

*Caracterización y  
cartografía de unidades  
de paisaje vegetal  
discriminadas a partir  
de técnicas de  
teledetección y trabajo  
de campo*

AGUSTÍN NARANJO CIGALA\*

LUIS HERNÁNDEZ CAIVENTO\*

\*Sección de Geografía (DACT)  
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

## Introducción

El objetivo fundamental de esta investigación fue llevar a cabo un ejercicio de análisis del paisaje vegetal de un área concreta de la isla de Gran Canaria. En primer lugar, se establecieron cuáles eran las discontinuidades espaciales del sector de cumbres de la isla de Gran Canaria a través de un procedimiento de clasificación digital de una imagen de satélite. En segundo lugar, se efectuó un análisis de las características fisionómicas de las unidades de paisaje establecidas con el procedimiento anterior y, finalmente, se corroboró la hipótesis de que los rasgos fisionómicos vienen determinados por la estructura vertical de las formaciones vegetales que caracterizan a cada unidad de paisaje vegetal, así como por la composición florística que en conjunto dado define a cada unidad.

## Descripción del área

El área donde hemos llevado a cabo nuestro ensayo (la Cumbre Central) es una zona que está claramente delimitada desde el punto de vista topográfico, lo que permite controlar las influencias ejercidas por los factores externos, tanto físicos como humanos, en los procesos de transformación del paisaje y en la distribución de la vegetación. Sus principales rasgos se pueden resumir de la siguiente forma: las cumbres de Gran Canaria se sitúan por encima de los 1.500 metros de altitud sobre el nivel del mar. El sector Sur, la Cumbre Central, se encuentra localizado geográficamente en el centro de la Isla, de ahí su denominación, y posee una altitud comprendida entre los 1.550 metros y los 1.949 metros del Pico de Las Nieves, cota máxima de la Isla. **FIG. 1**

El área de estudio queda comprendida

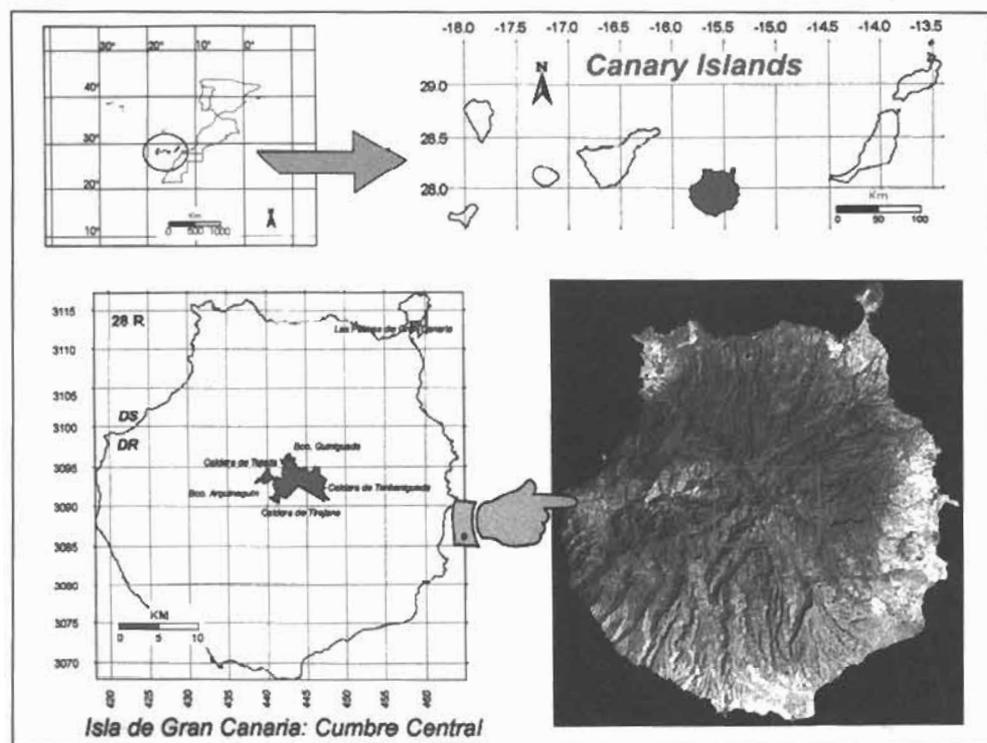


Figura 1. Croquis de localización.

aproximadamente en el rectángulo definido por los vértices UTM 438.000-3.090.000 al Suroeste, y 448.000-3.097.000 al Noreste, con 22,08 kilómetros cuadrados de superficie total. Esta área presenta unas características topográficas y altimétricas que permiten diferenciarla del resto de la Isla. Sus límites están nítidamente definidos por grandes escarpes erosivos y cabeceras de barrancos con cambios bruscos de pendiente que resaltan esta plataforma culminante de La Cumbre Central.

Esta zona presenta un clima *Csa* (templado, con verano cálido y seco) según la clasificación de Köppen (LÓPEZ, 1979) que influye en el tipo de comunidades vegetales que en ella se desarrollan. Predomina un matorral de leguminosas de porte arbustivo y subarbustivo de fisionomía achaparrada, acompañado por otro tipo de matorral de menor tamaño aunque de mayor diversidad florística que, sin embargo, posee las mismas adaptaciones morfológicas y fisiológicas. Los pinares de repoblación caracterizan también la configuración biogeográfica de la Cumbre Central, detectándose en ellos distintas facies de sotobosque.

Se trata de una zona que, ocupada hacia el siglo XIX (SANTANA, 1993), ha soportado un sistema intensivo de explotación agrosilvopastoril que hoy, sin embargo, manifiesta una franca regresión poblacional, motivada por la desviación de los recursos humanos y de las actividades económicas hacia las zonas costeras.

Por todo ello, consideramos a la Cumbre Central como un geosistema (BEROUTCHACHIVILI & BERTRAND, 1978) con características de «Landscape response units» (LRU) (PÉREZ-TREJO, 1993), que posee peculiaridades propias que permiten diferenciarlo del resto de los sistemas territoriales que organizan esta Isla, tanto desde el punto de vista de la vegetación como de su paisaje en general.

La Cumbre Central quedó protegida a la promulgación de la Ley 12/1987, de 19

de junio, de Declaración de Espacios Naturales de Canarias, con la denominación de «Parque Natural de Las Cumbres». En la actualidad, se encuentra al amparo de la Ley 12/1994, de 19 de diciembre, de Espacios Naturales de Canarias, bajo la figura de «Paisaje Protegido de Cumbres», que cuenta con la particularidad de ser considerada «Área de Sensibilidad Ecológica» en una amplia superficie. Este hecho consolida un tipo de uso que viene siendo habitual en esta área y que coherentemente gestionado puede llevar a esta zona, por su alto interés paisajístico, en uno de los lugares de mayor proyección natural de la Isla, convirtiéndose en un paraje recreativo y de ocio, a la vez que área de fundamental conservación, por sus propios valores botánicos, geomorfológicos, geológicos, de captación de aguas y finalmente, paisajísticos.

Sin embargo, esta situación actual es producto de una evolución reciente que parte de una explotación eminentemente agrosilvopastoril, en los sesenta, hasta las características actuales.

### Material y método

Para la elaboración de este trabajo se contó con las seis bandas no térmicas de una imagen LANDSAT-5 *Thematic Mapper* captada en septiembre de 1984 (FIG. 1). Estas bandas son, siguiendo la longitud de onda, de menor a mayor: 1 (azul, 0,45-0,52  $\mu\text{m}$ ), 2 (verde, 0,52-0,60  $\mu\text{m}$ ) y 3 (roja, 0,63-0,69  $\mu\text{m}$ ) en el espectro visible, 4 (infrarroja cercana, 0,76-0,90  $\mu\text{m}$ ) y 5 y 7 (dos infrarrojas medias, 1,55-1,75  $\mu\text{m}$  y 2,08-2,35  $\mu\text{m}$ , respectivamente). Para el tratamiento digital de las imágenes y la integración de los datos en el sistema de información geográfica, se utilizaron los módulos de IDRISI (desarrollado por J. Ronald Eastman y la Universidad de Clark, Massachusetts). Para el tratamiento vectorial y el análisis espacial de los resultados se usó el sistema de información geográfica Atlas\*GIS de Strategic Mapping Inc. Asimismo, se dise-

ñó un modelo de ficha de campo usada para contrastar los resultados extraídos del proceso de clasificación digital, con los de la realidad, y como expresión de las conclusiones de los atributos de las unidades de paisajes vegetales se realizó pirámides de vegetación siguiendo la metodología de G. Bertrand (BERTRAND, 1966) adaptada al medio canario.

Tras la lectura de las bandas que componían la imagen y su traspaso desde su soporte original (una Computer Compatible Tape o CCT) al programa de tratamiento, se procedió a la realización de los primeros ejercicios destinados a las correcciones radiométricas (principalmente atmosféricas) y las mejoras en la visualización de la imagen.

Para las correcciones atmosféricas se utilizó el método de corrección del histograma por sus valores mínimos (HMM) de P.S. Chávez (CHÁVEZ, 1975), consistente en restar a todos los valores digitales (ND en adelante) de cada banda el ND mínimo de cada banda, situando así el origen de los histogramas en 0. Con este método se corrigen las distorsiones radiométricas producidas por las interacciones atmosféricas, sobre todo la correspondiente a la dispersión Rayleigh, que afecta principalmente a las longitudes de onda más corta. Estos valores mínimos eran, para cada banda, los siguientes:

BANDAS	BANDA 1	BANDA 2	BANDA 3	BANDA 4	BANDA 5	BANDA 7
ND MÍNIMO	48	13	9	5	3	0

En cuanto a la mejora en la calidad visual de la imagen, se realizó una expansión del histograma de cada banda, por medio de su ecuilización, utilizando una Color Look Up Table (CLUT) para ajustar el contraste de cada banda al permitido por los equipos de visualización, con 256 niveles de grises, donde el ND mínimo coincidiera con el nivel visual (NV) 0 y el ND máximo con el NV 255, teniendo en cuenta, además, no sólo el valor de cada ND, sino también

su frecuencia de distribución en la imagen. Así, los NDs con mayor número de píxeles ocuparán un mayor rango de visualización en el monitor. Este tipo de mejora supone un realce más detallado y una mejor distribución de los datos de la imagen. Esta mejora en la visualización facilita la interpretación visual de los datos y, por ello, permite disponer de un documento válido para identificar los polígonos o áreas donde se localizarán los píxeles que definirán las medidas estadísticas de cada una de las clases temáticas a obtener.

Sobre las bandas originales, con corrección atmosférica, se procedió a la realización de un ejercicio de transformaciones, por medio de operaciones que nos permitieran obtener nuevos datos. Así, en primer lugar, se realizó un Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) (FIG. 2) cuya expresión es:

$$NDVI = IR - R / IR + R(1)$$

(1) donde IR se refiere a la banda infrarroja y R a la roja del sensor.

Si bien el valor obtenido debe considerarse simplemente orientativo (ya que no se procedió a una transformación de los NDs a niveles de reflectividad) (CHUVIECO, 1990), visualmente nos permite determinar las zonas con mayor vigorosidad vegetal en el momento de la captación de la imagen, así como las diferencias existentes entre las distintas manchas de pinar, como consecuencia principalmente de la edad y la densidad de la plantación.

Con posterioridad se procedió a la realización de una clasificación con un método mixto, es decir, se utilizó el análisis no supervisado (FIG. 3) para «guiar» al supervisado, de tal manera que, conocidas las categorías que se agrupan por «clusters», se identificaron sobre la fotografía aérea y, posteriormente, se tomaron algunas áreas, conocido su significado, como campos de entrenamiento en la clasificación supervisada. La razón de la elección de este método y no de uno supervisado se debió a las

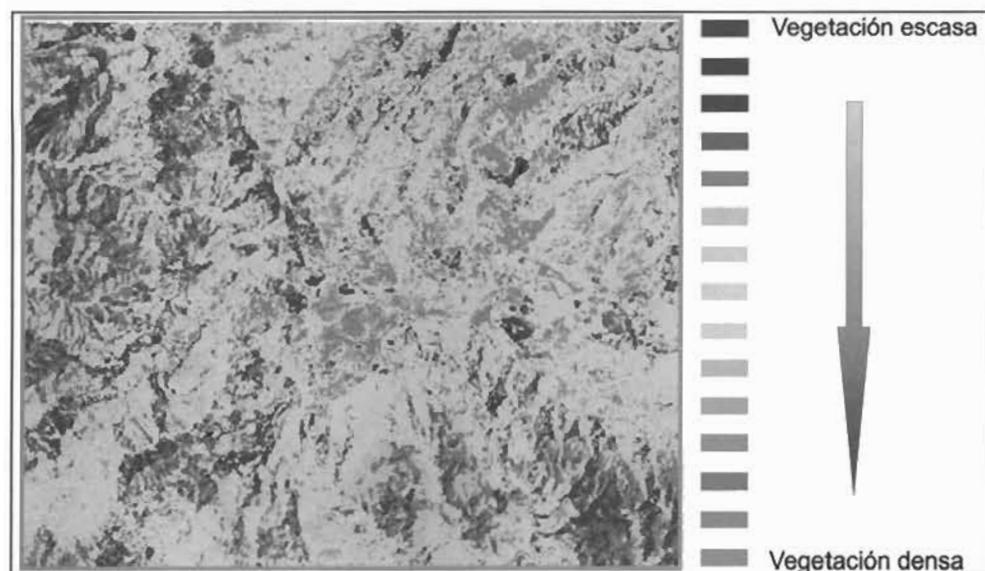


Figura 2. Índice de Vegetación de diferencia Normalizada (NDVI).

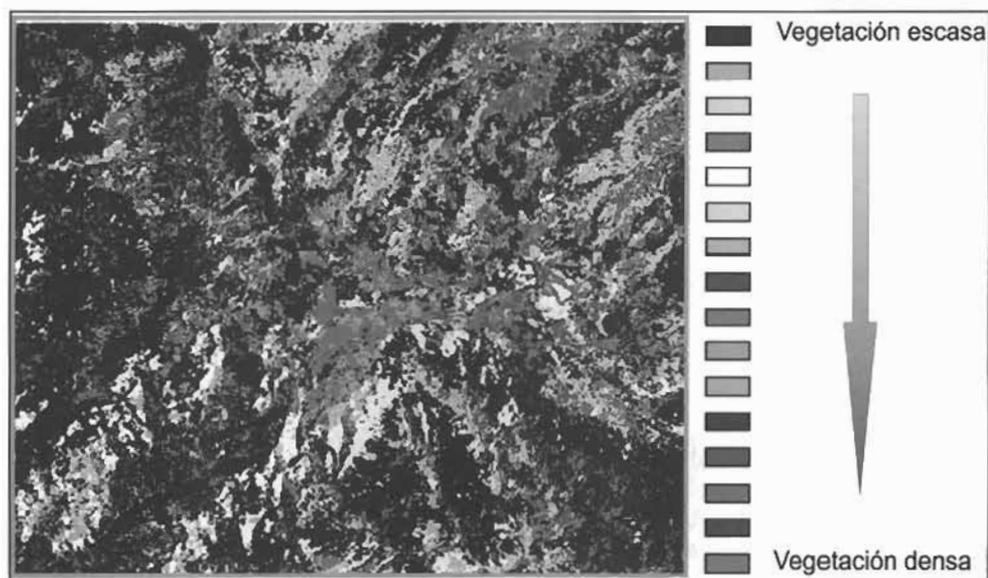


Figura 3. Clasificación no supervisada.

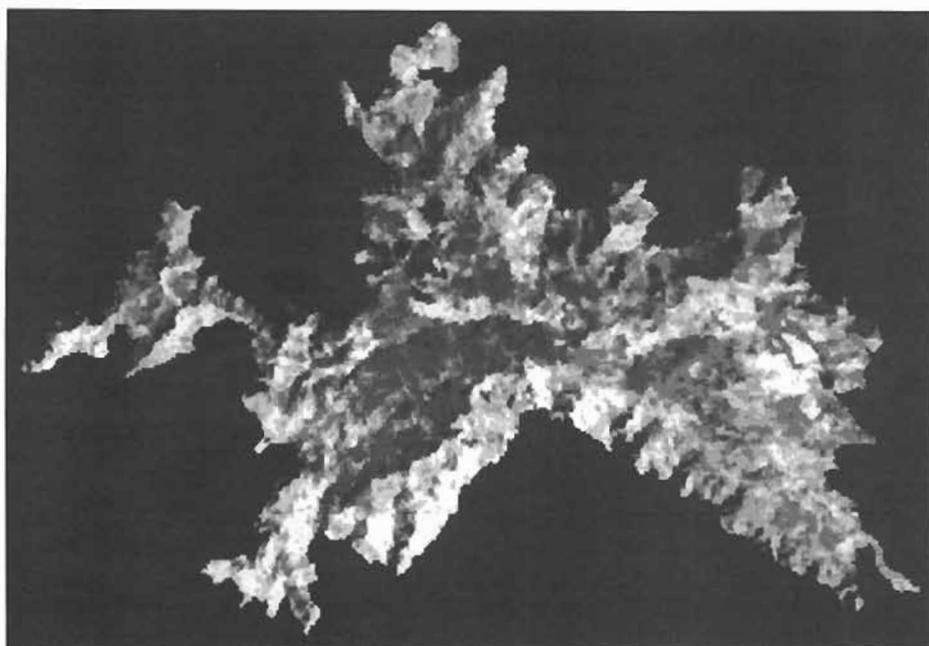


Figura 4. Clasificación Supervisada.

diferencias entre las fechas de captación de la imagen y de realización del trabajo, lo que imposibilitaba trazar con exactitud los campos de entrenamiento mediante trabajo de campo.

El método no supervisado que se empleó consiste en detectar aquellos "clusters" que corresponden a píxeles con un comportamiento espectral homogéneo. Tras un ejercicio de reclasificación, se agruparon seis categorías que, con apoyo de la fotografía aérea correspondiente a 1987, se determinaron como: pinar, matorral denso, matorral disperso, pastizal, cultivos abandonados y cultivos en explotación.

A partir de los datos obtenidos en esta clasificación y con apoyo de las imágenes obtenidas anteriormente (imágenes con eualización del histograma y NDVI), se procedió a la digitalización de varios polígonos que nos servirían como campos de entrenamiento en la clasificación supervisada (FIG. 4). Una vez determinados, se

introdujeron estos polígonos como centros de búsqueda de los NDs con características espectrales similares entre los que componían la imagen. Se utilizó el clasificador de máxima probabilidad, que determina la probabilidad de que un píxel pertenezca a la distribución normal de cada una de las clases, asignando, posteriormente cada píxel a aquella más cercana estadísticamente. Una vez corregida la imagen se procedió a realizar un filtro de paso bajo modal, con el fin de eliminar los píxeles que habían quedado aislados en el proceso de clasificación. Los resultados son una imagen que, si bien la consideramos aproximada, debido a la problemática que presentaba el territorio, sí nos fue clave para determinar, con apoyo de otros documentos cartográficos: las clases de ocupación del suelo en el año 1984. FIG. 5

El primer paso antes de proceder a la salida cartográfica de los resultados, fue la

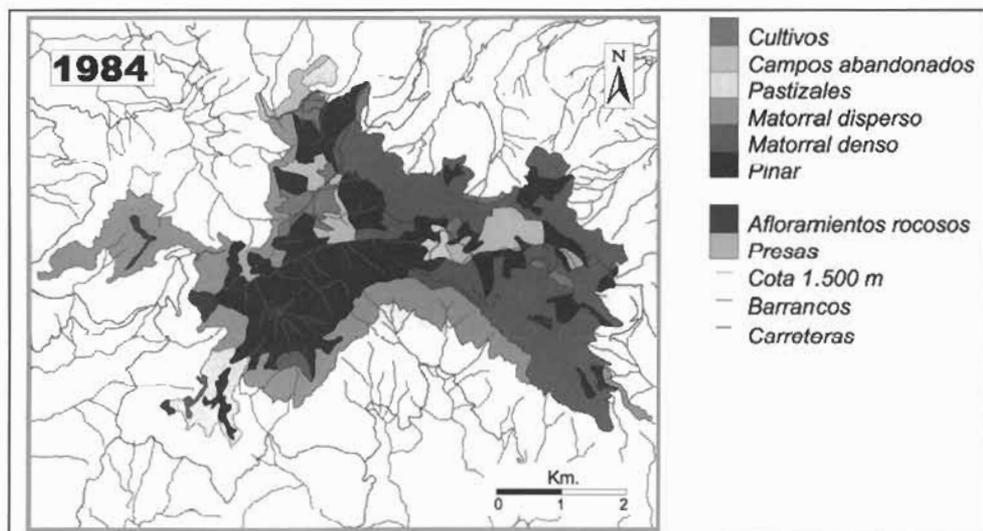


Figura 5. Mapa de ocupación, 1984.

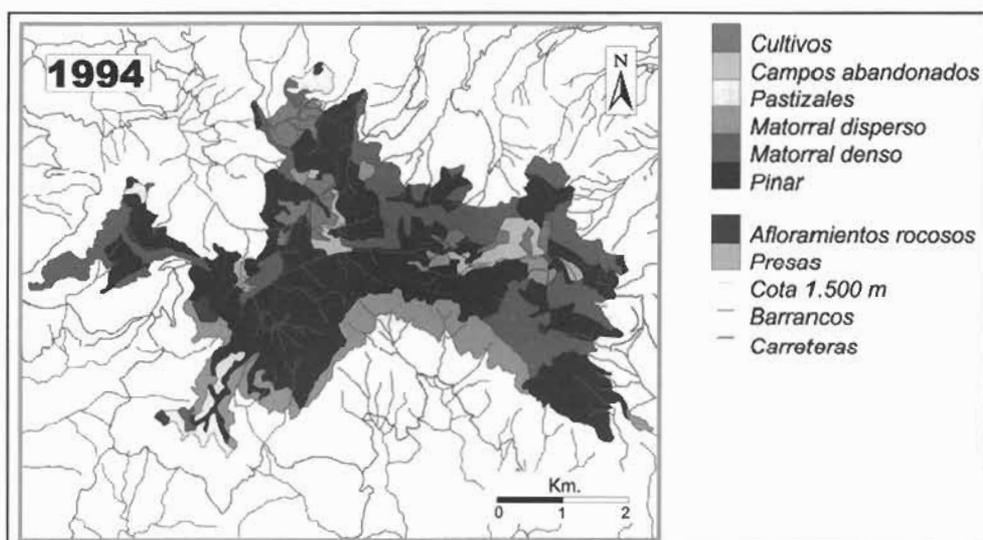


Figura 6. Mapa de ocupación, 1994.

corrección geométrica, por medio de la toma de 15 puntos de control en un mapa topográfico de la zona y en la imagen final, la aplicación de una función cúbica de transformación y la transferencia de los NDs originales a la posición corregida por medio del método del vecino más próximo.

El error medio cuadrático (RMS) final fue de 0,32 píxeles, con un tamaño remuestreado a 25 metros.

Concluida la corrección, se disponía de un mapa de ocupación del suelo del año 1984. Este documento cartográfico fue fundamental para la posterior realización del

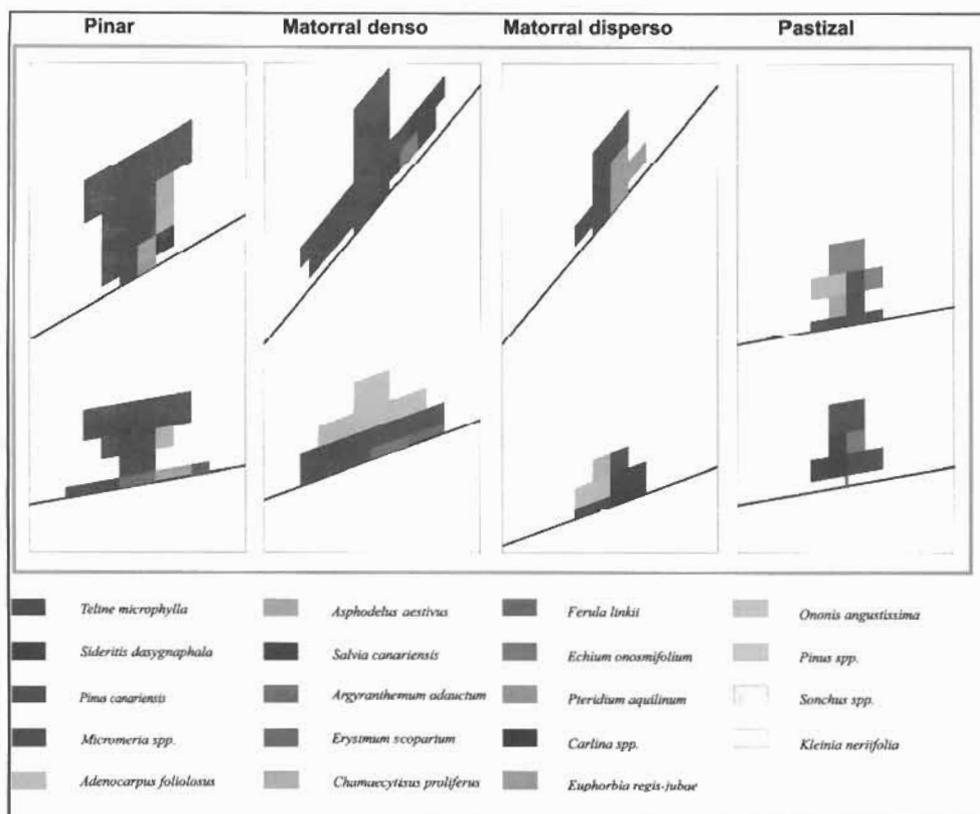


Figura 7. Pirámides de vegetación.

mapa actual (1994) FIG. 6 y la aproximación sistemática de las distintas unidades vegetales a partir de la realización de inventarios de vegetación en el campo, que permitieron determinar los atributos temáticos de cada categoría definida en la clasificación anterior y formalizar una expresión gráfica de la estructura vertical y composición florística de las unidades de vegetación a través de las pirámides de vegetación FIG. 7 según la metodología de G. Bertrand (BERTRAND, 1966) adaptada al medio insular, así como una redefinición de los límites de las unidades. Una vez concluida esta fase, se vectorizaron los polígonos que definían las distintas categorías y se almacenaron en una base de datos sus atributos temáticos, constituyéndose

un GIS vectorial que permitió la reproducción cartográfica de los resultados obtenidos.

### Resultados y Discusión

Hemos obtenido, a partir de una imagen de satélite clasificada, una discriminación de 6 clases principales que definen la vegetación de la zona de estudio, en función de sus signatures espectrales. La cartografía obtenida en esta fase del trabajo nos permite aproximarnos sistemáticamente a las variables del paisaje vegetal de las cumbres de Gran Canaria y establecer una cartografía final de los resultados. Es decir, expresamos cartográficamente con este método la distribución espacial, la estructura vertical y la composición florística

ca de las formaciones vegetales de una área concreta.

### Conclusiones

Consideramos este método útil para determinar las características globales de la vegetación. La discriminación espectral de las cubiertas vegetales nos permiten diferenciar cartográficamente grandes unidades de vegetación que servirán como base para el desarrollo posterior de un análisis más exhaustivo, mediante el trabajo de campo y los inventarios sistemáticos.

Esta metodología nos parece del todo apropiada para su aplicación en aquellos análisis en el que el trabajo de campo se pueda ver limitado, tanto en el espacio como en el tiempo. De esta manera, se podrían considerar dos modelos que se pueden definir así:

a) Territorios de difícil acceso o donde no sea posible realizar un trabajo de campo de larga duración. Mediante este método es posible definir *a priori* los rasgos que determinan la distribución de la vegeta-

ción, así como preparar un documento válido de análisis previo a un posible trabajo de campo en el que se pueda, definitivamente, trazar campos de entrenamiento para las categorías a estudiar.

b) En estudios cuyo objetivo sea el análisis de la vegetación en épocas anteriores a la actualidad y donde no se cuente con documentos cartográficos relativos a este factor. En este caso, se podría contar, además, con una imagen de la época actual para posibilitar el análisis comparativo entre los datos (transformados en medidas de reflectividad) de ambas fechas. De esta manera será posible establecer categorías absolutas de vegetación en la fecha anterior conforme a las estadísticas de las clases establecidas en la fecha actual. Lógicamente este tipo de análisis está limitado hasta 1973, fecha en que entró en funcionamiento el primer satélite de la familia LANDSAT, cuyas imágenes permiten la realización de documentos de análisis de la vegetación, al contar con detectores en las bandas del infrarrojo.

**BIBLIOGRAFÍA**

- BEROUTCHACHVILI, N. & BERTRAND, G., (1978): «Le géosystème ou Système territorial naturel», *R.G.P.S.O.*, T. 49 (2), pp. 167-180.
- BERTRAND, G., (1966): «Pour une Étude géographique de la végétation.» *R.G.P.S.O.*, T. 37, pp. 129-143.
- CAMPBELL, J.B., (1987): *Introduction to Remote Sensing*. Guilford Press, New York, London, 551 pp.
- CHÁVEZ, (1975): «Atmospheric, Solar and M.T.F. Corrections for ERTS Digital Imagery». *Proceedings of the American Society of Photogrammetry*, pp. 69-69a.
- CHUVIECO, E., (1990): *Fundamentos de teledetección espacial*. Rialp, Madrid. 453 pp.
- LÓPEZ, J. A., (1979): «El clima de Canarias según la clasificación de Köppen», *Estudios Geográficos*, 73, pp. 167-188.
- NARANJO, A., (1995): «Evolución del paisaje vegetal en la Cumbre Central de Gran Canaria (1960-1682). Ed. ULPGC.-Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, 206 pp.
- NARANJO, A. y HERNÁNDEZ, L., (1995): «Metodología para el estudio de la dinámica del paisaje vegetal: la clasificación cruzada raster» *Botánica Macaronésica*, 22, pp. 35-47.
- PÉREZ-TREJO, F., (1993): «Landscape response units: process-based self-organising systems». En: HAINES-YOUNG, R.H. et al., (1993): *Landscape Ecology and GIS*. Taylor & Francis, pp. 87-98.
- SANTANA, A., (1993): *Paisajes históricos de Gran Canaria*. EXCMO. Cabildo Insular de Gran Canaria-Univ. Las Palmas de Gran Canaria.