

# VII CONGRESO

DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE CLIMATOLOGÍA

## CLIMA, CIUDAD Y ECOSISTEMAS

Cambio climático e impacto en países ibéricos e iberoamericanos

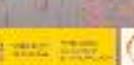
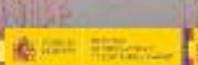
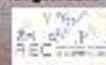


Salón de Actos del Edificio del Rectorado  
Universidad Autónoma de Madrid

**24-26 noviembre 2010**



Organizan:



## CONFERENCIA

Viernes, 26 noviembre 2010

## The Dual Use European Security IR Experimental in Madrid

Dr. José A. Sobrino. Catedrático de Física y Director de la Unidad de Cambio Global, Image Processing Laboratory. Universidad de Valencia

# **The Dual-use European Security IR Experiment in Madrid “DESIREX”**

**José A. Sobrino**

Director de la Unidad de Cambio Global  
Universitat de Valencia  
<http://www.uv.es/ucg>  
[sobrino@uv.es](mailto:sobrino@uv.es)  
Tf: 963543115

**VII Congreso AEC, Universidad Autónoma de Madrid  
Madrid, 26 de noviembre de 2010**

- Introducción
- DESIREX 2008
- Resultados
- Aplicaciones
- Conclusiones-Recomendaciones

# INTRODUCCION

Isla de Calor (Urban Heat Island -**UHI**) nombre que se da para describir Temperatura superficie y del aire es mayor en la ciudad que en los alrededores



$$UHI = \max(T_{urban} - T_{rural})$$

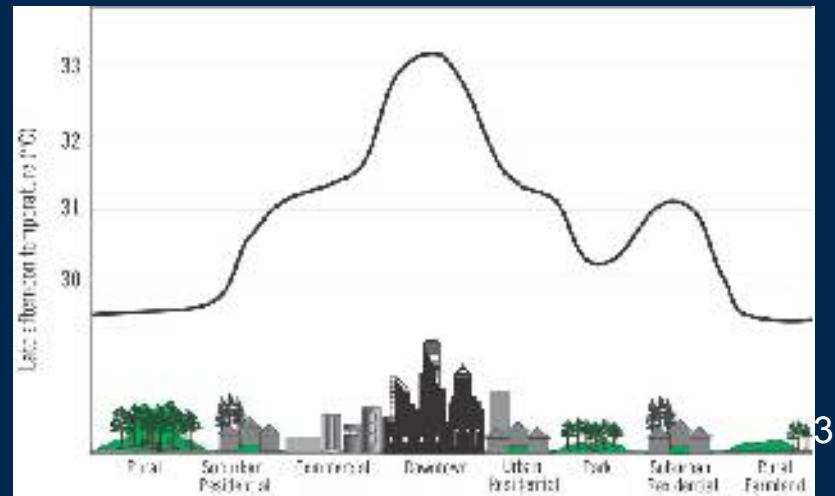
Ciudades grandes : Washington, Shanghai, Tokyo, etc,

Desde 30-80 años, Tmax verano han aumentado 0.5 °C cada 10 años

- Dia < 2 - 3°C.
- Noche > 6 - 10°C

Satélites

$$SUHI = LST_{Urban} - LST_{Rural}$$



## Factores contribuyen UHI

Geometría de la superficie

- Disminución del albedo
- Disminución de la radiación de onda larga hacia la atmósfera ( $L^{\downarrow}$ )

Propiedades térmicas de los materiales urbanos

- Alta capacidad térmica.
- El calor se libera lentamente durante la noche
- Reducción de la evaporación:  
aumento del calor sensible ( $H$ ), disminución del calor latente ( $LE$ )

Cobertura

Calor antropogénico

- Se libera calor debido a la actividad humana (industria, tráfico, etc.)

Efecto invernadero urbano

- La contaminación aumenta la radiación de onda larga descendente ( $L^{\downarrow}$ )

Los impactos de la UHI pueden ser negativos o positivos dependiendo del clima de la zona y de la época del año: \*

Impacto	Región clima frío	Región clima cálido
Confort humano-salud	Positivo (invierno) Negativo (verano)	Negativo (todas las estaciones)
Uso de energía	Positivo (invierno) Negativo (verano)	Negativo
Contaminación del aire	Negativo	Negativo

El riesgo de muerte se multiplica por 6 con cada grado de TST que aumenta durante una ola de calor\*\*

\*VOOGT, J. A., 2002, Urban Heat Island. In *Encyclopedia of Global Environmental Change*, MUNN, T. (Ed.), pp. 660-666.

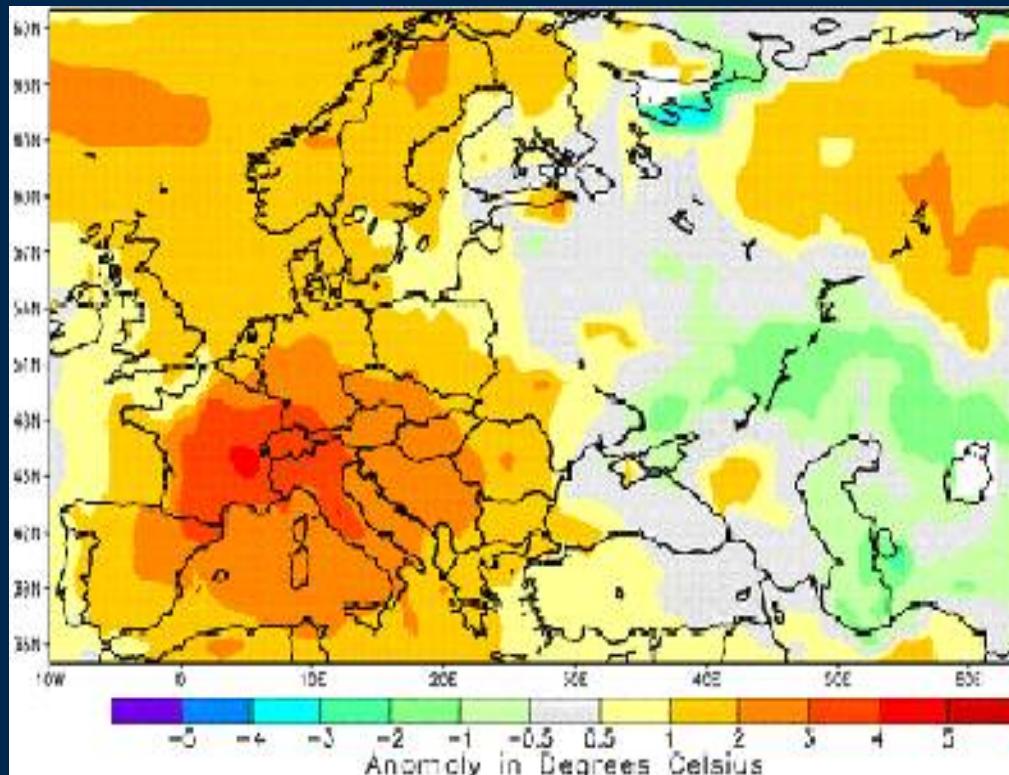
\*\*JOHNSON, D. P., WILSON, J. S. & LUBER, G. C., 2009, Socioeconomic indicators of heat-related health risk supplemented with remotely sensed data. *International Journal of Health Geographics*, 8.

# Verano del 2003 en Europa



Temperatura media superó en ~ 3°C la media en el periodo 1961-90

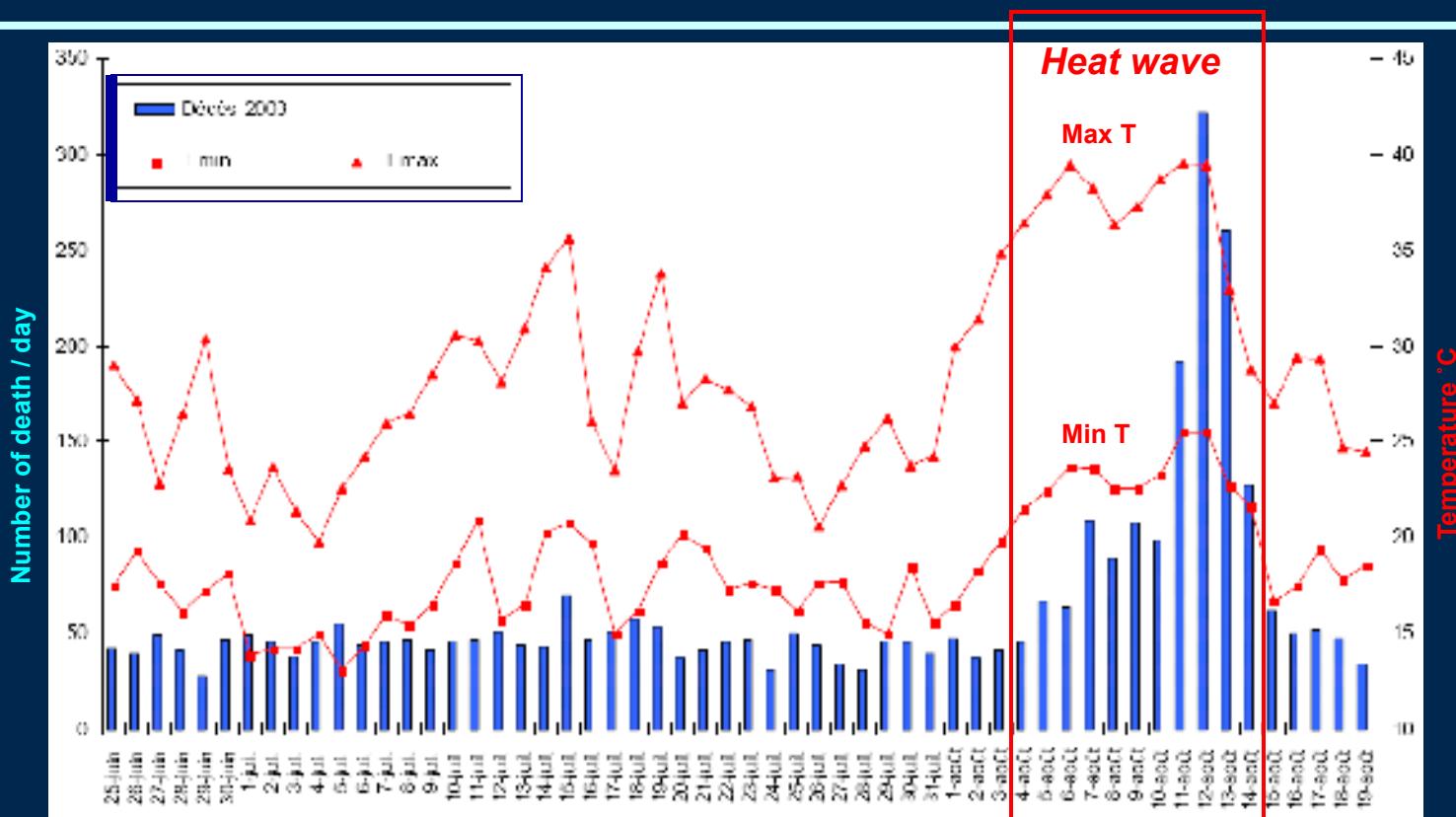
Shar et al., 2004, *Nature*, 427, 332-336.



Reducción humedad  
precipitación < promedio  
radiación neta> promedio

Junio - Agosto. 2003: anomalías de la LST. temperature.  
In-situ y satelite 1988-2003 NOAA.

# Verano del 2003 en Paris



Air Temperature from the Montsouris Park weather station and mortality from June 25 to August 19 2003, (from InVS). Courtesy of Benedicte Dousset

5,000 fallecimientos debido al estrés térmico en Paris, 1-15 Agosto 2003

-Chicago (Julio 1995): 600 muertos debido a una ola de calor \*\*

-Moscú (agosto 2010: Se duplica mortalidad de 370 a 700 debido isla de calor (El pais, 8 Agosto, 2010)

# LAS LUCES DEL MUNDO

En el 2009 el 50 % de la población mundial vivía en ciudades, 77% España



[http://visibleearth.nasa.gov/images/1438/earth\\_lights.jpg](http://visibleearth.nasa.gov/images/1438/earth_lights.jpg)

This image of Earth's city lights was created with data from the Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) Operational Linescan System (OLS). Originally designed to view clouds by moonlight, the OLS is also used to map the locations of permanent lights on the Earth's surface.

Even more than 100 years after the invention of the electric light, some regions remain thinly populated and unlit.

# Simulated Night Lights

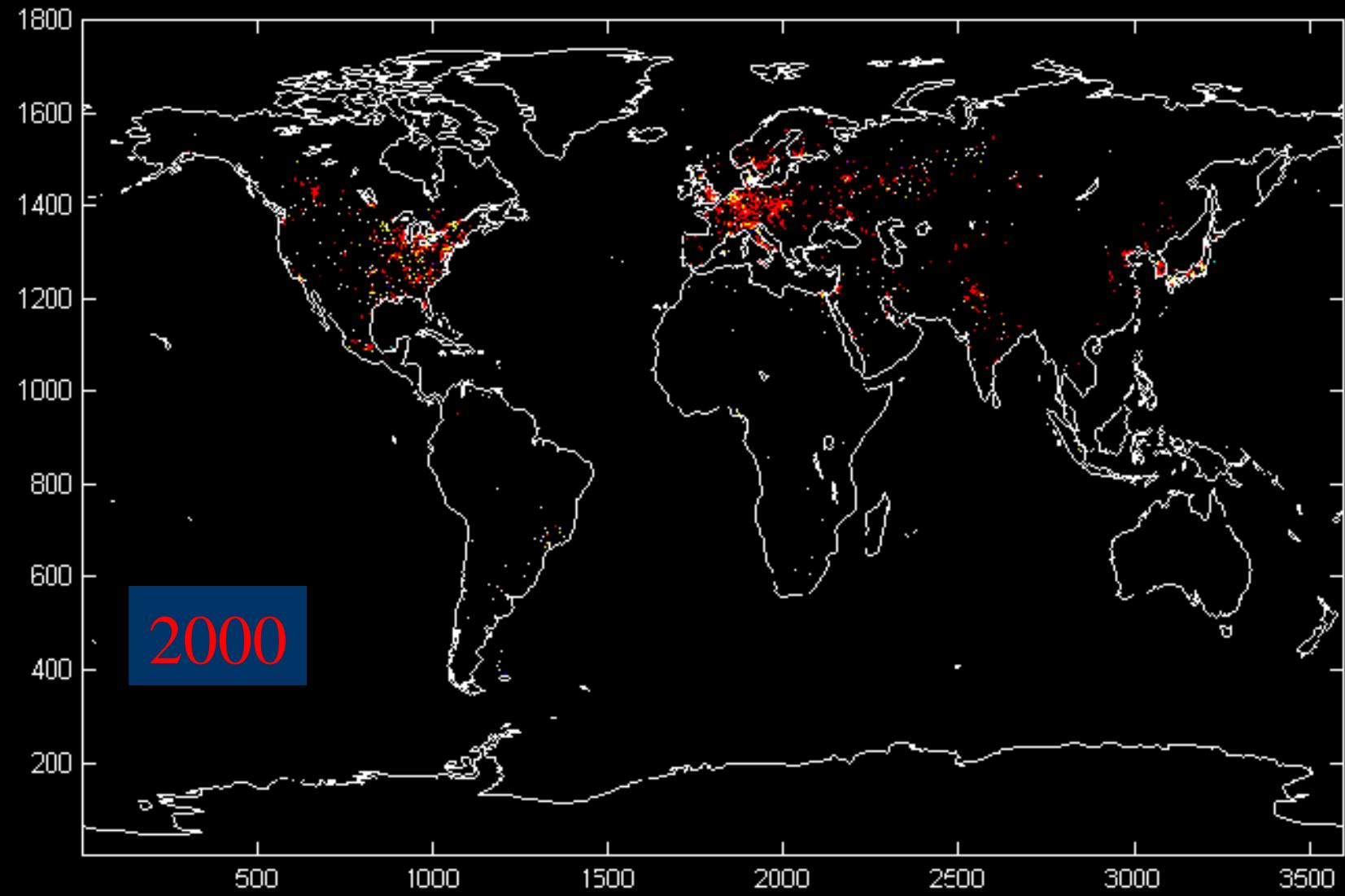
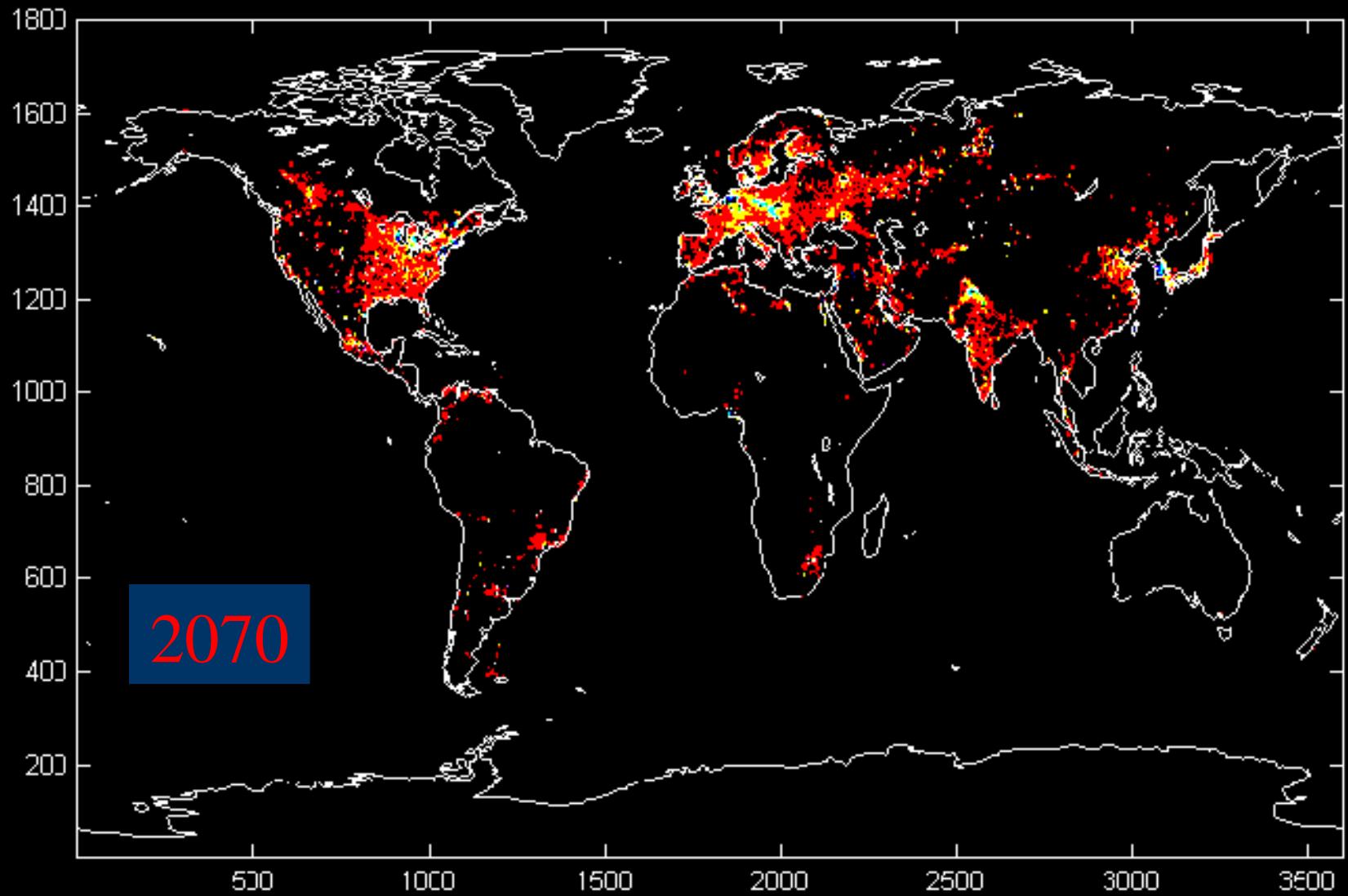


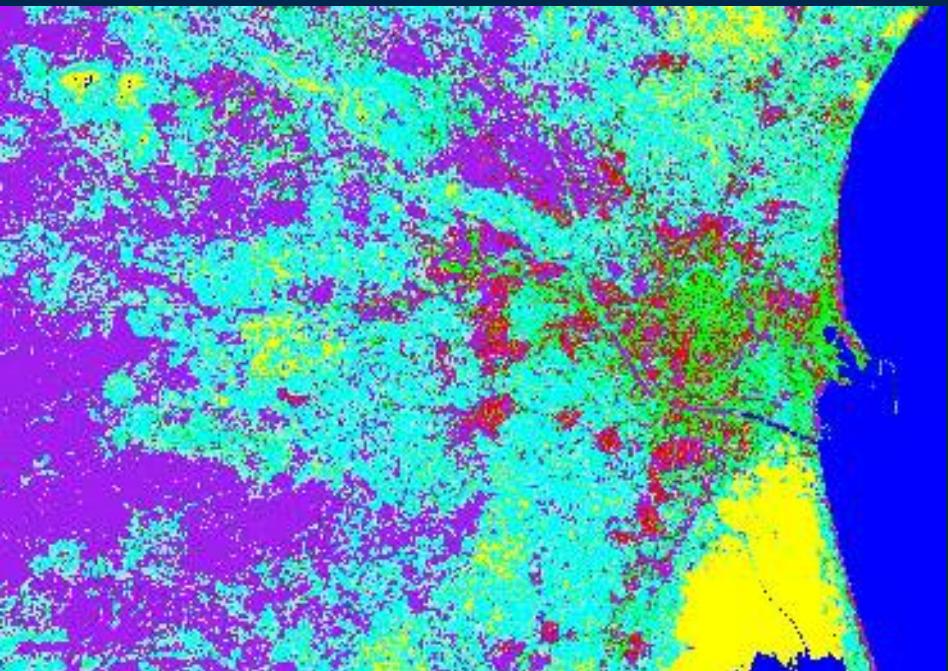
Image: H-J Schellnhuber

# Simulated Night Lights

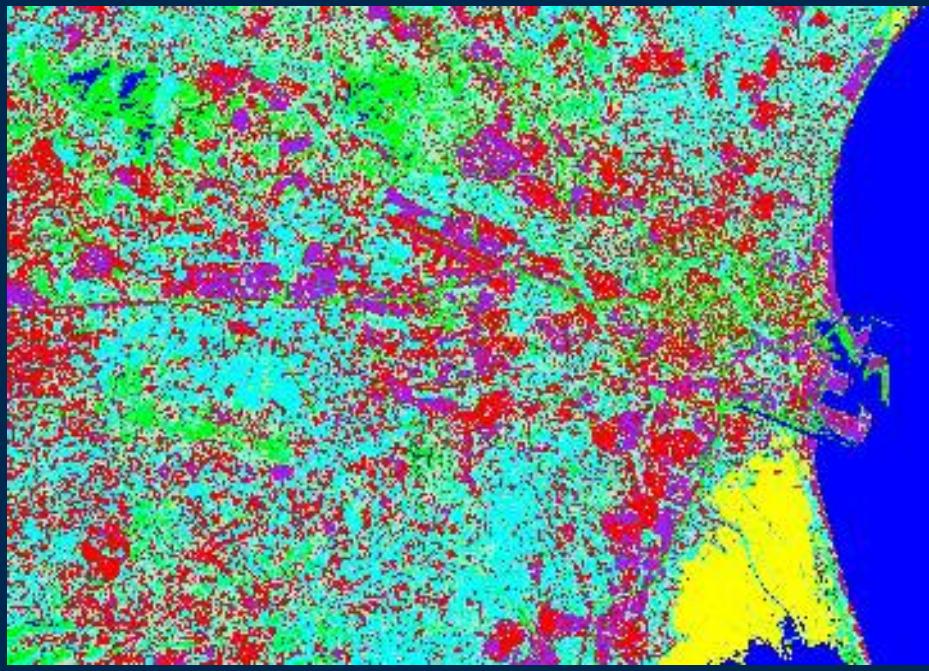


Image: H-J Schellnhuber





1987



2009

“Dual-use European Security IR Experiment 2008”

# DESIREX 2008

Contract No. 21717/08/I-LG

**J. A. Sobrino (IP)**

<sup>1</sup>, G. Sòria<sup>1</sup>, J. C. Jiménez-Muñoz<sup>1</sup>, R. Oltra-Carrió<sup>1</sup>, J. Cuenca<sup>1</sup>, V. Hidalgo<sup>1</sup>, B. Franch<sup>1</sup>, C. Mattar<sup>1</sup>, M. Romaguera<sup>1</sup>, Y. Julien<sup>1</sup>, R. Bianchi<sup>2</sup>, M. Paganini<sup>2</sup>, A. Fernández-Renau<sup>3</sup>, J. A. Gómez<sup>3</sup>, E. de Miguel<sup>3</sup>, Ó. Gutiérrez<sup>3</sup>, M. Jiménez<sup>3</sup>, E. Prado<sup>3</sup>, R. Rodríguez<sup>3</sup>, I. Ruiz<sup>3</sup>, F. Nerry<sup>4</sup>, G. Najjar<sup>4</sup>, P. Kastendeutch<sup>4</sup>, M. Pujadas<sup>5</sup>, F. Molero<sup>5</sup>, J. F. Moreno<sup>6</sup>, L. Alonso<sup>6</sup>, F. Fernández<sup>7</sup>, E. Galán<sup>7</sup>, R. Cañada<sup>7</sup>, E. Hernández<sup>8</sup>, J. Hidalgo<sup>9</sup>, J. Á. Acero<sup>9</sup>, J. M. Romero<sup>10</sup>, F. Moya<sup>10</sup>, L. Gimeno<sup>11</sup>

<sup>1</sup>University of València – Global Change Unit (GCU) <sup>2</sup> European Space Agency (ESA), <sup>3</sup>Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), <sup>4</sup>Louis Pasteur University – LSIIT , <sup>5</sup>CIEMAT, <sup>6</sup>University of València – Laboratory of Earth Observation Unit (LEO), <sup>7</sup>Universidad Autónoma Madrid (UAM), <sup>8</sup>Universidad Complutense Madrid (UCM), <sup>9</sup>Labein-Tecnalia (LABEIN), <sup>10</sup> Madrid City Council, <sup>11</sup>University of Vigo.

## Participantes:50

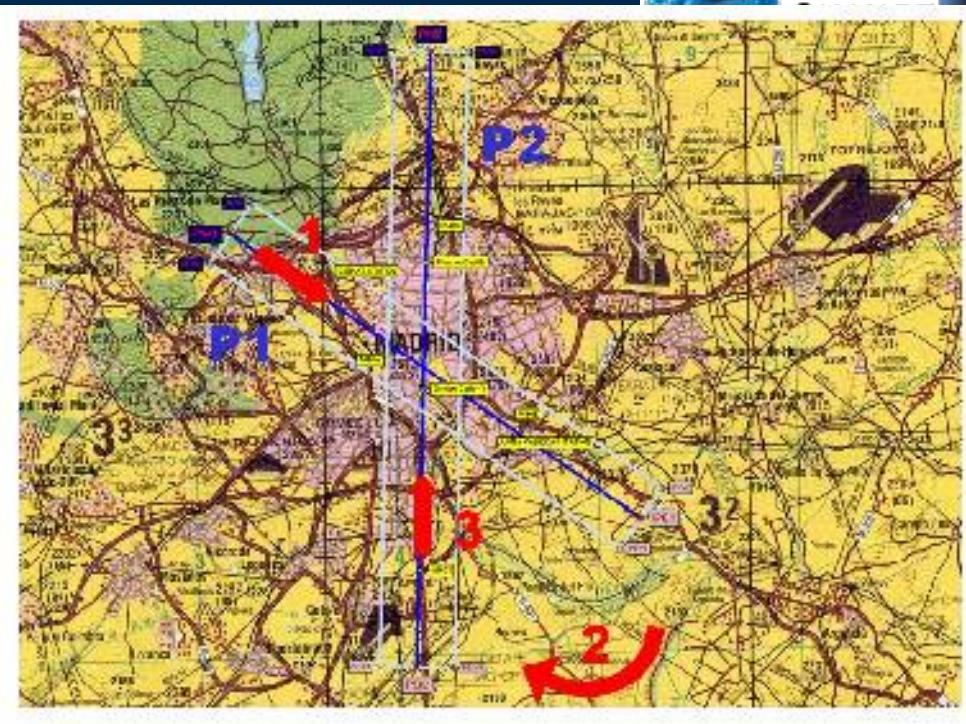
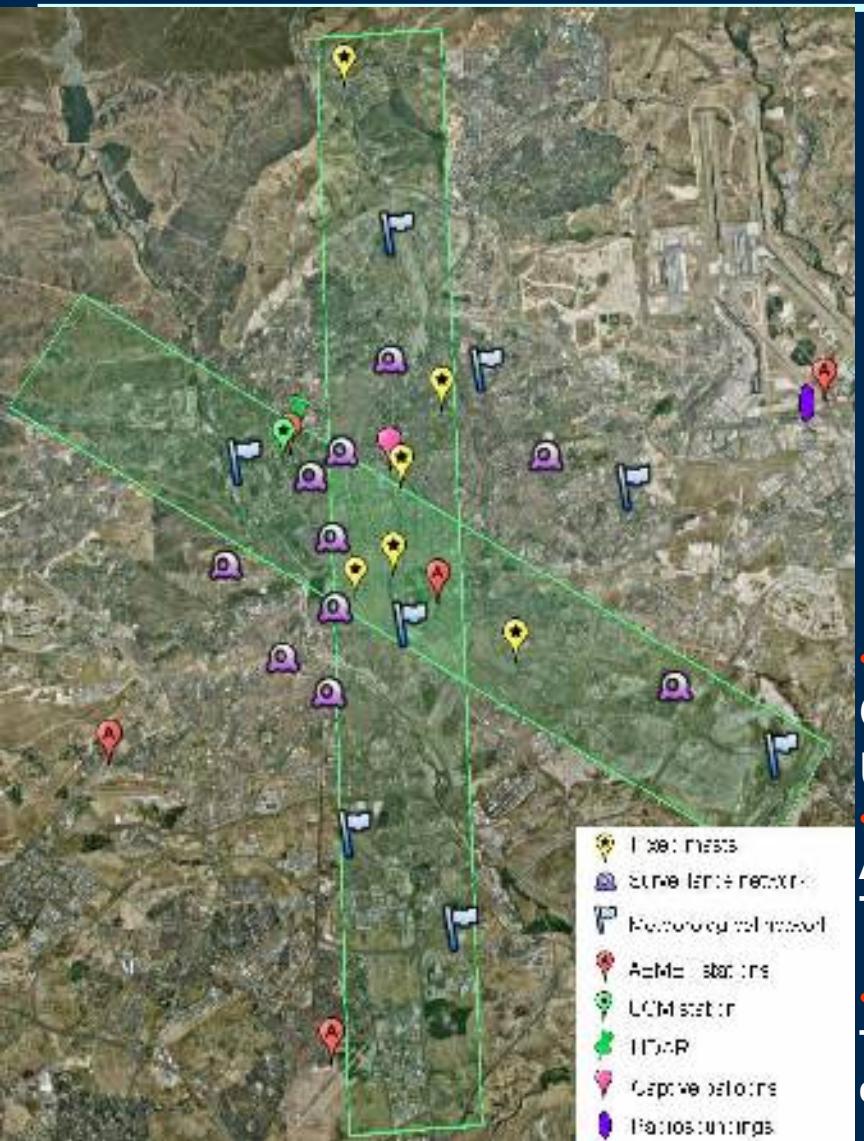
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA



23 Junio al 6 julio 2008

- ★ Se reconoce necesidad **sensor termico de alta resolución** para Europa (ESRIN Workshop 17 octubre 2006)
- ★ DESIREX 2008 en el marco de las actividades de **Reorientation of the Fuegosat Consolidation Phase of the Earth Watch Programme**
- ★ **Dual-Use:** Además de Isla de Calor (for microclimate, energy conservation, carbon emission limitation) **Seguridad** (recognition, industrial operations causing thermal anomalies, waste management, landfill monitoring, ...) identificadas como relevantes en GMES por su impacto en las políticas de la EC
- ★ En este contexto DESIREX 2008 anticipó la generación de datos térmicos de alta resolución en apoyo a estudios de Isla de Calor con la organización de la campaña en Madrid
- ★ En muchas ciudades las estaciones de medida están localizadas en parques y aeropuertos, no representativas del entorno urbano, red dispersa, poco densa, impide estimar gradientes dentro de la ciudad
- ★ **Objetivos**  
**Adquirir medidas simultaneas: in situ, a bordo de avión y desde satélite** para generar una completa base de datos que permita abordar el seguimiento de la UHI y evaluar los requerimientos necesarios para desarrollar un sistema operativo desde satélite

# DESIREX 2008: MADRID



## • Imágenes AHS (avión)

Oeste-Este (Pozuelo-Vallecas), Sur-Norte (Getafe UAM). Cruzan Cibeles.

## • Imágenes Satélite

ASTER/TERRA, AATSR/ENVISAT, MODIS/TERRA and AQUA, TM/Landsat, AVHRR/NOAA and SEVIRI/MSG.

## • Datos atmósfera y suelo

Taire, Humedad, sondeos, aerosoles, LST, velocidad y dirección viento, emisividad, reflectividad, etc



# IMÁGENES AHS (INTA)

Airborne Hyperspectral System (AHS)  
Operated by INTA



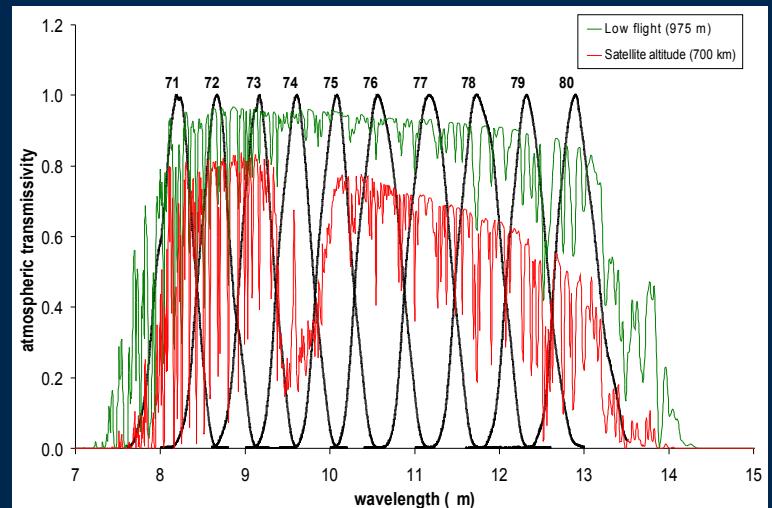
30 Flight Lines

- Time: 11h, 21h, 4h (UTC)
- Spatial resolution: 2, 4, 6 m.
- 1600, 2500, 3400 m altura
- 1000 Km longitud imágenes

80 bands

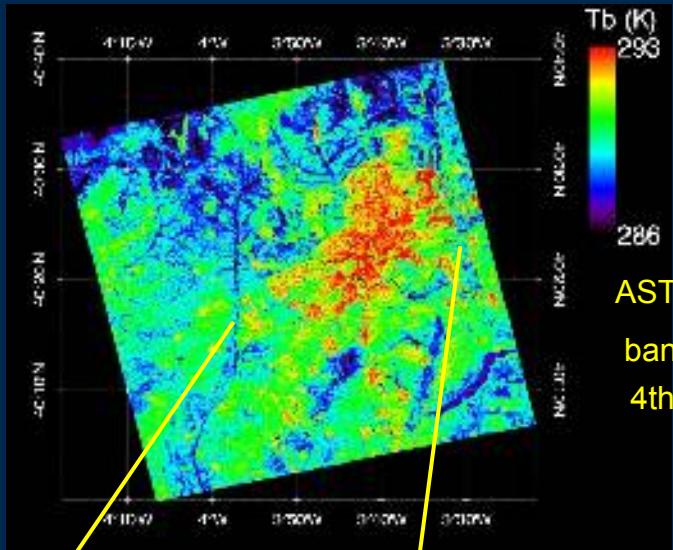
**VNIR, SWIR, MIR, TIR**

INTA C-212-200 EC-DUC aircraft





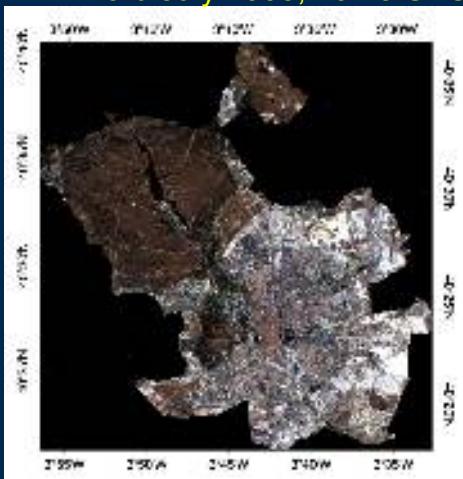
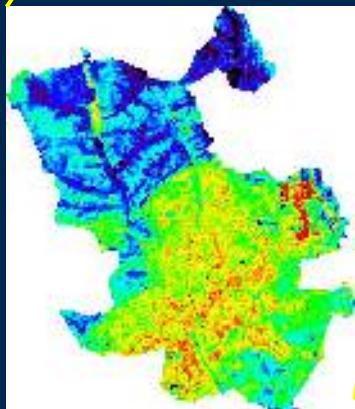
# IMÁGENES SATÉLITE



ASTER-10  
imágenes

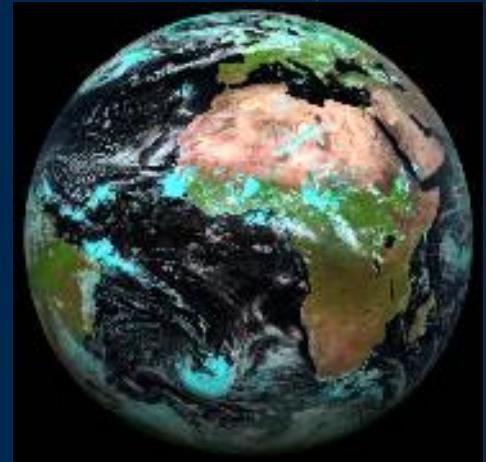
ASTER TIR  
band 13 (10.66 um)  
4th July 2008 22.12UTC

Landsat RGB  
3rd July 2008, 10.43 UTC



MODIS RGB  
28th June 2008,  
13.13 UTC

SEVIRI false colour  
28th June 2008, 12.00 UTC



## Antenas



NOAA-AHVR



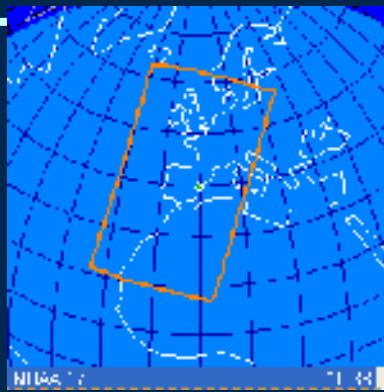
TERRA/AQUA-MODIS



MSG-SEVIRI

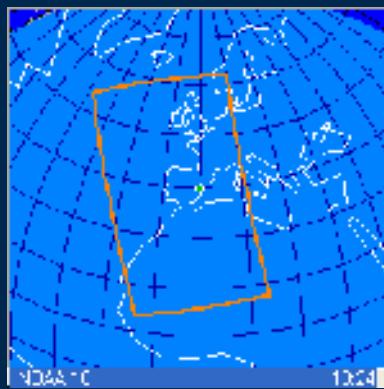
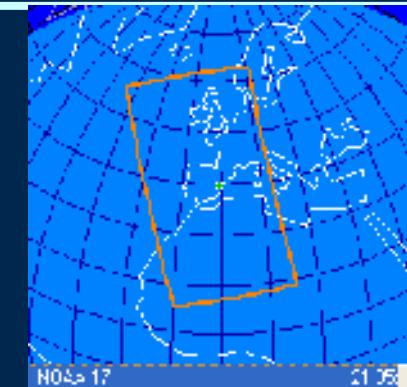


# Sensor AVHRR, a bordo de NOAA



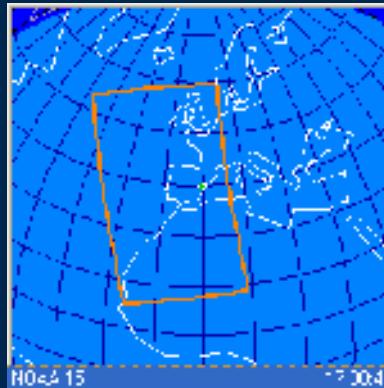
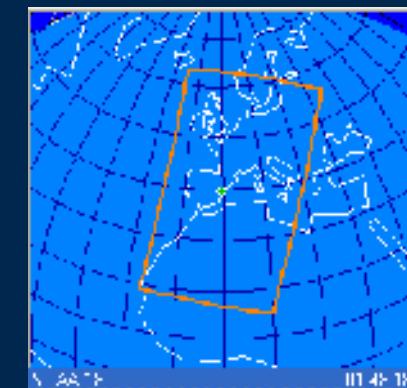
Imágenes del NOAA – 17  
con cobertura completa de la península:  
10:00 - 11:40                    20:45 - 22:40

Aprox. 1 imagen diaria en cada intervalo



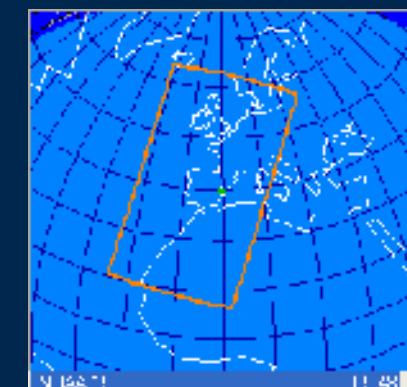
Imágenes del NOAA – 18  
con cobertura completa de la península:  
12:30 - 14:10                    01:15 - 03:00

Aprox. 1 imagen diaria en cada intervalo



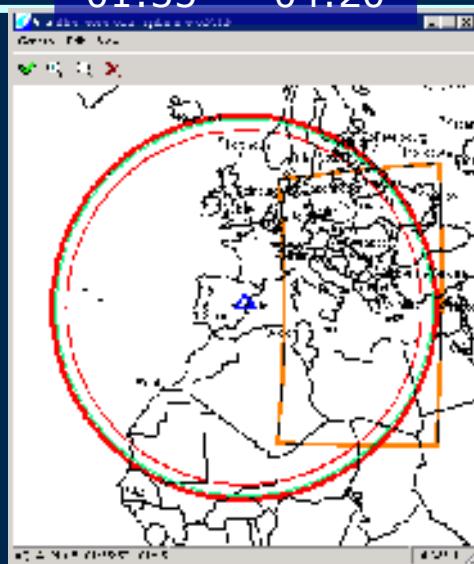
Imágenes del NOAA – 15  
con cobertura completa de la península:  
16:00 - 17:50                    05:00 - 06:50

Aprox. 1 imagen diaria en cada intervalo



# Sensor MODIS, a bordo de AQUA

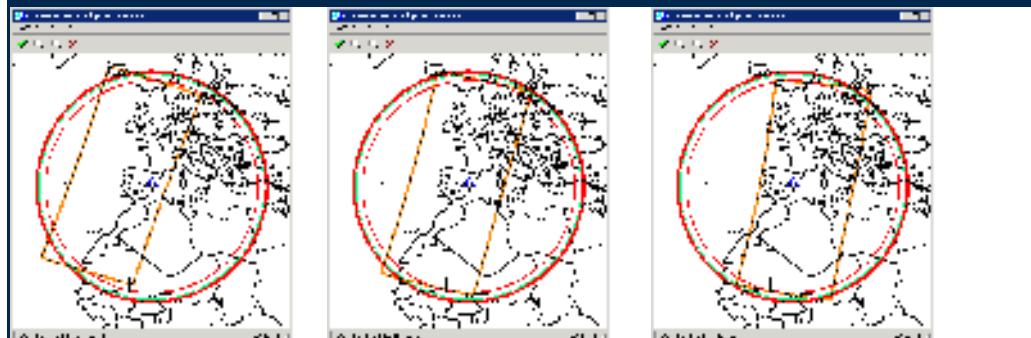
01:35 – 04:20



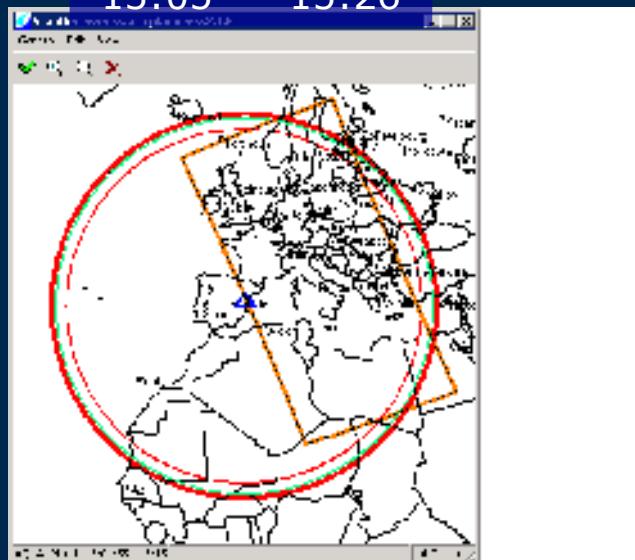
Imágenes con cobertura completa de la península:  
Días (febrero/marzo) [27](#), [28](#), [29](#), [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#), [7](#), [8](#), ...

02:40

03:40



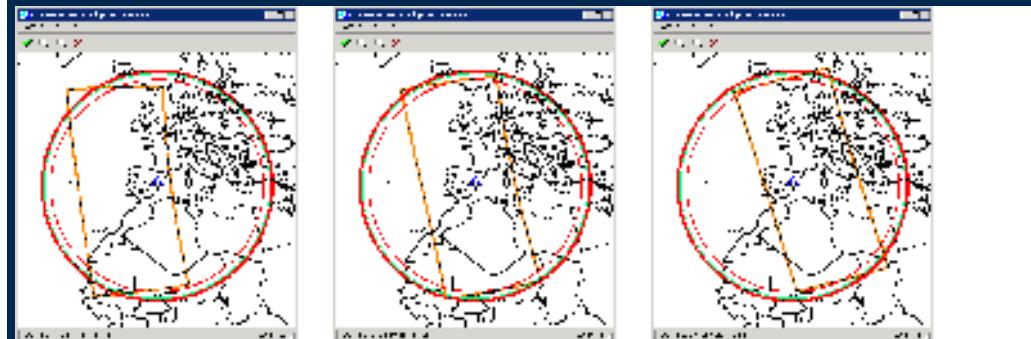
13:05 – 15:26



Imágenes con cobertura completa de la península:  
Días (febrero/marzo): [27](#), [28](#), [29](#), [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#), [7](#), [8](#), ...

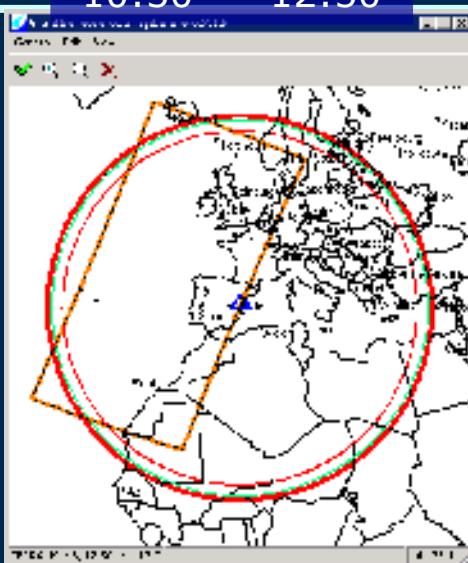
13:40

14:40



# Sensor MODIS, a bordo de TERRA

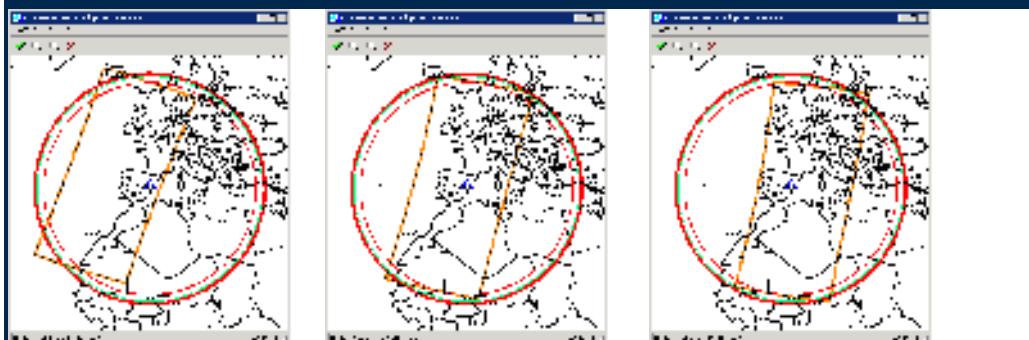
10:30 - 12:50



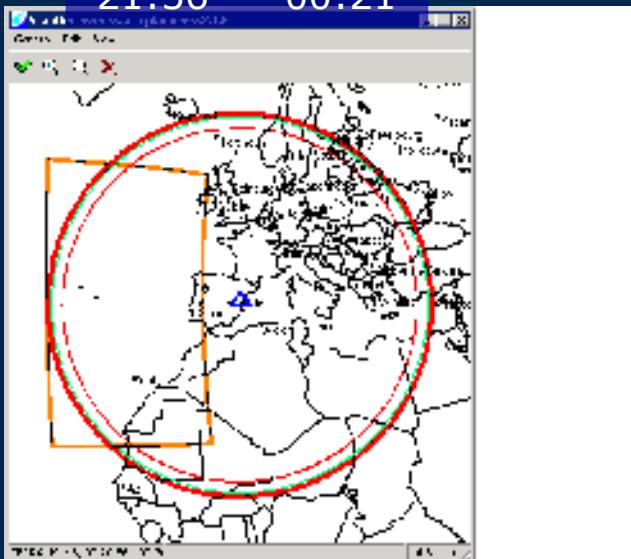
Imágenes con cobertura completa de la península:  
Días (febrero/marzo) 27, 28, 29, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, ...

11:36

12:37



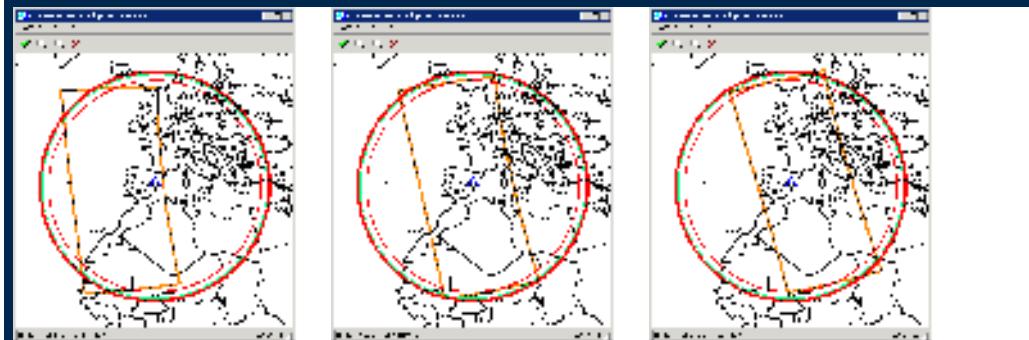
21:36 - 00:21



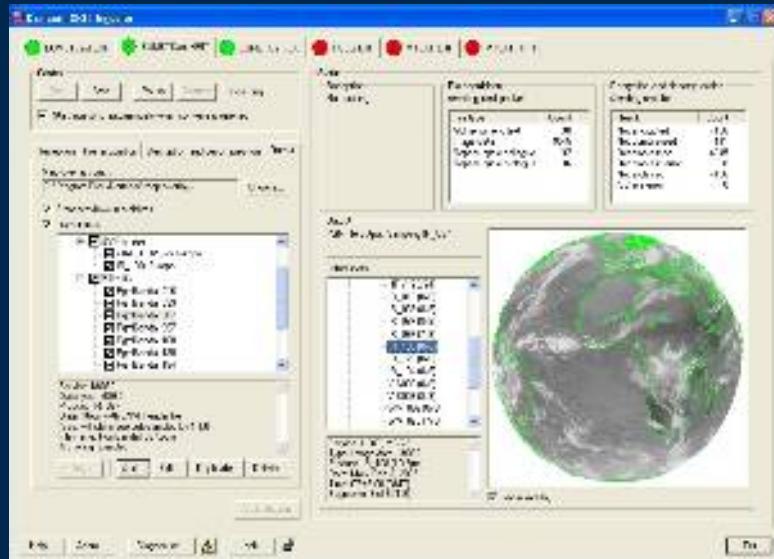
Imágenes con cobertura completa de la península:  
Días (febrero/marzo): 27, 28, 29, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, ...

22:40

23:40



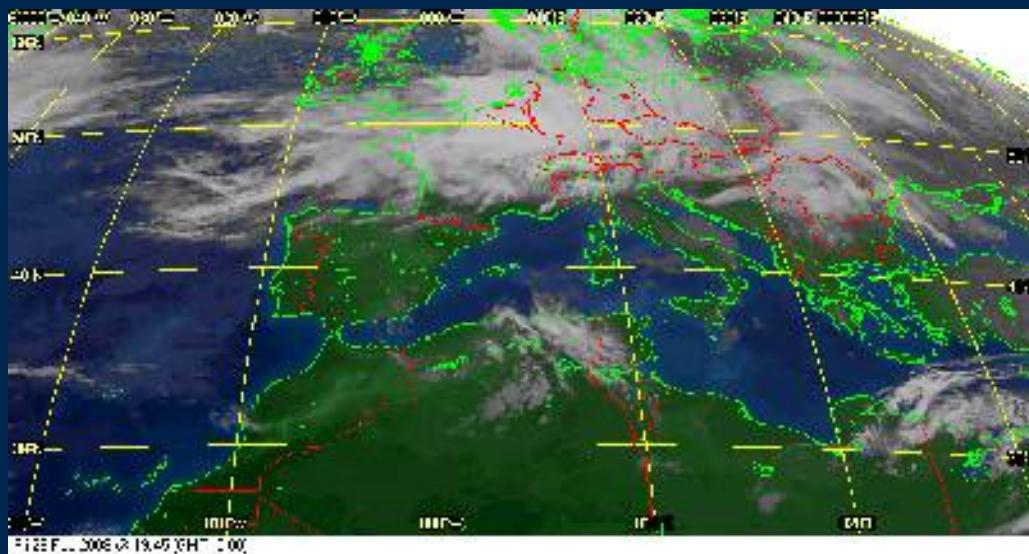
# Sensor SEVIRI, a bordo de METEOSAT - MSG



Geoestacionario,  
cobertura total de la  
península.

Se almacenan imágenes  
cada 15 minutos.

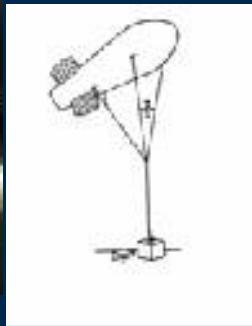
96 imágenes diarias.



## DATOS ATMOSFERICOS

### RADIOSONDEOS

2 diarios en Barajas, measuring: Pressure, Temperature, Relative Humidity, Wind direction, Wind Speed, ...

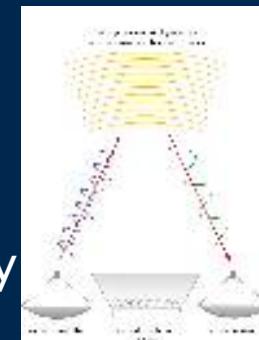


### CAUTIVOS

Coincidently with AHS flights, launched at **Nuevos Ministerios**. Measuring Wet and Dry Temperature, Pressure, Relative Humidity, Wind Speed and Wind direction

### SODAR-RASS

Every 20 min, **in the Almudena Cemetery**. Measuring wind speed, wind direction, mixed layer depth, temperature, atmospheric stability



# ATMOSPHERIC WATER VAPOUR CONTENT

Flight Lines:

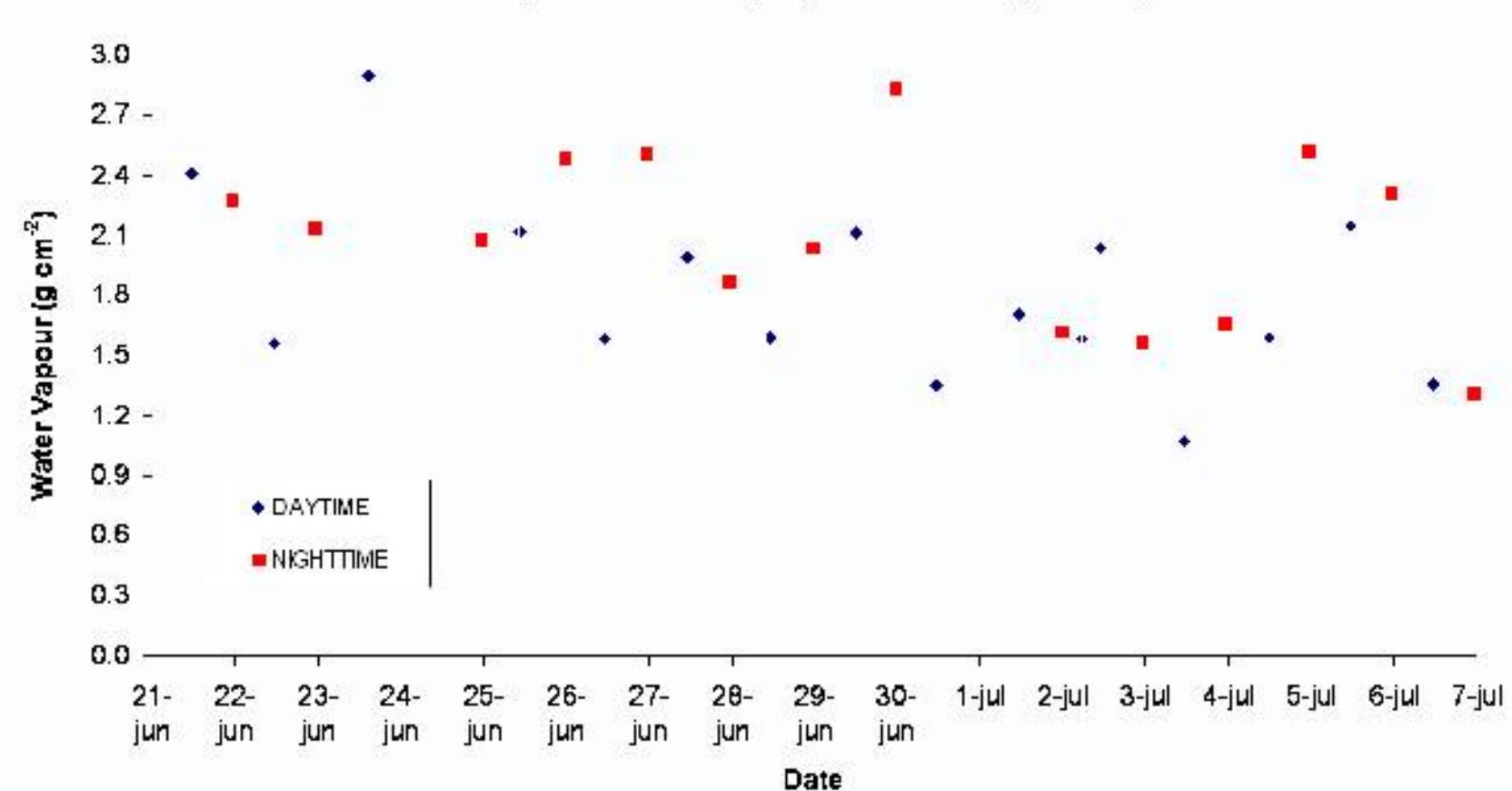
11h,  
22h,  
04h

11h,  
21h

11h,  
21h,  
04h

11h,  
22h

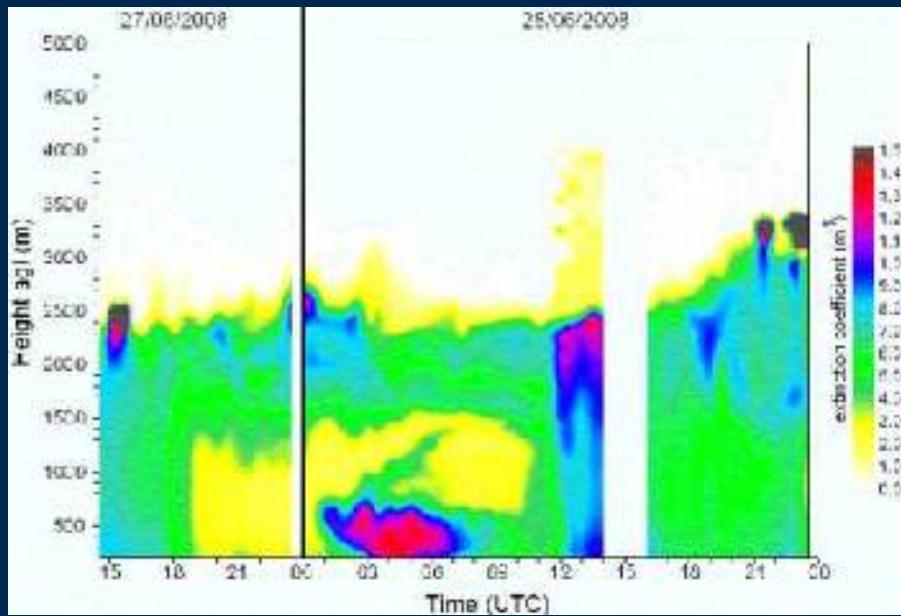
Water vapour content (daytime and nighttime)



# LIDAR

## CIEMAT

- Determine the diurnal evolution of the aerosols vertical structure
- Vertical characterization with continuous data acquisition of 1-minute files, averaged later on to 5-min profiles



Extinction coefficient profiles during 27th and 28th June

# TEMPERATURA AIRE



AEMET estaciones en:

## Station name

Madrid-Parque Retiro

Madrid Barajas

Madrid-Cuatro vientos

Madrid Getafe

Madrid-Ciudad Universitaria

Madrid -Torrejón de Ardoz

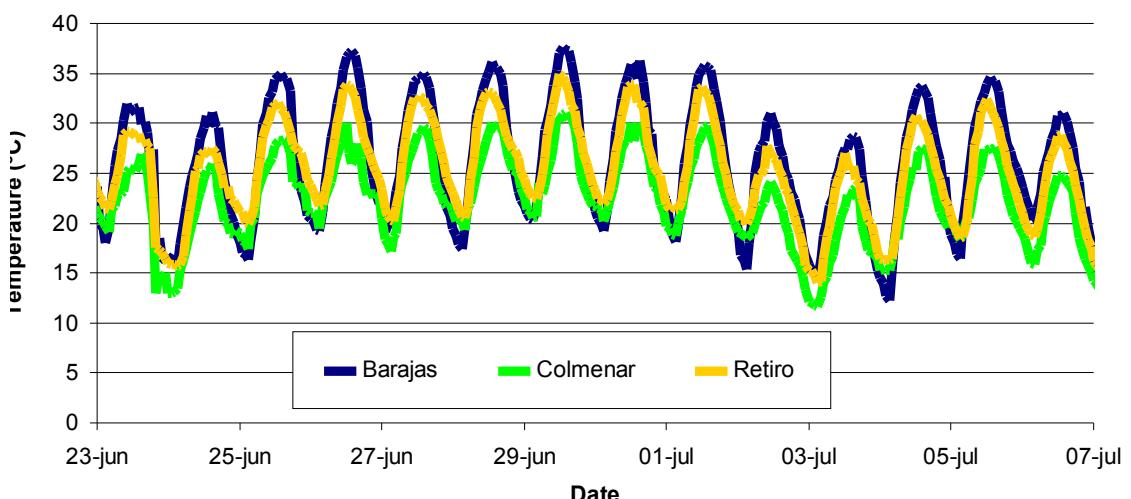
Arganda

Colmenar Viejo

Evolución diaria  
Taire durante  
campaña



Temperature AEMET



## Medidas suelo

### Thermal Radiometric Measurements:



### Solar Range Measurements:



### Radiation balance measurements:



### Air Temperature, Relative Humidity and Wind Speed and Direction measurements:



## Zonas Cal/Val

UAM



Palacio Real



Parque del retiro



# Building at the Government and Urbanism Area



## Printing at Madrid's downtown



## Telecommunications building at Madrid's downtown



CSIC



Hierba  
(Rugby)  
UAM



Reflectividad y temperatura  
medidas simultáneamente paso  
avión/satélite

Diferencias Tsuelo-Tagua >15 K

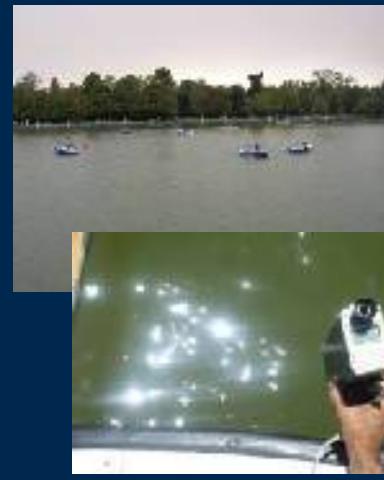
Suelo Desnudo  
(Futbol)  
UAM



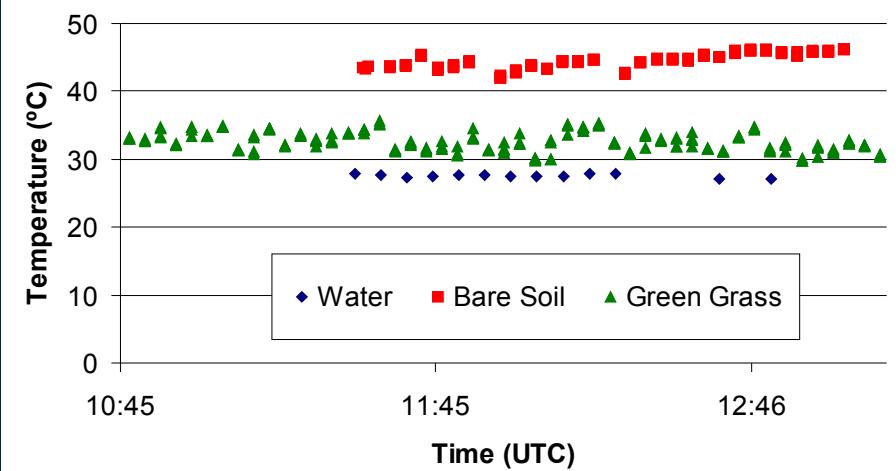
Palacio Real



Retiro (Agua)



Transect - 01 July 11 UTM



# MASTILES FIJOS



UAM



Imprenta



CSIC

Medidas continuas Taire,  
HR, velocidad y dirección  
viento, Tradiometrica



Torre Bomberos Vallecas



Ayuntamiento

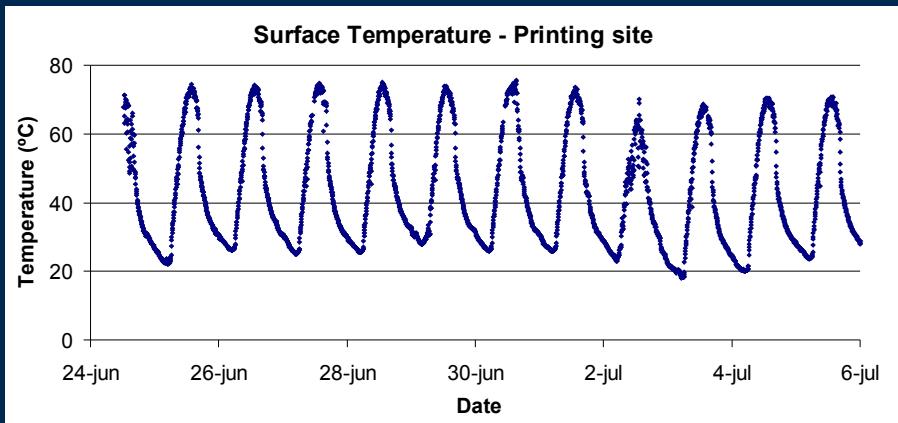


Dpt. Cartografia

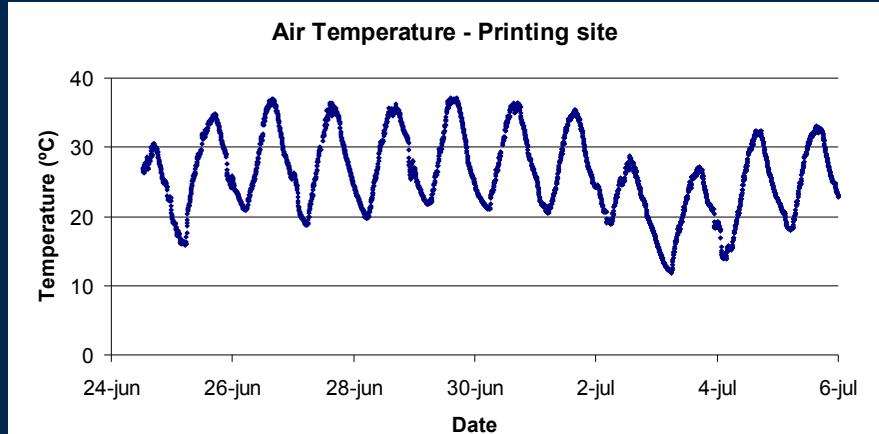
lugar	
Rural /sub-Urban	UAM
Rural /sub-Urban	Fireman park
Urban Dense	CSIC
Urban Dense	New City Hall
Urban Dense	Printing
Urban Medium	Dpt. Cartography

# Mastiles

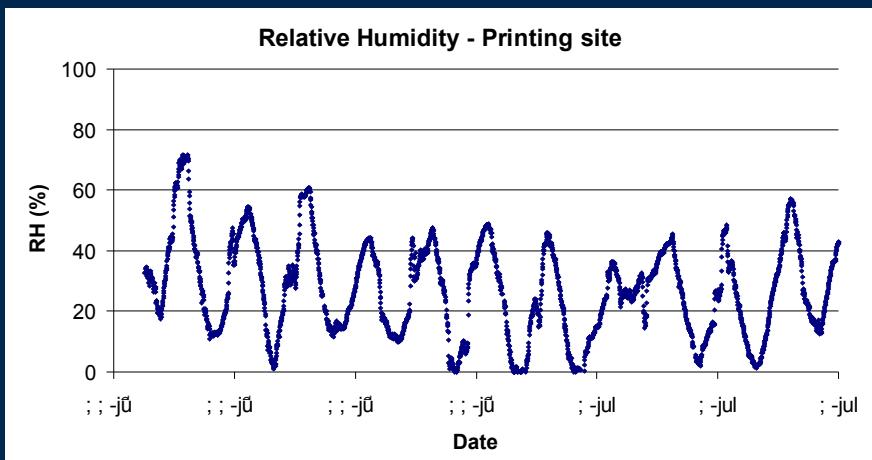
## Evolución Temperatura suelo terraza (tela asfáltica)



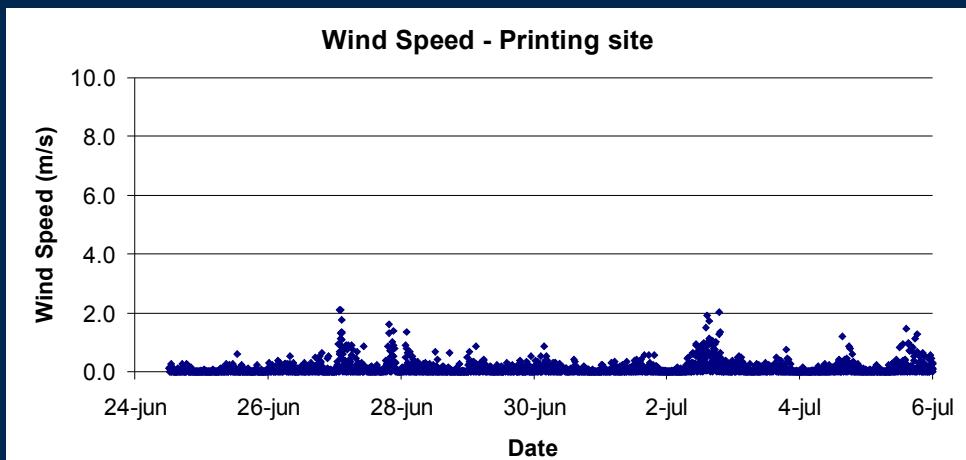
## Evolución Temperatura aire



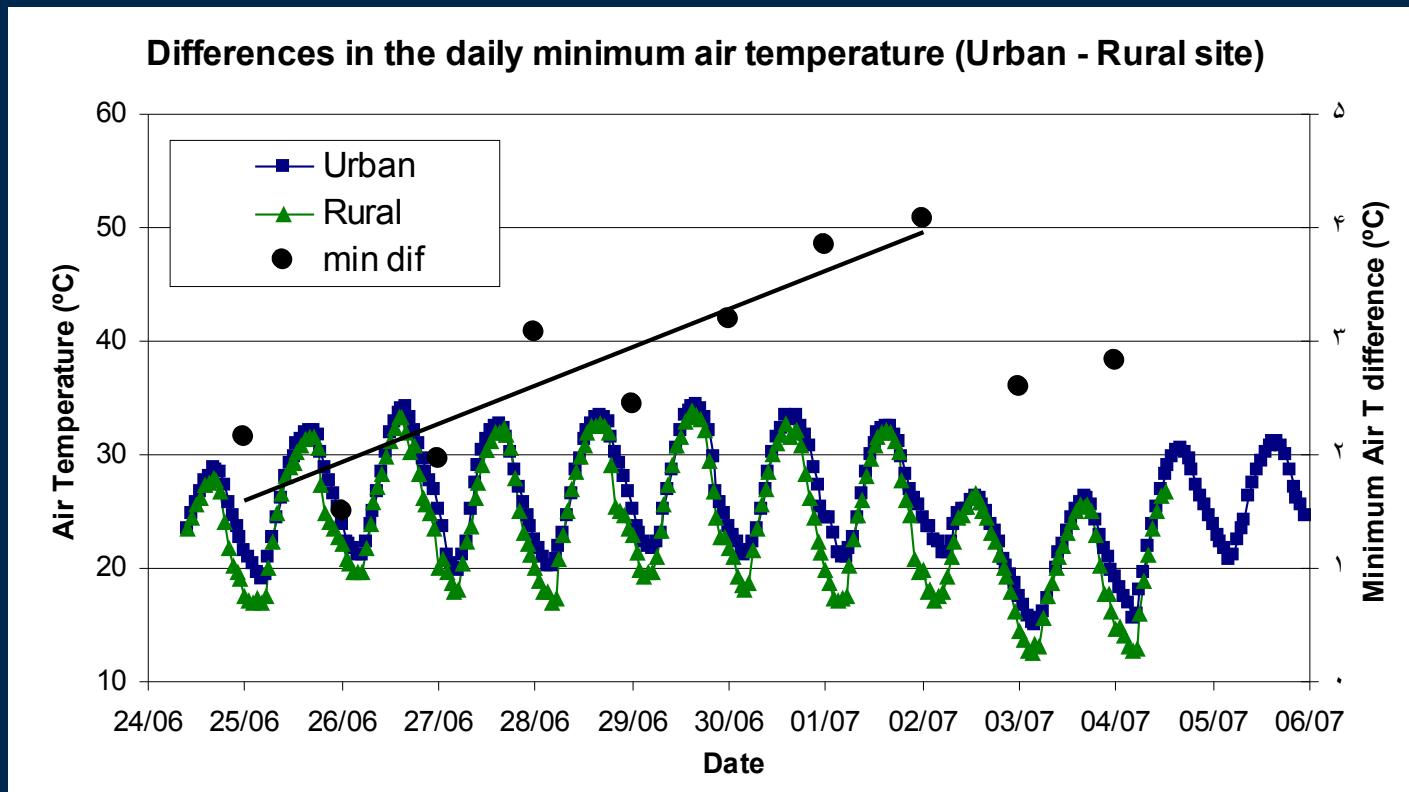
## humedad relativa



## Velocidad viento



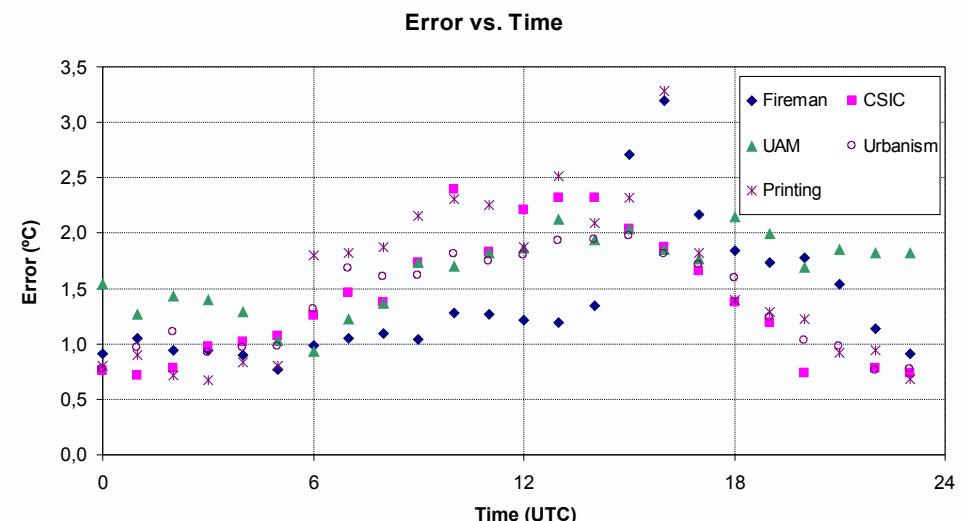
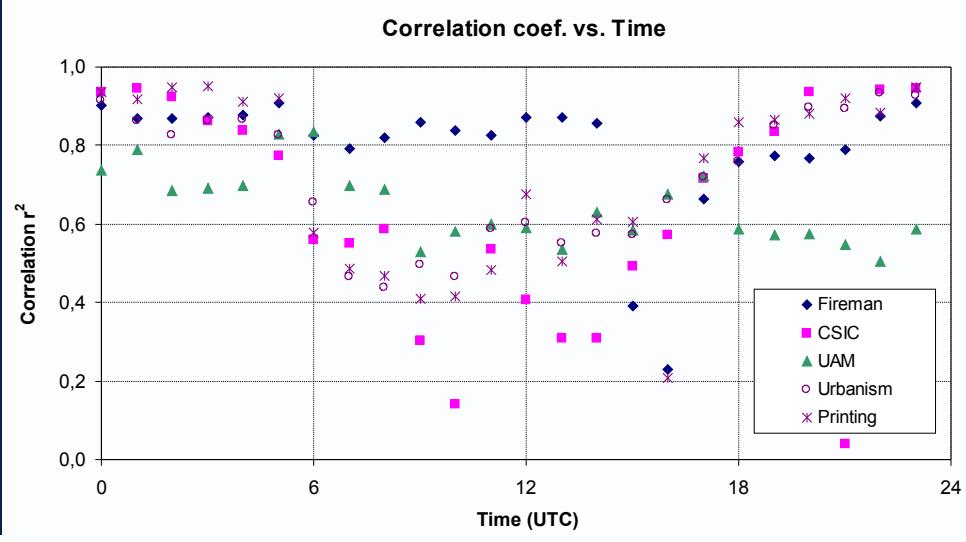
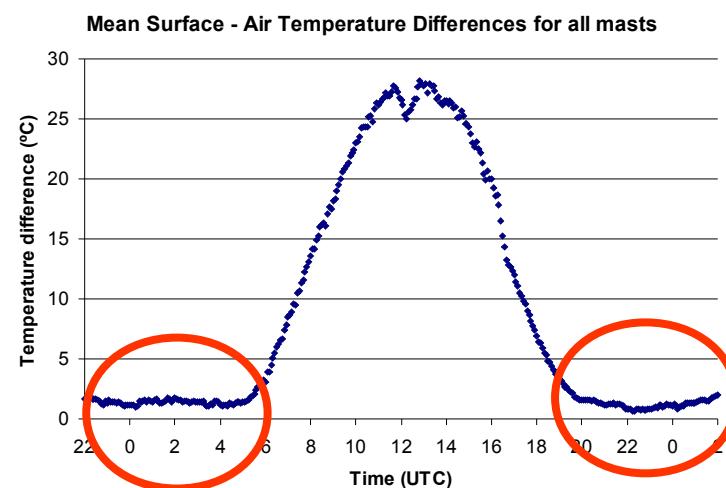
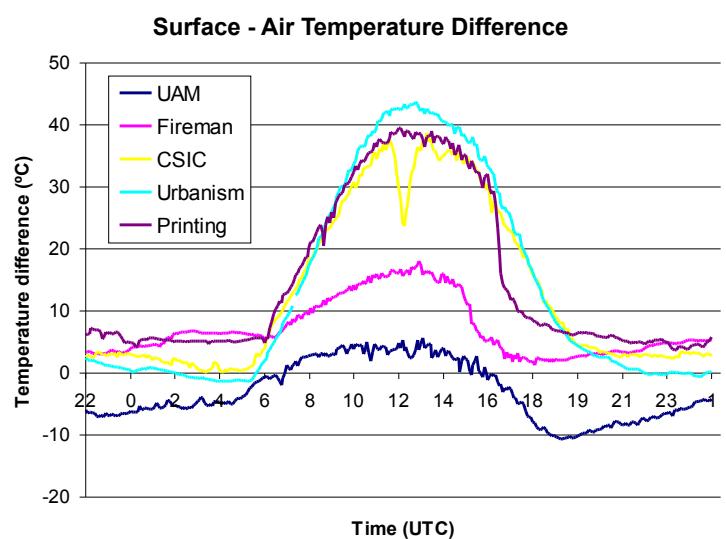
# Evolucion UHI a partir medidas mástiles



4  $^{\circ}\text{C}$

$$UHI = T_{\text{AIRE URBANA}} - T_{\text{AIRE RURAL}}$$

# COMPARACION LST-AIRE



# CARACTERIZACION ESPECTRAL SUPERFICIES URBANAS

Reflectance and Emissivity spectra over different urban surfaces



Asphalt  
Composition



Granite



Concrete



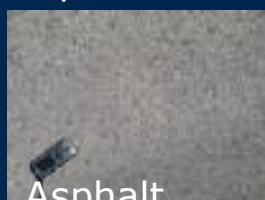
Metallic mesh



Asphalt  
at Parking Lot



Asphalt-1 RP



Asphalt



Red Tile



Manmade floor  
with Rocks



Steel



Asbestos



Pavement



Manmade  
Floor

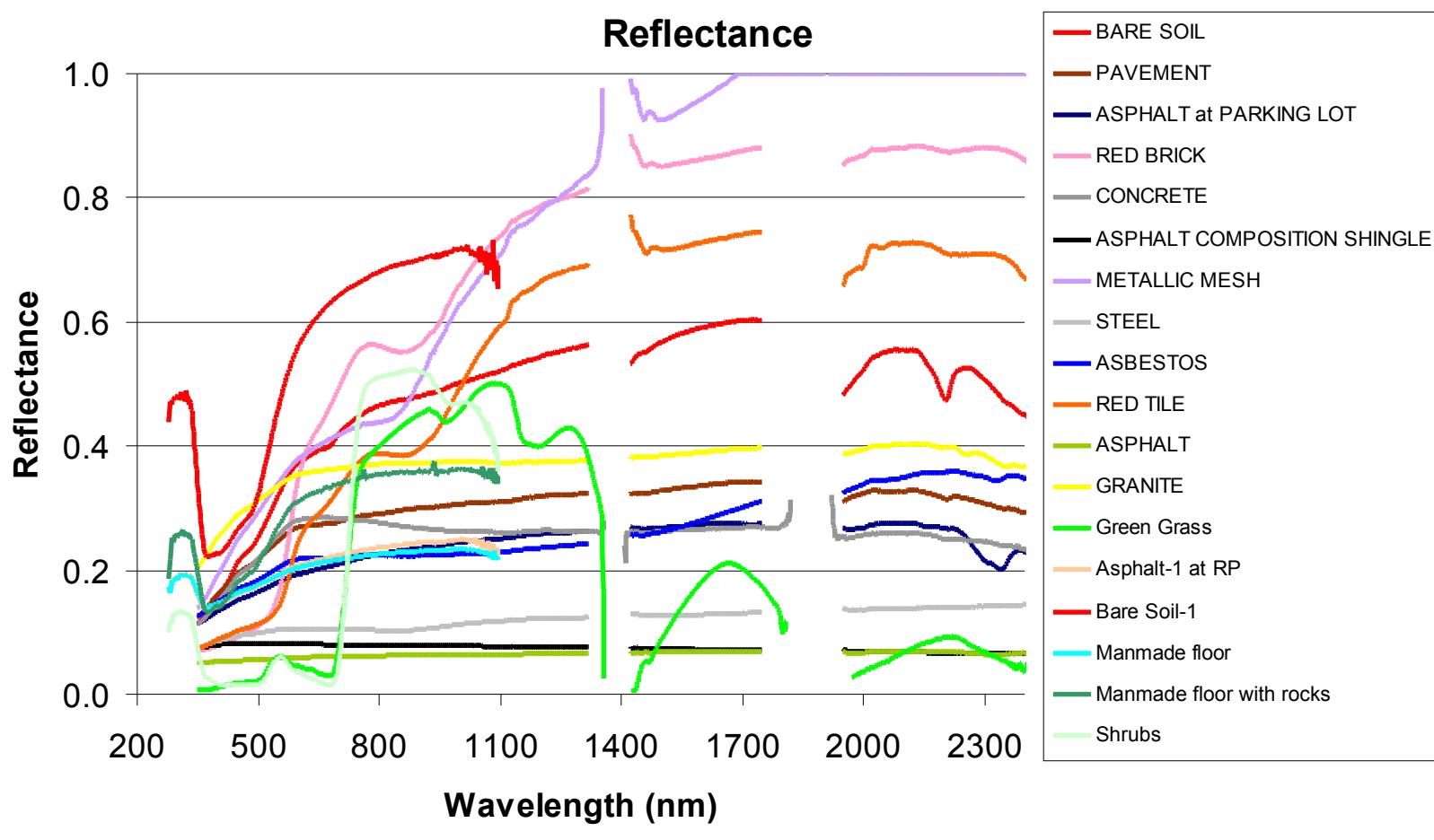


Red Brick

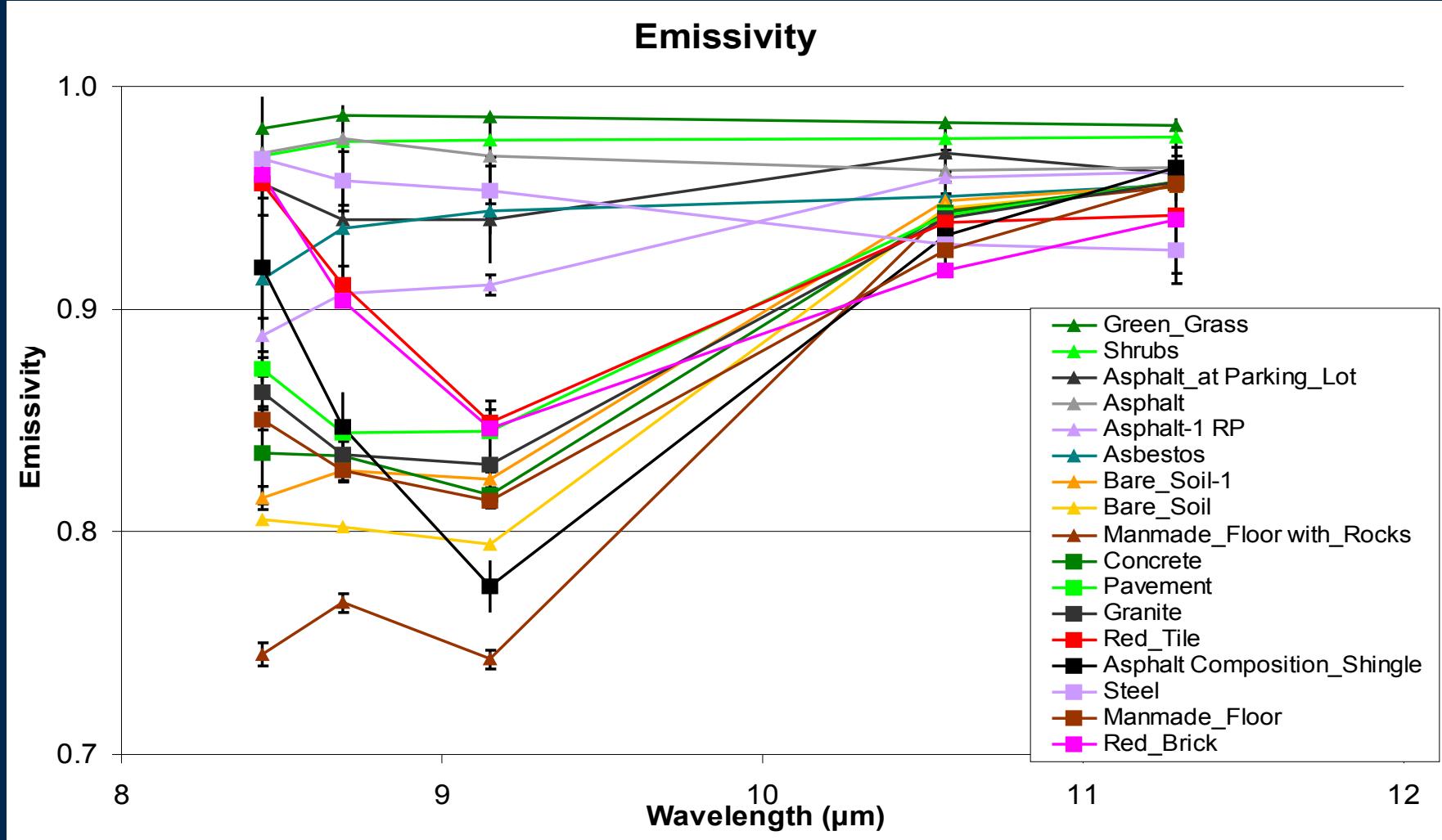


Bare Soil

## LIBRERIA ESPECTRAL REFLECTIVIDADES



# LIBRERIA ESPECTRAL EMISIVIDADES



# TRANSECTOS COCHE



**4 transectos diarios coche 3 veces al día 4h, 11 h y 22 h UTC simultáneos  
AHS. 4 rutas diferentes (Felipe Fernández)**

**Todos los días campaña (excepto 2 noches 26 y 29 Junio)**

**60 minutos duración**

**V cte**



Taire and Hr sonda

TRadiometrica



Datalogger  
Taire, Hr,  
Trad (f=5sec)



GPS

Transecto 1:  
Norte Sur



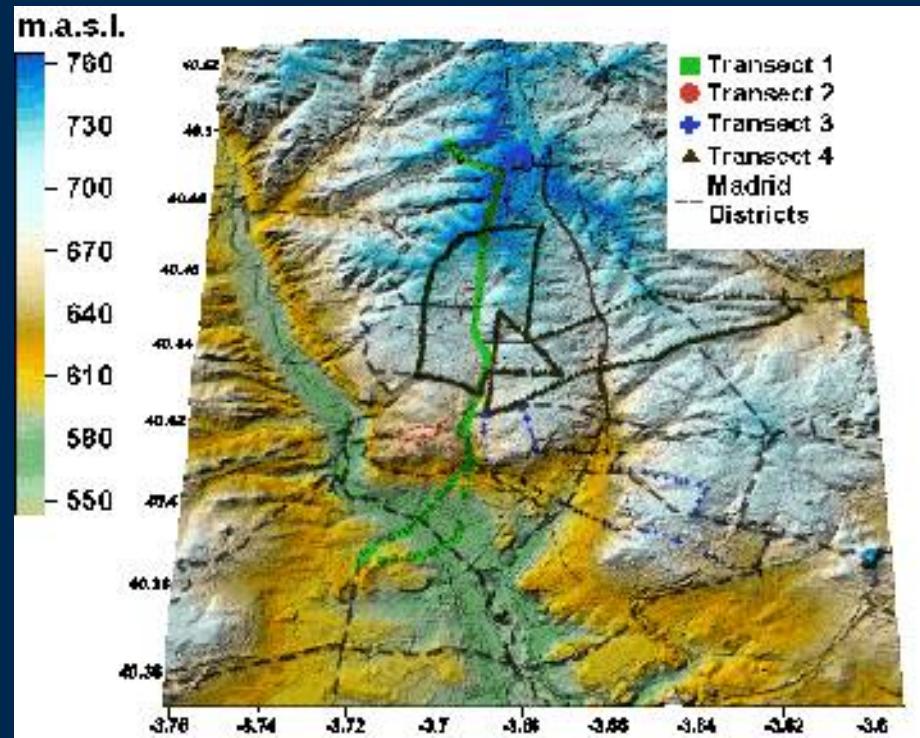
Transecto 2:  
Centro ciudad



Transecto 3:  
Vallecas

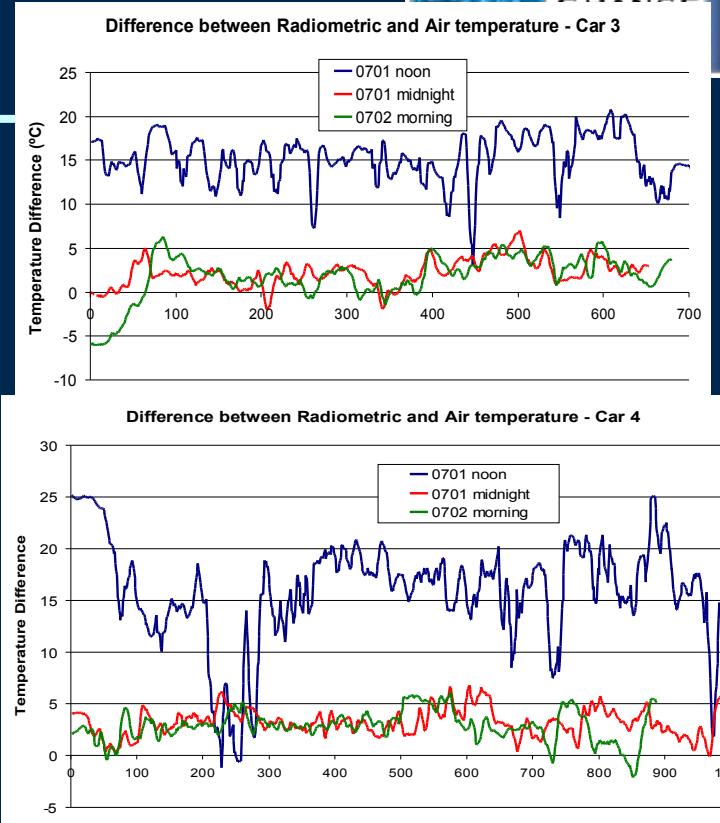
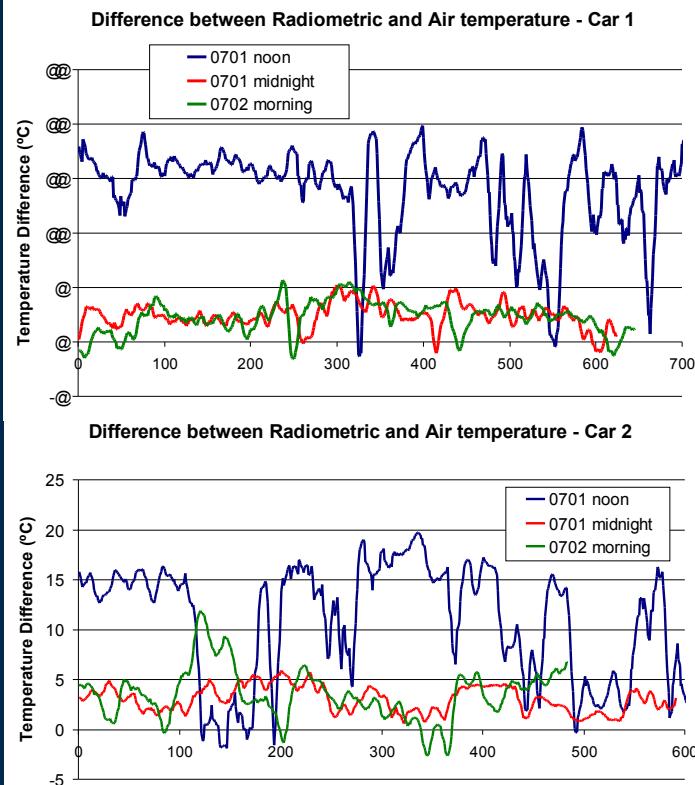


Transecto 4:  
Salamanca



Mean values of  
the differences  
between  
radiometric and  
air temperatures

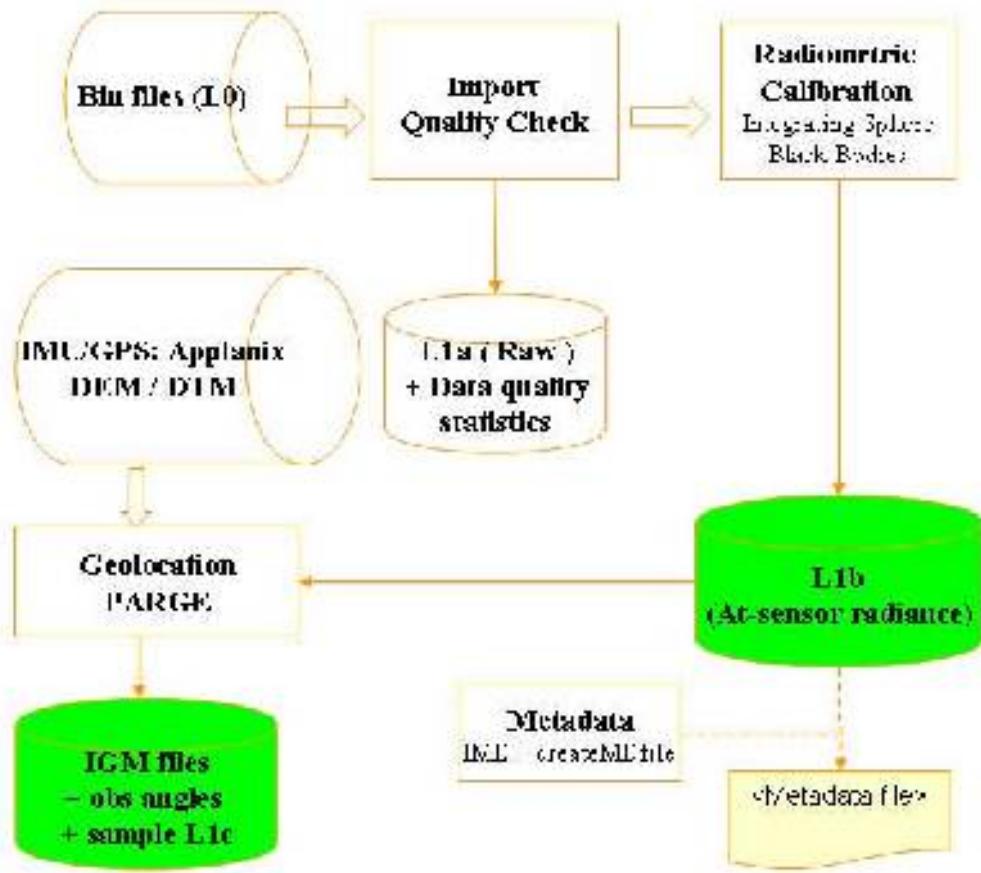
Trad variable



### Mean Temperature Difference (°C)

		Norte-sur	Centro	Vallecas	Salamanca
1st July	Noon	$15 \pm 4$	$11 \pm 6$	$15 \pm 3$	$15 \pm 5$
1st July	Midnight	$2.5 \pm 1.1$	$3.0 \pm 1.3$	$2.3 \pm 1.6$	$3.0 \pm 1.3$
2n July	Morning	$2.3 \pm 1.5$	$4 \pm 3$	$2 \pm 3$	$2.9 \pm 1.5$

# PROCESAMIENTO AHS

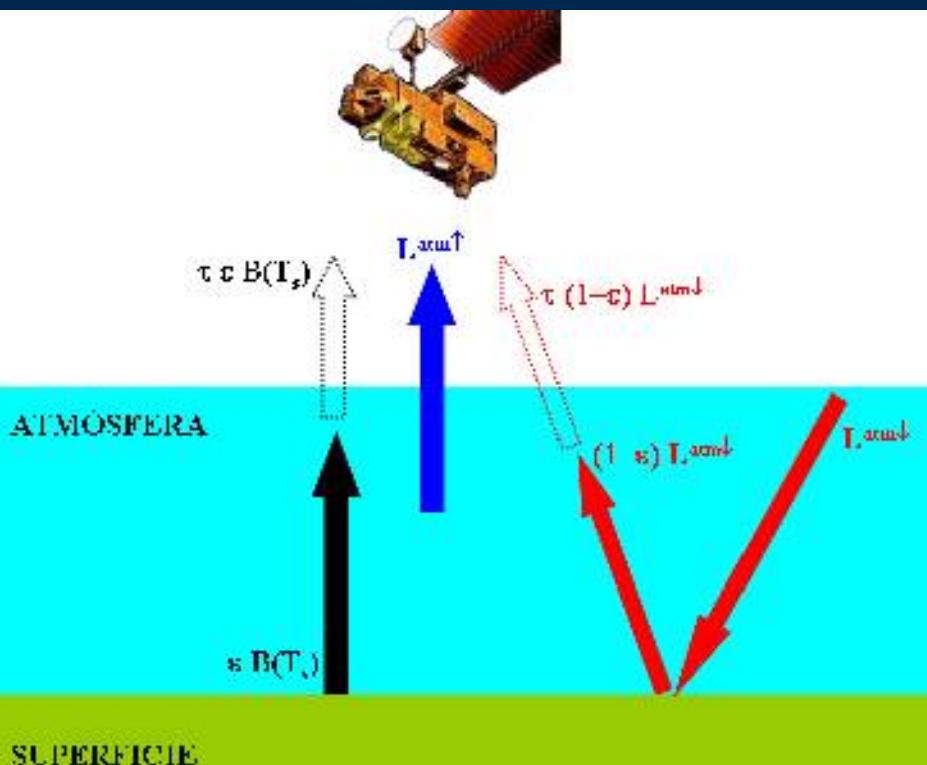


Radiancia  
georeferenciados

# ECUACIÓN DE TRANSFERENCIA RADIATIVA TÉRMICO

$$L_{i,\theta}^{sen} = \varepsilon_{i,\theta} B_i(T_s) + (1 - \varepsilon_{i,\theta}) L_i^{atm} \tau_{i,\theta} + L_{i,\theta}^{atm}$$

↓    
 Ti Tg



## NOMENCLATURA

**Térmico: 8-14 micrómetros**

$\tau$  : transmisividad de la atmósfera

$L_{atm}^{\uparrow}$  : radiancia atmosférica ascendente

$L_{atm}^{\downarrow}$  : radiancia atmosférica descendente

$\theta$  : Ángulo de observación

$B \equiv L^B$ : Función de Planck

$\varepsilon$ : Emisividad de la superficie

$T_s$ : Temperatura de la superficie

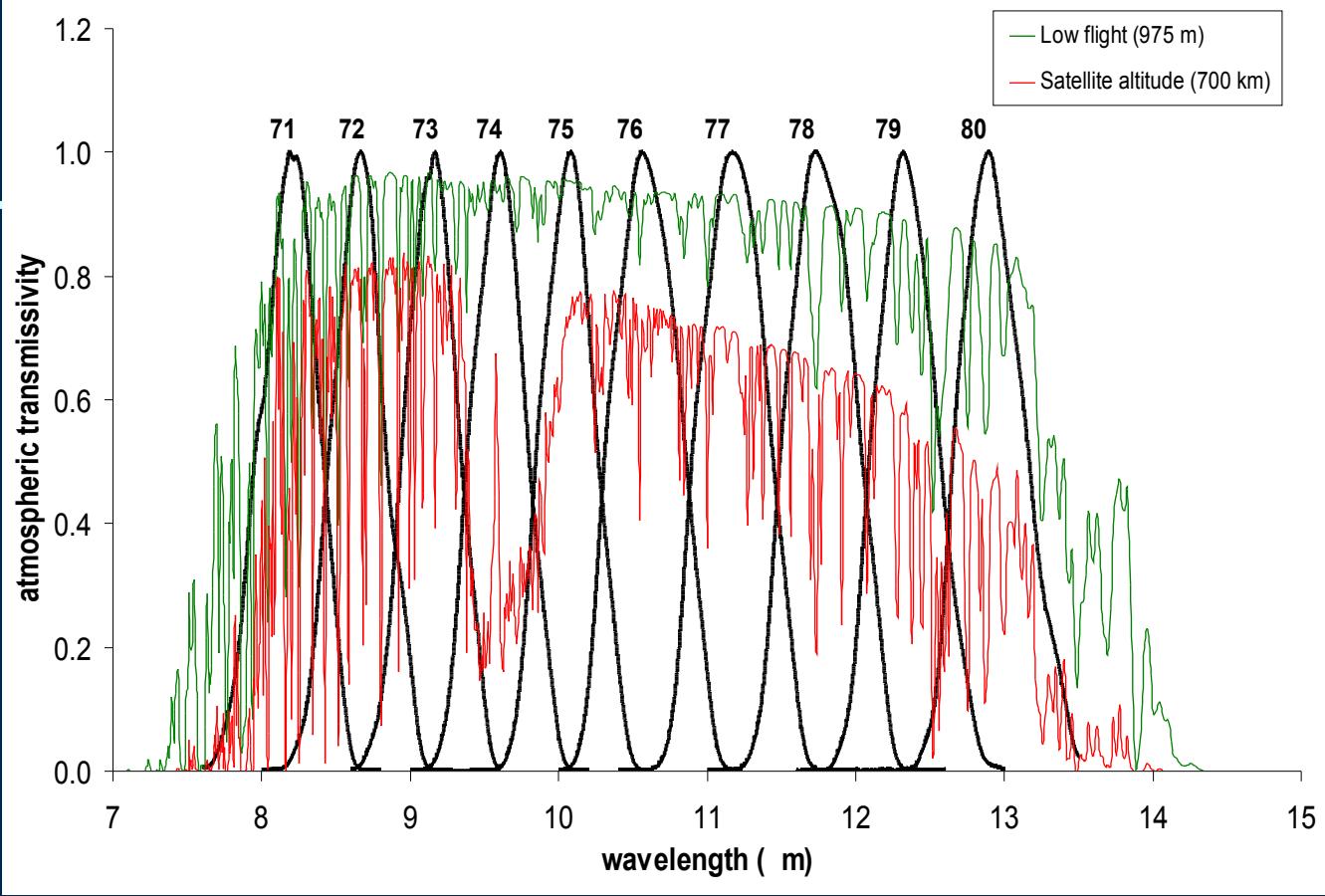
$\lambda \Rightarrow i$  : canal (valores efectivos o integrados)

$L^{sen}$ : Radiancia a nivel del sensor

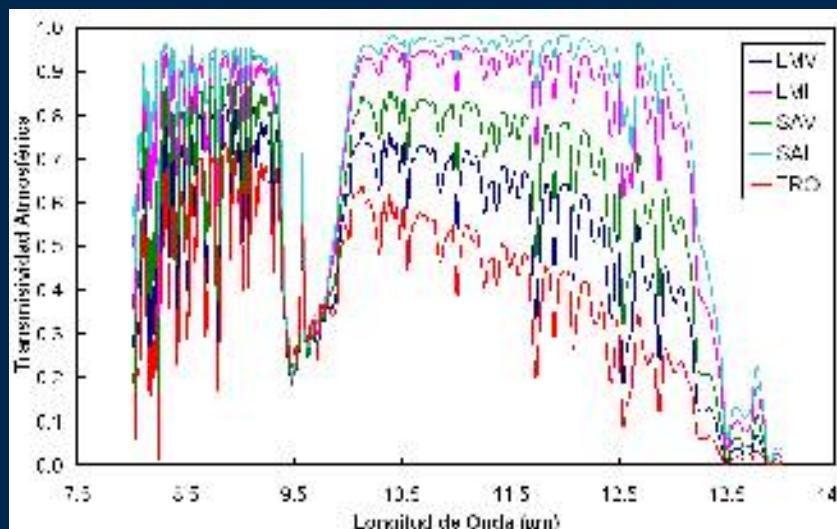
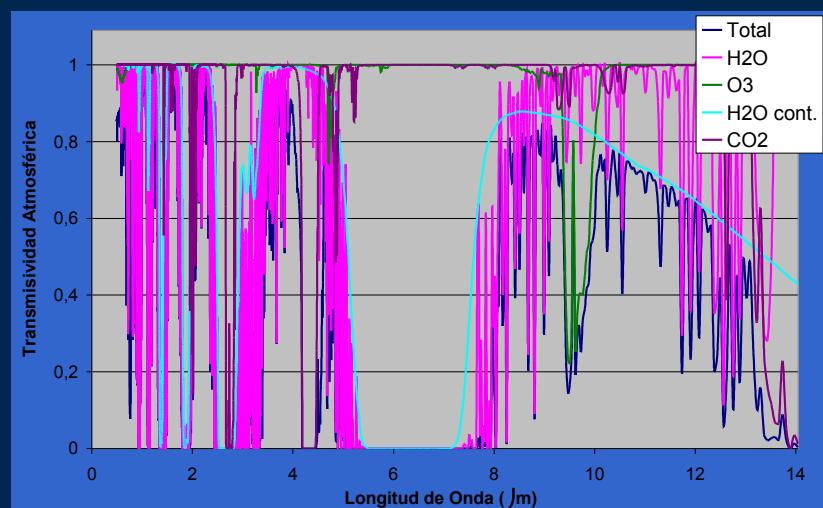
$L^{sen} \equiv B(T_i) \Rightarrow T_i$ : Temperatura radiométrica a nivel del sensor (TEMPERATURA APARENTE > TS)

$L^{sup} \equiv \varepsilon B(T_s) + (1 - \varepsilon) L_{atm}^{\downarrow}$  :radiancia a nivel de superficie

$L^{sup} \equiv B(T_{gi}) \Rightarrow T_{gi}$  : temperatura radiométrica a nivel de la superficie



**Fuerte dependencia tipo atmósfera en la ventana atmosférica (10-12  $\mu\text{m}$ )**



## Vicarious Calibration

The predicted at-sensor radiance (or brightness temperature) for each AHS band (using field measurements and MODTRAN) has been compared with the AHS measured radiance.

### Theoretical Basis: Temperature-Based Method

The at-sensor radiance for each band ( $i$ ) is predicted from measured surface kinetic temperatures and radiative transfer codes (MODTRAN):

$$L_i^{at-sensor} = \varepsilon_i B_i(T_s) + (\Theta - \varepsilon_i) L_i^- \tau_i + L_i^+$$

$\varepsilon$ : surface emissivity

$B$ : Planck function

$T_s$ : surface kinetic temperature (LST)

$L^-$ : atmospheric downwelling radiance

$\tau$  : atmospheric transmissivity

$L^+$  : path radiance

*(Each spectral magnitude is convolved using the AHS filter functions)*

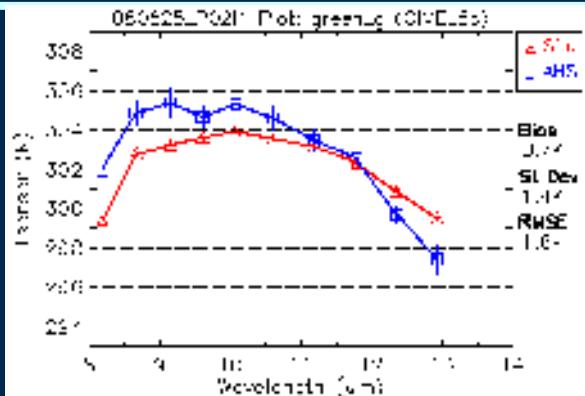
$T_s$  : measured in situ

$\varepsilon_i$  : emissivity values have been extracted from spectral libraries

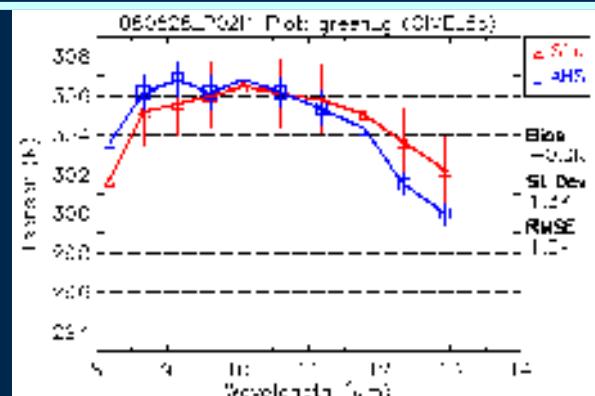
$\tau$  ,  $F^-$  ,  $L^+$  : calculated from atmospheric soundings by using MODTRAN-4.

# Calibration (day flight)

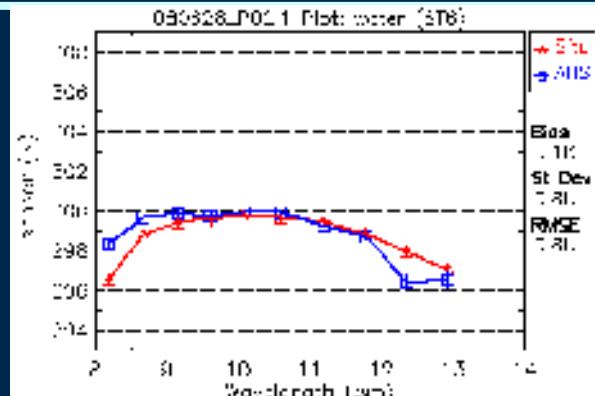
- Only one pass is shown (**south-north**)
- Points of calibration: **Green Grass** and **Water**
- AHS curve and in situ curve fit good
- No band with wrong results



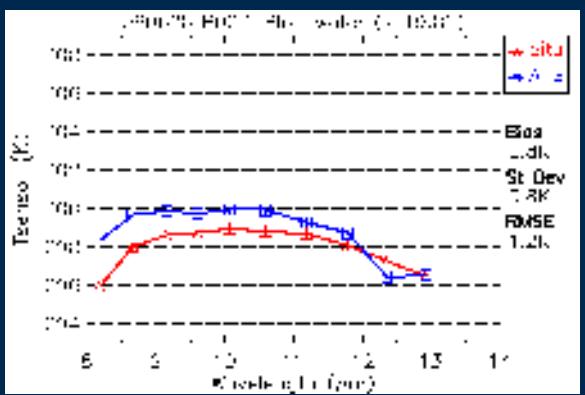
25 June, 11:27  
Cimel  
**Green Grass**



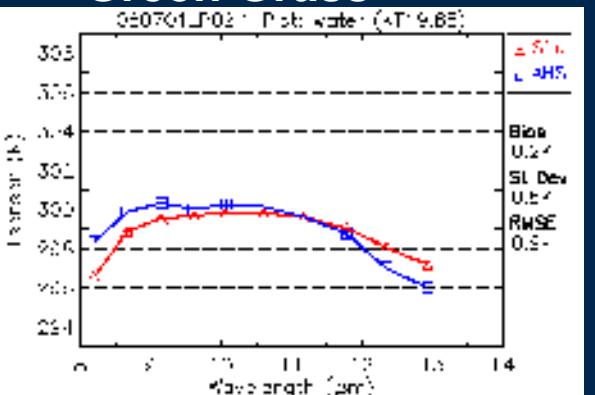
28 June, 11:53  
Cimel  
**Green Grass**



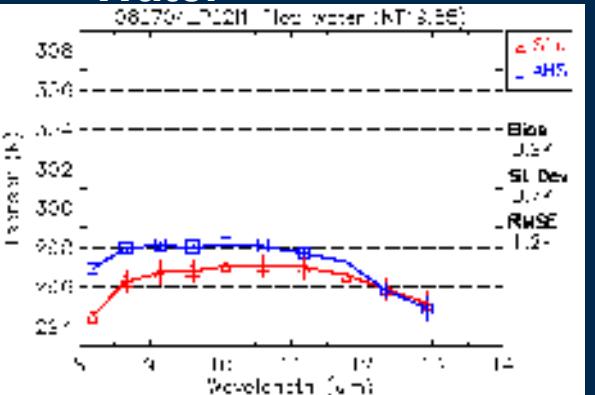
28 June, 11:53  
Raytech ST6  
**Water**



28 June, 11:53  
Heitronics KT19.85  
**Water**



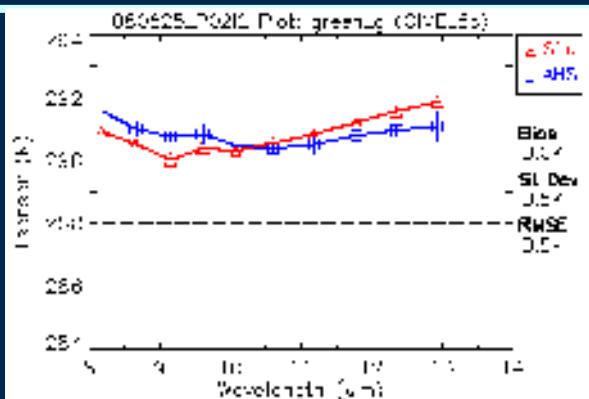
01 July, 11:44  
Heitronics KT19.85  
**Water**



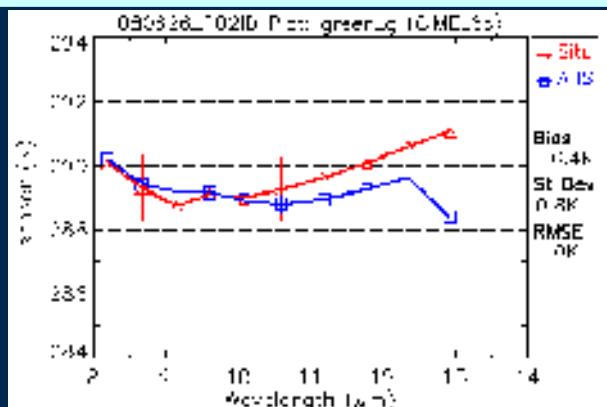
04 July, 11:32  
Heitronics KT19.85  
**Water**

# Calibration (night flight)

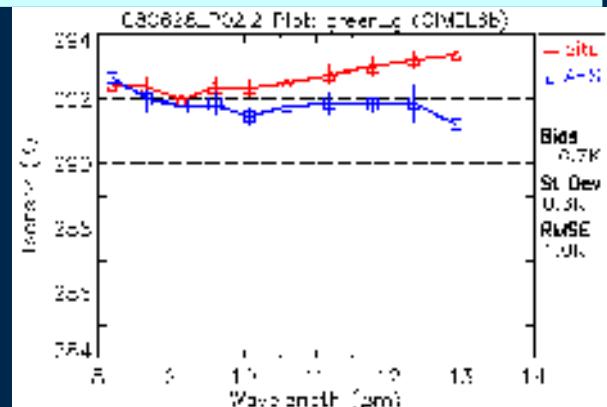
- Only one pass is analized (**south-north**)
- Points of calibration: Green Grass and Water
- AHS curve and in situ curve fit good
- No band with wrong results



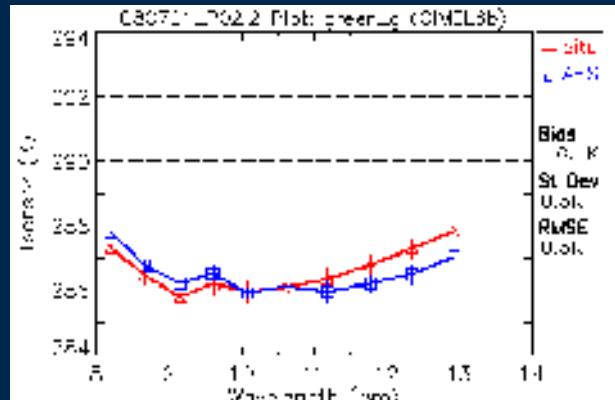
25 June, 22:31  
Cimel  
**Green Grass**



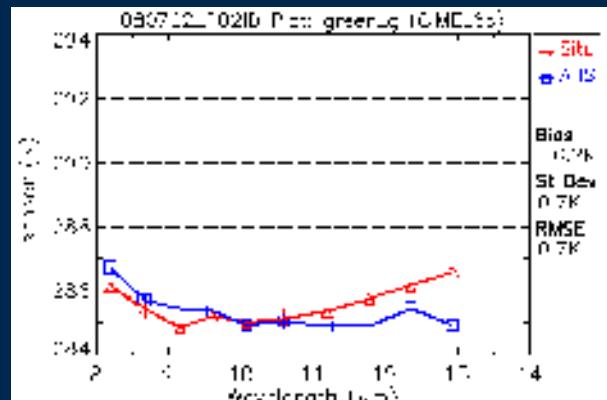
26 June, 04:26  
Cimel  
**Green Grass**



28 June, 21:44  
Cimel  
**Green Grass**

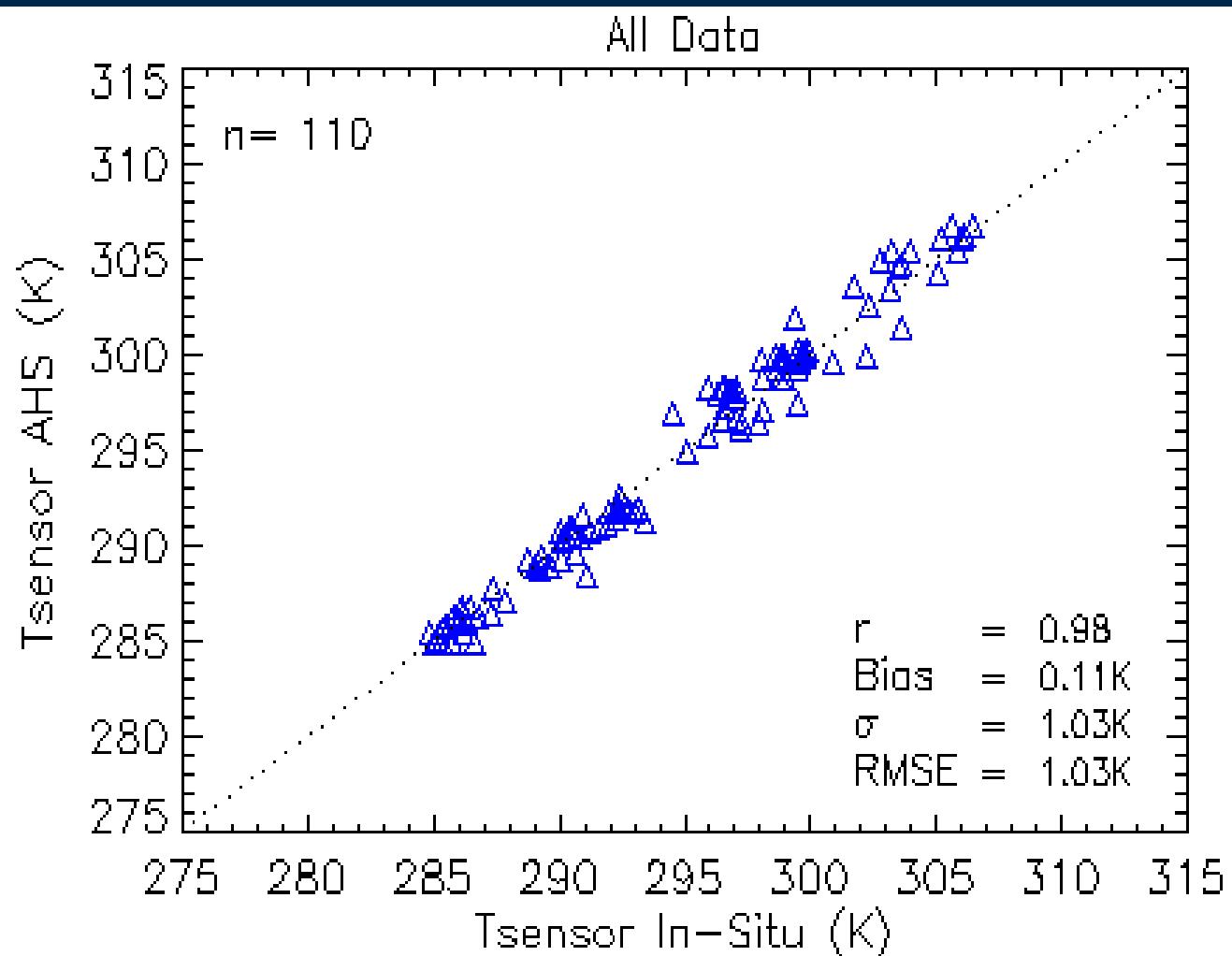


01 July, 22:12  
Cimel  
**Green Grass**



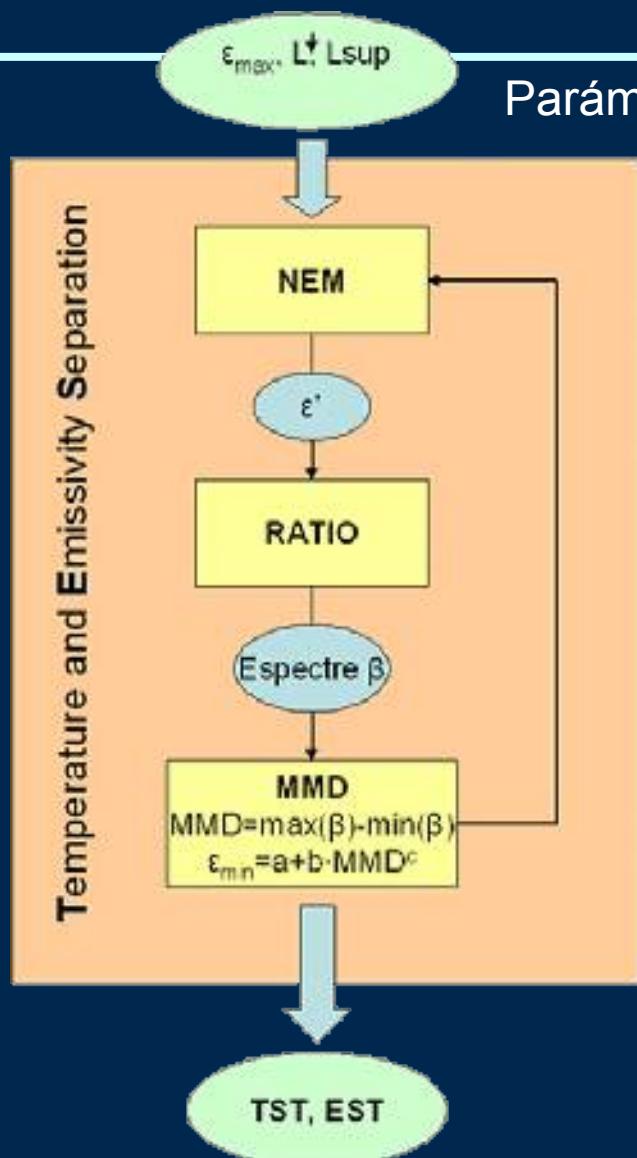
02 July, 04:26  
Cimel  
**Green Grass**

## Calibración



$r = 0.98$   
**RMSE = 1 K**

## Temperature and Emissivity Separation (TES)



Parámetros entrada:  $L_i^{\text{sup}}$   $L_i^{\text{atm}}$   $\epsilon_{\text{max}}$  (emisividad inicial)

$$R'_i = L_i^{\text{sup}} - (1 - \epsilon_{\text{max}}) L_i^{\text{atm}}$$

$$T' = \max(T_i); \quad T_i = \frac{c_2}{\lambda_i} \ln \frac{c_1 \epsilon_{\text{max}}}{R'_i \lambda_i^5}$$

$$\epsilon'_i = \frac{R'_i}{B_i(T')}$$

$$\beta_i = \frac{\epsilon'_i}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \epsilon'_i}$$

$$\epsilon_{\text{min}} = a + b \cdot \text{MMD}^c$$

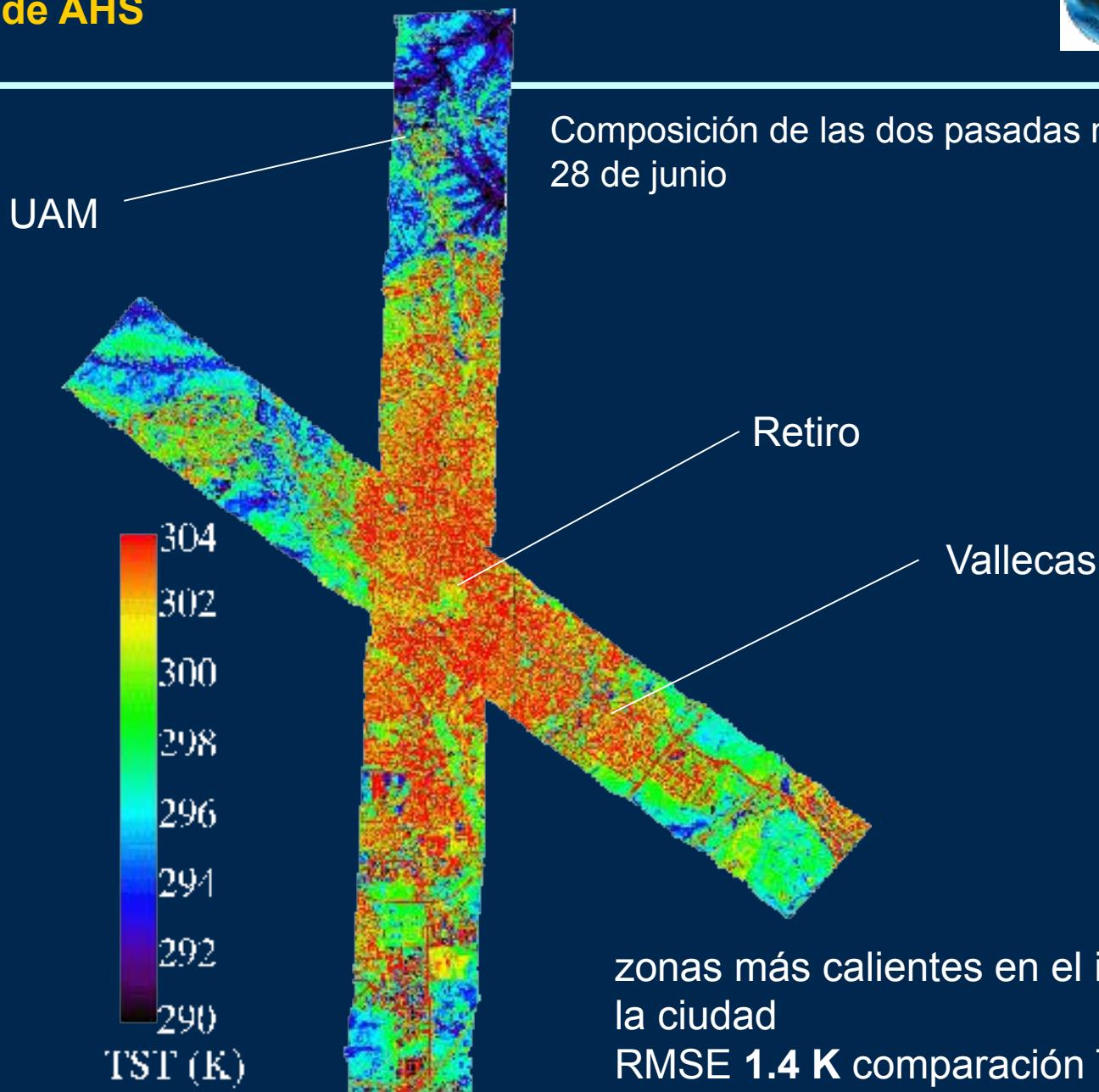
$$\text{MMD} = \max(\beta_i) - \min(\beta_i)$$

$$\epsilon_i = \beta_i \frac{\epsilon_{\text{min}}}{\min(\beta_i)}$$

$$T_s = \frac{c_2}{\lambda_i^*} \ln \frac{c_1 \epsilon_i^*}{R_i^* \lambda_i^{*5}}$$

Parámetros de salida

## LST a partir de AHS

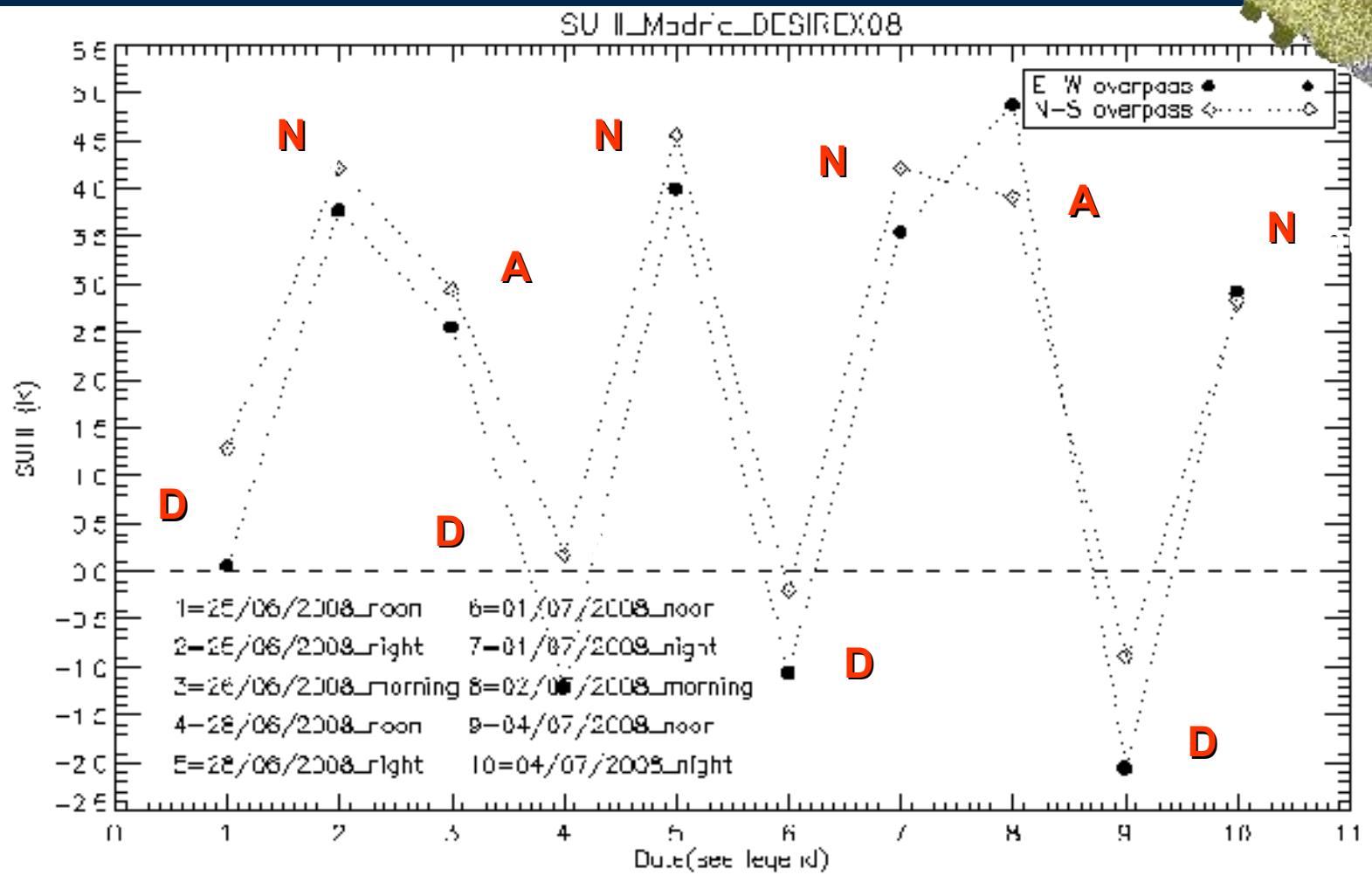


# Evolución SUHI a partir imágenes AHS LST



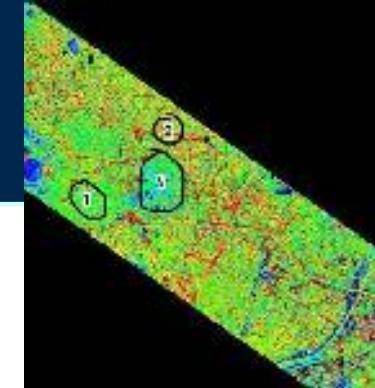
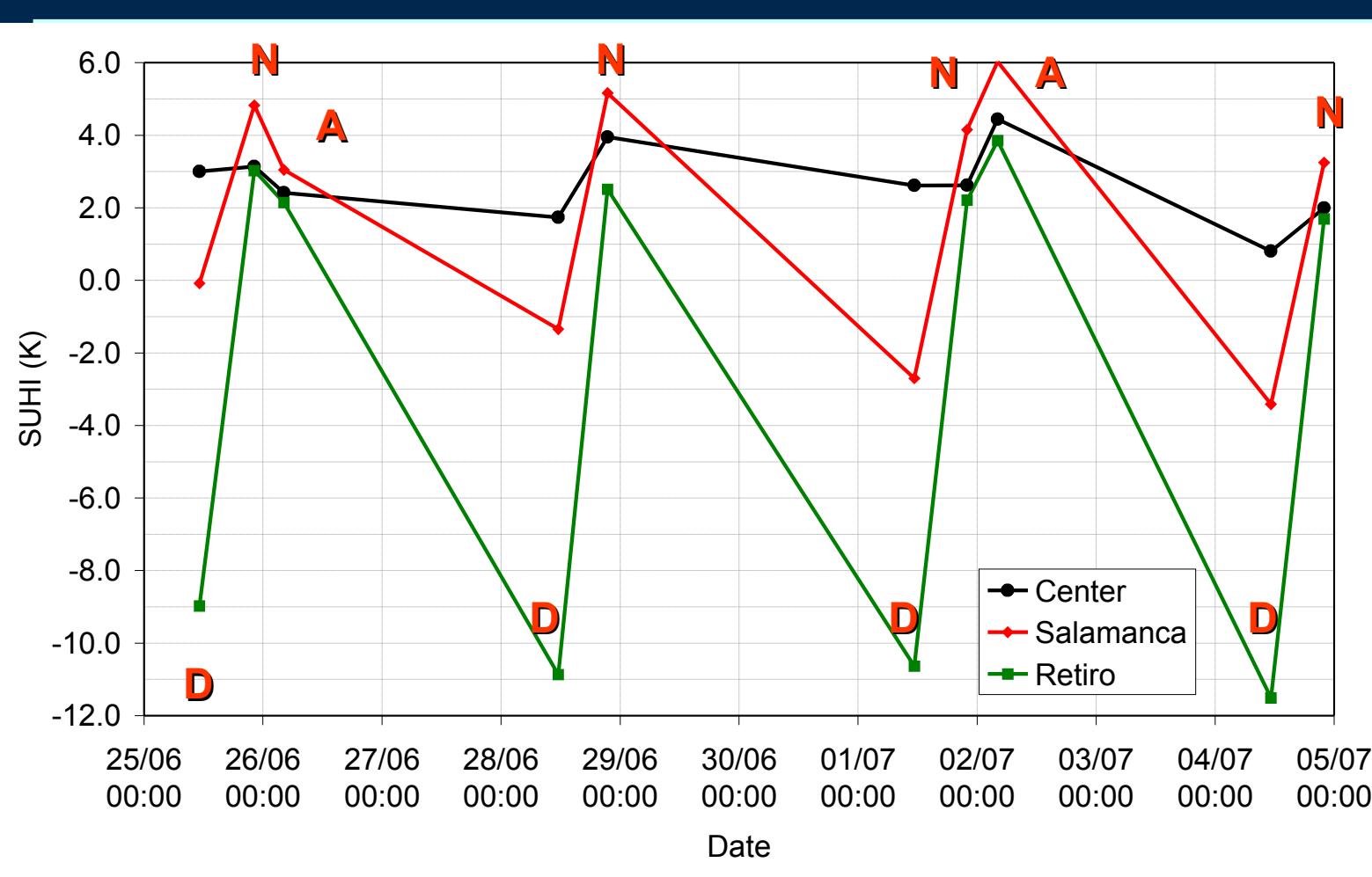
$$SUHI = LST_{Urban} - LST_{Rural}$$

SUHI max=5 K



## SUHI POR ZONAS

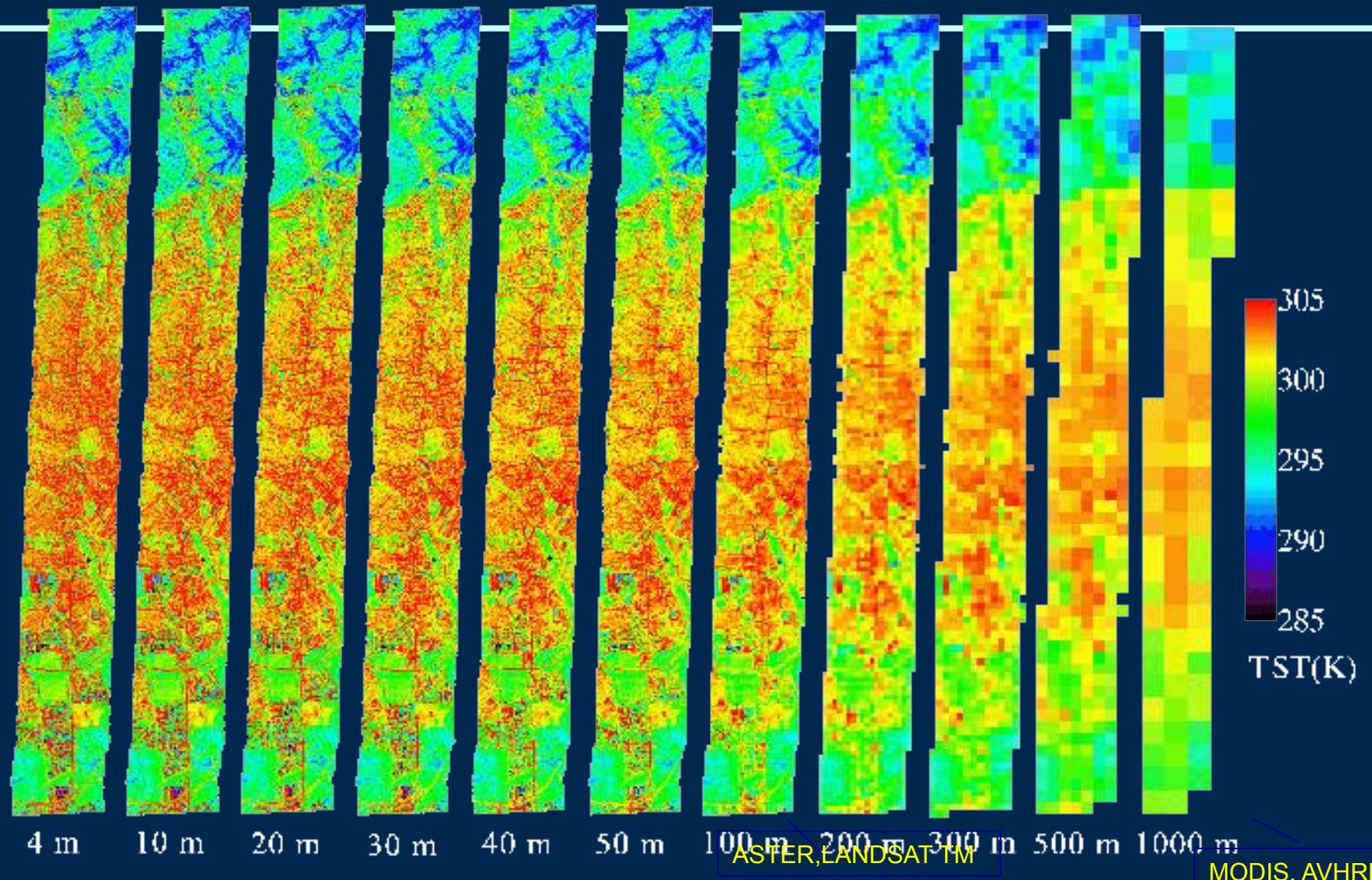
$$SUHI = LST_{Urban} - LST_{Rural}$$



**Centro:** siempre  $SUHI > 0$ , pero de noche 1-2 K inferior que Salamanca

**Retiro:** Zonas verdes **mitigan** el efecto, durante día hasta 12 °C

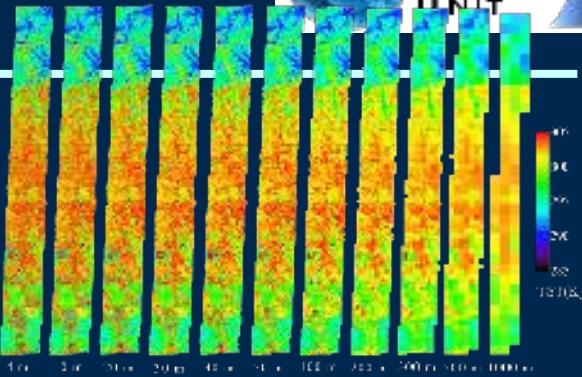
# resolución espacial



SUHI observa en todas resoluciones, a partir 100 m pierden patrones térmicos internos de la ciudad.

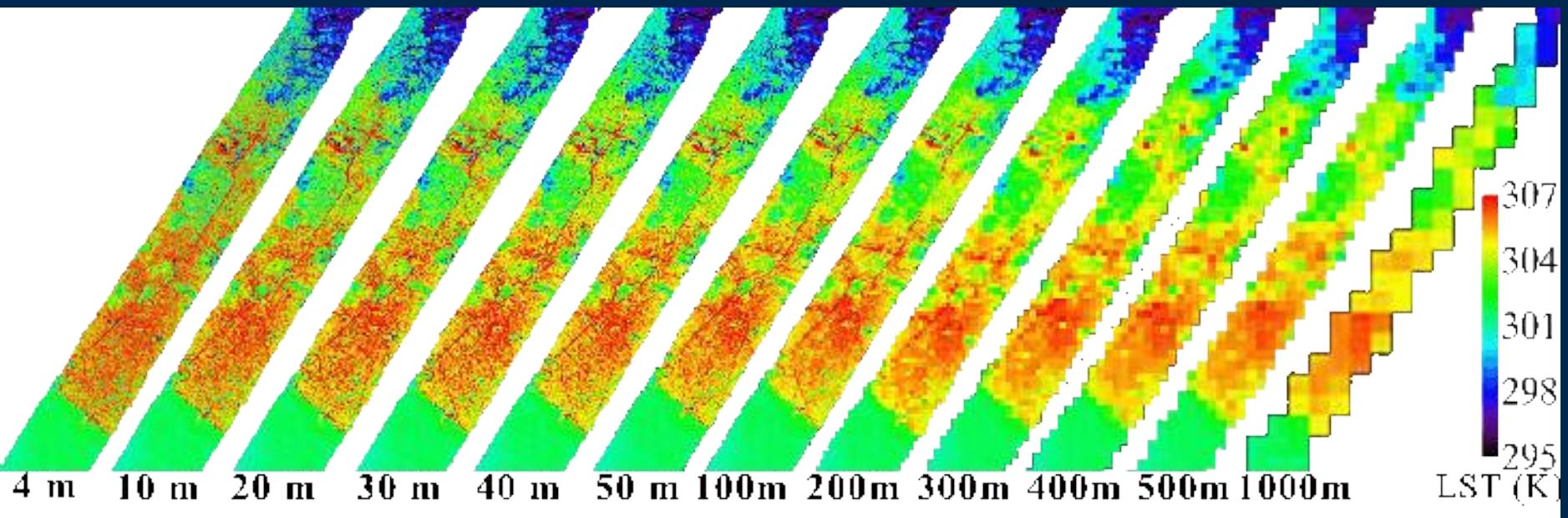
## resolución espacial

Resolución espacial (m)	TST media (K)	$\sigma$ (K)	SUHI (K)
4	299.8	6.6	4.6
10	299.6	4.7	4.6
20	299.6	4.4	4.6
30	299.5	4.2	4.5
40	299.5	4.1	4.5
50	299.5	4.0	4.5
100	299.4	3.7	4.5
200	299.4	3.5	4.5
300	299.4	3.4	4.5
500	299.5	3.2	4.4
1000	299.4	3.1	4.3



- desviación estándard disminuye a medida que aumenta tamaño pixel ( pierde información)
- SUHI disminuye ligeramente.

# Athens (THERMOPOLIS 2009)



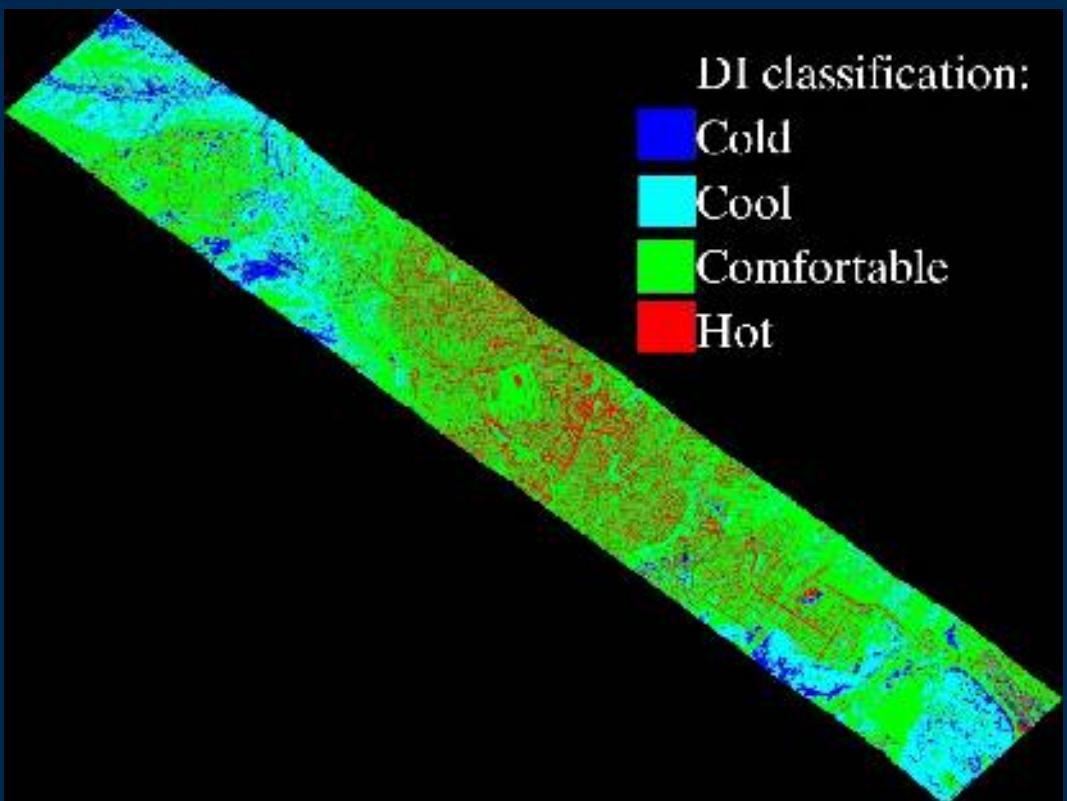
18 Julio, 2009, 20:11 UTC

# Discomfort Index

$$DI(\text{°C}) = t - (0.55 - 0.0055f)(t - 14.5)$$

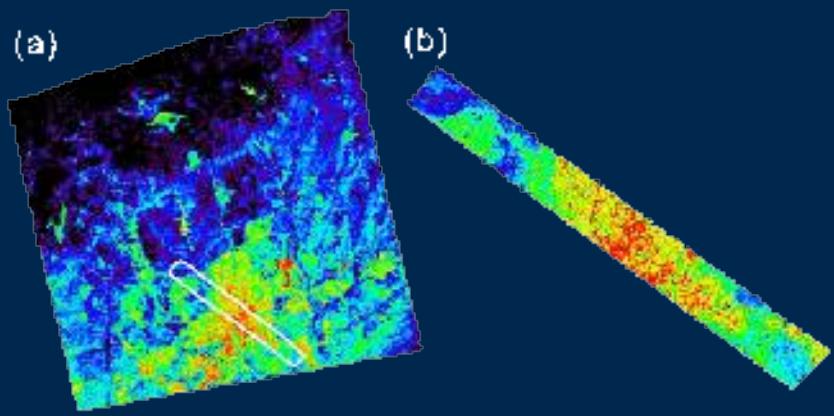
July 2nd, morning time  
 $f = 32\%$

DI categories	DI temperature (°C)
Hyperglacial	<-40
Glacial	-39.9 to -20
Extremely cold	-19.9 to -10
Very cold	-9.9 to -1.8
Cold	-1.7 to +12.9
Cool	+13 to +14.9
Comfortable	+15 to +19.9
Hot	+20 to +26.4
Very hot	+26.5 to +29.9
Torrid	>+30

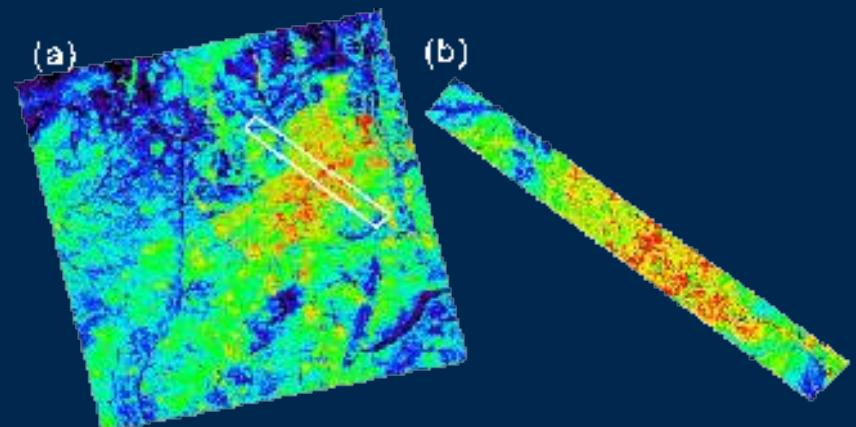


## Comparación con ASTER

Extrae zona que coincide con pasada AHS a la misma hora



25 junio 22:18 UTC



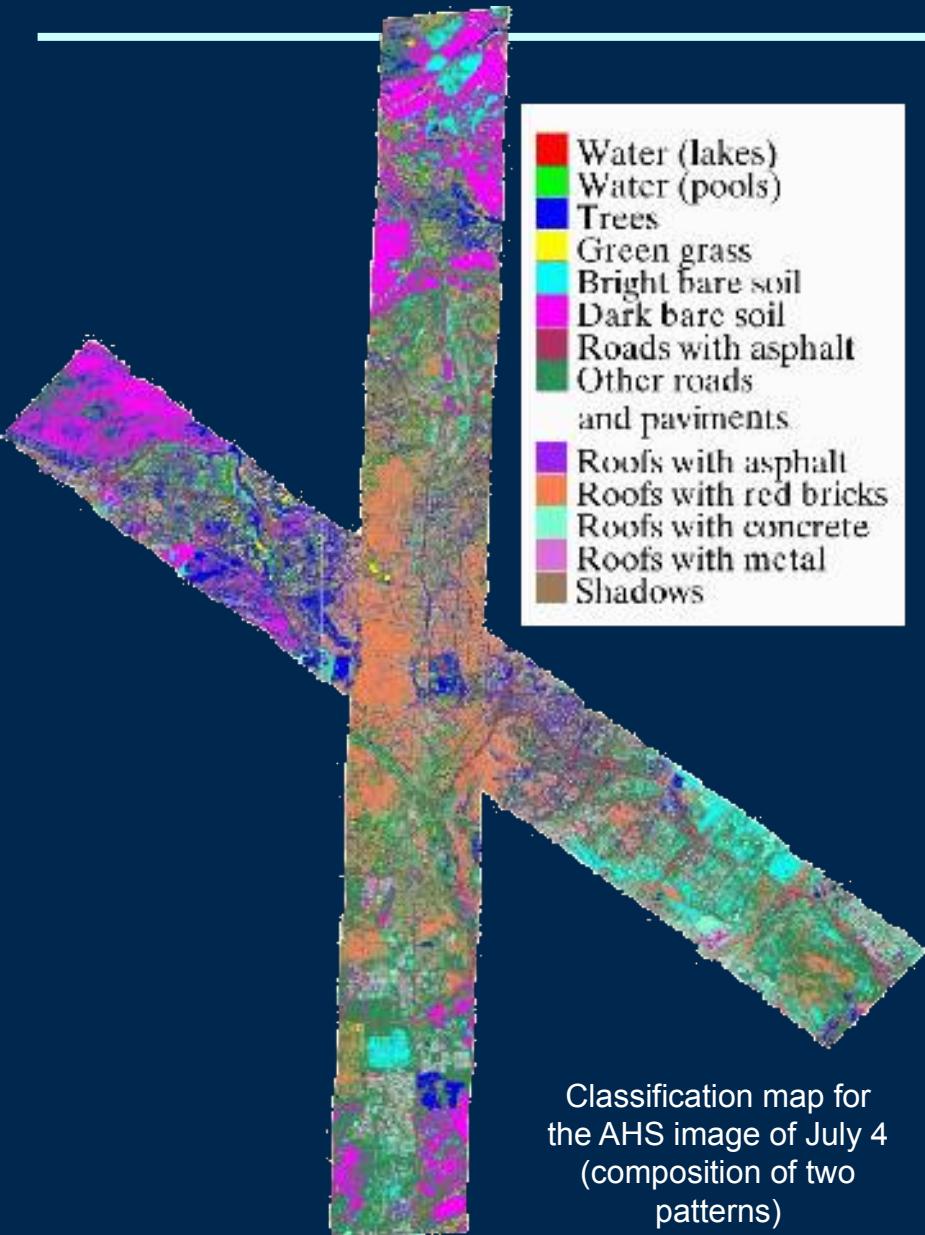
4 julio 22:12 UTC

# Comparación ASTER

IMAGEN	Resolución espacial (m)	TST media urbana (K)	$\sigma$ urbana (K)	TST media rural (K)	$\sigma$ rural (K)	SUHI (K)
AHS 25 junio 22:15 UTC	4	300.1	3.4	296.3	3.7	3.8
ASTER 25 junio 22:18 UTC	90	298.2	1.2	295.3	2.1	3.0
AHS 4 julio 21:59 UTC	4	298.8	3.1	295.9	3.4	2.9
ASTER 4 julio 22:12 UTC	90	296.2	1.1	293.9	2.0	2.3

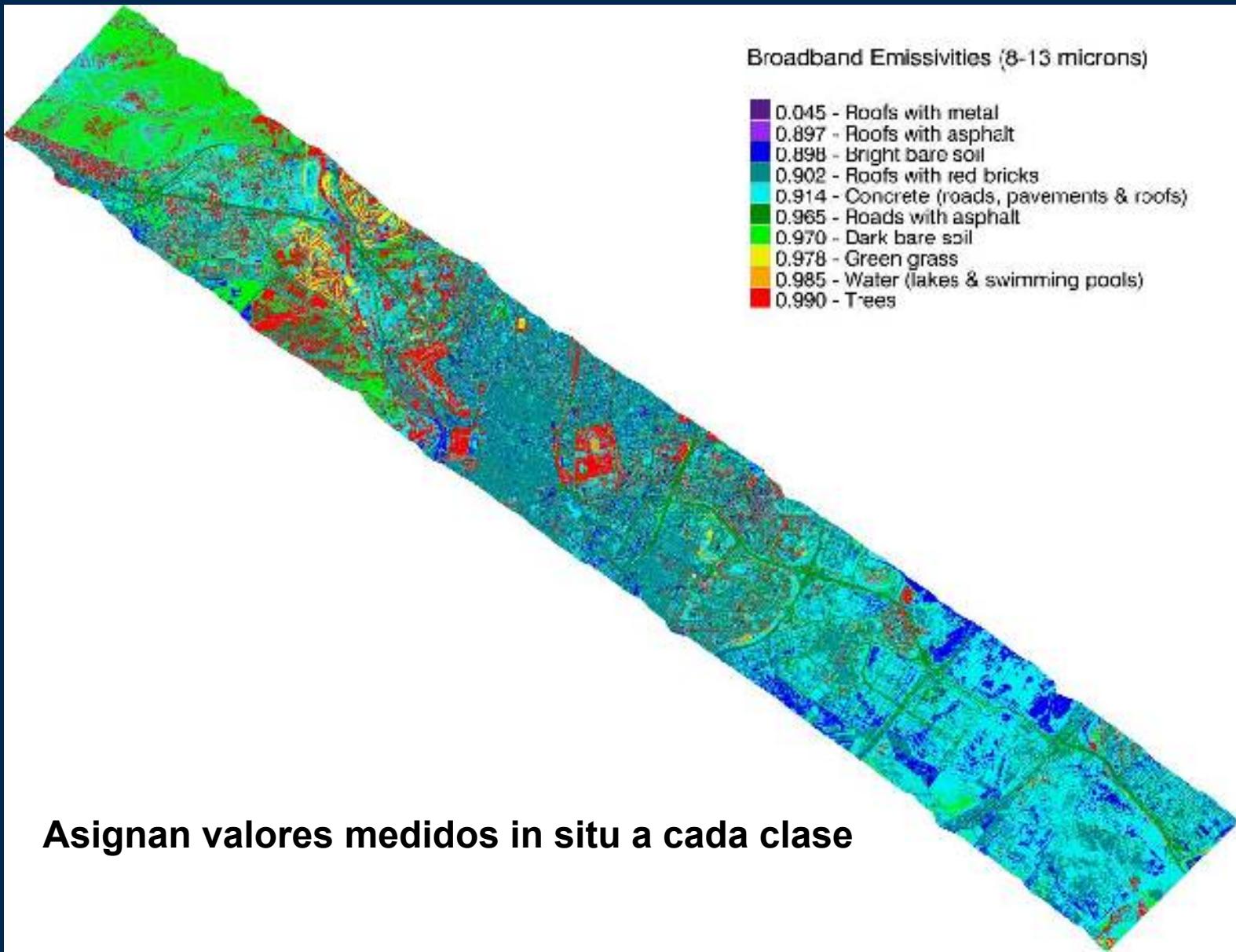
La desviación estándar y la media son menores desde satélite, SUHI se subestima

# Clasificación



- A **supervised classification** process using the **Maximum Likelihood** method as a decision rule has been considered.
- **Training classes** have been defined taking into account the in-situ measurements and also by visual inspection.
- The classification has been performed **using** at-sensor radiance values measured with the **80 spectral bands** of the AHS sensor.
- **12 classes** (plus shadows) have been differentiated.
- Validation: 200 independent regions results give a  **$\kappa$**  value of around **70 %**.

# MAPA DE EMISIVIDAD



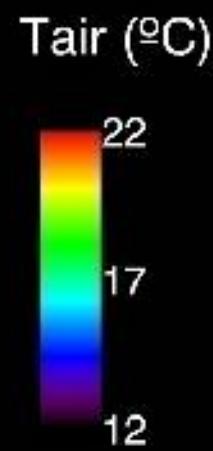
# MAPA DE TEMPERATURA DE AIRE

Taire a partir de AHS LST relaciones lineales obtenidas a partir medidas in situ

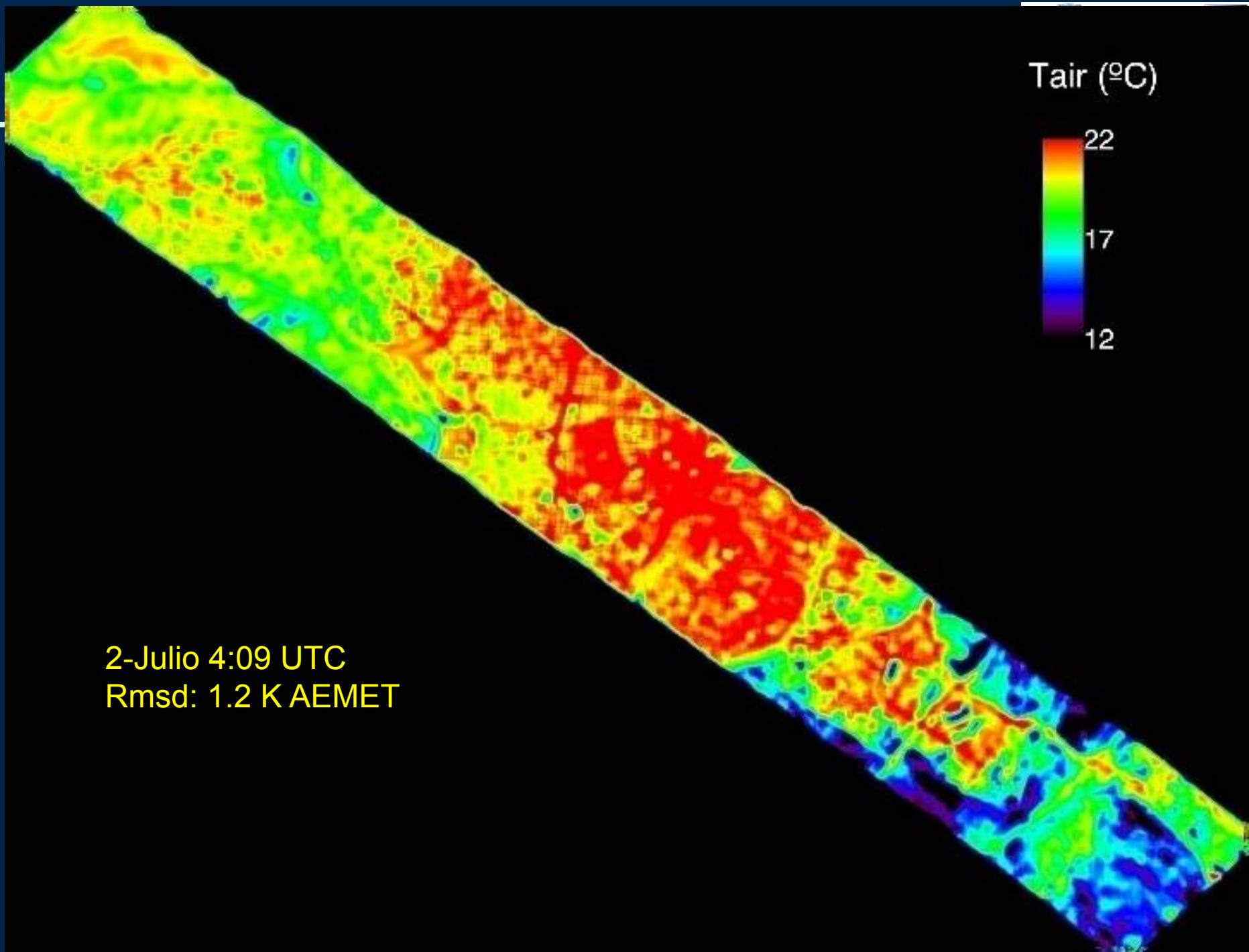
$$Tair = slope \times LST + intercept \quad [^{\circ}\text{C}]$$

2-July, ~ 4:00 UTC

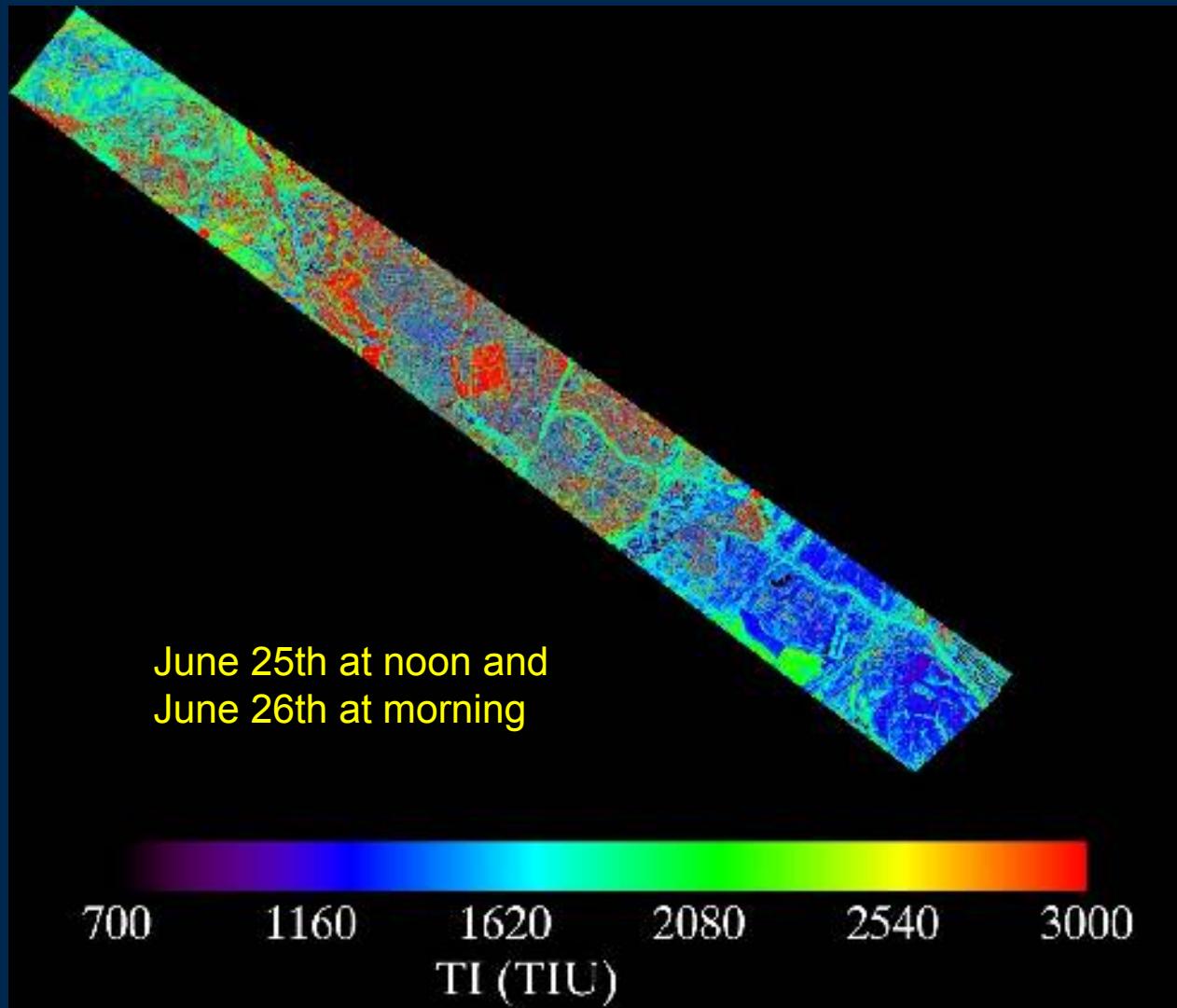
CLASS	NAME	Slope	Intercept
1	water_lakes	0.60	7.6
2	water_swimming_pools	0.60	7.6
3	trees	0.60	7.6
4	green_grass	0.60	7.6
5	bright_bare_soil	0.91	-3.8
6	dark_bare_soil	0.60	7.6
7	roads_asphalt	0.59	8.7
8	other_roads_pavements	0.59	8.7
9	roof_asphalt	0.91	-3.8
10	roof_brick	0.60	6.9
11	roof_concrete	0.60	6.9
12	roof_metal	0.60	6.9
13	shadows	0.000	0.000
14	border	0.000	0.000



2-Julio 4:09 UTC  
Rmsd: 1.2 K AEMET



## INERCIA TERMICA



(Price, 1977)

$$P = N \frac{(1 - A) \pi A_1}{\Delta T}$$

A: albedo  
 $N = 1.002 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-0.5}$   
 $A_1$ : Fourier First coefficient  
 $\Delta T = \text{LST}_{\text{noon\_image}} - \text{LST}_{\text{morning\_image}}$

## RECOMMENDACIONES PARA MISIÓN TIR

### 1.-Configuracion Bandas

#### **THERMAL INFRARED**

Multiespectral : necesario estimar emisividad

Configuración mínima tipo ASTER (2 en 8-9 micrones 2 en 10-12 micrones).

#### **VNIR-SWIR-MIR**

Necesaria corrección atmosférica y clasificación (Discriminación materiales)

### 2.-Resolución Espacial

Macroescala UHI (1 km)

UHI –Urban planing: 50 m minimo

### 3.-Frecuencia temporal

Diaría

### 4.-Hora de paso

Basado en UHI importante durante la noche, Taire próxima a Ts

Entre 0 y 6h UTC

## LINEAS FUTURAS

---

**ESPERANDO MISIONES DE ALTA RESOLUCION TIR**

**-MODELIZACION 3D**

**-EXPLOTANDO SENsoRES ACTUALIDAD**

**ANALISIS CON IMÁGENES DE BAJA RESOLUCIÓN**

# Thermal Urban Areas Simulated with DART thermal model (Discrete Anisotropy Radiative Transfer)



Superficie Urbana

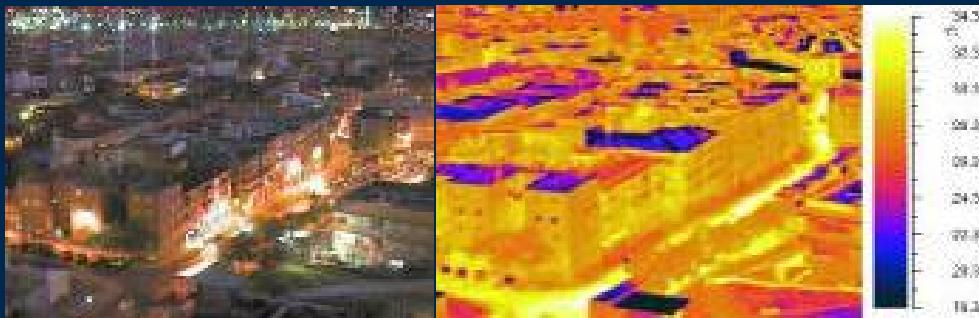


Modelo 3D

Diagramación  
en DART

## Thermography images

Urban thermography images from different urban structures obtained during the AHS overpass



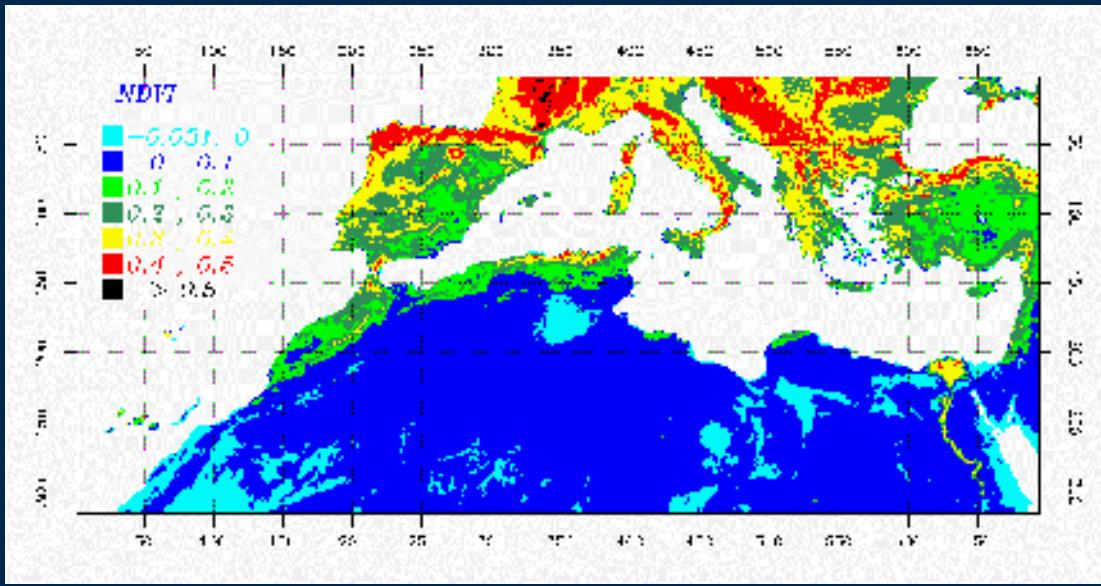
# Conclusiones

---

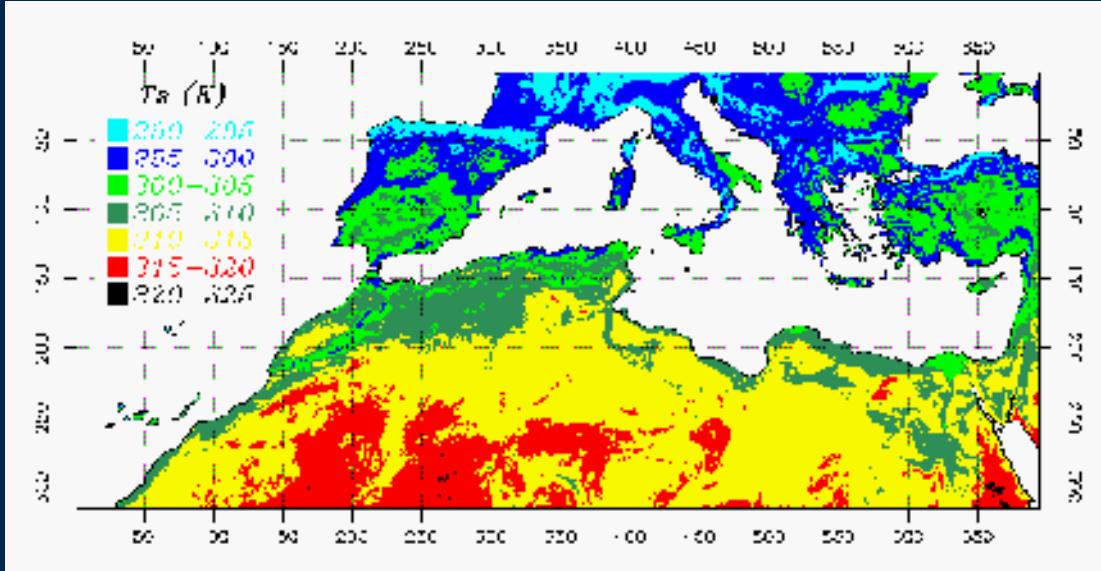
- DESIREX 2008 ha permitido elaborar una **completa base de datos** (vuelos de avion, medidas radiometricas, atmosféricas, imágenes de satélite, etc) para el estudio de la isla de calor en Madrid
- La **calibración** realizada ha mostrado el buen funcionamiento de las bandas térmicas del **AHS (1 K)**
- Las bandas VNIR, SWIR, MIR, TIR permiten generar **mapas de clasificación precisos**
- Se ha podido construir **mapas de Taire** a partir de las relaciones empíricas que permiten estimar la Ta a partir de la LST para cada clase (con una precisión entre 1 y 2 K)
- Las imágenes nocturnas minimizan el efecto de la geometría de observación
- La ciudad de Madrid presenta un valor **UHI durante la campaña de 5 K**, durante el dia este efecto desaparece e incluso se invierte.
- Se ha mostrado como la **resolución espacial debe ser inferior a los 100 m** para que se mantenga la información de los patrones térmicos de la ciudad.
- El valor de UHI presenta una **tendencia a disminuir con el tamaño del pixel** (hasta 0.5 K con ASTER frente a AHS).

Las zonas con mayor NDVI presentan los valores de Ts más bajos y viceversa.

**NDVI**  
20 años  
81-01

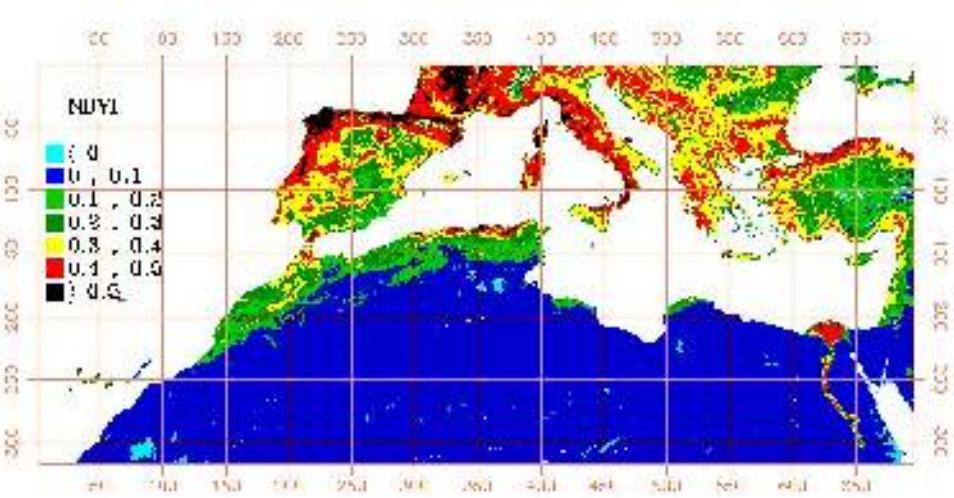


**Ts**  
20 años  
81-01

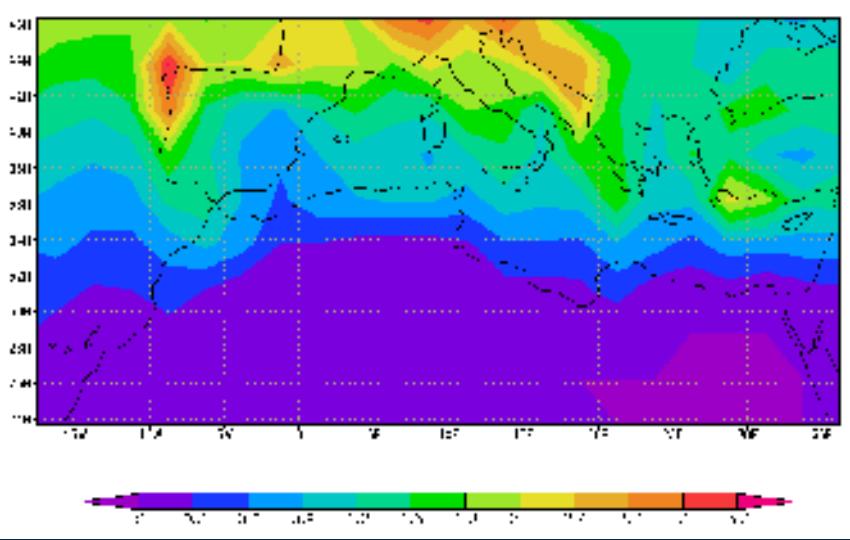


Gradiente  
*Norte-Sur*  
 $\Delta_{NDVI} = 0.5$

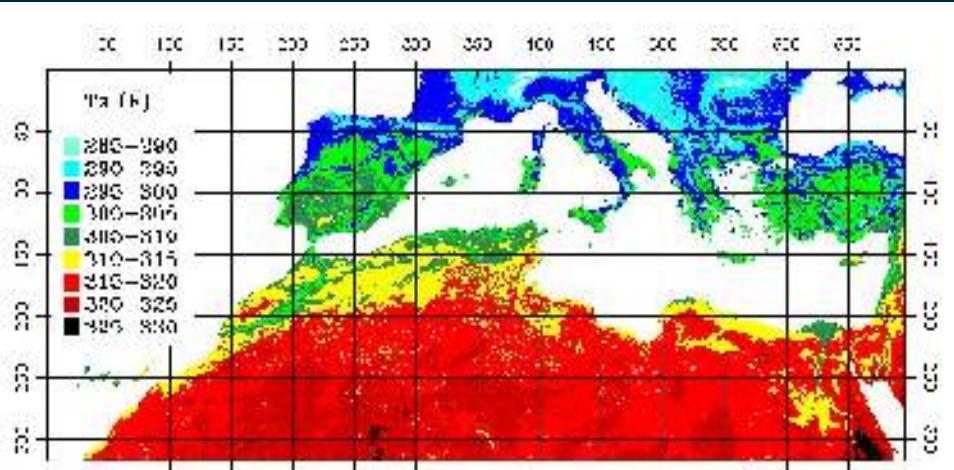
Gradiente  
*Sur-Norte*  
 $\Delta_{Ts} = 35 \text{ K}$



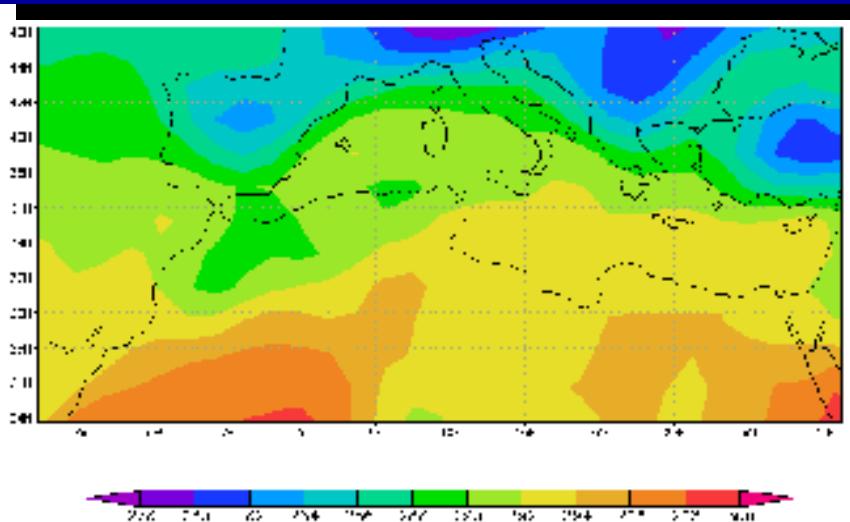
**Map of the total average value of NDVI  
for the period (1981-2001).**



**The map of mean precipitation (mm/day)  
for the period (1981-2001).**

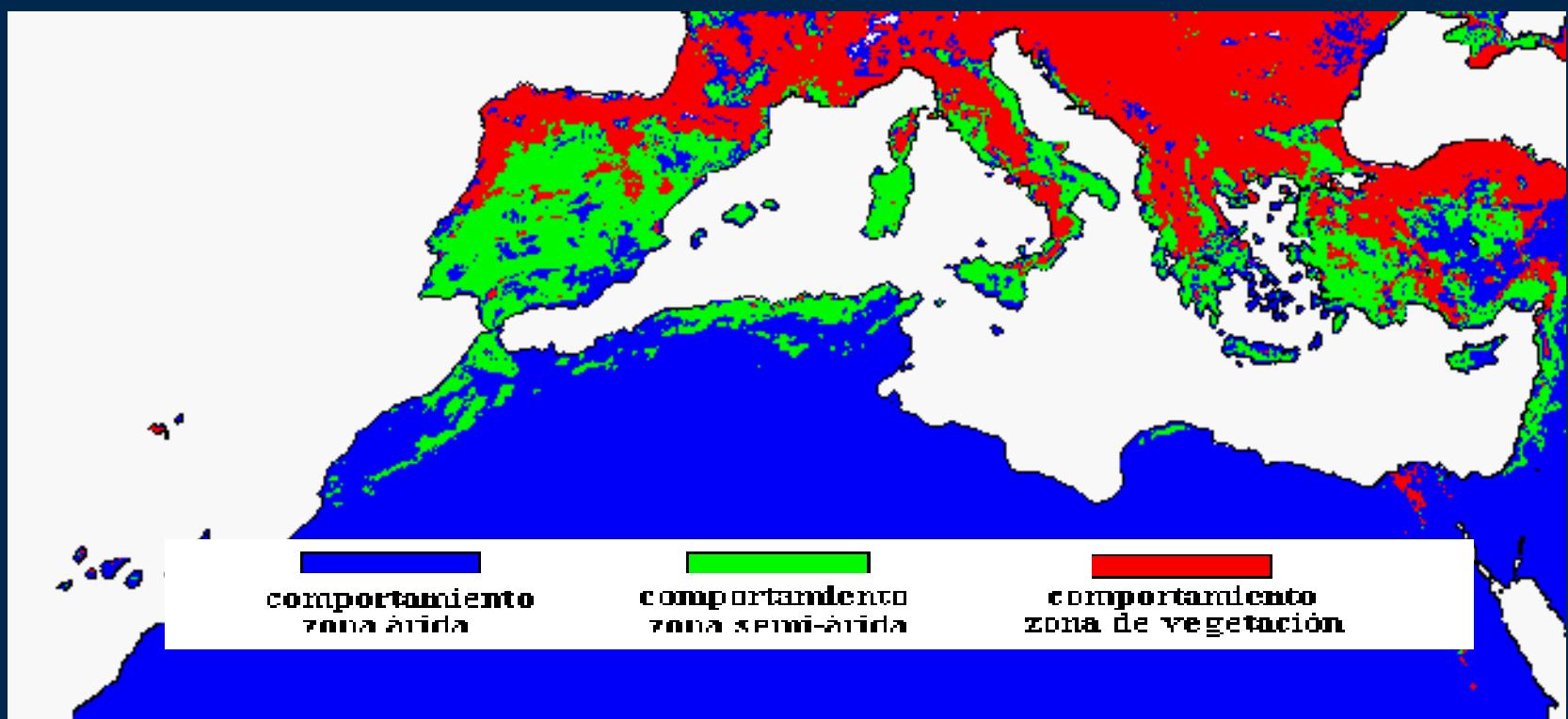
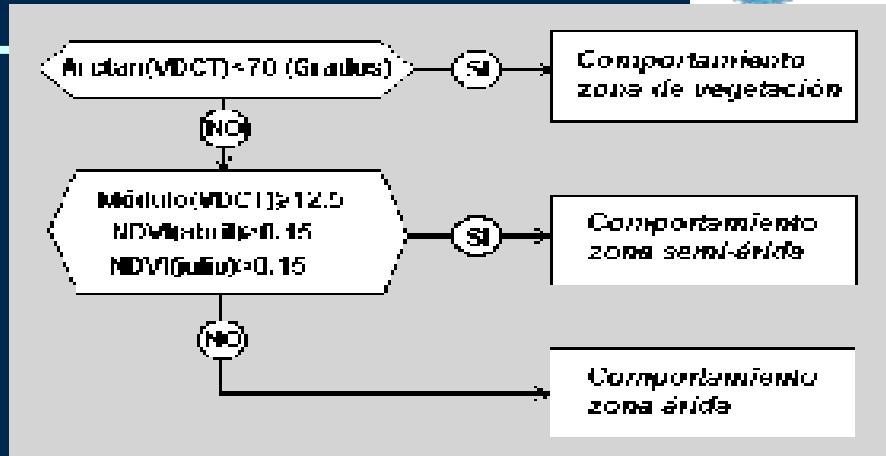


**Map of the total average value of LST  
(K) for the period (1981-2001).**



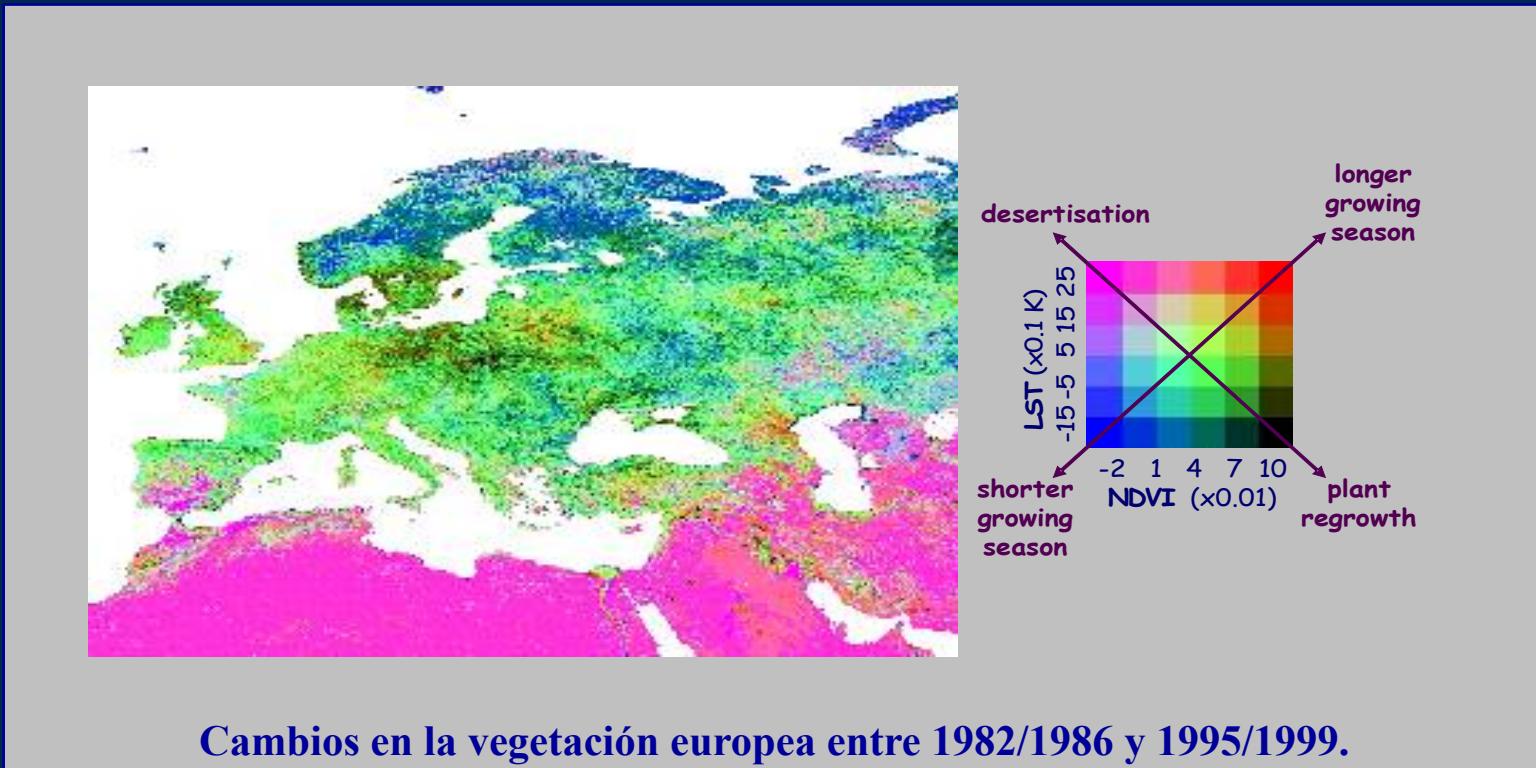
**The map of mean air temperature (K) for  
the period (1981-2001).**

## Método VLCD Vector Land Cover Dynamic



## Análisis series temporales NDVI y LST identificar cambios vegetación en Europa 1982-86/1995-99

- Rosa: zonas áridas del Sur en proceso de desertización (aumento 2.5 LST, disminución 0.02 NDVI)
- Verde oscuro: zonas centro Europa mejora su vegetación (disminución 1.5 LST, aumento 0.1 NDVI)



## GIMMS: Ts frente NDVI (2000-2006)

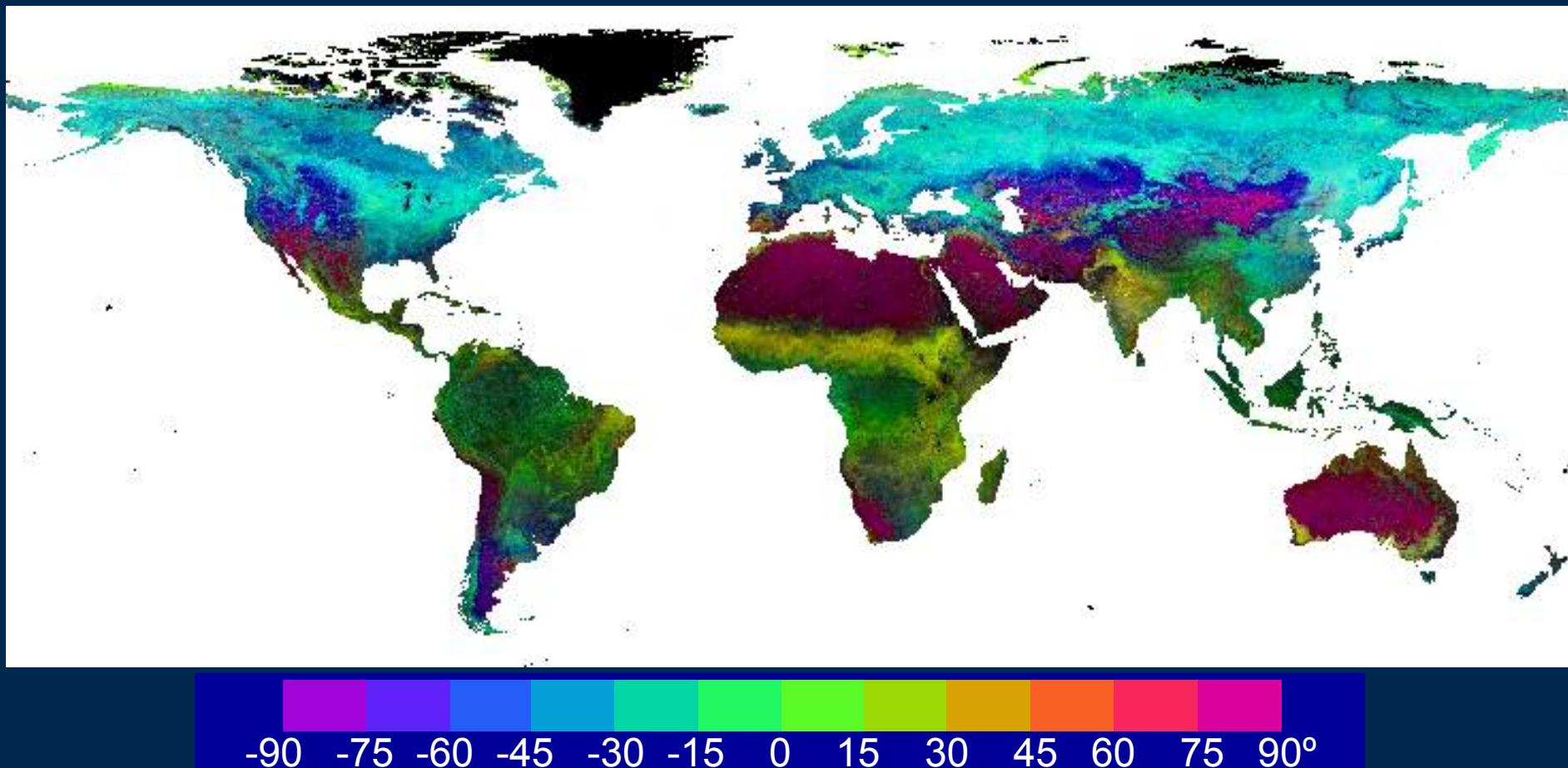
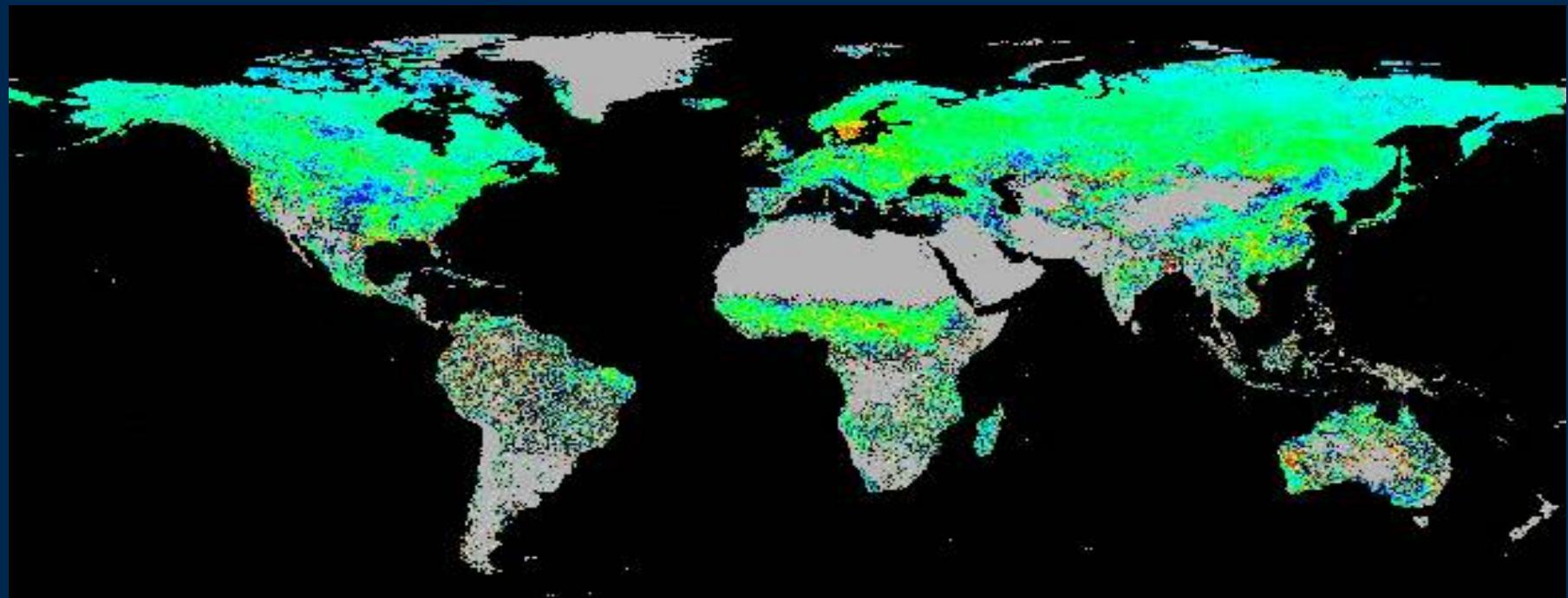


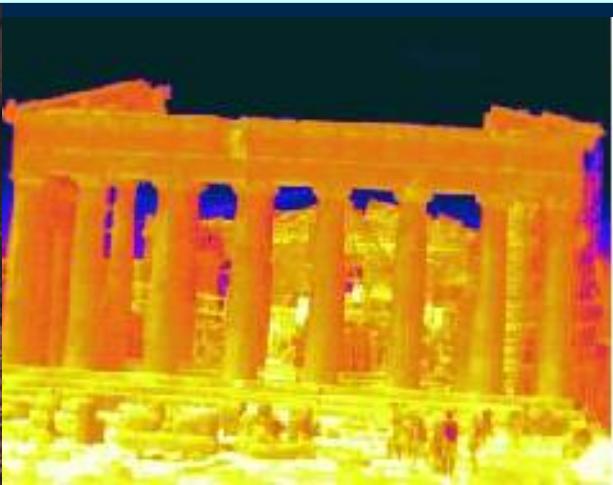
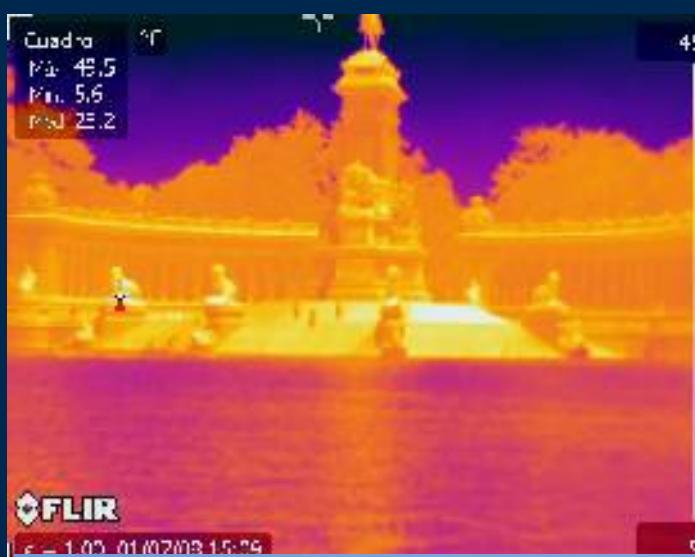
Imagen presentada con IHS: el color (H) representa el ángulo de la pendiente Ts/NDVI, (I) la intensidad del color (oscuro a claro) la amplitud del ciclo anual de Ts/NDVI, y (S) la saturación del color el coeficiente correlación del ajuste Ts/NDVI (gris = bajo, color intenso = alto)

## Cambio en longitud estación crecimiento a escala global (1982-2003)



-4.2      -1.9      0.4      2.7      5.0      día/año

# GRACIAS POR SU ATENCIÓN!



Madrid 2008



Athens 2009