

APORTACIONES DE LA TELEDETECCIÓN A LA CARTOGRAFÍA DE LA VEGETACIÓN ALPINA EN EL PIRINEO CATALÁN

Xavier BAULIES i BOCHACA¹

RESUMEN.—Se ha realizado la cartografía de las unidades fisionómicas de la vegetación alpina de Cataluña a escala 1:50.000. Para ello se ha elaborado una leyenda de 12 unidades para el ámbito del Pirineo catalán a partir de la integración de datos derivados del trabajo de campo y las posibilidades de extrapolación por fotointerpretación de imágenes LANDSAT-TM. El uso de las imágenes satélite combinadas con información de campo constituye una combinación adecuada para la cartografía de la vegetación alpina ya que permite separar las superficies rocosas, pastizales, matorrales y el bosque subalpino con notable acierto. Además, en estas imágenes se reconocen mosaicos que se repiten regularmente y que pueden aportar ideas sobre el clímax alpina y sobre la dinámica y evolución de la vegetación en relación con los procesos geomorfológicos implicados.

RÉSUMÉ.—L'auteur a réalisé la cartographie phýsionomique de la végétation alpine à l'échelle 1:50.000. À cette fin, a été élaborée une légende de 12 unités pour les Pyrénées Catalanes à partir de l'intégration des données dérivées du travail de terrain et des possibilités d'extrapolation grâce à la photo-interprétation des images LANDSAT-TM. L'utilisation des images du satellite combinée avec l'information recueillie sur le terrain constitue une combinaison idoine pour la cartographie de la végétation alpine permettant de séparer la surface rocheuse, les pâturages, les landes et les bois subalpins avec une remarquable justesse. D'ailleurs, dans ces images on peu reconnaître mosaïques qui se répètent régulièrement et qui peuvent apporter des idées sur le clímax alpin et sur la dynamique et l'évolution de la végétation en relation avec les processus géomorphologiques impliqués.

SUMMARY.—The physionomic units Cartography of the alpine vegetation have been carried out in Catalonia at scale 1:50.000. To that end, we have made out a legend of 12 units for the Catalan Pyrenees area starting from the integration of data derived from the fieldwork and considering the possibilities of extrapolation by means of photointerpretation of LANDSAT-TM images. The use of satellite images combined with field information is the suitable combination for the mapping of alpine vegetation since it allows to divide properly the rock surfaces, meadows, bushes and the sub-alpine forest. Moreover, mosaics can be recognized in the images. These mosaics repeat regularly and can afford ideas about the alpine climax as well as the dynamics and evolution of vegetation related to the geomorphology processes implied.

¹ Institut Cartogràfic de Catalunya. C/ Balmes, 209-211. E-08006 BARCELONA.

INTRODUCCIÓN

Dentro del proyecto "Cartografía del ambiente supraforestal de Cataluña" encargado por la Direcció General d'Acció i Planificació Territorial (DGAPT, Generalitat de Catalunya), se ha llevado a cabo la cartografía de las unidades fisionómicas de la vegetación alpina a escala 1: 50.000 en el Institut Botànic de Barcelona y el Institut Cartogràfic de Catalunya (I.C.C.).

El objetivo fundamental de este estudio ha sido obtener una primera estratificación de los pastizales y matorrales supraforestales separándolos de las superficies rocosas. Esta cartografía, integrada con otras dos de geomorfología y carga pastoral, ha aportado unas directrices para la gestión y potenciación de estas áreas en la alta montaña catalana.

El territorio supraforestal de Catalunya, viene definido por la Línea supraforestal delimitada por VIGO & *al.* para la Direcció General d'Acció i Planificació Territorial. Esta línea abarca el piso alpino y desciende a menudo al subalpino superior por deforestación de éste. Esto explica que en la leyenda se incluya una unidad correspondiente a los restos de bosques o arboledas de pinos que quedan dentro de dicha Línea supraforestal.

METODOLOGÍA

Se han utilizado como base de la fotointerpretación imágenes de satélite LANDSAT.TM a escala 1: 100.000 unitemporales de verano. Las áreas conflictivas se han visualizado con fotografía aérea y sobre sistema de tratamiento de imágenes COMTAL y la digitalización de los polígonos se ha realizado sobre el sistema gráfico INTERGRAPH.

Al comienzo del estudio se nos plantearon una serie de inconvenientes desde el punto de vista cartográfico condicionados en gran parte por las características propias del piso alpino y subalpino. Por otro lado, disponíamos de un tiempo límite que sólo incluía una campaña de verano y por tanto era imprescindible utilizar la extrapolación.

Las principales dificultades a la hora del planteamiento metodológico fueron las siguientes:

1. Información de campo. En cuanto a la captura de información, el principal obstáculo era el difícil acceso y la distribución discontinua del piso supraforestal que multiplicaba de entrada las áreas a visitar.
2. Leyenda. La inexistencia de una leyenda unitaria y extrapolable para el conjunto del Pirineo catalán requería un esfuerzo a priori de elaboración de una leyenda nueva, operativa y conceptualmente lo más lógica posible de acuerdo con los objetivos propuestos.
3. Fotointerpretación. La interpretación de las áreas alpinas sobre fotografía aérea pone de manifiesto la heterogeneidad de estos ambientes: relieves accidentados, rugosidad del terreno, discontinuidades entre superficies rocosas y vegetación, tapiz vegetal en forma de mosaicos y complejos, etc. y por este motivo es difícil mantener un criterio constante de "filtrado" y de delimitación. Por otro lado, en estas zonas no es tan aplicable el concepto de vegetación climática, que facilita la extrapolación, y por tanto la interpretación está obligada a ser constatativa al máximo posible.

En otro orden de cosas, la carencia de fotografía aérea infrarroja limitaba las posibilidades de fotointerpretación.

4. Cartografía. Las distorsiones geométricas sobre fotografía aérea son muy significativas en los relieves de montaña y la restitución de los polígonos sobre

fondo topográfico presenta importantes limitaciones. Hasta el momento no se dispone de ortofotos en blanco y negro que paliarían estas deficiencias.

Por tanto, orientamos la metodología intentando optimizar el tiempo y el material cartográfico de base de que disponíamos. Esto lo hicimos basando la fotointerpretación en imágenes de satélite LANDSAT.TM, con lo cual quedaron resueltos, en parte, algunos de los problemas expuestos.

1. Información de campo. Se han estudiado 20 áreas testigo repartidas a lo largo del territorio de las cuales, se han recogido datos fitosociológicos a nivel de alianza y fitotopográficos y se han tomado 500 fotografías panorámicas.

También se han utilizado como información colateral datos de los Prepireneos proporcionados por À. ROMO y los Mapas de vegetación de:

- Vall de Ribes, de J. VIGO i R.M. MASALLES
- Serra de Moixeró i Vall de la Molina, de I. SORIANO
- Valls d'Espot i Boí, de E. CARRILLO i J. NINOT

2. Leyenda. Se ha elaborado a partir de la información de campo, de los mapas de vegetación existentes y de las posibilidades de fotointerpretación. Para ello ha sido fundamental establecer correlaciones entre las imágenes y la información de campo.

La recopilación de datos fitosociológicos de la bibliografía existente ha servido para definir las unidades de la leyenda y valorar la presencia de las distintas alianzas en estas unidades.

3. Fotointerpretación. Se ha realizado sobre imágenes unitemporales de verano LANDSAT.TM corregidas geoméricamente de la serie 1: 100.000 satélite de Cataluña con la combinación de canales 5, 4, 1. Se ha utilizado apoyo de fotografía aérea y fotointerpretación asistida por ordenador para las zonas conflictivas.

La construcción de patrones de interpretación a partir de la información de campo ha permitido identificar, delimitar y asignar más de 3.200 polígonos. La asignación se ha llevado a cabo de manera directa (color, textura) e indirecta (contexto, fitotopografía).

4. Cartografía. Se ha digitalizado la Línea supraforestal de la DGAPT y los polígonos interpretados sobre un sistema gráfico INTERGRAPH. El área cartografiada abarca de manera más o menos incompleta unas 20 hojas a escala 1: 50.000 del Mapa Topográfico Nacional. Se han editado "plots" a escala 1: 50.000 con un fondo topográfico del Sistema de Información del ICC.

Sobre el Sistema de Información ARC-INFO se ha realizado una prueba de cuantificación de superficies cartografiadas en una hoja 1: 50.000, concretamente sobre la hoja n.º 149 de Isil (cabecera del Noguera Pallaresa, Pla de Beret, etc.). Los resultados de ésta están representados en los gráficos adjuntos: Figuras 1 a 5. No se han hecho interpretaciones derivadas de cruces con otro tipo de información pero, de entrada, se podrían caracterizar distintas zonas según el grado de presencia de mosaicos de vegetación estable frente a mosaicos de superficies rocosas, sometidas a una dinámica geomorfológica mayor.

LEYENDA

Vegetación rupícola y glareícola (predominio de las superficies rocosas):

1. Escarpes rocosos prácticamente desprovistos de vegetación. Crestas, riscos, paredes de circo... Vegetación de rocas del *Androsacion vandellii*, *Saxifragion mediae*. Pequeños enclaves con prados de *Caricetalia curvulae*, y landas alpinas de *Loiseleurio-Vaccinon*...
2. Gleras, caos de bloques con vegetación glareícola o desnudos. *Senecion leucophyllii*, *Iberidion spathulatae*, *Galeopsidion*...
3. Mosaico con predominio de gleras y rocas parcialmente colonizadas por vegetación de pastos, ventisqueros y landas alpinas. Fragmentos de pastos de *Festucion airoidis*, *Nardion*, *Kobresion myosuroidis*, landas alpinas de *Loiseleurio-Vaccinon*, vegetación de ventisqueros de *Salicion herbaceae*... Se incluyen dentro de esta unidad mosaicos de vegetación glareícola con *Festucion gautieri* y *Festucion eskiae*.
4. Mosaico de zonas rocosas y caos de bloques con matorrales y bosques subalpinos. Unidad irregular que integra diferentes tipos de vegetación rupícola con fragmentos de matorrales, landas y bosques. También se presentan pastos y herbazales. *Androsacion vandellii*, *Saxifragion mediae*, *Senecion leucophyllii*, *Iberidion spathulatae*, *Rhododendro-Vaccinon*, *Juniperion nanae*, *Calluno-Genistion*, *Genistion purgantis*, *Caricetalia*, *Nardion*, *Adenostyletalia*...

Pastizales:

5. Complejo de pastos termófilo-mesoxerófilos de las solanas alpinas y subalpinas. Pastos escalonados a veces alternando con gleras de manera discontinua. *Festucion gautieri*, *Festucion eskiae* con fragmentos de vegetación glareícola. Pastos disgregados con bajo recubrimiento a menudo sometidos a soliflucción y fijando gleras.
6. Complejo de pastos rasos alpinos de las zonas culminales y vertientes expuestas. *Festucion airoidis*, *Kobresion myosuroidis*, a menudo acompañados de comunidades de *Loiseleurio-Vaccinon*, *Juniperion nanae*. Se incluyen también pastos culminales de *Festucion gautieri*.
7. Mosaico de pastos alpinos con fragmentos de vegetación glareícola y rupícola. *Festucion airoidis*, *Ranunculo-Festucetum eskiae* (*Nardion*, en el Pirineo Central), *Festucion eskiae*, a veces formando mosaico con vegetación rupícola y vegetación de ventisqueros (*Salicion herbaceae*). Unidad muy frecuente en todo el piso alpino, principalmente en las cubetas glaciares donde la complejidad del relieve permite la coexistencia de diferentes tipos de vegetación.
8. Mosaico de pastos alpinos. Unidad próxima a la anterior, de lugares más húmedos con mal drenaje, hondonadas donde se acumula la nieve, en general con menor presencia de vegetación rupícola y glareícola que en la unidad 7. *Festucion airoidis* (en el Pirineo oriental), *Nardion*, *Caricion nigrae*, con fragmentos de *Rhododendro-Vaccinon*...

Los mosaicos de las unidades 7 y 8 podrían ser interpretados como la clímax del piso alpino. J. VIGO y R.M. MASALLES, en el Mapa de vegetación de la Vall de Ribes, comentan una unidad semejante y la interpretan como tal.

9. Complejo de pastos alpinos mesófilos del piso alpino inferior y subalpino en lugares expuestos. Principalmente *Nardion*, asociado con *Festucion airoidis* (en el Pirineo oriental).
10. Complejo de pastos mesohigrófilos del piso alpino inferior y subalpino. *Nardion* con *Mesobromion*, *Calluno-Genistion*... con presencia de turberas.

Matorrales y bosques:

El límite supraforestal, como ya se ha comentado, incluye áreas del piso subalpino superior que contienen fragmentos del bosque subalpino.

11. Complejo de matorrales alpinos y subalpinos. *Rhododendro-Vaccinon*, *Calluno-Genistion*, *Genistion purgantis*, *Juniperion nanae*...
12. Complejo del bosque de pino negro. *Rhododendro-Vaccinon* mezclado con diversos elementos alpinos y subalpinos.

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista metodológico, las aportaciones más interesantes de las imágenes de satélite a la cartografía de la vegetación alpina son las siguientes:

1. El falso color resultante de la combinación de canales espectrales recoge diferencias que facilitan la estratificación entre las superficies rocosas, los diferentes tipos de prados, matorrales y el límite supraforestal con un notable acierto. En este caso se ha utilizado la combinación 4, 5, 1 de TM.
2. Ofrecen una visión global e instantánea del territorio, lo cual hace posible la extrapolación sobre grandes áreas en un ambiente de difícil acceso como es el alpino.
3. Reducen la heterogeneidad por su propia resolución ("píxel" de 30 x 30 m para TM). Permiten delimitar "ecozonas" homogéneas (complejos, mosaicos) en muchas áreas alpinas típicamente heterogéneas y establecer el área mínima cartografiable. Por otra parte, la delimitación de ecotonos, que constituye un problema cartográfico desde la perspectiva de otros métodos convencionales, es en gran parte abordable con el uso de imágenes de satélite.
4. El uso de imágenes corregidas geoméricamente posibilita la restitución directa de la fotointerpretación, la cuantificación de superficies y el cruzamiento con información colateral: geomorfológica, geológica, de carga pastoral, fitosociológica, etc.
5. La periodicidad de obtención de imágenes hace factibles los estudios dinámicos de la vegetación y cubierta nival.

AGRADECIMIENTOS

A Josep Montserrat y a Àngel Romo, del Institut Botànic de Barcelona, por sus consejos y sugerencias en el planteamiento metodológico y seguimiento de este estudio y a Josep Vigo, Ramón Masalles, Ignasi Soriano, Empar Carrillo y Josep Ninot, del Departament de Botànica de la Facultat de Biologia (Universitat de Barcelona), por haberme cedido gentilmente sus mapas y leyendas que han resultado de gran ayuda para la fotointerpretación.

BIBLIOGRAFÍA

AHERN, F.J. & LECKIE, D.G. (1987). Digital remote sensing for forestry: Requirements and capabilities, today and tomorrow. *Geocarto International*, 2 (3): 43-53.

BAULIES, X. & ROMO, À. (1988). Mapa 1: 50.000 de vegetació del massís del Boumort a partir de fotointerpretació d'imatges de satèl·lit. Simposium Internacional de Botànica Pius Font i Quer. Lleida (en prensa).

CARNEGIE, D.M.; SCHRUMPF, D.J. & MOUAT, D.M. (1983). Rangeland applications. Manual of Remote Sensing (Robert N. Colewell, Ed.), *Am.Soc. of Photogrammetry. Falls Church, Virginia*, 2: 2.325-2.384.

CARRILLO, E. & NINOT, J. *Mapa de vegetació de les Valls d'Espot i Boí* (en prensa, Institut Cartogràfic de Catalunya).

FRANK, T.D. & ISARD, S.A. (1986). Alpine vegetation classification using high resolution aerial imagery and topoclimatic index values. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 52 (3): 381-388.

GIRARD, C.M.; BENOT, M. & VAUBERNIER, E. de (1988). Étude multitemporelle de différents modes d'exploitation des prairies permanentes en Lorraine (France), à l'aide de SPOT-1. *Photo-Interprétation*, n.º 1988-3 (3).

JAAKKOLA, S. (1987). *Satellite Remote Sensing for forest management A review illustrated with research results on Spot-1 Data. Spot-1 Image utilization, assesment, results.* Paris.

SORIANO, I. *Mapa de vegetació de la Serra de Moixeró i Vall de la Molina* (inédito).

VIGO, J. & MASALLES, R.M. *Mapa de vegetació de la Vall de Ribes* (inédito).

VIÑAS, O. & BAULIES, X. (1988). Cartografia temàtica a partir de dades de satèl·lit LANDSAT-5. Simposium Internacional de Botànica Pius Font i Quer. Lleida (en prensa).

WILLIAMSON, S.C. & LINDANER, I.E. (1988). Assessing rangeland vegetation mapping alternatives for GIS. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54 (5): 615-618.

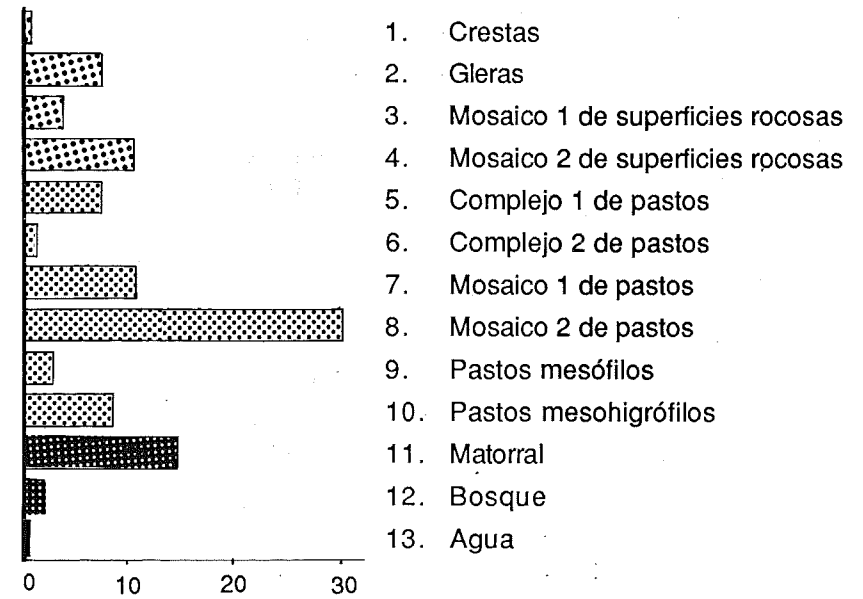


Figura 1. % de superficie de las distintas clases en la hoja 1: 50.000, n.º 149.

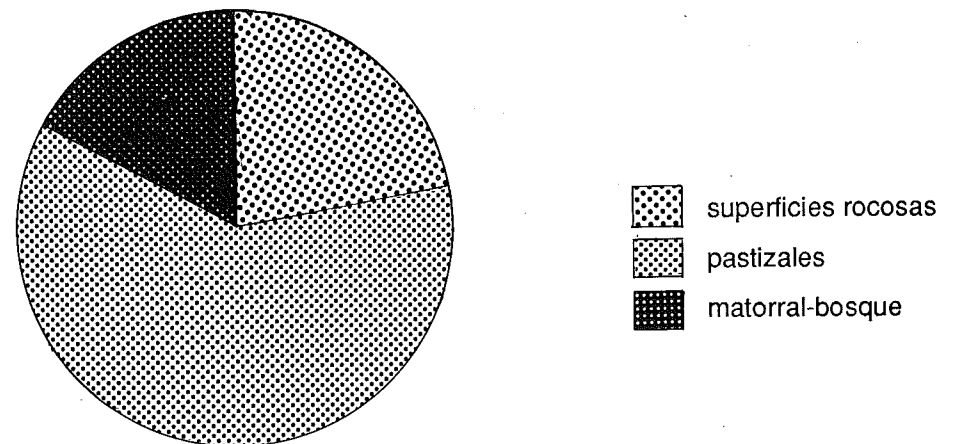


Figura 2.

% en superficie de los estratos principales en la hoja 1: 50.000, n.º 149.

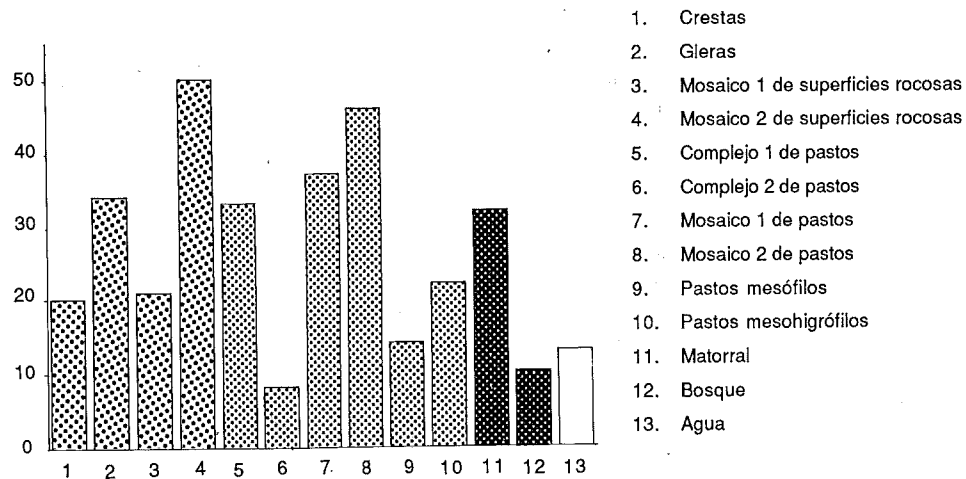


Figura 3.

Número de polígonos cartografiados por clase (en total 340) en la hoja 1: 50.000, n.º 149.

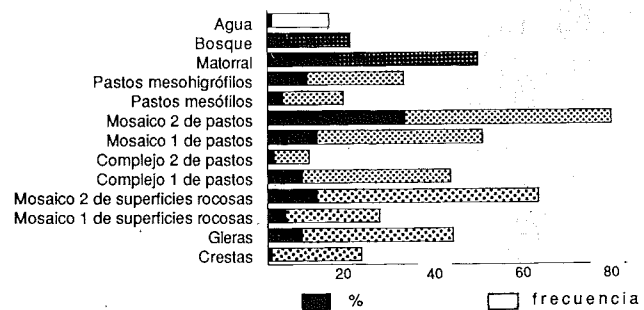


Figura 4.

Relación entre % de superficie ocupada y frecuencia de polígonos cartografiados por clase en la hoja 1: 50.000, n.º 149.

