

LA UTILIZACIÓN DEL ORDENADOR PERSONAL EN EL TRATAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES EN TELEDETECCIÓN

D. SEGARRA Y J. MELIA.

Departamento de Termodinámica. Facultat de Física. Universitat de Valencia.
Valencia

RESUMEN

El tratamiento digital de imágenes constituye una de las partes importantes en Teledetección y de él se han de servir la mayoría de unidades de investigación de esta parcela de la ciencia.

El presente trabajo va dirigido a aquellos grupos científicos que por diversas razones no pueden utilizar equipos de tratamiento de imágenes más o menos sofisticados. Una alternativa se presenta: el ordenador personal. Este, con las limitaciones pertinentes, podrá resolver la mayoría de los problemas de tratamiento de imágenes.

ABSTRACT

Digital image processing is an important task in remote sensing where most of research should apply its techniques. This work addresses those scientific groups which by any reason cannot use image processing units more or less sophisticated. The alternative that we present for this kind of groups is the personal computer which should be able to solve most of digital image processing works taking into account its specific limitations.

1. INTRODUCCIÓN

La interpretación de los datos que proceden de las diversas plataformas existentes constituye una de las tareas de los equipos de investigación que trabajan en Teledetección. Las imágenes pueden analizarse por dos métodos diferentes: el análisis visual y el tratamiento digital. El análisis visual de las imágenes resulta en ocasiones suficiente, aunque en algunas unidades de investigación se elige este método, no por sus necesidades sino por su poca disponibilidad económica. Los ordenadores personales, por otra parte, han experimentado notables mejoras en la visualización gráfica, en la precisión de sus cálculos y en la capacidad de almacenamiento. Por todo ello, en el presente trabajo queremos dar las directrices para la utilización del ordenador personal en el tratamiento digital de imágenes en Teledetección. En la primera parte estudiaremos la naturaleza de los datos que se reciben en forma de imágenes, en la segunda el ordenador personal y su metodología en el tratamiento de imágenes.

2. LAS IMÁGENES EN TELEDETECCIÓN

Las imágenes que se utilizan en Teledetección proceden de los datos adquiridos por las diferentes plataformas espaciales como resultado de la interacción entre el sensor que existe en las mismas y los objetos situados sobre la superficie terrestre.

Los sensores deben captar la radiación electromagnética (Colwell, 1983) que le llega desde la Tierra y cuyo origen puede ser de los mismos objetos, del Sol después de interactuar con ellos, o bien procedentes del mismo equipo de

captación. De una u otra forma el sensor capta esta energía y la convierte en una señal analógica, que después de amplificada pasa a un convertidor analógico-digital que la transforma en una señal de impulsos que convenientemente codificada puede enviarse a tierra mediante un emisor de radio o bien archivarse temporalmente en el ordenador de a bordo para reemitirse después.

La señal de radio es captada por el equipo de recepción en la tierra donde se decodifica y convierte en señal digital, que transformada en binario puede guardarse en la memoria del ordenador central.

Así pues, la información que procede de una parcela más o menos grande de terreno según la resolución del sensor, llega a la estación de recepción como un número que nos indica su mayor o menor respuesta. El equipo de toma de datos produce un barrido de líneas de forma que en tierra se recibe la información secuencialmente, empezando por el extremo superior izquierdo de la imagen y terminando por el extremo inferior derecho de manera parecida, salvando las distancias, a la generación de imágenes de televisión.

El ordenador central puede convertir los datos recibidos en una imagen, que se plasma como tal, en su equipo de visualización. Esta imagen estará compuesta de líneas y cada línea de elementos de menor tamaño llamados pixels, resultado de la numerización a intervalos de tiempo pequeños, de la señal analógica del sensor. La imagen así visualizada adolece de deformaciones producidas por la geometría de la toma de vista del sensor, así como, de modificaciones más o menos grandes en los valores radiométricos, debidos a los fallos de transmisión o a la influencia de la atmósfera. Todo

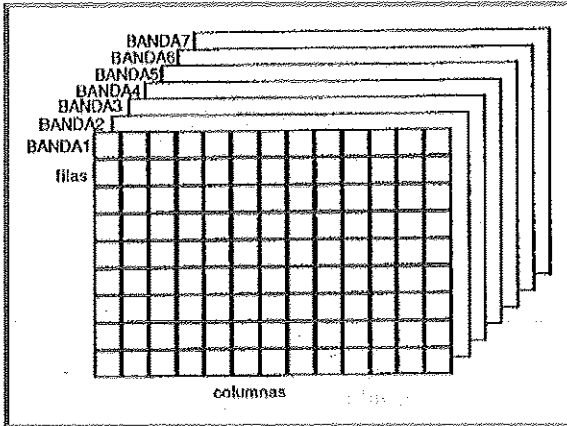


Figura 1.- Organización de los datos para su tratamiento informático.

ello motiva un tratamiento informático de los datos que en primera instancia se realiza en la misma central de recepción.

Los datos ya corregidos se graban en soporte magnético en forma de ficheros, para poder procesarlos, el usuario, en su equipo de tratamiento digital. En otros casos, estos datos, después de visualizarse y corregirse geoméricamente en la estación de recepción, se distribuyen como imágenes en soporte fotográfico, para su análisis visual. Algunos usuarios están conectados a la estación central mediante una red de ordenador, lo que facilita la distribución de ficheros al realizarse esta directamente. Ciertas estaciones de tierra, después de realizados los tratamientos informáticos, devuelven la imagen como señal de video al satélite, que actúa como un repetidor de TV. El usuario si posee el equipo de recepción adecuado podrá visualizar dichas imágenes casi en tiempo real (ej. Meteosat).

Las imágenes de satélite, con varias bandas espectrales, contienen gran cantidad de datos numéricos y deben organizarse convenientemente para su tratamiento informático posterior (Matter, 1987; Pratt, 1978). Por regla general, la información se organiza en forma de matrices numéricas cuyas filas se corresponden a las líneas de barrido y las columnas al número de orden de los píxeles en que el satélite descompone cada línea en su proceso de numerización. Los valores de los elementos de la matriz serán la respuesta radiométrica del sensor a las parcelas mínimas de terreno que puede analizar aquel según sus características. En los sensores multicanales obtendremos tantas matrices diferentes como bandas espectrales proporcionen dichos sensores (Figura 1).

Los soportes con que se graban los datos numéricos para su distribución son los mismos que los que se utilizan en los ordenadores, dado que son los elementos esenciales en cualquier equipo de tratamiento de imágenes. Los soportes más utilizados son las cintas magnéticas y los disquetes magnéticos.

3. FORMATOS DE GRABACIÓN DE DATOS

Los datos a que se tiene acceso tras la adquisición de una imagen no están organizados en forma de matrices, sino que siguen una normativa generalizada.

Los datos grabados en soporte magnético están en código binario y generalmente agrupados en palabras de 8 bits (bytes) de tal manera que la información de cada píxel está encerrada en 1 byte lo que equivale a un número entre 0 y 255. Esta es la forma de entrada de todos los ordenadores y también el de todas las cintas de satélite excepción hecha, de algunos satélites como NOAA, que para aumentar el rango de las medidas del sensor, codifican en palabras de 10 bits, lo que nos da una variabilidad de las medidas entre 0 y 1023. En este caso, si pretendemos sacar la información de la cinta en un ordenador de 8 bits, deberemos antes reorga-

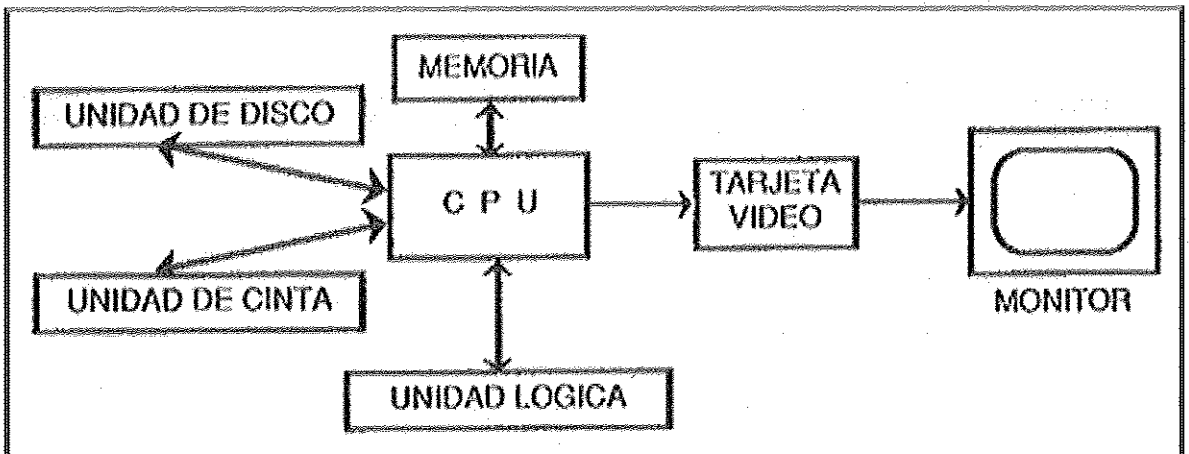


Figura 2.- Esquema de bloques de un ordenador personal.

nizar la información en palabras de 8 bits mediante un tratamiento informático inicial.

Las imágenes contenidas en una cinta o disquette se organizan en ficheros y cada uno de ellos en registros, como en cualquier sistema de archivo de ordenador.

Los formatos mas habituales (Chuvieco, 1990) en las cintas que se comercializan son:

Formato BSQ

En el formato BSQ (Band Sequential) los valores de cada banda se disponen uno detrás del otro hasta completar todos los valores de la banda. A continuación, los valores radiométricos de la banda siguiente hasta completarla. Después, los de la banda siguiente y así hasta la totalidad de las bandas de la imagen. Al principio de cada banda hay un fichero que indica los datos radiométricos de la banda que le sigue. Al final de la banda hay un fichero de final de banda.

Formato BIL

En el formato BIL (Bandas Intercaladas por Líneas) se sitúa primero la línea 1 de la banda 1, después la línea 1 de la banda 2, después la línea 1 de la banda 3 y así sucesivamente. A continuación, la línea 2 de la banda 1, la línea 2 de la banda 2, la línea 2 de la banda 3 y así sucesivamente.

Formato BIP

En el formato Bandas Intercaladas por Píxeles (BIP) el primer valor corresponde al elemento de la línea 1 columna 1 banda 1, el segundo valor al elemento 1 columna 1 banda 2, el tercero al de la línea 1 columna 1 banda 3,... hasta completar todas las bandas. Después el elemento de la línea 1 columna 2 banda 1, línea 1 columna 2 banda 2, línea 1 columna 2 banda 3,... hasta completar todas las bandas. Se repite el proceso hasta terminar con todas las columnas y a continuación se procede desde el principio pero para la línea 2. Este tipo de formato se utiliza menos que los otros dos en los datos sobre cinta, aunque se emplea en otros soportes como los disquettes.

4. EL ORDENADOR PERSONAL

En la Figura 2 se muestra el esquema de bloque de un orde-

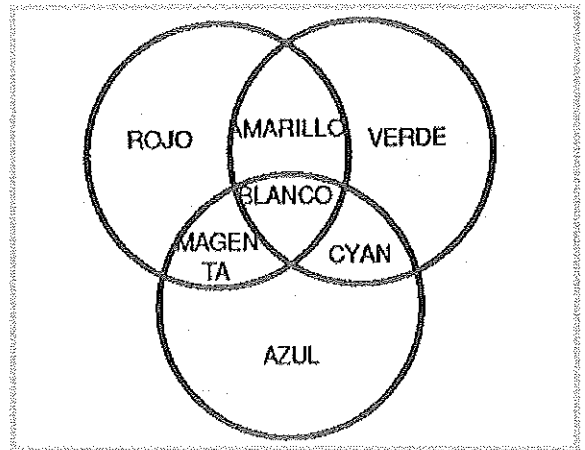


Figura 3.- Mezcla aditiva de colores.

nador personal. La unidad de proceso junto a la unidad lógica, son el corazón del ordenador y sirven para realizar las transformaciones matemáticas sobre los datos introducidos en la memoria del ordenador a través de las unidades de entrada. Los resultados pueden visualizarse mediante la tarjeta de vídeo y el monitor.

El ordenador utilizado en el presente trabajo es el MACINTOSH II modelo SI, comercializado por APPLE COMPUTER¹.

Se ha elegido este ordenador por su facilidad de uso, sus posibilidades gráficas, su interconectividad y su gran disponibilidad en los ambientes universitarios. Las características técnicas son las siguientes:

UNIDAD CENTRAL

Microprocesador MC 68030 arquitectura 32 bits
Coprocesador MC 68882 de coma flotante
Frecuencia de reloj 20 mhz
Dos memorias caché de 256 bytes
RAM 5 MB

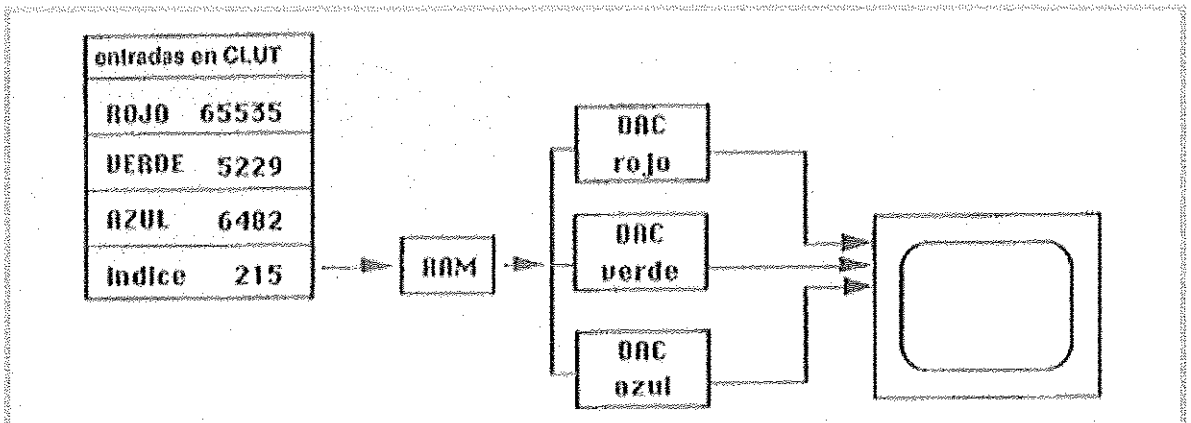


Figura 4.- Esquema de la visualización de la tarjeta de 8 bits.

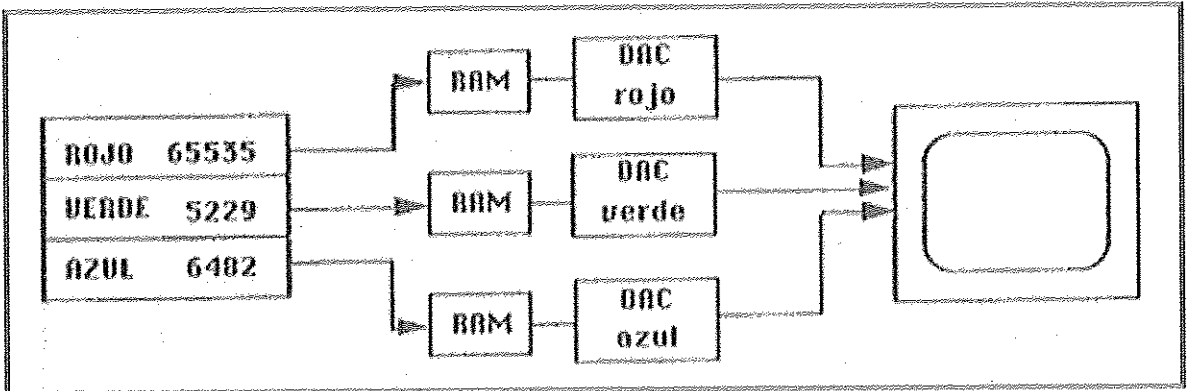


Figura 5.- Esquema de la visualización de la tarjeta de 24 bits.

ROM 512 Kb
 Tarjeta de vídeo de 8 bits
 MONITOR 13 "
 640 x 480 píxeles
 resolución 72 pp
 frecuencia de barrido 66,7 hz

ALMACENAMIENTO

Disco duro de 40 MB
 Disquetera 1,4 MB

5. TRATAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Las diferentes etapas en el tratamiento digital de imágenes pueden resumirse en: (Segarra, 1991)

- Introducción de datos.
- Tratamiento informático.
- Visualización de resultados.

5.1. Introducción de datos.

La información procedente de los satélites se adquiere en cintas magnéticas o en disquettes cuyos datos, en forma binaria, están organizados en los formatos arriba indicados. Estos datos, para procesarlos informáticamente, se deben reorganizar en matrices. Previamente deberemos reservar en el ordenador, desde el lenguaje de programación utilizado una serie de posiciones de memoria para ubicar las matrices de datos, deberemos pues, dimensionar las variables indicando de que tipo son.

En los diferentes lenguajes informáticos existen clases distintas de variables según la cantidad de memoria que utilizan. Estas variables serán más o menos complejas según nuestros propósitos: así, una variable puede contener una letra, un número, un conjunto de letras formando un nombre, una serie de números ordenados en filas y columnas, etc. Por la cantidad de memoria que necesitan, las variables pueden ser variables de carácter, variables numéricas enteras, de

simple precisión, de doble precisión, variables lógicas, etc. dependiendo del tipo de lenguaje de programación utilizado. Dado que éste trabaja mediante señales de tipo binario lo normal sería comunicarnos con él mediante un lenguaje de tipo máquina, pues así alcanzaríamos las mayores velocidades en el tratamiento. Pero ello resultaría muy difícil, por ello se utilizan lenguajes más o menos elaborados para conseguir el mismo fin. En estos lenguajes se deben traducir sus códigos de órdenes a lenguaje binario mediante el compilador del programa.

Cuando se le indica al ordenador leer un dato del disco o de cualquier unidad de entrada y guardarlo en memoria en una posición reservada para una variable, el ordenador transferirá un conjunto de datos binarios de la unidad de lectura a la memoria central de escritura-lectura. Cuando se pretende sacar la información de dicha variable, por ejemplo visualizarla en pantalla, el ordenador procederá de una u otra forma según el tipo de variable utilizado.

Si la variable es de tipo carácter, cada letra o carácter al-

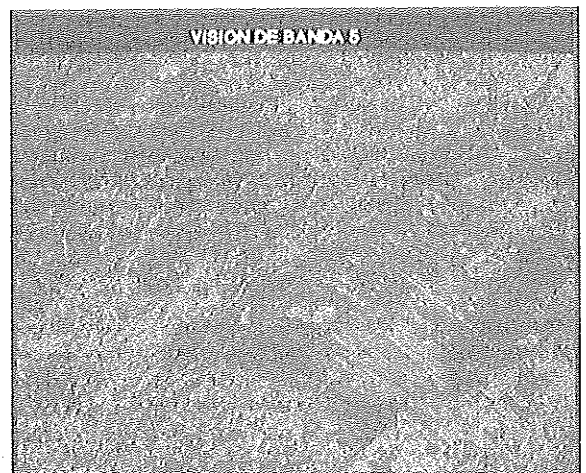


Imagen 1.- Visualización banda 5. Véase Anexo de color.

¹ Macintosh II es una marca registrada por Apple Computer. Su referencia se da para orientar al lector y no implica ningún fin comercial en la misma

fanumérico ocupa un byte de memoria (un valor binario de 0 a 255) en las agrupaciones de 8 bytes. Existe un sistema de codificación para este tipo de variables por el que cada carácter le corresponde un valor binario. Los sistemas de codificación deben ser universales y hoy día el que más se utiliza es el código ASCII. Para este código la letra "A" tiene el código 65, la "B" la 66, la "a" el 97 y la "b" el 98. Si el dato binario asignado a una variable carácter fuese 01000001, que equivale al decimal 65, el ordenador interpretaría, al indicarle que escribiera, el carácter "a" visualizaría este carácter en pantalla.

* En todos los lenguajes de programación existen funciones para pasar de código a carácter y viceversa.

Los datos de la imagen, como hemos visto están por lo general en binario agrupados en palabras de 8 bits, será pues muy cómodo introducirlos en una matriz tipo carácter, de m filas por n columnas en la que cada elemento sea un solo carácter. Se pueden introducir tantas matrices como bandas o simplemente definir en la matriz una nueva dimensión para la banda (CD(b,m,n)). A la hora de extraer el valor radiométrico deberemos convertir el carácter correspondiente a código y así obtendremos un número entre 0 y 255.

A título de ejemplo, si tenemos un fichero en una cinta, con una cabecera de 128 bytes, en formato BSQ, que contiene 3000 líneas y cada línea 3000 píxeles y 7 bandas diferentes, y deseamos leer una matriz de 100 filas por 100 columnas, empezando por el punto inicial de la banda 1. Procederíamos de la siguiente forma:

```

DIMENSIONAR VARIABLES
  A (100, 100)
  cabecera (128)
  ▼
LEER CABECERA AE cabecera (desde 0 a 127)
  ▼
LEER 100 primeros bytes en A (0, desde 0 a 99)
  ▼
SALTAR 3000 bytes
  ▼
LEER 100 siguientes bytes en A(1, desde 0 a 99)
  ▼
SALTAR 3000 bytes
  ▼
.....
  ▼
.....
  ▼
.....
repetir hasta leer A (99,99)

```

La entrada de datos en los equipos que no posean unidad de lectura de cintas se deberá hacer utilizando disquettes o transferirlos al ordenador como ficheros binarios a través de la conexión a una red de usuarios. Los datos de satélite pueden adquirirse en forma de disquettes flexibles que contienen por su capacidad hasta tres ficheros de imagen, cada uno para una banda, de 512 x 512 píxeles. Las unidades de lectura de cinta están disponibles para los ordenadores perso-



Imagen 2.- Ampliación lineal de contraste. Véase Anexo de color.

nales pero encarecen mucho el equipo.

5.2. Tratamientos informáticos.

Los tratamientos informáticos se realizan desde el ordenador, actuando sobre las matrices que contienen los datos de la imagen o imágenes a tratar (González, 1981). Estos tratamientos se pueden clasificar en dos grupos: los geométricos y los radiométricos. En los tratamientos geométricos se produce una deformación en la imagen al variar el tamaño de las matrices o la ubicación de los elementos representativos de cada píxel. Los tratamientos radiométricos producen una modificación de los valores radiométricos de cada píxel. Los algoritmos matemáticos más o menos complicados se realizan en los lenguajes de programación ordinarios (Fortran, Basic, Pascal etc). En el presente trabajo se ha utilizado el Fortran y Basic pero se podían haber empleado otros lenguajes. Los resultados de dichos tratamientos pueden imprimirse, archivarlos en disquettes o visualizarse en pantalla.

5.3. Visualización de imágenes.

La visualización de las imágenes es una de las técnicas primordiales en el tratamiento de la imagen. La configuración de la pantalla del monitor desde el punto de vista informático es parecida a la estructuración matricial en filas y columnas. La pantalla está dividida en líneas y cada una de ellas en píxeles. En todos los lenguajes de programación existen órdenes de dibujo de un determinado píxel, de coordenadas x,y.

La visualización en la pantalla del monitor se basa en la mezcla aditiva de colores en la que cada color se caracteriza por tres coordenadas RGB que nos indican las proporciones de rojo, verde y azul que intervienen en su génesis. En nuestro ordenador las coordenadas están normalizadas entre 0 y 65535. Las órdenes que se dan a la CPU (Figura 2) actúan sobre la tarjeta de visualización y ésta actúa sobre los convertidores digital-analógico que en último término inciden sobre



Imagen 3.- Ampliación contraste ecualización histograma. Véase Anexo de color.

el cañón o cañones electrónicos del tubo de video del monitor. Si la tarjeta de video es de blanco y negro con escala de grises, actuará sobre un sólo convertidor digital-analógico que proporcionará una mayor intensidad al chorro de electrones produciendo sobre la pantalla un punto luminoso más o menos brillante. Existen unas tarjetas de video en blanco y negro que sólo producen imágenes en blanco y negro sin escala de grises. En éstas se actúa sobre el chorro de electrones haciendo que este se produzca o que se corte, con lo que solamente tendremos puntos iluminados u oscuros sobre la pantalla. En las tarjetas de video de color se actúa sobre los tres cañones del tubo de rayos catódicos del monitor en color.

Estos cañones inciden a la vez sobre el mismo punto de la pantalla, y en este punto hay unos fósforos según los tres colores primarios (rojo, verde y azul) sensibles a cada uno de los chorros electrónicos de tal manera que sobre un punto de la pantalla obtendremos el mismo efecto que si hiciéramos incidir sobre él tres haces luminosos según los tres colo-

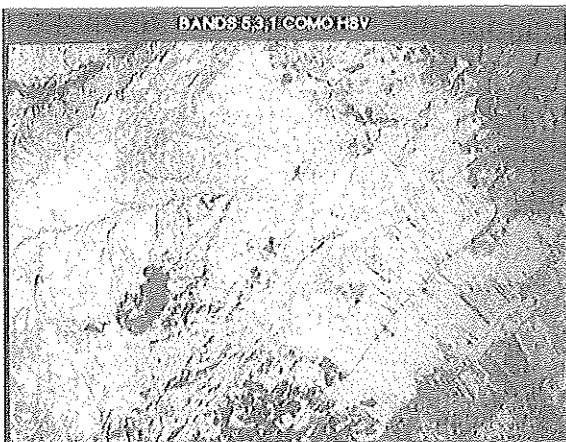


Imagen 4.- Composición RGB. Véase Anexo de color.

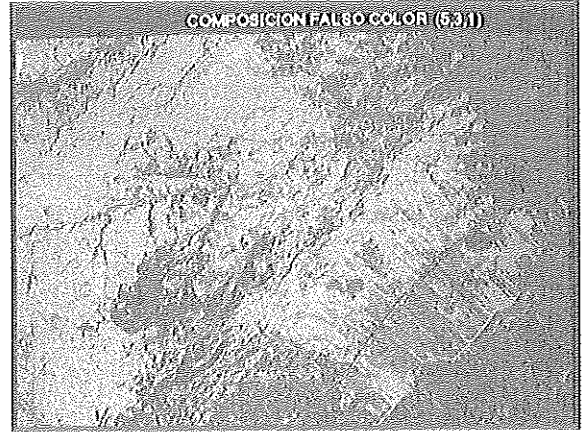


Imagen 5.- Composición HSI. Véase Anexo de color.

res primarios, cuya intensidad pudiéramos regular fácilmente. La tarjeta de video en color de los ordenadores tienen diversas capacidades de memoria según el número de píxeles de pantalla pueden dibujar y según la información de color que pueden almacenar.

Las tarjetas de color pueden ser de 8 bits o de 24/32 bits. En las primeras se permite visualizar sobre pantalla 256 colores simultáneos.

En la Figura 4 se muestra un esquema de la visualización de la tarjeta de 8 bits. Las coordenadas RGB de un determinado color se comparan con la existente en una tabla de color por búsqueda (CLUT) asignándole el color más próximo. Este color se identifica mediante un índice entre 0 y 255 que se archiva en la memoria de la tarjeta como una palabra de 8 bits. En la visualización cada valor del índice se corresponde con tres valores numéricos predeterminados que mediante tres convertidores digital analógico se transforman en tres señales que atacan a los cañones del tubo de la imagen generando el color aproximado.

En las 24/32 bits se pueden visualizar $256 \times 256 \times 256$ colores simultáneos y en éstas, el color definido mediante tres coordenadas RGB se transforman por truncación en tres números (Figura 5) de 0 a 255 y estos a su vez en palabras de 8 bits. Así, cada posición de memoria (24 bits) tiene 8 bits para información sobre el color rojo, 8 bits para el azul y 8 bits para el verde.

Por comodidad en vez de definir cada vez las coordenadas de un color determinado con el que queremos que pinte, se introduce al principio del programa una matriz de 3×256 posiciones, TABLA (i,j) ($i = 0$ a 2 y $j = 0$ a num. de colores), en la que se expresan las coordenadas de cada color. El subíndice i representa a los colores primarios ($i = 0$ para los colores rojos, $i = 1$ para los verdes, $i = 2$ para los azules). El subíndice j representa el índice de color, y los valores de los elementos de la tabla las coordenadas de un determinado color. Las instrucciones de pintar en color dependen de cada ordenador y del lenguaje utilizado. Para algunos lenguajes simplemente se define $COLOR = A, B, C$ donde A, B, C

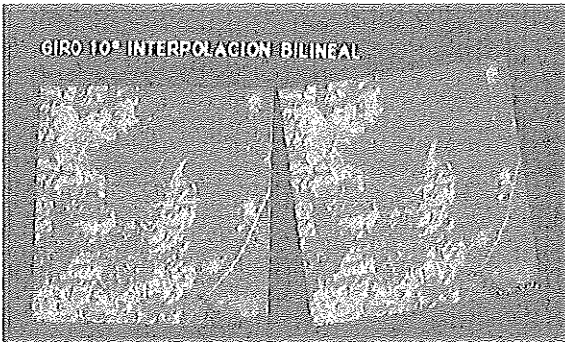


Imagen 6.- Deformación geométrica. Véase Anexo de color.

son las componentes roja, verde y azul del color que se desee. Si queremos visualizar una imagen cuyos datos se encuentran en una cinta seguiremos los siguientes pasos:

```

DIMENSIONAR VARIABLES
Matriz de valores radiométricos imagen A (m,n)
  ▼
LECTURA DE DATOS DESDE LA CINTA
  ▼
para i = 0 hasta el num de filas m
para j = 0 hasta el num de columnas n
  ▼
  N = A(i, j)
  ▼
IND = CODIGO (N) "halla el código ASCII del carácter N"
  ▼
COLOR=TABLACOLOR (0,IND),TABLACOLOR (1,IND),
TABLACOLOR (2,IND)
  ▼
PINTA i, j
  ▼
NUEVO j
  ▼
NUEVO i

```

6. RESULTADOS

En las Imágenes se muestran las fotografías de las imágenes visualizadas en la pantalla del ordenador resultado de los tratamientos informáticos realizados a título de ejemplo. En la primera fotografía mostramos la visualización de la banda 5 de una imagen LANDSAT de una zona de la provincia de Murcia. En la imagen 2 una expansión lineal de contraste de la misma imagen. En la Imagen 3 una expansión de contraste por equalización del histograma. En la Imagen siguiente una composición RGB de las bandas 5, 3 y 1 de la misma imagen. En la Imagen 5 una composición HSI de las mismas bandas e imagen. En la Imagen 6 una transformación geométrica de una imagen. En ella se muestra la imagen original y la imagen resultado de un giro. Como método de interpolación se ha elegido el bilineal por su sencillez aunque se pueden realizar métodos más sofisticados (Segarra, 1991).

7. CONCLUSIÓN

Vistos los resultados obtenidos deberemos concluir indicando que los ordenadores personales con su bajo precio resultan una herramienta muy eficaz en el tratamiento digital de imágenes en teledetección y muchas de las unidades de investigación dotadas de equipos grandes de tratamiento los utilizan en tareas docentes o como unidades intermedias entre los potentes ordenadores de cálculo y los equipos de visualización.

8. BIBLIOGRAFIA

- ✓ CHUVIECO, E. (1990): *Fundamentos de teledetección espacial*. Ed. Rialp. Madrid 455 p.
- ✓ COLWELL, R.N. (1983): *Manual of remote sensing* (2 vols). American Society of Photogrammetry. Virginia.
- ✓ GONZÁLEZ, R.C. and WINZ, P. (1987): *Digital image processing*. Adison-Wesley. Massachusett.
- ✓ MATHER, P.M. (1987): *Computer Processing of Remotely - Sensed images*. Wiley. New York.
- ✓ PRATT, W.K. (1987): *Digital image processing*. Wiley. New York.
- ✓ SEGARRA, D. (1991): Introducción al tratamiento digital de imágenes. En *La Teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales*. Recursos renovables: Agricultura. S. Gandia, J. Meliá (Eds) 9: 217-240.
- ✓ SEGARRA, D. (1991): La corrección geométrica. En *La Teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales*. Recursos renovables: Agricultura, S. Gandia. J. Meliá 7: 183-194.