

Teledetección

## Tema 4

# Transformación y clasificación de imagen

---

Alejandro Millán Calderón

*personal.us.es/amillan*

21 de enero de 2025

© Universidad de Sevilla. Todos los derechos reservados.

# Índice

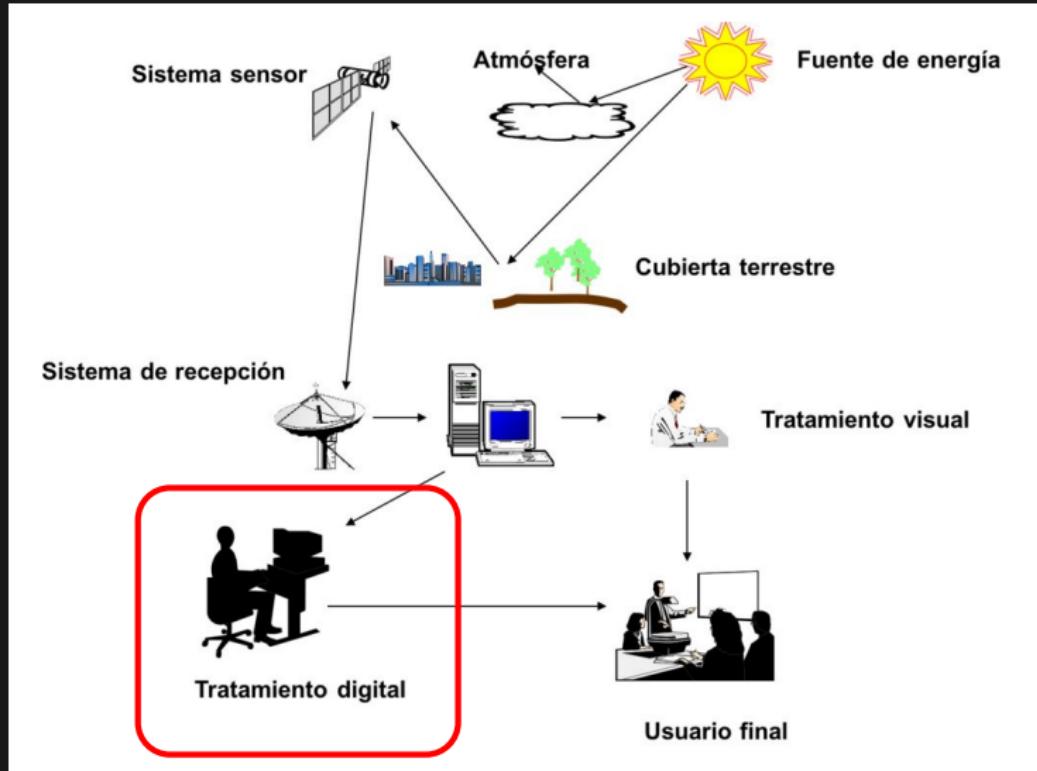
## 1. Transformación de imagen

- Análisis de componentes principales
- Índices de vegetación

## 2. Clasificación de imagen

- Fase de entrenamiento
- Fase de asignación
- Fase de verificación

# Actores de un sistema de Teledetección



# Transformación de imagen

---

# Transformación de imagen

- Se incluyen las operaciones que permiten obtener bandas artificiales:
  - ▶ A partir de combinaciones entre las originales.
  - ▶ Que permitan discriminar aspectos determinados de la imagen.
- La información está en las bandas originales: la transformación la resalta.
- Tipos de transformaciones:
  - ▶ Análisis de Componentes Principales: se genera una nueva imagen en la que se minimiza la correlación entre las bandas.
  - ▶ Índices de vegetación: se genera una nueva imagen cuyos ND reflejan el vigor de la vegetación en el terreno.

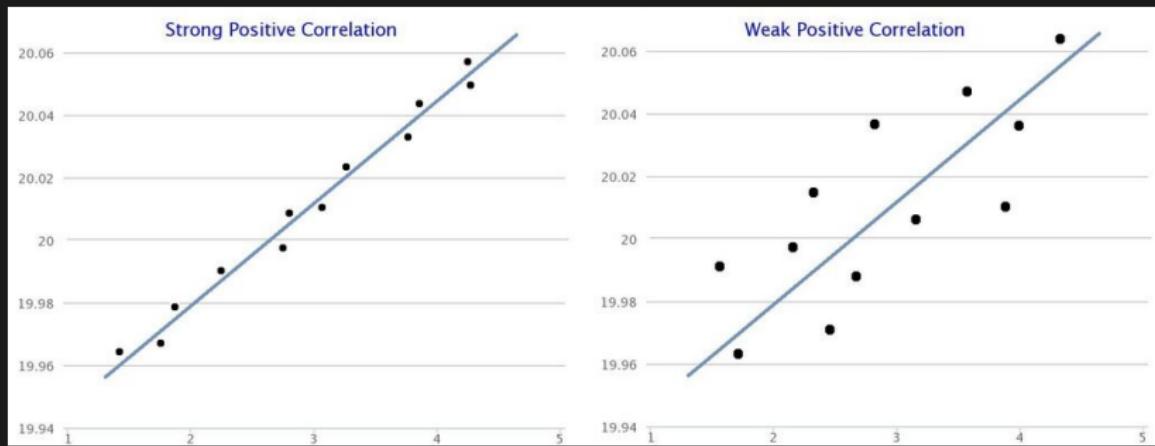
# **Transformación de imagen**

---

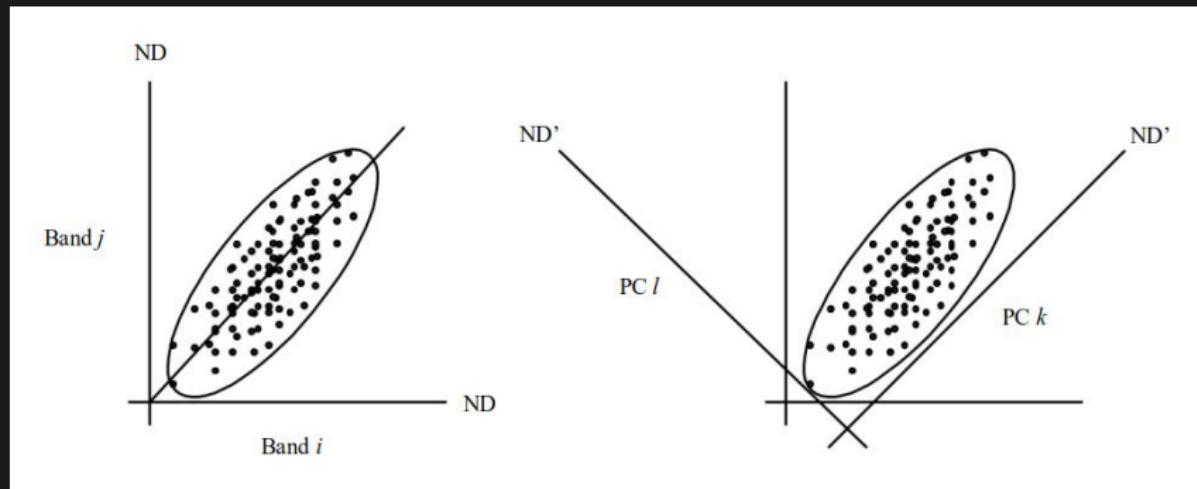
**Análisis de componentes principales**

# Análisis de componentes principales

- El análisis de componentes principales (*Principal Component Analysis, PCA*) es una técnica estadística cuyo objetivo es extraer la información que encierra un conjunto de variables mediante la eliminación de la correlación existente entre ellas.
  - ▶ En el campo del análisis de imágenes de satélite, tiene gran aplicación dada la alta correlación que presentan las imágenes adquiridas en bandas adyacentes del espectro.



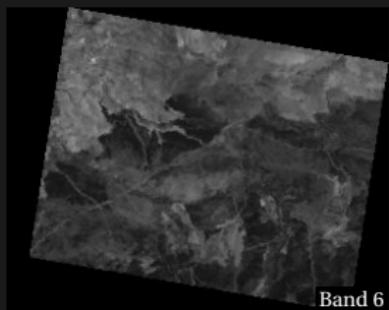
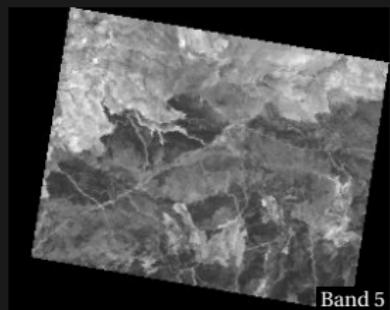
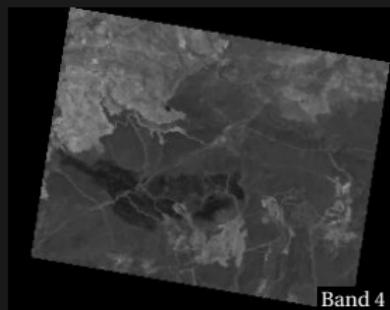
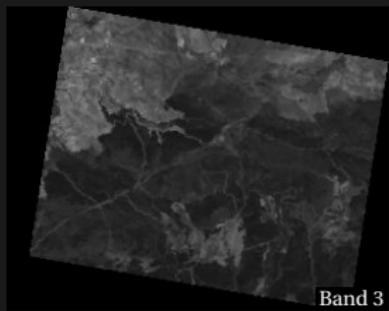
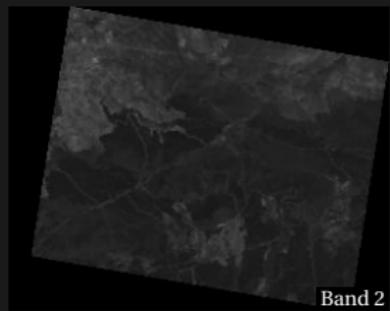
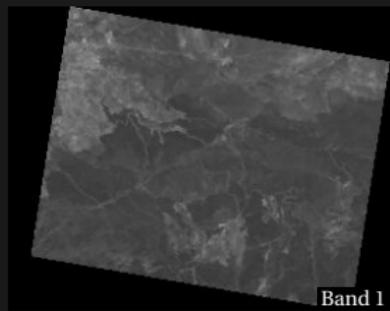
## Ilustración de la transformación que implica el PCA



# Realización de un PCA en MATLAB

1. Crear una matriz en cuyas columnas se encuentren los ND originales:
  - ▶ Número de filas = número de píxeles de la imagen.
  - ▶ Número de columnas = número de bandas a analizar.
  - ▶ Para ello, puede usarse la función reshape.
2. Utilizar la función pca para transformar la matriz obteniendo:
  - ▶ coeff:
    - Es la matriz de coeficientes del PCA.
    - Refleja la aportación de cada banda a cada PC.
  - ▶ latent:
    - Varianza de cada PC.
    - Es un indicador de cuánta información ha recaído en cada PC.
  - ▶ score:
    - Es la matriz de ND' nuevos.
    - De ella pueden extraerse las PC como imágenes (reorganizando cada columna como una nueva banda –función reshape–).

# Ejemplo de PCA basado en una imagen Landsat de 6 bandas



# Datos crudos obtenidos durante el PCA de la imagen Landsat

coeff =

0.3802	0.5096	-0.5797	-0.4467	-0.0141	-0.2449
0.2139	0.1600	0.0989	-0.2528	-0.1987	0.9031
0.3109	-0.0322	0.6527	-0.4140	-0.4276	-0.3494
0.3765	0.5586	0.4044	0.4266	0.4478	-0.0145
0.6594	-0.3553	-0.2526	0.4976	-0.3572	-0.0048
0.3695	-0.5248	0.0287	-0.3683	0.6704	0.0467

latent =

9723.5
152.1
78.1
29.2
8.3
1.1

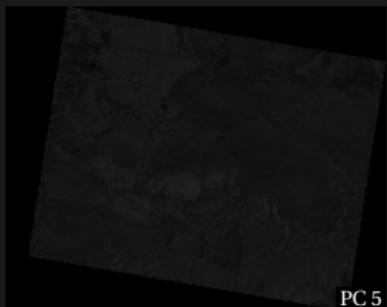
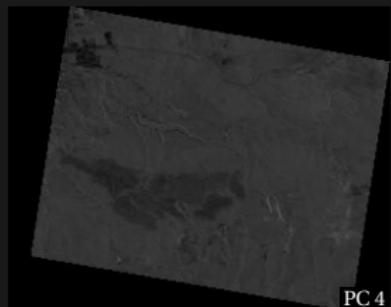
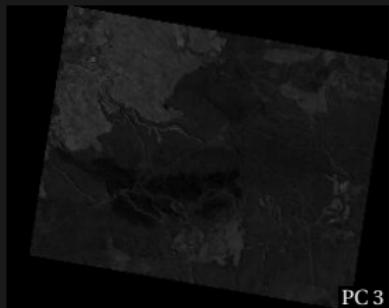
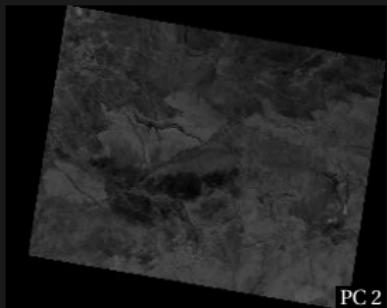
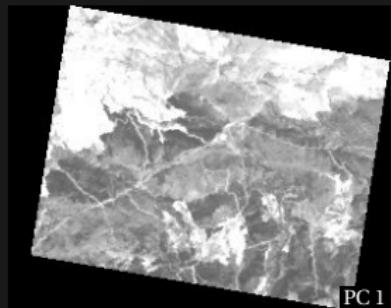
score =

...					
1.1410	-0.0428	0.0471	-0.0337	0.0245	0.0070
1.0152	-0.0700	0.0574	-0.0282	0.0156	0.0069
0.9680	-0.0598	0.0555	0.0083	0.0543	0.0130
1.0586	-0.0759	0.0414	-0.0044	0.0900	0.0113
1.1258	-0.0889	0.0201	0.0266	0.0613	0.0024
...					

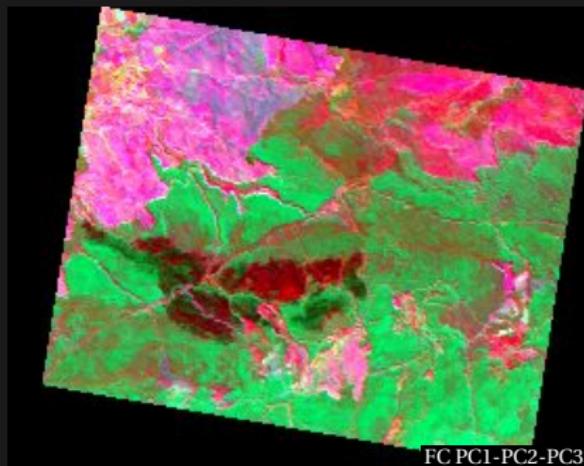
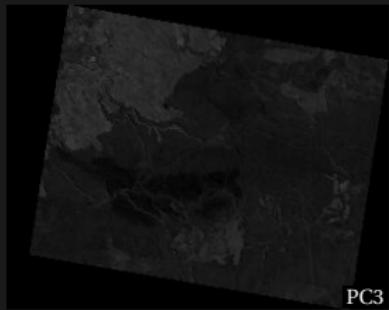
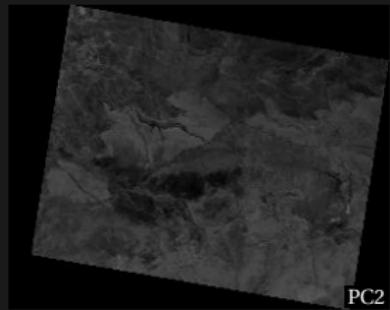
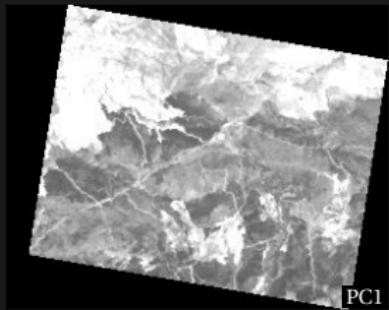
# Matriz coeff procesada mediante cálculo de cuadrados y aplicación de porcentajes a coeff y latent

<b>coeff</b>	<b>Band 1</b>	<b>Band 2</b>	<b>Band 3</b>	<b>Band 4</b>	<b>Band 5</b>	<b>Band 6</b>	<b>latent</b>
PC 1	14.45 %	25.97 %	33.61 %	19.95 %	0.02 %	6.00 %	97.24 %
PC 2	4.57 %	2.56 %	0.98 %	6.39 %	3.95 %	81.55 %	1.52 %
PC 3	9.67 %	0.10 %	42.60 %	17.14 %	18.28 %	12.21 %	0.78 %
PC 4	14.17 %	31.20 %	16.36 %	18.20 %	20.05 %	0.02 %	0.29 %
PC 5	43.48 %	12.63 %	6.38 %	24.76 %	12.76 %	0.00 %	0.08 %
PC 6	13.65 %	27.54 %	0.08 %	13.56 %	44.94 %	0.22 %	0.01 %

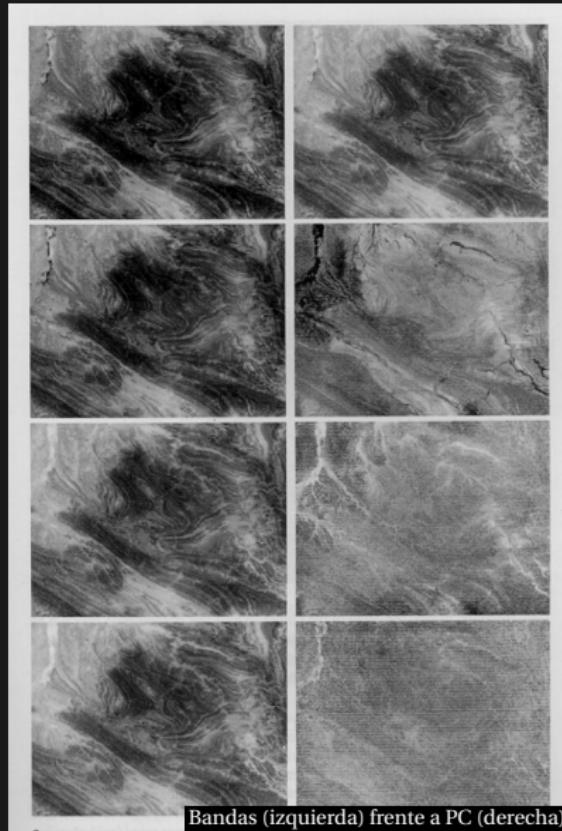
# Visualización de las PC obtenidas



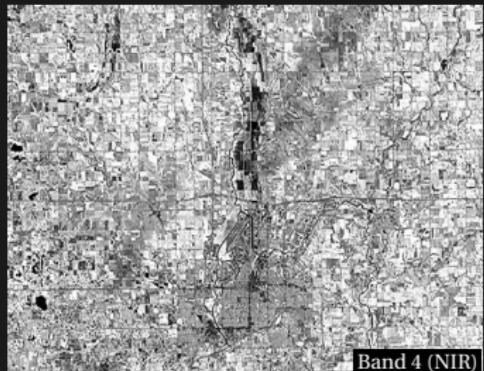
## FC a partir de las 3 primeras PC



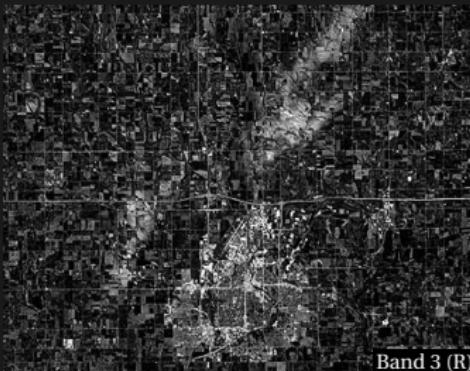
# Ejemplo de PCA a partir de imagen Landsat



# Sioux Falls, 16-JUL-1997 / Landsat-5, original



Band 4 (NIR)

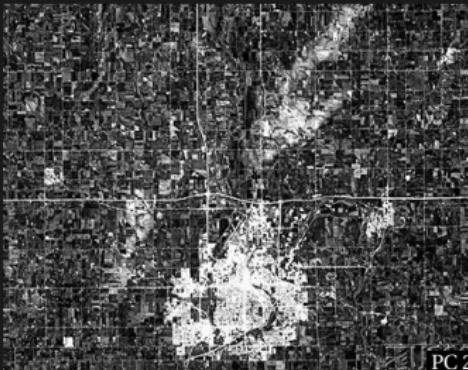


Band 3 (R)



Band 2 (G)

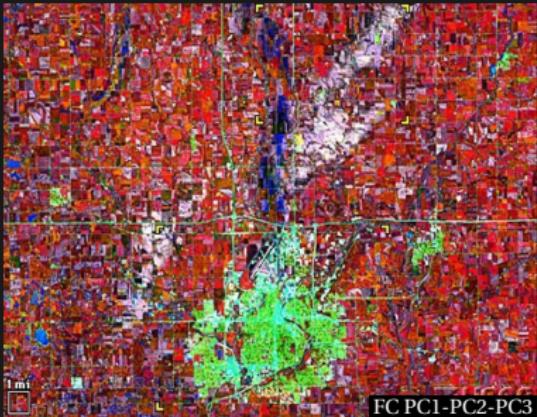
# Sioux Falls, 16-JUL-1997 / Landsat-5, PCA



# Sioux Falls, 16-JUL-1997 / Landsat-5



FC NIR-R-G



FC PC1-PC2-PC3

## Leyenda FC basado en PCA (derecha)

Azul	Zonas húmedas / Río Big Sioux
Blanco	Suelo desnudo
Rojo	Vegetación
Verde	Superficies reflectantes (edificios)

# **Transformación de imagen**

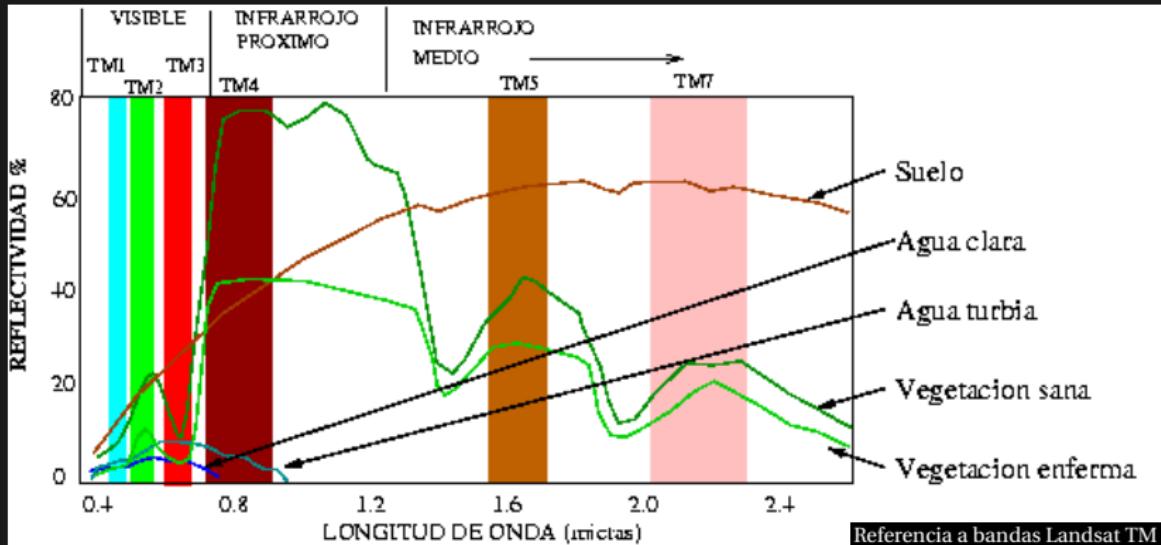
---

**Índices de vegetación**

# Índices de vegetación

- Los índices de vegetación son transformaciones aplicadas a una imagen que permiten obtener una nueva en la que se refuerza la contribución espectral debida a la cubierta vegetal, minimizando las contribuciones de factores ajenos a ella.
- Su objetivo es obtener información más clara sobre la vegetación que aparece en una imagen.
- Se obtienen mediante dos métodos:
  - ▶ Relación entre bandas.
  - ▶ Transformaciones ortogonales.

# Firma espectral de cubiertas habituales en estudios de vegetación



- La respuesta de la vegetación sana es muy diferente en R y NIR.
- Dicha diferencia disminuye en caso de vegetación enferma.
- Mayor diferencia indica mayor vigor vegetal de la cubierta.

# Índices de vegetación basados en cociente entre bandas

- RVI (*Ratio Vegetation Index*)<sup>1</sup>

$$RVI = \frac{NIR}{R}$$

- NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)<sup>1</sup>

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

- SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*)<sup>2</sup>

$$SAVI = \frac{NIR - R}{NIR + R + L} (1 + L)$$

- TVI (*Transformed Vegetation Index*)<sup>3</sup>

$$TVI = \sqrt{|NDVI + 0.5|}$$

<sup>1</sup> Rouse *et al.*, 1974. <sup>2</sup> Huete, 1988. <sup>3</sup> Deering *et al.*, 1975.

## RVI (*Ratio Vegetation Index*)

- El RVI es el índice de vegetación más simple y se basa en la relación entre el ND en NIR y el ND en R:

$$\text{RVI} = \frac{\text{NIR}}{\text{R}}$$

- Permite corregir el efecto de la pendiente en el ND obtenido (ya que la pendiente afecta a la iluminación y por tanto al ND).
- En general, un cociente entre bandas tiende a resaltar el efecto espectral frente al de iluminación.

Vegetación	NIR	R	Cociente
Frondosas en sombra	25	20	1.02
Frondosas en sol	50	40	1.02
Coníferas en sombra	33	22	1.50
Coníferas en sol	66	44	1.50

## NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)

- Es el índice de vegetación más utilizado:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{R}}{\text{NIR} + \text{R}}$$

- El resultado obtenido es sólo un indicador; no tiene significado físico.
- El valor de NDVI pertenece al rango  $[-1, 1]$  y en general podemos asociar de manera aproximada:

---

<b><math>0.3 &lt; \text{NDVI}</math></b>	Vegetación densa
<b><math>0 &lt; \text{NDVI} &lt; 0.3</math></b>	Suelo desnudo/vegetación marchita
<b><math>\text{NDVI} \approx 0</math></b>	Agua
<b><math>\text{NDVI} &lt; 0</math></b>	Nubes y nieve/hielo

---

## SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*)

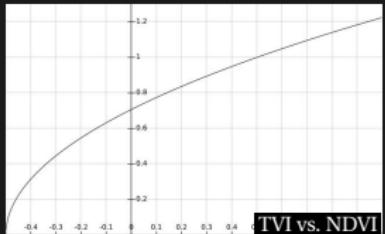
- Es el índice de vegetación más apropiado cuando en la zona de estudio se sabe que la vegetación es escasa (cubre menos del **40%** del píxel):

$$\text{SAVI} = \frac{\text{NIR}-\text{R}}{\text{NIR}+\text{R}+\text{L}}(1+\text{L})$$

- En estos casos, la respuesta del suelo afecta notablemente al ND obtenido por lo que es conveniente aplicar un ajuste.
- Dicho ajuste se consigue mediante el parámetro L:

Vegetación	L
Muy frondosa	<b>0.0</b>
Normal	<b>0.5</b> ← Por defecto
Muy escasa	<b>1.0</b>

## TVI (*Transformed Vegetation Index*)



- El TVI consiste en una modificación del NDVI que consigue que sus valores siempre sean positivos:

$$\text{TVI} = \sqrt{|\text{NDVI} + 0.5|}$$

- El TVI sólo puede aplicarse cuando  $\text{NDVI} \geq -0.5$  (aunque esto no suele ser problema ya que es muy infrecuente que el NDVI baje de este valor).
- En el caso del TVI la discriminación se realiza como sigue:

---

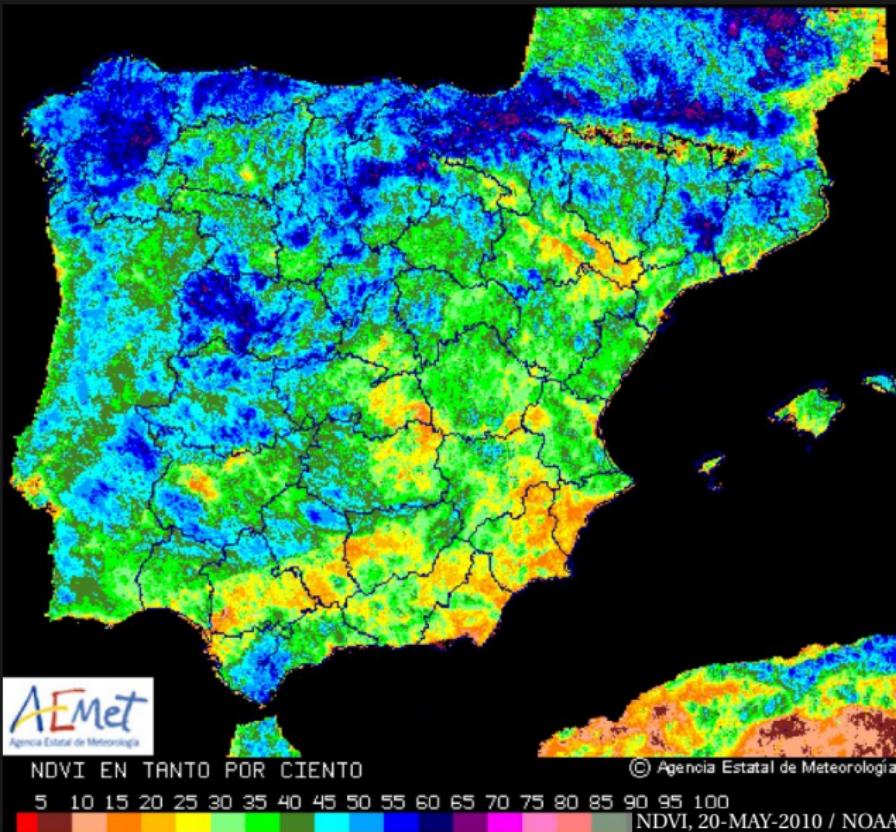
**0.71 < TVI**   Vegetación

---

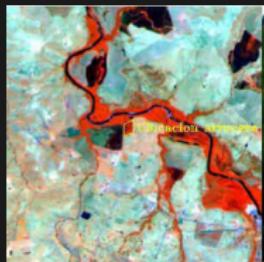
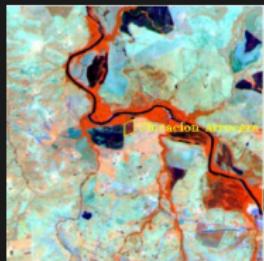
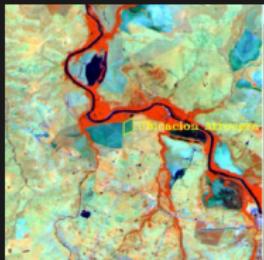
**TVI < 0.71**   No vegetación

---

# NDVI en la Península Ibérica



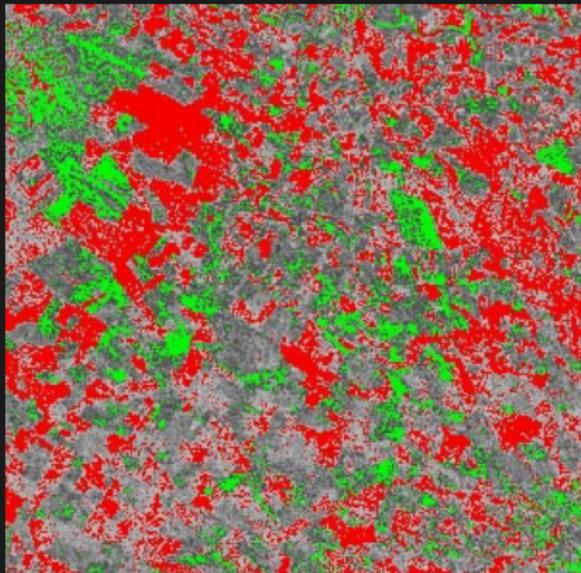
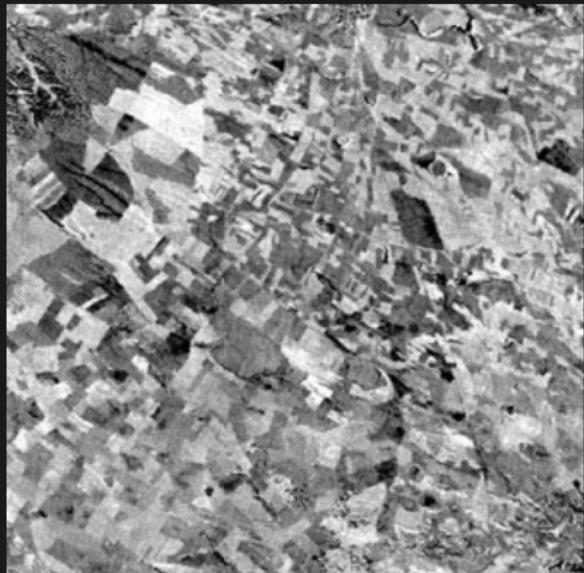
# Comparación de imagen con fotografía del terreno [Original]



# Comparación de imagen con fotografía del terreno [NDVI]



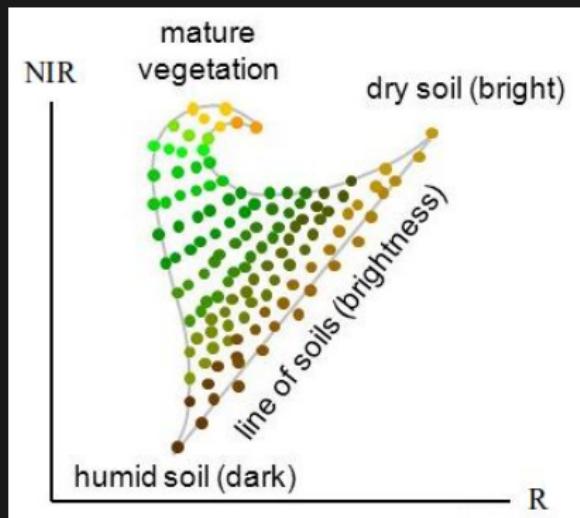
## Diferencia de NDVI entre 1984 y 1991



<b>Verde</b>	Aumento NDVI
<b>Gris</b>	Sin cambio
<b>Rojo</b>	Reducción NDVI

# Índices de vegetación basados en transformaciones ortogonales

- Estudiamos en este apartado las *Tasseled Cap Transformations* («transformaciones gorro con borla»).
- Son transformaciones que calculan nuevas bandas a partir de sumas ponderadas de las originales.
- Entre las nuevas bandas suelen incluir el brillo general del píxel así como su verdor.



## Coeficientes TCT para Landsat MSS y Landsat TM

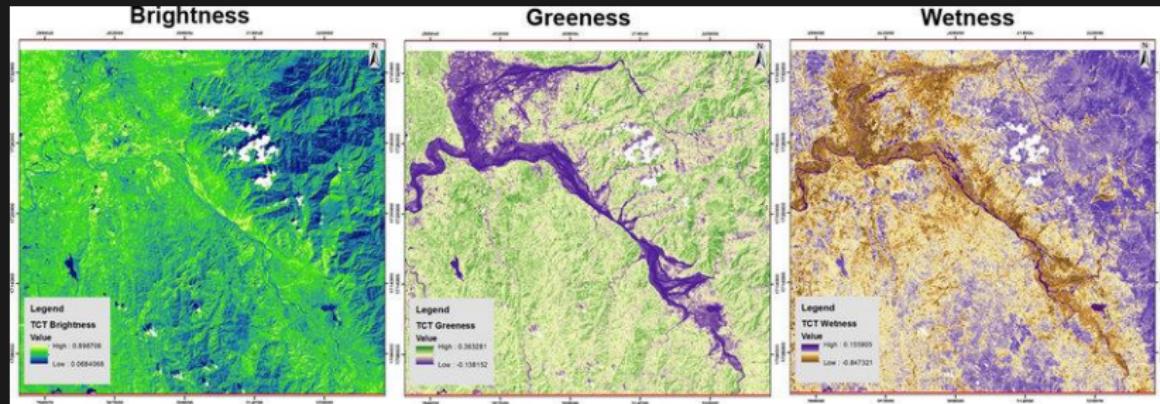
Los coeficientes de transformación varían en función de las bandas disponibles. Por ejemplo:

WEIGHTS FOR TASSELED CAP TRANSFORMATION OF LANDSAT MSS DATA				
Component	Channel 1	Channel 2	Channel 3	Channel 4
Brightness	0.433	0.632	0.586	0.264
Greenness	-0.290	-0.562	0.600	0.491
Yellowness	-0.829	0.522	-0.039	0.194
"Non-such"	0.223	0.012	-0.543	0.810

WEIGHTS FOR TASSELED CAP TRANSFORMATION OF THEMATIC MAPPER DATA						
Component	Channel 1	Channel 2	Channel 3	Channel 4	Channel 5	Channel 7
Brightness	0.3037	0.2793	0.4343	0.5585	0.5082	0.1863
Greenness	-0.2848	-0.2435	-0.5436	0.7243	0.0840	-0.1800
Wetness	0.1509	0.1793	0.3299	0.3406	-0.7112	-0.4572

“Non-such” = ruido aleatorio.

# Ejemplo de TCT (*Tasseled Cap Transformation*)



# Clasificación de imagen

---

## Clasificación de imagen

- Conduce a mejorar la interpretación de una imagen, mediante la clasificación del ND de cada píxel, de forma que sea discriminable de otros, mediante su asignación a una clase determinada.
- El objetivo es obtener una nueva imagen en la que cada píxel quede definido por un ND que es el identificador de la clase a la que pertenece.
- Puede llevarse a cabo desde dos enfoques diferentes:
  - ▶ Si se conoce el terreno, este conocimiento puede usarse para realizar una clasificación.
  - ▶ Si no se conoce, el proceso puede buscar grupos de píxeles similares para su posterior interpretación.

# Fases de la clasificación de imagen

- Fase 1 - Entrenamiento. Se recogen una serie de características de las clases a establecer:
  - ▶ Método supervisado.
  - ▶ Método no supervisado.
- Fase 2 - Asignación. Se aplican esas características para asignar cada píxel a una clase:
  - ▶ Asignación por paralelepípedos.
  - ▶ Asignación por mínima distancia.
  - ▶ Asignación por máxima probabilidad.
- Fase 3 - Verificación:
  - ▶ Se comprueba la fiabilidad de los resultados obtenidos.

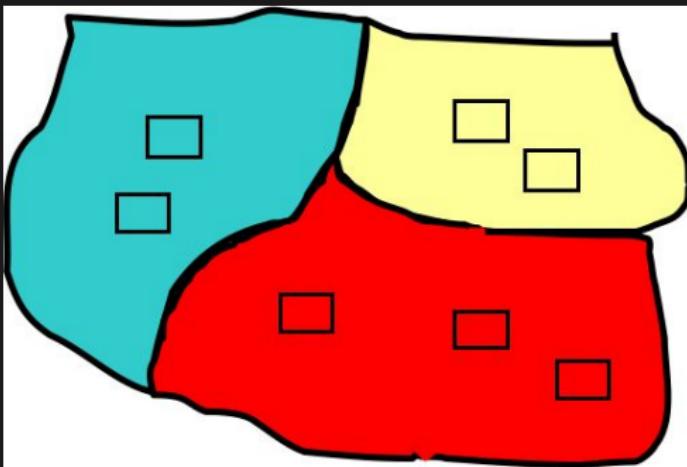
# Clasificación de imagen

---

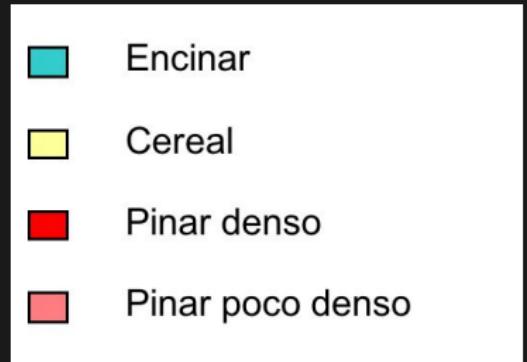
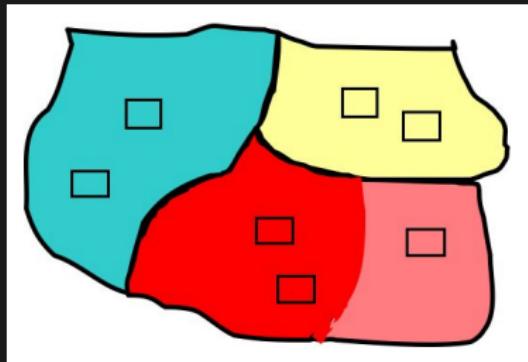
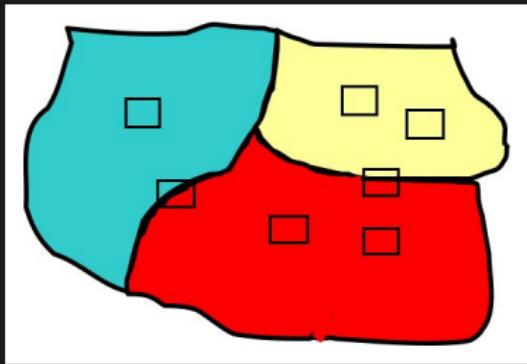
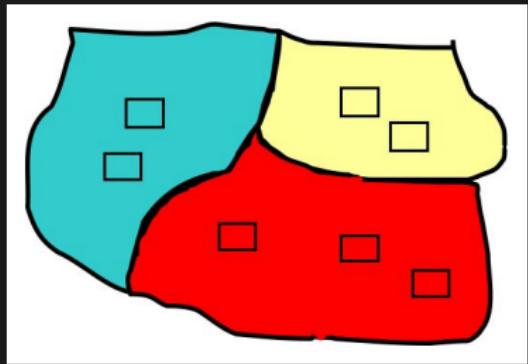
Fase de entrenamiento

## Fase 1 – Entrenamiento – Método supervisado

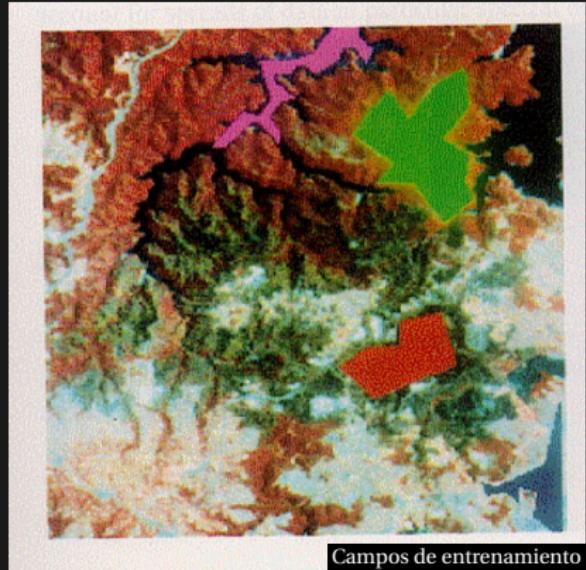
- El terreno se conoce previamente.
- Se identifican una serie de grupos sobre el mismo (campos de entrenamiento, training fields).
- Luego se realiza un análisis de solapamiento para comprobar si las muestras están bien elegidas.



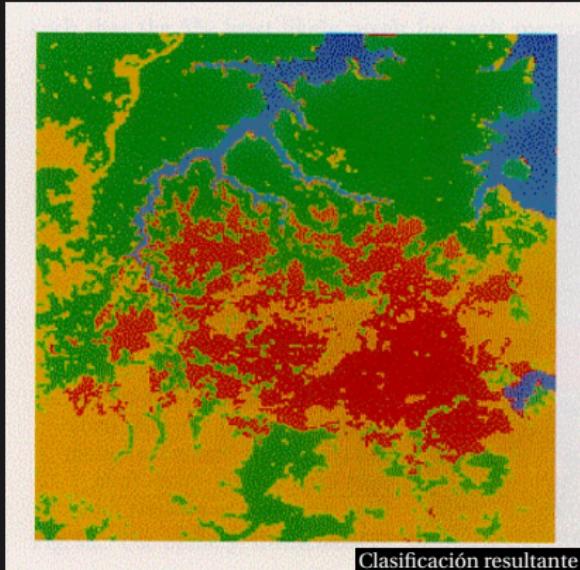
# Importancia de escoger campos de entrenamiento adecuados



# Ilustración de entrenamiento supervisado



Campos de entrenamiento



Clasificación resultante

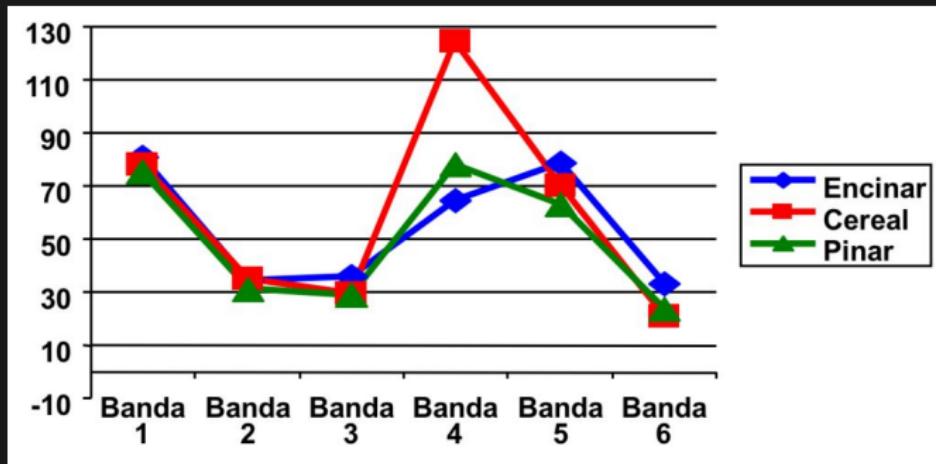
Agua	Rosa
Vegetación	Verde
Zona quemada	Rojo

Agua	Azul
Vegetación	Verde
Zona quemada	Rojo

## Análisis de solapamiento

Una vez establecidos los campos de entrenamiento se comprueba su adecuación mediante un análisis de solapamiento:

- Se representa gráficamente el ND medio para cada clase.
- A veces se agrega información sobre la dispersión del ND.
- Ayuda a elegir las bandas más adecuadas para la clasificación:



## Fase 1 – Entrenamiento – Método no supervisado

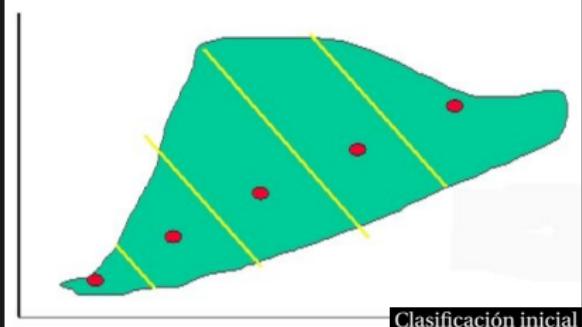
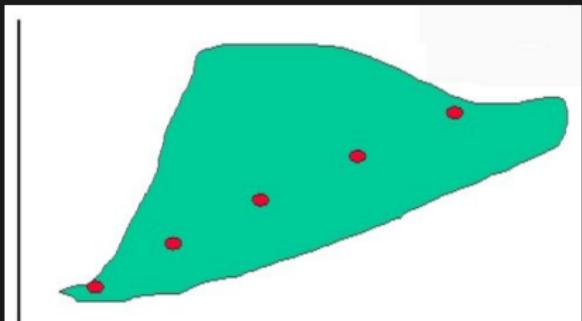
- El terreno se desconoce por lo que la clasificación se centra en agrupar píxeles con respuestas espectrales similares.
- La intervención humana se enfoca en la interpretación (posterior) en lugar de a la clasificación.
- Se eligen sobre el terreno una serie de grupos homogéneos mediante un proceso de clasificación iterativa.

## Clasificación iterativa

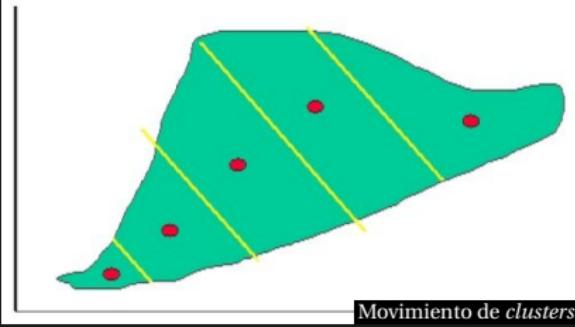
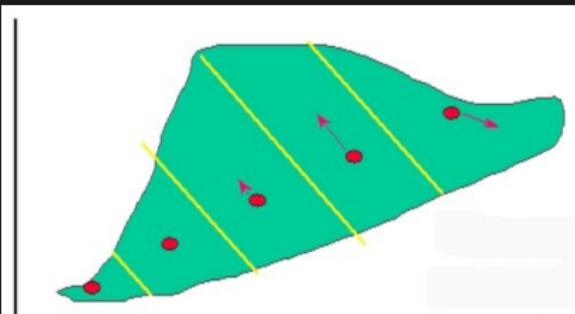
Algoritmo ISODATA (*Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique*):

1. Elegir al azar los centros de las clases en el hiperespacio de bandas.
2. Calcular la distancia entre todos los píxeles y los centros elegidos.
3. Asignar cada píxel al centro más próximo formando grupos (*clusters*).
4. Recalcular el centro de cada grupo como el punto medio del mismo.
5. Si en el paso 3, algún punto ha cambiado de grupo en esta iteración y no se supera el máximo de iteraciones, volver al paso 2.

## Ilustración del algoritmo ISODATA [1]

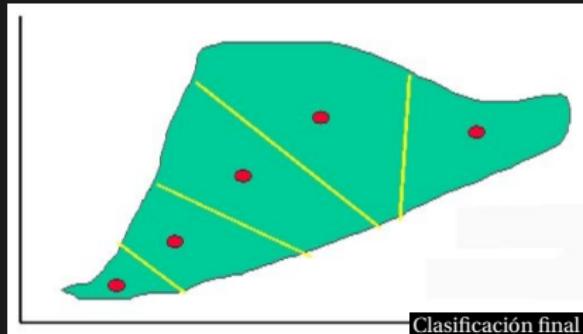
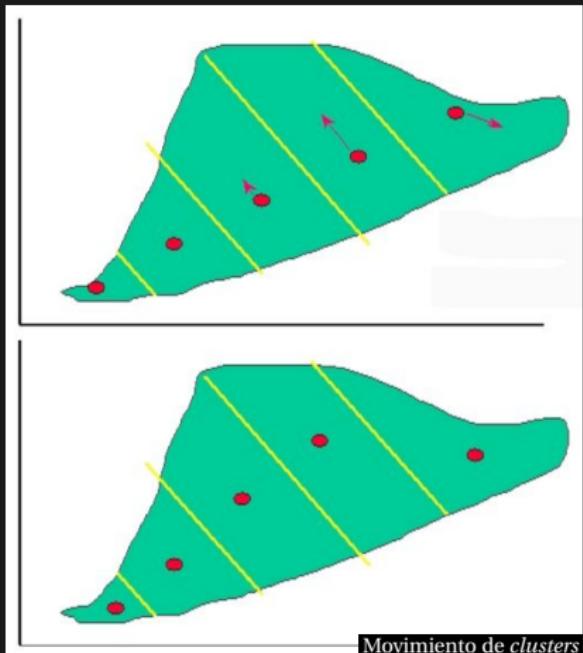


Clasificación inicial



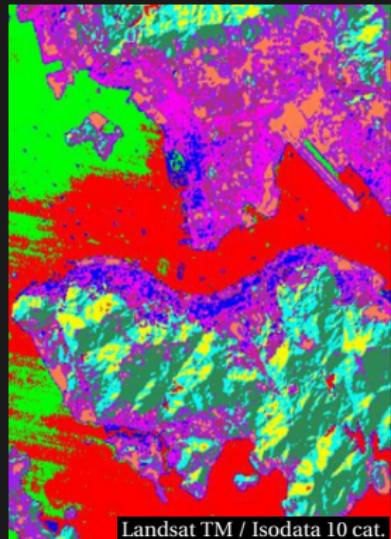
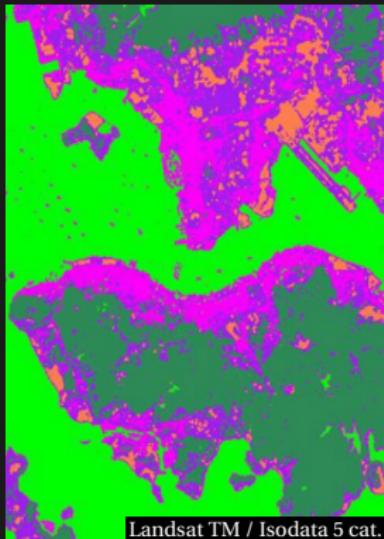
Movimiento de clusters

## Ilustración del algoritmo ISODATA [2]



El proceso se repite mientras haya movimiento en los *clusters* y no se supere el máximo de iteraciones.

# Clasificación de la ciudad de Kowloon (Hong Kong)



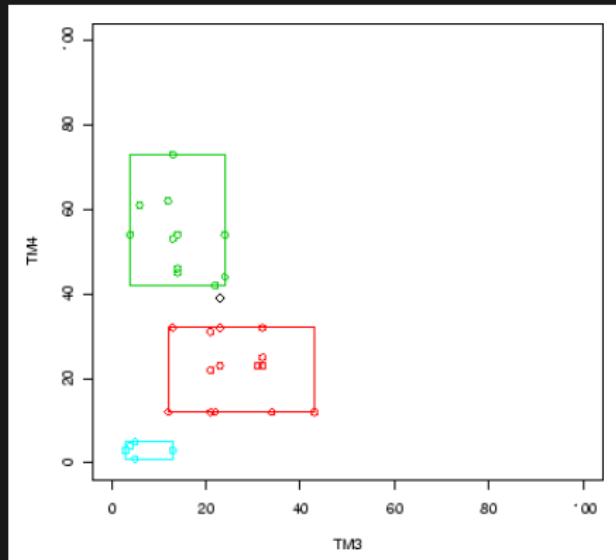
# **Clasificación de imagen**

---

**Fase de asignación**

## Fase 2 – Asignación – Clasificador de paralelepípedos [1]

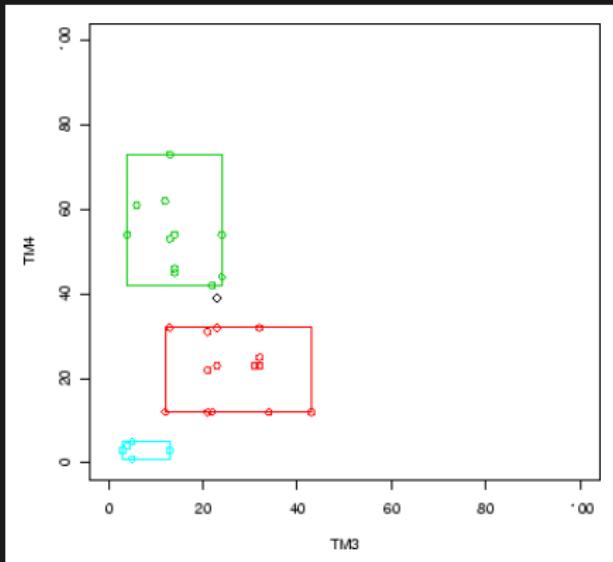
- Se fija una zona de dominio (realmente un hiperparalelepípedo) para cada clase, mediante su valor medio y su dispersión (normalmente su desviación típica o un múltiplo de la misma).
- Un píxel es asignado a esa clase si sus ND, en cada banda, quedan dentro de ese dominio para todas las bandas.



## Fase 2 – Asignación – Clasificador de paralelepípedos [2]

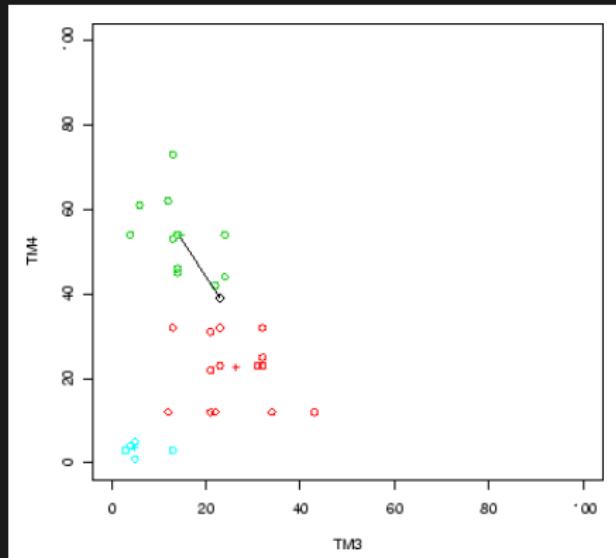
La dispersión afecta al procedimiento de asignación:

- Una dispersión demasiado pequeña deja muchos píxeles sin clasificar.
- Una dispersión demasiado grande aumenta el riesgo de confusión entre clases.



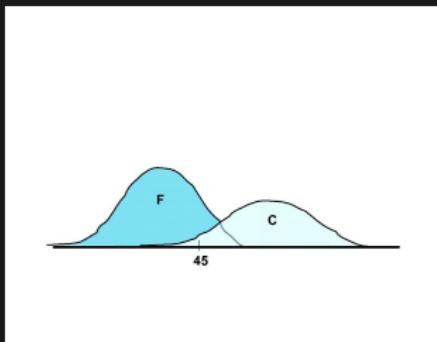
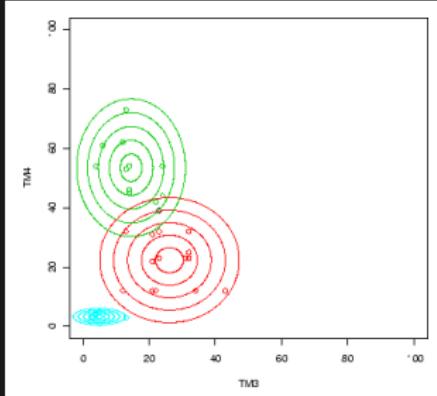
## Fase 2 - Asignación - Clasificador de mínima distancia

- Se calculan los centros de cada clase en el hiperespacio de las bandas (normalmente mediante los valores medios).
- Se asigna cada píxel a la clase cuyo centro se encuentra más cerca.
- Con este método todos los píxeles son asignados lo que puede originar errores en caso de distancias muy grandes.

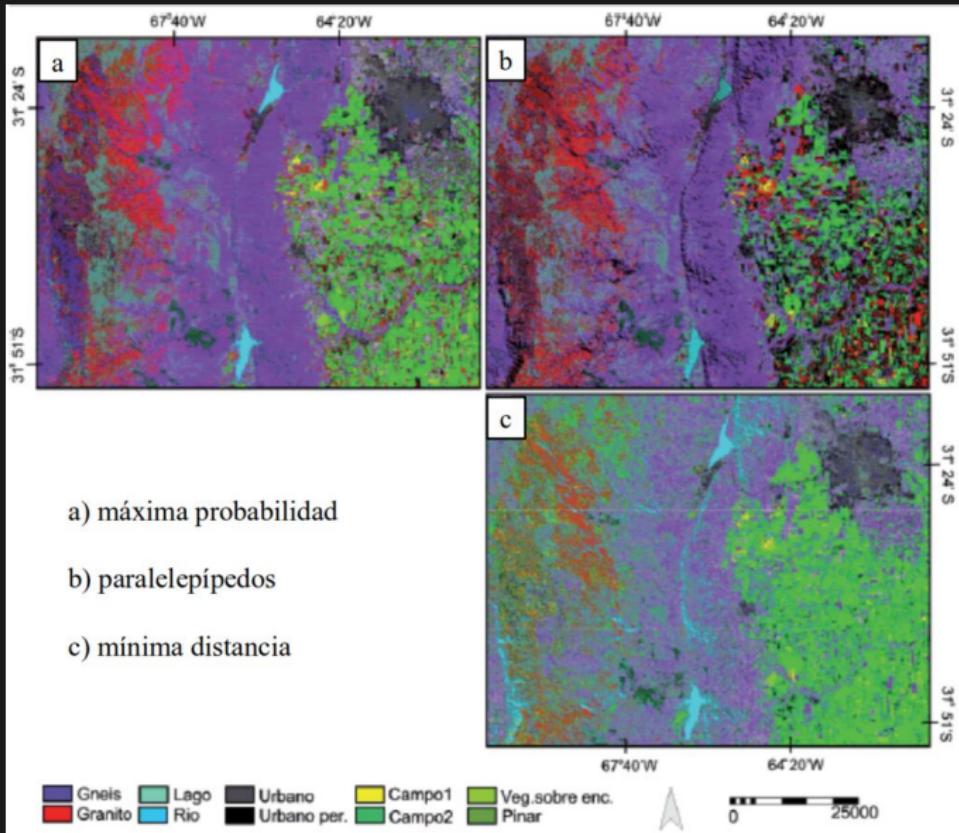


## Fase 2 - Asignación - Clasificador de máxima probabilidad

- Puesto que se tiene la media y la desviación típica de cada clase, se puede utilizar algún modelo de distribución de probabilidad.
- Este método asume que los datos siguen una distribución normal y realiza la asignación en función de cada probabilidad de pertenencia.



# Clasificación de imagen Landsat-7 ETM+



a) máxima probabilidad

b) paralelepípedos

c) mínima distancia

# **Clasificación de imagen**

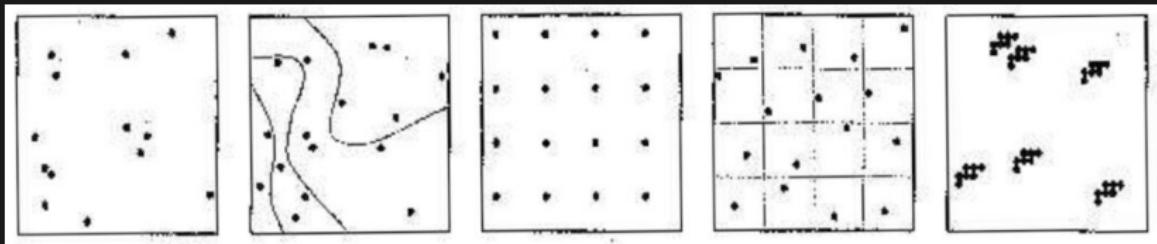
---

**Fase de verificación**

## Fase 3 - Verificación

- Tipos de errores que se pueden cometer en la asignación:
  - ▶ Error de omisión: aún perteneciendo a una clase determinada el píxel no ha sido asignado a ella.
  - ▶ Error de comisión: el píxel es asignado a una determinada clase no perteneciendo a ella.
- La medida de la fiabilidad de una clasificación se hace:
  - ▶ Mediante la comparación del resultado con otras fuentes (mapas de usos del suelo, etc.).
  - ▶ Mediante la verificación sobre una muestra elegida de píxeles de la imagen (el éxito de la fase depende de cómo se elija la muestra).

## Proceso de muestreo



- Métodos de elección de la muestra para la verificación del resultado de la clasificación:
  - ▶ Aleatorio simple.
  - ▶ Aleatorio estratificado.
  - ▶ Sistemático.
  - ▶ Sistemático no alineado.
  - ▶ Por conglomerados.
- Una vez localizados los puntos, se compara la clase real (fotografía aérea, estudios de campo) con la que tienen en la clasificación.

## Matriz de confusión

- La matriz de confusión tiene en filas las clases de referencia sobre el terreno y en columnas las mismas clases sobre la imagen.
- Debe acompañar a toda clasificación:
  - ▶ Elementos de la diagonal principal: número de píxeles correctamente clasificados.
  - ▶ Otros elementos: número de píxeles para los que, perteneciendo en la imagen a la clase que indica su columna, la verificación en campo ha indicado que pertenecen a la clase que indica la fila.

# Ejemplo de matriz de confusión [1]

		CATEGORÍAS EN LA IMAGEN CLASIFICADA													
		Agua	Suelos desnudos	Coníferas	Frondosas	Herbáceos	Regadio	Pradera	Monte bajo	Urbano cerrado	Urbano abierto				
CATEGORÍAS VERIFICADAS	Agua	3										3	0	0	
	Suelos desnudos		2									3	1	33	
	Coníferas			27					3	2		32	5	16	
	Frondosas				1	7	1	2				11	4	36	
	Herbáceos					86		1	4			91	5	5	
	Regadio						3	19				22	3	15	
	Pradera							1	9	1		11	2	18	
	Monte bajo							2	1	2	31		36	5	24
	Urbano cerrado										9		9	0	0
	Urbano abierto										1	2	3	1	33
SUMA		3	4	28	10	89	21	15	39	10	2	221	26		
Error absoluto de comisión		0	2	1	3	3	2	6	8	1	0	26			
Riesgo del usuario %		0	50	4	30	3	10	40	21	10	0				

## Ejemplo de matriz de confusión [2]

	CATEGORÍAS EN LA IMAGEN CLASIFICADA											SUMA	Error absoluto de omisión	Riesgo del productor %
	Agua	Suelos desnudos	Coníferas	Frondosas	Herbáceos	Regadio	Pradera	Monte bajo	Urbano cerrado	Urbano abierto				
Agua	3										3	0	0	
Suelos desnudos		2						1			3	1	33	
Coníferas			27								32	5	16	
Frondosas				1	7	1	2				11	4	36	
Herbáceos					86			1	4		91	5	5	
Regadio						3	19				22	3	15	
Pradera							1	9	1		11	2	18	
Monte bajo							2	31			36	5	24	
Urbano cerrado									9		9	0	0	
Urbano abierto										1	3	1	33	
SUMA	3	4	28	10	89	21	15	39	10	2	221	26		
Error absoluto de comisión	0	2	1	3	3	2	6	8	1	0	26			
Riesgo del usuario %	0	50	4	30	3	10	40	21	10	0				

Píxeles clasificados correctamente.

## Ejemplo de matriz de confusión [3]

		CATEGORÍAS EN LA IMAGEN CLASIFICADA												
		Agua	Suelos desnudos	Coníferas	Frondosas	Herbáceos	Regadio	Pradera	Monte bajo	Urbano cerrado	Urbano abierto			
CATEGORÍAS VERIFICADAS	Agua	3										3	0	0
	Suelos desnudos		2									3	1	33
	Coníferas			27					3	2		32	5	16
	Frondosas				1	7	1	2				11	4	36
	Herbáceos					86			1	4		91	5	5
	Regadio						3	19				22	3	15
	Pradera							1	9	1		11	2	18
	Monte bajo							2	1	2	31	36	5	24
	Urbano cerrado									9		9	0	0
	Urbano abierto										1	2	3	33
SUMA		3	4	28	10	89	21	15	39	10	2	221	26	
Error absoluto de comisión		0	2	1	3	3	2	6	8	1	0	26		
Riesgo del usuario %		0	50	4	30	3	10	40	21	10	0			

Error de omisión en clase «Coníferas». Se asocia al riesgo del productor (probabilidad de no aceptar como válido en la categoría un píxel válido).

## Ejemplo de matriz de confusión [4]

	CATEGORÍAS EN LA IMAGEN CLASIFICADA										SUMA	Error absoluto de omisión	Riesgo del productor %
	Agua	Suelos desnudos	Coníferas	Frondosas	Herbáceos	Regadio	Pradera	Monte bajo	Urbano cerrado	Urbano abierto			
Agua	3										3	0	0
Suelos desnudos		2									3	1	33
Coníferas			27								32	5	16
Frondosas				1	7	1	2				11	4	36
Herbáceos					86			1	4		91	5	5
Regadio						3	19				22	3	15
Pradera							1	9	1		11	2	18
Monte bajo								31			36	5	24
Urbano cerrado									9		9	0	0
Urbano abierto										1	3	1	33
SUMA	3	4	28	10	89	21	15	39	10	2	221	26	
Error absoluto de comisión	0	2	1	3	3	2	6	8	1	0	26		
Riesgo del usuario %	0	50	4	30	3	10	40	21	10	0			

Error de comisión en clase «Monte bajo». Se asocia al riesgo del usuario (probabilidad de aceptar como válido en la categoría un píxel no válido).

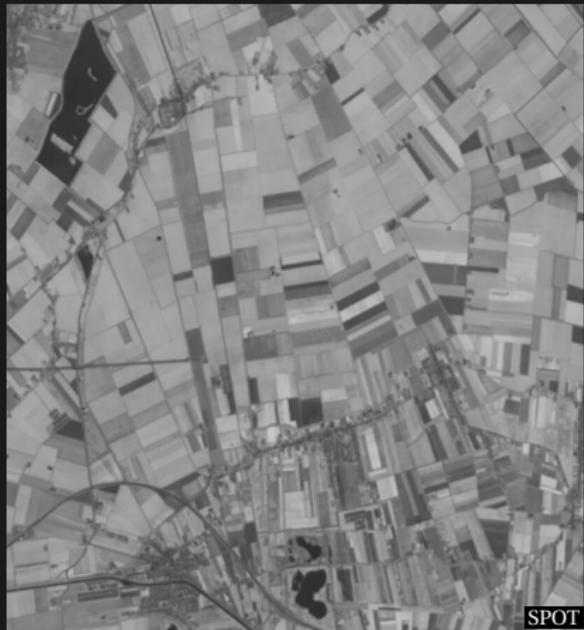
# Ejemplo de matriz de confusión [5]

	CATEGORÍAS EN LA IMAGEN CLASIFICADA										SUMA	Error absoluto de comisión	Riesgo del usuario %
	Agua	Suelos desnudos	Coníferas	Frondosas	Herbáceos	Regadio	Pradera	Monte bajo	Urbano cerrado	Urbano abierto			
Agua	3										3	0	0
Suelos desnudos		2									3	1	33
Coníferas			27								32	5	16
Frondosas				1	7	1	2				11	4	36
Herbáceos					86			1	4		91	5	5
Regadio						3	19				22	3	15
Pradera							1	9	1		11	2	18
Monte bajo								2	31		36	5	24
Urbano cerrado									9		9	0	0
Urbano abierto										1	3	1	33
SUMA	3	4	28	10	89	21	15	39	10	2	221	26	
Error absoluto de comisión	0	2	1	3	3	2	6	8	1	0	26	195	
Riesgo del usuario %	0	50	4	30	3	10	40	21	10	0			88%

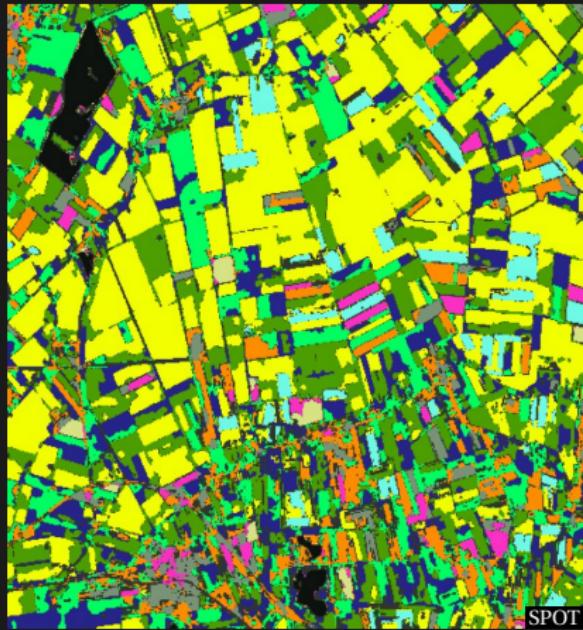
Fiabilidad global

Fiabilidad global. Se calcula dividiendo el total de aciertos (diagonal) por el total de puntos:  $195/221 = 0.88$ .

# Clasificación supervisada en 10 clases de cultivos



SPOT

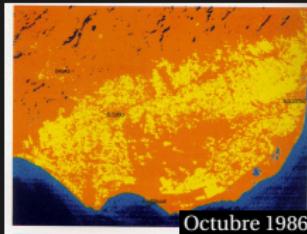


SPOT

# Clasificación de cultivo bajo plástico en Campo de Dalías (Almería)



Febrero 1985

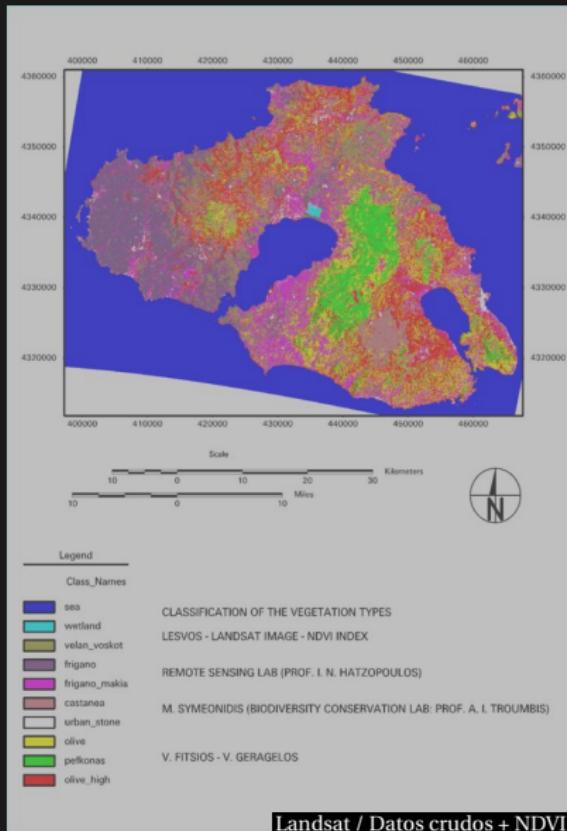


Octubre 1986



V (1985) / R (1985 y 1986) / A (1986)

# Clasificación de tipos de cultivo de la Isla de Lesbos (Grecia)



# Clasificación de área periurbana de Cartagena (Murcia)



Landsat



---

*Research article*

## Rangeland monitoring using remote sensing: comparison of cover estimates from field measurements and image analysis

Ammon Boswell<sup>1</sup>, Steven Petersen<sup>2,\*</sup>, Bruce Roundy<sup>2</sup>, Ryan Jensen<sup>3</sup>, Danny Summers<sup>4</sup> and April Hulet<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Natural Resource Conservation Service, Monticello, Utah, 84535, USA

<sup>2</sup> Department of Plant and Wildlife Sciences, Brigham Young University, Provo, Utah, 84602, USA

<sup>3</sup> Department of Geography, Brigham Young University, Provo, Utah, 84602, USA

<sup>4</sup> Great Basin Research Center, Utah Division of Wildlife Resources, Ephraim, Utah, 84627, USA

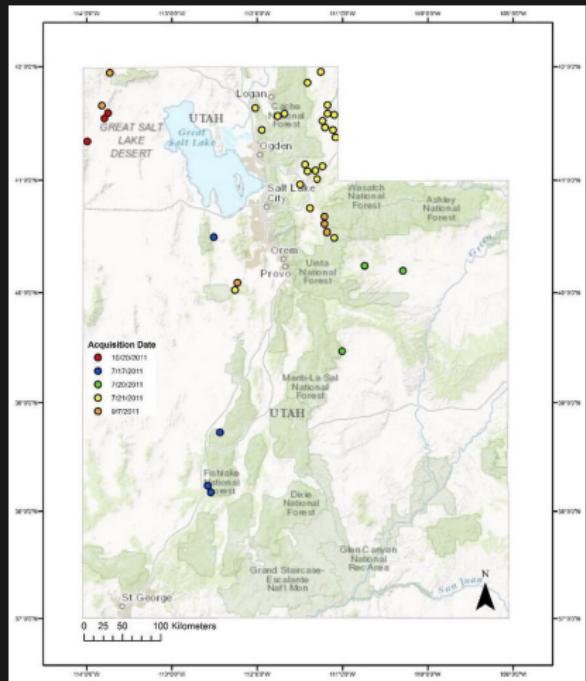
<sup>5</sup> Department of Forest, Rangeland, and Fire Sciences, University of Idaho, Moscow, Idaho, 83843, USA

## «Monitorización de pastizales utilizando Teledetección...» [2]



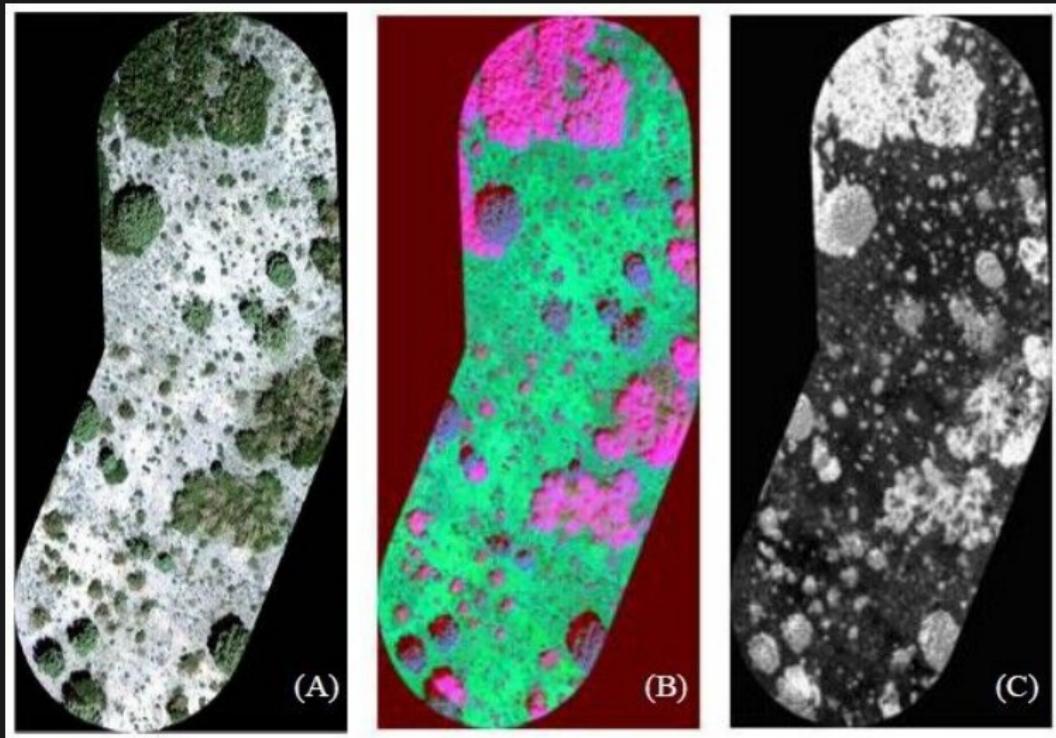
Localización del Cañón Crandall en la zona norte-central de Utah (punto amarillo del mapa).

## «Monitorización de pastizales utilizando Teledetección...» [3]



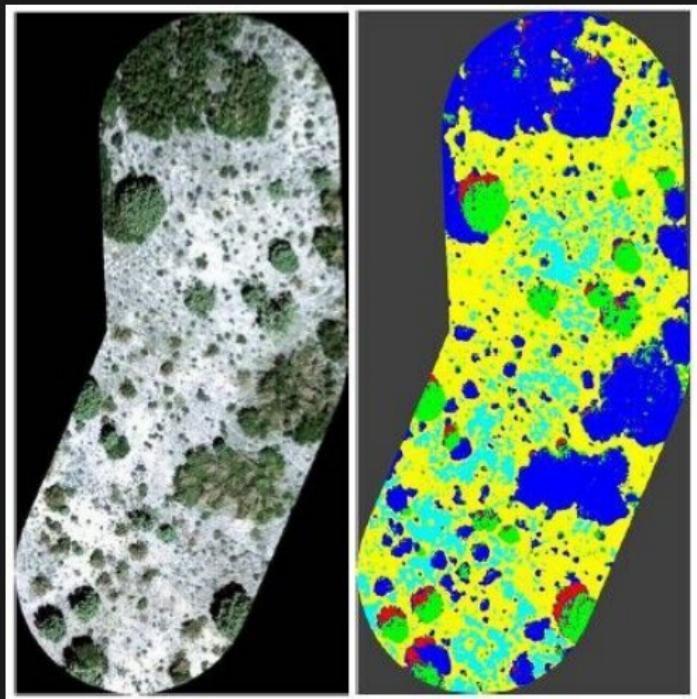
Localización de puntos (**n = 40**) utilizados para la caracterización basada en campos de entrenamiento. Las fechas de adquisición se indican mediante un código de color.

## «Monitorización de pastizales utilizando Teledetección...» [4]



(A) True Color / (B) Tasseled Cap Transformation / (C) NDVI

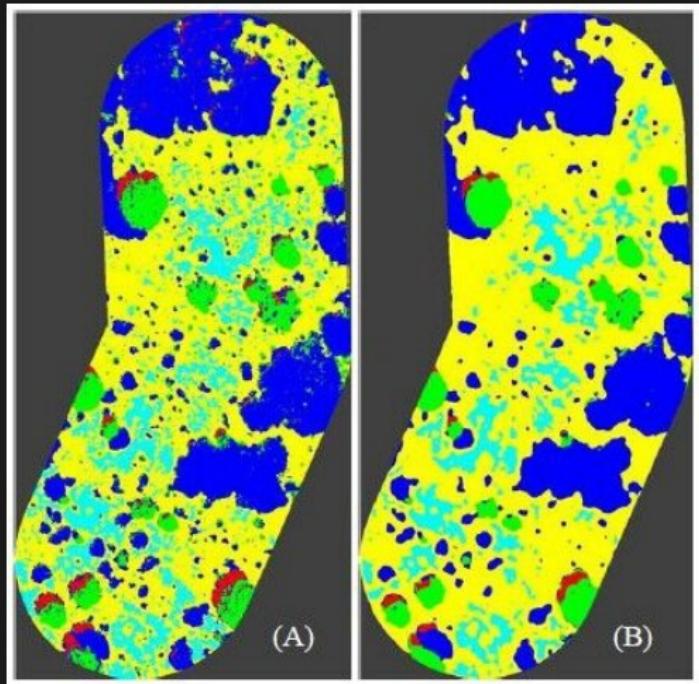
## «Monitorización de pastizales utilizando Teledetección...» [5]



Color verdadero frente a  
clasificación supervisada.

Amarillo	Herbáceas
Azul	Arbustos
Cian	Suelo desnudo
Rojo	Sombra
Verde	Árboles

## «Monitorización de pastizales utilizando Teledetección...» [6]



(A) Imagen clasificada con  
método supervisado.

(B) Imagen clasificada con  
método supervisado (filtro  
paso bajo previo).

Gracias