

Una metodología práctica de generación de información de imágenes de percepción remota para los SIG

E. Pernía y J. López

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales

Escuela de Ingeniería Forestal, Laboratorio de Fotogrametría y Sensores Remotos Vía Chorros de Milla, Mérida 5101 (Venezuela)

E-mail: epernia@forest.ula.ve; jlopez@forest.ula.ve

RESUMEN

El presente trabajo permitió diseñar una metodología práctica para la extracción de información de las imágenes de percepción remota y su incorporación a los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Esta metodología hace uso de técnicas de procesamiento digital para corregir la radiometría y la geometría de la imagen, y para mejorar su calidad visual. Posteriormente aplica interpretación visual a través de dos modalidades, dependiendo del medio utilizado para desplegar la imagen: La pantalla de un sistema de procesamiento digital o un producto analógico (copia en un material fotográfico). En el desarrollo y prueba de la metodología se usó una imagen multispectral HRV de SPOT, tomada el 20 de enero de 1994, con la cual se elaboraron mapas de cobertura general a escala 1:100.000 y las bases de datos correspondientes de la Reserva Forestal de Caparo, Estado Barinas, Venezuela. Ambas modalidades metodológicas resultaron eficientes desde el punto de vista práctico. Sus ventajas y desventajas más resaltantes son discutidas.

PALABRAS CLAVE: Metodología, percepción remota, imagen SPOT, procesamiento digital de imágenes, interpretación visual, SIG.

ABSTRACT

The present work allowed the design of a practical methodology for extracting information from the remote sensing images and its incorporation to the Geographic Information Systems (GIS). This methodology makes use of digital processing techniques for the radiometric and geometric corrections of the image, and for the enhancement of its visual quality. Then, visual interpretation is applied, through any of the two following alternatives, depending on the mean for displaying the image: Interpretation on the screen of a digital processing system or interpretation on an analogy product (a copy on photographic material). In the developing and testing of the methodology, a multispectral SPOT -HRV image, taken the 20th of January of 1994, was used. General cover maps at the scale 1:100.000 and the corresponding data bases for the Capara Forest Reserve, Barinas State, Venezuela, were prepared. Both methodological modalities gave efficient results from the practical point of view. Their more conspicuous advantages and disadvantages are discussed.

KEYWORDS: Methodology, remote sensing, SPOT image, digital image processing, visual image interpretation, GIS.

INTRODUCCIÓN

En la presente década, el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el estudio del medio ambiente se ha expandido considerablemente. Una parte apreciable de la información sobre las condiciones ambientales, que debe ser incorporada a los SIG, proviene de las imágenes de percepción remota. Para la extracción de información de estas imágenes se cuenta con una variada gama de técnicas. En primer lugar, se han desarrollado y probado técnicas digitales de corrección geométrica, corrección radiométrica y de mejoramiento de la calidad visual de las imágenes (color y definición de los detalles). Se tienen métodos de manipulación de los datos multispectrales a través de operaciones algebraicas (índices de vegetación, por ejemplo), componentes principales y análisis dis-

criminante. También se cuenta con métodos de clasificación automatizada, supervisados, no supervisados e híbridos. En segundo lugar, continúan teniendo vigencia las técnicas visuales de interpretación de imágenes. La eficacia de las técnicas digitales de corrección geométrica, mejoramiento radiométrico, mejoramiento del color y la definición de los detalles ha sido ampliamente reconocida. Así mismo, los índices de vegetación, los componentes principales y el análisis discriminante constituyen medios útiles de reducción de bandas e integración de información. En relación con la extracción de información temática de las imágenes de percepción remota se sigue recurriendo tanto a las técnicas de clasificación automática como a la interpretación visual. No hay duda que la clasificación automática ha resultado ser la alternativa satisfactoria en numerosas aplicaciones.

Sin embargo, todavía hoy día, muchos especialistas, en diferentes partes del mundo, siguen manifestando su preferencia hacia la interpretación visual, sobre todo en proyectos de aplicación práctica, tomando en cuenta las ventajas que ofrece, en comparación con la clasificación automatizada, y a la luz de los resultados de las evaluaciones de ambos tipos de técnicas (Chuvieco, 1990; Chuvieco y Martínez, 1990; Schmitt-Furntratt, 1992; Larsson y Stromquist, 1995). Estas preferencias se basan en la consideración de que un intérprete, con buena formación en el manejo de las imágenes y en el tema objeto de estudio, y con apropiado conocimiento del área de trabajo, tiene mayor capacidad para obtener información, más variada y exacta, que un sistema digital a través de un método automático. La situación antes señalada ha conducido a plantear alternativas combinadas de extracción de información, que tratan de aprovechar las bondades tanto del procesamiento digital como de la interpretación visual. Es decir, producir imágenes mejoradas a través del procesamiento digital (correcciones radiométricas y geométricas, aumento de la definición, etc.), las cuales son posteriormente interpretadas visualmente. Estas alternativas pueden incluir imágenes resultantes de la aplicación de técnicas digitales de integración de información, como por ejemplo imágenes de componentes principales.

OBJETIVO

El trabajo aquí descrito tuvo como objetivo fundamental desarrollar una metodología práctica para la extracción de información básica y temática de las imágenes digitales de percepción remota y su incorporación a los SIG, haciendo uso de técnicas de procesamiento digital e interpretación visual. Se consideró importante que la metodología resultante pudiera cumplir con las siguientes condiciones: 1) Ser implementada en sistemas de procesamiento digital de imágenes (SPDI) y sistemas de información geográfica (SIG) basados en microcomputadores y estaciones de trabajo, disponibles en pequeños laboratorios y oficinas técnicas, y 2) Ser utilizada en el desarrollo de proyectos operativos de envergadura (una o varias imágenes SPOT o LANDSAT, por ejemplo).

MATERIALES Y EQUIPOS

La metodología fue desarrollada utilizando una imagen multiespectral HRV de SPOT, tomada el 20 de enero de 1994, la cual tiene buena calidad general y poca nubosidad. Esta imagen cubre la Reserva Forestal de Caparo, de 174.000 ha de superficie, localizada en el Estado Barinas, Venezuela. Adicionalmente se utilizaron cartas topográficas a escala 1:25.000, fotografías aéreas verticales pancromáticas a escala 1:25.000 y fotografías aéreas verticales a color, tomadas en fajas muestrales

con una cámara de 70 mm de formato, a escala 1:40.000 y 1:20.000.

Se utilizó un sistema de procesamiento digital de imágenes basado en un computador 486 dotado del software MIPS (Map and Image Processing System), versión 3.33 (Microimages Inc, 1993) y del software ArcInfo versión 3.4d+ (Esri, 1991).

METODOLOGIA

La metodología desarrollada consta de tres partes fundamentales. La primera parte consiste en la aplicación de técnicas de procesamiento digital para corregir la radiometría y la geometría, y aumentar la definición de los detalles. El resultado es una imagen digital de alta calidad visual al presentarse en el monitor del sistema de procesamiento. La segunda parte consiste en la interpretación visual de la imagen. En la presente metodología se diseñaron dos variantes para esta parte: A) Interpretación visual directamente en la pantalla del sistema de procesamiento y B) Interpretación visual sobre productos fotográficos, generados a partir de la imagen digital mejorada. La tercera parte consiste en la incorporación del resultado de la interpretación a un SIG. Los pasos que se llevan a cabo para aplicar la metodología en referencia se especifican a continuación (Figura 1):

1. Selección de la imagen a utilizar, que puede ser mono o multiespectral. Si la imagen multiespectral contiene más de las tres bandas requeridas para generar color, éstas deben seleccionarse a través de examen visual (Chuvieco, 1990), o a través de métodos numéricos (Sheffield, 1985; Jensen, 1986).

2. Revisión detallada de la imagen seleccionada (una o varias bandas), para detectar defectos tales como: Líneas faltantes, líneas corridas, puntos negros y puntos blancos, etc. y aplicar las correcciones apropiadas (Showendgerdt, 1983; Chuvieco, 1990; Lillesand y Kiefer, 1994).

3. Corrección geométrica de la imagen (una o varias bandas y/o composición a color) usando puntos de control tomados de cartas topográficas a escala apropiada (para imágenes HRV de SPOT y TM de LANDSAT se recomienda la escala 1:25.000 o algo mayor), o levantados en el terreno con instrumentos GPS (modo diferencial). En la corrección geométrica se incluye el remuestreo con una reducción del tamaño de los píxeles a la mitad o a un tamaño un poco menor que la mitad. Por ejemplo, para las imágenes HRV de SPOT, en el modo multiespectral, el nuevo tamaño de los píxeles puede ser 8 ó 10 metros y para las de modo pancromático 4 ó 5 metros, y para las imágenes TM de LANDSAT, 12 ó 15 metros. Si la topografía del terreno es montañosa y hay disponibilidad de modelos de elevación del terreno, o posibilidad de elaborarlos, podría realizarse una corrección geométrica completa que incluya la eliminación de las deformaciones debidas al relieve.

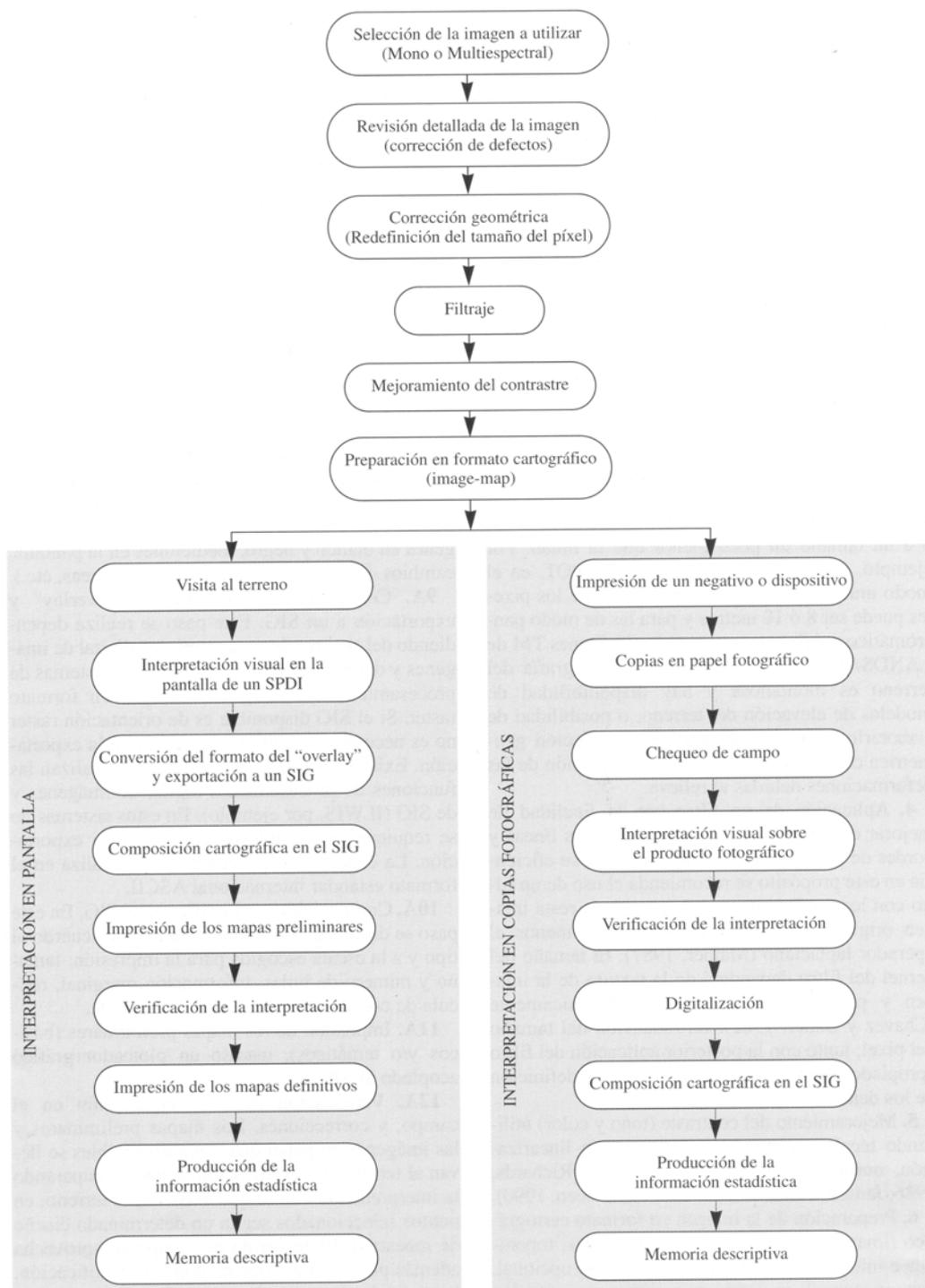


Figura 1. Dos modalidades para la producción de mapas a partir de imágenes digitales de percepción remota, usando procesamiento digital e interpretación visual.

4. Aplicación de un filtro con la finalidad de mejorar el contraste y la definición de las líneas y bordes de los detalles de la imagen. Por su eficiencia en este propósito se recomienda el uso de un filtro con los coeficientes resultantes de la resta imagen original, o un porcentaje de ella, menos el operador laplaciano (Mather, 1987). El tamaño del kernel del filtro dependerá de la textura de la imagen y puede ser determinado automáticamente (Chavez y Bauer, 1982). La reducción del tamaño del píxel, junto con la posterior aplicación del

filtro apropiado, aumenta sustancialmente la definición de los detalles.

5. Mejoramiento del contraste (tono y color) utilizando técnicas convencionales como la linealización, normalización, equalización, etc. (Richards, 1986; Jensen, 1986; Iyather, 1987; Chuvieco, 1990).

6. Preparación de la imagen en formato cartográfico (image-map) con red de coordenadas, toponimia e información marginal. Este paso es opcional, aunque con él se logra una mejor presentación

general de la imagen, sobre todo cuando la interpretación va a ser realizada sobre productos fotográficos.

A partir de la imagen digital mejorada se presentan dos alternativas para la interpretación visual, las cuales se desarrollan a continuación:

A. Interpretación visual en la pantalla del sistema de procesamiento digital de imágenes

7A. Visita al terreno, provisto de cualquier imagen analógica disponible, para comparar los detalles de la imagen con sus correspondientes en el terreno, probar la leyenda seleccionada y modificarla según la necesidad.

8A. Interpretación visual y generación de una o varias capas (overlays) con la delineación. En este proceso se utilizan las herramientas de interpretación y delineación que están disponibles actualmente en casi todos los paquetes de procesamiento digital de imágenes (trazado de líneas en la imagen con el ratón, ampliación, reducción, visualización en la pantalla de cualquier parte de la imagen, alternancia en la pantalla de la imagen a color y las imágenes en blanco y negro, mediciones en la pantalla, cambios de color de la imagen y de las líneas, etc.).

9A. Conversión del formato del "overlay" y exportación a un SIG. Este paso se realiza dependiendo del sistema de procesamiento digital de imágenes y del SIG con que se cuente. Los sistemas de procesamiento de imágenes trabajan en formato raster. Si el SIG disponible es de orientación raster no es necesario la conversión, sino sólo la exportación. Existen sistemas combinados que realizan las funciones de procesamiento digital de imágenes y de SIG (ILWIS, por ejemplo). En estos sistemas no se requiere ningún tipo de conversión ni exportación. La exportación generalmente se realiza en el formato estándar internacional ASCII.

10A. Composición cartográfica en el SIG. En este paso se diseña la estructura del mapa, de acuerdo al tipo y a la escala escogida para la impresión: tamaño y número de hojas, información marginal, retícula de coordenadas, colores y tramas, etc.

11A. Impresión de los mapas preliminares (básicos y/o temáticos), usando un ploteador gráfico acoplado al SIG.

12A. Verificación de la interpretación en el campo, y correcciones. Los mapas preliminares y las imágenes en papel que estén disponibles se llevan al terreno. La verificación se hace comparando la interpretación con lo que existe en el terreno, en puntos seleccionados según un determinado diseño de muestreo. El recorrido de campo se aprovecha además para visitar sitios de dudosa identificación, la cual debe ser aclarada en esta fase.

13A. Impresión de los mapas definitivos

14A. Producción de la información estadística de

B. Interpretación visual en copias en papel fotográfico

7B. Impresión de un negativo o diapositivo, de tamaño 20 cm x 20 cm, a partir de la imagen digital mejorada. Los impresores de película de este formato tienen un precio elevado, y su compra resulta inaccesible para pequeños laboratorios, empresas u oficinas gubernamentales locales. La alternativa viable y satisfactoria al respecto es contratar este servicio a centros nacionales o internacionales de mayor envergadura, que dispongan de esos instrumentos. Es necesario enviar la imagen en un medio apropiado (cinta exabyte, disco óptico-magnético, disco duro removible, etc.), en un formato compatible. Otra alternativa para un pequeño centro es adquirir un impresor de película de 35 mm, de buena fidelidad geométrica. En este caso no es conveniente imprimir toda o gran parte de una imagen SPOT o TM en un negativo de formato 35 mm (24 mm x 36 mm), por la degradación que ocurre al copiarlo ampliado a escalas de trabajo (1:100.000, por ejemplo). Es recomendable dividir la imagen y tomar los negativos por secciones de tamaño apropiado, obtener ampliaciones a la escala requerida y luego hacer un mosaico. En esta última operación la red de coordenadas de la imagen en presentación cartográfica (image-map) es una guía eficiente. Si el impresor tiene buena calidad geométrica, el mosaico resultante debe ser satisfactorio para continuar con la metodología aquí propuesta.

8B. Obtención de copias en papel fotográfico a escala definida, elaboradas en un centro especializado o laboratorio fotográfico profesional. En este caso es conveniente exigir calidad en el color, nitidez (definición de los detalles) y calidad geométrica (escala predeterminada y uniforme, lo cual puede comprobarse con la red de coordenadas). Estas consideraciones valen tanto para la copia de un negativo o diapositivo de 20 cm x 20 cm como para las copias de los negativos de 35 mm de secciones de la imagen, tratados en el punto anterior.

9B. Visita al terreno provisto de las copias obtenidas en el paso anterior (similar al paso 7 A).

10B. Interpretación visual sobre el producto fotográfico. Es recomendable colocar este producto, aunque la base sea de papel, sobre una mesa de luz. La delineación debe realizarse en una lámina de acetato transparente, colocada sobre la imagen. El intérprete puede ayudarse con lupas.

11B. Verificación de la interpretación en el campo, y correcciones. Las imágenes y la delineación en el acetato se llevan al campo para su comprobación, de manera similar a como se indicó en la otra variante metodológica (12A.).

12B. Digitalización. La información contenida en las láminas transparentes se digitaliza haciendo uso de los instrumentos de digitalización conoci-

dos: las tabletas digitalizadoras y los escáners. Las tabletas generan archivos vectoriales y los escáners generan archivos rasters. Es preferible usar el dispositivo que trabaje con el formato de archivos que usa el SIG, para evitarse las conversiones de formatos. Es necesario siempre editar la información digitalizada para eliminar los errores propios del método empleado. Los escáners, por ejemplo, tienden a generar "sombras" en la información. Esas sombras pueden ser eliminadas con un adecuado tratamiento de manipulación de contrastes. Con las tabletas digitalizadoras se generan liniecitas colgantes que producen los conocidos "dangling nodes" que alteran las relaciones topológicas de los polígonos delimitados. Este proceso normalmente es asistido por un SIG o por un sistema de procesamiento digital de imágenes.

13B. Conversión del formato del "overlay" y exportación al SIG (similar al paso 9A).

14B. Composición cartográfica, de manera similar a como se indicó en el aparte 10A.

15B. Impresión de los mapas definitivos, usando un ploteador gráfico acoplado al SIG.

16B. Producción de información estadística de las clases contenidas en los mapas.

La metodología antes señalada, con sus dos variantes, fue aplicada a la imagen multiespectral HRV de SPOT del 20 de Enero de 1994, para producir sendos mapas de cobertura vegetal y uso de la tierra, a escala 1:100.000, de la Reserva Forestal de Caparo, Estado Harinas, Venezuela (174.000 ha), localizada sobre una llanura aluvial (López, 1996). La imagen no ameritó correcciones radiométricas. Fue rectificadas geométricamente usando siete puntos de control, cuyas coordenadas UTM fueron obtenidas de cartas topográficas a escala 1:25.000. El tamaño del pixel fue redefinido en 10 metros y se aplicó un filtro de 3x3 con los coeficientes resultantes de la resta de la imagen original de cada banda menos operador laplaciano (0; -1; 0; -1; 5; -1; 0; -1; 0). El error medio cuadrático obtenido en la corrección geométrica fue de 24,8 metros. El color de la imagen fue mejorado a través de la aplicación de funciones de linealización a dos bandas y de normalización a la banda restante. La imagen fue posteriormente preparada en formato cartográfico (image-map), a escala 1:100.000. Este producto digital fue exportado al formato ERDAS y enviado en una cinta exabyte al Centro de Procesamiento Digital de Imágenes (CPDI), de la Fundación Instituto de Ingeniería, Caracas, para la producción de un diapositivo de tamaño 20 cm por 20 cm. De este diapositivo se obtuvieron ampliaciones fotográficas, a escala 1:100.000, en un laboratorio fotográfico comercial. Se realizó una visita al área de estudio en mayo de 1995 y se procedió luego a la interpretación visual, siguiendo separadamente las dos variantes metodológicas (en la pantalla del monitor del sistema de procesamiento digital y sobre la copia fotográfica). El trabajo fue realizado por un sólo intérprete y un

sólo asesor. Se utilizó una leyenda general con las 12 clases de cobertura siguientes: Bosque, bosque ralo de áreas bajas inundables, bosque ribereño, bosque de casidal¹, estero² sin uso pecuario, estero con uso pecuario, sabana sin uso pecuario, sabana con uso pecuario, plantaciones forestales a campo abierto, uso agropecuario (en áreas anteriormente cubiertas de bosque) y playa de inundación. En la primera variante, las capas de delineación en formato vectorial fueron exportadas al SIG ARC/INFO, con el que se preparó una versión preliminar del mapa. En la segunda variante se utilizó la técnica convencional de interpretación monoscópica, con la ayuda de lupas. La delineación fue realizada con marcadores de punta fina en una lámina de acetato colocada sobre la ampliación de la imagen en presentación cartográfica. Con el mapa preliminar de la primera variante y el acetato delineado en la segunda variante, y con la copia fotográfica de la imagen se procedió a la verificación de la interpretación, la tercera semana de enero de 1996. La verificación fue realizada usando un diseño opinático determinado por la vialidad existente, la cual permitió efectuar el chequeo de manera bastante uniforme en el área de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSION

El principal resultado del trabajo aquí descrito consistió en la metodología presentada anteriormente, la cual es eminentemente operacional.

La interpretación visual en la pantalla del monitor del sistema de procesamiento digital de imágenes resultó fácil de realizar con el software MIPS versión 3.33, lo cual es probable que resulte también con otros software de procesamiento de nivel similar. En este caso fue de gran ayuda para la interpretación, la mayor fidelidad de la imagen digital presentada en la pantalla, la capacidad de ampliación (zoom) y la posibilidad de alternar las imágenes de las bandas individuales y la imagen a color. La capacidad de ampliación permitió trazar con mayor fidelidad los detalles y los límites de las unidades. La delineación hecha generó una capa (overlar) que pudo ser exportada directamente al SIG, lo cual permitió conservar la fidelidad de la misma. La principal desventaja que se observó en esta variante fue la tendencia a producir fatiga visual en el operador, debido al titileo de la imagen en la pantalla. En el presente trabajo se usó un monitor Sony GDM 1606 de barrido vertical no entrelazado, de 60 Hz de frecuencia de refresca-

¹ Casidal: Comunidad boscosa muy particular en lo referente a su fisiognomía, estructura y composición florística, la cual se desarrolla en algunos sectores bajos, inundables del área de estudio. Deriva su nombre del casildo (*Acacia articulata*), una de las especies más frecuentes (Pernía, 1993).

² Estero: Nombre local dado a las áreas más bajas de las llanuras aluviales (cubetas de decantación). Los esteros permanecen inundados por ocho meses o más al año, y están cubiertos mayormente por herbazales de hoja ancha y de hojas lineares.

miento. Esta fatiga podría reducirse usando combinaciones de tarjeta de video y monitor, con frecuencia de refrescamiento vertical mayor de 75 Hz. En todo caso, para trabajos operativos intensivos, es conveniente utilizar dos o más intérpretes, quienes pueden alternar sus sesiones de trabajo de una o dos horas de duración. Dentro de cada sesión es conveniente tomar breves descansos de 3-5 minutos por cada 20-30 minutos de trabajo. Para la aplicación de esta variante metodológica pueden utilizarse buenos intérpretes de imágenes, quienes no necesitan ser expertos en procesamiento digital. En poco tiempo pueden ser entrenados en el manejo de las funciones básicas del sistema de procesamiento, necesarias para realizar su trabajo de interpretación y delineación, tales como colocar las imágenes y las capas (overlays) en la pantalla, ampliar, reducir, moverse dentro de la imagen completa del área, delinear, borrar, guardar la delineación, etc. Un operador con conocimientos de procesamiento digital de imágenes y de sistemas de información geográfica puede ir completando el trabajo (revisión de archivos, edición y depuración de vectores, exportación al SIG, etc.)

La interpretación visual en la copia fotográfica resultó más fácil aún de realizar. El cansancio visual fue mucho menor que en el caso de interpretación en pantalla. Puesto que la delineación se efectúa a una sola escala, los trazos no resultan tan fidedignos como en la otra variante. A esto se suma el hecho de que la copia fotográfica es un subproducto, cuya calidad depende de la calidad técnica del laboratorio fotográfico que la produce. La otra diferencia importante con la variante metodológica antes señalada (interpretación visual en la pantalla) es que, una vez realizada la delineación, ésta debe ser digitalizada, con mayor riesgo de introducir errores, sobre todo si se realiza manualmente con una tableta digitalizadora. Por otra parte, muchos profesionales de las ciencias ambientales tienen experiencia en fotointerpretación, por lo que esta variante puede ser rápidamente aprovechada por estos profesionales.

La exactitud general de las clases interpretadas, medida a través de la verificación de 393 puntos en el terreno, resultó ser de 93,9 % para la interpretación sobre la copia fotográfica y de 96,4 % para la interpretación en la pantalla del monitor del sistema de procesamiento (López, 1996).

CONCLUSIONES

La metodología desarrollada constituye una alternativa para los especialistas y las aplicaciones con mayor afinidad con el análisis visual de las imágenes de percepción remota. Aprovecha tanto el potencial que brindan las técnicas de procesamiento digital, en lo que a mejoramiento geométrico y visual de la imagen se refiere, como las bondades de la interpretación visual. La metodología es eminentemente operativa y ofrece resultados

eficientes, desde el punto de vista práctico, para la extracción de información básica y temática de las imágenes de percepción remota y su incorporación a los SIG.

Cualquiera de las dos variantes metodológicas, esto es, interpretación visual en la pantalla o interpretación visual en copias fotográficas, de la imagen mejorada en definición y en color, puede ser usada actualmente por pequeños laboratorios, empresas privadas u oficinas locales de ministerios o agencias gubernamentales, que dispongan de un sistema de procesamiento digital de imágenes y un sistema de información geográfica. Si bien requiere personal con suficiente formación en procesamiento digital de imágenes y en SIG, para el proceso de interpretación de las imágenes puede aprovechar buenos intérpretes, quienes no necesariamente deben ser experimentados en técnicas digitales.

BIBLIOGRAFIA

- CHAVEZ, P. y BAUER, B. 1982. An automatic optimum kernel-size selection technique for edge enhancement. *Remote Sensing of the Environment*. 12: 23-38.
- CHUVIECO, E. 1990. *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Madrid. Rialp. 453 p.
- CHUVIECO, E. y MARTÍNEZ, J. 1990. Visual versus digital analysis for vegetation mapping: some examples on Central Spain. *Geocarto International*. 3: 21-30.
- ESRI. 1991. *ArcPlot, Command Reference*. Redlands. California. Environmental Systems Research Institute. 200 p.
- JENSEN, J. 1986. *Introductory Digital Image Processing*. New Jersey. Prentice-Hall. 379 p.
- LARSSON, R. y STROMQUIST, L. 1995. *Monitoreo del medio ambiente con análisis de imágenes satelitarias*. Uppsala. University of Uppsala. Programme for Applied Environmental Impact Assessment. Institute for Earth Sciences. 97 p.
- LILLESAND, T. y KIEFFER, R. 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York. John Wiley & Sons. 750 p.
- LÓPEZ, J. 1996. *Mapa de uso de la tierra y cobertura vegetal de la Reserva Forestal de Capara usando SIG y una imagen HRV de Spot*. Mérida. Venezuela. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado. 66 p.
- MATHER, P. 1987. *Computer Processing of Remotely Sensed Images*. New York. John Wiley & Sons. 352 p.
- MICROIMAGES, INC. 1993. *Map and Image Processing System (MIPS), Documentation Manual*. Lincoln. Microimages, Inc. 954 p.
- PERNÍA, E. 1993. *Caracterización de la vegetación de la Reserva Forestal de Capara a través de procesamiento digital de imágenes TM de Landsat*. Mérida. Venezuela. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. 100 p.
- RICHARDS, J. 1986. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. London. Springer-Verlag. 281 p.

- SCHMITT-FURNTRATT, G. 1992. *Multi-method evaluation of high resolution satellite data for extensive tropical forest inventory*. In proceedings of the IUFRO Centennial Meeting in Berlin. August 31-Sept. 4. 1992. Tokyo. Japan Society of Forest Planning Press. Tokyo University of Agriculture. pp. 171-181.
- SHEFFIELD, C. 1985. Selecting band combination from multispectral data, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 51 (6): 681-687.
- SHOWENDGERDT, R. 1983. *Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing*. New York. Academic Press. 227 p.