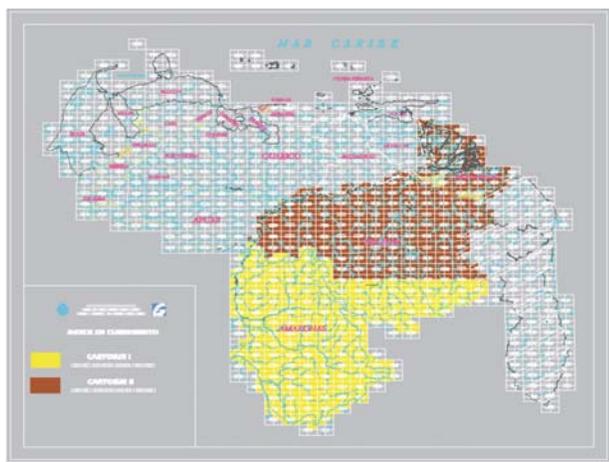


INTEGRACIÓN DE ORTOIMÁGENES DE RADAR DEL PROYECTO CARTOSUR CON DATOS ÓPTICOS PROVENIENTES DE LAS IMÁGENES LANDSAT CON FINES DE INTERPRETACIÓN VISUAL

Lic, Julia Miguel

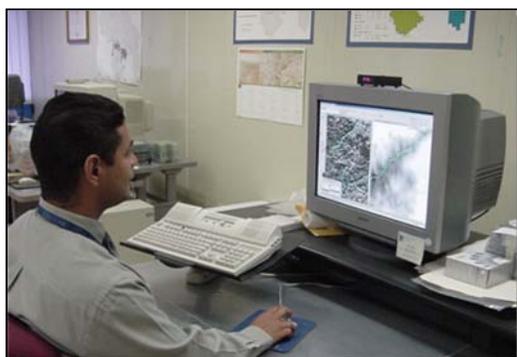
Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar

La nubosidad propia de la región al sur del Orinoco, en Venezuela, dificultaba, y en algunos casos impedían, hacer vuelos fotogramétricos, o que estos lograran una cobertura fotográfica libre de nubes. A partir de ese año, el Estado Venezolano toma la decisión de utilizar otros sensores que permitieran la toma de datos con fines cartográficos, e inicia el Proyecto Cartográfico del Sur (CARTOSUR) en su Fase I, para el levantamiento de información territorial del sur del Orinoco con tecnología que no se viera afectada por la nubosidad como es el radar. Este Proyecto utilizó un Radar de Apertura Sintética (SAR por sus siglas en inglés) de tipo Interferométrico, primero en banda X (CARTOSUR I), y en el año 2003, se completa el Proyecto en su Fase II utilizando las bandas X y P (CARTOSUR II). Esto significa que, en la actualidad, el 57% del territorio venezolano está cubierto con ortoimágenes de radar aerotransportado de apertura sintética o SAR.



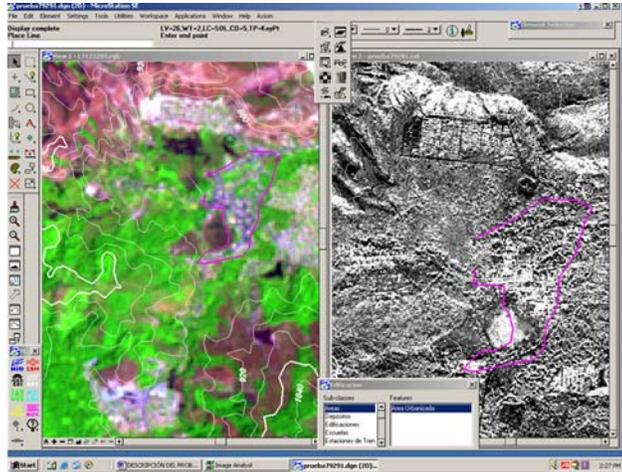
Índice de cubrimiento del Proyecto CARTOSUR (I – amarillo- y II –marrón-)

El objetivo principal del Proyecto Cartosur, es la elaboración de la cartografía básica de los estados Amazonas, Bolívar y Delta Amacuro a escala 1:50.000, a partir de la interpretación de ortoimágenes de radar SAR. El intérprete debe llevar a cabo una captura monoscópica identificando los elementos del territorio contenidos en la ortoimagen de radar, tal como se observa en la siguiente foto



Pero además, la interpretación de las ortoimágenes de radar puede apoyarse en las imágenes Landsat, para complementar la interpretación en aquellos aspectos en los que el radar no

proporcione claridad sobre el elemento a interpretar. Sin embargo, este uso simultáneo pudiera ser realizado de forma más óptima y sistemática, aprovechando el potencial de los sensores y las opciones disponibles en los programas de procesamiento digital de imágenes. De esta manera se lograría apoyar las actividades de captura de información en el IGVSB que hasta ahora usa los productos de los sensores por separado y así optimizar los recursos disponibles.



Ejemplo de uso simultáneo, más no combinado o fusionado, de imágenes de radar y ópticas en el proceso de elaboración cartográfica a partir de la interpretación de los productos del Proyecto CARTOSUR (I)

OBJETIVO GENERAL

Determinar, si la combinación o fusión de ortoimágenes de radar SAR del Proyecto Cartosur e imágenes Landsat TM, permite lograr un mejor análisis visual de los elementos del territorio, que si se utilizan las imágenes de los diferentes sensores por separado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

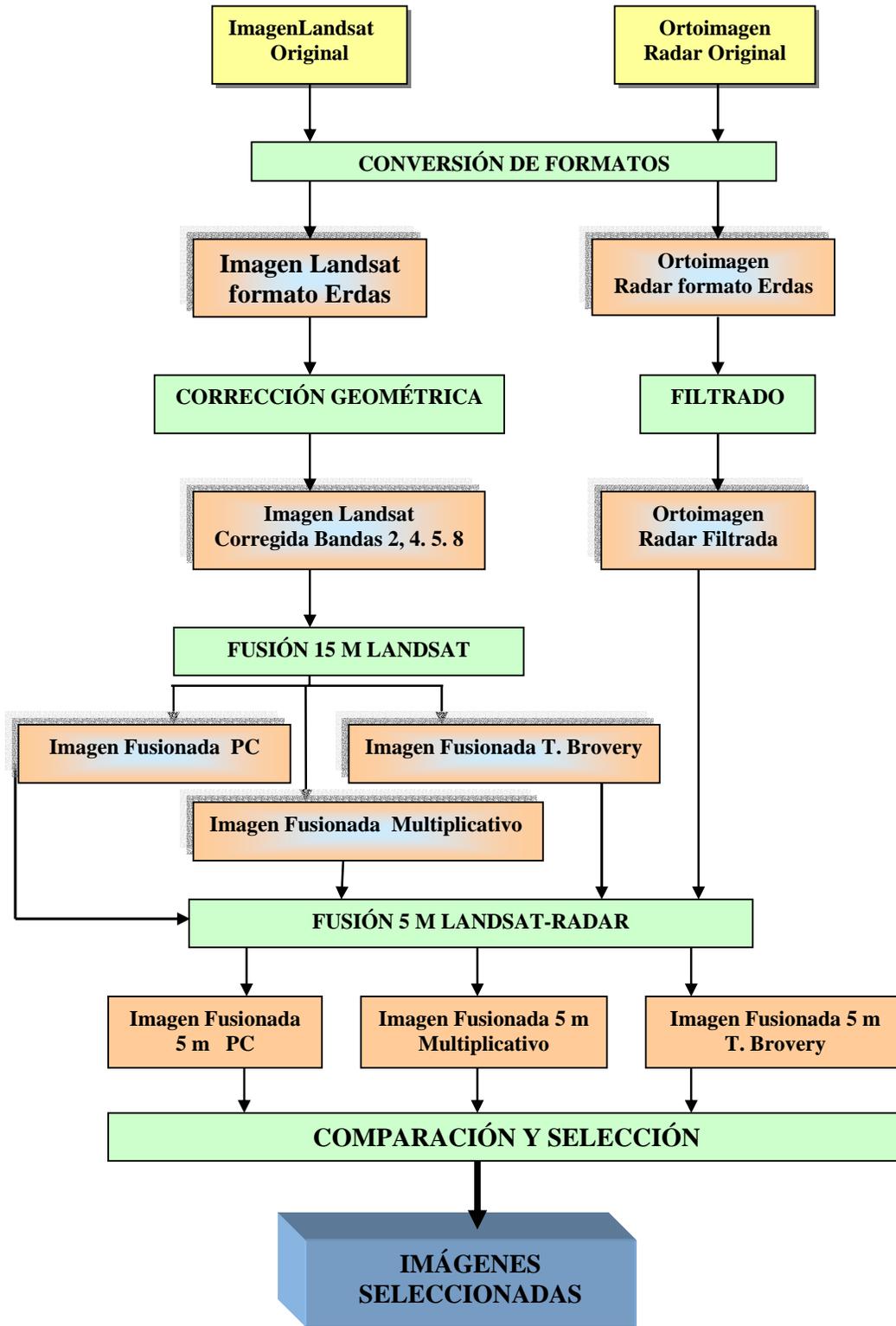
- Fusionar una imagen de radar y una imagen óptica con la opción "Resolution Merge" disponible en el programa informático ERDAS IMAGE 8.5
- Evaluar visualmente el resultado de las fusiones
- Comparar las ortoimágenes fusionadas entre sí
- Estimar las diferencias entre las ortoimágenes fusionadas
- Determinar cual método de fusión es el más adecuado para asistir a los operadores en la fase de interpretación visual del proceso cartográfico

MODELO CONCEPTUAL

El presente trabajo quiere determinar si combinando o fusionando imágenes de radar SAR del Proyecto Cartosur e imágenes Landsat TM (sensor óptico), se logra una mejor interpretación visual de los elementos arriba descritos, que si se lleva a cabo la interpretación visual de la ortoimagen de radar y se utilizan las bandas de Landsat TM como complemento, pero separadas entre sí. Se parte de la premisa de que las imágenes de radar tienen la ventaja de no verse afectadas por las nubes y ofrecen información complementaria a la recogida por los sensores ópticos (tal como la textura), mientras que las imágenes ópticas, como las del Landsat, muestran una mayor información espectral, especialmente apropiada para determinar tipos de cobertura del suelo. Combinar estos dos tipos de imágenes pudiera permitir aprovechar la complementariedad de la información que ambas proporcionan.

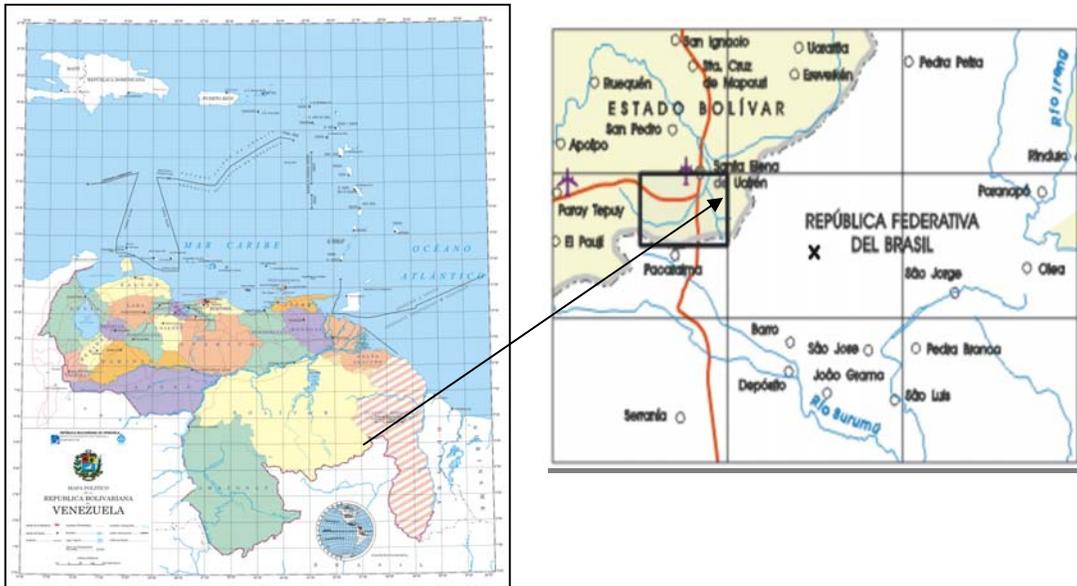
Las técnicas de combinación de sensores permiten incrementar la resolución espacial de las imágenes Landsat, pues mientras estas últimas tienen una resolución espacial de 30 m, las imágenes de radar del Proyecto Cartosur cuentan con una resolución de 5 m.

Modelo



ÁREA DE ESTUDIO

El Proyecto Cartosur en su primera fase o Cartosur I, comprende el territorio del estado Amazonas y sur del estado Bolívar hasta 5°10' latitud Norte. De esta cobertura se ha seleccionado la carta 7929-I que contiene a la ciudad de Santa Elena de Uairén. La escala de la carta es de 1: 50.000 con una superficie aproximada de 504 km². La selección del área se explica por contar con cartografía elaborada por procedimientos aerofotogramétricos tradicionales (Proyecto Catastro Minero, 1970-1978), así como cartografía elaborada a partir de la interpretación de ortoimágenes de radar del Proyecto Cartosur (I). Esta cartografía reciente tiene, además, clasificación de campo llevada a cabo entre noviembre-diciembre de 2002. El área seleccionada corresponde al municipio Gran Sabana cuya capital es Santa Elena de Uairén, estado Bolívar. Se trata de un área que cuenta con elementos naturales y culturales del paisaje, lo que resulta especialmente importante para comprobar como responden los sensores ante elementos de diferente dimensión, naturaleza y geometría. Es un área de sabana, con algunos cerros de pendiente media, numerosas quebradas, siendo el río más importante es el Uairén; cuenta también con áreas urbanas y sus infraestructuras (aeropuerto, carreteras, trama urbana). Por último, es un sector fronterizo con Brasil.



MATERIALES

- Ortoimágen en banda X polarización VV de fecha enero 1999, a 8 bits y con resolución 5 m. Radar aerotransportado InSAR, Sensor AeS-1.
- Imagen 232-57 del satélite Landsat 7 E TM a 8 bits, de fecha 22 de enero de 2001 con 8 bandas (incluye la banda 8 pancromática con 15 m de resolución)
- Cartografía topográfica a escalas 1:25.000, 1:100.000
- Mapa topográfico 7929-1 a escala 1:50.000 elaborado a partir de la interpretación de la ortoimagen de radar objeto de estudio. Este mapa cuenta con clasificación de campo
- Programas informáticos: MicroStation SE., Image Analyst, ERDAS IMAGE 8.5

MÉTODO

Las ortoimágenes del Proyecto Cartosur I están en formato .cot, nativo de Image Analyst. Por lo que la misma se salvó en formato Geotiff para poder ser visualizado en el programa ERDAS IMAGE 8.5, y, posteriormente transformado al formato nativo de dicho programa que es .img. De la misma forma se procede con la imagen Landsat, la cual, por requerimientos del Proyecto, también se encuentra en este formato.

Las imágenes de radar presentan un cierto tipo de “ruido” conocido como moteado o speckle, propio de un sistema de iluminación coherente como lo es el radar. Este “ruido” produce en la imagen un efecto de “salpimentado”. El speckle se debe atenuar de tal forma que la imagen se vea menos granulada y presente un mejor aspecto cualitativo. Para atenuarlo se seleccionó del conjunto de filtros que para supresión de speckle tiene el Programa ERDAS IMAGE 8.5, el filtro Lee-sigma. De acuerdo a la bibliografía consultada (Zambrano, 2004, Schneider, 2004) es un filtro que da muy buenos resultados y que ha sido diseñado específicamente para la imágenes de radar. El filtro Lee-sigma utiliza la distribución estadística de los Niveles Digitales o ND (DN en inglés) dentro de la ventana que barrerá toda la imagen, que en este caso es de 3 x 3, y donde se hará en cada caso los cálculos. Este filtro está basado en la premisa de que la media y varianza del píxel de interés es igual a la media local y la varianza de todos los píxeles dentro de la ventana seleccionada.

Se usa un modelo matemático donde se supone que la imagen tiene un ruido multiplicativo y requiere que se calcule el coeficiente de variación de la imagen. La imagen en estudio tiene un coeficiente de variación de 0.377927.

Las imágenes de Landsat presentan un desplazamiento con respecto a las ortoimágenes de radar. Se procedió a corregir la imagen a imagen sirviendo la imagen de radar de control; el modelo utilizado es el polinomio de 2do. Orden, y el método el del vecino más cercano, que de acuerdo a lo indicado en Chuvieco, 1997, es el más apropiado para corregir una imagen. El error estándar aceptado para la corrección fue de menos de 5m, es decir, por debajo del valor de la resolución espacial de la ortoimagen de radar.

Este proceso se aplicó primero a la banda 8 que tiene 15 m de resolución espacial a fin de facilitar la identificación de lugares apropiados para colocar los puntos, y la precisión en su colocación.

Estos puntos son guardados, así como el modelo aplicado, y se “corre” en las restantes bandas (2, 4, 5)

Convertidos los archivos al formato .img y debidamente corregida la imagen Landsat, se procedió a ejecutar la función Layer Stack, mecanismo de ERDAS para colocar en un archivo todas las imágenes que se quiere visualizar en RGB.

Seguidamente se llevó a cabo la fusión. Para ello se seleccionó la función Interpreter/Image Interpreter/Spatial Enhancement/Resolution Merge. En este punto se hicieron tres pruebas con los tres métodos disponibles: Principal Component, Multiplicative y Brovery Transform. El método de remuestreo seleccionado es el de convolución cúbica. Se selecciona este método pues, de acuerdo a la literatura consultada (Chuvieco, 1997), es el que facilita el análisis visual.

Descripción de los Métodos

El programa de procesamiento digital de imágenes cuenta con tres métodos de cálculo para hacer la combinación:

Componentes Principales: Este método calcula componentes principales, y aplica una transformación de componentes inversa principal.. Es usado preferiblemente cuando se requiere conservar la radiometría original de la imagen. Lamentablemente, esta exactitud radiométrica requiere de muchos cálculos por lo que el costo computacional es alto, es por consiguiente, el que requiere más recursos del sistema entre los tres métodos.

Multiplicativo: está basado en una simple integración aritmética de dos set de datos raster. Este método aplica un algoritmo simple multiplicativo que integra las dos imágenes raster; es el más simple de los tres métodos. Como es computacionalmente simple esto es generalmente el método más rápido y requiere menos recursos de sistema. Sin embargo, la imagen combinada resultante no conserva la radiometría de la imagen multiespectral inicial. En cambio, el componente de intensidad es aumentado, haciendo esta técnica muy buena para destacar rasgos urbanos (que tiende a ser elementos de alta retrodispersión en una imagen de radar).

Transformación Brovery: En este método se usan las bandas de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$[DN_{B1} / DN_{B1} + DN_{B2} + DN_{Bn}] \times [DN_{imagen\ de\ alta\ resolución}] = DN_{B1_nueva}$$

$$[DN_{B2} / DN_{B1} + DN_{B2} + DN_{Bn}] \times [DN_{\text{imagen de alta resolución}}] = DN_{B2_nueva}$$

etc. donde B = banda

Este método usa un algoritmo de proporción para combinar las imágenes.

La Transformación Brovey fue desarrollada para visualmente aumentar el contraste a los extremos de un histograma de la imagen (p. ej. proporcionar el contraste en sombras, áreas de agua y alta reflectancia como rasgos urbanos). Por consiguiente, no debería ser usado si se quiere conservar la radiometría de la escena original.

Para este trabajo se decidió usar los tres procedimientos para comprobar cual es el más apropiado para análisis visual, pues si bien la teoría señala cuales son las bondades de cada método, el área que reproduce la imagen en estudio cuenta con elementos tanto naturales como antrópicos, por lo que es factible que dependiendo del aspecto que se quiera resaltar o estudiar, se deba utilizar uno u otro sin desestimar ninguno.

Como la diferencia de resolución espacial entre las bandas ópticas (30 m) y el radar (5 m.) es relevante, se generó una imagen fusionada con el procedimiento arriba descrito pero sólo con las bandas del Landsat, tomando la pancromática de 15 m. (banda 8) como la de alta resolución, y las bandas 5,4, 2, como multispectral. Para la evaluación de las imágenes las mismas se desplegaron con esta combinación que permite ver la vegetación en verde y facilita la interpretación cuando se trata de elementos antrópicos.

Las imágenes obtenidas a partir de cada uno de los métodos, deben ser interpretadas visualmente tal y como se procedió con el mapa control elaborado a partir de la interpretación visual de la ortoimagen de radar, y que está corregido con la información obtenida en la clasificación de campo. Cada uno de los nuevos mapas fue comparado para determinar cual de ellos permite identificar mejor los elementos del territorio.

En suma se generaron las siguientes imágenes:

Land B orto m	Imagen Landsat fusionada por el método <i>Brovey Transform</i> (Transformación Brovey; el resultado de esta fusión se fusiona a su vez con la ortoimagen de radar por el método <i>Multiplicative</i> (Multiplicativo).
Land B orto B	Imagen Landsat fusionada por el método <i>Brovey Transform</i> (Transformación Brovey; el resultado de esta fusión se fusiona a su vez con la ortoimagen de radar por el método <i>Brovey Transform</i>).
Land B orto pc	Imagen Landsat fusionada por el método <i>Brovey Transform</i> ; el resultado de esta fusión se fusiona a su vez con la ortoimagen de radar por el método <i>Principal Component</i> (Componentes Principales).
Land m orto m	Imagen Landsat fusionada por el método <i>Multiplicative</i> (Multiplicativo); el resultado de esta fusión se fusiona a su vez con la ortoimagen de radar por el método <i>Multiplicative</i> .
Land m orto B	Imagen Landsat fusionada por el método <i>Multiplicative</i> (Multiplicativo); el resultado de esta fusión se fusiona a su vez con la ortoimagen de radar por el método <i>Brovey Transform</i> (Transformación Brovey).
Land m orto pc	Imagen Landsat fusionada por el método <i>Multiplicative</i> (Multiplicativo); el resultado de esta fusión se fusiona a su vez con la ortoimagen de radar por el método <i>Principal Component</i> (Componentes Principales).
Land pc orto m	Imagen Landsat fusionada por el método <i>Principal Component</i> (Componentes Principales); el resultado de esta fusión se fusiona a su vez con la ortoimagen de radar por el método <i>Multiplicative</i> (Multiplicativo).
Land pc orto B	Imagen Landsat fusionada por el método <i>Principal Component</i> (Componentes Principales); el resultado de esta fusión se fusiona a su vez con la ortoimagen de radar por el método <i>Brovey Transform</i> (Transformación Brovey).
Land pc orto pc	Imagen Landsat fusionada por el método <i>Principal Component</i> (Componentes Principales); el resultado de esta fusión se fusiona a su vez con la ortoimagen de radar por el método <i>Principal Component</i> (Componentes Principales).

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En total se generaron 9 imágenes fusionadas con 5 m de resolución que fueron sometidas a diferentes pruebas para determinar cual o cuales, es o son la(s) más apropiada(s) para el análisis visual con fines de elaboración de cartografía básica.

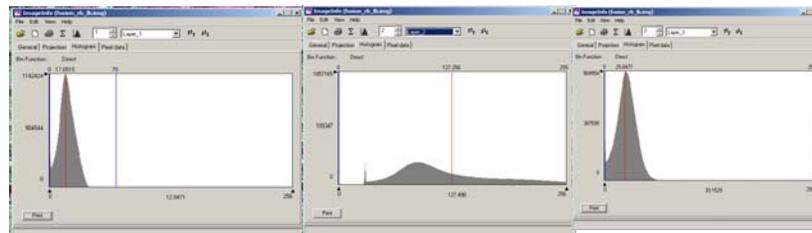
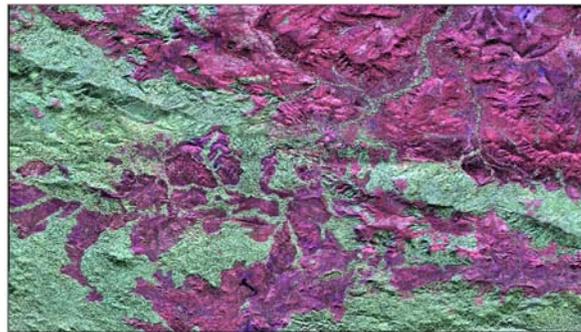
Las pruebas a que fueron sometidas las imágenes resultantes son las siguientes:

En primer lugar se evaluó de cada una de las 9 imágenes, el histograma y sus estadísticos asociados. La selección de las mejores imágenes desde un punto de vista estrictamente visual, es básicamente empírica; sin embargo, una evaluación previa del histograma de cada una de ellas, se consideró muy útil por proporcionar información muy importante con respecto a la intensidad y la dispersión de los valores de los niveles de gris (NG), siendo la dispersión la medida del contraste de la imagen. Cuanto mayor es la dispersión a lo largo del eje de los NG, mayor es el contraste de la imagen. El histograma proporciona una representación gráfica de cuantos pixeles están en cada franja de nivel de gris, y cuya distribución de los mismos permite determinar el contraste y rango dinámico, dando información cuantitativa de la **calidad de visual** de la imagen. El contraste permite describir el brillo de una imagen. Un contraste bajo significa que una gran cantidad de pixeles están concentrados en pocos niveles de gris, dejando el resto poco o completamente desocupados. Por el contrario, una imagen con alto contraste tiene un histograma con los pixeles ubicados en los extremos de la escala de gris.

Otro aspecto del histograma es cuánto del rango dinámico disponible es usado en la imagen. El rango dinámico real se refiere a los niveles de gris que realmente son ocupados del total disponible. Un rango dinámico bajo significa que los niveles de gris de la imagen están agrupados, mientras que una distribución de la escala de gris ancha muestra un rango dinámico alto. Un imagen con un pequeño rango dinámico no ocupa toda la extensión disponible de los niveles de gris. Esto indica baja resolución del brillo, con un contraste bajo. Un rango dinámico alto, generalmente implica una imagen bien balanceada, excepto en el caso de que existan dos picos extremos, en el cual la imagen es de alto contraste.

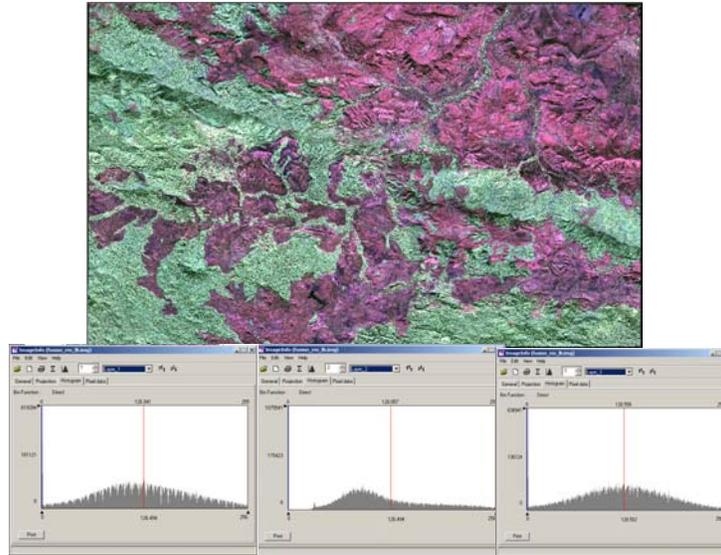
A continuación se presenta una cada imagen con uno de los tres histogramas, por cada una de las que fueron evaluados.

Land b orto b



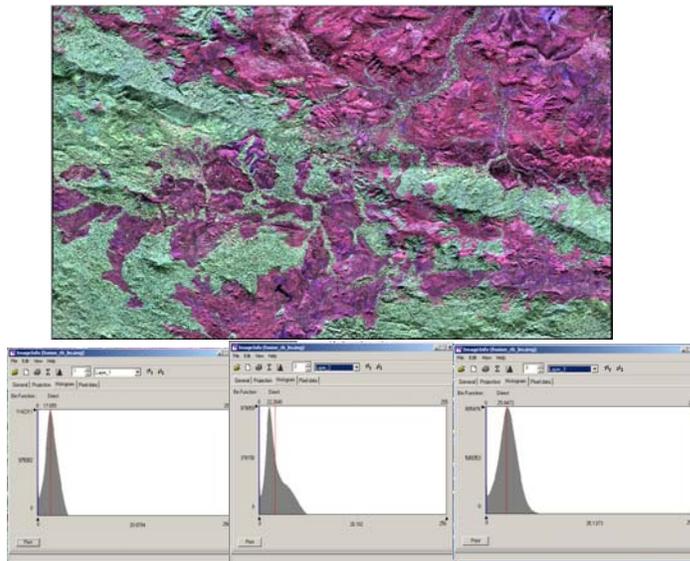
Las bandas 1 y 3 tienen un contraste bajo y un rango dinámico corto. Ambas indican que en la imagen predominan los tonos muy oscuros.

Land b orto m



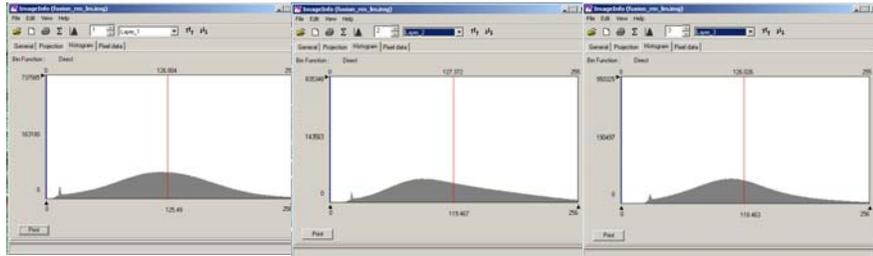
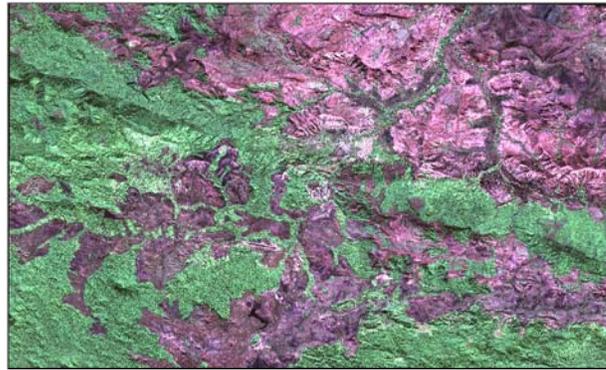
De acuerdo a lo que muestra el histograma, la imagen posee un contraste balanceado, alto rango dinámico y no hay un valor que predomine de manera sobresaliente sobre los demás.

Land m orto b



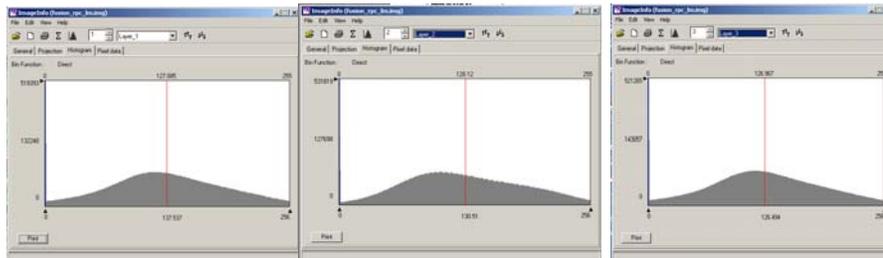
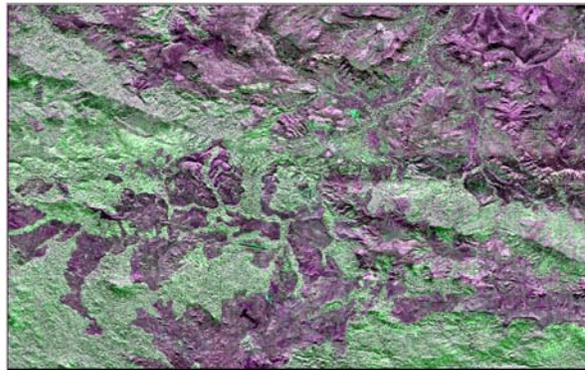
Las bandas tienen un contraste bajo y un rango dinámico corto e indican que en la imagen predominan los tonos muy oscuros.

Land m orto m



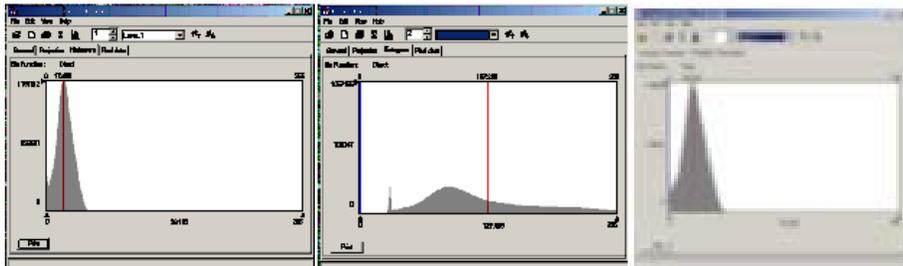
De acuerdo a lo que muestra el histograma, la imagen posee un contraste bien balanceado, alto rango dinámico y no hay un valor que predomine de manera sobresaliente sobre los demás. Buen balance de tonos y los valores extremos son escasos y no influyen el balance tonal de la imagen.

Land m orto pc



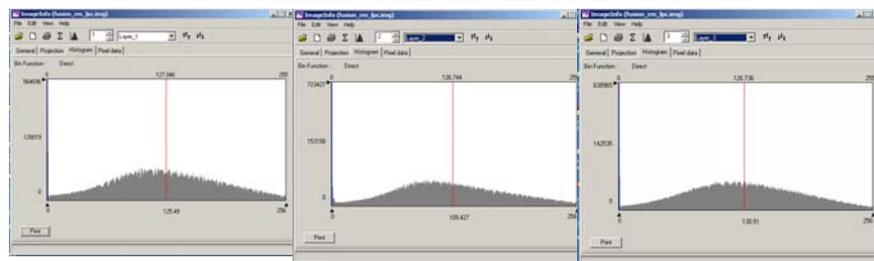
El histograma, la imagen posee un contraste bien balanceado, alto rango dinámico y no hay un valor que predomine de manera sobresaliente sobre los demás. Buen balance de tonos y los valores extremos son escasos y no influyen el balance tonal de la imagen.

Land pc orto b



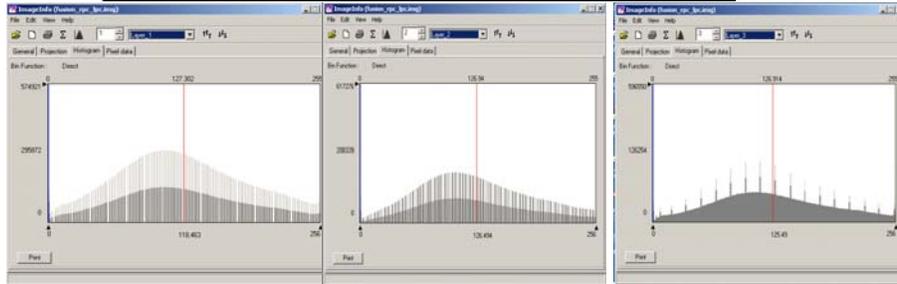
Las bandas 1 y 3 tienen un contraste bajo y un rango dinámico corto. En ambas predominan los tonos oscuros.

Land pc orto m



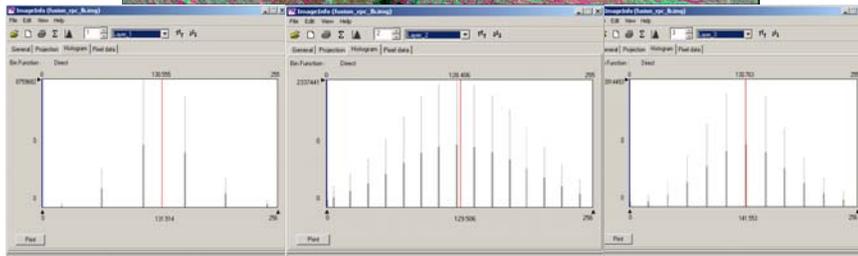
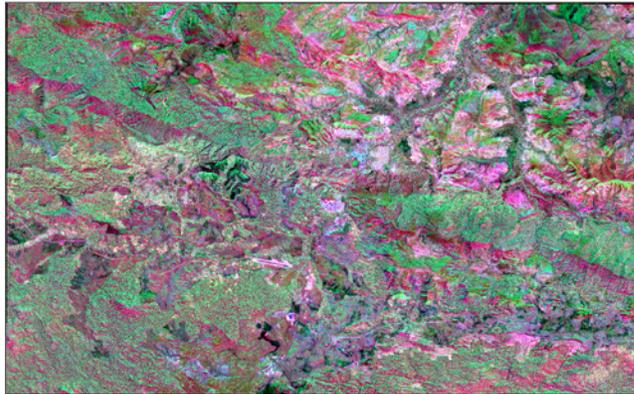
De acuerdo a lo que muestra el histograma, la imagen posee un contraste bien balanceado, alto rango dinámico y no hay un valor que predomine de manera sobresaliente sobre los demás.

Land pc orto pc



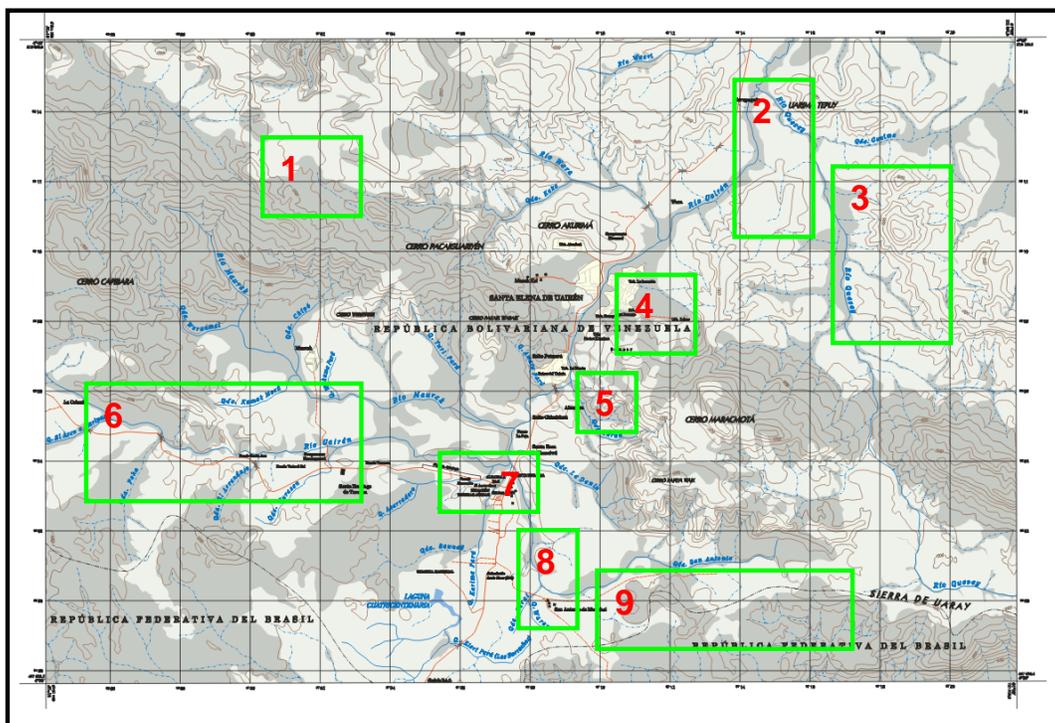
De acuerdo a lo que muestra el histograma, la imagen posee un contraste bien balanceado, alto rango dinámico. El histograma muestra varios tipos de coberturas.

Land b radar pc



El histograma indica que los valores se distribuyen a lo largo de todo el rango dinámico, pero como no es posible separar un valor cualquiera en dos diferentes, donde hay relativamente gran número de píxeles se separan del resto en proporción del número de píxeles de ese valor. El resultado visual es mucho más “brusco”

En segundo lugar, y para llevar a cabo esta fase de la evaluación, se seleccionaron áreas representativas de diferentes aspectos del paisaje tales como bosques de galería, área límite entre el bosque y la sabana, diferentes áreas urbanas, la vialidad, la pista de aterrizaje y diferentes cuerpos de agua. Cada una de estas áreas se comparó en cada una de las imágenes fusionadas. Las áreas seleccionadas se indican en el siguiente mapa que corresponde al área de estudio y se identifican con un número



Para determinar cual o cuales serían la(s) mejor(es) imagen(es) se solicitó la cooperación de los 3 operadores que laboran en el IGVSB en el área de restitución, y que serán los usuarios de la(s) imagen(es) fusionadas. Para llevar a cabo esta tarea se elaboró un instructivo acompañado del gráfico del área de estudio en el que se señalaron las 9 áreas representativas de los elementos de interés en la evaluación de las imágenes. En los anexos se puede detallar las planillas de cada uno de los operadores con sus respuestas. Las respuestas contenidas en las planillas fueron vaciadas en un cuadro resumen y los resultados fueron los siguientes:

- El mayor nivel de aceptación es para la imagen identificada como Landm_rm
- La imagen con mayor nivel de rechazo es la identificada como Landm_rpc

Los resultados de acuerdo a las 9 áreas de interés fueron los siguientes:

ÁREA	IMAGEN(ES)
1.- Bosque-Sabana	Landm_rm
2.-Hidrografía	Landpc_rm
3.-Hidrografía	Landm_rm Landpc_rpc
4.-Urbano	Landm_rm
5.-Urbano	Landm_rm Landb_rm
6.-Vialidad	Landm_rm Landpc_rm
7.-Pista de aterrizaje	Landpc_rm
8.-Urbano	Landm_rm Landb_rm
9.-Vialidad	Funciona bien con todas las imágenes excepto con Landm_rpc

De las 9 áreas evaluadas, en 7 de ellas aparece seleccionada la imagen Landm_rm. De la categoría 4 a la 9 que contemplan elementos antrópicos en su totalidad, la imagen Landm_rm da buenos resultados, sin embargo, para la hidrografía no fue satisfactorio el resultado en esta imagen. Para la hidrografía la mejor respuesta corresponde a la imagen Landpc_rm

CONCLUSIONES

Los resultados expuestos son el resultado de dos tipos de evaluación. En primera instancia se hizo una selección sobre la base de la evaluación del histograma, al considerar que el mismo cuantificaba apropiadamente la calidad "visual" de la imagen. En segunda instancia se consideró conveniente que el personal al que va destinado este producto interviniera en la escogencia de la mejor, o mejores imágenes, sobre la base de su experiencia, pero sin conocimiento de los procedimientos utilizados.

Para lograr de los restituidores las respuestas más genuinas, se les dieron las instrucciones sobre como llenar la planilla, se les solicitó que no colocaran el nombre y no se les informó de las características de los métodos utilizados para evitar en lo posible respuestas sesgadas.

La evaluación se llevó a cabo en su lugar habitual de trabajo, con los programas que habitualmente utilizan para su trabajo de captura de información, comprobando la perfecta compatibilidad con el CAD que se utiliza en el IGVSB para la elaboración de la cartografía básica, y además, sin la presencia del investigador, garantizando así total libertad de selección.

Después de revisar y contabilizar los resultados de la evaluación de las imágenes, resultado de la aplicación de los tres métodos de fusión de que dispone el programa ERDAS IMAGE 8.5, se concluye que la imagen que tuvo mayor aceptación por parte de los restituidores, fue la identificada como **Landm_rm**. Esta imagen es el resultado de utilizar el método de fusión "Multiplicative" en las dos fases de fusión, que favorece la identificación de elementos urbanos, normalmente los de más alta retrodispersión, y los de mayor interés en este caso.

Esta imagen es también una de las presenta un histograma mejor balanceado, por lo que se puede concluir que hay una alta correlación entre el histograma de la imagen fusionada y la percepción que el intérprete tiene de la imagen.

A priori, pudiera pensarse que las imágenes donde el método de fusión es el de Componentes Principales, deberían dar mejores resultados, debido a que es el método que mejor conserva la radiometría de la imagen, requiriendo para ello más recursos computacionales por lo laborioso de los cálculos. Sin embargo, es el método cuyo algoritmo es más simple y el que no conserva la radiometría original, el que dio los mejores resultados de acuerdo a la evaluación de los futuros usuarios.

Se concluye que la fusión de imágenes radar con ópticas, definitivamente ayuda a identificar elementos de carácter antrópico y, por lo tanto, apoyar las labores de captura de datos a partir de la interpretación de ortoimágenes de radar del Proyecto Cartosur, Fase I, que se lleva a cabo en el IGVSB, pudiendo incorporar este procedimiento en la metodología de trabajo de la Coordinación de Cartografía Básica.

DOCUMENTACIÓN CONSULTADA

Análisis del Radar de Imágenes JERS-1 e Imágenes Landsat, la del para Determinación del tipo de Humedales Llanuras del Inundación en la TCO. Guarayos-Santa Cruz Bolivia. <http://www.museoelkempff.org/Areas/Geografia/investigaciones/pdf/deterHumedales.pdf>.

Álvarez J, al del et. 2002. Combinación del Radar de Imágenes (ERS-1 y RADARSAT-1) y Ópticas (IRS-1C Multiespectral y Pancromático) para Representar Distribución del las Cubiertas el en de Vegetales Zonas Forestales. Aplicación el al de Práctica Grupo de Montes de Sabaiza. XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Santander, España, junio <http://departamentos.unican.es/digteg/ingegraf/cd/ponencias/56.pdf>.

Chuvieco, E., 1996. Fundamentos de Teledetección Espacial. 3ª revisada de la edición Ediciones RIALP S.A. Madrid

Gascón J. 1982. El Mapa su Contenido y Lectura. Dirección de Cartografía Nacional. Caracas.

Graciani S y Leao E. 2003. Determinación del la Cobertura de Plantas Acuáticas en Lagos Tropicales. Congreso del la Ciencia Cartográfica y VIII Semana Nacional de Cartografía, Buenos Aires.

Lewis A. J. al del et. 1995. Fusión de Imágenes del Satélite Landsat Thematic Mapper y de Radar de Apertura Sintética Aerotransportado para Facilitar la Delineación del Litoral. Serie Informes Técnicos, 95-008. http://www.osradp.lsu.edu/1995_Deliverables/Lewis95/Lewis95.html

Lobo A., et al. 1995. Estudio del la el Información aportada por las Imágenes Radar ERS-1.SAR.PRI y las TM para la Identificación de Cultivos. Revista de Teledetección N4..

López Sánchez J.M. 1999. Análisis de la Estimación de Parámetros Físicos de la Vegetación mediante Polarimetría Radar. Tesis Doctoral presentada a la Universidad Politécnica del Valencia para la obtención del título de Doctor Ingeniero de Telecomunicaciones. <http://www.disc.ua.es/~juanma/docs/tesis.pdf>

Mangolini M. y O. Arino. Fusión de Imágenes Multitemporales ERS-SAR y Landsat-TM para las Estadísticas de la Cosecha. ESA/ESRIN Projects & Diseñando Sección, División de Observación de Tierra. Italia. <http://esapub.esrin.esa.it/eog/eog51/man51.htm>

Núñez, K., Uso de sensores remotos y técnicas del procesamiento del imágenes para el mapeo geológico del área San Antonio del Sur, Cuba. <http://espejos.unesco.org.uy/simplac2002/Ponencias/Geom%E1tica%202002/GE065.doc>

Pérez M., Corbera J. y J. Calvet. 1995. Estudio de la Dinámica de la Línea de la nieve, en la Península Hurd (Isla Livingsgton-Antártida) a partir de las imágenes ERS-1 y LANDSAT-TM. Revista de Teledetección N4.

Proyecto MARNR-SAGECAN-IN-97-20 1999. Generación de Ortoimágenes de Radar en los estados Bolívar y Amazonas del la República de Venezuela. CARTOSUR. Producción del ortoimágenes: Informe Técnico 3. 31 /12/1999. Institut Cartogràfic de Catalunya.

Proyecto MARNR-SAGECAN-IN-97-20 1999 Generaciones de Ortoimágenes Digitales en los estados Bolívar y Amazonas del República de Venezuela. CARTOSUR. Informe del Proceso de la Imágenes del las LANDSAT. 20/11/1999. Institut Cartogràfic de Catalunya.

Rey Banayas J.M.. 1993. Perspectivas de la Teledetección en Investigaciones Ecológicas. Revista de Teledetección N2.. (En Línea)

Sánchez, N., 2003. Panorama Real de las Técnicas Mixtas de Clasificación de Imágenes Mediante Segmentación Espectral y Por Texturas. Aplicación un las Imágenes de Alta Resolución Espacial.

http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-eggeo.asp?id_articulo=288

Schneider Susanne (2004) La Evaluación de Nuevos Métodos de Clasificación para Imágenes de SAR X y P. Tesis. Universidad de Ciencias Aplicadas, Escuela de Geoinformation. Villach, 2004.

Tapiador F.J. y J.L. Casanova. 2001. Fusión de datos en Teledetección. Revista de Teledetección nº 15. 2001.

Zambrano, C (2004) Fusión de Imágenes del Radar Aerotransportado AeS-1 y Landsat, Mediante la Transformada Polinomial de Hermite. Tesis de Maestría en Ingeniería. UNAM. México.