

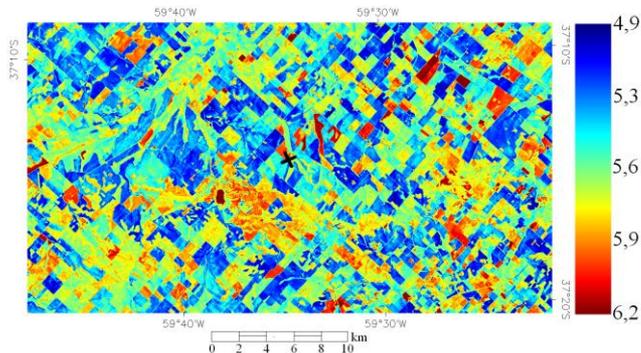
# USO DE LA TELEDETECCIÓN EN HIDROLOGÍA

# Organización de la presentación

Breve revisión de teledetección

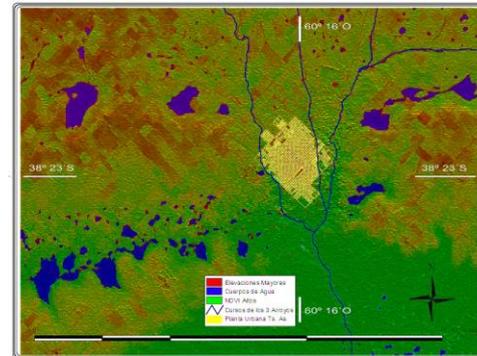
La misión SAC/D de CONAE/NASA.

Ejemplo de uso de la teledetección en la estimación del término E de la ecuación de balance hidrológico.



Ejemplo de uso de la teledetección en el análisis de una precipitación máxima.

Discusión y preguntas de los asistentes.



# La teledetección: definición física

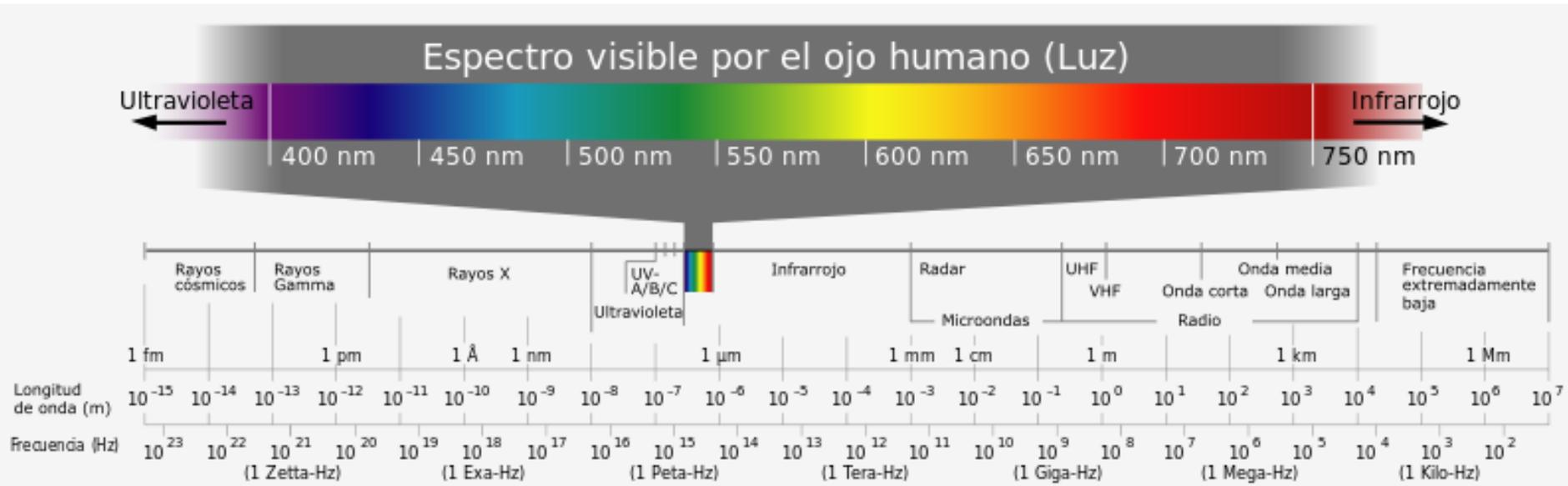
- Es el medio de conocer un objeto, o conjunto de objetos distribuidos espacialmente en función de:
- un conjunto de señales electromagnéticas en distintas bandas de diferentes longitudes de onda
- la evolución de la señal electromagnética en el tiempo (día, estación, año...)
- la repartición de los objetos en el espacio geográfico
- la relación temporal de los objetos con otros de diferente naturaleza



Cuerpo de agua observado  $\lambda$  del IRC (0.83  $\mu\text{m}$ ), el rojo (0.66  $\mu\text{m}$ ) y el verde (0.56  $\mu\text{m}$ ) del espectro electromagnético.

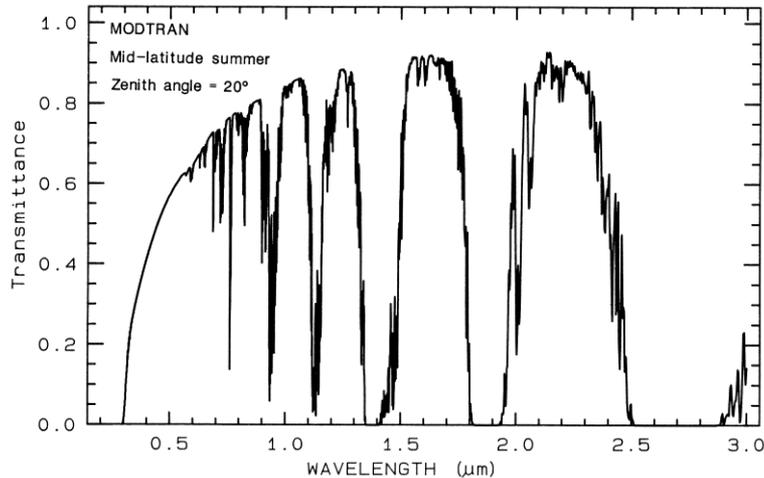
# El espectro, la atmósfera y bandas

- Ejemplo del espectro, de la transparencia de la atmósfera y las bandas de los satélites.

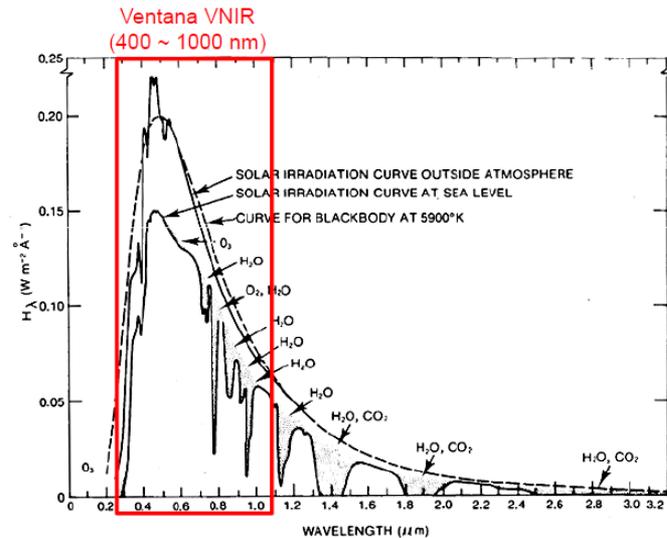


# El espectro, la atmósfera y bandas

- Ejemplo del espectro, de la transparencia de la atmósfera y las bandas de los satélites.



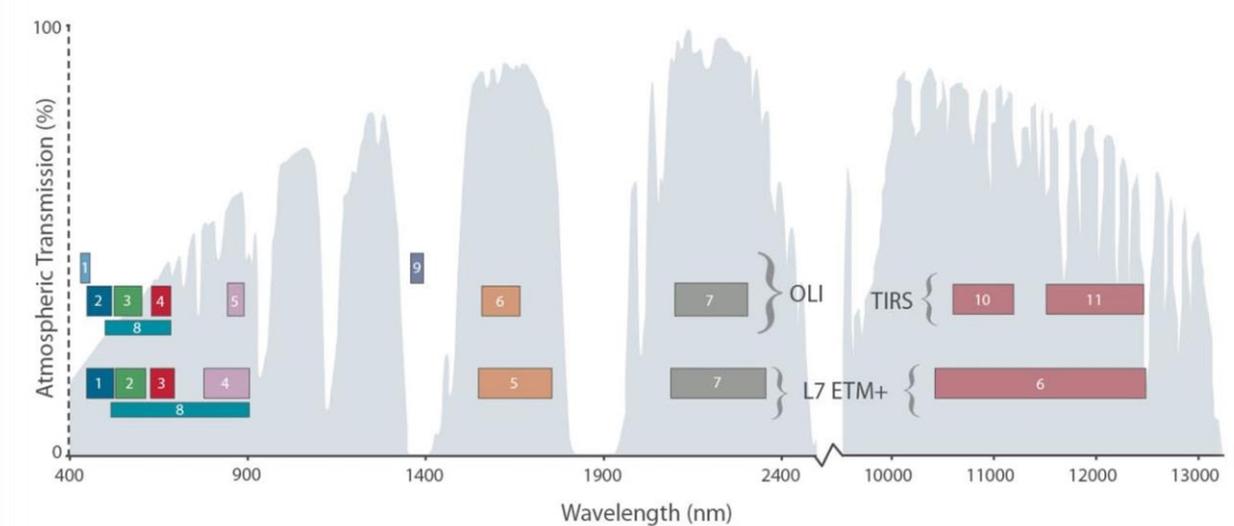
Tomado del programa Modtran (para una atmósfera de latitud media de verano).



Transferencia radiativa al tope de la atmósfera, a nivel del mar y cuerpo negro (5900 K).

# El espectro, la atmósfera y bandas

- Ejemplo del espectro, de la transparencia de la atmósfera y las bandas de los satélites (Ej. Landsat 8).



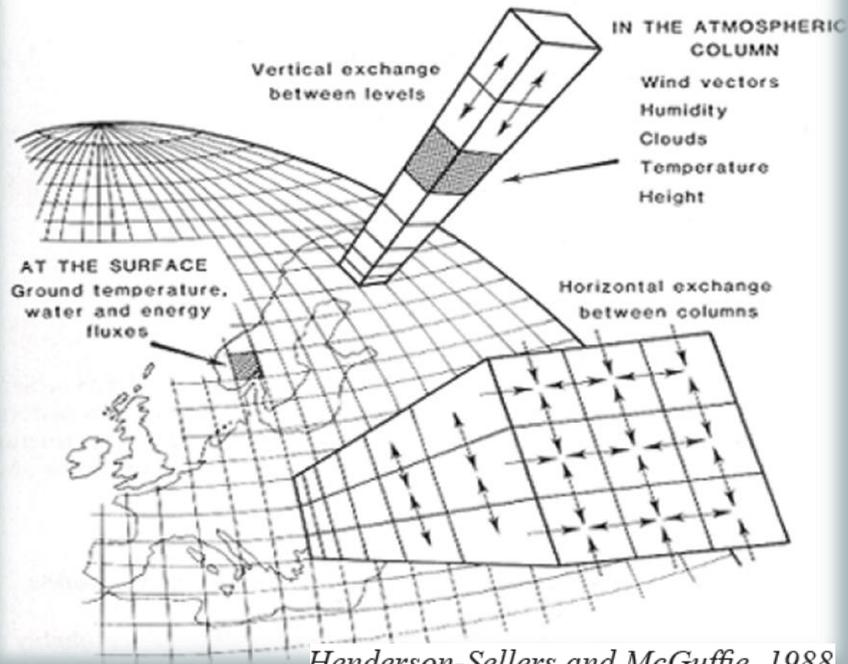
Bandas de LANDSAT 7 y 8\* (LDCM) sensores (ETM+, OLI/TIRS). \*Lanzado en febrero de 2013.

# La ecuación de balance hidrológico

- Este curso los congrega para capacitarse en la ecuación de balance hidrológico y la teledetección como herramienta aporta información relevante. Especialmente por la alta densidad espacial de información que brinda.



Figura tomada de PNUMA, 2010.



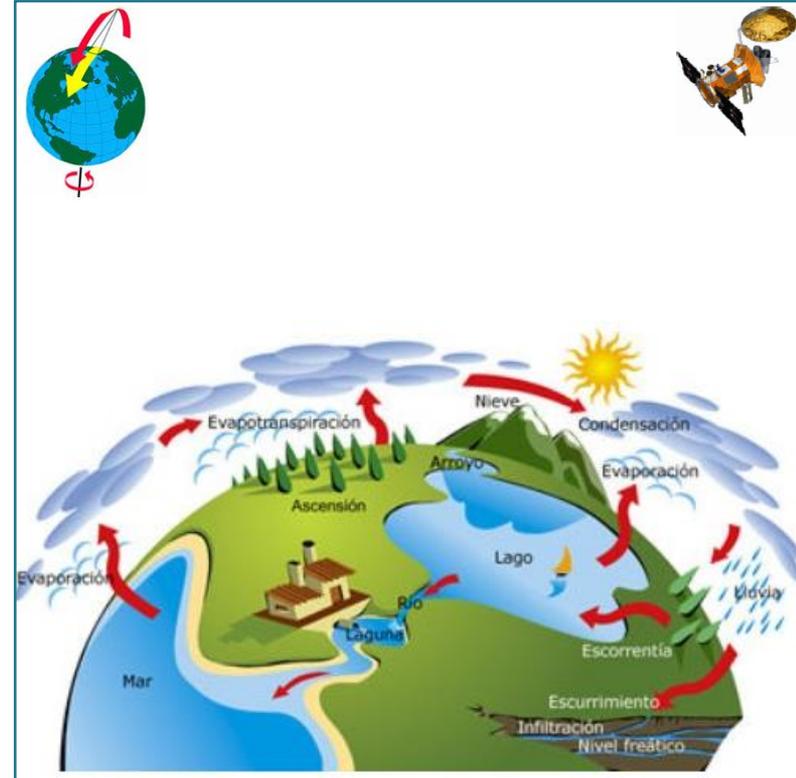
*Henderson-Sellers and McGuffie, 1988*

## La ecuación de balance

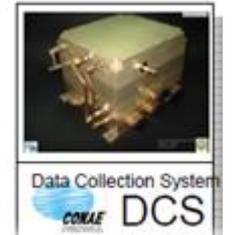
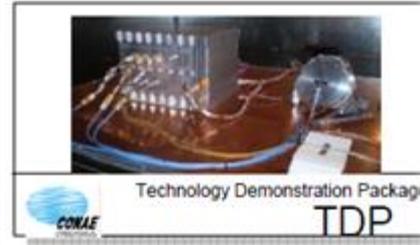
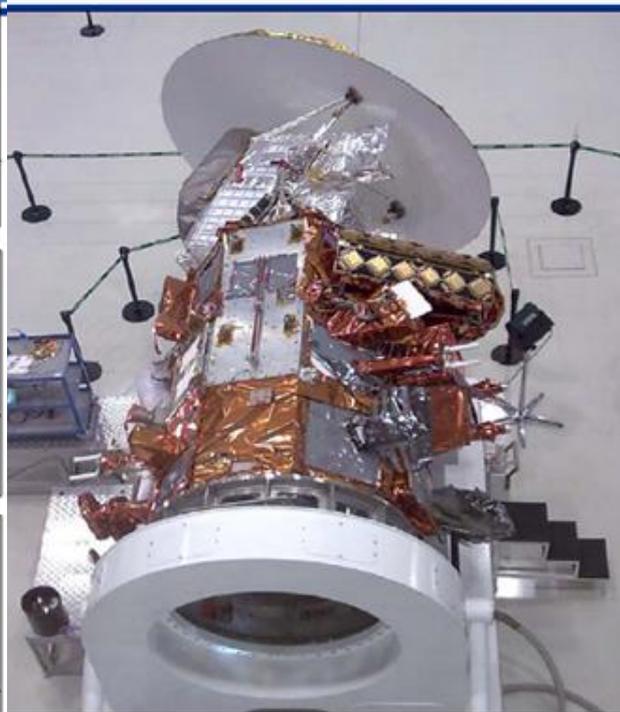
Seminario Aspectos ambientales de la Hidrología y la teledetección

# El SAC/D observador del sistema tierra

Los sensores a bordo del satélite permiten el estudio del sistema tierra con una adecuada resolución espacial, espectral y temporal. Los 8 sensores tienen la capacidad de determinar la humedad de suelo y la salinidad del mar, la velocidad del viento, las precipitaciones, la distribución del hielo, el contenido de vapor de agua, el seguimiento de la temperatura, recolectar datos ambientales y determinar perfiles atmosféricos. Además es posible estimar los efectos de la radiación cósmica en equipos de electrónica y determinación de la posición del satélite.



# Sensores a bordo de la SAC/D



Gentileza: PI Mission Dra. S. Torrusio



## Ejemplo de aplicación: evapotranspiración (E)

La imagen mostrada corresponde a una captura realizada en un cultivo de soja en la cuenca del arroyo Laura Leofu (km 205 RN 226) por medio de un avión no tripulado (UAV). Se observa en la parte sin cultivo los efectos de erosión hídrica. Captura realizada en enero de 2010.

# Estimación de E a partir de la ecuación de Priestley and Taylor aplicada a la teledetección\*

La ecuación de balance hidrológico para una cuenca viene dada por:

$$P - E - Q - \Delta S - U = 0^{**}$$

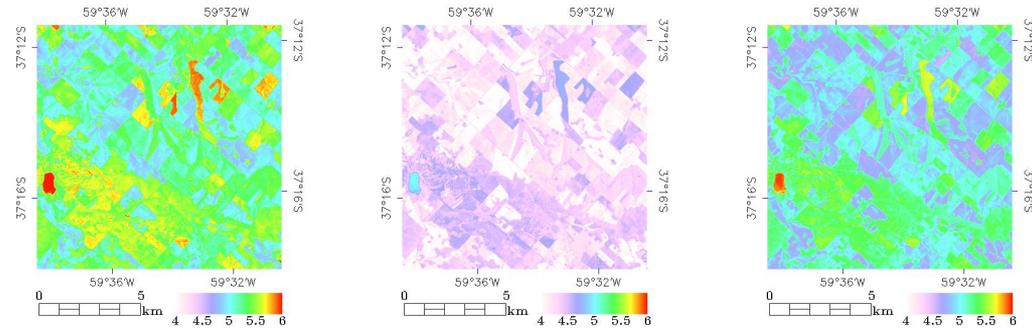
E puede estimarse por teledetección aplicando diferentes metodologías. En el presente ejemplo se utilizan datos captados por el sensor TM (misión Landsat).

Las ecuaciones utilizadas para la obtención de los mapas son:

$$ETd = \alpha \left( \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) (R_{nd} - G_d) \quad (1) \quad R_{nd} = A R_{sd}(1 - a_l) + B \quad (2)$$

ETd: Evapotranspiración diaria

Rnd: Radiación neta diaria



**Figura 1.** Mapas de  $ETd$  logrados a partir de aplicar la ecuación 1 con imágenes Landsat. Valores en  $\text{mm día}^{-1}$  Nota: día juliano 51 primera imagen izquierda y día 53 izquierda. Mayores detalles bajar trabajo \*.

\* Rivas R., Carmona F. 2010. La ecuación de Priestley-Taylor aplicada a nivel de píxel: una alternativa para estudios detallados de cuencas. Boletín Geológico y Minero – Instituto Tecnológico y Geominero de España. 121 (4): 401-412, ISSN 0366-0176. [www.igme.es/internet/boletin/2010/121\\_4/8-ARTICULO%205.pdf](http://www.igme.es/internet/boletin/2010/121_4/8-ARTICULO%205.pdf)

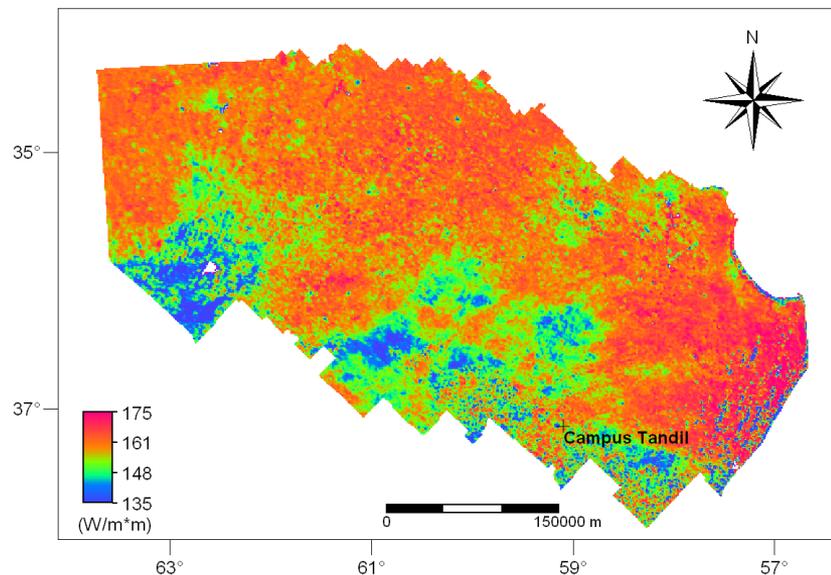
\*\* Documento Métodos de calculo de balance hídrico, UNESCO <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001377/137771so.pdf>

# Estimación de E a partir de la ecuación de Balance de Energía con datos del sensor MODIS\*

Las ecuación para la obtención del mapa de E corresponde a la simplificación de la ecuación de balance de energía dada por (\*\*):

$$R_n + G + H + E = 0$$

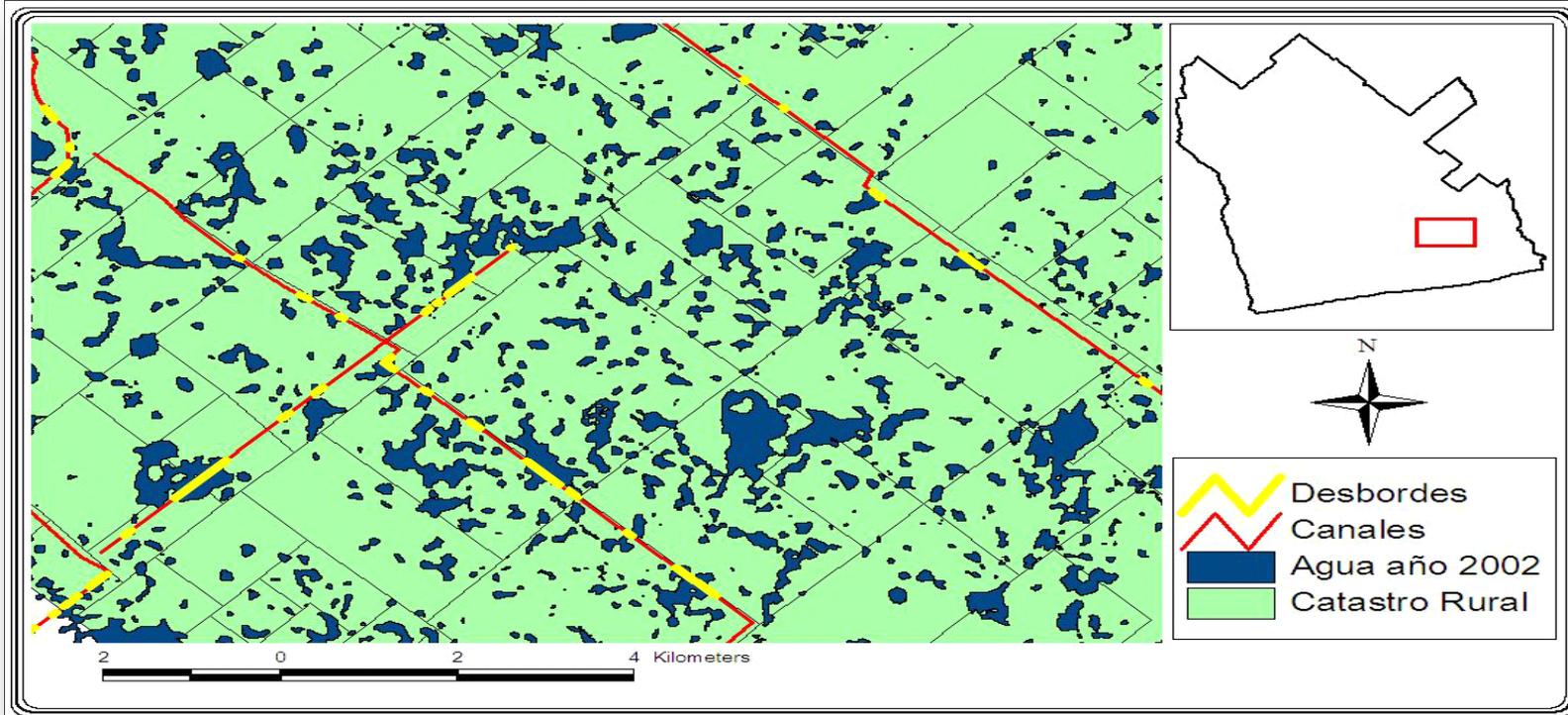
donde  $R_n$  corresponde a la radiación neta,  $G$  al flujo de calor en el suelo,  $H$  al flujo de calor sensible y  $E$  la evapotranspiración.



**Figura 2.** Mapa de E para la Cuenca del Río Salado logrado a partir de una imagen AQUA-MODIS.

\* Carmona F., Rivas R., Ocampo D., Schirmbeck J., Holzman M. 2011. Sensors for the measurement and validation of hydrological variables at local and regional scales from energy balance. *Journal Aqualac*, 3 (1): 26-36, ISSN 1688-2873, Editado por UNESCO. <http://www.unesco.org.uy/phi/aqualac/en/home.html>

\*\* Schirmbeck J., Rivas R., Usunoff E. 2009. Spatial distribution of latent heat flux from Landsat (ETM+) images. *Journal Environmental Hydrology* 17 (1):1-8, ISSN 1058-3912.



## Ejemplo de aplicación: precipitación máxima

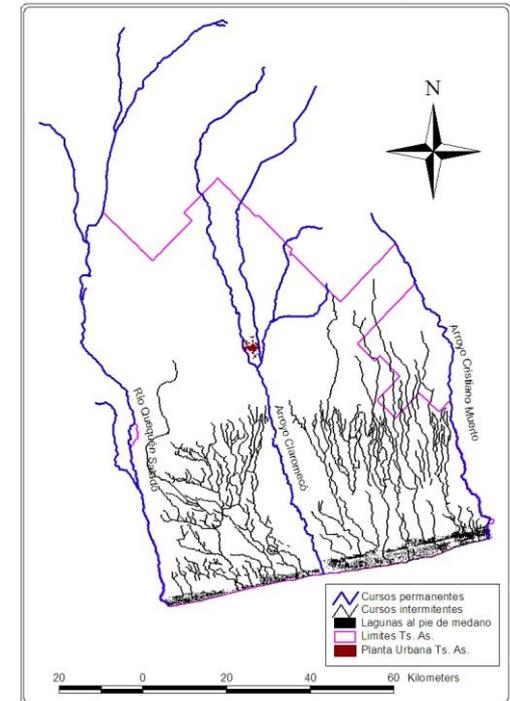
El mapa mostrado corresponde al resultado del uso de datos de satélite y SIG en el estudio de la precipitación máxima de noviembre de 2002 ocurrida en el área de Tres Arroyos provincia de Buenos Aires. *Tomado de Preciado y Rivas 2011.*

# Valoración del área inundada

Para el análisis de la precipitación máxima se utilizaron datos de los satélites SAC/C y Landsat además de datos hidrológicos y cartográficos de la zona.

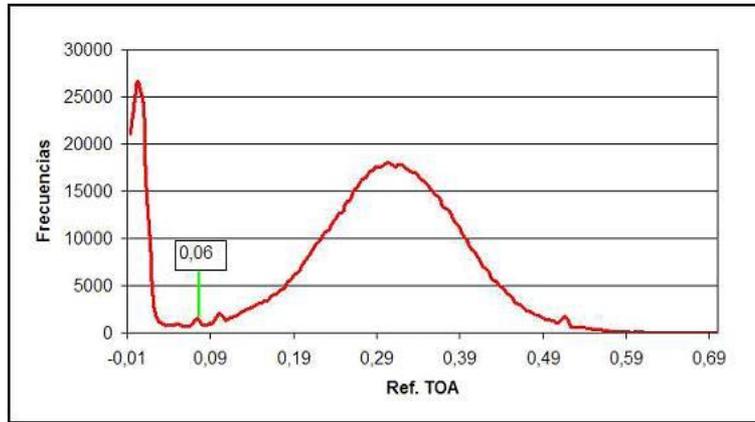
Banda	Sensor					
	TM		ETM+		MMRS	
	Nº	Ancho de banda	Res. Espac.	Ancho de banda	Res. Espac.	Ancho de banda
1	0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$	30 m	0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$	30 m.	0,48 - 0,50 $\mu\text{m}$	175 m.
2	0,52 - 0,60 $\mu\text{m}$	30 m	0,52 - 0,60 $\mu\text{m}$	30 m.	0,54 - 0,56 $\mu\text{m}$	175 m.
3	0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$	30 m	0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$	30 m.	0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$	175 m.
4	0,76 - 0,90 $\mu\text{m}$	30 m	0,76 - 0,90 $\mu\text{m}$	30 m.	0,795 - 0,835 $\mu\text{m}$	175 m.
5	1,55 - 1,75 $\mu\text{m}$	30 m	1,55 - 1,75 $\mu\text{m}$	30 m.	1,55 - 1,70 $\mu\text{m}$	175 m.
6	10,40 - 12,50 $\mu\text{m}$	120 m	10,40 - 12,50 $\mu\text{m}$	60 m.		
7	2,08 - 2,35 $\mu\text{m}$	30 m	2,08 - 2,35 $\mu\text{m}$	30 m.		
8			0,52 - 0,90 $\mu\text{m}$	15 m.		

**Tabla 1.** Resolución espectral y espacial de los sensores utilizados para el análisis de la precipitación máxima.



Zona de estudio.

# Límites de reflectividad e imágenes usadas\*



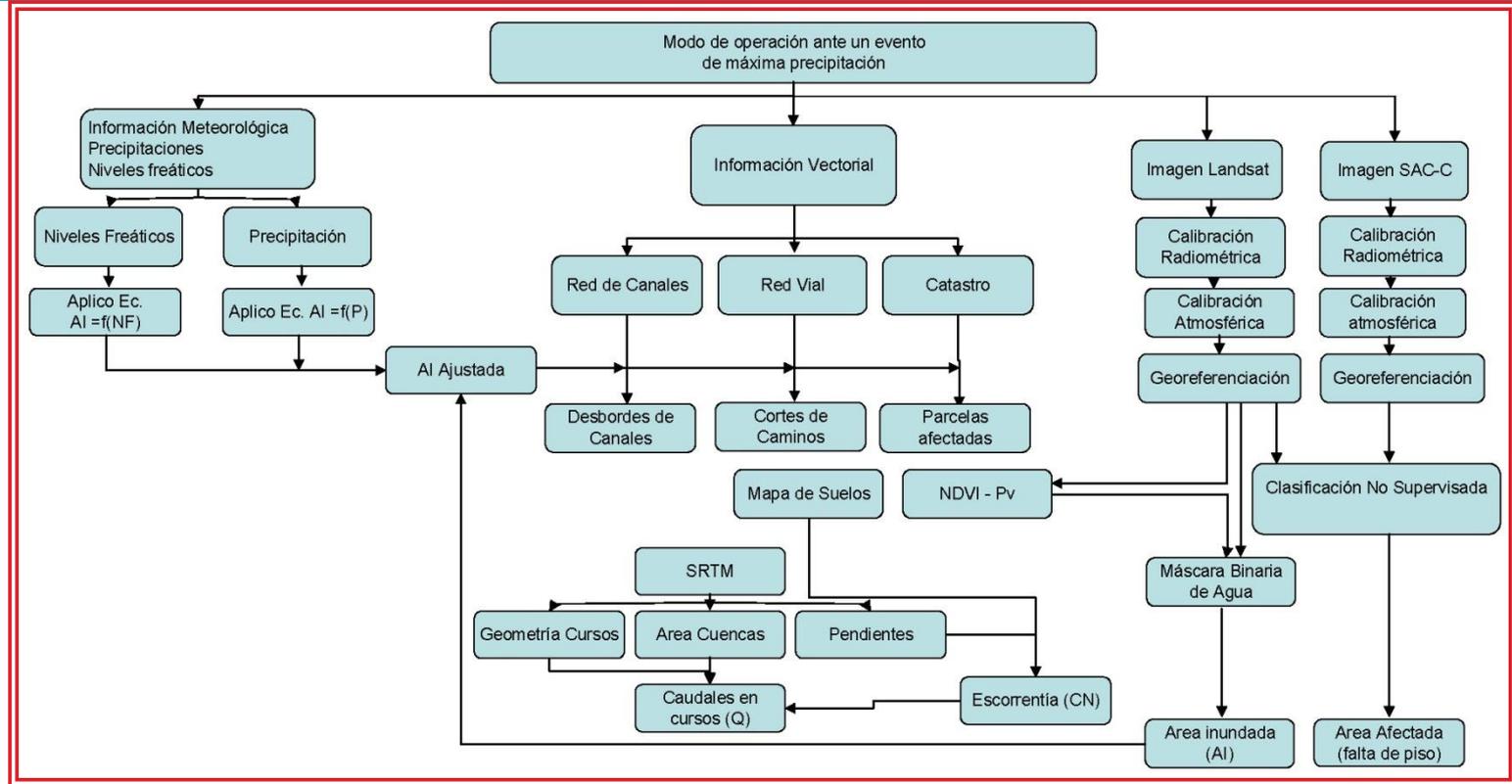
- Arriba se muestra la reflectividad de corte utilizada para las máscaras de agua con el sensor TM (banda 4). Observar la bimodalidad de los datos.

**Tabla 2.** Imágenes utilizadas en el análisis y sombreado de las próximas al día de la precipitación máxima.

Plataforma	Sensor	Día	Año
Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4
Landsat 5	TM	19-Nov	1993
Landsat 5	TM	15-Nov	1995
Landsat 5	TM	09-Nov	1996
Landsat 5	TM	15-Nov	1997
Landsat 5	TM	20-Nov	1998
Landsat 5	TM	28-Oct	1999
Landsat 5	TM	02-Nov	2000
Landsat 7	ETM+	21-Nov	2001
Landsat 7	ETM+	24-Nov	2002
Landsat 7	ETM+	19-Nov	2003
Landsat 7	ETM+	20-Oct	2004
Landsat 7	ETM+	23-Oct	2005
SAC-C	SRTM	21-Nov	2001
SAC-C	SRTM	17-Dic	2002
SAC-C	SRTM	02-Nov	2003
SAC-C	SRTM	19-Oct	2004

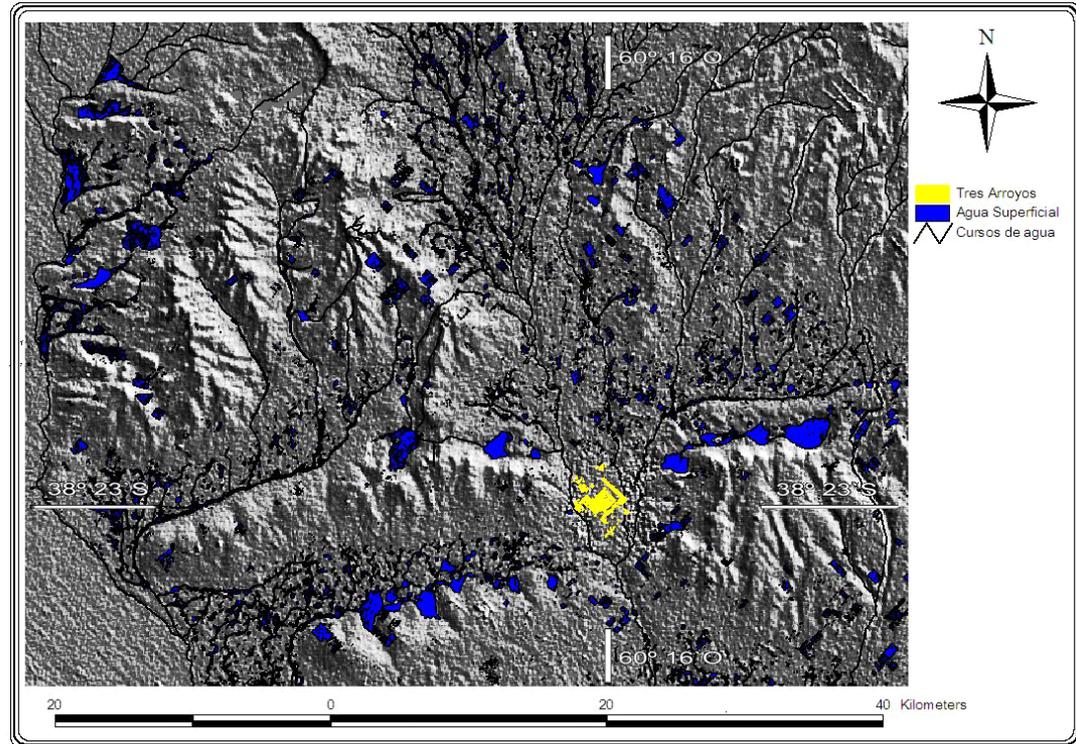
\* Preciado C., Rivas R. 2011. Herramientas geoespaciales para el análisis hidrológico. Editorial Académica Española. Impreso en Saarbrücken, Alemania. Páginas 133, ISBN 978-3-8465-7965-7.

# Diagrama de procesamiento de los datos



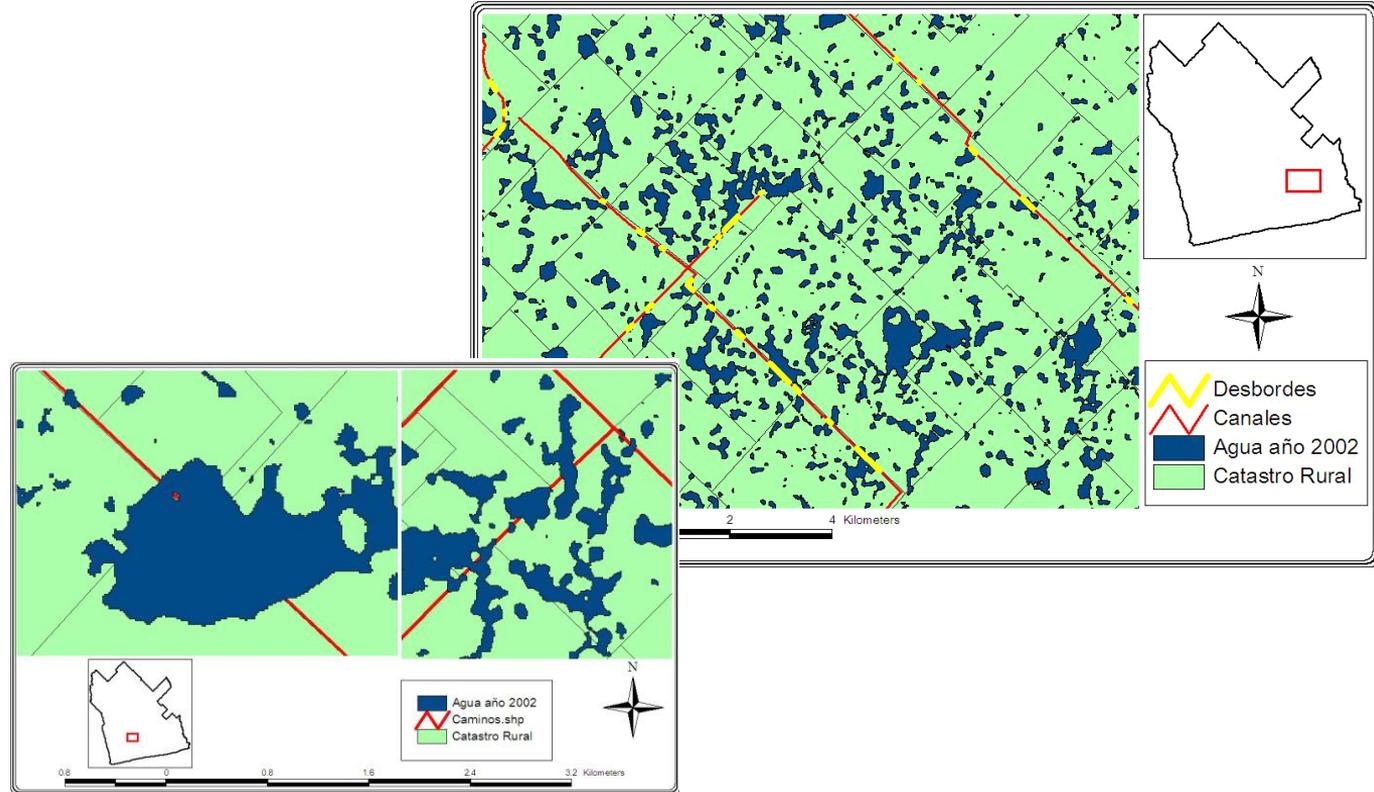
# Resultados de la aplicación

En la Figura de la derecha se muestra la Superposición de cursos de agua digitalizados manualmente con una imagen SRTM. Tomado de Preciado 2010.



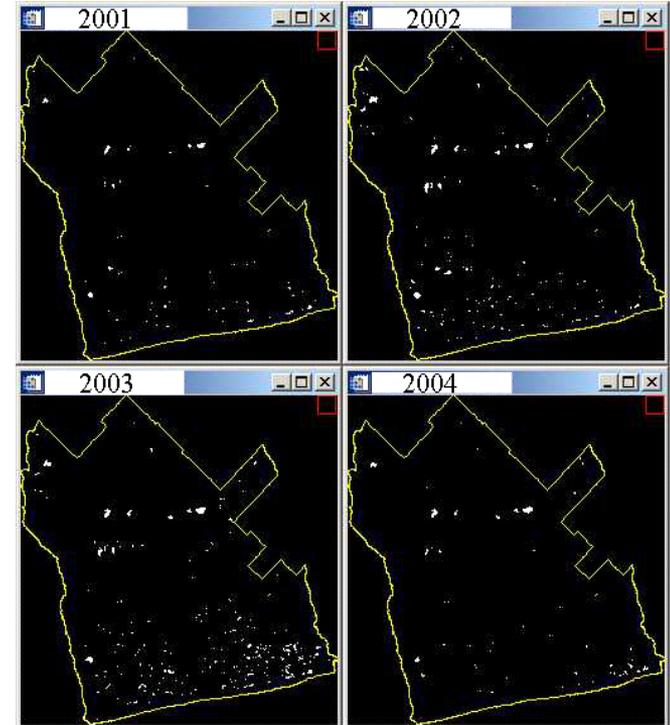
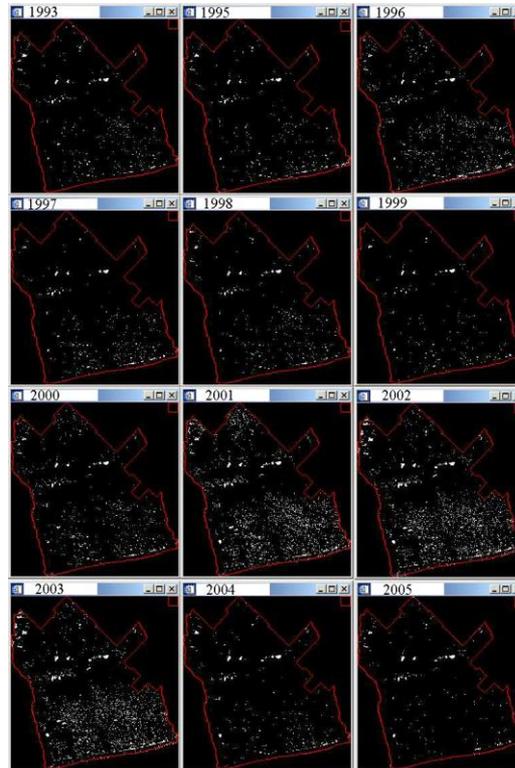
# Camino afectados y detalle de cortes

La Figura muestra un detalle de los caminos afectados por el exceso de lluvias y un detalle ampliado de un sector de interés.



# Evolución del área inundada

El mapa muestra la evolución temporal del área inundada por efectos de niveles freáticos elevados para el periodo 1993-2005 y un detalle de 2001 a 2004.



# Consideraciones finales

La teledetección es una herramienta útil en estudios hidrológicos y ambientales. De la combinación de la información espectral se pueden extraer datos de la superficie a muy bajo costo de alta fiabilidad. El acceso de gran parte de la información de satélite es libre y por lo tanto hace a éstas mucho más relevantes.

Espacio para la discusión de los asistentes.

1)

2)

•

•

•

•

n)



Muchas gracias a los organizadores del curso y en especial a Rosario por la invitación a participar del Seminario aspectos ambientales de la hidrología.

# Patrón de prueba de pantalla panorámica (16:9)

**Prueba de la  
relación de  
aspecto**

(Debe parecer circular)

4x3

16x9

