



**III Jornada Científica sobre: “Aplicaciones de la Teledetección”. 30 noviembre de 2012**

**Efecto del preprocesado óptico atmosférico para la  
determinación precisa de la emisividad térmica**

**L. Martínez (IGG)**

## Líneas de investigación general

- Determinación de la temperatura de las superficies por radiometría en el Infrarrojo Térmico
- Caracterización de las superficies a través de su emisividad

# Contexto

## Necesidades actuales

- Elevada precisión en la temperatura para su uso como magnitud de entrada en el estudio y simulación de:
  - Comportamiento de los geofluidos
  - Estrés hídrico
  - Desertización y desertificación
  - Isla de calor
  - Etc.

## Línea de investigación particular

- Revisión de metodologías para la medida precisa de la temperatura
- Localización y evaluación de errores que menguan la precisión, especialmente en la medida de la emisividad

## Interés de la medida precisa de la emisividad

- Temperatura: magnitud física clave
- Efecto conjunto atmósfera-emisividad
- Trabajos previos
- Detección errores metodológicos

# Conclusiones

## Conclusiones

- El impacto de la atmósfera es importante para el cálculo de Pv. Es más apreciable en entornos heterogéneos
- El impacto de la atmósfera es despreciable en promedio para el cálculo de la emisividad. Es más apreciable en entornos heterogéneos
- Es posible emplear índices diferentes al NDVI para el MCV
- La adecuada elección del índice de vegetación minimiza el impacto en entornos heterogéneos



# Fundamentos

La emisividad  
depende de la  
 $P_v$

## Determinación precisa de la emisividad MCV

- Método de la cobertura vegetal => **emisividad**
  - Modelo geométrico
  - Relación emisividad-índice vegetación
  - Operativo y preciso

## Determinación precisa de la emisividad cálculo

### ■ Método cobertura vegetal

$$\varepsilon = \varepsilon_V \cdot P_V + \varepsilon_S \cdot (1 - P_V) + 4 \cdot \langle d\varepsilon \rangle \cdot P_V \cdot (1 - P_V)$$

- $\varepsilon_V$ : emisividad de la vegetación
- $\varepsilon_S$ : emisividad del suelo
- $P_V$ : proporción de vegetación
- $\langle d\varepsilon \rangle$ : término de cavidad

## Determinación de Pv

La Pv se  
calcula a partir  
de medidas  
espectro solar

## Determinación precisa de la emisividad cálculo de $P_v$

- La reflectividad tiene dos componentes
  - *La procedente de la vegetación*
  - *La procedente del suelo*

$$\rho = \rho_v \cdot P_v + \rho_s \cdot (1 - P_v)$$

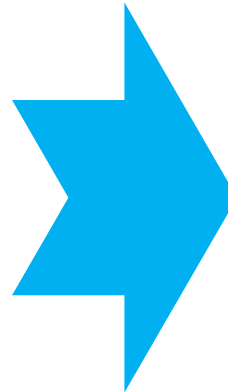
## Determinación precisa de la emisividad cálculo $P_v$ con NDVI (LanSat)

### Caso particular

$$NDVI = \frac{\rho_4 - \rho_3}{\rho_4 + \rho_3}$$



$$\rho_i = \rho_{iV} \cdot P_V + \rho_{iS} \cdot (1 - P_V)$$



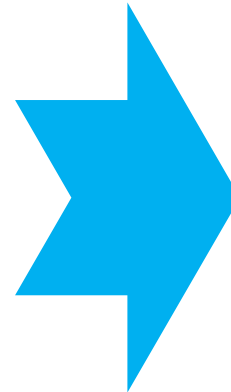
$$P_V = \frac{\left(1 - \frac{NDVI}{NDVI_S}\right)}{\left(1 - \frac{NDVI}{NDVI_S}\right) - K \cdot \left(1 - \frac{NDVI}{NDVI_V}\right)}$$

$$K = \frac{\rho_{4V} - \rho_{3V}}{\rho_{4S} - \rho_{3S}}$$

## Determinación precisa de la emisividad cálculo $P_v$ con *Indice*

Caso general

$$Indice = Indice(\rho_1, \rho_2, \rho_3, \dots, \rho_n)$$



$$\rho_i = \rho_{iV} \cdot P_V + \rho_{iS} \cdot (1 - P_V)$$

$$P_V \Rightarrow \begin{matrix} \text{analítico} \\ o \\ \text{numérico} \end{matrix}$$

## Determinación precisa de la emisividad cálculo Pv con *Indice*

Hay alternativas al NDVI  
para el cálculo de Pv

- RVI
- PVI
- NDII
- WDVl
- SAVI
- IPVI
- TSAVI
- GEMI
- ARVI
- MSAVI
- MSAVI2
- EVI
- NDWI
- OSAVI
- AFRI1.6
- AFRI2.1
- TDVI
- GESAVI
- VARI
- WDRVI
- NMDI
- .....



## **Efecto atmosférico**

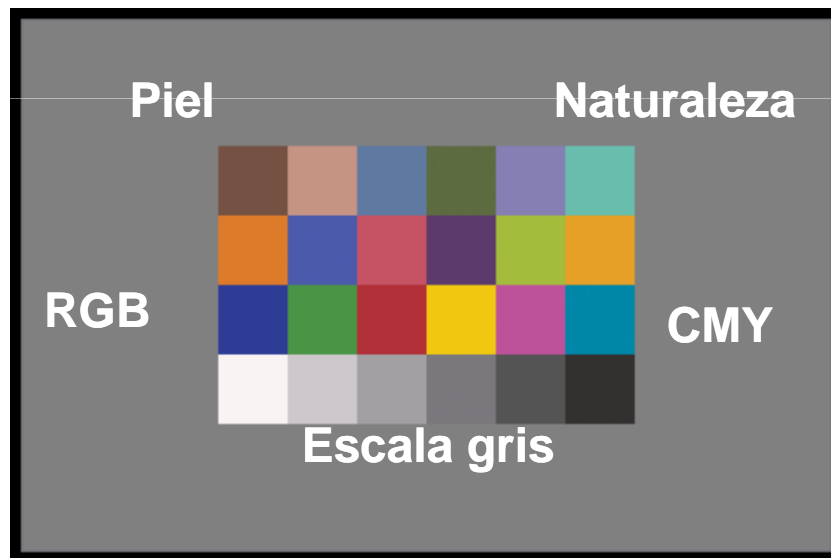
El espectro  
solar es  
afectado por  
atmósfera

## Efecto de atmósfera en imágenes de teledetección

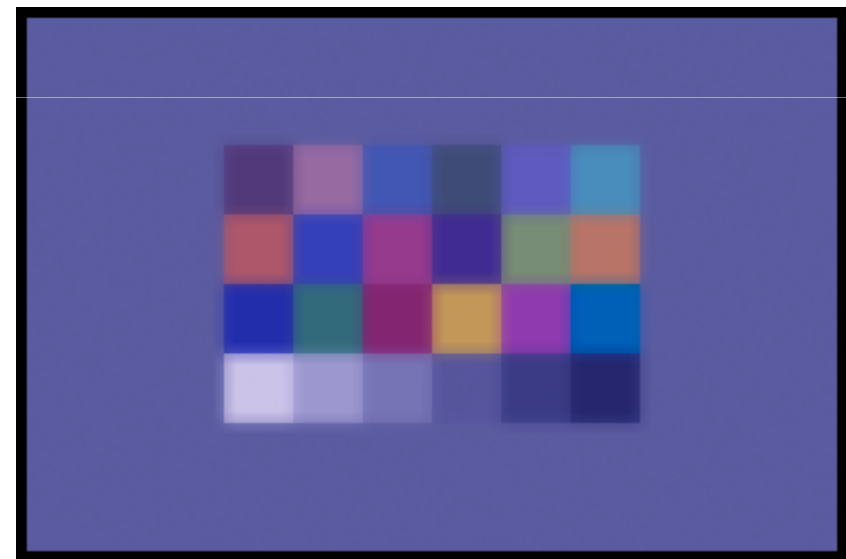
- Fundamentos de la interacción radiación-atmósfera
  - Absorción de la atmósfera
  - Dispersión de la atmósfera
  - Impacto en el flujo ascendente y descendente

## Efecto de atmósfera en imágenes de teledetección

**ColourChecker original**

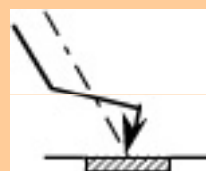
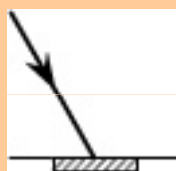


**ColourChecker con atmósfera**

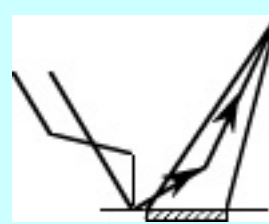
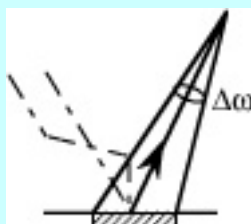


## Efecto de atmósfera en imágenes de teledetección

$$\text{Irradiancia} = I_{\text{directa}} + I_{\text{difusa}} + I_{\text{multireflexión}}$$



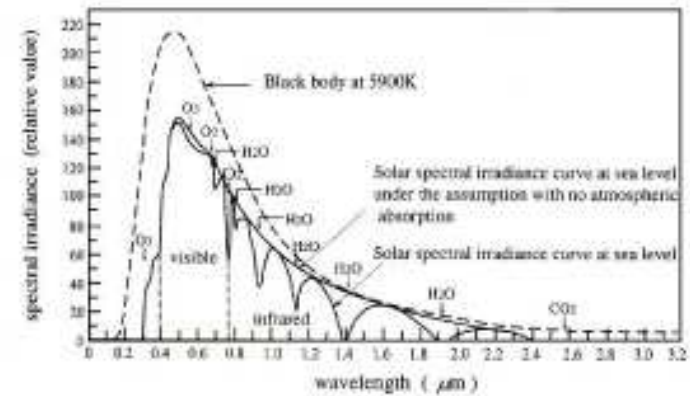
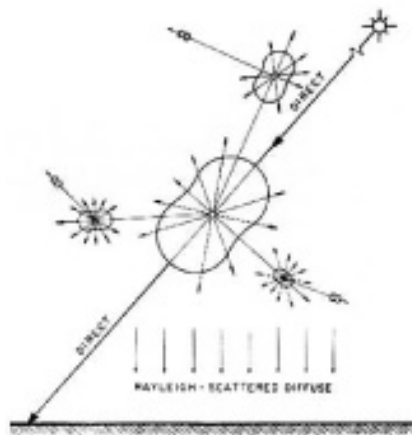
$$\text{Radiancia} = L_{\text{directa}} + L_{\text{torno}} + L_{\text{retrodispersada}}$$



# Efecto de atmosfera en imágenes de teledetección

## Dispersión:

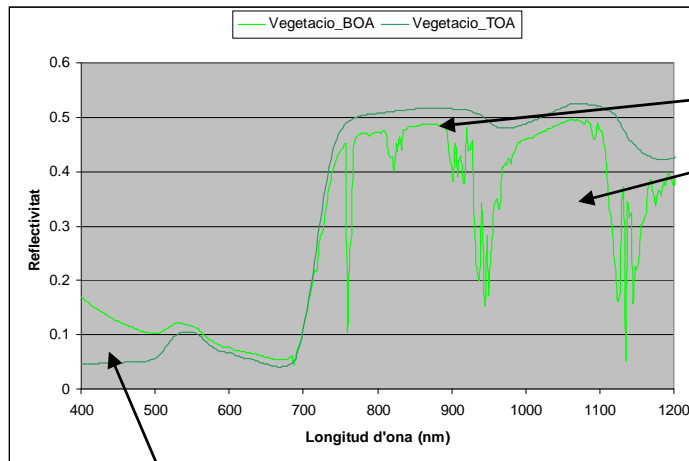
Fenómeno continuo



## Absorción:

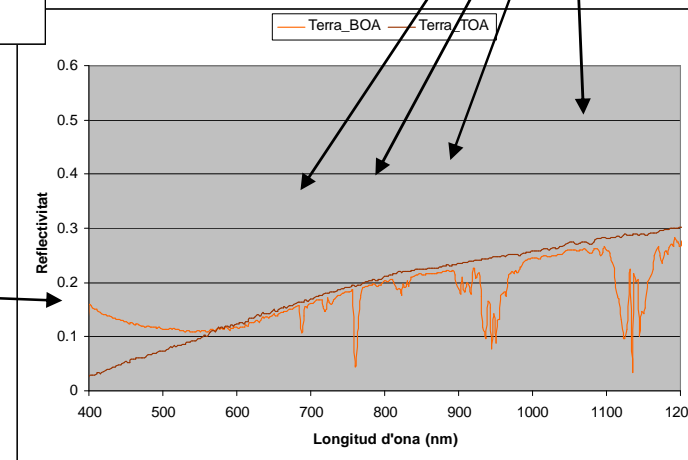
Fenómeno discreto

# Efecto de atmósfera en imágenes de teledetección



**Absorción**

**Dispersión**



## Transferencia radiativa espectro solar

$$L^* = A \frac{\rho_c}{(1 - \langle \rho_e \rangle S)} + B \frac{\langle \rho_e \rangle}{(1 - \langle \rho_e \rangle S)} + L_a$$

**$L^*$  radiancia a nivel de sensor**  
 **$\rho_c$  reflectividad píxel**  
 **$\rho_e$  reflectividad entorno**

**A, B, S,  $L_a$**   
**Caracterización atmósfera**

# Transferencia radiativa espectro solar con altura

Observació des de satèlit respecte a camp			
nm	Diferència promig	Diferència màxima	Diferència mínima
.4-.5	199%	490%	-6%
.5-.6	24%	107%	-38%
.6-.7	18%	112%	-39%
.7-1.05	-20%	-5%	-43%
Observació des de 4.770m respecte a camp			
nm	Diferència promig	Diferència màxima	Diferència mínima
.4-.5	98%	300%	-29%
.5-.6	10%	76%	-40%
.6-.7	9%	88%	-38%
.7-1.05	-19%	-5%	-42%
Observació des de 2.510m respecte a camp			
nm	Diferència promig	Diferència màxima	Diferència mínima
.4-.5	57%	201%	-36%
.5-.6	2%	51%	-40%
.6-.7	3%	63%	-36%
.7-1.05	-19%	6%	-40%
Observació des de 1.370 respecte a camp			
nm	Diferència promig	Diferència màxima	Diferència mínima
.4-.5	27%	121%	-40%
.5-.6	4%	29%	-39%
.6-.7	2%	38%	-34%
.7-1.05	18%	-6%	-38%



## Transferencia radiativa espectro solar

## Obtenció de A, B, S, La

$$A \frac{\rho}{(1 - \rho S)}$$

$$B \frac{\rho}{(1 - \rho S)} + L_a$$

```
* rad at satel. level (w/m2/sr/mic)
•   rad. target radiance : ainr(2,3)
```

```
* rad at satel. level (w/m2/sr/mic)
•   atm. Intrin :   ainr(2,1)
•   rad. Environment :ainr(2,2)
```

2 simulacions 6S: sistema 2 eq. 2 inc.

Vàlido para cualquier reflectividad!!!

## Transferencia radiativa espectro solar

Aplicació de A, B, S, La

$$L^* = A \frac{\rho_c}{(1 - \langle \rho_e \rangle S)} + B \frac{\langle \rho_e \rangle}{(1 - \langle \rho_e \rangle S)} + L_a$$

Precorrecció entorn

$$\langle \rho_e \rangle = \frac{(L^* - L_a)}{A + B + S(L^* - L_a)}$$

Correcció

$$\rho_c = \frac{(L^* - L_a)(1 - \langle \rho_e \rangle S) - \langle \rho_e \rangle B}{A}$$

# Simulaciones espectrales de transferencia radiativa

18,000 combinaciones diferentes

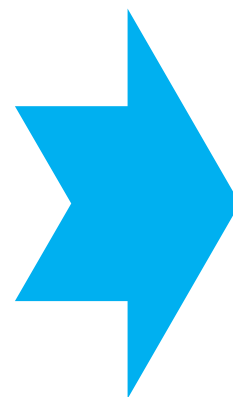
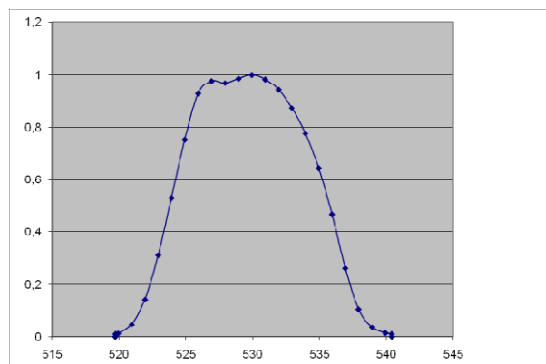
6S Radiative Transfer Parameters Values	
Atmospheric model	standard 62, Tropical, Mid-latitude winter, Mid-latitude summer, Sub- arctic summer & Sub-arctic winter
Aerosol model	Continental, maritime & urban
Aerosol concentration (meteorological vis km)	7.5, 15, 30, 60 & 120
Solar zenith angle (zenith=0°)	0, 30, 45, 60 & 75
Sensor zenith angle (zenith=0°)	0, 15, 30, 45 & 60
Azimuth difference	0, 45, 90, 135, 180, 225, 270 & 315

# Simulaciones de canal de transferencia radiativa

18,000 combinaciones espectrales



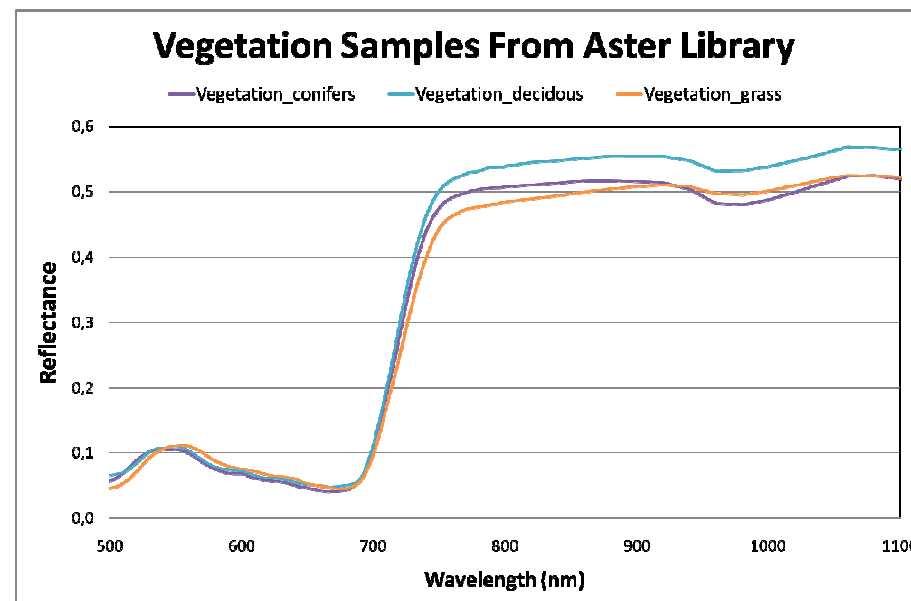
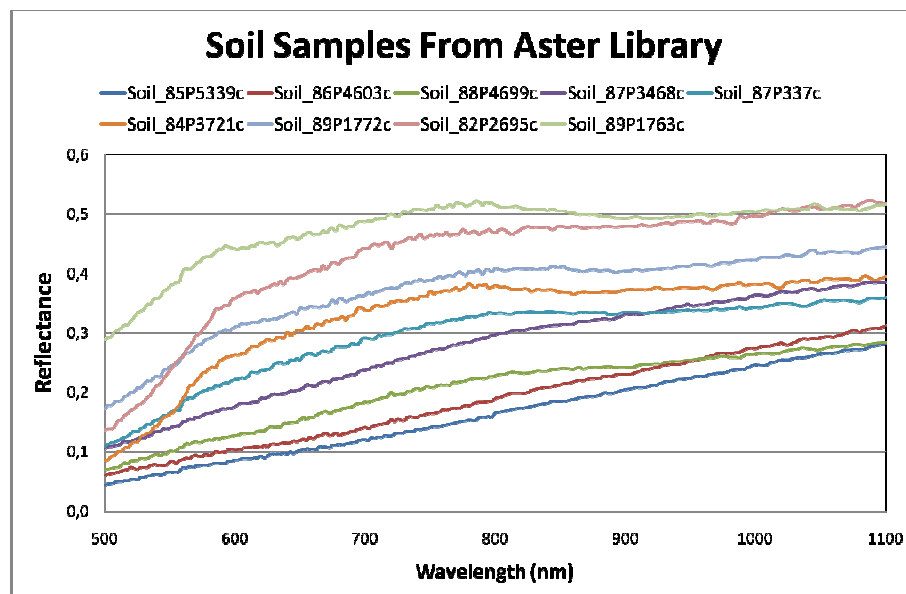
Sensibilidad espectral



18,000 combinaciones  
de canal

# Muestras Aster puras de vegetación y suelo

Los suelos son muy variables  
radiométricamente



La vegetación es muy  
semejante radiométricamente

## Muestras Aster mixtas de vegetación y suelo

¡  $P_v$  conocida !

$$\rho_i = \rho_{iV} \cdot P_v + \rho_{iS} \cdot (1 - P_v)$$

- 3 muestras vegetación
- 9 muestras de suelo
- Múltiples  $P_v$  (50 aprox. para cada muestra de vegetación y suelo)

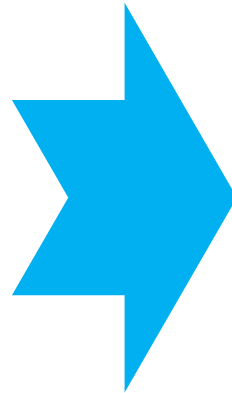
## Simulaciones de canal de transferencia radiativa

Múltiples Pv (100 para cada muestra de vegetación y suelo)



18,000 combinaciones

de canal



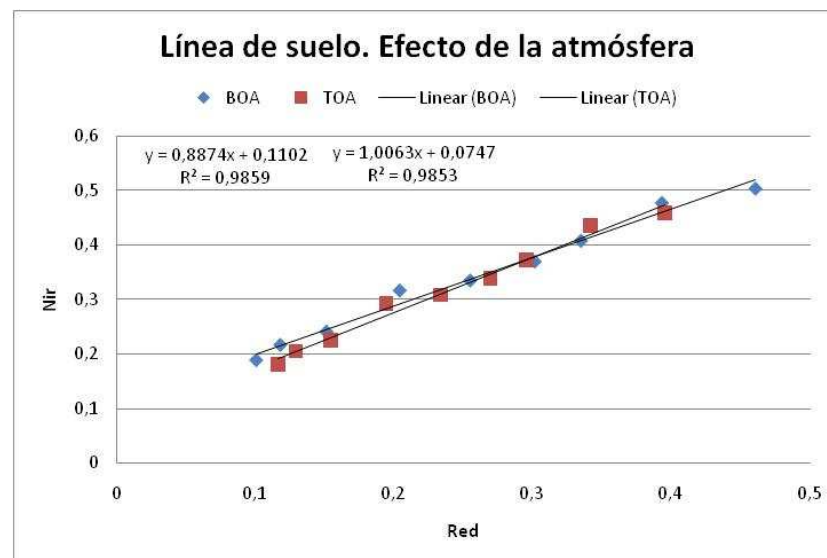
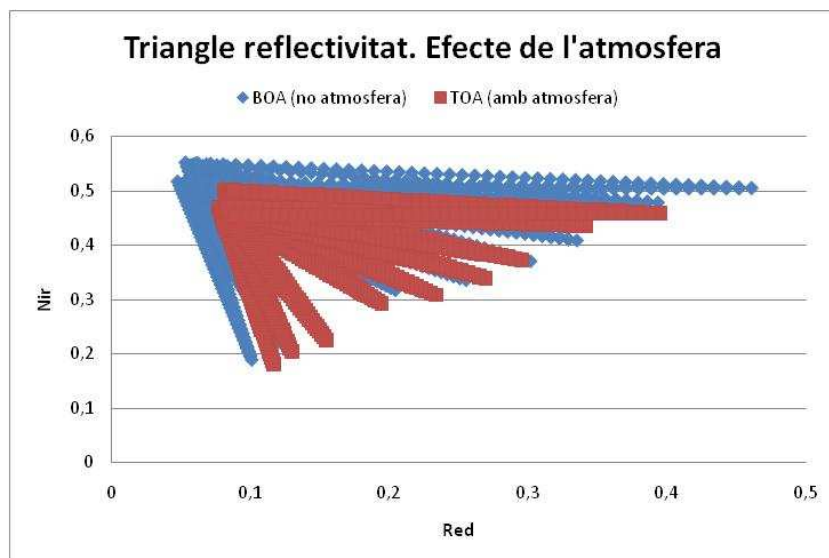
- Efecto atmósfera en
  - Índice vegetación
  - Pv
  - Emisividad

**Analizando...**

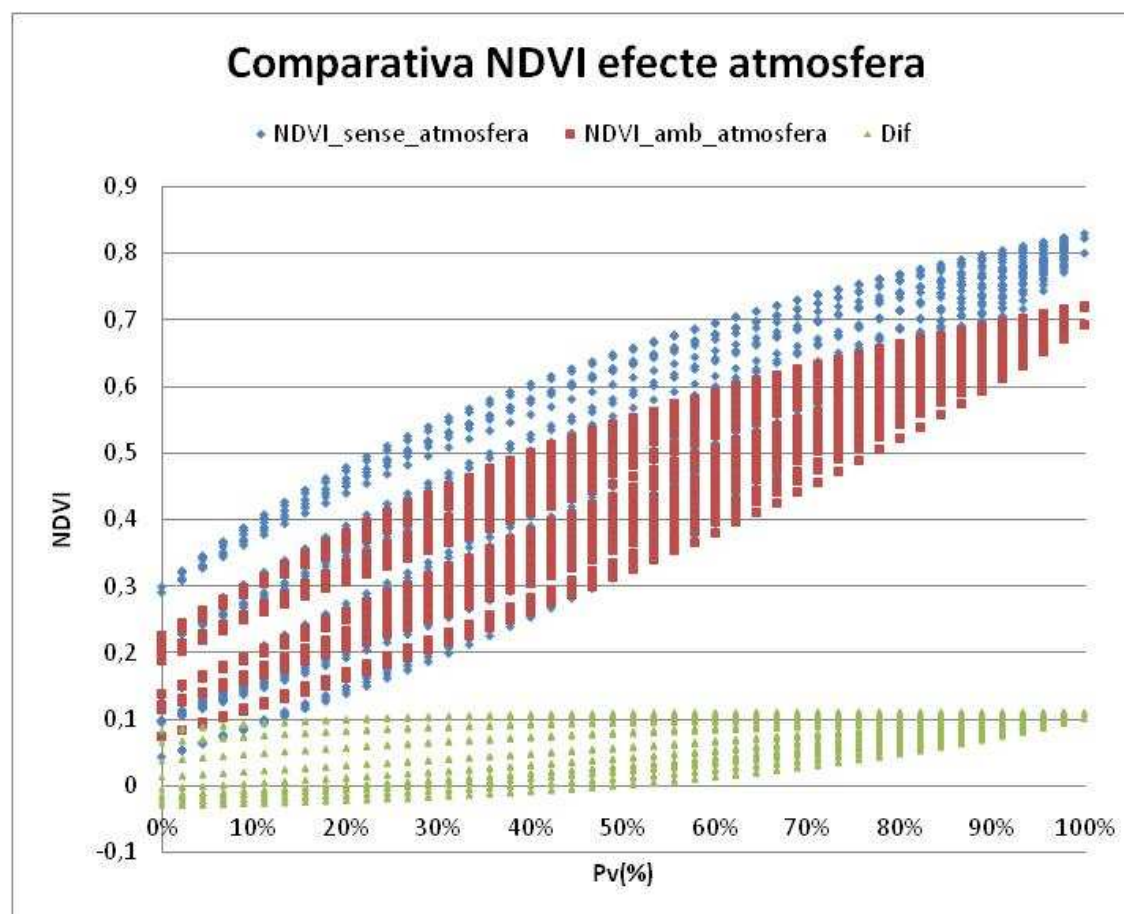
Muchos  
datos...



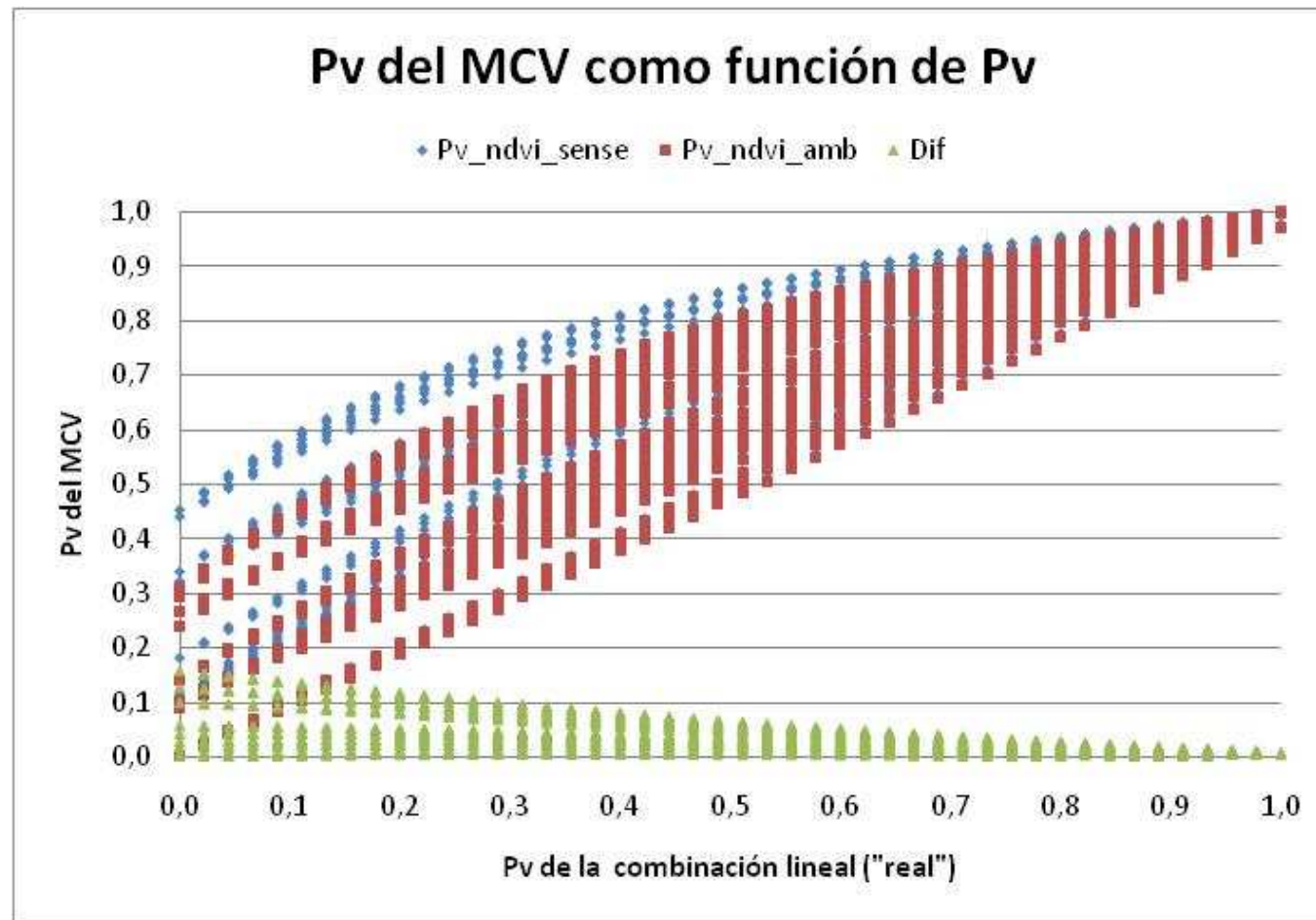
## Efecto en reflectividad de la atmósfera



## Efecto en NDVI de la atmósfera



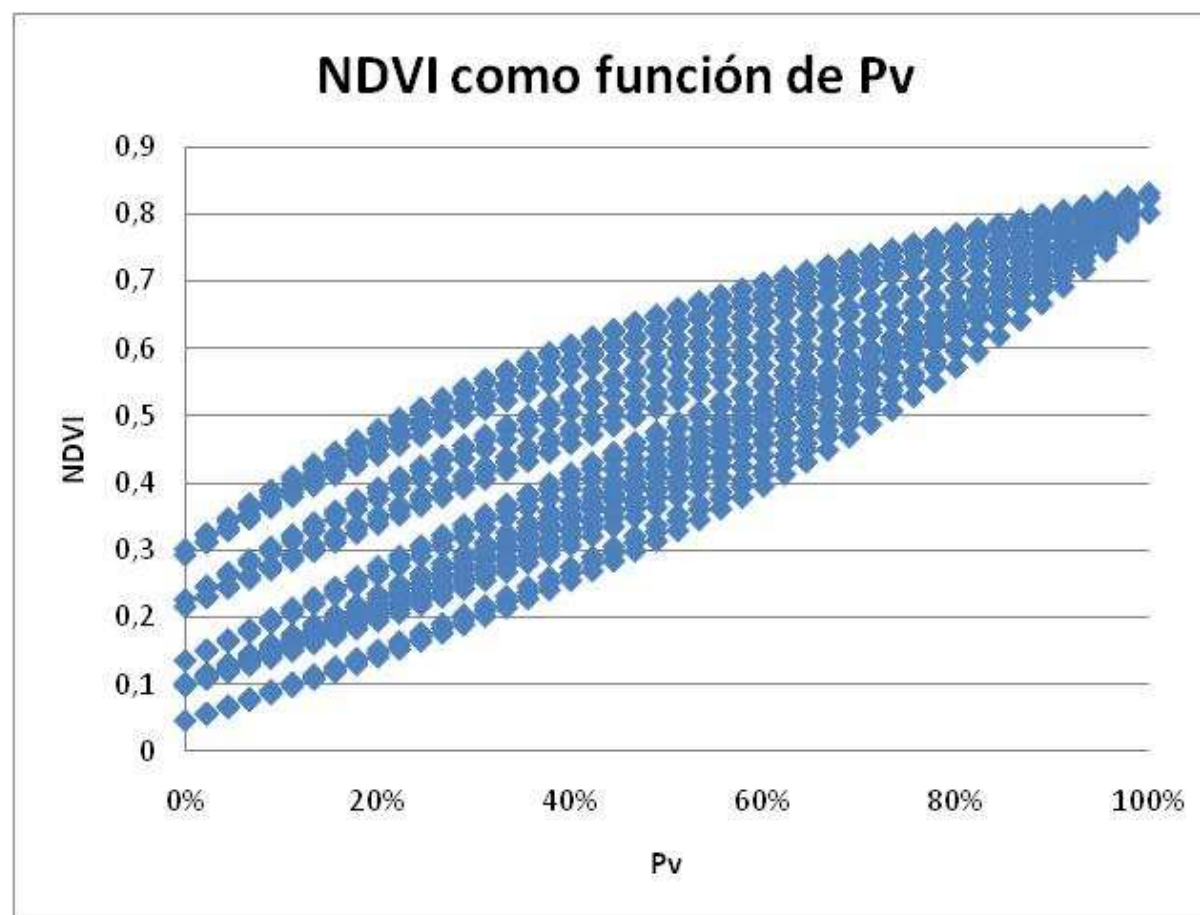
## Efecto en Pv de la atmósfera



## Algunos resultados

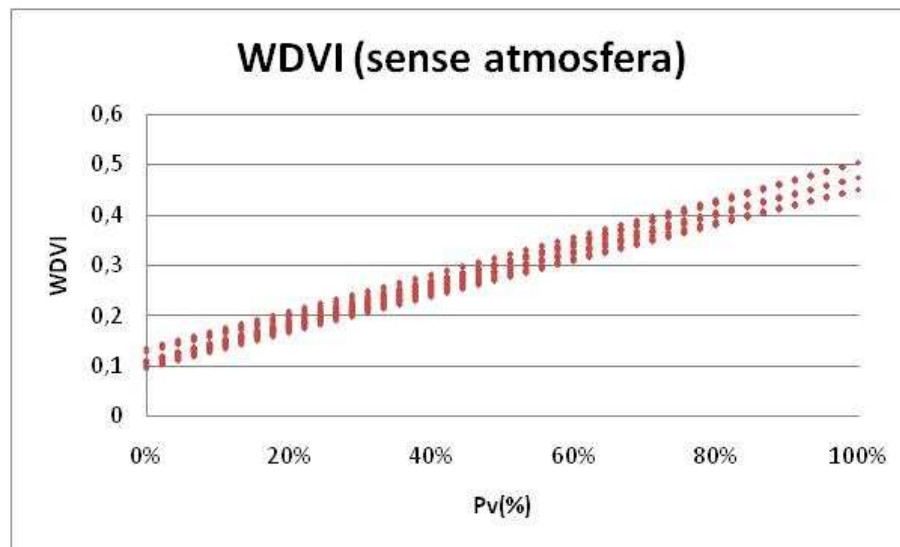
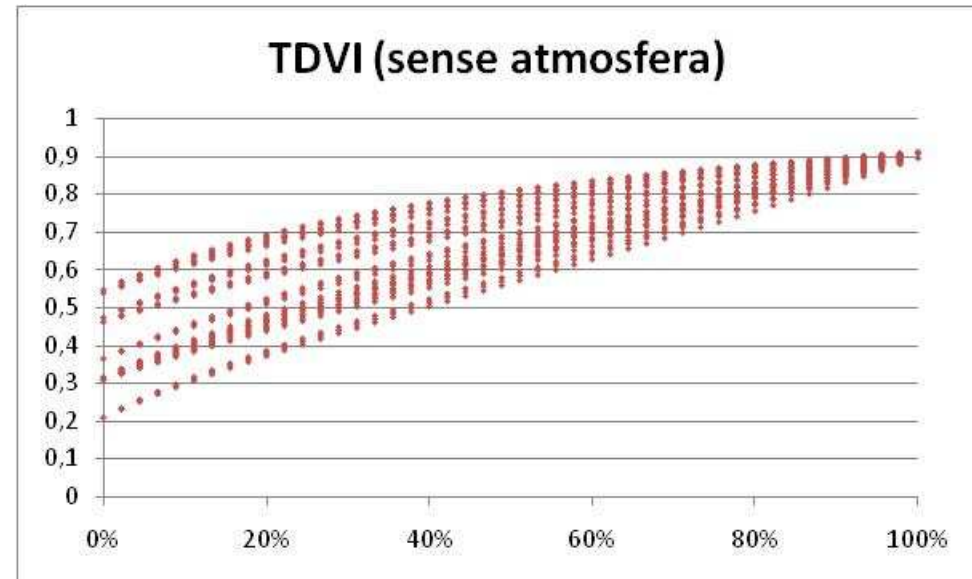
Complejos de  
obtener...  
mucho análisis

## Dependencia de los índices vegetación con el tipo de suelo



## Dependencia de los índices vegetación con el tipo de suelo

Mucha dependencia del suelo



Poca dependencia del suelo

## Dependencia de la forma de los canales



Canal “medio”

Canal “ancho”

Canal “estrecho”

<i>SENSOR\BANDA</i>	Blue	Green	Red	Nir	Swir1p2	Swir1p6	Swir2p2
<i>MODIS</i>	3	4	1	2	5	6	7
<i>AVHRR</i>	no	no	1	2	no	3	no
<i>MERIS</i>	2	5	8	13	no	no	no
<i>ATSR</i>	no	1	2	3	no	4	no
<i>ASTER</i>	no	1	2	3	no	5	7
<i>LANDSAT</i>	1	2	3	4	no	5	6
<i>SEVIRI</i>	no	no	1	2	no	3	no

Comunes => NDVI

# Efecto de la atmósfera en $P_v$ , emisividad y temperatura

Ligera dependencia de la anchura del canal

(mejor si estrecho)

Pure landscape and atmosphere			
	AVHRR	MODIS	MERIS
$\Delta P_v$ mean	0.002	0.002	0.002
$\Delta P_v$ max	0.016	0.016	0.016
$\Delta P_v$ min	-0.010	-0.010	-0.009
$\Delta \epsilon$ mean	0.0001	0.0001	0.0001
$\Delta \epsilon$ max	0.0014	0.0014	0.0014
$\Delta \epsilon$ min	-0.0009	-0.0009	-0.0008

Vegetation cover error  $\Delta P_v$  varies between -0.010 and +0.016. Thermal (8-13 mm) emissivity error  $\Delta \epsilon$  varies between -0.009 and +0.0015. It represents a systematic error of approximately -0.05K to +0.08K

Mixed landscape and atmosphere			
	AVHRR	MODIS	MERIS
$\Delta P_v$ mean	0.112	0.112	0.117
$\Delta P_v$ max	0.438	0.442	0.427
$\Delta P_v$ min	-0.247	-0.248	-0.212
$\Delta \epsilon$ mean	0.0074	0.0073	0.0071
$\Delta \epsilon$ max	0.0502	0.0501	0.0493
$\Delta \epsilon$ min	-0.0199	-0.0198	-0.0171

Vegetation cover  $P_v$  error varies between -0.25 and +0.44. Thermal emissivity error varies between -0.02 and +0.05. It represents a systematic error of approximately -1.0K to +2.6K



## Heterogeneidad en Pv, emisividad y temperatura

The same order of magnitude than for a  
mixed landscape and atmosphere

Mixed landscape without atmosphere			
	AVHRR	MODIS	MERIS
$\Delta P_v$ mean	0.170	0.161	0.150
$\Delta P_v$ max	0.509	0.486	0.457
$\Delta P_v$ min	-0.022	-0.023	-0.011
$\Delta \epsilon$ mean	0.0089	0.0086	0.0079
$\Delta \epsilon$ max	0.0567	0.0546	0.0518
$\Delta \epsilon$ min	-0.0056	-0.0055	-0.0052

The vegetation cover Pv error varies between -0.023 and +0.51. Besides, the thermal emissivity error varies between -0.006 and +0.06 which represents a systematic error of approximately -0.3K to +3.0K).

# Conclusiones

## Conclusiones

- El impacto de la atmósfera es importante para el cálculo de Pv. Es más apreciable en entornos heterogéneos
- El impacto de la atmósfera es despreciable en promedio para el cálculo de la emisividad. Es más apreciable en entornos heterogéneos
- Es posible emplear índices diferentes al NDVI para el MCV
- La adecuada elección del índice de vegetación minimiza el impacto en entornos heterogéneos

**¡ Gracias !**

**lucas.martinez@uv.es**

<http://www.uv.es>

**lucas.martinez@icc.cat**

<http://www.icc.cat>