

# Utilización de software libre para el análisis de la evolución de usos del suelo en la Cuenca del Segura mediante teledetección

F. Cánovas García, J. Moreno Brotóns, F.J. Gomariz Castillo y F. Alonso Sarría

Instituto del Agua y del Medioambiente (Universidad de Murcia)

Marzo de 2009

# Índice general

## 1 Introducción

- Objetivo y fases
- Escenas pre-procesadas y clasificadas

## 2 Metodología

- Georreferenciación y corrección geométrica
- Cálculo de reflectividad
- Creación de capas de información textural
- Clasificación
- Validación

## 3 Resultados

- Valoración del resultado
- Ejemplos

## 4 Conclusiones

- Software
- Resultados

# Objetivo

El objetivo del trabajo ha sido elaborar una metodología en un entorno GNU/Linux para el cálculo de una colección multitemporal de coberturas del suelo:



En el ámbito territorial de la DHS

- Casi 19.000 Km<sup>2</sup>
- Variedad de paisajes

# Objetivo

El objetivo del trabajo ha sido elaborar una metodología en un entorno GNU/Linux para el cálculo de una colección multitemporal de coberturas del suelo:



En el ámbito territorial de la DHS

- Casi 19.000 Km<sup>2</sup>
- Variedad de paisajes

# Objetivo

El objetivo del trabajo ha sido elaborar una metodología en un entorno GNU/Linux para el cálculo de una colección multitemporal de coberturas del suelo:



## En el periodo 1976-2006

- Llegada de las aguas del Trasvase Tajo-Segura
- Incorporación a la UE
- Aumento de la urbanización
- Modernización de regadíos

# Objetivo

El objetivo del trabajo ha sido elaborar una metodología en un entorno GNU/Linux para el cálculo de una colección multitemporal de coberturas del suelo:



## Software

- *Shell de Bash*
- GRASS
- R
- Puntualmente Kosmo

# Fases

La primera versión de la colección de mapas ha sido desarrollada según las siguientes fases:

- Creación de una base de datos de áreas de entrenamiento
- Corrección geométrica
- Corrección atmosférica y de iluminación
- Desarrollo y aplicación de una metodología estándar de clasificación
- Validación cualitativa y cuantitativa

# Fases

La primera versión de la colección de mapas ha sido desarrollada según las siguientes fases:

- Creación de una base de datos de áreas de entrenamiento
- Corrección geométrica
- Corrección atmosférica y de iluminación
- Desarrollo y aplicación de una metodología estándar de clasificación
- Validación cualitativa y cuantitativa



# Fases

La primera versión de la colección de mapas ha sido desarrollada según las siguientes fases:

- Creación de una base de datos de áreas de entrenamiento
- Corrección geométrica
- Corrección atmosférica y de iluminación
- Desarrollo y aplicación de una metodología estándar de clasificación
- Validación cualitativa y cuantitativa

# Fases

La primera versión de la colección de mapas ha sido desarrollada según las siguientes fases:

- Creación de una base de datos de áreas de entrenamiento
- Corrección geométrica
- Corrección atmosférica y de iluminación
- Desarrollo y aplicación de una metodología estándar de clasificación
- Validación cualitativa y cuantitativa

# Fases

La primera versión de la colección de mapas ha sido desarrollada según las siguientes fases:

- Creación de una base de datos de áreas de entrenamiento
- Corrección geométrica
- Corrección atmosférica y de iluminación
- Desarrollo y aplicación de una metodología estándar de clasificación
- Validación cualitativa y cuantitativa

# Fases

La primera versión de la colección de mapas ha sido desarrollada según las siguientes fases:

- Creación de una base de datos de áreas de entrenamiento
- Corrección geométrica
- Corrección atmosférica y de iluminación
- Desarrollo y aplicación de una metodología estándar de clasificación
- Validación cualitativa y cuantitativa

# Escenas pre-procesadas y clasificadas

Escenas pre-procesadas y clasificadas(EF= escena flotante).

Año	Sensor	Escena (día/mes/track/frame)
1976	MSS	13/01/214/34; 13/01/214/33; 14/01/215/34; 14/01/215/33; 29/07/214/33; 29/07/214/34; 30/07/215/33; 30/07/215/34
1977	MSS	27/06/214/33; 27/06/214/34
1978	MSS	24/03/214/33; 24/03/214/34; 10/07/214/33; 10/07/214/34; 13/11/214/33; 13/11/214/34; 14/11/215/33; 14/11/215/34
1979	MSS	10/08/214/33; 10/08/214/34; 11/08/215/33; 11/08/215/34
1980	MSS	04/08/214/33; 04/08/214/34; 05/08/215/33; 05/08/215/34
1981	MSS	31/01/214/33; 31/01/214/34; 01/02/215/33; 01/02/215/34; 30/07/214/33; 30/07/214/34; 31/07/215/33; 31/07/215/34
1982	MSS	08/01/214/33; 08/01/214/34
1983	MSS	14/01/199/33; 14/01/199/34; 09/07/199/33; 09/07/199/34; 16/07/200/33; 16/07/200/34
1984	MSS	17/01/199/33; 17/01/199/34; 11/07/199/33; 11/07/199/34
1985	MSS	27/01/199/33; 27/01/199/34; 14/07/199/33; 14/07/199/34
1986	MSS	14/01/199/33; 14/01/199/34; 18/08/199/33; 18/08/199/34
1987	TM	13/08/199/33; 13/08/199/34
1988	TM	24/03/199/33; 24/03/199/34; 15/08/199/EF
1989	TM	17/07/199/EF; 21/10/199/EF
1990	TM	05/08/199/EF
1991	TM	24/08/199/EF
1992	TM	20/04/199/EF; 10/08/199/EF
1993	TM	28/07/199/EF
1994	TM	29/06/199/EF
1995	TM	13/04/199/EF
1996	TM	11/02/EF
1997	TM	17/03/199/EF; 02/04/199/EF; 07/07/199/EF
1998	TM	20/03/199/33; 20/03/199/34; 11/08/199/EF
1999	TM	08/04/199/33; 07/09/199/EF
2000	TM	01/03/199/EF; 08/08/199/EF
2001	TM	13/03/199/33; 3/03/199/34; 26/07/199/EF; 01/12/199/EF
2002	TM	23/03/199/EF; 26/05/199/EF
2003	TM	10/03/199/33; 10/03/199/34; 29/05/199/33; 29/05/199/34
2004	TM	04/03/199/33; 15/11/199/33; 15/11/199/34
2005	TM	30/03/200/33; 10/05/199/34; 18/06/199/33; 26/06/199/33; 24/10/199/33; 24/10/199/34
2006	TM	16/07/199/EF
2007	TM	13/03/199/EF

- N° de escenas para abarcar el ámbito:
  - Landsat MSS: 4
  - Landsat TM : 2
- 2 fechas para cada año (primavera y verano)
- Más de 100 escenas

## Escenas pre-procesadas y clasificadas

- Nº de escenas para abarcar el ámbito:
  - Landsat MSS: 4
  - Landsat TM : 2
- 2 fechas para cada año (primavera y verano)
- Más de 100 escenas

Escenas pre-procesadas y clasificadas(EF= escena flotante).

Año	Sensor	Escena (día/mes/track/frame)
1976	MSS	13/01/214/34, 13/01/214/33, 14/01/215/34, 14/01/215/33, 29/07/214/33, 29/07/214/34, 30/07/215/33, 30/07/215/34
1977	MSS	27/06/214/33, 27/06/214/34
1978	MSS	24/03/214/33, 24/03/214/34, 10/07/214/33, 10/07/214/34, 13/11/214/33, 13/11/214/33, 14/11/215/33, 14/11/215/33
1979	MSS	10/08/214/33, 10/08/214/34, 11/08/215/33, 11/08/215/34
1980	MSS	04/08/214/33, 04/08/214/34, 05/08/215/33, 05/08/215/34
1981	MSS	31/01/214/33, 31/01/214/34, 01/02/215/33, 01/02/215/34, 30/07/214/33, 30/07/214/34, 31/07/215/33, 31/07/215/34
1982	MSS	08/01/214/33, 08/01/214/34
1983	MSS	14/01/199/33, 14/01/199/34, 09/07/199/33, 09/07/199/33, 16/07/200/33, 16/07/200/34
1984	MSS	17/01/199/33, 17/01/199/34, 11/07/199/33, 11/07/199/34
1985	MSS	27/01/199/33, 27/01/199/34, 14/07/199/33, 14/07/199/34
1986	MSS	14/01/199/33, 14/01/199/34, 18/08/199/33, 18/08/199/34
1987	TM	13/08/199/33, 13/08/199/34
1988	TM	24/03/199/33, 24/03/199/34, 15/08/199/EF
1989	TM	17/07/199/EF, 21/10/199/EF
1990	TM	05/08/199/EF
1991	TM	24/08/199/EF
1992	TM	20/04/199/EF, 10/08/199/EF
1993	TM	28/07/199/EF
1994	TM	29/06/199/EF
1995	TM	13/04/199/EF
1996	TM	11/02/EF
1997	TM	17/03/199/EF, 02/04/199/EF, 07/07/199/EF
1998	TM	20/03/199/33, 20/03/199/34, 11/08/199/EF
1999	TM	08/04/199/33, 07/09/199/EF
2000	TM	01/03/199/EF, 08/08/199/EF
2001	TM	13/03/199/33, 3/03/199/34, 26/07/199/EF, 01/12/199/EF
2002	TM	23/03/199/EF, 26/05/199/EF
2003	TM	10/03/199/33, 10/03/199/34, 29/05/199/33, 29/05/199/34
2004	TM	04/03/199/33, 15/11/199/33, 15/11/199/34
2005	TM	30/03/200/33, 10/05/199/34, 18/06/199/33, 26/06/199/33, 24/10/199/33, 24/10/199/34
2006	TM	16/07/199/EF
2007	TM	13/03/199/EF

## Escenas pre-procesadas y clasificadas

- Nº de escenas para abarcar el ámbito:
  - Landsat MSS: 4
  - Landsat TM : 2
- 2 fechas para cada año (primavera y verano)
- Más de 100 escenas

Escenas pre-procesadas y clasificadas(EF= escena flotante).

Año	Sensor	Escena (día/mes/track/frame)
1976	MSS	13/01/214/34, 13/01/214/33, 14/01/215/34, 14/01/215/33, 29/07/214/33, 29/07/214/34, 30/07/215/33, 30/07/215/34
1977	MSS	27/06/214/33, 27/06/214/34
1978	MSS	24/03/214/33, 24/03/214/34, 10/07/214/33, 10/07/214/34, 13/11/214/33, 13/11/214/33, 14/11/215/33, 14/11/215/33
1979	MSS	10/08/214/33, 10/08/214/34, 11/08/215/33, 11/08/215/34
1980	MSS	04/08/214/33, 04/08/214/34, 05/08/215/33, 05/08/215/34
1981	MSS	31/01/214/33, 31/01/214/34, 01/02/215/33, 01/02/215/34, 30/07/214/33, 30/07/214/34, 31/07/215/33, 31/07/215/34
1982	MSS	08/01/214/33, 08/01/214/34
1983	MSS	14/01/199/33, 14/01/199/34, 09/07/199/33, 09/07/199/33, 16/07/200/33, 16/07/200/34
1984	MSS	17/01/199/33, 17/01/199/34, 11/07/199/33, 11/07/199/34
1985	MSS	27/01/199/33, 27/01/199/34, 14/07/199/33, 14/07/199/34
1986	MSS	14/01/199/33, 14/01/199/34, 18/08/199/33, 18/08/199/34
1987	TM	13/08/199/33, 13/08/199/34
1988	TM	24/03/199/33, 24/03/199/34, 15/08/199/EF
1989	TM	17/07/199/EF, 21/10/199/EF
1990	TM	05/08/199/EF
1991	TM	24/08/199/EF
1992	TM	20/04/199/EF, 10/08/199/EF
1993	TM	28/07/199/EF
1994	TM	29/06/199/EF
1995	TM	13/04/199/EF
1996	TM	11/02/EF
1997	TM	17/03/199/EF, 02/04/199/EF, 07/07/199/EF
1998	TM	20/03/199/33, 20/03/199/34, 11/08/199/EF
1999	TM	08/04/199/33, 07/09/199/EF
2000	TM	01/03/199/EF, 08/08/199/EF
2001	TM	13/03/199/33, 3/03/199/34, 26/07/199/EF, 01/12/199/EF
2002	TM	23/03/199/EF, 26/05/199/EF
2003	TM	10/03/199/33, 10/03/199/34, 29/05/199/33, 29/05/199/34
2004	TM	04/09/199/33, 15/11/199/33, 15/11/199/34
2005	TM	30/03/200/33, 10/05/199/34, 18/06/199/33, 26/06/199/33, 24/10/199/33, 24/10/199/34
2006	TM	16/07/199/EF
2007	TM	13/03/199/EF

# Escenas pre-procesadas y clasificadas

Escenas pre-procesadas y clasificadas(EF= escena flotante).

- N° de escenas para abarcar el ámbito:
  - Landsat MSS: 4
  - Landsat TM : 2
- 2 fechas para cada año (primavera y verano)
- Más de 100 escenas

Año	Sensor	Escena (dia/mes/track/frame)
1976	MSS	13/01/214/34; 13/01/214/33; 14/01/215/34; 14/01/215/33; 29/07/214/33; 29/07/214/34; 30/07/215/33; 30/07/215/34
1977	MSS	27/06/214/33; 27/06/214/34
1978	MSS	24/03/214/33; 24/03/214/34; 10/07/214/33; 10/07/214/34; 13/11/214/33; 13/11/214/34; 14/11/215/33; 14/11/215/34
1979	MSS	10/08/214/33; 10/08/214/34; 11/08/215/33; 11/08/215/34
1980	MSS	04/08/214/33; 04/08/214/34; 05/08/215/33; 05/08/215/34
1981	MSS	31/01/214/33; 31/01/214/34; 01/02/215/33; 01/02/215/34; 30/07/214/33; 30/07/214/34; 31/07/215/33; 31/07/215/34
1982	MSS	08/01/214/33; 08/01/214/34
1983	MSS	14/01/199/33; 14/01/199/34; 09/07/199/33; 09/07/199/34; 16/07/200/33; 16/07/200/34
1984	MSS	17/01/199/33; 17/01/199/34; 11/07/199/33; 11/07/199/34
1985	MSS	27/01/199/33; 27/01/199/34; 14/07/199/33; 14/07/199/34
1986	MSS	14/01/199/33; 14/01/199/34; 18/08/199/33; 18/08/199/34
1987	TM	13/08/199/33; 13/08/199/34
1988	TM	24/03/199/33; 24/03/199/34; 15/08/199/EF
1989	TM	17/07/199/EF; 21/10/199/EF
1990	TM	05/08/199/EF
1991	TM	24/08/199/EF
1992	TM	20/04/199/EF; 10/08/199/EF
1993	TM	28/07/199/EF
1994	TM	29/06/199/EF
1995	TM	13/04/199/EF
1996	TM	11/02/EF
1997	TM	17/03/199/EF; 02/04/199/EF; 07/07/199/EF
1998	TM	20/03/199/33; 20/03/199/34; 11/08/199/EF
1999	TM	08/04/199/33; 07/09/199/EF
2000	TM	01/03/199/EF; 08/08/199/EF
2001	TM	13/03/199/33; 3/03/199/34; 26/07/199/EF; 01/12/199/EF
2002	TM	23/03/199/EF; 26/05/199/EF
2003	TM	10/03/199/33; 10/03/199/34; 29/05/199/33; 29/05/199/34
2004	TM	04/03/199/33; 15/11/199/33; 15/11/199/34
2005	TM	30/03/200/33; 10/05/199/34; 18/06/199/33; 26/06/199/33; 24/10/199/33; 24/10/199/34
2006	TM	16/07/199/EF
2007	TM	13/03/199/EF



# Corrección geométrica

El primer paso en el tratamiento de las escenas ha sido su georreferenciación. El método utilizado ha sido la corrección a partir de puntos de control

- Puntos heterogéneamente repartidos
- Muestra de:
  - 35 puntos para cada escena del sensor MSS
  - 50 puntos para cada escena del sensor TM
  - 120 puntos para cada escena flotante del sensor TM
- Se han empleado transformaciones lineales:
  - $\hat{c}_i = a_0 + a_1 X_i + a_2 Y_i$
  - $\hat{l}_i = b_0 + b_1 X_i + b_2 Y_i$
- GRASS: i.points

# Corrección geométrica

El primer paso en el tratamiento de las escenas ha sido su georreferenciación. El método utilizado ha sido la corrección a partir de puntos de control

- Puntos heterogéneamente repartidos
- Muestra de:
  - 35 puntos para cada escena del sensor MSS
  - 50 puntos para cada escena del sensor TM
  - 120 puntos para cada escena flotante del sensor TM
- Se han empleado transformaciones lineales:
  - $\hat{c}_i = a_0 + a_1 X_i + a_2 Y_i$
  - $\hat{l}_i = b_0 + b_1 X_i + b_2 Y_i$
- GRASS: i.points

# Corrección geométrica

El primer paso en el tratamiento de las escenas ha sido su georreferenciación. El método utilizado ha sido la corrección a partir de puntos de control

- Puntos heterogéneamente repartidos
- Muestra de:
  - 35 puntos para cada escena del sensor MSS
  - 50 puntos para cada escena del sensor TM
  - 120 puntos para cada escena flotante del sensor TM
- Se han empleado transformaciones lineales:
  - $\hat{c}_i = a_0 + a_1 X_i + a_2 Y_i$
  - $\hat{l}_i = b_0 + b_1 X_i + b_2 Y_i$
- GRASS: i.points

# Corrección geométrica

El primer paso en el tratamiento de las escenas ha sido su georreferenciación. El método utilizado ha sido la corrección a partir de puntos de control

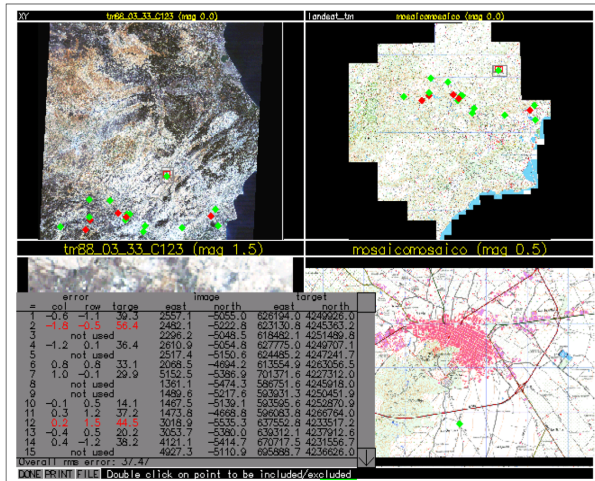
- Puntos heterogéneamente repartidos
- Muestra de:
  - 35 puntos para cada escena del sensor MSS
  - 50 puntos para cada escena del sensor TM
  - 120 puntos para cada escena flotante del sensor TM
- Se han empleado transformaciones lineales:
  - $\hat{c}_i = a_0 + a_1 X_i + a_2 Y_i$
  - $\hat{l}_i = b_0 + b_1 X_i + b_2 Y_i$
- GRASS: `i.points`

# Corrección geométrica

El primer paso en el tratamiento de las escenas ha sido su georreferenciación. El método utilizado ha sido la corrección a partir de puntos de control

- Puntos heterogéneamente repartidos
- Muestra de:
  - 35 puntos para cada escena del sensor MSS
  - 50 puntos para cada escena del sensor TM
  - 120 puntos para cada escena flotante del sensor TM
- Se han empleado transformaciones lineales:
  - $\hat{c}_i = a_0 + a_1 X_i + a_2 Y_i$
  - $\hat{l}_i = b_0 + b_1 X_i + b_2 Y_i$
- GRASS: i.points

# Corrección geométrica



# Corrección geométrica

El primer paso en el tratamiento de las escenas ha sido su georreferenciación. El método utilizado ha sido la corrección a partir de puntos de control

- Puntos heterogéneamente repartidos
- Muestra de:
  - 35 puntos para cada escena del sensor MSS
  - 50 puntos para cada escena del sensor TM
  - 120 puntos para cada escena flotante del sensor TM
- Se han empleado transformaciones lineales:
  - $\hat{c}_i = a_0 + a_1 X_i + a_2 Y_i$
  - $\hat{l}_i = b_0 + b_1 X_i + b_2 Y_i$
- GRASS: `i.points`
- Criterio: valores de EMC en torno al tamaño del píxel

# Cálculo de la reflectividad

Consiste en la conversión de los Niveles Digitales de la imagen original a una variable física: concretamente a la reflectividad de la superficie terrestre:

- Es conveniente porque nos permite trabajar con variables físicas con un significado estándar:
  - Comparable en un mismo sensor a lo largo del tiempo
  - Entre distintos sensores
  - Entre teledetección espacial y otros métodos de detección de energía electromagnética
- Es necesario determinar la acción de determinados factores:
  - Sensor
  - Condiciones de observación
  - Elementos del ambiente



# Cálculo de la reflectividad

Consiste en la conversión de los Niveles Digitales de la imagen original a una variable física: concretamente a la reflectividad de la superficie terrestre:

- Es conveniente porque nos permite trabajar con variables físicas con un significado estándar:
  - Comparable en un mismo sensor a lo largo del tiempo
  - Entre distintos sensores
  - Entre teledetección espacial y otros métodos de detección de energía electromagnética
- Es necesario determinar la acción de determinados factores:
  - Sensor
  - Condiciones de observación
  - Elementos del ambiente

# Cálculo de la reflectividad

Consiste en la conversión de los Niveles Digitales de la imagen original a una variable física: concretamente a la reflectividad de la superficie terrestre:

- Es conveniente porque nos permite trabajar con variables físicas con un significado estándar:
  - Comparable en un mismo sensor a lo largo del tiempo
  - Entre distintos sensores
  - Entre teledetección espacial y otros métodos de detección de energía electromagnética
- Es necesario determinar la acción de determinados factores:
  - Sensor
  - Condiciones de observación
  - Elementos del ambiente

# Etapas en el cálculo de la reflectividad

## Conversión de los ND a valores de radiancia

La imagen de satélite en bruto contiene Niveles Digitales que el sensor obtiene a partir de la energía recibida mediante una ecuación lineal. Se trata de recuperar los valores originales aplicando la inversa de la ecuación lineal.

## Corrección atmosférica

Se trata de evitar que las distintas condiciones atmosféricas enmascaren la señal del suelo. Se ha utilizado el método de Chavez (Chavez, 1996) o método del mínimo del histograma.

## Corrección de iluminación

La pendiente y la orientación modifican el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie terrestre. Se ha utilizado el método lambertiano de corrección C (Teillet et al., 1982).

# Etapas en el cálculo de la reflectividad

## Conversión de los ND a valores de radiancia

La imagen de satélite en bruto contiene Niveles Digitales que el sensor obtiene a partir de la energía recibida mediante una ecuación lineal. Se trata de recuperar los valores originales aplicando la inversa de la ecuación lineal.

## Corrección atmosférica

Se trata de evitar que las distintas condiciones atmosféricas enmascaren la señal del suelo. Se ha utilizado el método de Chavez (Chavez, 1996) o método del mínimo del histograma.

## Corrección de iluminación

La pendiente y la orientación modifican el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie terrestre. Se ha utilizado el método lambertiano de corrección C (Teillet et al., 1982).

# Etapas en el cálculo de la reflectividad

## Conversión de los ND a valores de radiancia

La imagen de satélite en bruto contiene Niveles Digitales que el sensor obtiene a partir de la energía recibida mediante una ecuación lineal. Se trata de recuperar los valores originales aplicando la inversa de la ecuación lineal.

## Corrección atmosférica

Se trata de evitar que las distintas condiciones atmosféricas enmascaren la señal del suelo. Se ha utilizado el método de Chavez (Chavez, 1996) o método del mínimo del histograma.

## Corrección de iluminación

La pendiente y la orientación modifican el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie terrestre. Se ha utilizado el método lambertiano de corrección C (Teillet et al., 1982).

# Etapas en el cálculo de la reflectividad

## Conversión de los ND a valores de radiancia

La imagen de satélite en bruto contiene Niveles Digitales que el sensor obtiene a partir de la energía recibida mediante una ecuación lineal. Se trata de recuperar los valores originales aplicando la inversa de la ecuación lineal.

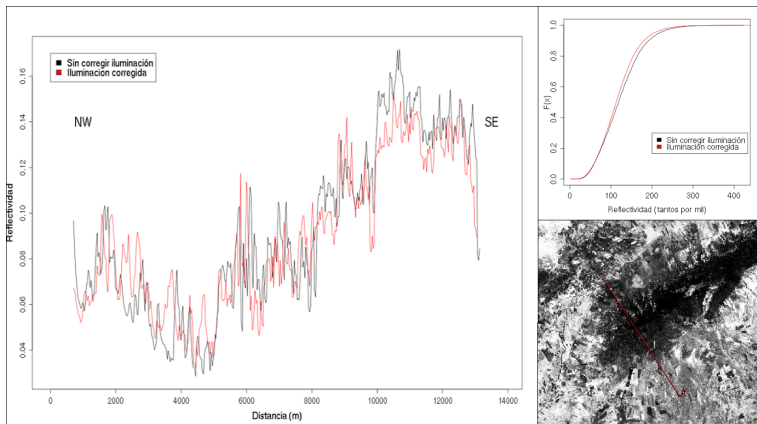
## Corrección atmosférica

Se trata de evitar que las distintas condiciones atmosféricas enmascaren la señal del suelo. Se ha utilizado el método de Chavez (Chavez, 1996) o método del mínimo del histograma.

## Corrección de iluminación

La pendiente y la orientación modifican el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie terrestre. Se ha utilizado el método lambertiano de corrección C (Teillet et al., 1982).

# Ejemplo



La textura en el entorno del sistema de información es la variación espacial del brillo de una imagen



La textura en el entorno del sistema de información es la variación espacial del brillo de una imagen

- Cálculo píxel a píxel de índices texturales para cuantificar criterios cualitativos tradicionales
- Función Semivariograma
  - $\gamma = \frac{\sum_{i=1}^4 (b - b_i)^2}{8}$
  - $b$  es el valor de la celdilla,  $b_i$  es el valor de las celdillas vecinas
- Capas
  - Primer componente de un ACP
  - NDVI

La textura en el entorno del sistema de información es la variación espacial del brillo de una imagen

- Cálculo píxel a píxel de índices texturales para cuantificar criterios cualitativos tradicionales
- Función Semivariograma
  - $\gamma = \frac{\sum_{i=1}^4 (b - b_i)^2}{8}$
  - $b$  es el valor de la celdilla,  $b_i$  es el valor de las celdillas vecinas
- Capas
  - Primer componente de un ACP
  - NDVI

# Incorporación de la textura de la imagen

La textura en el entorno del sistema de información es la variación espacial del brillo de una imagen

- Cálculo píxel a píxel de índices texturales para cuantificar criterios cualitativos tradicionales
- Función Semivariograma
  - $\gamma = \frac{\sum_{i=1}^4 (b - b_i)^2}{8}$
  - $b$  es el valor de la celdilla,  $b_i$  es el valor de las celdillas vecinas
- Capas
  - Primer componente de un ACP
  - NDVI

## Búsqueda de áreas de entrenamiento

Se trata de encontrar áreas de entrenamiento que hayan permanecido con el mismo uso desde 1976 hasta 2006. Para esto se ha utilizado la siguiente información cartográfica:

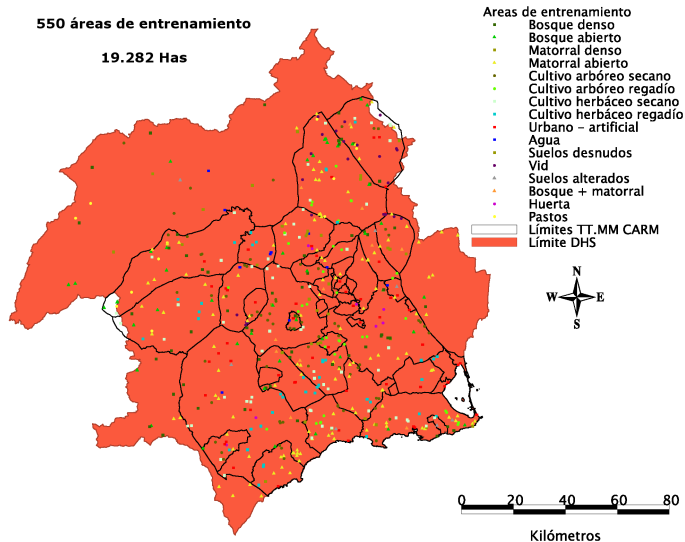
- Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de 1976 y 2001
- Ortofoto de 1986-1987
- Mapa de Coberturas Corine Land Cover de 1990 y 2000
- Ortofoto de la DGMN de la CARM de 2008.

## Búsqueda de áreas de entrenamiento

Se trata de encontrar áreas de entrenamiento que hayan permanecido con el mismo uso desde 1976 hasta 2006. Para esto se ha utilizado la siguiente información cartográfica:

- Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de 1976 y 2001
- Ortofoto de 1986-1987
- Mapa de Coberturas Corine Land Cover de 1990 y 2000
- Ortofoto de la DGMN de la CARM de 2008.

# Búsqueda de áreas de entrenamiento



# Integración de la clasificación supervisada y no supervisada

Se compara el resultado de la clasificación no supervisada con el conjunto de clases informacionales: así se puede determinar si existe en la imagen tipos de usos no contemplados en las clases informacionales (leyenda de los mapas):

- Clasificación no supervisada: algoritmo ISODATA, implementado en GRASS
- La integración de las dos clasificaciones se hace empleando un algoritmo de agrupación jerárquica
- El criterio utilizado es el Índice de Divergencia (test paramétrico)

# Integración de la clasificación supervisada y no supervisada

Se compara el resultado de la clasificación no supervisada con el conjunto de clases informacionales: así se puede determinar si existe en la imagen tipos de usos no contemplados en las clases informacionales (leyenda de los mapas):

- Clasificación no supervisada: algoritmo ISODATA, implementado en GRASS
- La integración de las dos clasificaciones se hace empleando un algoritmo de agrupación jerárquica
- El criterio utilizado es el Índice de Divergencia (test paramétrico)

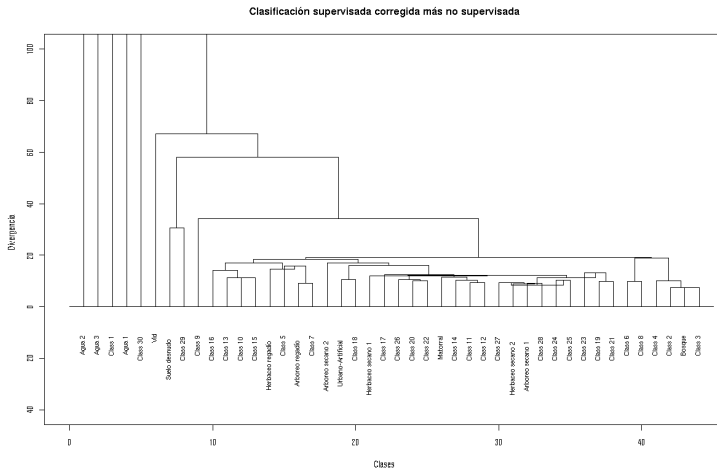


# Integración de la clasificación supervisada y no supervisada

Se compara el resultado de la clasificación no supervisada con el conjunto de clases informacionales: así se puede determinar si existe en la imagen tipos de usos no contemplados en las clases informacionales (leyenda de los mapas):

- Clasificación no supervisada: algoritmo ISODATA, implementado en GRASS
- La integración de las dos clasificaciones se hace empleando un algoritmo de agrupación jerárquica
- El criterio utilizado es el Índice de Divergencia (test paramétrico)

# Ejemplo de análisis de divergencia



# Asignación de píxeles a clases

Se ha utilizado el algoritmo de máxima verosimilitud:

- Calcula para cada clase la probabilidad de que un píxel pertenezca a ella a partir de la función de densidad multivariante
- Evalúa la probabilidad de pertenencia de cada píxel a cada una de las clases y se asigna a aquella que obtiene un valor máximo

Se analizan una serie de áreas test obtenidas de la misma forma que las áreas de entrenamiento

- Índice de Fiabilidad

- Coeficiente *Kappa*

- Errores de omisión

- Errores de comisión

- Exactitud del usuario

- Exactitud del productor

Con este análisis se obtiene:

Se analizan una serie de áreas test obtenidas de la misma forma que las áreas de entrenamiento

- Índice de Fiabilidad

- Coeficiente *Kappa*

$$\kappa = \frac{n \sum_{i=1}^n X_{ii} - \sum_{i=1}^n X_i X_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^n X_i X_{+i}}$$

- Errores de omisión

$$E_{o,i} = \frac{X_{+i} - X_{ii}}{X_{+i}}$$

- Errores de comisión

$$E_{c,i} = \frac{X_{i+} - X_{ii}}{X_{i+}}$$

- Exactitud del usuario

$$F_{u,i} = \frac{X_{ii}}{X_{i+}}$$

- Exactitud del productor

$$F_{p,i} = \frac{X_{ii}}{X_{+i}}$$

Con este análisis se obtiene:

Se analizan una serie de áreas test obtenidas de la misma forma que las áreas de entrenamiento

- Índice de Fiabilidad

- Coeficiente *Kappa*

$$\kappa = \frac{n \sum_{i=1}^n X_{ii} - \sum_{i=1}^n X_i X_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^n X_i X_{+i}}$$

- Errores de omisión

$$E_{o,i} = \frac{X_{+i} - X_{ii}}{X_{+i}}$$

- Errores de comisión

$$E_{c,i} = \frac{X_{i+} - X_{ii}}{X_{i+}}$$

- Exactitud del usuario

$$F_{u,i} = \frac{X_{ii}}{X_{i+}}$$

- Exactitud del productor

$$F_{p,i} = \frac{X_{ii}}{X_{+i}}$$

Con este análisis se obtiene:

- Caracterización del error cometido
- Adecuación de la clasificación a la realidad

## Valoración del resultado

### Distribución de las medidas de fiabilidad de los mapas de cobertura de suelo.

Intervalo	Índice de Fiabilidad	Coefficiente <i>Kappa</i>
< 0.5	0	7
0.51-0.60	13	8
0.61-0.70	15	16
> 0.70	3	0

- Índice de Fiabilidad: -18%
- Coeficiente *Kappa*: -11%

# Valoración del resultado

Distribución de las medidas de fiabilidad de los mapas de cobertura de suelo.

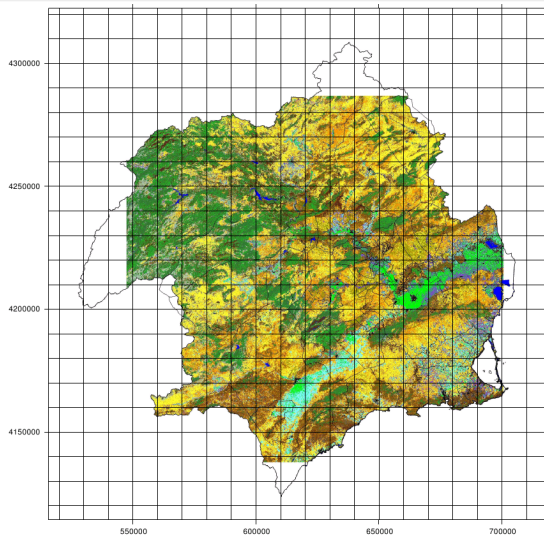
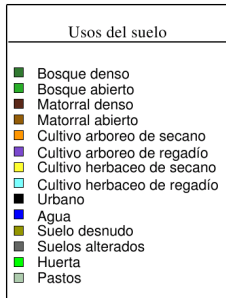
Intervalo	Índice de Fiabilidad	Coefficiente <i>Kappa</i>
< 0.5	0	7
0.51-0.60	13	8
0.61-0.70	15	16
> 0.70	3	0

## Comparados con Wilkinson, 2005

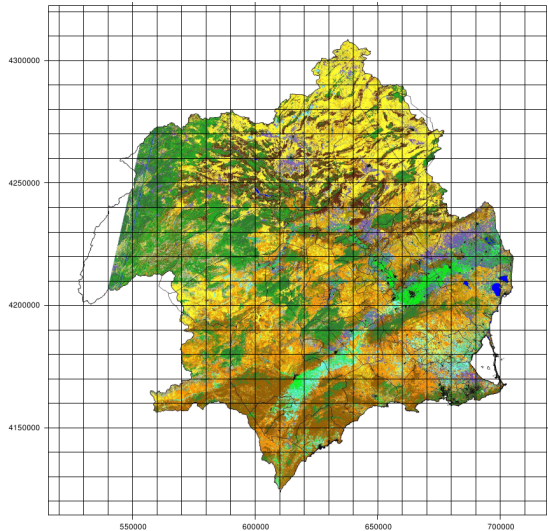
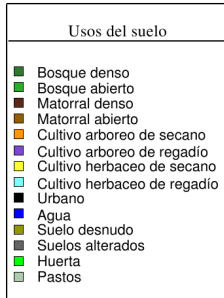
- Índice de Fiabilidad: -18%
- Coeficiente *Kappa*: -11%



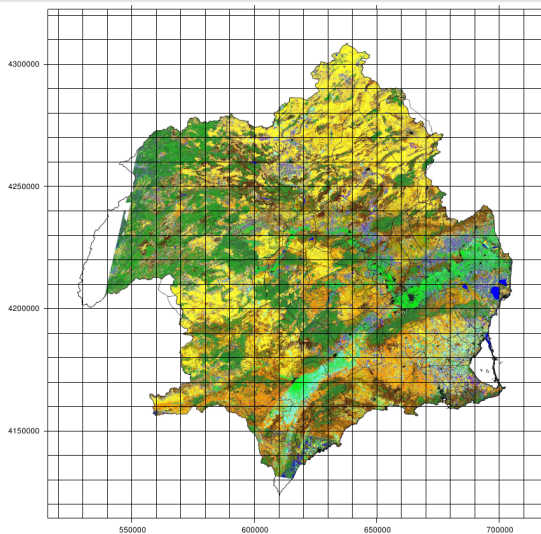
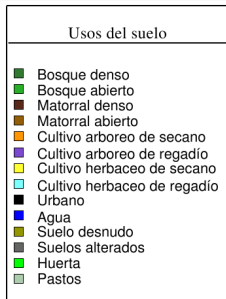
# Ejemplo 1976



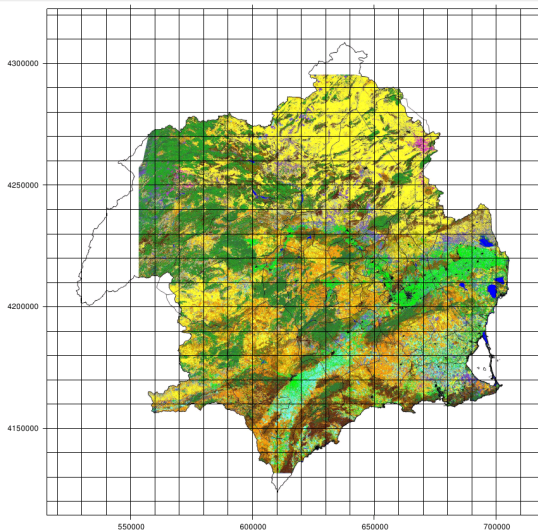
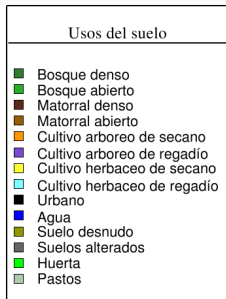
# Ejemplo 1988



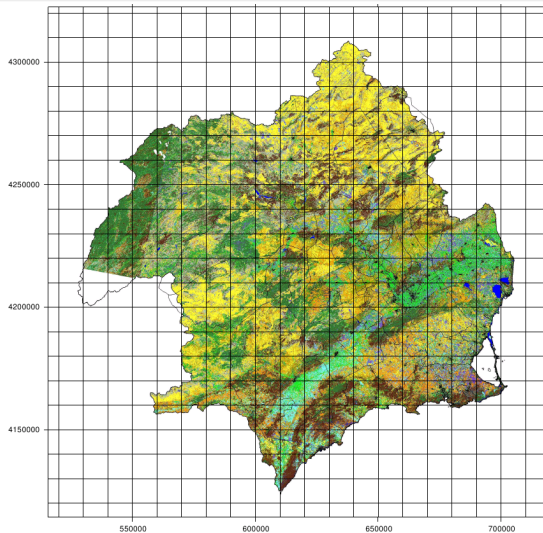
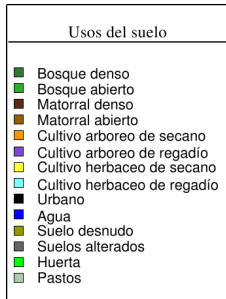
# Ejemplo 1994



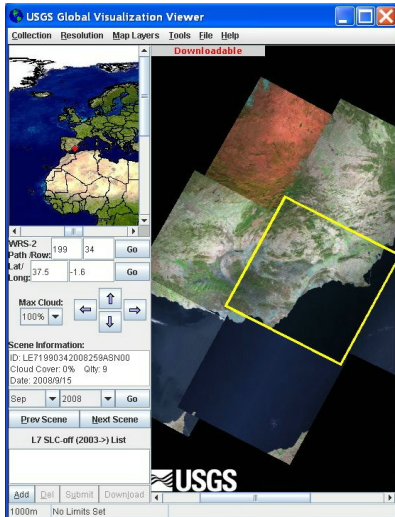
# Ejemplo 2000



# Ejemplo 2006

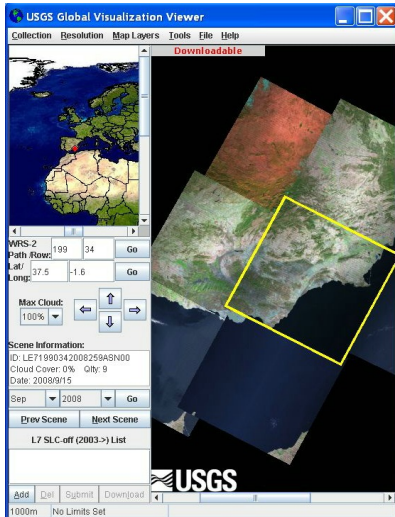


# Liberalización de imágenes del satélite Landsat



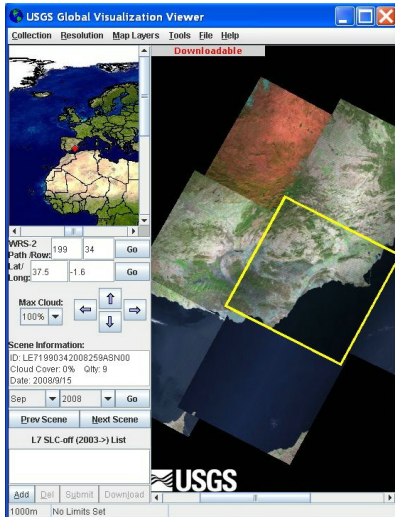
- Información muy abundante:
  - Imágenes de la P.I. aprox. cada 16 días
  - Desde 1972
- ¿Se dispone de procedimientos apropiados para el pre-procesamiento?
  - Correcciones
  - Áreas de entrenamiento
  - Transformación de bandas
  - Información textural

# Liberalización de imágenes del satélite Landsat



- Información muy abundante:
  - Imágenes de la P.I. aprox. cada 16 días
  - Desde 1972
- ¿Se dispone de procedimientos apropiados para el pre-procesamiento?
  - Correcciones
  - Áreas de entrenamiento
  - Transformación de bandas
  - Información textural

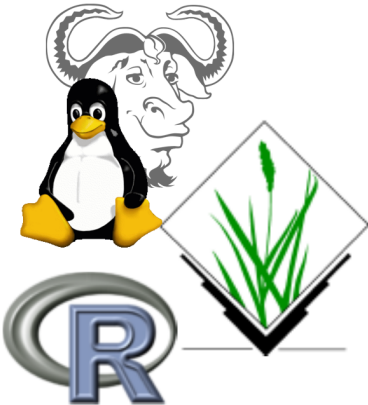
# Liberalización de imágenes del satélite Landsat



- Información muy abundante:
  - Imágenes de la P.I. aprox. cada 16 días
  - Desde 1972
- ¿Se dispone de procedimientos apropiados para el pre-procesamiento?
  - Correcciones
  - Áreas de entrenamiento
  - Transformación de bandas
  - Información textural



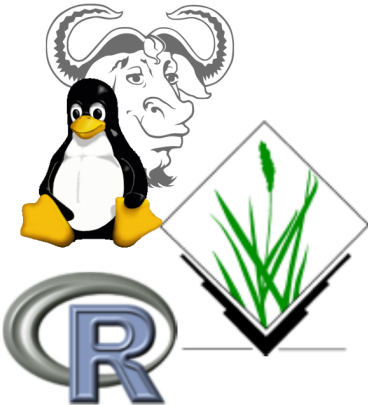
# GNU/Linux GRASS y R



Los tres programas en modo comando son una alternativa válida:

- Precio .....
- Flexibilidad del entorno de programación *Shell* de *Bash*
- Estabilidad del sistema
- Trazabilidad del flujo de trabajo
- Recálculo de las capas de información
- Código fuente abierto (i.maxlik2)

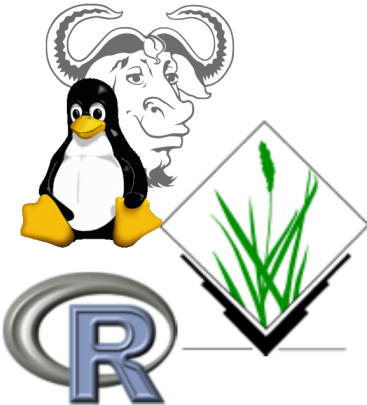
# GNU/Linux GRASS y R



Los tres programas en modo comando son una alternativa válida:

- Precio .....
- Flexibilidad del entorno de programación *Shell* de *Bash*
- Estabilidad del sistema
- Trazabilidad del flujo de trabajo
- Recálculo de las capas de información
- Código fuente abierto (i.maxlik2)

# GNU/Linux GRASS y R



Los tres programas en modo comando son una alternativa válida:

- Precio .....
- Flexibilidad del entorno de programación *Shell* de *Bash*
- Estabilidad del sistema
- Trazabilidad del flujo de trabajo
- Recálculo de las capas de información
- Código fuente abierto (i.maxlik2)

# Año 2008 como 1ª fase de un proyecto más amplio

- Desarrollo de una metodología unificada para el preprocesamiento de imágenes Landsat
- 1ª versión de los mapas de cobertura del suelo
- A partir de ahora se trata de ir aislando fuentes de error
- A medio plazo se espera tener en producción esta cartografía en el SIG del INUAMA

## Año 2008 como 1ª fase de un proyecto más amplio

- Desarrollo de una metodología unificada para el preprocesamiento de imágenes Landsat
- 1ª versión de los mapas de cobertura del suelo
- A partir de ahora se trata de ir aislando fuentes de error
- A medio plazo se espera tener en producción esta cartografía en el SIG del INUAMA

# Agradecimientos

El desarrollo de este trabajo ha sido posible gracias al Proyecto de Investigación denominado "Evolución de los usos del suelo en la Cuenca del Segura mediante técnicas de Teledetección" financiado por la Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua (IEA), dentro del convenio específico de colaboración entre el Instituto del Agua y Medio Ambiente (INUAMA) de la Universidad de Murcia y el IEA para la realización de actividades conjuntas de investigación en recursos hídricos.

# Índice de Divergencia

- $$Div_{a,b} = \frac{Tr\{(V_a - V_b)(V_b^{-1} - V_a^{-1})\}}{2} + \frac{Tr\{(V_a^{-1} + V_b^{-1})(M_a - M_b)(M_a - M_b)^t\}}{2}$$
- $M_a$  es el vector de medias de la clase a,  $V_a$  es la correspondiente matriz de varianzas-covarianzas,  $Tr$  es la función traza de la matriz,  $^t$  indica la matriz transpuesta y  $^{-1}$  la matriz inversa.