

INTEGRACION S.I.G-VISTAPRO PARA LA SIMULACION VISUAL EN TRES DIMENSIONES

por D. Caballero Valero

Noviembre 1995

INTRODUCCION

Con el auge de utilización de los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.) en las disciplinas relacionadas con la planificación y gestión del medio natural se ha experimentado un enorme avance en la comprensión de la problemática medioambiental y su relación con el paisaje.

La simulación visual ha sido ampliamente utilizada en sectores de la ingeniería civil y militar, de la medicina, de la cinematografía, de la publicidad y del ocio, pero su incorporación a temas medioambientales es aún desconocida.

El objetivo principal de la simulación visual en el ámbito medioambiental es la obtención de imágenes que representen de forma clara las acciones que se desarrollen sobre el medio, ya sean estas el resultado de una actuación humana o el devenir natural del entorno.

Los documentos gráficos así obtenidos (representación icónica) tienen como finalidad ayudar a entender los procesos que tienen lugar en el medio a lo largo del tiempo.

Para ello es condición indispensable que lo expresado de manera gráfica tenga una contrapartida física en el mundo real. Es decir, las imágenes han de ser explícitas y verosímiles.

Con este objetivo como meta la simulación visual aplicada al medio ambiente necesita de dos recursos informáticos que hoy en día están al alcance de cualquier presupuesto: de un lado los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que compilan los datos del entorno en forma de mapas digitales, cuyas capas de información quedan relacionadas por una referencia geográfica común.

De otro lado los Sistemas de Representación Digital (SRD) en dos y tres dimensiones, aplicados ampliamente en el ámbito publicitario y en la industria cinematográfica.

Estos sistemas permiten, de una parte, manipular imágenes en dos dimensiones de una manera muy eficaz, y de otra sintetizar escenarios inexistentes mediante la aplicación de técnicas de dibujo tridimensional de objetos con textura (rendering).

La integración de la información geográfica en un sistema de representación digital puede ser llevada a cabo de múltiples maneras. Muchos de los SIG utilizados actualmente cuentan, al menos, con módulos de trazado de planos en dos dimensiones y con programas de proyección tridimensional que dan como resultado documentos visuales de cierta calidad.

Otros permiten exportar los datos geográficos en forma de ficheros compatibles con los SRD mas utilizados, facilitando de esta manera la integración SIG-SRD. Además es posible interpretar cierta información de los SIG, como lo son la estructura tridimensional de un escenario, los elementos que lo componen, su naturaleza (textura) y su posición relativa en el espacio.

Algunas técnicas comprenden diversos grados de hibridación entre imágenes reales en dos dimensiones e imágenes sintéticas en tres dimensiones. Los elementos que completan el escenario se sitúan en función de su localización geográfica y de la posición relativa del observador (cámara) aplicando técnicas de enmascarado y composición digital de imágenes.

VISTAPRO

La aparición en el mercado de un programa de síntesis de imágenes que representan paisajes en su mas amplio sentido, ha revolucionado el mundo de la informática gráfica en tres dimensiones. Mediante la utilización de cálculo fractal y rutinas de inteligencia artificial VistaPro fue diseñado para crear escenarios tridimensionales con todos los elementos que se pueden encontrar en la naturaleza.

Tomando como base un modelo digital del terreno (Digital Elevation Model o DEM), VistaPro genera un mapa de color en función de la altitud que representa la "piel" del paisaje. Rutinas de fractalización añaden realismo a la textura resultante que comprende zonas de vegetación (verdes), zonas de terreno desnudo (ocres) y zonas de nieves perpétuas (blancos). La caída de la nieve por las laderas, la representación de acantilados y la mezcla no uniforme entre distintos tipos de terreno se lleva a cabo mediante rutinas de inteligencia artificial que modelan el comportamiento de cada uno de los items mencionados.

VistaPro permite definir una fuente de iluminación de rayos paralelos (sol) y el efecto de la sombra sobre el terreno. La inclusión de neblina, nubes, rios y lagos completa el conjunto de recursos de texturas del programa.

Pero quizás sea la opción de añadir vegetación tridimensional (árboles, cactus y palmeras) una de las facetas más espectaculares y sorprendentes de VistaPro. De este modo es posible asignar franjas de vegetación que tienen su contrapartida en masas vegetales, dotando al modelo de gran verosimilitud.

Como se puede comprender la conexión de VistaPro a un Sistema de Información Geográfica resulta excitante. A partir de la información obtenida del medio es posible representar con exactitud la evolución de comunidades vegetales arbóreas, la localización de acciones de planificación y el efecto en el paisaje de la gestión de los bosques (selvicultura).

De ahora en adelante la visualización de un proyecto de cortafuegos, por ejemplo, no queda limitada al espacio plano del papel; VistaPro genera con precisión cada uno de los componentes del medio y el efecto que la franja cortafuegos tiene a lo largo del tiempo, o en cada una de las estaciones del año.

Veamos a continuación y en detalle cada uno de los procesos que es necesario realizar para la obtención de un escenario tridimensional a partir de los datos de un Sistema de Información Geográfica.

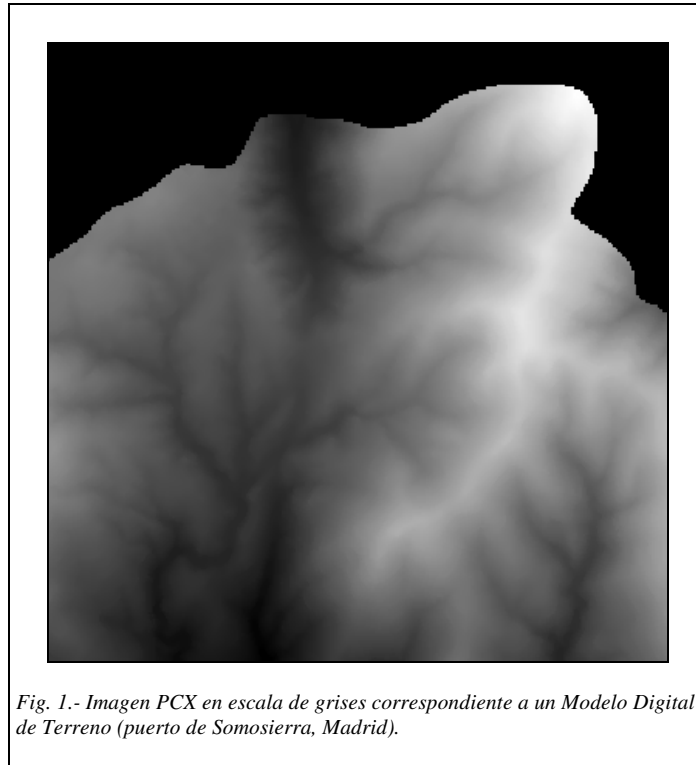
NOTA: El presente artículo presupone que el usuario está familiarizado con los términos y manejo general de un Sistema de Información Geográfica, que posee conocimientos básicos de VistaPro 3.0 versión MS-DOS, que es capaz de escribir programas en Basic estructurado (Turbo Basic, Quick Basic etc.) y que conoce los principios generales de informática gráfica.

A pesar de que el desarrollo del artículo tendrá carácter general en algunos puntos se desarrollarán los pasos concreto para obtener resultados utilizando los siguientes programas: AutoCAD 12 para PC, Idrisi para PC y GRASS 4.1 para workstation. Los lectores que conozcan el funcionamiento de estos programas obtendrán un mayor aprovechamiento de la metodología aquí expuesta.

OBTENCION DEL MDT

Es posible interpretar imágenes en formato PCX, con paleta de 256 tonalidades de gris, como un modelo digital del terreno en VistaPro. Así mismo VistaPro permite importar ficheros en formato binario que, igualmente, pueden ser deducidos a partir de los datos de un Sistema de Información Geográfica.

La metodología que aqui se expone trata de aclarar los pasos necesarios para la obtención del modelo digital del terreno en alguno de estos dos formatos (PCX o binario) a partir de las curvas de nivel, que es el dato mas usual de partida.



El procedimiento general para la obtención de un modelo digital del terreno en VistaPro a partir de un mapa de curvas de nivel se resume en cuatro pasos bien definidos:

- a) Digitalización de las curvas de nivel, a partir del mapa, sobre un tablero digitalizador. Este proceso se lleva a cabo mediante un programa de dibujo vectorial (AutoCAD) o bien en el módulo de dibujo vectorial de un Sistema de Información Geográfica (GRASS, Idrisi, Ilwiss, Arc/Info etc.).
- b) Conversión de las líneas de nivel vectoriales a formato raster. Esta operación la lleva a cabo un Sistema de Información Geográfica que sea capaz de trabajar en formato raster (GRASS, Idrisi, Ilwiss etc.)
- c) Interpolación final del modelo digital del terreno, que se lleva a cabo nuevamente dentro de un Sistema de Información Geográfica (GRASS, Idrisi, Ilwiss etc.). Se ha comprobado que, si el número de curvas de nivel digitalizadas cubren de manera uniforme el espacio, el procedimiento de interpolación por líneas de nivel intermedias da resultados mas cercanos a la realidad que las rutinas de interpolación por puntos (ponderación según la inversa de la distancia, Kringing, mínima curvatura etc.).
- d) Exportación del modelo digital resultante como fichero binario en bruto (raw binary) o como una imagen en formato PCX. Ambos formatos son leídos directamente por Vista Pro siempre y cuando sigan la norma que el primer dato corresponda a la celda de la esquina superior izquierda. Además los ficheros binarios han de contemplar que las cotas vengan dadas como números enteros de longitud 2 bytes.

Este último proceso puede ser llevado a cabo por el mismo Sistema de Información Geográfica o, alternativamente, puede ser generado a partir del fichero de cotas en formato ASCII, que devuelve el SIG, y aplicando después un sencillo programa en BASIC.

Todos estos pasos descritos corresponden al método general seguido. La variación de alguno de ellos depende de los sistemas utilizados pero la idea principal es la misma: conseguir una imagen PCX o un fichero binario a partir de una interpolación realizada con un SIG.

Con el fin de concretar el método estudiemos cuál es el proceso en dos casos concretos, utilizando GRASS como SIG y utilizando IDRISI. Este último Sistema de Información Geográfica ha tenido gran acogida por su sencillez, potencia y bajo coste por lo que es ampliamente utilizado.

Con el mismo criterio de universalidad se ha aconsejado la digitalización de las curvas de nivel desde AutoCAD 12, aunque este paso puede ser evitado si se utilizan en su lugar los módulos de digitalización vectorial de los SIG mencionados.

PROCEDIMIENTO 1: AUTOCAD -> GRASS 4.1 -> VISTAPRO

La utilización conjunta de AutoCAD, como sistema de dibujo vectorial, y de GRASS 4.1 como SIG matricial (raster) permite obtener rápidamente un modelo digital del terreno con alto grado de realismo. El proceso es como sigue:

- Digitalización de las curvas de nivel a partir del mapa altimétrico, sobre un tablero digitalizador. Se utilizará el tipo de elemento POLILINEA 2D y para cada línea digitalizada se especificará una elevación (ELEVATION) correspondiente a su altitud.
- Obtención del fichero en formato DXF correspondiente a dichas curvas de nivel mediante la opción EXPORTAR DXF de AutoCAD.
- Conversión del formato DXF al formato ASCII compatible con GRASS 4.1, así como el fichero de atributos (cotas) de cada una de las curvas. Este proceso se lleva a cabo mediante el comando *v.in.dxf*, si bien se han observado algunas anomalías. De hecho este comando no asigna el atributo de cota a las curvas de nivel, puesto que basa su funcionamiento en las etiquetas colocadas exactamente en cada una de las líneas.

El problema puede resolverse mediante la construcción de un sencillo programa que, por un lado, convierta el formato DXF de las polilíneas en formato vectorial ASCII de GRASS; y por otro lado que genere un fichero de atributos de cada una de las líneas, cuyo valor es precisamente la altitud en metros. En el caso de utilizar este programa no es necesario ejecutar *v.in.dxf*.

(Al final del presente artículo, con el fin de no añadir una discontinuidad en la explicación, se incluye el código fuente de un programa en BASIC que realiza dicha función)

- Conversión a formato binario y obtención del mapa vectorial de curvas de nivel en GRASS 4.1, mediante el comando *v.in.ascii*. Para la obtención de la cobertura vectorial en binario es necesario contar con el fichero en ASCII de las curvas de nivel (almacenado en *dig_ascii*) y el fichero de atributos de las mismas (guardado en *dig_att*). Ambos archivos son generados por el programa especificado en el paso anterior.
- Depuración de los posibles errores, mediante la utilización de los comandos *v.support* y *v.digit*. En el caso de haber utilizado el comando *v.in.dxf* para la importación de curvas de nivel este paso es prescriptivo. El filtro de traducción de formato comienza a asignar sistemáticamente atributos de cota a partir del identificador número 10; el resto de las curvas quedan sin atributos.
- Obtención del mapa raster equivalente de las curvas de nivel, mediante el comando *v.to.rast*. La resolución obtenida de la celda unidad es la que se especifica en el comando *g.region*. Se recomienda que la región de estudio sea la misma para todo el proceso y, a poder ser, que tenga sus límites apoyados en la red UTM de kilómetros enteros (esta consideración agiliza enormemente el proceso de asignación de coordenadas y resoluciones, a la vez que facilita los procesos de modificación en VistaPro que se explican mas adelante).
- Obtención del resto de las curvas de nivel en las zonas de marasmo o de carencia de datos, utilizando el comando *r.surf.contour*. Este proceso de intepolación da como resultado el modelo digital del terreno final.

Se aconseja la utilización de una máscara (*r.mask*) correspondiente a la zona del mapa que se está estudiando, es decir allí donde existen datos. De este modo se asegura un comportamiento adecuado en las condiciones de borde de la rutina de interpolación.

- Asignación de la paleta de color al mapa raster resultante del tipo escala de grises utilizando *r.colors*. Consecuentemente se especificará la paleta de escala de grises (gray scale), ya que de esta manera las imágenes obtenidas mediante interpretación con *r.out.tga* serán más fácilmente exportables a VistaPro.

Llegado a este punto existen dos alternativas. La primera consiste en generar una imagen en 24 bits, a partir de la cual se obtendría un fichero PCX en escala de grises. La segunda comprende la construcción de un programa que transforme a fichero binario los datos exportados en ASCII. Veamos cada una de ellas:

A) Utilizando el comando *r.out.tga*, el cual escribe la región actual, seleccionada con *g.region*, como una imagen de 24 bits en formato Targa.

La imagen resultante, si se parte de una paleta que es escala de grises en GRASS 4.1, contiene tres planos de color idénticos (R=G=B). No hay más que separar cualquiera de estos planos y escribirlo como una nueva imagen en formato PCX con 256 tonos de gris. VistaPro interpreta esta imagen como un modelo digital de terreno. Los pasos a dar son:

- Generación de una imagen en formato TGA a partir del mapa raster de elevaciones mediante el comando *r.out.tga*. El tamaño de la imagen resultante será consecuente con el número de filas y de columnas especificado en *g.region*.
- Extracción de uno de los canales (R, G, B) a un fichero PCX de 256 tonos de gris. Esta operación puede llevarse a cabo con un programa de tratamiento de imágenes o con alguna de las paletas gráficas existentes en el mercado (Photoshop, Picture Publisher, Photostyler etc.).
- Lectura en VistaPro de la imagen PCX resultante como un modelo digital (opción de menú "PCX - >DEM").

B) Utilizando el comando *r.out.ascii*, que rinde un fichero de cotas en formato ASCII, fácilmente convertible a un fichero binario compatible VistaPro. Los pasos a dar son:

- Utilización del comando *r.out.ascii*. Este comando, como bien se sabe, manda el resultado a la salida estandar, por lo que es necesario redireccionarlo a un fichero de la siguiente manera:

```
r.out.ascii map=mdt > imdt.txt
```

- Conversión del formato ASCII a binario compatible VistaPro. Se utiliza un simple programa en BASIC para realizar tal operación, cuyo código fuente se detalla más adelante (ver apartado "Ficheros binarios").
- Lectura directa del fichero binario resultante en VistaPro, (opción de menú "Load Binary" de VistaPro).

PROCEDIMIENTO 2: AUTOCAD -> IDRISI -> VISTAPRO

Tal y como se ha explicado en párrafos anteriores IDRISI es un SIG de amplia utilización entre usuarios de PC. La metodología que a continuación se expone obtiene como resultado los mismos ficheros que los creados con GRASS, puesto que IDRISI y GRASS permiten el intercambio de ficheros con cierta transparencia. Los pasos a dar para la obtención del MDT son los siguientes:

- Digitalización de las curvas de nivel a partir del mapa altimétrico, sobre un tablero digitalizador. Se utilizará el tipo de elemento POLILINEA 2D y para cada línea digitalizada se especificará una elevación (ELEVATION) correspondiente a su altitud.
- Obtención del fichero en formato DXF correspondiente a dichas curvas de nivel mediante la opción EXPORTAR DXF de AutoCAD.
- Dentro ya del programa IDRISI, importar el fichero de curvas de nivel en formato DXF mediante *Import-Export / DXFIdris*. Se asignarán los atributos de las líneas vectoriales (polyline) según su valor de la coordenada de altitud Z (by Z value).
- El programa de intercambio de formato DXF a IDRISI da como resultado un mapa vectorial de curvas de nivel en formato ASCII. Para convertirlo a formato binario es necesario ejecutar la opción *Project Management / Convert V*. Puesto que el método de interpolación que se va a utilizar necesita además que los datos se expresen mediante números enteros, se cambiará el tipo de datos a “integer”.
- Se procede a crear una imagen vacía que albergará las curvas de nivel en formato matricial (raster), mediante la opción de menú *Data Entry / Initialize*. Para mantener una coherencia de tipos de datos se especificará que la imagen ha de ser de datos enteros almacenados en modo binario (integer / binary).

El número de filas y de columnas que se especifiquen aquí marcará la resolución del escenario VistaPro. Si el área a interpolar tiene H metros de norte a sur y L metros de este a oeste, dada una resolución R en metros de la celda unidad el número de filas y de columnas será:

$$N_{\text{filas}}=\text{int}(H/R), \quad N_{\text{columnas}}=\text{int}(L/R)$$

- Se convierten las líneas de nivel vectoriales a formato matricial (raster) mediante la opción de menú *Data Entry / LineRas*. Las líneas convertidas se escribirán en la imagen inicializada en el paso anterior.
- Se procede a la interpolación del Modelo Digital del Terreno (MDT), mediante la utilización del comando *Data Entry / Intercon*. Esta opción del menú de Idrisi pide información acerca de las cotas de las esquinas de la zona a interpolar (altitud correspondiente a las celdas de las esquinas de la imagen). Esta información ha de obtenerse de antemano en el mapa altimétrico.

El proceso de interpolación realiza varias pasadas creando curvas de nivel intermedias de modo que se rellena la totalidad del espacio y tarda algunos minutos (en función de la resolución especificada en pasos anteriores). Es por eso recomendable digitalizar suficientes curvas de nivel de modo que no haya zonas sin datos, o de lo contrario el MDT resultante puede tomar extrañas formas.

- Una vez obtenido el MDT como una imagen de Idrisi se procede a exportar la información como un fichero GRASS en formato ASCII. Para ello se utiliza la opción de menú *Import-Export / Grassidr..*. En el procedimiento se especificará que se desea un fichero tipo ASCII, puesto que el formato binario de GRASS no es compatible directamente con VistaPro.
- Se procede a convertir el fichero GRASS (en formato ASCII) a un binario compatible con VistaPro. Para ello se utiliza un programa muy sencillo escrito en BASIC. (Este programa se detalla más adelante, en el apartado “Ficheros Binarios”).
- Alternativamente IDRISI permite exportar sus imágenes en otros formatos (no directamente en PCX) tales como Erdas y TIFF. Si se sigue esta línea de trabajo es necesario convertir la imagen resultante a formato PCX con paleta de escala de grises. Para ello existen programas de intercambio de formato de uso muy extendido (algunos de ellos son del dominio público), tales como Hijack o Alchemy. La imagen PCX resultante puede ser leída directamente en VistaPro como un MDT.

Como se ha visto el resultado final de esta metodología han sido o bien imágenes en formato PCX o bien ficheros binarios. Ambos formatos son legibles por VistaPro, pero para que el escenario resultante tenga verosimilitud es necesario realizar ciertas correcciones de la escala vertical (altura) respecto a la horizontal, a fin de mantener una coherencia con la topografía real. Veamos cuáles son las correcciones a realizar en ambos casos.

FICHEROS PCX

VistaPro importa, como se ha dicho, la imagen en formato PCX a su propio formato de modelo digital del terreno. Al utilizar el comando PCX -> DEM es necesario hacer algunas consideraciones:

1º.- Si la resolución del modelo digital original es suficiente y la interpolación razonablemente precisa, indicar al programa que no suavice las terrazas (Remove steps = no); en cualquier otro caso aceptar el suavizado.

Este proceso elimina el efecto de saltos discretos entre niveles de grises (solo de 0 a 255) de la imagen PCX.

2º.- El formato PCX utiliza todos los colores de la paleta (256) como datos de elevación. cada color representa un salto de 16 metros (color 0=0 m., color 1=16 m., color 2=32 m., ... ,color n=16*n m., etc.).

Si la imagen del MDT está referida a un cero absoluto (nivel del mar) puede ocurrir que solo se utilicen algunos de los 256 niveles de grises, los correspondientes al rango de alturas de la zona de estudio.

Si la imagen está ecualizada, esto es con referencia relativa a la cota mínima y máxima de la zona, se utilizan la totalidad de niveles de grises.

Con esta consideración es fácil interpretar que VistaPro trabajará con cotas en el rango 0 a 4080 metros, correspondientes a los 255 saltos de 16 metros como se ha expuesto. De esta manera, siempre que la imagen esté ecualizada la normalización de las cotas barrerá el rango 0 a 4080.

De aquí es fácil deducir que es necesario un factor de escala vertical que reduzca las cotas resultantes a otras proporcionales a las cotas reales, no exageradas.

Para ello es necesario conocer el rango real de alturas de la zona de estudio. Si IR es el rango real de cotas en metros y IP es el rango ficticio (0 a 4080 metros) el factor fv de corrección vertical sera $fv=IR/IP$.

Por ejemplo, si el rango real de cotas de nuestro escenario es :
cota mínima = 1160, cota máxima = 2140, intervalo = 2140-1160 = 980 metros

y el rango de cotas de VistaPro, según se ha visto, es:
cota mínima = 0, cota máxima = 4080, intervalo = 4080 metros

se deduce que el factor de reducción de escala vertical es:

$$fv = 980/4080 = 0.24$$

Este razonamiento es valido para aquellas imágenes que estén normalizadas, es decir que utilicen los 256 tonos de gris, correspondiendo el negro (color 0) a la cota mínima de la zona de estudio y el blanco (color 255) a la cota máxima.

3º.- VistaPro trabaja con cuatro tamaños de escenario, cuyo número de filas y columnas asi como la resolución y el lado de la escena en metros empleadas es la siguiente:

ESCENA	TAMAÑO	RESOLUC.	LADO DE LA ESCENA
Small	258 x 258	30 m.	$255 \times 30 = 7650$ m.
Large	514 x 514	60 m.	$255 \times 60 = 15300$ m.
Huge	1026 x 1026	120 m.	$255 \times 120 = 30600$ m.
Mega	2050 x 2050	240 m.	$255 \times 240 = 61200$ m.

De aquí se puede deducir la posición x,y exacta a partir de las coordenadas UTM reales con la restricción que VistaPro no permite decimales. Además la descripción de la posición de la cámara mediante cursor salta según la resolución del escenario (30 m., 60 m. etc.)

Es necesario seleccionar el tamaño de escenario (DEM) de modo que incluya completamente la imagen PCX que se importa. Así, por ejemplo, para una imagen PCX de un MDT de 400 x 400 pixeles es necesario seleccionar el tamaño "Large" (514 x 514).

Calculemos ahora el factor de corrección de escala horizontal fh. Supongamos que la resolución de nuestra imagen es de 20 x 20 metros por cada pixel (celda unidad). Para un escenario de 8 x 8 Km. obtendremos, por tanto, 400 x 400 pixeles en total.

Para este tamaño de imagen es necesario, según se ha visto, elegir el escenario "Large" (514 x 514), para el cual VistaPro supone una resolución de 60 x 60 metros por cada pixel.

Como VistaPro utiliza 255 posiciones de cursor se obtiene un lado de la escena de $255 \times 60 = 15300$ metros para las 514 celdas. El area cubierta por VistaPro es, por tanto, de $15300 \times 15300 \times 10^{-4} = 23409$ Ha.

La escena real cubre 8000 metros de lado en 400 celdas, luego para 514 celdas el lado del escenario VistaPro correspondiente sería $800 \times 514 / 400 = 10280$ metros. Entonces la relación de escala horizontal entre el lado real y el utilizado por VistaPro sería $fh = 15300/10280 = 1.488$. Este factor asegura la coherencia entre las escalas horizontal y vertical, y no es necesario aplicarlo cuando se utilizan tamaños de escena y resoluciones idénticas a las escenas de VistaPro.

Para obtener el factor final de corrección que engloba la reducción vertical y la horizontal basta con hallar el producto $f = fv \cdot fh$. Este es el factor que se introduce en la escala vertical del menu principal de VistaPro, asegurándonos así la representación realista del escenario.

Por ejemplo, asumiendo el caso anterior obtenemos:

$$fv = 0.24, fh = 1.488, \text{ y por tanto } f = fv \cdot fh = 0.24 \times 1.488 = 0.357$$

EJEMPLO

Tomemos como escenario de prueba la zona geográfica correspondiente al puerto de Somosierra, cuyos límites en coordenadas UTM (metros) son:

$$\text{Norte} = 455800, \text{ Sur} = 4550000, \text{ Este} = 456000, \text{ Oeste} = 448000$$

La cota mínima de la región es $C_m = 1160$, y la máxima $C_x = 2140$ lo que rinde un intervalo de alturas de $I_r = 980$ metros.

La imagen obtenida a partir del mapa raster de elevaciones en GRASS 4.1 (ver Fig.1) está ecualizada a estos valores máximo y mínimo de cotas, lo que asegura que se utilizan los 256 niveles de grises.

Si se importa directamente esta imagen en VistaPro, sin ningún tipo de corrección, el resultado es que aparece una topografía exagerada en su escala vertical (ver Fig. 2).

La resolución de la celda unidad (pixel) es de 20 metros, de donde se deduce que para un lado de 8000 m. es necesario contar con 400 x 400 píxeles.

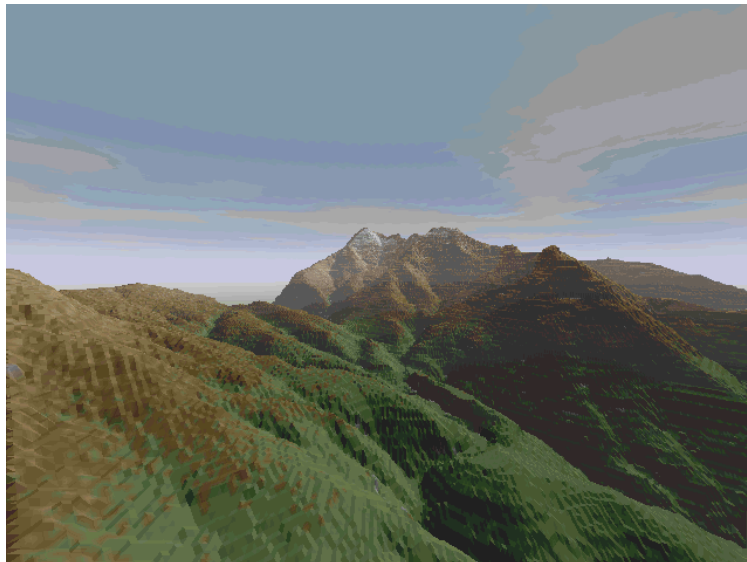


Fig. 2.- Aspecto del paisaje generado a partir de la imagen PCX del modelo digital del terreno, sin corrección. La escala vertical está muy exagerada.

De esta manera es necesario seleccionar el tamaño “Large” (512 x 512) de escenario en vistaPro para asegurar que carga la totalidad de la zona. Esta escena asume una resolución de 60 m, con un tamaño de lado de $255 \times 60 = 15300$ metros.

El factor de escala vertical f_v , será $f_v = 980 / 4080 = 0.24$.

Si se aplica únicamente este factor de escala f_v se obtiene una representación demasiado reducida de la dimensión vertical, puesto que VistaPro asume que la resolución de las celdas es de 60 m., cuando en realidad es de 20 m. (ver Fig.3).

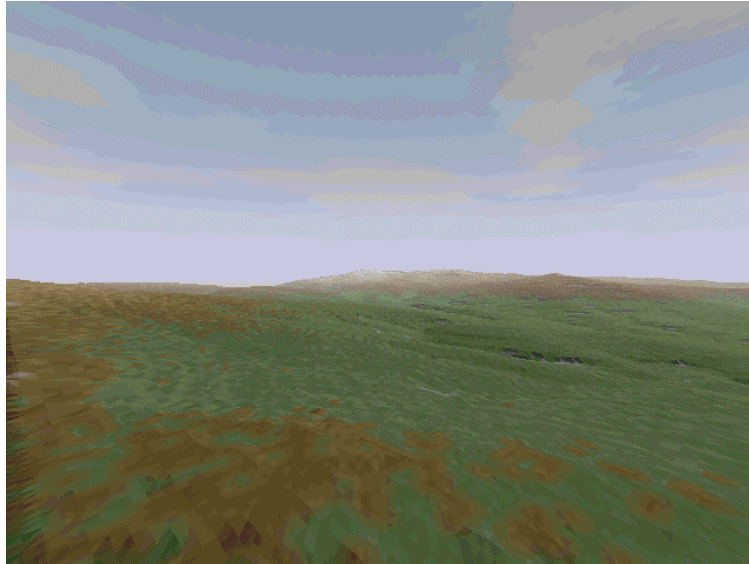


Fig. 3.- La aplicación únicamente del factor de corrección de escala vertical f_v , rinde paisajes con la escala vertical muy reducida.

Para calcular el factor de escala horizontal, f_h , es necesario deducir primero el tamaño del área real en la escena VistaPro. Para ello calculamos la expresión $8000 \times 514 / 400 = 10280$.

La relación entre lados será $f_h = 15300 / 10280 = 1.488$

El factor final de reducción será $f = 0.24 \times 1.488 = 0.357$. Este valor se introduce en VistaPro como escala vertical (VScale). El resultado asegura una proporción de escala horizontal y vertical muy semejante a la realidad.

Se propone comprobar la validez de la imagen mediante la comparación con una fotografía real tomada desde la misma posición y con las mismas condiciones (ver Fig. 4).

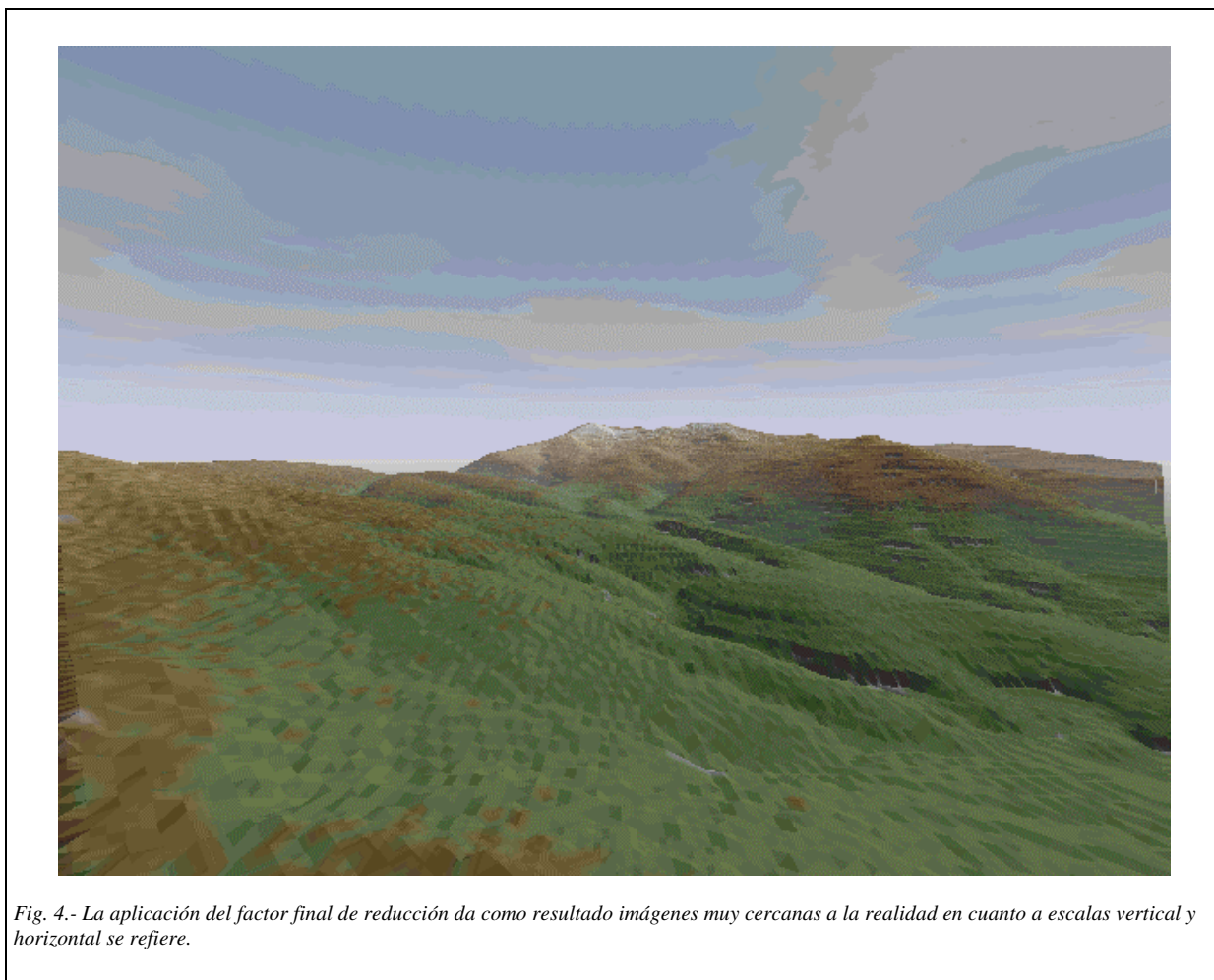


Fig. 4.- La aplicación del factor final de reducción da como resultado imágenes muy cercanas a la realidad en cuanto a escalas vertical y horizontal se refiere.

FICHEROS BINARIOS

VistaPro permite importar Modelos Digitales del Terreno (MDT) de un modo más sencillo a partir de ficheros en formato binario en bruto (raw binary) mediante el comando “Load Binary”.

En este modo VistaPro interpreta directamente los datos, esto es, las cotas son cotas reales y el rango especificado se respeta.

El formato del fichero binario es como sigue: cada fila consiste de un cierto número de enteros con signo de 16 bits (2 bytes) de longitud. Si tratamos con ordenadores del tipo PC compatibles con chip Intel se sigue la política de colocar el byte menos significativo primero (LSB) y después el byte más significativo (MSB).

El fichero no cuenta con ningún tipo de cabecera. El primer dato corresponde a la celda situada al suroeste (esquina inferior izquierda). Es necesario tener esta consideración en cuenta si se pretende importar la información que proviene de un SIG como GRASS 4.1, el cual escribe los datos de arriba a abajo.

VistaPro leerá el número de enteros que corresponda al tamaño real del escenario, el cual se especifica en el proceso de importación. Conviene establecer el tamaño del escenario vistaPro de antemano, de forma que albergue al fichero entrante. Si el fichero a importar es de menor tamaño entonces VistaPro llenará de ceros los lugares sin datos. Si es mayor realizará un recorte (clip) de la zona inferior izquierda.

El comando *r.out.ascii* de GRASS 4.1 devuelve un fichero en formato ASCII correspondiente al mapa raster de la región actual. Después de una cabecera muy sencilla, el primer dato de celda corresponde a aquella situada en la esquina superior izquierda, y el orden de lectura es, por tanto, de arriba a abajo y de derecha a izquierda.

Puesto que el comando “Load Binary” de VistaPro respeta el rango de cotas entrante, no es necesario normalizar ni, por tanto, corregir la escala vertical con el factor fv (ver apartado anterior) puesto que se trata de cotas reales.

Sin embargo es necesario considerar la relación de resoluciones entre el mapa entrante y el escenario VistaPro considerado y, consecuentemente, calcular el factor fh de escala horizontal a aplicar al modelo (ver el método de cálculo de fh en el apartado anterior).

El programa en Basic que sigue realiza, de forma elemental, la conversión de un fichero de texto proveniente del comando *r.out.ascii* de GRASS 4.1 a un fichero binario compatible con las especificaciones VistaPro:

```

'Programa de conversión r.out.ascii de GRASS 4.1 a binario en bruto'
'compatible VistaPro.'
-----
open "IMDT.TXT" for input as #1          'Abre el fichero GRASS'
open "IMDT.BIN" as #2 len=2            'Abre el binario VISTAPRO'
field #2, 2 as cota$

cotamin%=10000
cotamax%=-cotamin%

                                     'Lee la cabecera:'
a$=input$(5,1) : input #1,proj%       'Proyeccion'
a$=input$(5,1) : input #1,zone%       'Zona'
a$=input$(6,1) : input #1,norte#      'Límite norte'
a$=input$(6,1) : input #1,sur#        'Límite sur'
a$=input$(5,1) : input #1,este#       'Límite este'
a$=input$(5,1) : input #1,oeste#      'Límite oeste'
a$=input$(5,1) : input #1,ncol%      'Nº de columnas'
a$=input$(5,1) : input #1,nfil%      'Nº de filas'

for y&=nfil% to 1 step -1             'Lee los datos de'
  for x&=1 to ncol%                   'arriba a abajo'
    input #1,dato%
    if dato%> cotamax% then cotamax%=dato% 'Actualiza los valores'
    if dato%< cotamin% then cotamin%=dato% 'maximo y minimo'
    lset cota$=mki$(dato%)            'Llena la ficha'
    n&=x&+(ncol%*(y&-1))              'Calcula la posición'
    put #2,n&                          'Pone la ficha'
  next
next
close 2
close 1
end

Calcfh:
nslon#=norte#-sur#                    'Calcula la resolución'
ewlon#=este#-oeste#                   'vertical y horizontal'
nsres#=nslon#/nfil%                   'real'
ewres#=ewlon#/ncol%

if nslon#>ewlon# then xlon#=nslon# else xlon#=ewlon#
if nfil%>ncol% then xcel%=nfil% else xcel%=ncol%

select case xcel%
case 1 to 258                          'Detecta el tamaño'
  vplon#=7650                          'optimo de la escena'
  escena$="Small"
case 259 to 514
  vplon#=15300
  escena$="Large"

```

```

case 515 to 1026
  vplon#=30600
  escena$="Huge"
case 1027 to 2050
  vplon#="61200"
  escena$="Mega"
end select

rlon#=xlon#*vplon#/xcel%
fh=vplon#/r1on#

print "Cota máxima=";cotamax%
print "Cota mínima=";cotamin%
print "Escena VistaPro=";escena$
print "Factor VScale =" ;fh
return

```

CONVERSION DE FICHEROS DXF

Tal y como se ha mencionado anteriormente es posible evitar la traducción de los ficheros vectoriales de las curvas de nivel, obtenidos en AutoCAD y almaenados en DXF, mediante la aplicación un sencillo programa en BASIC. La función que cumple es doble: por un lado interpreta la información de las POLILINEAS correspondientes a las curvas de nivel y las traduce al formato ASCII que puede ser importado por GRASS 4.1. De otro lado crea el fichero de atributos necesario para la generación de la capa vectorial binaria en formato GRASS 4.1.

El programa utiliza, como entrada, el nombre del fichero DXF que alberga los datos de las curvas de nivel. Además pide información sobre la disposición geográfica del mapa generado. Como salida se obtienen el fichero vectorial ASCII de las curvas y el fichero de atributos ASCII de las mismas (que contiene la cota de cada una de ellas).

A pesar de que el programa asigna nombres distintos a estos ficheros de salida es necesario realizar dos operaciones sobre ellos antes de proceder a la traducción *v.in.ascii* en GRASS 4.1:

- a) Se debe situar cada fichero en el directorio específico dentro del sistema GRASS 4.1. Asi pues, como ejemplo, el fichero de salida de curvas de nivel *imdt.txt* se colocará en el directorio de ficheros vectoriales ASCII */usr/people/grass4/data/madrid/somosierra/dig_ascii/*, y de la misma forma el fichero de atributos *imdt.att* (cotas) se almacenará en el directorio de atributos ASCII */usr/people/grass4/data/madrid/somosierra/dig_att/*.
- b) Como es de esperar ambos ficheros, dentro del entorno del sistema GRASS 4.1, han de tener el mismo nombre. Para ello se utiliza el comando UNIX *rename*, *mv* ó *cp*. Si no se realiza esta operación GRASS 4.1 no será capaz de encontrar la información a pesar de estar localizada en los directorios adecuados.

En nuestro ejemplo obtendríamos un fichero vectorial de líneas cuya dirección absoluta sería:

/usr/people/grass4/data/madrid/somosierra/dig_ascii/imdt

e idénticamente para el fichero de atributos se tendría:

/usr/people/grass4/data/madrid/somosierra/dig_att/imdt

Veamos a continuación el código fuente del programa en BASIC que realiza la conversión DXF->GRASS 4.1:

```

'Lectura de un fichero DXF y conversion al formato GRASS 4.1'
'-----'
nxv%=5000
dim x!(nxv%)
dim y!(nxv%)

```

```

dim z!(nxv%)
'.....'
cls
line input "Organization =" ; orga$
line input "Digit date   =" ; ddat$
line input "Digit name   =" ; dnam$
line input "Map name     =" ; mnam$
line input "Map date     =" ; mdat$
line input "Map scale    =" ; msca$
line input "Other info   =" ; oinf$
line input "Zone         =" ; zone$
line input "Map threshold=" ; mtrh$
cls
dxfs$="d:\dxf\imdt.dxf"
grass$="d:\grass4\imdt.txt"
atrib$="d:\grass4\imdt.att"
open dxfs$ for input as #1
open grass$ for output as #2
open atrib$ for output as #3
'.....'
'Escribe el cabecero del fichero grass'
print #2, "ORGANIZATION: "; orga$
print #2, "DIGIT DATE:   "; ddat$
print #2, "DIGIT NAME:   "; dnam$
print #2, "MAP NAME:     "; mnam$
print #2, "MAP DATE:     "; mdat$
print #2, "MAP SCALE:    "; msca$
print #2, "OTHER INFO:   "; oinf$
print #2, "ZONE:         "; zone$
while not eof(1)
'.....'
'Busca las coordenadas de la extension del dibujo'
line input #1, dato$
if dato$=" 9" then
line input #1, dato$
select case dato$
case "$EXTMIN"
line input #1, dato$
input #1, extminx!
line input #1, dato$
input #1, extminy!
case "$EXTMAX"
line input #1, dato$
input #1, extmaxx!
line input #1, dato$
input #1, extmaxy!
'Escribe los limites del dibujo'
print #2, using "WEST EDGE:   #####.##"; extminx!
print #2, using "EAST EDGE:   #####.##"; extmaxx!
print #2, using "SOUTH EDGE:  #####.##"; extminy!
print #2, using "NORTH EDGE:  #####.##"; extmaxy!
print #2, "MAP THRESH: "; mtrh$
print #2, "VERTI:"
end select
end if
'.....'
'Procesa las polilineas'
if dato$=" 0" then
line input #1, dato$
if dato$="POLYLINE" then
erase x!, y!
dim x!(nxv%), y!(nxv%)
finpoly%=0
conta%=0
cerrado%=0
while finpoly%=0
line input #1, dato$
'Detecta si es un poligono cerrado'
if dato$=" 70" then
cerrado%=1
end if
if dato$=" 0" then
line input #1, dato$
select case dato$
case "VERTEX"
incr conta%

```

```

line input #1,dato$
line input #1,dato$
line input #1,dato$
input #1,vx!
line input #1,dato$
input #1,vy!
line input #1,dato$
input #1,vz!
if conta%=1 then
  vix!=vx!
  viy!=vy!
'Escribe los valores en el fichero de atributos'
print #3,using"L #####.#####";vx!;
print #3,using" #####.#####";vy!;
print #3,using" #####";vz!
end if
x!(conta%)=vx!
y!(conta%)=vy!
case "SEQEND"
line input #1,dato$
line input #1,dato$
finpoly%=1
if cerrado%=1 then
  incr conta%
  x!(conta%)=vix!
  y!(conta%)=viy!
end if
'Escribe los datos del poligono en el fichero GRASS'
print #2,"L ";conta%
for v%=1 to conta%
  print #2,using" #####.##";y!(v%);
  print #2,using" #####.##";x!(v%)
next
end select
end if
wend
end if
end if
'.....'
wend
close 3
close 2
close 1
end

```

TEXTURAS (PCX -> COL Color Type)

VistaPro posee sofisticadas rutinas de inteligencia artificial y de fractalización que crean un mapeado de color según la distribución altimétrica.

Sin embargo VistaPro permite además importar una imagen en formato PCX con paleta indexada de 256 colores y proyectarla como una textura independiente de la distribución de las alturas.

Si esta paleta se escoge con colores parecidos a las teselas reales en el terreno el resultado posee un alto grado de realismo.

De aquí se deduce de manera inmediata la interesante posibilidad de conectar un sistema de Información Geográfica (SIG) a VistaPro para la interpretación espacial de la distribución de elementos geográficos en el paisaje.



Fig. 5. VistaPro permite importar imágenes en formato PCX como mapas de color. Estos mapas pueden ser importados desde un Sistema de Información Geográfica. (Mapa de tipos de vegetación en el puerto de Somosierra, Madrid).

El proceso propuesto para la obtención de una textura con base geográfica es el siguiente:

a) Se obtienen los manuscritos de la capa de información a representar, en los cuales existen referencias geográficas (red UTM, escala etc.) e identificadores de teselas.

b) Se digitalizan los bordes de las teselas y los puntos interiores que describen los atributos de los polígonos considerados.

c) Se realiza una conversión a formato raster de las teselas, con una resolución igual a la cobertura correspondiente al modelo digital del terreno.

Si se utiliza GRASS 4.1 se trabajará dentro de la misma región con la misma resolución, para asegurar una perfecta correspondencia entre el modelo digital del terreno y la cobertura a mapear.

d) Se determinan los colores de cada uno de los atributos de la capa SIG resultante en la escala RGB (rojo, verde y azul) y se crea la paleta correspondiente. Las tonalidades se acogerán al criterio de similitud con el color real en el paisaje.

Si solo se pretenden utilizar los colores como mapeado de textura (color type) esta consideración es suficiente. Si los colores además tienen una correspondencia con algún tipo de elemento geográfico (terrain type) es necesario que estos ocupen una posición concreta en la paleta de colores (ver más adelante).

e) Se creará la imagen en 24 bits en formato TGA con el comando *r.out.tga* de la cobertura a mapear desde la región actual.

f) Se realizará una conversión de formato desde el formato TGA (Targa) al PCX indexado de paleta de 256 colores. Se propone la utilización de algún programa de conversión de formato como Alchemy, Hijack etc.

La paleta de colores resultante no ha de guardar un orden establecido, puesto que la imagen PCX obtenida se utilizará únicamente como mapa de color (color type).

g) Se importa la imagen resultante en VistaPro mediante el comando PCX -> COL en el modo "Color Type".

De la misma manera es posible utilizar imágenes de satélite y fotografías aéreas ortorectificadas y digitalizadas. En este caso los colores serán los reales, siempre que se asegure una precisa referenciación geográfica.

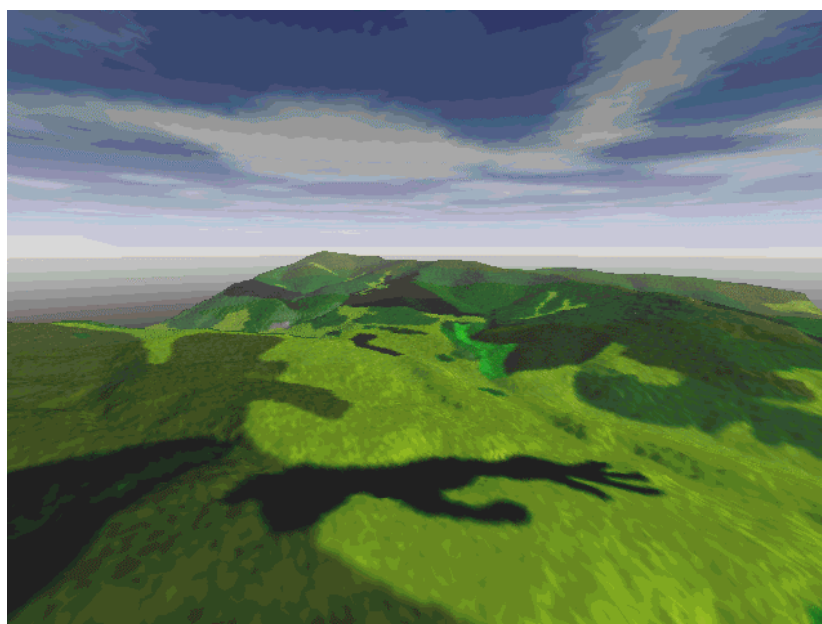


fig.6.- La proyección de la cobertura SIG sobre el modelo digital del terreno da una idea aproximada de la posición espacial de las diferentes teselas. VistaPro es capaz de añadir textura a los colores utilizados, añadiendo cierto grado de realismo a la imagen. (Mapa de vegetación del puerto de Somosierra, Madrid).

CONCLUSIONES

La conexión entre un Sistema de Información Geográfica (S.I.G.) y un Sistema de Representación Digital (S.R.D.) abre nuevos caminos en el intento de reflejar acciones y procesos en el medio natural. Vistapro ofrece la posibilidad de integrar los datos geográficos en un escenario tridimensional de gran verosimilitud.

Los Modelos Digitales del Terreno pueden ser obtenidos a partir de las curvas de nivel digitalizadas mediante la interpolación en un S.I.G y su posterior traducción a un fichero binario o a una imagen en formato PCX.

La representación realista de la topografía en VistaPro requiere de la aplicación de unos factores de corrección de escala vertical, fácilmente deducibles a partir de los datos de la resolución del mapa entrante.

La simulación visual aplicada al medioambiente se ha enriquecido enormemente con la aparición de programas de representación tridimensional como VistaPro. Su integración con los métodos de planificación y representación actuales representa un reto estimulante a partir del cual cabe esperar la aparición metodologías concretas, como la que aquí se presenta, que integren finalmente un conjunto de procedimientos de alto valor comunicativo en la planificación y gestión del medio natural.

REFERENCIAS

J.BOSQUE, F.J. ESCOBAR, M.J. SALADO, 1994
Sistemas de Información Geográfica: Prácticas con PC Arc/Info e IDRISI
MADRID, Ed. RA-MA .ISBN 84-7897-142-4

J. WESTERVELT, 1991
Introduction to GRASS 4
GRASS Information Center. U.S. Army CERL
P.O. Box 9005. Champaign, Illinois 61826-9005, USA
Tf. (217) 373-7220

VIRTUAL REALITY LABORATORIES INC., 1993
Vistapro CD ROM Edition for IBM, rev. 594
Virtual Reality Laboratories, Inc.
2341 Ganador Court. San Luis Obispo, California 93401, USA