

## SOFTWARE DE BAJO COSTE PARA EL TRATAMIENTO DE IMÁGENES EN UN CONTEXTO DOCENTE

E. CHUVIECO.

Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares.

### RESUMEN

La enseñanza de las técnicas de interpretación digital de imágenes se ha visto tradicionalmente limitada por las fuertes inversiones que exigían los equipos de tratamiento. Las notables mejoras en las capacidades de visualización y proceso de los ordenadores personales, junto a sus reducidos costes, permiten ahora acceder a sistemas idóneos para la docencia de la teledetección.

Este trabajo tiene por objeto revisar algunos programas de bajo coste sobre ordenadores personales (MS-DOS compatibles). Para facilitar la evaluación de estos programas, hemos extraído algunos criterios valorativos. De mayor a menor importancia, desde esa perspectiva docente, los criterios elegidos son: (1) funciones de proceso incluidas, (2) coste, (3) calidad de la visualización, (4) facilidad de manejo, (5) calidad de las salidas en papel, (6) limitaciones en el número de bandas y de categorías para la clasificación, (7) capacidad de exportación/importación de archivos a otros programas, y (8) limitaciones en el tamaño de la imagen analizada.

### ABSTRACT

*Teaching of remote sensing digital image processing has been traditionally constrained by the need of high investments in equipment. Recent improvements in speed and power of personal computers, as well as cost decreases, makes it possible to use them as real alternative to big machines, at least for introductory courses.*

*This paper evaluates four low-cost programs for educational purposes. All of them work with the MS-DOS operating system and cost less than 1,000 dollars. The review is based on eight criteria: (1) Processing functions, (2) cost, (3) display capabilities, (4) user interface, (5) output possibilities, (6) limitations in number of bands and classes for classifying, (7) export/import facilities, and (8) limitation in image size. The ranking has been made with an education perspective.*

## 1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los últimos años se han desarrollado distintos sistemas de tratamiento digital de imágenes de bajo coste, como parte de proyectos de investigación o como soporte didáctico (Kiefer y Gunther, 1983; Harrington et al., 1986; Hoey et al., 1991). Las sensibles mejoras en los costes y capacidades de los ordenadores personales han extendido este interés, por lo que disponemos actualmente de un amplio abanico de programas que pueden resultar idóneos para la enseñanza de estas técnicas (Vaughan, 1991). Esto facilitará notablemente las tareas de formación, tanto a nivel introductorio como en cursos de postgrado. Nuestro país está especialmente necesitado de este desarrollo, ya que la oferta docente en el campo de la teledetección resultó aún muy restringida.

## 2. MARCO DE EVALUACIÓN

En el análisis de cualquier equipo de tratamiento digital de imágenes conviene distinguir la referencia a los componentes físicos y a los programas que sobre ellos se apoyan (Gómez y Lago, 1986; Ferns y Press, 1988; Chuvieco, 1990).

En nuestro caso, hemos limitado el análisis a los programas, manteniendo estable el soporte físico. En el contexto docente, en el que se enmarca este trabajo, parecía lógico seleccionar como plataforma base el ordenador personal (MS-DOS compatible), pues es el que se encuentra más ampliamente difundido en las universidades y centros de educación superior. Considerando los limitados medios de que se dispone en estos departamentos, hemos restringido la evaluación a aquellos programas que sólo precisan los elementos más básicos del ordenador, sin adiciones especiales que tienden a encarecer notablemente la configuración final. En consecuencia, la evaluación se reduce a los programas que no precisan adiciones especiales a un PC (tarjetas gráficas y monitores de alta resolución o periféricos sofisticados). El requisito de disco duro y coprocesador matemático no se ha contemplado como excluyente, ya que sus costes resultan muy asequibles. En resumen, la configuración más habitual para los programas que se incluyen en esta revisión sería:

- Ordenador personal PC compatible:
  - . procesador 80286, 80386 ó 80486 (recomendable estos dos últimos)
  - . memoria RAM: 640 Kb

- . unidades de disquete: 5,25" = 1,2 Mb (recomendable añadir otra de 3,5" = 1,44 Mb)
- . tarjeta y monitor gráfico VGA (640 x 400 pixels x 16 colores)
- . coprocesador matemático 80287 ò 80387
- Impresora matricial 9 agujas (recomendable 24 agujas)
- Impresora Láser HP compatible (recomendable)
- Impresora de inyección de tinta HP Painjet (recomendable)

Con los precios actuales del mercado (1991), la configuración básica arriba mencionada puede adquirirse a partir de 200.000 pts (excluyendo impresoras). Se encuentra, por tanto, en el marco de un presupuesto docente bastante realista. Respecto al software, hemos mantenido como criterio selectivo el coste, con objeto de seguir ajustando la propuesta a un presupuesto modesto. Se ha fijado como tope la cantidad de 100.000 pts, para la primera copia y teniendo en cuenta los descuentos académicos.

Ambos criterios, el aplicado al hardware y al software limitan la evaluación a un conjunto de programas que consideramos de suficiente entidad para abordar una enseñanza de los conceptos más destacados en la interpretación digital de imágenes espaciales. Quedan relegados otros programas que pueden ofrecer, obviamente, un mayor y más sofisticado rango de posibilidades: ERDAS, GRASS, ILWIS, JARS, GEMS, etc. Su empleo se acomoda, a nuestro juicio, más a labores de investigación o enseñanza superior en grupos muy reducidos- que a tareas docentes propiamente dichas.

También se han rechazado aquellos programas que aún no cuentan con un desarrollo suficientemente contrastado, y no ofrecen una documentación asequible al estudiante no iniciado en estas técnicas. Este es el caso de la adaptación del programa VICAR (originario del Jet Propulsion Laboratory) que ha realizado la Universidad de Dundee (Vaughan, 1991), o el programa MIPS que ha desarrollado el Prof. Paul M. Mather de la Universidad de Nottingham.

Con estos antecedentes, los programas incluidos en la revisión son los siguientes:

- DRAGON (versión 3.0). Diseñado originalmente por Goldin-Rudahl Systems, Inc., Tamarack Circle, Skillman, NJ 08558, U.S.A. Precio: 995 dólares USA (para entidades educativas).
- LANDSAT (versión 4.4). Mj. Scot A. Loomer, 94-037 Kuaahelani Avenue #117, Milinani, Hawaii 96789. Precio: Dominio público, gastos de copia y correo.
- IDRISI (versión 3.2). J. Ronald Eastman, Clark University, Graduate School of Geography, 950 Main St., Worcester, MA 01610. Precio: 200 dólares USA (para entidades educativas).
- RSVGA (versión 3.0). Eidetic Imaging Ltd., 1210 Marine Park Drive, Brentwood Bay, British Columbia, Canada, V0S 1A0. Precio 330 dólares USA (la versión 4.0 estará disponible en breve por 425 dólares).

Ambos programas fueron remitidos al autor de este trabajo por sus respectivos autores. Agradecemos sinceramente la atención de los profesores Vaughan y Mather.

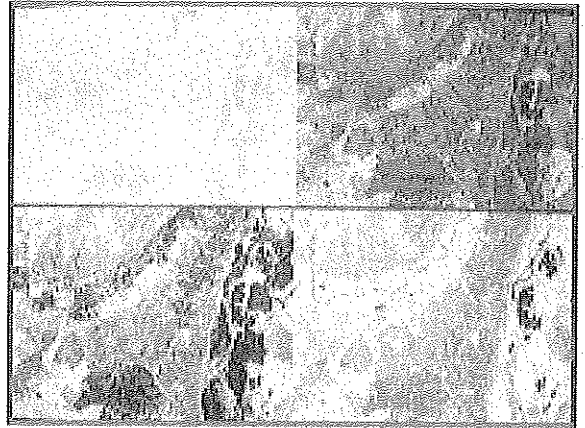


Imagen 1.- Visualización simultánea de cuatro imágenes en el programa RSVGA. Resulta muy útil para analizar conjuntamente distintas bandas o distintas operaciones de realce. Véase Anexo de color.

### 3. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Para llevar a cabo la evaluación de estos programas, hemos señalado una serie de criterios valorativos. De mayor a menor importancia, y siguiendo con nuestra perspectiva docente, los elementos elegidos son: (1) funciones de proceso incluidas, (2) coste, (3) calidad de la visualización, (4) facilidad de manejo, (5) calidad de las salidas en papel, (6) limitaciones en el número de bandas y de categorías para la clasificación, (7) capacidad de exportación/importación de archivos a otros programas, y (8) limitaciones en el tamaño de la imagen analizada. Obsérvese que en esta relación no se menciona la rapidez de cálculo, pues consideramos que no es un criterio trascendental en la enseñanza. Por la misma razón, se ha relegado al último lugar el volumen de la imagen procesada, ya que la extensión del tratamiento a espacios más amplios no conlleva, habitualmente, una mejor comprensión de los conceptos transmitidos.

#### 3.1. Funciones de proceso.

Las opciones para la interpretación digital que ofrecen estos programas estarán adaptadas, lógicamente, a los modestos recursos informáticos sobre los que se apoyan. En la evaluación de un programa enfocado a la docencia no pueden emplearse los mismo criterios que en otro dedicado a la investigación. Entre las múltiples posibilidades que el tratamiento digital brinda al intérprete de imágenes espaciales, es preciso seleccionar aquellas que resulten imprescindibles para su aprendizaje de los conceptos básicos de esta disciplina.

Esta elección puede resultar más o menos controvertida, según los especialistas. No obstante, existe un cierto consenso en torno a algunos conceptos clave, que, por ello, se incluyen en la práctica totalidad de los manuales que analizan esta técnica (Jensen, 1986; Richards, 1986; Mather, 1987; Chuvieco, 1990). De acuerdo a la importancia de estos conceptos, en lo que se refiere propiamente a la interpretación



Imagen 2.- Composición en color de las bandas TM4/5/3 con el programa DRAGON. Véase Anexo de color.

de imágenes de satélite, podemos señalar tres niveles de prioridad en las técnicas de análisis: básicas, que deberían estar presentes en cualquier sistema; periféricas, que realzan notablemente las posibilidades docentes del programa, y accesorias, que introducen conceptos novedosos en la interpretación. En la Tabla 1 se indica el rango de funciones ofrecido por cada programa.

### 3.1.1. Operaciones básicas.

La mayor parte de las técnicas que hemos denominado básicas están incluidas en los cuatro programas revisados (Tabla 1). Sólo LANDSAT carece de corrección geométrica de la imagen, cocientes y filtrados, mientras IDRISI no permite visualizar una composición multibanda.

La visualización es bastante curiosa en el caso del programa RSVG, que contempla la posibilidad de definir hasta 15 pantallas gráficas (con un máximo de cuatro simultáneas, (Imagen 1), aplicando distintos niveles de resolución espacial y radiométrica. Tanto éste como el programa DRAGON ofrecen hasta 64 niveles de gris para una banda sobre una

Tabla 1  
Funciones ofrecidas por los Programas

	DRAGON	RSVGA	IDRISI	LANDSAT
(I) Básicas:				
- Visualización de una banda	X	X	X	X
- Visualización de tres bandas	X	X	.	X
- Realización de histogramas	X	X	X	X
- Expansión lineal contraste	X	X	X	X
- Búsqueda de coordenadas	X	X	X	.
- Zoom	X	.	X	.
- Filtrajes	X	X	X	.
- Cocientes entre bandas	X	X	X	.
- Selección áreas de entrenamiento	X	X	X	X
- Obtención de estadísticas	X	X	X	X
- Asignación/Clasificación	X	X	X	X
- Corrección geométrica	X	X	X	.
(II) Periféricas:				
- Visualización múltiple	X	X	.	.
- Generación de tablas de color	X	X	X	X
- Ecuación del histograma	.	X	.	.
- Correlación gráfica entre bandas	X	.	X	.
- Separabilidad entre clases	X	.	X	.
- Análisis no supervisado	X	X	X	.
- Recodificación de clases	X	.	X	.
- Anotaciones y leyenda temática	X	.	X	X
- Producción de salidas en papel	X	.	X	X
(III) Accesorias:				
- Análisis de Comp. Principales	.	X	X	.
- Transformación IHS	.	.	X	.
- Análisis de textura	.	.	.	.
- Perfiles radiométricos	X	.	X	.
- Polígonos/máscaras	X	.	X	.
- Importación/exportación	X	X	X	.

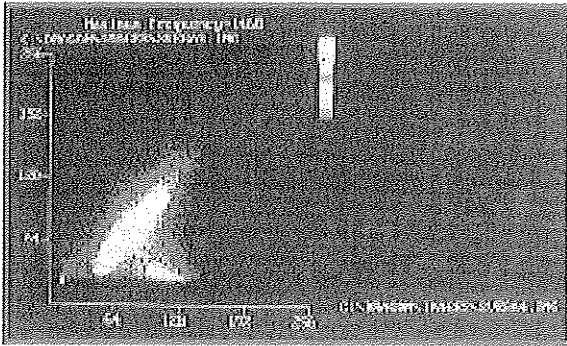
zona de 320 x 320 píxeles. Para sectores más grandes (640 x 400 píxeles), sólo se admiten 16 niveles, al igual que en el caso de IDRISI. El programa LANDSAT está diseñado para una tarjeta EGA, por lo que sólo admite 13 niveles de gris. En lo que se refiere a visualización multibanda, LANDSAT ofrece 132 tonos, DRAGON y RSVG, un máximo de 256, lo que permite obtener imágenes en pantalla de buena calidad visual (Imagen 2). Todos ellos sobre zonas pequeñas (320 x 200 píxeles). La actual versión de IDRISI, por su parte, no ofrece esta posibilidad.

Pueden obtenerse histogramas gráficos y numéricos con todos los programas. Esta información se utiliza para realizar la expansión del contraste, a partir de los valores mínimo y máximo, o de otros que elija el intérprete.

La búsqueda de coordenadas se facilita para DRAGON e IDRISI con el empleo de un ratón electrónico, incorporando asimismo un zoom interactivo. RSVG sólo utiliza las teclas del cursor. Las tres pueden también ofrecer información sobre el nivel digital de cada píxel explorado.

En lo que se refiere al realce de la imagen, DRAGON, RSVG e IDRISI ofrecen distintas opciones de filtraje, entre las que se incluyen matrices diseñadas por el propio intér-

en versión 4.2 se puede tener una  
COMPOSITA en la que se ven varias bandas



**Imagen 3.- Diagrama de dispersión de las bandas TM4 y TM3. Los tonos de color indican la frecuencia observada en las dos bandas. La forma del gráfico nos ofrece una imagen muy clara de la heterogeneidad entre ambas bandas. Véase Anexo de color.**

prete. La rapidez de cálculo es mayor en los dos primeros, ya que trabajan sobre la memoria gráfica, en lugar de sobre el disco. Por esta misma razón, ambos programas no requieren que se genere un nuevo fichero en cada filtrado: el resultado se dirige al monitor que puede salvarse o no en función de los intereses del usuario.

El diseño de campos de entrenamiento se contempla en todos los programas DRAGON y LANDSAT sólo admiten campos geométricos: círculos en el primer caso y cuadrados en el segundo, mientras en el resto pueden tener cualquier tamaño.

Todos ellos ofrecen los valores estadísticos elementos de cada clase (media, desviación típica, y, salvo Landsat, matriz de varianza-covarianza). Estos valores estadísticos pueden ser visualizados y editados.

Los algoritmos de clasificación que se incorporan son los más usuales. LANDSAT utiliza una variante del criterio de máxima verosimilitud, que le permite agilizar notablemente los cálculos. El resto permiten trabajar con los de mínima distancia, paralelepípedos y máxima verosimilitud, si bien este criterio resulta extremadamente lento.

Todos los programas revisados, a excepción de LANDSAT, facilitan la corrección geométrica de la imagen. En el caso de IDRISI, no se recoge ninguna opción especial para la toma de coordenadas de los puntos de control y resulta preciso editar posteriormente un fichero (en ASCII) para proceder al remuestreo de la imagen. Por el contrario, DRAGON ofrece la mejor interacción con el usuario, puesto que permite visualizar dos imágenes (origen y referencia) simultáneamente. RSVGA ofrece la opción de calcular interactivamente la ecuación de regresión, estimando los residuales para que el usuario decida si quiere eliminar alguno de los puntos seleccionados. DRAGON procede en forma similar, aunque sólo permite al usuario señalar el error máximo permitido (RMS), encargándose el programa de eliminar iterativamente los puntos con mayor error hasta que no se supere el umbral de error previamente fijado. IDRISI realiza el ajuste inmediatamente antes de la interpolación de la imagen, sin permitir al usuario modificar los puntos dudosos. Los tres

programas incluyen ecuaciones lineales, si bien RSVGA facilita, además, una transformación cuadrática.

### 3.1.2. Operaciones periféricas.

En lo que se refiere a las operaciones que aquí hemos denominado "periféricas", las carencias de los programas revisados son más frecuentes que en las incluidas en el anterior epígrafe. La generación de tablas de color es el único rasgo, de los aquí incluidos, que se recoge en todos los programas. En el otro extremo, la opción menos común es la actualización del histograma, que sólo se incluye en el programa RSVGA. Desde el punto de vista docente, resulta de especial interés poder visualizar varias imágenes simultáneamente. Esto permite apreciar las diferencias entre distintas regiones del espectro, o entre distintos realces aplicados a la misma banda. Esta opción se recoge en los programas DRAGON y RSVGA. En el primero, el usuario señala el origen, en coordenadas de la pantalla, donde se visualiza la imagen, por lo que pueden aparecer simultáneamente tantas imágenes como se estime oportuno, con la limitación de su tamaño, sin superar el área total de la pantalla (640 x 400 píxels). Por su parte, el programa RSVGA admite una modalidad gráfica de 4 pantallas simultáneas, albergando imágenes del mismo tamaño (Imagen 1).

Los cuatro programas analizados permiten generar una tabla de color (LUT), lo que facilita una visualización más adecuada o un índice de vegetación. En este punto, el programa más versátil es DRAGON, ya que los colores pueden seleccionarse interactivamente con ayuda de una paleta en pantalla. En el otro extremo se encuentra el programa IDRISI, que precisa introducir un código numérico de tres cifras, para expresar la cantidad de rojo, verde y azul que se aplicará a un determinado color. También puede aumentarse esa cantidad mediante el teclado, interactivamente. El proceso resulta arduo para obtener la LUT, pero sí muy conveniente para introducir algunas ideas sobre la formación aditiva del color.

En cuanto a utilidades para la clasificación, con la excepción de LANDSAT, todos ofrecen apoyo gráfico a la edición de estadísticas de entrenamiento. IDRISI incluye gráficos de separabilidad, mientras DRAGON facilita histogramas y admite la edición interactiva. Estos dos programas también ofrecen la opción de obtener gráficos de dispersión, que permiten visualizar gráficamente la correlación existente entre dos bandas (Imagen 3). Esta herramienta es muy interesante para seleccionar adecuadamente las bandas más idóneas para la clasificación. RSVGA también admite este tipo de gráficos, pero sólo dentro de la clasificación no supervisada.

El análisis no supervisado aparece en todos los programas, con la excepción de LANDSAT. Del resto, el más versátil es el programa DRAGON, que ofrece una variante del algoritmo ISODATA (Duda y Hart, 1973).

### 3.1.3. Operaciones accesorias.

Identificamos aquí algunos procesos que pueden considerarse en cierto modo auxiliares del tratamiento de imagen en

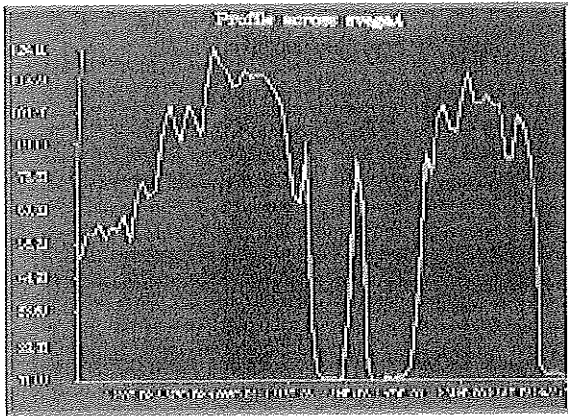


Imagen 4.- Perfil radiométrico de la banda TM4 en el programa IDRISI. Resulta interesante contrastar las variaciones de los niveles digitales a lo largo de un transecto espacial. Véase Anexo de color.

teledetección. Incluye algunas operaciones todavía poco empleadas en la interpretación: componentes principales, transformación IHS o análisis de textura, así como la conexión con información vectorial o con otros programas, como los de digitización o los S.I.G.

En este tipo de operaciones, IDRISI resulta el programa más completo, pues incluye todas las operaciones menos el análisis de textura. Interesante, desde el punto de vista docente, es la capacidad de realizar perfiles radiométricos, a partir de vectores previamente digitizados sobre la imagen (Imagen 4). Resulta, asimismo, muy versátil para intercambiar información con otros programas, como luego veremos.

En resumen, en lo que atañe a las funciones que incorporan, los dos programas más sobresalientes son DRAGON e IDRISI. El primero destaca en todo lo que se refiere a calidad de visualización, mientras el segundo incorpora algunas funciones de proceso bastante innovadoras, con la importante carencia de no permitir una visualización multibanda. RSVGA está a medio camino entre ambos, con buena calidad gráfica y abundantes operaciones de proceso, pero resulta un entorno excesivamente cerrado. LANDSAT, por su parte, resulta bastante limitado, aunque ofrece una primera aproximación a las operaciones más importantes en tratamiento de imagen.

### 3.2. Coste.

En lo que respecta al coste, el rango es bastante variado, con un mínimo en el programa LANDSAT y un máximo en DRAGON, dentro de tratarse de inversiones bastante modestas.

### 3.3. Calidad de la visualización.

Como antes indicamos, todos los programas se apoyan sobre tarjetas gráficas de bajo coste. Esto implica, necesariamente, una visualización de discreta calidad, especialmente

si lo comparamos con los sistemas más estándar. No obstante, el gran desarrollo de los algoritmos de compactación está facilitando visualizaciones de gran calidad, reduciendo los 24 bits de una composición multibanda a un rango máximo de 8 bits (Muller, 1988; Baudot, 1990). Sobre este tipo de procesos puede obtenerse una visualización bastante digna a partir de tarjetas gráficas VGA (320 x 200 píxeles y 256 colores).

Estos principios se emplean por los diseñadores de los programas DRAGON y RSVGA, que permiten obtener composiciones multispectrales de buena apariencia visual (Tabla 2). Debido a limitación de la memoria gráfica, el programa RSVGA no admite la visualización multibanda cuando se realiza alguna otra operación sobre la imagen, como

Tabla 2  
Opciones para la visualización

	1 BANDA	3 BANDAS
DRAGON	640 x 400 x 16 320 x 200 x 64	640 x 400 x 16 320 x 200 x 256
RSVGA	512 x 512 x 16 320 x 200 x 64	320 x 200 x 256
IDRISI	640 x 400 x 16	
LANDSAT	320 x 160 x 13	320 x 160 x 132

tomar coordenadas o delimitar campos de entrenamiento. Esto reduce notablemente su aplicación práctica. Por su parte, LANDSAT ofrece una visualización multibanda para un área muy limitada (320 x 160 píxeles y 132 colores), mientras IDRISI no facilita esta opción.

En lo que se refiere a imágenes monobanda, DRAGON, IDRISI y RSVGA ofrecen un máximo de 64 niveles de gris (para visualizar un área de 320 x 200 píxeles), o 16 niveles sobre áreas más grandes (640 x 400). Los dos primeros facilitan, asimismo, visualizar imágenes de mayor tamaño, a partir de muestrear los datos originales.

### 3.4. Facilidad de manejo.

Refiere este término a la transparencia del programa ante el usuario novicio. Esto implica recoger una serie de rasgos que simplifiquen su manejo, de tal forma que el alumno pueda volcar más atención en los conceptos que en el manejo de los comandos. En este contexto puede incluirse los procedimientos que emplea el programa para introducir los parámetros de cada opción, las ayudas que facilita, o la organización jerárquica de las funciones (Tabla 3).

En lo que a estos aspectos se refiere, DRAGON resulta el programa más completo de los revisados. Incorpora un sistema jerárquico de menús, que facilita notablemente el desplazamiento entre distintas opciones, además de agruparlas en estructuras lógicas (menú de visualización, de realce, de clasificación, geométrico y manipulación de ficheros). Dentro de cada opción, se ofrece al usuario un panel con los argumentos que tiene que completar. La tecla F4 facilita ayuda sobre cada uno de ellos, así como una relación de los fiche-

ros requeridos por ese programa que estén disponibles en el directorio activo. Esta ayuda puede obtenerse en otros idiomas, incluso en español.

El programa LANDSAT resulta también de muy fácil manejo, pues parte de un menú central con diez opciones accionables con las teclas de función. Asimismo facilita ayuda en vivo.

**Tabla 3**

**Criterios para evaluar la facilidad de manejo**

	DRAGON	RSVGA	IDRISI	LANDSAT
- Sistema de menús	X	X	X	X
- Ayudas en "vivo"	X	.	.	X
- Mensajes en español	X	.	.	.
- Directorio de ficheros	X	.	.	X
- Documentación ficheros	X	.	X	X
- Ratón electrónico	X	.	X	.
- Mensajes de error	X	X	X	X

En el extremo contrario en cuanto a facilidad de manejo se sitúa el programa RSVGA, diseñado también con un sistema de menús, pero muy poco intuitivo y con pocos mensajes de ayuda. IDRISI está programado como un conjunto de rutinas independientes, si bien en la última versión se ha añadido un menú central, aunque no bien estructurado. En el caso de ambos programas, no se indican ayudas 'en directo' para las distintas opciones, y no está bien resuelta la resolución de los frecuentes errores que puede cometer un usuario poco experimentado.

**3.5. Calidad de las salidas en papel.**

Si bien en un contexto docente la obtención de copias en papel no resulta tan vital como en otros marcos, su presencia resulta de gran ayuda a la enseñanza de estas técnicas, especialmente en lo que se refiere a las tareas de comprobación en el campo. Al tratarse de periféricos de bajo coste, la calidad de estos productos es bastante discreta.

LANDSAT sólo admite volcar la imagen a una impresora matricial. Pueden obtenerse imágenes en tonos de gris (1.3) o clasificaciones; éstas con una trama arbitraria.

IDRISI también admite una impresora de inyección de tinta (HP Painjet), aunque sólo en tonos de gris para una banda, o en colores para una clasificación.

De nuevo el más versátil en este terreno es el programa DRAGON, que permite obtener copias en papel para impresoras matriciales, láser y de inyección de tinta. La impresión no es directa, sino que se basa en dos programas de utilidades: uno para la captura de la imagen visualizada y otro para su impresión. Al generar el primero un fichero en formato TIF, puede incorporarse a otros programas (como Pagemaker, Ventura o Wordperfect), aprovechando las opciones de impresión que éstos brinden.

**3.6. Limitaciones en la clasificación.**

En función de la memoria disponible los programas presen-

tan una serie de limitaciones en la clasificación de una imagen multibanda. Los máximos son:

- . 16 clases sobre 4 bandas para el programa DRAGON.
- . 15 clases y 8 bandas para el RSVGA.
- . 6 clases, 7 bandas para el LANDSAT.
- . IDRISI no limita el número de clases ni el de bandas.

En la clasificación no supervisada las limitaciones son más severas, como ya vimos más arriba.

La explicación de estas diferencias, bien puede explicarse por la 'filosofía' presente en el diseño de estos programas. Mientras IDRISI es un software ideado para procesar distintos tipos de información geográfica, DRAGON o RSVGA están pensados exclusivamente para tratamiento de imagen. En consecuencia, el primero realiza la mayor parte de las operaciones en disco, siendo mucho más flexible para trabajar sobre volúmenes amplios de datos. Por su parte, DRAGON y RSVGA están limitados por la memoria gráfica disponible. Esta limitación puede resultar más severa en el caso del DRAGON, al permitir sólo el proceso sobre cuatro bandas. En lo que se refiere al número de clases, el máximo de seis en el LANDSAT resulta muy reducido, al menos en enseñanza especializada, mientras el resto no ofrece severos inconvenientes.

**3.7. Exportación/importación de archivos.**

Los programas IDRISI y DRAGON son los más versátiles en este aspecto. El primero cuenta con una serie de rutinas para importar y exportar ficheros a programas muy diversos (ERDAS, GRASS, MAP, Arc/Info, Autocad, Odyssey, etc.). Incluye, asimismo, rutinas para transformar el formato de almacenamiento de los datos: admite ficheros ASCII, binarios, y binarios empaquetados, mientras los valores pueden expresarse en bytes, enteros y reales. Esto último resulta de bastante interés para una mejor comprensión de los índices de vegetación. DRAGON, por su parte, ofrece un programa de utilidades, denominado FCONVERT que permite importar imágenes en diversos formatos: ERDAS, IDRISI, NOAA, Binario y TIF, éste último para la lectura por scanner. La exportación a otros programas se realiza a través de otros programas que pueden adquirirse adicionalmente.

LANDSAT acepta imágenes en formato byte/binario, y requiere editar un fichero en ASCII para su identificación. Por último, RSVGA también admite este formato, además del que utiliza EOSAT para la distribución de sus imágenes en disquette. Las posibilidades de exportación son muy reducidas.

De estos 4 programas, el único que incluye funciones propias de un SIG (superposición, distancias, tabulaciones cruzadas, etc.) es el programa IDRISI. De hecho, éste es su principal papel, quedando en segundo plano el tratamiento digital de imágenes.

**3.8. Limitaciones en el tamaño de la imagen.**

En este aspecto, el programa más limitado es el RSVGA, que sólo admite áreas de 512 x 512 píxeles. DRAGON per-

mite un máximo de 640 x 400 ó 512 x 512 píxeles. Por su parte LANSAT e IDRISI pueden trabajar con imágenes tan grandes como permita el espacio disponible en disco.

#### 4. CONCLUSIONES

Tras la revisión de estos cuatro programas, queda patente la posibilidad e interés de utilizar ordenadores personales en la enseñanza del tratamiento de imágenes en teledetección.

Los programas desarrollados para este tipo de sistemas facilitan, a bajo coste, una amplia gama de operaciones, además de ser de fácil manejo. Entre los programas revisados, DRAGON ofrece las mejores prestaciones, si bien al mayor coste. LANDSAT es el más económico y fácil de utilizar. IDRISI facilita una magnífica relación entre calidad y precio, con perfecta conexión con los S.I.G. RSVGA, por su parte, ocupa una posición intermedia, en coste y posibilidades, con algunas carencias importantes.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- ✓ BAUDOT, Y. (1990): Integration of high-quality remote sensing images with low-cost geographical information systems, en *I European Conference on Geographical Information Systems*, Utrecht, pp. 40-46.
- ✓ CHUVIECO, E. (1990): *Fundamentos de Teledetección*, Rialp, Madrid.
- ✓ DUDA, R.D. y HART, P.E. (1973): *Pattern Classification and Scene Analysis*, New York, John Wiley and Sons.
- ✓ FERNS, D.C. y PRESS, N.P. (1988): Microcomputers and mass storages devices for image processing, en *Digital Image Processing in Remote Sensing*, J.P. Muller, (Ed.), Taylor & Francis, London, pp. 105-121.
- ✓ GOMEZ, L. y LAGO, A. (1986): Parámetros a evaluar en un sistema de procesado digital de imágenes, en *I Reunión Científica del Grupo de Trabajo en Teledetección*, Barcelona, pp. 427-438.
- ✓ HARRINGTON, J.A. (1986): The Digital Image Analysis System DIAS. Microcomputer software for remote sensing education, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 52: 545-550.
- ✓ HOEY, M.; WHELAN, D. y FOLVING, S. (1991): A PC based Geographical Information System than integrates data, map data and attribute data, en *II European Conference on Geographical Information Systems*, Brussels, pp. 469-476.
- ✓ JENSEN, J.R. (1986): *Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- ✓ KIEFER, R.W. y GUNTHER, F.J. (1983): Digital image processing using the Apple II microcomputer, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 49: 1167-1174.
- ✓ MATHER, P.M. (1987): *Computer Processing of Remotely Sensed Images*, John Wiley and Sons, Chichester.
- ✓ MULLER, J.P. (1988): Computing issues in digital image processing in remote sensing, en *Digital Image Processing in Remote Sensing*, J.P. Muller, Ed. Taylor and Francis, London, pp. 1-20.
- ✓ RICHARDS, J.A. (1986): *Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction*, Springer-Verlag, Berlin.
- ✓ VAUGHAN, R.A. (1991): Educational image processing packages, *International Journal of Remote Sensing*, 12: 611-620.