

Nuevas IGOMCAA: Inventarios apoyados en tecnologías de teledetección

Natalia Bernal Caputto



OBJETIVO:



FAMILIARIZARNOS CON LA TELEDETECCIÓN Y
SUS POSIBILIDADES EN INVENTARIOS
FORESTALES CON LAS NUEVAS IGOMCAA

OBJETIVO:



FAMILIARIZARNOS CON LA TELEDETECCIÓN Y
SUS POSIBILIDADES EN INVENTARIOS
FORESTALES CON LAS NUEVAS IGOMCAA

Un poco de nuevas tecnologías en nuestro sector...

1. Oportunidad tecnológica en nuestras nuevas IGOMCAA
2. Necesidad de monitorizar y predecir
3. Procesados a escala regional

Un poco de nuevas tecnologías en nuestro sector...

1. Oportunidad tecnológica en nuestras nuevas IGOMCAA

1. Oportunidad tecnológica en nuestras nuevas IGOMCAA

Artículo 62. Inventario apoyado en tecnologías de teledetección

1. En aquellas unidades inventariables que por sus características dendrométricas, dasométricas o ambientales, el recurso o recursos a cuantificar, la disponibilidad de información o los objetivos del inventario permitan el uso de datos procedentes de **sensores remotos**, se podrá llevar a cabo un inventario forestal que combine información recabada en campo a través de mediciones en parcelas con información en formato digital procedente de sensores integrados en diferentes **plataformas** (espaciales o aerotransportados). En particular se recomienda el uso de **fotogrametría 3D** y **sensores activos** (escáneres láser o radar) para el inventario de variables cuantitativas y sensores **pasivos** (imágenes multi e hiperespectrales) para variables cualitativas.

1. Oportunidad tecnológica en nuestras nuevas IGOMCAA

Pero empecemos por el principio...

Artículo 62. Inventario apoyado en tecnologías de teledetección

1. En aquellas unidades inventariables que por sus características dendrométricas, dasométricas o ambientales, el recurso o recursos a cuantificar, la disponibilidad de información o los objetivos del inventario permitan el uso de datos procedentes de **sensores remotos**, se podrá llevar a cabo un inventario forestal que combine información recabada en campo a través de mediciones en parcelas con información en formato digital procedente de sensores integrados en diferentes **plataformas** (espaciales o aerotransportados). En particular se recomienda el uso de **fotogrametría 3D** y **sensores activos** (escáneres láser o radar) para el inventario de variables cuantitativas y sensores **pasivos** (imágenes multi e hiperespectrales) para variables cualitativas.

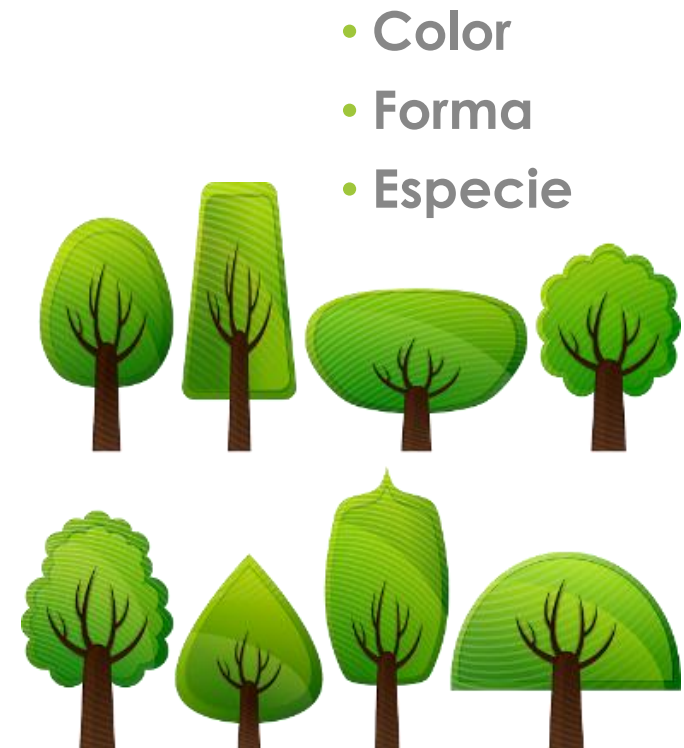
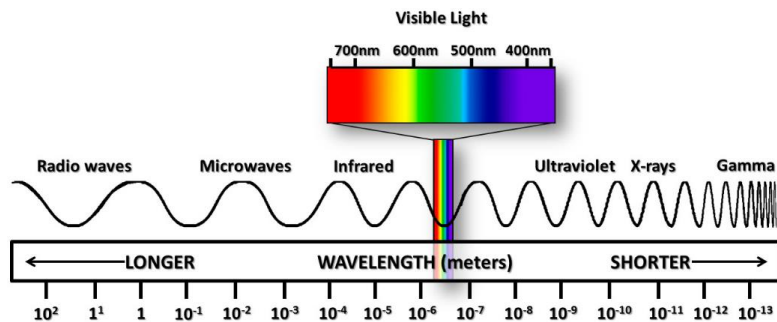
Teledetección
Sensores remotos



Activos y pasivos
Plataformas

1. Oportunidad tecnológica en nuestras nuevas IGOMCAA

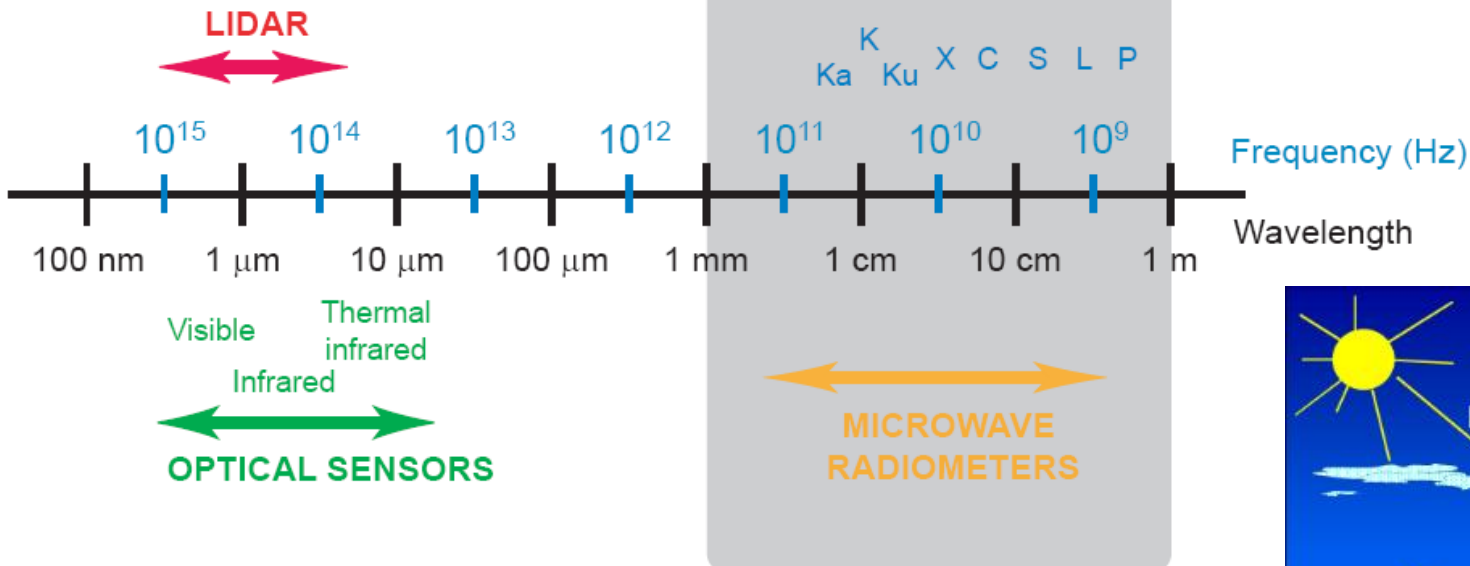
¿Cómo observamos nuestro entorno?



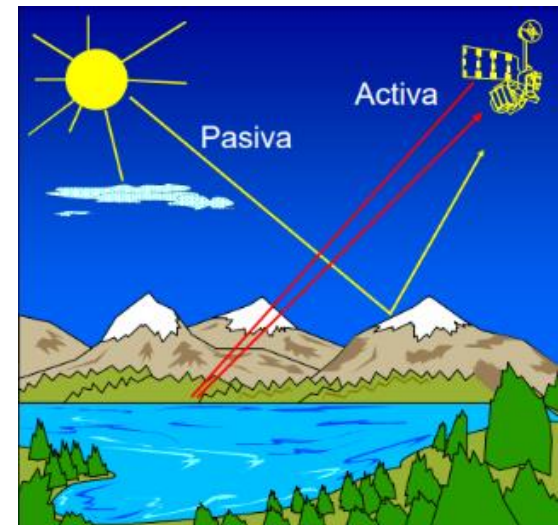
1. Oportunidad tecnológica en nuestras nuevas IGOMCAA

¿Y los sensores qué hacen?

Sensores activos: poseen fuentes internas que generan artificialmente la radiación



Sensores pasivos: detectan la radiación electromagnética emitida o reflejada de fuentes naturales

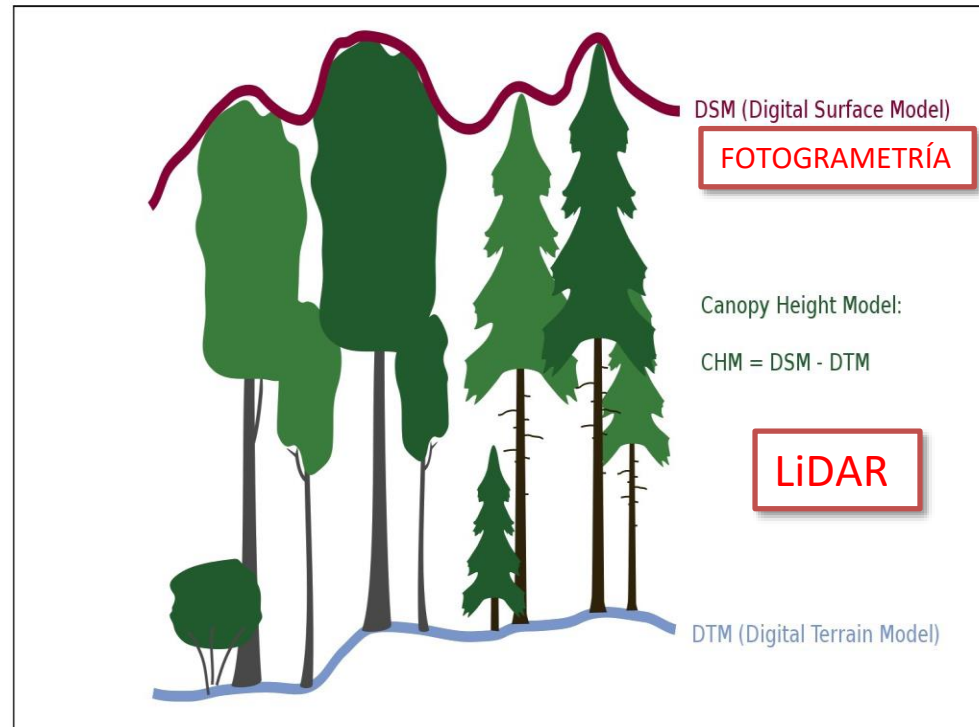


1. Oportunidad tecnológica en nuestras nuevas IGOMCAA

Fotogrametría



Otra opción
cuando el
LiDAR no
Funciona



1. Oportunidad tecnológica en nuestras nuevas IGOMCAA



Se nos olvidan las plataformas...

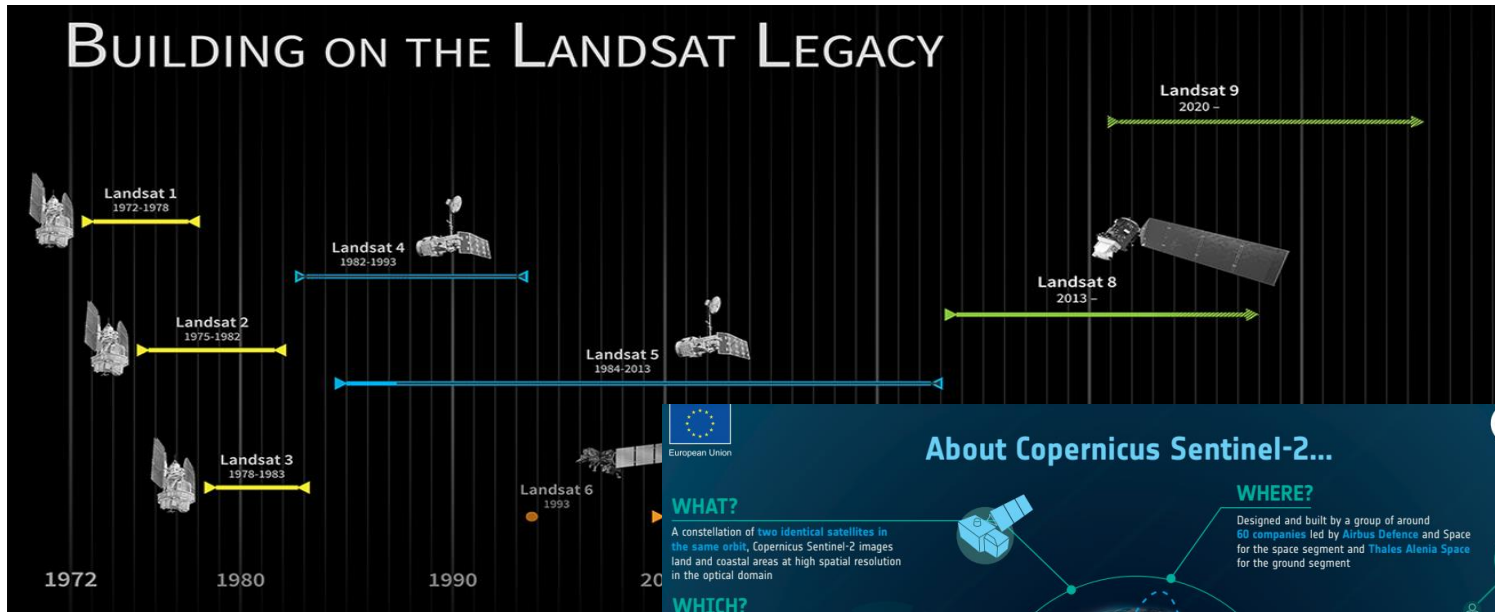


Aerotransportadas

1. Oportunidad tecnológica en nuestras nuevas IGOMCAA



Plataformas



Espaciales

About Copernicus Sentinel-2...

WHAT?
A constellation of two identical satellites in the same orbit, Copernicus Sentinel-2 images land and coastal areas at high spatial resolution in the optical domain

WHERE?
Designed and built by a group of around 60 companies led by Airbus Defence and Space for the space segment and Thales Alenia Space for the ground segment

WHICH?
Main applications include agriculture, land ecosystems monitoring, forests management, inland and coastal water quality monitoring, disasters mapping and civil security

WHEN?
Sentinel-2A was launched on 23 June 2015; Sentinel-2B on 7 March 2017, both on a Vega rocket from Kourou, French Guiana

DATA AND USERS
As of July 2020, about 20 million products have been generated and made available for download, culminating a total of 10 Petabytes

DATA ACCESS
<https://scihub.copernicus.eu>

WHO?
Services include CLMS (Copernicus Land Monitoring Service); CMEMS (Copernicus Marine Environment Monitoring Service); CEMS (Copernicus Emergency Management Service) and Copernicus Security Service; among others

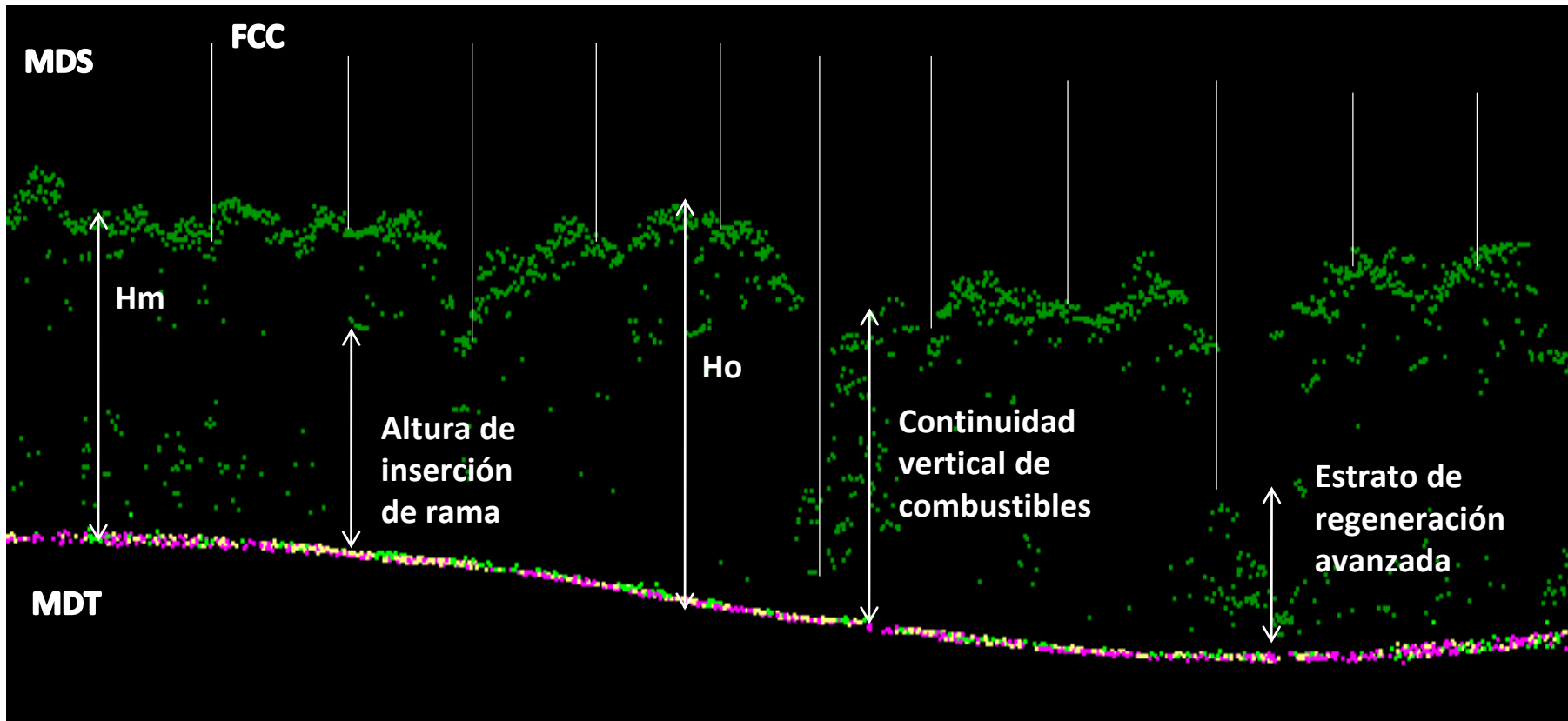
WHATS NEXT?
Continuity over the coming years will be ensured by the launch of additional satellites (Sentinel-2C and Sentinel-2D). Furthermore, a new generation of Sentinel-2 satellites is being prepared, to take up the relay from the first generation

Logos: ESA, European Union, Copernicus

1. Oportunidad tecnológica en nuestras nuevas IGOMCAA

....¿y por qué pensamos directamente en LiDAR?

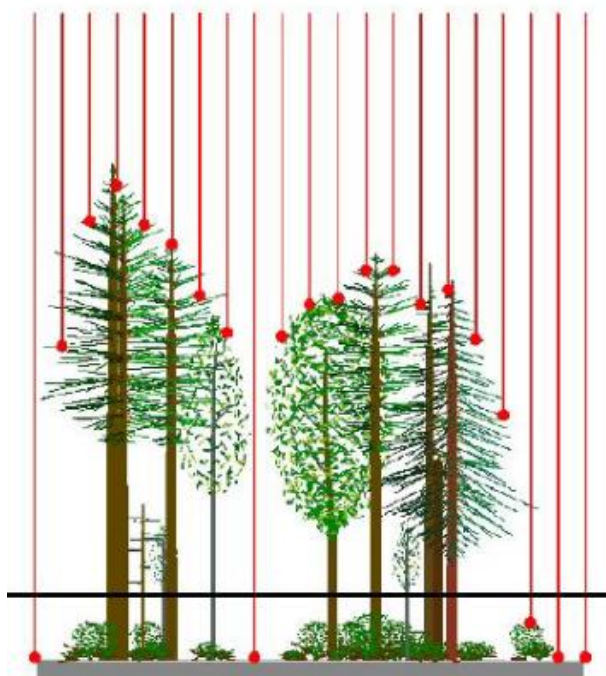
- ✓ Estructura de las masas forestales
- ✓ Información continua en todo el territorio



1. Oportunidad tecnológica en nuestras nuevas IGOMCAA

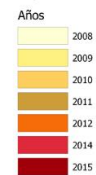
....¿y por qué pensamos directamente en LiDAR?

- **Datos LiDAR del PNOA: Archivos en formato LAS clasificados con una densidad de 1,5 primeros retornos por metro cuadrado en Andalucía**

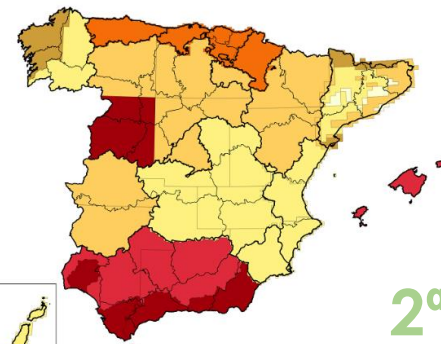


AÑOS DE INICIO DE VUELO

Leyenda



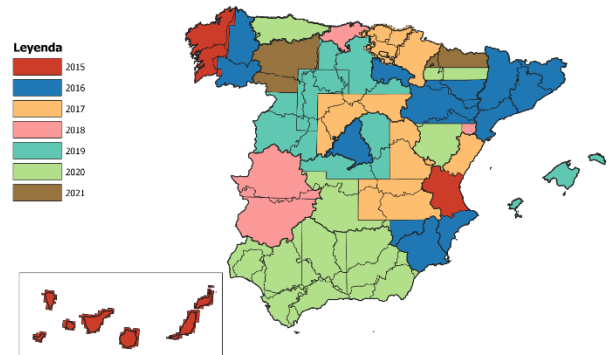
1ª Cobertura



2ª Cobertura

AÑO INICIO VUELO

Leyenda

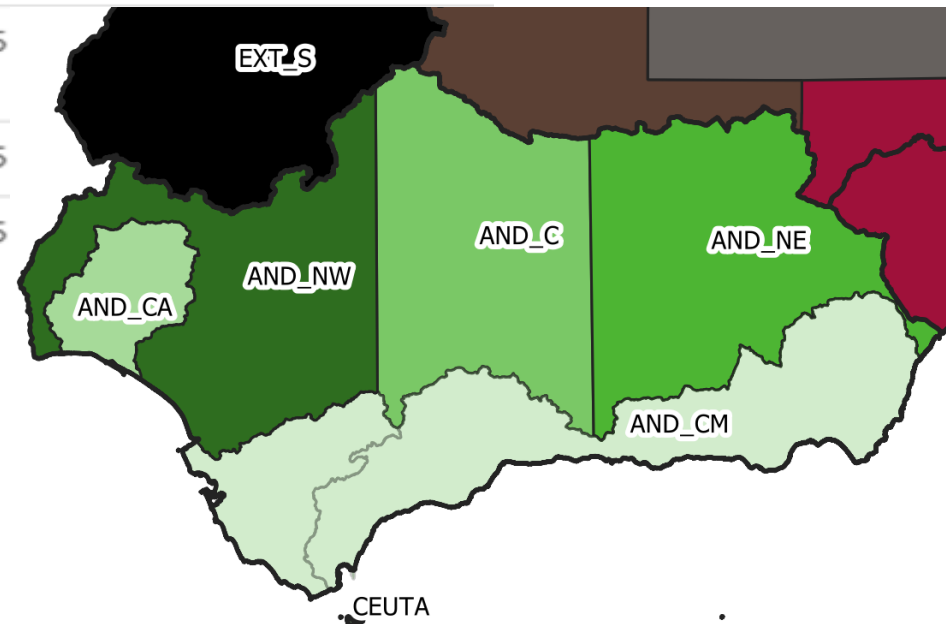


1. Oportunidad tecnológica en nuestras nuevas IGOMCAA



PNOA-LiDAR 2ª Cobertura en Andalucía

ID Lote	Año de tramitación	Fecha inicio vuelo	Fecha fin vuelo	Densidad (p/m2)	RMSE xy (m)	RMSE z (m)
AND CA	2020	jul-20	ago-20	1,5	0,3	0,15
AND CM	2020	jul-20	oct-20	1,5	0,3	0,15
AND NW	2020	ago-20	abr-21	1,5		
AND C	2020	sep-20	oct-20	1,5		
AND NE	2020	oct-20	may-21	1,5		



1. Oportunidad tecnológica en nuestras nuevas IGOMCAA



3ª Cobertura

Algunos datos de la tercera cobertura:

- Para este nuevo ciclo está previsto una mejor densidad para capturar el territorio español a **5 puntos/m²**
- Realización de vuelos de adquisición en un **ciclo de 4 años** (2022-2025).
- **Mejoras en la fase de clasificación** (actualmente se está realizando una prueba piloto con técnicas de Inteligencia Artificial).
- Generación de **MDT a 50 cm.**
- Volar el territorio de una **Comunidad Autónoma en un mismo año** en la medida de lo posible (algo más complejo en las CCAA de mayor superficie).

Un poco de nuevas tecnologías en nuestro sector...

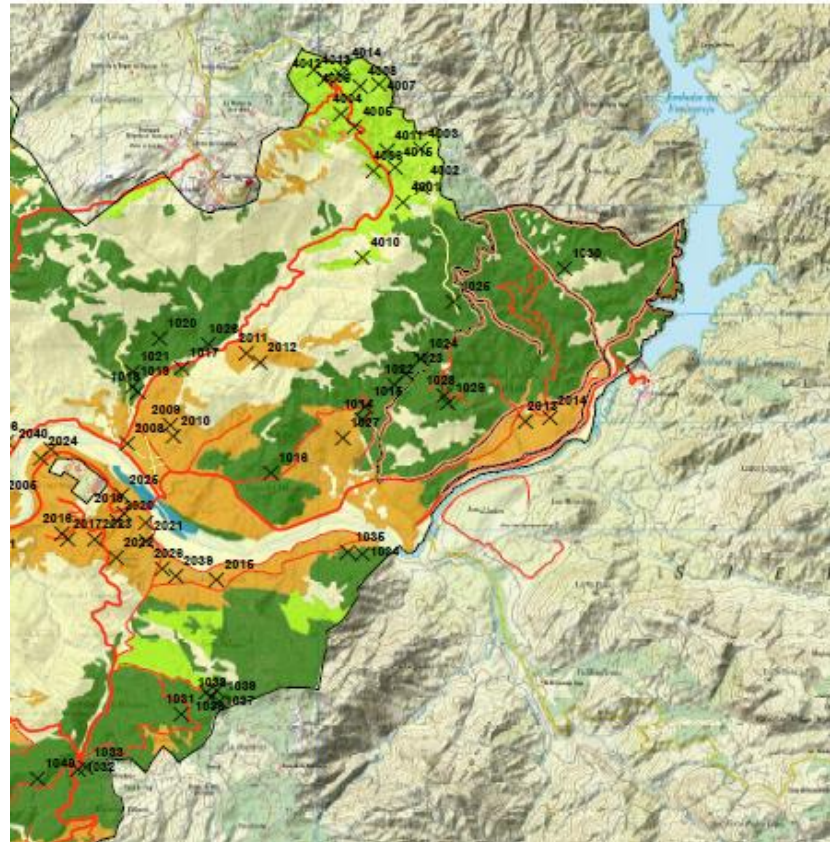
1. Oportunidad tecnológica en nuestras nuevas IGOMCA
2. Necesidad de monitorizar y predecir

Artículo 84. Metodología para el inventario apoyado en tecnologías de teledetección

3. Se requerirá el levantamiento de parcelas de campo para la elaboración de los **modelos locales** [...]. En este tipo de inventarios las parcelas de campo [...] podrán localizarse de **forma dirigida** para garantizar que se **recoja la variabilidad de la población**. En todo caso, se deberá cubrir todo el posible rango de variación de la variable a estimar. Se podrá pedir que los modelos cumplan con determinados límites para los estadísticos de bondad de los mismos para evitar el uso de aquellos sin base biológica

MUESTREO DIRIGIDO: seleccionamos la ubicación de las parcelas

- ✓ Utilizar la información de estructura de la masa generada a partir del LiDAR, para analizar la variabilidad de la misma



Artículo 84. Metodología para el inventario apoyado en tecnologías de teledetección

4. La toma de datos de campo se realizará de forma similar a la descrita para los inventarios por muestreo estadístico, salvo algunas especificaciones derivadas de los requerimientos de precisión en la ubicación geográfica de las parcelas que esta metodología exige (coordenadas reales de la parcela levantada con nivel de error inferior a 1 m) mediante el uso de GPS submétrico bifrecuencia y, en caso de emplear **métodos de árbol**, la posición de cada pie con respecto al centro de la parcela. El diseño del muestreo en campo será acorde al objeto pretendido, de forma que el número de parcelas garantice la solidez del análisis estadístico. Se deberá disponer de un **mínimo de 30 parcelas para la construcción de los modelos** o ecuaciones de pronóstico de variables dendrométricas o dasométricas a partir de la información procedente de sensores.

Para **métodos de masa**, la superficie de cada parcela debería coincidir con el tamaño de la unidad superficial mínima de proyección de los datos del inventario (celda), cuyo tamaño vendrá condicionado por la inclusión en la misma de un número de pulsos suficientes para garantizar que la altura dominante o el percentil 90 o 95 sea realmente significativo.

Artículo 84. Metodología para el inventario apoyado en tecnologías de teledetección

4. La toma de datos de campo se realizará de forma similar a la descrita para los inventarios por muestreo estadístico, salvo algunas especificaciones derivadas de los requerimientos de precisión en la ubicación geográfica de las parcelas que esta metodología exige (coordenadas reales de la parcela levantada con nivel de error inferior a 1 m) mediante el uso de GPS submétrico bifrecuencia y, en caso de emplear **métodos de árbol**, la posición de cada pie con respecto al centro de la parcela. El diseño del muestreo en campo será acorde al objeto pretendido, de forma que el número de parcelas garantice la solidez del análisis estadístico. Se deberá disponer de un **mínimo de 30 parcelas para la construcción de los modelos** o ecuaciones de pronóstico de variables dendrométricas o dasométricas a partir de la información procedente de sensores.

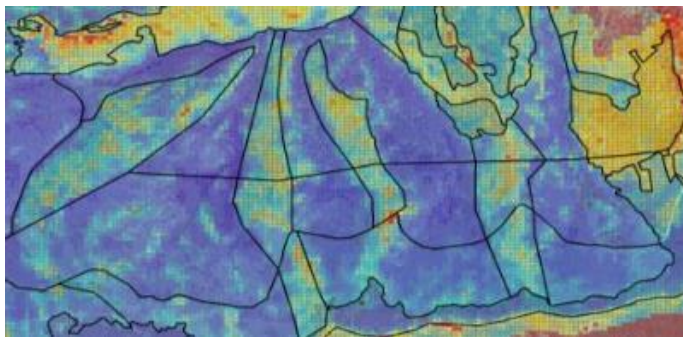
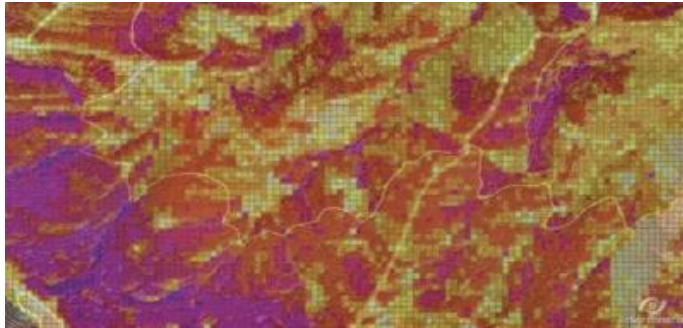
Para **métodos de masa**, la superficie de cada parcela debería coincidir con el tamaño de la unidad superficial mínima de proyección de los datos del inventario (celda), cuyo tamaño vendrá condicionado por la inclusión en la misma de un número de pulsos suficientes para garantizar que la altura dominante o el percentil 90 o 95 sea realmente significativo.

Métodos de masa



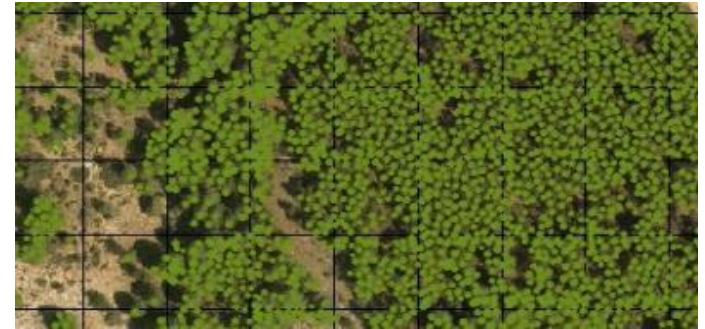
Inventarios Forestales con LiDAR

Métodos de masa



Relacionan la nube de puntos LiDAR con las variables dasométricas de inventario

Métodos de árbol



Necesitan información de la forma y dimensiones de la copa para poder realizar la búsqueda de árboles

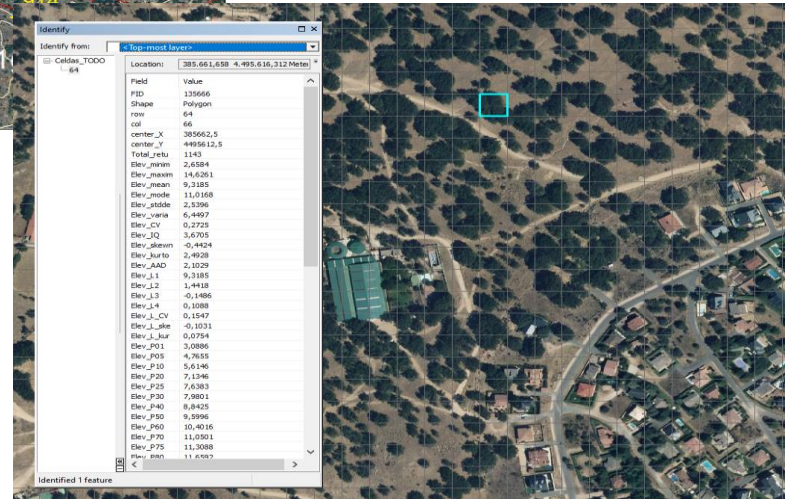
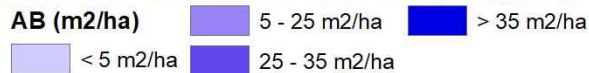
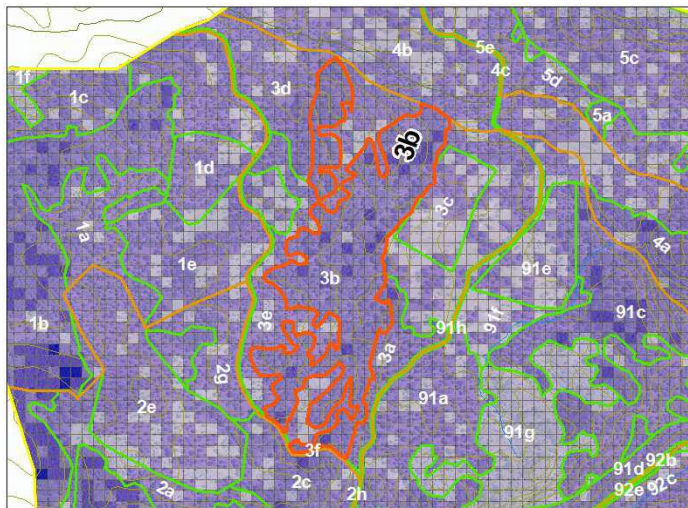
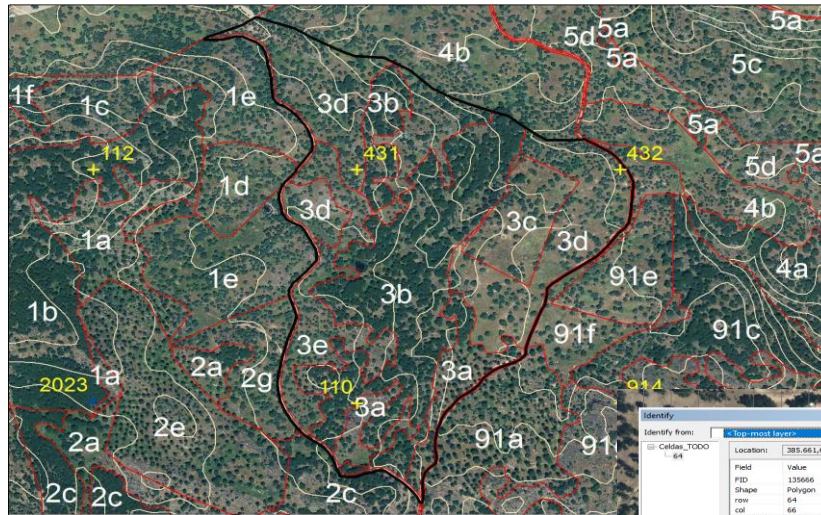
2. Necesidad de monitorizar y predecir

Métodos de árbol



2. Necesidad de monitorizar y predecir

Métodos de masa



....pero y ¿por qué cambiar al inventario mediante teledección?....

- Reducimos errores de estimación en pequeñas superficies (Rodales), con inventario clásico tenemos un 30% de error del Área Basimétrica CUANDO SE COMPLETE EL TURNO PARA EL CUARTEL

2. Necesidad de monitorizar y predecir

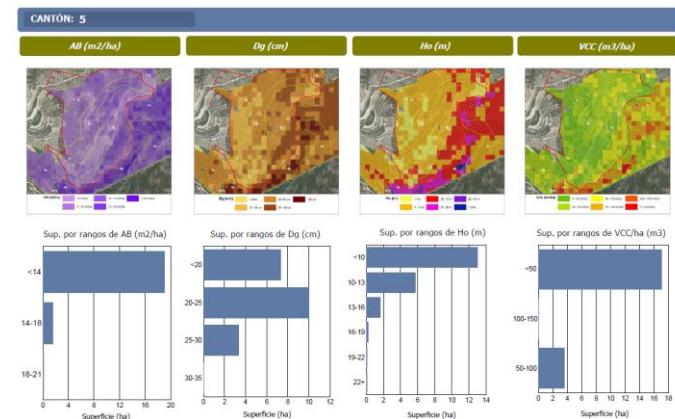
....pero y ¿por qué cambiar al inventario mediante teledección?....

- Reducimos errores de estimación en pequeñas superficies (Rodales), con inventario clásico tenemos un 30% de error del Área Basimétrica CUANDO SE COMPLETE EL TURNO PARA EL CUARTEL

100 – 150 AÑOS ¡iiiiiii ...



- Como consecuencia, nos permite utilizar Método de ordenación por Rodales
- Es el puente entre la planificación y la gestión



....pero y ¿por qué cambiar al inventario mediante teledección?....

- Se concentran los esfuerzos en la planificación y el conocimiento experto de las masas y no en grandes inventarios

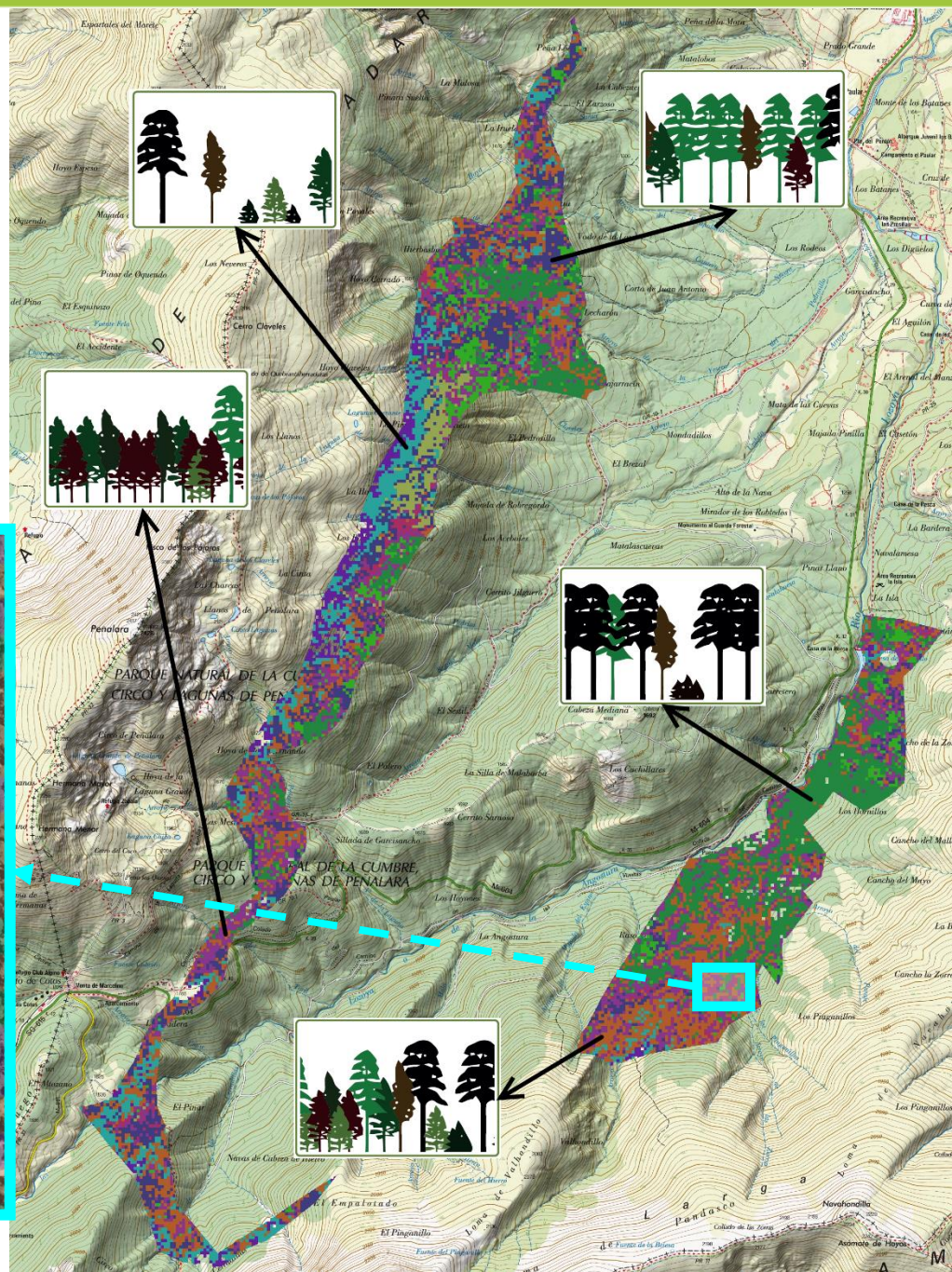


-y además, no se trata sólo de variables clásicas (VCC, AB, N° de pies) sino que nos abre un mundo de posibilidades para la estimación de parámetros menos directos (Corcho, Producción de pastos, en realidad cualquier variable que pueda modelizarse)

Cartografía de tipologías selvícolas o estructurales a partir de datos LiDAR en los M.U.P. 111 y 113 del Parque Nacional de Guadarrama.



- Tipo 1a: Fustal alto de Pinar con espesura completa y distribución generalmente uniforme
- Tipo 1b: Fustal bajo de Pinar con espesura completa y distribución generalmente uniforme
- Tipo 1c: Fustal alto de Pinar espesura completa y regenerado adelantado con distribución uniforme

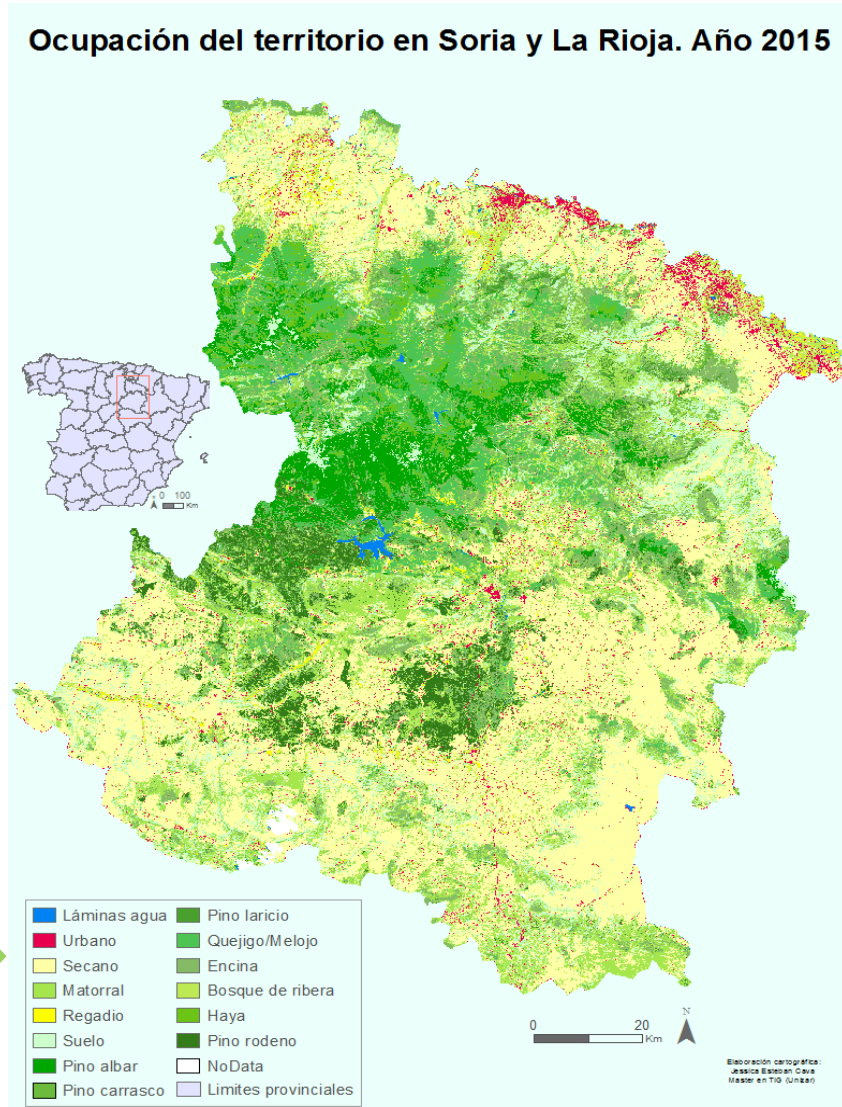


2. Necesidad de monitorizar y predecir

....¿cómo que no sólo variables clásicas?...

Cartografía de detalle de usos del suelo y formaciones forestales a partir de imágenes del sensor OLI del satélite Landsat 8, combinándolas con información derivada del MDE del IGN.

Banda 1	Azul
Banda 2	Verde
Banda 3	Rojo
Banda 4	IRC
Banda 5	SWIR 1
Banda 6	SWIR 2



2. Necesidad de monitorizar y predecir

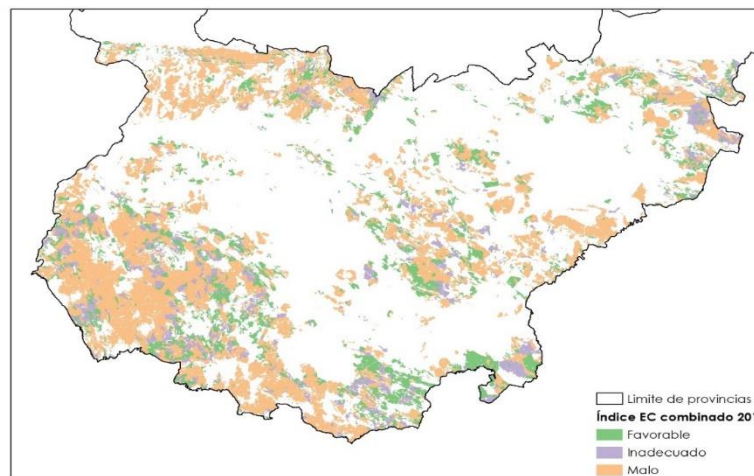
....¿cómo que no sólo variables clásicas?...

Evaluación del estado de conservación de las Dehesas Extremeñas usando LiDAR del PNOA y el IFN IV



JUNTA DE EXTREMADURA

Consejería para la Transición Ecológica y Sostenibilidad



Categoría	Nº de polígonos	Superficie (ha)	Superficie %
2010			
Favorable	5.113	242.873,08	16,72%
Desfavorable-inadecuado	1.186	102.366,27	7,05%
Desfavorable-malo	13.422	1.106.989,18	76,23%
2018			
Favorable	2.540	149.804,78	22,67%
Desfavorable-inadecuado	770	87.125,66	13,18%
Desfavorable-malo	4.475	423.992,19	64,15%

Estimación de la producción de corcho a partir de datos LiDAR

LOBO SÁNCHEZ, A.¹, TOMÉ MORAN, JL¹, NAVARRO FERNÁNDEZ, J¹, SÁNCHEZ PELLICER, T¹ JA¹, CANTÓN MEGÍA, y OLIVAR SÁNCHEZ MOLINERO, J.¹

¹ Agresta S. Coop. C/ Duque de Fernán Núñez, 2. 1º 28012. Madrid

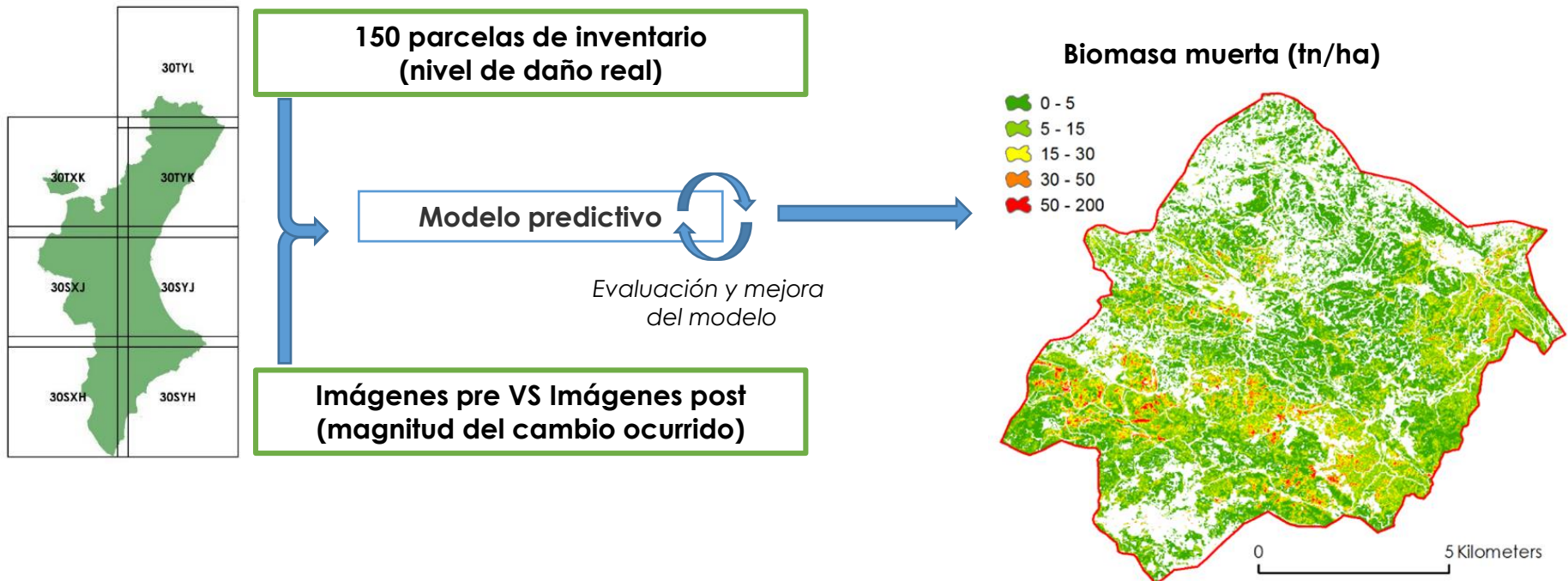


2. Necesidad de monitorizar y predecir

....¿cómo que no sólo variables clásicas?...

Cuantificación de daños

producidos por perturbaciones.
Uso de imágenes de Sentinel-2
para la cuantificación de daños
por las nevadas de 2017



Inventario forestal...¿hablamos de errores?

Artículo 84. Metodología para el inventario apoyado en tecnologías de teledetección

5. Validación estadística de resultados: para analizar la bondad de los resultados obtenidos mediante la aplicación de este tipo de inventarios se puede realizar una **validación cruzada** con las parcelas levantadas para la construcción de los modelos o bien abordar una **validación independiente**.

6. Para la validación independiente se deberán levantar parcelas que sean representativas de la variabilidad de la masa y de superficie similar al tamaño de la celda con el que se ha construido el modelo. Se establece un número mínimo de **5 parcelas de validación** para unidades inventariables inferiores a 500 hectáreas y de **10 parcelas de validación** para unidades inventariables superiores a 500 hectáreas. El criterio de aceptación de los modelos para cada variable de interés en la ordenación (número de pies y otras), será que el error relativo determinado con la muestra de validación, expresado como la raíz del **error cuadrático medio** (RMSE; Root Mean Squared Error), sea inferior al 50%.

Inventario forestal...¿En hablamos de errores?

Error de muestreo vs Rmse



Se obtiene una muestra (parcelas) del total de la población y a partir de la muestra se estiman las variables.

Error de muestreo: error que se produce al observar una muestra extraída de la población completa.

No existe error de muestreo. Se trabaja sobre toda la población (toda la nube de puntos)

Rmse: error que estima las divergencias entre los valores predichos de un modelo y los valores observados (parcelas). No existe muestreo estadístico

las siguientes formulas:

Estrato j

Media de cada estrato

$$\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}}{n_j}$$

Varianza dentro de cada estrato

$$s_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} (x_{ji} - \bar{x}_j)^2}{n_j - 1}$$

Error típico de la media del estrato

$$S_{\bar{y}_j}^2 = \frac{s_j^2}{n_j} \left(1 - \frac{n_j}{N_j} \right)$$

Conjunto muestra estratificada

Media de la muestra estratificada

$$\bar{x}_{str} = \sum_{j=1}^m P_j \bar{x}_j$$

Error típico de la media estratificada

$$S_{\bar{x}_{str}} = \sqrt{\sum_{j=1}^m P_j^2 \frac{s_j^2}{n_j} \left(1 - \frac{n_j}{N_j} \right)} = \sqrt{\sum_{j=1}^m P_j^2 S_{\bar{y}_j}^2}$$

Error absoluto de la media estratificada

$$\mathcal{E} = t \cdot S_{\bar{x}_{str}}$$

Error relativo de la media estratificada

$$\mathcal{E}^{\%} = \frac{\mathcal{E}}{\bar{x}_{str}} \cdot 100$$

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\hat{y}_i - y_i)^2}{n}}$$

Inventario forestal...¿y qué hay de las validaciones?

- Buscamos el modelo que mejor se ajuste a nuestros datos (modelos predictivos frente a los descriptivos que pretenden extraer conclusiones)
 - La **validación independiente** : utilizas un set de datos independientes al utilizado para obtener el modelo.
 - La **validación cruzada**: realizas múltiples particiones de datos, de acuerdo con la proporción designada para cada set, modelizando y validando repetidas veces. De esta forma se obtienen diferentes valores de fiabilidad o bondad del modelo desarrollado, siendo el valor medio acompañado de su desviación estándar un valor aceptado

Un poco de nuevas tecnologías en nuestro sector...

1. Oportunidad tecnológica en nuestras nuevas IGOMCAA
2. Necesidad de monitorizar y predecir
3. Procesados a escala regional

4. Procesados a escala regional



Proceso de datos de inventarios

Artículo 91. Inventarios apoyados en tecnologías de teledetección

Análisis estadístico: construcción de los modelos o algoritmos de cálculo necesarios para el pronóstico de variables dendrométricas/dasométricas a partir de las variables independientes consideradas mediante el análisis estadístico entre las mismas y los valores determinados en parcelas de campo. **Cuando existan para la zona a inventariar modelos validados de aplicación, podrán emplearse siempre de forma justificada, por lo que en estos casos no es necesaria esta fase ni la previa (toma de datos en campo para la construcción de los modelos).** Los modelos serán de aplicación en aquellas celdas que presenten las características para las que se ha construido, no pudiendo utilizarse para las celdas que queden fuera de su rango de aplicación. Se deberán elegir los mejores modelos entre todos los posibles (paramétricos o no paramétricos) para las variables dendrométricas y dasométricas que sean de interés para la ordenación, de acuerdo a los fundamentos de la inferencia estadística, valorando de forma justificada el mejor ajuste en base a la correlación, error cuadrático medio, sesgo y error absoluto medio. Los modelos elegidos deberán cumplir con los requisitos estadísticos específicos en función de su carácter paramétrico o no paramétrico, la homocedasticidad de los errores, la normalidad de los errores, la existencia de observaciones atípicas no justificadas, la prueba del error de especificación de la ecuación de regresión y la ausencia de colinealidad de variables

4. Procesados a escala regional

Inventario forestal:

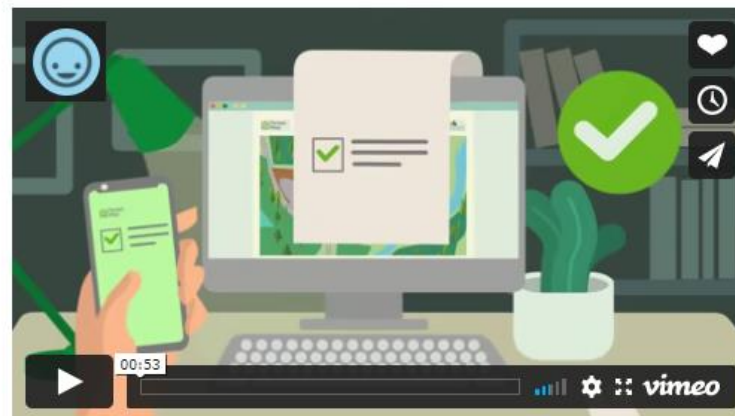
- Los modelos de ajuste se mejorarán conforme se realizan los siguientes inventarios en las revisiones (Modelos en continuo desarrollo)



- Un set de datos regional permite obtener modelos (con una número de parcelas reducido) ...!!!!Lo importante es su distribución !!!!

BIENVENIDO A FORESTMAP

La plataforma de cálculo de inventarios forestales online de Agresta S. Coop.



¿QUÉ TE OFRECE?

SERVICIOS DE INVENTARIO FORESTAL ONLINE



Obtén informes de inventario forestal detallados.



Descubre cuanta madera hay en una parcela forestal.



Ahorra tiempo y dinero de trabajo en campo.



Haz el pedido de una zona en segundos.

4. Procesados a escala regional



- Pedidos
- Pedidos
- Resumen de pedidos
- + Nuevo pedido
- tu cuenta
- Perfil

Datos de rodal por pedido

[« Volver a datos globales de mis pedidos](#)

Pedido Rodal ? Área del rodal **1,93 Hectáreas (ha)**

Inventario forestal ?

-  Especie principal
Abeto de Douglas
-  Volumen de madera estimado
1.185,72 m³
-  Diámetro cuadrático medio
36,68 cm
-  Altura dominante
32,49 m

[Ver inventario del rodal](#)

Combustible forestal ?

-  Modelo de combustible principal
Modelo de combustible 5
-  Descripción del modelo de combustible principal
<30% matorral y >50% arbolado (>4 m)
-  Riesgo de afeción de copa
bajo
-  Riesgo de propagación del fuego
alto

[Ver combustible del rodal](#)

Gestión forestal ?

-  Tipo de corta prevista
Corta final
-  Volumen de corta estimado por hectarea
614,79 m³/ha
-  Prioridad
Alta (próximos 2 años)
-  Operaciones de corta
Intervención difícilmente mecanizable

[Ver gestión del rodal](#)

Flujos de carbono ?

-  Pérdidas
Sin pérdidas de carbono reciente
-  Existencias de carbono aéreo
1.507,76 Tn
-  Crecimiento anual de carbono aéreo
81,35 Tn/año

[Ver flujos del rodal](#)

4. Procesados a escala regional



Grupo Operativo Forest LiDARioja

FOREST LIDARIOJA



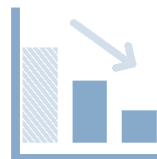
Retos clave planteados



Cartografía de modelos de combustible

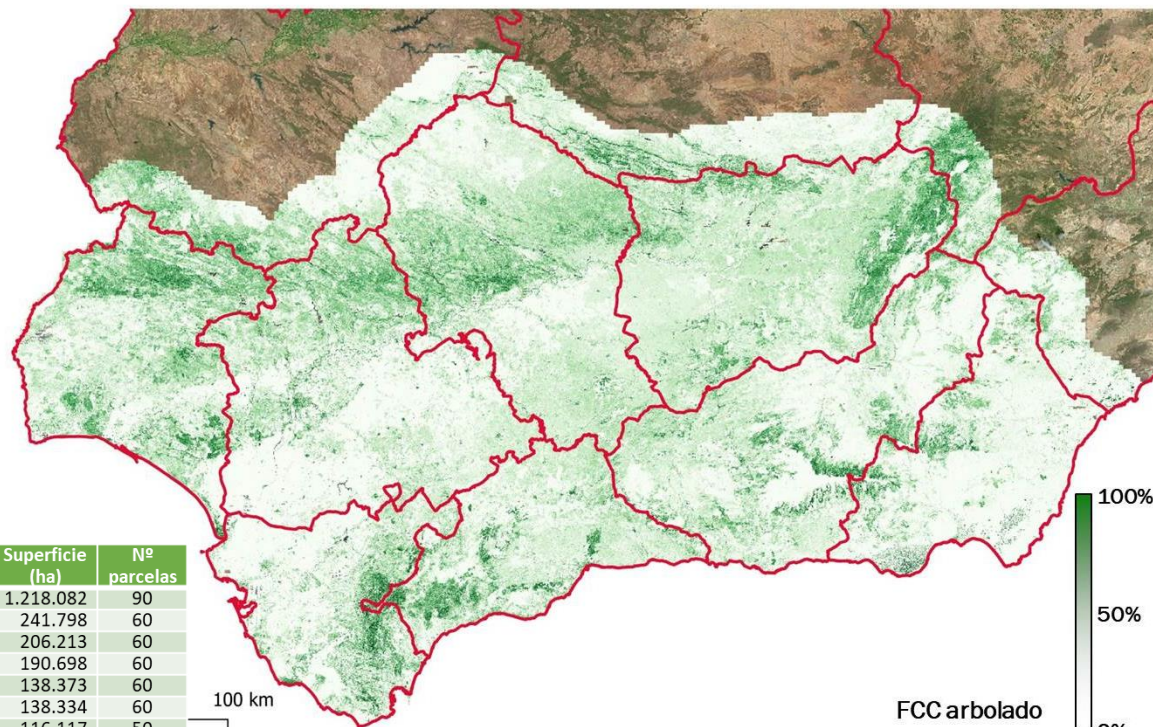
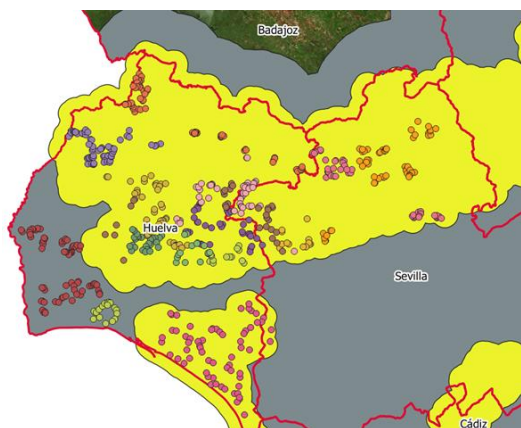


Inventario de existencias de las principales especies forestales



Estudio de la evolución de las choperas y el potencial de abastecimiento

Caracterización y modelización de combustibles forestales en Andalucía: generación de cartografías de alta resolución e integración en la plataforma SIPNA en el marco del proyecto CILIFO



Orden	Formación arbolada seleccionada	Superficie (ha)	Nº parcelas
1	Quercus ilex (incluyendo masas adeshadas)	1.218.082	90
2	Pinus halepensis	241.798	60
3	Pinus pinea	206.213	60
4	Quercus suber	190.698	60
5	Eucalyptus sp	138.373	60
6	Olea europaea var. sylvestris (pura o mixto)	138.334	60
7	Pinus pinaster	116.117	50
8	Pinus nigra	61.436	50
9	Q. ilex + P. halepensis	47.254	50
10	Pinus sylvestris	28.766	40
11	P. pinaster con Q. ilex o Q. suber	27.535	40
12	Q. faginea/Q. pyrenaica pura o con Q. ilex/Q. suber (S. Morena)	18.934	40
13	P. pinea + Q. ilex o Q. suber	19.370	30
14	Masas de Quercus mixtas (PN Alcornocales)	17.460	30
15	Eucalyptus + Pinus sp	10.510	30
	TOTAL	2.480.268	750

Conclusiones

1. La teledetección se abre paso en Andalucía para obtener unos datos más ajustados a la realidad a menor escala
2. Requiere de un menor esfuerzo de inventario en grandes superficies
3. Permite la estimación de muchas variables siempre que se puedan modelizar y que tengan sentido biológico
4. Las nuevas tecnologías nos aseguran un flujo continuo de datos para ir pasando de inventario discretos a continuos en el tiempo y el espacio



¡ Muchas gracias
por su atención !

Información de
contacto:

Natalia Bernal
José Luís Tomé



nbernal@agresta.org

jltome@agresta.org



www.agresta.org