

# Reconocimiento de pastizales mediante teledetección y estudios integrados

F. GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, C. LEVASOR, A. POU y M. RUIZ PÉREZ

Departamento de Ecología. Universidad Autónoma. Madrid.

## RESUMEN

*La interpretación integrada de imágenes aéreas de pastizales puede proporcionar modelos generales del territorio en forma de sistemas de transferencia de materia (sistemas vectoriales) que pueden facilitar la predicibilidad y la capacidad de extrapolación de los tipos de pastizal.*

## 1. INTRODUCCIÓN

En el caso de pastizales naturales con gran número de especies, la interpretación directa de fotografías aéreas no permite predicciones muy correctas del tipo de pastizal que corresponde a una determinada imagen.

El poder de predicción puede aumentarse incluyendo en la interpretación otros criterios: litológicos, geomorfológicos, geoquímicos, localclimáticos que lleven a una comprensión más completa del sistema ecológico del territorio.

La interpretación de la imagen por un equipo interdisciplinario permite buscar modelos generales del territorio que tienen utilidad para la búsqueda de relaciones entre tipos de pastizal y otros factores.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. *Teleimágenes*

Se emplearon las siguientes:

- Contactos 1 : 8.000 en película Kodak Aerochrome Infrared.
- Ampliaciones del orden 1 : 2.000 de esas imágenes.
- Contactos 1 : 15.000 en película pancromática.

Las escalas más detalladas se emplearon para la búsqueda de las pautas características más finas, extrapolables en las imágenes de menor detalle.

## 2.2. *Secuencia de operaciones*

Los pares estereoscópicos se sectorizaban con criterios interdisciplinarios, atendiendo a:

- Las distintas facies litológicas.
- La tipología geomorfológica.
- Las teselas de mosaico de sistemas de exportación, tránsito y acumulación de agua y materiales disueltos y suspendidos.
- Los tipos de uso o manejo, presión de pastoreo, sucesión.

Sólo consideraremos aquí el aspecto de los sistemas locales de exportación, tránsito y acumulación que nos parece el punto de mayor interés. Es necesario tocar de pasada algunos aspectos de la tipología geomorfológica.

La integración conducente a la sectorización se llevó a cabo de un modo semejante al descrito por CHRISTIAN y STEWART (1968). En la *figura 1* se describe la secuencia de actividades y el paso de recogida en un banco de datos de las muestras efectuadas en los estratos definidos por la sectorización.

## 2.3. *Datos de la vegetación de pastizales.*

Esta fase de la prospección puede representar un momento crítico. Nuestro muestreo fue dirigido a la búsqueda de relaciones entre la cobertura vegetal y otros factores, así como al establecimiento de grupos indicadores. En cada uno de los estratos distinguidos en la sectorización integrada se colocaban normalmente 20 cuadrados de 20 x 20 cm., donde se fijaba la presencia o ausencia de cada especie pascícola. El tratamiento de datos consistía fundamentalmente en fenogramas, análisis factoriales y establecimiento de perfiles ecológicos.

## 3. ZONAS DE ESTUDIO

Se comparan aquí dos zonas de pastizales seminaturales de cierta importancia: Sierra Morena y el Sistema Central (pedimento), donde se establecieron 2 áreas piloto:

- El área piloto de "Cabeza Aguda" en Sierra Morena Central (J. F. HAEGER, 1977; J. F. HAEGER y otros, 1978; ICONA, 1976); investigada por un equipo de la Universidad de Sevilla en el año 1975 y siguientes. desde 1977 por un equipo de la Universidad Autónoma de Madrid.
- El área piloto de "El Congosto" (Galapagar, Madrid) investigada

Ambas áreas fueron elegidas, entre otros criterios, por su representatividad de las zonas en que están enclavadas.

Como ya se ha señalado, atenderemos aquí solamente el aspecto de la variación dentro de una misma litología y tipo de uso. En el primer caso se presenta una litología complicada. En el segundo el substrato está formado por rocas de tipo granítico (adamellitas de grano medio).

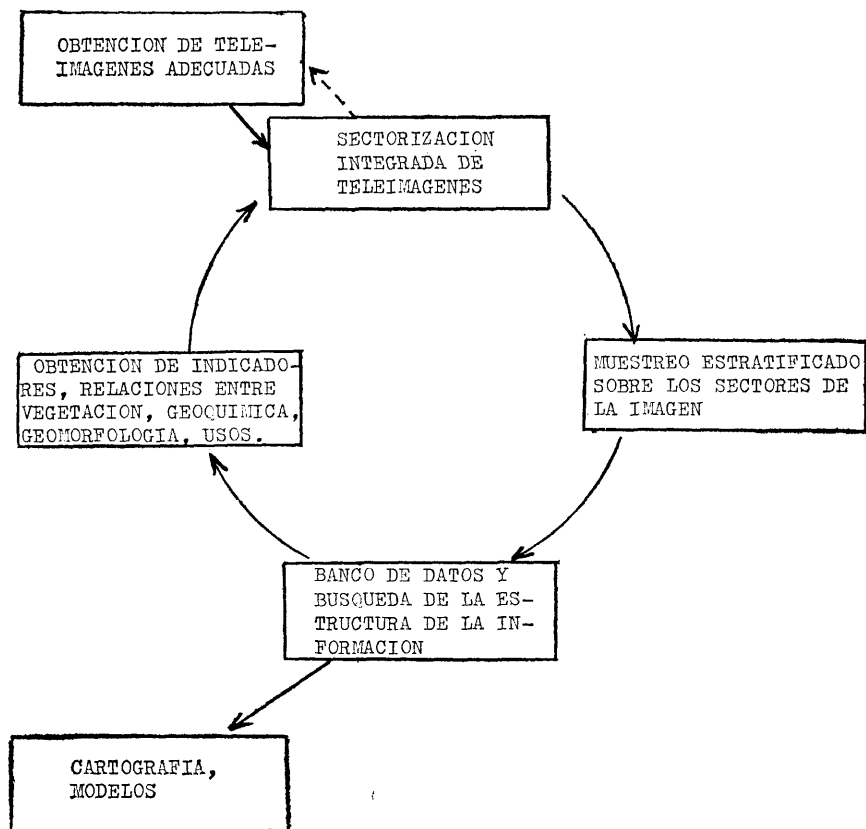


FIG. 1.—Secuencia de operaciones en el proceso de teledetección y búsqueda de relaciones. El ciclo se repite a modo de feed-back correctores. (Según J. F. Haeger y otros, 1978)

#### 4. RESULTADOS

##### 4.1. Area de "Cabeza Aguda" (Sierra Morena Central, Córdoba)

###### 4.1.1. Características fotointerpretables

Son muy numerosas. Los distintos substratos litológicos y geomorfológicos identificados correspondían a diferencias de la vegetación leñosa y herbácea (V. bibliografía citada en 3.). La transparencia del substrato a

través de la vegetación restante en el mes de septiembre, en zonas poco pastoreadas, permite hacerse una idea del "standing crop" y de la productividad de los sectores.

#### 4.1.2. *Sistemas equipotenciales-vectoriales del territorio*

SOLNTSIEV (1974) y MONTSERRAT (1975) señalan la importancia de los sistemas territoriales de transferencia de materia y disipación de energía en la interpretación de un territorio. Al considerar una litología uniforme, en nuestro caso podemos distinguir:

- Sistemas aluviales, con dinámica longitudinal al pie de laderas ("veguillas").
- Sistemas de dinámica descendente, en laderas. Pertenece al modelado de paisaje anterior al ciclo de erosión remontante a partir de los talweg:
  - Zonas de denudación y dispersión en la parte superior de las laderas (balance activo) (1) y (2).
  - Zonas de tránsito a media ladera (3).
  - Zonas de acumulación en partes inferiores (balance pasivo) (4).
- Sistemas de dinámica ascendente, caracterizada por la erosión remontante a partir de la red de talweg. Afecta especialmente a las zonas (4):
  - Ligero decapamiento muy superficial (e).
  - Intensa erosión remontante que destruye la superficie anterior (ee).
- Zonas planas. En nuestra zona sólo restos de antiguas coladas o "mesas". Predomina la edafogénesis con cierto hidromorfismo. Estos aspectos resultan modulados por la convexidad/concavidad de las superficies en las tres dimensiones del espacio (POU, 1978). Aquí distinguimos, como tipo muy difundido:
  - Zonas de convergencia de flujo (c).

#### 4.2. *Area de "El Congosto" (Galapagar, Madrid)*

##### 4.2.1. *Características fotointerpretables*

Son también muy numerosas e importantes cuando se examinan de manera integrada. Entre otros datos, aparecen:

- La actividad de los tejidos vegetales, diferenciando claramente restos no consumidos de la temporada anterior, heno, etc., así como la feno-

logía (especies invernales: *Poa bulbosa*, etc., de primavera y comienzos de verano: *Agrostis castellana*, etc. y verano: *Cynodon dactylon*, etc.).

— Una idea del standing crop por transparencia del sustrato.

— Humedad, pautas de drenaje y numerosísimos indicios de la configuración geomorfológica.

ESTRUCTURA DE SISTEMAS VECTORIALES DEL PAISAJE DE PASTIZAL EN SUBSTRATOS HOMOGENEOS (GABROS, LAVAS) EN SIERRA MORENA CENTRAL

Dinámica geomorfológica	Dinámica ecológica	Rasgos de Teledetección de la cubierta vegetal (Aerochrome IR, septmbr.)	
		Tono	Textura
1 —Predominio desnuda- ción y exportación.	—Rejuvenecimiento por exportación.	V	L
2 —Zona intermedia.	id. id.	V	L
3 —Zonas de tránsito de materiales.	I —Maduración pe- dogénesis.	V-R	L-G
4 —Zonas de acumula- ción (balance pasi- vo).	—Rejuvenecimiento por depósito.	A-R	G
e —Decapamiento super- ficial a partir del talweg.	—Rejuvenecimiento por exportación.	A-V	L
ee—Erosión remontante desde el talweg.	II id. id.	AZULAD.	L
c —Concentración de flu- jo debido a la to- pografía.	AZ —Rejuvenecimiento por acumulación, o por erosión.	Variable	
a —Dinámica aluvial al pie de las laderas ("Veguillas").	—Rejuvenecimiento por depósito.	A-R	G
p —Superficies planas ("Mesas").	—Maduración, pe- dogénesis.	A-R	G

I — Primer ciclo geomorfológico (descendente)  
II — Segundo ciclo (ascendente a partir del talweg)  
AZ — Azonal








V—Verdoso  
R—Rojizo  
A—Amarillento  
AZULAD.—Azulado  
L—Lisa  
G—Grumosa

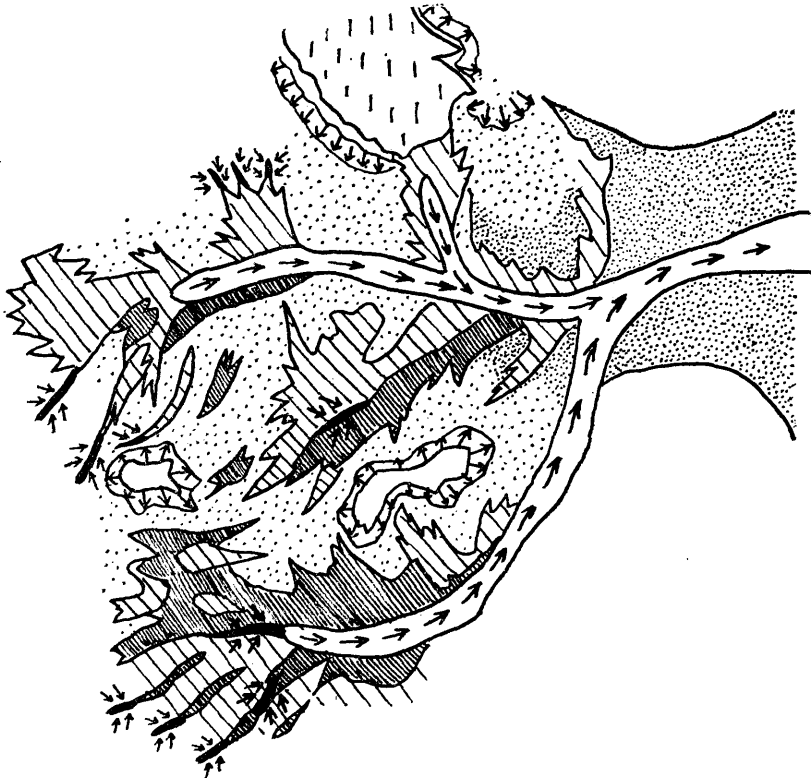
Grupos indicadores en rocas extrusivas básicas (Sierra Morena):

Exportación (1, 2): *Anthyllis lotoides*, *Plantago psillyum*, *Coronilla repanda*, *Trifolium cherleri*, *Brachypodium distachyon*, etc.

Acumulación, depósito; (a, 4): *Trifolium subterraneum*, *Moenchia erecta*, *Medicago nigra*, *Pulicaria arabica*, *Teesdalia coronopifolia*, etc.

Erosión remontante (ee): *Filago spatulata*, *Psilurus nardoides*, *Plantago coronopus*, etc.

-  Zonas de exportación en la parte superior de la ladera (zona 1 en la parte culminal, 2 inmediatamente debajo).
-  Zona de tránsito de materiales (3) y zona de acumulación o balance pasivo (4).
-  Zona de ligero decapamiento a partir del ciclo de erosión remontante (e)
-  Zona de intensa erosión remontante debida al nuevo ciclo (ee)
-  Convergencia de flujo, con efectos muy heterogéneos de acumulación o de incisión.(c)
-  Zona de dinámica aluvial, longitudinal,(a), "veguillas".
-  Parte superior de "mesas" o antiguas coladas. Predominio de la edafogénesis



Esquema de un fragmento del mapa de pastizales. Zona de estudio de Sierra Morena Central. (V.: J. Fernández Haeger, 1977; ICONA; 1976)

#### 4.2.2. *Sistemas equipotenciales-vectoriales del territorio*

La tipología útil para la descripción de esta zona es diferente de la usada en Sierra Morena.

— Las superficies existentes corresponden a un paisaje más conservado, con escasa influencia de ciclos de erosión remontantes de la importancia de los observados en Sierra Morena (Pou, 1978).

— La disposición del sistema de bloques y fracturas, característicos de la zona granítica, condicionan los movimientos del agua y los materiales transportados. Las pendientes y la presencia de diques u obstáculos al flujo controlan tiempos de permanencia y drenajes laterales.

— La exportación y acumulación de sustancias solubles tiene gran importancia en el establecimiento de determinadas especies del pastizal. Llamam la atención enclaves casi subhalófilos en plena zona granítica en las áreas de concentración de estos paisajes “conservados” con drenaje menos eficaz que los afectados por ciclos modernos de intensa erosión remontante

— El tiempo de residencia del agua afectada por el drenaje lateral tiene gran importancia en el carácter de la vegetación, probablemente a través de la oxidación y migración de sustancias. Este hecho fue señalado en zonas graníticas por GARCÍA NOVO y otros (1970).

— La presencia de arcilla asociada a fracturas alteradas en climas anteriores presenta un problema de histéresis o permanencia de paleopaisajes. La presencia o ausencia de elementos finos, muchas veces ligada a paleofenómenos, condiciona facies de pastizal características. En zonas fuera del área inventariada las depresiones húmedas sin arcilla se secan rápidamente en primavera y se caracterizan por su oligotrofia (falta *Cynodon*, son indicadoras: *Agrostis salmantica*, *Ctenopsis delicatula*, etc.).

En el esquema adjunto se resumen las grandes tendencias de los sistemas inventariados de la forma más simplificada posible.

### 5. DISCUSIÓN

MONTERRAT (1975) ha señalado el “ecosistema de vaguada” como unidad característica para la descripción de los pastizales desde el punto de vista funcional. SOLNITSIEV (1974) ve también en los aspectos equipotenciales-vectoriales, complementarios de la mosaicidad, las propiedades fundamentales del geosistema.

Parece posible obtener para cada tipo de territorio de pastizal, un modelo de relaciones general que dé conexión a los distintos sectores o piezas de mosaico en que el territorio puede descomponerse.

Los ciclos biogeoquímicos y los fenómenos de disipación de energía pueden constituir esos nexos de relación entre los componentes observables por teledetección. En territorios como Sierra Morena, las litofacies delimitan sectores relativamente originales y sui-generis. En su interior se distinguen fenómenos de dinámica geomorfológica, geoquímica, edafológica

ca e hidrológica condicionantes de facies de pastizal muy diferentes por su funcionamiento y potencialidad. En los pedimentos del Sistema Central, los sistemas de bloques y fracturas, con distintas escalas de detalle, dominan la tipología de transferencia de materiales y el carácter del pastizal (supuesto un uso uniforme). En ambos casos, rasgos heredados (histéresis) intervienen en el cuadro general. La consideración general del territorio, incluidas zonas ajenas al área de muestreo es importante (distintos ciclos de erosión, diferentes superficies, paleopaisajes) para la comprensión del conjunto.

### ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LA DINAMICA DEL PAISAJE DE PASTIZALES EN ZONA GRANITICA:

#### ZONA DE AFLORAMIENTOS

##### ZONA DE EXPORTACION/DISPERSION

Predominio de la alteración física  
Partículas gruesas  
Exportación de elementos finos  
Escasa permanencia del agua

##### Indicadoras

*Stipa lagascae*  
*Trifolium arvense*  
*Bromus tectorum*  
*Erodium cicutarium*  
*Trifolium cherleri*  
etc.

##### ZONA DE EXPORTACION/TRANSITO

Drenaje lateral intenso  
Humedad relativamente mayor  
Pedogénesis en condiciones de oxidación y desaturación

nH relativamente bajo  
Exportación de cationes

##### Indicadoras

*Koenigia erecta*  
*Anthoxanthum cristatum*  
*Trifolium strictum*  
*Juncus squarrosus*  
etc.

##### ZONA DE ACUMULACION

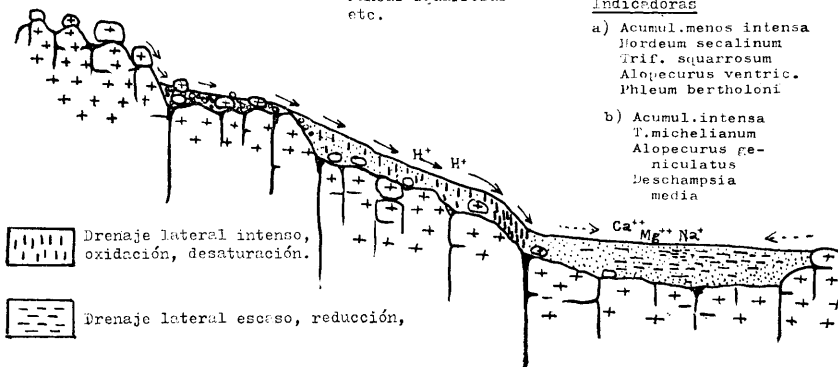
Tiempo de permanencia del agua y materiales largo.  
Pedogénesis en condiciones de reducción y saturación

Acumulación de cationes.  
nH más altos

##### Indicadoras

a) Acumul. menos intensa  
*Hordeum secalinum*  
*Trif. squarrosus*  
*Alopecurus ventric.*  
*Phleum bertholoni*

b) Acumul. intensa  
*T. michelianum*  
*Alopecurus geniculatus*  
*Deschampsia media*



La intelección de estos modelos lleva al establecimiento de pautas repetibles, patterns característicos de cada paisaje o territorio. Ello tiene una doble consecuencia beneficiosa para el reconocimiento de pastizales. Por una parte favorecemos la predicibilidad de las facies herbáceas. Por otra parte, al fijar las pautas de componentes repetibles, asociados de manera característica, facilitamos la capacidad de resumen o condensación racional de la descripción del medio.



#### BIBLIOGRAFIA

- (1) GARCÍA NOVO, F. y Otros, 1969: Essai d'Analyse automatique de la Végétation et des Facteurs du Milieu. *Flora Europea V International Symposium*. Public. Universidad Sevilla.
- (2) CHRISTIAN, C.; STEWARD, V. 1968: Methodology of integrated surveys. In: *Aerial Surveys and Integrated Studies*. UNESCO. Paris
- (3) HAEGER, F. J. 1977: Relaciones entre Geomorfología y Vegetación en Sierra Morena. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- (4) HAEGER, J. F.; LEVASSOR, C.; RAMIREZ, L. y SANCHO, F. 1978: Prospección integrada de pastizales de Sierra Morena. (En preparación).
- (5) ICONA, 1976: *Estudios ecológicos en Sierra Morena*. ICONA. Monografías, N.º 18. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- (6) MONTSERRAT, R. 1975: *Fisiología del Paisaje*. Coloquio sobre Estabilidad del Ecosistema. Universidad de Sevilla.
- (7) SOLNTSIEV, N. V. 1974: O niekotorykh fundamental'nykh svoitsakh gheosistemmoi struktury. En: *Kompleksnye Isledovania Gheosistem*; Irkutsk.

#### RANGELAND SURVEYS BY MEANS OF REMOTE SENSING AND INTEGRATED STUDIES

#### SUMMARY

Using different types of remote sensing two different areas of rangeland were surveyed and described in terms of local systems of matter and energy transfer. The two areas were:

- The "Cabeza Aguda" area in Sierra Morena, (Córdoba).
- The "El Congosto" area in Guadarrama Range (Madrid).

The Sierra Morena area may be described as a mosaic of vectorial-equipotential systems with different sectors: Denudation/export, transit, accumulation (passive balance), 2 nd cycle of headward erosion, alluvium, etc.

In the Guadarrama area the block-fracture patterns of granite dominate the matter flux and residence time (water, cations). Different zones characterized by different levels of moisture, oxydation and cation accumulation were considered.

Indicator plants for every zone obtained by sampling and data processing.

General landscape models are useful for rangeland surveys from pictures as they promote both predictibility and rational summarization by disclosing recurrent patterns.