

# APLICACIÓN PARA LA MONITORIZACIÓN DE CO2 ALMACENADO EN BOSQUES DE BIZKAIA: INTEGRACIÓN DE SENSORES REMOTOS (LIDAR Y SATÉLITE) PARA LA DETECCIÓN DE CAMBIOS EN TIEMPO REAL

Jessica Esteban Cava  
Especialista área de evaluación de los recursos forestales

[jesteban@agresta.org](mailto:jesteban@agresta.org)

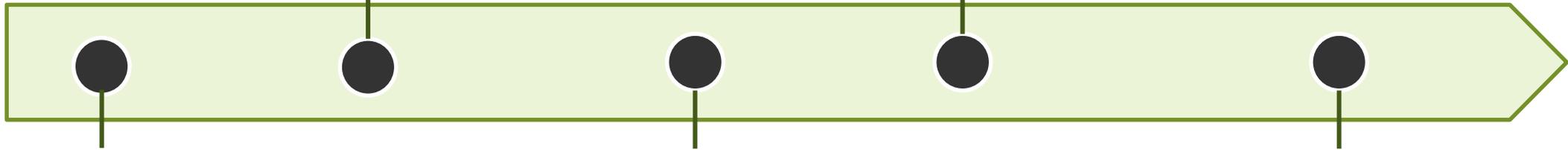
José Luis Tomé

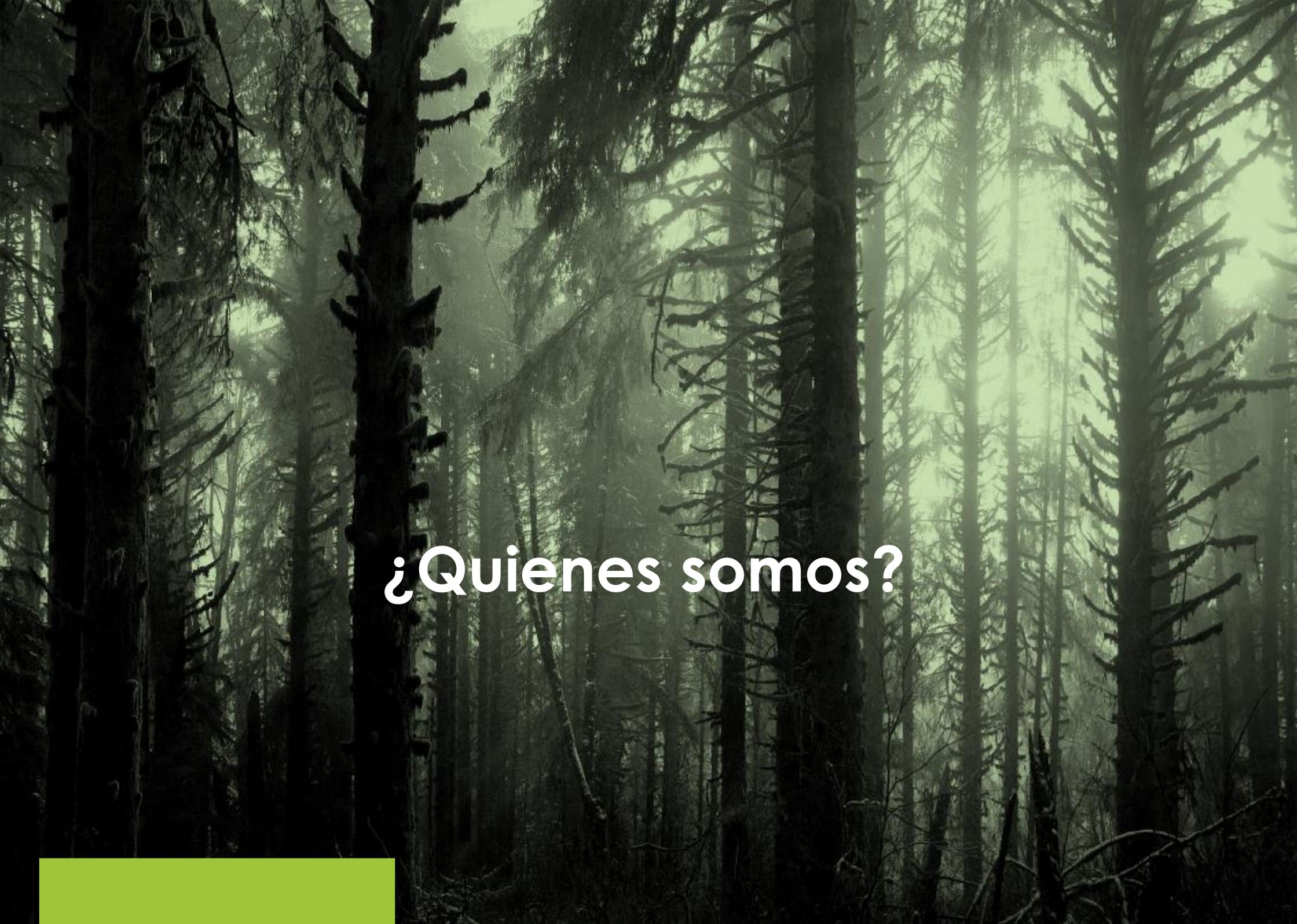
David García

María Luz Guillén

Iñigo Escamochero

# ÍNDICE

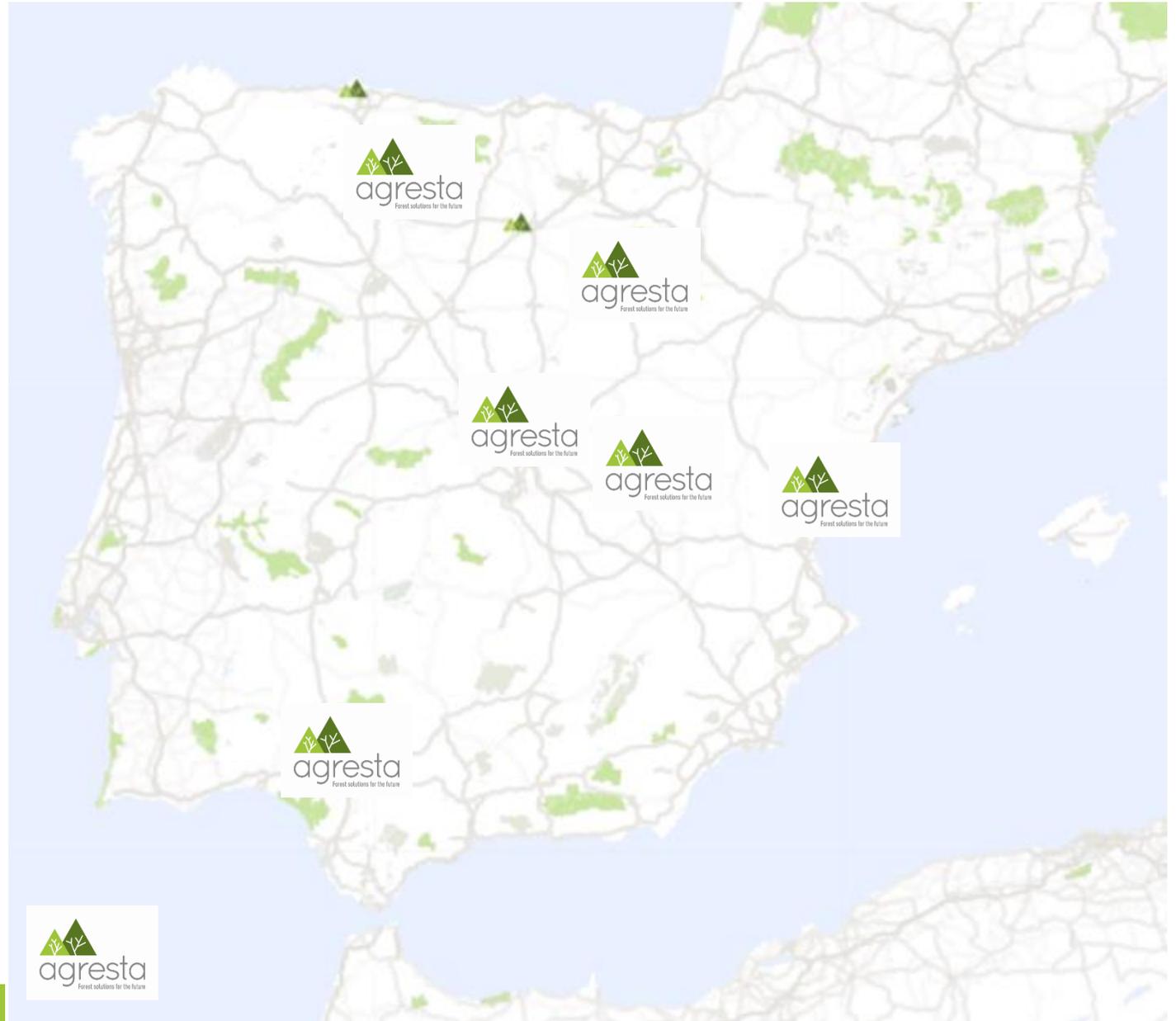




**¿Quienes somos?**



¿Dónde  
estamos?



# ¿Qué hacemos?



Consultoría forestal



Inventario de recursos forestales



Mobilización de recursos forestales



Cambio climático



Tecnología forestal



Formación

# EQUIPO DE INNOVACIÓN



Nur Algeet



Pilar Durante



Jessica Esteban



Alfredo Fernández

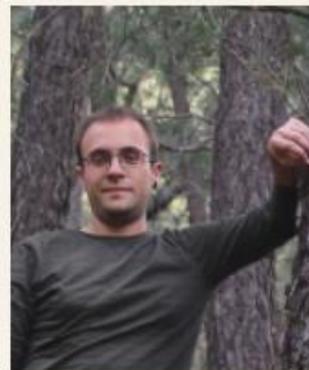
- ✓ 8 Doctores/as
- ✓ 3 Doctorandos/as
- ✓ Ingenieros especializados en I+D



María Luz Guillén



Eva Marino



Santiago Martín



José Antonio Navarro



Jorge Olivar



Tomás Sánchez



Jose Luis Tomé



Lucia Yáñez



PYME INNOVADORA



# INTRODUCCIÓN



- Revolución en la forma de evaluar los recursos forestales.
- Gran disponibilidad de datos de sensores activos y pasivos
- Todo ello en abierto

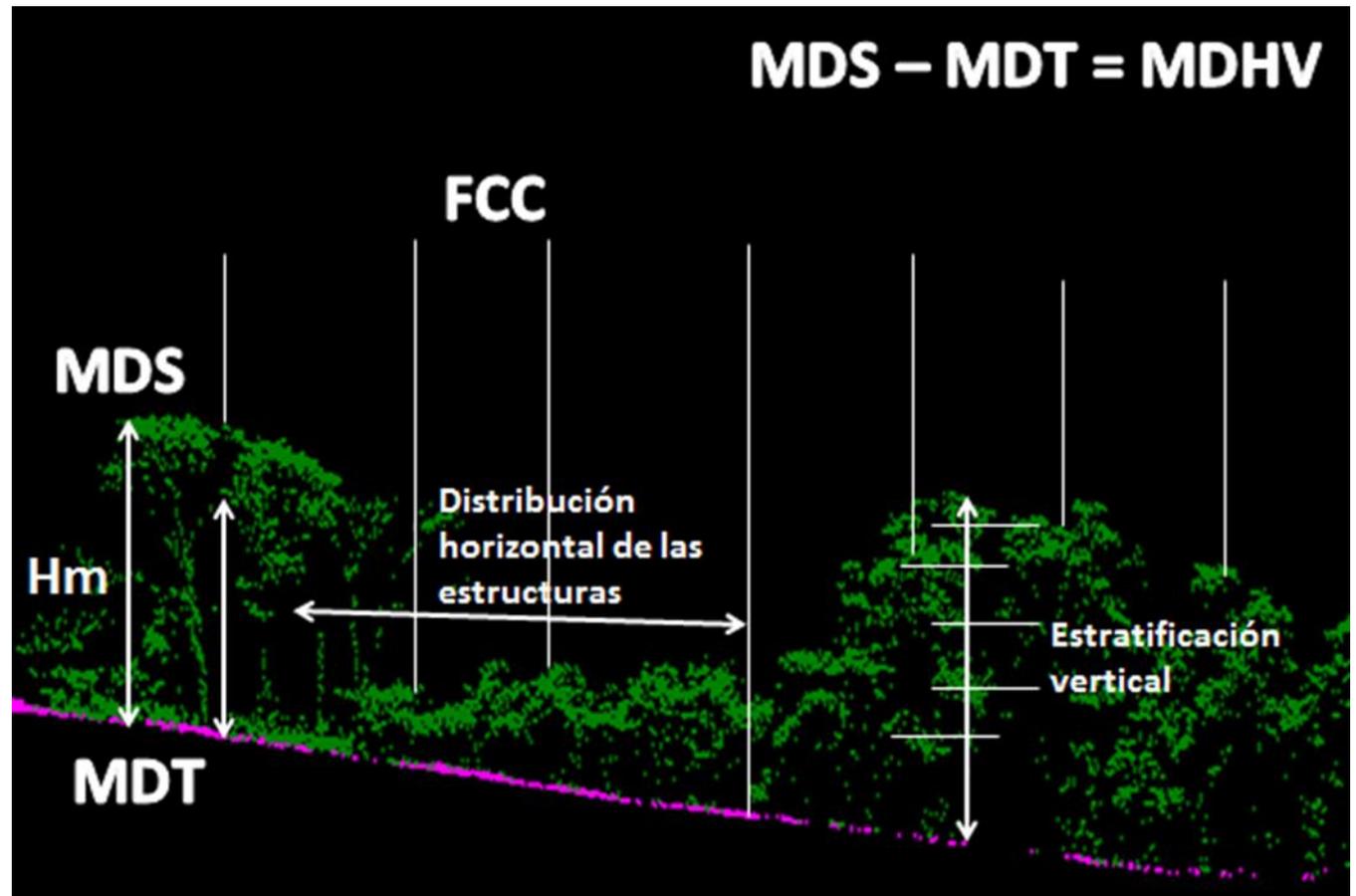
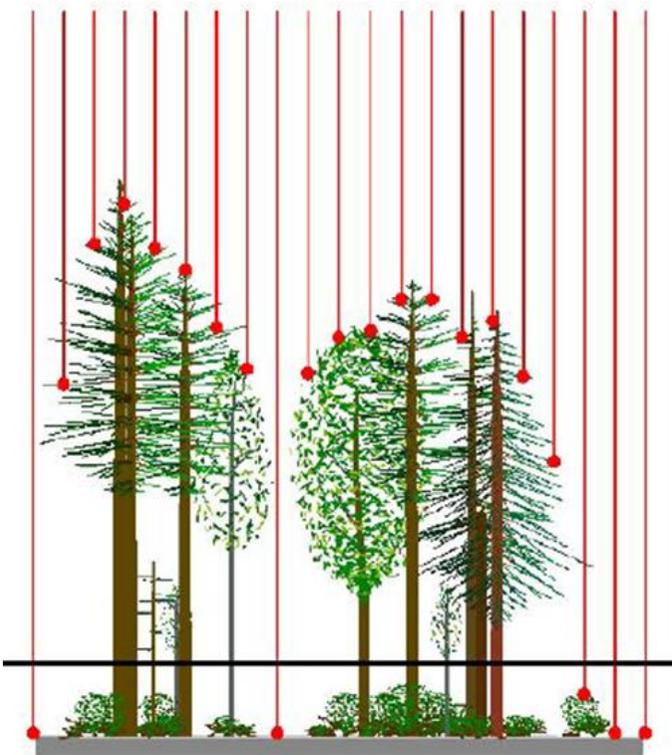


Oportunidad para aprovechar los potenciales que ofrecen las distintas tecnologías mejorando el conocimiento de nuestros bosques



# ¿POR QUÉ LiDAR?

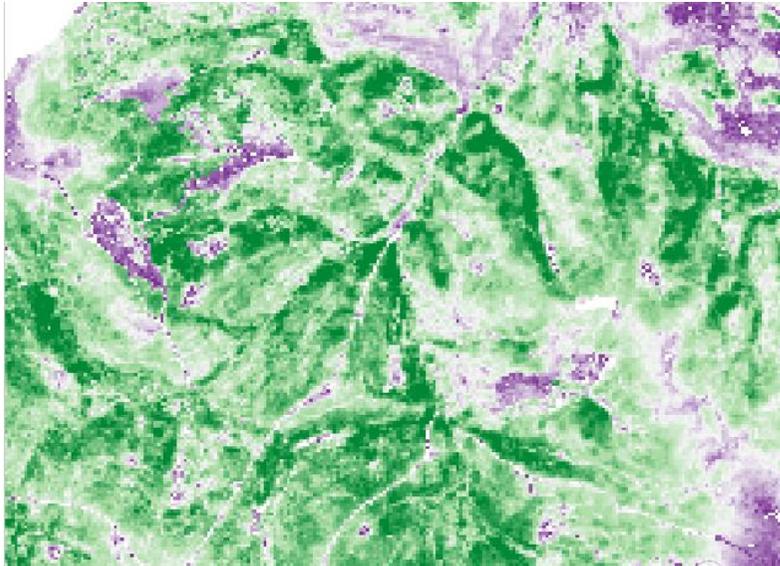
Permite obtener información continua tridimensional del terreno (suelo y vegetación).



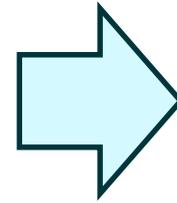
# ¿POR QUÉ LiDAR?



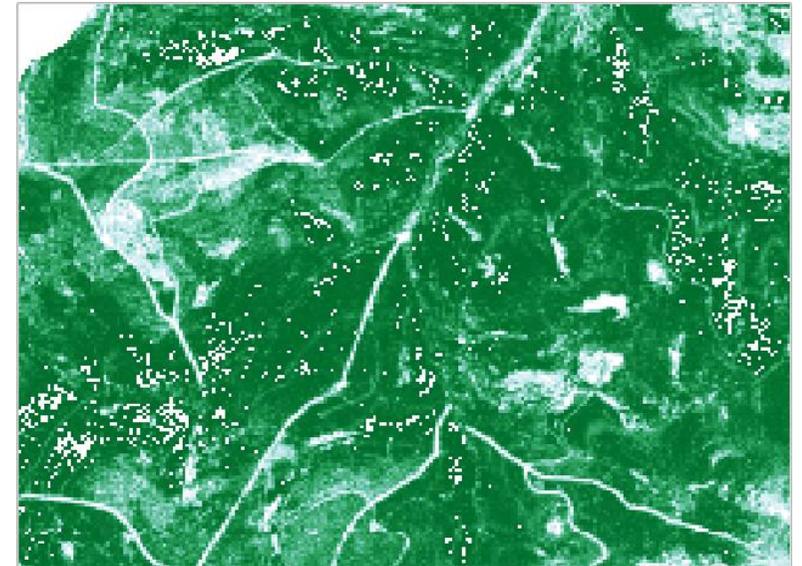
## Inventarios forestales



Estadísticos  
LiDAR



Modelos



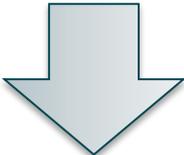
Inventario  
forestal continuo

# ¿POR QUÉ LiDAR?

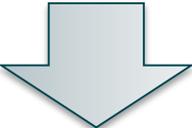


## LiDAR PNOA

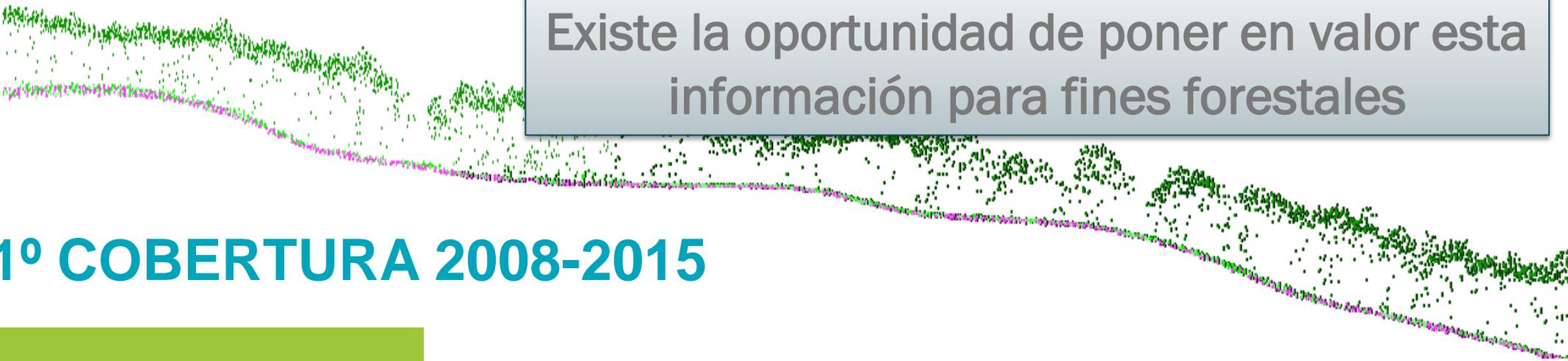
Somos uno de los países que tenemos un Plan Nacional de captura de información LiDAR



DATOS EN ABIERTO



Existe la oportunidad de poner en valor esta información para fines forestales



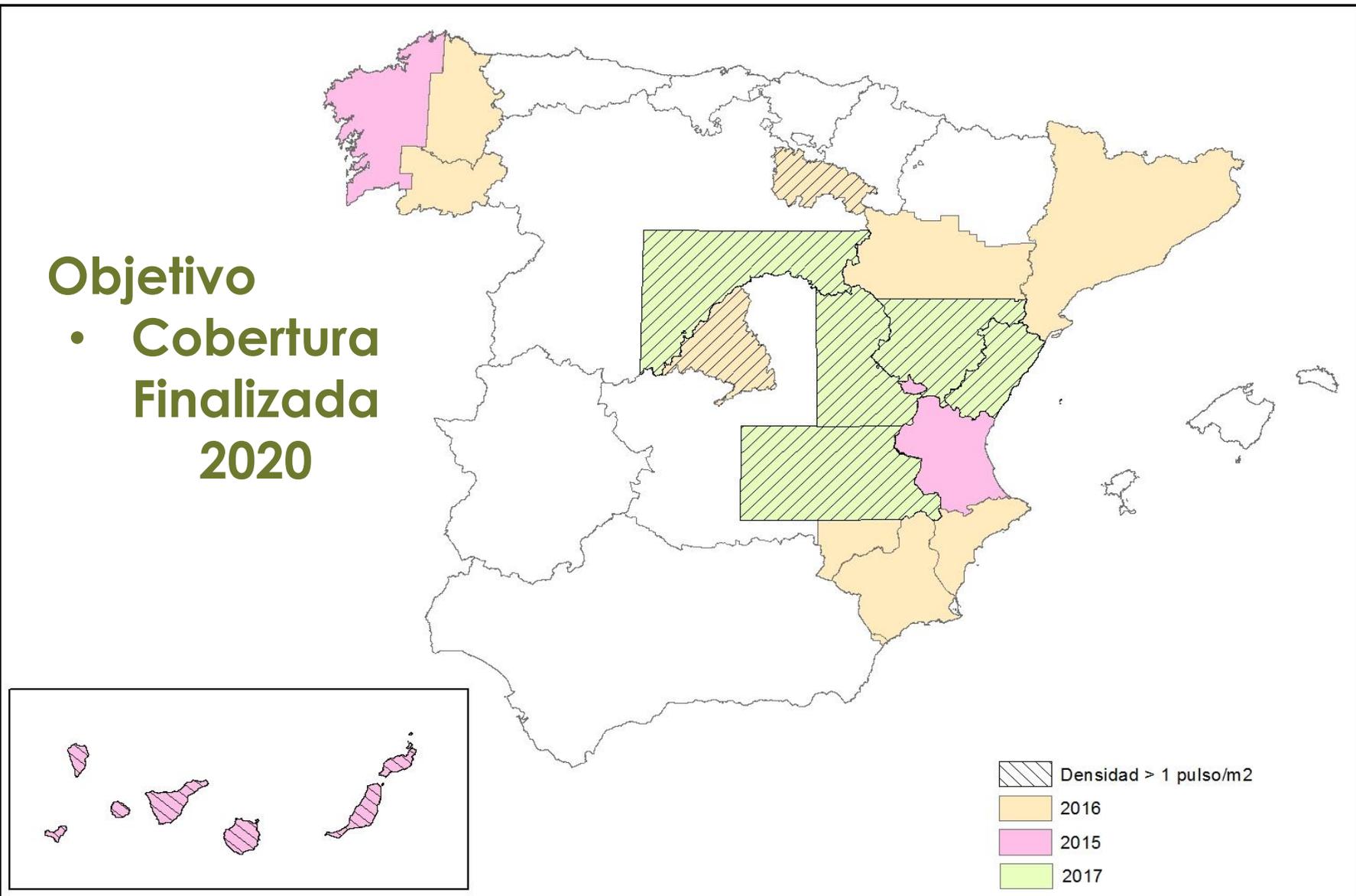
## 1º COBERTURA 2008-2015

# ¿POR QUÉ LIDAR?

PROYECTO PNOA-LIDAR SEGUNDA COBERTURA. 2017

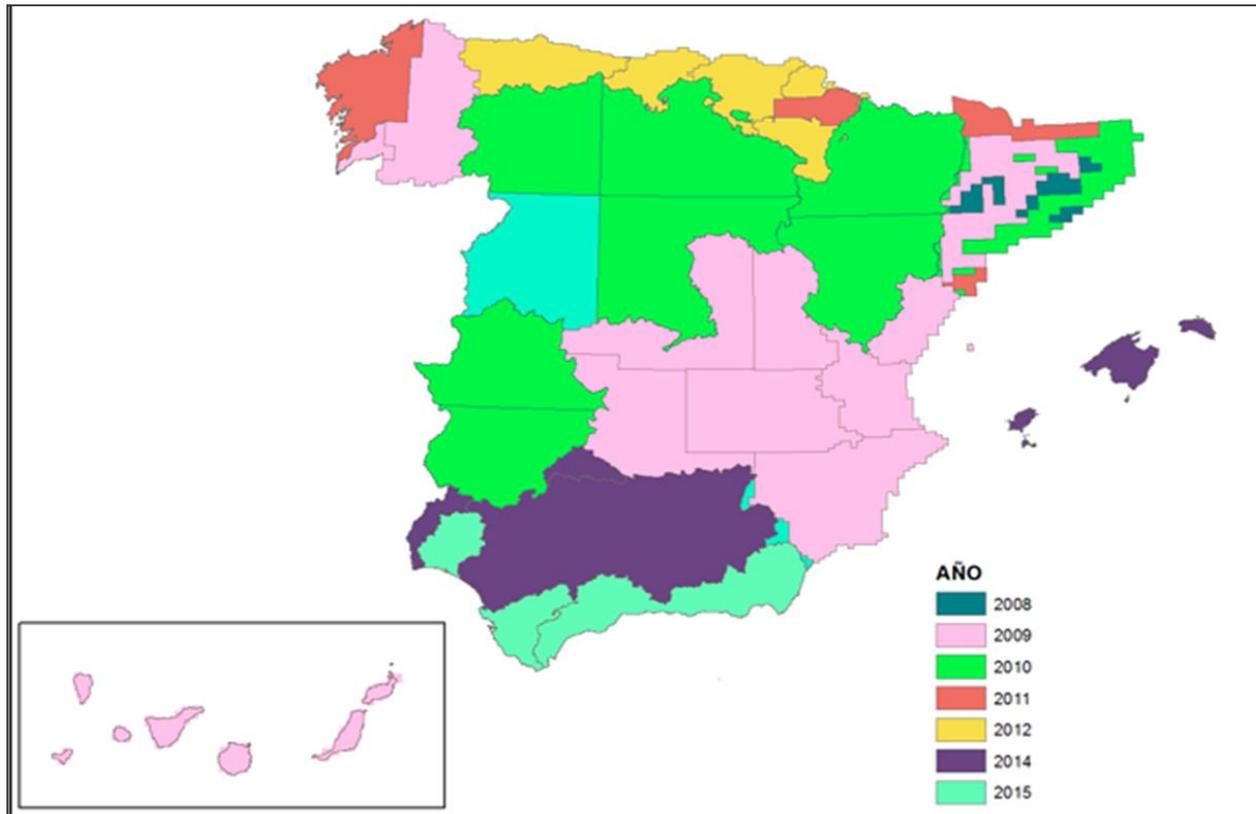
## Objetivo

- Cobertura Finalizada 2020



# ¿POR QUÉ LiDAR?

¿ Y si hay cambios después del vuelo LiDAR? ¿Cómo los observaríamos?



¿?

# ¿POR QUÉ SERIES TEMPORALES?



- Mayor detalle en el conocimiento de la dinámica de las masas forestales
- Detección del momento del cambio
- Obtención de cartografías con un nivel mayor de exactitud
- Mayor disponibilidad de algoritmos de detección de cambios en abierto
- Funciona en zonas con recurrencia de nubes

**Además tenemos cada vez más imágenes en abierto**

# Programa Landsat

**GRATUIT**

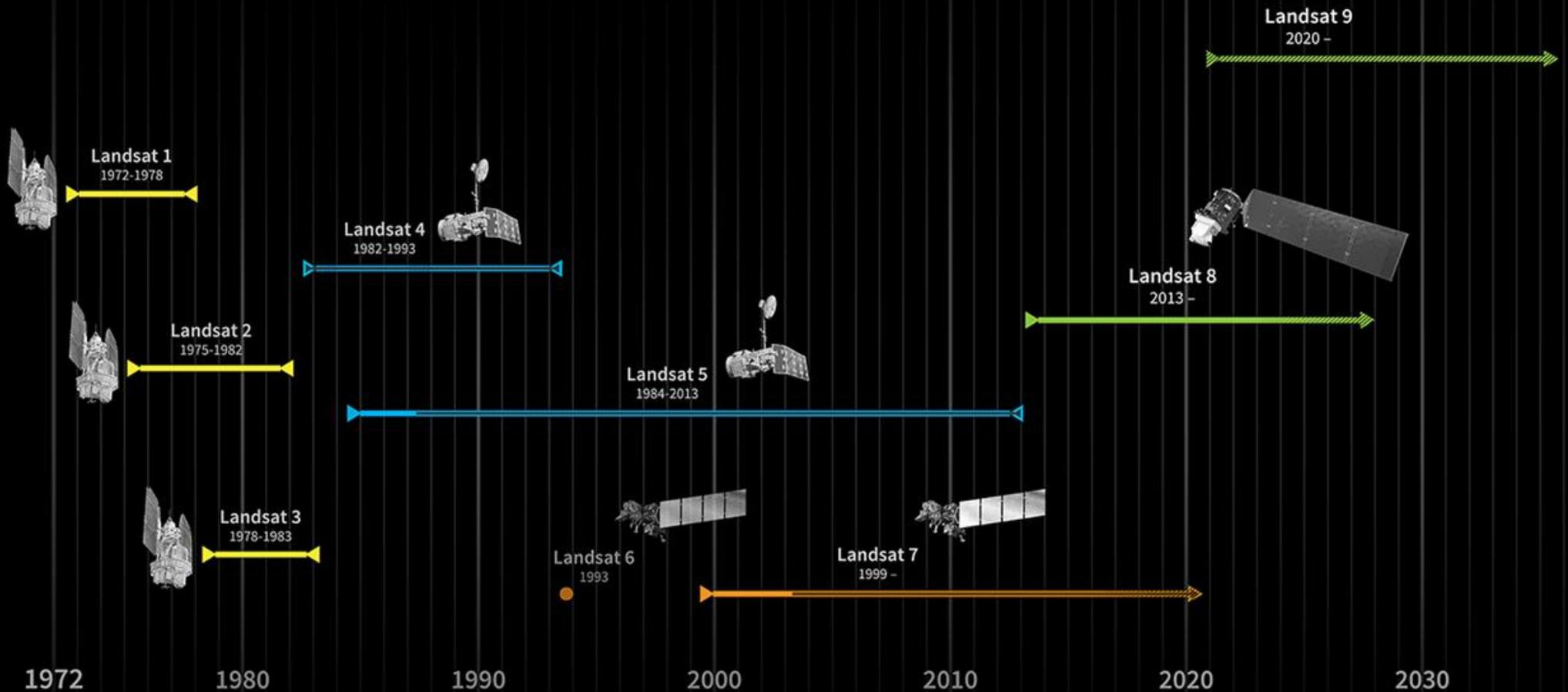
## Landsat Missions: Imaging the Earth Since 1972



# Programa Landsat



## BUILDING ON THE LANDSAT LEGACY



# Copernicus

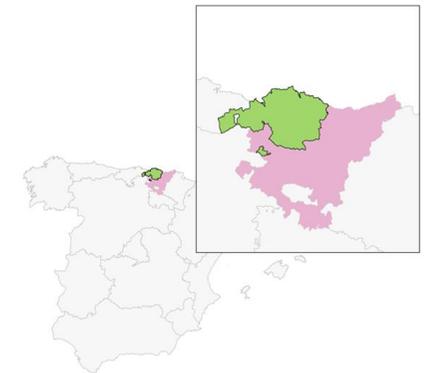


 **Copernicus**  
Europe's eyes on Earth

# OBJETIVOS



- ❖ Desarrollar un inventario continuo actualizado sobre la cantidad de CO2 almacenado, en los bosques de Bizkaia, mediante la integración de datos de sensores activos y pasivos.
- ❖ Transformar el inventario estático en uno dinámico desarrollando una metodología de detección de cambios anuales que permita la actualización automática utilizando y poniendo en valor información ya capturada y disponible.
- ❖ Desarrollar una plataforma web que permita procesar y servir al usuario en tiempo real, sobre una superficie determinada, información de stocks de carbono actualizado.



<http://co2-bizkaia.agresta.org/>



A screenshot of a web browser displaying the website 'co2-bizkaia.agresta.org/'. The browser's address bar shows the URL. The page content is overlaid on a large, vibrant aerial photograph of a forest with a river. The overlay is a dark red and white box. At the top of the box, it says 'CO2 Bizkaia Zuhaitzia' in white text on a red background, with 'EUS | ES' below it. On the left side of the box, there are logos for 'Obra Social Fundación "la Caixa"' and 'Bizkaia foru aldundia diputación foral'. On the right side, there is a login form with the following elements: a label 'Erabiltzailea / Helbide elektronikoa' above a text input field containing the same text; a label 'Pasahitza' above another text input field containing the same text; a blue button labeled 'Sartu'; and a green button labeled 'Erregistratu'.

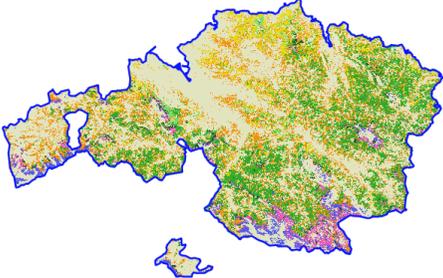
**¿Qué trabajo  
hay detrás de  
la  
aplicación?**



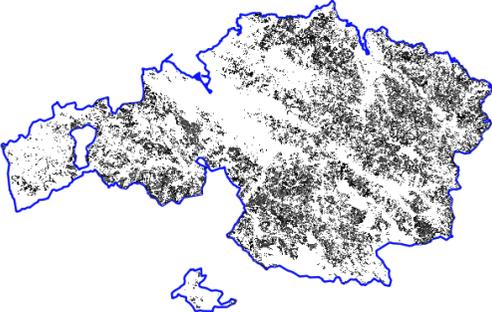
# APLICACIÓN

## DATOS DE PARTIDA

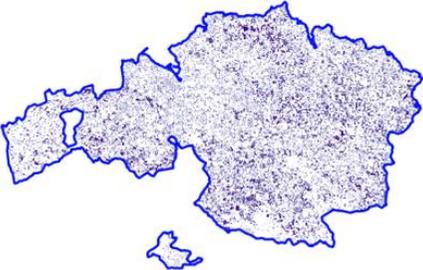
- Mapa forestal 2016
- Modelo digital del terreno (MDT 25 m, CNIG)
- LiDAR PNOA 2012
- Imágenes de satélite
  - Landsat
  - Sentinel-2



**Clasificación  
especies  
Sentinel**



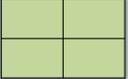
**Modelos de  
regresión de  
estimación  
carbono**



**Cambios tras  
vuelo LiDAR**

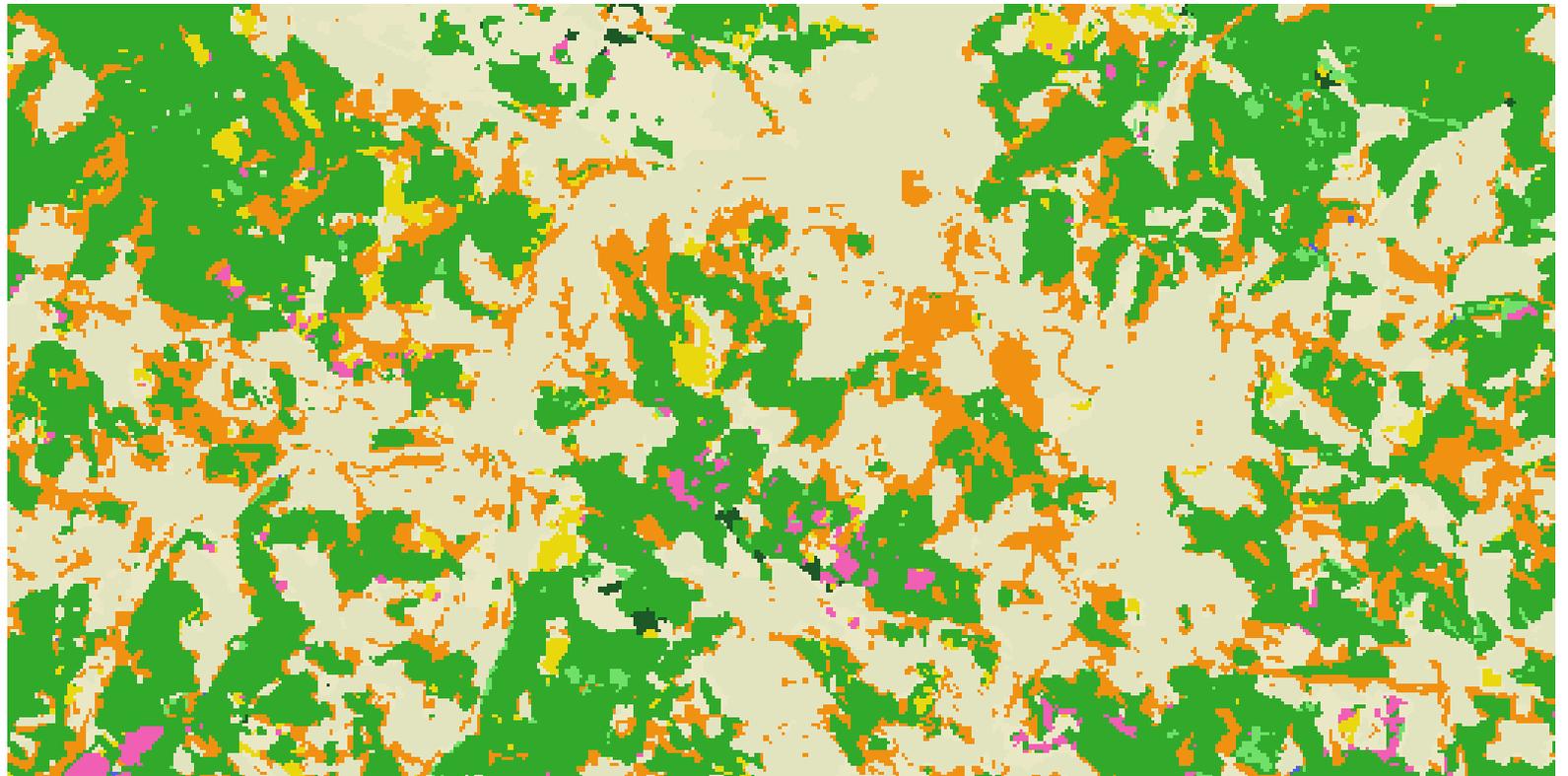
# CARACTERÍSTICAS



	LANDSAT 7 Y 8	SENTINEL-2
GRATUITOS	SI	SI
DISPONIBILIDAD	1999-	2015-
RESOLUCIÓN ESPACIAL	30 m	20 m y 10 m 
RESOLUCIÓN TEMPORAL	16 días	5 días 
RESOLUCIÓN ESPECTRAL	6 bandas Espectro visible, IRC, SWIR	13 bandas Espectro visible, IRC, SWIR  3 nuevas bandas que mejoran el estudio de la vegetación

# CLASIFICACIÓN DE ESPECIES

## □ SENTINEL



# SENTINEL

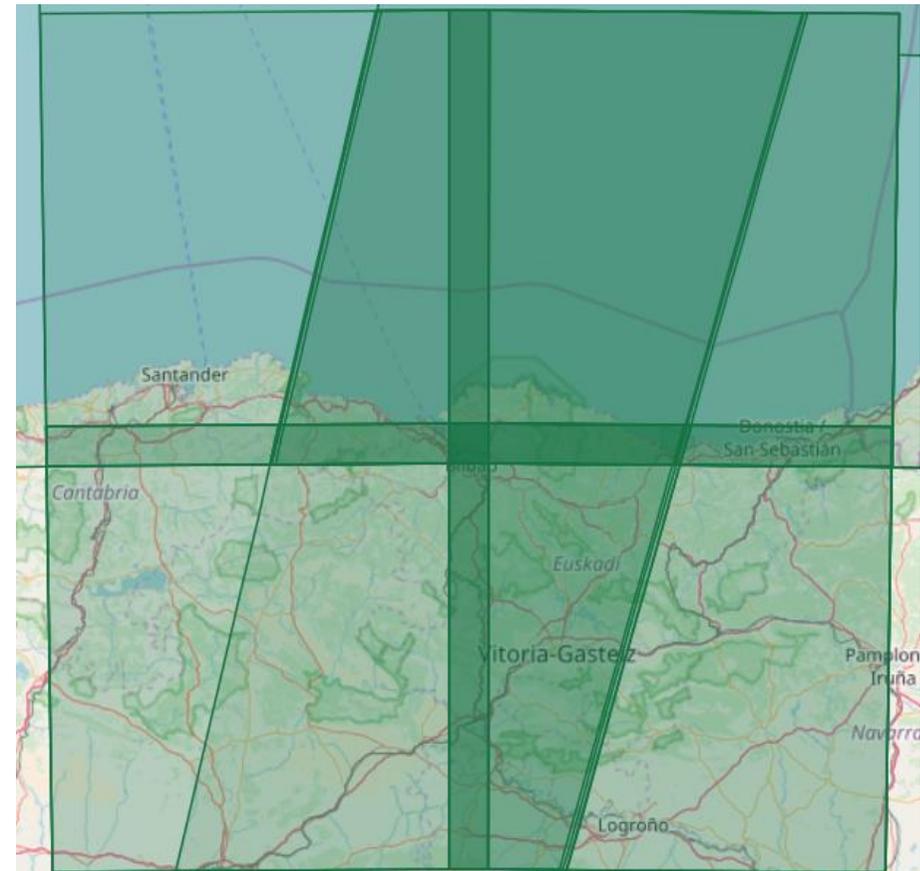


Sentinel-2  
4 escenas

**Imágenes  
multiestacionales  
Variabilidad  
fenológica**



**Abril 2017  
Julio 2017**



# LEYENDA

Clase	Número de polígonos
No Bosque	73
Coníferas alóctonas	55
<i>Pinus nigra</i>	41
<i>Pinus pinaster</i>	33
<i>Pinus radiata</i>	56
<i>Quercus</i>	35
Encina	33
Eucaliptos	111
Haya	31
<b>Total 468</b>	

Algunos ejemplos



No bosque



Coníferas alóctonas



Hayedos

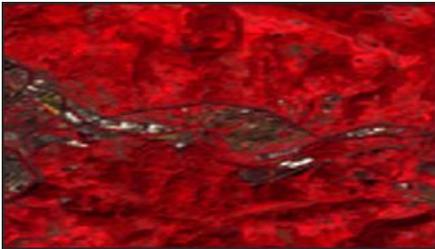


Eucaliptos

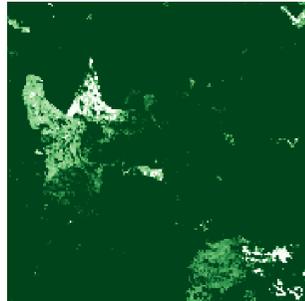


# VARIABLES PREDICTORAS

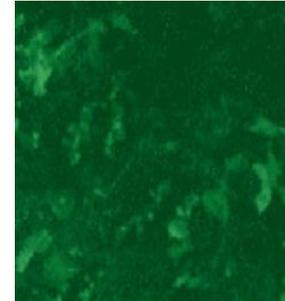
**Bandas espectrales**



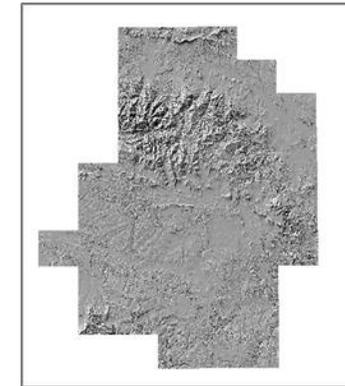
**Estadísticos LiDAR:  
FCC y P99**



**Índices de vegetación**



**MDT**



**Raster Stack  
conteniendo las  
variables  
predictoras para  
cada imagen  
(abril y julio)**



**Selección de  
variables más  
descriptivas**



**Modelos de  
clasificación no  
paramétricos  
Random Forest (RF)**



# DETECCION DE CAMBIOS



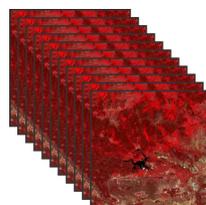
## □ Detección cambios de 2012-2016



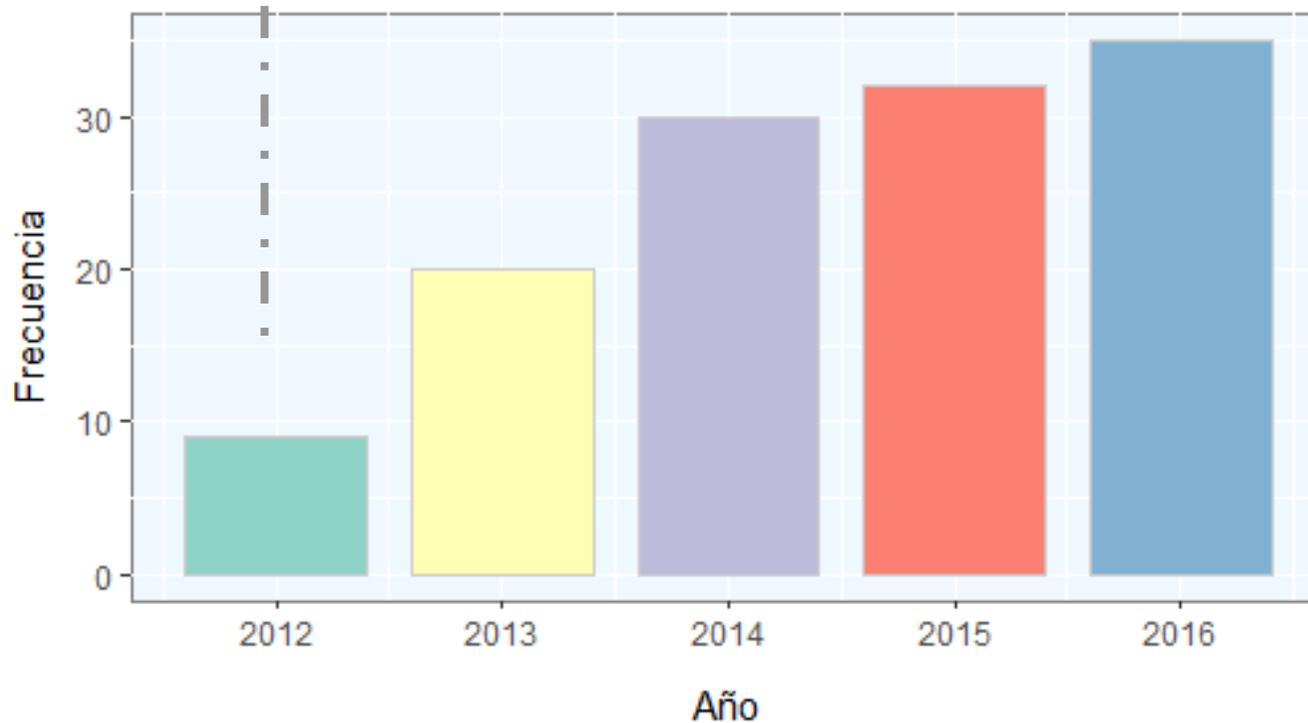
# SERIES TEMPORALES LANDSAT 2012-2016



Vuelo LiDAR  
PNOA 2012



126 Escenas Landsat 7 y  
Landsat 8

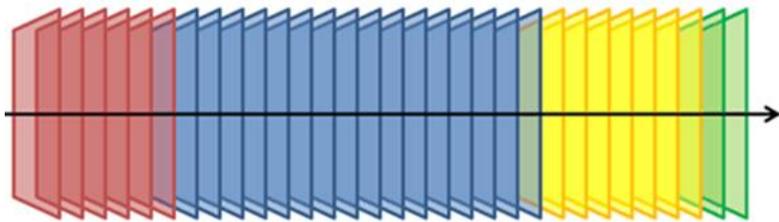


# SERIES TEMPORALES LANDSAT 2012-2016



2012-2016

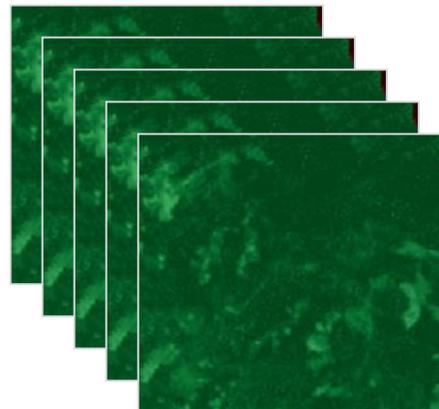
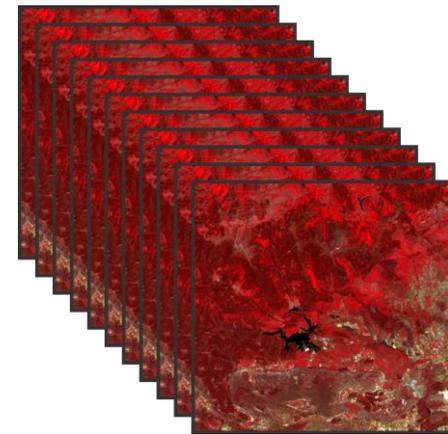
Imágenes Landsat



$$NDVI = \frac{IRC - R}{IRC + R}$$



Calculamos el índice de  
vegetación para cada  
imagen

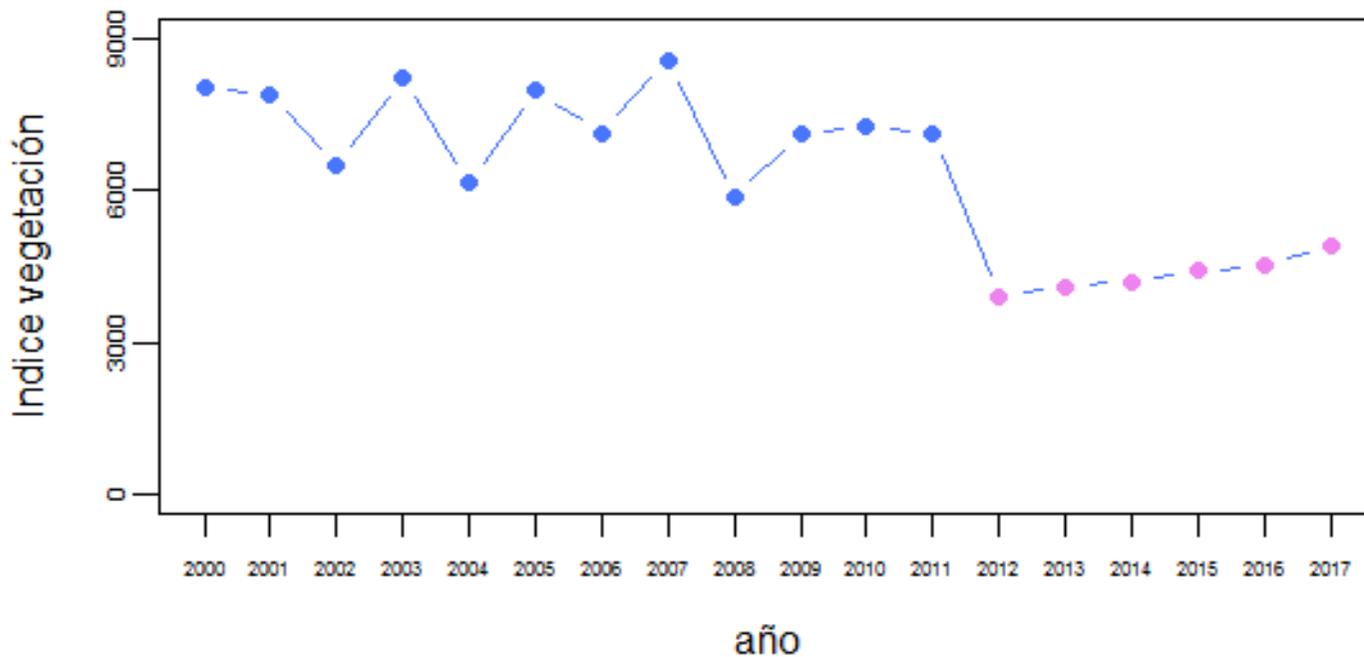


ÍNDICES DE VEGETACIÓN MEDIOS  
ANUALES

# SERIES TEMPORALES LANDSAT 2012-2016



Cambio en la tendencia de los valores del índice de vegetación asociado a cambios en las masas forestales



**DIFERENCIAS VALORES  
TENDENCIA → CAMBIOS**

Análisis tendencia de los índices de vegetación anuales

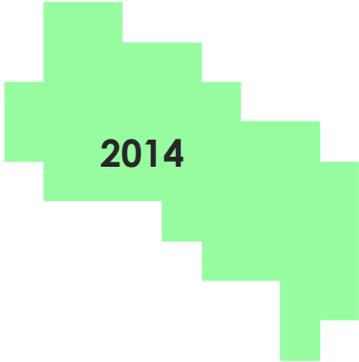
# Detección de cambios 2012-2016



2013



2015



2011



2014

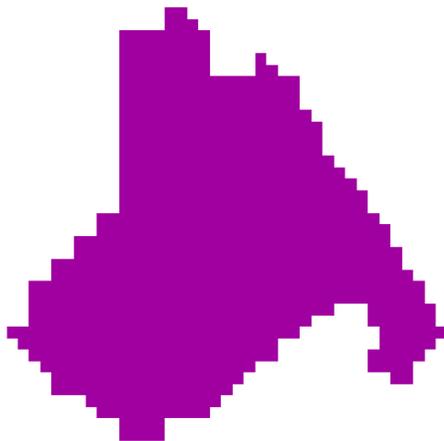
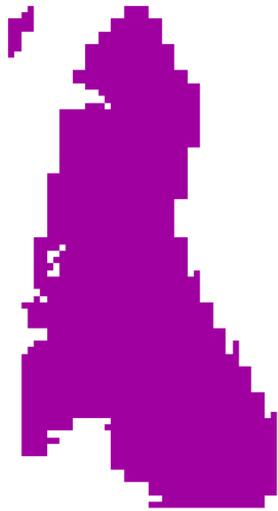


# Detección de cambios 2012-2016



2015

2016



# MODELOS DE CARBONO



Estimaciones de volumen a nivel continuo en Bizkaia

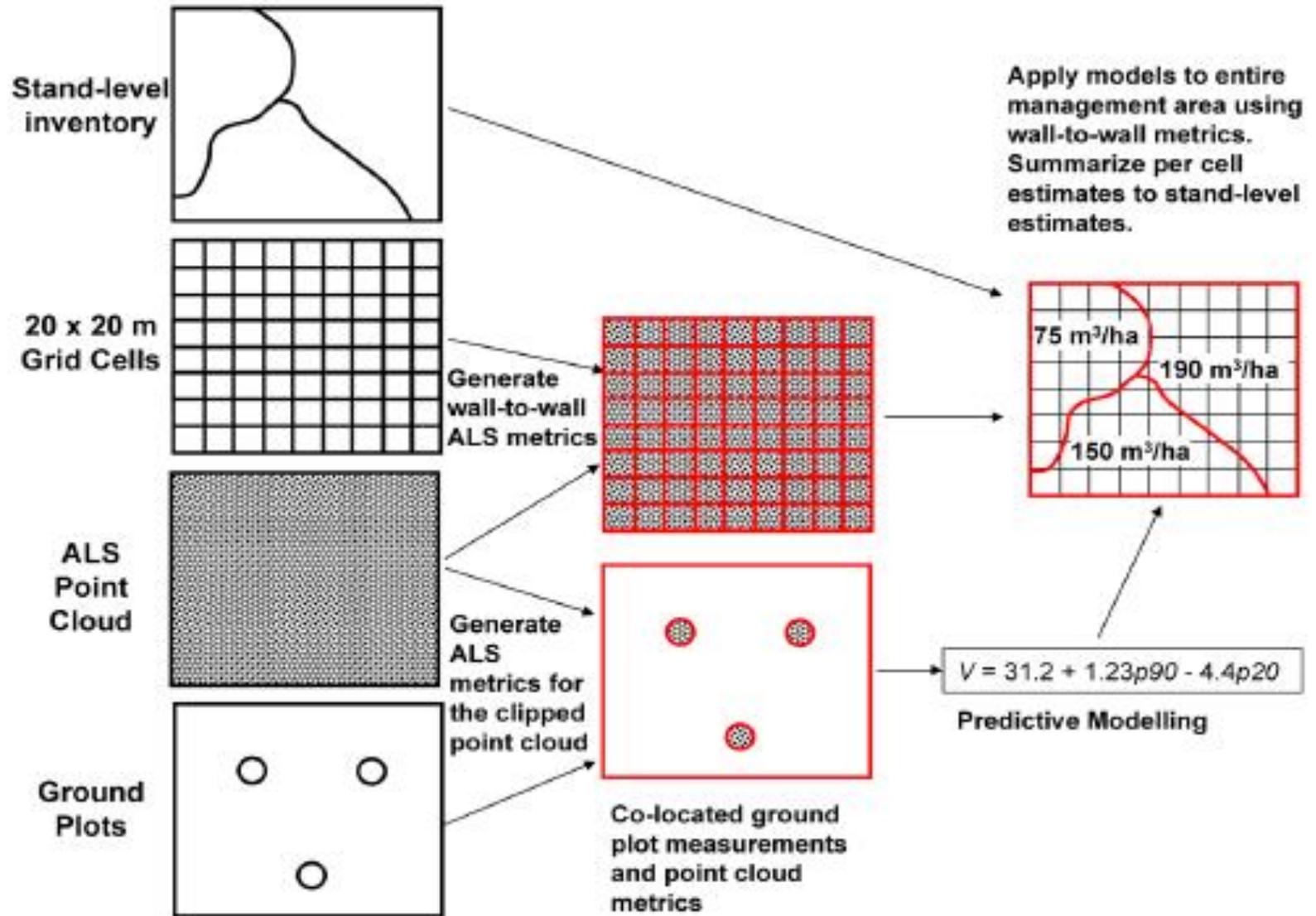

Coeficientes de estimación del carbono acumulado por especie




Mapas de carbono acumulado


Mapas de incremento de carbono anual

# Modelos de V e IAVC



Datos LiDAR del PNOA 2012

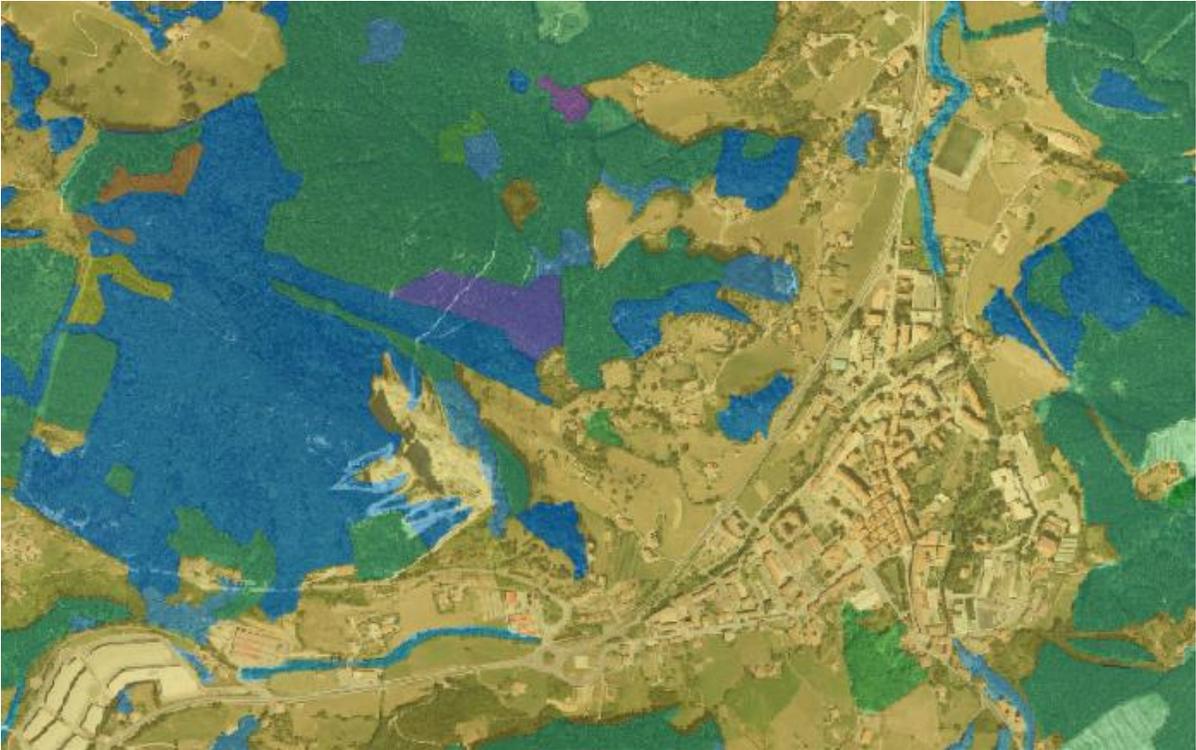
Parcelas de radio fijo y bases de datos del IFN (2012)

(Fuente: White et al, 2013)

# Información sobre la composición de especies



## MFE 2016 Diputación País Vasco



¿Masas mixtas?

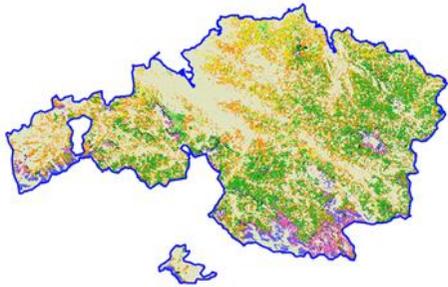
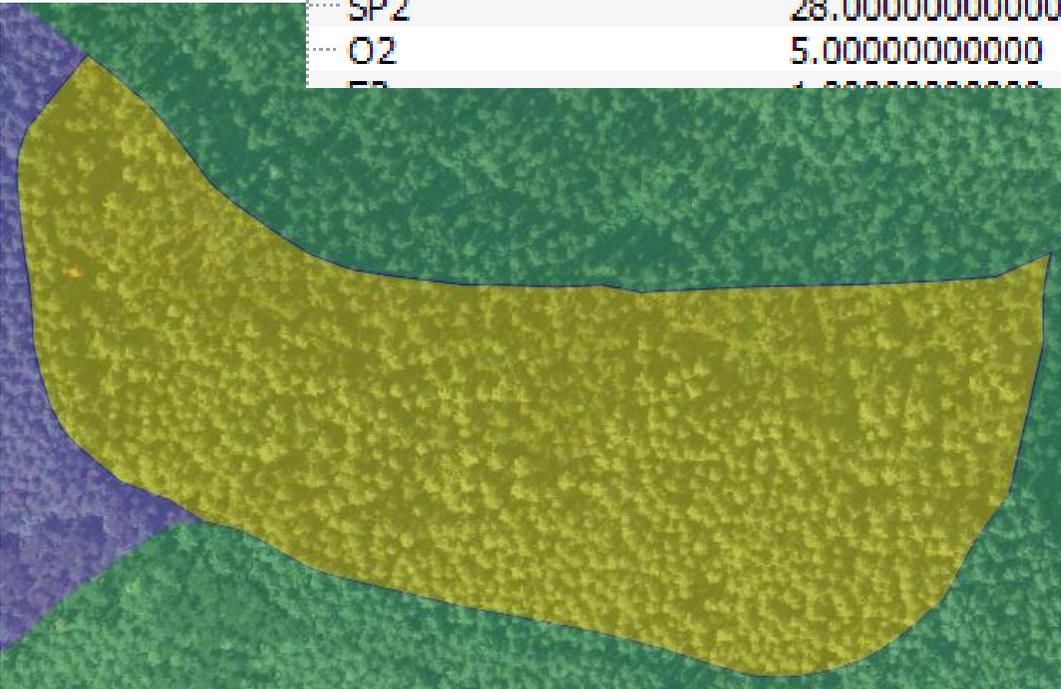
	TIPES10	FCCARB	FORARB	DISTRIB	SP1	O1	E1	SP2
51135	12	50.0000000000000	58.0000000000000	3.0000000000000	28.0000000000000	5.0000000000000	.0000000000000	99.0000000000000
51136	11	80.0000000000000	3.0000000000000	3.0000000000000	982.0000000000000	5.0000000000000	.0000000000000	28.0000000000000
51137	14	75.0000000000000	33.0000000000000	3.0000000000000	55.0000000000000	5.0000000000000	.0000000000000	50.0000000000000
51138	12	55.0000000000000	58.0000000000000	3.0000000000000	28.0000000000000	5.0000000000000	.0000000000000	25.0000000000000
51139	12	70.0000000000000	40.0000000000000	3.0000000000000	26.0000000000000	5.0000000000000	.0000000000000	982.0000000000000
51140	12	85.0000000000000	58.0000000000000	3.0000000000000	28.0000000000000	5.0000000000000	.0000000000000	982.0000000000000
51141	11	75.0000000000000	29.0000000000000	3.0000000000000	72.0000000000000	5.0000000000000	.0000000000000	71.0000000000000
51142	12	65.0000000000000	4.0000000000000	3.0000000000000	42.0000000000000	5.0000000000000	.0000000000000	34.0000000000000

# Información sobre la composición de especies



## Masas mixtas → Información clasificación Sentinel

SP1	64.000000000000
O1	5.000000000000
E1	1.000000000000
SP2	28.000000000000
O2	5.000000000000
SP3	1.000000000000

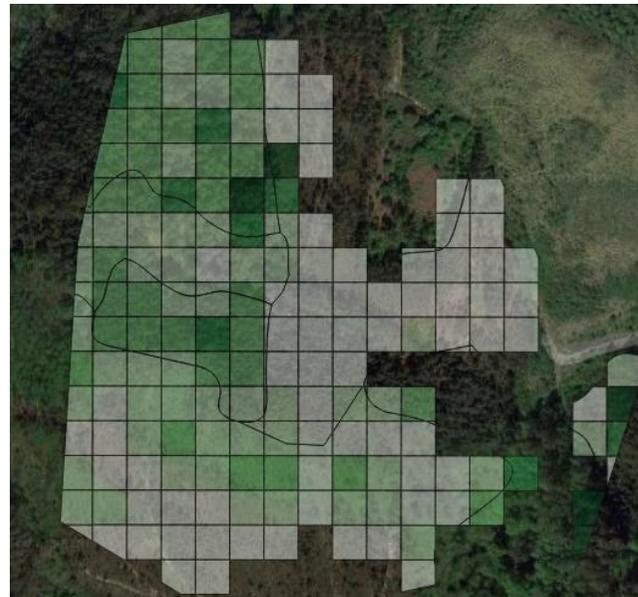
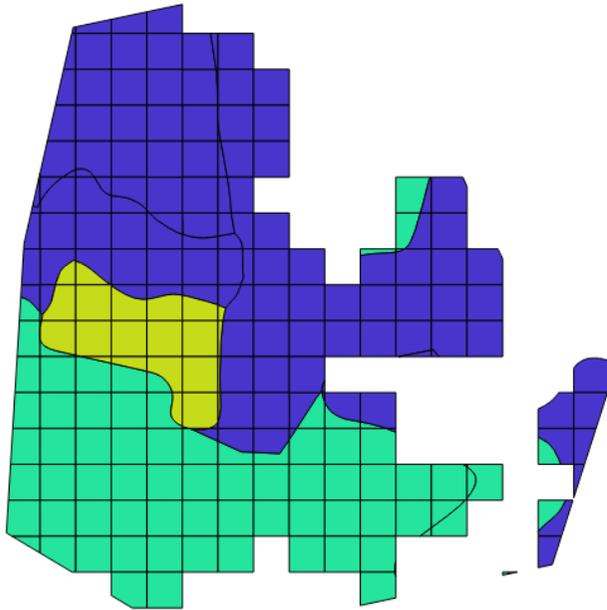
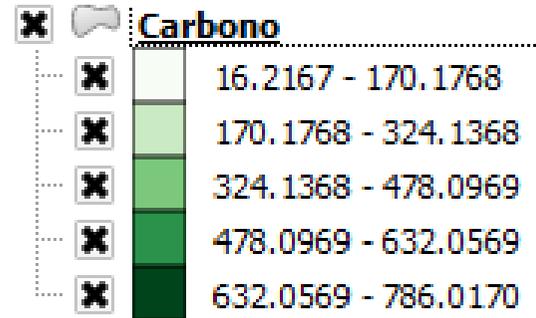


<http://co2-bizkaia.agresta.org/>



A screenshot of a web browser displaying the 'CO2 Bizkaia Zuhaitzia' website. The browser's address bar shows 'co2-bizkaia.agresta.org/'. The website content is overlaid on a background image of a dense forest with a river. The interface includes a red header with the title 'CO2 Bizkaia Zuhaitzia' and 'EUS | ES'. Below this is a white box with the 'Obra Social Fundación "la Caixa"' logo and the 'Bizkaia' logo with the text 'foru aldundia diputación foral'. To the right, there is a dark grey sidebar with a login form containing the text 'Erabiltzailea / Helbide elektronikoa', an input field, 'Pasahitza', another input field, and buttons for 'Sartu' and 'Erregistratu'.

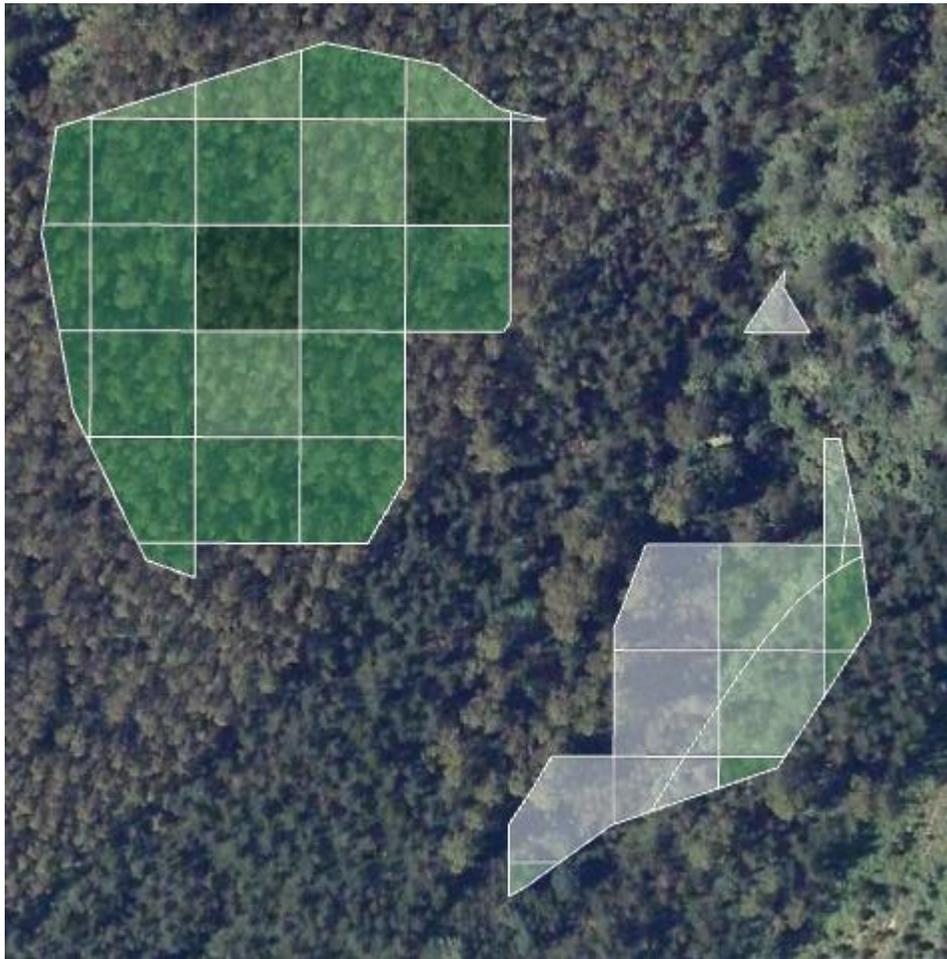
# Resultados



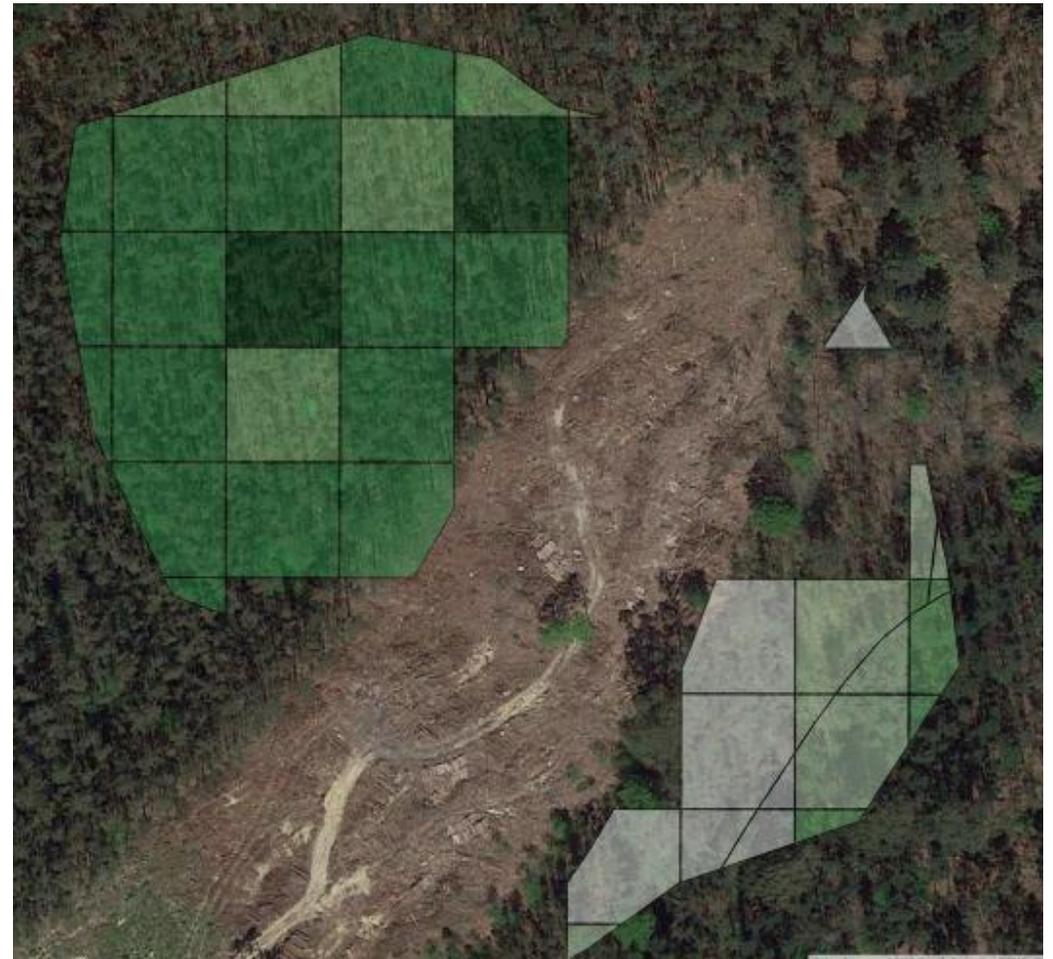
# Resultados Cambios incorporados



2012 Vuelo LiDAR PNOA



2016



# CONCLUSIONES



- El estudio demuestra el **potencial de la teledetección** para el desarrollo de una **metodología** de estimación de carbono a un **coste razonable**
- La **integración** de datos de sensores activos y pasivos permite el estudio de la **dinámica** de las masas forestales.
- La metodología desarrollada para la detección de **cambios anuales** puede ser aplicada a un coste bajo y de manera casi inmediata.
- Posibilidad de actualización de los datos de la aplicación para el conocimiento del contenido de carbono en tiempo real



# ¿Mejoras? ¿Oportunidades?

**LiDAR País Vasco  
2017**

**Cálculo de  
carbono cortas  
eucalipto 2012**



Gracias por su  
atención

Jessica Esteban

 +34 645 17 93 36

 [jesteban@agresta.org](mailto:jesteban@agresta.org)

 [www.agresta.org](http://www.agresta.org)

