

## NUEVAS APORTACIONES EN LA SIMULACIÓN DE ACTUACIONES SOBRE EL MEDIO. APLICACIÓN DE TÉCNICAS DIGITALES

María Puelles Gallo<sup>1</sup>

**Resumen:** La Simulación Visual está comenzando a ser empleada como instrumento de apoyo para los técnicos ambientales. Este artículo presenta un procedimiento que combina los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y técnicas de retoque digital de imágenes. Las líneas vectoriales superpuestas sobre el modelo digital del terreno (MDT), son utilizadas como apoyo para localizar espacialmente los elementos del paisaje (bosques, lagos, zonas urbanas, vías de comunicación, etc.), que se ven reflejados en imágenes sintéticas de posicionamiento de un observador virtual en los puntos seleccionados como de mayor impacto visual. Mediante un proceso de selección entre bases de datos, se consiguen elementos idóneos para simular los cambios producidos en el terreno sobre fotografías reales desde los mismos puntos, cuyo resultado es de un elevado realismo, dinamismo y fiabilidad ya que todo el proceso está basado en el análisis geográfico previo mediante SIG.

**Palabras clave:** simulación de paisajes, retoque digital de imágenes, restauración áreas degradadas.

### NEW APPROACH FOR THE SIMULATION OF HUMAN ACTIVITIES ON THE ENVIRONMENT: USE OF DIGITAL TECHNIQUES.

**Abstract:** Visual Simulation is actually being used widely among engineers & scientists on environmental issues. A geographical based procedure combining GIS & digital imagery retouching is presented. Draped polygon boundaries over a Digital Terrain Model are used as retouching clues. So giving real geographic positions to landscape

elements (forests, wasters, lakes, urban areas, etc). An specific cut & paste procedure involving GIS & general image processing is explained in order of render real-like images, so giving environmental managers a discussion visual document.

**Key words:** Visual simulation, digital imagery retouching, degraded areas restoration.

## INTRODUCCIÓN

El retoque digital de imágenes se está revelando en los últimos tiempos, como un instrumento de enorme valor para la simulación de los resultados previstos de actuaciones concretas o del paso del tiempo. Los gestores ambientales, arquitectos, ingenieros de obras públicas, médicos, etc, están comenzando a utilizar esta técnica con dos objetivos fundamentales: el primero es poder valorar, utilizando imágenes lo más realistas posible, las diferentes opciones que se barajan respecto a un determinado proyecto y, que son difícilmente evaluables mediante maquetas, composiciones manuales de imágenes u otras técnicas de elevado coste y bajo nivel de realismo. El segundo objetivo sería utilizar estas imágenes sintéticas para mostrar al público general cuales van a ser los resultados de

---

<sup>1</sup> Dr. CC. Biológicas por la U.P.M.

las acciones previstas en un período determinado; este público general podrá comprender mucho mejor cuál es el objetivo propuesto haciendo bueno el dicho " una imagen vale más que mil palabras".

Otra de las ventajas de la utilización del retoque digital de imágenes es que el proceso resulta, en general sencillo, y asequible a la mayor parte de los usuarios de ordenador. Los programas disponibles son muchos y de complejidad variable, además de resultar económicamente equiparables a otros de uso generalizado como procesadores de texto, bases de datos y hojas de cálculo.

Cada vez el auge de estas técnicas es mayor. Sin embargo, hay que prevenir tanto a los usuarios como al público receptor de que estas imágenes han de reflejar actuaciones que luego sean factibles en la realidad, ya que es posible que una incorrecta utilización de estas técnicas dé como resultado la obtención de imágenes imposibles de realizar en el lugar concreto en que han sido previstas y que, por lo tanto, podrían ser tachadas de publicidad engañosa, penada por la ley.

La metodología que se propone a continuación es el resultado de la investigación realizada por la autora a partir de los avances realizados por la Facultad de Arquitectura del Paisaje de Toronto (Canadá) y bajo su dirección (Hoinkes y Mitchell, 1994; Danahy y Hoinkes, 1993)

## **METODOLOGIA**

El proceso se basa en la conexión

de un Sistema de Información Geográfica, una metodología fotográfica y un proceso de retoque digital de imágenes con el fin de obtener imágenes finales sintéticas y dinámicas que permitan decidir y dirigir las actuaciones sobre el medio, apoyándose en una técnica sencilla y accesible a cualquier técnico ambiental (Ver figura 1)

Es importante señalar que la información utilizada para la simulación de la restauración de áreas degradadas ha de estar convenientemente referenciada a sus coordenadas geográficas. El análisis de las capas en un Sistema de Información Geográfica va a dar como resultado la información del material necesario para la restauración del área; este material variará en función de la ubicación geográfica de la zona de estudio (vegetación potencial, pluviometría, edafología, pendientes y exposiciones, insolación, etc, son parámetros totalmente dependientes de las coordenadas geográficas de cada zona); esta información resulta fundamental para que la posterior simulación de la restauración se realice de forma realista y correspondiente a las posibilidades reales de cada área.

La referenciación geográfica de la información cartográfica y de las líneas o vectores que definen el borde de la zona a restaurar es también de vital importancia para la selección de los puntos de vista de mayor impacto visual, y para la posterior toma de las fotografías en el escenario real, tarea que sería complicado realizar sin contar con las coordenadas geográficas precisas de dichos puntos.

Una vez realizadas estas consideraciones, se propone en este artículo una técnica para la simulación de restauración

# ESQUEMA GENERAL DE LA METODOLOGÍA

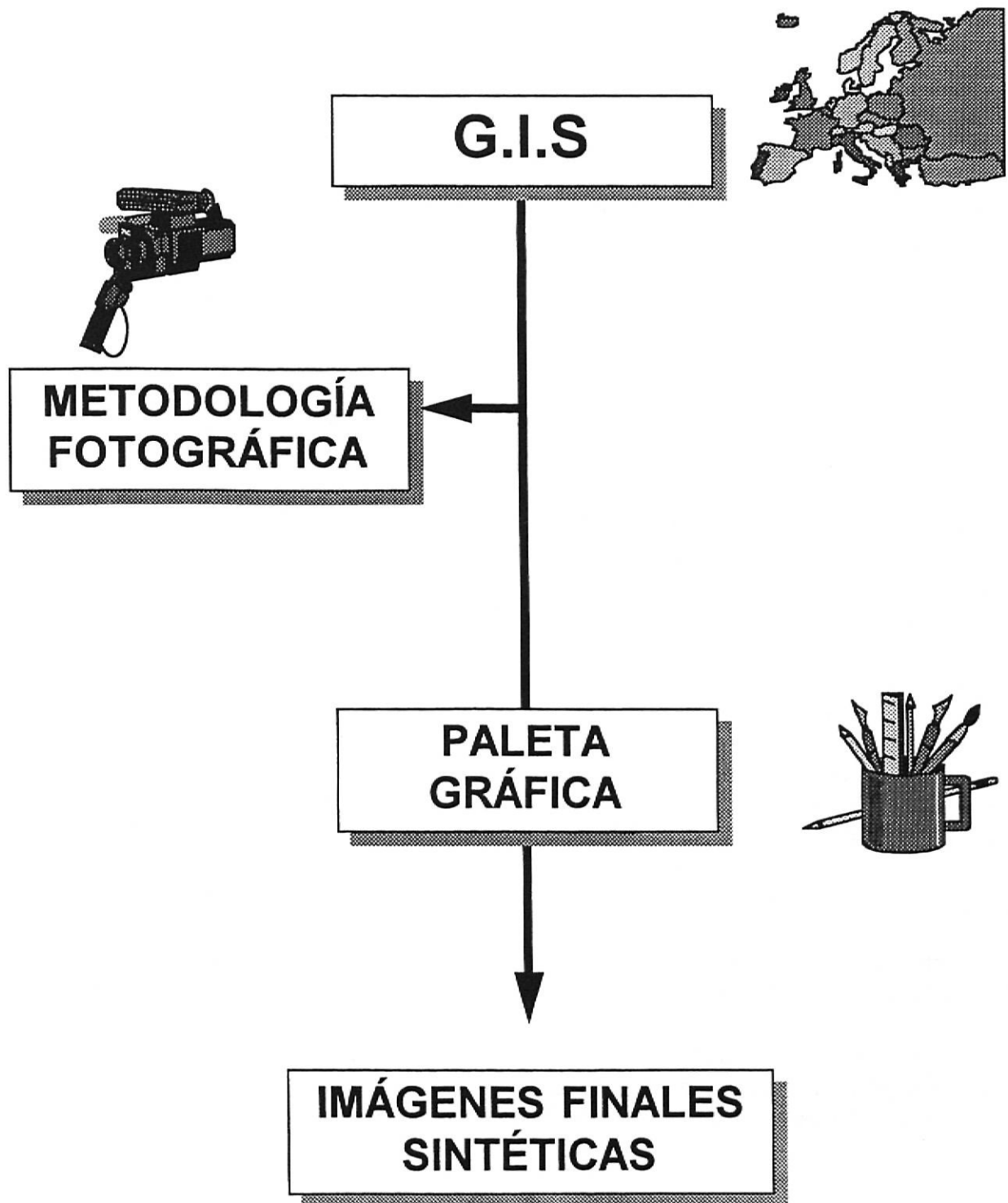


Figura 1

de áreas degradadas que, basándose en un profundo estudio previo del medio y de sus condiciones y parámetros ambientales y sociales, logre la obtención de imágenes finales que reflejen de forma realista y fiable el futuro de las actuaciones sobre dichas zonas. En este artículo únicamente se van a detallar los procesos relacionados con la utilización de los elementos vectoriales que simulan el contorno del área degradada como una parte fundamental para la aplicación de esta técnica. Los procesos de análisis de la cartografía mediante S.I.G. constituirían un capítulo aparte, debido a su extensión y complejidad. (Bosque Sendra, 1992; Varios autores, s.f.)

Como se ha comentado anteriormente, el proceso comienza con la digitalización de la cartografía necesaria para el análisis del área a restaurar, y la introducción de esta información y de todos los datos que puedan ser necesarios en un Sistema de Información Geográfica (S.I.G). Dentro de este proceso se engloba la tarea de digitalización del contorno de la zona sobre la que se va a simular la restauración, es decir, la introducción en el ordenador la línea que marca el perímetro de la zona objeto de estudio.

Una vez introducidos los datos necesarios, es necesario otorgarles una referenciación geográfica, si este proceso no se ha realizado en el momento de la digitalización. Como se ha comentado anteriormente, este paso resulta de suma importancia para la posterior creación de las imágenes. (Ver figura 2)

La digitalización de la información necesaria se puede realizar de forma manual, utilizando una tableta o realizando el

proceso en pantalla, tras haber introducido la información en el ordenador mediante un escáner. Existe la posibilidad en muchos S.I.G. de realizar esta tarea automáticamente, de forma que se obtiene una capa vectorial a partir de una "raster" es decir, de un formato teselar.

Para el proceso de simulación de la restauración de áreas degradadas, la capa de información básica es el modelo digital del terreno (MDT, DTM), construido a partir de la información aportada por las curvas de nivel. La escala a utilizar para este proceso dependerá de la extensión real del área sobre la que se desea realizar la simulación, si bien este método se comporta con la misma eficacia tanto en zonas grandes como reducidas. Es necesario, sin embargo, introducir información altimétrica de los alrededores de la zona a restaurar con el fin de poder calcular el mapa de cuenca visual correspondiente.

En algunos casos, si es posible, se puede emplear información más precisa para el interior del área a restaurar que para su entorno, de esta forma la simulación resultará más exacta y realista.

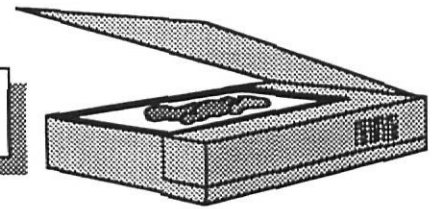
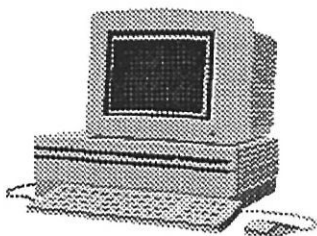
Una vez obtenido el mapa de cuenca visual a partir del MDT, se procede a seleccionar los puntos de vista de mayor impacto visual, atendiendo a los criterios de ángulo visual, proximidad a núcleos de población, vías de comunicación, distancia límite de percepción, importancia dentro del paisaje, etc, anotando las coordenadas de dichos puntos. (Ver figura 3) (Alonso, Aguiló y Ramos, 1991; López Quero y Lázaro Benito, 1993; Varios autores, 1991)

A continuación, se simula el posi-

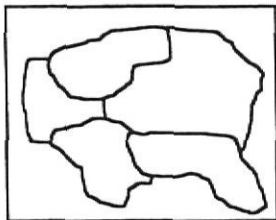
# METODOLOGÍA G.I.S

SELECCIÓN  
CARTOGRÁFICA

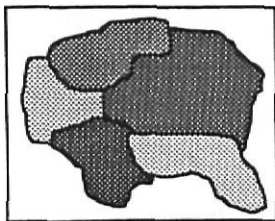
DIGITALIZACIÓN



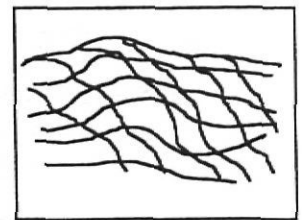
ORTOCORRECCIÓN



VECTORIZACIÓN



RASTERIZACIÓN



ANÁLISIS

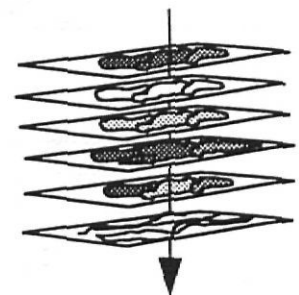


Figura 2

**SELECCIÓN DE LOS PUNTOS  
DE VISTA DE MAYOR  
IMPACTO VISUAL**

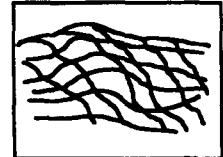
**OBTENCIÓN DEL  
MAPA DE CUENCA  
VISUAL**



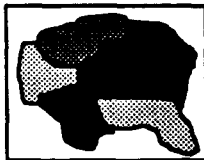
**SELECCIÓN PUNTOS  
DE VISTA DE MAYOR  
IMPACTO VISUAL**



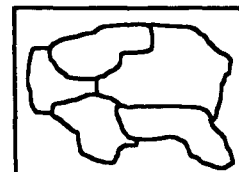
**MODELO DIGITAL  
DEL TERRENO**



**COBERTURAS  
RASTER**



**COBERTURAS  
VECTORIALES**



**IMAGEN SINTÉTICA**

**Posicionamiento observador virtual**

Figura 3

cionamiento de un observador de una altura estándar en las coordenadas seleccionadas dentro del MDT. Es importante recrear las condiciones de visibilidad humanas dentro del simulador, es decir, utilizar una cámara virtual con una apertura de diafragma próxima a 50 mm.

Sobre el MDT es posible en muchos programas disponer fotografías aéreas, imágenes de satélite o cualquier otra cartografía digital que pueda ser útil o, simplemente, para añadir realismo a la simulación.

Sobre el MDT se superpone en este momento la línea vectorial que marca el contorno del área a restaurar, de forma que se pueda comprobar sobre el modelo la superficie del área a restaurar, visible para el observador. Es recomendable en muchos casos superponer también sobre el MDT las líneas que marcan vías de comunicación, contorno de núcleos urbanos, corrientes de agua y cualquier otro elemento que pueda resultar de ayuda para la posterior identificación de los puntos en la zona real de estudio. Además, estas líneas resultan útiles para comprobar si los puntos de vista de mayor impacto visual se han seleccionado correctamente. Es conveniente que las líneas que se utilicen tengan diferentes colores para facilitar su posterior identificación.

Las imágenes de simulación del posicionamiento de un observador en las coordenadas elegidas, han de ser almacenadas para su posterior utilización. Este almacenamiento puede ser realizado en diferentes formatos (BMP, TGA, PCX, etc), dependiendo de los requerimientos del programa de retoque digital de imágenes

que se vaya a utilizar, aunque actualmente casi todos los programas pueden manejar un gran número de formatos.

Es importante anotar el tamaño de las imágenes almacenadas, puesto que ha de coincidir con aquel de las fotografías que se realizarán en la zona real de estudio.

Una vez realizados los procesos de análisis de la cartografía con el S.I.G. y obtenidas de las imágenes desde los puntos de vista de mayor impacto visual, se procede a realizar el de toma de fotografías en el escenario real, situándose en las mismas coordenadas con ayuda de un GPS, poniendo especial cuidado en reproducir las mismas condiciones que en la simulación, es decir, controlando la similitud de los ángulos horizontal y vertical, apertura del diafragma, etc. Todos estos parámetros, junto con los correspondientes a los datos sobre las condiciones ambientales de la zona (visibilidad, estado general de la vegetación, estación, hora, ángulo de incidencia de los rayos solares, etc), deben ser almacenados en una base de datos que comprende las fotografías de la zona a restaurar. (Ver figura 4)

Como apoyo para la correcta puesta en práctica del proceso anteriormente descrito, se pueden utilizar las imágenes digitales creadas con el ordenador, desde las mismas coordenadas.

El siguiente proceso es el de contraste de bases de datos de zonas a restaurar y material con el que simular la restauración. Estas bases de datos se habrán construido con idéntica estructura para almacenar los datos correspondientes a los parámetros técnicos de la toma de las foto-

# METODOLOGÍA FOTOGRAFICA



Posicionamiento en  
coordenadas elegidas



Posicionamiento de aparatos

Lectura y anotación de datos



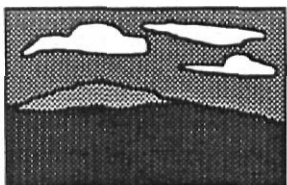
Toma de fotografías



Introducción de datos en  
la base



Contraste de bases de datos



Obtención del material base

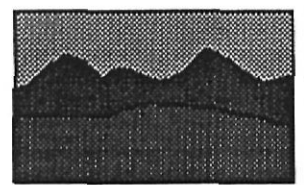


Figura 4



grafías y de aquellas informaciones ambientales que puedan ser necesarios, como los reseñados anteriormente. El contraste de las bases de datos tiene como objeto seleccionar aquellas imágenes de "material" con el mayor número de parámetros coincidentes con aquellas de zonas a restaurar.

La base de datos de "materiales" incluirá la información correspondiente a todas aquellas fotografías que se hayan realizado en diferentes momentos y lugares. Esta base de datos puede ir siendo ampliada progresivamente, dentro de las necesidades y posibilidades técnicas y económicas del proyecto. Es de destacar que cuanto mayor sea el número de posibilidades para la selección del material, mayores serán las posibilidades de encontrar el más idóneo para cada caso, lo que, a su vez, incrementará el realismo de las imágenes finales.

El proceso comienza con la introducción de las fotografías en formato digital al software de retoque digital de imágenes. Este proceso se realiza mediante escaneado de las fotografías. En este momento es importante realizar las modificaciones necesarias dentro del programa de escaneado, para que la resolución y el tamaño de la imagen sea el mismo que el de las imágenes obtenidas a partir del MDT que fueron almacenadas anteriormente.

Tras el proceso de escaneado de las fotografías y de su introducción junto con las de las imágenes sintetizadas a partir del MDT en el programa de retoque digital de imágenes, se realiza el proceso de obtención de las líneas vectoriales que marcan el contorno del área a restaurar. Estas líneas se obtienen cargando las imágenes creadas por simulación del posicionamiento de un

observador en los puntos de vista de mayor impacto visual que, como se recordará, contienen estos vectores, superpuestos sobre el MDT. (Ver figura 5)

Utilizando procesos de enmascaramiento por iluminación o por diferencias cromáticas, se puede seleccionar la línea que marca el contorno del área degradada en cada una de las posiciones. La posterior inversión de la máscara dejará este objeto expuesto a modificaciones y podrá ser almacenado independientemente del resto en la misma posición en que se encuentra en la imagen. Este proceso se realiza para cada una de las imágenes creadas.

A continuación, se cargan en pantalla las imágenes correspondientes a cada una de las fotografías realizadas en la zona a restaurar y se le superpone el objeto "línea" correspondiente en cada caso. Esta línea debe coincidir con el contorno real del área a restaurar y encajar perfectamente en dicha zona. Con ayuda de esta línea se superpone una máscara (plano alfa) o filtro que impide realizar modificaciones sobre todo aquello no comprendido dentro de la superficie a restaurar.

La línea que marca el contorno del área a restaurar puede ser modificada tanto en altura como en tamaño, lo que permite simular el avance natural de la vegetación circundante sobre el área, así como las diferencias en el área de superficie vista desde los diferentes puntos seleccionados si aumenta la altura de la vegetación existente en los alrededores.

Una vez realizados los pasos anteriores, se selecciona en pantalla la fotografía o fotografías seleccionadas para la

# Proceso de retoque digital de las imágenes

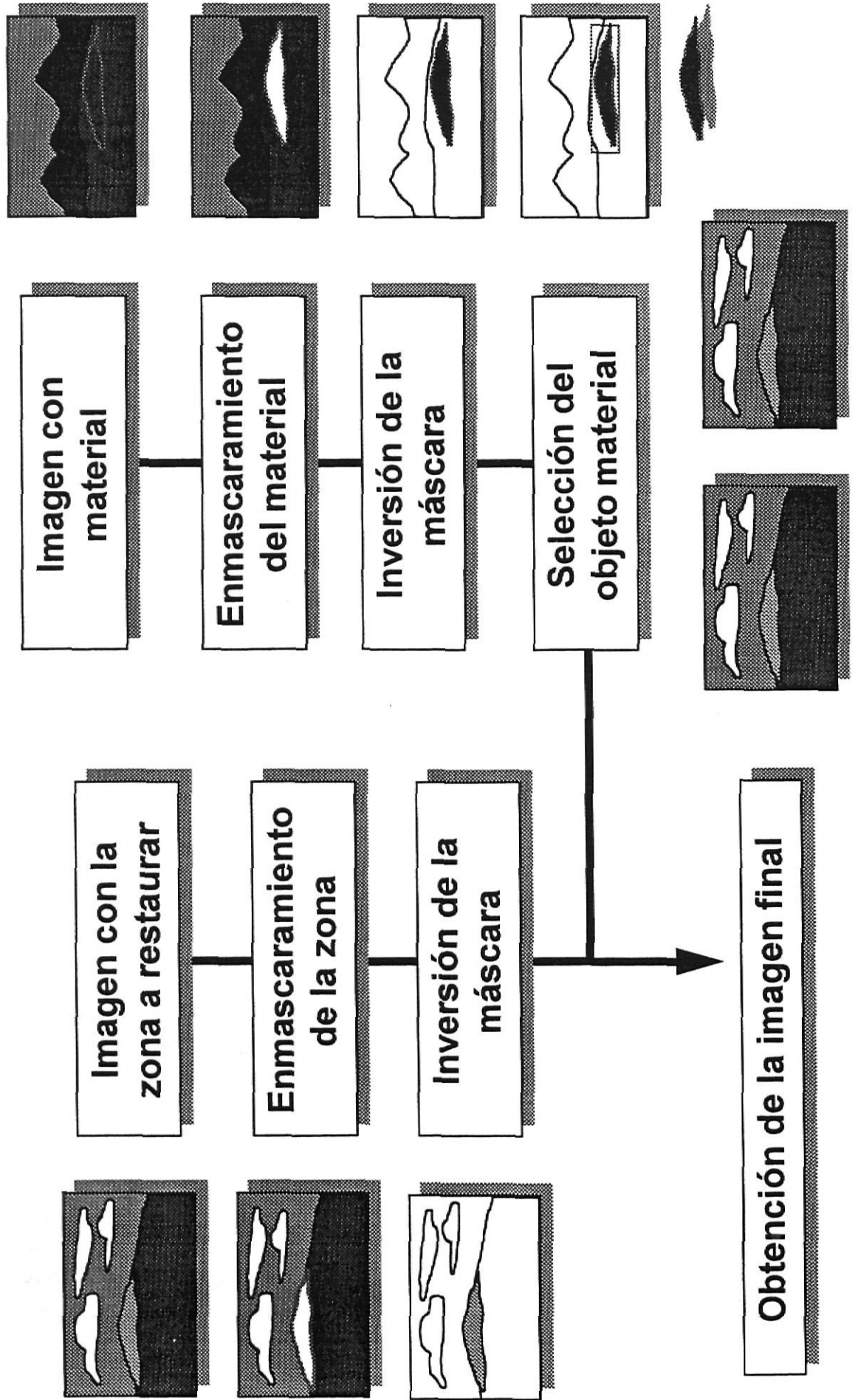


Figura 5

extracción de material con el que simular la restauración y se superpone nuevamente la línea de contorno del área degradada sobre dicho material. Con ayuda de esta línea se procede a enmascarar el material necesario para la simulación que, tras el proceso de inversión de la máscara, podrá ser seleccionado como objeto y almacenado como tal.

Este proceso debe realizarse tantas veces como sea necesario para obtener todo el material necesario para la totalidad de la zona, atendiendo a las posibles variaciones en pendiente, iluminación, distancia, etc.

Por último, se seleccionan los objetos "material" almacenados y se superponen sobre la imagen a restaurar, teniendo en cuenta que solamente afectarán a las zonas desprotegidas por la máscara, es decir, al área a restaurar.

Una vez comprobado el efecto de la superposición de los materiales sobre la zona a restaurar, se procede, si es necesario, a realizar pequeñas modificaciones en las áreas de contacto entre los objetos y el entorno, como puede ser el suavizado de los bordes, con el fin de obtener el mayor grado de integración posible.

Si todos los procesos se han realizado correctamente, las imágenes finales obtenidas alcanzarán un elevado grado de realismo, basado en el profundo análisis previo del medio y de la correcta selección de los materiales para la simulación.

Las imágenes finales de simulación de corrección del área seleccionada constituyen un valioso apoyo para los gestores del medio y como documento explicativo

y comprensible, que muestre al público general los resultados previstos en la actuación sobre estas áreas.

La aplicación de esta técnica permite obtener imágenes que simulen los sucesivos pasos de recuperación de un área degradada, desde la colonización de la zona desnuda por las plantas pioneras, la implantación de vegetación herbácea y arbustiva en sus primeras etapas, su posterior expansión y, finalmente, la integración total de ésta en la zona. Las diferentes imágenes pueden ser volcadas a vídeo y, mediante fundidos, originar una secuencia que indique la evolución del área en el tiempo previsto. La validez de estas técnicas ya ha sido demostrada en su aplicación, en colaboración con la Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid, a la simulación de corrección de áreas degradadas como las del vertedero clausurado de Collado Villalba, la creación del Parque Regional del Sureste de Madrid, la restauración en puntos alterados del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares y la Simulación de recuperación de la madrileña plaza de Santa María Soledad Torres Acosta. Del mismo modo, esta técnica está comenzando a ser utilizada por los expertos en planificación territorial y catastro como apoyo en la toma de decisiones, como demuestra el auge en la investigación sobre este tema que desarrollan algunos Departamentos Universitarios. (Alonso, Aguiló y Ramos, 1991; López Quero y Lázaro Benito, 1993)

## Bibliografía

- ALONSO, S., AGUILO, M. y RAMOS, A. (1991): "Directrices y Técnicas para la Estimación de Impactos. Implicaciones ecológicas y paisajísticas de las implantaciones industriales; Criterio para el establecimiento de una normativa". *Trabajos de la Cátedra de Planificación E.T.S.I. Montes. UPM. Madrid*
- BOSQUE SENDRA, J. (1992): *Sistemas de información geográfica*. Madrid, Ediciones Rialp, 451 p.
- DANAHY, J. y HOINKES, R. (1993): "GIS & CAD Based Multi Media in CLR view", *Presentation at SGI EXPO '93*
- DU TOIT ALLSOPP HILLIER AND CLR, (1993): "A secondary Planning Study for the City of Ottawa and the National Capital Commission, Ottawa", June 7, 1993.
- HOINKES, R. y MITCHELL, R. (1994): "Playing with time: continuous temporal mapping strategies for interactive environments", *Canadian GIS Conference*, 1994.
- LÓPEZ QUERO, M. y LÁZARO BENITO, L. (1993): *El Catastro y la Tributación de los Bienes Inmuebles Rústicos*. Madrid, Editorial Paraninfo 385 p.
- PUELLES GALLO, M. (1995): *Metodología para la Simulación de Corrección de Áreas Degradadas* Tesis Doctoral. U.P.M. Madrid.
- VARIOS AUTORES (AESIGYT) (s.f.): "Diccionario Glosario de términos S.I.G." Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica y Territorial.
- VARIOS AUTORES (1991): *Guía Metodológica para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental*. MOPT.
- WRIGHT, ROBERT M. (1993): "An Approach to Knowledge Acquisition, Transfer and Application in Landscape Architecture", in press.
- WRIGHT, R. y HOINKES, R. (1993): "Computational issues in urban design: developing a strategy for solar impact assessment", CAAD Futures' 93 (Flemming and Wyk Editors), Elsevier Science Publishers.