

# 12. Casos prácticos en el uso de SIG y teledetección en estudios ecológicos.

Ecología Metodológica y Cuantitativa (5C1)  
Departamento de Ecología e Hidrología. Universidad de Murcia

Curso 2008–09

## Índice

<b>1. Elaboración de mapas de distribución potencial de especies</b>	<b>1</b>
1.1. Los datos . . . . .	1
1.2. Descripción y representación de las variables . . . . .	2
1.3. Modelos . . . . .	3
1.3.1. Águila Calzada . . . . .	3
1.3.2. Águila Perdicera . . . . .	5
<b>2. Cartografía de la vegetación natural y los usos del territorio por teledetección</b>	<b>5</b>
2.1. Los datos . . . . .	6
2.2. Clasificación de imágenes . . . . .	7
2.3. Cartografía de usos . . . . .	8

## Antes de empezar

Iniciar R. Cargar el archivo de funciones de la asignatura, `funciones.R`:

```
source("http://www.um.es/docencia/emc/datos/funciones.R")
```

## 1. Elaboración de mapas de distribución potencial de especies

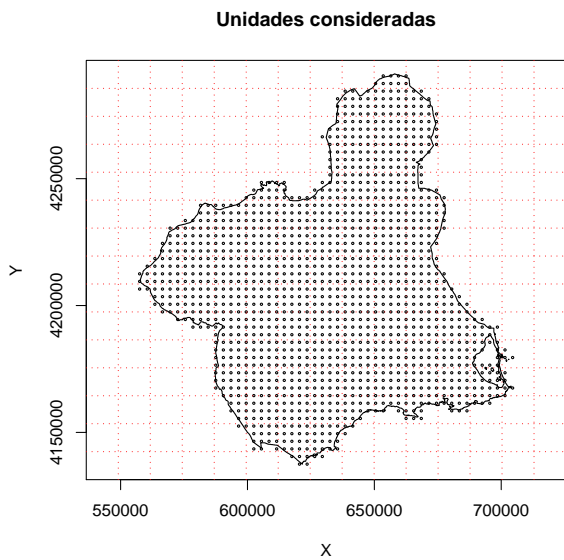
Se desea construir un mapa de distribución potencial de dos especies de rapaces: Águila calzada, *Hieraetus pennatus* (Gm.); y Águila perdicera, *Hieraetus fasciatus* (Viell.) para la Región de Murcia. Para realizar tal proyecto necesitamos conocer:

- Cuales son las variables ambientales de las que depende la distribución potencial de las especies en cuestión.
- Disponer de un mapa de la información espacial de las variables ambientales y del número de parejas de las dos especies en la región.
- Conocer la relación funcional entre las variables ambientales y la abundancia de las especies.

### 1.1. Los datos

Se decide en primer lugar que una resolución espacial de 3x3 Km puede ser suficiente para el trabajo que nos ocupa (figura 1).

Obviamente en una primera etapa necesitamos obtener los datos de abundancia de las especies en el campo mediante muestreo. Se decide trabajar considerando la variable: *número de parejas de la especie por celdilla*.



**Figura 1.**

**Tabla 1.**

Muestra	X	Y	SH	MA	CN	PEND
1	557500	4206500	1.00	0.00	0.00	24.22
2	557500	4209500	0.77	0.00	0.08	7.08
3	557500	4212500	0.93	0.01	0.00	12.48
...	...	...	...	...	...	...
1380	704500	4167500	0.95	0.00	0.00	0.23
1381	704500	4179500	1.00	0.00	0.00	0.00

A continuación se extraen de un SIG regional la información correspondiente a las variables ambientales y se trasladan a un fichero de datos. Las variables incluidas en él son:

- X e Y Coordenadas UTM del centro de las celdillas de 3x3 Km para las que se dispone de la información.
- SH Proporción de la superficie de la celdilla correspondiente a secano herbáceo.
- MA Proporción correspondiente a matorral.
- CN Proporción correspondiente a coníferas.
- PEND Estima de la pendiente media en la celdilla.

La estructura de la matriz de datos está recogida en la tabla 1.

1. La superficie de la Región de Murcia es de 1186177 h. ¿de cuantas celdillas tenemos información en la matriz de datos? ¿coincide la superficie real de la región y la que se desprende de los datos disponibles? ¿por qué?
2. Leer el fichero de datos `rapaces.dat`, y calcular los principales valores estadísticos:

```
read.table("http://www.um.es/docencia/emc/datos/rapaces.dat", header=T) -> x
attach(x); rownames(x)
summary(x)
```

SH	MA	CN	PEND
Min. :0.00000	Min. :0.000000	Min. :0.000000	Min. : 0.000
1st Qu.:0.05905	1st Qu.:0.004688	1st Qu.:0.000000	1st Qu.: 1.957
Median :0.27192	Median :0.104351	Median :0.008662	Median : 3.527
Mean :0.34884	Mean :0.189968	Mean :0.147428	Mean : 4.427
3rd Qu.:0.58530	3rd Qu.:0.298958	3rd Qu.:0.201931	3rd Qu.: 5.924
Max. :1.00000	Max. :0.969318	Max. :0.994478	Max. :24.219

## 1.2. Descripción y representación de las variables

1. Representar espacialmente las distintas variables ambientales, utilizando adicionalmente los datos vectoriales, contenidos el fichero `lrm.dat`, de los límites de la Región de Murcia:

```
read.table("http://www.um.es/docencia/emc/datos/lrm.dat") -> lrm
plot(X, Y, cex=1*0.3, asp=1, main="Unidades consideradas")
grid(15, 15, col=2); lines(lrm)
plot(X, Y, cex=SH*1.3, asp=1, main="Mapa de la variable SH")
```

```

grid(15,15,col=2);lines(lrm)
plot(X,Y,cex=MA*1.3,asp=1,main="Mapa de la variable MA")
grid(15,15,col=2);lines(lrm)
plot(X,Y,cex=CN*1.3,asp=1,main="Mapa de la variable CN")
grid(15,15,col=2);lines(lrm)
plot(X,Y,cex=PEND*0.1,asp=1,main="Mapa de la variable PEND")
grid(15,15,col=2);lines(lrm)

```

Los resultado se recogen en la figura 2. ¿Cuantos niveles-colores conviene utilizar? ¿cuáles el máximo? ¿por qué? ¿Podrían utilizarse isolíneas de proporción de superficie? ¿Cuales serían sus ventajas e inconvenientes?

¿Coinciden razonablemente los mapas con la realidad? ¿pueden reconocerse áreas homogéneas dentro de la Región? ¿pueden identificarse?

2. Los datos espaciales pueden resumir el comportamiento espacial no sólo mediante mapas. Por ejemplo, considerar el resultado de:

```
table(round(MA*5),round(SH*5))
```

MA/SH	0	1	2	3	4	5
0	198	112	88	83	100	96
1	94	78	67	60	62	0
2	59	46	40	33	0	0
3	52	30	26	0	0	0
4	29	22	0	0	0	0
5	6	0	0	0	0	0

¿Qué significa? ¿cómo puede interpretarse? ¿es coherente con lo que cabe esperar?

### 1.3. Modelos

Tras el estudio de las variables ambientales intentaremos modelizar la relación entre éstas y la abundancia para obtener un modelo válido (ver prácticas anteriores). Una vez obtenidos pasaremos a representar los resultados cartográficamente.

#### 1.3.1. Águila Calzada

- Construir el mapa de densidad potencial del Águila Calzada considerando:

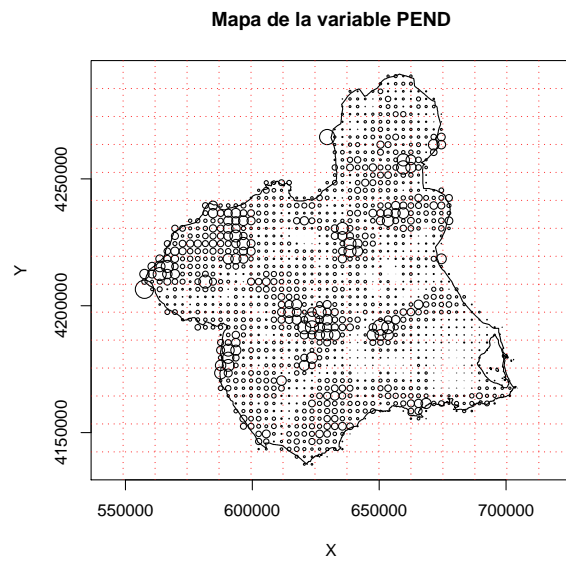
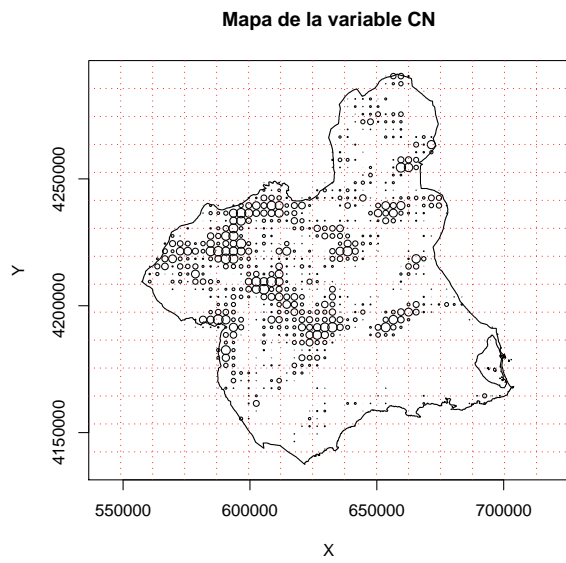
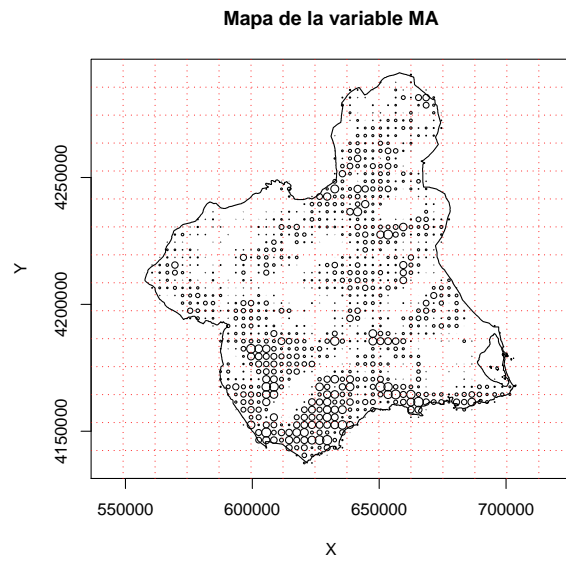
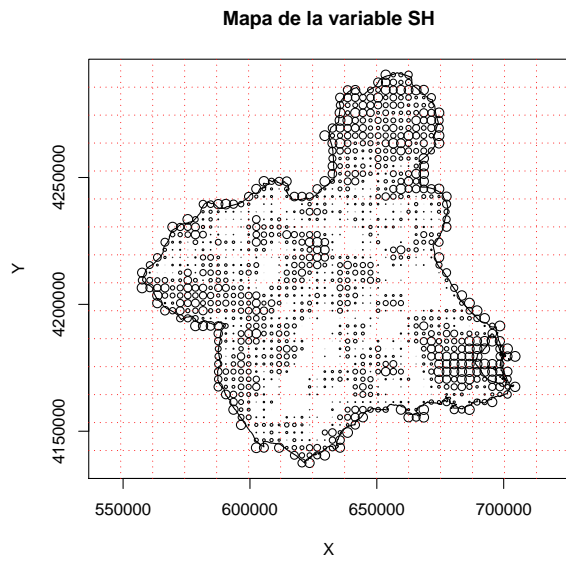
$$acalzada = e^{-5,197+4,689CN+9,245SH-14,087SH^2}$$

```
acalzada<- exp(-5.197 + 4.689*CN + 9.245*SH -14.087*SH^2)
table(cut(acalzada,seq(min(acalzada),max(acalzada),by=0.1)))
```

(4.37e-05,0.1]	(0.1,0.2]	(0.2,0.3]	(0.3,0.4]	(0.4,0.5]
1189	71	43	27	20
(0.5,0.6]	(0.6,0.7]			
13	10			

```
plot(X,Y,cex=acalzada*3,asp=1,main="Densidad potencial de Águila Calzada")
grid(15,15,col=2);lines(lrm)
```

¿Qué superficie de la región reúne potencialmente las condiciones ambientales requeridas por la especie? ¿Podría estimarse el tamaño poblacional que podría alcanzar la especie? Atendiendo al modelo obtenido ¿cuales serían las preferencias del Águila Calzada? ¿el mapa potencial, figura 3, corresponde con la distribución de sus valores “preferidos” de las variables ambientales?



**Figura 2.**

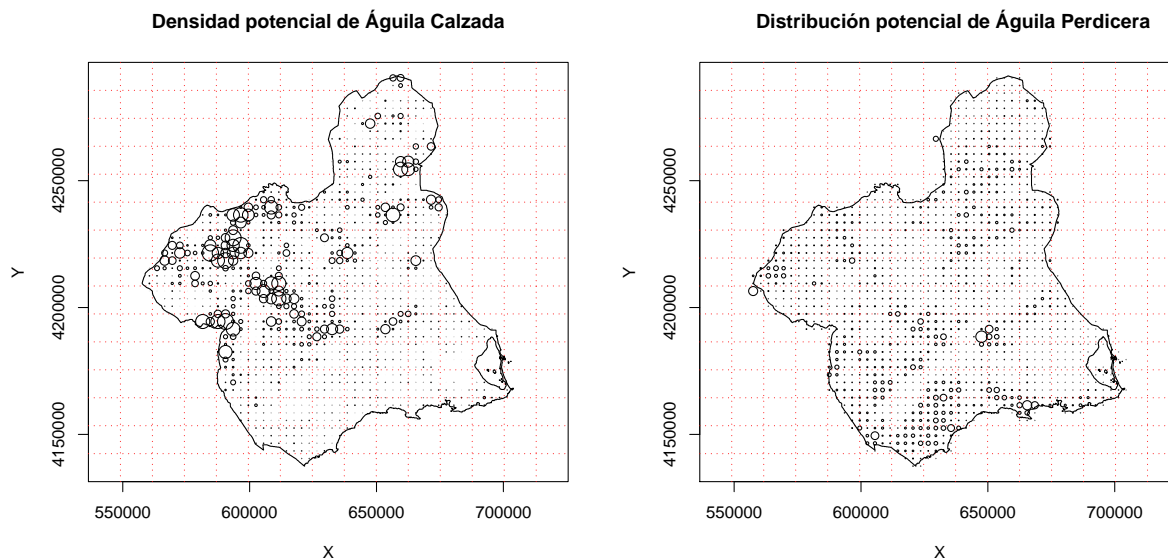


Figura 3.

### 1.3.2. Águila Perdicera

- Construir el mapa de distribución potencial del Águila Perdicera, como en el caso anterior pero considerando:

$$y = -5,748 + 0,155PEND + 2,132MA$$

$$aperdicera = \frac{e^y}{1 + e^y}$$

```

y <- -5.748 + 0.155*PEND + 2.132*MA
aperdicera <- exp(y) / (1 + exp(y))
table(cut(aperdicera, seq(min(aperdicera), max(aperdicera), by=0.025)))
(0.00318,0.0282] (0.0282,0.0532] (0.0532,0.0782] (0.0782,0.103]
      1236              98              29              4
(0.103,0.128]
      3

```

```

plot(X,Y,cex=aperdicera*3,asp=1,main="Densidad potencial de Águila Perdicera")
grid(15,15,col=2);lines(lrm)

```

Como en el caso anterior: ¿Qué superficie de la región reúne potencialmente las condiciones ambientales requeridas por la especie? ¿Podría estimarse el tamaño poblacional que podría alcanzar la especie? Atendiendo al modelo obtenido ¿cuales serían las preferencias del Águila Perdicera? ¿el mapa potencial, figura 3, está asociado con la distribución espacial de los valores de las variables “preferidos” por el Águila Perdicera?

#### A modo de conclusión:

¿Qué papel juega la resolución elegida? ¿Qué efecto podría tener una cartografía obsoleta? ¿Cuál es el número de parejas esperadas en la región de cada una de las especies?

## 2. Cartografía de la vegetación natural y los usos del territorio por teledetección

En el marco de un estudio de gestión territorial es necesario obtener un mapa actualizado de vegetación natural y de los usos del territorio. Dada la carencia de cartografía actualizada y la extensión del territorio a estudiar se decide poner en marcha un proyecto piloto para evaluar la conveniencia de usar técnicas de teledetección para elaborar dicho mapa. El área elegida para el estudio piloto está comprendida entre los 4200450

Tabla 2.

Banda	Región espectral	Rango ( $\mu\text{m}$ )	Aplicaciones
1	Azul	0.45–0.53	Muy sensible a la niebla y conviene utilizarla combinada con otras bandas, dado su bajo contraste. Permite distinguir entre suelo, coníferas y otras formaciones vegetales.
2	Verde	0.52–0.60	De características similares a la anterior se utiliza para determinar el estado de salud de la vegetación.
3	Rojo	0.63–0.69	Aumenta el contraste entre áreas desnudas y con vegetación.
4	Infrarrojo próximo	0.76–0.90	Útil para la estimación de biomasa, separando cuerpos de agua de la vegetación.
5	Infrarrojo de onda corta	1.55–1.75	Se trata de una banda síntesis, con gran penetración en la niebla, muestra adecuadamente tipos de vegetación, caminos, humedad, etc.
6	Infrarrojo térmico	10.5–12.5	Es la banda de emisión del objeto (conviene que la imagen sea nocturna para una máxima información). Se trata de una imagen con resolución de espacial de 120 m.
7	Infrarrojo de onda corta	2.08–2.35	Es la más penetrante a la niebla, siendo su mejor aplicación para la distinción entre los distintos tipos de materiales geológicos.

metros Sur y los 4206225 metros Norte y los 609625 metros Oeste y los 615300 metros Este, considerando las coordenadas UTM en el uso 30 —situada en la Región de Murcia, en la hoja de Coy (1:25000).

Disponemos de información procedente de:

- a) una imagen de Landsat V TM (*Thematic Mapper*) correspondiente a 4 de julio de 2000. El sensor TM proporciona 7 bandas con una resolución espacial de unos 30 m. Estas bandas poseen las características que se describen en la tabla 2.
- b) la información procedente del satélite IRS, correspondiente a febrero de 2000. Se trata de la banda pancromática, con una resolución de 5.6 m.
- c) Por otro lado se dispone de información de campo correspondiente a 12 áreas de entrenamiento, clasificadas en 6 tipos (figura 4).
  - 1: **PD** Pinar denso.
  - 2: **PM** Pinar con densidad media.
  - 3: **PA** Pinar abierto o de baja densidad.
  - 4: **FD** Fanerófitos.
  - 5: **CC** Caméfitos.
  - 6: **SH** Cultivo de secano.
  - 0: **NI** No indentificado.

## 2.1. Los datos

Se incorpora en una matriz de datos la información de todas celdillas, considerando una variable por cada banda, además se incorpora una variable correspondiente a la vegetación/uso determinado en las áreas de

Tabla 3.

Muestra pixel	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 6	Banda 7	USOS	USOSI
1	110	57	80	99	185	160	95	0	0
2	96	50	65	92	147	160	67	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
7805	122	65	89	107	199	162	108	6	2
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
52436	77	36	41	70	93	149	42	0	0
52437	77	36	41	70	93	149	42	0	0

entrenamiento (*USO*) y otra correspondiente a cada una de las áreas de entrenamiento (*USOSI*) (ver tabla 3). Las imágenes correspondientes a los distintos sensores aparecen en la figura 4.

¿Coinciden a simple vista las características de las bandas de la imagen estudiada con las descritas en la tabla 2? ¿Son las zonas roturadas más claras para la banda 3 que las correspondientes a vegetación natural?

La relación entre las bandas, además de evaluarse visualmente, puede determinarse por una medida de correlación. Así las correlaciones entre las bandas son:

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
B1	1.000						
B2	0.984	1.000					
B3	0.970	0.991	1.000				
B4	0.932	0.957	0.962	1.000			
B5	0.938	0.944	0.952	0.933	1.000		
B6	0.716	0.725	0.740	0.724	0.816	1.000	
B7	0.930	0.939	0.944	0.910	0.988	0.811	1.000

¿Cuales son las bandas mejor correlacionadas? ¿Coincide esta apreciación con el análisis visual realizado? ¿Sugiere esta matriz que la información aportada por las distintas bandas es muy redundante? ¿Cabría pensar que un análisis en componentes principales determinase con muy pocos ejes la mayor parte de la información?

Para poner de manifiesto las diferencias entre las bandas se recurre a *imágenes en falso color*, en la figura 4 se muestran las correspondientes a la composición RGB:321, es decir, la banda 3 en el canal rojo, la banda 2 en el canal verde y la banda 1 en el color azul.

¿Qué puede distinguirse en cada una de las imágenes? ¿Puede indicarse alguna ventaja al considerar la información que muestran cada una de las imágenes? ¿Tendría interés construir una imagen en falso color con los ejes resultantes de un análisis en componentes principales de las bandas? ¿Qué componente se podría representar en el canal rojo? ¿Por qué?

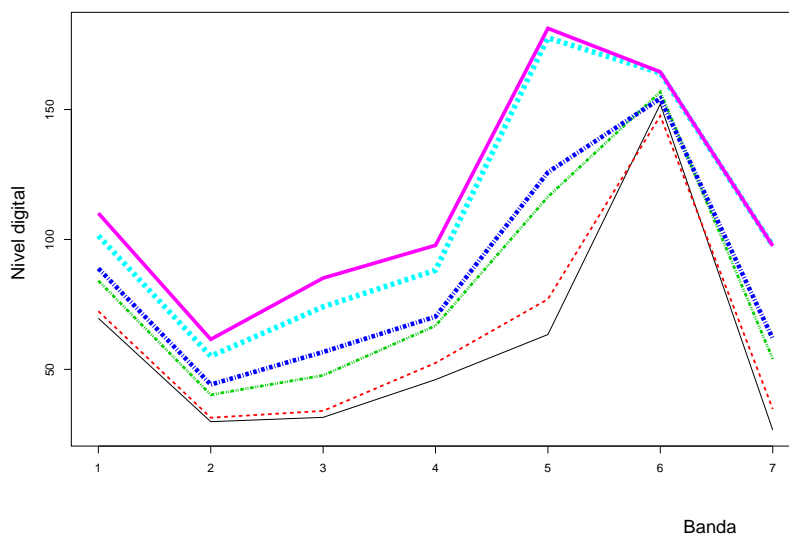
## 2.2. Clasificación de imágenes

Se ha utilizado uno de los procedimientos más habituales en el trabajo con imágenes de satélite: la clasificación supervisada. Para realizar una clasificación en estas condiciones es preciso disponer de unas firmas espectrales asociadas a cada uno de los temas que se desea detectar en la imagen. Estas firmas se basan en el comportamiento estadístico de la reflectancia de cada banda en cada uno de los *áreas de entrenamiento o verdad terreno* procedente de la información contrastada en el campo.

Para esta tarea se ha utilizado un procedimiento basado en máxima verosimilitud, que une a los criterios geométricos consideraciones estadísticas a la hora de asignar cada pixel a una firma espectral dada. En el caso que nos ocupa los valores medios para cada uno de los usos considerados en el estudio es:

Uso	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
PD	69.7	29.9	31.5	46.1	63.4	152.1	26.7
PM	72.4	31.4	34.0	52.5	77.0	147.6	34.7
PA	84.1	40.2	47.7	66.8	116.4	156.8	54.0
FD	88.8	44.2	56.7	70.3	125.8	154.2	61.8
CC	101.5	55.1	74.1	88.2	177.6	164.1	97.5
SH	110.1	61.6	85.2	97.7	181.2	164.5	97.5

Valores que describen la respuesta espectral de cada una de las clases o *signaturas espectrales* y a los que corresponde la siguiente representación gráfica:

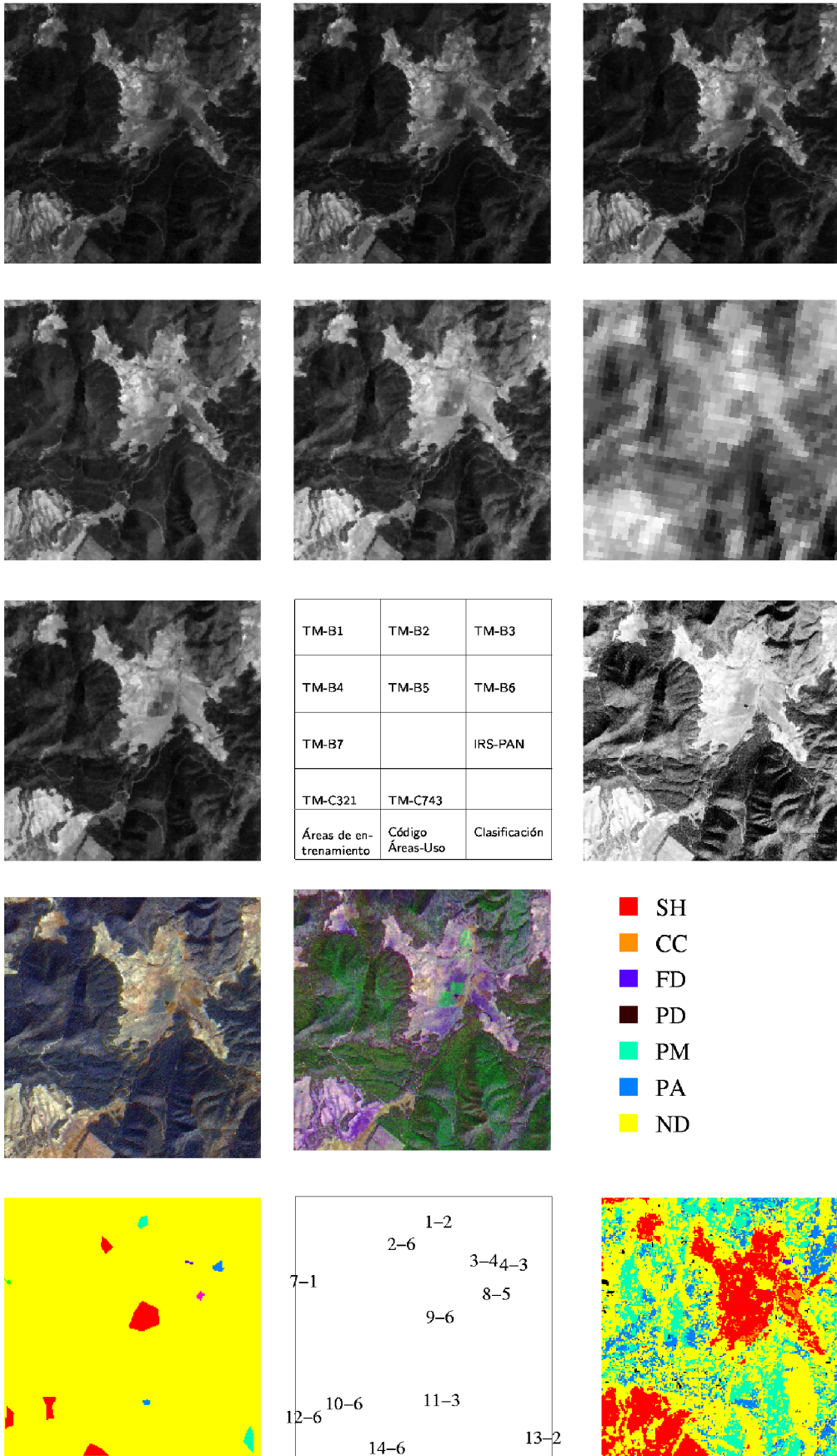


### 2.3. Cartografía de usos

El mapa resultante de la clasificación supervisada se refleja en la figura 4. En esta clasificación se determina la probabilidad de pertenencia de cada pixel a una de los signaturas; entonces, se asigna el pixel a la clase para la que presenta una mayor probabilidad de pertenencia. También se determina un valor umbral y los pixeles con probabilidad de pertenencia a cualquier clase menor que ese valor son considerados no clasificados.

¿Cuales son los usos a los que corresponden espectros más diferentes? ¿Podría establecerse una tipología de espectros? ¿Parece, a tenor del mapa resultante de la clasificación, que se a utilizado un umbral para la asignación de pixeles demasiado restrictivo?





**Figura 4.**