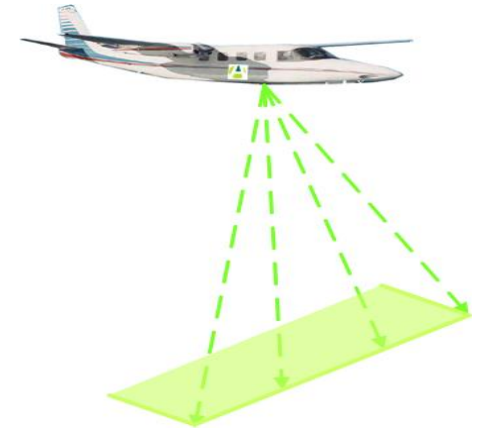


# Técnicas de teledetección para el inventario forestal y sus aplicaciones a masas arbustivas



---

Pablo Sabín Galán  
Jessica Esteban Cava

Soria, 27 de abril 2017

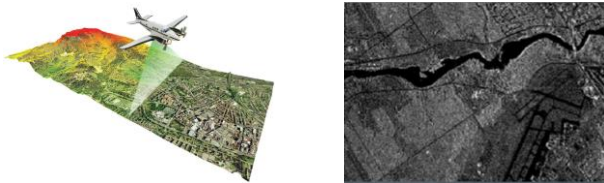
- Técnicas de inventario mediante tecnología LiDAR
- Uso de sensores satelitales para cartografía e inventario



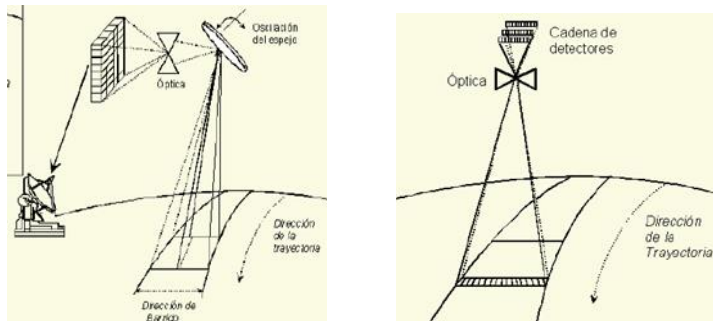
- Técnica que permite obtener información sobre un objeto, área o fenómeno a través del análisis de los datos adquiridos por un instrumento que no está en contacto con el objeto, área o fenómeno bajo investigación (Chuvieco, 2010).

## ➤ Tipos de sensores

- **Activos:** emiten su propio haz de energía y reciben el retorno de esta modificada (No dependen de la luz solar). LiDAR y RADAR

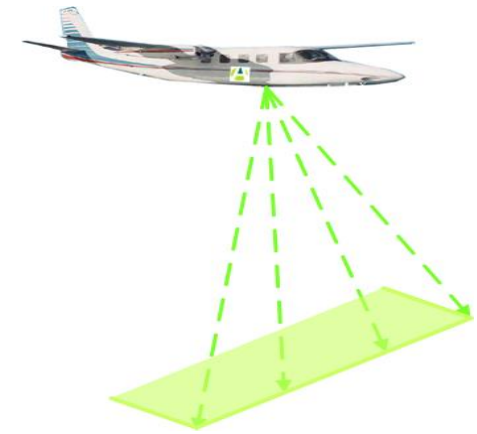
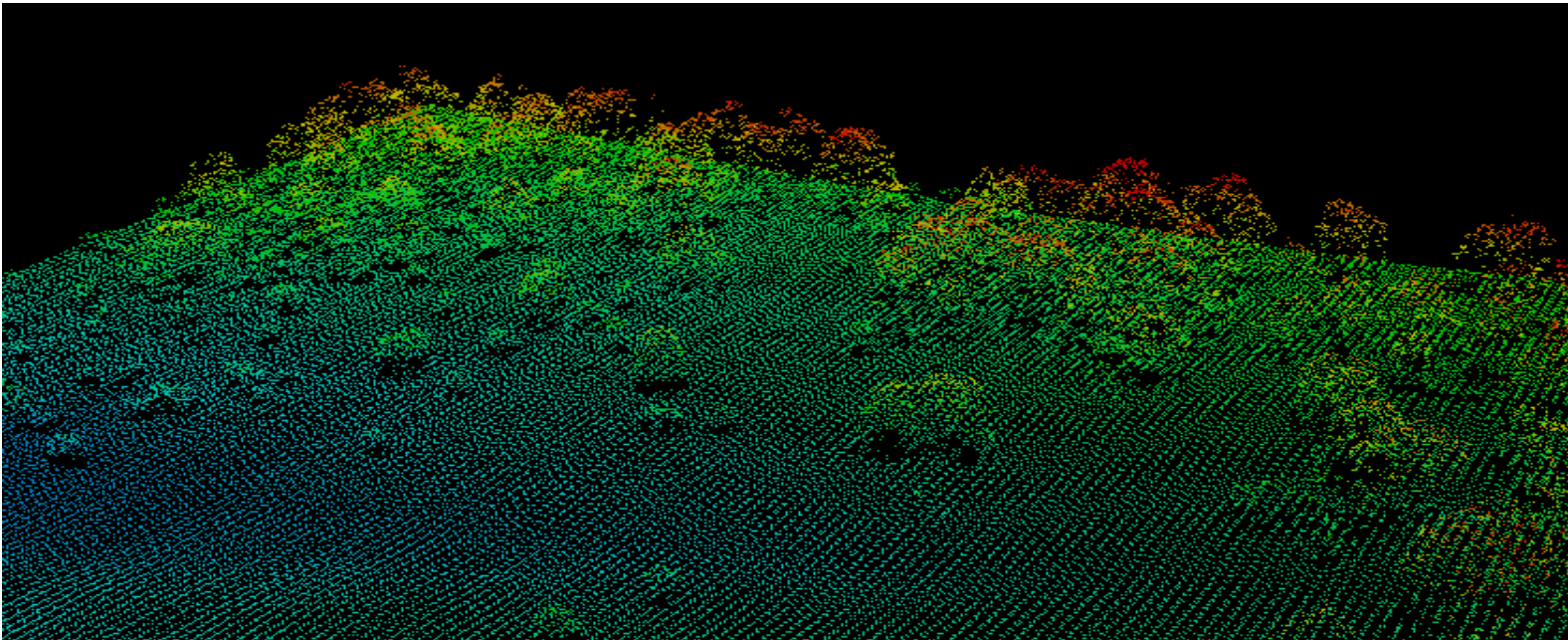


- **Pasivos:** reciben la energía del sol reflejada por la superficie de la cubierta terrestre o la emitida por la propia cubierta.



# INTRODUCCIÓN TECNOLOGÍA LIDAR

- El LiDAR (Light Detection And Ranging) es un **sistema activo** de detección remota basado en un **escáner laser**.
- Permite obtener información tridimensional del terreno (suelo y vegetación).



# INTRODUCCIÓN TECNOLOGÍA LIDAR

## Equipo LiDAR:

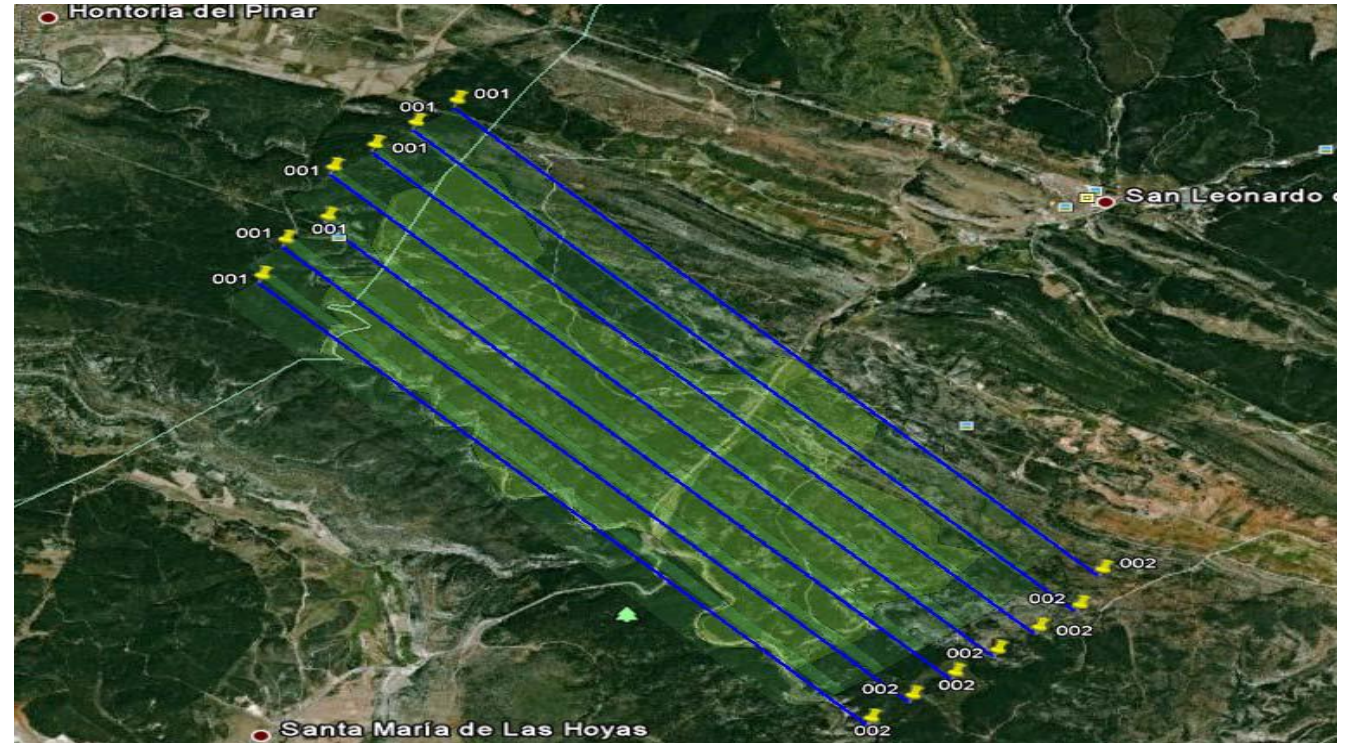
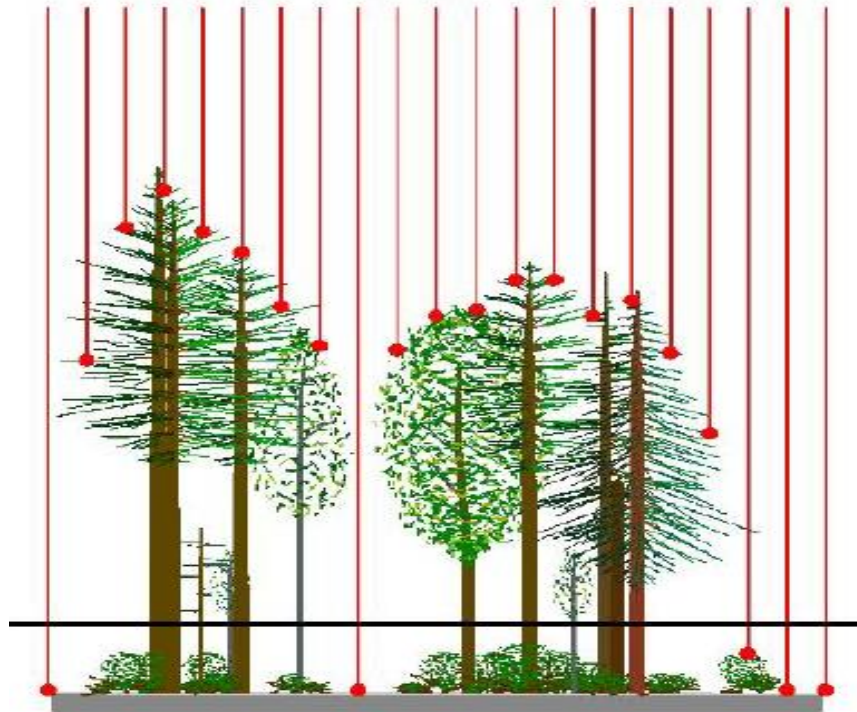
- Sensor laser
- Receptor GPS
- Sistema Inercial de Navegación (INS)
- Ordenador



$$R = c * t / 2$$



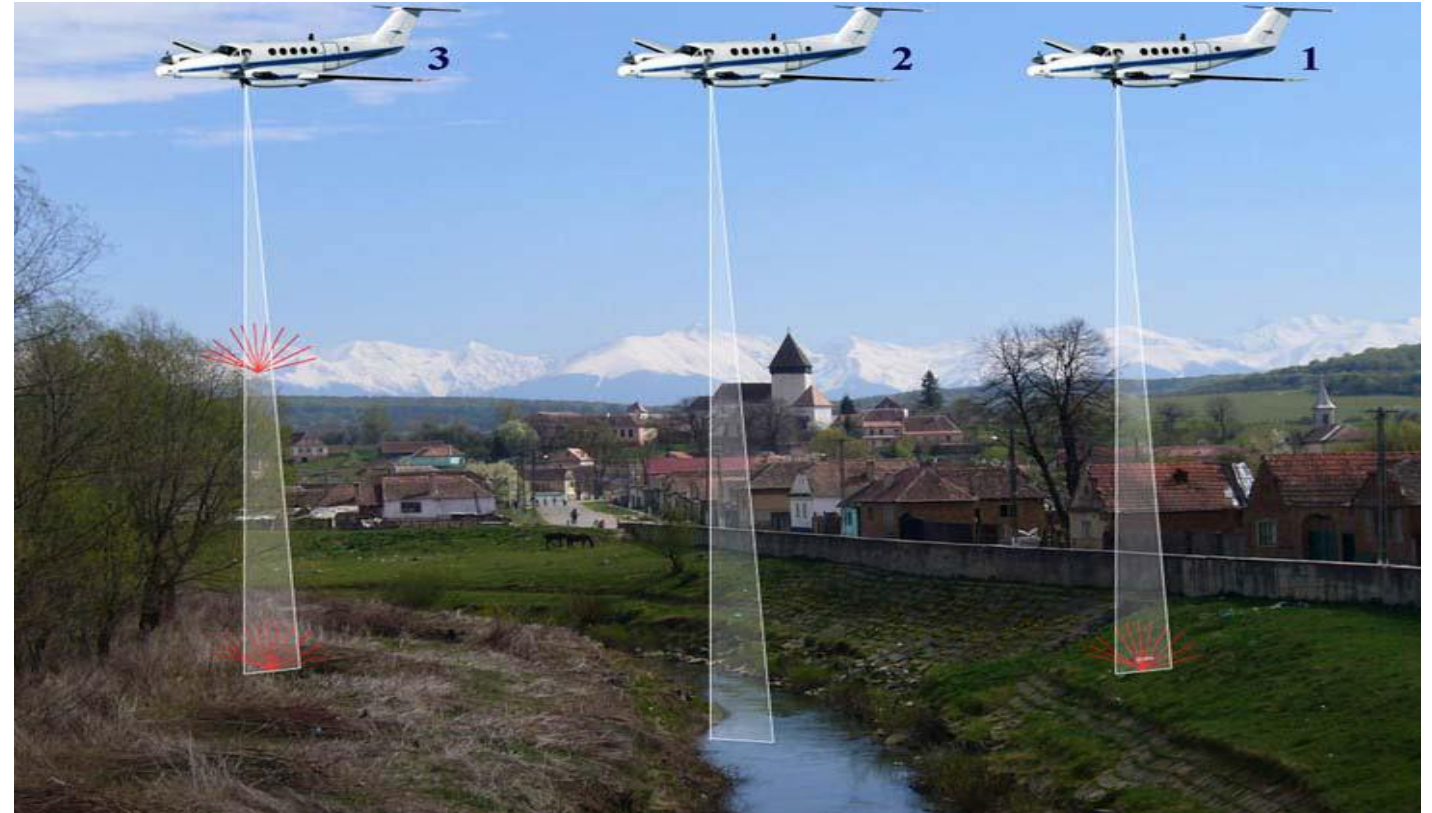
# INTRODUCCIÓN TECNOLOGÍA LIDAR



- **Sensor Laser:** fuente laser, detector laser, mecanismo de escaneo, sistema de cronometraje y ordenador; **Pulsos discretos;** Banda del **infrarrojo cercano (1064 nm);** Frecuencia de 150.000 Hz.; Campo de visión (FOV) variable; **GPS** en tiempo real; **densidad de puntos** en función de la configuración del sensor y del diseño del vuelo (de menos de 1 pto/m<sup>2</sup> has más de 20); Ordenador con **software de captura.**



- En superficies sólidas se produce un único retorno.
- En el agua no se produce retorno del pulso.
- En las cubiertas vegetales se obtienen más de un retorno.



Fuente: [www.dielmo.com](http://www.dielmo.com)





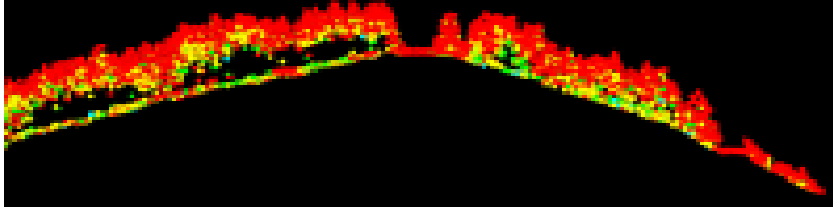
Vegetación



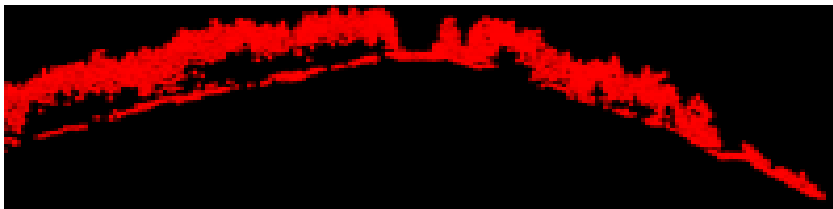
Varios retornos por pulso



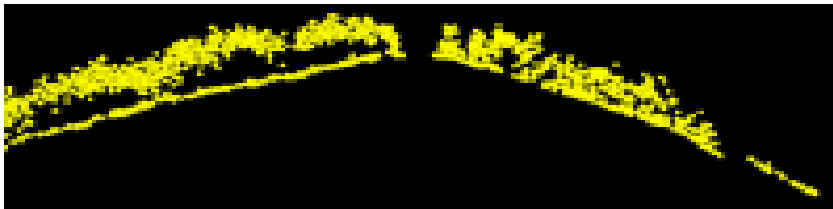
# INTRODUCCIÓN TECNOLOGÍA LIDAR



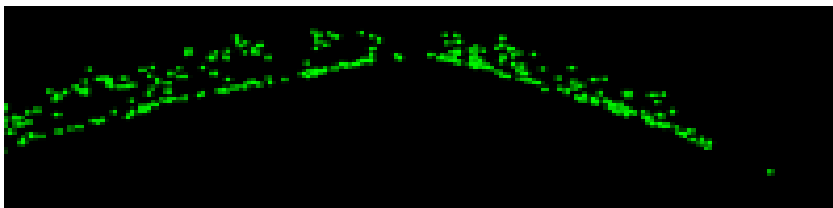
Todos los retornos



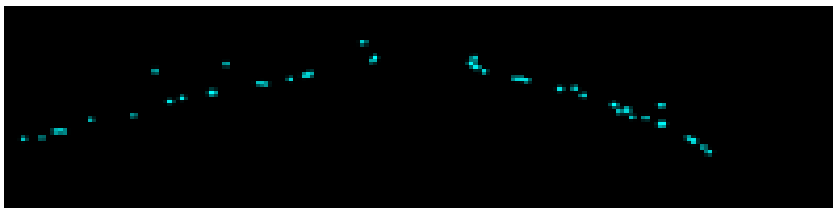
1os retornos



2os retornos



3os retornos

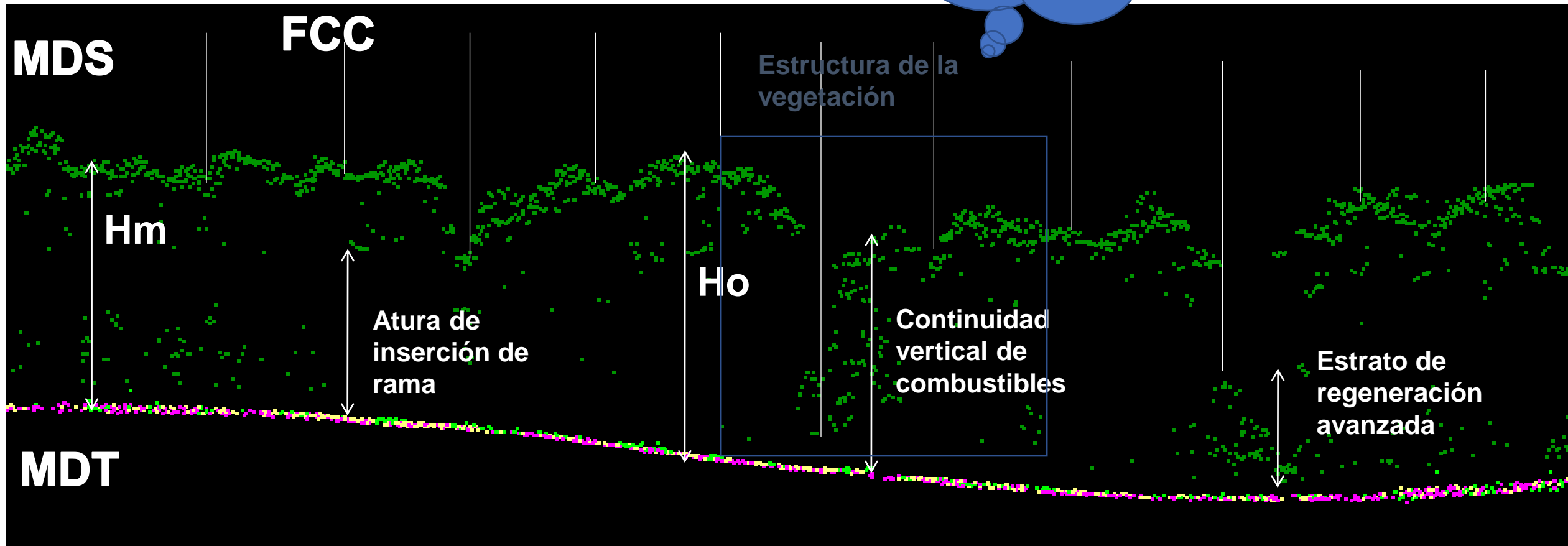


4os retornos



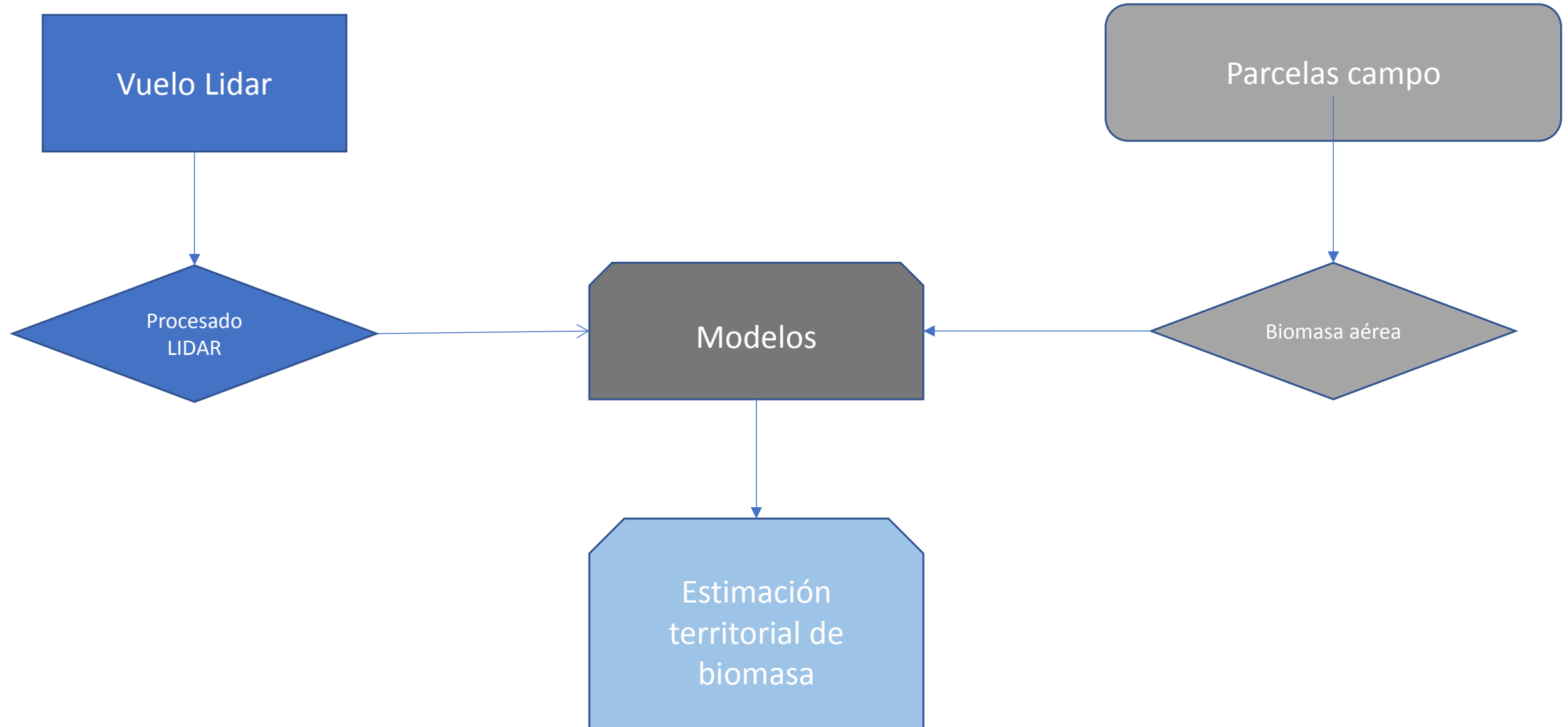
# INTRODUCCIÓN TECNOLOGÍA LIDAR

Modelo de combustible,  
continuidad del combustible,  
gestión de especies  
protegidas,....



1. Obtención datos Lidar para el área de estudio.
2. Reclasificación nube puntos (suelo / matorral)
3. Cálculo estadísticos de vegetación
4. Análisis de variabilidad de la estructura de la vegetación
5. Diseño y trabajo de inventario de campo
6. Ajuste de modelos de regresión
7. Aplicación de los modelos





# 1. Datos LiDAR disponibles

## Plan Nacional Ortofotografía Aérea (PNOA)



# 1. Datos LiDAR disponibles

---

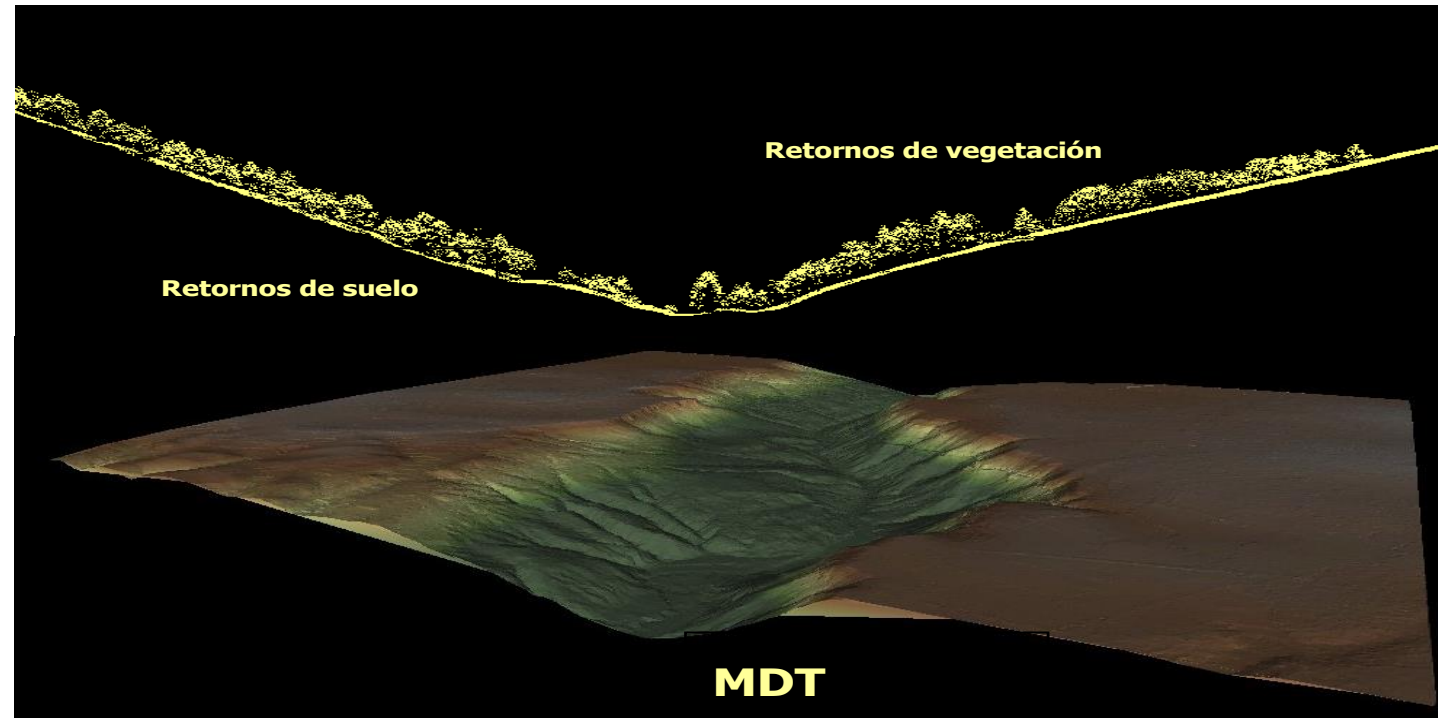
Características vuelo PNOA: Archivo en formato LAS, distribución en Hojas de 2x2 Km, Densidad Media Teórica: 0,5 puntos/m<sup>2</sup>, Alturas: elipsoidales, Sistema de Referencia Geodésico ETRS89, Proyección UTM Huso 30

	Densidad Nominal (p/m <sup>2</sup> )	Distancia nominal entre puntos (m)	Precisión altimétrica de la nube de puntos
<b>LiDAR</b>	0,5	1,4	RMSE z ≤ 0,20 m



## 2. Clasificación nube puntos LiDAR

Generación de modelos digitales de elevaciones (MDE)



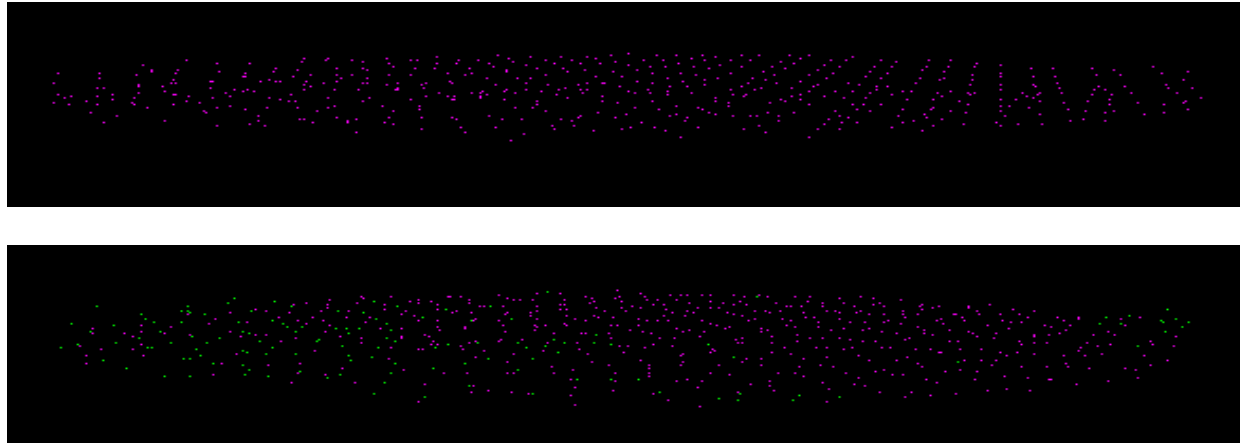
Normalización de los retornos láser clasificados como vegetación



## 2. Clasificación nube puntos LiDAR

Se trabajó con distintos procesados de la nube de puntos LiDAR.

### Reclasificación



*Arriba captura de datos LiDAR sin reclasificar, abajo captura de datos LiDAR reclasificados, en los puntos verdes se aprecia como "aparece vegetación"*



*Configuración seleccionada*

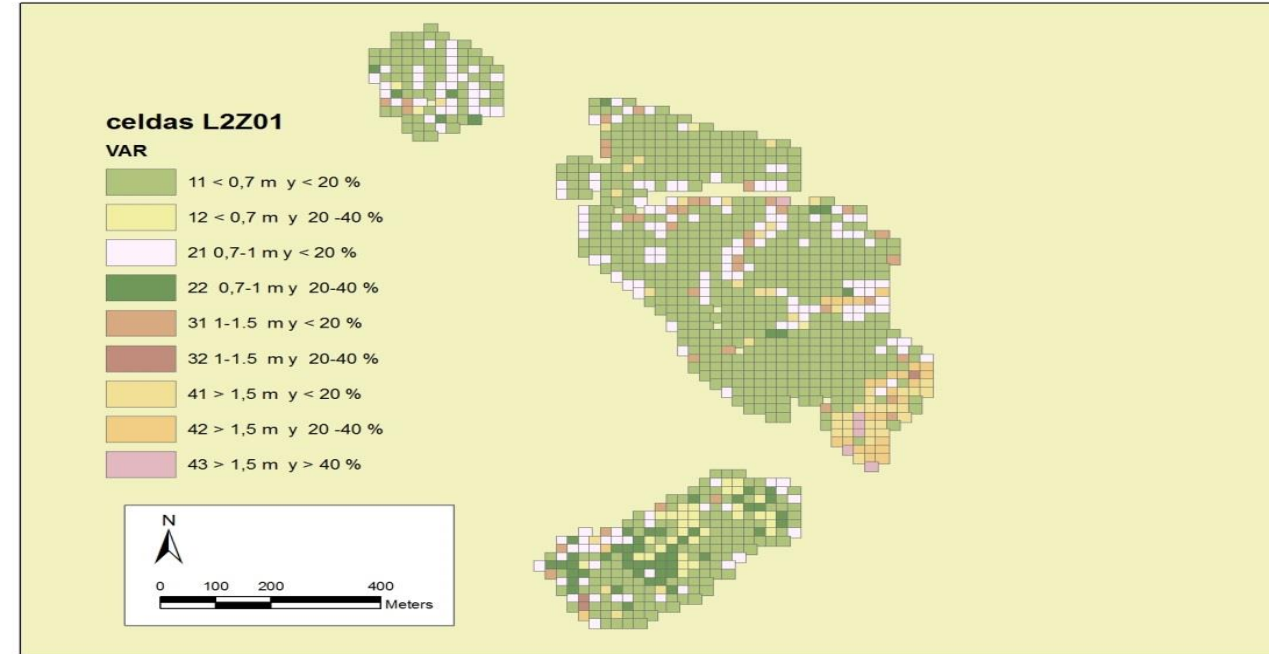


### 3. Cálculo estadísticos de vegetación

#### Cálculo de estadísticos de estructura de la vegetación

Se calculan en celdas cuadradas las variables que caracterizan dicha celda a partir de los retornos lidar.

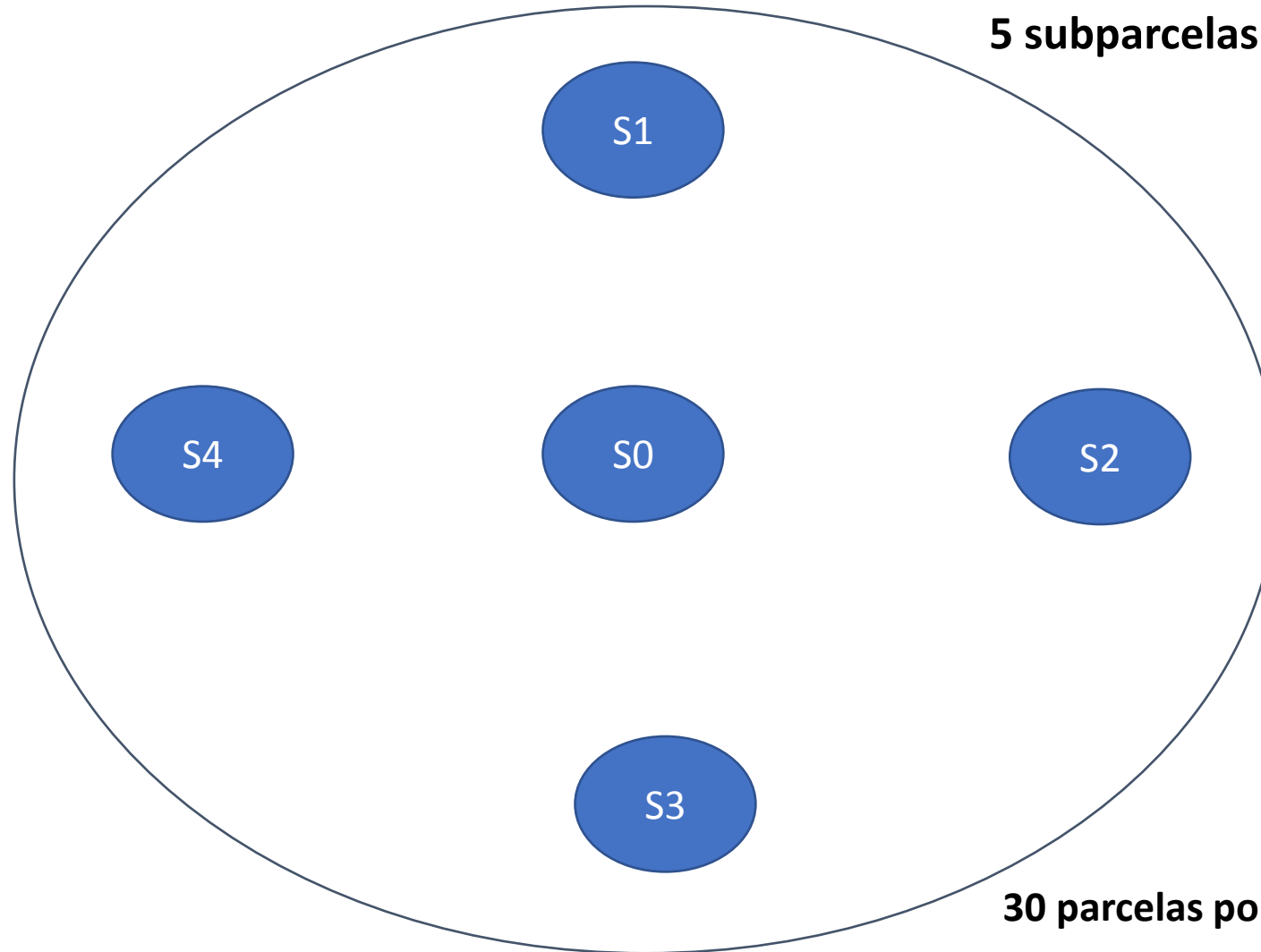
Se eliminaron los retornos por encima de la altura máxima del matorral.



# 5. Inventario de campo

Parcela de 11,3 m de radio

5 subparcelas de 2 m de radio



30 parcelas por tipo de vegetación



# 5. Inventario de campo

Calibración de modelo con parcelas del monte.

Precisiones submétricas de levantamiento GPS de parcelas de campo

**Base Trimble 5700**



**Móvil Trimble R6**



**Trimble Geoexplorer GEO7X**

- GPS bifrecuencia con capacidad GNSS y precisión de 10 cm en postproceso
- Equipo de Mapping: carga cartografía



**Leica Zeno 10**

- Agresta cuenta con 1 unidades, estos equipos permiten el replanteo de parcelas y la toma de datos sobre un SIG en el mismo terminal. Son GPS con precisión submétrica,

## Flujo de trabajo

Con el GPS Topográfico En función de la disponibilidad de cobertura móvil:



# 5. Inventario de campo



**Biomasa aérea. Datos de campo: Biomasa (corte y pesado)**



# 6. Ajuste de modelos de regresión

Se realizan modelos de ajuste y se caracterizan

## Resumen de modelos seleccionados

Modelo	R <sup>2</sup>	RMSE (t)
$B1=0.0077*(LFCC*((Elev.P90-Elev.P40)/(Elev.P90-Elev.mean)))^{1.873}*(LFCC*(Elev.P95-Elev.P60))^{-0.527}*Elev.P05^{-2.2668}$	0.89	3.64
$B2=15.824+(0.508*LFCC)-(0.645*(Percentage.first.returns.above.mean*(Elev.P40-Elev.P10)))-34.943*Elev.P05$	0,81	2.96

### Bondad de ajuste

B1 (potencial)	Absoluto	Relativos
Sesgo	-0.27	-1.68%
eam	2.41	15.15%
rmse	3.64	22.89%
R <sup>2</sup>	0.89	-

B2 (lineal)	Absoluto	Relativos
Sesgo	-0.00004	-0.0003%
eam	2.09	13.16%
rmse	2.96	18.58%
R <sup>2</sup>	0.81	-

### Validación cruzada

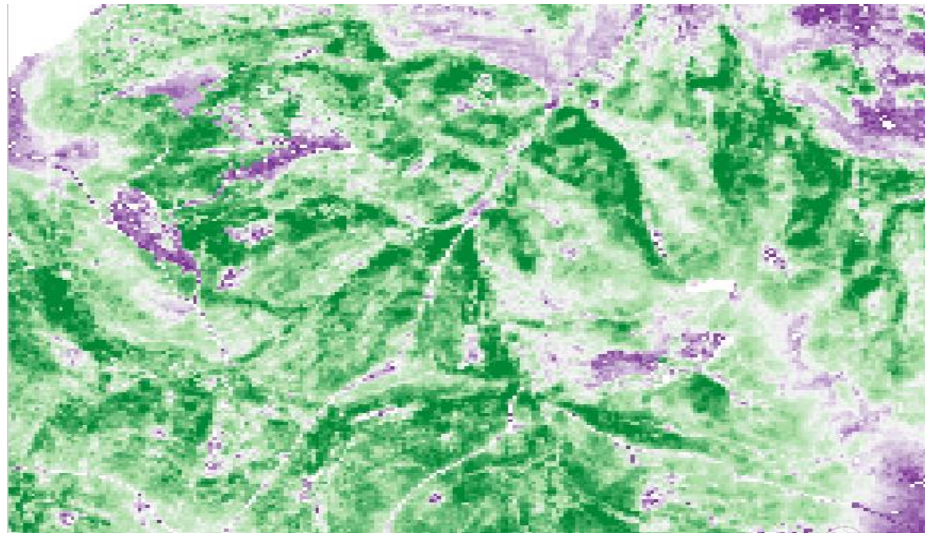
B1 (potencial)	Modelo	Relativos
Sesgo	-0.018	-0.69%
eam	0.206	7.89%
rmse	0.300	11.46%
R <sup>2</sup>	0.81	-

B2 (lineal)	Modelo	Relativos
Sesgo	-0.012	-0.08%
eam	2.424	15.24%
rmse	3.394	21.35%
R <sup>2</sup>	0.75	-

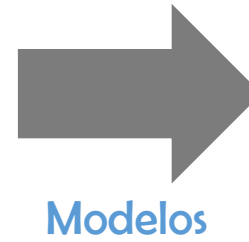


# 8. Estimación de biomasa

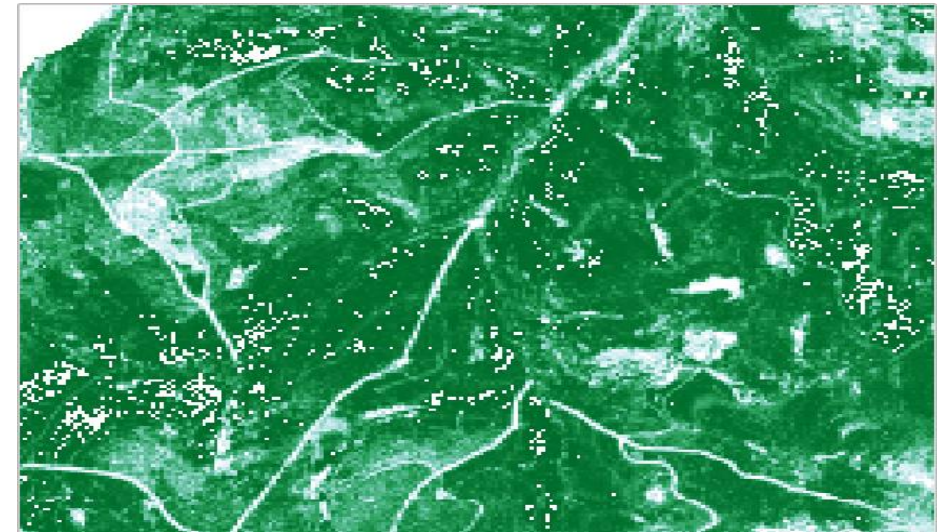
Procesado del LiDAR en áreas potenciales de producción de biomasa de matorral



Estadísticos lidar



Modelos

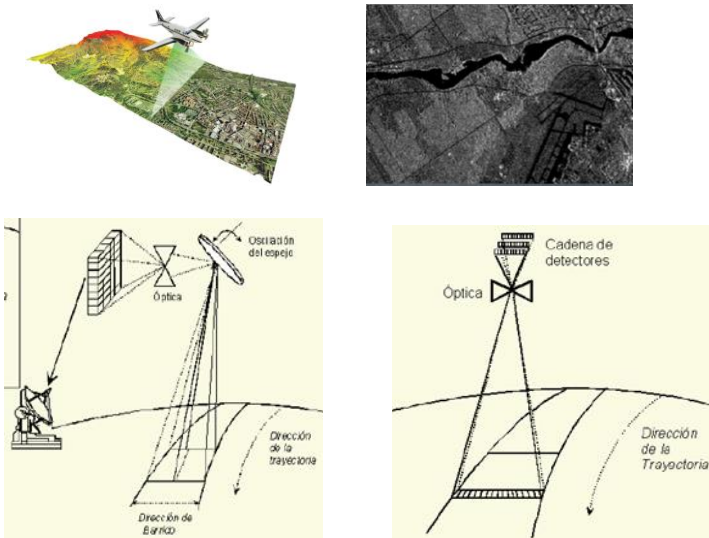


Biomasa

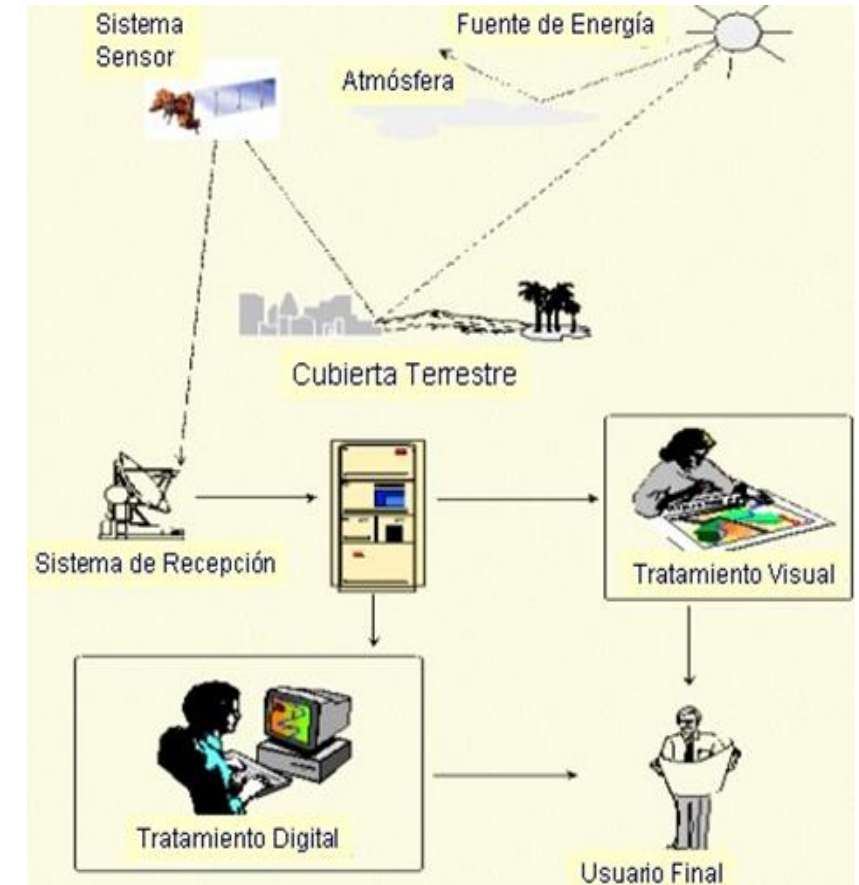


## ➤ Tipos de sensores

- **Activos:** emiten su propio haz de energía y reciben el retorno de esta modificada (No dependen de la luz solar). LiDAR y RADAR
- **Pasivos:** reciben la energía del sol reflejada por la superficie de la cubierta terrestre o la emitida por la propia cubierta.



## Componentes sistema de teledetección pasivo



# Conceptos básicos

➤ **Resolución temporal:** frecuencia/periodicidad con la que el sensor adquiere imágenes de la misma porción de la superficie terrestre.

Programa Landsat → 16-31 días

Programa Sentinel → 10 días

Meteosat → 15-30 min



➤ **Resolución espacial:** medida de la más pequeña separación angular o lineal entre dos objetos que pueden ser distinguidos por el sensor. Es el objeto más pequeño que puede ser distinguido sobre una imagen.

➤ **Resolución radiométrica:**

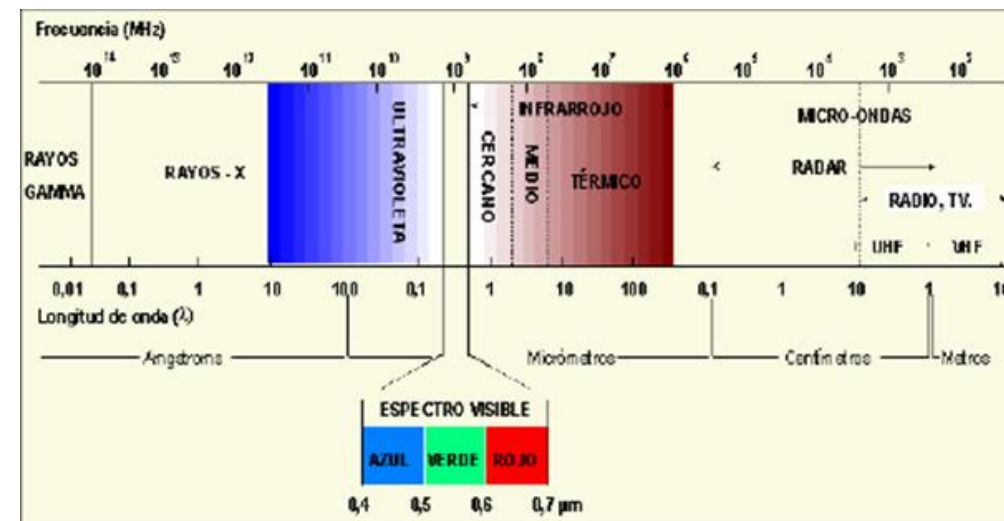
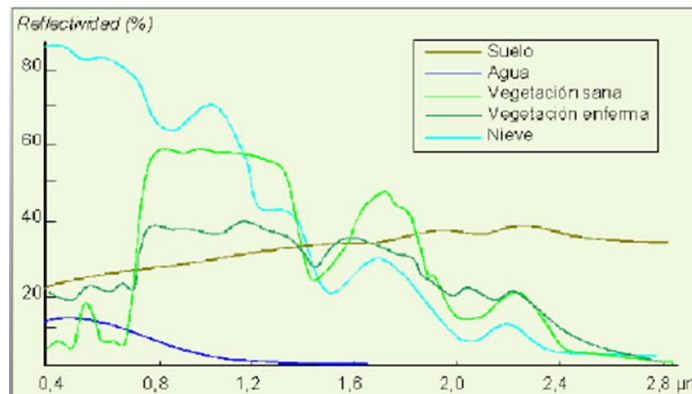
Capacidad del sensor de detectar variaciones en la señal que recibe. Se expresa en número de valores de codificación (bits)



Tamaño píxel: 30 metros



➤ **Resolución espectral:** número y anchura de las bandas espectrales que puede discriminar el sensor.



# Composiciones de color

- **Composición de color real:** Las bandas espectrales RVA (rojo, verde y azul) se combinan aplicando a cada una de ellas los tres colores primarios que les corresponde.



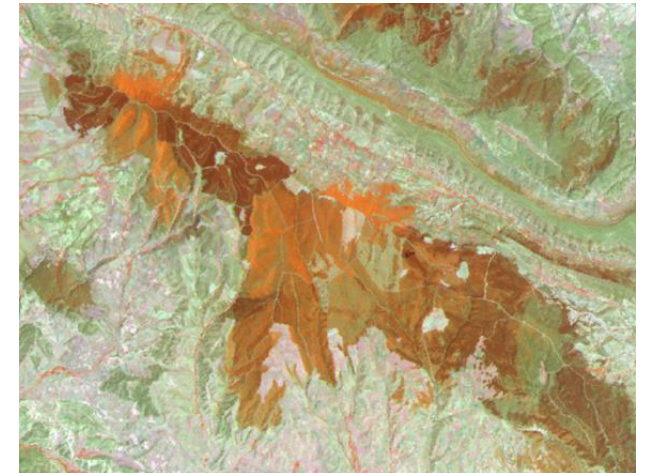
- **Falso color:** se altera la asignación normal → no se ajustan a lo que aprecian nuestros ojos.



SWIR/IRC/ROJO



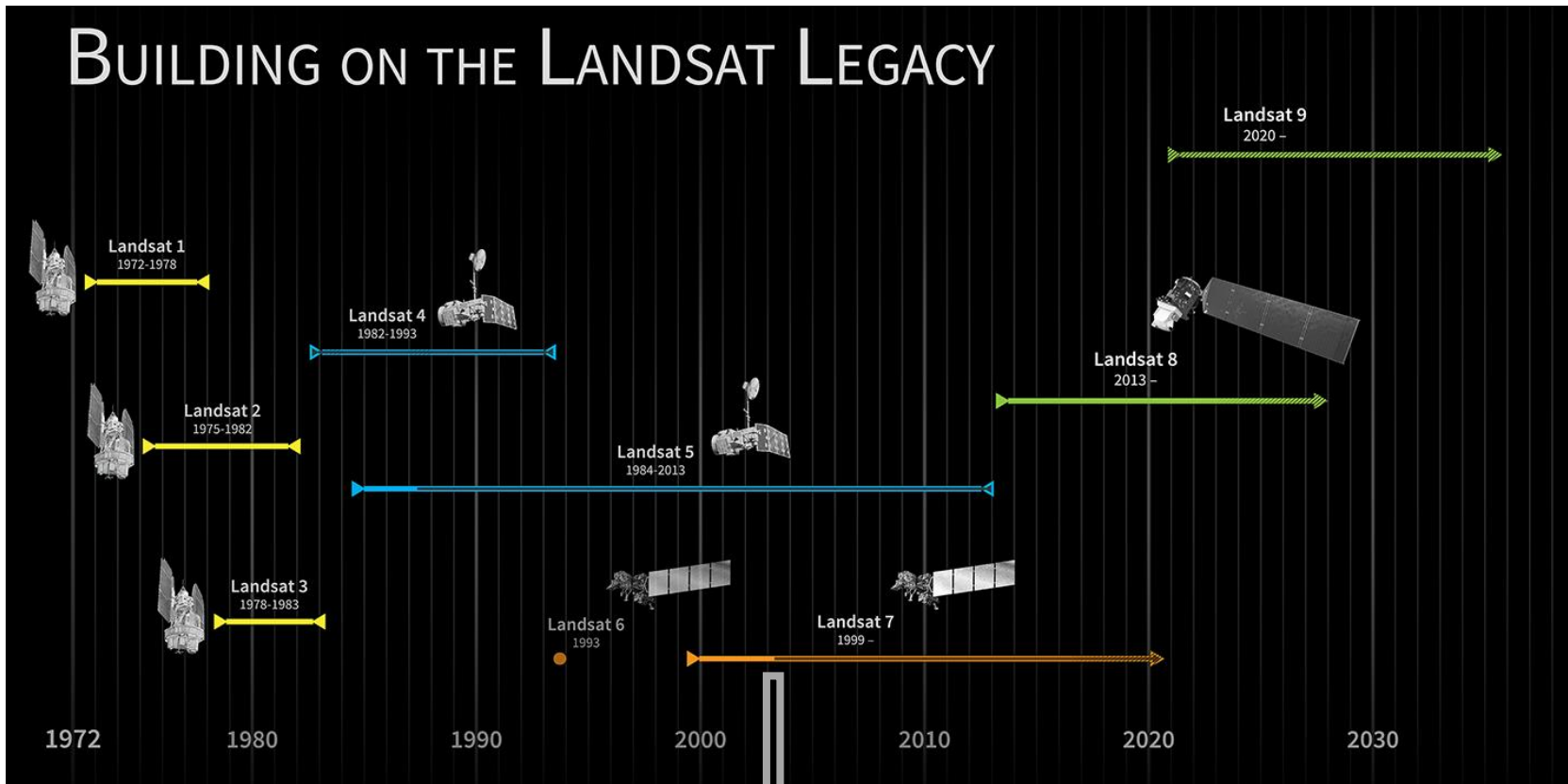
IRC/ROJO/VERDE



IRC/SWIR/ROJO

# Programa Landsat

- Política de acceso libre y gratuita
- Fuente de datos histórica
- Cobertura global y repetitiva de la superficie terrestre
- Observación multiescala



Problema de bandeado (Stripping)

Landsat 7		
Banda	Ancho ( $\mu\text{m}$ )	Res. esp (m)
Band 1 Blue	0.45 - 0.52	30
Band 2 Green	0.52 - 0.60	30
Band 3 Red	0.63 - 0.69	30
Band 4 NIR	0.77 - 0.90	30
Band 5 SWIR1	1.55 - 1.75	30
Band 7 SWIR2	2.09 - 2.35	30
Band 8 Pan	0.52 - 0.90	15
Band 6 TIR	10.40 - 12.50	30/60

Landsat 8		
Banda	Ancho ( $\mu\text{m}$ )	Res. esp (m)
Band 1 Coastal	0.43 - 0.45	30
Band 2 Blue	0.45 - 0.51	30
Band 3 Green	0.53 - 0.59	30
Band 4 Red	0.64 - 0.67	30
Band 5 NIR	0.85 - 0.88	30
Band 6 SWIR1	1.57 - 1.65	30
Band 7 SWIR2	2.11 - 2.29	30
Band 8 Pan	0.50 - 0.68	15
Band 9 Cirrus	1.36 - 1.38	30
Band 10 TIRS1	10.6 - 11.19	100
Band 11 TIRS2	11.5 - 12.51	100

SENTINEL 2: IMÁGENES  
MULTIESPECTRALES DE ALTA  
RESOLUCIÓN (2015)



MISION BIOMASS (2020). Radar  
específico medida biomasa  
forestal

LiDAR satelital ICESat-2. NASA



SENTINEL 1: IMÁGENES RADAR  
(2014)

SENTINEL 3: TOPOGRAFÍA DE  
LA SUPERFICIE MARINA,  
TEMPERATURA, COLOR DE LA  
TIERRA (2015)

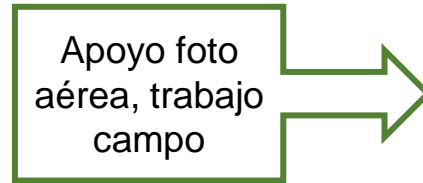
SENTINEL 4 Y 5: DEDICADOS A LA  
VIGILANCIA ATMOSFÉRICA (2019)

DISPONIBILIDAD DE GRAN  
VARIEDAD DE DATOS PARA  
LA ESTIMACION DE  
PARAMETROS FORESTALES

# Clasificación de coberturas

## 1. Fase de entrenamiento

- Definición leyenda: Consistente y clases mutuamente excluyentes
- Digitalización regiones de entrenamiento (ROIs)



## 2. Fase de asignación

- Clasificación no supervisada
- Clasificación supervisada
  - Método mínima distancia
  - Método máxima probabilidad
  - Método paralelepípedos
- Clasificación árboles de decisión
- Clasificación mediante Random Forest**
- Clasificación por redes neuronales



Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)  
**SCIENCE @ DIRECT®**  
 Pattern Recognition Letters 27 (2006) 294–300

Pattern Recognition Letters  
[www.elsevier.com/locate/prl](http://www.elsevier.com/locate/prl)

### Random Forests for land cover classification

Pall Oskar Gislason, Jon Atli Benediktsson\*, Johannes R. Sveinsson

Department of Elveit



Contents lists available at ScienceDirect

Applied Geography

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/apgeog](http://www.elsevier.com/locate/apgeog)



Land cover change analysis of a Mediterranean area in Spain using different sources of data: Multi-seasonal Landsat images, land surface temperature, digital terrain models and texture

V. Rodríguez-Galiano\*, M. Chica-Olmo

Departamento de Geodésica, Universidad de Granada, Granada 18071, Spain



### Crop classification of upland fields using Random forest of time-series Landsat 7 ETM+ data

Kenichi Tatsumi<sup>a,\*</sup>, Yosuke Yamashiki<sup>b</sup>, Miguel Angel Canales Torres<sup>c</sup>, Cayo Leonidas Ramos Talpe<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Department of Environmental and Agricultural Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology, Tokyo, Japan  
<sup>b</sup>Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Sustainability, Kyoto University, Kyoto, Japan  
<sup>c</sup>Departamento de Recursos Hídricos, Universidad Nacional Agraria La Molina, La Molina, Peru

ELSEVIER

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/isprsjrs](http://www.elsevier.com/locate/isprsjrs)

Remote Sensing



Review Article

### Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions

Mariana Belgiu<sup>a,\*</sup>, Lucian Drăguț<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Department of Geoinformatics – 2\_GIS, Salzburg University, Schillerstrasse 30, 5020 Salzburg, Austria  
<sup>b</sup>West University of Timisoara, Department of Geography, Vasilie Parvan Avenue, 300223 Timisoara, Romania



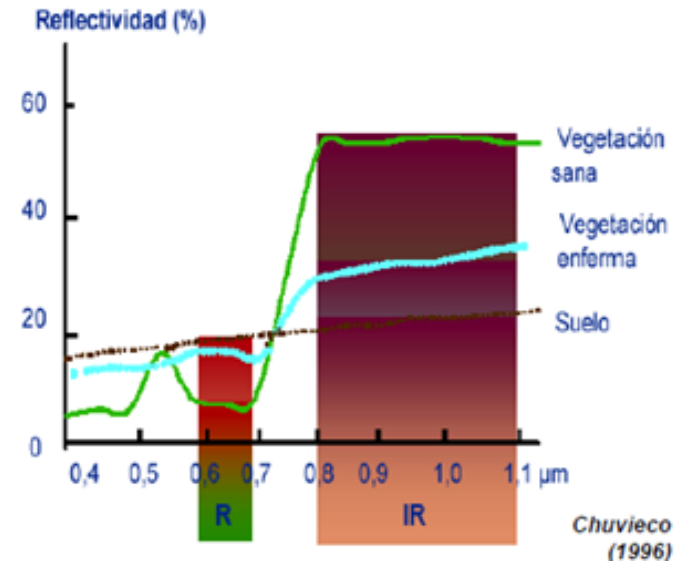
## 3. Fase de verificación

- Cualitativa. Valoración en función del conocimiento que se tiene de la zona.
- Cuantitativa. Comprobación de puntos de los que se conoce su verdad terreno y plasmación en una **matriz de confusión**.

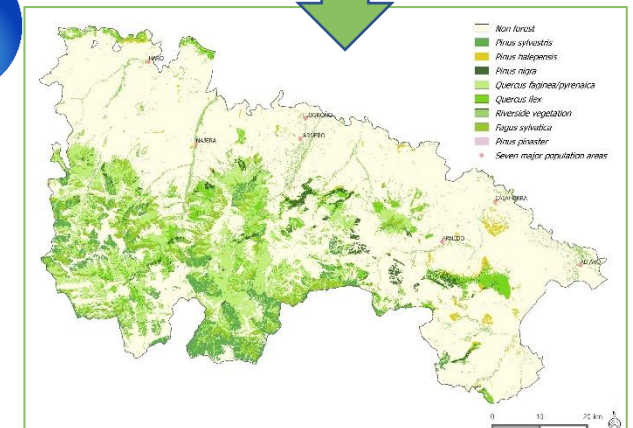
# Clasificación de coberturas

## VARIABLES AUXILIARES. INDICES ESPECTRALES

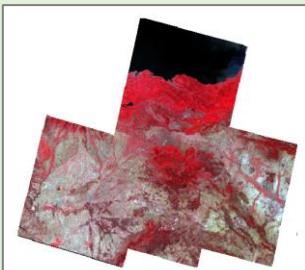
- Actividad fotosintética: **NDVI** (Normalized Difference Vegetation Index), **TVI** (Transformed vegetation index), **SAVI** (Soil adjusted vegetatiton index), **VIN** (Vegetation Index Number), **VID** (Vegetation Index Difference), **PVI** (Perpendicular Vegetation Index).
- Contenido de humedad: **MSI** (Moisture Stress Index), **NDII** (Normalised Difference Infrared Index).
- Severidad del fuego: **NBR** (Normalized Burn Ratio)
- Cubiertas de nieve: **NDSI** (Normalized Difference Snow Index )



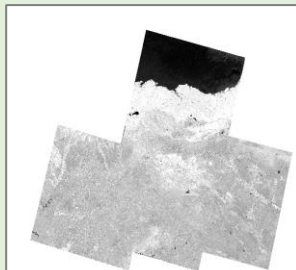
Clasificación Random Forest



## VARIABLES PREDICTORAS



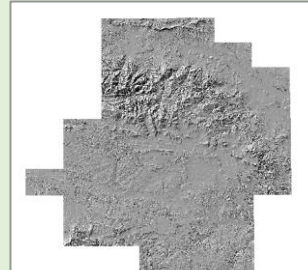
Información espectral



Índices de vegetación



Variables de textura



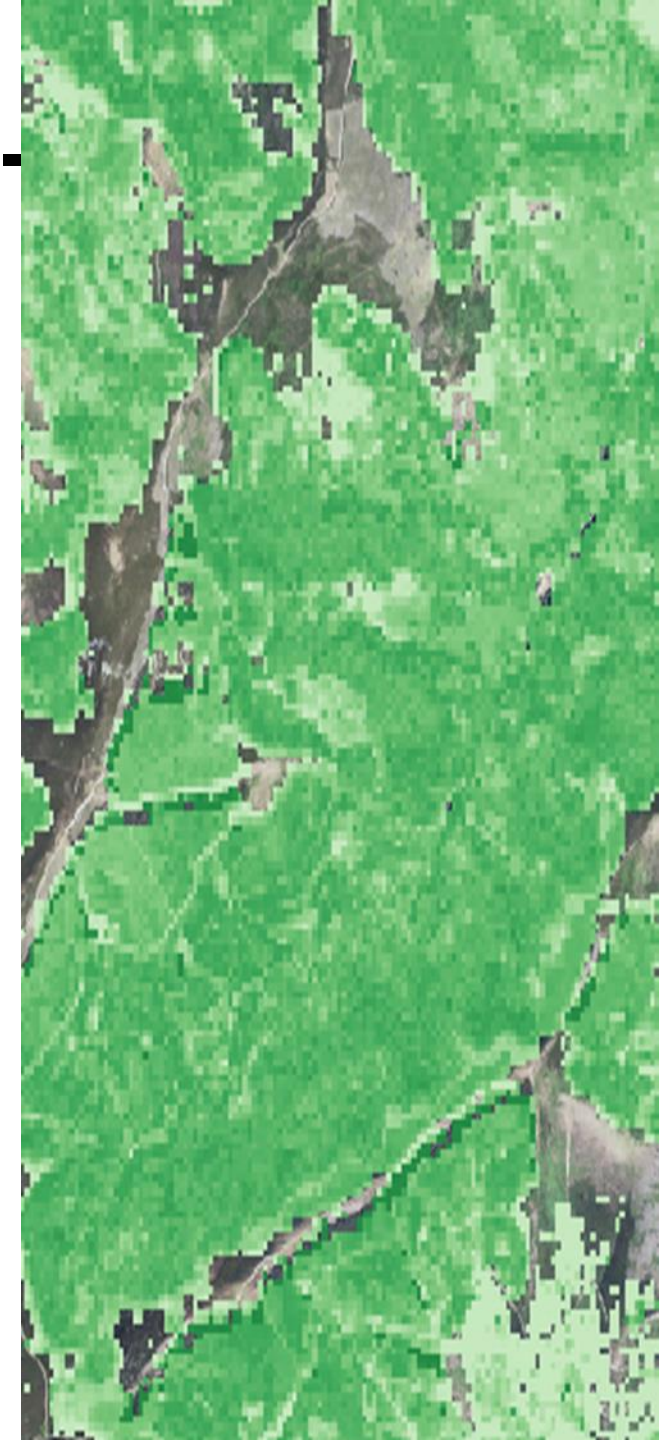
MDE

# Inventarios forestales continuos

□ ¿De qué manera el uso de información de sensores satelitales complementa los inventarios forestales?



- ❖ Posibilidad de obtener mapas temáticos de la distribución de las especies forestales
- ❖ El uso de series temporales permite analizar la dinámica de las masas forestales. Los datos LiDAR son fotos estáticas que no incorporan la dinámica de las masas forestales.
- ❖ Volumen de datos mucho menor
- ❖ Posibilidad de conocer variables de interés forestal en las que el uso de datos LiDAR sea una restricción (inversión económica, características del vuelo, ausencia de datos)
- ❖ Alternativa más barata si los datos LiDAR no tienen un acceso libre y gratuito





**Gracias!!!**

Pablo Sabín Galán [psabin@agresta.org](mailto:psabin@agresta.org)

Jessica Esteban Cava [jesteban@agresta.org](mailto:jesteban@agresta.org)