

# Resultados de la cuantificación de recursos de biomasa de matorral en el proyecto Life+ ENERBIOSCRUB

---

Adela Trassierra Villa  
Jessica Esteban Cava

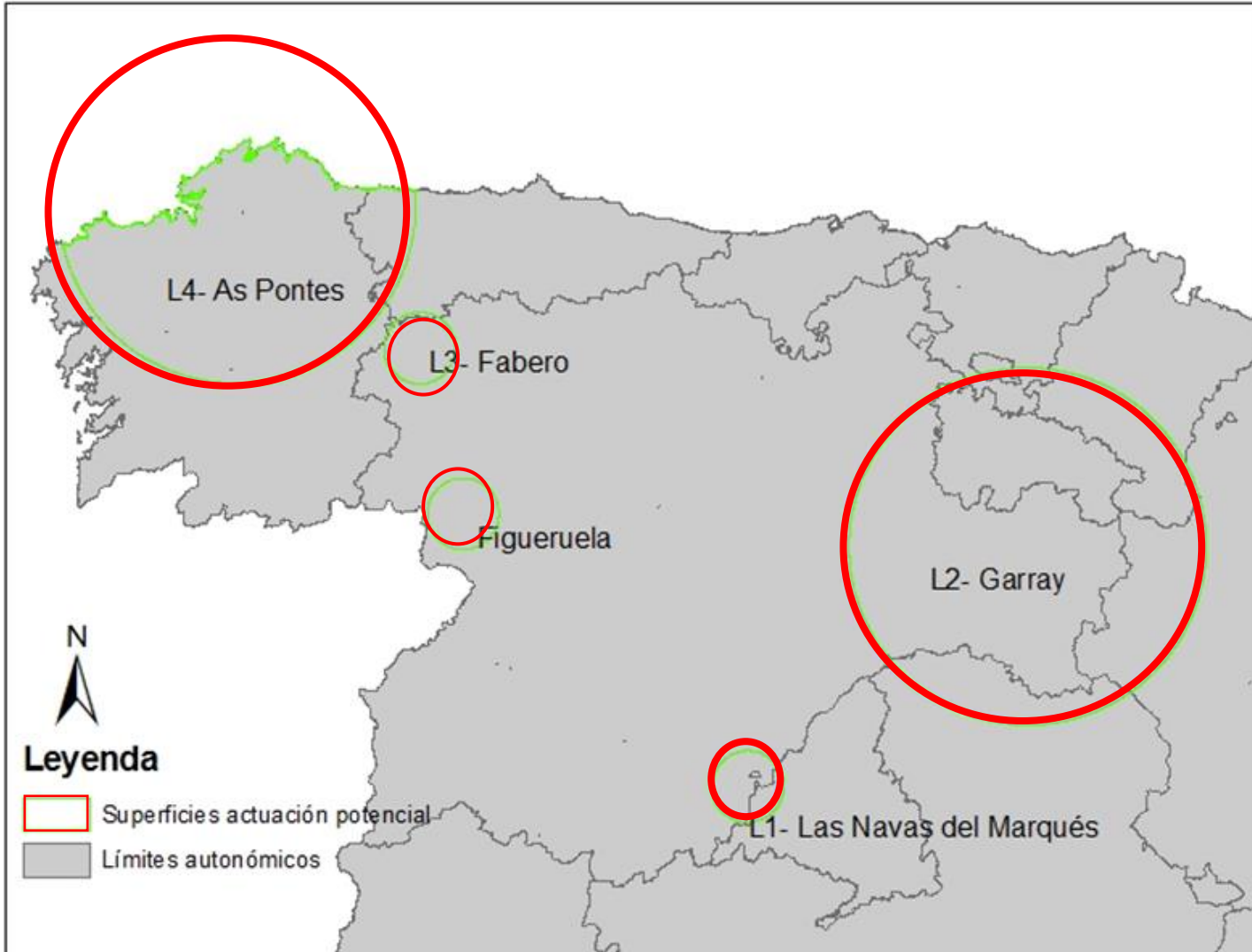
Soria, 27 de abril 2016

# Objetivos

---

- Demostrar el uso de la tecnología LiDAR para el inventario de masas de matorral en las zonas de actuación del proyecto LiFE + Enerbioscrub
- Demostrar la utilidad de la tecnología Landsat en zonas donde las características del LiDAR no son adecuadas para la caracterización de matorrales
- Demostrar la utilidad de la tecnología Landsat para la identificación de zonas ocupadas por matorral objetivo
- Estimar la carga de matorral existente en cada una de las zonas de estudio
- Comparar las estimaciones obtenidas mediante el ajuste de modelos con información de sensores satelitales y aerotransportados.

# Área de estudio



Zona de actuación potencial	Tipo de matorral	Radio influencia (km)
L1 (Las Navas del Marqués)	Escobonal	20
L2 (Garray)	Jaral	100
L3 (Fabero)	Brezal	20
L4 (As Pontes)	Tojar	100
Figueruela	Escobonal-brezal	20

Zona de actuación	Superficie potencial (ha)
L1 (Las Navas del Marqués)	125.662,87
L2 (Garray)	3.141.588,50
L3 (Fabero)	125.662,87
L4 (As Pontes)	1.754.360,90
Figueruela	125.662,87



# MATERIAL Y MÉTODOS

---

# Flujo de trabajo

Parcelas campo

DATOS LiDAR

Información satelital

MDE (CNIG 25 m)

ROIs

Estadísticos

Bandas espectrales  
Índices

Derivadas

Entrenamiento

Validación

Modelos  
paramétricos

Modelos regresión

Modelos regresión

RandomForest

Clasificación de coberturas

Estimación carga  
matorral LiDAR

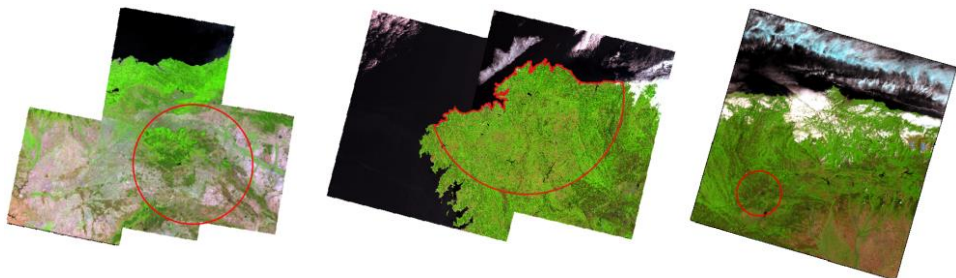
Estimación carga  
matorral Landsat

Teselas matorral



# Información espectral

Zona	Path/ row	Fecha	% Nubes
L2-Garray	201/031	21/06/2015	0,09
	201/030	21/06/2015	0,07
	200/031	30/06/2015	0,07
L4-As Pontes	203/030	26/06/2015	1,97
	204/030	26/06/2015	7,89
L3-Fabero	203/030	19/06/2015	26,82



## PREPROCESAMIENTO

### Imágenes óptico LANDSAT 8 (30 m)



- Selección de imágenes
- Eliminación de nubes y sombras ( Algoritmo Fmask)
- Conversión ND a reflectividad a nivel superficial
- Normalización radiométrica. IMAD
- Mosaicado de imágenes libres de nubes

HARALICK TEXTURE (1973)

$$\text{NDVI} = (\text{IRC} - \text{ROJO}) / (\text{IRC} + \text{ROJO})$$

$$\text{NDII} = (\text{IRC} - \text{SWIR}) / (\text{IRC} + \text{SWIR})$$

$$\text{MSI} = \text{SWIR} / \text{IRC}$$

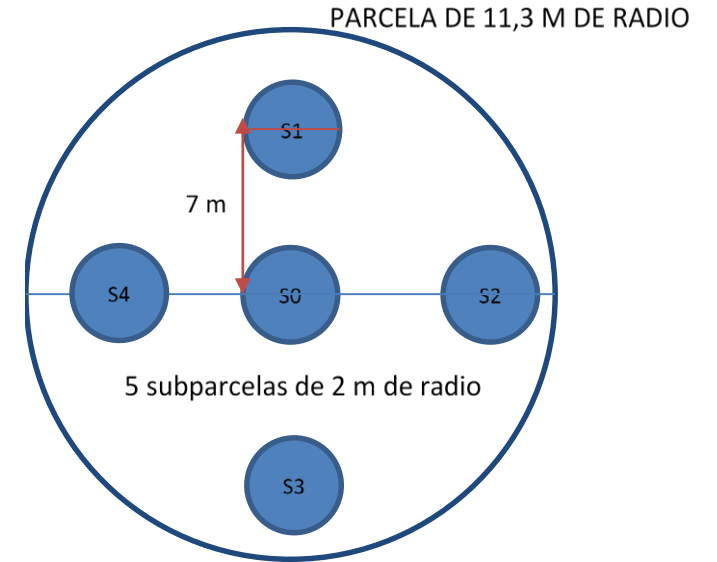


**Bandas  
espectrales  
índices de  
vegetación  
índices de textura**

# Parcelas de campo

30 parcelas de muestreo por especie y zona. Año 2015

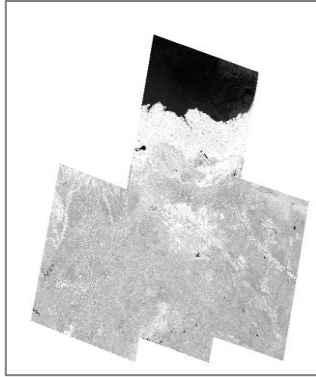
Zona de estudio	Área demostrativa	Especie	Superficie parcial (ha)	Superficie total (ha)	Puntos de muestreo (nº)
Las Navas del Marqués (L1)	L1Z1 (Majada de Santa María)	<i>Genista cinerascens</i>	16,5	29	15
	L1Z2 (Matallana)		12,34		15
Garray (L2)	L2Z1 (Ceder)	<i>Cistus laurifolius</i>	34	55	10
	L2Z2 (Acrijos)		21		20
Fabero (L3)	L3	<i>Erica arborea</i>	17	17	30
As Pontes (L4)	L4	<i>Ulex europaeus</i>	13,1	17	30



# Clasificación de teselas de matorral



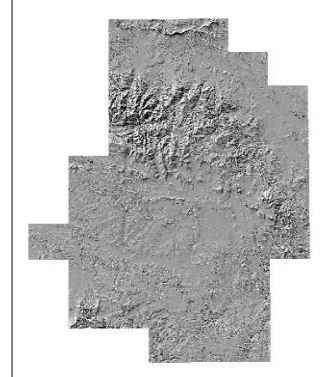
Información  
espectral



Índices de  
vegetación



VARIABLES de  
textura



MDE

## LEYENDA

- Matorral objetivo
- Zonas forestales y arboladas
- Zonas no forestales ni arboladas → superficies agrícolas, zonas urbanas, suelo desnudo
- Otros matorrales

	Id	Variable
Texturas NDVI	1	Energy
	2	Entropy
	3	Correlation
	4	Inverse Different Moment
	5	Inertia
	6	Cluster shade
	7	Cluster Prominence
	8	Haralick`s Correlation
Índices de vegetación	9	NDVI
Información espectral	10	Blue
	11	Green
	12	Red
	13	IRC
	14	SWIR 1
Derivadas MDE	15	SWIR2
	16	Elevation
	17	Plan_curvature
	18	Hillshade
	19	Convergence
	20	Profile_curvature
	21	Slope

# Clasificación de teselas de matorral

Mapa Forestal de España para las zonas de Guadalajara y Zaragoza a escala 1:200.000.

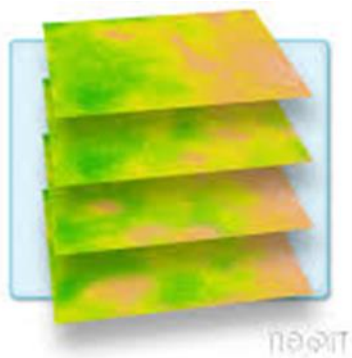
Cartografía de vegetación en las áreas desarboladas del Mapa Forestal de España escala 1:50.000.

Mapa Forestal de España a escala 1:25.000.

Ortofotografía aérea más actual (PNOA)

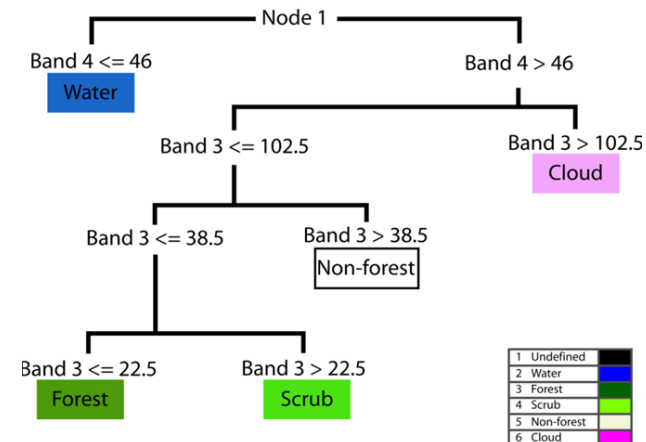


Regiones de entrenamiento matorral denso objetivo



**Raster Stack 21**  
bandas (6 espectrales,  
NDVI, 8 de textura, 6  
derivadas del MDE)

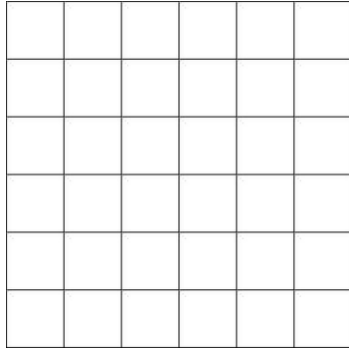
**Random Forest**  
Breiman (2001)



Package  
randomForest  
(LIAW y WIENER,  
2002)  
Guía del American  
Museum of Natural  
History (AMNH)  
Horning (2013)

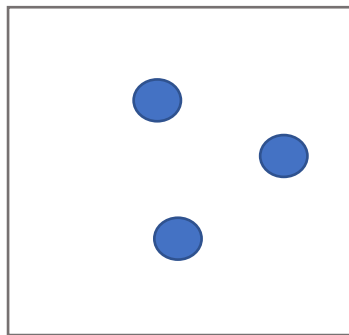
# Estimación de biomasa. Ajustes de modelos paramétricos

Estadísticos  
LiDAR  
Cuadrícula  
20x20



**VARIABLES  
DEPENDIENTES**

Parcelas de  
campo de  
11,3 m de  
radio

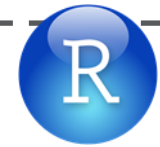
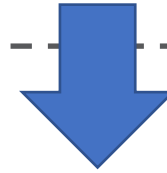


**VARIABLE  
INDEPENDIENTE:  
Biomasa seca  
aérea (t/ha)**

## paramétricos

### Modelos

Lineales, polinómicos, potenciales, exponenciales.



**Paquetes de R.** *Rcmdr, stats, car, graphics, lme4, MASS y lme4.*

### Selección del modelo más robusto

- 1- Cumplimiento requisitos de cada modelo
- 2- Estimación del error absoluto medio, error cuadrático medio y bondad de ajuste
- 3- Cálculo de criterio de información de Akaike
- 4- Validación de cada modelo

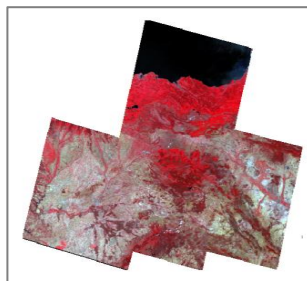
# Estimación de biomasa. Ajustes de modelos no paramétricos

**VARIABLE INDEPENDIENTE**

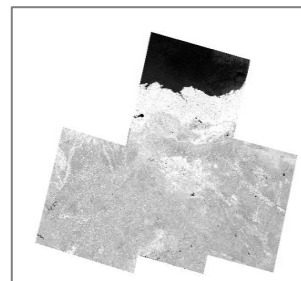
Biomasa seca aérea  
(toneladas/ha)

**VARIABLES DEPENDIENTES**

Grupo	Id	Variable
Información espectral	1	Azul
	2	Verde
	3	Rojo
	4	IRC
	5	SWIR 1
	6	SWIR2
Índices de humedad	7	NDII
	8	MSI



Información espectral



Índices de humedad

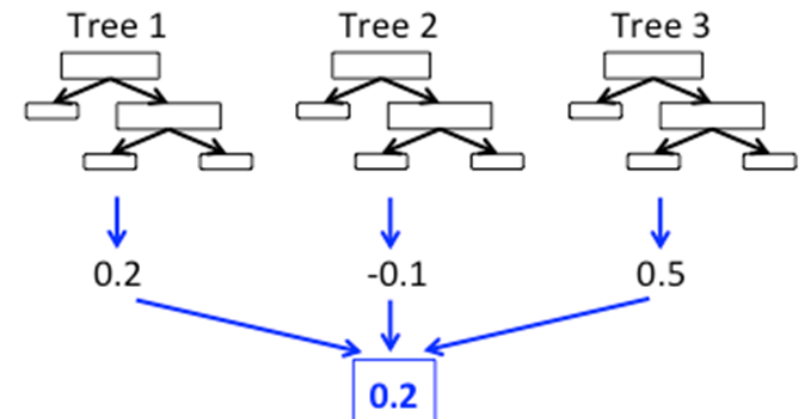


Raster Stack 8 bandas

Random Forest  
Breiman (2001)



Package randomForest (LIAW y WIENER, 2002)  
Guía del American Museum of Natural History  
(AMNH) Horning (2013)



# Validaciones

## • Modelos de clasificación Random Forest

- Validación metodología Oloffson
- Muestra aleatoria de puntos de validación
- Fotointerpretación
- Tamaño de muestra en función de la superficie

Zona estudio	Clase o categoría	Número de puntos control
Garray (L2)	Jara	50
	No jara	425
Fabero (L3)	Brezo	51
	No brezo	424
As Pontes (L4)	Tojo	90
	No tojo	385

## • Modelos paramétricos estimación de biomasa

- Validación cruzada “dejando una fuera” (Priorización de mayor número de datos para el ajuste de los modelos)
- Parámetros: Error absoluto medio, error cuadrático medio, bondad de ajuste.

## • Modelos no paramétricos estimación de biomasa

- Validación interna Random Forest (Muestra Out of Bag OOB. 1/3 de los datos no intervienen en el ajuste de los modelos)
- Parámetros: Error cuadrático medio

## • Comparaciones

- Estimaciones biomasa modelos paramétricos y no paramétricos en tres zonas de 40 km<sup>2</sup> en la zona de Garray
- Estimaciones biomasa modelo Random Forest con vuelo Endesa
- Estimaciones biomasa modelos paramétricos y no paramétricos con desbroces de TRAGSA en la zona de Garray
- Estimaciones biomasa no paramétricos con desbroces de TRAGSA en la zona de As Pontes
- Estimaciones biomasa modelos paramétricos con desbroces de TRAGSA en la zona de Las Navas
- Parámetros: Promedio de las diferencias y media cuadrática de las diferencias

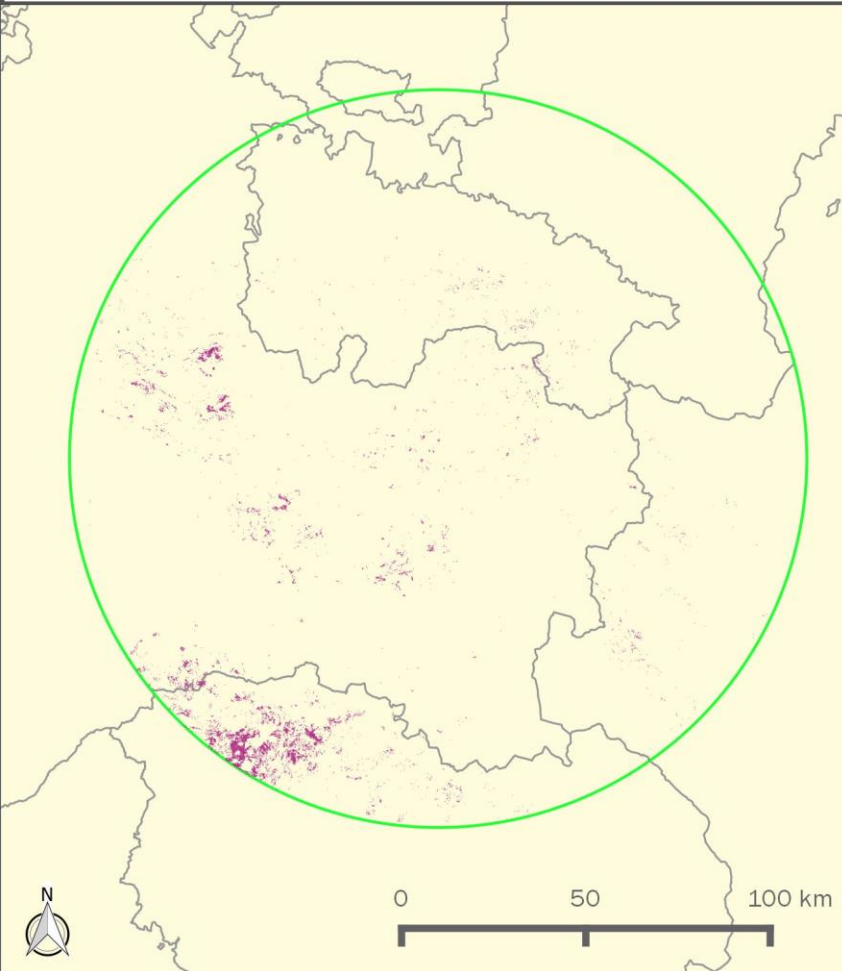


# RESULTADOS

---

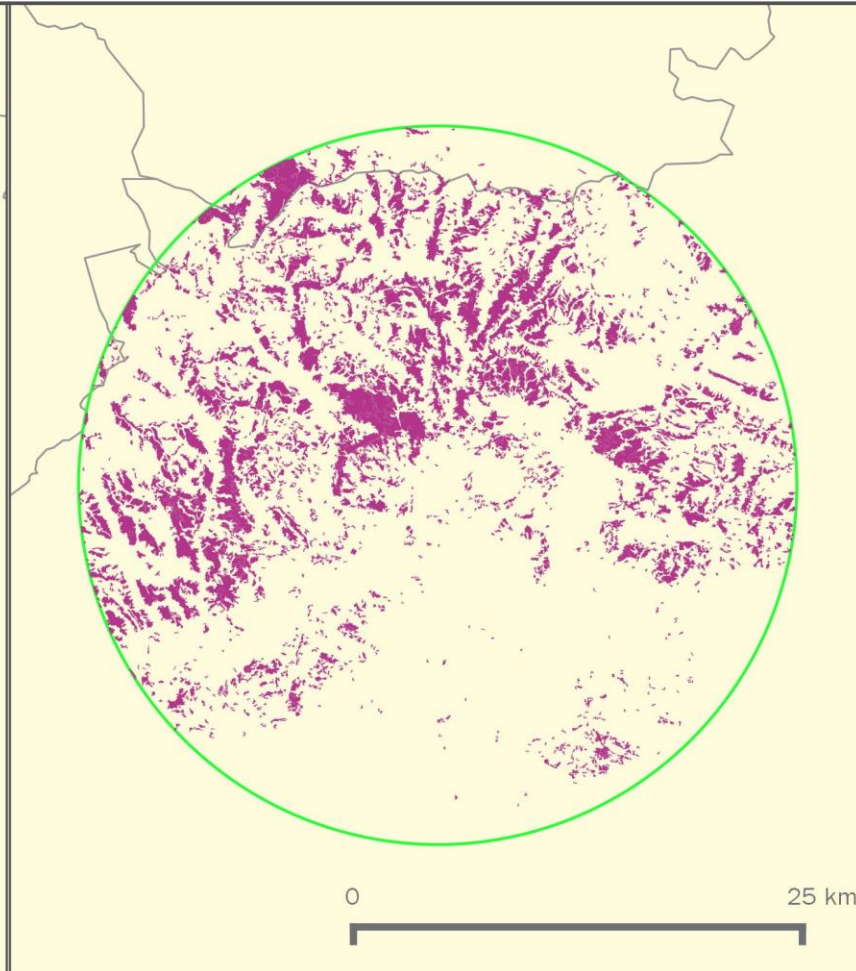
# Resultados. Cartografía de teselas de matorral

Garray (Soria)



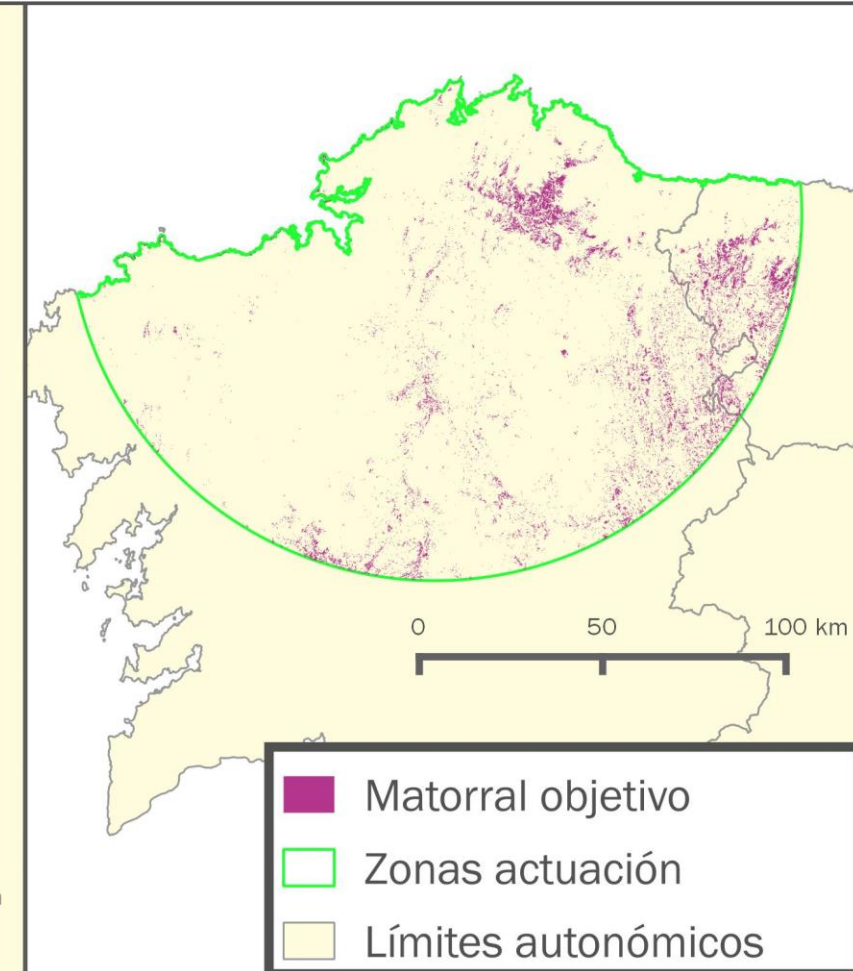
27.315 ha

Fabero (León)



13.444 ha

As Pontes (Galicia)



116.657 ha

# Resultados. Cartografía de teselas de matorral

Validación de los productos cartográficos obtenidos siguiendo la metodología propuesta por OLOFFSON et al. (2014). Los intervalos de confianza al 95 % de cada medida de exactitud se expresan entre paréntesis.

Zona	Clase	Exactitud Usuario (%)	Exactitud Productor (%)	Exactitud Global (%)	Área estimada (ha)
Garray (Soria)	Jara	82 (72--92)	37 (16--58)	99 (98--100)	27.315 (26.368--95.402)
	No Jara	99 (98--100)	100 (100-100)		3.114.273 (3.046.956—3.114.450)
Fabero (León)	Brezo	98 (94--102)	57 (49--65)	92 (90--94)	13.444 (19.936—26.178)
	No brezo	91 (88--94)	100 (99--100)		112.219 (99.518—105.693)
As Pontes (Galicia)	Tojo	60 (49--71)	28 (21--35)	87 (84--90)	116.657 (197.437—303.686)
	No tojo	89 (86--92)	97 (96--98)		1.637.703 (1.451.212—1.556.385)

# Resultados ajuste modelos paramétricos de estimación de biomasa

---

Espece	Modelo	RMSE	R <sup>2</sup>
Jara	$B=0.0077263101258403*(LFCC*((Elev.P90-Elev.P40)/(Elev.P90-Elev.mean)))^{1.8727}*(LFCC*(Elev.P95-Elev.P60))^{-0.5267}*Elev.P05^{-2.2668}$	3.64	0.89
Genista	$B=9.67381+0.48126*LFCC-10.20308*Elev.P40$	3.59	0.81
Genista	$B=0.216860714541454*LFCC^{1.1764}*Elev.P40^{-1.0663}$	4.82	0.75
Tojo	$B=7.67892052008591*LFCC*(Elev.P70-1.5*(Elev.P70-Elev.P30))^{0.34709}$	11.41	0.40

# Validaciones

## Validación cruzada “dejando uno fuera” modelos paramétricos

(GLENN et al. (2015), ESTORNELL et al. (2012), GREAVES et al. (2016)) .

ESTRATO	eam	eam (%)	RMSE	rRMSE (%)	R <sup>2</sup>
Jara	2,88	18,05%	4,25	26,75%	0,60
Genista	3,21	19,74%	4,18	25,65%	0,77
	4,20	25,77%	5,81	35,70%	0,55
Tojo	9,03	27,83%	12,21	36,54%	0,26

## Validación interna modelos no paramétricos Random Forest

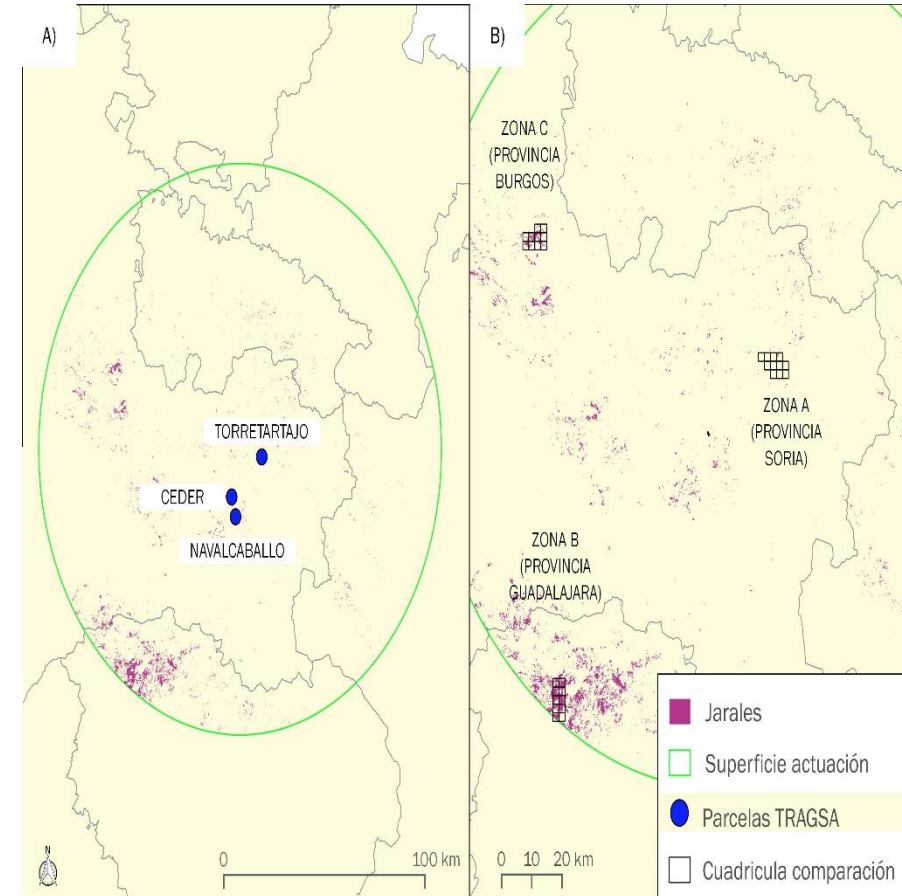
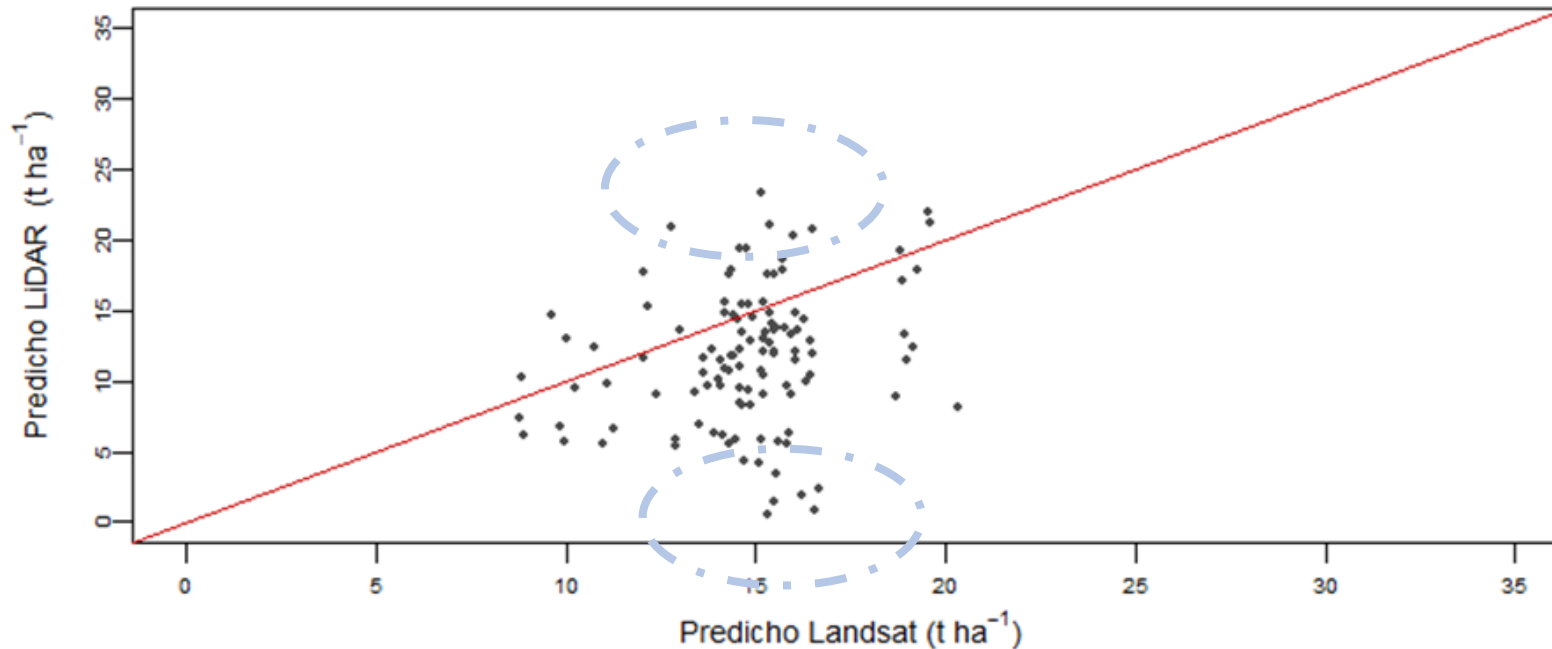
(GLENN et al. (2015), ZHAO et al. (2016), ESTORNELL et al. (2012), HYYPPÄ et al. (2000), MÄKELA Y PEKKARINEN (2004), MUUKKONEN y HEISKANEN (2005), POWELL et al. (2010), FRAZIER et al. (2014), ASLAN et al (2016))

Zona de actuación	Estrato	RMSE (t/ha)	rRMSE (%)
Garray (L2)	Jara	6,34	41,00
Fabero (L3)	Brezo	3,62	36,39
As Pontes (L4)	Tojo	14,43	47,81
Figueruela (L5)	Erica australis y Genista florida	3,69	37,15

# Comparación estimaciones de biomasa

Estadísticos de comparación de las estimaciones de la variable biomasa seca realizadas con LiDAR y Landsat en las zonas de validación A, B y C en el ámbito de influencia de Garray (Soria).

Estadístico	Zona A	Zona B	Zona C
Promedio diferencias (tseca/ha)	-1,04	-3,43	-0,96
Media cuadrática de las diferencias (tseca/ha)	5,50	6,90	5,52



# Comparaciones con parcelas de desbroce de TRAGSA

---

Zona	Tragsa (tseca/ha)	Landsat (tseca/ha)	Promedio diferencias (tseca/ha)	Promedio diferencias (%)
Ceder	13,63	13,17	-0,46	3,37
Navalcaballo	10,97	15,83	4,86	44,30
Torretartajo	11,05	12,99	1,94	17,56

---

Zona	Tragsa (tseca/ha)	LiDAR (tseca/ha)	Promedio diferencias (tseca/ha)	Promedio diferencias (%)
Ceder	13,63	11,20	-2,43	-17,85
Navalcaballo	10,97	7,01	-3,96	-36,07
Torretartajo	11,05	8,91	-2,14	-19,39

---

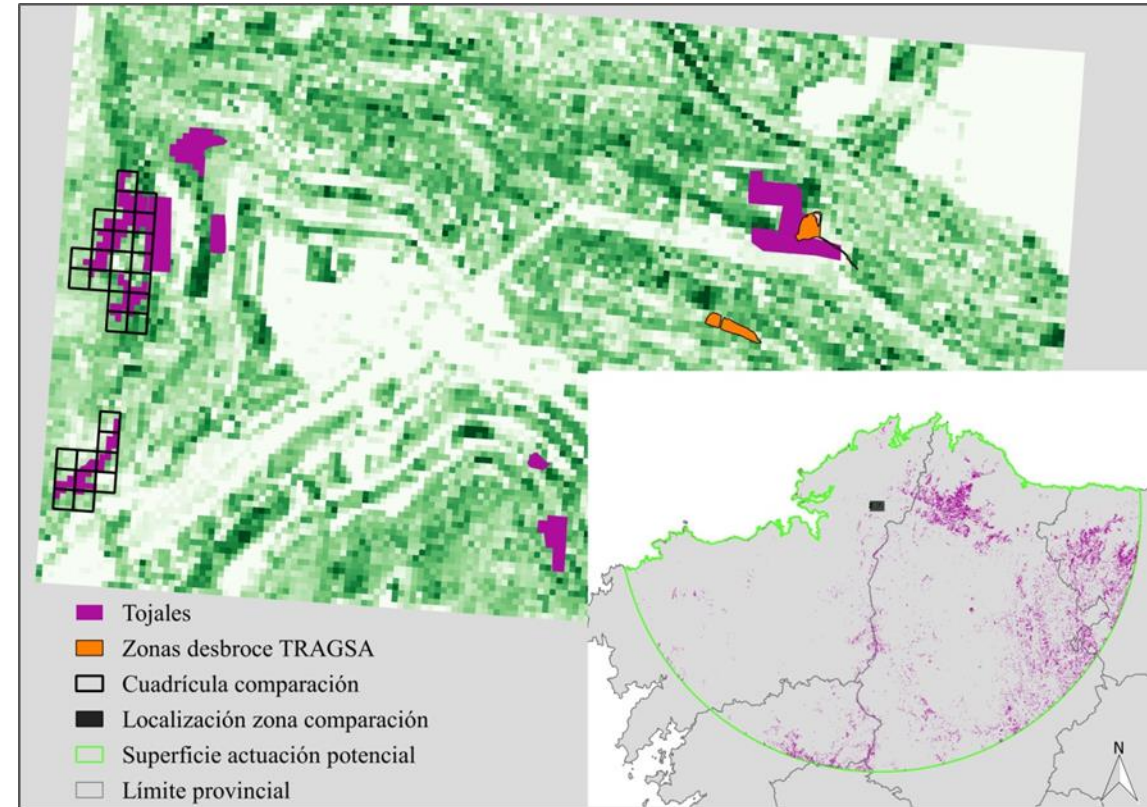
Parcela Acción B1	Tragsa (tseca/ha)	LiDAR (tseca/ha)	Promedio diferencias (tseca/ha)	Promedio diferencias (%)
L1 (Las Navas)	26,18	15,14	-11,3	-42,15

---

# Comparaciones estimaciones de biomasa. As Pontes

Comparación de las estimaciones de la variable biomasa seca realizadas con LiDAR y Landsat en teselas de tojales situadas sobre el área del vuelo LiDAR de la zona de As Pontes (L4).

Estadístico	Valor
Promedio diferencias (tseca/ha)	8,30
Media cuadrática de las diferencias (tseca/ha)	11,41



Parcela Acción B1	Tragsa (tseca/ha)	Landsat (tseca/ha)	Promedio diferencias (tseca/ha)	Promedio diferencias (%)
PCI	45,32	36,45	-8,87	19,57
PLU	20,93	35,25	14,32	68,42

# Estimación de carga de matorral

---

Zona de actuación potencial	Categoría	Especie	Método estimación	Biomasa seca (t)	Biomasa media (t/ha)
Las Navas del Marqués (L1)	Escoba	<i>Genista cinerascens</i>	LiDAR	83.333,12	5,71
Garray (L2)	Jara	<i>Cistus laurifolius</i>	Satelital	403.198,43	14,71
Fabero (L3)	Brezo	<i>Erica arborea</i>	Satelital	133.497,49	9,76
As Pontes (L4)	Tojo	<i>Ulex europaeus</i>	Satelital	2.850.849,75	36,96
Figueruela	Brezal-escobonal	<i>Erica australis</i> y <i>Genista arborea</i>	Satelital	278.677,72	9,89



# CONCLUSIONES

---

# Conclusiones

---

- Modelos ajustados con datos LiDAR son más robustos estadísticamente en comparación con los modelos ajustados con datos satelitales.
- Metodología Landsat es muy útil para identificar teselas de matorral aptas para el aprovechamiento energético a un coste computacional bajo.
- Los modelos ajustados con información espectral permiten obtener una estimación aproximada de las toneladas de biomasa media
- La tecnología satelital permite mejorar las estimaciones de carga de matorral cuando el uso de datos de sensores aerotransportados no es adecuado (Densidad de puntos LiDAR, obsolescencia del vuelo)



*GRACIAS por su atención*