Determinación de biomasa forestal mediante la utilización de técnicas de teledetección con imágenes Radar. Estudio piloto en ámbito de la provincia de Huelva. REDIAM.

E. Méndez[2], J.J. Vales[2], I. Pino[2], L. Granado[2], G. Montoya[2], R. Prieto[2], I.R. Carpintero[2], F. Giménez de Azcárate[2], F. Cáceres[1], J.M. Moreira[1], D. de la Fuente[3], A. Sebastián[3] y J. Suárez[3].

[1] *Viceconsejería. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía.*
[2] *Subdirección de Comunicación y Sistemas de Información. Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía.*
[3] *GMV.*

RESUMEN

La biomasa es un recurso forestal de gran importancia. La teledetección ha demostrado ser una herramienta muy útil para su determinación de manera rápida y efectiva en grandes extensiones de terreno. En este proyecto se han adquirido imágenes radar de distintas fechas procedentes del sensor ALOS-PALSAR, con objeto de desarrollar una metodología para la estimación de volúmenes maderables a partir de la correlación estadística de la señal radar y datos procedentes de inventarios, estableciendo regresiones basadas en modelos semi-empíricos para las distintas especies arbóreas presentes en la zona de estudio, calculando finalmente biomasa aérea mediante la utilización de ecuaciones alométricas.

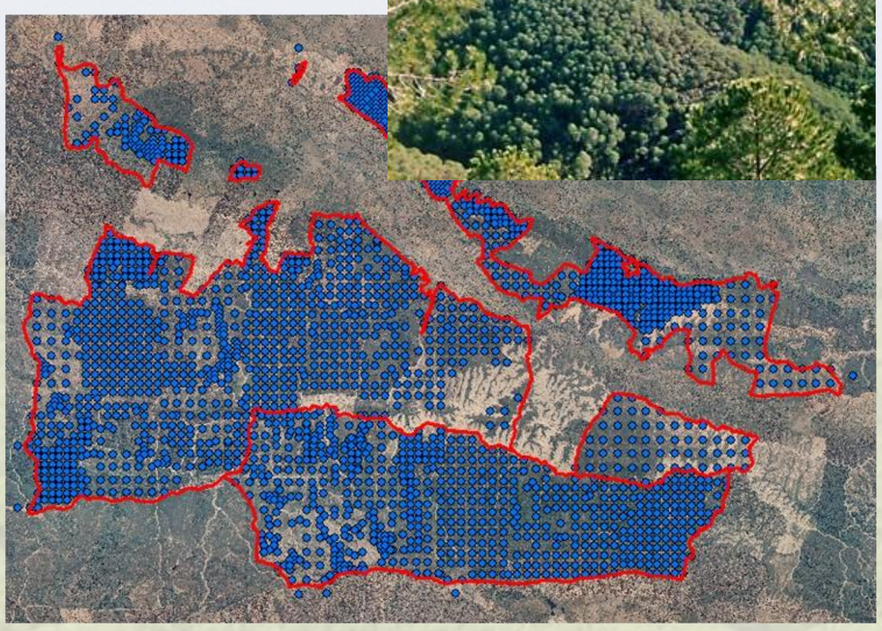
OBJETIVOS

- Análisis de viabilidad del uso de las tecnologías radar para la estimación de biomasa aérea forestal de las principales especies arbóreas de Andalucía, con el fin de determinar una metodología útil que pueda aplicarse en la extrapolación a un estudio de ámbito regional.
- Estudio de su viabilidad para la estimación de la variación de biomasa entre dos fechas (2008 y 2010).

ZONAS DE ESTUDIO E INFORMACIÓN DE CAMPO

ZONA-A

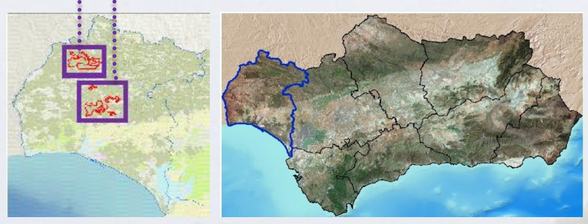
Sierra Pelada y Rivera del Aserrador



❖ Muestreo regular de parcelas procedente de un proyecto de Ordenación de Montes de 2007-08 mediante procedimiento clásico de inventario forestal.

❖ No disponible cartografía de especies.

ZONA-B

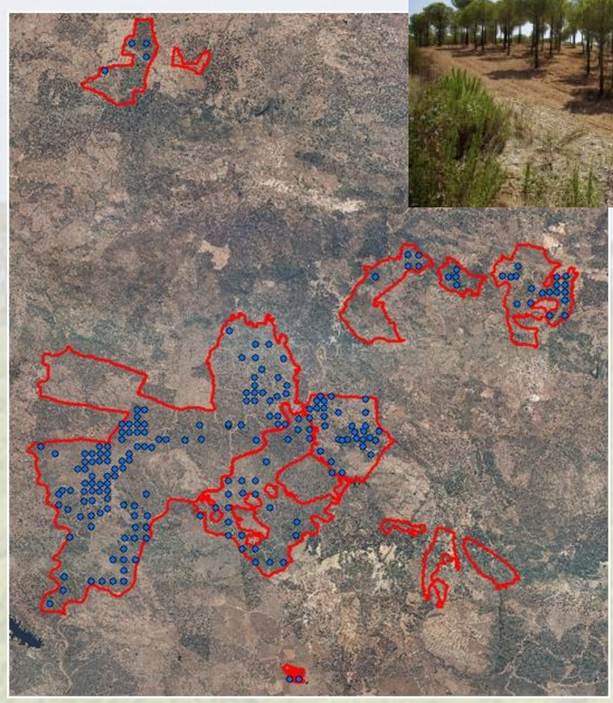


➢ Zonas representativas de las plantaciones típicas de eucaliptos y de algunas de las especies predominantes de pinos en Andalucía. Las especies forestales estudiadas son *Eucalyptus* spp., *Pinus* spp. y *Quercus* spp.

➢ Muestra orográfica representativa del ámbito andaluz alternando extensiones de eucaliptares, pinares y encinares en valles, con otras en laderas con gran pendiente.

➢ Disponibilidad de inventarios exhaustivos de existencias basados en levantamientos clásicos de campo (Zona-A) y en el uso de sensores LiDAR (Zona-B), contemporáneos a la adquisición de las imágenes Radar.

Monte "Baldíos de Beas", núcleo forestal "El Cobujón" y monte "Las Cumbres de Santa María"



❖ Muestreo irregular de parcelas procedente de vuelo fotogramétrico LiDAR de 2008.

❖ Disponible cartografía de especies. No existe ordenación de montes.

MATERIAL Y MÉTODO

I. Adquisición y procesado de imágenes

Se capturaron dos imágenes radar en 2008 y dos en 2010 de 15 m de resolución geométrica, adquiridas por el sensor **ALOS-PALSAR** en **banda L**, emitiendo onda radar en polarización H y siendo la señal recogida en polarizaciones H y V.

El eco radar registrado por el sensor se ha transformado en **señal radar retrodispersada** o **backscattering** -> cociente entre el eco y la señal radar emitida por el sensor

Las imágenes han sido ortorrectificadas para pasar la geometría radar al plano cartográfico.

II. Unidad de trabajo

A tener en cuenta en la elección de la unidad mínima de trabajo:

a) **Ruido** del sensor que impide que se pueda trabajar a nivel de píxel con el backscattering, y que aumenta con la dispersión propia de la cubierta forestal.

b) Captura de las imágenes con **ángulo oblicuo** sobre el territorio => Existencia de zonas en sombra ocultas a la observación radar.

SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES:

ZONA-A
Orografía severa
⇩
No correlación entre señal y volumen a nivel de rodal
⇩
Ampliando superficie, menor influencia de la pendiente
⇩
Ordenación de Montes
Ortofotografía aérea para máscara forestal
⇩
CANTÓN
(Sup.: 25-40 ha)

ZONA-B
Pendientes suaves
⇩
Menor rango de volúmenes
⇩
Cartografía de especies
Ortofotografía aérea
⇩
RODAL
(Sup. Media: 2,5 ha.)

III. Aproximación metodológica

Backscattering medido con polarización cruzada HV ⟺ Dispersión en volumen del dosel

Varía según especie

Pinos	Eucaliptos y encinas
WATER CLOUD MODEL (WCM)	**MODELO DE REGRESIÓN LINEAL**

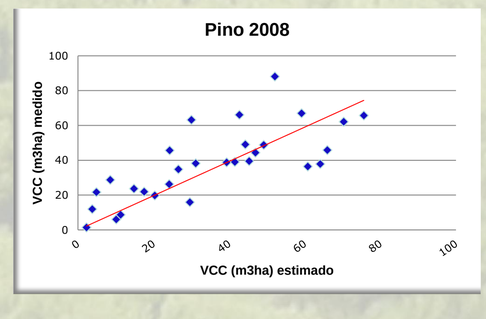
IV. Entrenamiento de los modelos, estimación del volumen maderable y validación

1) ENTRENAMIENTO DE LOS MODELOS

Análisis de la **correlación** del **backscattering** con el **volumen medido en campo**. Se seleccionan el 50% de los pares (Back, Vol) de los cantones/rodales con parcela de campo en 2008. En 2010, el volumen se extrapola utilizando el incremento anual recogido en la campaña de 2008 en la Zona-A y las ecuaciones de crecimiento del IFN3 en la Zona-B (no existe para las encinas).

Aproximaciones en la elección de las parcelas de entrenamiento:
- Cantón/rodal erosionado 15 m para suprimir efectos de borde.
- No tener en cuenta parcelas a menos de 15 m del linde del cantón/rodal.

Además en la Zona-A
- Contabilizados solo píxeles con pendiente inferior al 26,8%.
- Cantones con un número de píxeles igual o mayor a 44 (1 ha).

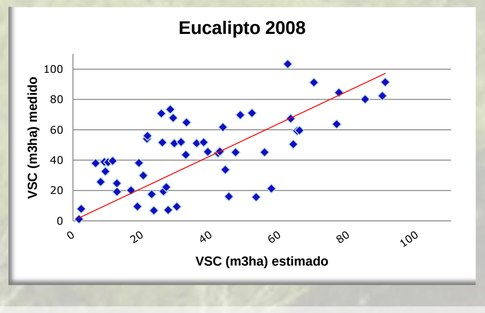


2) ESTIMACIÓN DE VOLUMEN

De la **inversión de los modelos** se obtienen las ecuaciones con las que se estima el volumen a partir de la señal retrodispersada: volumen con corteza (VCC) para pino y sin corteza (VSC) para eucalipto y encina.

WCM	Regresión Lineal
$VCC = -\frac{1}{\beta}\ln\left(\frac{A-\sigma^{o}_{for}}{A-B}\right)$	$VSC = \frac{\sigma^{o}_{for} - C}{D}$

σ_{for}^{o}: backscattering
A, B, C y D: coeficientes de los modelos generados en la fase de entrenamiento



Gráficas de validación para la Zona-A en 2008.

3) VALIDACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Pares (Back, Vol) no utilizados en el entrenamiento.

ZONA	ESP.	AÑO	R^2	RMSE	R^2/ ESP.	Rango Vol. en campo (m3/ha)
A	PI	2008	**0.80**	11.76	0.83	3.40 – 125.10
		2010	**0.86**	8.94		3.80 – 135.50
	EU	2008	**0.71**	21.06	0.71	3.19 – 146.58
		2010	**0.71**	21.06		5.30 – 199.95
B	PI	2008	**0.58**	6.78	0.61	0.48 – 56.65
		2010	**0.63**	4.81		0.61 – 58.77
	EU	2008	**0.38**	6.02	0.40	1.05 – 37.76
		2010	**0.42**	8.74		1.98 – 50.80
	EN	2008	**0.48**	4.43	0.48	0.23 – 13.20

Comparación de los volúmenes estimados respecto de otras fuentes:
- Inventarios de 2008 no utilizados en el entrenamiento.
- Estudio realizado en Andalucía en 2011 para el cálculo de la biomasa de coníferas a partir de un modelo basado en 36 variables ambientales.

V. Cálculo de la biomasa aérea seca

Con el volumen estimado se calcula la biomasa utilizando las ecuaciones alométricas siguientes:

	FRACCIÓN DE BIOMASA EN PESO SECO (Tn/ha)		
	FUSTE (BI_F)	RAMAS	HOJAS
EU	$600*VSC + 32*(1-e^{-3*VSC})$	$14.9*(1-e^{-0.033*BI_F})$	$(16*0.3*BI_F)/(16+0.3*BI_F)$
PI	0.46*VCC	0.16*VCC	0.035*VCC
EN	0.69*VCC	0.37*VCC	0.049*VCC

CONCLUSIONES

❖ Obtenidos los mejores resultados en pinos en la Zona-A: orografía más complicada pero mayor existencia de volúmenes.
❖ Menor R^2 en eucaliptos, en parte debido a la naturaleza del modelo empleado (sensible a la distribución de los datos de campo).
❖ Peores resultados en encinas por la existencia de volúmenes bajos (la dispersión del suelo prima sobre las encinas y el comportamiento del backscattering es más aleatorio).
❖ 2010: utilizados en el entrenamiento volúmenes calculados a partir de ecuaciones de crecimiento. Esto ha hecho que se detecten zonas donde este volumen indica un crecimiento mientras que el estimado indica una disminución, lo que ha llevado a la detección de actuaciones silvícolas (clareos, cortas) realizadas entre 2008 y 2010.
❖ La elección de las dos zonas ha sido útil para establecer una aproximación metodológica para un estudio a nivel regional:

Premisas:
- ✓ Los modelos se entrenarían a nivel de entidad territorial. Necesario disponer de una ordenación de montes o cartografía de especies (en nuestra región, SIG del Patrimonio Natural de Andalucía).
- ✓ Análisis de la orografía existente.
- ✓ Evaluación de la información de campo.
- ✓ Análisis de la distribución y comportamiento de una misma especie a nivel regional.

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO
Rediam
gmv INNOVATING SOLUTIONS
AET
XV Congreso Nacional de la Asociación Española de Teledetección.
Madrid, 21-25 Octubre de 2013.