



## GT-TEL. Teledetección y sensores ambientales.

SPALINET: RED ESPAÑOLA DE LIDARES DE AEROSOLES

Michäel Sicard  
Universitat Politècnica de Catalunya

# SPALINET: RED ESPAÑOLA DE LIDARES DE AEROSOLES



Michaël Sicard  
msicard@tsc.upc.edu



Remote Sensing Laboratory (RSLab)  
Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones (TSC)  
Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)

[www.lidar.es/spalinet/es](http://www.lidar.es/spalinet/es)

# Co-autores

- F. Rocadenbosch, C. Muñoz, S. Tomás, A. Comerón (UPC, Barcelona)
- F. Molero, M. Pujadas (CIEMAT, Madrid) 
- L. Alados, J.L. Guerrero (Universidad de Granada) 
- J. A. Martínez, R. Pedros, (Universidad de Valencia) 
- J. P. Díaz, F. J. Expósito (Universidad de La Laguna) 
- M. Gil, C. Córdoba (INTA, Torrejón de Ardoz) 
- A. Requena, J. M. Bolarín (Universidad de Murcia) 
- J. M. Moreno (Universidad Politécnica de Cartagena)

# Outline

- Introducción
- La técnica lidar
- Redes de lidares, EARLINET
- La red española de lidares de aerosoles, SPALINET
- Resultados del Año 1
- Resultados del Año 2
- Conclusión y futuro

# Introducción

¿Por qué interesa conocer la distribución vertical de los aerosoles en la atmósfera?

Los aerosoles influyen en:

- Balance radiativo global
- Propiedades microfísicas de las nubes
- Precipitación
- Ecosistemas

Clima

Meteorología

Salud de personas y seres vivos  
en general

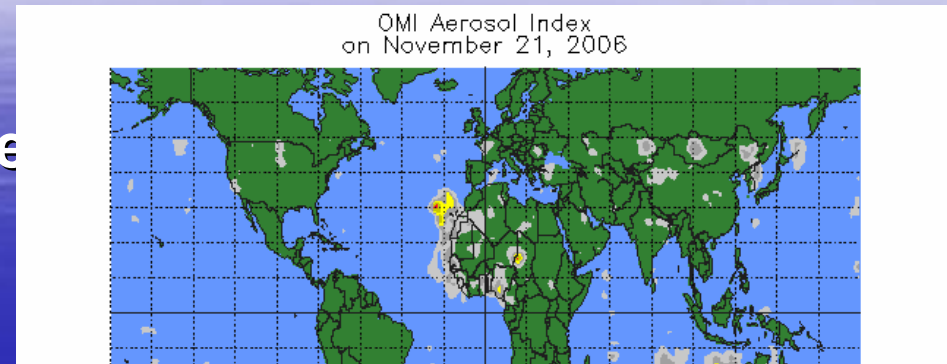


# Introducción

¿Cómo se miden el efecto de

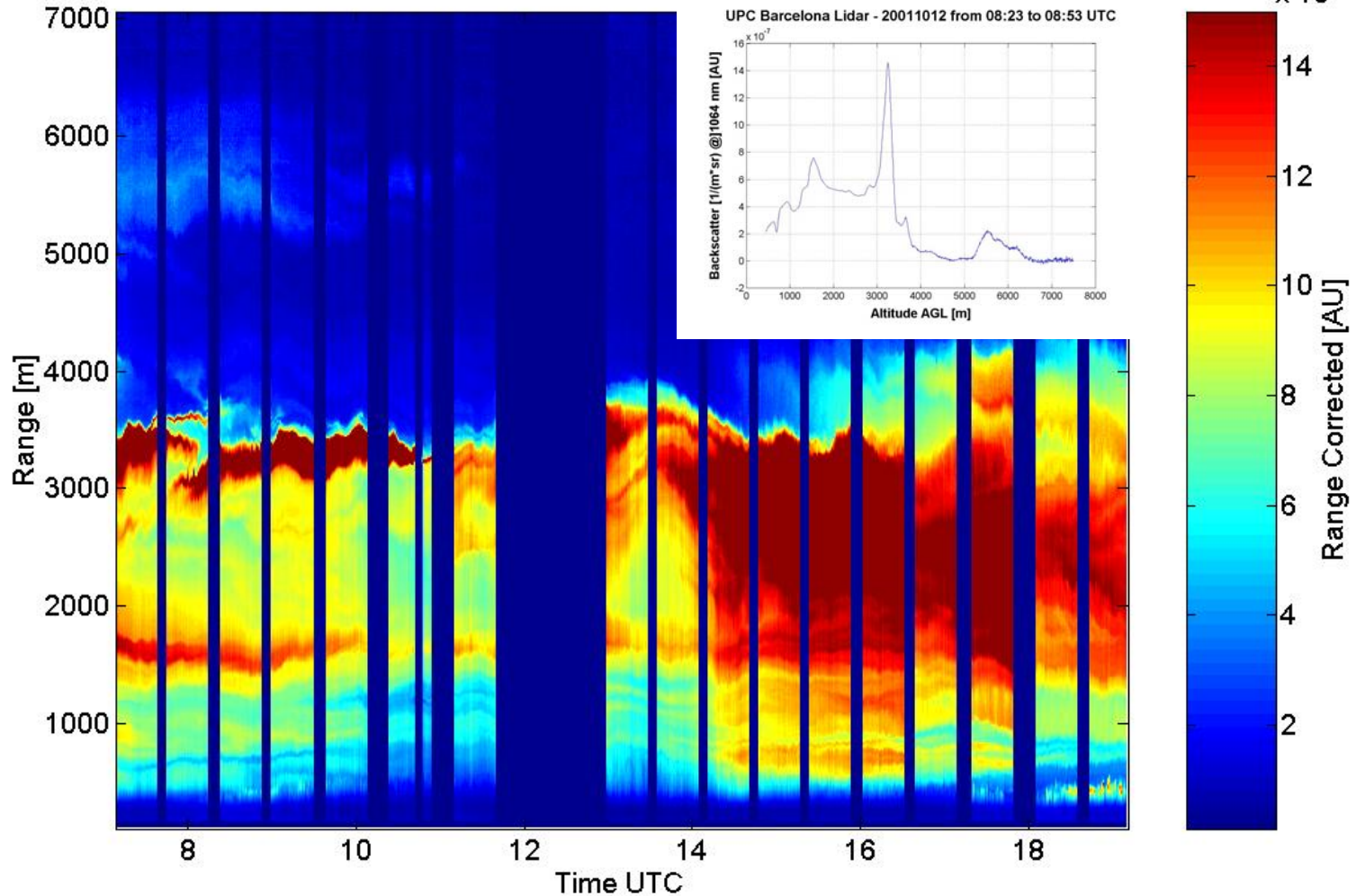
Métodos pasivos:

- Sensores en satélites
  - Ventajas: Cobertura global
  - Inconvenientes: falta de precisión en la superficie; tiempos de respuesta
- Fotómetros solares
  - Ventajas: Relativa sencillez
  - Inconvenientes: falta de precisión (dependencia del contenido columnar); radiación solar



# Introducción

UPC Barcelona - Lidar Measurements @1064nm - 011012



¿Co

Mét

■ L

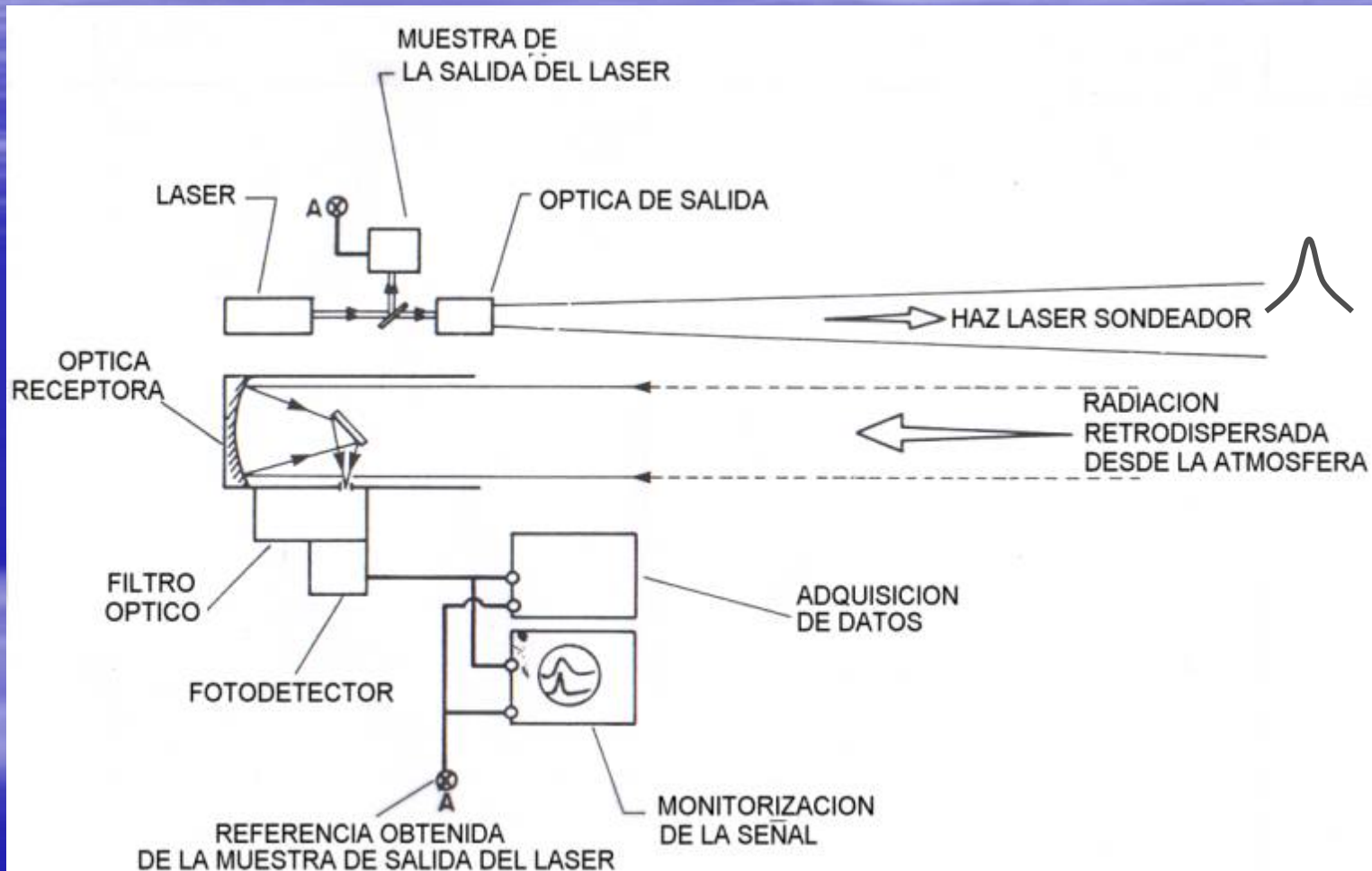
Mét

# Introducción

- Los lidares facilitan una información detallada de la distribución vertical de los aerosoles a lo largo de su línea de visión
  - Lidares a bordo de satélites (GLAS, CALIOP, ALADIN, ATLID, ...) ofrecen una cobertura global con **tiempos de revisita de ~ 10 días**
- Redes coordinadas de lidares terrestres realizan **observaciones “ground-truth”**: ofrecen **simultáneamente** medidas sobre una **extensa zona geográfica**



# La técnica lidar



Adaptado de R. M. Measures: "Laser Remote Sensing. Fundamentals and applications". John Wiley & Sons, 1984

# La técnica lidar



# La técnica lidar



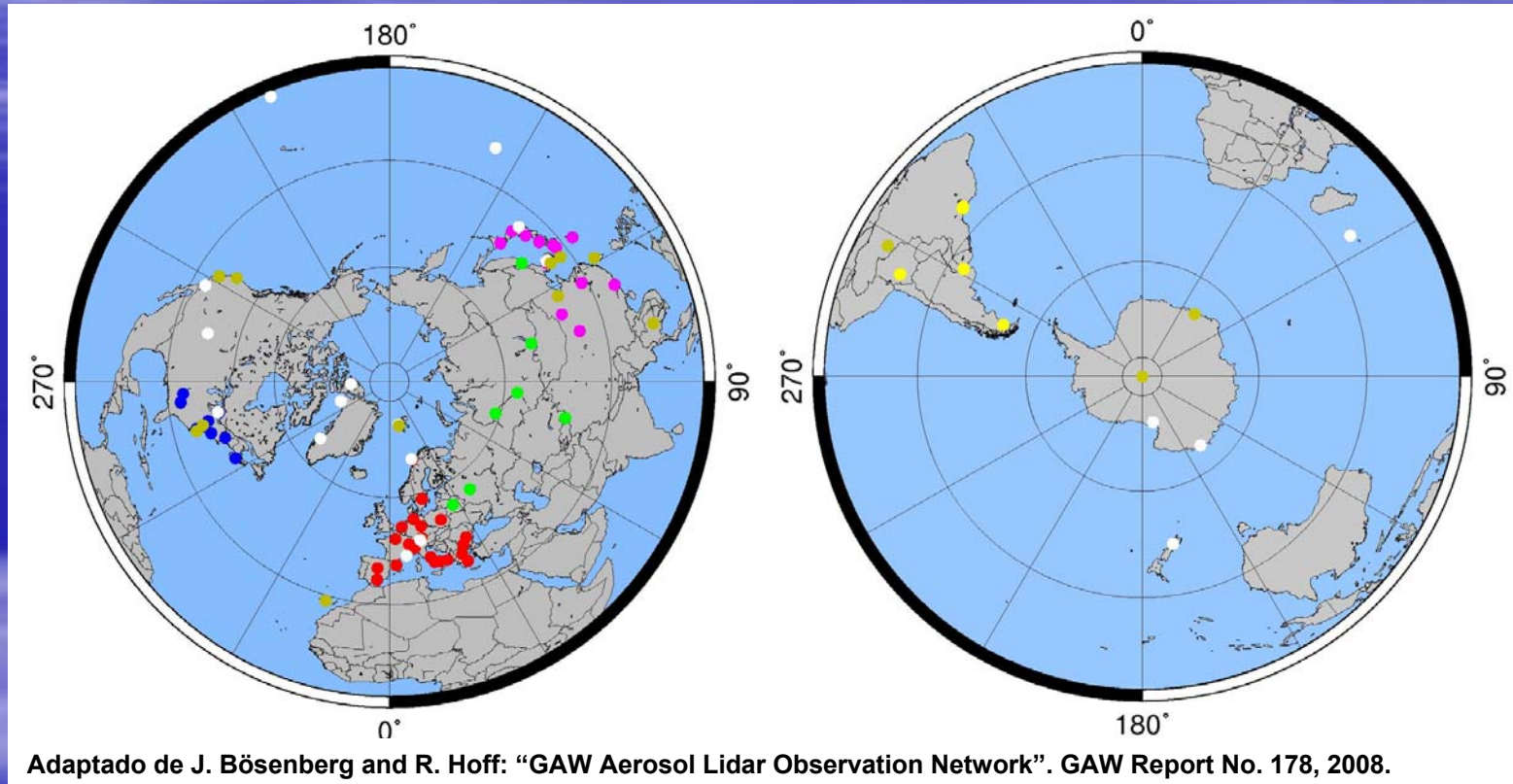


# Redes de lidares

- Pueden combinar alta resolución espacial y temporal con muestreo de zona geográfica amplia
- Distribuciones cuatridimensionales (espacio + tiempo) de aerosoles
- Instrumentos con prestaciones que no estarán disponibles en instrumentos en órbita en un futuro próximo



# Redes de lidares



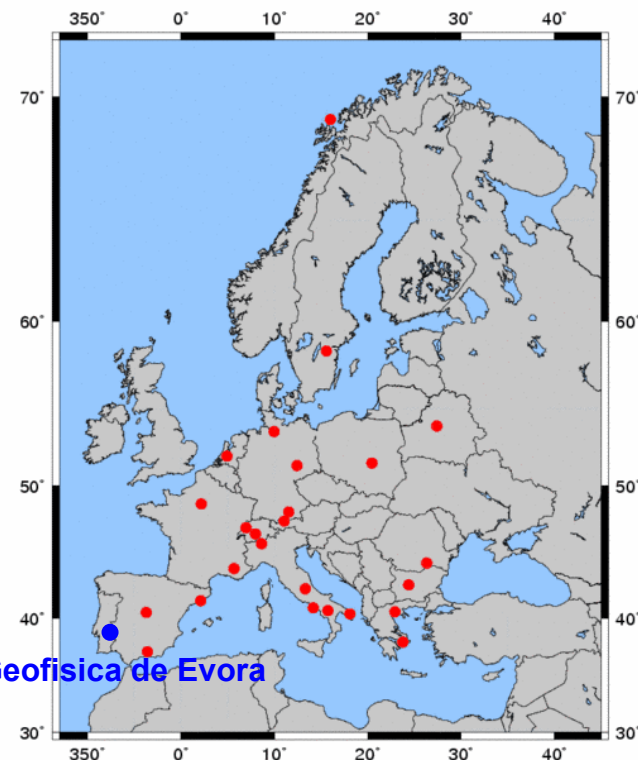
## European Aerosol Research Lidar Network to Establish an Aerosol Climatology

- EARLINET fue creado en mayo de 2000 (FP5 de la UE)
- EARLINET-ASOS (-Advanced Sustainable Observation) empezó en marzo de 2006 (FP6 de la UE) y tiene como objetivo mejorar las infraestructuras de EARLINET :
  - Mejor resolución espacial y temporal de las observaciones
  - control de calidad continuo
  - disponibilidad rápida de datos estandarizados

# EARLINET

- Objetivo: suministrar una base de datos cuantitativa y estadísticamente significativa de la distribución vertical de los aerosoles a escala continental
- Medios: 25 estaciones lidar (10  $-\beta$ , 8  $-\alpha$  en el UV, 7 multi- $\lambda$ ) + algunos en el proceso de incorporación
- Medidas semanales
- Formato de datos estandarizado

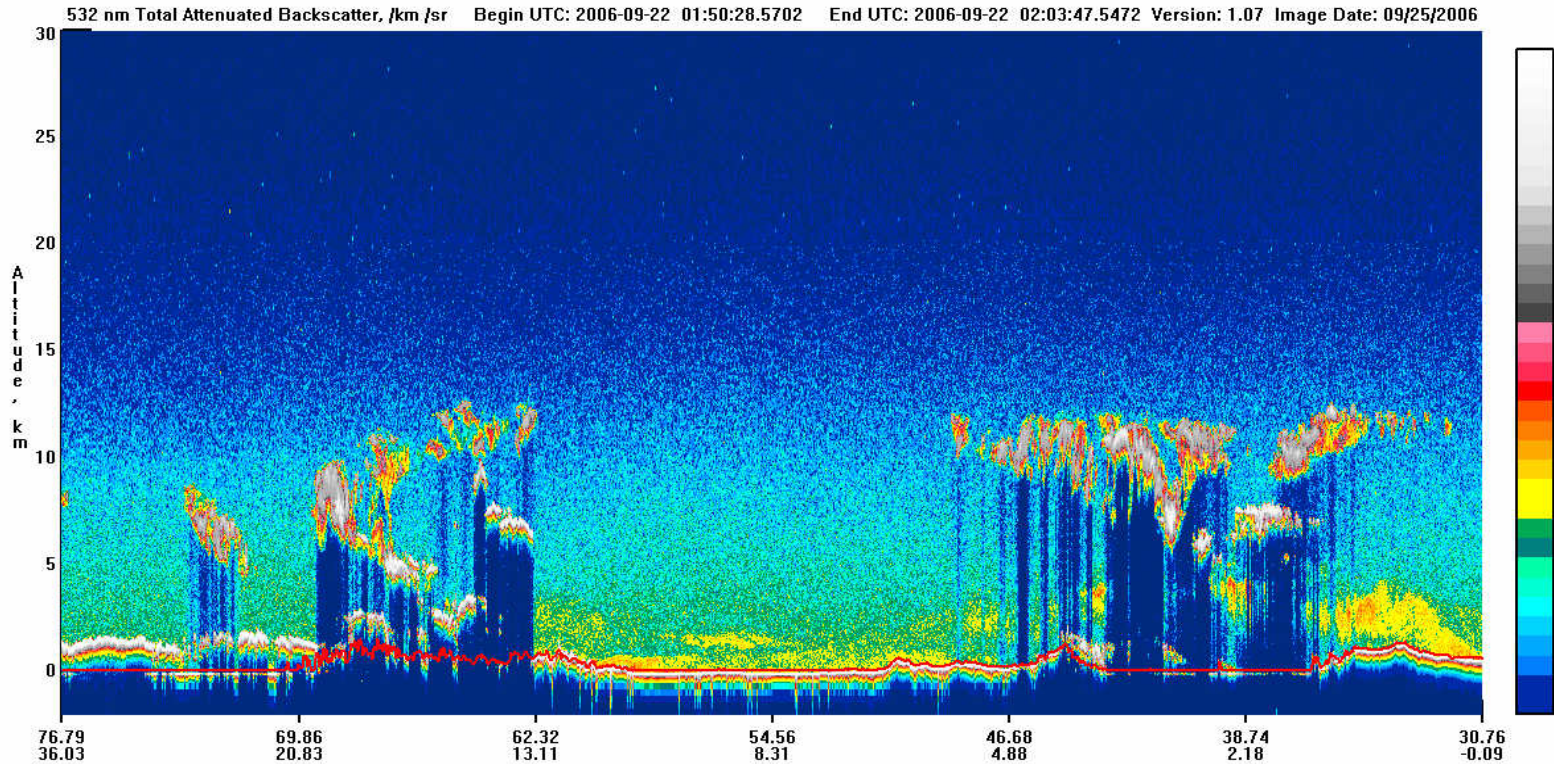
Centro de Geofísica de Evora





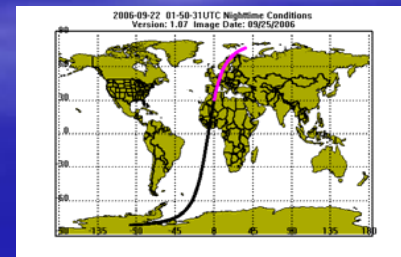
# EARLINET-ASOS

- Evaluación ambiental
- Apoyo a la tierra
- Embudo del S. Tierra



Tierra (GEOSS: <http://www.epa.gov/geoss/>).  
Lidar CALIOP a bordo de satélite CALIPSO

<http://www-calipso.larc.nasa.gov/products/lidar>





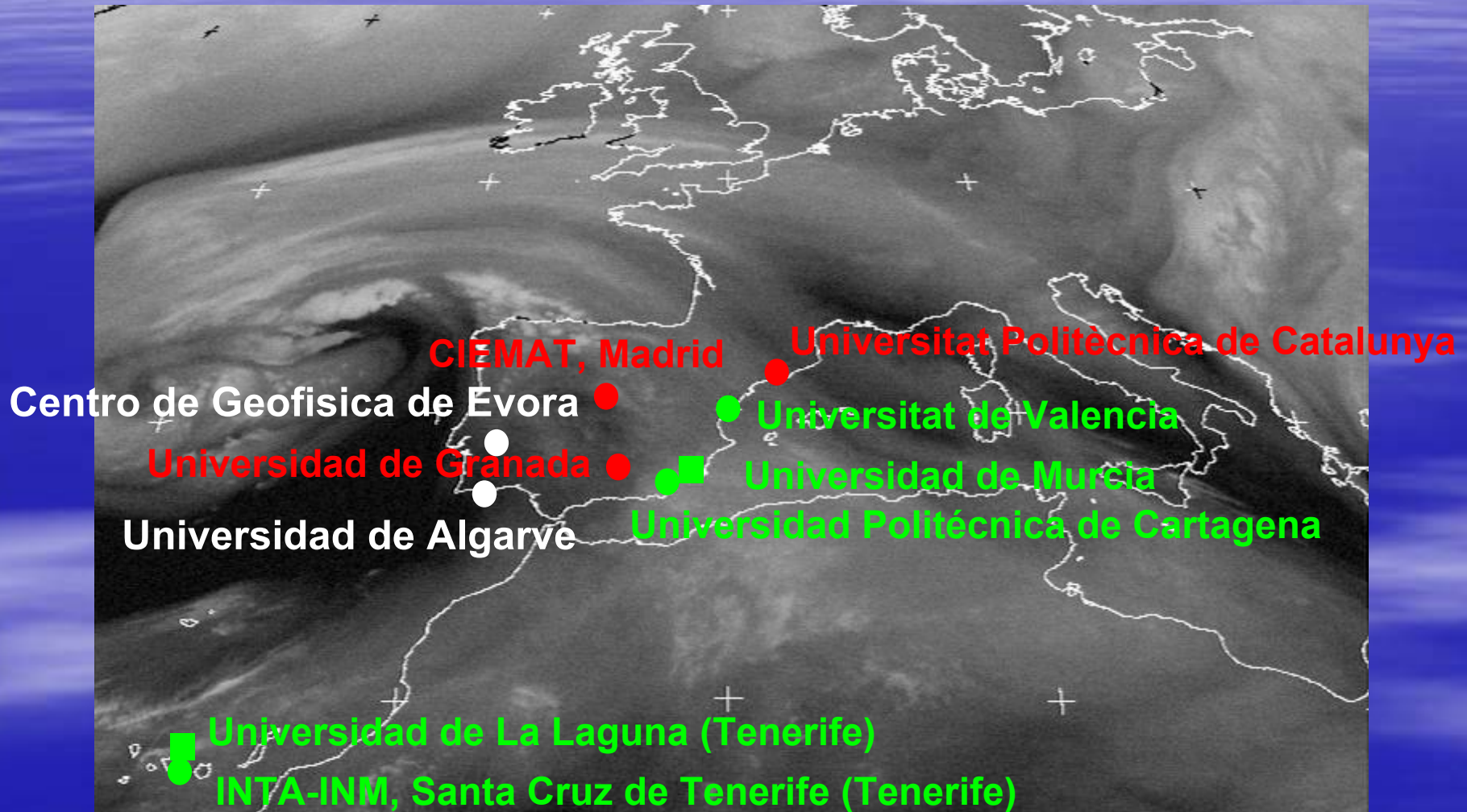
# SPALINET

## Spanish Lidar Network

- Extender y reforzar las acciones de EARLINET-ASOS
- **Establecer normas/metodologías comunes** para instrumentos lidar avanzados para mejorar la cobertura temporal, los procedimientos de operación, el proceso de los datos y la recuperación de los parámetros ópticos, microfísicos, etc... de interés.
- **Establecer normas para el formato de los datos** para facilitar el acceso interno y externo a los mismos
- Mantener el **control de calidad** al nivel más alto posible
- **Servir de núcleo** inicial para incentivar la participación de grupos españoles i portugueses, ayudando a superar una de las carencias en la implantación geográfica de EARLINET en el suroeste de Europa

# 8 Miembros hoy

## 10 Miembros el 1/7/2009



# Plan de trabajo – Año 1

- Armonización de instrumentos y de procedimientos para las campañas de medida
- **Campaña de intercomparación de sistemas**
- Procesado de los datos, análisis de los problemas encontrados, recomendaciones
- Creación de una pagina web ([www.lidar.es/spalinet/es](http://www.lidar.es/spalinet/es))



# Armonización de instrumentos

- BAR: Lab.
- MAD: Lab.
- GRA: Raymetrics LR321-D400
- LLA: Eridan LSA-2c
- SCT: MPL-3
- VAL: CIMEL Electronique CAML CE370-2
- MUR: Lab.
- CAR: Elight UV11



$\lambda$ (nm) (E (mJ))	BAR homemade	MAD homemade	GRA Raymetrics LR321D400	LLA Eridan LSA-2c	SCT MPL-3	VAL CIMEL CE-370-2	MUR homemade	YEAR SPANISH LIDAR NETWORK Elight UV11
Elastic IR 1064	X (160)		X (110)	X (70)			X (1000)	
Elastic VIS 532	X (160)	X (100)	p/s (65)	X (35)	X* (0.01) * at 523 nm	X (0,004)	X (500)	
Elastic UV 355			X (60)				X (250)	
Elastic UV 266							X (110)	
Elastic UV 390-399							X	X
Elastic UV 255-290							X	X
Raman VIS 607	X	X	X desde Julio 2007				X	
Raman UV 387			X				X	
Raman UV 407 (WV)			X				X	
PRF (Hz)	10	20	10	10	2500	4600	10	20
Scanning capability	X	X		X			X	X
System transportable	X	X	X		X	X		X
OVF (km)	0.25	~0.3	0.3	~0.3	1.5		0.2 - 2	~0.3
Max range (km)	50	15	120	10	60	5	50	5

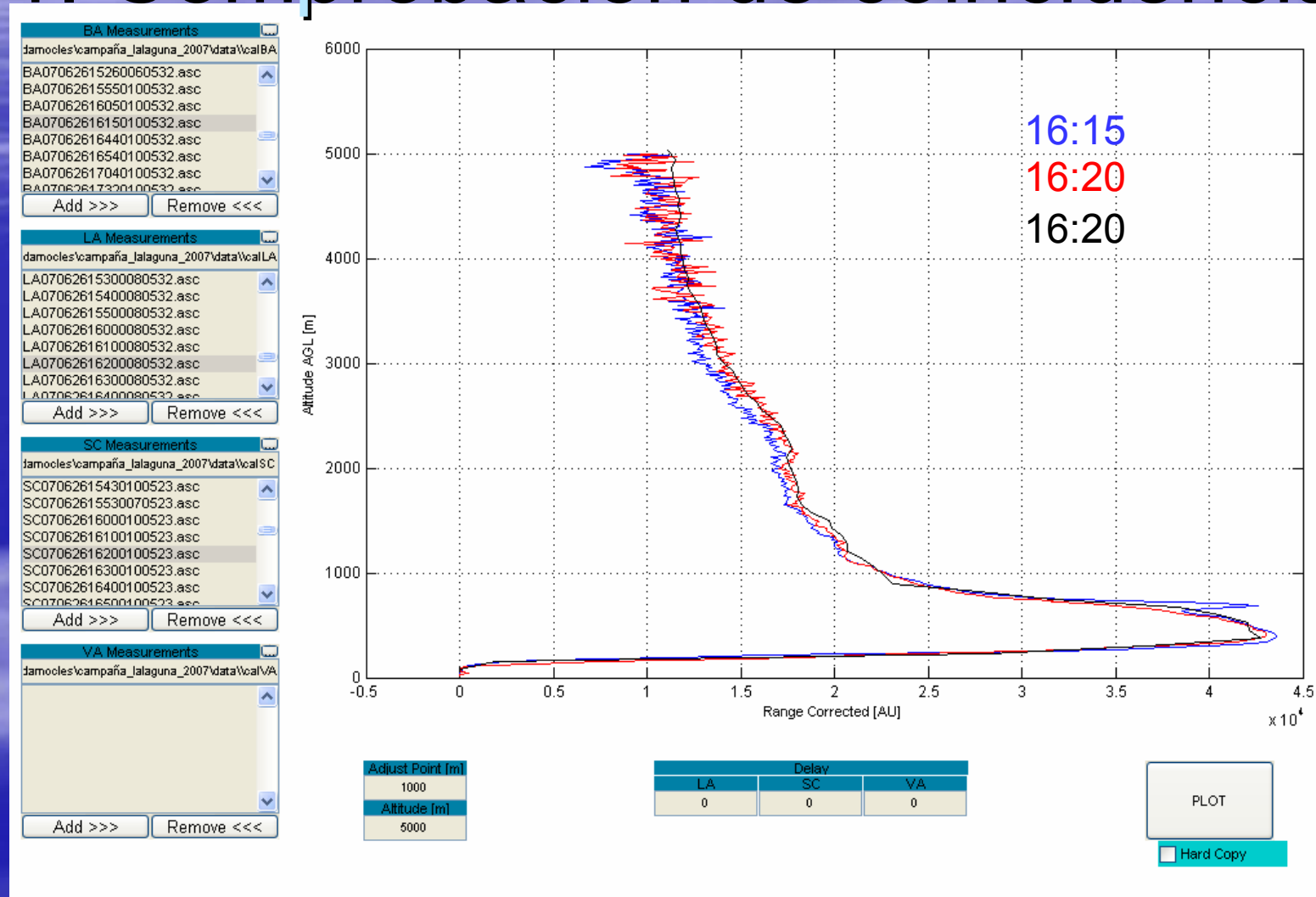
# Campañas de intercomparación



SCT  
BAR

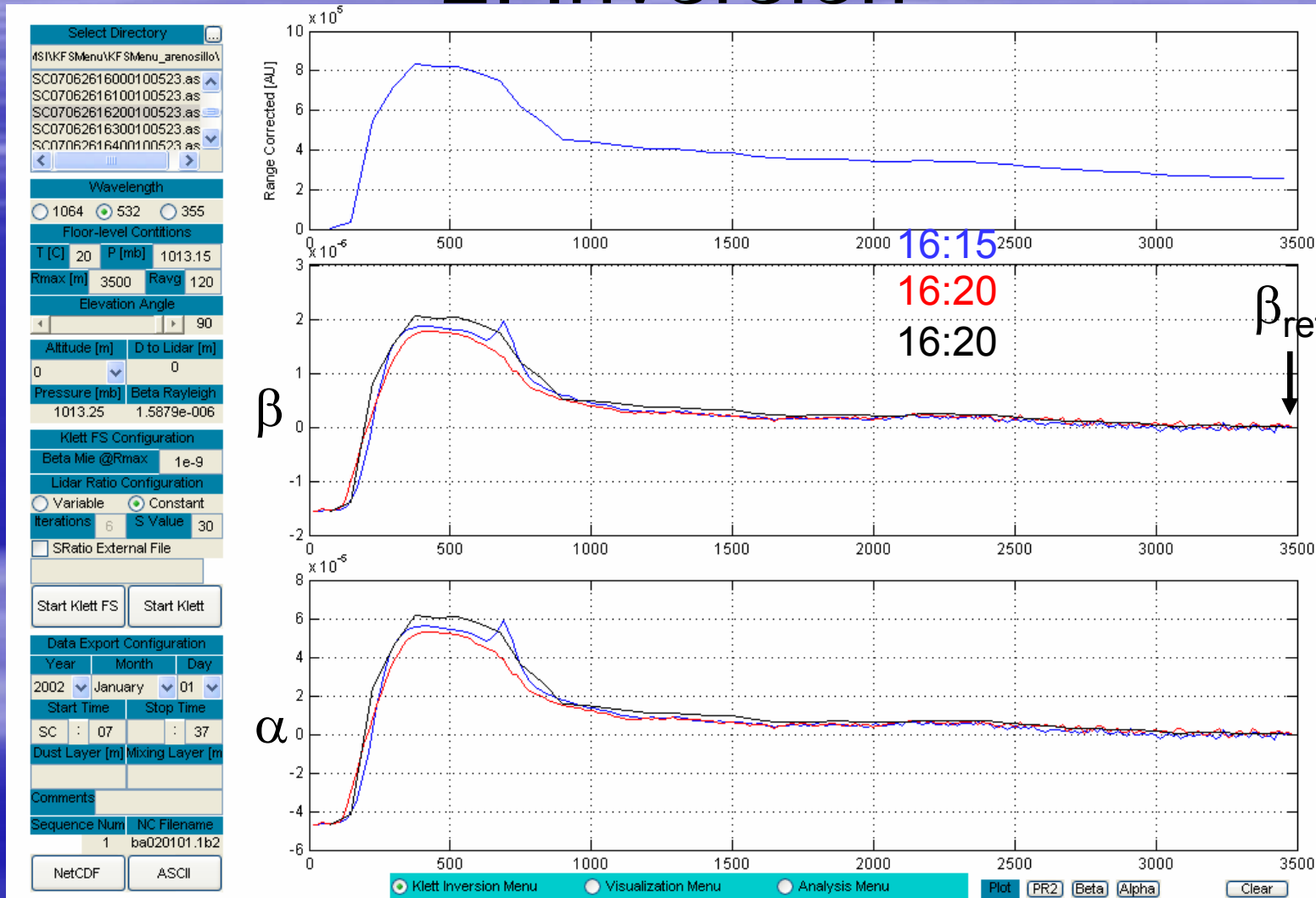
# Procedimiento:

## 1. Comprobación de coincidencia



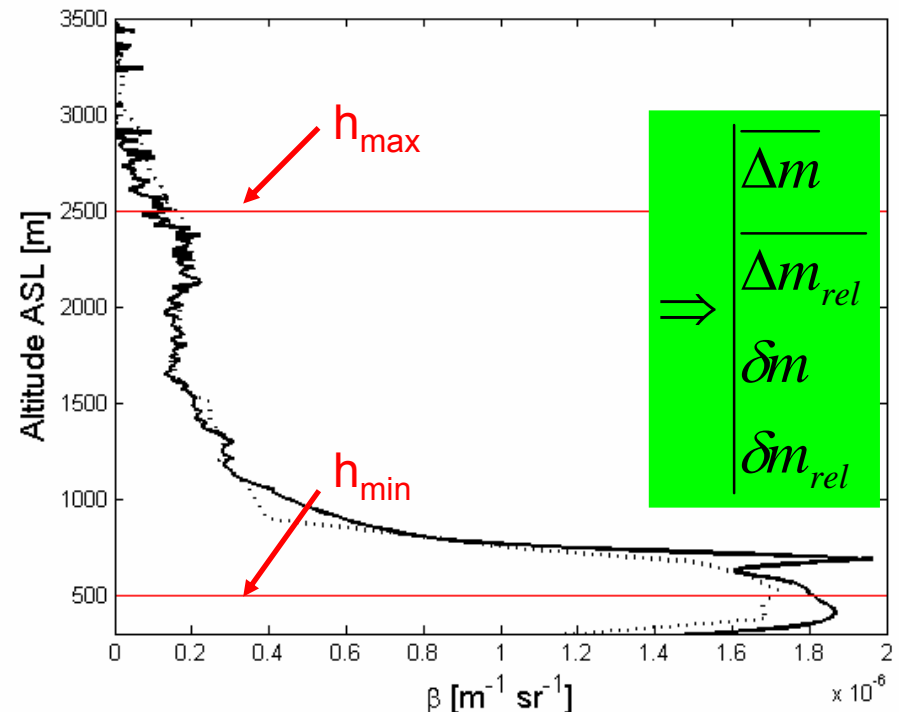
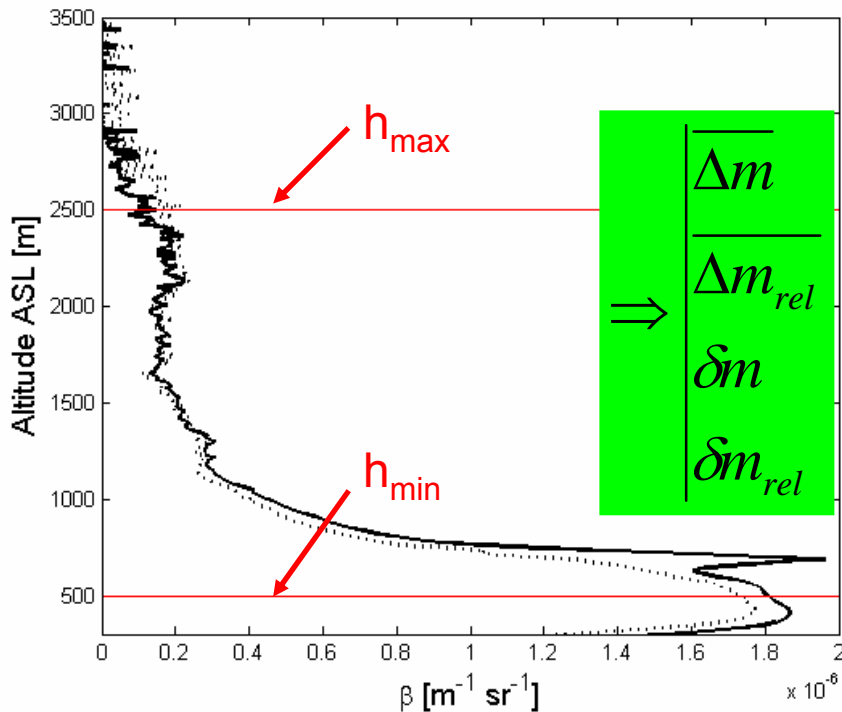


# Procedimiento: 2. Inversión



# Procedimiento:

## 3. Calculo de desviaciones



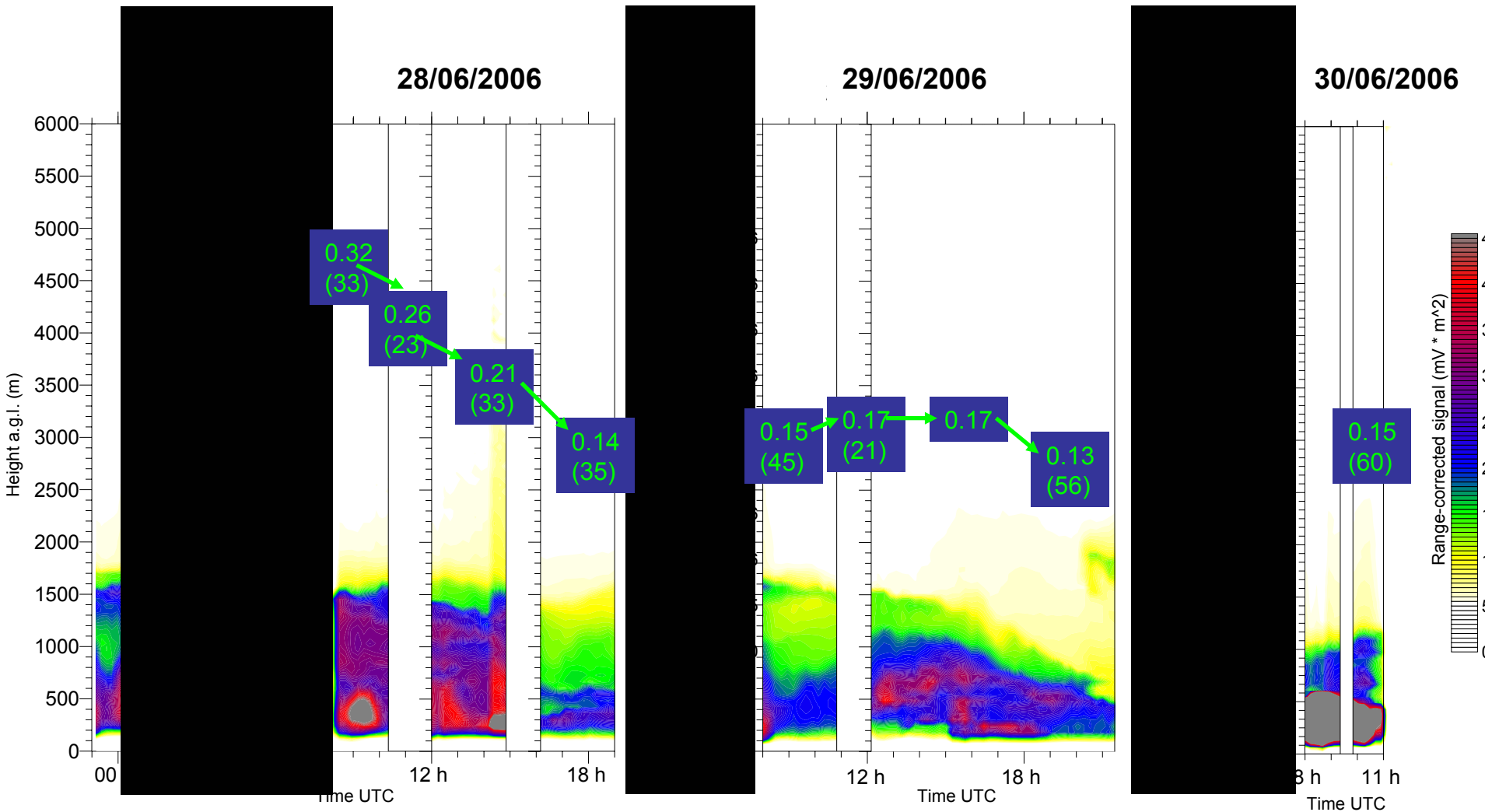
# Desviaciones estándar máximas permitidas

Quantity	Mean deviation	Std. deviation	Min. height interval
$\alpha$ @ 355 nm	<20%/ $0.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}$	<25%/ $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}$	1000 m
$\beta$ @ 355 nm	<20%/ $0.5 \cdot 10^{-6} \text{ (m.sr)}^{-1}$	<25%/ $0.5 \cdot 10^{-6} \text{ (m.sr)}^{-1}$	2000 m
$\beta$ @ 532 nm	<20%/ $0.5 \cdot 10^{-6} \text{ (m.sr)}^{-1}$	<25%/ $0.5 \cdot 10^{-6} \text{ (m.sr)}^{-1}$	2000 m
$\beta$ @ 1064 nm	<30%/ $0.5 \cdot 10^{-6} \text{ (m.sr)}^{-1}$	<30%/ $0.5 \cdot 10^{-6} \text{ (m.sr)}^{-1}$	2000 m
$\tau$ @ 355 nm	<30%/ 0,1	<30%/ 0,1	2000 m

\* V. Matthias et al., "Aerosol lidar intercomparison in the framework of the EARLINET project. 1. Instruments", Appl. Opt., vol. 43, 961-976, 2004.

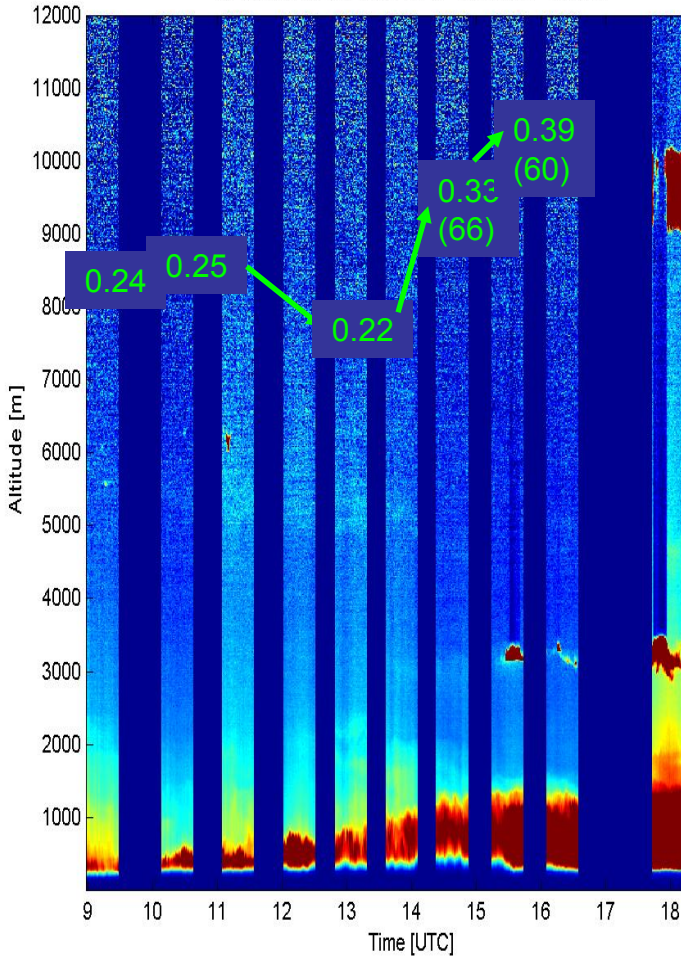


# El Arenosillo

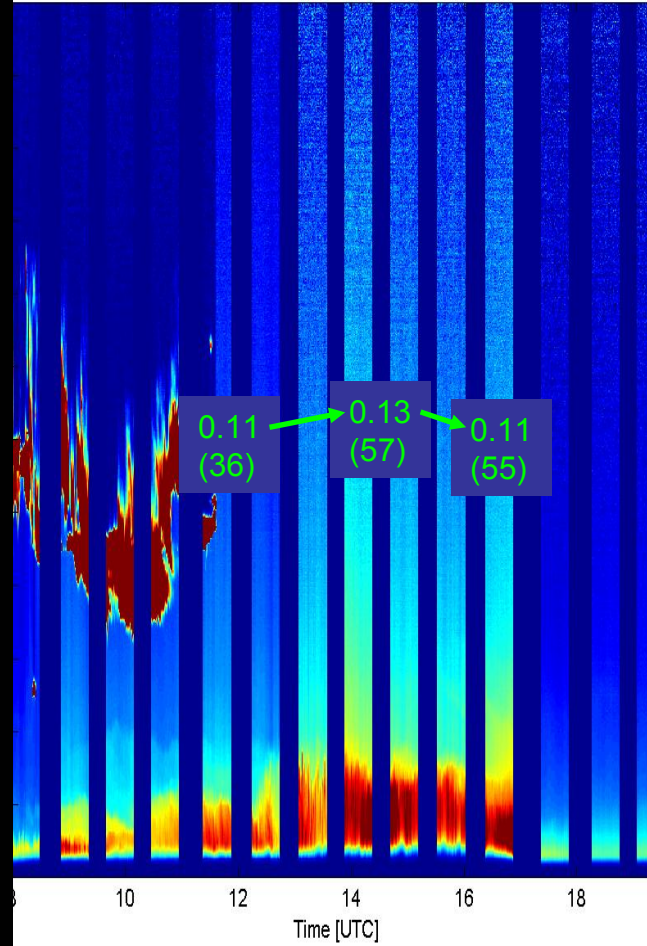


# Barcelona

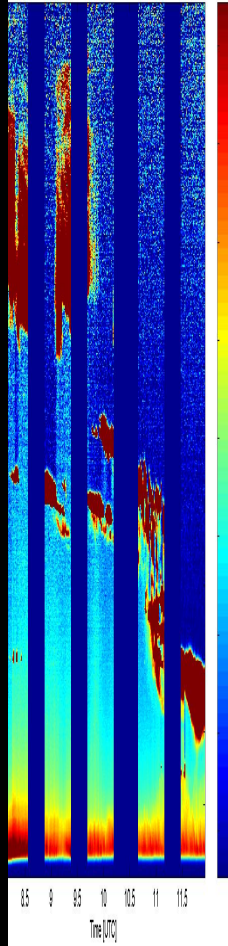
06/02/2007



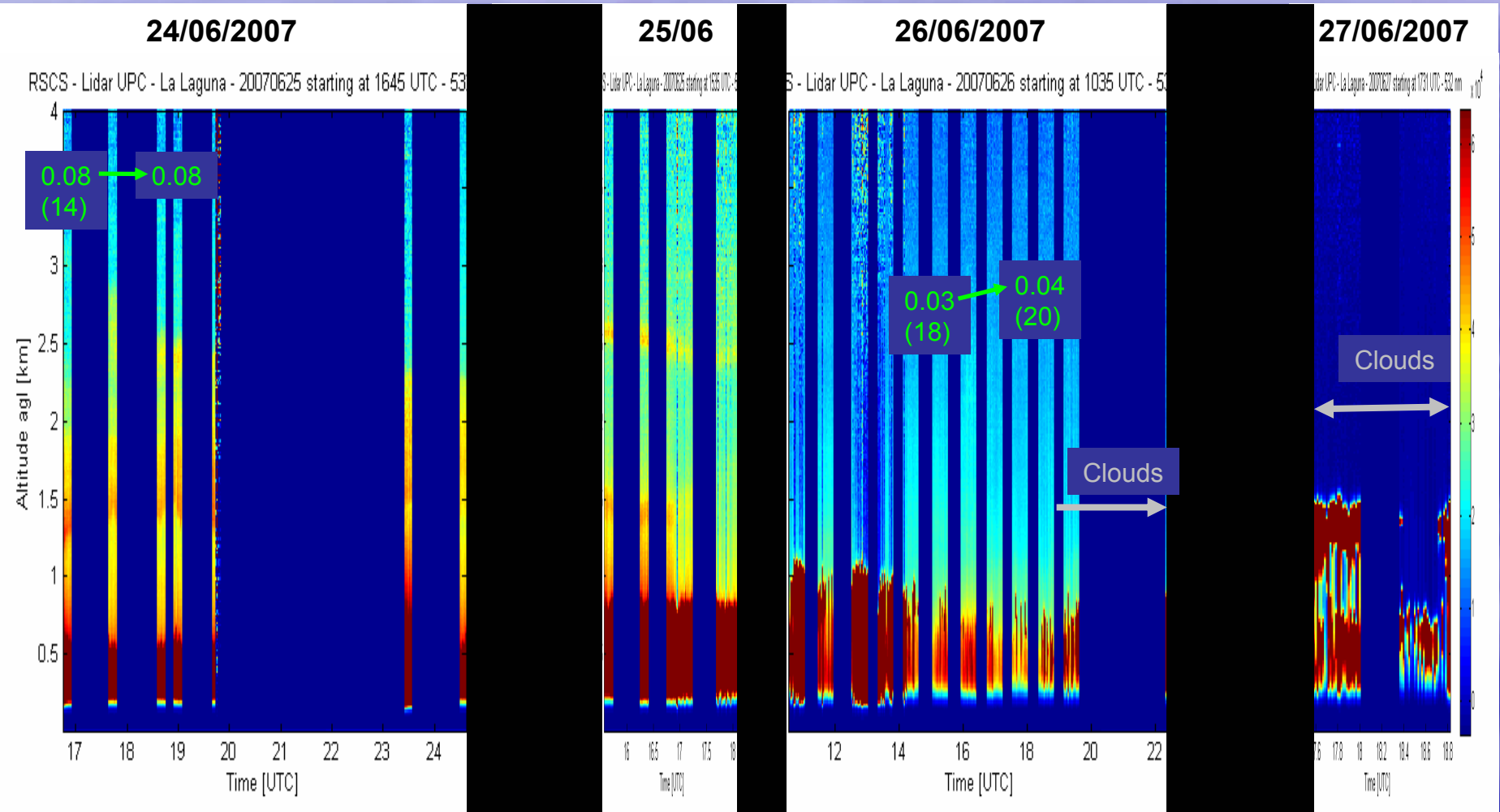
07/02/2007



08/02/2007

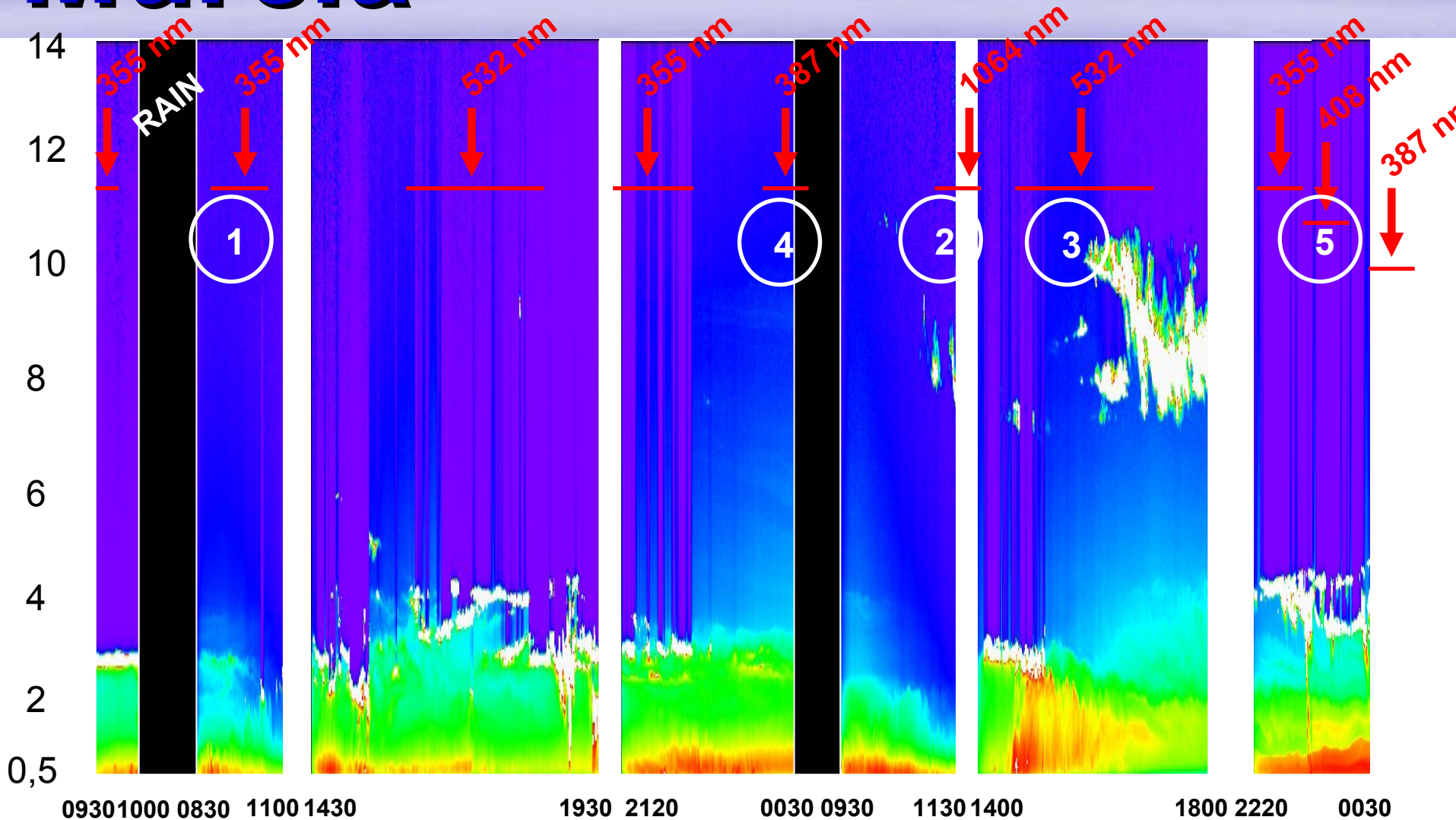


# La Laguna





# Murcia



27/05

28/05

29/05

# Resumen – Año 1

	Coincidencias	Inversiones	Atmosfera apropiada	$\Delta h_{\text{mean}}$ (m)	AOT <sub>min</sub> - AOT <sub>max</sub>	Aprobados
Madrid - 532 nm	59	13	13	1275	0,14-0,32	10
Granada - 532 nm	59	13	13	1275	0,14-0,32	8
Granada - 1064 nm	59	10	10	1275	0,06-0,11	8
Valencia - 532 nm	24	15	10	1353	0,11-0,39	8
La Laguna - 532 nm	33	14	11	2135	0,03-0,1	9
Santa C d T - 523 nm	33	14	11	2135	0,03-0,1	10

# Algunos de los problemas encontrados

## GENERAL

- Importancia de la medida del ruido electrónico (calibración)
- Interferencias síncronas / asíncronas

→ **IMPORTANCIA DE CONTROLAR  
TOTALMENTE LA CADENA DE  
ADQUISICION + PRE-PROCESADO  
PARA GARANTIZAR LA MAYOR CALIDAD DE LAS  
INVERSIONES**

- PMI no adaptado a 1064 nm → separar espectralmente y instalar un nuevo detector
- PMT saturado a baja altura a 532 nm? → poner un filtro IF adecuado
- En los canales Raman, preferir modo PC vs. análogo
- Una adquisición “pulso a pulso” es demasiado lenta para estudiar aerosoles



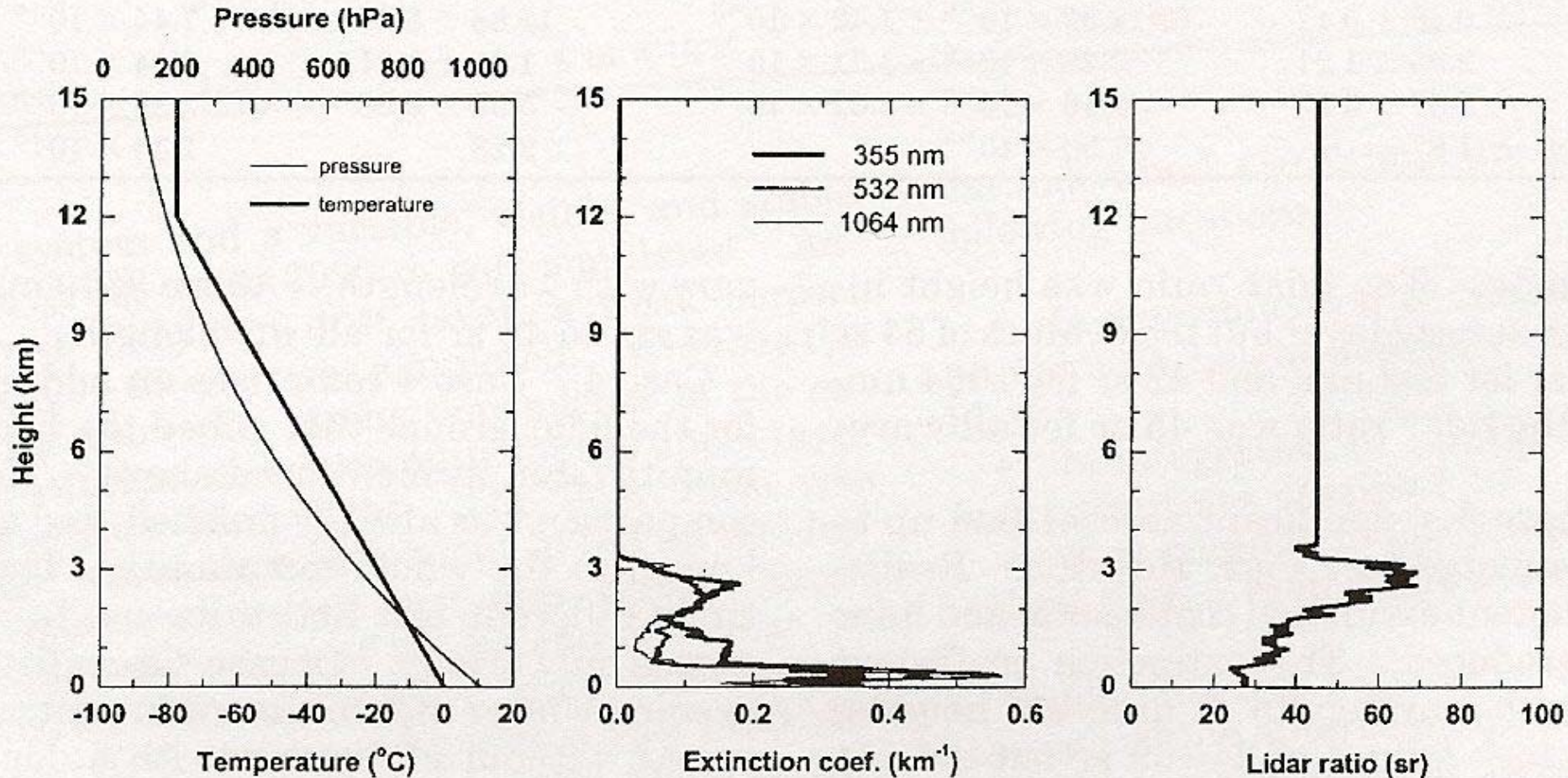
# Plan de trabajo – Año 2

- “Handbook of instruments”, objetivos científicos de cada participante, comparación de capacidades
- **Intercomparación de algoritmos:**
  - **Elásticos**
  - Raman

# Procedimientos

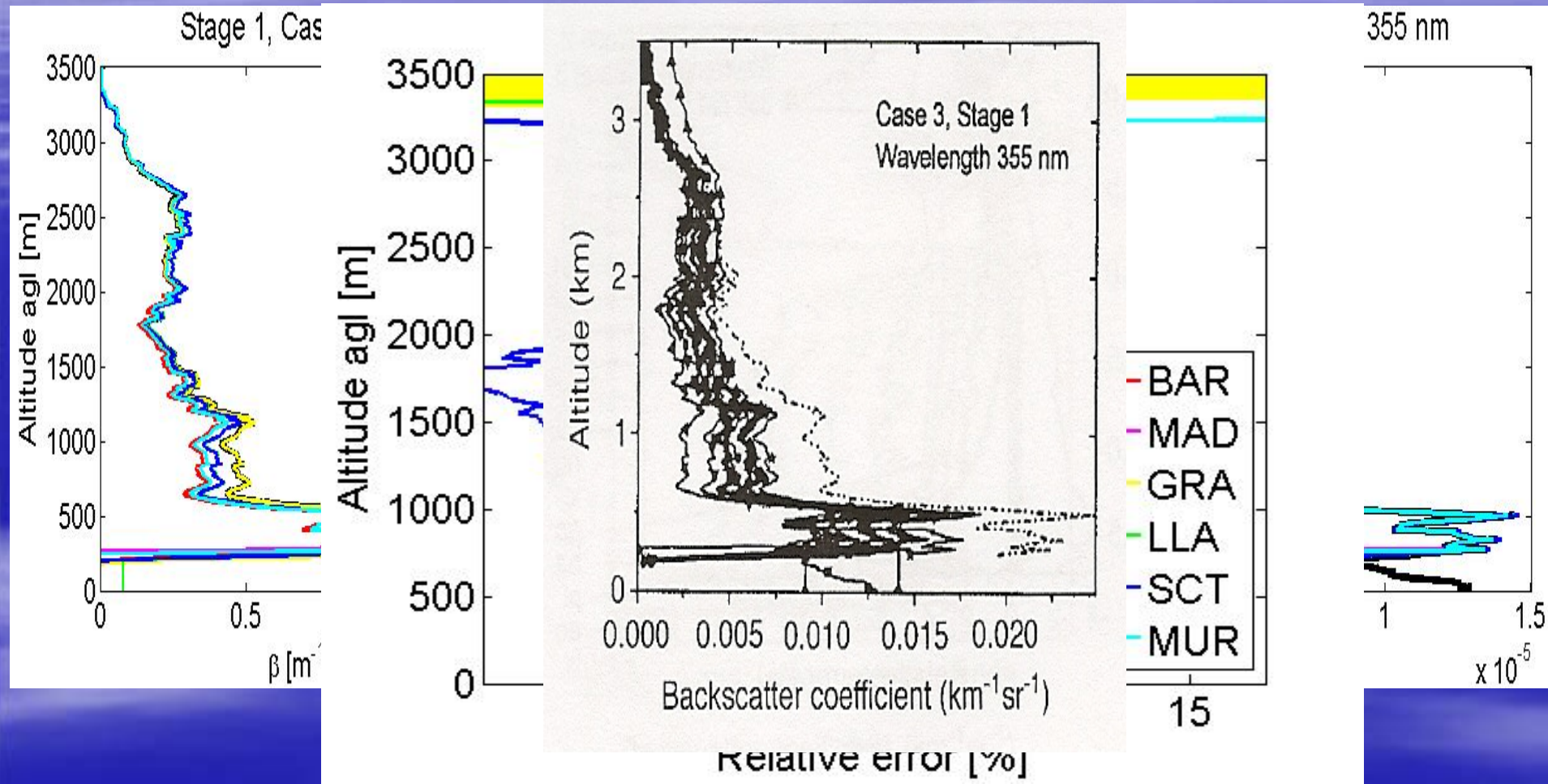
- Self-training: (start: 1/2)
  - señal simulada (a 1064, 532, 355 nm)
  - $z$ ,  $P(z)$ ,  $T(z)$ ,  $\alpha(z)$ ,  $\alpha/\beta(z)$
  
- Stage 1: (10/3-30/5)
  - señal simulada (a 1064, 532, 355 nm) + atmósfera estándar (T, P suelo)
  
- Stage 2: (2/6-4/7)
  - señal simulada (a 1064, 532, 355 nm) + atmósfera estándar (T, P suelo)
  - perfil de lidar ratio
  
- Stage 3: (14/7-26/9)
  - la señal simulada (a 1064, 532, 355 nm) + atmósfera estándar (T, P suelo)
  - perfil de lidar ratio
  - $\beta_{\text{aerosol}}$  a  $R_m$

# Simulación: Case 3

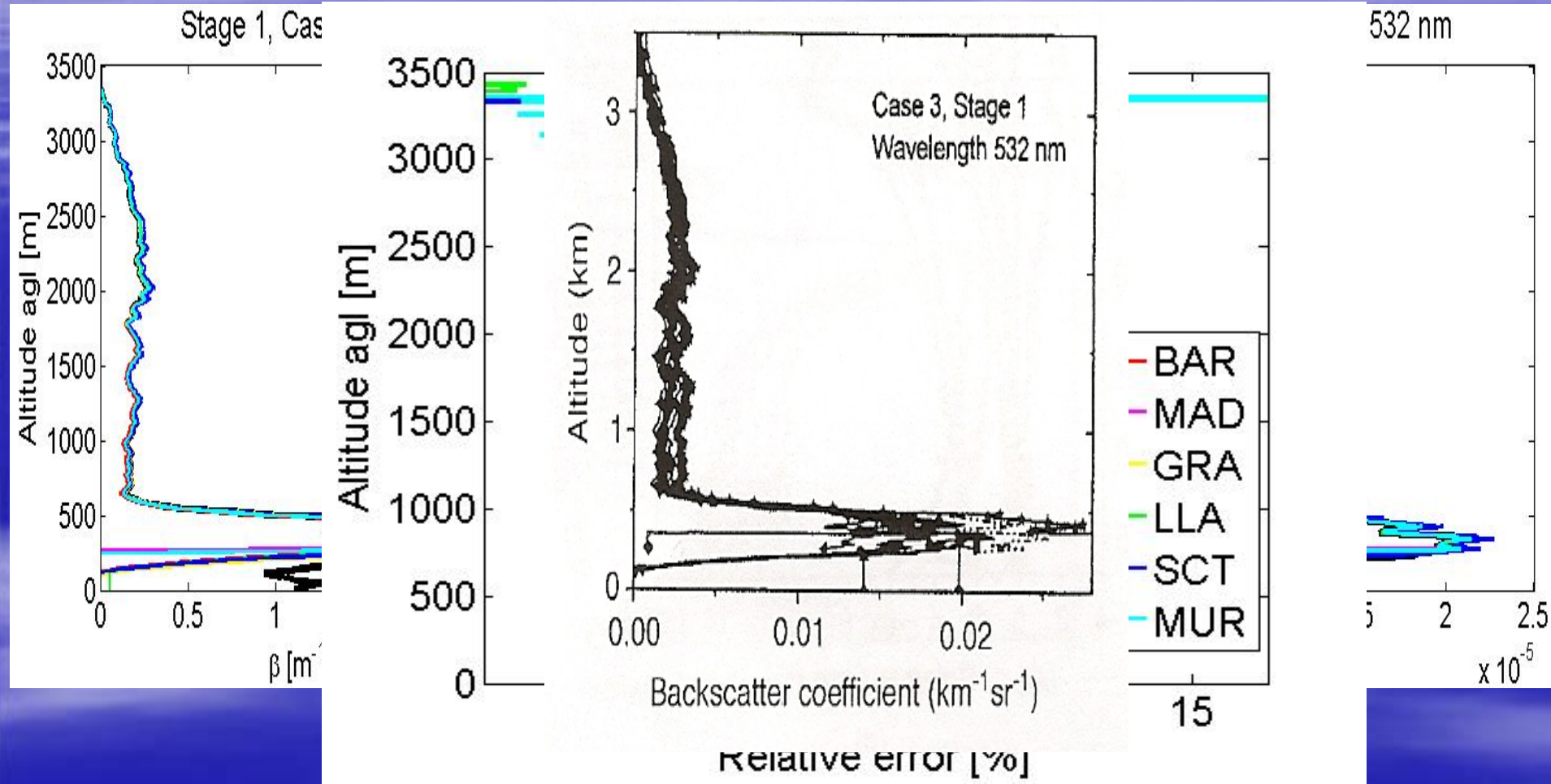




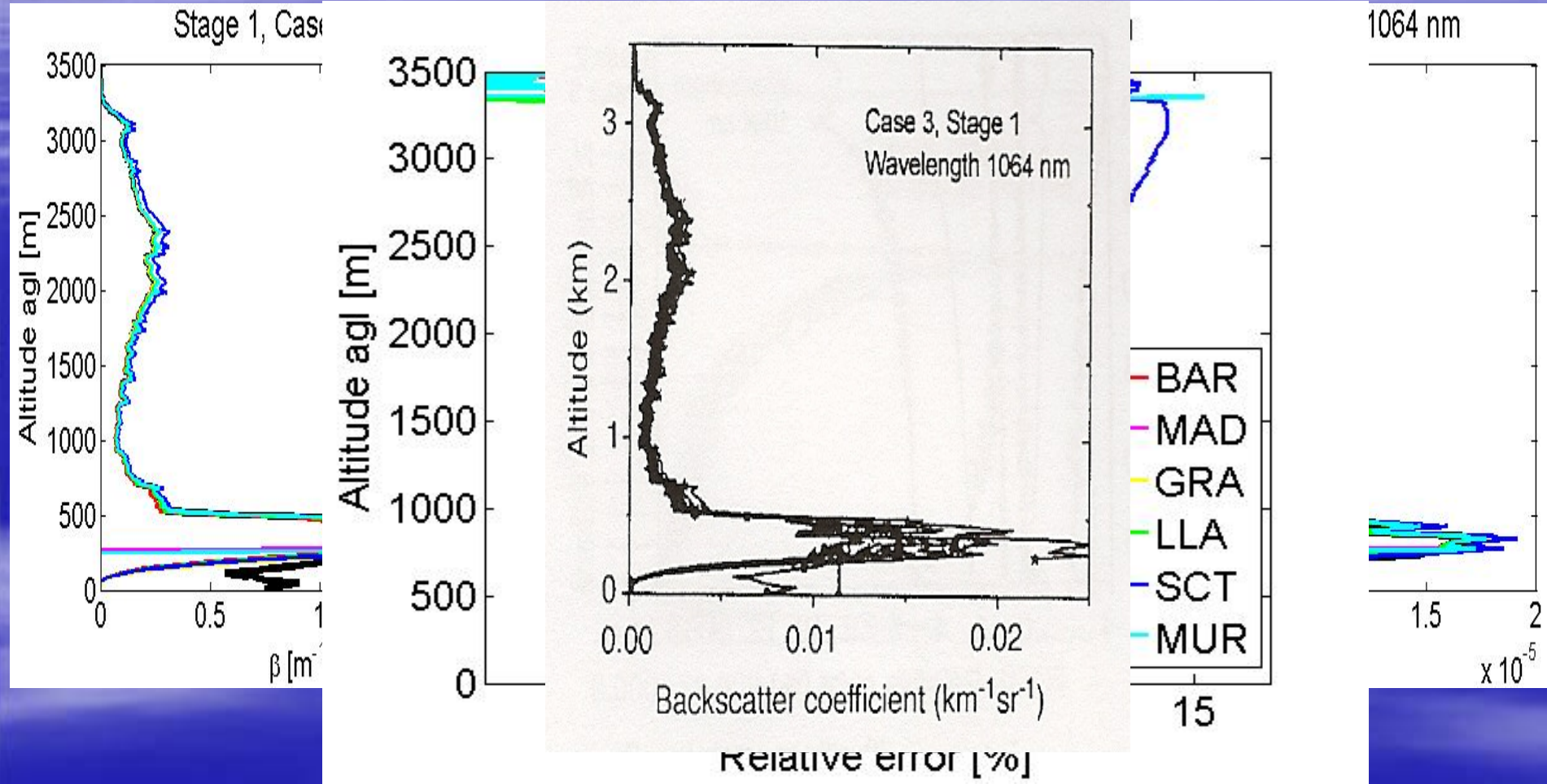
# Case 3, 355 nm



# Case 3, 532 nm



# Case 3, 1064 nm





# Resumen – Año 2

- CASE 2
  - STAGE 1: 14%-9%-4.7%
  - STAGE 2: 1.3%-1.35%-2.3%
  - STAGE 3: 1.3%-1.3%-1.9% vs. 2% EARLINET
- CASE 3
  - STAGE 1: 9.2%-5.4%-5%
  - STAGE 2: 1%-1.9%-2.3%
  - STAGE 3: 1%-1.8%-2% vs. 3% EARLINET
- El conocimiento de  $\beta_{aer}$  en la zona de calibración no mejora notablemente la inversión
- Dificultades en restituir  $\beta$  debajo del full overlap
- Consejo: combinar lidar/ fotómetro solar para tener una idea del lidar ratio equivalente en la columna

# Conclusión y futuro

- Incorporación de los nuevos miembros
- Redacción de un proceso unívoco de comparación de instrumentos y de algoritmos
- **Implementación de un protocolo de participación y actuación**, basadas en la cooperación voluntaria de los miembros de la red, **en campañas de medida puntuales** en soporte a proyectos nacionales u internacionales dedicados al estudio de los aerosoles y de su impacto en el balance radiativo global o de otro componente atmosférico

# Conclusión y futuro

SPALINET = INTERLOCUTOR UNICO

## CAMPAÑAS NACIONALES

- Campañas de medida propias
- DAMOCLES (Determinación de Aerosoles por Medidas Obtenidas en Columna (Lidar y Extinción) y Superficie) – J. A. Martínez, UV

## CAMPAÑAS INTERNACIONALES

- EARLINET
- CALIPSO y futuras misiones de lidares espaciales
- EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme)
- ChArMEX – F. Dulac, LSCE, Francia

**ChArMEX scientific objectives**

- 1. Assessing the present state of the Mediterranean atmospheric environment
  - Sources and budgets of aerosols and precursors of secondary aerosols
    - inventories of natural/anthropogenic sources
    - long range transport/regional sources
    - trends and variability
  - Chemical and dynamical processes?
    - chemical transformations, aging processes
    - air mass import/export, topographic and sea-breeze effects
    - stratification and stability in the vertical
  - Atmospheric deposition?
    - nutrients (N), micronutrients (Fe), contaminants (Hg)
    - soluble vs insoluble
- 2. Quantifying the impacts of aerosols and reactive gases
  - Surface air quality (long range vs regional contributions)
  - Overall Mediterranean radiative budget and regional climate (SST, evaporation, atmospheric heating, cloud cover, heat waves, photochemistry/oxidizing capacity)
  - On the surface ecosystems (role of deposition, perturbation of incident radiation)
- 3. Predict future evolution of these budgets and impacts



# Agradecimientos y financiación

- Todos mis co-autores
  
- Unión Europea y fondos FEDER
  - EU Coordination Action EARLINET-ASOS, contract nº 025991 (RICA)
  
- European Space Agency
  - proyecto nº 21487/08/NL/HE
  
- Ministerio de Ciencia e Innovación y fondos FEDER
  - proyecto TEC2006-07850/TCM
  - Acciones Complementarias CGL20007-28871-E/CLI, CGL2006-26149-E/CLI y CGL2008-01330-E/CLI