Ordenamiento del Territorio y Medio Marino. V Reunión Científica de la Asociación Española de Teledetección.
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria - Servicio de Publicaciones.
Las Palmas de Gran Canaria, 10, 11 y 12 de noviembre de 1993. pp. 893-906.
Editor: Manuel Cantón Garbín.

GC/CRAFTS: Incorporación de técnicas de teledetección en un proyecto etnográfico

Eduardo Grandío de Fraga
Fundación para la Etnografía y el Desarrollo de la Artesanía Canaria
Cabildo de Gran Canaria

RESUMEN

Esta comunicación describe las líneas maestras de GC/CRAFTS, un proyecto enfocado al desarrollo de una herramienta automática especializada en análisis exploratorio de datos espaciales y en análisis de captación de recursos, en el ámbito territorial, técnico y sociológico de comunidades etnográficas.

Con esta herramienta, las imágenes Landsat son una de las principales fuentes de datos para la evaluación de la dinámica de los recursos y para la actualización de la cartografía temática contenida en un GIS vectorial.

ABSTRACT

This paper describes the main methodological lines of GC/CRAFTS, a project focused towards the developpement of an automatic tool specialized in exploratory spatial data analisys and site resource catchment analisys, in the territorial, technical and social context of ethnological communities.

Within this tool, Landsat images are the most valuable data source for the evaluation of resource dinamics and for the update of vectorized GIS coverages.

Marco global del proyecto

El proyecto de investigación GC/CRAFTS, desarrollado desde 1991 por la FEDAC[1] en colaboración con las Universidades de Las Palmas y La Laguna, se dedica al estudio de las artesanías tradicionales y el patrimonio etnográfico de la isla de Gran Canaria desde la perspectiva de la antropología cultural. Dentro de él, existe una línea de trabajo[2] dedicada al estudio de la interacción entre el medio ambiente y las comunidades tradicionales de campesinos, con especial atención a las actividades complementarias que dan lugar a la aparición de especializaciones profesionales rurales. Utilizando

1 *Fundación para la Etnografía y el Desarrollo de la Artesanía Canaria*, dependiente del Cabildo Insular de Gran Canaria.

2 Nos gustaría destacar la presencia del geógrafo Agustín Naranjo, profesor de Sistemas de Información Geográfica de la Universidad de Las Palmas, que está realizando su tesis doctoral de acuerdo con el esquema que aquí planteamos.

censos de artesanos, piezas y procesos, contenidos en bases de datos multimedia y georeferenciadas a un Sistema de Información Geográfica, (GIS), con datos vectoriales sobre usos y usuarios del suelo e imágenes *raster* procedentes de teledetección. Con ellas intentamos obtener respuestas a problemas específicos relativos a la ubicación geográfica de los artesanos y a sus formas de utilización del territorio.

Estado de la cuestión y objetivos

Tradicionalmente los oficios se distribuyeron en la isla de Gran Canaria de acuerdo a un patrón de asentamiento que dinámicamente se ajustaba a la evolución de una serie de parámetros. Este dinamismo era posible porque los oficios eran actividades plenamente funcionales (y hasta cuantitativamente significativas) dentro del sistema económico imperante en la Isla. En los últimos años, las cosas han tomado un cariz muy distinto. Los cambios demográficos y de uso del suelo producidos en la segunda mitad de este siglo, han modificado profundamente la articulación del espacio insular. El cambio, social y económico, ha sorprendido a unas comunidades artesanas en retracción que han sido incapaces de reajustar su comportamiento a las nuevas variables que modifican las condiciones materiales y sociales de acceso a las materias primas. Los artesanos tampoco han tenido la oportunidad de ajustar su distribución espacial a todos estos cambios de los parámetros del entorno de acuerdo con sus patrones de asentamiento. En lugar de ello, en el mejor de los casos, se han mantenido en su ubicación tradicional y en el peor, abandonaron la actividad.

Una política de recuperación y promoción de las actividades tradicionales con valor patrimonial tiene que ser consciente de la estrecha vinculación entre muchos de los oficios y las características del territorio y de los recursos que ofrece. Por ello es necesario:

1) Caracterizar los entornos óptimos para el ejercicio de cada actividad.
2) Localizarlos en el mapa y explicar los porqués de su idoneidad.

Estos son nuestros objetivos últimos y esperamos que su consecución nos permita establecer unas directrices para la distribución espacial de la política de actuación.

Metodología

Estos dos objetivos están íntimamente relacionados con dos problemas centrales de la teledetección, la selección de zonas de entrenamiento (*training sites*) y la clasificación propiamente dicha. Caracterizar los lugares de asentamiento es de algún modo equivalente a obtener la firma multivariable del entorno que rodea a aquellos que se encuentran mejor ubicados. Localizar en el mapa zonas similares a unas muestras dadas, es el objetivo de la clasificación supervisada. De todas formas, en el campo

que nos ocupa, alrededor de las ideas de entorno, multivariable, mejor ubicados y zonas similares, se plantean una serie de cuestiones metodológicas que intentaremos desarrollar.

Análisis de captación (SCA)

Para poder conocer las características que exhiben las zonas más adecuadas para el ejercicio de una actividad determinada debemos circunscribir la evaluación de las múltiples variables implicadas a una zona bien definida en el entorno del asentamiento del taller u obrador, para, posteriormente explicar el flujo de recursos existente entre esas parcelas del medio ambiente y las comunidades tradicionales que las explotan. Para ello utilizamos bases de datos gráficas[3] de los recursos potenciales del territorio sobre las que realizamos un SCA.

El *Site Catchment Analysis* (SCA), propuesto por Higgs y Vita Finzi (1972)[4], se basa en el concepto de *área de captación* para caracterizar el entorno y para valorar la capacidad de una comunidad para el intercambio con el medio, es decir, para cuantificar su ecotipo[5] en función de las condiciones físicas y sociales de acceso a los recursos de su entorno.

Para su desarrollo efectivo es necesario disponer de una descripción de las potencialidades del medio en base a las tecnologías disponibles por la comunidad que realiza la captación, de una medida de la accesibilidad de los recursos relativa a los asentamientos y de un procedimiento para asignar los recursos a sus usuarios en función de las condiciones de accesibilidad, o, lo que es lo mismo, la implementación de un motor de captación a partir de una modelización del proceso (Diagrama 1). Opcionalmente puede utilizarse el flujo de captación como entrada de un sistema *input-output*.

3 En formato *raster*.

4 Nuestro primer contacto con el SCA lo tuvimos en 1985, a través del profesor J. Sánchez Meseguer del departamento de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid, al incorporarnos al proyecto ArxeosII, en el marco de la realización de nuestra tesis doctoral, un SCA de la Cubeta Alta del Guadiana durante la Edad del Bronce Medio, (Grandío, E. 1989).

5 Se entiende por ecotipo de una comunidad, la forma específica que esta tiene de establecer el intercambio energético con el medio ambiente. Aquí nos interesan los ecotipos *paleotécnicos*, basados en el mantenimiento de un flujo alimentario por medio de la aplicación del trabajo procedente de la fuerza muscular animal y humana. Estos ecotipos implican techos energéticos muy bajos, pequeña capacidad de carga demográfica sobre el territorio y sistemas sociales sencillos. Son característicos de la Prehistoria, de los pueblos primitivos actuales y del campesinado tradicional de occidente.

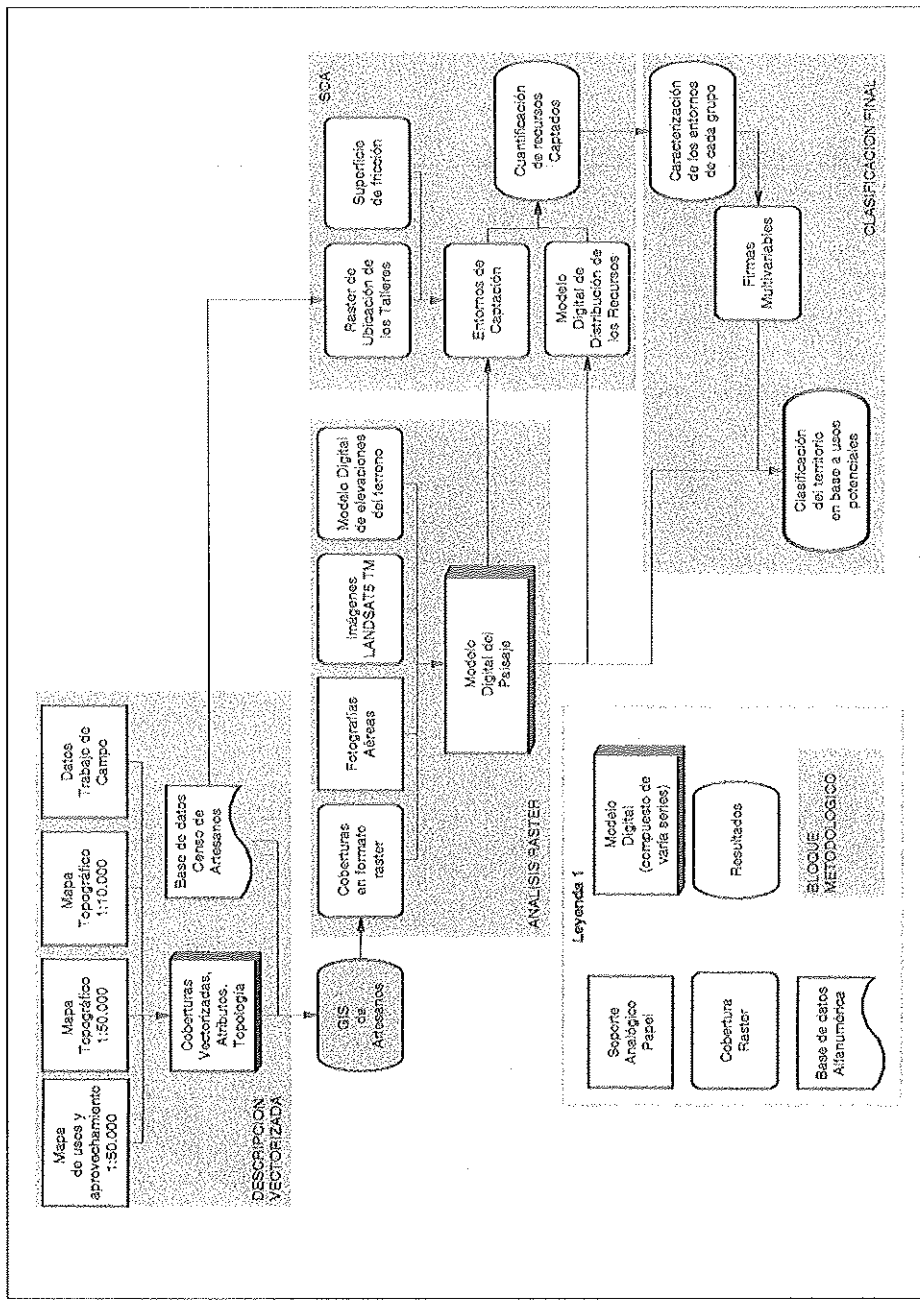


DIAGRAMA 1
Esquema del método de trabajo

Organización de las coberturas

Nuestra descripción de las variables relativas a coberturas y usos del territorio, se digitaliza como un sistema vectorial (en concreto con ATLAS*GIS[6] y bases de datos alfanuméricas en formato .DBF), pero, para las evaluaciones complejas, las variables, resultan mucho mejor representadas y son más fácilmente calculadas cuando se describen como imágenes *raster*, esto es, como tablas asociadas a una retícula[7], por ello, realizamos el análisis en un entorno híbrido *raster*-vector (IDRISI[8], complementado con módulos de desarrollo propio[9]), utilizando técnicas de SDA (*Spatial Data Analisys*) y de tratamiento de imágenes, procedentes, estas últimas, del campo de la teledetección.

Como los objetivos implican un análisis exploratorio de los datos (EDA[10]) a fin de localizar las ubicaciones que hoy resultan adecuadas para el ejercicio de determinadas actividades, es necesaria una descripción de la totalidad del territorio de estudio (si sólo se pretendiera caracterizar los entornos de captación típicos de cada oficio sería posible restringir la cobertura cartográfica a las áreas delimitadas por el modelo de captación).

En los GIS vectoriales se utilizan entidades de tipo puntual (centroides), lineal (fronteras y ejes), areal (polígonos y corredores) y relacional (tablas alfanuméricas), a los que hay que añadir las entidades superficiales (superficies tridimensionales), características de los sistemas *raster*.

Una descripción del territorio basada en sus elementos constituyentes se completa con la base geométrica proporcionada por un modelo digital de elevaciones del terreno (MDET), que puede ser una red triangular irregular (TIN) o una malla ortogonal representada por una matriz (*raster*).

El eje troncal de estos mapas son las entidades areales, poligonales o más sencillamente regiones. La definición de las unidades mínimas de análisis (UMA's) se ba-

6 De Strategic Mapping Inc. Actualmente en su versión 2.

7 En nuestro caso, de 30x30 metros y registrada con la de las imágenes LANDSAT georreferenciadas.

8 Eastman, R. 1988, Universidad de Clark. Nosotros utilizamos la versión 4, complementada con módulos no soportados, obtenidos directamente de IDRISI@CLARKU, vía la red EARN.

9 F. Antolín y R. Martínez escribieron en Basic, Pascal, C y Ensamblador 80x86, diversos programas y utilidades que complementan ciertas carencias de IDRISI.

10 El "Exploratory data análisis" es una técnica prospectiva basada en la similitud estadística de los entornos que caracterizan a asentamientos similares y que ha sido frecuentemente utilizada en etnografía y arqueología, sirvan como ejemplo los trabajos de Hasentab y Resnick (1990), que recurrieron a ella para seleccionar zonas de especial interés en la prospección de asentamientos paleoindios y ranchos de pioneros en los terrenos militares en que actualmente se ubica el Fuerte Drum (NY), los de Ezra Zubrow (1990), centrados en la modelización y predicción demográfica en el Nueva York histórico y prehistórico.

sa en el concepto de parcela uniforme con respecto a todas las variables a considerar. En función de la escala y el uso a dar al sistema se considera que, en los 1.500 Km^2 de Gran Canaria, por ejemplo, se debe trabajar con al menos 2.000-3.000 unidades a 1:50.000 y unas 20.000 a 1:5.000.

Para la delimitación de estas unidades resultan de gran utilidad los mapas de usos y aprovechamientos, las fotografías aéreas y las imágenes del sensor TM de los satélites LANDSAT.

Descripción del paisaje: MDP (modelo digital del paisaje)

Los distintos valores que adoptan las variables, que nos permiten describir las componentes del paisaje que resultan significativas para nuestro análisis, son almacenados en imágenes *raster* (en formato IDRISI). Un modelo operativo mínimo adecuado al caso que nos ocupa, contempla al menos las siguientes series de variables:

Variables medioambientales:
- Morfología del Terreno: Altitud. Pendientes. Orientación.
- Suelos.
- Cobertura del suelo (natural y/o agrícola).

Variables antropógenas:
- Red jerarquizada de comunicaciones.
- Asentamientos: Centroides. Población. Zonas de irradiación (isócronas/ hinterlands). Valor como mercado.

Variables procedentes de imágenes de satélite (LANDSAT5 TM):
- Compuestos de bandas. Clasificación en Clusters. Índices de vegetación (Diferencia Normalizada).

Base geométrica:
- Línea de costa. Cauces de barranco. Vértices geodésicos. Puntos de con- trol.

Diseño de los entornos de captación

Existen varias familias de modelos para la generación de entornos (Díaz Álvarez, J.R. 1982), la más utilizada en el SCA es la familia de modelos de captación radiales. Son los más simples y su uso (al menos conceptualmente) se remonta al Barón Von Thünen, (1826). Aunque en muchos trabajos pioneros se utilizan simples círculos, en áreas rurales suele recurrirse a los basados en en-

tornos isócronos[11] obtenidos a partir de la distribución de la pendiente (sirvan como ejemplo, en nuestro país, los de Gillman y Thormen (1985) o los realizados en el Dto. de Prehistoria y Arqueología de la UAM, bajo la dirección de J. Sánchez Meseguer, como nuestra propia tesis doctoral (E. Grandío 1989). En el marco del proyecto GC/CRAFTS, por medio de la incorporación de ordenadores a la práctica totalidad del proceso de asignación, estamos desarrollando un Modelo de Captación con Espacios Disociados basado en criterios de Accesibilidad Relativa (MEDAR). (Figura 1)

Piezas clave de nuestra implementación de un MEDAR son una descripción vectorizada de la distribución de los recursos potenciales y un conjunto de ***superficies de fricción***, imágenes *raster* que relacionan cada pixel con la dificultad de acceder a sus vecinos a través de él y que incorporan numerosas componentes. Unas se relacionan con la pendiente, la proximidad de vías de comunicación y la estructura de la propie-

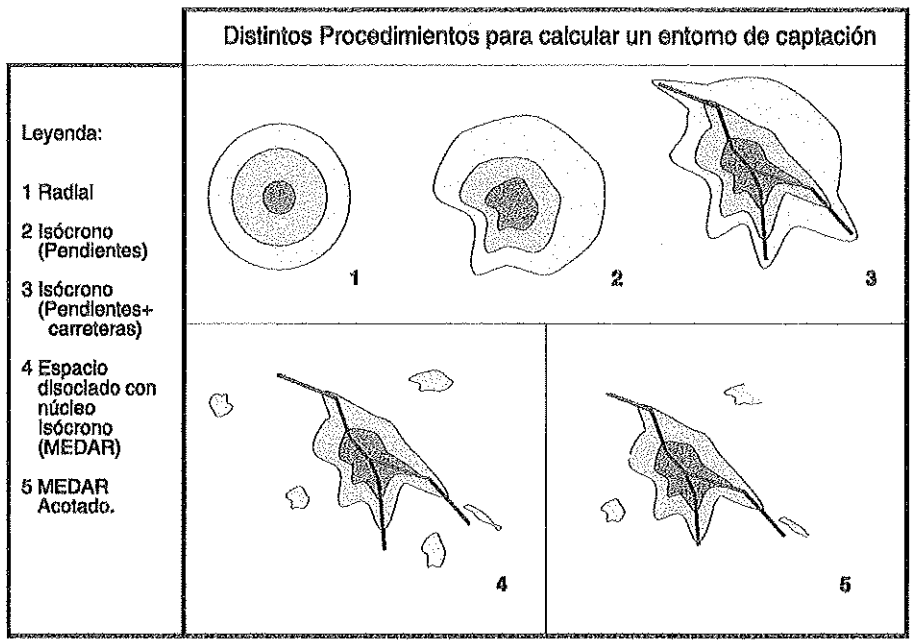


FIGURA 1
Distintos procedimientos para calcular un entorno de captación. **(A. 96)**

11 Se denomina isócrona t de un punto p a la línea resultante de unir todos los puntos en torno a p que pueden ser alcanzados desde éste en un tiempo t. Por ejemplo: "Isócrona de una hora en torno al taller de un cestero".

dad de la tierra, otras se obtienen de clasificaciones no supervisadas (*cluster*) de componentes principales de un Modelo Digital de Elevaciones del Terreno y bandas del TM, o de imágenes de textura del relieve e índices de vegetación. (El diagrama 2 esquematiza el cálculo de una de estas superficies).

Los entornos definidos por medio de los MEDAR constan de:

Un **núcleo central** basado en criterios de isocronicidad. Los datos son calculados a partir de una superficie de fricción que incluye:

- Pendientes.
- Distancias a un sistema jerarquizado de vías de comunicación (a su vez isócronas en base a la pendiente como fricción).
- Barreras que acotan el entorno (básicamente la línea de costa, las "superunidades" de cada ecosistema de barrancos, los grandes escarpes y los latifundios cerrados). Por ello a veces llamamos a estos modelos MAEDAR (Modelos Acotados...).
- Indicadores de la aspereza del terreno, derivados del mapa geomorfológico, del mapa de formaciones vegetales y del NDVI.

"Islas" que ofrecen recursos específicos de la actividad, merecedores de un esfuerzo de captación suplementario. Son entidades espacialmente disociadas y se adscriben a uno u otro de los núcleos de acuerdo con teselaciones realizadas en función de criterios de accesibilidad basados en:

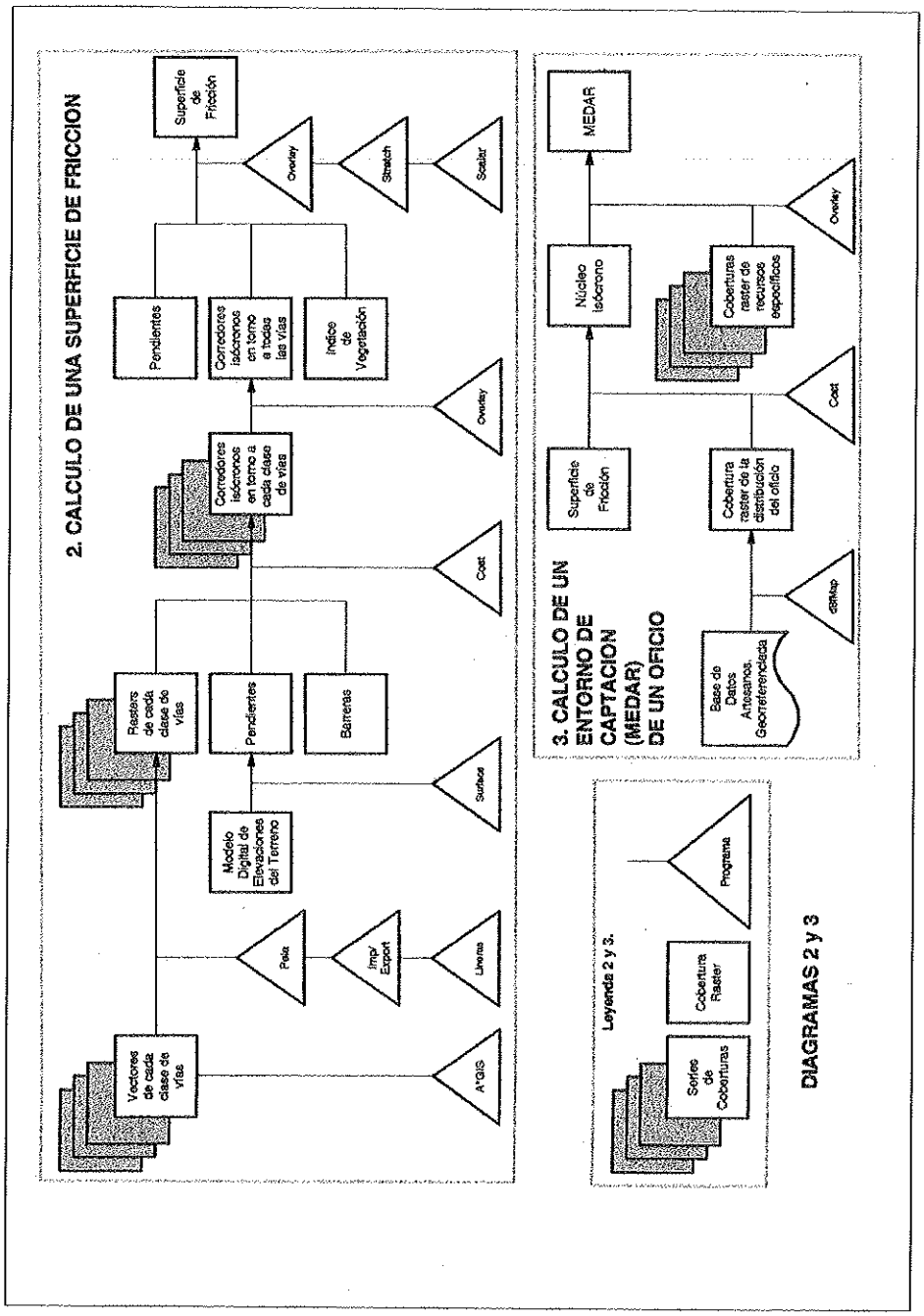
- Condiciones físicas (Distancia isócrona y ponderada relativa a otros usuarios).
- Condiciones sociales (Control por algún otro usuario, clandestinismo, etc...).

El diagrama 3 indica el proceso de cálculo de un entorno.

Evaluación de la captación

La evaluación del flujo potencial de recursos que un usuario puede obtener de su área de captación se calcula a través de un tratamiento estadístico[12] de los píxels extraidos por enmascaramiento de un Modelo Digital de Distribución de los Recursos (MDDR). El flujo efectivo se calcula en base a la presión sobre el medio obtenida a partir de datos demográficos. (Diagrama 4).

Un MDDR tiene una estructura similar a un Modelo Digital de Elevaciones del Terreno en el que la variable z (el valor asignado al pixel) representa el interés intrínseco del pixel en función de un determinado sistema de valores.



DIAGRAMAS 2 y 3

La valoración de un territorio en base a la distribución espacial de un abanico de recursos puede resultar una labor muy sencilla (como lo muestran muchos estudios de mercado que sólo tienen en cuenta la presencia de dinero o de clientes potenciales o muchos estudios militares sobre la mortandad inducida por armas de destrucción masiva), pero puede resultar enormemente compleja en casos como los planteados por la arqueología espacial o la antropología del territorio.

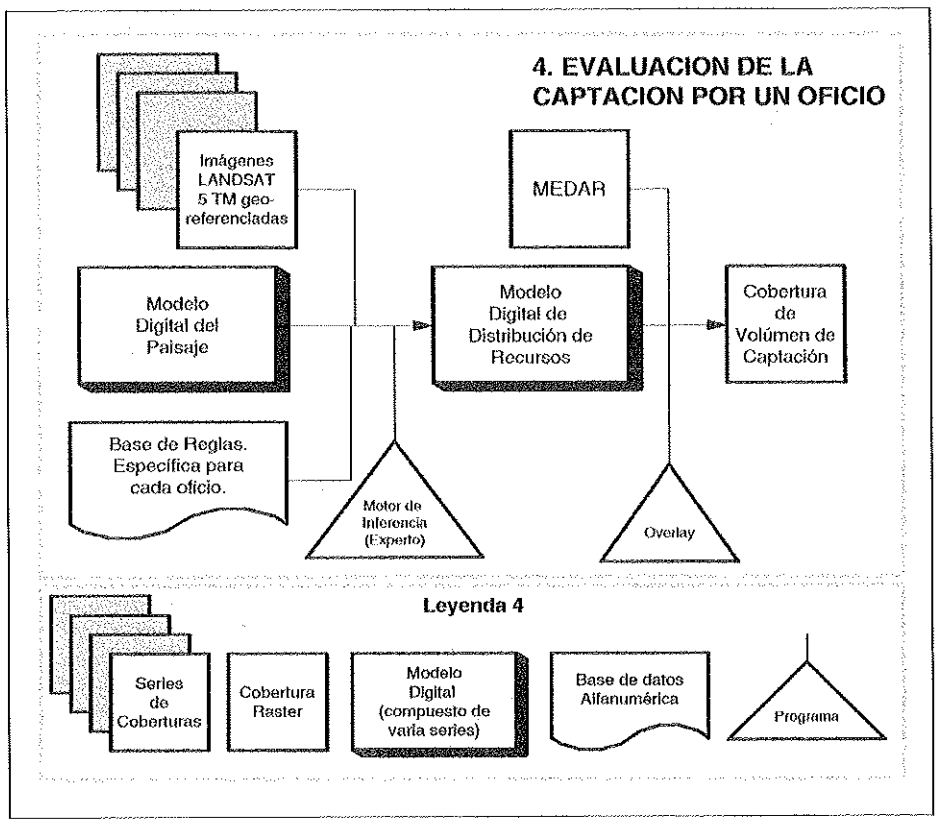


DIAGRAMA 4

12 Básicamente, el resultado de sumar los cocientes entre los valores asignados a la clase de cada pixel extraído por medio de la máscara de captación y un coeficiente de penalización calculado en base a una potencia (normalmente igual o menor que 2) de la distancia del pixel al centro de la captación.

Por una parte, cada grupo social (en nuestro caso los practicantes de cada uno de los oficios), valoran los recursos con ópticas muy distintas. Más allá de la simple supervivencia, las necesidades a cubrir son cualitativa y cuantitativamente diferentes y los recursos disponibles para su aprovechamiento también varían de un grupo a otro. El sistema de valores de cada grupo integra las distintas variables medioambientales que considera significativas de una forma compleja y claramente no lineal[13]. Ante problemas similares Robinson y Lundberg (1987), Kontoes y Wilkinson (1993) y nosotros mismos (E. Grandío 1989) hemos mostrado que los sistemas basados en conocimiento y enfocados a reglas[14] pueden resolver buena parte de las incertidumbres asociadas a estos cálculos. En el entorno que utilizamos es suficiente desarrollar un pequeño sistema experto capaz de calcular el valor de cada uno de los píxels de una imagen de salida (un MDDR) a partir de la aplicación de una serie de reglas a los valores de ese pixel y de sus vecinos en las imágenes de entrada, que contienen una representación de las variables consideradas. Algunas reglas son comunes a todos los oficios y otras son específicas de cada uno[15].

Aplicación de imágenes LANDSAT

A pesar de que, como hemos visto, el núcleo de la información utilizada por GC/CRAFTS reside en un GIS vectorial, la vinculación de este proyecto con el mundo de la teledetección es doble, por una parte, la más evidente, la utilización de imágenes procedentes de un satélite, y por otra parte, aunque menos evidente, no por ello menos importante, la incorporación de software y técnicas propias del tratamiento de imágenes para el estudio de datos de procedencia vectorial o híbrida[16].

El objetivo último de la incorporación de imágenes LANDSAT es afinar la textura de los mapas originales en vectores y lograr un comportamiento más rico y estable ante la aplicación de métodos de análisis complejos, como es el SCA con MEDAR.

1) Para optimizar las entidades areales (regiones o parcelas) de los mapas vectoriales, las superponemos sobre imágenes LANDSAT5 TM georreferenciadas. A ve-

13 Algunas dejan de ser significativas superado un cierto valor mínimo, otras, en cambio, sólo merecen ser consideradas si superan un cierto umbral. Algunas presentan un comportamiento discontinuo y en ciertos casos caótico, por lo que la evaluación es muy difícilmente realizable por procedimientos algorítmicos.

14 Rule-oriented knowledge-based systems.

15 Los valores posibles de un pixel del MDDR van de 0 a 255 (8 bits). Cuando se comienza la aplicación de las reglas se parte de un valor por defecto de 128, cada una de las reglas puede modificar el valor que obtiene de la regla anterior antes de transferirlo a la siguiente. Cuando el motor de inferencia se para (ya no hay más reglas que aplicar al pixel), se almacena el último valor y se pasa al siguiente pixel.

16 Rasterizaciones de vectores combinadas con imágenes.

ces, intercalando máscaras con los entornos de captación de un oficio y, habitualmente, incluyendo la base geométrica, formada por la línea de costa, los cauces de los barrancos, las carreteras y los contornos urbanos y centroides procedentes del censo de artesanos.

Las imágenes de base que hemos utilizado hasta ahora son:

– Compuestos, en color real (bandas 123) y falso color (bandas 234 y 345).
– Clasificaciones no supervisadas de las imágenes anteriores (clusters).
– Imágenes del índice de vegetación de diferencias normalizadas (NDVI).

En todos estos casos el objetivo es el reconocimiento de formas y de su patrón de distribución y asociación; en estas tareas, la agudeza visual, el sentido común y el conocimiento del terreno, compiten ventajosamente con la debilidad de los algoritmos. Por ello, para esta tarea de optimización de las coberturas vectoriales, la información más significativa (desde el punto de vista del antropólogo y en un territorio tan bien cartografiado como el que nos ocupa[17]), es la que se extrae a través de un análisis visual. Las modificaciones se vectorizan en pantalla con un ratón, en un proceso similar a la digitalización en tablero, o se trazan en una hoja de control y, posteriormente, se consolidan[18] en ATLAS*GIS.

2) Un segundo uso dado en GC/CRAFTS a las imágenes LANDSAT se deriva de la constatación, en 1991, mientras colaborábamos con C. Rodríguez Pérez-Galdós en la cartografía de su tesis doctoral[19], de la existencia de una persistente correlación entre los asentamientos correspondientes a los practicantes de los diversos oficios y determinados *clusters* de clasificaciones no supervisadas realizadas a partir de compuestos de componentes principales de distintos grupos de variables contenidas en un GIS vectorial. La similitud visual entre alguna de estas clasificaciones y las obtenidas de las imágenes TM por los mismos procedimientos, nos llevó a la localización de correlaciones semejantes, lo que nos permite pensar que estas imágenes contienen información significativa sobre la distribución espacial de la captación.

17 Nuestra clasificación de partida en GIS es temática y geométricamente mucho más fina que la que se puede obtener por clasificación supervisada de imágenes TM (al menos con programas comerciales del rango que va de IDRISI a ERDAS). De todas formas, la textura interna de las unidades, algo que se pierde cuando se clasifica, es capaz de proporcionar información (al menos visual) acerca de variaciones locales en el seno de una unidad, que se escapa a la capacidad gráfica de los sistemas vectoriales pero que pueden ser incorporados por fragmentación de unidades o por caracterización en la ficha alfanumérica de atributos asociada.

18 Las modificaciones del fichero geográfico maestro siguen un protocolo de consolidación encaminado a posibilitar el mantenimiento de su estructura, la coherencia topológica entre capas, las bases de datos de atributos y la calidad geométrica, por lo que para la digitalización siempre utilizamos ficheros intermedios.

La extracción de esa información presenta ciertas dificultades, pues muchas veces las regiones generadas por la clasificación no se corresponden con los elementos de cobertura del paisaje descritos vectorialmente y resulta difícil detectar la realidad medioambiental que se oculta tras cada grupo de *pixels*. Como contrapartida, una vez interpretado el significado de los *clusters*, se puede realizar una reasignación de valores y utilizar la imagen como un elemento fundamental en la construcción de un Modelo Digital de la Distribución de los Recursos.

3) Un tercer uso está vinculado con la utilidad de un indicador de la biomasa (NDVI), asociado a una delimitación de las formaciones vegetales, en el cálculo de la transitabilidad del territorio (superficies de fricción).

Conclusiones

1) Los procesos de *recopilación y organización de datos* relativos a los modos de vida tradicionales (etnografía) pueden obtener grandes beneficios de la incorporación de Sistemas de Información Geográfica Vectoriales.

2) Los GIS vectoriales presentan un notable interés para una primera explotación de la información ya consolidada, pues pueden ser utilizados como *interfaz de visualización* de cualquier base de datos[20] generada por el trabajo de campo (y por tanto, georreferenciable), incluso en trabajos ***no*** directamente implicados en el estudio de los efectos sociales de las características del territorio o en el del impacto ambiental de las actividades humanas.

3) Para el *análisis de la interacción entre las comunidades y los datos territoriales* (antropología espacial), actualmente, la estrategia más rentable, es el uso de rasterizaciones de mapas generados por un GIS vectorial[21].

4) La utilidad de la imaginería espacial en el contexto que nos ocupa es muy diferente de la que pueda tener en otras aplicaciones más usuales y reside, fundamentalmente, en su gran capacidad para *sugerir y evocar hipótesis* de trabajo que, posteriormente, deben ser puestas a prueba sobre el terreno. Esta capacidad se pone de manifiesto cuando se combinan las imágenes con GIS vectoriales.

5) Estas superposiciones de imágenes y de clasificaciones son asimismo de gran utilidad para *establecer correcciones* en la geometría de la cartografía vectorial y para completar la descripción de las entidades, contenida en las bases de datos de atributos (alfanuméricas).

6) Descripciones *raster* (clasificaciones), obtenidas a partir del tratamiento de fotografías aéreas digitalizadas o del tratamiento de imágenes de alta definición proce-

dentes de sensores aerotransportados, pueden ser combinadas con el modelo digital de elevaciones del terreno y las coberturas de origen vectorial, *para enriquecer el espectro de variables* utilizable en los procesos de análisis territorial vinculados a los modos de vida tradicionales.

7) El estado actual del mercado de imágenes LANDSAT, la carencia de imágenes recientes, las lagunas temporales, y la comercialización de productos brutos, que exigen un pretratamiento[22] especializado y tedioso, *limitan la accesibilidad de los usuarios finales* (en nuestro caso arqueólogos, antropólogos y etnógrafos) a las ventajas de la teledetección, importantísima tecnología que, hoy por hoy, queda circunscrita a ambientes académicos y de investigación, sin todavía ser habitual en la práctica profesional.

Bibliografía

Díaz Álvarez, J.R.: 1982. *Geografía y Agricultura. Componentes de los Espacios Agrarios.* Madrid: Cincel.

Gillman Guillén, A. y Thormen, J.B.: 1985. *El uso del suelo en la prehistoria del sureste de España.* Madrid: S. Universitaria.

Grandío, E.: 1989. Cartografía Automática en Arqueología. Tesis doctoral inédita. Universidad de Santiago. Resumen en *Actas de la Reunión del Grupo de Geografía Cuantitativa de la AGE.* Palma de Mallorca: AGE.

Hasentab, R.J. y Resnick B.: 1990. GIS in Historical predictive modelling: the Fort Drum Project. En *Interpreting Space: GIS and Achaeology.* Editado por Allen, Kathleen M.S., Stanton W. Green y Ezra B.W. Zubrow. Londres: Taylor & Francis. pp. 284-306.

Higgs, E.S. y Vita Finzi, C.: 1972. Prehistoric Economies: a Territorial Aproach. *Papers in Economic Prehistory.* Cambridge: Editorial Higgs.

Kontoes, C. et al.: 1993. An experimental system for the integration of GIS data in knowledge-based image analysis for remote sensing of agriculture. *Int. J. Geographical Information Systems.* Vol 7, 3:247-262.

Robinson, V. y Lundberg C.G.: 1987. Organizational and Knowledge Base Considerations for the Design of Distributed Geographic Information Systems – Lessons from Semantic Modeling. *International Geographic Information Systems (IGIS) Symposium: The Research Agenda.* V II, pp. 245-256.

Von Thünen, Barón de.: 1826. *Der Isolierte Stadt in Beziehung auf Landwirtshaft und Nationalëconomie.*

Zubrow, E.B.W: 1990. Modelling and prediction with geographic information systems: a demographic example from prehistoric and historic New York. *Interpreting Space: GIS and Achaeology.* Editado por Allen, Kathleen M.S., Stanton W. Green y Ezra B.W. Zubrow. Londres: Taylor & Francis. pp. 307-318.