE	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	15	15	---
Nombre de archivo de salida	T8_REL_3_ENVI.img	T8_REL_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	856.258	936.061	---
Tiempo (min:seg)	17:58.81	07:16.17	---

Tabla 77. Resultados Modelamiento Topográfico Banda 1

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	1		
Tamaño archivo	53.579		
Pixel de entrada (mt)	30		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3	KERNEL 3	KERNEL 3
Tipo de modelo	PENDIENTE	PENDIENTE	PENDIENTE
Formato de salida	.img	.img	.img
Pixel de salida (mt)	30	30	30
Nombre de archivo de salida	T1_PEND_3_ENVI.img	T1_PEND_ERDAS.img	I000121.grib
Tamaño archivo de salida (Kb)	214.095	59.012	125.550
Tiempo (min:seg)	02:35.51	00:22.51	01:24.06
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3	KERNEL 3	---
Tipo de modelo	ASPECTO	ASPECTO	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	30	30	---
Nombre de archivo de salida	T1_ASP_3_ENVI.img	T_ASP_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	214.095	117.808	---
Tiempo (min:seg)	02:36.08	00:28.82	---
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3	KERNEL 3	---
Tipo de modelo	RELIEVE	RELIEVE	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	15	15	---
Nombre de archivo de salida	T1_REL_3_ENVI.img	T1_REL_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	214.095	235.398	---
Tiempo (min:seg)	02:58.68	01:29.64	---

Tabla 78. Resultados Modelamiento Topográfico Banda 61

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	61		
Tamaño archivo	13.413		
Pixel de entrada (mt)	60		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3	KERNEL 3	KERNEL 3
Tipo de modelo	PENDIENTE	PENDIENTE	PENDIENTE
Formato de salida	.img	.img	.img
Pixel de salida (mt)	60	60	60
Nombre de archivo de salida	T6_PEND_ENVI.img	T6_PEND_ERDAS.img	I000122.grib
Tamaño archivo de salida (Kb)	53.539	14.910	34.235
Tiempo (min:seg)	00:37.23	00:12.24	00:20.27
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3	KERNEL 3	---
Tipo de modelo	ASPECTO	ASPECTO	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	60	15	---
Nombre de archivo de salida	T6_ASP_ENVI.img	T6_ASP_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	53.539	29.753	---
Tiempo (min:seg)	00:33.92	00:10.07	---
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3	KERNEL 3	---
Tipo de modelo	RELIEVE	RELIEVE	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	60	15	---
Nombre de archivo de salida	T6_REL_ENVI.img	T6_REL_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	53.539	59.440	---
Tiempo (min:seg)	00:34.27	00:17.30	---

Tabla 79. Resultados Modelamiento Topográfico Imagen Ikonos

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	3,2,1		
Tamaño archivos (Kb)	107.651		
Pixel de entrada (mt)	4		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3	KERNEL 3	KERNEL 3
Tipo de modelo	PENDIENTE	PENDIENTE	PENDIENTE
Formato de salida	.img	.img	.img
Pixel de salida (mt)	4	4	4
Nombre de archivo de salida	Tik_PEND_ENVI.img	Tik_PEND_ERDAS.img	I000123.grib
Tamaño archivo de salida (Kb)	143.320	39.757	91.538
Tiempo (min:seg)	01:42.50	00:20.45	01:02.49
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3	KERNEL 3	---
Tipo de modelo	ASPECTO	ASPECTO	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	4	4	---
Nombre de archivo de salida	Tik_ASP_ENVI.img	Tik_ASP_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	143.320	79.634	---
Tiempo (min:seg)	01:34.93	00:22.03	---
	ENVI	ERDAS	SPRING
Metodo	KERNEL 3	KERNEL 3	---
Tipo de modelo	RELIEVE	RELIEVE	---
Formato de salida	.img	.img	---
Pixel de salida (mt)	4	4	---
Nombre de archivo de salida	Tik_REL_ENVI.img	Tik_REL_ERDAS.img	---
Tamaño archivo de salida (Kb)	143.320	158.576	---
Tiempo (min:seg)	01:35.10	05:23.41	---

5.7 ANÁLISIS ESPECTRAL

Tabla 80. Búsqueda de objetivos LayerStacking 4-3-2

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	4,3,2		
Tamaño archivos (Kb)	160.571		
Pixel de entrada (mt)	30		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Nombre de archivo de salida	bo432 Envi.img	bo432 ERDAS.img	
Tamaño de archivo de salida	183.447	211.000	---
Tiempo (min:seg)	00:50.38	04:08.00	---

Tabla 81. Búsqueda de objetivos LayerStacking 61-62

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	61-62		
Tamaño archivos (Kb)	26.826		
Pixel de entrada (mt)	60		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Nombre de archivo de salida	bo6 Envi.img	Bo6 ERDAS.img	
Tamaño de archivo de salida	32.935	35.250	---
Tiempo (min:seg)	00:09.78	00:51.35	---

5.8 OTROS

5.8.1 Matemáticas de Bandas

Tabla 82. Resultados Matemáticas de Bandas 1 y 2

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	1,2		
Tamaño archivos (Kb)	107.158		
Pixel de entrada (mt)	30		
Formato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Tipo Expresion	Suma	Suma	Suma
Nombre de archivo de salida	mb12_Envi.img	mb12_ERDAS.img	I000107.grib
Tamaño de archivo de salida	214.095	235.398	53.516
Tiempo (min:seg)	00:12.78	00:50.45	00:14.46

Tabla 83. Resultados Matemáticas de Bandas 1 y 2 Imagen Ikonos

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	1,2(ikonos)		
Tamaño archivos (Kb)	71.767		
Pixel de entrada (mt)	30		
Formato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Tipo Expresion	Suma	Suma	Suma
Nombre de archivo de salida	mb12ik_Envi.img	mb12ik_ERDAS.img	I000114.grib
Tamaño de archivo de salida	143.320	158.576	35.818
Tiempo (min:seg)	00:10.95	0:27.90	00:11.69

Tabla 84. Resultados Matemáticas de Bandas 61 y 62 Imagen

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	61,62		
Tamaño archivos (Kb)	26.826		
Pixel de entrada (mt)	30		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Tipo Expresion	Suma	Suma	Suma
Nombre de archivo de salida	mb6_Envi.img	mb6_Erdas.img	I000107.grib
Tamaño de archivo de salida	53.538	64.341	13.381
Tiempo (min:seg)	00:03.91	00:13.48	00:03.05

5.8.2 Segmentación

Tabla 85. Resultados Segmentación Banda 8

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	8		
Tamaño archivos (Kb)	214.174		
Pixel de entrada (mt)	15		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Umbral de cambio	0-150	---	10%
Ploblacion minima	1.000	---	1.000
Nombre de archivo de salida	seg8_ENVI.img	---	I000107.grib
Tamaño de archivo de salida	53.539	---	856.196
Tiempo (min:seg)	12:05.16	---	93:01.67

Tabla 86. Resultados Segmentación Banda 1

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	1		
Tamaño archivos (Kb)	53.579		
Pixel de entrada (mt)	30		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Umbral de cambio	0-150	---	10%
Poblacion minima	1.000	---	1.000
Nombre de archivo de salida	seg1_ENVI.img	---	I000108grib
Tamaño de archivo de salida	214.095	---	214.063
Tiempo (min:seg)	00:56.02	---	54:35.02

Tabla 87. Resultados Segmentación Banda 61

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	61		
Tamaño archivos (Kb)	13.413		
Pixel de entrada (mt)	60		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Umbral de cambio	0-150	---	10%
Poblacion minima	1000	---	100000%
Nombre de archivo de salida	seg6_ENVI.img	---	I000070.grib
Tamaño de archivo de salida	53539	---	53586
Tiempo (min:seg)	00:05.06	---	12:05.25

Tabla 88. Resultados Segmentación Imagen Ikonos

PARAMETROS			
Formato de entrada	TIFF		
Banda	1		
Tamaño archivos (Kb)	35.884		
Pixel de entrada (mt)	4		
Fomato de salida	IMG		
	ENVI	ERDAS	SPRING
Umbral de cambio	0-150	---	10%
Poblacion minima	1000	---	100000%
Nombre de archivo de salida	segik_ENVI.img	---	I000112.grib
Tamaño de archivo de salida	143320	---	143271
Tiempo (min:seg)	00:40.79	---	25:20.21

5.9. RESUMEN DE RESULTADOS

Tabla 89. Resumen de resultados.

RESULTADOS GENERALES							
PROCESOS	Tamaño Entrada	ENVI		ERDAS		SPRING	
		Tiempo	Tamaño	Tiempo	Tamaño	Tiempo	Tamaño
	(Kb)	(segundos)	(Kb)	(segundos)	(Kb)	(segundos)	(Kb)
0. PREPROCESAMIENTO							
0.1 Layer Stacking	160.737	27	160.571	64	177.019	---	---
	26.826	3	26.770	13	29.810	---	---
0.2 Reemplazo líneas malas	214.174	20	214.066	89	234.627	---	---
	107.651	20	107.490	44	119.255	---	---
	53.579	2	53.525	23	59.012	---	---
	13.413	1	13.386	8	14.910	---	---
0.3 Sustraccion de oscuridades	214.174	83	214.066	107	234.627	---	---
	107.651	48	107.490	57	119.255	---	---
	53.579	14	53.525	27	59.012	---	---
	13.413	4	13.386	10	14.910	---	---
0.4 Calibracion de Radianza	214.174	96	856.257	215	936.061	---	---
	107.651	33	429.956	192	475.711	---	---
	53.579	18	214.095	48	235.398	---	---
	13.413	4	53.539	11	59.440	---	---
1. CLASIFICACION							
1.1 Supervisada	160.571	196	53.525	62	59.017	72	53.016
	107.651	122	35.831	31	39.763	86	35.819
	29.810	22	13.385	11	14.915	14	13.381
1.2 No supervisada	214.174	960	214.066	266	234.628	150	214.050
	107.651	408	35.830	67	39.459	55	35.819
	53.579	264	53.525	121	59.014	47	53.518
	13.413	42	13.386	20	14.912	9	13.381
1.3 PostClasificacion	214.066	274	214.066	213	214.154	52	214.050
	53.525	177	53.525	59	53.685	26	53.518
	35.831	95	35.830	266	35.846	17	35.819

	13.386	33	13.386	16	13.395	7	13.381
2. FILTRAJE							
2.1 Paso Bajo							
3x3	214.174	53	428.130	91	234.627	108	214.050
	107.651	36	214.979	41	119.255	9	35.818
	53.579	9	107.048	28	59.012	25	53.516
	13.413	3	26.770	8	14.910	19	53.516
5x5	214.174	54	428.130	101	234.627	156	214.050
	107.651	34	214.979	41	119.255	18	34.818
	53.579	7	107.048	27	59.012	43	53.516
	13.413	1	26.770	7	14.910	34	53.516
7x7	214.174	59	428.130	72	234.627	228	214.050
	107.651	35	214.979	42	119.255	31	35.818
	53.579	11	107.048	27	59.012	75	53.516
	13.413	1	26.770	6	14.910	46	53.516
2.2 Paso Alto							
3x3	214.174	69	428.130	79	234.627	---	---
	107.651	33	214.979	42	119.255	---	---
	53.579	13	107.048	21	59.012	---	---
	13.413	7	26.770	8	14.910	---	---
5x5	214.174	133	428.130	86	234.627	---	---
	107.651	50	214.979	42	119.255	---	---
	53.579	19	107.048	19	59.012	---	---
	13.413	4	26.770	6	14.910	---	---
7x7	214.174	304	428.130	80	234.627	---	---
	107.651	78	214.979	41	119.255	---	---
	53.579	33	107.048	17	59.012	---	---
	13.413	5	26.770	6	14.910	---	---
2.3 Direccional							
3x3	214.174	60	428.130	83	234.627	77	214.053
	107.651	38	214.979	45	119.255	13	35.818
	53.579	14	107.048	23	59.012	23	53.517
	13.413	3	26.768	9	14.910	20	53.517

5x5	214.174	121	428.130	87	234.627	---	---
	107.651	44	214.979	46	119.255	---	---
	53.579	23	107.048	26	59.012	---	---
	13.413	4	26.768	8	14.910	---	---
7x7	214.174	271	428.130	108	234.627	---	---
	107.651	63	214.979	58	119.255	---	---
	53.579	42	107.048	35	59.013	---	---
	13.413	5	26.768	9	14.910	---	---
2.4Laplace	214.174	78	428.130	92	234.627	---	---
	107.651	37	214.979	49	127.915	---	---
	53.579	13	107.048	22	59.012	---	---
	13.413	4	26.770	8	14.910	---	---
2.5 Transformada de Fourier	107.651	675	859.910	460	852.296	---	---
	53.579	473	428.072	126	284.105	---	---
	13.413	61	107.076	22	71.022	---	---
3. TRANSFORMACIONES							
3.1 Componente Principales	162.933	326	642.281	242	706.176	366	160.548
	107.651	59	429.956	235	475.511	189	107.454
	26.770	13	167.077	26	118.870	10	26.762
3.2 RGB a HSV	160.571	64	642.281	225	706.177	83	53.516
	107.651	42	429.956	297	475.511	120	107.454
3.3 Agudizacion Brovey	214.174	295	642.194	1.111	2.805.975	---	---
3.4 Índice de Vegetación	162.933	30	214.095	57	235.398	---	---
	26.770	9	53.539	20	59.440	---	---
3.6 Tasselep Cap	321.141	924	1.284.560	401	706.798	---	---
5. VECTOR							
5.1 Raster a Vector	214.066	7.336	121.218	200	105.529	825	148.365
	53.525	584	36.962	46	24.657	155	40.598
	35.830	887	22.139	30	16.109	118	25.466
	13.386	110	11.448	19	6.693	69	13.382
6. TOPOGRAFIA							
6.1 Relieve	214.174	1.079	856.258	436	936.061	---	---
	107.651	95	143.320	333	158.576	---	---
	53.579	156	214.095	90	235.398	---	---

	13.413	34	53.539	17	59.440	---	---
6.2 Aspecto	214.174	992	856.258	181	468.439	---	---
	107.651	95	143.320	22	79.634	---	---
	53.579	156	214.095	29	117.808	---	---
	13.413	34	53.539	10	29.753	---	---
6.3 Pendiente	214.174	961	856.258	111	234.627	505	345.815
	107.651	103	143.320	20	39.757	62	91.538
	53.579	179	214.095	23	59.012	84	125.550
	13.413	37	53.539	12	14.910	20	34.235
7. ESPECTRAL							
7.1 Busqueda de Objetivos	160.571	50	183.447	283	211.000	---	---
	26.826	10	32.935	51	35.250	---	---
8. OTROS							
8.1 Matamatica de bandas	107.158	13	214.095	50	235.398	14	53.516
	71.767	11	143.320	28	158.576	12	35.818
	26.826	4	53.538	13	64.341	3	13.381
8.2 Segmentacion	214.174	725	53.539	---	---	5.582	856.196
	53.579	56	214.095	---	---	3.275	214.063
	35.884	41	143.320	---	---	1.520	143.271
	13.413	5	53.539	---	---	725	53.586

En la tabla anterior se muestra un resumen de los resultados obtenidos y en base a estos resultados se realizó el análisis de estos, los resultados están en segundos (en la casilla de tiempo) y en kilobytes (tamaño).

El análisis que se plantea es el de realizar con estos resultados, asignarle un porcentaje de ponderación a cada uno de los procesos, estableciendo el valor de ponderación al mejor tiempo y al menor tamaño de los tres software, y con una proporción inversa (a menor tiempo mayor porcentaje de ponderación) asignarle un porcentaje a los otros resultados.

- Ejemplo:

En este ejemplo se observa la variación de tiempo y tamaño en el proceso de clasificación supervisada.

Tabla 90. Ejemplo Clasificación supervisada

PROCESO		ENVI		ERDAS		SPRING	
	Tamaño Entrada	Tiempo	Tamaño	Tiempo	Tamaño	Tiempo	Tamaño
1.1 Clasificación Supervisada	160.571	196	53.525	62	59.017	72	53.016
	107.651	122	35.831	31	39.763	86	35.819
	29.810	22	13.385	11	14.915	14	13.381

El ERDAS tiene el mejor tiempo de procesamiento, en los tres diferentes tamaños de entrada, si se le asigna a la clasificación supervisada un porcentaje de ponderación del 30%, a cada una de los tres tamaño de entrada le corresponderán un 10%, por lo tanto se le asigna el un calificación de 10% al ERDAS, Y a los otros dos programas se le asigna un calificación inversamente proporcional de la siguiente manera:

$$X_{ENVI} \% = \frac{62}{196 * 10\%} = 3.16\% \quad \text{y} \quad X_{SPRING} \% = \frac{62}{72 * 10\%} = 8.61\%$$

En el tamaño del archivo de salida de los datos, se observa que el Spring tiene un mejor rendimiento, realizando el mismo proceso anteriormente descrito para el análisis del rendimiento en cuanto a tamaño.

Realizando este mismo análisis, en todos los demás procesos y con un porcentaje de ponderación del 12.5% para los grupos de procesamiento, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 91. Ponderaciones	PONDERACION (%)		ENVI		ERDAS		SPRING		
PROCESOS			Tiempo	Tamaño	Tiempo	Tamaño	Tiempo	Tamaño	
			(segundos)	(Kb)	(segundos)	(Kb)	(segundos)	(Kb)	
0. PREPROCESAMIENTO	12.5		12,50	12,50	4,76	11,31	0,00	0,00	
0.1 Layer Stacking	3,13	1,56	1,56	1,56	0,66	1,42			
		1,56	1,56	1,56	0,36	1,40			
0.2 Reemplazo líneas malas	3,13	0,78	0,78	0,78	0,18	0,71			
		0,78	0,78	0,78	0,36	0,70			
		0,78	0,78	0,78	0,07	0,71			
		0,78	0,78	0,78	0,10	0,70			
0.3 Sustracción de oscuridades	3,13	0,78	0,78	0,78	0,61	0,71			
		0,78	0,78	0,78	0,66	0,70			
		0,78	0,78	0,78	0,41	0,71			
		0,78	0,78	0,78	0,31	0,70			
0.4 Calibracion de Radianza	3,13	0,78	0,78	0,78	0,35	0,71			
		0,78	0,78	0,78	0,13	0,71			
		0,78	0,78	0,78	0,29	0,71			
		0,78	0,78	0,78	0,28	0,70			
1. CLASIFICACION	12.5		2,96	12,48	7,72	11,68	11,12	12,50	
1.1 Supervisada	4,17	1,39	0,44	1,38	1,39	1,25	1,20	1,39	
		1,39	0,35	1,39	1,39	1,25	0,50	1,39	
		1,39	0,69	1,39	1,39	1,25	1,09	1,39	
1.2 No supervisada	4,17	1,04	0,16	1,04	0,59	0,95	1,04	1,04	
		1,04	0,14	1,04	0,86	0,95	1,04	1,04	
		1,04	0,19	1,04	0,40	0,94	1,04	1,04	
		1,04	0,22	1,04	0,47	0,93	1,04	1,04	
1.3 Posclasificación	4,17	1,04	0,20	1,04	0,25	1,04	1,04	1,04	
		1,04	0,15	1,04	0,46	1,04	1,04	1,04	
		1,04	0,19	1,04	0,07	1,04	1,04	1,04	
		1,04	0,22	1,04	0,46	1,04	1,04	1,04	
2. FILTRAJE	12.5		10,34	6,62	8,86	11,50	2,13	3,73	
2.1 Paso Bajo									
3x3	1,14	0,28	0,28	0,14	0,17	0,26	0,14	0,28	
		0,28	0,07	0,05	0,06	0,09	0,28	0,28	
		0,28	0,28	0,14	0,09	0,26	0,10	0,28	

		0,28	0,28	0,16	0,11	0,28	0,04	0,08
5x5	1,14	0,28	0,28	0,14	0,15	0,26	0,10	0,28
		0,28	0,15	0,05	0,12	0,08	0,28	0,28
		0,28	0,28	0,14	0,07	0,26	0,05	0,28
		0,28	0,28	0,16	0,04	0,28	0,01	0,08
7x7	1,14	0,28	0,28	0,14	0,23	0,26	0,07	0,28
		0,28	0,25	0,05	0,21	0,09	0,28	0,28
		0,28	0,28	0,14	0,12	0,26	0,04	0,28
		0,28	0,28	0,16	0,05	0,28	0,01	0,08
2.2 Paso Alto								
3x3	1,14	0,28	0,28	0,16	0,25	0,28		
		0,28	0,28	0,16	0,22	0,28		
		0,28	0,28	0,16	0,18	0,28		
		0,28	0,28	0,16	0,25	0,28		
5x5	1,14	0,28	0,18	0,16	0,28	0,28		
		0,28	0,24	0,16	0,28	0,28		
		0,28	0,28	0,16	0,28	0,28		
		0,28	0,28	0,16	0,19	0,28		
7x7	1,14	0,28	0,07	0,16	0,28	0,28		
		0,28	0,15	0,16	0,28	0,28		
		0,28	0,15	0,16	0,28	0,28		
		0,28	0,28	0,16	0,24	0,28		
2.3 Direccional								
3x3	1,14	0,28	0,28	0,14	0,21	0,26	0,22	0,28
		0,28	0,10	0,05	0,08	0,09	0,28	0,28
		0,28	0,28	0,14	0,17	0,26	0,17	0,28
		0,28	0,28	0,16	0,09	0,28	0,04	0,08
5x5	1,14	0,28	0,20	0,16	0,28	0,28		
		0,28	0,28	0,16	0,27	0,28		
		0,28	0,28	0,16	0,25	0,28		
		0,28	0,28	0,16	0,14	0,28		
7x7	1,14	0,28	0,11	0,16	0,28	0,28		
		0,28	0,26	0,16	0,28	0,28		
		0,28	0,24	0,16	0,28	0,28		

		0,28	0,28	0,16	0,16	0,28		
2.4Laplace	1,14	0,28	0,28	0,16	0,24	0,28		
		0,28	0,28	0,17	0,21	0,28		
		0,28	0,28	0,16	0,17	0,28		
		0,28	0,28	0,16	0,14	0,28		
2.5 Transformada de Fourier	1,14	0,38	0,26	0,38	0,38	0,38		
		0,38	0,10	0,25	0,38	0,38		
		0,38	0,14	0,25	0,38	0,38		
3. TRANSFORMACIONES	12.5		10,68	7,34	6,28	6,28	3,05	5,00
3.1 Componente Principales	2,50	0,83	0,62	0,21	0,83	0,19	0,55	0,83
		0,83	0,83	0,21	0,21	0,19	0,26	0,83
		0,83	0,64	0,13	0,32	0,19	0,83	0,83
3.2 RGB a HSV	2,50	1,25	1,25	0,10	0,36	0,09	0,96	1,25
		1,25	1,25	0,31	0,18	0,28	0,44	1,25
3.3 Agudizacion Brovey	2,50	2,50	2,50	2,50	0,66	0,57		
3.4 Indice de Vegetacion	2,50	1,25	1,25	1,25	0,66	1,14		
		1,25	1,25	1,25	0,56	1,13		
3.6 Tasselep Cap	2,50	2,50	1,08	1,38	2,50	2,50		
5. VECTOR	12.5		0,98	8,91	12,50	12,50	3,34	7,66
5.1 Raster a Vector	12,50	3,13	0,09	2,72	3,13	3,13	0,76	2,22
		3,13	0,25	2,08	3,13	3,13	0,93	1,90
		3,13	0,11	2,27	3,13	3,13	0,79	1,98
		3,13	0,54	1,83	3,13	3,13	0,86	1,56
6. TOPOGRAFIA	12.5		4,31	7,62	11,76	12,11	1,48	2,10
6.1 Relieve	4,17	1,04	0,42	1,04	1,04	0,95		
		1,04	1,04	1,04	0,30	0,94		
		1,04	0,60	1,04	1,04	0,95		
		1,04	0,52	1,04	1,04	0,94		
6.2 Aspecto	4,17	1,04	0,19	0,57	1,04	1,04		
		1,04	0,24	0,58	1,04	1,04		
		1,04	0,19	0,57	1,04	1,04		
		1,04	0,31	0,58	1,04	1,04		
6.3 Pendiente	4,17	1,04	0,12	0,29	1,04	1,04	0,23	0,71
		1,04	0,20	0,29	1,04	1,04	0,34	0,45
		1,04	0,13	0,29	1,04	1,04	0,29	0,49

		1,04	0,34	0,29	1,04	1,04	0,63	0,45
7. ESPECTRAL	12.5		12,50	12,50	2,33	11,27	0,00	0,00
7.1 Busqueda de Objetivos	12,5	6,25	6,25	6,25	1,10	5,43		
		6,25	6,25	6,25	1,23	5,84		
8. OTROS	12.5		11,98	7,81	1,84	1,38	6,21	11,03
8.1 Matamatica de bandas	6,25	2,08	2,08	0,52	0,54	0,47	1,93	2,08
		2,08	2,08	0,52	0,82	0,47	1,91	2,08
		2,08	1,56	0,52	0,48	0,43	2,08	2,08
8.2 Segmentacion	6,25	1,56	1,56	1,56			0,20	0,10
		1,56	1,56	1,56			0,03	1,56
		1,56	1,56	1,56			0,04	1,56
		1,56	1,56	1,56			0,01	1,56
Sumatoria		100,00	66,25	75,78	56,05	78,03	27,33	42,02

Finalmente, pensando en el servicio a otros usuarios de este proyecto en un futuro, se automatizo una hoja de Excel en la cual el usuario puede cambiar el porcentaje de ponderación libremente dependiendo de la importancia de los procesos según el proyecto a desarrollar. A continuación se muestra la hoja de Excel con porcentaje de ponderación iguales para todos los grupos de procesos, en el capítulo siguiente se realizara unas recomendaciones para estos porcentajes dependiendo de la aplicación.

Tabla 92 Tabla de Recomendaciones

TABLA DE RECOMENDACIÓN

% DE TIEMPO	50
% DE TAMAÑO	50

GRUPOS DE PROCESOS	POND ERACI ON (%)	ENVI		ERDAS		SPRING	
		Tiempo	Tamaño	Tiempo	Tamaño	Tiempo	Tamaño
0. PREPROCESAMIENTO	12,5	10,00	10,00	3,81	9,05	0,00	0,00
1. CLASIFICACION	12,5	2,96	12,48	7,72	11,68	11,12	12,50
2. FILTRAJE	12,5	10,34	6,62	8,86	11,50	2,13	3,73
3. TRANSFORMACIONES	12,5	10,68	7,34	6,28	6,28	3,05	5,00
4. VECTOR	12,5	0,98	8,91	12,50	12,50	3,34	7,66
5. TOPOGRAFIA	12,5	4,31	7,62	11,76	12,11	1,48	2,10
6. ESPECTRAL	12,5	12,50	12,50	2,33	11,27	0,00	0,00
7. OTROS	12,5	11,98	7,81	1,84	1,38	6,21	11,03
SUB-TOTAL		66,25	75,78	75,78	78,03	27,33	42,02
TOTAL	100	71,01		67,04		34,67	

Ok

Según los parámetros entrados el programa recomendado es	General	Tiempo	Tamaño
	ENVI	ENVI	ERDAS

*Solo cambie las celdas de color Cyan, a los porcentajes de ponderación deseados.

*Tenga en cuenta que la suma de los porcentajes debe dar 100%

Con solo cambiar los datos de ponderación, la hoja automáticamente le recomendará uno de los tres software analizados. Si lo que el usuario necesita es velocidad de procesamiento y/o espacio, igualmente la hoja en la celda correspondiente le recomendará el software. Esta hoja es uno de los productos finales a la cual se deseaba llegar, siempre teniendo en cuenta que lo analizado fue los rendimientos de procesamiento y espacio.

6. APLICACIONES

En los últimos treinta años la información captada y transmitida por satélites se ha convertido en un elemento de uso diario a nivel masivo en áreas de aplicación inmediata como comunicaciones, meteorología, detección de catástrofes, etc.

Los sensores a bordo de los satélites utilizados en el dominio de los recursos naturales se han ido refinando y especializando con cada nueva generación, al igual que los sistemas de procesamiento de los datos recibidos. Esto facilita los estudios de recursos naturales en distintas escalas, desde los niveles de grandes regiones hasta los de predios individuales.

Los datos satelitales pueden ser transformados digitalmente para hacerlos compatibles con la cartografía y la información de terreno y así constituir un Sistema de Información Geográfico (SIG).

Los productos obtenidos utilizando este tipo de sistema integrado aumentarán su valor agregado en la medida que pase a ser un elemento de juicio en la toma de decisiones por parte del usuario final.

En la actualidad, estas son indispensables para los estudios regionales orientados hacia inventarios de recursos naturales y la optimización de sus usos con distintos fines. Su utilidad ha sido ampliamente demostrada en el mundo, en términos de precisión, ahorro de recursos humanos y de tiempo que resultan en una relación costo/producto favorable para el usuario final en comparación con los métodos convencionales.

A nivel de escala de detalle o semi-detalle las imágenes y el SIG pueden contribuir en forma significativa en la evaluación de determinados recursos naturales o el impacto de factores externos sobre ellos. Los sensores actuales permiten: estudios catastrales, evaluación de daños provocados por factores climáticos (inundaciones, granizo, etc.) o generados por el mal uso de los recursos (erosión eólica o hídrica).

La tecnología de teledetección tiene una utilización en diferentes estudios, pertenecientes a diferentes áreas, como son:

- Estudios Geológicos y de Geomorfología.
- Estudios Meteorológicos.
- Exploración minera y de petróleo.
- Estudios Urbanos.
- Estudios Oceanográficos.

- Estudios de Vegetación (Agricultura, Ecología y Forestales).
- Estudios Termales.
- Estudios Hidrológicos.
- Evaluación de Catástrofes.
- Estudio de impacto ambiental.
- Estudios de erosión.
- Selección de rutas optimas de vías, gaseoductos etc.
- Medicina.
- Estudios Volcánicos.

La anterior lista es una amplia gama de ramas de estudio en la cuales es aplicable la tecnología de la teledetección, lo cual abarcar estas areas nos llevaría mucho tiempo y espacio por lo tanto se definirán y explicar solo algunos de los estudios realizados basado en teledetección.

Inicialmente se mostrara un estudio realizado para la empresa Emerald Energy Plc, el cual el contratista contactó a lo realizadores de esta proyecto y estos a su vez ejecutaron la parte referente a la de caracterización del uso del suelo en la zona comprendida, entre MANTECAL, ALTAMIRA, BRISAS Y CACHAMA ubicadas en los llanos orientales de Colombia.

6.1 Elaboración del estudio diagnostico general de las áreas de los contratos de evaluación técnica Mantecal, Altamira, Brisas y Cachama.

Este estudio comprende varias fases para su desarrollo, los realizadores de este proyecto, se enfocaron en realizar:

- Mapa de cobertura del suelo a escala 100.000 elaborados como interpretación de las imágenes de satélites.
- Mapa Base de infraestructura vial, ríos, carreteras, poblaciones, esteros, y en general los elementos geográficos mas representativos a esa escala de trabajo.

Metodología

- Delimitacion de la zona de estudio. El contrato limita a la zona de estudio a las veredas de Mantecal, Altamira, Brisas y Cachama. Con base a cartografía del IGAC se realizo la ubicación geográfica de estas en un rectángulo que cubriera estas veredas.

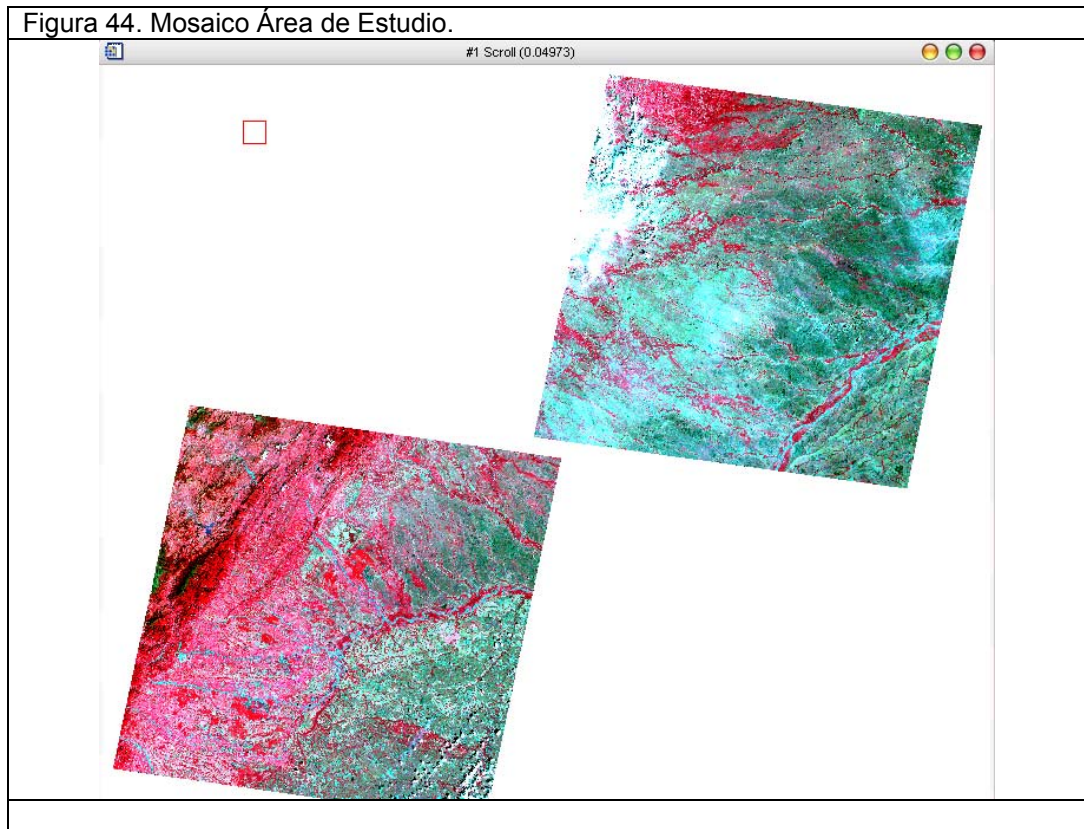
Esquina Inferior Izquierda: 1050.000 N (Origen Bogota)
Esquina Superior Derecha: 908.500 N (Origen Bogota)

- Selección y Adquisición de Imágenes de Satélite: Con base a la escala exigida, se determino que las imágenes Landsat 7 con 30 mt de resolución era satisfactoria para realizar el presente estudio, además se requería una imágenes con resolución espectral mayor de 4 bandas, y su distribución gratuita y de fácil acceso, afianzo la imagen. Realizando una búsqueda en la base de datos del ESDI, dependencia del GLFC de la Universidad de Maryland, con las coordenadas del área de trabajo se ubicaron los PATH/ROW de las imágenes que cubrieran el área de trabajo, se encontraron que estaba ubicado en dos imágenes cuyos PATH/ROW son 6/56 y 7/57.
- Consecución de Cartografía. Se adquirieron planchas del IGAC escala 1:500000, del uso del suelo en el área de estudio, actualizadas al año 2003. Como base para extraer información en el conocimiento del área.
- Selección del Software más apropiado. Conociendo previamente los procesos a realizar (descritos mas adelante), con la hoja de recomendación desarrollada en el presente proyecto, y teniendo en cuenta que la mayor limitación del desarrollo del estudio era el tiempo y como un aspecto secundario el espacio del disco, se hizo un análisis del software mas apropiado.

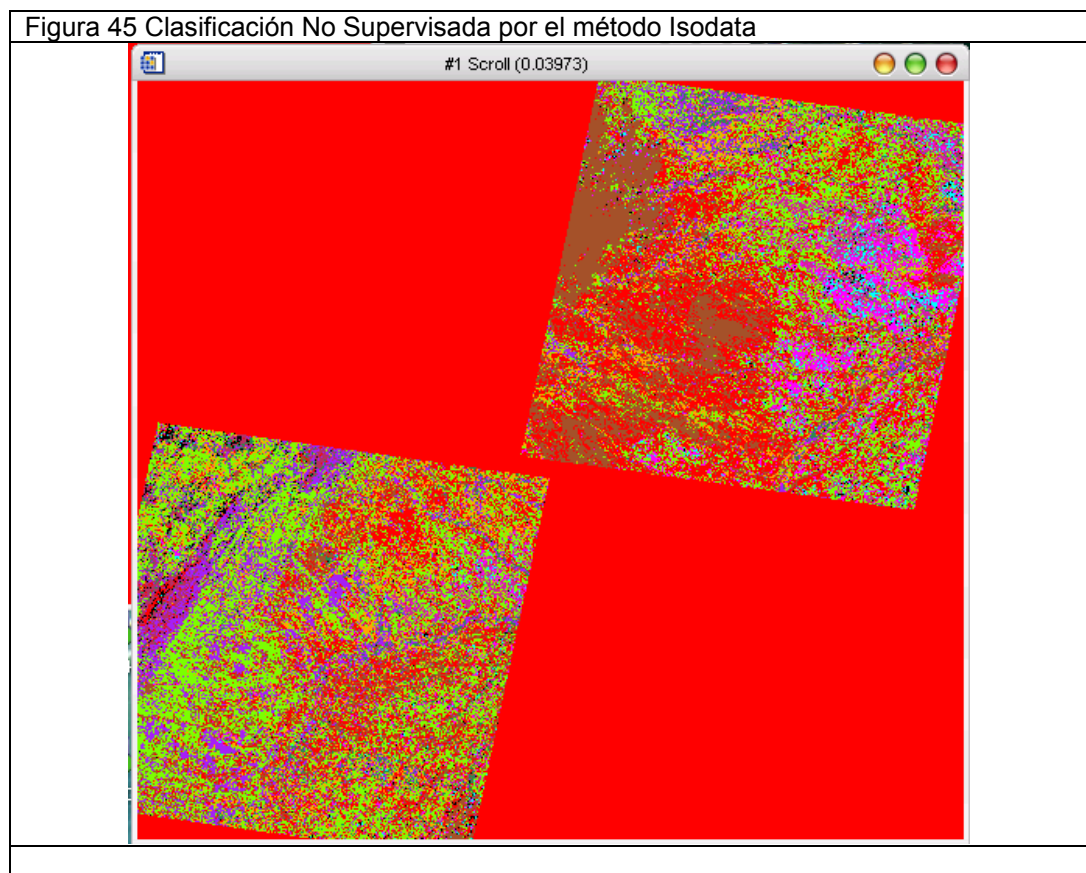
Tabla 93. Tabla de Recomendación Aplicación 1

TABLA DE RECOMENDACIÓN							
% DE TIEMPO		80					
% DE TAMAÑO		20					
GRUPOS DE PROCESOS	PONF (%)	ENVI		ERDAS		SPRING	
		Tiempo	Tamaño	Tiempo	Tamaño	Tiempo	Tamaño
PREPROCESAMIENTO	28.5	55,00	55,00	20,93	49,76	0,00	0,00
CLASIFICACION	43	4,73	19,97	12,35	18,69	17,79	20,00
FILTRAJE	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TRANSFORMACIONES	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VECTOR	28.5	1,95	17,81	25,00	25,00	6,68	15,32
TOPOGRAFIA	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ESPECTRAL	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OTROS	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SUB-TOTAL		61,68	92,79	58,28	93,45	24,47	35,32
TOTAL		100	77,24	75,87		29,90	
Ok							
Según los parámetros entrados el programa recomendado es	General	Tiempo	Tamaño				
	ENVI	ENVI	ERDAS				

- Con estos resultados se procedió a utilizar el software ENVI, para los siguientes procesos.
- Mosaico y Recorte de imágenes. Con las imágenes adquiridas se colocaron en un solo archivo para mejor desempeño del trabajo. Como el área de estudio no requiere la totalidad de las dos imágenes Landsat se realizó un recorte de estas, ya que esto conlleva a un menor espacio y tiempo de procesamiento.



- Determinación de los tipos de suelo existentes en el área. Con base a las planchas del IGAC, se determinaron que existían 19 clases de suelo en la zona de la totalidad descritas por el IGAC.
- Clasificación No supervisada. Seguidamente se realizó una clasificación no supervisada por el método de isodata, con 19 clases, para obtener una visión preliminar para observar el comportamiento de la variación del uso del suelo.



- Clasificación Supervisada. Se extrajeron regiones de entrenamiento de las planchas del IGAC, en base a coordenadas y se redujo el número de clases a 15 (incluyendo nubes y vías) debido a que algunas regiones se encontraban por fuera de las dos imágenes.

Las clases determinadas fueron las siguientes:

Tabla 94. Clases utilizadas en el entrenamiento

Clase	Simbología según IGAC
Bosques Naturales Fragmentados	Bi
Pastos Semintensivos e intensivos	Pm
Asociación de Cultivos	Ac
Pastos Extensivos	Pn

Pantanos y Ciénagas	Ag
Pasto, Matorrales	Ap
Vegetación Herbácea	Pe
Vegetación de Sabana	Sl
Cultivos Transitorios (Maíz, Sorgo, etc.)	Cu
Cultivo Palma africana	Cp-Pa
Nubes	Nubes
Urbano	Zu
Vías	Vías
Cuerpos de Agua, Ríos	Ari
Bosques Plantados	Bp

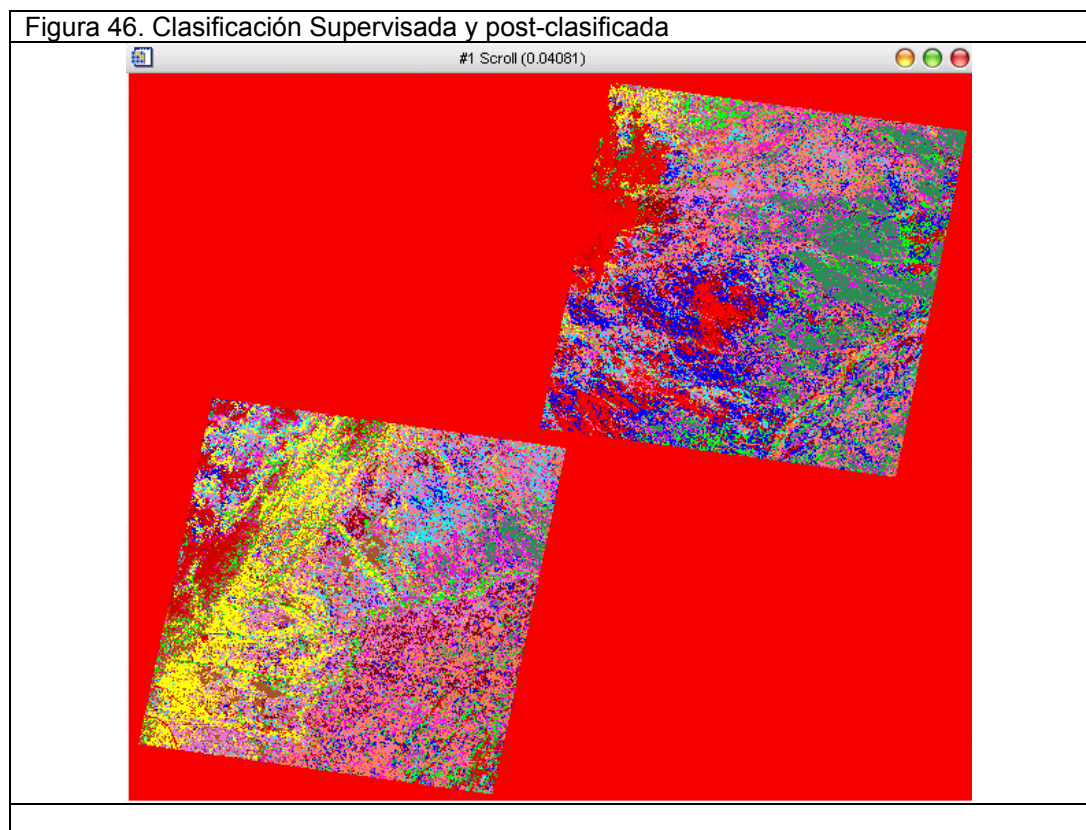
La clasificación supervisada se realizó por el algoritmo de Máxima Probabilidad, con 5 iteraciones y un umbral de cambio del 5%.

- Post-Clasificación. En este paso se realizaron dos procesos, un análisis mayoritario para eliminar píxeles aislados y una combinación de clases (nubes y sin clasificar creada por defecto) debido a que no se poseía información en esta región.

Nota: En el proceso de clasificación, el programa ENVI, demoró un promedio de 2 horas.

- Vectorización. Debido a que los resultados obtenidos de la clasificación se deseaba trabajar en un sistema de información geográfica como lo es ARCVIEW, se realizó un proceso de vectorización de la imagen ráster y una posterior conversión a formato Shape (*.shp).

Este proceso fue el más demorado, por el gran volumen de datos manejados con un tiempo mayor a 48 horas, trabajando el equipo continuamente y con casi la totalidad de la memoria RAM y demás condiciones de funcionamiento lo más libre posible.



Finalmente se realizó una depuración de los archivos Shape para unir vectores cercanos de la misma clase.

Todo el proceso se realizó bajo la supervisión de un Ingeniero Rene Muñoz conocedor del tema.

6.2 Mapa De Coberturas Del Suelo De La Estación Experimental - Forestal San Juan Tetla Y Sus Alrededores Elaborado Con Base En Diferentes Métodos De Clasificación Supervisada De Una Imagen Landsat 7 ETM.¹

- **Objetivo:** Elaborar un mapa de coberturas del suelo de la estación Experimental - Forestal San Juan Tetla y sus alrededores con base en diferentes métodos de clasificación - clasificador de máxima probabilidad con planos de probabilidad a priori y la extensión borrosa del mismo - de una imagen Landsat 7ETM+

¹ Roldán, 2003

- Generalidades: Se ubica en el Eje Neovolcanico de la Republica Mexicana, en la ladera oriental del volcán Iztaccíhuatl, a tres horas aproximadamente de la Ciudad De México.

Tiene una superficie de 100 km², con relieve montañosos en la parte este y plana a ligeramente ondulada al oeste, con un intervalo de altitud de los 2500 msnm a los 4200 msnm; Presenta coberturas del suelo como bosques templados de coníferas, latifoliadas y mixtos, pastizales, cultivos y zonas pobladas.

- **Metodología**

- o Delimitación de la zona de trabajo y selección de la información
- o Definición de la leyenda de trabajo.
- o Exploración estadística y transformación de imágenes.
 - Generación de composiciones a color (RGB), índices de vegetación y transformaciones (NDVI (3/4), NDVI (3/5), Tasseled Cap, brillo, verdor y humedad, componentes principales uno y dos) Análisis Visual.
- o Trabajo de campo y campos de entrenamiento.
 - Reconocimiento de las clases de coberturas del suelo en campo; Obtención de puntos de entrenamiento; Digitalización de campos de entrenamiento (7002 píxeles para todas las clases).
- o Generación de firmas espectrales
 - Separación de bandas, índices de vegetación y transformaciones en dos grupos
- o Selección de bandas adecuadas para la fase de asignación
 - Separación de firmas espectrales con base en la Divergencia Transformada;
 - Elementos seleccionados: banda 1, banda 3, banda 4, componente principal uno, componente principal dos y Tasseled Cap de brillo.
- o Fuentes de información y extracción de datos.
 - Modelo Digital del Terreno. Resolución 50 metros(1999);
 - Plano de Inclinação del Terreno. Resolución 50 metros.(1999);
 - Plano de Exposición de Ladera. Resolución 50 metros.(1999);
 - Mapa topográfico 1:50,000. (1996);
 - Mapa Forestal Estación Experimental. 1:25,000. (1996);
 - Mapa de vegetación y uso del suelo. 1:50,000.
- o Generación de planos de probabilidad.
 - Obtención de estadísticas descriptivas para cada variable / cobertura del suelo y análisis discriminante para obtener peso de las variables consideradas.

- Uso de la formula de la distribución normal para obtención de probabilidad por variable / cobertura del suelo;
 - Obtención de la probabilidad conjunta de variables por cobertura con peso de 9 a 1 para altitud e inclinación. Exposición es excluida por el bajo peso de discriminación
 - Obtención de planos de probabilidad para las clases de Quercus spp, Suelo Desnudo y Nubes con base en estimación del área de una clasificación supervisada.
 - Obtención de planos de la probabilidad condicional considerando los diferentes planos de probabilidad conjunta y de la estimación del área con orden BAYES, IDRISI32.
 - o Clasificaciones con el algoritmo de máxima verosimilitud. Se desarrollaron dos clasificaciones, la primera considerando únicamente información espectral (clasificación uno. Igual probabilidad para todas las clases) y, la segunda combinando la información espectral con los planos de probabilidad condicional de cada clase (clasificación dos). Se asignaron todos los píxeles en ambas clasificaciones.
 - o Clasificaciones con la extensión borrosa del algoritmo de máxima verosimilitud Se generaron dos clasificaciones más siguiendo el mismo esquema que en la etapa anterior (clasificación tres = información espectral; clasificación cuatro = combinación información espectral + planos de probabilidad).
 - o Obtención de puntos de validación. Se utilizaron 221 puntos de validación obtenidos en campo y de fuentes bibliográficas del año 2000 a la fecha.
 - o Obtención de matrices de confusión y tratamiento de información borrosa. Se realizó un análisis visual y se obtuvo la fiabilidad global de las clasificaciones uno y dos para cada nivel de la leyenda de trabajo. La información difusa (imágenes de incertidumbre) por una parte, se utilizó para obtener el promedio de incertidumbre de los píxeles asignados a cada clase de las clasificaciones uno y dos y, por el otro, para conocer la distribución espacial de la incertidumbre expresada en cinco intervalos para las clasificaciones tres y cuatro.
- **Aplicación de Rendimientos.** Dada la anterior metodología se extrajeron los procesos aplicados en este proyecto los cuales se muestran a continuación y se aplica la hoja de rendimientos creada anteriormente.
 - o Transformaciones: Generación de composiciones a color (RGB), índices de vegetación y transformaciones (NDVI (3/4), NDVI (3/5), Tasseled Cap, brillo, verdor y humedad, componentes principales uno y dos).
 - o Clasificaciones: Supervisada y no supervisada; postclasificación.

- o Otros: Estadísticas.

Teniendo en cuenta los anteriores procesos se asignaron un porcentaje de ponderación según la importancia que tienen los grupos de procesos en el marco del estudio realizado.

Tabla 94. Tabla de Recomendación Aplicación 2

TABLA DE RECOMENDACIÓN							
% DE TIEMPO	50						
% DE TAMAÑO	50						
GRUPOS DE PROCESOS	POND (%)	ENVI		ERDAS		SPRING	
		Tiempo	Tamaño	Tiempo	Tamaño	Tiempo	Tamaño
PREPROCESAMIENTO	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CLASIFICACION	40	9,46	39,95	24,70	37,38	35,59	40,00
FILTRAJE	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TRANSFORMACIONES	40	34,17	23,49	20,09	20,09	9,75	16,00
VECTOR	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOPOGRAFIA	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ESPECTRAL	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OTROS	20	19,17	12,50	2,95	2,20	9,94	17,65
SUB-TOTAL		62,80	75,94	47,74	59,67	55,27	73,65
TOTAL	100	69,37		53,71		64,46	
OK							
Según los parámetros entrados el programa recomendado es	General	Tiempo		Tamaño			
	ENVI	ENVI		ENVI			

6.3 Intensidad extractiva del uso actual del suelo y cobertura vegetal de subcuenca del río tona basada en sensores remotos¹.

- **Objetivo:** Cuantificar la intensidad extractiva por medio de un mapa comparativo del uso actual del suelo y cobertura vegetal de la subcuenca del alto río Tona.
- **Generalidades.** Identificar los tipos de cobertura vegetal y uso actual del suelo y los cambios ocurridos en la década de los noventa en la subcuenca del alto río Tona.

¹Muñoz, 2003

La influencia del proyecto se localiza en la provincia de Soto, sobre la vertiente occidental de la cordillera Oriental. Conformado por las cuencas del río Tona, río de Oro, Umpalá, Manco, Charta, Suratá y Vetas.

- **Metodología**

- o Etapa de Recurso humano. Revisión Bibliográfica, Capacitación, definición de factores, niveles y variables.
- o Recolección de Información. Selección y consecución de las imágenes de satélite, selección del sistema de clasificación del uso del suelo y cobertura vegetal.
- o Tratamiento digital de imágenes. Registro, Segmentación, Clasificación Supervisada y no supervisada.
- o Análisis Multitemporal. Superposición de modelos temáticos de 1991 y 2001.
- o Vectorización. Conversión a formato vector.

- **Aplicación de Rendimientos.** Dada la anterior metodología se extrajeron los procesos aplicados en este proyecto los cuales se muestran a continuación y se aplica la hoja de rendimientos creada anteriormente.

- o Preprocesamiento: Registro de la imagen.
- o Clasificaciones: Supervisada y no supervisada; posclasificación.
- o Vectorización.
- o Otros: Detección de cambios y Segmentación.

Teniendo en cuenta los anteriores procesos se asignaron un porcentaje de ponderación según la importancia que tienen los grupos de procesos en el marco del estudio realizado.

Tabla 95. Tabla de Recomendación Aplicación 3

TABLA DE RECOMENDACIÓN							
% DE TIEMPO	50						
% DE TAMAÑO	50						
GRUPOS DE PROCESOS	POND (%)	ENVI		ERDAS		SPRING	
		Tiempo	Tamaño	Tiempo	Tamaño	Tiempo	Tamaño
PREPROCESAMIENTO	10	10,00	10,00	3,81	9,05	0,00	0,00
CLASIFICACION	35	8,28	34,96	21,61	32,71	31,14	35,00
FILTRAJE	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TRANSFORMACIONES	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VECTOR	20	1,56	14,25	20,00	20,00	5,34	12,26
TOPOGRAFIA	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ESPECTRAL	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OTROS	35	33,54	21,87	5,15	3,86	17,39	30,89
SUB-TOTAL		53,38	81,08	50,57	65,61	53,87	78,15
TOTAL	100	67,23		58,09		66,01	
OK							
Según los parámetros entrados el programa recomendado es	General	Tiempo		Tamaño			
	ENVI	SPRING		ENVI			

6.4 Detección de suelos de turba¹ a partir de imágenes satelitales²

- **Objetivo:** Investigar como las imágenes de satélite y el procesamiento digital de imágenes pueden ser utilizadas en la detección de áreas de Turba.
- **Generalidades.** El estudio se concentro en identificar áreas de tierra con turba las cuales están debajo de tierras de uso agrícolas donde la diferenciación de este tipo de suelo es complicada. Estas tierras tienen un interés particular en el campo de la arqueología ya que ellas representan sitio sin descubrir que contienen artefactos preservados e información acerca del uso prehistórico del suelo.
- **Metodología**
 - o Discriminación de la turba.
 - o Datos de Campo. Uso de Cartografía a escala 1:25000.

¹Turba: Combustible fósil formado de residuos vegetales acumulados en sitios pantanosos.

²Gibson- Power, 2000

- o Adquisición e Interpretación Fotográfica.
 - o Adquisición de imágenes de satélite. Imágenes Landsat (Path/Row 204/ 22)
 - o Separación Espectral y clasificación de la Turba
 - o Selección de las bandas adecuadas para interpretación visual.
 - o Realces. PVI (Índice de Vegetación Perpendicular), Tasselep Cap, Análisis de componentes Principales, Transformación IHS.
 - o Clasificación Supervisada. Algoritmo Máxima probabilidad.
- **Aplicación de Rendimientos.** Dada la anterior metodología se extrajeron los procesos aplicados en este proyecto los cuales se muestran a continuación y se aplica la hoja de rendimientos creada anteriormente.
 - o Clasificaciones: Supervisada
 - o Transformaciones: Índice de Vegetación, Tasselep Cap, Análisis de componentes Principales, Transformación IHS.

Teniendo en cuenta los anteriores procesos se asignaron un porcentaje de ponderación según la importancia que tienen los grupos de procesos en el marco del estudio realizado.

Tabla 96. Tabla de Recomendación Aplicación 4

TABLA DE RECOMENDACIÓN							
% DE TIEMPO		50					
% DE TAMAÑO		50					
GRUPOS DE PROCESOS	POND (%)	ENVI		ERDAS		SPRING	
		Tiempo	Tamaño	Tiempo	Tamaño	Tiempo	Tamaño
PREPROCESAMIENTO	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CLASIFICACION	20	4,73	19,97	12,35	18,69	17,79	20,00
FILTRAJE	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TRANSFORMACIONES	80	68,34	46,99	40,19	40,18	19,49	32,00
VECTOR	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOPOGRAFIA	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ESPECTRAL	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OTROS	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SUB-TOTAL		73,07	66,96	52,54	58,87	37,29	52,00
TOTAL		100	70,02	55,70	44,64		
Ok							
Según los parámetros entrados el programa recomendado es	General	Tiempo	Tamaño				
	ENVI	ENVI	ENVI				

6.5 Procesamiento digital de imágenes satelitales para la cartografía náutica fluvial Argentina¹.

- **Objetivo:** Realizar el procesamiento digital de imágenes satelitales, con el fin de incorporar a las mismas en la producción de una Carta Imagen Fluvial.
- **Generalidades.** Uno de los principales problemas que plantea la actualización de la cartografía náutica fluvial es la imposibilidad de contar con relevamientos fotográficos en forma periódica. Las plataformas helio sincrónicas que transportan los sensores ópticos multiespectrales permiten obtener una nueva imagen de la misma zona de la Tierra con una frecuencia determinada.

La zona seleccionada para confeccionar la carta-imagen está ubicada en la Provincia de Buenos Aires, entre los kilómetros 49 a 65 del Río Paraná de las Palmas.

Para realizar las correcciones radiométricas, y con el fin de poder comparar las imágenes de distinta fecha, se tomó un área del Delta que sobre el Río Paraná de las Palmas va desde el Km. 40.5 al 250.

- **Metodología**
 - o Selección y estudio físico del área a desarrollar.
 - o Selección de un sensor. Spot por su resolución y Landsat por su disponibilidad de imágenes en el tiempo.
 - o Corrección geométrica de la imagen. Georeferenciación con base en puntos de control.
 - o Tratamiento Radiométrico. Cálculo de radiancia, calibración IAR.
 - o Fusión de imágenes. Unión de la imagen Landsat y Spot. Transformación Brovey.
 - o Análisis de Detección automática de Cambios.
 - o Vectorización.
 - o Integración SIG.
 - o Construcción de la carta imagen fluvial.
- **Aplicación de Rendimientos.** Dada la anterior metodología se extrajeron los procesos aplicados en este proyecto los cuales se muestran a continuación y se aplica la hoja de rendimientos creada anteriormente.
 - o Preprocesamiento: Georeferenciación, Calibración IAR
 - o Transformaciones: Transformación Brovey.

¹Bava, 2004

- o Otros: Detección de Cambios.
- o Vectorización. Conversión de Archivos.

Teniendo en cuenta los anteriores procesos se asignaron un porcentaje de ponderación según la importancia que tienen los grupos de procesos en el marco del estudio realizado.

Tabla 97. Tabla de Recomendación Aplicación 5

TABLA DE RECOMENDACIÓN							
% DE TIEMPO	50						
% DE TAMAÑO	50						
GRUPOS DE PROCESOS	POND (%)	ENVI		ERDAS		SPRING	
		Tiempo	Tamaño	Tiempo	Tamaño	Tiempo	Tamaño
PREPROCESAMIENTO	40	40,00	40,00	15,22	36,19	0,00	0,00
CLASIFICACION	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FILTRAJE	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TRANSFORMACIONES	20	17,08	11,75	10,05	10,04	4,87	8,00
VECTOR	20	1,56	14,25	20,00	20,00	5,34	12,26
TOPOGRAFIA	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ESPECTRAL	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OTROS	20	19,17	12,50	2,95	2,20	9,94	17,65
SUB-TOTAL		77,81	78,50	48,22	68,44	20,15	37,91
TOTAL	100	78,15		58,33		29,03	
Ok							
Según los parámetros entrados el programa recomendado es	General	Tiempo		Tamaño			
	ENVI	ENVI		ENVI			

6.6 Análisis de anomalías espectrales aplicado a la Exploración minera en la zona central de Cajamarca¹

- **Objetivo:** estudio de la zona central de Cajamarca, con vista a una evaluación potencial de recursos minerales metálico

¹Fernandez, 2000

- **Generalidades.** Trabajo trata del estudio que se orienta principalmente hacia el análisis espectral utilizando los datos de imágenes de satélite Landsat TM en la zona central de Cajamarca, con vista a una evaluación potencial de recursos minerales metálicos, como parte de un trabajo conjunto entre INGEMMET y MINDECO (Japón) el año 1998.
- La ciudad más importante del área de trabajo es Cajamarca, localizada en 7°09' latitud sur y 78°29 ' longitud oeste, está a casi 560 Km. de Lima en línea recta
- **Metodología**
 - o Estudio de la geología y estructura geológica.
 - o Interpretación de imágenes de satélite
 - o Análisis espectral.
 - Clasificación supervisada: Toda el área del estudio fue clasificada en siete clases, usando seis bandas TM con excepción de la banda 6.
 - Preparación de máscaras.
 - El análisis espectral sólo fue hecho para los pixeles clasificados en las Clases 6 o 7 para lo cual se prepararon las respectivas máscaras.
 - Índices (Cocientes) $(\text{Banda } 2 - \text{Banda } 1) \div (\text{Banda } 2 + \text{Banda } 1)$ $(\text{Banda } 5 - \text{Banda } 7) \div (\text{Banda } 5 + \text{Banda } 7)$.
 - Normalización del histograma.
 - Matemática de bandas:
 - Extracción de zonas anómala
 - o Estudio de campo
- **Aplicación de Rendimientos.** Dada la anterior metodología se extrajeron los procesos aplicados en este proyecto los cuales se muestran a continuación y se aplica la hoja de rendimientos creada anteriormente.
 - o Preprocesamiento: Mascaras.
 - o Clasificación: Supervisada
 - o Transformaciones: Índices.
 - o Otros: Histogramas, matemática de bandas.
 - o Espectral: Detección de anomalías

Teniendo en cuenta los anteriores procesos se asignaron un porcentaje de ponderación según la importancia que tienen los grupos de procesos en el marco del estudio realizado.

Tabla 98. Tabla de Recomendación Aplicación 6

TABLA DE RECOMENDACIÓN							
% DE TIEMPO	50						
% DE TAMAÑO	50						
GRUPOS DE PROCESOS	POND (%)	ENVI		ERDAS		SPRING	
		Tiempo	Tamaño	Tiempo	Tamaño	Tiempo	Tamaño
PREPROCESAMIENTO	16,67	16,67	16,67	6,34	15,08	0,00	0,00
CLASIFICACION	16,67	3,94	16,65	10,29	15,58	14,83	16,67
FILTRAJE	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TRANSFORMACIONES	16,67	14,24	9,79	8,37	8,37	4,06	6,67
VECTOR	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOPOGRAFIA	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ESPECTRAL	16,67	16,67	16,67	3,11	15,03	0,00	0,00
OTROS	33,32	31,93	20,82	4,91	3,67	16,55	29,41
SUB-TOTAL		83,45	80,60	33,03	57,74	35,45	52,75
TOTAL	100	82,03		45,38		44,10	
Ok							
Según los parámetros entrados el programa recomendado es	General	Tiempo	Tamaño				
	ENVI	ENVI	ENVI				

7. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

- Los resultados de los software ENVI y ERDAS, muestran una gran similitud en ambos parámetros analizados, debido a que ellos están enfatizados primordialmente al tratamiento de imágenes satelitales, el SPRING tiene un enfoque hacia sistemas de información geográfica (SIG) y el procesamiento de imágenes satelitales es una parte de este software.
- Los resultados del análisis comparativo de las herramientas software seleccionadas aplicados a procesos básicos, dieron como resultado, de forma general y conjunta (tiempos y tamaño de archivos), con una ponderación igual para todos los procesos, que el software ENVI tiene una eficiencia aproximada del 71%, contra el 67% y 35% de los software ERDAS y SPRING respectivamente.
- Con los resultados de los rendimientos de tiempo, con una ponderación igual para todos los procesos, que el software ENVI tiene una eficiencia aproximada del 66%, contra el 56% y 27% de los software ERDAS y SPRING respectivamente.
- La mejor eficiencia teniendo en cuenta solo los rendimientos de Tamaño de archivos de salida, con una ponderación igual para todos los procesos, que el software ERDAS tiene eficiencia aproximada del 78%, contra el 76% y 42% de los software ENVI y SPRING respectivamente.
- El programa ENVI da mejores resultados en preprocesamiento, filtraje, transformaciones, análisis espectral y otros procesos, esto se debe en gran medida que este software fue desarrollado inicialmente para procesamiento de imágenes tomadas por misiones realizadas por la NASA de otros planetas donde las características de la atmósfera y los índices de reflectancia son diferentes y por esto se desarrollaron los algoritmos mas complejos para estos procesos, mientras que el ERDAS presenta mejores rendimientos en vectorización, y análisis topográfico, y el SPRING tiene su fortaleza en la clasificación.
- La interfaz grafica del programas ENVI es mas amigable al usuario, tiene una estructura bien organizada y familiarizada con el entorno Windows haciendo mas fácil su aprendizaje, mientras que el ERDAS tiene exige un poco mas de trabajo para la familiarización con el programa. El software SPRING, utiliza una manera diferente de ordenar los datos (por su enfoque SIG), que conlleva a una preparación preliminar de los datos a procesar, pero de fácil entendimiento y manejo.

- Dada la extensión del proyecto y los numerosos procesos que se debieron realizar, este estudio requirió de gran espacio en el disco duro (se obtuvo un poco mas de 50 Gb en resultados), además de requerimientos de memoria RAM (se utilizó una con capacidad de 512 Mb), que en un 70% del desarrollo de los procesos se trabajó en un 100% dejando solo el equipo con los requerimientos básicos para su funcionamiento, debido a la gran cantidad de datos a procesar, aspecto a tener en cuenta en futuras aplicaciones.
- Los amplios campos de aplicación de la teledetección, la hacen una herramienta con mucho potencial de desarrollo, aun más del que ha tenido en las últimas décadas, debiendo por lo tanto estar actualizados día a día.
- Los estudios aquí mencionados, se seleccionaron de tal manera que abarcara lo mas posible los campos de aplicación, y se pudieran observar su uso en casos reales.
- Gracias al desarrollo del presente proyecto, se adquirió licencia de funcionamiento del programa ENVI por parte del grupo de investigación GEOMATICA, además se retomó el uso de la licencia del software ERDAS, dando a conocer estos programas como base para futuras investigaciones.
- Los manuales desarrollados de los software analizados son una ambientación que le permiten conocer la interfaz gráfica del programa, y desarrollar la utilización de los procesos básicos.
- Aunque el sistema operativo Windows trabajó relativamente bien, la utilización de otros sistemas en los cuales el modo de procesamiento de datos se realiza de manera diferente y mas eficaz, es un medio para mejorar los resultados de procesos.

8. RECOMENDACIONES

- Dado que el enfoque del presente proyecto se baso en un análisis de resultados en tiempos de procesamiento y tamaño de salida, se recomienda realizar un estudio que evalúe la eficacia de los resultados de los programas, que junto con los resultados del presente proyecto se tenga una concepción mas acertada a la hora de la elección de un programa para la realización de determinado proyecto.
- Recientemente el grupo de investigación GEOMATICA ha adquirido una imagen satelital QuickBird 2 de resolución espacial de 61 cm., del área metropolitana de Bucaramanga, es un excelente material para realizar muchas investigaciones, que junto con las imágenes Landsat distribuidas gratuitamente por el ESDI tiene un gran potencial a ser explotado en investigaciones y desarrollos.
- Gracias al desarrollo de la tecnología de la teledetección en los diversos campos de aplicación, que hace esta sea mas accesible a nuestro medio, se recomienda realizar convenios con Universidades de otros Países que tengan grupos de investigación expertos en el tema (España, por ejemplo), para posteriormente crear grupo de apoyo en teledetección, para Concientizar e impulsar el interés de los estudiantes y profesionales de las enormes aplicabilidades y ventajas que esta tecnología trae.
- En la realización de esta clase de estudios se recomienda la utilización de sistemas operativos diferentes a Windows, como por ejemplo UNIX, SUN SOLARIS, para una mejor eficacia de los resultados y de esta manera mejorar la calidad de los resultados, para esto se requeriría la adquisición de estos equipos por parte de entidades interesadas en apoyar este tipo de investigaciones.

BIBLIOGRAFIA

- Bava, F.** (2003): Procesamiento Digital De Imágenes Satelitales Para La Cartografía Náutica Fluvial Argentina, Escuela de Ciencias del Mar Instituto Universitario Naval, <http://www.hidro.gov.ar/Not2003/FedericoBava.pdf>
- Chuvieco, E.** (2000): Fundamentos de Teledetección Espacial, Tercera Edición Corregida, Madrid.
- Pinto, J.** (2003): Teledetección Espacial, Material Educativo de Soporte a la Especialización en Sistemas de Información Geográfica.
- Fernandez, J.** (1998) Análisis De Anomalías Espectrales Aplicado A La Exploración Minera En La Zona Central De Cajamarca, http://www.ingemmet.gob.pe/biblioteca_virtual/otras_publicaciones/x_soc_geol/ym13a.pdf
- Jensen, J.** (1996): Introductory Digital Image Processing, Segunda Edición, Prentice Hall.
- Richards, J.** (1993): Remote Sensing Digital Image Análisis, Segunda Edición Revisada, Springer-Verlag.
- Gibson, P. y Power C.** (2000): Introductory Remote Sensing: Digital Image Processing and Applications, Primera Edición, Routledge.
- Watkins, C. y Sadun A.** (1993): Modern Image Processing: Warping, Morphing and Classical Techniques, Primera Edición, Academic Press Professional.
- Campbell, W.** (2005): Remote Sensing Tutorial, NASA/Goddard Space Flight Center, <http://rst.gsfc.nasa.gov/Front/tofc.html>
- Toudert, D.** (1999): Introducción a la teledetección aplicada al medio urbano, <http://members.lycos.fr/teledetec>
- Alföldi, T.** (1996): Introduction to Digital Images and Digital Analysis Techniques, Canada Center for Remote Sensing.
- Muñoz, R. y Leon, J.** (2003): Intensidad Extractiva del Uso Actual del Suelo y cobertura Vegetal de la Subcuenca del Río Tona basada en Sensores Remotos, Tesis de Grado, UIS.

Jiménez, J. (2005): Estimación de la temperatura y la emisividad de la superficie terrestre a partir de datos suministrados por sensores de alta resolución, Universitat De Valencia, Servei de Publicacions.

Pernia, P. y Elvecio, J. (2005): Sensores Espaciales Para Estudios Ambientales, A Las Puertas Del Siglo XXI. Revista Forestal Venezolana, http://150.185.136.100/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S055666061999000200009&lng=es&nrm=iso

ERDAS (2005): Erdas Field Guide for PC, vers. 8.7. Leyca GeoSystem.Inc.

RSI (2004), Environment for Visualizing Images ENVI User's Guide, vers. 4.1, Research Systems Inc. www.rsinc.com.

Campbell, W. (2005): Remote Sensing Tutorial, NASA/Goddard Space Flight Center, <http://rst.gsfc.nasa.gov/Front/tofc.html>

C.C.R.S (1996): Fundamentals of Remote Sensing. Canada Center for Remote Sensing. http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1_1_e.html

Roldán, I. (2003): Mapa De Coberturas Del Suelo De La Estación Experimental - Forestal San Juan Tetla Y Sus Alrededores Elaborado Con Base En Diferentes Métodos De Clasificación Supervisada De Una Imagen Landsat 7 ETM+, Tesis.

Barret, E.C. y Curtis, L.F. (1992): Introduction to environmental Remote Sensing, Secunde Edicion, Chapman & may, London.

University of Maryland (2001): Global Land Cover Facility, <http://glcf.umiacs.umd.edu/index.html>

ESDI, Earth Science Data Interface, <http://gorgonzola.umiacs.umd.edu:8111/glcf/>

Space Imaging (2004): IKONOS Imagery Products and Product Guide. <http://www.spaceimaging.com>

García, A. (2002): LANDSAT.

LILLESAND, T. y KIEFER, R. (1994). Remote Sensing and Image Interpretation, 3a. ed. John Wiley and Sons, New York.

Díaz, R. (1999): Empleo de imágenes de teledetección para el análisis de los niveles de severidad causados por el fuego. Proyecto de grado. Universitat De Valencia, Servei de Publicacions.

AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING. (1995). Land Satellite Information in the Next Decade. Proceedings of the ASPRS Conference. American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, Maryland, U.S.A.

AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING. (1997). Herat Observing Platforms and Sensors, in : The Manual of Remote Sensing, 3rd. Edicion,. American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, Maryland, U.S.A.

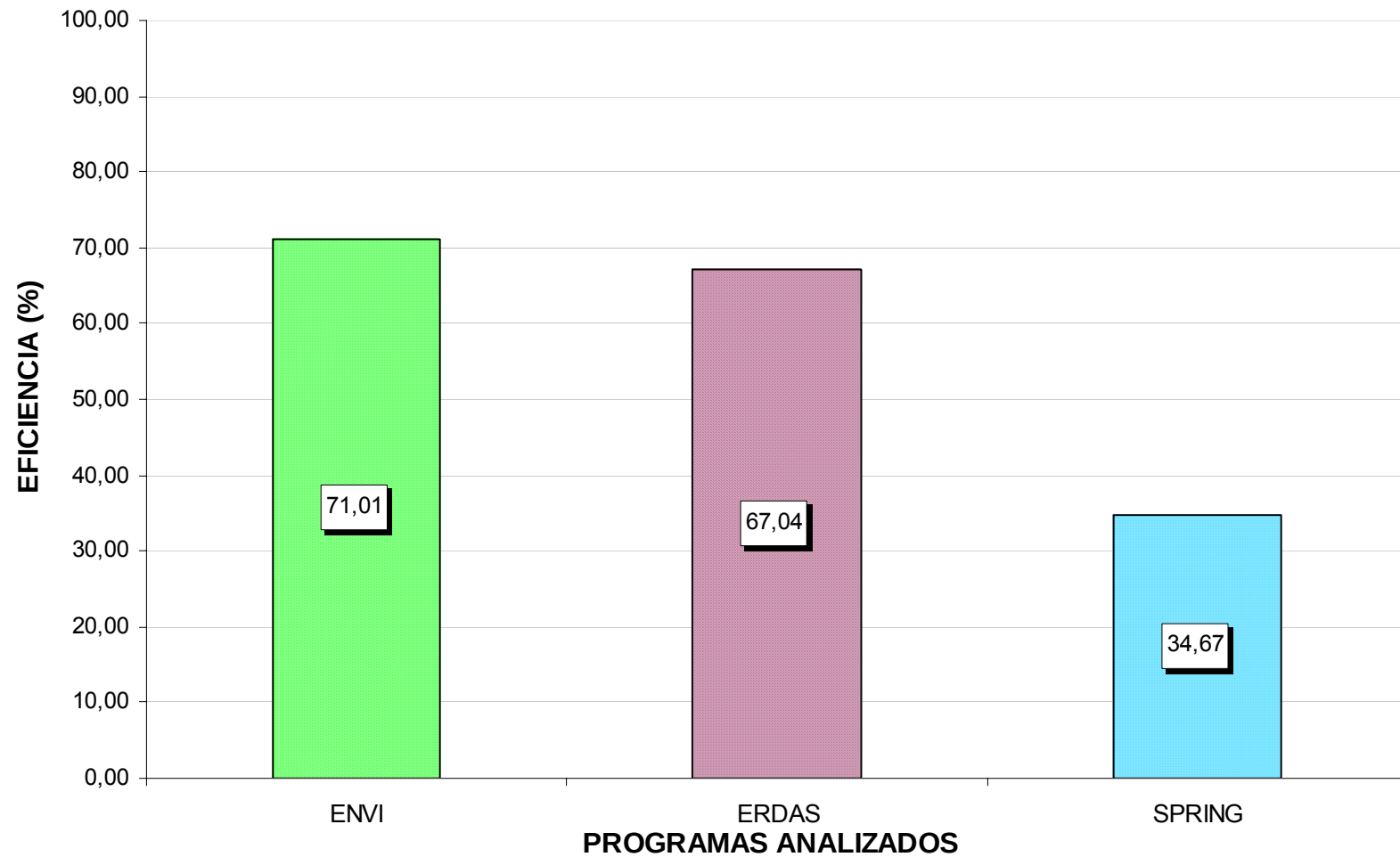
SIZEMORE, B. y CARROLL, H. (1999). NOAA Satellites, Canada Center for Remote Sensing

RADARSAT INTERNATIONAL. (1994). RADARSAT, Canada's Earth Observation Satellite. Radarsat International, Richmond, British Columbia, Canada.

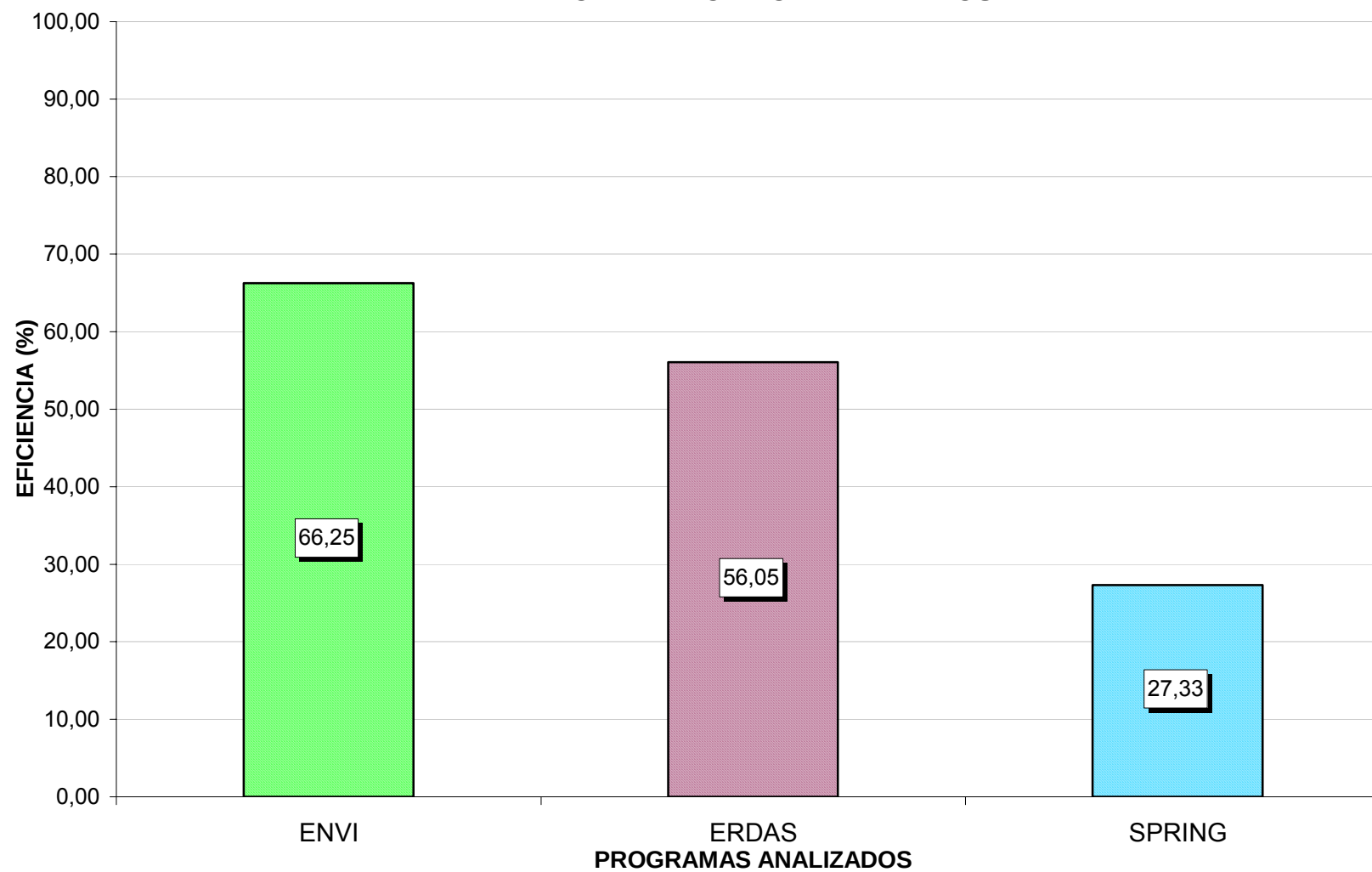
LILLESAND, T. y KIEFER, R. (1994). Remote Sensing and Image Interpretation, 3a. edicion,. John Wiley and Sons.

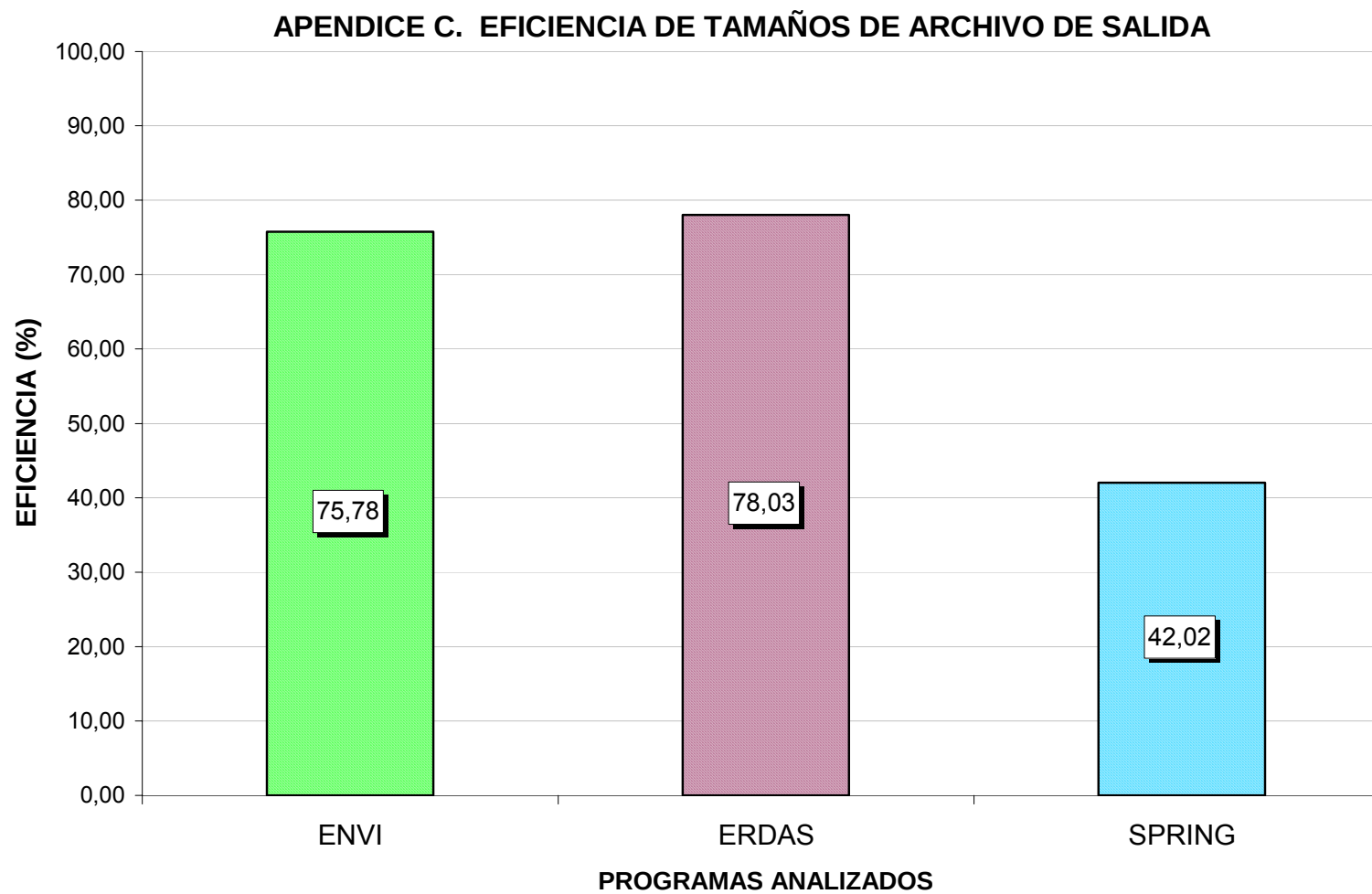
APENDICES

APENDICE A. EFICIENCIA GENERAL



APENDICE B. EFICIENCIA DE TIEMPOS





ANEXOS



MANUAL DE PROCESOS BASICOS PARA EL TRATAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES DE SATÉLITE PARA EL SOFTWARE ENVI 4.1



Desarrollado por:

DIEGO JOSE RUIZ RUEDA
INGENIERO CIVIL

JHON JAIRO SALCEDO
INGENIERO CIVIL





MANUAL BASICO ENVI 4.1

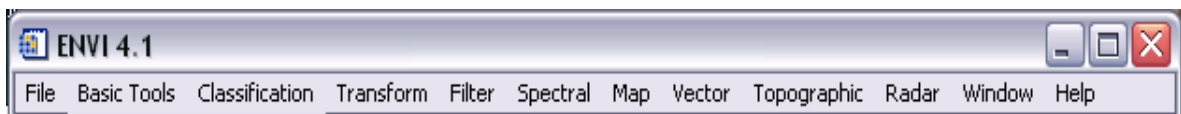
ENVI, Entorno para Visualización de Imágenes (*Environment for Visualizing Images*), es un moderno sistema de procesamiento de imágenes diseñado para proporcionar análisis multiespectral de los datos obtenidos por teledetección desde aviones y satélites. Proporciona un entorno potente, novedoso y de fácil uso para presentar y analizar imágenes de cualquier tamaño y tipo de datos en un amplio rango de plataformas.

Con su procesamiento de imágenes, basado en ficheros y bandas, ENVI le permite trabajar con ficheros de imágenes enteros, bandas individuales, o ambas. Cuando se abre un fichero de entrada, cada banda espectral está disponible para todas las funciones del sistema. Con múltiples ficheros de entrada abiertos, puede fácilmente seleccionar bandas de diferentes ficheros para procesarlas juntas. ENVI también incluye herramientas para extraer espectros, usar librerías espectrales, o para analizar conjuntos de imágenes de alta resolución espectral como AVIRIS, GERIS, y GEOSCAN.

ENVI está completamente escrito en IDL (Interactive Data Language), Lenguaje de Datos Interactivo. IDL es un potente lenguaje de programación estructurado, basado en matrices, que proporciona un procesamiento de imágenes integrado, grandes capacidades de visualización y herramientas GUI fáciles de usar. Se requiere IDL para ejecutar ENVI, y ENVI recibe gran parte de su flexibilidad de la potencia de IDL.

Seleccione **Inicio** → **Programas** → **RSI ENVI 4.1** → **ENVI**. O desde el acceso directo creado en la instalación, ubicado en el escritorio.

La barra principal del menú ENVI aparece cuando el programa se ha cargado con éxito.

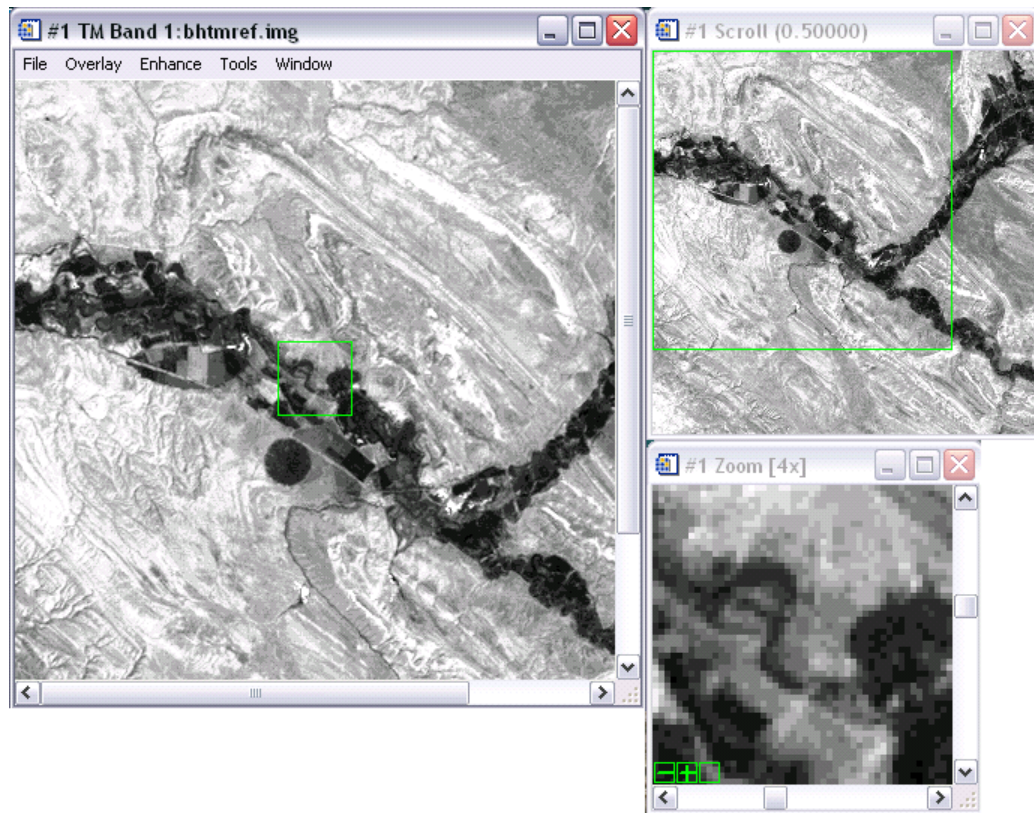


CONCEPTOS GENERALES DE DESPLIEGUE DE IMAGEN

Un grupo de despliegue de imagen en ENVI consiste en tres ventanas de la imagen diferentes:

- Ventana Principal de la imagen
- Una ventana de Zoom
- Una ventana de Scroll.





Las ventanas individuales de la imagen de un grupo de despliegue se pueden cambiar de tamaño (como se vera mas adelante), mover en cualquier parte de la pantalla y cambiar el estilo de despliegue (posición de las ventanas scroll y zoom). Pueden usarse Múltiples grupos de despliegue para visualizar diferentes imágenes al tiempo.

1. Ventana Principal de la Imagen

La ventana Principal de la Imagen consiste en una porción de la imagen desplegada a resolución normal. Esta ventana se despliega automáticamente cada vez que usted carga una imagen.

2. Ventana Scroll

La ventana scroll es una pequeña ventana que aparece cuando una imagen es más grande de la que se puede desplegar en la ventana principal a resolución normal. La imagen en la ventana scroll se despliega a resolución del sub-muestreada. La ventana scroll controla qué porción de la imagen se despliega en la ventana Principal.

3. Ventana Zoom



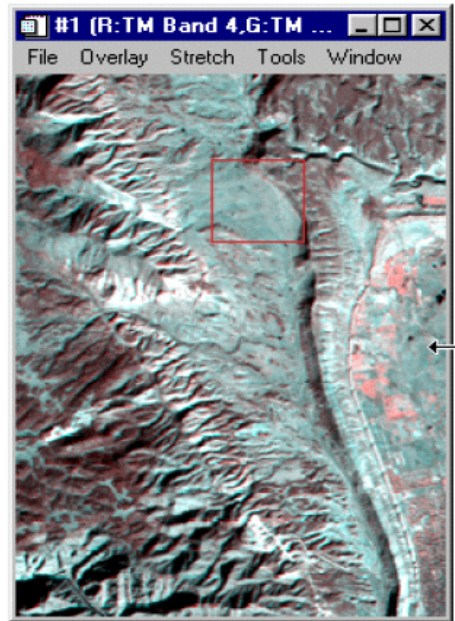


La ventana zoom es una pequeña ventana que despliega una porción de la ventana principal a un factor de zoom definido por el usuario basado en la repetición del píxel o la interpolación. La ventana zoom proporciona capacidades de zoom ilimitadas, y el factor de zoom se muestra como un número entre los paréntesis en la barra de título de la ventana.

CAMBIAR EL TAMAÑO DE LAS VENTANAS

La mayoría de las ventanas y diálogos de ENVI, incluso todas las ventanas de despliegue de imagen, pueden ser cambiadas de tamaño dinámicamente a las dimensiones que el usuario desee.

- Ponga el cursor del ratón en el borde o esquina de la ventana o diálogo hasta que el cursor se vuelva una flecha bidireccional.
- Haga clic con el botón izquierdo del ratón y arrastre la ventana al tamaño y forma deseado.



Cuando usted el cambia de tamaño de la ventana scroll, el factor del remuestreo se cambia automáticamente al nuevo tamaño de la imagen. El factor del remuestreo aparece entre paréntesis en la barra del título de la ventana scroll. Si usted cambia de tamaño la ventana principal para que sea lo bastante grande para contener la imagen entera, la ventana scroll desaparecerá.

MANEJO DE LOS DATOS

ENVI provee varias herramientas para el manejo de las imágenes, datos del vector, los diálogos, y las ventanas individuales.



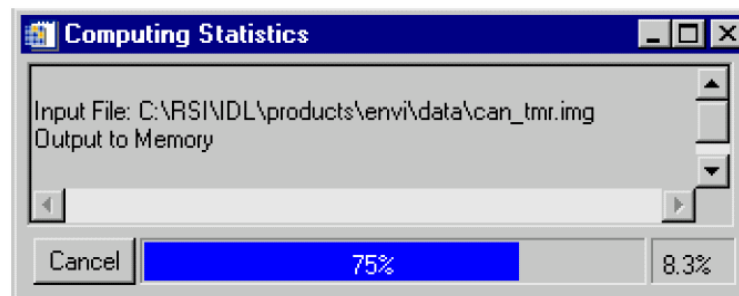


La Lista de Bandas Disponibles

La Lista de Bandas Disponibles es un panel de control principal para acceder a los archivos de imagen. La Lista de las Bandas Disponibles aparece en su propio diálogo siempre que un archivo de imagen se abra, contiene una lista de todas las imágenes disponibles para todos los archivos abiertos y cualquier ítem de memoria (cálculos realizados en la memoria que no se guardaron), y muestra la información registrada de las imágenes. Si archivos múltiples están abiertos, se listan todas las bandas de todos los archivos secuencialmente. El uso la Lista de las Bandas Disponibles se usa para cargar imágenes en escala de grises o una combinación RGB.

La Ventana de Estado de procesos

La mayoría de funciones informa el estado del proceso de los cálculos. La ventana de estado aparece inmediatamente después de que la función empieza. Un porcentaje de la barra de progreso Completa se pone al día periódicamente cuando se procesan los datos. Una caja del texto indica el tamaño del incremento en el procesamiento de los datos, basado en el tamaño del tile. ENVI automáticamente determina el tamaño del incremento del proceso. Por ejemplo, el valor de 8.3% mostrado en la figura 5 indica que los datos están siendo procesados en varios tiles cada uno de los cuales contienen 8.3% de los datos totales.



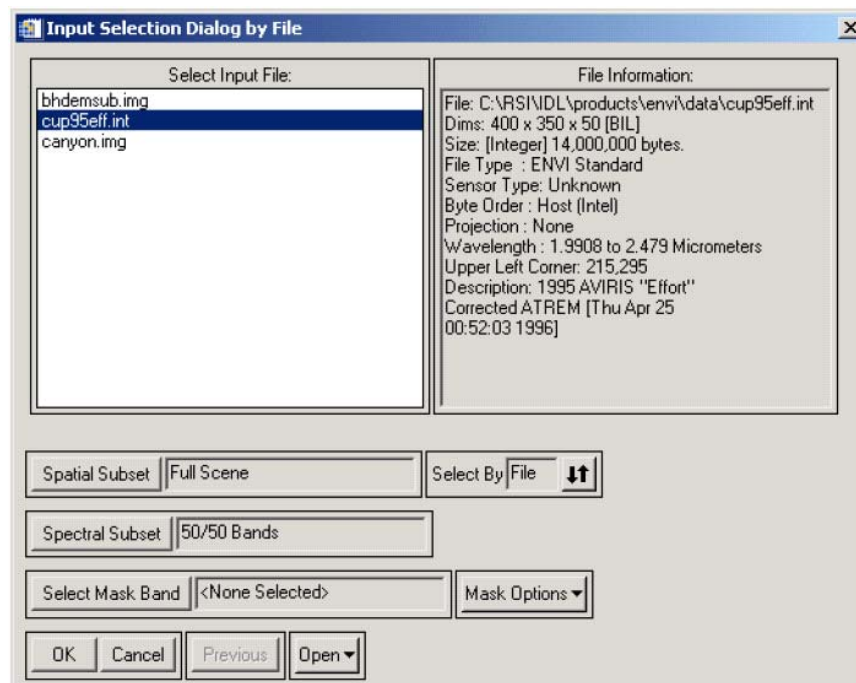
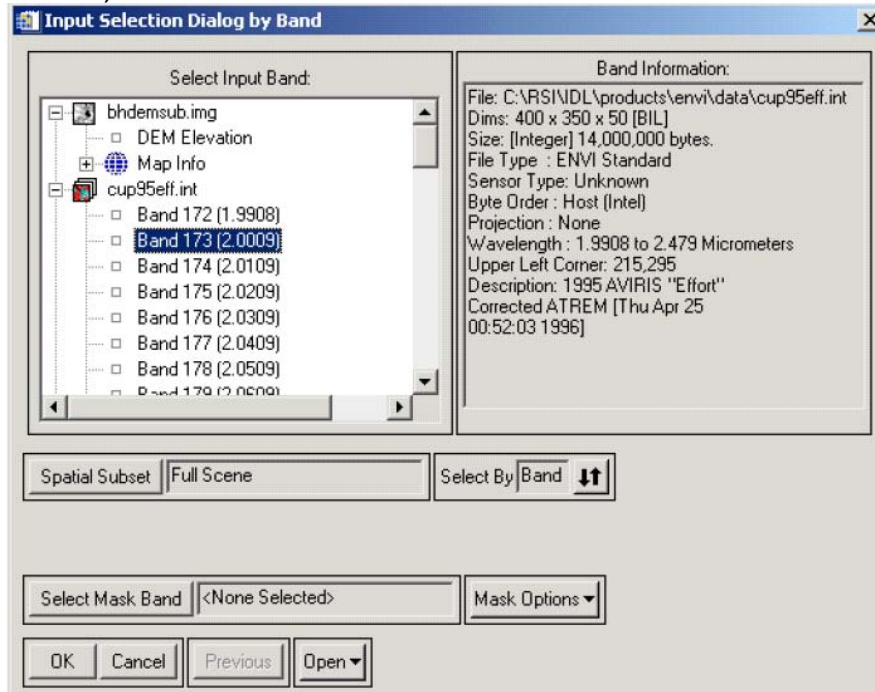
SELECCIONANDO ARCHIVOS PARA PROCESAR

Antes de que usted aplique cualquiera de las funciones de ENVI a unos datos específicos, usted debe seleccionar primero el archivo que contiene los datos. Para asegurar la consistencia, la mayoría de funciones de procesamiento usa un diálogo estándar de selección de archivo de entrada. En el dialogo de entrada usted puede seleccionar un archivo de entrada o una sola banda, realice subconjunto espacial o espectral, y en algunos casos, enmascare los datos de entrada. El título de la barra del dialogo de entrada cambia para reflejar la función actual y/o los tipo de archivo de entrada. Por ejemplo, El título de la barra figuras





6 y 7 especifican si la selección de la entrada está por la banda o por el archivo (respectivamente).



1. Use el **Select By** para seleccionar la entrada del Archivo o de la Banda.



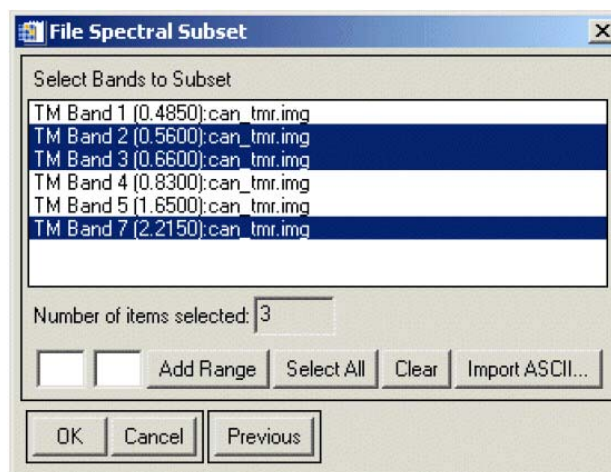


2. Haga clic en el archivo deseado o el nombre de la banda en la columna de **Select Input File** o **Select Input Band** según el caso. Cuando usted está seleccionando por la Banda, un conjunto de datos aparecen desplegados por defecto. Los nombres de los datos desplegados aparecen en esto el formato:
 - nombredelarchivo.ext
 - Banda
 - Banda
3. Seleccione la banda de entrada o el archivo haciendo clic en el nombre.
4. pulse el botón OK.

SELECCIONANDO UN SUBCONJUNTO ESPECTRAL

Use el **spectral subsetting** para limitar aplicación de una función a las bandas seleccionadas de una imagen.

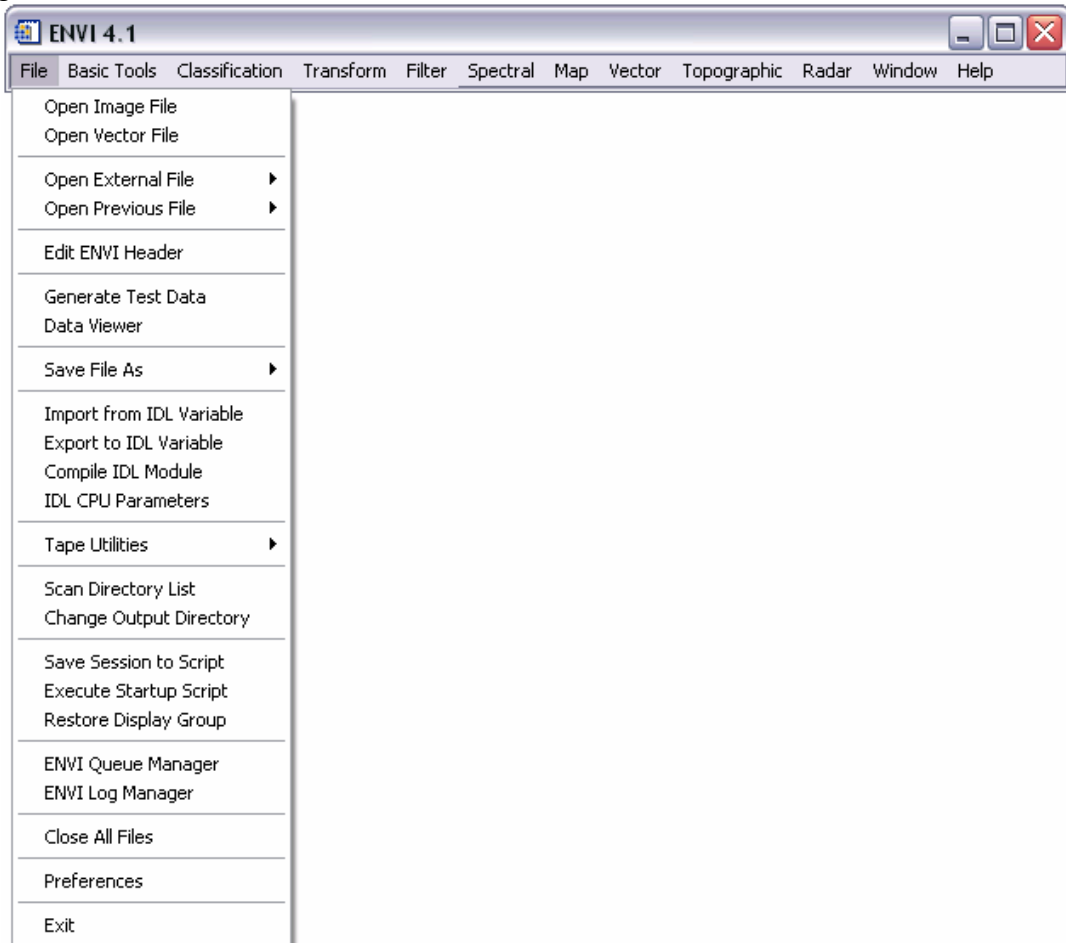
1. En el diálogo de selección de archivo, pulse el botón **spectral subsetting**. El diálogo del Subconjunto Espectral aparece. Una lista de bandas disponible para la selección aparece en el centro del diálogo.
2. Seleccione un subconjunto espectral usando uno de los siguientes métodos:
 - Use el Mouse para seleccionar la serie de bandas deseadas. Las bandas múltiples,
 - Entre el rango de las bandas deseadas en los cuadros de texto para seleccionar una serie de bandas. La serie se seleccionará cuando usted hace clic el botón **add Range**.
3. Pulse **OK** para volver al diálogo de selección de archivo.





DESPLEGANDO IMÁGENES

Use el menú **FILE** en ENVI en el menú principal para leer los archivos en ENVI, fijar preferencias, para finalizar ENVI y otras funciones de archivo y manejo del programa.



Abriendo Archivos de Imagen

Use **Open Image File** para abrir un archivo de imagen en ENVI u otro archivo de imagen en formato binario conocido. ENVI identifica automáticamente y lee archivos de los siguientes tipos: TIFF, GeoTIFF, JPEG, JPEG200, MrSID, BMP, SRF, HDF, PDS, MAS-50, NLAPS, RADARSAT, HDF SeaWiFS, Landsat 7 HDF, Landsat 7 Ayuno (.fst), MRLC (.dda), ERDAS 7.x (.lan), ERDAS 8.x (.img), ER Mapper, PCI (.pix), y AVHRR.

Los datos son dejados en su formato nativo y la información necesaria es leída desde el archivo encabezado.

1. Seleccione **File** (Open Image File.)

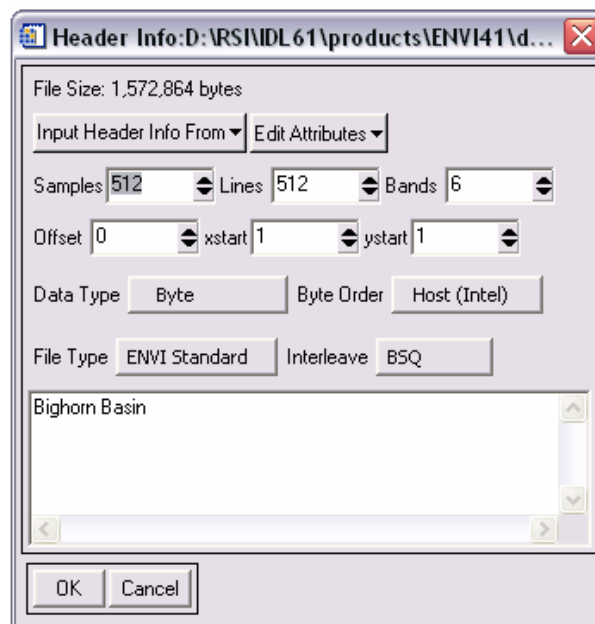




2. seleccione el archivo que desea abrir, haciendo clic en su nombre y pulsando el botón **OK** u open.
3. Después de que el archivo se abre, las bandas se muestran en la Lista de las Bandas Disponibles

Creando Archivos Encabezados

Cuando ENVI abre por primera vez un archivo, requiere información específica sobre las características del archivo. Si este está en un formato ENVI, la información necesaria está contenida en un archivo principal de texto separado. Si ENVI no puede encontrar el archivo principal (los archivos .hdr) u otra información principal, el diálogo de Información principal se muestra. Usted debe suministrar la información requerida en el diálogo antes de que la imagen sea importada. La información necesita sólo ser entrada una vez y se guarda automáticamente en un archivo encabezado.



Use el diálogo de archivo encabezado para entrar el número de muestras o columnas, el número de líneas, el número de bandas, el desplazamiento en bytes desde el inicio del archivo hasta dónde comienzan los datos, el orden de almacenamiento de datos, el orden de los bytes en datos, los tipos de datos y el tipo de archivo.

El desplazamiento se usa para definir el tamaño de los datos principales integrados, el cual, si presenta, contiene información externa sobre el archivo y normalmente se encuentra antes de que empiecen los datos de la imagen real; el orden del almacenamiento de los datos es el entrelace, qué está en el formato





BSQ, BIP, o BIL; el tipo de los datos es el formato byte, entero, el punto flotante, etc... Toda la información adicional es optativa. Para acceder esto la información optativa, haga clic el **Edit Attributes**.

Abriendo Archivos Externos

El **Open Image File** puede usarse para abrir más tipos de archivos, para leer varios tipos del archivo normales incluso los formatos para los sensores mencionados, los formatos militares, las elevaciones digitales, y los formatos de la imagen genéricos.

ENVI lee los parámetros requeridos de los archivos principales y normalmente no es necesario que usted entre la información

1. Seleccione **File** → **Open External File** → *el formato deseado*.
2. cuando el diálogo de selección de archivo aparece, seleccione un archivo y de clic **open**.

Abriendo Archivos Anteriores

Use **Open Previous File** para ver una lista de los últimos 20 archivos que fueron abiertos y seleccionar un archivo para abrir. Cuando un nuevo archivo se abre, se agrega a la cima de la lista. Cuando más de 20 se han abierto los archivos, el archivo al fondo de la lista se elimina.

Editando los archivos encabezados

Use el **Edit ENVI Header** para cambiar la información Principal. Cada vez que un archivo de datos se abre, ENVI busca el archivo principal y usa esta información para abrir el archivo.

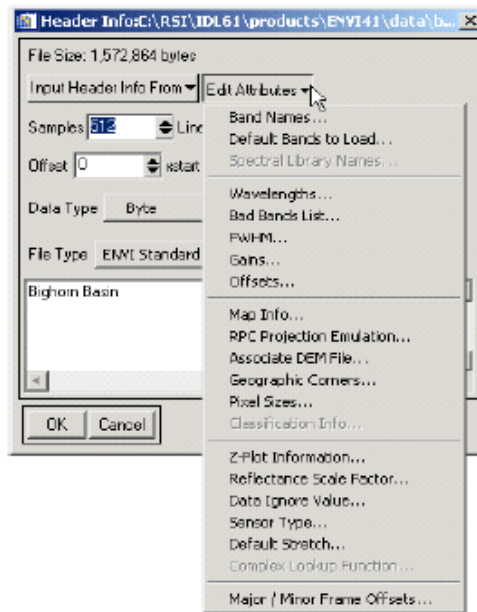
1. Seleccione **File** → **Edit ENVI Header**.
El diálogo de Edición de Archivo principal aparece. Usted también puede abrir El diálogo de Edición de Archivo principal pulsando el botón derecho en el nombre del archivo en la lista de bandas Disponibles.
2. haga clic en el archivo deseado. Los detalles del archivo se despliegan en un cuadro del texto con la Información del Archivo.
3. Pulse el botón **OK**. En el diálogo de edición principal aparece. Revise los parámetros generales de la imagen, nombres de las bandas, longitudes de onda, y mapa la información; o para asociar un DEM con una imagen.
4. Después de revisar, pulse el botón **OK**.

Usted debe reiniciar esos despliegues desde la lista de bandas Disponibles.





Modificando Los Parámetros Generales de la Imagen



- **Samples** presentan el número de muestras en el archivo.
- **Lines** presentan el número de líneas en el archivo.
- **Bands** presentan el número de bandas guardadas en el archivo.
- **Offset** de campo de Desplazamiento el desplazamiento en los bytes de la salida del archivo a dónde el datos real empieza. (El Desplazamiento a veces es conocido como el incluido el título.)
- **xstart** y **ystart** definen las coordenadas de la imagen para la esquina superior izquierda. Imágenes que son subconjuntos espaciales de imágenes más grandes requieren a menudo que se use un sistema de coordenadas con referencias a la imagen padre (o más grande). Los valores son (1,1) para que el píxel izquierdo superior tenga una coordenada en la imagen de (1,1). Cambiando el valor de **xstart** o **ystart** no afecta la manera que ENVI lee los datos del archivo de la imagen.
- Use **Data Type** para seleccionar los datos apropiados.
- Use **Byte Order** para seleccionar el orden de los byte en los datos. Este parámetro varía según la plataforma significante primero el byte el orden.
- Use el **Interleave** para seleccionar el orden de almacenamiento de datos según estas opciones:
 - BSQ—la banda secuencial
 - BIL—banda entrelazada por la línea
 - BIP—banda entrelazada por el píxel
- Use el campo del texto al fondo para insertar el texto que describe los datos del archivo.





SALVANDO ARCHIVOS

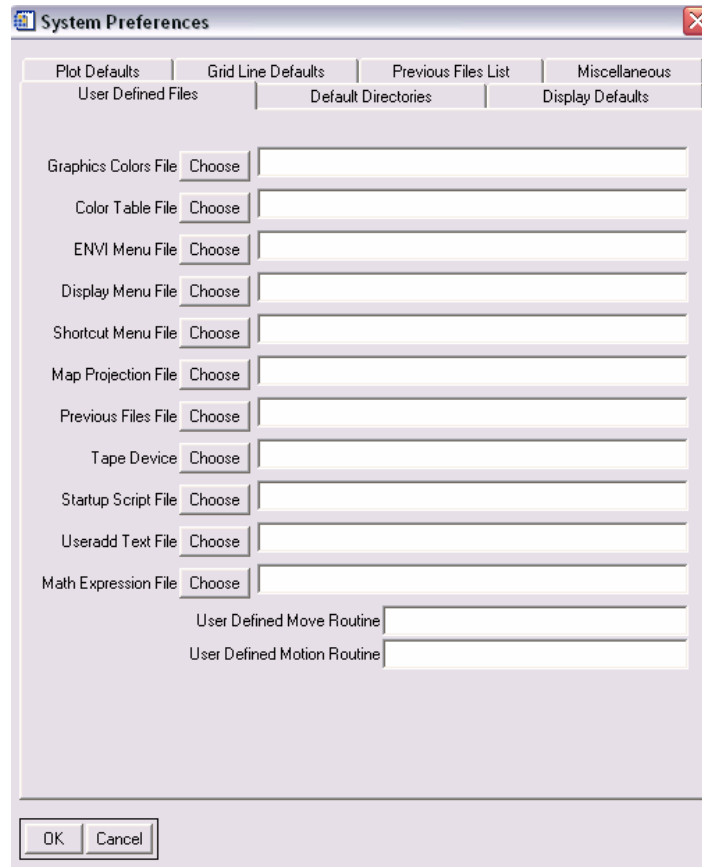
Use **Save File As** para crear un nuevo archivo estándar de ENVI o un Meta archivo ENVI de las bandas en la Lista de Bandas Disponible y los datos de salida de la imagen a varios formatos de imagen procesada. Usted puede guardar sus datos de la imagen procesada en diversos formatos como son ArcView Raster (.bil), ER Mapper, ERDAS (.lan), NITF (.ntf), PCI (.pix), TIFF (incluso GeoTIFF y TIFF los archivos mundiales [.tfw]), y archivos de JPEG2000 (.jp2). Además, usted puede guardar el archivo de su imagen en un tipo ASCII (.txt).

Sólo pueden crearse Nuevos archivos de bandas que tienen las mismas dimensiones espaciales. Use las capacidades del subsetting integradas en ENVI para escoger las bandas individuales y a realice un subsetting de archivos con las dimensiones correctas.

Fijando Preferencias

Use **Preferences** para ver la información sobre la configuración actual de ENVI o para cambiar la configuración actual. El dialogo de Edición de Preferencias del Sistema lista todos los valores registrados en el archivo de envi.cfg.



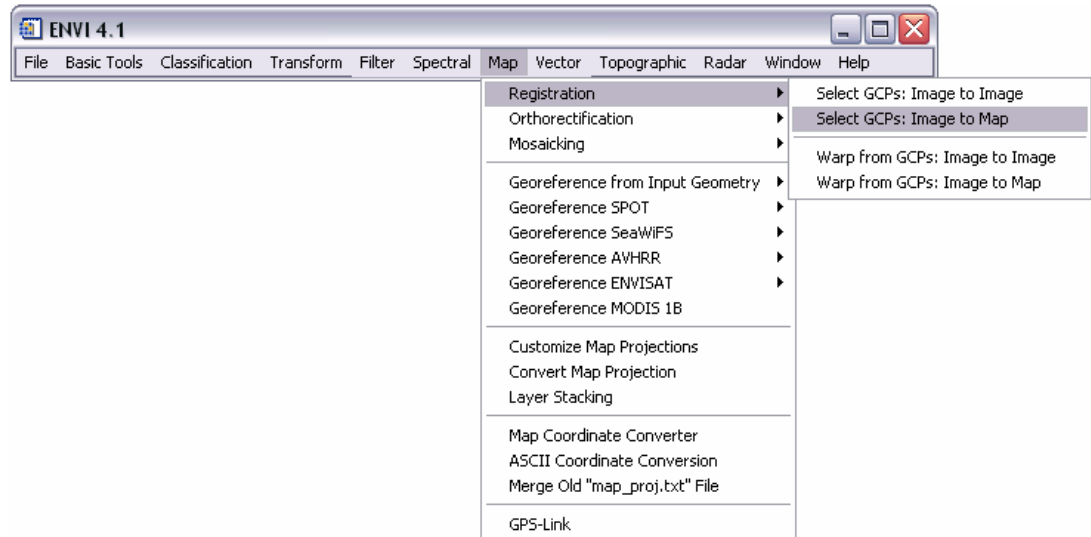


REGISTRO IMAGEN A MAPA

Use esta función cuando necesite seleccionar puntos de control (GCP's) y no tenga una imagen de apoyo georreferenciada, esta función necesita que al menos una imagen este desplegada para poder seleccionar los GCP's.

1. Abra una imagen y despliegue la banda o la combinación RGB deseada.
2. Desde el menú principal de ENVI, haga click en **Map** → **Registration** → **Select GCP's: Image to Map**.





3. La imagen a registrar será la que esta desplegada.
4. El dialogo de registro Imagen a Mapa se muestra.



5. En este dialogo seleccione los parámetros de proyección, tamaño de píxel, según la ubicación y el tipo de la imagen.

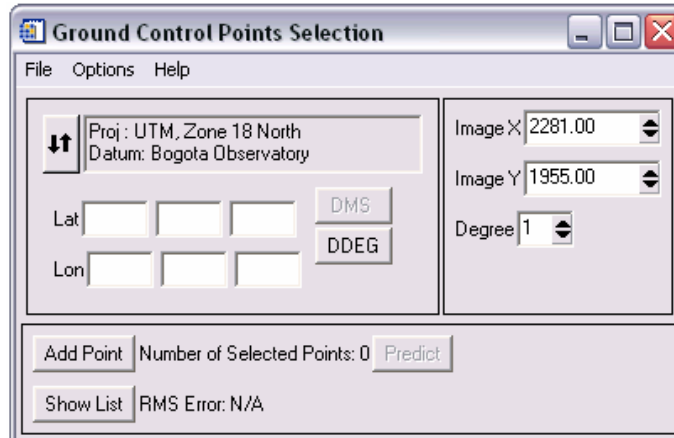
RECOPILACION DE PUNTOS DE CONTROL

Este procedimiento es de forma manual, en el dialogo **“Ground Control Points Selection”** que abajo se muestra se pueden cambiar las formas de ingreso de coordenadas, ya sean planas, o geográficas. Para cambio de planas a geográficas se hace click en el botón marcado con flechas contrarias, las coordenadas





geográficas se pueden ingresar de dos formas, en grados, minutos, segundos o en forma decimal y se selecciona en las cajas de texto marcadas con las letras **“DMS”** o **“DDEG”**



- Ingrese las coordenadas conocidas del primer punto, las coordenadas que queden en el oeste o en el sur deberán ir con signo negativo en el cuadro de texto de los grados.
- Ubique el punto valiéndose de las ventanas de despliegue, en la ventana de ZOOM, aparecerá una cruz donde será ubicado un punto con la coordenada que ud ha digitado.
- Una vez esté localizado el punto, haga click en **“Add Point”**, para crear el GCP, estos pueden ser movidos o desplazados luego de ser ubicados. Ubique los demás puntos.
- A medida que ingresa los puntos, en la parte inferior izquierda se muestra el error RMS (Root Mean Square) acumulado, en esa esquina también se encuentra el botón **“Show List”** que le permite ver la lista de los puntos con sus correspondientes errores, tal como se ve a continuación.
- En el cuadro de texto de **Degree** se puede aumentar el grado del polinomio con el van ajustar los puntos, para aumentar de grado es necesario tener una cantidad de puntos suficientes. Por ejemplo: para un grado 2 son necesarios 6 puntos como mínimo, para grado 5, mínimo 15 puntos.





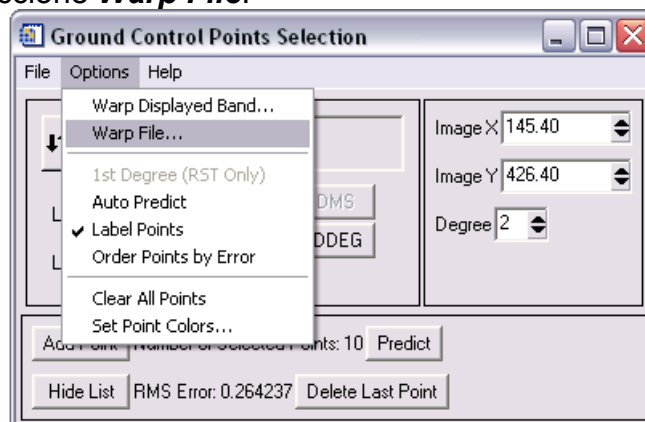
	Map X	Map Y	Image X	Image Y	Predict X	Predict Y	Error X	Error Y	RMS
#1+	277904.64	4906894.33	1.00	1.00	1.0324	1.0136	0.0324	0.0136	0.0351
#2+	292496.61	4906922.75	512.50	1.00	512.4841	0.9933	-0.0159	-0.0067	0.0172
#3+	277904.61	4892330.87	1.00	513.00	0.9201	512.9664	-0.0799	-0.0336	0.0867
#4+	292496.66	4892331.81	513.00	513.00	513.0333	513.0140	0.0333	0.0140	0.0361
#5+	283091.63	4899626.89	182.00	256.00	182.3574	256.1500	0.3574	0.1500	0.3876
#6+	281552.54	4901137.45	129.00	203.80	128.6339	203.6463	-0.3661	-0.1537	0.3971
#7+	285257.55	4895351.88	260.00	406.20	259.5875	406.0268	-0.4125	-0.1732	0.4474
#8+	289846.25	4901792.87	420.00	180.40	420.0432	180.4181	0.0432	0.0181	0.0468
#9+	285485.66	4905440.80	267.80	52.80	267.8201	52.8084	0.0201	0.0084	0.0218
#10+	282008.65	4894781.88	145.40	426.40	145.7881	426.5629	0.3881	0.1629	0.4209

En esta lista se encuentran las coordenadas planas, y de la imagen, desde esta tabla se puede:

- Ir directamente a los puntos para posterior corrección, con **“GoTo”**,
- “Apagar” puntos para observar la variación del RMS. Los puntos apagados aparecerán con un signo menos (-) al lado del numero identificador del punto.
- Borrar puntos y ordenarlos por error, lo cual facilita la extracción de los puntos con mayor error, y acelera la corrección o eliminación de estos.

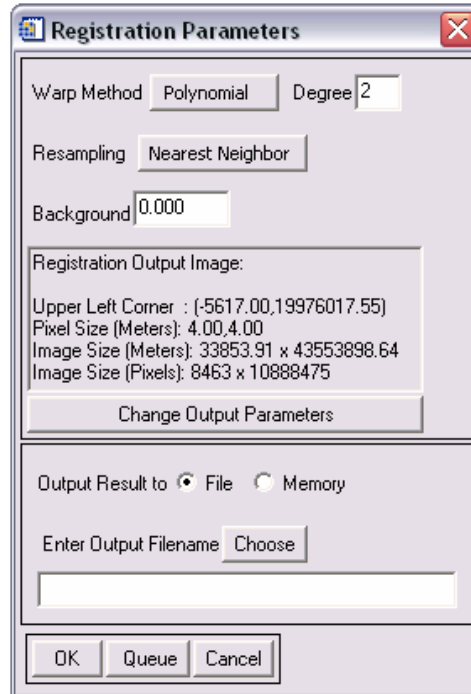
Una vez corregidos los puntos y haber minimizado el RMS, estos puntos se pueden guardar en coordenadas geográficas o en coordenadas planas.

Por ultimo se hace la deformación de la imagen según los puntos que han registrado, se hace click en **Options** en el menú de **“Ground Control Points Selection”** y seleccione **Warp File**.





- Seleccione el archivo a deformar.
- Seleccione el método de deformación y su grado.



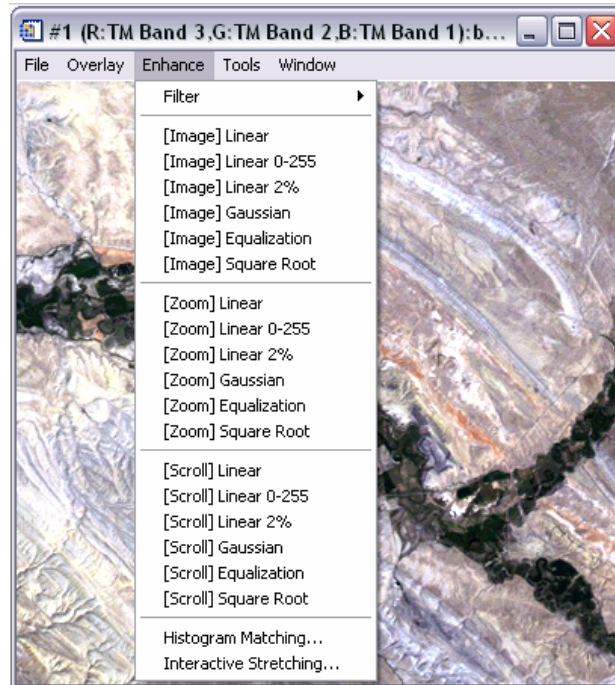
- Elija el nombre y ubicación del archivo de salida. No olvide agregarle la extensión .img.
- Compare resultados, superponiendo dos despliegues, en uno la imagen sin deformar y en la otra la imagen deformada.

AJUSTE DE CONTRASTE

Use **Enhance** para realizar ajustes rápido en el contraste, y también que realizar ajuste de interactivo usando histogramas, estos ajustes son aplicado únicamente a los datos visualizados y nunca a los datos del archivo. El ajuste de contraste puede ser usado en color o en un rango de escala de grises de la imagen seleccionada.

- En el menú de la imagen seleccione **Enhance** y elija el método de ajuste de contraste deseado, puede ser ajuste interactivo o comparación de histogramas, en el ajuste interactivo hay unos métodos predefinidos los cuales son aplicado directamente a la ventana deseada (Imagen, Scroll, Zoom)



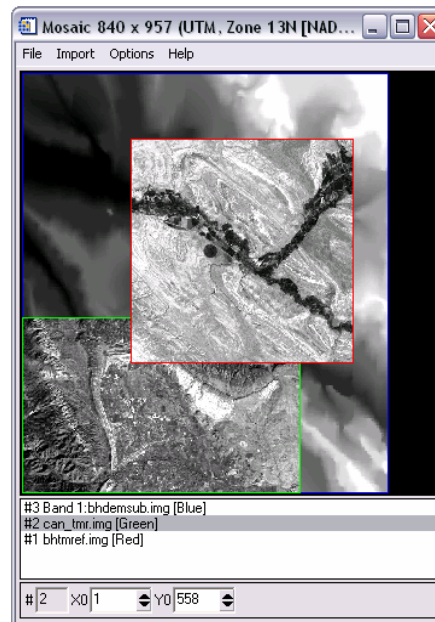


CREACIÓN DE MOSAICOS

Esta herramienta une imágenes ya sea basado en la numeración de los píxeles o en la georeferenciación que ellas presentan

1. Desde el menú principal de ENVI seleccione **Basic Tools** → **Mosaicking** → **Pixel-Based o Georeferenced**.
2. El menú de mosaico se despliega, seleccione desde el menú **Import** las imágenes para el mosaico.



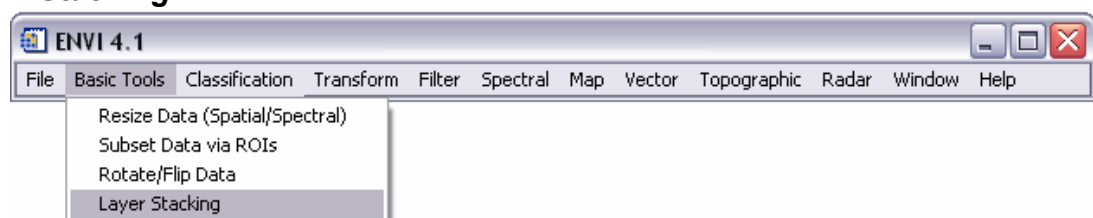


Una vez teniendo todos los archivos desplegados, seleccione en el menú de la ventana de mosaico, haga click en **File→Apply**, y seleccione la ubicación y nombre del archivo de salida. Click en **Ok**.

LAYER STACKING

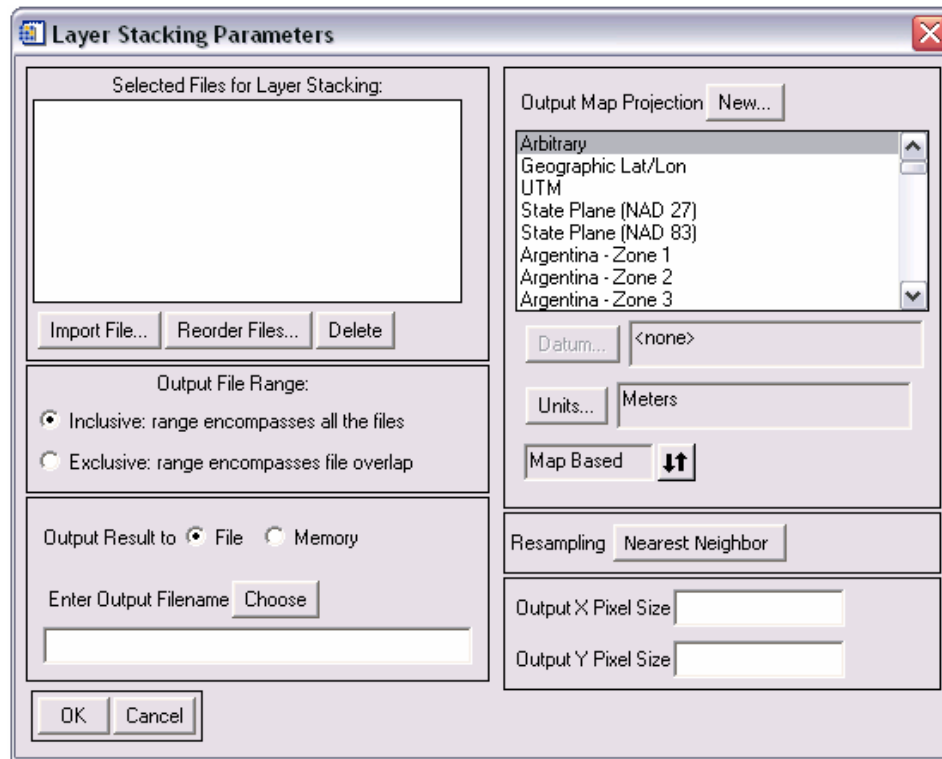
Esta herramienta es usada para crear un archivo multibanda a partir de bandas simple que comprendan un región en común.

1. Desde el menú principal de ENVI Seleccione **Basic Tools → Layer Stacking**.



2. El dialogo de parámetros de Layer Stacking se despliega.





3. haga click en el botón **Import Files** y el dialogo de selección de archivo se despliega, seleccione las bandas que desean que conformen el archivo. Una vez se encuentren en la lista estas bandas pueden ser reordenados al gusto del usuario. Tenga en cuenta que las bandas generalmente van de menor a mayor
4. Ya estando listadas las bandas, elija el sistema de proyección y de unidades que desee que se aplique en el archivo de salida.
5. Escoja un método de remuestreo.
6. En los botones de chequeo usted puede elegir la forma como quedaran las extensiones geográficas del archivo se salida.
 - a. **Inclusive**: crea un archivo de salida con una extensión geográfica que abarca todas las extensiones de los archivos de entrada.
 - b. **Exclusive** crea un archivo de salida con una extensión geográfica que contiene solamente las extensiones comunes de los archivos de entrada.
7. Ingrese el tamaño de pixel de salida, el tamaño de pixel debe ser entrado en las unidades que se muestra en la sección del mapa de proyección (**units**).
8. Seleccione la ubicación y nombre del archivo de salida.
9. Click en **Ok**.

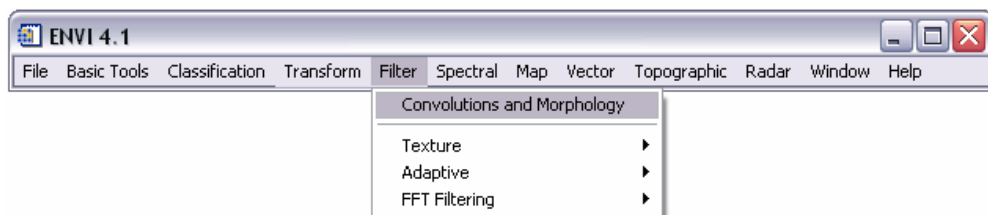




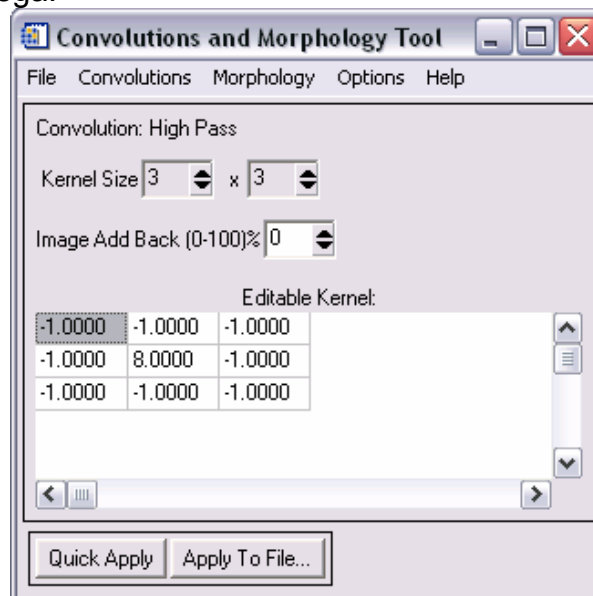
FILTRAJE

Los filtros producen imágenes de salida las cuales los valores de brillo están dado en función de un promedio ponderado de los brillos de los píxeles circunvecinos, usted puede seleccionar el tamaño y valores del kernel produciendo diferentes tamaños de filtros, filtros estándar tales como paso alto, paso bajo, laplaciano y direccional etc.

1. Desde el menú principal de ENVI Seleccione **Filter** → **Convolutions and Morphology**.

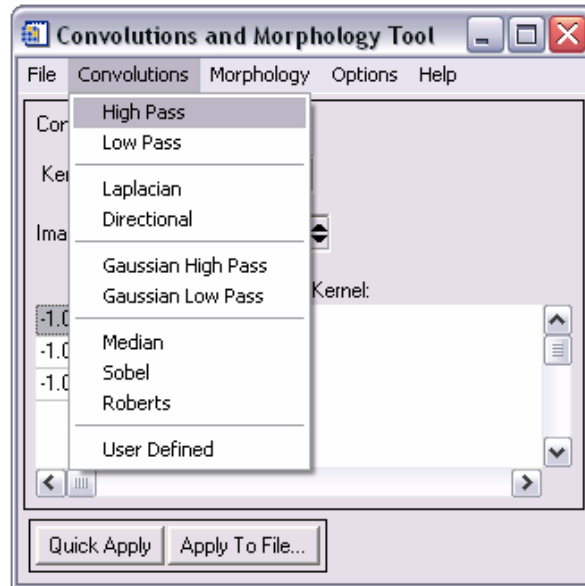


- El dialogo de herramientas de morfología y convoluciones se despliega.



2. Seleccione **Convolutions** → **filter type**.





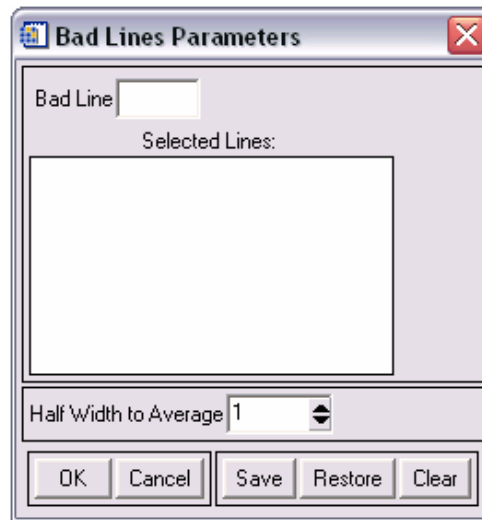
3. Seleccione el tipo de filtro a realizar (paso alto, paso bajo, direccional, Laplaciano etc..)
 - Si usted selecciona filtro direccional ingrese el ángulo en su respectivo dialogo Norte (arriba) es cero grados y los otros diálogos son medidos en sentido anitihorario
4. Especifique el tamaño del kernel haciendo click en la flecha de incremento.
 - Usted puede cambiar los valores de ponderación del kernel, haciendo un filtro personalizado.
5. Seleccione **Apply to File**. El dialogo de selección de archivo se despliega.
6. Seleccione el archivo al que desee aplicar el filtro.
7. Click en **Ok**.

ELIMINACIÓN DE LÍNEAS MALAS

Use *Replace Bad Lines* para reemplazar líneas de datos defectuosos en la imagen llamado también bandeamiento. Usted debe identificar la posición de las líneas para reemplazar antes de ejecutar la función usando el ENVI.

1. Seleccione *Basic Tools* → **Preprocessing** → **General Purpose Utilities** → **Replace Bad Lines**. El cuadro de dialogo de entrada de archivos aparece.
2. Seleccione un archivo de entrada.
3. Click **Ok**. El dialogo de parámetros de líneas malas aparece.





4. En la caja de texto entre la numero de línea mala, y presione **Enter**
5. La línea aparece en la lista de líneas seleccionadas.
 - Para remover una líneas de la lista, click sobre la línea.
 - Para salvar la coordenadas de la línea en un archivo, click en **Save**.
 - Para restaurar la coordenadas de línea de un archivo guardado previamente, click en **Restore**.
 - Para borrar la lista de líneas para reemplazarlo, click en **Clear**.
6. En la caja de texto **Half Width to Average**, entre el numero de líneas adyacentes que serán usados como un promedio para el calculo del reemplazo de la línea mala.
7. Click **OK**.
8. Cuando el dialogo de salida aparezca seleccione si lo guarda en un archivo o en la memoria de ENVI.
9. Click **OK**.

SUBSTRACCIÓN DE OSCURIDADES

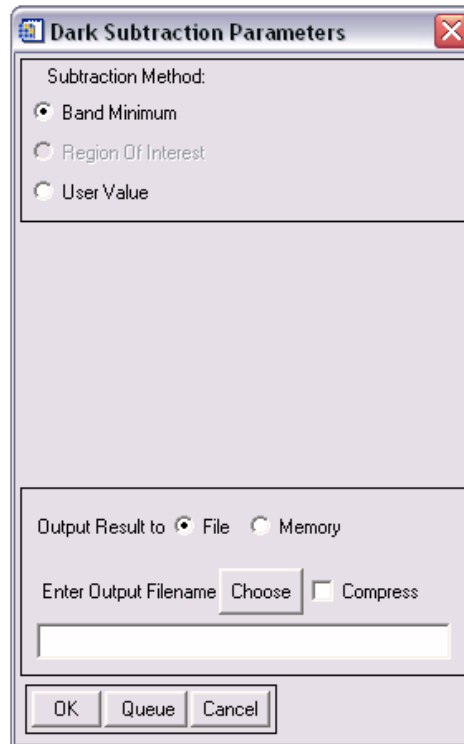
Use la Substracción de oscuridades para aplicar correcciones atmosféricas a los datos de la imagen. El número digital a substraer de cada banda puede ser el mínimo de la banda, un promedio basado sobre una región de interés, o un valor específico.

1. Seleccione **Basic**→ **Tools Preprocessing**→ **General Purpose Utilities**→ **Dark Subtract**.
2. Seleccione un archivo de entrada.
3. Click **OK**. El cuadro de dialogo para la substracción de oscuridades aparece.
4. Seleccione un método de substracción (definidos mas adelante).
5. En el dialogo para la substracción de oscuridades, click **OK**.
6. Seleccione si lo guarda en un archivo o en la memoria de ENVI.





7. Click en **OK**, para empezar la operación.



Seleccionando substracciones por Mínima Banda

Para usar automáticamente el mínimo valor de nivel digital de cada banda espectral para la substracción de oscuridades:

1. En el diálogo de Substracción de Oscuridades, seleccione Band Minimum.
2. pulse el botón OK.

Seleccionando substracciones por Región de Interés

Para usar el promedio de un ROI en cada banda espectral como el valor para la substracción de oscuridades (se debe definir con anterioridad los ROI's):

1. En el diálogo de Substracción de Oscuridades, seleccione Region Of Interest.
2. De la lista de regiones disponibles, seleccione un ROI y clic OK.

Seleccionando substracciones por Valor definido por el usuario

Para entrar un valor definido por el usuario para substracción de cada banda:

1. En el diálogo de Substracción de Oscuridades, seleccione User Value. Una lista de las bandas y valores por defecto aparece abajo.
2. Click en una de los nombres de banda.



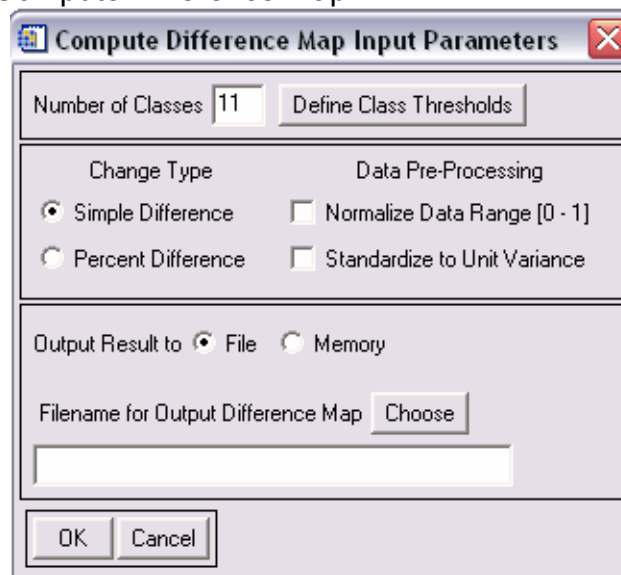


3. En la caja de texto **Edit Selected Item** entre el valor deseado para substracción y presiones **enter**.
4. Edite Los otros valores de las bandas como desee.
5. Click en **OK**.

DETECCION DE CAMBIOS

El análisis de detección de cambios abarca un rango extensor de métodos usados para identificar, describir y cuantificar diferencias entre imagenes de una misma escena en tiempos diferentes o bajo condiciones diferentes. Muchas de las herramientas de ENVI (como matemática de bandas o análisis de componentes principales) pueden ser usadas independientemente o en combinación como parte de una análisis de detección de cambios.

1. Desde el menú principal de ENVI seleccione **Basic Tools** → **Change Detection** y seleccione la opción deseada para detección de cambios.
 - a. **Change Detection Statistics** para observar la variación de las calases en imágenes clasificadas.
 - b. **Compute Difference Map** para imágenes en escala de grises (monobanda).
2. En la opción **Compute Difference Map** se despliega el dialogo de selección de archivo para la imagen inicial, una vez seleccionada nuevamente se despliega el dialogo de selección de archivo pero para la imagen final.
3. Una vez estén seleccionados se despliega el dialogo de parámetros de entrada de Compute Difference Map



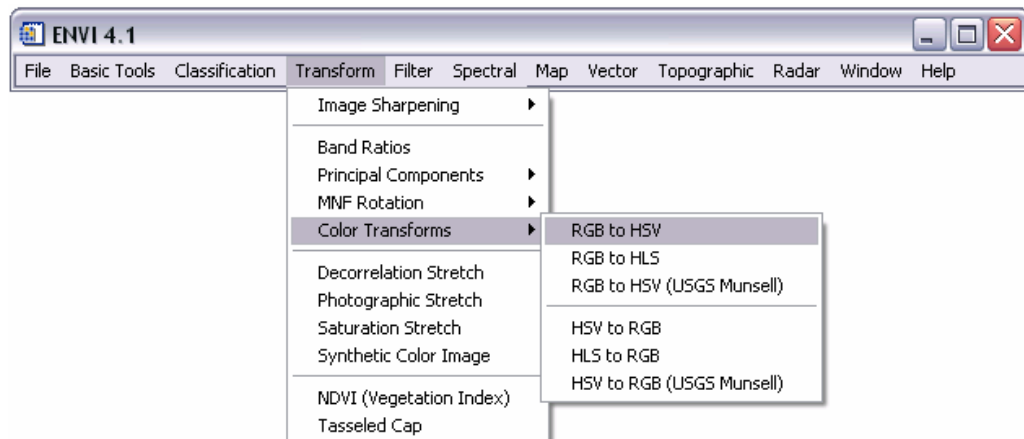


4. En las clases usted puede definir el número de clases y los umbrales de cambio para poder distinguir las variaciones entre las imágenes. Una vez fijado decida de que forma varían los umbrales si por diferencia simple o por diferencia de porcentaje.
5. Seleccione la ubicación y el nombre del archivo de salida y Click en **Ok**.

TRANSFORMACIÓN DE COLOR

Los colores usados para el despliegue de imágenes en los sistemas de procesamiento de imágenes tienen tres canales de color. Éstos corresponden al rojo, verde y azul (R, G, B), los colores primarios aditivos. Al desplegar tres bandas del conjunto multibanda, se dice que la imagen vista está en el espacio R, G, B. Sin embargo, es posible definir un espacio de color alternativo que use la Intensidad (I), el matiz (H), y la Saturación (S) como los tres parámetros (en lugar de R, G y B). Este sistema es ventajoso puesto que presenta colores más cercanos a los percibidos por el ojo humano.

1. Teniendo una imagen desplegada en una combinación RGB, siga los siguientes pasos
2. En el menú principal de ENVI, seleccione **Transforms** → **Color Transforms** → **RGB to HSV**.



3. Una vez desplegado el dialogo de parámetros de transformación de color, seleccione la ubicación y el nombre del archivo de salida.



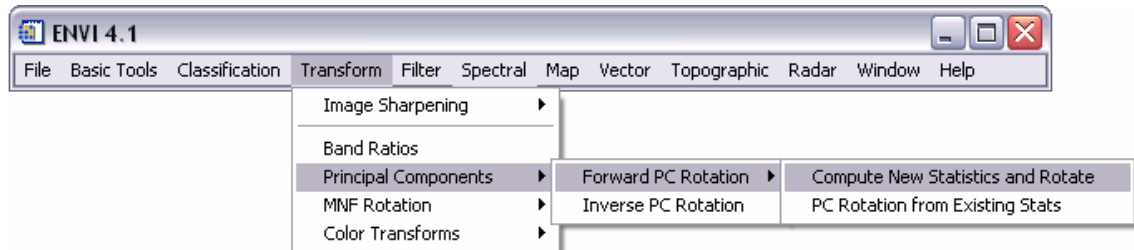


4. Click en **Ok**.

COMPONENTES PRINCIPALES

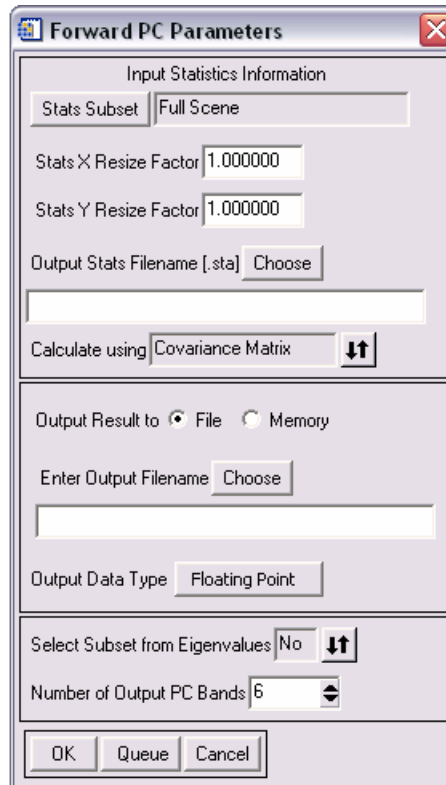
El análisis de componentes principales (PCA) se usa frecuentemente como un método de compresión de datos. Permite que los datos redundantes se compacten en unas pocas bandas, esto es, la dimensionalidad de los datos se reduce.

1. En el menu principal de ENVI seleccione **Transforms** → **Principal Components** → **Forward PC Rotation** → **Compute New Statistics and Rotate**.



2. El dialogo de selección de archivo se desplegará. Tenga en cuenta que el archivo de entrada debe estar conformado por al menos dos bandas.





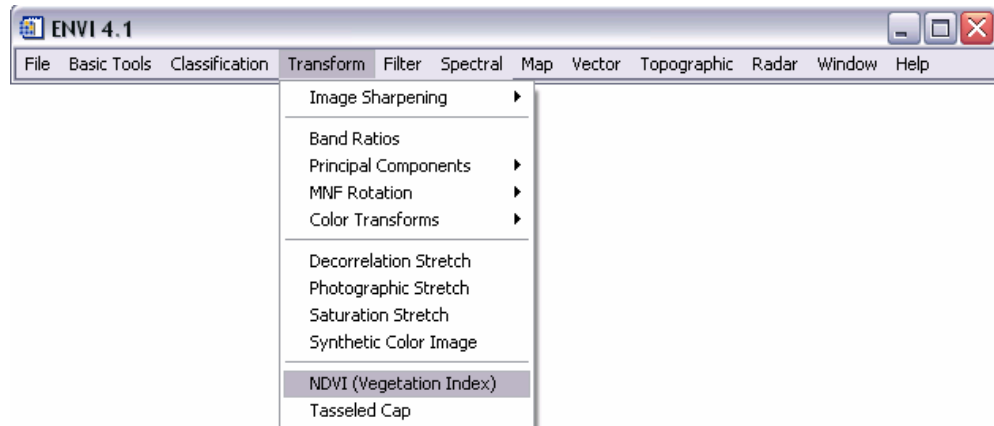
3. Seleccione el factor de cambio de tamaño en las estadísticas y el nombre y ubicación de las mismas. Un factor de 0.1 indica que para los cálculos de las estadísticas será usado cada 10 píxeles
4. Indique el tipo de cálculo de componentes principales (matriz de covarianza o matriz de correlación).
5. Seleccione el tipo, ubicación y el nombre del archivo de salida.
6. Indique el número de bandas de componentes principales de salida, por defecto, la cantidad de bandas PC de salida son iguales a las bandas de entrada.
7. Click en **Ok**.

INDICES

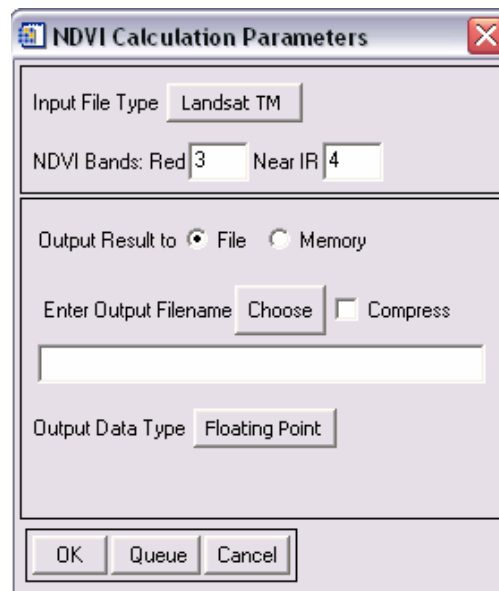
Esta herramienta le permite transformar datos multiespectrales en una imagen que represente la distribución de la vegetación.

1. En el menú principal de ENVI seleccione **Transforms** → **NDVI (Vegetation Index)**.





2. Cuando el dialogo de sección de archivo aparezca, seleccione el archivo de entrada y realice si desea, un subconjunto.



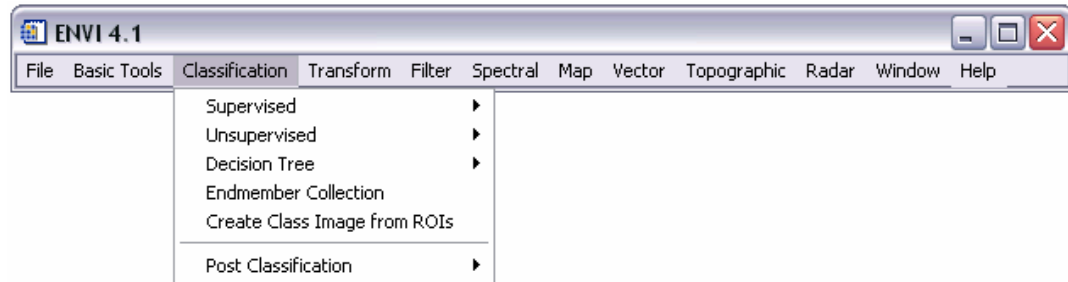
3. En este dialogo seleccione el tipo de sensor al cual pertenece la imagen y verifique que las bandas de entrada correspondan a las indicadas.
4. Seleccione la ubicación y el nombre del archivo de salida.
5. Click en **Ok**.

Los demás índices pueden ser calculados con la operación de matemática de bandas.

CLASIFICACION

Una clasificación es el proceso de extracción de información en imágenes para reconocer patrones y objetos homogéneos.

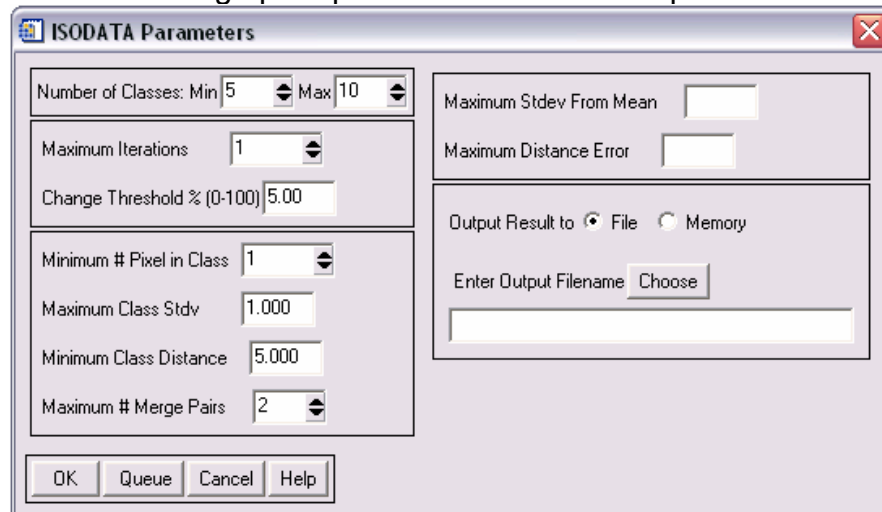




1. CLASIFICACION NO SUPERVISADA

Use la clasificación no supervisada para agrupar píxeles en un conjunto de datos sólo basados en estadísticas.

1. Desde el menu principal de ENVI seleccione **Classification** → **Unsupervised** → **Isodata**.
2. Seleccione un archivo de entrada.
3. El cuadro de dialogo para parametros ISODATA aparece.



4. Entre en el número mínimo y máximo de clases a ser definidas. Un rango para el número de clases se usa porque el algoritmo de Isodata se divide y une las clases basados en los umbrales de entrada y no guarda un número fijo de clases.
5. Entre el numero maximo de iteraciones y un umbral de cambio (0-100%). El umbral de cambio es usado para finalizar el proceso de iterativo cuando el número de píxeles en cada clase cambia por debajo de este umbral. La clasificación podra terminar cuando se cumpla alguna de las dos condiciones (umbral o iteraciones).





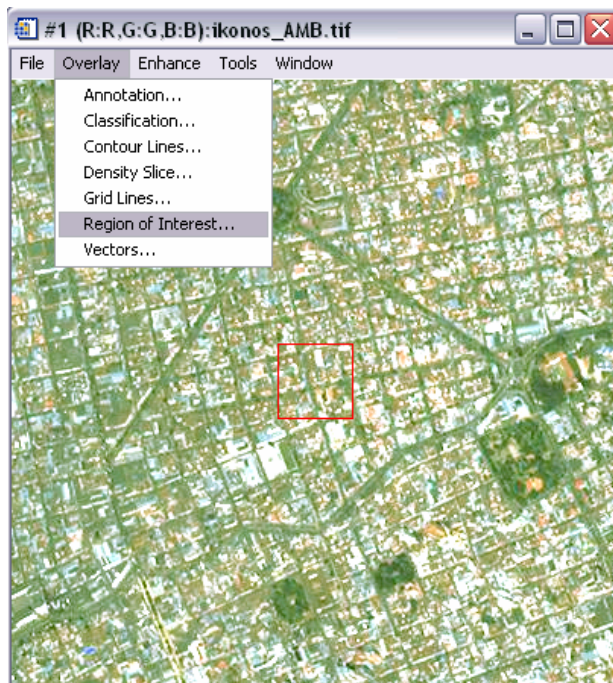
6. Entre el número mínimo de píxeles necesarios para formar una clase. Si hay menos píxeles que el número mínimo en una clase entonces esa clase se anulará y los píxeles se colocaran en la class(es) más cercano a ellos.
7. Entre la maxima desviacion estandar (en DN). Si la desviación Estándar de cada clase es mayor que este umbral entonces la clase se dividira en dos clases.

2. CLASIFICACION SUPERVISADA

Esta aplicación requiere que el usuario seleccione s áreas de entrenamiento, como base para la clasificación, varios métodos de comparación son usados para determinar si un determinado píxel califica como miembro de una determinada clase. Tengo en cuenta que casi todos los algoritmos de clasificación supervisada necesitan una imagen de al menos dos bandas para poder realizar este proceso.

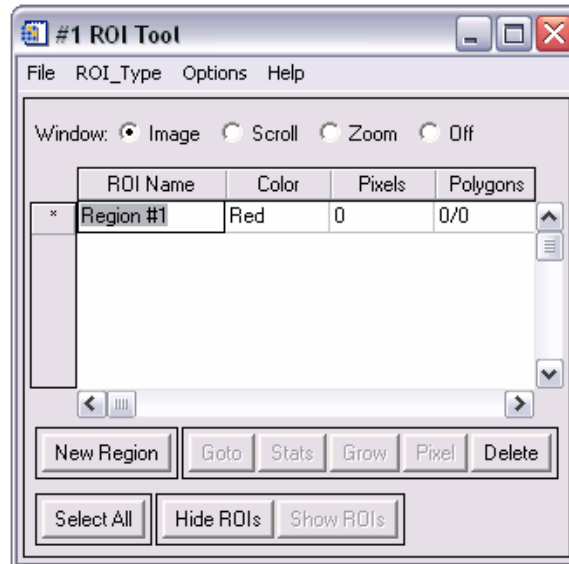
Aplicando Regiones de Interés.

Despliegue la imagen en la combinación deseada, en la ventana de imagen seleccione **Overlay**→ **Regions of Interest**.



Se despliega el siguiente menú:





- A. Seleccione las muestras deseadas para cada clase en la ventana que este activa en el las botones de chequeo de la parte superior del dialogo, una vez ha terminado de tomar la s muestras y quiera crear otra clase, haga click en **New Region** y llámela según desee.
- B. Una vez creadas las regiones de interés o de entrenamiento, proceda a guardarlas, si lo desea, el programa identificara las regiones creada para ese archivo.
- C. En el menú principal de ENVI seleccione **Classification**→**Supervised**→**Maximum Likelihood** (o el metodo deseado para clasificar la imagen) la ventana de seleccón de archivo se despliega.
- D. Seleccione las características de subconjunto espacial y espectral deseadas, una vez terminadas seleccione **Ok**.

La ventana de parámetros de clasificación supervisada se abre.





The dialog box titled "Maximum Likelihood Parameters" contains the following sections:

- Select Classes from Regions:** A list box showing five regions with their point counts: Vegetacion [Red] 24738 points, Nubes [Green] 16904 points, Urbano [Blue] 24725 points, Sombras [Yellow] 5336 points, Rios [Cyan] 704 points, and Montaña [Magenta] 6157 points. Below the list is a text field for "Number of items selected:" with the value 0, and two buttons: "Select All Items" and "Clear All Items".
- Set Probability Threshold:** Three radio buttons: "None" (selected), "Single Value", and "Multiple Values". Below is a text field for "Probability Threshold".
- Data Scale Factor:** A text field with the value 255.00.
- Output Result to:** Two radio buttons: "File" (selected) and "Memory". Below is a text field for "Enter Output Class Filename" with a "Choose" button and a "Compress" checkbox.
- Output Rule Images ?** A dropdown menu set to "Yes" with up/down arrows.
- Output Result to:** Two radio buttons: "File" (selected) and "Memory". Below is a text field for "Enter Output Rule Filename" with a "Choose" button.

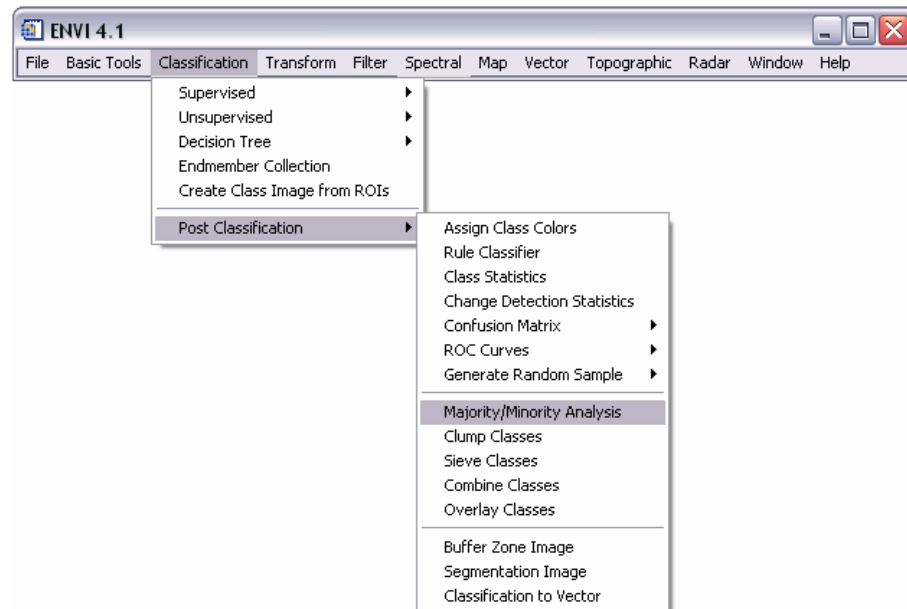
At the bottom are five buttons: "OK", "Queue", "Cancel", "Help", and "Preview".

- E. Seleccione las clases que desea que el programa le cree cuando haga el proceso de clasificación, ajuste la probabilidad de convergencia o seleccione **None**, seleccione la ubicación y el nombre del archivo de salida y si lo desea el nombre del archivo de **Rule Image** este tipo de archivo le permite evaluar los resultados de la clasificación y reclasificar si así lo desea. Una vez asigne nombres y ubicaciones haga click en **Ok**.

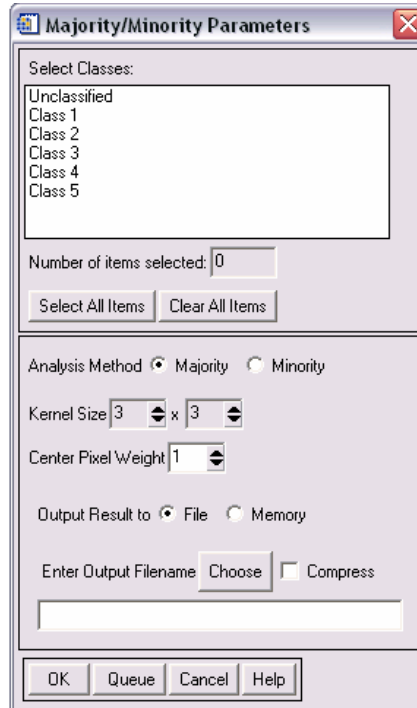
3. POSTCLASIFICACIÓN

- A. Desde el menú principal de ENVI Seleccione **Classification** → **Post Classification** → **Majority/Minority Analysis**.





- B. Cuando el dialogo de selección de archivo aparezca, seleccione si desea, un subconjunto.
- C. El dialogo de Parámetros **Majority/Minority** se despliega.



- D. Seleccione las clases a las cuales se les va a realizar la postclasificación.
- E. Determine el tipo de análisis (mayoritario o minoritario).



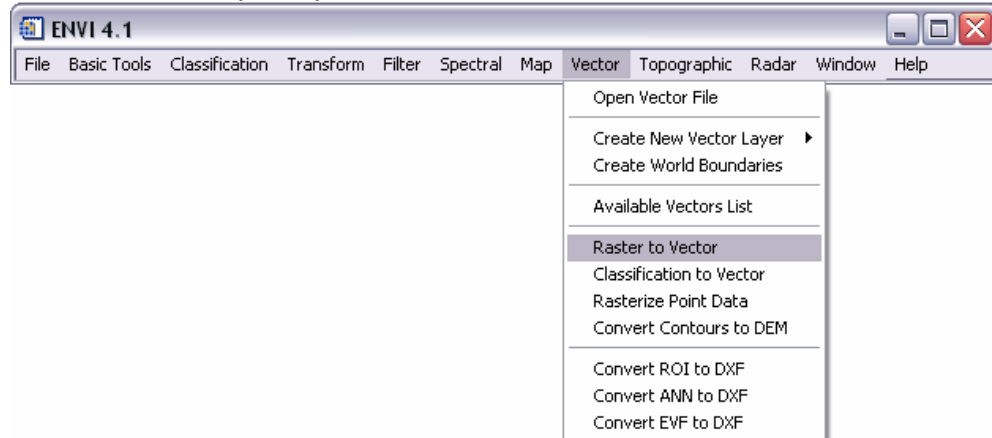


- F. Seleccione el tamaño del kernel y el peso del píxel central.
- G. Seleccione la ubicación y el nombre del archivo de salida. Click en **Ok**.

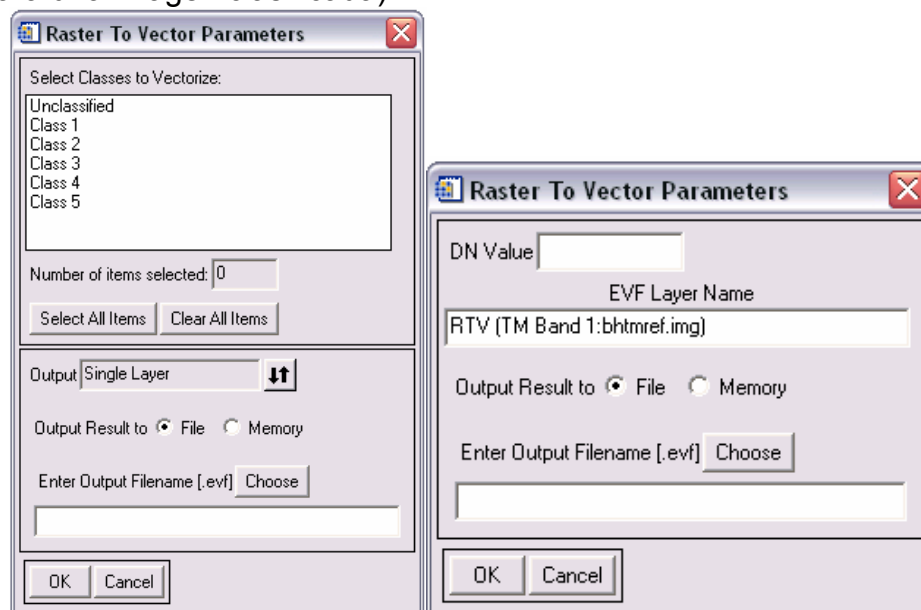
VECTORIZACIÓN

La vectorización es una herramienta para crear un contorno en una capa vectorial para un valor digital específico o clases en caso que se trate de una clasificación.

- A. Desde el menú principal de ENVI Seleccione **Vector** → **Raster to Vector**.



- B. Cuando el dialogo de selección de archivo aparezca realice un subconjunto si lo desea.
- C. Dependiendo de la imagen a vectorizar, se despliega cualquiera de los siguientes diálogos (el de la derecha para una imagen, y el de la izquierda para una imagen clasificada)





En el caso de la imagen (derecha) ingrese el numero de valor digital que desea que sea convertido en contorno, y en de la imagen clasificada (izquierda), seleccione las clases que desea que sea vectorizadas.

D. Seleccione la ubicación y nombre del archivo de salida. Click en **Ok**

ENVI crea una capa vectorial, la cual viene acompañada de un archivo de atributos (.dbf) que contiene el ID de la clase, longitud y área del polígono, esta capa vectorial es listada en la Lista de Vectores Disponibles.

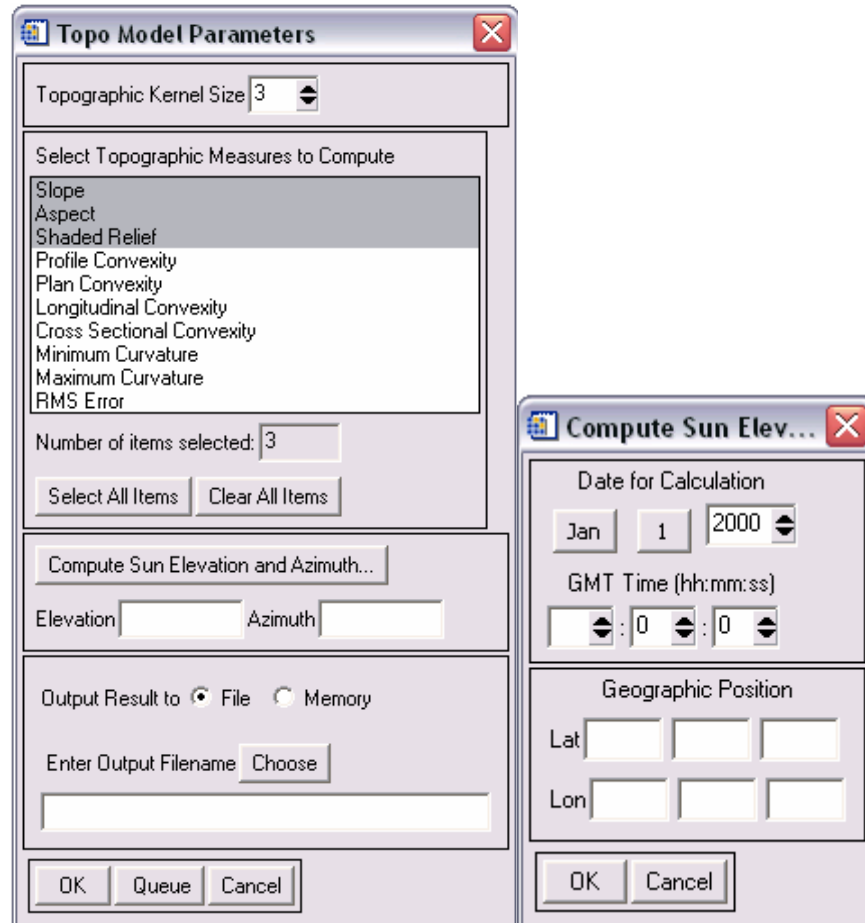
MODELAMIENTO TOPOGRAFICO

El modelamiento topográfico involucra el procesamiento y la simulación gráfica de los datos de elevación. Las funciones de los programas de análisis del terreno usualmente trabajan con datos topográficos.

Los datos topográficos son esenciales en estudios de tráfico, diseño de rutas, contaminación de fuentes no puntuales, visibilidad, localización de áreas de recreación.

- Imágenes de pendiente-ilustran cambios en elevación sobre la distancia. Las imágenes de pendientes son usualmente simbolizadas con colores de acuerdo a la inclinación del terreno en cada pixel.
 - Imágenes de aspecto-ilustran la dirección predominante que la pendiente enfrenta en cada pixel.
 - Imágenes sombreadas del relieve-ilustran variaciones en el terreno mediante la diferenciación de las áreas que estarían iluminadas o ensombrecidas por una fuente de luz que simula el sol.
1. Desde el menú principal de ENVI Seleccione **Topographic**→ **Topographic Modeling**.
 2. Cuando el dialogo de parámetros de modelamiento topográfico se despliegue, seleccione los tipos de modelos a realizar (aspecto, pendiente, relieve sombreado, etc.).





3. Seleccione el tamaño de Kernel de remuestreo.
4. Ingrese el azimuth y elevación solar, en caso de no conocerlos haga click en **Compute Sun Elevation and Azimuth** y se despliega el siguiente dialogo.
5. Ingrese la fecha, hora (GMT) y posición geográfica de la zona para la cual desea realizar el relieve sombreado. Una vez ingresados, click **Ok** y automáticamente los valores de azimuth y elevación solar serán calculados y colocado en sus respectivos cuadros de texto.
6. Seleccione la ubicación y el nombre del archivo de salida. Click en **Ok**.

MANUAL DE PROCESOS BASICOS PARA EL TRATAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES DE SATÉLITE PARA EL SOFTWARE ERDAS 8.7



Desarrollado por:

DIEGO JOSE RUIZ RUEDA
INGENIERO CIVIL

JHON JAIRO SALCEDO
INGENIERO CIVIL



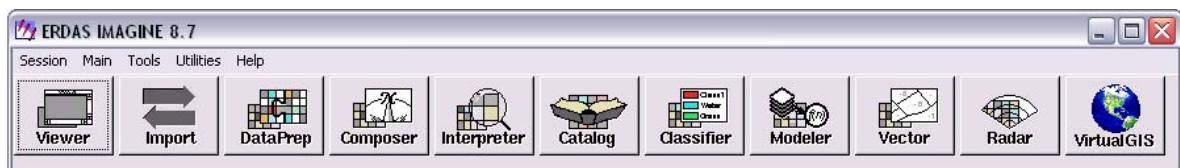
MANUAL BASICO ERDAS 8.7

ERDAS Imagine: IMAGINE suministra un conjunto robusto 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 Realización de mapas y salidas impresas IMAGINE PROFESSIONAL es un software de procesamiento digital de imágenes adquiridas a través de sensores remotos y un Sistema de Información Geográfica (SIG) raster, que posee un sistema completo de herramientas para visualización, mejoramiento y análisis de imágenes satelitales e información geográfica, especializado en producción cartográfica. Con IMAGINE Professional usted puede realizar:

- Clasificación no supervisada y supervisada de imágenes de satélite para obtener cobertura y uso del suelo.
- Post-clasificación (thresholding) basada en edición estadística o gráfica.
- Realce espacial, espectral y radiométrico de imágenes de satélite.
- Diagramas gráficos (Model Maker) para realizar rápidamente modelamiento espacial de un área geográfica.
- Mosaico de dos o más imágenes.
- Pre-procesamiento y análisis de imágenes de radar para extraer información más útil.
- Capas de superficie o Modelos de Elevación Digital (DEM).
- Análisis topográfico y SIG.
- Herramientas de Clasificación Experta (Expert Classifier) que permiten construir y ejecutar sistemas expertos geográficos para fines de clasificación avanzada de imágenes, refinamiento y análisis GIS.
- Extracción de información a partir de imágenes hyper-espectrales.
- Antes de empezar ERDAS, asegúrese que este instalado apropiadamente

Seleccione **Inicio** → **Programas** → **Leica Geosystems** → **Erdas 8.7** → **Erdas 8.7**.

La barra principal del menú ERDAS aparece cuando el programa se ha cargado con éxito.



CONCEPTOS GENERALES DE DESPLIEGUE DE IMAGEN

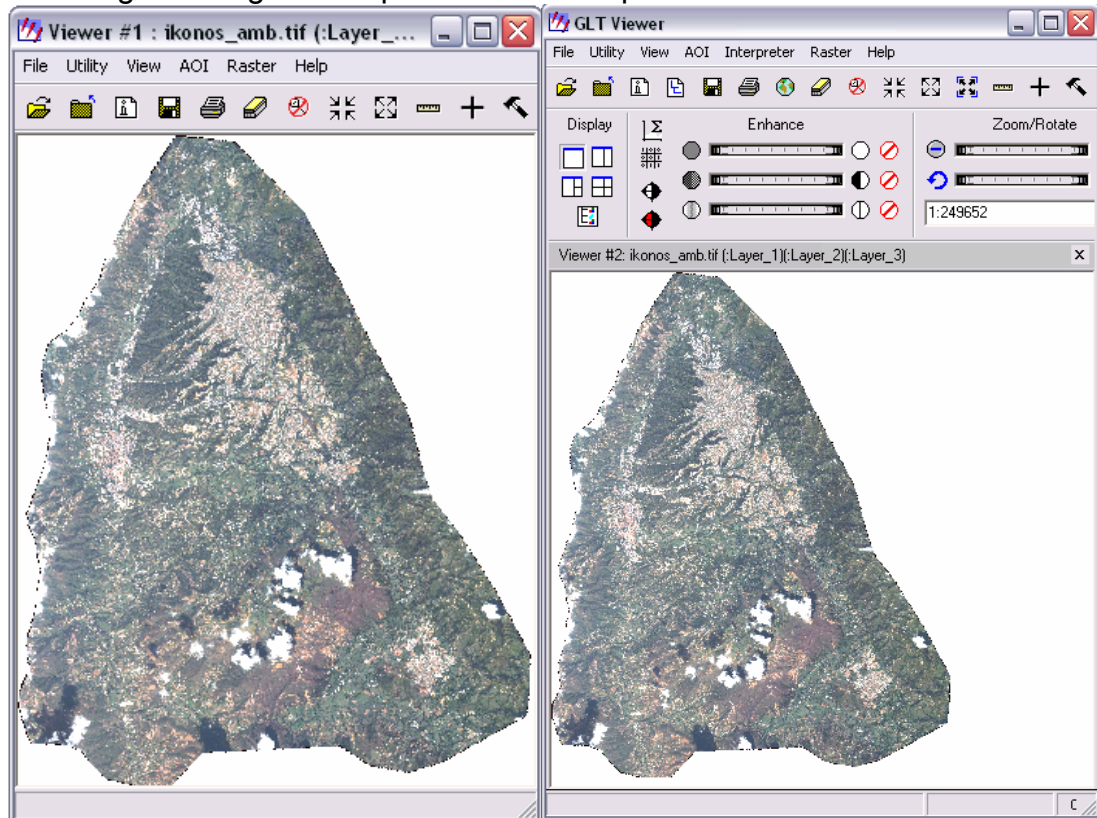




El despliegue de imagen en ERDAS consiste en dos tipos de visor, que el usuario define cuando inicia un despliegue.

- Classic Viewer
- Geospatial Light table

En la siguiente figura se aprecian los dos tipos de visores



Las ventanas individuales de la imagen de un grupo de despliegue se pueden cambiar de tamaño (como se vera mas adelante), mover en cualquier parte de la pantalla. Pueden usarse Múltiples grupos de despliegue para visualizar diferentes imágenes al tiempo. El zoom es ajustado por el usuario, mediante la herramienta ubicada en la barra de herramientas.

CAMBIAR EL TAMAÑO DE LAS VENTANAS

La mayoría de las ventanas y diálogos de ERDAS, incluso todas las ventanas de despliegue de imagen, pueden ser cambiadas de tamaño dinámicamente a las dimensiones que el usuario desee.

- Ponga el cursor del ratón en el borde o esquina de la ventana o diálogo hasta que el cursor se vuelva una flecha bidireccional.
- Haga clic con el botón izquierdo del ratón y arrastre la ventana al tamaño y forma deseado.



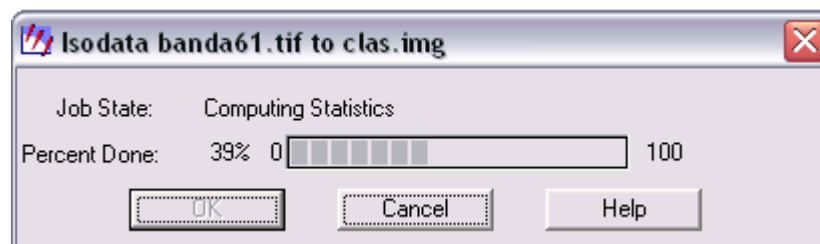


MANEJO DE LOS DATOS

ERDAS provee varias herramientas para el manejo de las imágenes, datos del vector, los diálogos, y las ventanas individuales.

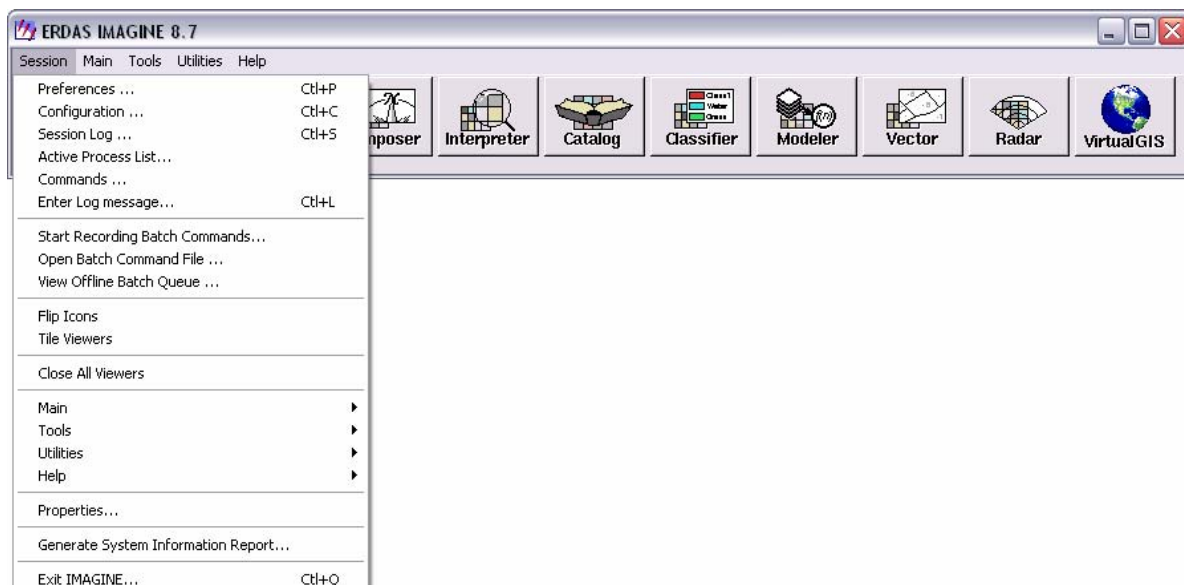
La Ventana de Estado de procesos

La mayoría de funciones informa el estado del proceso de los cálculos. La ventana de estado aparece inmediatamente después de que la función empieza. Un porcentaje de la barra de progreso Completa se pone al día periódicamente cuando se procesan los datos. Una caja del texto indica el tamaño del incremento en el procesamiento de los datos.



DESPLEGANDO IMÁGENES

Use el menú **Session** en el menú principal de ERDAS para, fijar preferencias, finalizar ERDAS y otras funciones de archivo y manejo del programa.



Abriendo Archivos de Imagen

Use **Open Image File** para abrir un archivo de imagen en ERDAS u otro archivo de imagen en formato binario conocido. ERDAS identifica automáticamente y lee

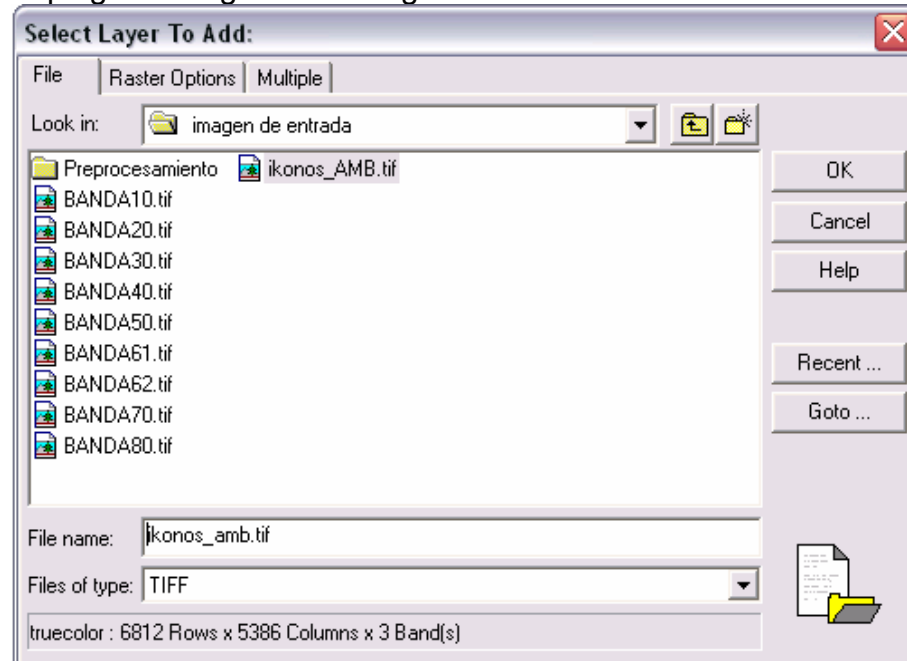




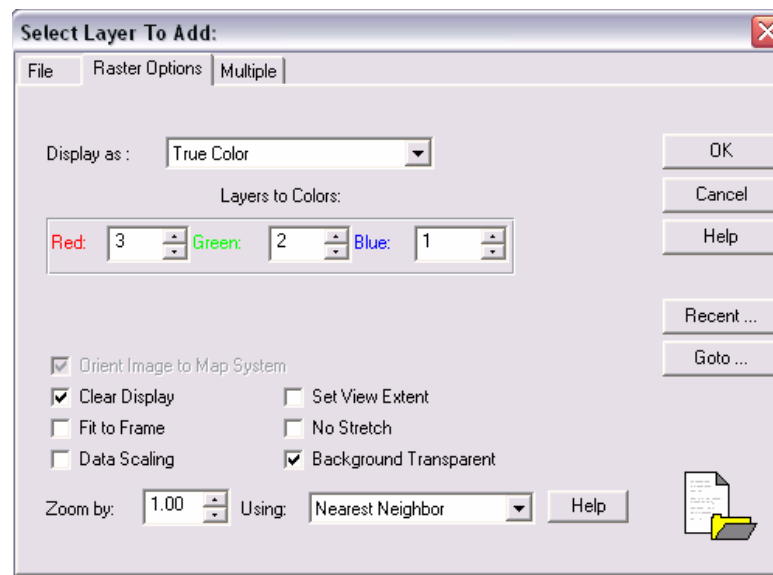
archivos de los siguientes tipos: TIFF, GeoTIFF, JPEG, JPEG200, MrSID, BMP, SRF, HDF, PDS, MAS-50, NLAPS, RADARSAT, HDF SeaWiFS, Landsat 7 HDF, Landsat 7 Ayuno (. el fst), MRLC (. el dda), ERDAS 7.x (. el lan), ERDAS 8.x (. el img), ER Mapper, PCI (. el pix), y AVHRR.

Los datos son dejados en su formato nativo y la información necesaria es leída desde el archivo encabezado.

4. En la barra de menú del viewer seleccione **File** → **Open** → **Raster Layer**. Se desplegará el siguiente diálogo.



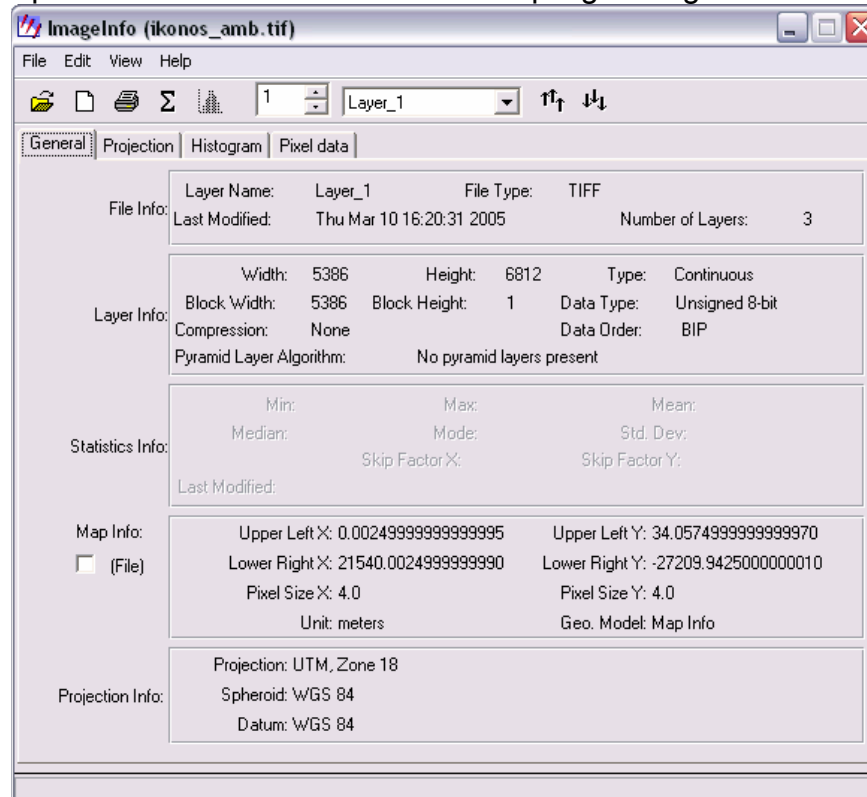
5. Seleccione el archivo a desplegar en la etiqueta **File**, tenga en cuenta que usted debe especificar el tipo de archivo que desea abrir en la menú desplegable en **Files of type**.
6. En la Etiqueta **Raster Options**, se especifica
 - a. La combinación inicial de bandas en la canales de visualización RGB o de forma monocromática
 - b. El método de remuestreo.
 - c. El los botones de chequeo se especifica: Tipo de fondo, escalamiento de datos, ajuste de datos.



7. Una vez listos los parámetros de visualización haga Click en **OK**.

Editando los archivos encabezados

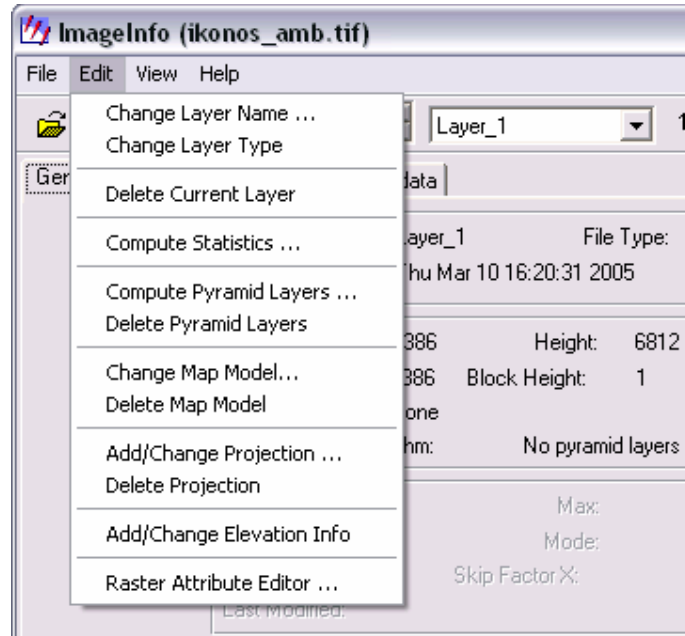
En el menú del viewer **Utility**→**Layer Info** se despliega la información del archivo desplegado para cambiarla si se desea. Se despliega la siguiente ventana.





En las diferentes etiquetas se encuentra la información general, proyecciones, histograma, representación matricial de los valores de gris para las diferentes bandas.

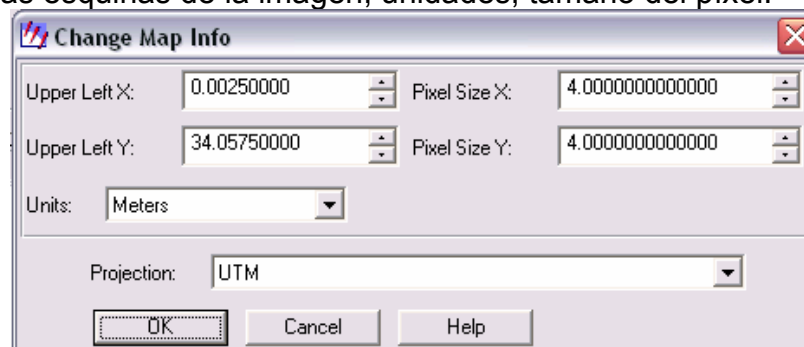
5. En el menú de **"Image Info"** seleccione **Edit** para modificar estos parámetros.



- a. En **Change Layer Name** cambie el nombre de la banda que esta activa.

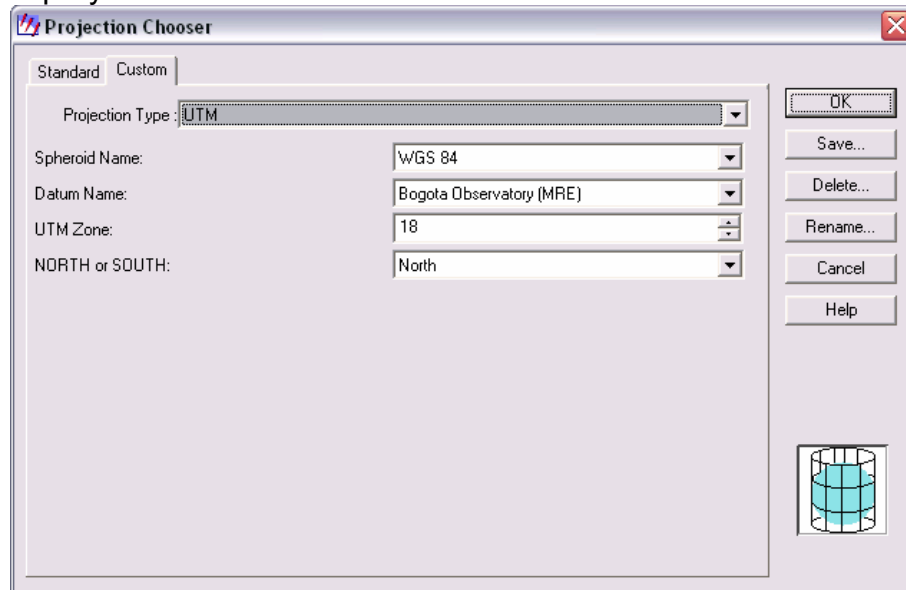


- b. En **Change Map Model** cambie las coordenadas geográficas de las esquinas de la imagen, unidades, tamaño del píxel.





- c. En **Add/Change Projection** cambie o añada un sistema de proyección.



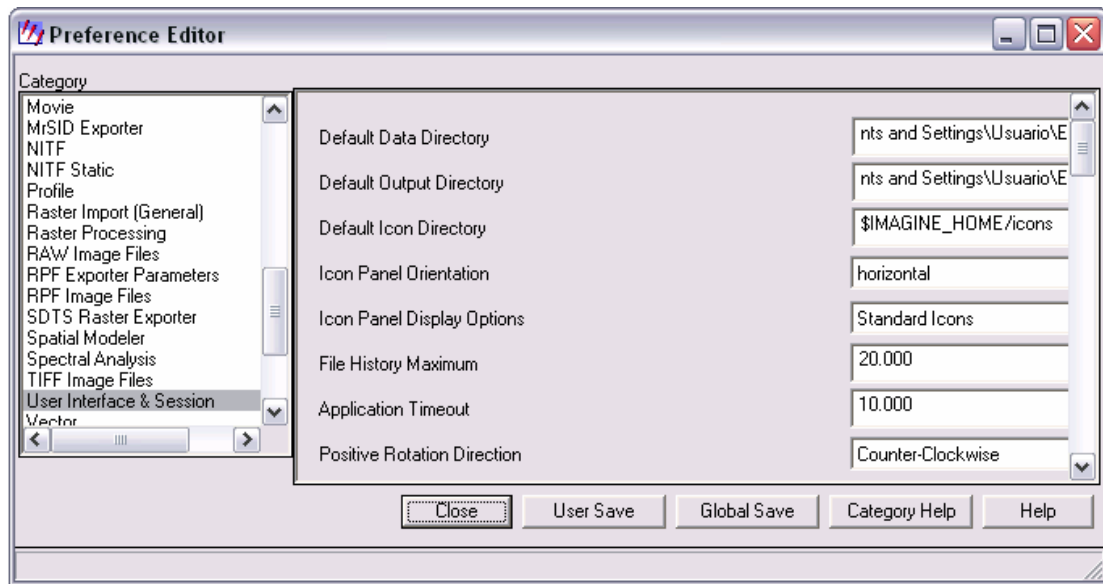
SALVANDO ARCHIVOS

Use **Save File As** para crear un nuevo archivo estándar de ERDAS o un Meta archivo ERDAS los datos de salida de la imagen en formatos de imagen Imagine (.img). Si Usted desea guardar sus datos de la imagen procesada en diversos formatos como son ArcView Raster (.bil), ER Mapper, ERDAS (.lan), NITF (.ntf), PCI (.pix), TIFF (incluso GeoTIFF y TIFF los archivos mundiales [.tfw]), JPEG2000 (.jp2), tipo ASCII (.txt), debe crearlos como formato de ERDAS y luego con la herramientas de **IMPORT** en el menú principal de ERDAS, exportarlos al formato deseado.

Fijando Preferencias

Use **Preferences** para ver la información sobre la configuración actual de EERDAS o para cambiar la configuración actual. El dialogo de Edición de Preferencias del Sistema lista todos los valores registrados.

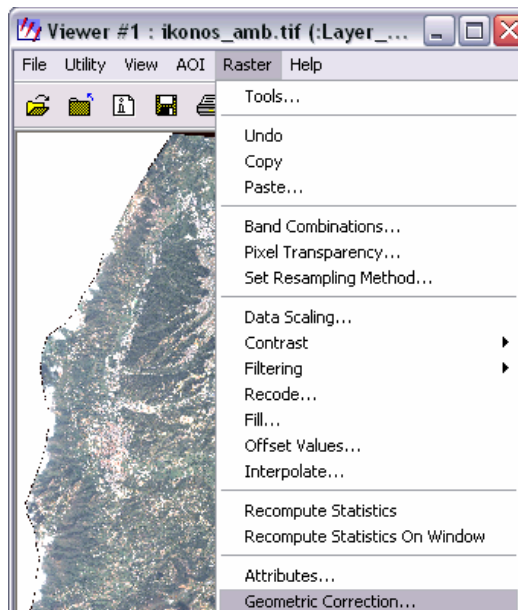




REGISTRO IMAGEN A MAPA

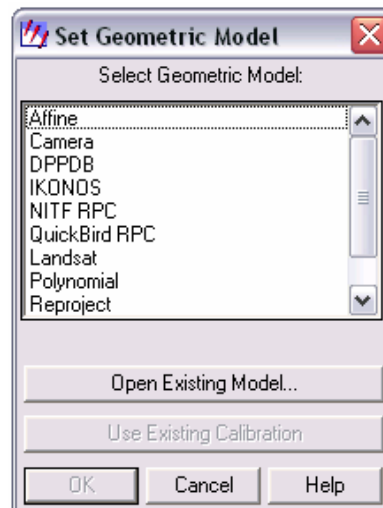
Use esta función cuando necesite seleccionar puntos de control (GCP's) y no tenga una imagen de apoyo geo-referenciada, esta función necesita que al menos una imagen este desplegada para poder seleccionar los GCP's.

6. Abra una imagen a registrar y despliegue la banda o la combinación RGB deseada.
7. Una vez abierta la imagen, iniciamos el registro de la imagen, seleccionamos en el menú del visor la opción *Raster* y hacemos click en ***Geometric Correction...***

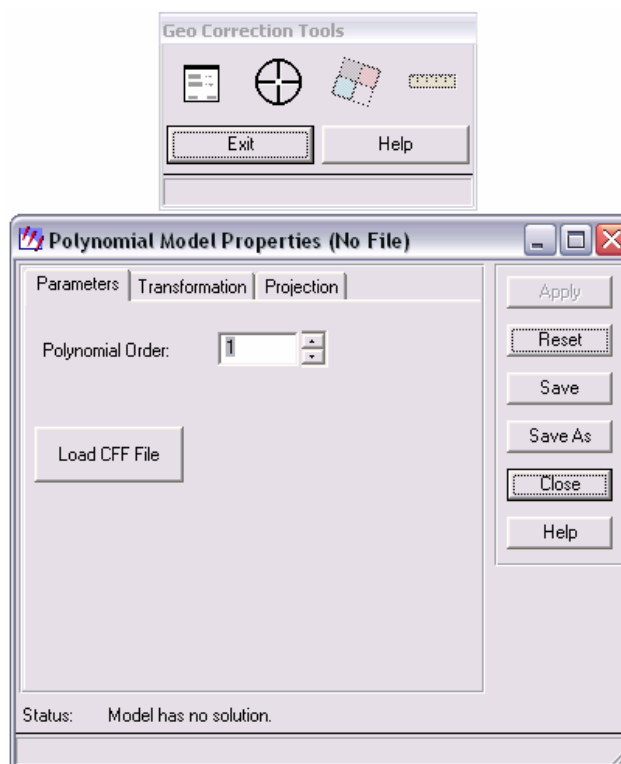




8. Una vez que se abre el menú de modelo de registro geométrico y seleccionamos la opción **Polynomial** y **OK**.

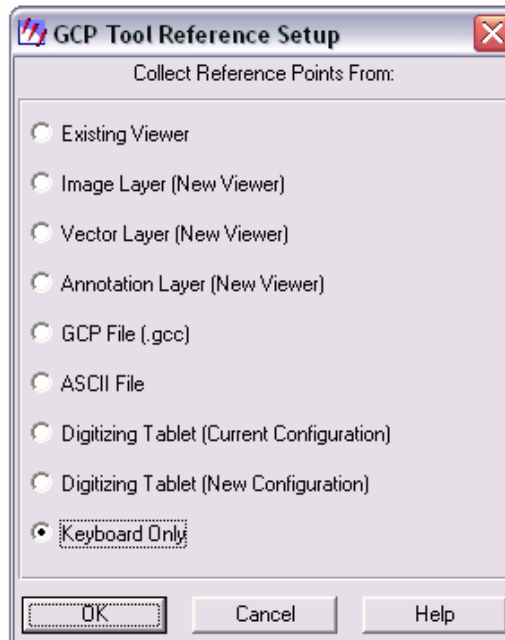


9. El dialogo de modelo polinomial se despliega, en este menú seleccionamos el orden de corrección polinomial, podemos cambiar las proyecciones de la imagen y seleccionar el tipo de unidades de medida, una vez fijadas estosa parámetros seleccionamos **Apply** y **Close**.

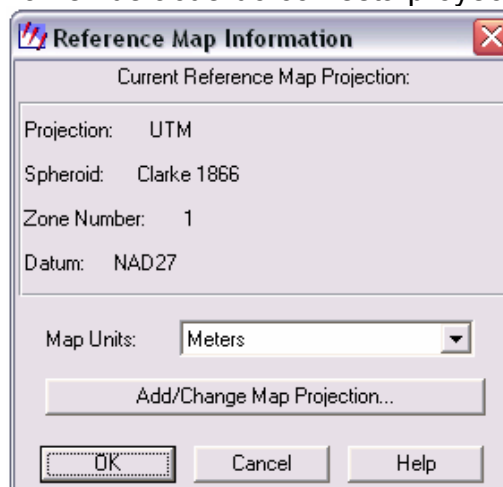




10. Una vez fijados y aplicados los parámetros anteriores, se despliega un menú que nos permite elegir como vamos a ingresar los puntos, para este tipo de registro, seleccionamos **Keyboard Only** y **OK**.



11. Después de haber seleccionado el tipo de entrada de los puntos de control, se despliega una ventana que nos muestra la proyección en la cual va quedar geo-referenciada la imagen, en algunos casos es posible cambiar en esta parte el tipo de proyección en caso que se haya cometido un error anteriormente; una vez de acuerdo con esta proyección seleccionamos **OK**.



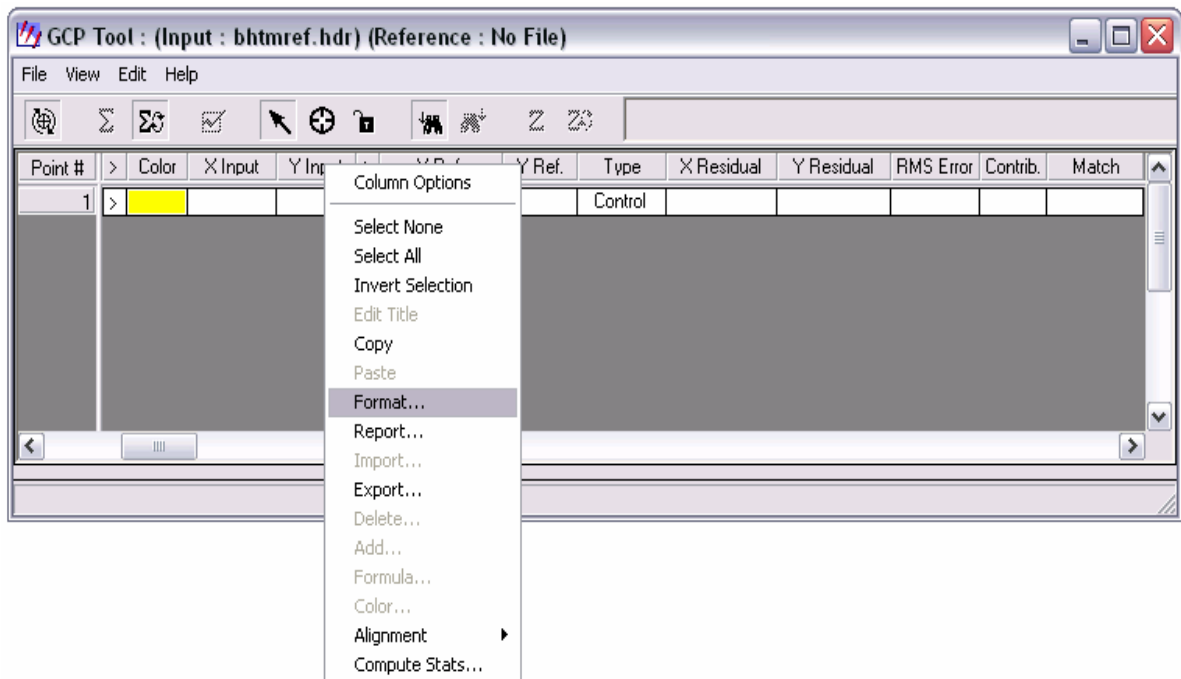
RECOPILACION DE PUNTOS DE CONTROL





Este procedimiento es de forma manual, en el dialogo que abajo se muestra se pueden cambiar las formas de ingreso de coordenadas, ya sean planas, o geográficas. Esto se tiene que especificar antes de ingresar los puntos, haciendo click derecho sobre las columnas de las coordenadas X e Y de referencia y seleccionado formato. El programa toma coordenadas planas y las introduce en las columnas de entrada y usted debe introducir las coordenadas en la columna de referencia según en el formato que desee.

Cuando la ventana *GCP Tool* se despliega se abren otra ventana que amplifica una zona de la imagen desplegada en el visor, tenga en cuenta que una vez abierto el dialogo de *GCP Tool*, la función de crear el primer punto estará habilitada. Así que si desea desplazarse por la imagen deshabilite esta opción antes de hacer click en cualquier de los visores.



- Si lo desea puede escribir las coordenadas de referencia antes de crear el punto, o después. Usted también puede crear todos los puntos en la imagen y luego ingresar las de referencia.
- En este programa se crea el punto dando click directamente sobre cualquiera de las dos imágenes (el visor principal o el visor del zoom de la imagen)
- Cada vez que desee crear un nuevo punto, debe tener en cuenta que el icono de crear GCP  este habilitado, si desea deshabilitarlo haga click en el puntero que esta al lado de este icono.



- Una vez esté localizado el punto, haga click sobre la imagen para crear el GCP, estos pueden ser movidos o desplazados luego de ser ubicados. Ubique los demás puntos.
- A medida que ingresa los puntos, en la parte derecha se muestra el error RMS (Root Mean Square) acumulado, los errores en X e Y que le permite ver la lista de los puntos con sus correspondientes errores, tal como se ve a continuación.
- Para que reprograme determine el error es necesario que complete el numero requeridos por el programa es necesario tener una cantidad de puntos suficientes. Por ejemplo: para un grado 2 son necesarios 6 puntos como mínimo, para grado 5, mínimo 15 puntos.

Point #	Point ID	Color	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	Type	X Residual	Y Residual	RMS Error	Contrib.	Match
1	GCP #1		83044.128	9727.853	74 00 24 W	54 22 55 E	Control	0.000	-0.000	0.000	0.000	
2	GCP #2		87168.599	7690.052	72 01 05 E	29 25 54 E	Control	-1879.779	1408.342	2348.828	0.546	
3	GCP #3		81081.697	9062.589	72 01 05 E	29 25 54 E	Control	4207.123	35.805	4207.276	0.977	
4	GCP #4		90629.779	8406.159	72 01 05 E	29 25 54 E	Control	-5340.958	692.236	5385.631	1.251	
5	GCP #5		78694.677	0614.152	72 01 05 E	29 25 54 E	Control	6594.144	-1515.758	6766.111	1.572	
6	GCP #6		88869.351	9719.020	72 01 05 E	29 25 54 E	Control	-3580.531	-620.625	3633.920	0.844	
7	GCP #7						Control					

En esta lista se encuentran las coordenadas de entrada y de referencia, desde esta tabla se puede:

- Ir directamente a los puntos para posterior corrección, con “GoTo”,
- Borrar puntos y cambiarlos de color para una mejor visualización, lo cual facilita la extracción de los puntos con mayor error, y acelera la corrección o eliminación de estos.

Una vez corregidos los puntos y haber minimizado el RMS, estos puntos se pueden guardar pero solo como archivo de tipo ERDAS.

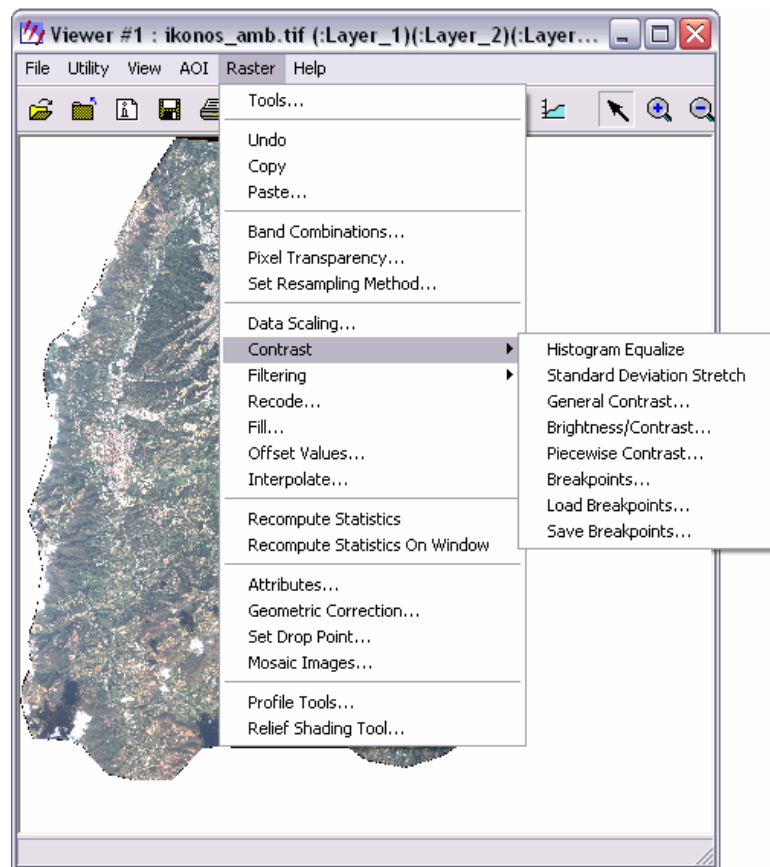
Por ultimo se hace la deformación de la imagen según los puntos que han registrado, la deformación se hace directamente sobre la imagen.

AJUSTE DE CONTRASTE

El ajuste de contraste puede ser usado en color o en un rango de escala de grises de la imagen seleccionada.

- En el menú del Viewer seleccione **Raster→Contrast** y elija el método de ajuste de contraste deseado, puede ser ajuste interactivo o comparación de histogramas, en el ajuste interactivo hay unos métodos predefinidos lo cuales son aplicado directamente al viewer.



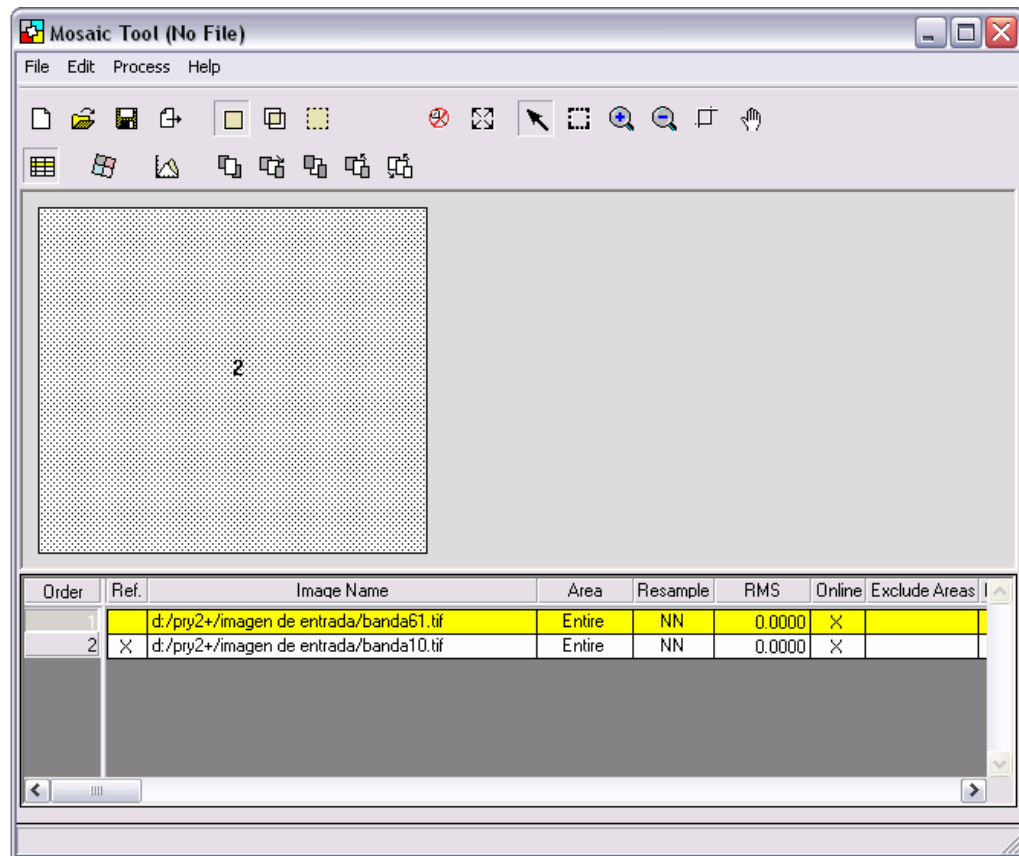


CREACIÓN DE MOSAICOS

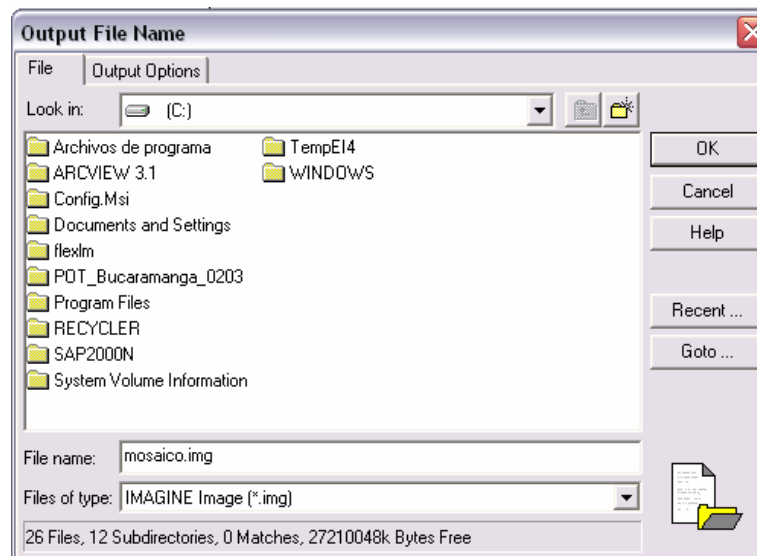
Esta herramienta une imágenes ya sea basado en la numeración de los píxeles o en la georeferenciación que ellas presentan.

3. Desde el menú principal de ERDAS seleccione **Data Prep**→**Mosaic Images**.
4. El menú de mosaico se despliega, seleccione desde este menú **Edit**→**Add Import** y seleccione una a una las imágenes de para el mosaico.





Una vez teniendo todos los archivos desplegados en la parte, seleccione en el menú de la ventana de mosaico **Process**→**Run Mosaic**, el dialogo de archivo de salida se despliega y seleccione la ubicación y nombre del archivo de salida. Click en **Ok**.

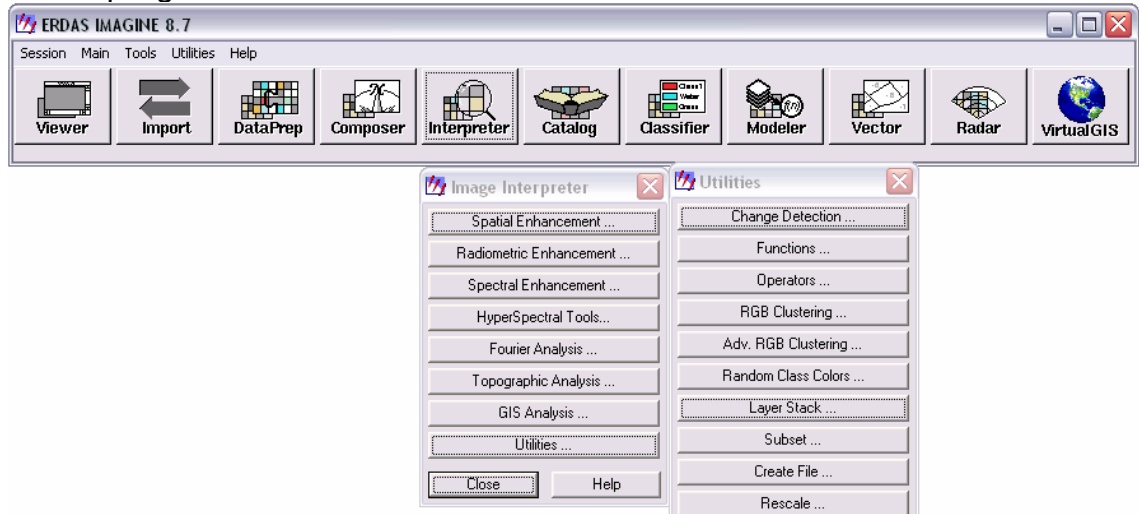




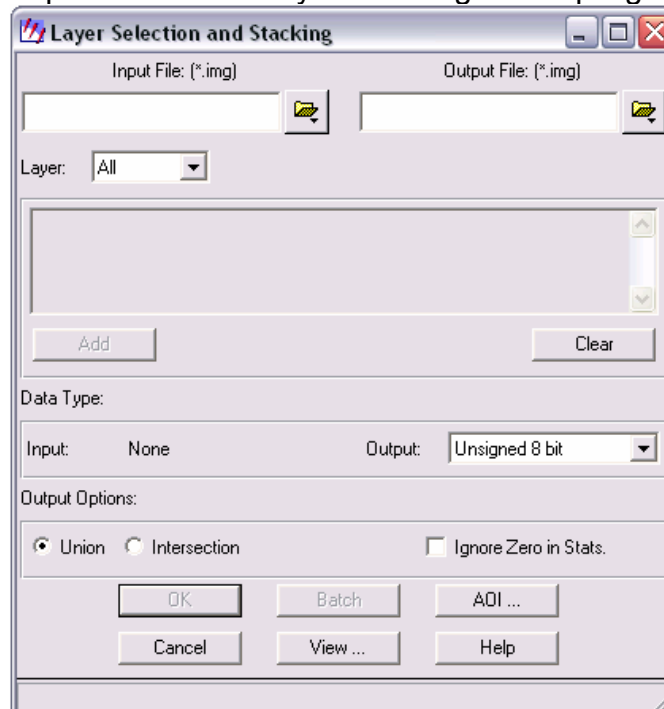
LAYER STACKING

Esta herramienta es usada para crear un archivo multibanda a partir de bandas simple que comprendan un región en común.

10. Desde el menú principal de ERDAS Seleccione **Image Interpreter**→**Utilities**→**Layer Stack...**El menu de **Layer Selection and Stacking** se despliega



11. El dialogo de parámetros de Layer Stacking se despliega.



12. Haga click en **Input File** y el dialogo de selección de archivo se despliega, seleccione las bandas que desean que conformen el archivo, ingrese los archivos o bandas en el orden que quiere que queden aglomerados. Tenga en cuenta que las bandas generalmente van de menor a mayor



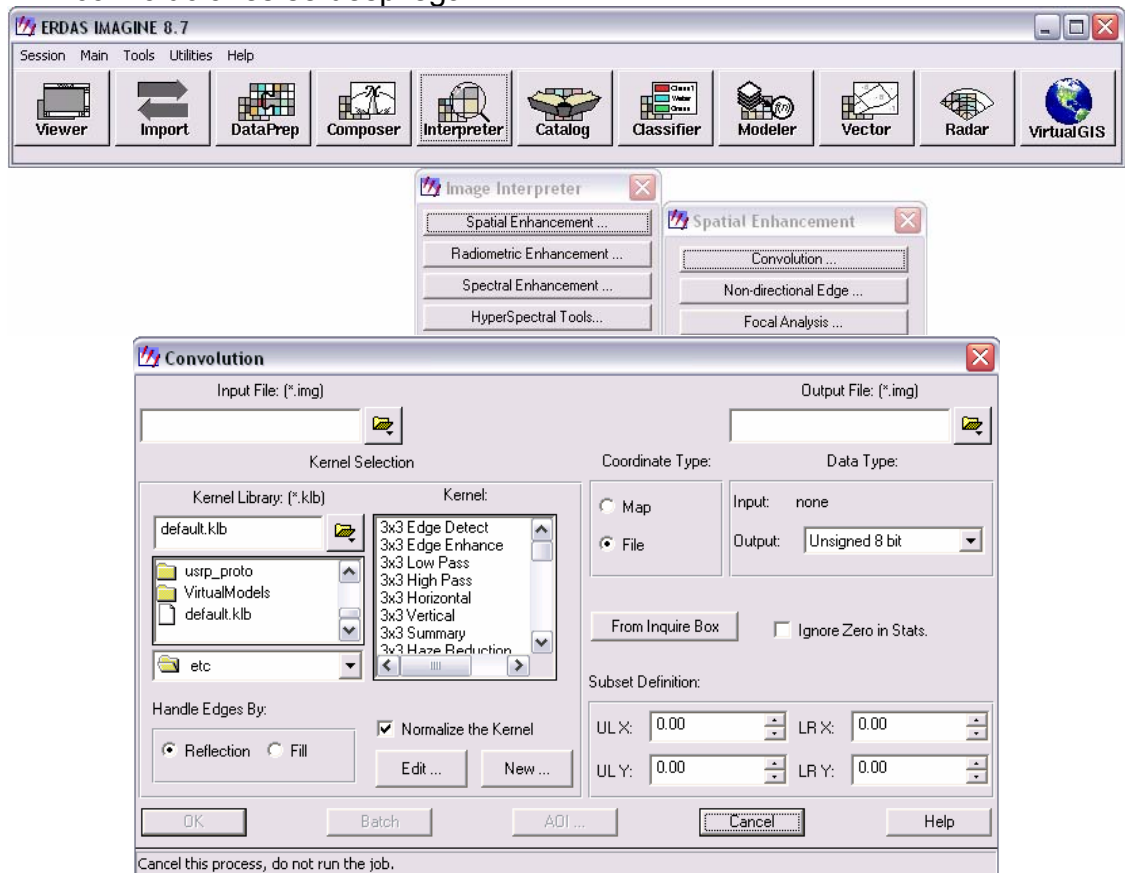


13. En los botones de chequeo usted puede elegir la forma como quedaran las extensiones geográficas del archivo se salida.
 - a. **Union**: crea un archivo de salida con una extensión geográfica que abarca todas las extensiones de los archivos de entrada.
 - b. **Interseccion**: crea un archivo de salida con una extensión geográfica que contiene solamente las extensiones comunes de los archivos de entrada.
14. Seleccione la ubicación y nombre del archivo de salida en **Output File**.
15. Click en **Ok**.

FILTRAJE

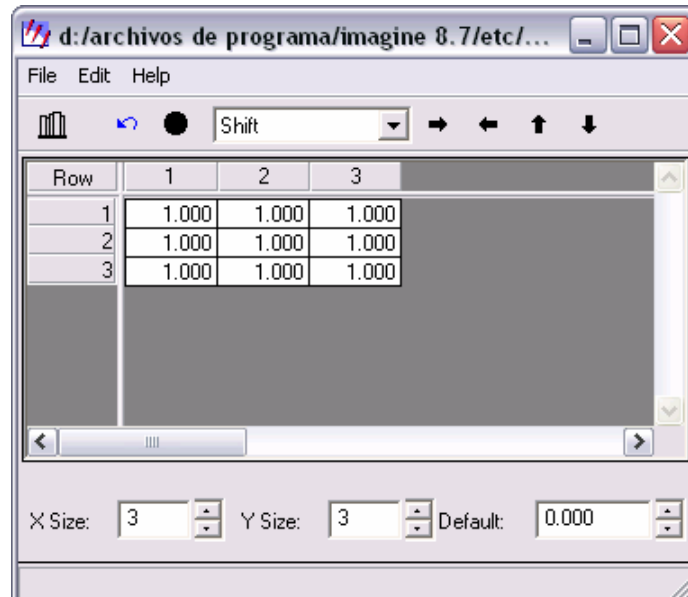
Los filtros producen imágenes de salida las cuales los valores de brillo están dado en función de un promedio ponderado de los brillos de los píxeles circunvecinos, usted puede seleccionar el tamaño y valores del kernel produciendo diferentes tamaños de filtros, filtros estándar tales como paso alto, paso bajo, laplaciano y direccional etc.

1. Desde el menú principal de ERDAS Seleccione **Image Interpreter** → **Spatial Enhancement** → **Convolution...** El dialogo de herramientas de convoluciones se despliega.





2. En este dialogo seleccione en **Input File** el archivo de entrada al que desea aplicar la convolución.
3. En **Kernel** seleccione el tipo de filtro a realizar (paso alto, paso bajo, direccional, Laplacian etc..)
4. En **Kernel Library**, se encuentra por defecto la librería que contiene los diferentes tipos de filtros.
5. Si desea editar el kernel haga click en **Edit** y la ventana de edición de kernel se abre.



- Elija el tamaño de kernel y edite los valores de ponderación del mismo si lo desea. Cuando cierre la ventana el programa le preguntara si desea guardar cambios seleccione Si.
6. Si desea crear un nuevo kernel haga click en **New** y la ventana de edición de kernel se abre. Edite el tamaño y los valores del kernel, guarde cambios.
 7. Si desea, cree un subconjunto espacial en **Subset Definition**.
 16. Seleccione la ubicación y nombre del archivo de salida en **Output File**.
 8. Click en **Ok**.

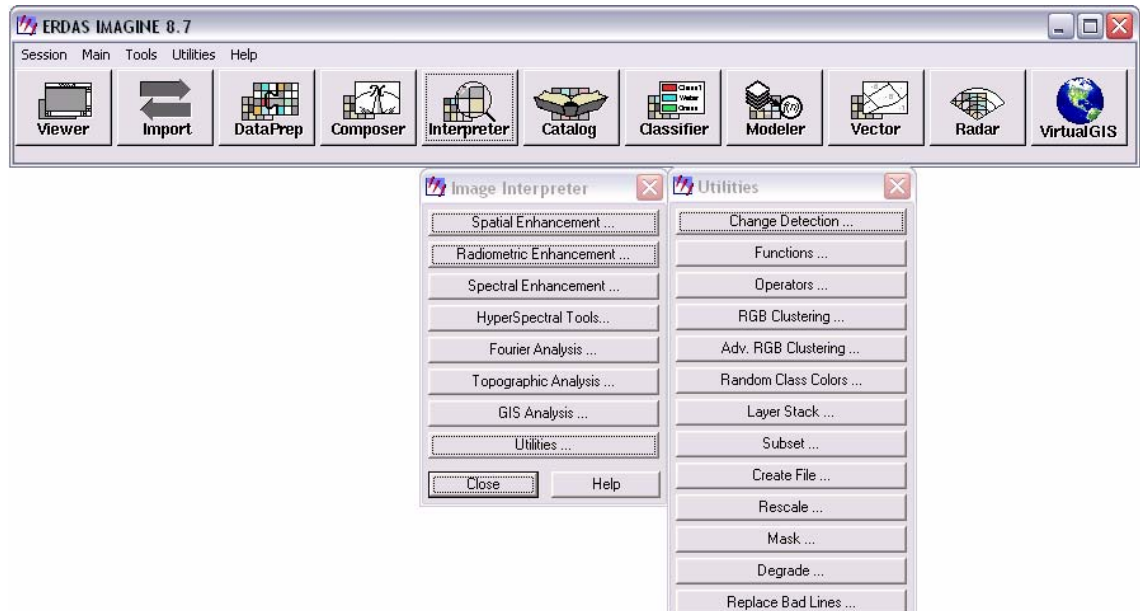
ELIMINACIÓN DE LÍNEAS MALAS

Otro error común en los sensores remotos es la pérdida de una línea. La pérdida de una línea ocurre cuando un detector no funciona completamente, o cuando se satura temporalmente durante una pasada (similar al efecto del flash de una cámara sobre la retina). El resultado es una línea o una línea parcial de datos con valores más altos, creando un rayado horizontal hasta que el(los) detector(s) se recupera(n), si ellos se recuperan. La línea perdida se corrige usualmente reemplazando la línea mala con una línea de valores promedio de las líneas anterior y posterior.

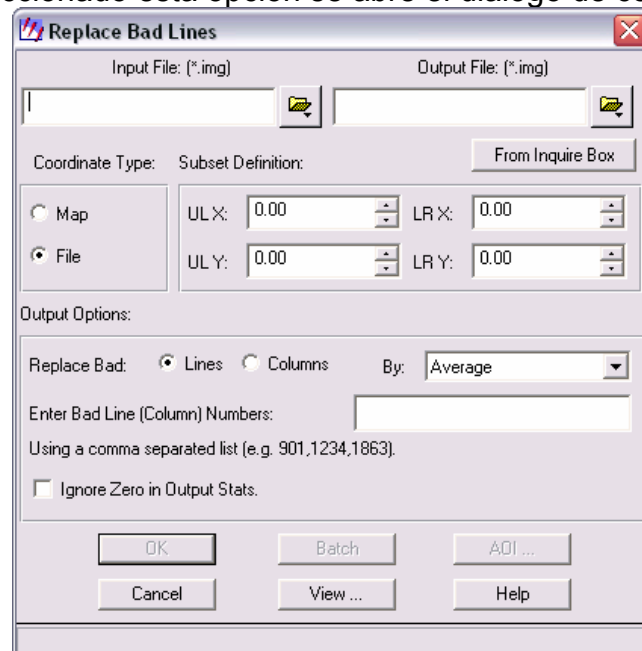




1. Desde el menú del viewer despliegue la imagen a corregir
2. Una vez abierta la imagen, iniciamos el reemplazo de la líneas malas, seleccionamos en el menú del principal de ERDAS, **Image Interpreter**→**Utilities**→**Replace Bad Lines**.



3. Una vez seleccionado esta opción se abre el dialogo de corte de imágenes.



- A. En la primera parte de este dialogo se selecciona: el archivo de entrada, la ubicación y nombre del archivo de salida.



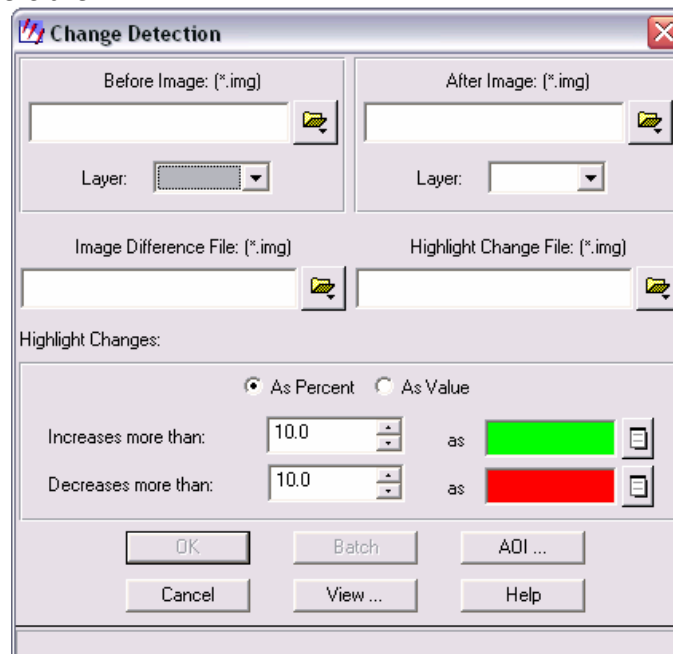


- B. Usted puede seleccionar la formas de corte teniendo en cuenta que le puede dar las coordenadas de las cuatro esquinas, o las esquinas superior izquierda e inferior derecha, a la izquierda se encuentra el tipo de toma de coordenadas, ya sea del mapa (planas) o de imagen (píxeles). Otra forma de fijar el área de corte es que con la imagen desplegada usted puede seleccionar el área de forma grafica haciendo click en From Inquiry Box, y seleccionado el área de interés con el mouse Por defecto siempre el dialogo trae las coordenada de la imagen completa.
 - C. Seleccione que tipo de elementos (líneas o columnas) desean que sean reemplazadas. Escriba los números de identificación de los elementos a reemplazar separados por una coma.
 - D. El método tiene tres formas de remplazar líneas malas: por promedio de las adyacentes, remplazando los valores con los de la derecha o superior y reemplazando los valores con los de la izquierda o inferior
4. Una vez fijadas los parámetros, seleccione **OK**.

DETECCION DE CAMBIOS

El análisis de detección de cambios abarca un rango extensor de métodos usados para identificar, describir y cuantificar diferencias entre imágenes de una misma escena en tiempos diferentes o bajo condiciones diferentes.

6. Desde el menú principal de ERDAS seleccione **Image Interpreter**→ **Utilities**→ **Change Detection**. El dialogo de parámetros de deteccion de cambios se abre.



7. Despliegue el dialogo de selección de archivo para la imagen inicial, una vez seleccionada nuevamente se despliega el dialogo de selección de





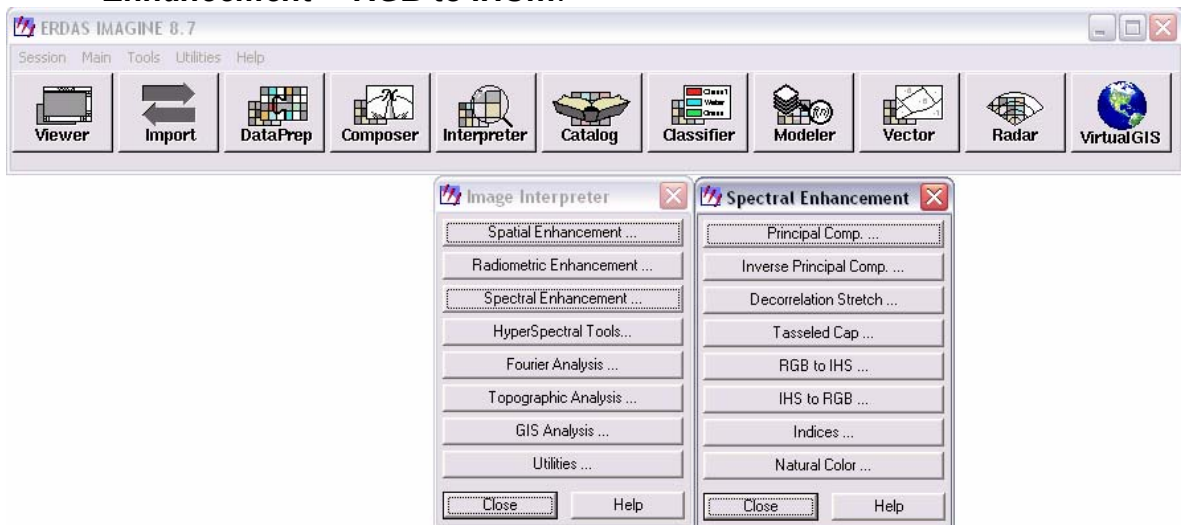
archivo pero para la imagen final, una vez seleccionados los archivos elija las bandas para la cual se desee hacer la detección de cambios.

8. En los cuadros de texto usted puede definir los umbrales (incremento y disminuciones) de cambio para poder distinguir las variaciones entre las imágenes. Una vez fijado decida de que forma varían los umbrales si por diferencia simple o por diferencia de porcentaje.
9. Seleccione la ubicación y el nombre del archivo de diferencia de imágenes y el archivo de iluminación de diferencias y Click en **Ok**.

TRANSFORMACIÓN DE COLOR

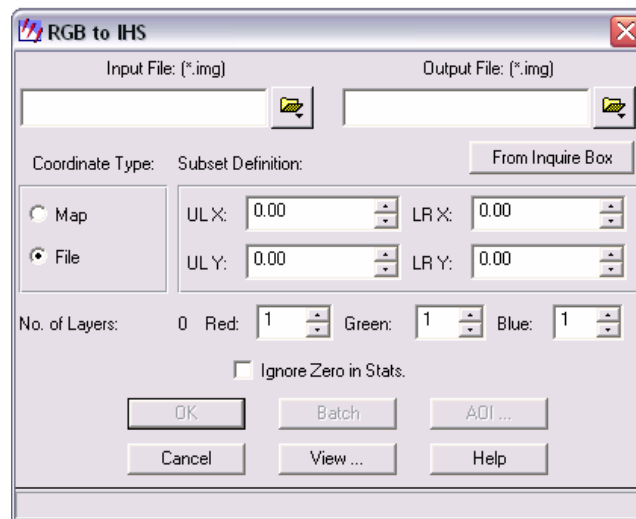
Los colores usados para el despliegue de imágenes en los sistemas de procesamiento de imágenes tienen tres canales de color. Éstos corresponden al rojo, verde y azul (R, G, B), los colores primarios aditivos. Al desplegar tres bandas del conjunto multibanda, se dice que la imagen vista está en el espacio R, G, B. Sin embargo, es posible definir un espacio de color alternativo que use la Intensidad (I), el matiz (H), y la Saturación (S) como los tres parámetros (en lugar de R, G y B). Este sistema es ventajoso puesto que presenta colores más cercanos a los percibidos por el ojo humano.

5. En el menú principal de ERDAS, seleccione **Image Interpreter** → **Spectral Enhancement** → **RGB to IHS...**



6. Una vez desplegado el dialogo de parámetros de transformación de color, seleccione la ubicación y el nombre del archivo de entrada y de salida.



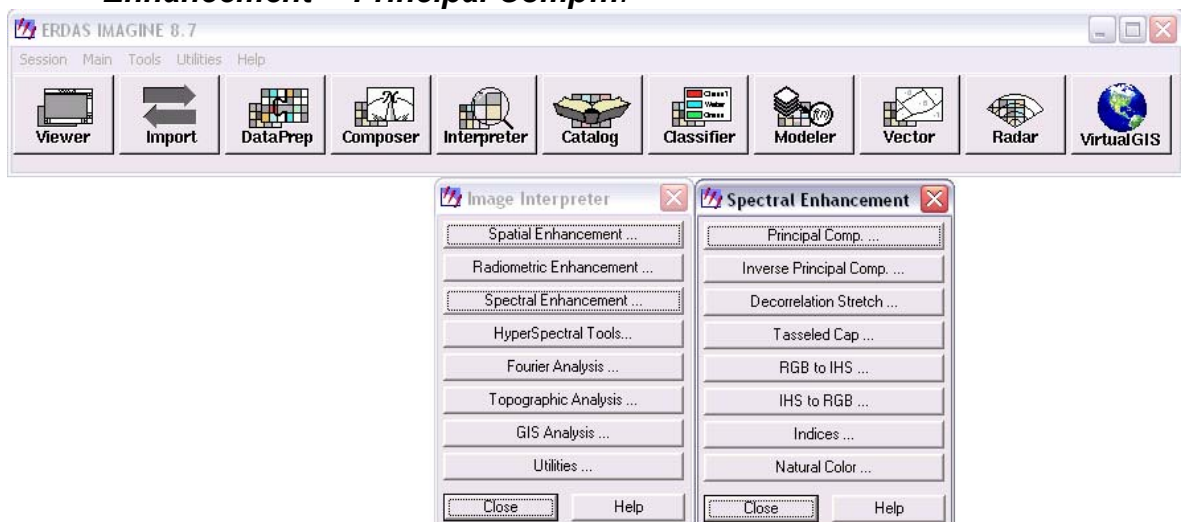


7. Indique las bandas a transformar en sus respectivos canales de visualización RGB
8. Click en **Ok**.

COMPONENTES PRINCIPALES

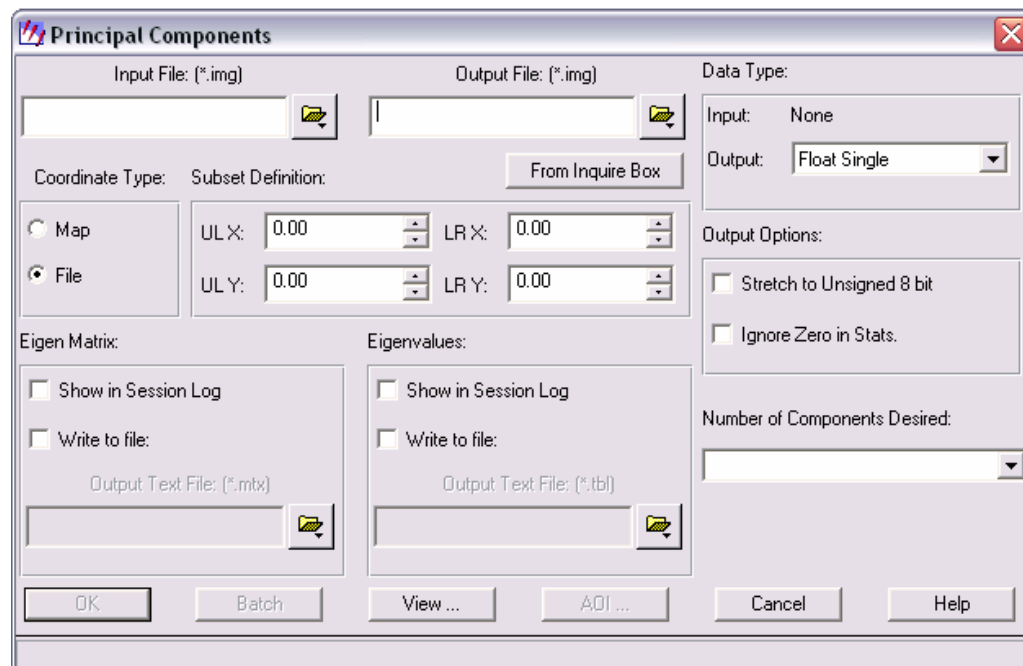
El análisis de componentes principales (PCA) se usa frecuentemente como un método de compresión de datos. Permite que los datos redundantes se compacten en unas pocas bandas, esto es, la dimensionalidad de los datos se reduce.

8. En el menú principal de ERDAS seleccione **Image Interpreter** → **Spectral Enhancement** → **Principal Comp....**



9. El dialogo de selección de archivo se desplegará. Tenga en cuenta que el archivo de entrada debe estar conformado por al menos dos bandas.



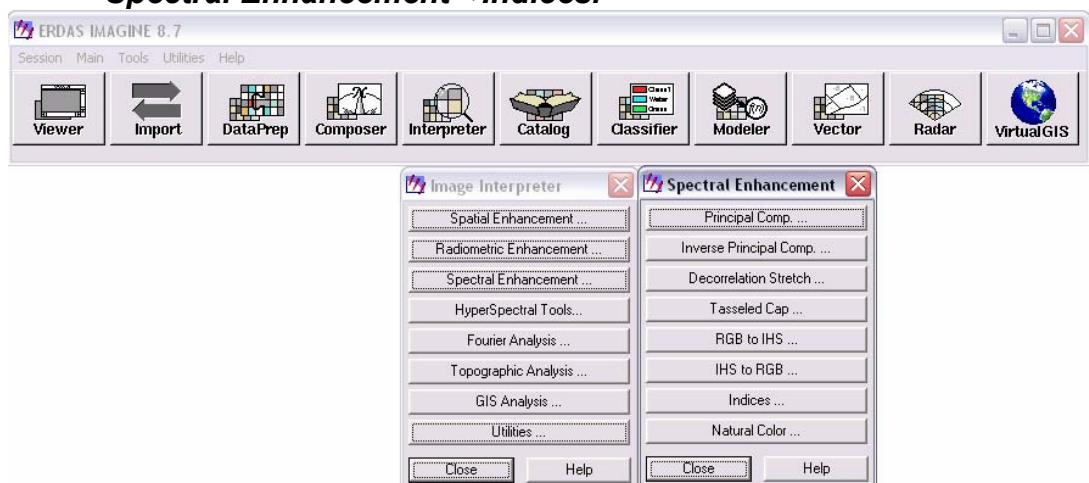


10. Seleccione el tipo, ubicación y el nombre del archivo de entrada.
11. Seleccione el tipo, ubicación y el nombre del archivo de salida.
12. Indique el numero de bandas de componentes principales de salida, por defecto, la cantidad de bandas PC de salida son iguales a las bandas de entrada.
13. Click en **Ok**.

INDICES

Esta herramienta le permite transformar datos multispectrales en una imagen que represente la distribución de la vegetación.

6. En el menú principal de ERDAS seleccione **Image Interpreter**→**Spectral Enhancement**→**Indices**.





7. El dialogo de parámetros de archivo aparecera, seleccione el archivo de entrada y realice si desea, un subconjunto.

8. Seleccione la ubicación y el nombre del archivo de salida.
9. Seleccione el tipo de sensor al cual pertenece la imagen.
10. Seleccione la funcion de indice a realizar, en la parte inferior de la selección de función, se muestra la ecuación realizada por la funcion.
11. Click en **Ok**.

Los demás índices pueden ser calculados con la operación de matemática de bandas.

CLASIFICACION

Una clasificación es el proceso de extracción de información en imágenes para reconocer patrones y objetos homogéneos.

4. CLASIFICACION NO SUPERVISADA

Use la clasificación no supervisada para agrupar píxeles en un conjunto de datos sólo basados en estadísticas.





1. Desde el menu principal de ERDAS seleccione **Classifier** → **Unsupervised Classification**. El dialogo de parámetros de clasificación no supervisada se abre.

2. Seleccione un archivo de entrada.
3. Entre el numero de clases a ser definidas.
4. Entre el numero maximo de iteraciones y un umbral de convergencia (0-100%). El umbral de convergencia es usado para finalizar el proceso de iterativo cuando el número de píxeles en cada clase cumpla este umbral. La clasificación podra terminar cuando se cumpla alguna de las dos condiciones (umbral o iteraciones).
5. Click en **Ok**.

5. CLASIFICACION SUPERVISADA

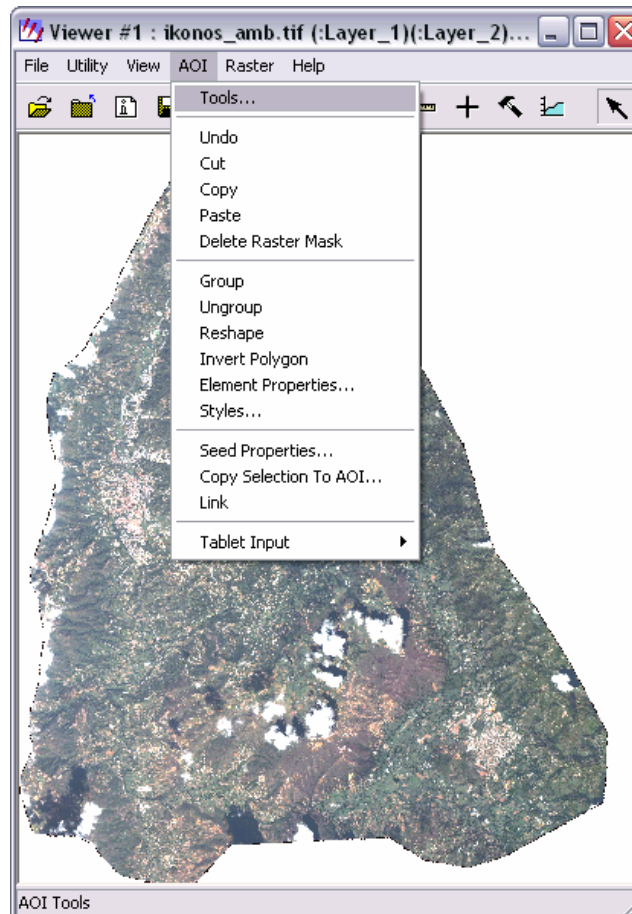
Esta aplicación requiere que el usuario seleccione áreas de entrenamiento, como base para la clasificación, varios métodos de comparación son usados para determinar si un determinado píxel califica como miembro de una determinada clase. Tengo en cuenta que casi todos los algoritmos de clasificación supervisada necesitan una imagen de al menos dos bandas para poder realizar este proceso.

Aplicando Áreas de Interés.

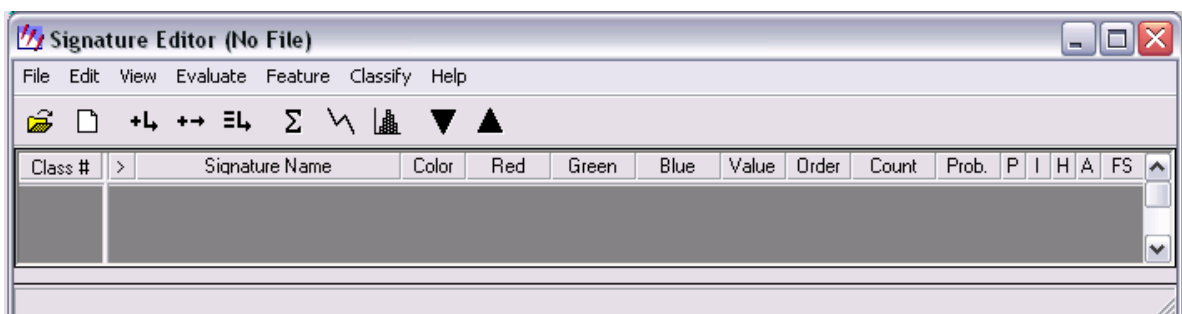


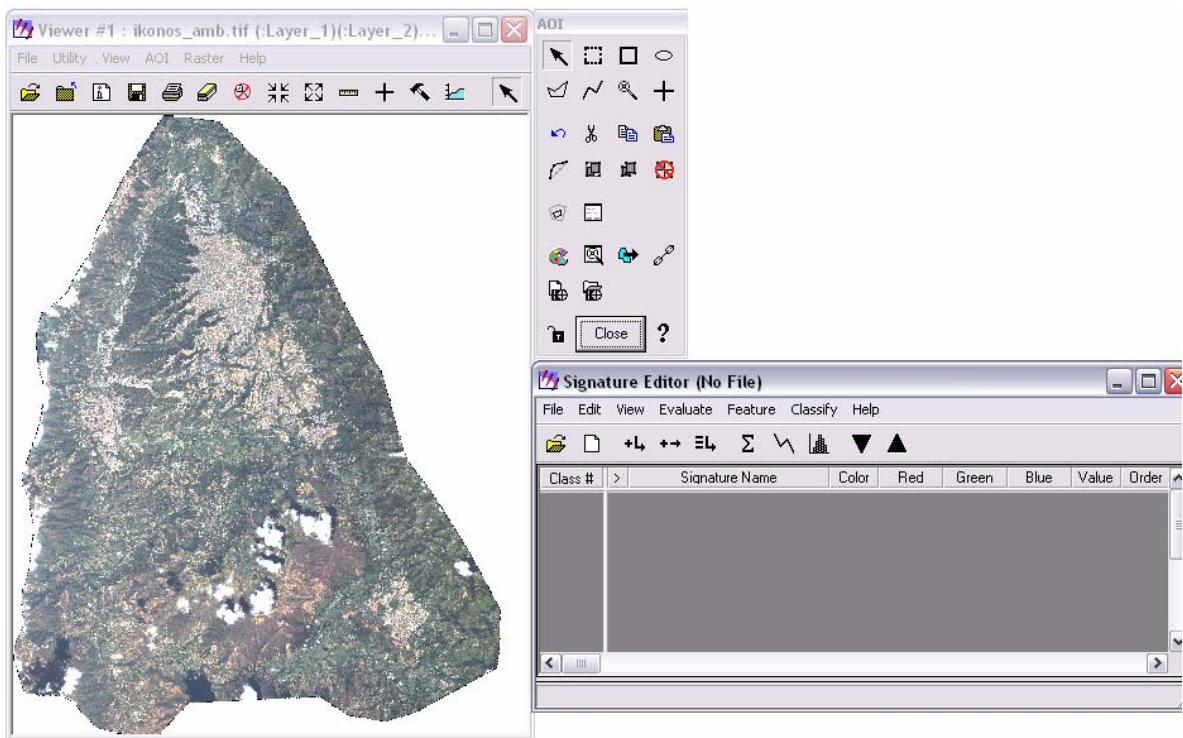


Despliegue la imagen en la combinación deseada, en el viewer seleccione **Overlay** y **Area of Interest**.



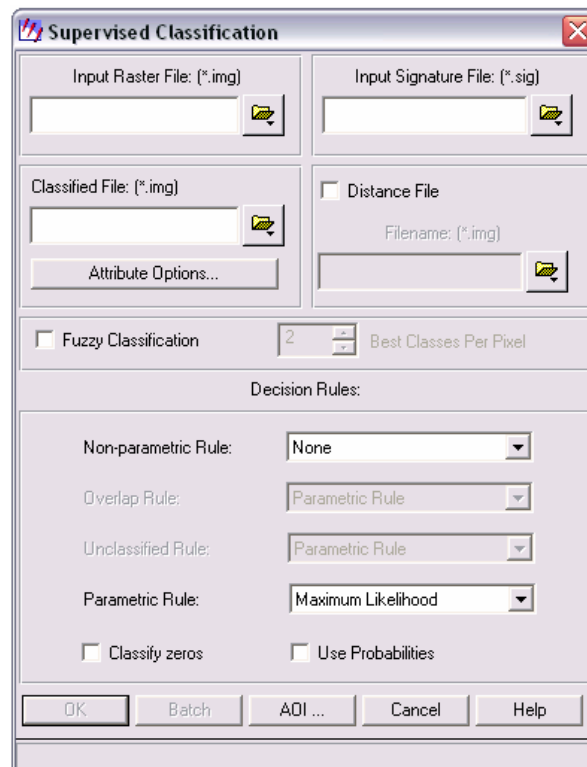
Vaya a menú principal y seleccione **Classification**→ **Signature Editor** se despliega el siguiente cuadro de dialogo.





- F. En el cuadro de AOI's seleccione una opcion para la escogencia de los AOI's (Rectangular circulo, linea,etc.) y haga clic en la imagen y capture la región deseada.
- G. Dirijase al signatura editor y haga clic en **Edit→Add**.
- H. Seleccione las muestras deseadas para cada clase en la ventana que este activa en el las botones de chequeo de la parte superior del dialogo, una vez ha terminado de tomar la s muestras y quiera crear otra clase, haga click en **New Region** y llámela según desee.
- I. Una vez creadas las regiones de interés o de entrenamiento, proceda a guardarlas, el programa pedira este archivo antes de realizar al calsificacion.
- J. En el menú principal de ERDAS seleccione **Classifier → Unsupervised Classification** la ventana de parámetros de clasificacion se despliega.

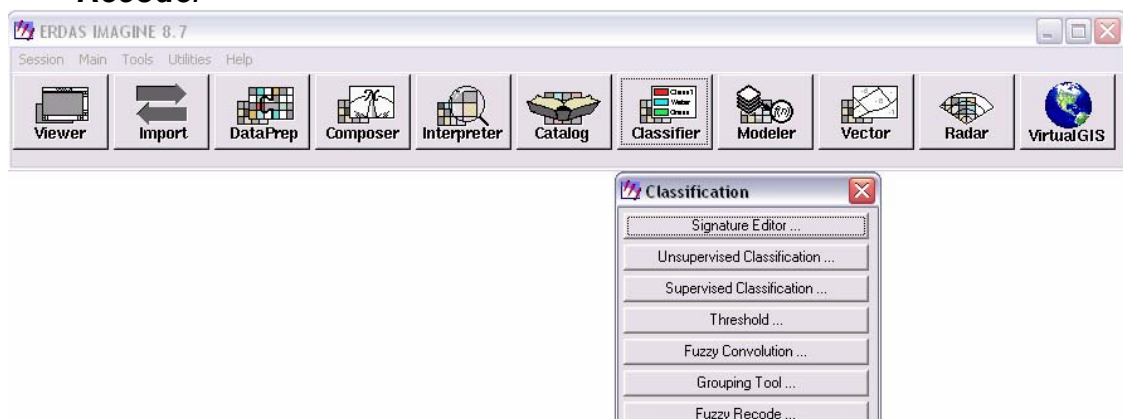




- K. Seleccione los archivos de entrada (imagen y muestras de entrenamiento), los archivos de salida (imagen clasificada).
- L. Seleccione el tipo de regla paramétrica o no paramétrica de clasificación.
- M. En el botón de chequeo seleccione si desea que realice una clasificación difusa.
- N. Una vez terminadas seleccione **Ok**.

6. POSTCLASIFICACIÓN

- H. Desde el menú principal de ERDAS Seleccione **Classifier** → **Fuzzy Recode**.





- I. El dialogo de **Fuzzy Recode** se desplegara.

Fuzzy Recode

Input Classified File: (*.img)

Output Classified File: (*.img)

Output Confidence File
Filename (*.img)

Window Size: 5x5

Neighbor Weighting Options:
☒ By Distance ☐ Equal

Neighbor Weight Factor:
0.50 0 1

Neighborhood Weight Table:

1	2	3	4	5
0.500	0.605	0.646	0.605	0.500
0.605	0.750	0.823	0.750	0.605
0.646	0.823	1.000	0.823	0.646
0.605	0.750	0.823	0.750	0.605
0.500	0.605	0.646	0.605	0.500

Classes to Use: Use all classes in computation

Apply at Classes: Apply only at ambiguous classes

Assign Ungrouped Classes to Class: 0

OK Batch Cancel Help

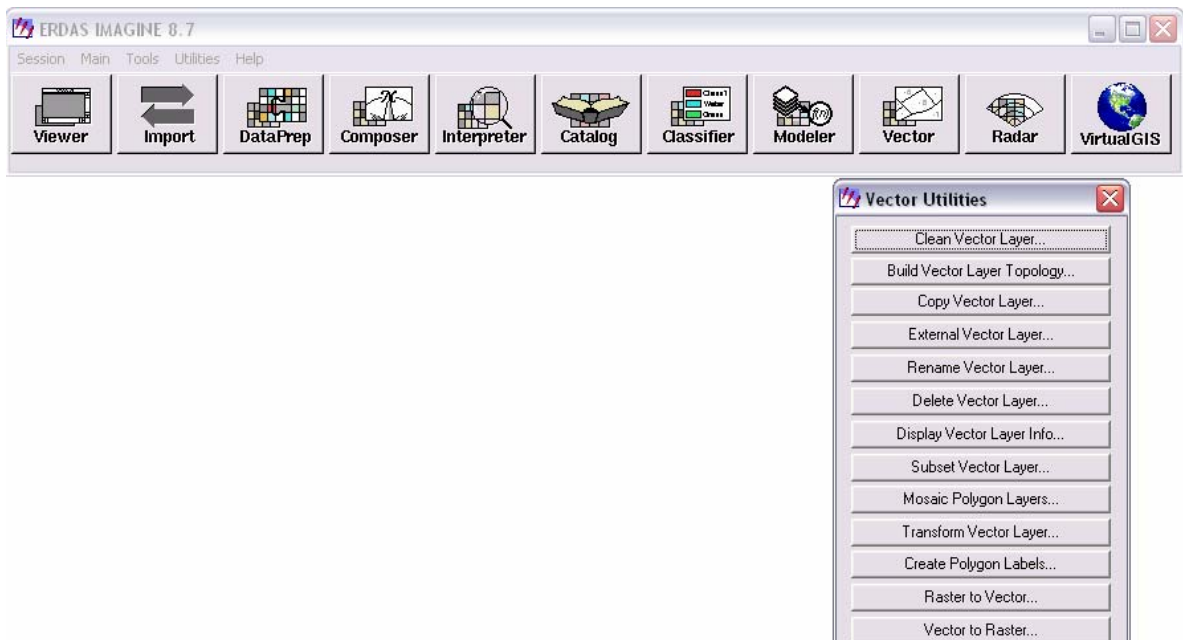
- J. Seleccione los archivos de entrada (imagen clasificada), los archivos de salida (imagen postclasificada).
- K. Determine el tamaño del kernel de remuestreo.
- L. Seleccione la ubicación y el nombre del archivo de salida. Click en **Ok**.

VECTORIZACIÓN

La vectorización es una herramienta para crear un contorno en una capa vectorial para un valor digital específico o clases en caso que se trate de una clasificación.

- E. Desde el menú principal de ERDAS Seleccione **Vector** → **Raster to Vector**.





F. El dialogo de selección de archivo se desplegara.



G. Seleccione la imagen a sectorizar

H. Seleccione la ubicación y el nombre del archivo de salida

I. Click en **Ok**

ERDAS crea una capa vectorial, en formato arcinfo la cual viene acompañada de un archivo de atributos (.dbf) que contiene el ID de la clase, longitud y área del polígono.

MODELAMIENTO TOPOGRAFICO

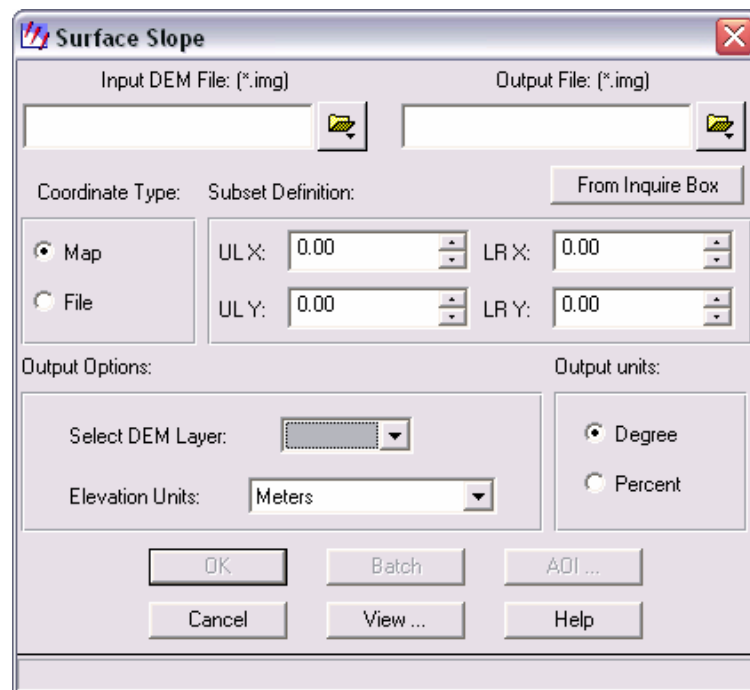




El modelamiento topográfico involucra el procesamiento y la simulación gráfica de los datos de elevación. Las funciones de los programas de análisis del terreno usualmente trabajan con datos topográficos.

Los datos topográficos son esenciales en estudios de tráfico, diseño de rutas, contaminación de fuentes no puntuales, visibilidad, localización de áreas de recreación.

- Imágenes de pendiente-ilustran cambios en elevación sobre la distancia. Las imágenes de pendientes son usualmente simbolizadas con colores de acuerdo a la inclinación del terreno en cada pixel.
 - Imágenes de aspecto-ilustran la dirección predominante que la pendiente enfrenta en cada pixel.
 - Imágenes sombreadas del relieve-ilustran variaciones en el terreno mediante la diferenciación de las áreas que estarían iluminadas o ensombrecidas por una fuente de luz que simula el sol.
7. Desde el menú principal de ERDAS Seleccione **Image Interpreter**→**Topographic Analysis**→**Slope**

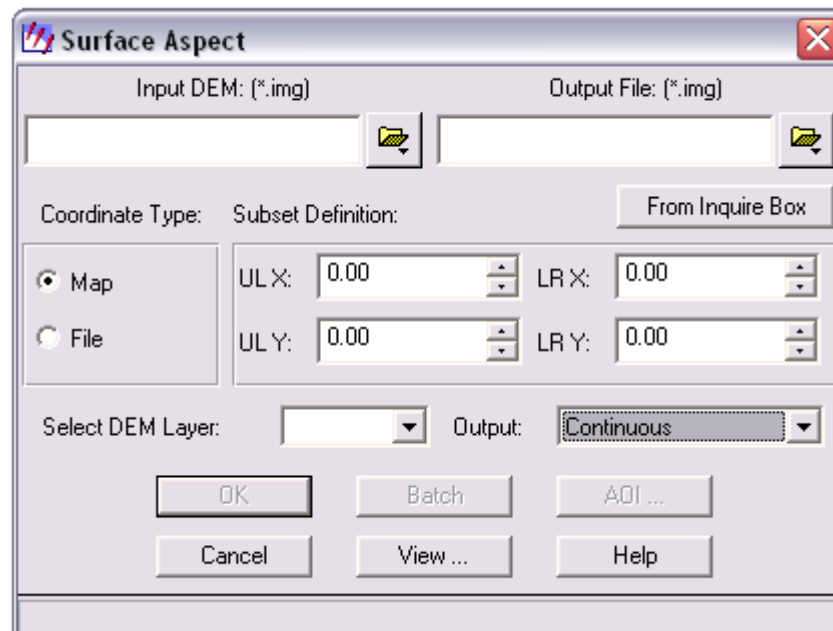


- a. En este dialogo defina los archivos de entrada (DEM) y de salida (Pendiente).
- b. Las unidades de salida de la pendiente, Grados o en porcentaje.
- c. Si desea realice un subconjunto espacial.





8. Desde el menú principal de ERDAS Seleccione **Image Interpreter**→**Topographic Analysis**→**Aspect**.



- En este dialogo defina los archivos de entrada (DEM) y de salida (Aspecto).
 - El tipo de salida del aspecto, temático o continuo.
 - Si desea realice un subconjunto espacial.
 - Click en **Ok**.
9. Desde el menú principal de ERDAS Seleccione **Image Interpreter**→**Topographic Analysis**→**Shaded Relief**.
- En este dialogo defina los archivos de entrada (DEM) y de salida (Aspecto).
 - Ajuste las unidades y escala del DEM.



Shaded Relief

Input DEM: (*.img) 

Select DEM Layer: 

Output File: (*.img) 

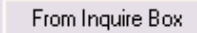
☐ Ignore Zero in Output Stats.

Input Overlay: (*.img) 

☐ Use Overlay in Relief?

Overlay Type: True Color 

R: 1  G: 1  B: 1 

Coordinate Type: Map  File  Subset Definition: From Inquire Box 

UL X: 0.00  LR X: 0.00 

UL Y: 0.00  LR Y: 0.00 

Elevation Units: Meters  Solar Azimuth: 225.0 

DEM scale: 1.0  Solar Elevation: 45.0 

Ambient Light: 0.00 

OK Batch AOI ... Cancel Help

c. Si desea realice un subconjunto espacial.

d. Click en **Ok**.

10. Ingrese el azimuth y elevación solar.

11. Click en **Ok**.

MANUAL DE PROCESOS BASICOS PARA EL TRATAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES DE SATÉLITE PARA EL SOFTWARE SPRING 4.1²



Desarrollado por:

JHON JAIRO SALCEDO
INGENIERO CIVIL

DIEGO JOSE RUIZ RUEDA
INGENIERO CIVIL

² Basado en manual de ayuda del Spring

MANUAL BASICO SPRING 4.1

Pagina Oficial <http://www.dpi.inpe.br/spring/espanol>

SPRING (Sistema para Procesamiento de Informaciones Georeferenciadas) es un banco de datos geográfico de 2da. Generación, desarrollado por el [INPE \(Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais\)](http://www.inpe.br) para ambientes UNIX y Windows con las siguientes características:

- Opera como un banco de datos geográficos sin fronteras y soporta un gran volumen de datos (sin limitaciones de escala, proyección y huso), manteniendo la identidad de los objetos geográficos a lo largo de todo banco;
- Administra tanto datos vectoriales como datos matriciales ("ráster"), y realiza la integración de datos de sensores remotos en un SIG;
- Proporciona un ambiente de trabajo amigable y poderoso, a través de la combinación de menús y ventanas con un lenguaje espacial fácilmente programable por el usuario (LEGAL - Linguagem Espaço-Geográfica baseada em Álgebra).
- Consigue una escalonado completo, o sea, es capaz de operar con toda funcionalidad en ambientes que varían desde microcomputadores hasta estaciones de trabajo RISC de alto desempeño.

Para alcanzar estos objetivos, el SPRING se basa en un modelo de datos orientado a objetos, del cual se derivada su interfaz de menús y el lenguaje espacial LEGAL. Algoritmos innovadores, como los utilizados para indexación espacial, segmentación de imágenes y creación de retículas triangulares, garantizan el desempeño adecuado en las más diversas aplicaciones.

Requisitos del sistema:

Las exigencias mínimas de software y hardware para que usted pueda usar el producto SPRING correctamente son descritas a continuación¹.

- Windows 95/98, NT, XP
- Microcomputador IBM/PC Pentium 200 MHz o superior
- Memoria RAM de 32 Mbytes (recomendado 64)
- Disco rígido de 1 Gbytes
- Monitor de vídeo en colores SVGA, 14" NI, dp 0.28 mm
- Unidad de 3^{1/2"}, 1.44 Mbytes.
- Unidad de CD-ROM.

1. EJECUTANDO SPRING.

- Clic en **Inicio>Programas>SpringXX>Spring** o doble clic en el acceso directo del escritorio.

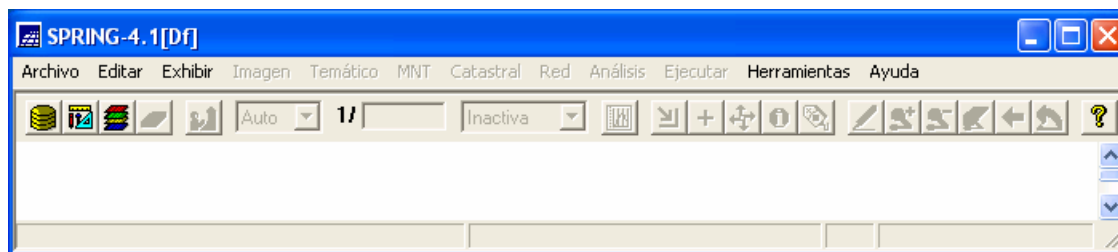


Fig. 01. Pantalla principal del Spring

Como se muestra arriba, al iniciar Spring se despliega la pantalla principal donde se trabajara la mayor parte del tiempo. Esta pantalla es típica de cualquier programa que funcione con Windows; en la parte superior esta la barra de menús donde se encuentran todos los comandos y acciones que realiza el programa. Debajo de esta se encuentra la barra de herramientas que incluye los comandos más utilizados para un acceso rápido.

Note que varias funcionalidades se encuentran en bajo relieve (no puede acceder a ellas) debido a que sus funciones no pueden ser ejecutadas con la información existente, estas serán habilitadas a medida que nuevas acciones sean realizadas.

Para la entrada de datos en el SPRING, inicialmente es necesario crear el Banco de Datos y definir su modelo de datos. Para efectuar cualquier operación, un Banco de Datos debe estar activo y las categorías de los datos que serán manipulados deberán ser declaradas. Una vez creado el Banco de Datos, será necesario [definir el Proyecto](#) con sus coordenadas geográficas o planas y sistema de proyección. Después de definidos estos parámetros, se podrá realizar la entrada y manipulación de datos en el SPRING. Esta estructura del sistema garantiza una organización que permite el almacenaje y recuperación eficiente de los datos, gracias a la naturaleza del Banco de Datos geográficos del SPRING.

2. EL BANCO DE DATOS.

- En la barra de menú clic en **Archivo>Banco de Datos...**, ó
- En la barra de herramientas clic en el botón .
- La ventana "**Banco de Datos**" se despliega.

Un Banco de Datos en el SPRING corresponde a un directorio donde serán almacenados, tanto el esquema del Banco de Datos, con sus definiciones de Categorías y Clases, y los proyectos pertenecientes al banco.

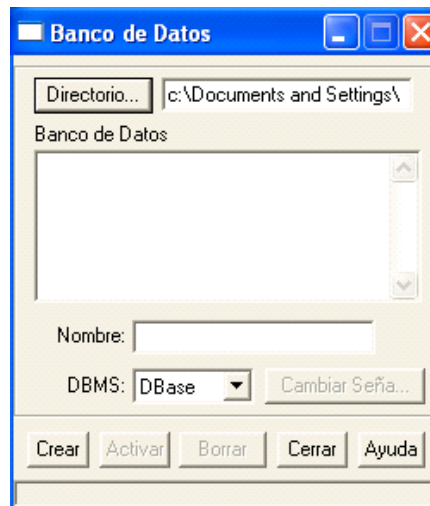


Fig. 02. Banco de Datos.

- Clic en **Directorio**; seleccione el directorio donde se encuentre el banco (se reconoce automáticamente) o donde desee crear el proyecto y haga clic en **OK**.
- En la ventana "**Banco de Datos**", seleccione su Banco de datos que se encuentra en el directorio escogido.
- Clic en **Activar** para que el banco sea activado.
- Si necesita un nuevo Banco de Datos, en la casilla **Nombre** ingrese el nombre (32 caracteres máximo, sin espacios en blanco) que le desee dar al Banco y seguido clic en **Crear**.
- El botón **Cerrar** cierra la ventana sin ejecutar ninguna acción.
- Si desea eliminar un Banco de Datos definitivamente, haga clic en **Borrar**.
Nota: esto eliminara por completo todos los archivos e información que contenga el Banco de Datos.

Nota: Observe en la ventana principal del Spring, en la parte superior aparece el nombre del banco de datos activo.

3. LOS PROYECTOS

- En la barra de menú clic en **Archivo>Proyecto...**, ó
- En la barra de herramientas clic en el botón .
- La ventana "**Proyectos**" se despliega.

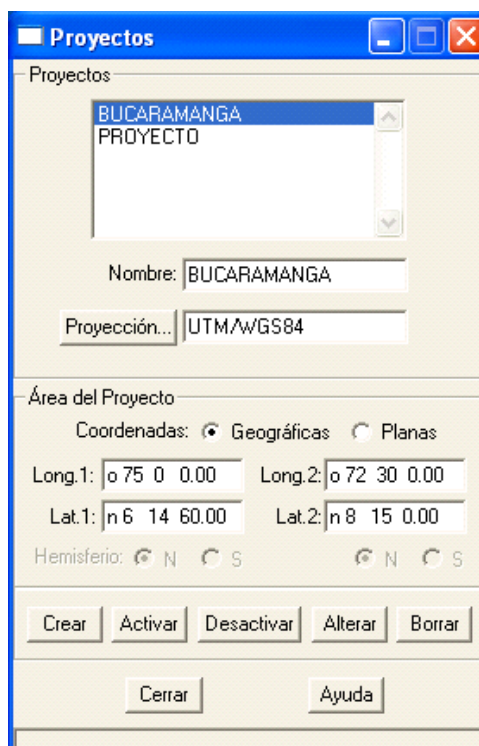


Fig. 03. Proyectos

El proyecto, sus definiciones y datos serán almacenados en un subdirectorío del directorío del Banco de Datos al cual pertenece. Un Proyecto corresponde a un directorío donde serán almacenados tanto los Planos de Información, con sus representaciones para puntos, líneas, imágenes, imágenes temáticas, textos, retículas y objetos.

Para definir un proyecto es necesario establecer el límite geográfico del área de estudio ("Área del Proyecto") y la Proyección Cartográfica más adecuada a los datos geográficos que estarán siendo manipulados en el área de trabajo. El Área del Proyecto define el límite máximo de los Planos de Información en él contenidos. Datos geográficos referentes a áreas mayores que el área del proyecto serán limitados por las coordenadas del proyecto en el momento de la importación o entrada de los datos.

- Seleccione el Proyecto que desea trabajar, en el campo de Proyectos; clic en Activar, La ventana "Panel de Control" se despliega (Esta ventana se describirá mas adelante).
- Si quiere crear un nuevo Proyecto, en la casilla Nombre ingrese el nombre (máximo 32 caracteres alfanuméricos solamente, sin espacios en blanco) que le desee dar al Proyecto. En este paso deberá especificar la proyección y al área del proyecto.

- Clic en el botón Proyección, se despliega la ventana de “Proyecciones”, donde se encuentran disponibles las proyecciones con que trabaja SPRING, seleccione la proyección que necesita para trabajar y clic en Ejecutar.
- Defina las coordenadas del área del proyecto en las casillas correspondientes, ya sea en coordenadas planas o geográficas, los dos puntos deben ser diagonalmente opuestos, de modo que el primero (1) debe ser el inferior izquierdo y el segundo (2) debe ser el superior derecho. Finalmente clic en Crear, para insertar el proyecto en el Banco de Datos.
- El botón Cerrar, y Borrar, tiene la misma función que en el Banco de Datos.

4. CATEGORÍAS.

- En la barra de menú clic en **Archivo>Modelo de Datos...**, ó
- En la barra de herramientas clic en el botón .
- La ventana “**Modelo de Datos**” se despliega.

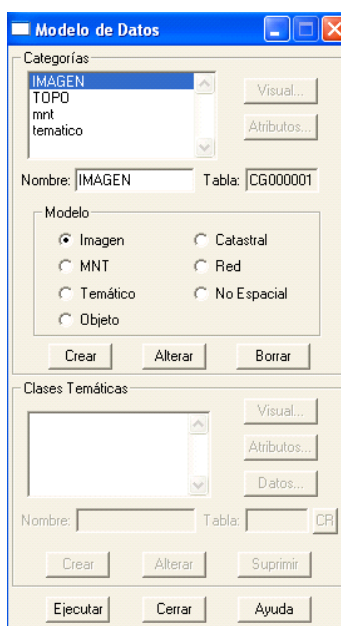


Fig. 04. Modelo de Datos.

El concepto de categoría agrupa datos de una misma naturaleza en el banco, definiendo una clase de datos. Cada categoría es siempre asociada a un único modelo de datos y podrá contener diversos Planos de Informaciones en diferentes proyectos en el mismo Banco de Datos. Apenas después de crear las Categorías será posible la creación de Planos de Información.

Los modelos de datos disponibles son:

- A. IMAGEN. Categoría del modelo Imagen se refiere a los datos provenientes de sensores remotos en formato matricial. Ejemplos: imágenes TM/LANDSAT, SPOT, NOAA, fotografías aéreas transformadas en imágenes digitales a través de “scanner”, etc.
 - B. NUMÉRICO. Categoría del modelo Numérico se refiere a los datos que poseen una variación continua de sus valores numéricos en función de su posición en la superficie. Ejemplos: altimetría, pH del suelo, magnetometría, temperatura de la superficie, etc.
 - C. TEMÁTICO. Categoría del modelo Temático se refiere a los datos que clasifican una posición geográfica como siendo de un determinado tema. Ejemplo: tipos de suelo, litotipos, clasificación de vegetación, etc.
 - D. CLASES. Para las categorías de datos del modelo temático es necesario definir las Clases Temáticas, las cuales son especializaciones de la categoría. Tomando como ejemplo una categoría tipos de suelo, cada uno de los diferentes tipos de suelos constituirán las clases como: latosol rojo, podsólico y litosol.
 - E. OBJETO. Categoría de datos del modelo Objeto se refiere a la especialización de un tipo de objeto geográfico. Ejemplo: municipios, calles y manzanas, propiedades, etc.
 - F. CATASTRAL. Categoría del modelo Catastral se refiere a los mapas que contienen la representación de determinado tipo de objeto por ejemplo: División política es la categoría catastral que contendrá el mapa con las representaciones de los municipios.
 - G. REDES. Categoría del modelo Red se refiere a los datos geográficos cuyas relaciones de flujo y conexión entre sus incontables elementos que se desean representar y monitorear. Ejemplo: red de energía eléctrica, alcantarillado, agua, drenaje, teléfonos, etc.
 - H. NO-ESPACIAL. Categoría del modelo No-Espacial se refiere a los datos que no poseen representación espacial como por ejemplo los datos de catastros rurales y urbanos.
- Seleccione el **Modelo** de la categoría que desea crear: Imagen, Numérico, Temático, Objeto, Catastral, Red o No Espacial.
 - En la casilla **Nombre** ingrese el nombre (máximo 32 caracteres puede contener espacios en blanco) que le desee dar la categoría. En este paso deberá especificar la proyección y al área del proyecto. Spring le da un nombre a la tabla donde estará la información de la categoría automáticamente, menos en el modelo no-espacial (deberá colocarlo manualmente).
 - Clic en **Crear** y **Ejecutar**, para finalmente crear la categoría que desea.

Solo para el modelo **Temático** se deberá crear las “**Clases Temáticas**”.

- Seleccione la Categoría Temática que desee crearle las clases.

- Indique el nombre de la clase a crear, en el campo **Nombre**.
- Clic en **Crear**, para asociar la clase a la categoría correspondiente.
- Clic en **Ejecutar** para Finalizar.

5. LOS PLANOS DE INFORMACION.

- En la barra de menú clic en **Editar>Plano de Información...**, ó
- En la barra de herramientas clic en el botón .
- La ventana “**Planos de Información**” se despliega.

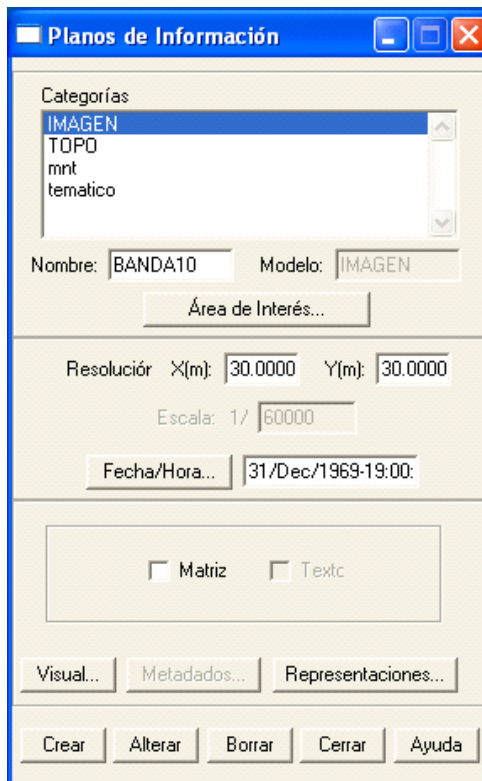


Fig. 05. Plano de Información.

Un conjunto de objetos que tienen características básicas en común forma un **Plano de Información (PI)**. En un proyecto cada PI está asociado a una **Categoría** y consecuentemente se refiere a un único modelo de datos (temático, numérico, imagen, catastral o red). El conjunto de representaciones de un PI es diferenciado en función del modelo de dato al cual pertenecen, por ejemplo un PI de categoría numérica podrá tener como representación: muestras (puntos y líneas) retícula regular, retícula triangular (TIN) o isolíneas. Un PI debe pertenecer a una única categoría y consecuentemente un único modelo de datos, debe tener un **área de datos** menor o igual a la del proyecto y deberá tener una **escala** (para

categoría temática, catastral y red) y **resolución** espacial (para categoría numérica e imagen) compatibles con los datos.

- Seleccione en la lista Categorías (Definidas previamente) en donde desea crear el plano de información.
- En la casilla **Nombre** ingrese el nombre que le desee dar al Plano de información. En este paso deberá especificar e área de interés si es menor que el área de proyecto, si desea utilizar la misma área de proyecto no necesita especificarla.
- En la casilla **Resolución**, deberá ser indicada para los planos de información de categoría numérica e imagen para especificar el tamaño en metros de las celdas de la retícula en función de las coordenadas X e Y.
- En la casilla **Escala**, escriba un valor (por ejemplo: 100000 - sin punto decimal). Solamente para planos de información de categoría temática, catastral y red.
- Clic en **Crear** después de suministrar todas las informaciones necesarias.
- El botón **Visual...** se usa para alterar las características de visualización del PI activo. Cada PI puede tener una visual diferente al que se refieren las entidades de puntos, líneas, retículas, isolíneas e imágenes rotuladas. Alterar el visual de un PI permitirá que sus entidades puedan ser vistas con colores diferentes, mismo no habiendo asociación a clases u objetos.
- El botón [Representaciones...](#) se usa para verificar las informaciones referentes al plano de información seleccionado. Al crear un PI, ninguna representación estará disponible por ausencia de datos.

Ya realizado todos los pasos anteriores, Spring tiene la información necesaria para empezar el trabajo.

6. EL PANEL DE CONTROL.

- En la barra de menú clic en **Exhibir>Panel de Control...**, ó
- En la barra de herramientas clic en el botón  o
- Cuando active un proyecto, se activa automáticamente.
- La ventana "**Panel de Control**" se despliega.

El **Panel de Control** es responsable por las funciones de selección de datos y control de las pantallas de visualización. Dos listas se destacan **Categorías** y **Plano de Información**.

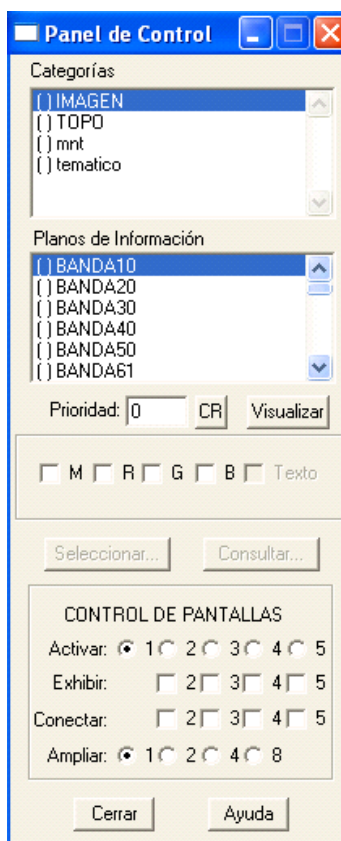


Fig. 06. Panel de Control.

Mediante la ventana "**Panel de Control**" los **Planos de Información** (PI) y sus diferentes representaciones son seleccionados tanto para la visualización cuanto para una operación deseada. Toda manipulación de datos (edición, procesamientos, cruzamientos etc.) es efectuada sobre el **Plano de Información** que esté activo en el "**Panel de Control**".

Para seleccionar un PI sobre el cual se desea efectuar alguna operación es necesario activarlo, de igual manera, dependiendo de la operación es necesario presentarlo en la pantalla activa. Así, utilice las dos listas del "**Panel de Control**": **Categorías** y **Planos de Informaciones**. Al seleccionar un (PI) se tornan disponibles las opciones en la barra de menú de la ventana principal para operar sobre aquel PI. Muchas veces no es necesaria la visualización del dato, apenas la selección es suficiente para que cualquier aplicativo opere sobre el mismo.

- En el campo categoría escoja la categoría que desee trabajar, inmediatamente en el campo Plano de Información se despliegan los planos disponibles de la categoría escogida, seleccione el PI correspondiente.

- Para visualizar el PI, escoja las representaciones del PI que necesita. Cada representación seleccionada, una letra es introducida en paréntesis antes del nombre del PI. Por ejemplo, para una imagen sin procesar se muestra las opciones "M" (monocromático), "R" (canal rojo), "G" (canal verde), "B" (canal Azul) y "Texto" (toponimia editada sobre la imagen).
- La Prioridad establece la secuencia de visualización de los datos y es asociada a cada Plano de Información. Siendo por definición la secuencia de orden creciente, un PI con prioridad 100 será presentado en la pantalla antes del PI con prioridad 110, y así sucesivamente. Se debe accionar CR después de digitar el valor de la prioridad para cada PI.
- Clic en Visualizar, o en la pantalla principal el icono .

Además de la pantalla 1 representada por la ventana principal del módulo Spring, están disponibles otras 4 pantallas para visualización, de números 2, 3, 4 y 5. La pantalla 5 es especialmente reservada para algunos procesamiento como: registro de imágenes y mosaico de datos. La definición de las pantallas abiertas, activa y acoplada en el área de trabajo es hecha mediante las opciones presentes en el **Control de pantallas** del **"Panel de Control"**.

Una vez que se tenga uno o mas PIs visualizados en alguna de las cinco pantallas, se puede ampliar, mediante otra ventana, el que está sendo visto. En el **"Panel de Control"** utilice los botones "Ampliar" para aumentar 2, 4 u 8 veces los datos que están en el área de visualización. Mueva el cursor sobre una de las pantallas y tendrá la posición del cursor ampliada, conforme el número de veces seleccionado.

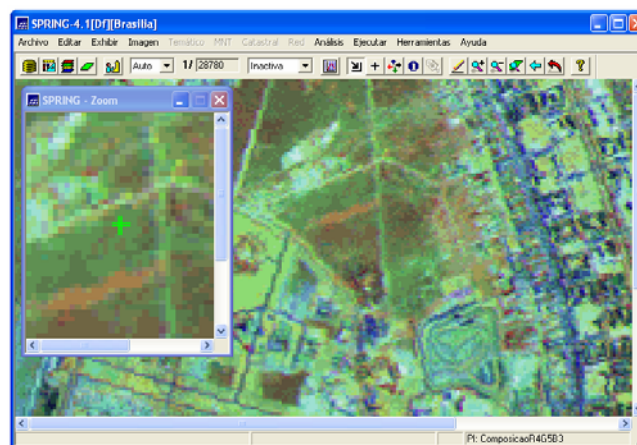


Fig. 07. Ventana de Zoom

7. Pantalla Principal.

A continuación describiremos los botones mostrados en la pantalla principal del Spring.

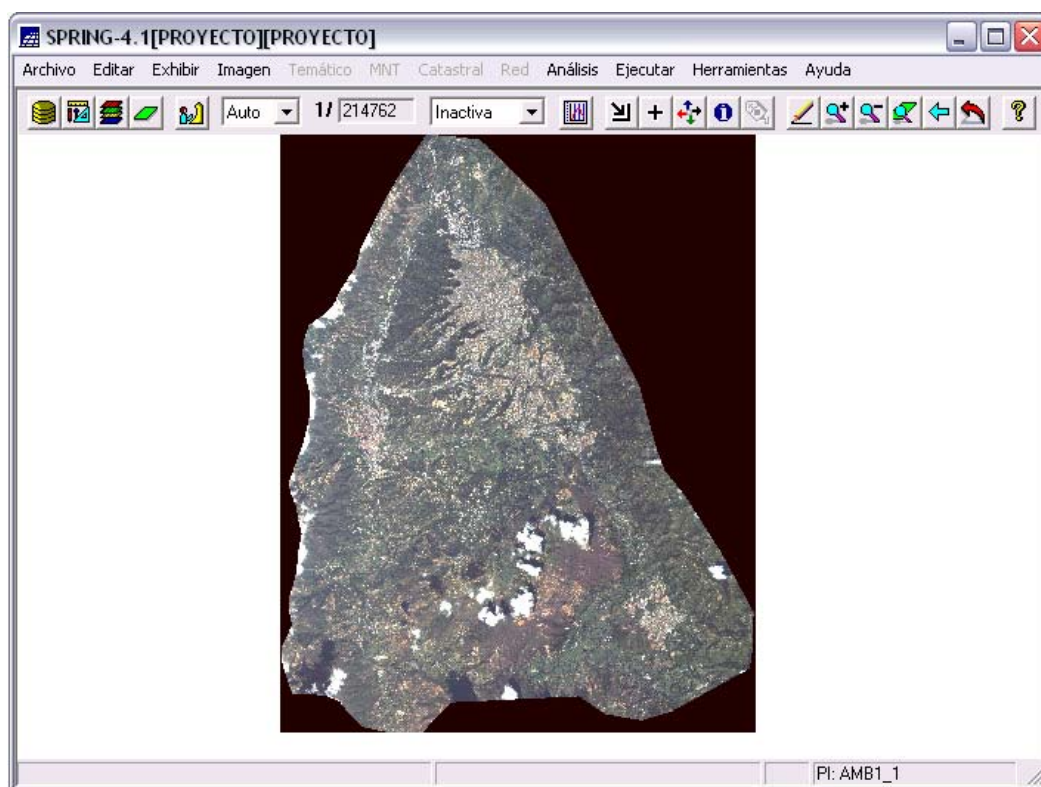
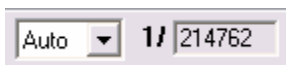
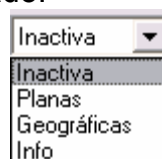


Fig. 08. Pantalla Spring

- Los primeros cinco botones(, , , , ) , fueron explicados anteriormente.
- Modo Auto / Pleno / Escala. 
 - o **Modo Auto:** el SPRING recalcula la muestra de la imagen de manera de presentarla dentro de las dimensiones padrones de la pantalla del proyecto activo o del tamaño del rectángulo definido para un zoom.
 - o **Modo Pleno:** no hay recalculation de la muestra, todos los píxeles son presentados y en el caso que la imagen no quepa en las dimensiones de la pantalla, la barra lateral podrá ser utilizada para la visualización del resto de la imagen.
 - o **Modo Escala:** los datos serán presentados en la pantalla en la escala definida en el campo equivalente, para esto se requiere únicamente que el valor sea digitado.

NOTA: Al hacer clic en [Ejecutar] [Restituir] o botón  en la pantalla activa, el modo de presentación retorna para Auto.

- Presentación de las coordenadas. Una vez que un proyecto se encuentra cartográficamente definido, se puede ver en tiempo real la posición del cursor en coordenadas geográficas o planas, cuando se lo mueve sobre un área. Las coordenadas son mostradas en la barra de estado de la pantalla, en metros para la opción Planas, en grados, minutos y segundos para la opción Geográficas y en píxeles para Info. La opción Inactiva desactiva las coordenadas de la barra de estado.



- Visualizar, Restituir y Anterior.



- o El botón Visualizar , actualiza los datos en la pantalla de acuerdo con la selección realizada en el "Panel de Control" y las características de presentación, como escala, definidas en la propia pantalla. Debe ser accionado a cada nueva selección, después de mudados los parámetros de visualización, edición de datos y después de definir el área de zoom con el cursor.
- o El botón Restituir , redimensiona la presentación de los datos en función del tamaño de la pantalla y del área de proyecto del proyecto activo. Deshace un zoom realizado a través del Cursor de Área y restaura el modo de presentación para Auto, en el caso que este en Escala o Pleno.
- o El botón Anterior , restaura la última acción de presentación de un dato en la pantalla. Deshace el último zoom realizado a través del Cursor de Área o Cursor de Vuelo.
- o El botón Acercar , ampliar de una vez el área de visualización.
- o El botón Alejar , para reducir de una vez el área de visualización.
- o
- El cursor de Vuelo , permite dislocar los datos en la pantalla manteniendo la escala de visualización y solamente tiene efecto cuando se aplica un zoom sobre los datos en la pantalla activa.
- El cursor de Área , es utilizado para definir regiones a ser ampliadas en el área de visualización. Después de elegida el área de Zoom haga clic en el botón de visualizar  para terminar la operación.
- El cursor de info , es utilizado para obtener información relacionada con un punto elegido, como coordenadas valores de píxel, etc..

8. El modulo Impima.

- Clic en **Inicio**➤**Programas**➤**SpringXX**➤**Impima** o doble clic en el acceso directo del escritorio.

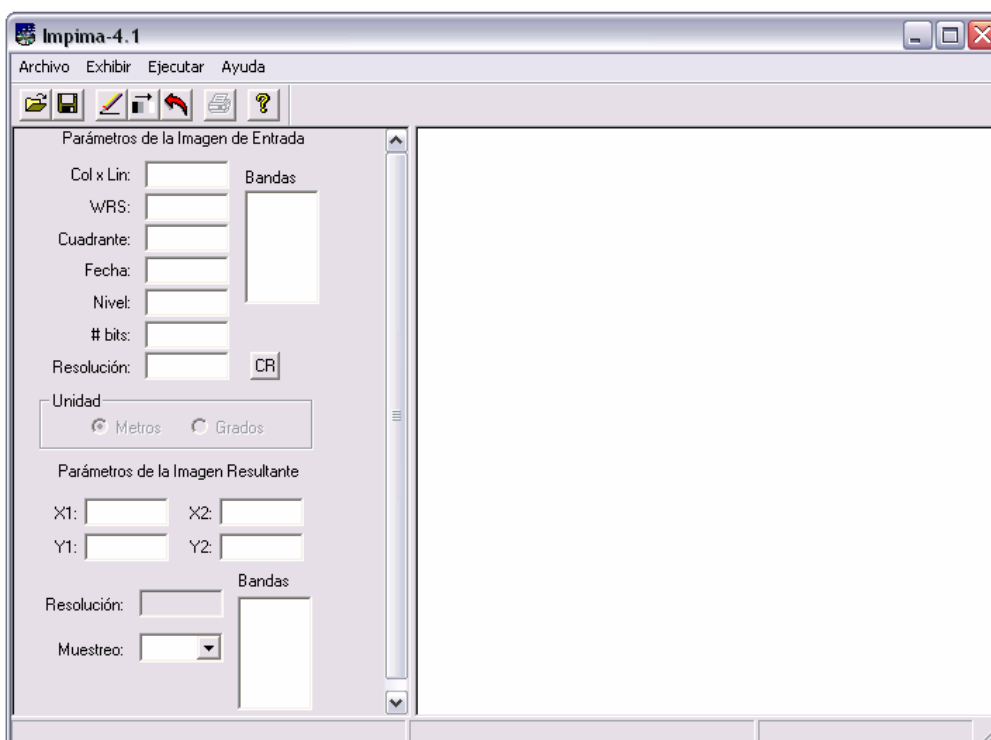


Fig. 09. Pantalla del Impima.

El módulo IMPIMA del producto SPRING es utilizado solamente para obtener una imagen en el formato GRIB, ya sea a través de la lectura de imágenes, por dispositivos como; CD-ROM (Compact Disc - Read Only Memory), CCT (Computer Compatible Tapes), "streamer" y DAT (Digital Audio Tape) adquiridas a partir de los sensores TM/LANDSAT-5, HRV/SPOT y AVHRR/NOAA, o conversión de imágenes en los formatos TIFF, RAW y SITIM.

- En la barra de menú clic en **Archivo**➤**Abrir...** o,
- En la barra de herramientas clic en el botón ,
- Se abre el cuadro de dialogo de selección de Archivo, busque la imagen a tratar y cárguela. No olvide cambiar el tipo de extensión dependiendo del formato de la imagen. as opciones son: Directorio de Volumen (vold*.dat) para imágenes Landsat o SPOT en formato BSQ y BIL respectivamente, Archivos GRIB (*.grb) para imágenes que ya fueron leídas por el "Impima" y están en este formato, Archivos TIFF (*.tif), Archivos SITIM (*.d) para los descriptores

de las imágenes que están en formato Sitim - INPE y Archivos RAW (*.*) de imágenes brutas.

- Observe que en Parámetros de la Imagen de Entrada se presentan los datos referentes a la imagen. En el caso de imágenes en formato TIFF será necesario informar la Resolución en metros. Para imágenes en formato RAW es necesario informar el número de Col x Lin (Columnas x Líneas) y Resolución en metros.
- Escoja en la lista de Bandas una de las imágenes, en el caso de que haya más de una imagen.
- haga clic en **Ejecutar** ➤ **Visualizar** o en . La imagen se presenta en el área de visualización.

NOTA: Solamente una banda (imagen monocromática) puede ser visualizada en la pantalla del "Impima", inclusive si existen más bandas en el mismo archivo imagen.

Si desea un área menor a grabar,

- Cargue la imagen como se describió anteriormente. Observe que el cursor se presenta permanentemente en el modo Cursor de Área
- Haga clic en el primer punto (superior izquierdo) sobre la imagen y arrastre diagonalmente hasta el segundo punto (inferior derecho), definiendo de esta manera un rectángulo sobre la imagen;
- haga clic en **Ejecutar** ➤ **Visualizar** o en . La región demarcada de la imagen es ampliada. Observe que los valores de línea y columna se presentan en Parámetros de la Imagen de Salida.

NOTA: En caso de que el usuario desee podrá escribir los valores de X1, Y1 y X2, Y2 directamente en los campos.

- Para visualizar nuevamente la imagen completa utilice el botón Restituir  o **Ejecutar** ➤ **Restituir** en el menú principal.

Si desea realzar la imagen antes de guardarla,

- cargue la imagen (o una región de la misma) como se describió anteriormente;
- haga clic en el botón Realce en la barra de herramientas . Se presenta la ventana "Realce";
- haga clic sobre el botón y arrastre horizontalmente. Al liberar el mouse el contraste es aplicado en la imagen.

Finalmente guarde la imagen en formato GRIB.

- Seleccionada la región de la imagen a ser grabada, se puede guardar (en formato GRIB) la imagen en disco haciendo clic en **Archivo>Guardar como...**, o el botón , para ser utilizado posteriormente por el módulo "Spring".

En las páginas anteriores, se ha mostrado la preparación que debe tener el Spring para desarrollar un proyecto, y la preparación de las imágenes para que el software lo reconozca, estos pasos se deben realizar antes de realizar cualquier proceso con la imagen.

9. Registro de la Imagen.

- Antes de empezar, en el **Panel de Control** active y exhiba la pantalla 5, para poder realizar el registro de la imagen.
- En la barra de menú clic en **Archivo>Registro...**
- La ventana "**Registro de Imagen**" se despliega, junto con la ventana "**Selección de Imagen**".

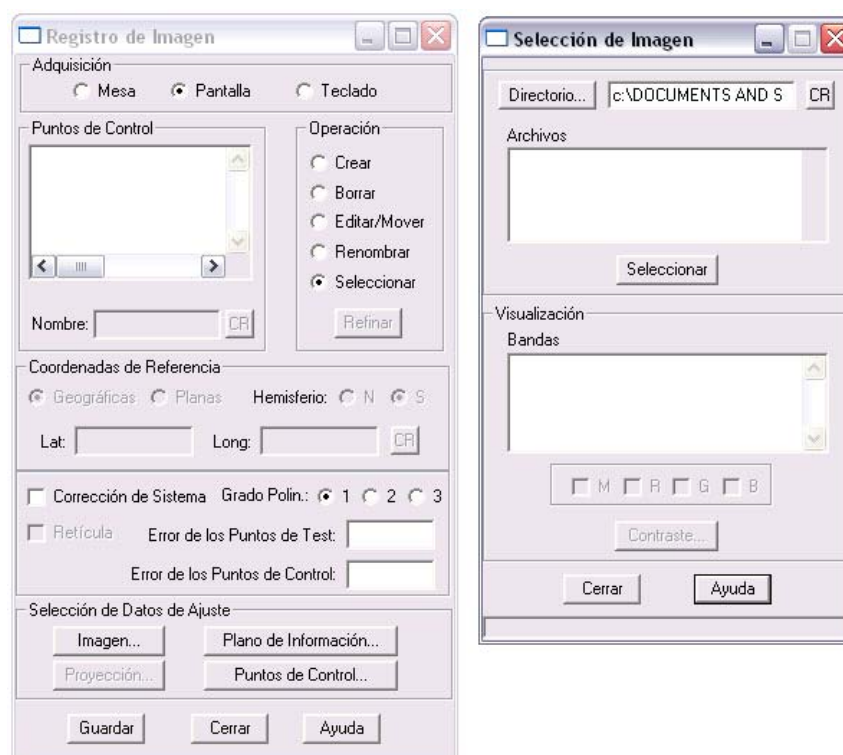


Fig. 10. Registro de la imagen

Registro es una transformación geométrica que relaciona coordenadas de la imagen (línea y columna) con coordenadas geográficas (latitud y longitud) de un

mapa. Esa transformación elimina distorsiones existentes en la imagen, causadas durante el proceso de formación de la imagen, por el sistema sensor y por imprecisión de los datos de posicionamiento de la plataforma (aeronave o satélite).

Siempre que se inicia un registro, se debe seleccionar un archivo imagen (en formato GRIB solamente) que recibirá los puntos de control, siendo dichos puntos almacenados en el propio archivo imagen.

- En la ventana "**Selección de Imagen**", clic en **Directorio...** y seleccione el directorio donde se encuentra la imagen a registrar (Solo formato GRIB).
- En el campo **Archivos**, se despliega las imágenes contenidas en el directorio anteriormente seleccionado. Selecciona la imagen a registrar y de clic en **Seleccionar**.
- Se muestra en la casilla **Bandas** las bandas disponibles en la imagen seleccionada, y chequee el modo de visualización: monocromático (M), Rojo-Verde-Azul (RGB).
- Si desea cambiar el contraste de la imagen, haga clic en **Contraste...**
- Con estos pasos la imagen esta lista para ser registrada, clic en **Cerrar**.
- Visualice la imagen en la pantalla 5, con el botón .

Con la imagen a ser registrada en la pantalla de visualización, usted está pronto para iniciar la adquisición de los puntos de control en la ventana "**Registro de Imagen**".

El usuario puede adquirir los puntos de tres modos; usando un mapa fijado en la mesa digitalizadora (modo [Mesa](#)), a través de un plano de información ya georreferenciado (modo [Pantalla](#)) e informando las coordenadas directamente vía teclado (modo [Teclado](#)). El caso mas común es el modo teclado que se describe a continuación.

- Seleccione el plano de información y la Proyección haciendo clic en los botones inferiores.
- clic en el botón **Teclado** de las opciones de **Adquisición**.
- clic en el botón **Crear** entre las opciones de **Operación**.
- clic en el cuadro de texto **Nombre** y dé un nombre para el punto que va a ser adquirido;
- clic en **CR** para que el mensaje "**¡Escriba las coordenadas de referencia!**" aparezca, **haga clic** sobre **OK** del mensaje.
- En el área de **Coordenadas de Referencia** deben ser escritas las coordenadas en los cuadros de texto **Lat.** y **Long.** para **Geográficas** (o **X** e **Y** para coordenadas **Planas**);
- clic en **CR** que se encuentra activo para este modo de entrada de puntos de control;

- un punto representado por una cruz verde aparecerá sobre la imagen de la Pantalla 5, haga clic sobre la cruz verde y **arrástrela** hasta el mismo punto geográfico seleccionado;
- para adquirir otros puntos, repita esta serie de pasos a partir del segundo ítem.

NOTA: Los puntos ingresados vía teclado corresponden a coordenadas adquiridas por otros métodos, tales como: levantamientos con **GPS** o topográficos. Este tipo de entrada es útil cuando no se dispone de otra base cartográfica para registrar una imagen.

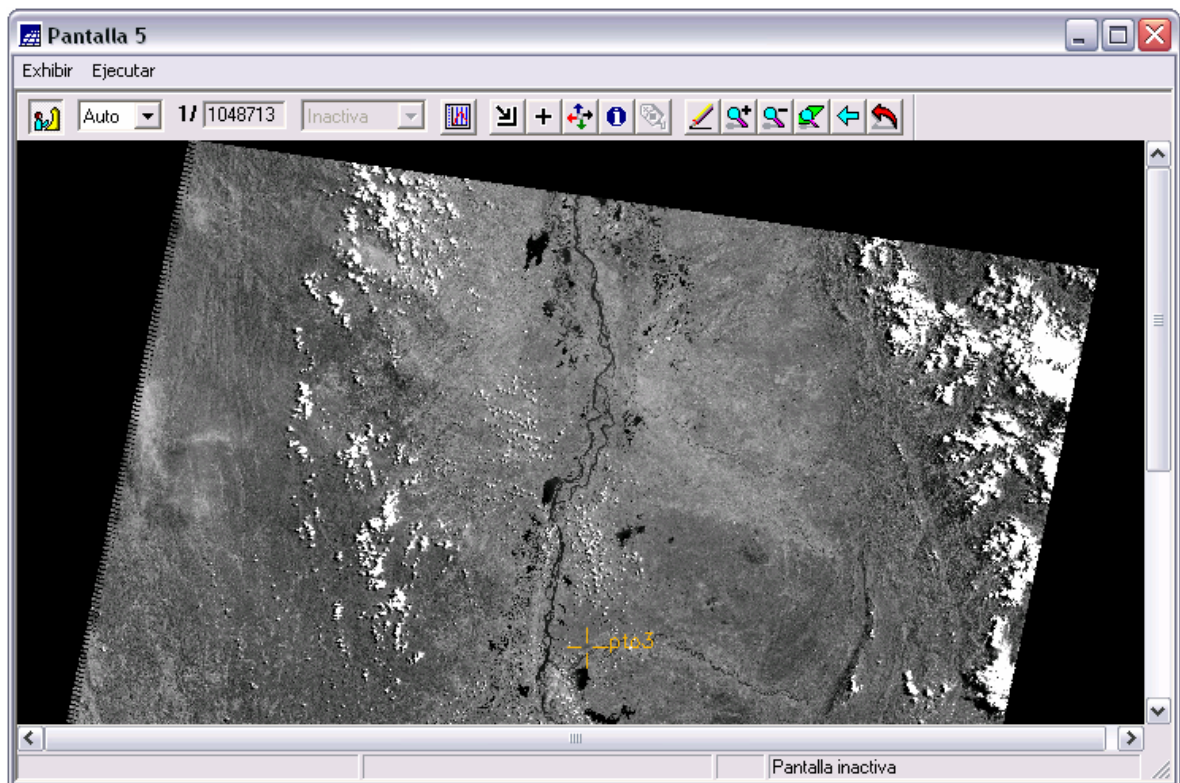


Fig. 11. Registro de la imagen

OBS: Se recomienda hacer clic en **Guardar** para grabar los puntos que fueron adquiridos, aunque no se hayan adquirido aún el número de puntos suficiente para corregir la imagen.

- Si desea borrar, mover, renombrar algún punto de control seleccione el punto de control y haga clic en el botón necesario, en las opciones de **Operación**.

Después de adquirir los puntos de control, el próximo paso es definir cuales puntos formarán parte de la ecuación de mapeo. A través de la ventana "**Registro de Imagen**", defina los mejores puntos, la retícula del polinomio que será utilizada

para registrar la imagen y si se dispone de la corrección de sistema (solamente para imágenes TM-Landsat - nivel 5 y 6).

El grado del polinomio a ser usado en el mapeo de los puntos es proporcional al número de puntos utilizados, ya que cuanto mayor el grado del polinomio, mayor la retícula de libertad y, consecuentemente, mayor será el número de puntos necesario para utilizar la ecuación. Para evaluar la ecuación de mapeo, se recomienda que sean adquiridos 6 y 10 puntos de control para polinomios de 1º y 2º grado respectivamente.

- clic en el botón **Seleccionar** del grupo de opciones **Operación**.
- clic sobre el nombre de los puntos en el cuadro de la lista de **Puntos de Control** para seleccionarlos, los puntos escogidos aparecerán resaltados con una marca (V);
- clic en el botón correspondiente al **Grado del Polinomio (1, 2 o 3)**.

A medida que se van seleccionando los puntos para ejecutar el registro, automáticamente se va calculando el error de cada punto (inclusive de aquellos que no son seleccionados) y se presenta (en unidades de resolución "píxel") en la frente del respectivo nombre.

Observe que abajo del campo **Grado del Polinomio** se presenta el error total (en píxeles), de los **Puntos de Test** (puntos no seleccionados) y de los **Puntos de Control** (puntos que realmente serán utilizados para el registro).

Lo ideal es trabajar con el máximo de puntos colectado, ya que cuanto más puntos mejor será el registro, siempre y cuando sean puntos bien distribuidos y precisos.

El usuario debe observar el valor que se presenta como **Error de los Puntos de Control**, ya que este valor será utilizado como control de la precisión deseada. Por ejemplo: en un área urbana, se puede considerar un error de 0,5 "píxel", para una resolución de 30 metros. En áreas de bosques, se puede aceptar un error de 3 "píxel", para la misma resolución, debido a la dificultad de definir los puntos de control.

Otro parámetro utilizado para analizar el error es en función de la escala en que se está trabajando. Por ejemplo: para un mapeo en escala 1:50.000, el error aceptable en el registro es la mitad del valor de la escala, o sea 25 metros. Así, un error de dos píxel en una imagen con resolución de 10 metros corresponde a 20 metros, lo cual sería aceptable para esta escala de trabajo.

Si es necesario, repita la operación de selección de los puntos de control y test hasta alcanzar un resultado satisfactorio. Usted podrá probar con otros puntos, otro polinomio, o inclusive corregir la posición de algún punto que no desea eliminarlo.

Después de seleccionar los mejores puntos que serán utilizados en el registro, definir la ecuación de mapeo y la proyección que será usada, se deberán guardar junto al archivo imagen todos los parámetros. La etapa más importante del registro, donde el SPRING usará estos datos para corregir geoméricamente la imagen, será en el momento de importar su imagen para dentro de un determinado proyecto.

- clic en **Guardar** en la ventana "**Registro de Imagen**" para guardar los puntos colectados y seleccionados.

NOTA: Todos los parámetros con la proyección, los puntos de control, la ecuación de mapeo y la propia imagen son almacenados en el propio archivo imagen (*.grb).

10. Importar archivos GRIB (Imágenes) para un Proyecto.

- En la barra de menú clic en **Archivo** ➤ **Importar Archivos GRIB...**
- La ventana "**Importar Imágenes**" se despliega.

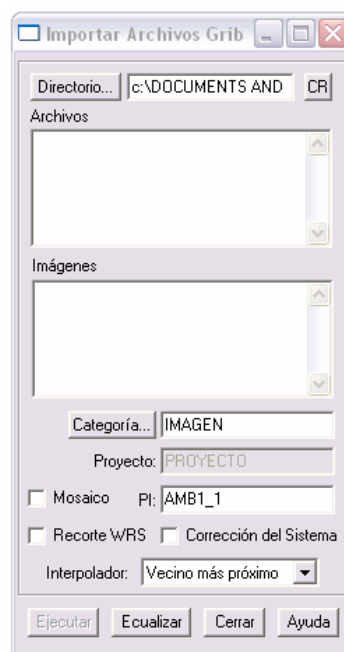


Fig. 12. Importación de Archivos GRIB.

El SPRING utiliza internamente el [formato GRIB](#) para almacenar imágenes, por eso es que se tiene el ítem Archivo - Importar Archivos GRIB... en el menú principal del módulo "Spring". Este formato permite importar imágenes creadas por el módulo ["Impima"](#), registradas o no.

Si el usuario desea importar la imagen sin hacer el registro, debe desactivar cualquier proyecto existente, ya que el sistema automáticamente crea un proyecto durante la importación. En este caso, será creado un proyecto sin proyección y los valores del rectángulo que conforman el área del proyecto, serán calculados en función del número de líneas/columnas y la resolución de la imagen.

- clic en **Directorio...** para buscar el directorio/carpeta donde se encuentra el archivo GRIB, clic en **CR**.
- clic sobre el archivo GRIB en la lista **Archivos**. Observe que la lista **Imágenes** se actualiza con cada archivo seleccionado, seleccione la imagen deseada.
- clic en el botón **Categoría...** para seleccionar en la ventana **"Lista de Categorías"** la categoría a la cual pertenecerá la imagen a ser importada.
- Escriba en el cuadro de texto **Proyecto**: un nombre, si se trata de importar una imagen para dentro de un proyecto sin proyección; si hay algún proyecto activo el campo no podrá ser editado ya que la imagen debe ser registrada previamente.
- clic en el cuadro de texto **PI**: y escriba el nombre del plano de información que contendrá una de las imágenes seleccionadas anteriormente.
- clic en **Ejecutar** para efectuar la importación.

NOTA: Como se verá a continuación, el usuario podrá inclusive dar el nombre de un plano de información que ya exista en el proyecto activo, de manera de realizar un mosaico de la imagen existente.

- clic en el cuadro de verificación **Mosaico**;
- clic en **Ejecutar** para realizar definitivamente el registro de la segunda parte de la imagen.

En caso de que tenga otras bandas para hacer un mosaico, repita el proceso a partir del cuarto ítem descrito anteriormente.

11. Contraste

- En la barra de menú clic en **Imagen>Contraste....** , esto solo es permitido en el caso que exista una imagen (un PI) en la ventana activa.
- La ventana **"Contraste"** se despliega.

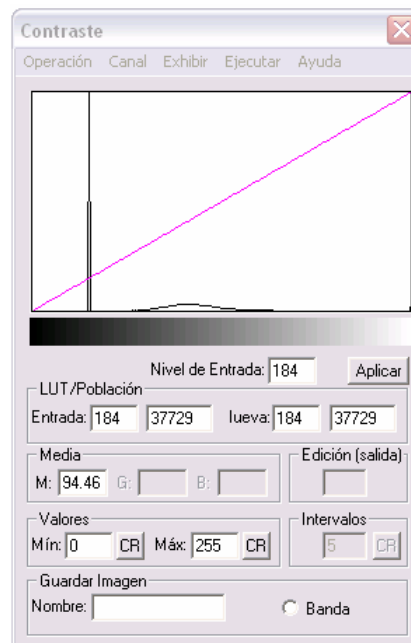


Fig. 12. Contraste

La técnica de realce de contraste tiene como objetivo mejorar la calidad de las imágenes bajo los criterios subjetivos del ojo humano. Normalmente, esta técnica es utilizada como una etapa de Preprocesamiento para sistemas de reconocimiento de patrones.

El contraste entre dos objetos puede ser definido como la razón entre sus niveles de gris medios. La manipulación de contraste consiste en una transferencia radiométrica en cada "píxel", con el objetivo de aumentar la discriminación visual entre los objetos presentes en la imagen. La operación es realizada punto a punto, independientemente de la vecindad.

El SPRING permite a manipulación de contraste a través de varias opciones accedidas en el ítem Operaciones, tales como: [MinMax](#), [Linear](#), [Raíz Cuadrada](#), [Cuadrado](#), [Logaritmo](#), [Negativo](#), [Ecuilizar Histograma](#), Intervalo e [Editar](#)

- En el ítem de menú **Operación** se escoge el tipo de ecuación que será aplicada a una imagen, dependiendo del canal activo en el momento. Por defecto al abrir la ventana de "**Contraste**" ninguna de las Operaciones estará activa.
- En el ítem de menú **Canal** se escoge el canal que quedará habilitado para modificar el histograma. Para una única imagen (banda) en niveles de gris use la opción **Mono**. Para composiciones coloridas a visualización de los histogramas puede ser individualmente, en los canales **Azul (B)**, **Verde (G)** y **Rojo (R)**, y al mismo tiempo se puede observar el resultado de la manipulación.

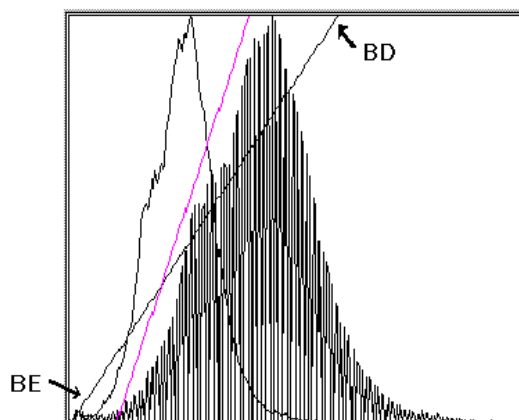
- En el ítem de menú **Ejecutar** el usuario tiene algunas opciones; en **Recomponer** restaura el histograma para la operación **Lineal** sin alteración de contraste, en **Histograma** permite analizar el histograma de una región definida por el usuario, y en **Guardar**, graba en disco una imagen realzada.

La parte central de la ventana "**Contraste**" es la región donde son presentados los histogramas y la curva de transformación. Es sobre este área que el usuario manipulará, con el mouse, el histograma. En la parte inferior de la ventana "**Contraste**" el usuario tiene algunos parámetros como, frecuencia (población de píxeles) y NC , cuando se pasa el mouse sobre el área de los histogramas.

- En la caja de diálogo "**Contraste**", seleccione la **Operación** de contraste deseada: [MinMax](#), [Linear](#), [Raíz Cuadrada](#), [Cuadrado](#), [Logaritmo](#), [Negativo](#), [Ecuilizar Histograma](#), [Intervalo](#) y [Editar](#).
- Manipule la curva de transformación como desee .
- clic en **Aplicar** para ejecutar el realce en la imagen que está en la pantalla activa.

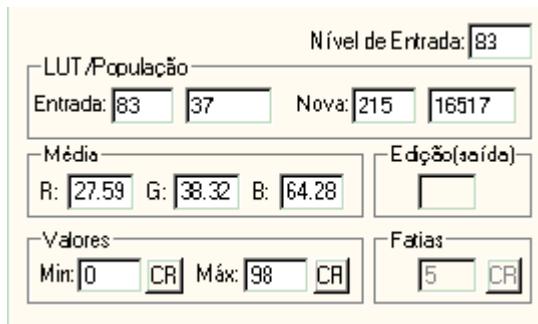
OBS: Para ver el efecto de una alteración en la curva de transformación sobre la imagen, se debe seleccionar **Aplicar** de la ventana "**Contraste**".

- clic con el BI en cualquier lugar del área del histograma, para mover la extremidad izquierda de la curva; clic con el BD en cualquier lugar del área del histograma, para mover la extremidad derecha de la curva. Observe en la figura de abajo que el área de diseño presenta simultáneamente el histograma de Entrada y el Nuevo, siendo este último, con una nueva distribución de los Niveles de gris a cada movimiento de la curva de transformación;
- después de encontrar la mejor forma del histograma nuevo clic en **Aplicar** para ejecutar el realce en la imagen que está en la pantalla activa.



OBS: Después de aplicar el contraste, verifique que el histograma de **Salida** y el **Nuevo** tienen la misma forma, hasta que sea alterada nuevamente la posición de la curva.

Al mover el mouse en el área del histograma, algunos parámetros de la imagen se presentan. La figura a seguir muestra los parámetros cuando se disponen tres bandas (PIs) en una composición en color.



- en **Nível de Entrada** se tienen los valores de NG (entre 0 y 255) correspondiente a la posición del mouse en el eje x;
- en **LUT/Población** se presentan los valores de NG y el número de píxeles con un determinado valor, conforme se mueve el mouse sobre el histograma. Los datos que se presentan dependen de la opción seleccionada en **Exibir** en el menú de la ventana "**Contraste**".
- en **Media** muestra los valores correspondientes a la imagen de Entrada solamente, valores que son calculados al abrir la ventana "**Contraste**" o en el caso de que se altere alguna imagen en el "**Panel de Control**";
- En **Valores** se informa el valor exacto para la parte inferior de la curva (**Min:**) o superior (**Max:**).

El usuario puede guardar el resultado de las alteraciones de contraste de tres formas:

- como una **Imagen Sintética**, es decir, una única imagen en color, resultante de la fusión de tres bandas y su tabla de color (LUT) asociada;
- como una imagen en **Niveles de Gris** (opción **Banda**), con su LUT asociada. Si el realce fue aplicado en una composición de tres bandas, estas son guardadas como planos de informaciones distintos, cada cual con su propia LUT;
- como una **Imagen Clasificada**, asociada a una tabla de colores. Esta opción está disponible solamente para la operación **Intervalo**, donde intervalos de NG serán asociados a colores.
- clic en el campo **Nombre** en **Guardar Imagen** y **escriba** el nombre de la banda de salida. El nombre dado corresponderá a un nuevo plano de información de la categoría en que está la imagen original;

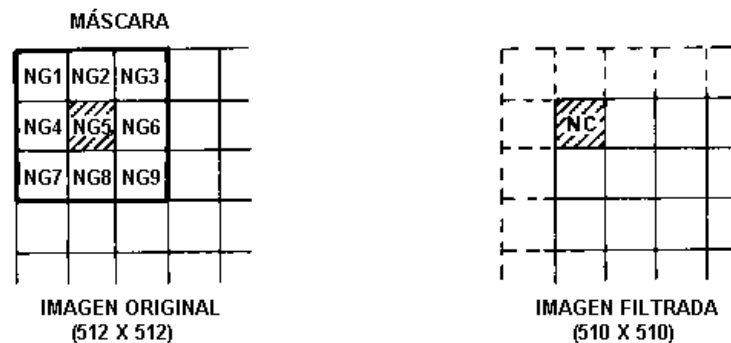
- seleccione entre **Banda, Sintética o Clasificada**;
- clic en **Ejecutar** ➤ **Guardar** en el menú de la ventana **"Contraste"**.

Después de la operación, la imagen contrastada se encuentra disponible en el Panel de Control para otras opciones de procesamiento de imagen.

12. Filtraje

Las técnicas de filtraje son transformaciones de la imagen "*píxel*" a "*píxel*", que no dependen solamente del nivel de gris de un determinado "*píxel*", sino también del valor de los niveles de gris de los "*píxel*" vecinos, en la imagen original.

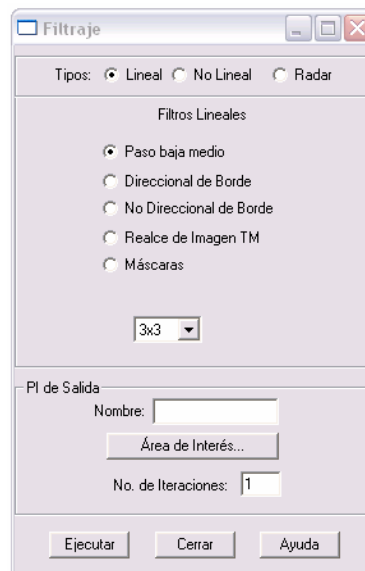
El proceso de filtraje es realizado utilizando matrices denominadas **máscaras**, las cuales son aplicadas sobre la imagen. Ejemplo: la imagen original formada por una matriz de 512 líneas por 512 columnas de valores numéricos, siendo aplicada una máscara matricial de 3 líneas por 3 columnas. Cada valor de la matriz 3x3 de la máscara corresponde a un peso.



La imagen resultante de la aplicación de un filtro es una nueva imagen con la eliminación de las líneas columnas iniciales y finales de la imagen original.

Los filtros espaciales pueden ser clasificados en pasa baja, pasa alta o pasa banda. Los dos primeros son los más utilizados en procesamiento de imágenes. El filtro pasa banda es más utilizado en procesamiento específicos, principalmente para eliminar ruidos periódicos.

- Active en el **"Panel de Control"** () un PI imagen.
- En la barra de menú clic en **Imagen** ➤ **Filtraje**...., esto solo es permitido en el caso que exista una imagen (un PI) en la ventana activa.
- La ventana **"Filtraje"** se despliega.



- Escoja el Tipo (Lineal, No Lineal o Radar). Para cada tipo seleccionado se tiene un grupo de filtros.
- Escriba en el cuadro de texto **Nombre** (Pl de Salida) se debe colocar el nombre del PI a ser creado (máximo 32 caracteres);
- clic en **Área de interés...** para definir un área menor que la del proyecto, en caso que quiera efectuar el filtraje solamente en una parte de la imagen.
- defina el **Número de interacciones**, es decir, cuantas veces será aplicado el filtro sobre la misma imagen;
- clic en **Ejecutar** para efectuar el filtraje.

13. Operaciones Aritméticas

Para operaciones entre bandas, en procesamiento de imágenes, el SPRING ofrece las opciones de suma, substracción, división (o razón entre bandas) y la multiplicación de una banda por una constante (realce lineal).

En estas operaciones, se utiliza una o dos bandas de una misma área geográfica, previamente georreferenciada. Se realiza la operación "**píxel**" a "**píxel**", a través de una regla matemática definida, obteniendo como resultado una banda que representa la combinación de las bandas originales.



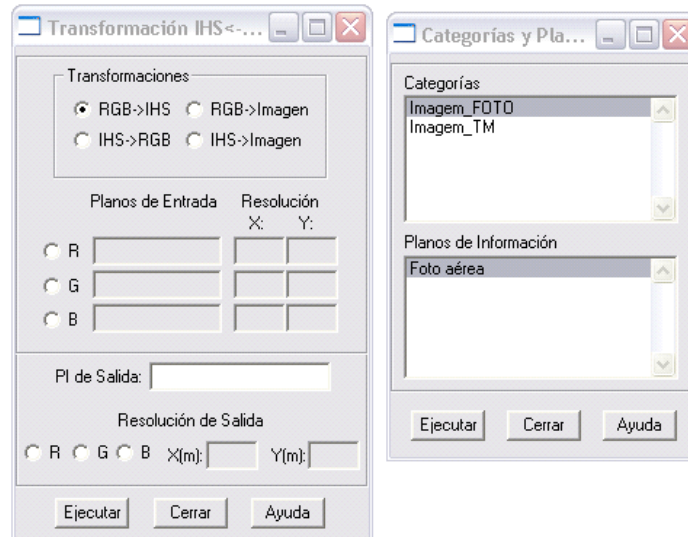
- En la barra de menú clic en **Imagen>Operaciones aritméticas....**, esto solo es permitido en el caso que exista una imagen (un PI) en la ventana activa.
- La ventana **“Operaciones Aritmeticas”** se despliega.
- clic sobre el botón de selección **Operación** y **seleccione** la operación deseada. Dependiendo de la selección el usuario tendrá que informar las bandas de entrada (A y/o B);
- clic sobre el botón **A** o **B** y seguidamente clic sobre un PI en la lista **Planos de Información**. Observe que la lista de PIs que se presenta corresponde solamente a la categoría seleccionada en el Panel de Control.
- clic en el cuadro de texto **Ganancia** y escriba el valor. Haga lo mismo para **Offset**.
- clic en el cuadro de texto **Salida C:** y **escriba** el nombre del PI resultante de la operación;
- clic en **Ejecutar** para efectuar la operación entre las bandas. Observe que aparecerá en el Panel de Control la nueva imagen creada. Al nombre dado será acrecentado un sufijo referente al tipo de operación seleccionada.

OBS: Suponga que el nombre de la Imagen de salida sea "Ima_salida" y la operación seleccionada sea la segunda de la lista ($C=Ganancia*(A-B)+Offset$), la imagen creada tendrá el nombre "Ima_salida-(OP2)".

14. Transformación IHS-RGB

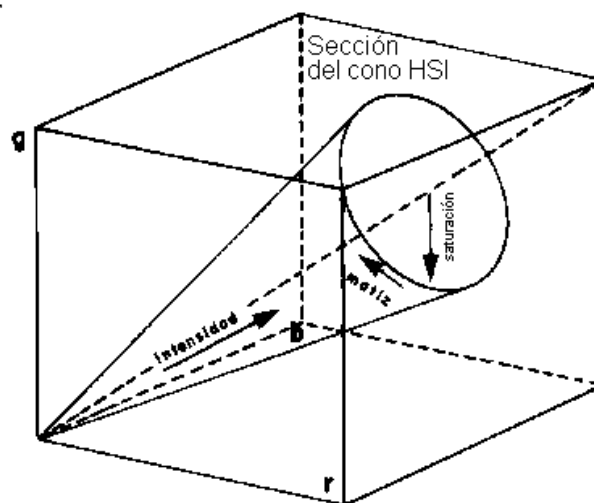
- Active en el **"Panel de Control"** () un PI imagen.

- En la barra de menú clic en **Imagen**►**Transformación IHS<->RGB...** esto solo es permitido en el caso que exista una imagen (un PI) en la ventana activa.
- La ventana “**Transformación IHS<->RGB**” se despliega, junto con la ventana “**Categorías y Planos**”.



Para describir las propiedades de color de un objeto, en una imagen, normalmente el ojo humano no distingue la proporción de azul, verde y rojo presentes y sí evalúa la intensidad (I), el color o matiz (H) y la saturación (S).

El espacio IHS puede ser gráficamente representado por un cono. La relación espacial entre el espacio RGB e IHS se muestra en la figura a seguir.



- La distancia de un punto hasta el origen o ápice del cono representa la **intensidad**.
- La distancia radial del punto hasta el eje central del cono representa la **saturación**.
- El **matiz** está representado como una secuencia radial alrededor de los círculos de saturación y del eje de intensidad.

La transformación IHS puede ser utilizada para combinar imágenes de diferentes sensores y de diferente resolución espacial, como en la unión de imágenes SPOT-HRV (pancromático) y TM-Landsat, por ejemplo.

El procedimiento para combinar imágenes de diferentes sensores, consiste en calcular las componentes H, I, S a partir de tres bandas seleccionadas, por ejemplo, del TM y aplicar un contraste en las componentes H y S resultantes y en una imagen SPOT. La componente I es substituida por la banda del SPOT y se aplica la transformación inversa (IHS - RGB).

Después de la transformación, la imagen en color tendrá la resolución espacial de la imagen SPOT y la resolución espectral de las tres bandas TM.

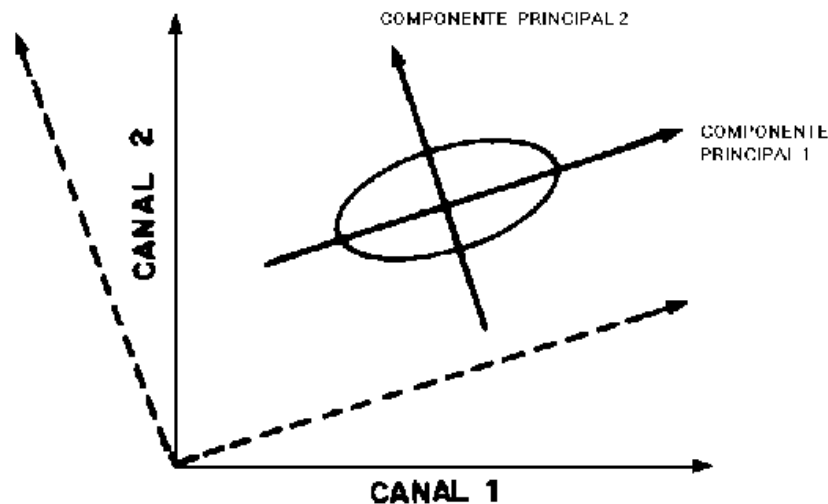
- Escoja en **Transformaciones** la opción deseada (**RGB-IHS, IHS-RGB, RGB-Imagen, IHS-Imagen**);
- En **Planos de Entrada** informe cuales bandas formarán parte de la transformación (R, G, y B o I, H y S). Para insertar el nombre de los PIs de entrada se presenta al usuario la ventana "**Categorías y PIs**", Esta ventana es utilizada para que el usuario seleccione un PI de una determinada categoría, independientemente del PI que estuviera activo en "**Panel de Control**".
- En lista **Categorías**, seleccione la deseada. Observe que los PI's correspondientes son mostrados;
- En la lista **Planos de Información**, seleccione uno.
- clic en **Ejecutar** para confirmar la selección del/o(s) PI(s). La ventana se cierra enseguida.
- clic en la lista de categorías y seleccione un PI de esta categoría, clic en **Ejecutar**. Observe que además del nombre del PI seleccionado se presenta enfrente a este, la resolución de cada uno;
- En **PI de Salida**: escriba el nombre de la imagen de salida. Este nombre será usado como prefijo para generar las imágenes de salida, por ejemplo, para la transformación **RGB-IHS** y un PI de Salida denominado "**Trans1**", se obtendrá como resultado "**Trans1_I, Trans1_H y Trans1_S**" y para la transformación **RGB-Imagen** y nombre del PI de Salida "**Trans2**", se tendrá como resultado "**Trans2_C**";

- en **Resolución de Salida** escoja una de las tres opciones. No es necesario escribir el valor, ya que la resolución solamente podrá ser una de las imágenes usadas como entrada (I, H y S o R, G y B);
- clic en **Ejecutar** para efectuar la transformación.

15. Transformación por Componentes Principales

Frecuentemente se observa que las bandas individuales de una imagen multispectral son altamente correlacionadas, o sea, las bandas son similares visual y numéricamente. El análisis de las bandas espectrales individuales puede ser ineficiente debido a la información redundante presente en cada una de esas bandas.

La transformación por componentes principales es una técnica de realce que reduce o remueve esta redundancia espectral, o sea, genera un nuevo conjunto de imágenes cuyas bandas individuales presentan informaciones no disponibles en otras bandas. El número de componentes principales es igual al número de bandas espectrales utilizadas y son ordenadas de acuerdo con el decremento de la variancia de nivel de gris. La primera componente principal tiene la mayor variancia (mayor contraste) y la última por consecuencia, la menor variancia.



La figura anterior muestra que la transformación por componentes principales en dos dimensiones corresponde a la rotación del eje original de la coordenada para coincidir con las direcciones de **máxima** y **mínima** variancia de la información.

La **primera componente** principal contiene la información de brillo asociada a las sombras de topografía y a las grandes variaciones de la reflectancia espectral

general de las bandas. Esta componente principal posee la mayor parte de la variancia total de los datos, concentrando la información antes dispersa, en varias dimensiones.

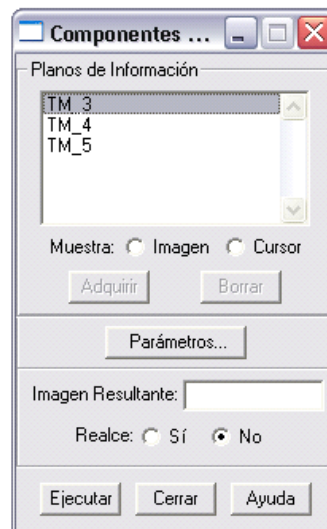
La **segunda** y las subsecuentes componentes principales presentan gradualmente menos contraste entre los albos y son desprovistas de información topográfica, debido a la ausencia de sombras.

La **tercera y cuarta componentes** principales contienen típicamente menos estructura de la imagen y más ruido que las dos primeras, indicando la compresión de los datos en las primeras bandas.

La **última componente** representa básicamente el ruido existente en los datos originales.

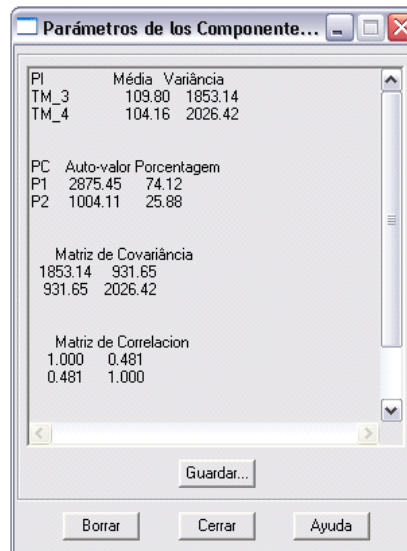
Antes de realizar la función de Componentes Principales, el usuario puede analizar los parámetros estadísticos de las bandas seleccionadas. El usuario puede ver estos parámetros referentes a toda el área de la imagen o en una porción seleccionada con ayuda del cursor.

- clic en **Imagen>Componentes Principales...** para abrir la interfaz de operación.



- clic en la lista **Planos de Información** para seleccionar las bandas deseadas. Por lo menos dos bandas deben ser marcadas. Observe que solamente los planos de informaciones (bandas) con igual resolución e igual área de proyecto se presentan en esta lista.
- En **Muestra** haga clic en **Imagen**;

- clic en **Adquirir**. En este caso (toda el área de la imagen) no es necesario que la imagen esté visualizada en la pantalla, basta que un PI, correspondiente al grupo de bandas a ser analizado, esté activo.
- clic en **Parámetros...** La ventana “**Parámetros de las Componentes Principales**” se presentará. Las opciones de parámetros disponibles son; Media y Variancia de cada banda, Autovalor y Porcentaje de información en cada componente, Matriz de Covariancia y Matriz de Autovectores.

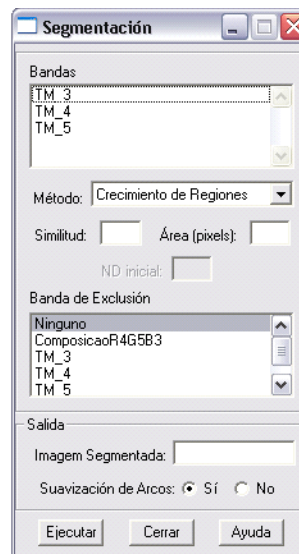


OBS: Después de analizar los parámetros estadísticos de la imagen seleccionada, usted puede aplicar la transformación. No necesariamente se debe pasar por la interfaz de “**Parámetros de las Componentes Principales**”.

- clic en **Imagen Resultante**: y escriba el nombre.
- en **Realce** escoja **Sí** o **No**. La opción **Sí** hace que después de crear las imágenes componentes, las mismas serán realzadas por una transformación de contraste lineal de mínimo y máximo
- clic en **Ejecutar**. Las imágenes (componentes) creadas se presentan en el “**Panel de Control**” en la misma categoría de las bandas seleccionadas.

16. Segmentación

- Active en el “**Panel de Control**” () un PI imagen.
- En la barra de menú clic en **Imagen > Segmentación....**
- La ventana “**Segmentación**” se despliega.



La clasificación estadística es el procedimiento convencional de análisis digital de imágenes. Constituye un proceso de análisis de píxeles de forma aislada.

Este abordaje presenta la limitación de que el análisis puntual se base únicamente en atributos espectrales. Para superar estas limitaciones, se propone el uso de la segmentación de imágenes, como una fase previa a la fase de clasificación, donde se extraen los objetos relevantes para la aplicación deseada.

En este proceso, se divide la imagen en regiones que deben corresponder a las áreas de interés de la aplicación. Se entiende por regiones un conjunto de "píxel" contiguos, que se dispersan bidireccionalmente y que presentan uniformidad entre sí. La división en porciones consiste básicamente en un proceso de crecimiento de regiones, de detección de bordes o de detección de cuencas. A seguir se describe cada uno.

Crecimiento de regiones Es una técnica de agrupamiento de datos, en la cual sólo las regiones adyacentes espacialmente, pueden ser unidas.

Detección de cuencas La segmentación por detección de cuencas es realizada sobre una imagen resultante de la extracción de bordes.

La extracción de bordes es realizada por un algoritmo de detección de bordes, o sea por la aplicación del filtro de Sobel. Este algoritmo considera los gradientes de nivel de gris de la imagen original, para generar una imagen gradiente o imagen de intensidad de borde.

- seleccione la(s) imagen (imágenes) que desea utilizar para la segmentación
- en **método**, seleccione el tipo de segmentador: **Crecimiento de Regiones** o **Detección de Cuencas**;

- con el cursor defina el umbral de **Similitud**;
- con el cursor defina también, el umbral de **Área** en píxeles;
- escriba el **nombre** de la imagen segmentada resultante;
- en suavización de arcos, clic en **sí** o en **no** si desea o no, que sean suavizados los bordes de los segmentos;
- clic en **Ejecutar**.

17. Clasificación

- Active en el "**Panel de Control**" () un PI imagen, y visualícela
- En la barra de menú clic en **Imagen>Clasificación...**
- La ventana "**Clasificación**" se despliega.



Una clasificación es el proceso de extracción de información en imágenes para reconocer patrones y objetos homogéneos.

Una información espectral de una escena puede ser representada por una imagen espectral, donde cada "píxel" tiene las coordenadas espaciales **x**, **y** además de la coordenada espectral **L**, que representa la radiancia de un albedo en el intervalo de longitud de onda de una banda espectral. Cada "píxel" de una banda posee una correspondencia espacial con otro "píxel", en todas las otras bandas, o sea, para una imagen de **K** bandas, existen **K** niveles de gris asociados a cada "píxel" siendo uno para cada banda espectral.

Conforme el proceso de clasificación utilizado, los clasificadores pueden ser divididos en clasificadores "píxel a píxel" y clasificadores por regiones.

Clasificadores "píxel a píxel" utilizan sólo la información espectral aislada de cada píxel para encontrar regiones homogéneas. Estos clasificadores pueden ser divididos en métodos estadísticos (que utilizan reglas de la teoría de probabilidad) y métodos determinísticos.

Clasificadores por regiones utilizan, además de la información espectral de cada "píxel", la información espacial que envuelve la relación entre los "píxel" y sus vecinos. Estos clasificadores buscan simular el comportamiento de un fotointérprete, al reconocer áreas homogéneas en imágenes, basadas en las propiedades espectrales y espaciales de dichas imágenes. La información de bordes es utilizada inicialmente para separar regiones, las propiedades espaciales y espectrales servirán para unir áreas con la misma textura.

El resultado de una clasificación digital se representa por clases espectrales (áreas que poseen características espectrales semejantes), por ejemplo: la cartografía de uso del suelo urbano a través de una imagen multiespectral. El usuario puede tener interés en mapear áreas, residenciales e industriales y estas clases difícilmente son caracterizadas por una única firma espectral (representa un vector de dimensión igual al número de bandas, cuyas coordenadas son medidas de radiancia), debido a los diferentes tipos de albos presentes como vegetación, construcciones, pavimento, entre otros.

Frente a esta dificultad, en una clasificación, el usuario debe considerar la relación entre la respuesta espectral de los albos y la clase que desea mapear.

El primer paso en un proceso de clasificación multiespectral es el entrenamiento. Se entiende por entrenamiento el reconocimiento de la firma espectral de las clases.

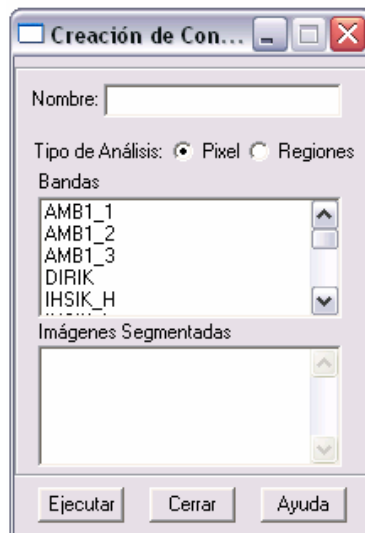
Existen básicamente dos formas de entrenamiento: supervisado y no supervisado. Cuando existen regiones de la imagen en las que el usuario dispone de informaciones que permiten la identificación de una clase de interés, el entrenamiento es denominado **supervisado**.

Para la obtención de clases estadísticamente confiables, son necesarios de 10 a 100 "píxel" de entrenamiento por cada clase. El número de "píxel" de entrenamiento necesario para la precisión del reconocimiento de una clase, aumenta en función de la variabilidad entre las clases.

Cuando el usuario utiliza algoritmos para reconocer las clases presentes en la imagen, el entrenamiento es denominado **no supervisado**. Al definir áreas para el entrenamiento no supervisado, el usuario no se debe preocupar con la homogeneidad de las clases. Las áreas seleccionadas deben ser heterogéneas para asegurar que todas las posibles clases y sus variaciones sean incluidas.

Los "píxel" dentro de un área de entrenamiento son sometidos a un algoritmo de agrupamiento ("clustering") que determina el grupo al cual pertenece el dato, en un espacio de dimensión igual al número de bandas presentes. Este algoritmo asume que cada grupo ("cluster") representa la distribución de probabilidad de una clase.

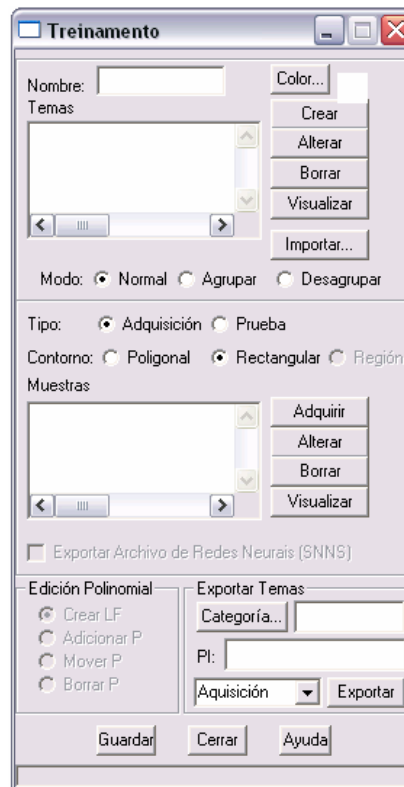
- Creando un archivo de contexto:
 - o active el banco y el proyecto que tiene las imágenes para clasificar;
 - o active un PI imagen y visualice en la pantalla activa. No necesariamente la imagen a ser clasificada tiene que ser la utilizada para adquirir las muestras, se puede utilizar inclusive una imagen sintética;
 - o haga clic en **Imagen** ➤ **Clasificación...**, la ventana "**Clasificación**" se presentará;
 - o haga clic en **Directorio...** para informar donde será creado el archivo de contexto.
 - o haga clic en **Crear...**; Se presentará el cuadro de diálogo "**Creación de Contexto**". Coloque el nombre de contexto que le desea dar y escoja el método (Píxel o Regiones, así como las bandas de la imagen que le va aplicar la clasificación



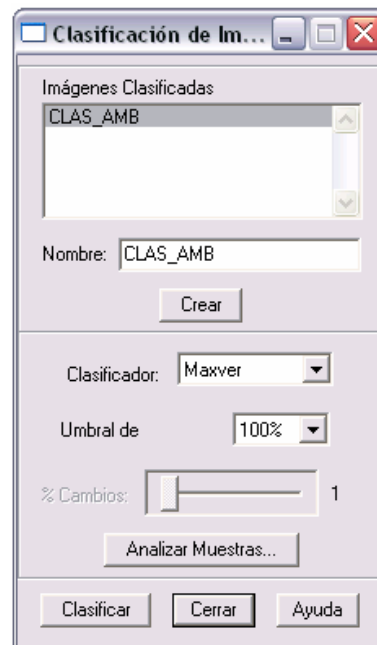
NOTA: En caso que desee borrar un archivo de contexto, haga clic sobre el nombre de dicho archivo en la lista y haga clic en **Borrar**.

- Realizando el Entrenamiento:
 - o En la ventana "**Clasificación**", después de seleccionar un archivo de contexto en la lista, haga clic en **Entrenamiento...** para definir las muestras en la ventana "**Entrenamiento**". El sistema exigirá una

imagen cualquiera en la pantalla activa. Podrá ser utilizada cualquier imagen, inclusive una diferente de las que fueron escogidas en el archivo de contexto; Déle un nombre de clase en la casilla **Nombre**, clic en **Crear** y posiciones el cursor en la pantalla para seleccionar la región con que se asocia, cuando termine clic en **Adquirir**. Repitas este procedimiento con todas las clases que quiere adquirir.



- Analizar Muestras y Clasificar Imagen:
 - o en la ventana "Clasificación", después de haber [definido el entrenamiento](#) adquiriendo las muestras, haga clic en [Clasificación...](#)
 - o Seleccione el tipo de clasificador y su respectivo umbral. Si desea realizar una clasificación no supervisada, seleccione el método de K-media, y escoja el numero de itareciones a realizar asi como el numero de clases que desee obtener.



- o para analizar dichas muestras en la ventana de clic en analizar muestras y decidir por clasificar la imagen, si no vuelva a realizar el entrenamiento.
- o Finalmente de clic en **Clasificar**.

Pos-Clasificación

Este procedimiento se aplica a una imagen clasificada, con el objetivo de hacer más uniformes los temas, o sea, eliminar puntos aislados o clasificados diferente de su vecindad. Con esto, se genera una imagen clasificada que presenta menos ruido.

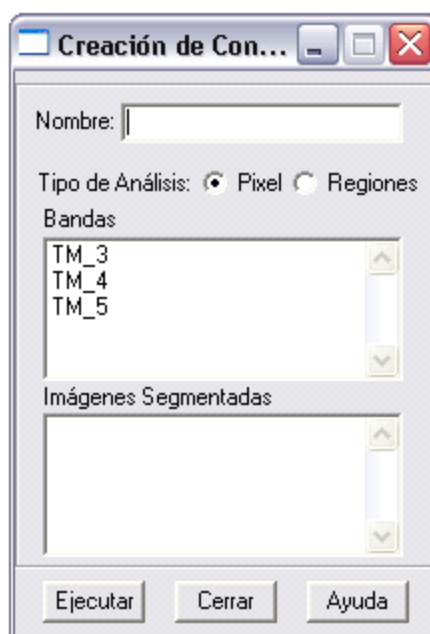
En una ventana de 3 x 3 "píxel", el punto central es evaluado con relación a la frecuencia de las clases (temas), en su vecindad. De acuerdo con los valores de peso y umbral definidos por el usuario, este punto central podrá tener su clase substituida por la clase de mayor frecuencia en la vecindad.

El **peso** varía de 1 a 7 y define el número de veces que será considerada la frecuencia del punto central.

El **umbral** varía también de 1 a 7 y corresponde al valor de frecuencia por encima del cual será modificado el punto central.

La definición del peso y el umbral dependerá de la experiencia del usuario y de las características de la imagen clasificada. Cuanto menor el peso y el umbral, mayor será el número de substituciones que serán realizadas.

- clic en **Directorio...** para informar donde será creado el archivo de contexto. La ventana "**Selección de Archivo**" se presenta. Por *default* el SPRING sugiere el directorio correspondiente al proyecto activo y este archivo tendrá la extensión *.ctx. Se recomienda mantener el directorio indicado, ya que al hacer [backup](#) de sus bancos, estos archivos estarán incluidos;
- clic en **Crear...**; Se presentará el cuadro de diálogo "Creación de Contexto". Escriba el nombre deseado y el metodo por el que lo desea realizar la clasificacion (píxel y regiones), y seleccione las bandas que desea realizarle la clasificacion



NOTA: En caso que desee borrar un archivo de contexto, **haga clic** sobre el nombre de dicho archivo en la lista y clic en **Borrar**.

En la ventana "**Clasificación**", después de seleccionar un archivo de contexto en la lista, clic en **Entrenamiento...** para definir las muestras en la ventana "**Entrenamiento**". El sistema exigirá una imagen cualquiera en la pantalla activa. Podrá ser utilizada cualquier imagen, inclusive una diferente de las que fueron escogidas en el archivo de contexto;

- después de haber definido las muestras, vea el [procedimiento para analizarlas y realizar la clasificación](#).
- En la ventana "**Clasificación**", después de haber [definido el entrenamiento](#) adquiriendo las muestras, **haga clic** en **Clasificación...** para analizar dichas muestras en la ventana "**Clasificación de Imágenes**" y decidir por clasificar la imagen;

- Después de haber clasificado la imagen podrá o no decidir por aplicar una [postclasificación](#).

Normalmente una clasificación por píxel se presenta con mucho ruido, principalmente en regiones de la imagen donde existe una variación muy intensa entre los niveles de gris. Así, puede ser conveniente aplicar un filtraje para eliminar algunos píxel aislados, pero no es un paso obligatorio.

- en la ventana "**Clasificación**", después de haber [ejecutado una clasificación](#), **haga clic** en **Post-clasificación...** para aplicar esta función. La ventana "**Post-clasificación**" se presenta;
- luego de haber realizado la post-clasificación de la imagen, se podrá ejecutar el [Mapeo](#) para crear un mapa temático.
- en la ventana "**Clasificación**", después de haber [realizado una clasificación](#) o una [postclasificación](#), **haga clic** en **Mapeo...** para crear un mapa temático a partir de una imagen clasificada.

18. Restauración

La restauración es una técnica de corrección radiométrica que tiene como objetivo; atenuar las distorsiones originadas por el sensor óptico en el proceso de generación de las imágenes digitales.

Se puede decir que la imagen digital es una copia poco nítida de la escena, ya que los detalles que pueden ser vistos en la escena son suavizados debido a las limitaciones del sensor. La idea de restaurar la imagen es reducir este efecto de falta de nitidez y obtener una imagen realzada.

La corrección es realizada a través de la aplicación de un filtro lineal. Los pesos del filtro de restauración son obtenidos a partir de las características del sensor, y no de forma empírica como es hecho en el caso de los filtros de realce tradicionales. En este caso, el filtro es específico para cada tipo de sensor y banda espectral.

El acceso a función de **Restauración**, en menú principal de SPRING, solamente será posible cuando hubiera imágenes en un proyecto **sin proyección** cartográfica, así garantiza que las mismas no fueron alteradas.

- **seleccione** una **imagen** (PI) en el **Panel de Control**;
- **haga clic** sobre **Imagen**, en la barra de menús y seleccione la opción **Restauración...** en la pantalla principal;
- **seleccione** el tipo de **Imagen**, correspondiente a la imagen escogida anteriormente, entre las siguientes opciones:

- o Spot-P: Imagen Spot, banda pancromática;
 - o Spot-X: Imagen Spot, bandas espectrales;
 - o TM: Imagen Landsat-TM;
- **seleccione** la **Banda** de la imagen; En la opción (1), del procedimiento anterior, la banda ya está automáticamente definida como la pancromática y por lo tanto no aparece la opción de selección de bandas en la interfaz. En la opción (2), se pueden escoger las bandas 1, 2 ó 3. En la opción (3) se pueden seleccionar las bandas 1, 2, 3, 4, 5, 7.
- **defina** el **Nombre** del **PI** que contiene la imagen de salida; Después del procesamiento, la imagen corregida será guardada en el disco.
- **defina** el tamaño del **píxel** de la imagen de salida. La imagen procesada puede ser generada en una escala diferente de la escala de la imagen original, de acuerdo con las opciones definidas en la interfaz;
- **haga clic** en el botón **Ejecutar**, para dar inicio al procesamiento.



19. Eliminación de Ruido

En el proceso de generación de imágenes, algunos ruidos son introducidos en las imágenes. Generalmente, los pixels con ruido aparecen como puntos con niveles de gris bien diferentes de su vecindad (oscuros -negros- o saturados -blancos-). Estos puntos pueden aparecer distribuidos aleatoriamente o en forma sistemática (fajas verticales y horizontales). Las causas de dicho ruido pueden ser fallas de los detectores, limitaciones del sistema electrónico del sensor, entre otros.

El algoritmo usa dos umbrales: Umbral Inferior y Umbral Superior. El usuario deberá definir los valores de los umbrales que serán utilizados en la caracterización de los puntos con ruido. Antes de la ejecución de la función, se

recomienda que el usuario haga un análisis previo del ruido en la imagen, a través de la función del SPRING, **Lectura de píxel**. Este análisis permitirá al usuario seleccionar los umbrales adecuados para el nivel de ruido a ser eliminado de la imagen.

Para saber si un punto en la imagen $P(i, j)$ (i es la línea y j es la columna) es ruido o no, se analizan solamente sus vecinos superior $P(i-1, j)$ e inferior $P(i+1, j)$.

Selección del Umbral Inferior. Un punto será considerado ruido cuando su nivel de gris sea menor de los niveles de gris de sus dos puntos vecinos de las líneas de arriba y de abajo por una diferencia mayor que el umbral inferior definido. En caso de que el punto corresponda a ruido, será substituido por la media de los dos puntos vecinos. El valor "default" para este parámetro es 8.

Selección del Umbral Superior. Un punto será considerado ruido en caso de que su nivel de gris sea superior al de los dos puntos vecinos de arriba y de abajo (línea de arriba y de abajo) por una diferencia mayor que el umbral superior. En este caso el punto también será substituido por la media de los dos puntos vecinos. El valor "default" para este parámetro es 25.

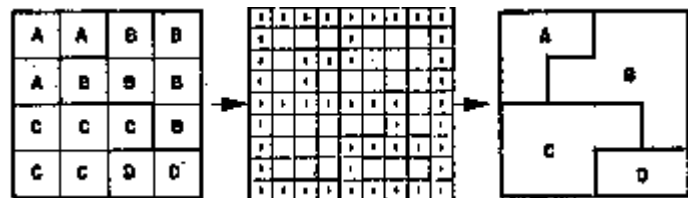
- **seleccione** una imagen (PI) en el **Panel de Control**;
- clic en **Ejecutar - Visualizar** () en la pantalla en la que se desea visualizar la imagen;
- **haga clic** sobre **Imagen**, en la barra de menús y seleccione la opción **Eliminación de Ruido...** en la pantalla principal. La ventana "**Eliminación de Ruido**" se abrirá;
- **defina** los valores de los parámetros **Umbral Inferior** y **Umbral Superior**;
- **escriba** el nombre del **PI de salida**, en el cuadro de texto **Nombre**;
- **haga clic** en **Área del Proyecto...** para definir el área a ser procesada;
- **haga clic** en el botón **Ejecutar**, para iniciar el procesamiento.



20. VECTORIZACION

La conversión de la representación raster a vectorial, Extrae los contornos de los objetos, se deben crear también las relaciones espaciales entre ellos, tales como relaciones de vecindad y pertenencia entre polígonos, y conectividad entre arcos.

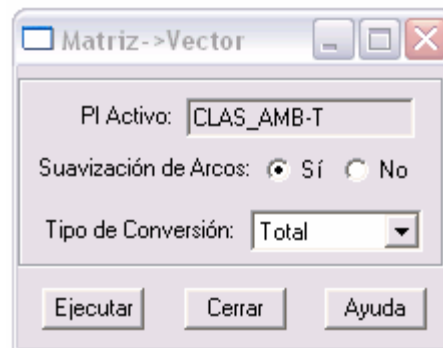
A partir de la imagen original, el algoritmo genera una imagen binaria conteniendo apenas las fronteras entre lo objetos presentes, como en el ejemplo mostrado a continuación:



1. Las fronteras son construidas entre los "pixels": si la imagen original tiene formato $(n \times n)$, donde n es el número de líneas y el número de columnas, la imagen binaria tendrá tamaño $(2n + 1) \times (2n + 1)$.
2. Durante la conversión de la imagen para el formato binario, se detectan también los nodos.
3. A continuación, los contornos de los objetos son extraídos (vectorizados) a partir de la imagen binaria y suavizados para minimizar el "efecto de escalera", característico de la representación raster.
4. Finalmente, se construyen los polígonos y las relaciones espaciales (vecindad y pertenencia entre polígonos, y conectividad entre arcos).

Antes de utilizar esta función, se debe observar el aspecto de la imagen temática. El aspecto está directamente relacionado a su homogeneidad. Cuánto mas homogénea la imagen, mayor la probabilidad de obtener éxito en la vectorización.

- active el **Banco de Datos** () y el **Proyecto** () deseado;
- **seleccione** en el "**Panel de Control**" el PI de la categoría **Temática** de representación matricial (imagen) que tendrá sus clases representadas en el formato vectorial;
- **clic** en **Temático - Raster -> vector...** en el menú principal;
- en **PI Activo**: informa lo que fue seleccionado por el "**Panel de Control**";
- **clic** en **Si** en el botón de **Suavización de Arcos** para que esta sea ejecutada o **clic** en el **si** desea que el formato vectorial considere los bordes matriciales;
- escoja el **Tipo de Conversión** (**Total** o **Solo Arcos**). Si **Total** será creada la topología (ajuste de la línea y poligonalización), y si **Solo Arcos** solamente los archivos de líneas serán creados;
- **clic** en **Ejecutar** para efectuar la conversión.



21. Mosaico

El proceso de mosaicar puede ser definido como la unión de diferentes imágenes en una única imagen correspondiente a un área geográfica determinada (entiéndese como término imagen - mapas en las representaciones raster y/o vectorial).

El término **mosaico** en Sistemas de Informaciones Geográficas (SIGs) es un sinónimo de unión de mapas, o sea, mapas separados, no obstante adyacentes, son automáticamente agrupados en un único mapa. El producto final del mosaico es una imagen o un mapa topológicamente consistente, con continuidad física (Bonhom - Later, 1994).

En el mosaico entre planos de información de categorías iguales, todas las representaciones pueden ser transferidas del PI fuente para el PI destino. Ya en el caso de planos de información de categorías diferentes, ni todas o ninguna de las representaciones pueden ir de un PI para otro. **Por ejemplo:** un PI de la categoría temática (origen) solamente es copiado para un PI de la categoría numérica (destino), las representaciones de Líneas (L) y Puntos (P).

Para el mosaico de imágenes es fundamental que las imágenes estén georreferenciadas con aproximadamente la misma precisión. Las imágenes pueden estar en proyectos diferentes o en archivos GRIB que aún no son parte de un proyecto, en este segundo caso deben existir puntos de control asociados al archivo. Sin el registro no es posible mosaicar imágenes, una vez que no existe referencia geográfica asociada.

- cree un plano de información () del modelo Imagen (PI que recibirá los datos) y active el mismo en el "**Panel de Control**" (); o simplemente active uno ya existente;
- clic en **Editar - Mosaico...** o **Imagen - Mosaico...** en el Menú Principal;
- en la ventana "**Mosaico**", **escoja** en la lista **Proyectos** el que contiene los datos de origen. OBS: Se puede escoger inclusive el Proyecto activo, permitiendo de esta manera hacer copia de datos entre PIs de un mismo proyecto;
- **clic** en una **Categoría** de la lista. Las categorías mostradas se refieren solamente al Proyecto previamente escogido, en el cual existe por lo menos un PI asociado;
- **clic** en un **Plano de Información de Origen** en la lista. **Observe** que cuando el PI es del tipo imagen las representaciones existentes no son mostradas, pues el PI destino solamente puede ser del tipo imagen. En este caso el mosaico reconoce automáticamente cuando se trata de una imagen en niveles de gris o en colores (sintética);
- **haga clic** en el botón de selección **Mosaico** para adicionar datos al PI destino. En el caso que no active este botón será solicitada la confirmación para eliminar los datos existentes. En el caso de ser la primera vez que se aplica a un PI recién creado, no es necesario activar este botón;
- **haga clic** en **Área del Proyecto...** para seleccionar un área menor que el PI fuente
- **haga clic** en **Ejecutar** para completar el mosaico.

OBS: Repita los pasos anteriores para cada PI que será insertado en el PI destino.