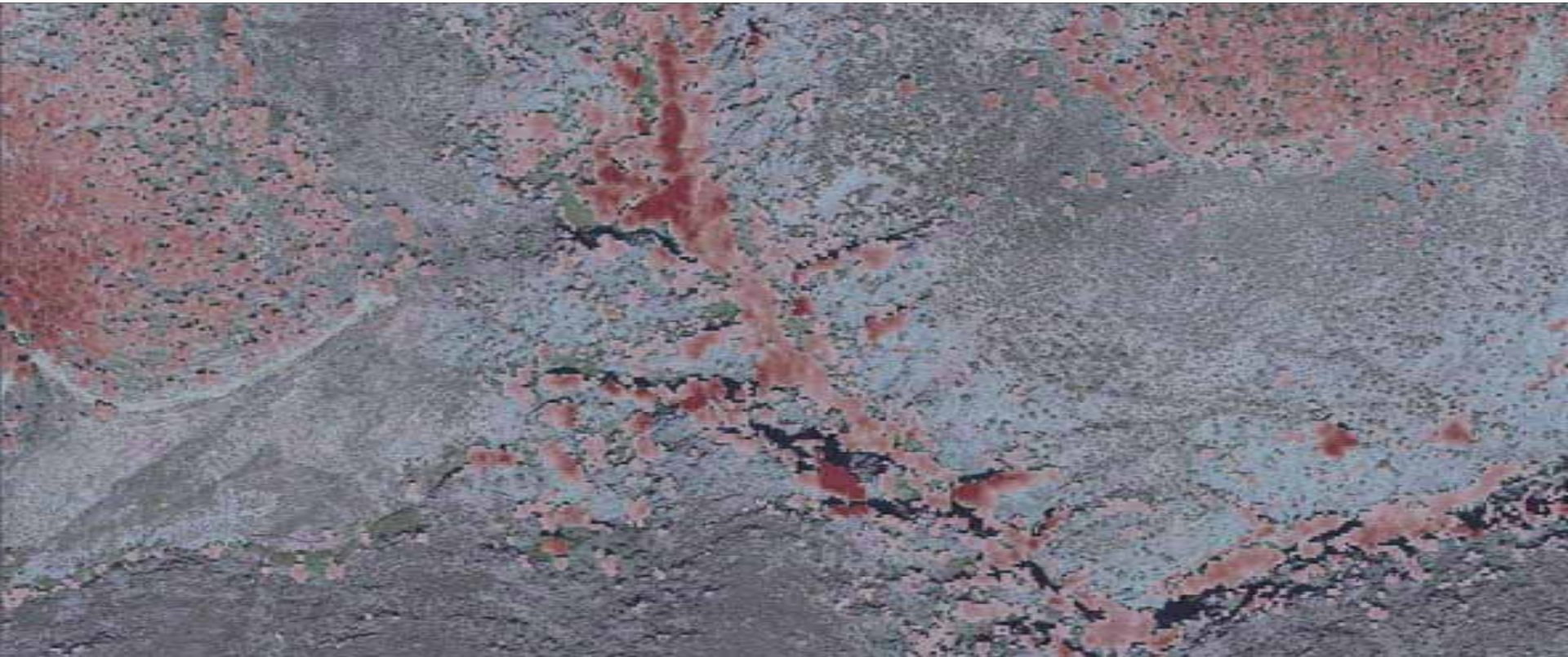


Aplicación de la tecnología LiDAR al seguimiento en la Red de Parques Nacionales



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

ORGANISMO
AUTÓNOMO
PARQUES
NACIONALES



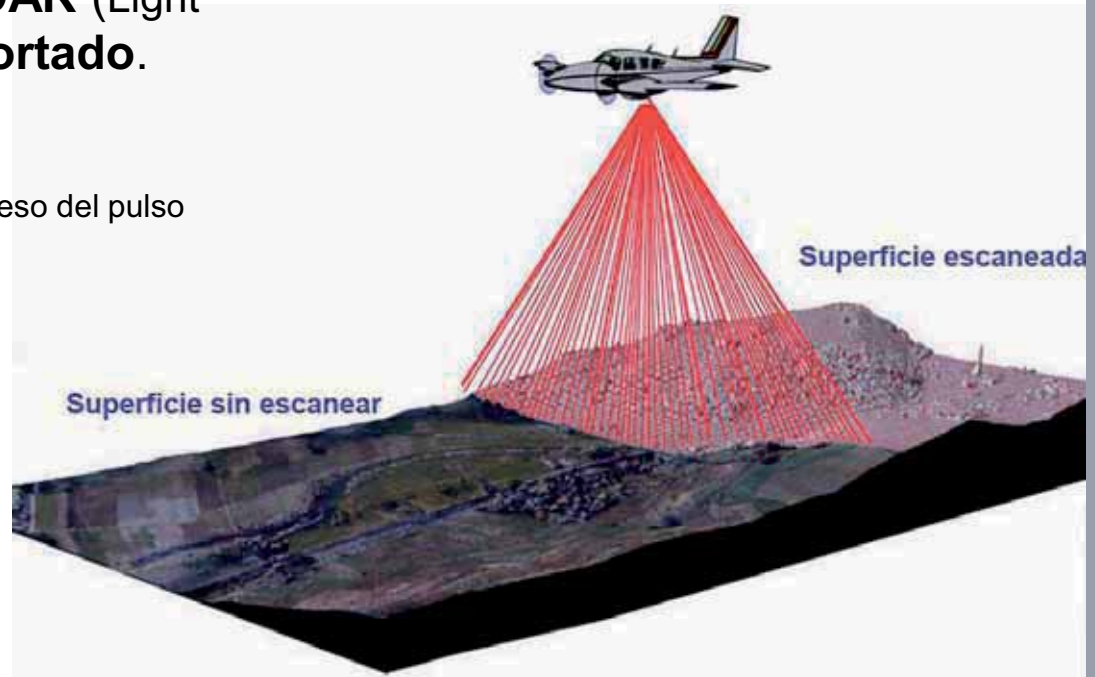
ÍNDICE

- 1. LA TECNOLOGÍA LIDAR. Conceptos básicos.**
 - 2. PROYECTO PILOTO LIDAR MONFRAGÜE.**
 - 3. DATOS LIDAR PNOA.**
 - 4. COMPARATIVA MONFRAGÜE: PILOTO LIDAR <> LIDAR PNOA.**
 - 5. CONCLUSIONES.**
- LINEAS FUTURAS DE TRABAJO**

TECNOLOGÍA LIDAR:

Sistema de medida basado en determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto, midiendo el tiempo transcurrido entre la emisión del pulso láser y la recepción de la señal reflejada por el objeto

- Objetivo: **Obtener MDE** de forma directa y con gran nivel de detalle.
- Cómo: **Utilizando un sensor LIDAR** (Light Detection and Ranging) **aerotransportado**.
- Necesario Conocer:
 - Distancias (mediante el tiempo de regreso del pulso y la velocidad de la luz)
 - Ángulos de barrido
 - Posición (GPS)
 - Orientación (IMU) del sensor.

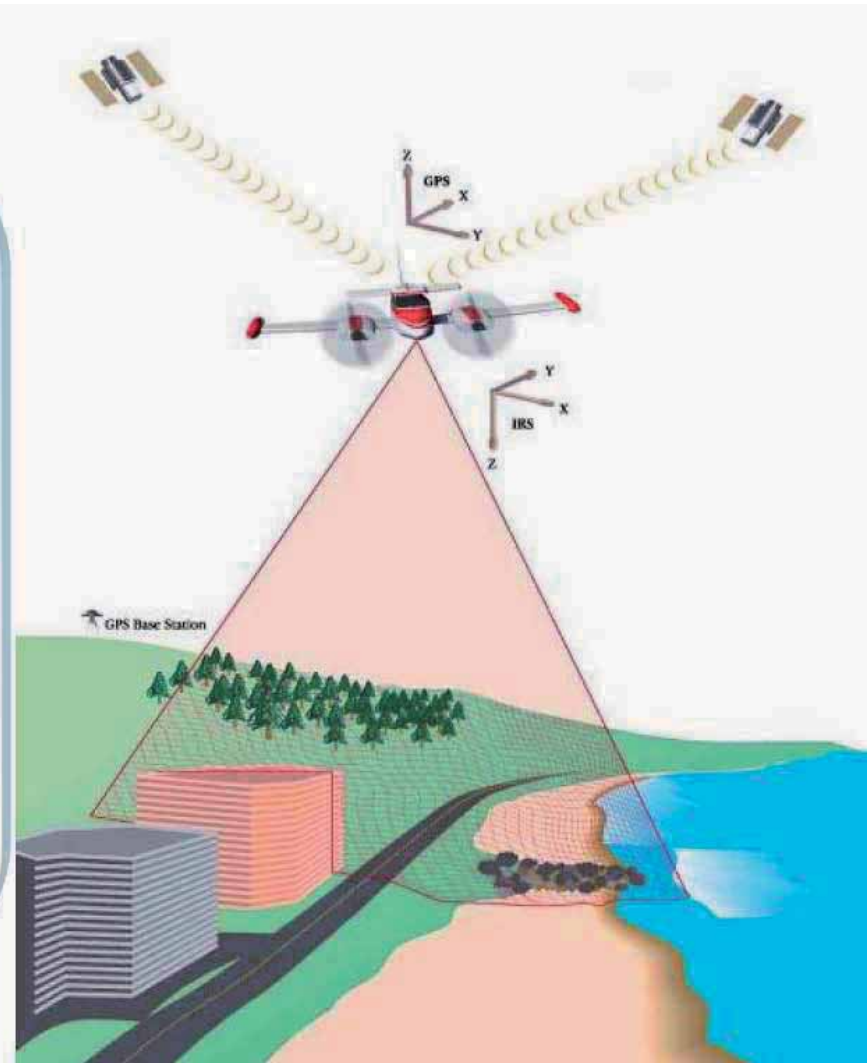


FUNCIONAMIENTO

El LiDAR es un sistema activo basado en un sensor láser que emite un haz de luz sobre la superficie terrestre.

Un espejo desvía el rayo y barre el terreno transversalmente, hasta un cierto ángulo (F.O.V) .

El LiDAR mide el tiempo que tardan los pulsos en llegar a la superficie terrestre y regresar al sensor.



FUNCIONAMIENTO

Un receptor GPS determina la posición del avión.

Una Unidad de Medición Inercial (IMU) determina la orientación del sensor.

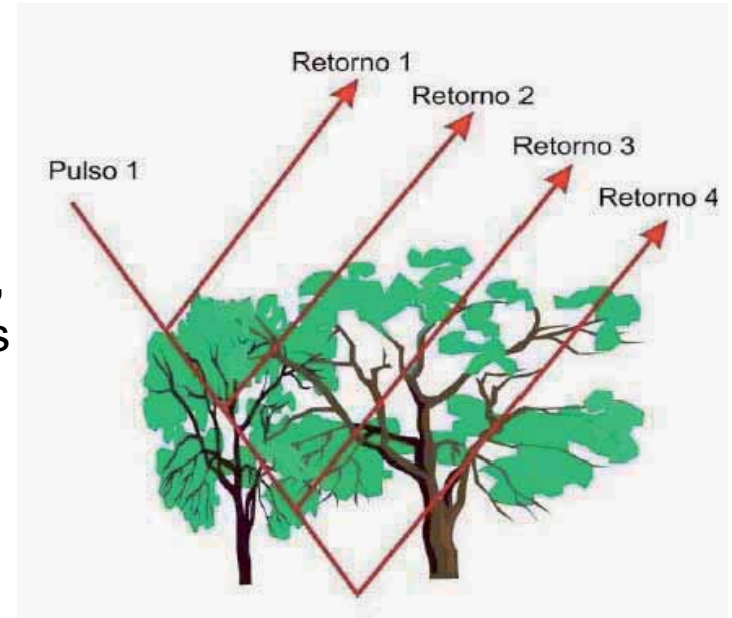
Con estos datos se calculan las coordenadas de los pulsos recogidos por el sensor LiDAR. ($dz \approx 15-20\text{cm}$).



ECOS – PULSOS o RETORNOS en el LIDAR Terrestre

PULSO emitido = Huella X cm Ø

- **En una superficie sólida-dura** (edificios, suelo, etc.), el rayo se refleja sin ningún problema y vuelve al avión. **Un único retorno.**
- **En el agua** el rayo láser es absorbido rápidamente y no vuelve al avión, por lo que no se obtiene ninguna información. **No retorno** (o baja densidad)
- **En vegetación**, el rayo choca con la copa del árbol. Parte del rayo se refleja y vuelve al avión, hay otra parte del rayo que va atravesando la vegetación hasta llegar al suelo, por ser el árbol una superficie “no dura” y varios retornos que vuelven al avión (hasta cuatro retornos). **Múltiples retornos.**



Nube de puntos LIDAR:

- Coordenadas WGS84
- Alturas elipsoidales
- Información asociada a los puntos:

Coordenadas, Intensidad, N° de retorno, N° total de retornos para cada pulso, tiempo GPS, ángulo de barrido.

(Datos sin clasificar)

- Ficheros .LAS (cuadrículas en función del tamaño-densidad de puntos).



Formato las

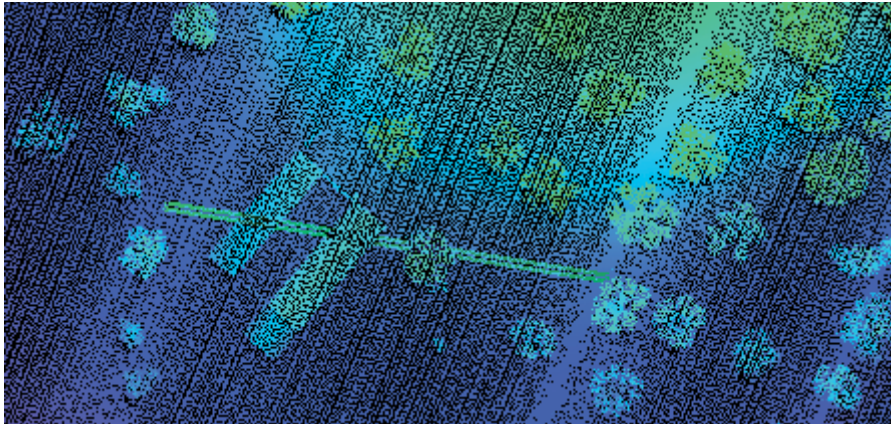
- La gran mayoría de aplicaciones trabajan con ficheros en formato las. Este formato ha sido desarrollado por la American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS)
- Los ficheros las son archivos binarios de formato estándar que permiten el intercambio de este tipo de información. [La última especificación aprobada es la 1.4 \(Noviembre 2011\)](#)

Clasificación de nube de puntos (ecos o retornos)

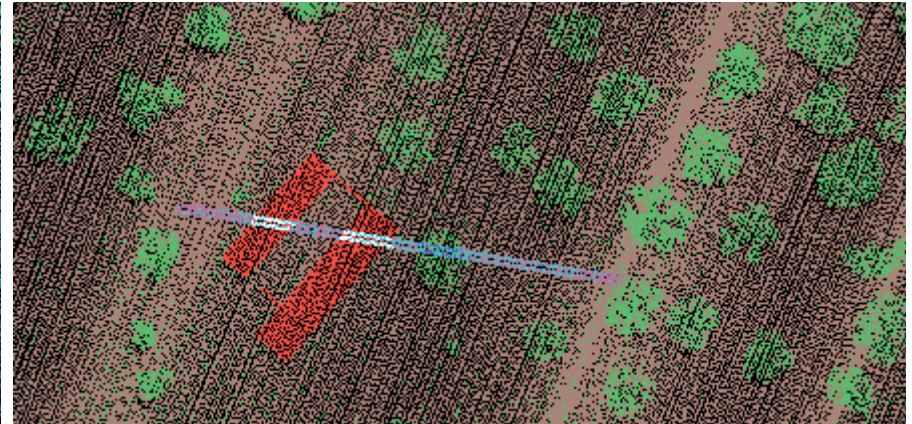
1º. Clasificación automática: suelo, vegetación (estratos), edificaciones.

2º. Revisión manual de zonas conflictivas (mal clasificadas): Roquedos, acantilados,...

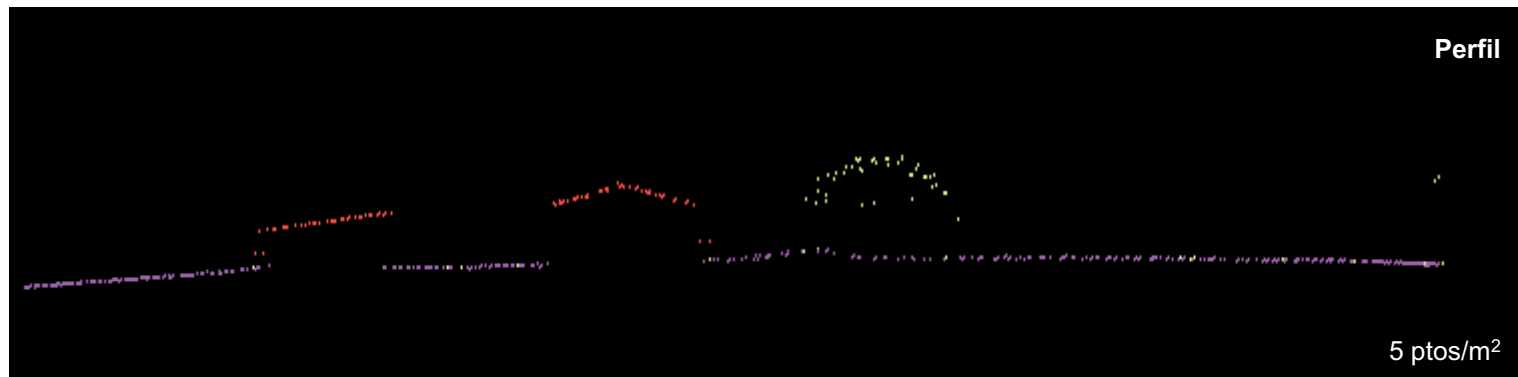
Revisión mediante perfiles, vistas isométricas, empleo de curvas de nivel y ortofotos



Alturas



Clases



LOS DATOS LIDAR CLASIFICADOS:

- **Permiten obtener MDT y MDS.**

MDT: Superficie que describe la forma tridimensional del terreno desnudo, excluyendo cualquier elemento situado sobre él.

MDS: Superficie que describe la forma tridimensional de la superficie terrestre incluyendo los elementos estáticos situados sobre ella (árboles, edificios, etc)



- **Permiten obtener Gran cantidad de productos derivados:**

Curvas de nivel, TINs, cubicaciones, perfiles, mapa de pendientes, 3D.

ÍNDICE

1. LA TECNOLOGÍA LIDAR. Conceptos básicos.
 2. **PROYECTO PILOTO LIDAR MONFRAGÜE.**
 3. DATOS LIDAR PNOA.
 4. COMPARATIVA MONFRAGÜE: PILOTO LIDAR <> LIDAR PNOA.
 5. CONCLUSIONES
- LINEAS FUTURAS DE TRABAJO

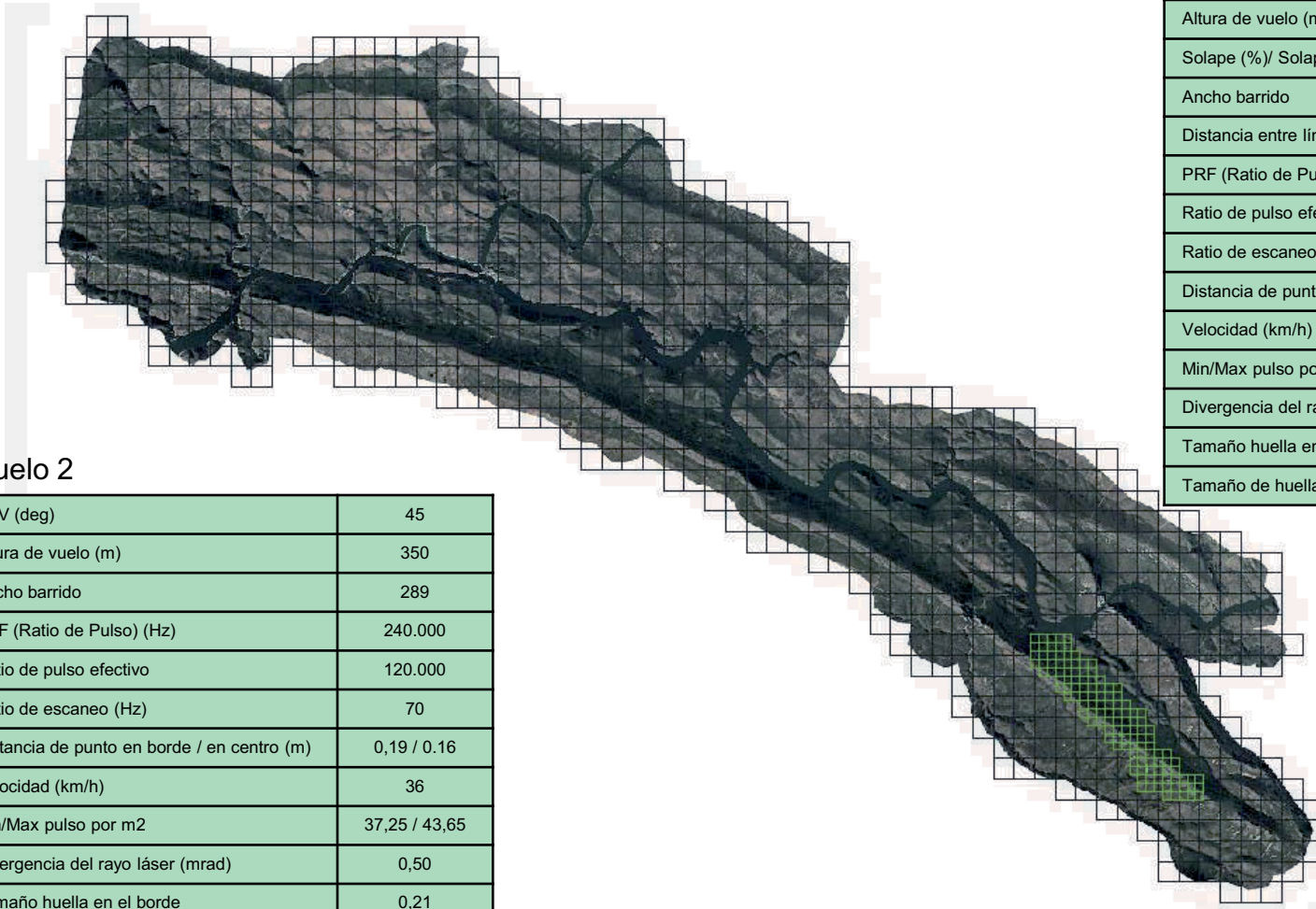
Realización de dos vuelos específicos para el Parque Nacional de Monfragüe

1. Toda la superficie del Parque: 5 ptos/m².

Colección de 953 ficheros LAS de 500 metros de lado (45Gb)

2. Zona de detalle: 40 ptos/m².

Colección de 128 ficheros LAS de 200 metros de lado (4Gb)



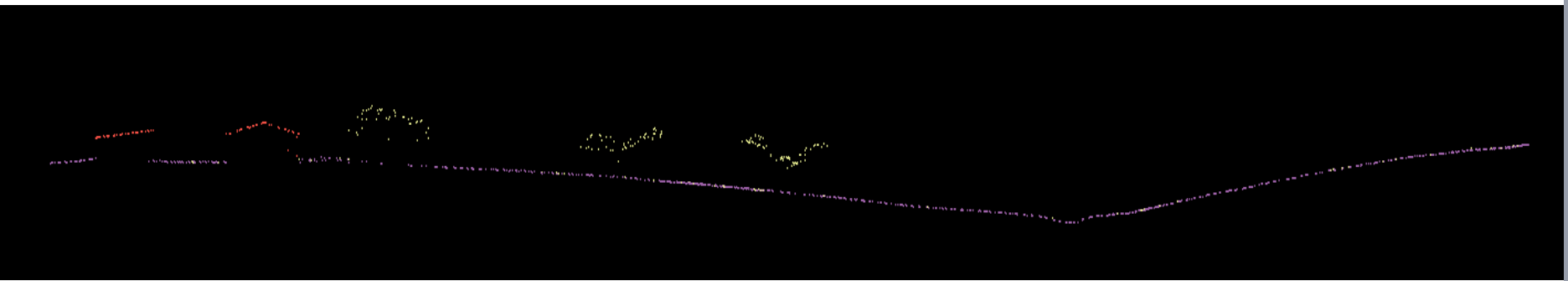
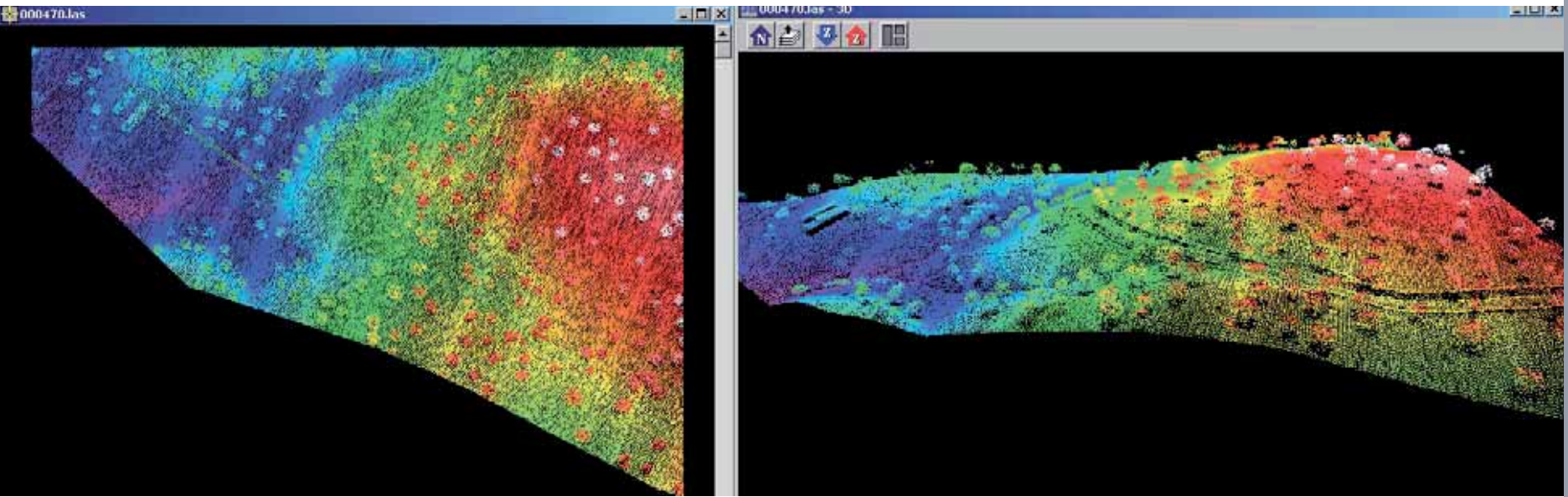
Vuelo 1

FOV (deg)	60
Altura de vuelo (m)	700
Solape (%) / Solape (m)	56 / 452 m
Ancho barrido	808
Distancia entre líneas	356
PRF (Ratio de Pulso) (Hz)	100.000
Ratio de pulso efectivo	66.667
Ratio de escaneo (Hz)	45
Distancia de punto en borde / en centro (m)	0,66 / 0,49
Velocidad (km/h)	108
Min/Max pulso por m2	2,27 / 3,03
Divergencia del rayo láser (mrad)	0,50
Tamaño huella en el borde	0,47
Tamaño de huella en el centro	0,35

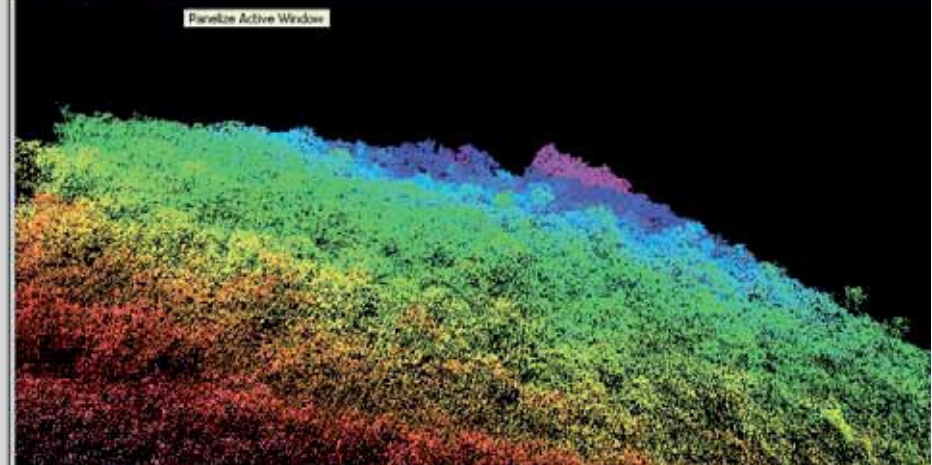
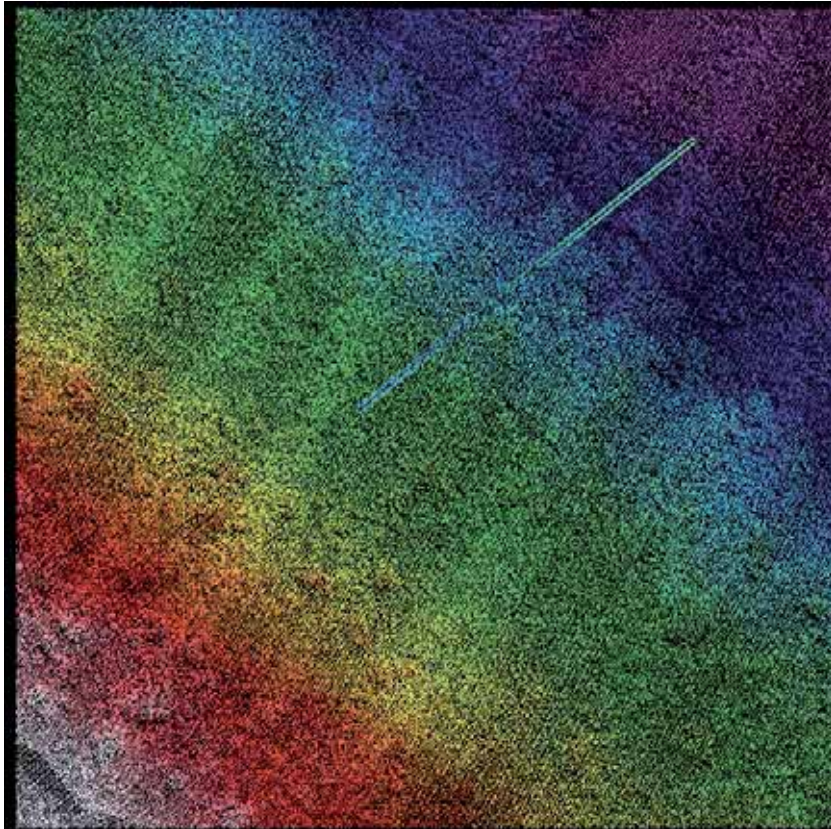
Vuelo 2

FOV (deg)	45
Altura de vuelo (m)	350
Ancho barrido	289
PRF (Ratio de Pulso) (Hz)	240.000
Ratio de pulso efectivo	120.000
Ratio de escaneo (Hz)	70
Distancia de punto en borde / en centro (m)	0,19 / 0,16
Velocidad (km/h)	36
Min/Max pulso por m2	37,25 / 43,65
Divergencia del rayo láser (mrad)	0,50
Tamaño huella en el borde	0,21
Tamaño de huella en el centro	0,18

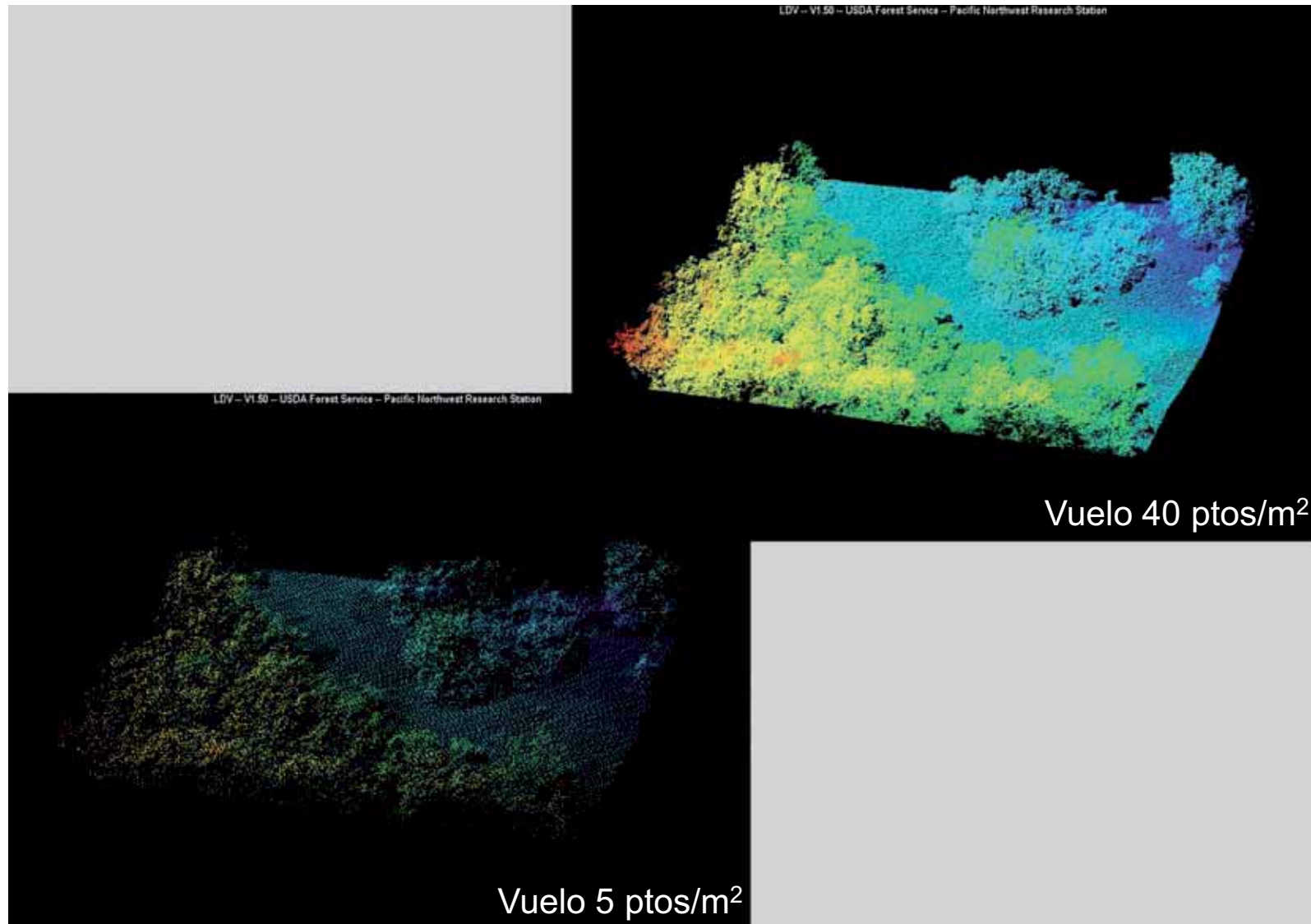
Nube de puntos 5 ptos/m²



Nube de puntos 40 ptos/m²



Nubes de puntos



Productos derivados de los vuelos LIDAR. Modelos Digitales.

Vuelo 5 ptos/m²: tamaño píxel 0,5 m

Vuelo 40 ptos/m²: tamaño píxel 0,2 m

- Modelo digital del terreno
- Modelo digital de superficies
- Modelo digital de la vegetación
- Modelo digital de edificaciones



Modelos Digitales del vuelo Lidar 5 ptos/m². **Tamaño de píxel 0,5 m**

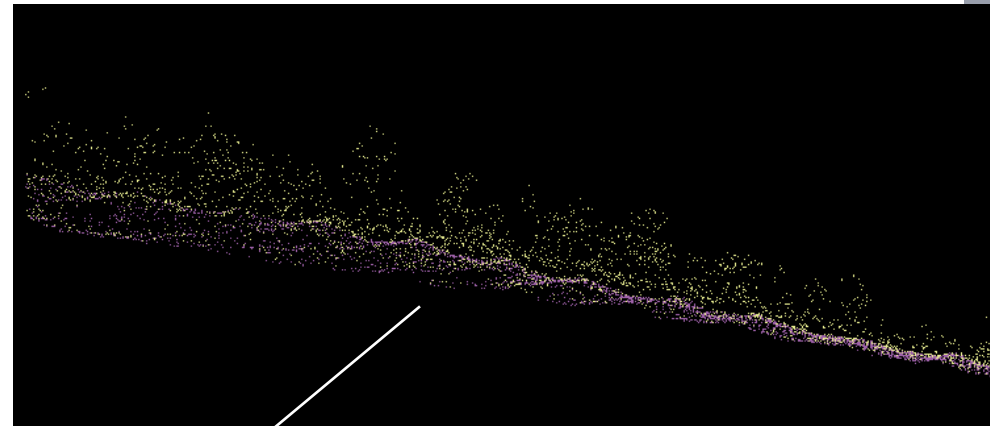
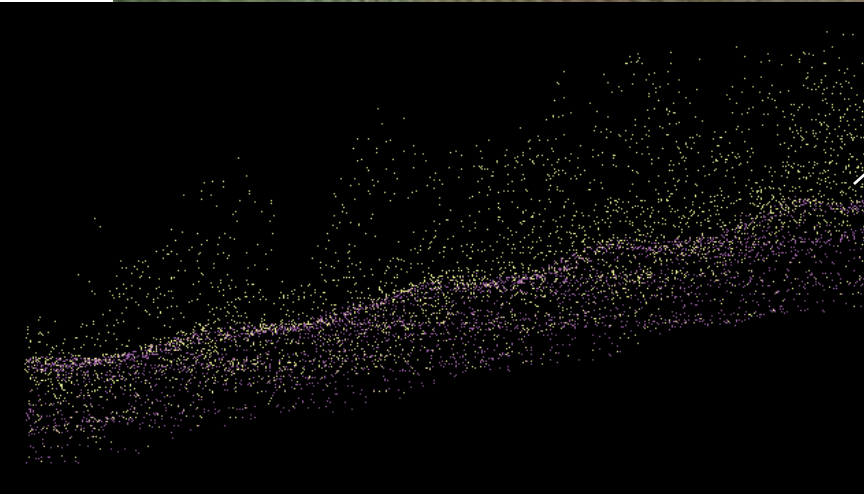
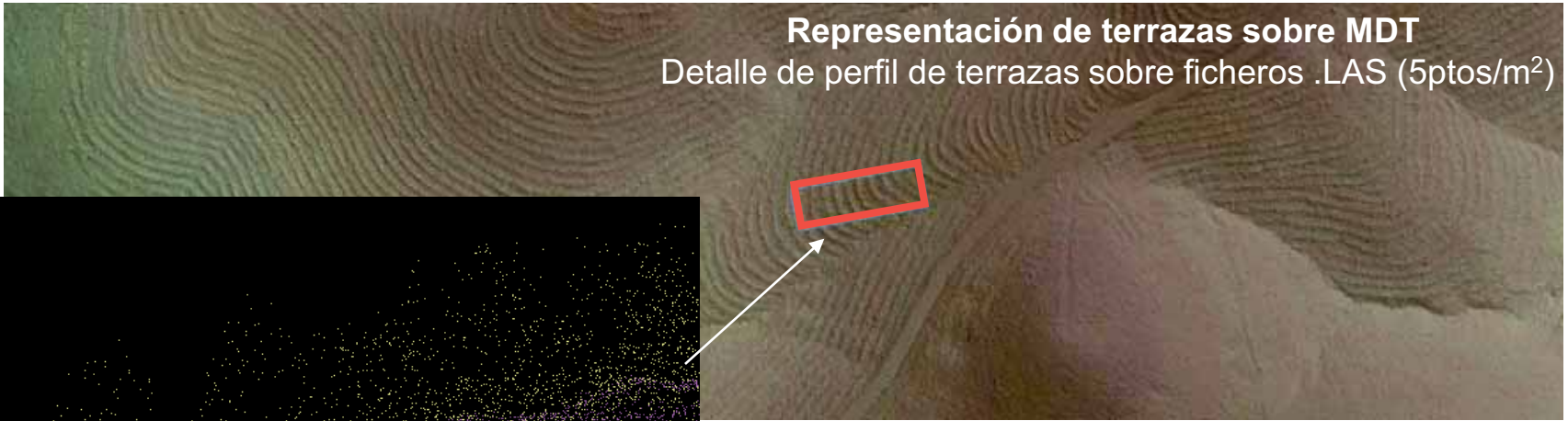
Alturas elipsoidales

MONFRAGÜE: Modelo digital de terreno con relieve



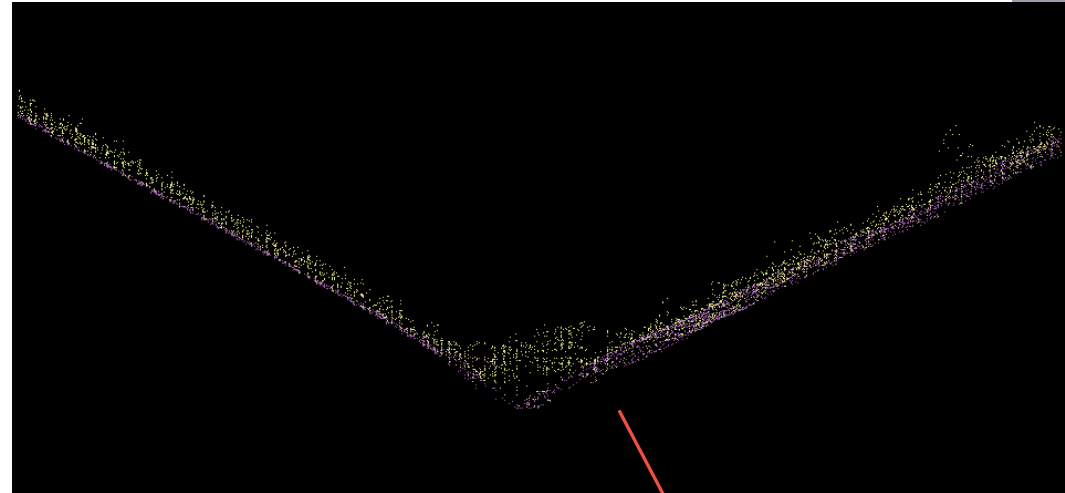
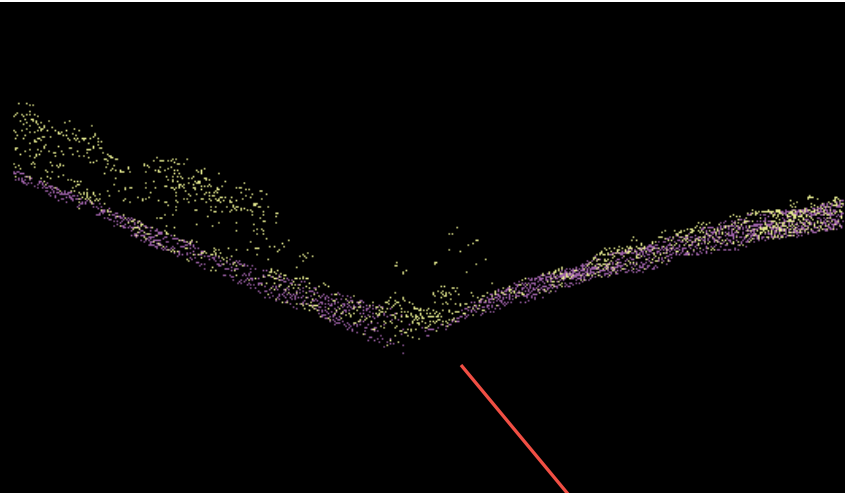
Lidar 5 ptos/m². Tamaño de píxel 0,5 m

Representación de terrazas sobre MDT
Detalle de perfil de terrazas sobre ficheros .LAS (5ptos/m²)



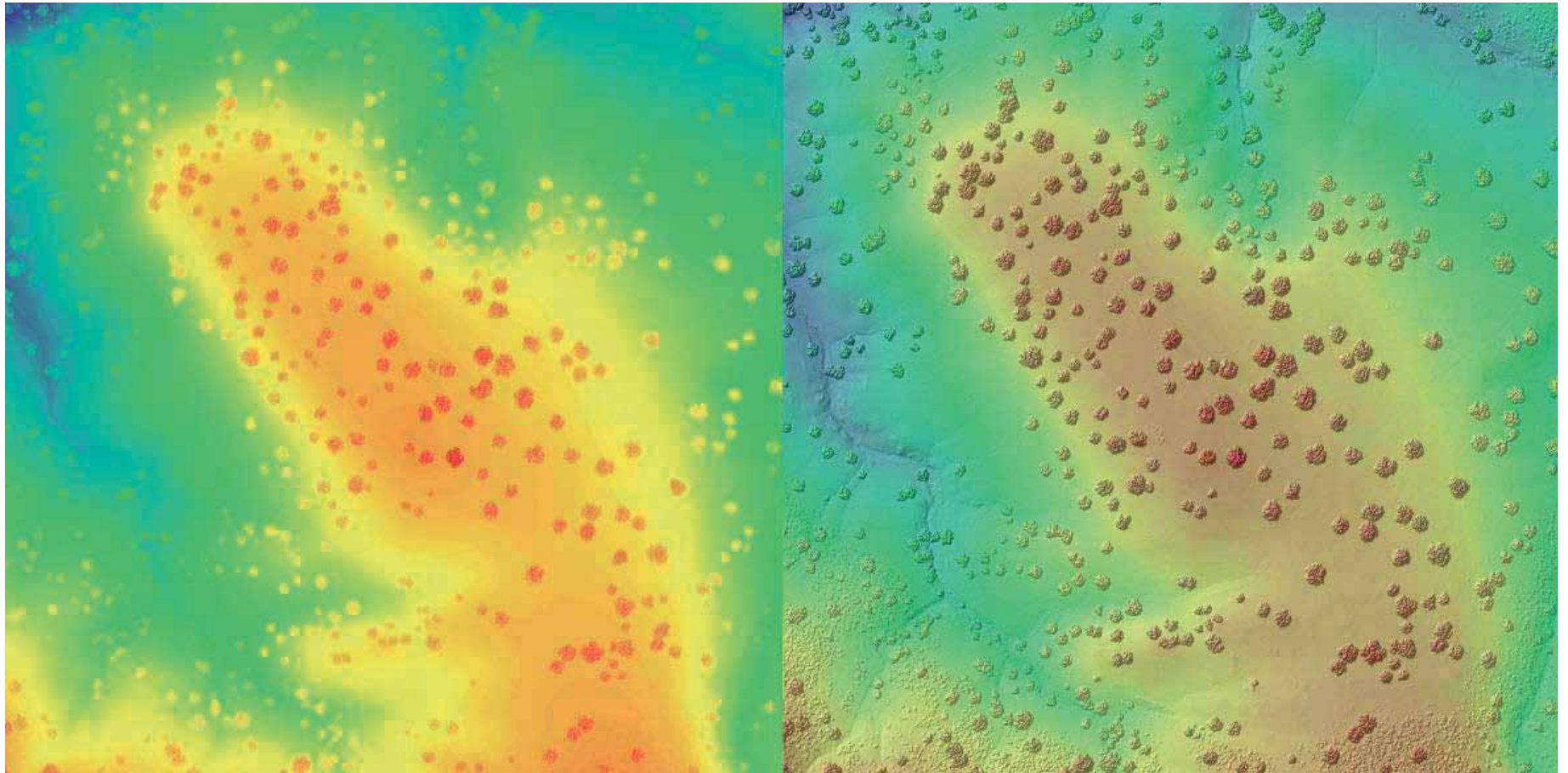
Representación MDT

Detalle de perfiles de vaguadas sobre ficheros .LAS (5ptos/m²)



Modelo digital de superficies original (izquierda) y con relieve (derecha)

Lidar 5 ptos/m². Tamaño de píxel 0,5 m



Explotación de datos LIDAR para el seguimiento

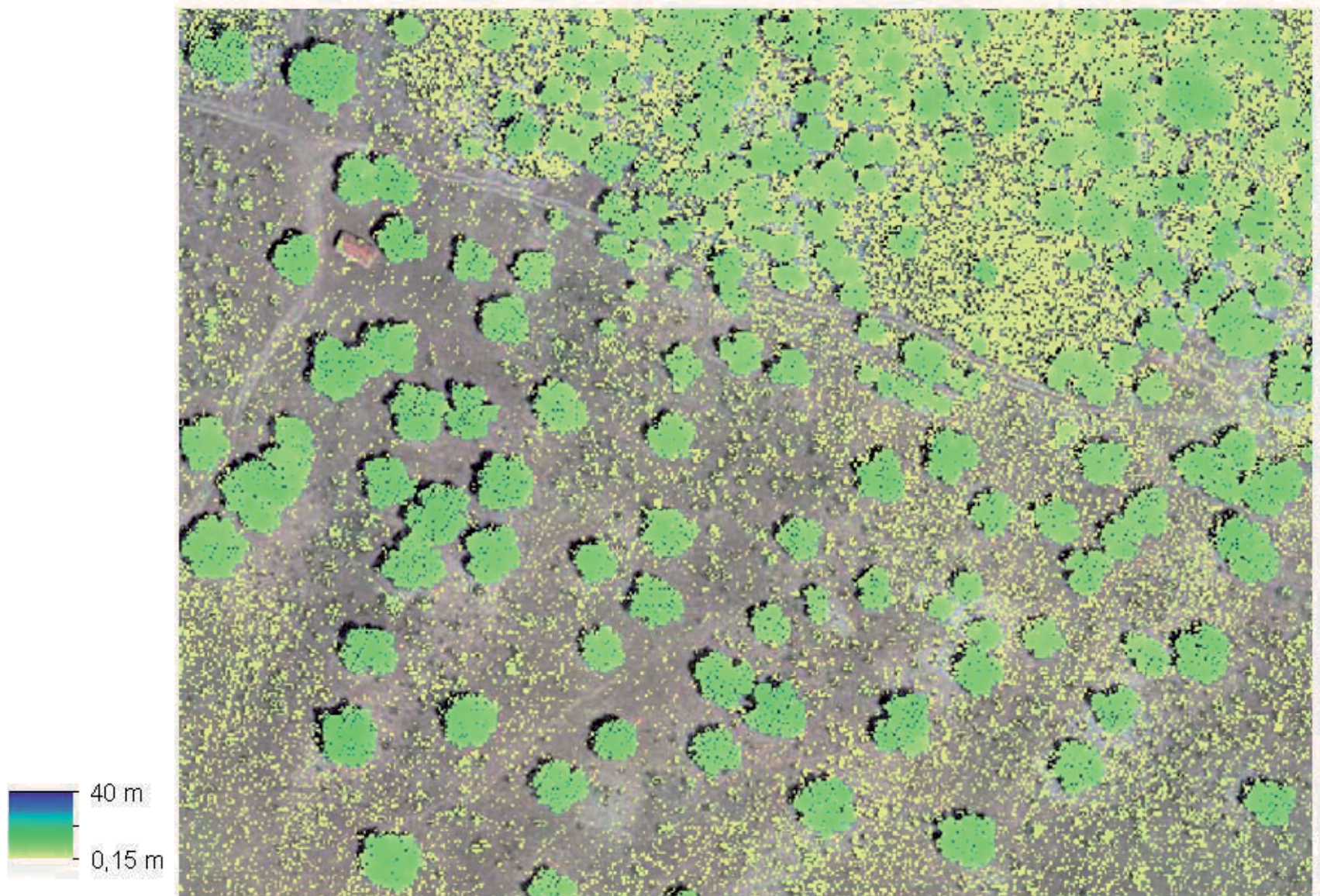
A partir del modelo digital de vegetación se han generado cuatro modelos de **altura de vegetación** para los distintos estratos: (Altura de vegetación sobre el terreno)

Los estratos han sido definidos de manera específica para la vegetación de Monfragüe.

- Vegetación baja: 0,15 - 0,5 m (asimilable a pastizal)
- Vegetación media: 0,5 – 2 m (asimilable a matorral)
- Vegetación media-alta: 2 – 4 m (asimilable al estrato arbustivo)
- Vegetación alta: > 4 m (asimilable a bosque)

Modelo digital de altura de vegetación sobre ortofoto

(Altura de vegetación sobre el terreno)



Explotación de datos LIDAR para el seguimiento

A partir de los MDAItV, para cada tesela de la cartografía de vegetación se han analizado y obtenido las siguientes variables:

- Altura media de la vegetación por tesela y estrato de vegetación
- Fracción cabida cubierta en la tesela y estrato de vegetación
- Estratificación vertical de la vegetación: configuración de la vegetación dentro de una masa forestal. (Zimble et al. (2003): sobre las alturas de la vegetación, un valor de varianza $\geq 1,54$ indica estructuras complejas).

MDA Vegetación sobre ortofoto PNOA

Obtención de variables: Altura media y FCC.

Escala: 1:3.000

Alt_MEDIA	1,120995
AREA	18028,25
FCC	9,96614642796593
FCC_entero	10

Estrato
matorral

Alt_MEDIA	5,919111
AREA	12502,5
Estrc_Vert	Compleja
FCC	23,0735947576154
FCC_entero	23

Estrato
bosque

Alt_MEDIA	2,992037
AREA	154962
FCC	46,2224631225819
FCC_entero	46

Estrato
arbustivo

Alt_MEDIA	0,1348577
AREA	16034
FCC	19,4488848494723
FCC_entero	19

Estrato
pastizal

 Polígonos de
Sistemas Naturales

ÍNDICE

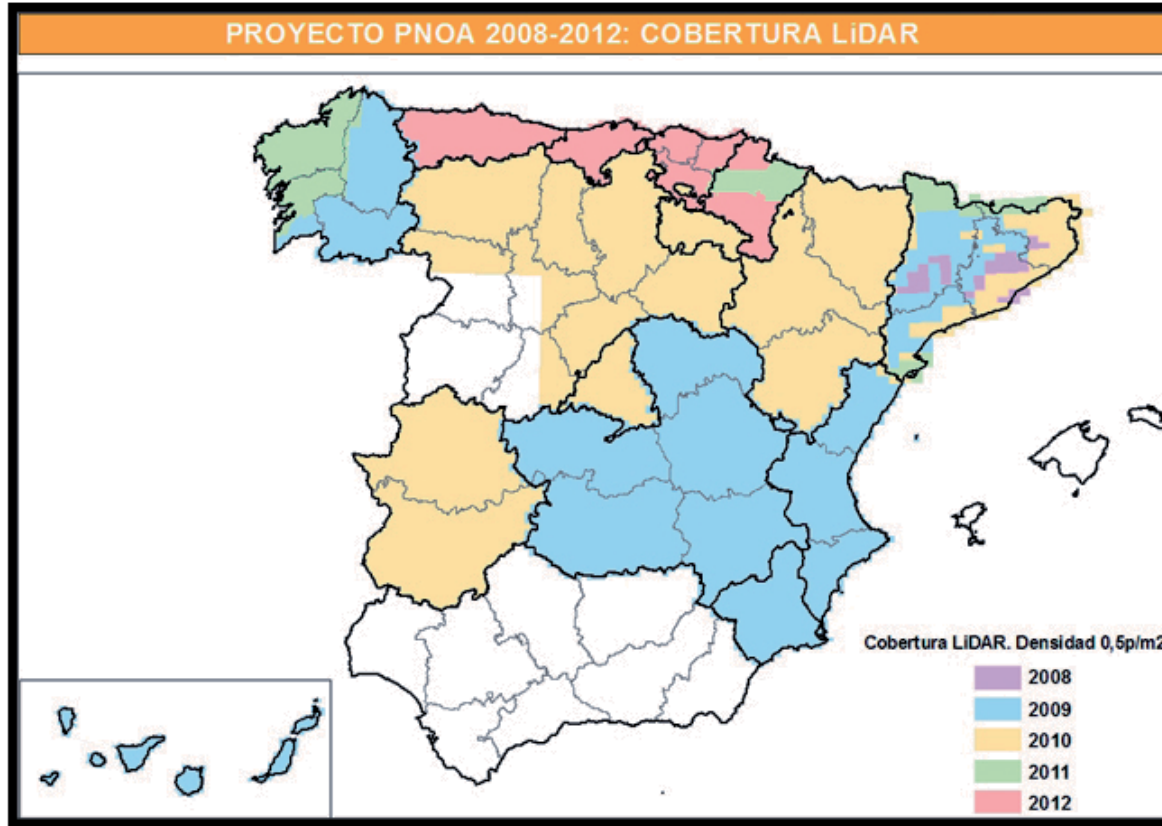
1. LA TECNOLOGÍA LIDAR. Conceptos básicos.
 2. PROYECTO PILOTO LIDAR MONFRAGÜE.
 3. **DATOS LIDAR PNOA.**
 4. COMPARATIVA MONFRAGÜE: PILOTO LIDAR <> LIDAR PNOA.
 5. CONCLUSIONES
- LINEAS FUTURAS DE TRABAJO

LIDAR PNOA es un producto gratuito, proporcionados por el IGN

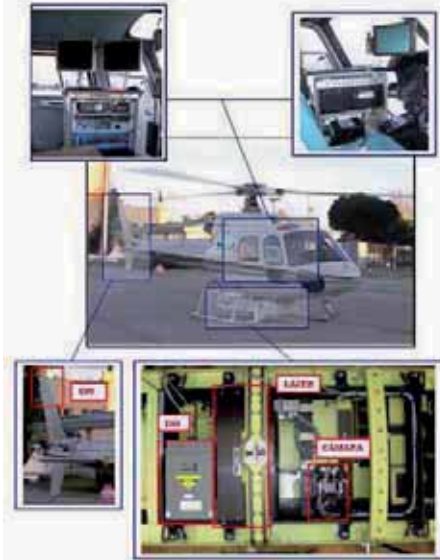
Densidad 0,5 pto/m² precisión altimétrica es de 20 cm

Disponibles nubes de punto sin clasificar, con alturas elipsoidales.

Ficheros *.LAS de 2 x 2 km UTM – ETRS89 (Cada zona en su huso geográfico correspondiente).



PNOA Parque Nacional de Monfragüe: 18 ficheros de datos Lidar en huso 29 y 61 ficheros en huso 30



CARACTERÍSTICAS VUELO LIDAR

Comparación características vuelo PNOA y vuelo propio de Monfragüe

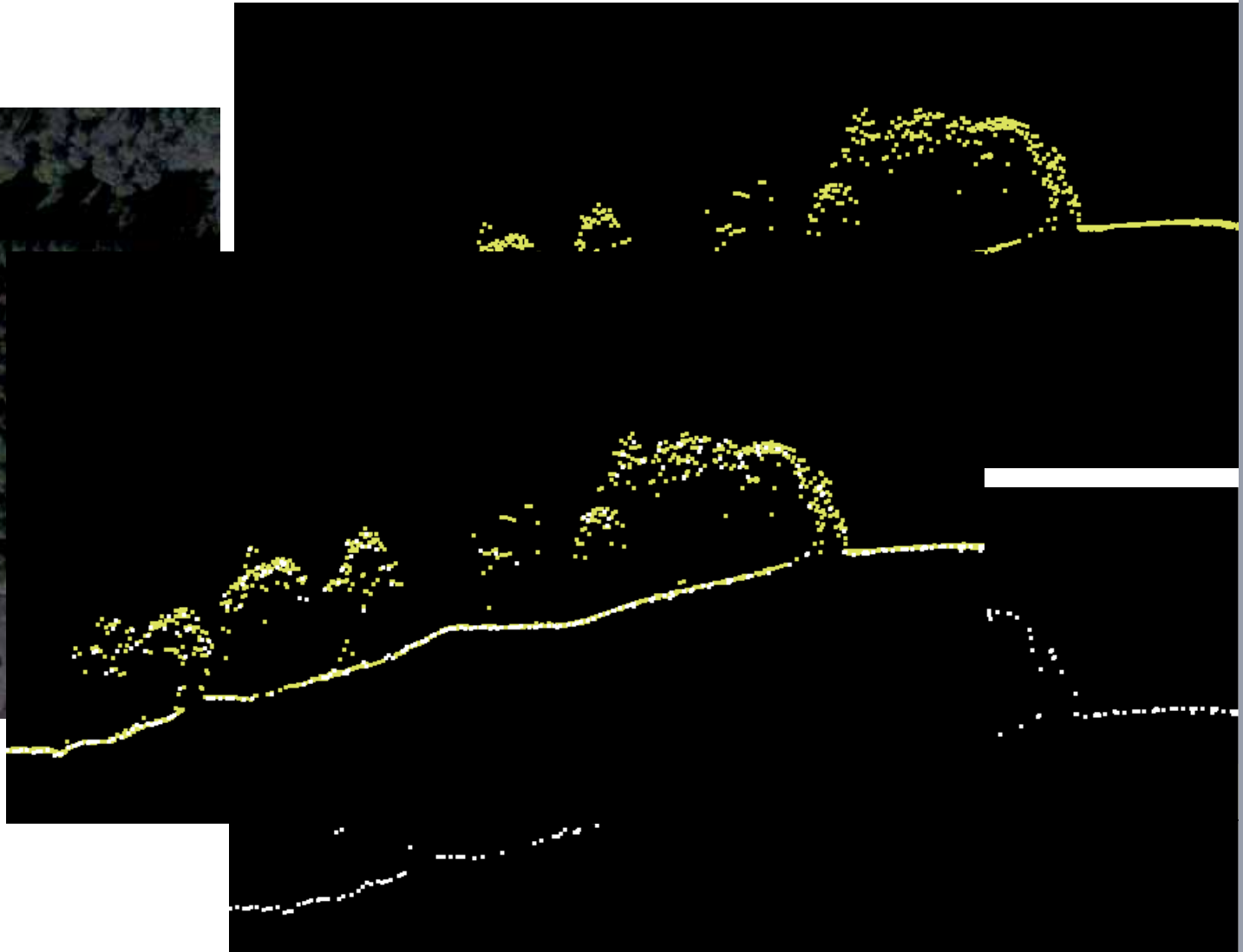
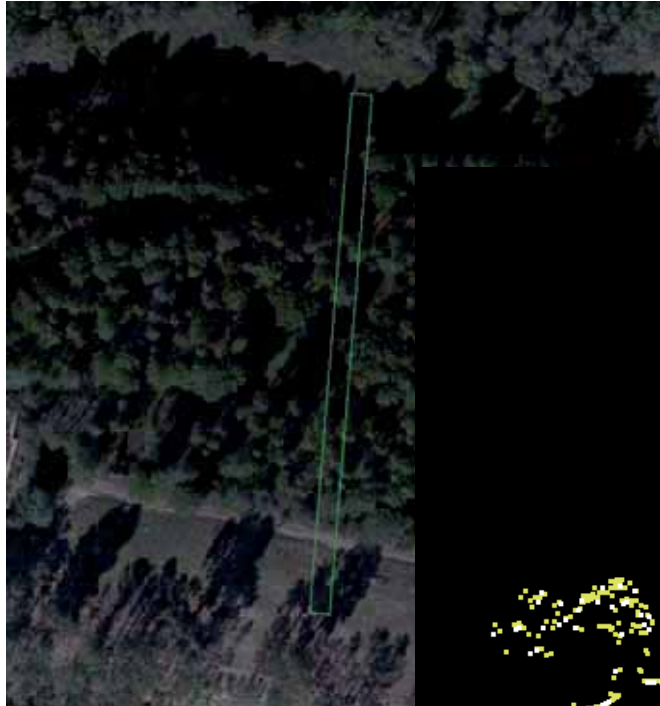


	PNOA 2010 (Lote 8)	Monfragüe	
Densidad	0,5 ptos/m ²	5 ptos/m ²	40 ptos/m ²
Separación entre puntos	1,41 m	0,63 m	0,16 m
Sensor LiDAR	ALS 50 - II	Top Eye MK III	Top Eye MK III
FOV	50°	60°	45°
PRF (Khz)	89.9	100	240
Frec. Barrido (Hz)	33.2	45	70
Hv (AGL)	2200	700	350
Velocidad (nudos)	148	58	20
Velocidad (Km/h)	274	108	36
Rec. Transversal	15%	56%	0%

ÍNDICE

1. LA TECNOLOGÍA LIDAR. Conceptos básicos.
 2. PROYECTO PILOTO LIDAR MONFRAGÜE.
 3. DATOS LIDAR PNOA.
 4. COMPARATIVA MONFRAGÜE: PILOTO LIDAR <> LIDAR PNOA.
 5. CONCLUSIONES
- LINEAS FUTURAS DE TRABAJO

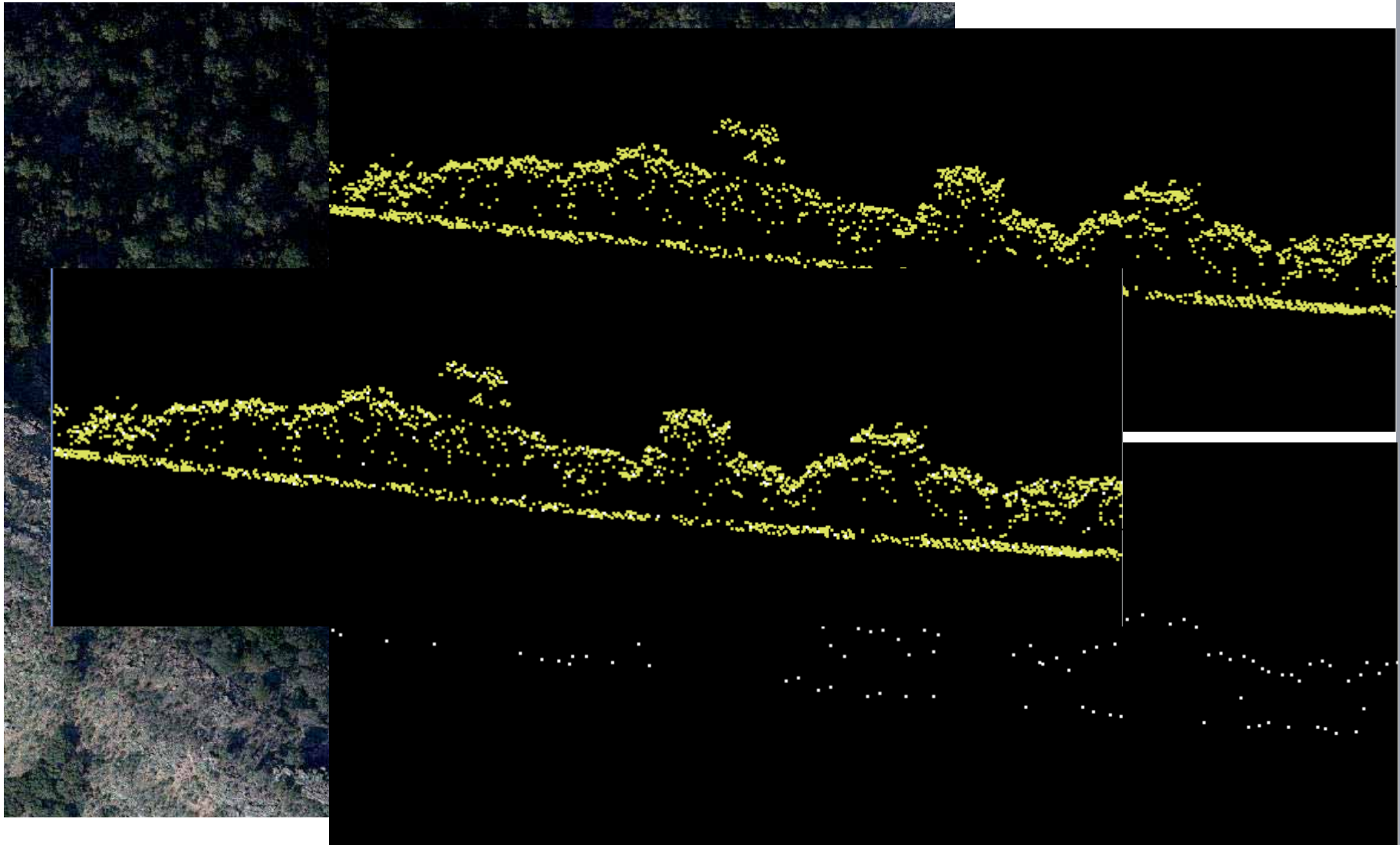
Comparación ficheros LAS (Monfragüe vs PNOA)



MONFRAGÜE: Amarillo \rightarrow 5 puntos/m²

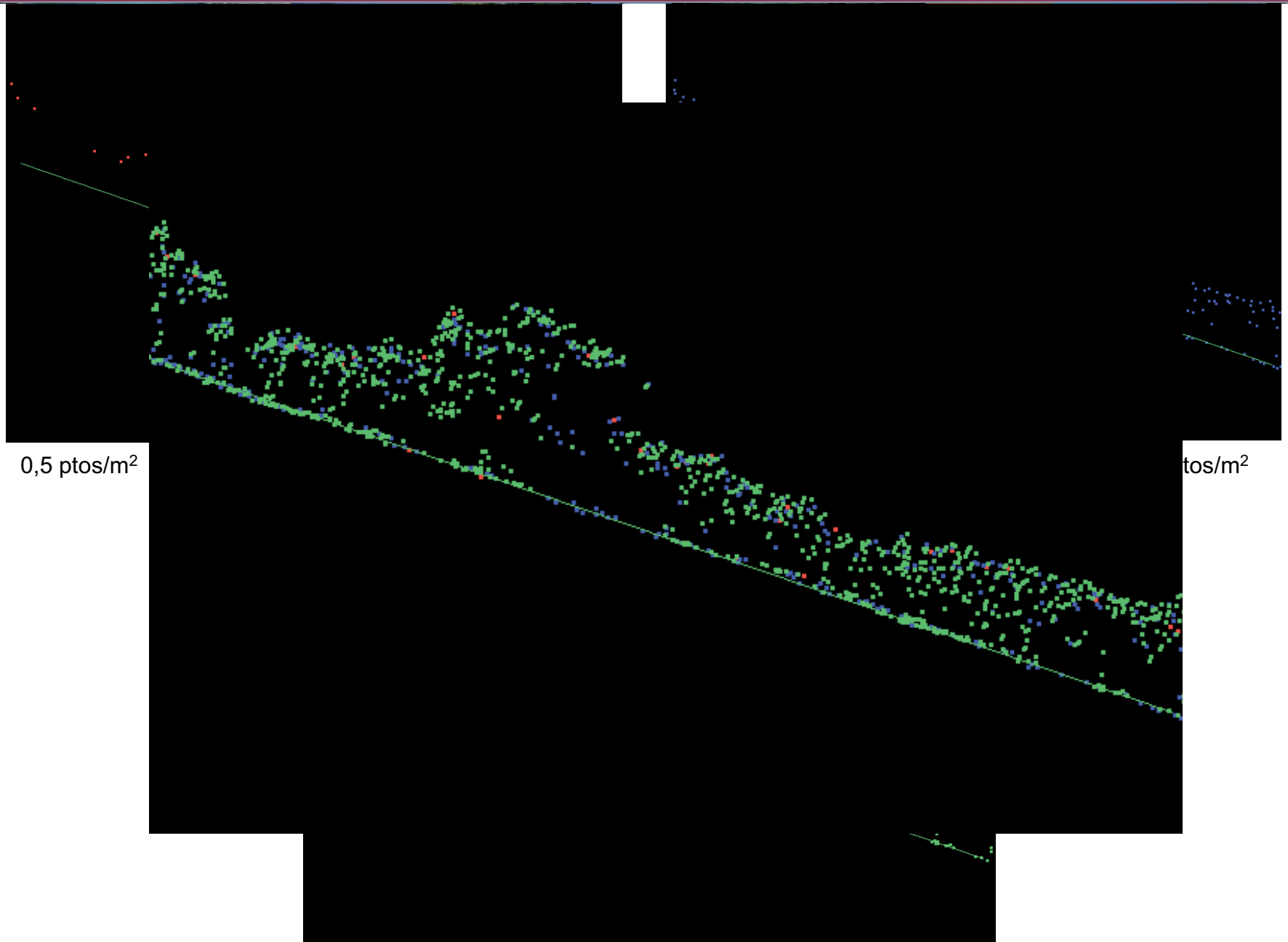
PNOA: Blanco \rightarrow 0,5 puntos/m²

Comparación ficheros LAS (Monfragüe vs PNOA)



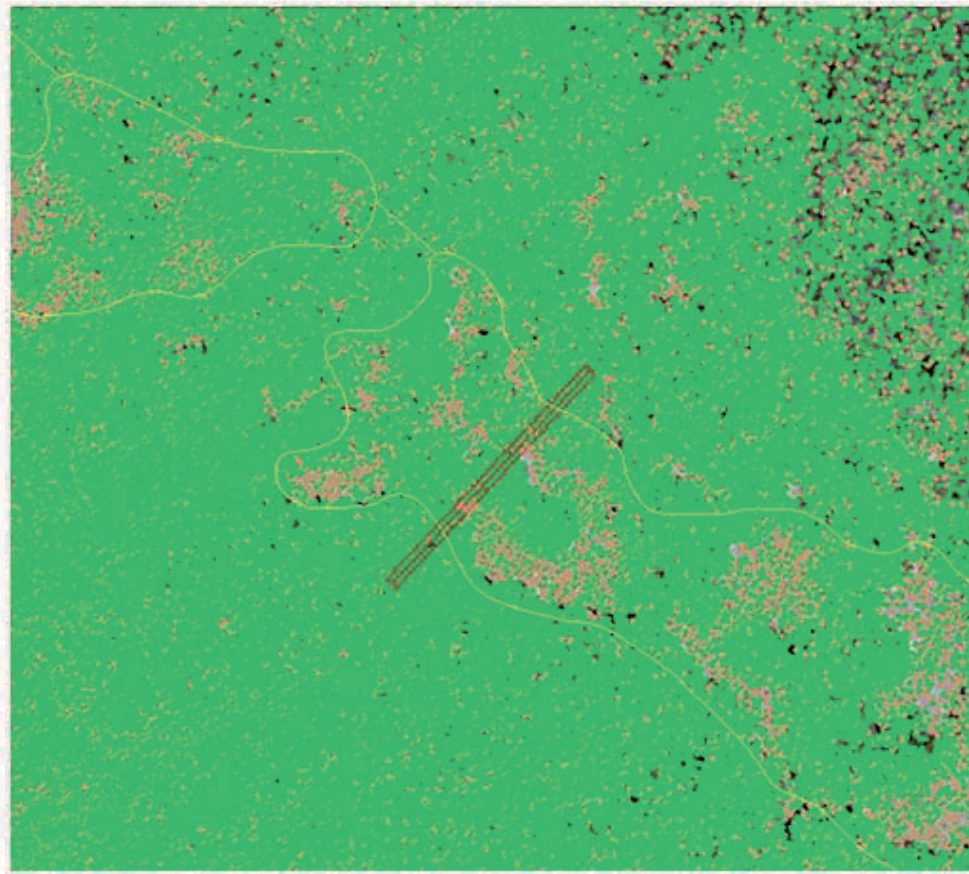
MONFRAGÜE: Amarillo \rightarrow 5 puntos/m²

PNOA: Blanco \rightarrow 0,5 puntos/m²

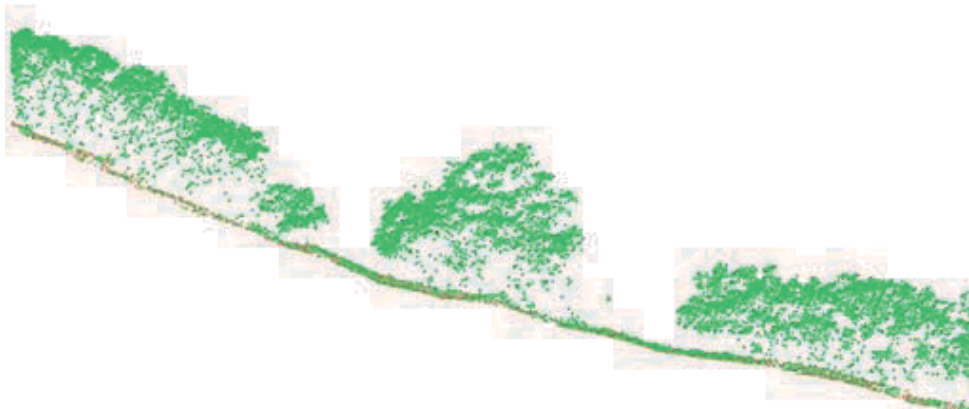


40 ptos/m²

- LIDAR vuelo propio 40ptos/m2 (sobre orto PNOA)



Perfil:



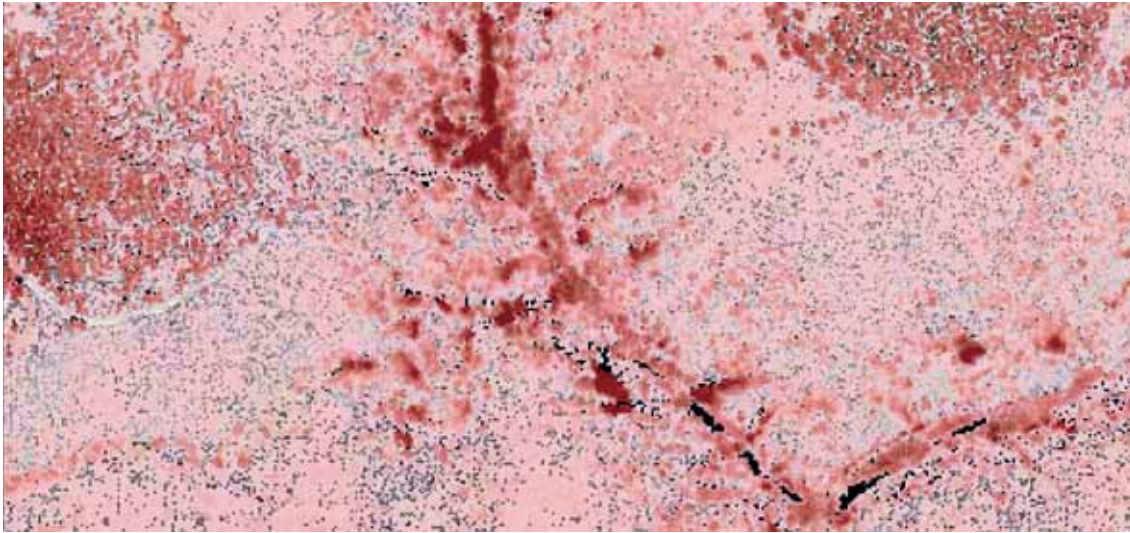
TRATAMIENTO DATOS LIDAR PNOA

(ficheros LAS en H29 y H30. Hay que trabajar con ellos por separado, hasta generar los modelos digitales)

1. Clasificación automática de los puntos suelo en los ficheros .LAS
2. Clasificación automática de los puntos de vegetación y edificios en los ficheros .LAS
 - 2b. Revisión manual de la clasificación
3. Normalización de las alturas de todos los puntos sobre el suelo en los ficheros .LAS.
Paso de alturas elipsoidales a ortométricas
4. Estratificación de la vegetación según intervalos de altura (se siguen los mismos que se emplearon en los datos del vuelo propio de Monfragüe) en los ficheros .LAS
 - Clase 2: Suelo
 - Clase 3: Pastizal (0/0.15 – 0.5m)
 - Clase 4: Matorral (0.5 – 2m)
 - Clase 5: Arbusto (2 – 4m)
 - Clase 8: Bosque (>4m)
5. Generación de **modelos de altura de vegetación** (MDAV). **Estudio tamaño pixel**: 2m
 - MDAV_completo: generado a partir de los datos lidar de las clases 3, 4, 5 y 8.
 - MDAV_pastizal: (ptos. clase 3)
 - MDAV_matorral: (ptos. clase 4)
 - MDAV_arbusto: (ptos. clase 5)
 - MDAV_bosque: (ptos. clase 8)

Los MDAVs se generan asignando a cada píxel el valor medio de la altura de los puntos Lidar clasificados como vegetación (o de cada clase de vegetación) que hay en cada celda del ráster definido (según el tamaño de celda dado). Para las zonas sin datos no se realiza interpolación, ya que la vegetación no se encuentra en toda la superficie del terreno, y de esta manera los datos proporcionados son más reales.
6. Unión de los modelos digitales generados en distintos husos geográficos
7. Cálculo de estadísticos Lidar por tesela de vegetación. **Altura media, FCC y Variabilidad de la vegetación.**

Modelos de Altura de Vegetación PNOA (Tamaño pixel: 2m)



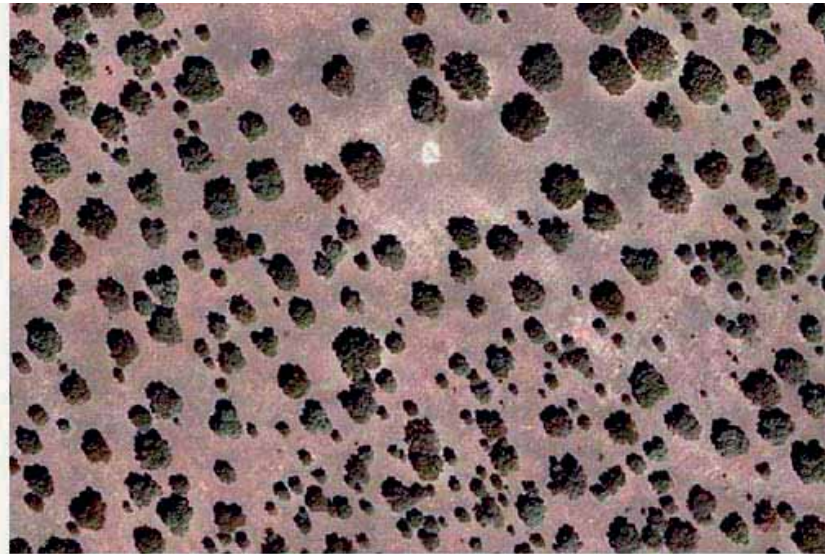
M D Altura de Vegetación Completo



MDAV Bosque: (Altura > 4m):

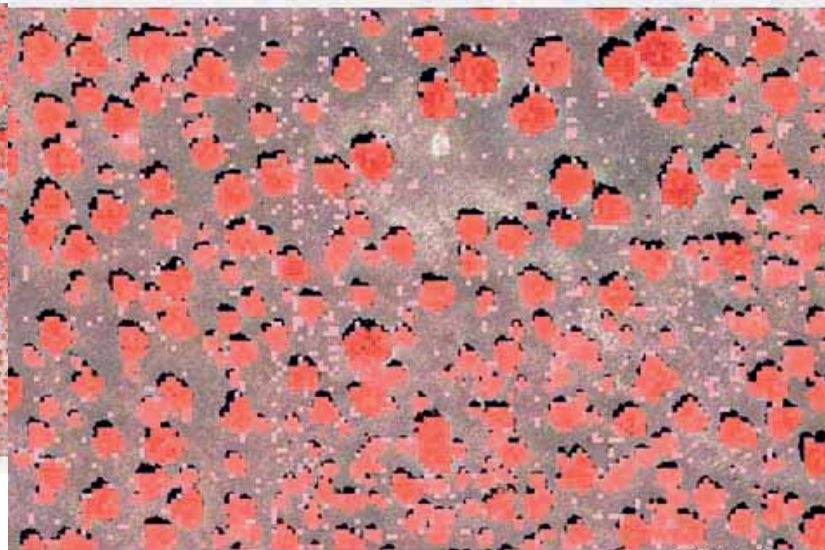
Modelos de Altura de Vegetación PNOA (Tamaño pixel: 2m)

Ejemplo 2. ORTO:

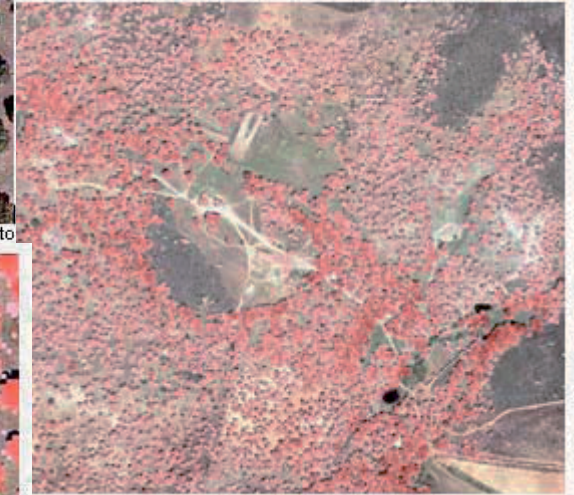


Orto

Ejemplo 2. MDVA_Completo:



MDVA_Completo



MD AlturaVegetación completo sobre ORTO

CÁLCULO DE ESTADISTICOS LIDAR (por estratos)

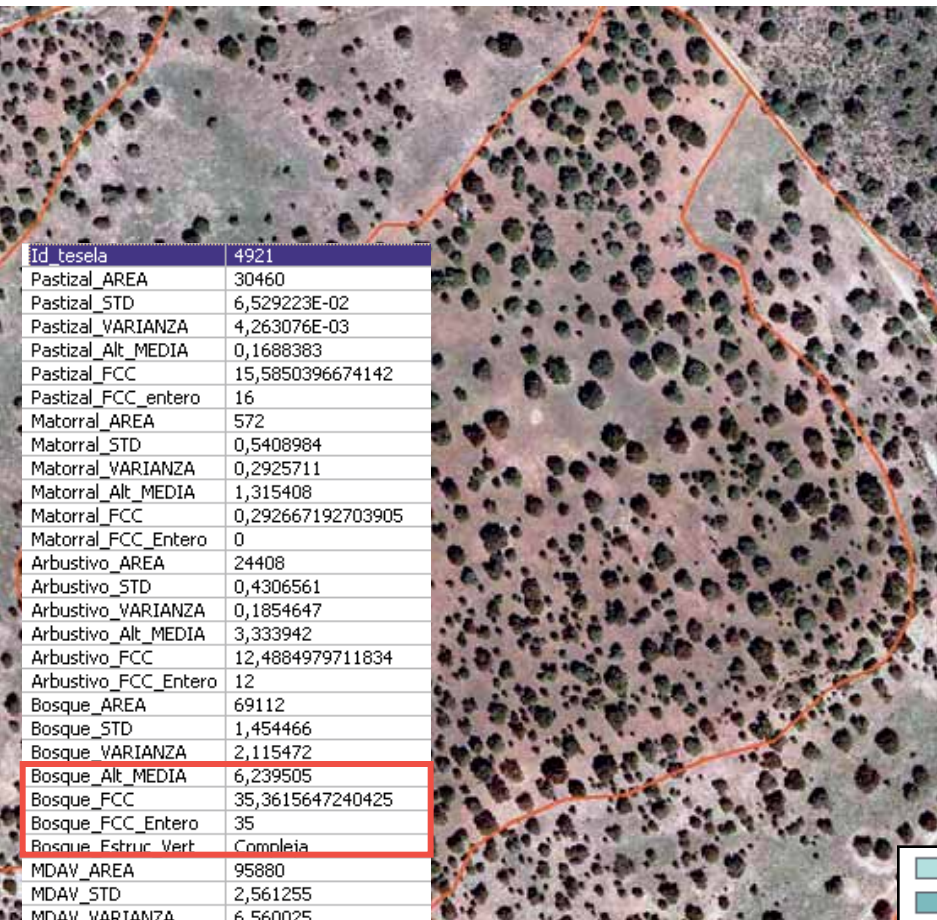
LIDAR PNOA.

0.5 pto/m² Píxel 2 m

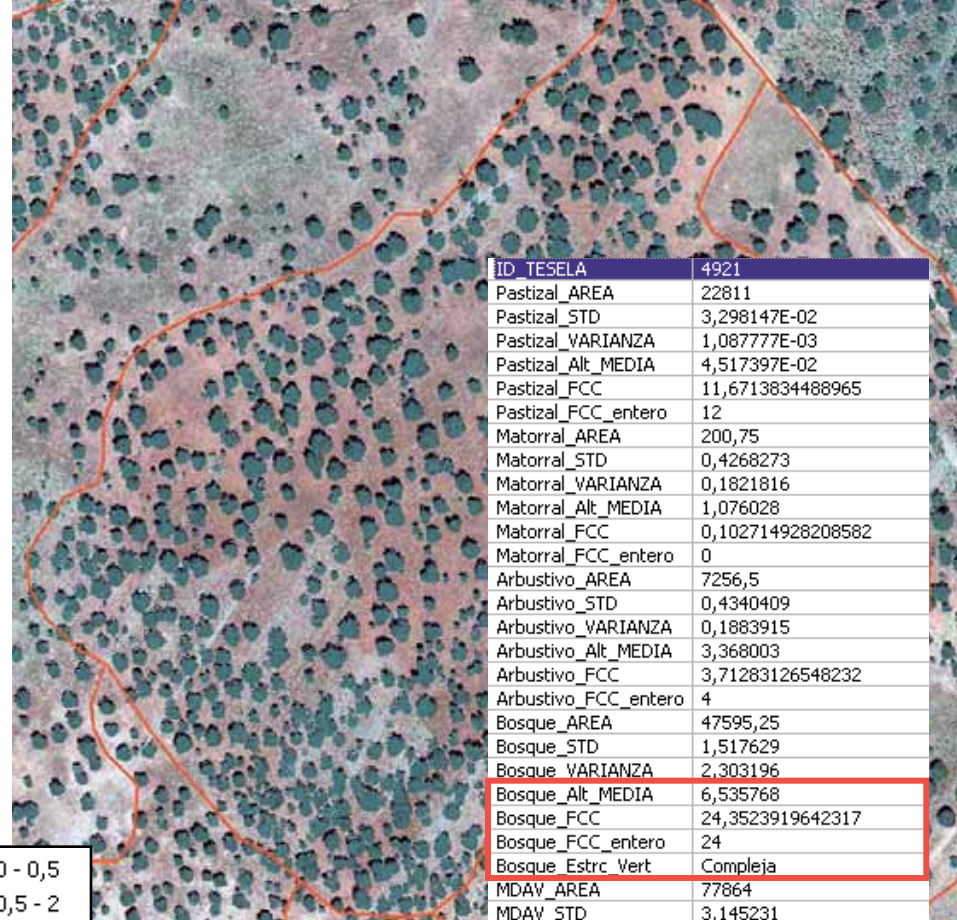
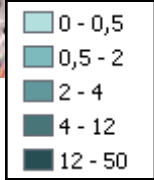
Altura Media, FCC, Estructura Vertical

LIDAR Monfragüe.

5 pto/m² Píxel 0,5 m



Id tesela	4921
Pastizal_AREA	30460
Pastizal_STD	6,529223E-02
Pastizal_VARIANZA	4,263076E-03
Pastizal_Alt_MEDIA	0,1688383
Pastizal_FCC	15,5850396674142
Pastizal_FCC_entero	16
Matorral_AREA	572
Matorral_STD	0,5408984
Matorral_VARIANZA	0,2925711
Matorral_Alt_MEDIA	1,315408
Matorral_FCC	0,292667192703905
Matorral_FCC_entero	0
Arbustivo_AREA	24408
Arbustivo_STD	0,4306561
Arbustivo_VARIANZA	0,1854647
Arbustivo_Alt_MEDIA	3,333942
Arbustivo_FCC	12,4884979711834
Arbustivo_FCC_entero	12
Bosque_AREA	69112
Bosque_STD	1,454466
Bosque_VARIANZA	2,115472
Bosque_Alt_MEDIA	6,239505
Bosque_FCC	35,3615647240425
Bosque_FCC_entero	35
Bosque_Estruc_Vert	Compleja
MDAV_AREA	95880
MDAV_STD	2,561255
MDAV_VARIANZA	6,560025
MDAV_Alt_MEDIA	4,53118
MDAV_FCC	49,0575706930952
MDAV_FCC_entero	49
MDAV_Estruc_Vert	Compleja



ID TESELA	4921
Pastizal_AREA	22811
Pastizal_STD	3,298147E-02
Pastizal_VARIANZA	1,087777E-03
Pastizal_Alt_MEDIA	4,517397E-02
Pastizal_FCC	11,6713834488965
Pastizal_FCC_entero	12
Matorral_AREA	200,75
Matorral_STD	0,4268273
Matorral_VARIANZA	0,1821816
Matorral_Alt_MEDIA	1,076028
Matorral_FCC	0,102714928208582
Matorral_FCC_entero	0
Arbustivo_AREA	7256,5
Arbustivo_STD	0,4340409
Arbustivo_VARIANZA	0,1883915
Arbustivo_Alt_MEDIA	3,368003
Arbustivo_FCC	3,71283126548232
Arbustivo_FCC_entero	4
Bosque_AREA	47595,25
Bosque_STD	1,517629
Bosque_VARIANZA	2,303196
Bosque_Alt_MEDIA	6,535768
Bosque_FCC	24,3523919642317
Bosque_FCC_entero	24
Bosque_Estruc_Vert	Compleja
MDAV_AREA	77864
MDAV_STD	3,145231
MDAV_VARIANZA	9,89248
MDAV_Alt_MEDIA	4,324957
MDAV_FCC	39,8395774347847
MDAV_FCC_entero	40
MDAV_Estruc_Vert	Compleja

Comparación del análisis estadístico de parámetros de vegetación, según diferentes estratos de vegetación definidos en el proyecto.

• **Bosque (>4m):** Diferencias entre Lidar PNOA y Lidar Propio, en valores de altura media, FCC y estructura vertical del estrato de bosque

BOSQUE Alt.Media (valor absoluto)	Nº Teselas	%
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0,10 m	631	18
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0,20 m	1592	46
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0,30 m	2485	72
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0,50 m	3074	89
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 1 m	3318	96
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 2 m	3387	98
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 3 m	3402	98
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 5 m	3430	99

BOSQUE FCC	Nº Teselas	%
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0 (Nº Teselas FCC de vuelo propio es mayor que la de PNOA)	58	1,7
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 50	3456	100
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 40	3440	100
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 30	3362	97
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 20	3093	89
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 10	2390	69
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 5	1785	52
Diferencias L.PNOA - L.Propio = 0	525	15

Estructura Vertical:

El 88% de las teselas identifican la misma estructura vertical con Lidar PNOA que la calculada con Lidar propio.

En 430 teselas no coincide la estructura vertical calculada con Lidar PNOA, con la calculada con el Lidar propio.

En comparación con Lidar propio, el Lidar PNOA tiene:

- Diferencias máximas de altura: 10-20 cm en todos los estratos, a excepción de bosque 50 cm
- FCC sobreestimación entre un 5% y 30% en todos los estratos, a excepción de pastizal 50%
- Estructura vertical: 94% similitud de resultados

ÍNDICE

- 1. LA TECNOLOGÍA LIDAR. Conceptos básicos.**
 - 2. PROYECTO PILOTO LIDAR MONFRAGÜE.**
 - 3. DATOS LIDAR PNOA.**
 - 4. COMPARATIVA MONFRAGÜE: PILOTO LIDAR <> LIDAR PNOA.**
 - 5. CONCLUSIONES**
- LINEAS FUTURAS DE TRABAJO**

VARIABLES DE SEGUIMIENTO OBTENIDAS CON LIDAR

Cotas del terreno (MDT)
Altura del dosel vegetal (MDAltV)
Altura media de la vegetación por estratos
Desviación estándar de la altura de la vegetación por estratos
Cobertura o fracción de cabida cubierta de la vegetación (FCC)
Cobertura o fracción de cabida cubierta de la vegetación (FCC) por estratos
Estratificación vertical de la vegetación
Cotas de las estructuras artificiales (MDEd)

CONCLUSIONES

- El Lidar es una tecnología que aporta información de gran interés para la **detección de cambios y el seguimiento del territorio** (morfología del terreno y estructura de la vegetación)
- El Lidar permite obtener un **gran volumen de información** (continua para toda la superficie volada) a bajo coste comparado con inventarios de campo tradicionales.
- Recomendable hacer **trabajo de campo** (muestreo) para poder cuantificar la precisión y exactitud en el cálculo y medida de variables de vegetación a partir de Lidar.
- Los resultados pueden verse influidos por la **fecha del vuelo** (estación y año).
- Es fundamental seleccionar **tamaño de píxel** adecuado para generar los modelos digitales.
Influye en los resultados obtenidos

-Vuelo PNOA:

- Posibilidad de **superponer la información** de vuelos Lidar propios con PNOA (precisión planimétrica y altimétrica correcta)
- **Periodicidad y resolución** del PNOA permite estudios evolutivos y el seguimiento a nivel de Red de Parques Nacionales.

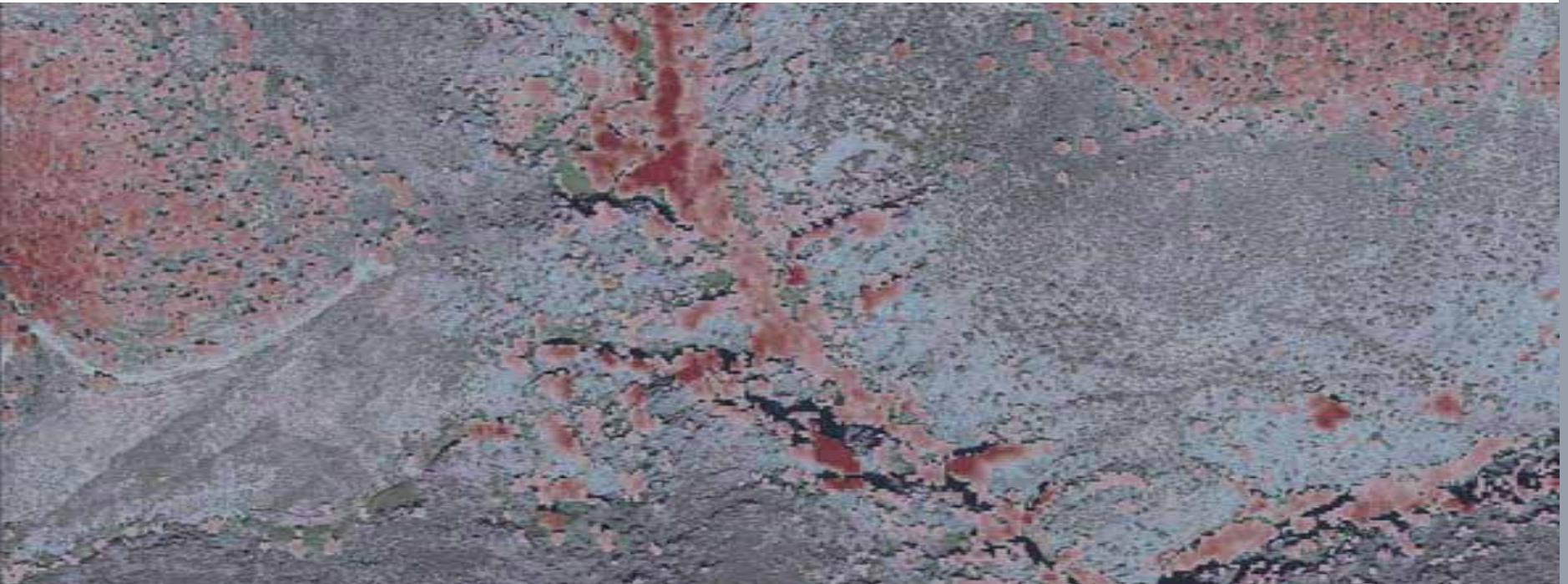
LINEAS FUTURAS DE TRABAJO

- Incorporar los datos Lidar PNOA a la cartografía de los sistemas naturales de la Red de Parques Nacionales.

- Incorporar el estudio de nuevas variables forestales (ej: número de pies, diámetro normal, diámetro de copa, área basimétrica e índice de área foliar) y ecológicas (biomasa y el contenido en carbono).

...

Gracias por su atención



MEDIOS TÉCNICOS EMPLEADOS

Sensor LiDAR:

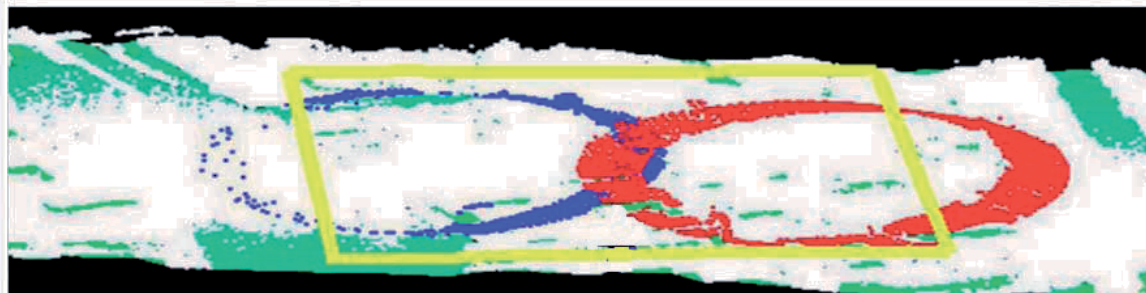
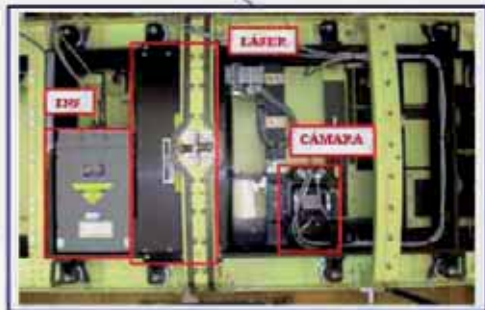
TopEye MK – III S/N 700

Sistema GNSS / IMU

Parámetro	Valor
Altura de operación (AGL, altura del vuelo)	Entre 70 y 700 m de altura relativa
PRF, <i>Pulse Repetition Frequency</i> (Frecuencia de emisión de pulsos)	210 kHz agregada (50.000 Hz escáner palmer +160.000 Hz diente de sierra)
<i>Range capture</i> (Número de medidas tomadas por cada pulso enviado)	<i>Full waveform</i> . Captura de forma de onda completa. Número de retornos configurables en postproceso y posibilidad de captura de más de 4 retornos.
<i>Intensity capture</i>	1 lectura de intensidad por cada retorno almacenado.
<i>Scan angle</i> (Ángulo de escaneo)	Hasta $\pm 30^\circ$
Velocidad de escaneo	Entre 36 y 130 Km/h
<i>Swath width</i> (Anchura de escaneo)	Desde 73 hasta 812 m
Resolución imágenes cámara	Gsd entre 1 y 10 cm/píxel
Densidad de datos LIDAR por pasada	Entre 2 y 100 ptos/m ²
Precisión vertical	Por debajo de 5 cm típicamente ² ; ± 1 -sigma

Escáner espejo oscilante “diente de sierra” (LRF3)

Escáner palmer (LRF2)





MEDIOS TÉCNICOS EMPLEADOS

Aeronave: Eurocopter Ecureuil AS350 B2

Matrícula aeronave: CS-HED

Estaciones de Referencia en Tierra:

2 Receptores Leica SR530

24 Canales

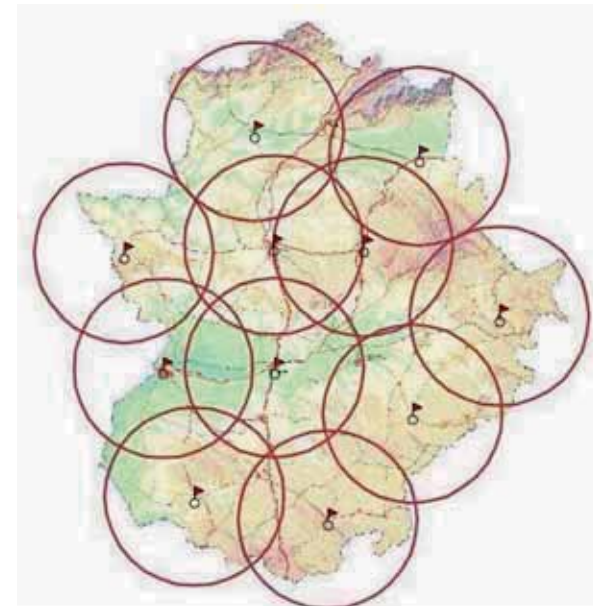
Bifrecuencia

Precisiones: Estático: 3 mm + 0.5 ppm

Estático – Rápido: 5 mm + 1ppm

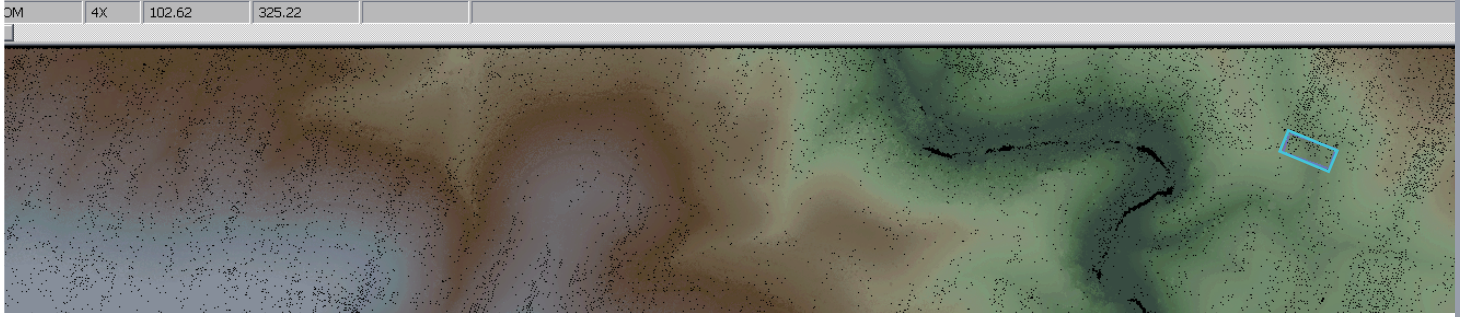
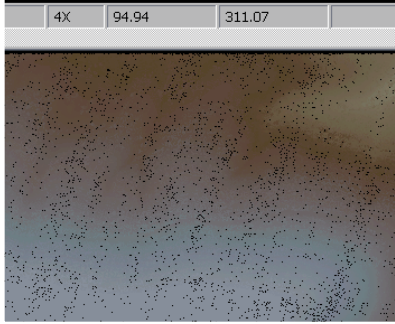
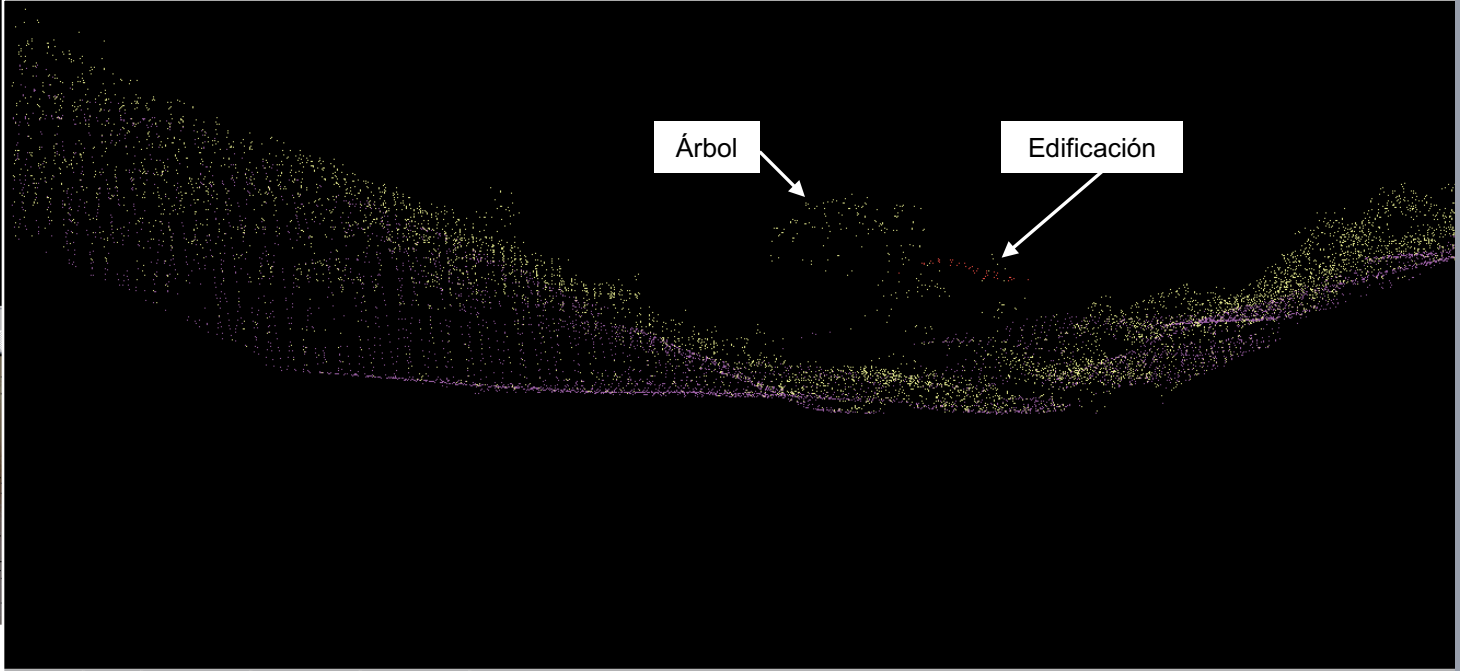
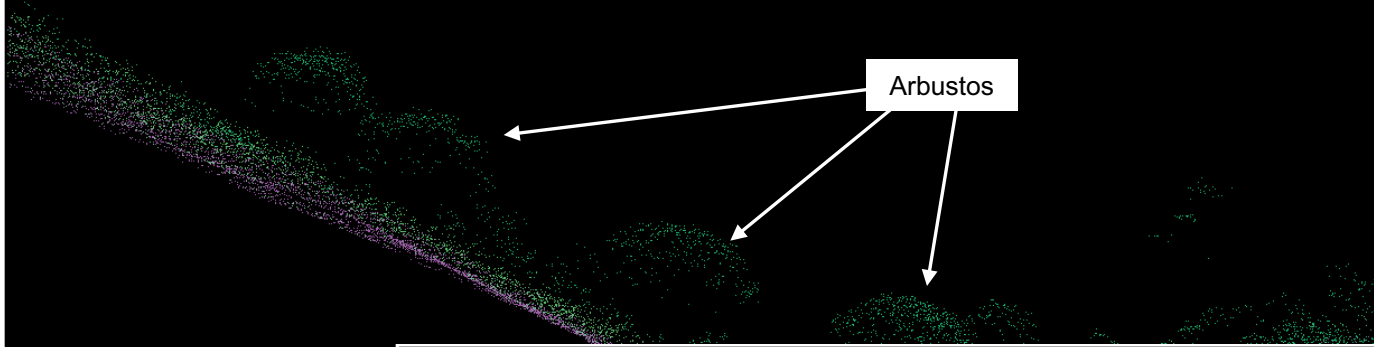


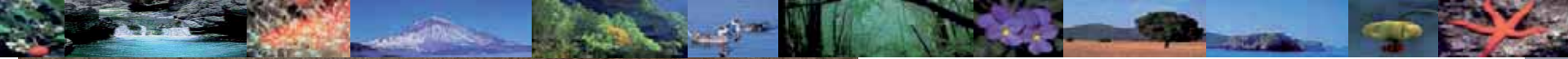
Distancia entre estaciones 28 km. La base línea nunca ha superado los 15 km





PERFILES

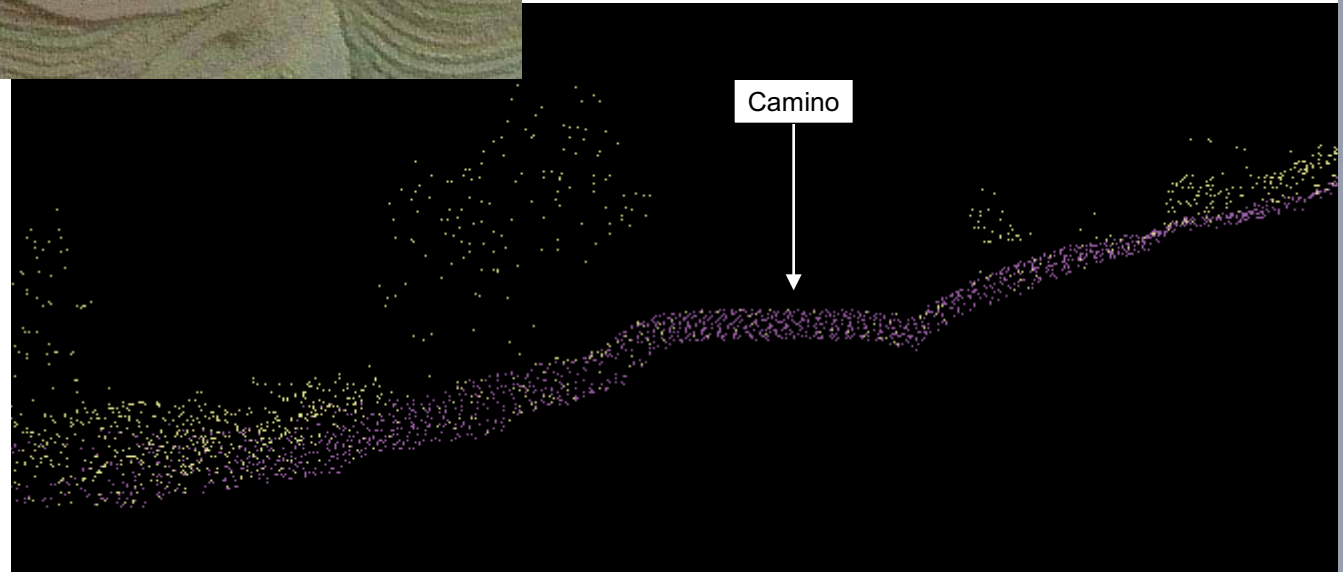




Generación de Modelos digitales de gran detalle a partir de datos LIDAR.

Tamaño celda 0,5m

Detalle de un camino en el MDT y perfil sobre ficheros .LAS



Alt_MEDIA	1,034326
AREA	40693,5
FCC	24,9126214207459
FCC_entero	25
ID_TESELA	3704
OBJECTID	2591
STD	0,3152361
VARIANZA	0,0993738

Estrato matorral

Alt_MEDIA	0,1561103
AREA	33362
FCC	20,424266181059
FCC_entero	20
ID_TESELA	3704
OBJECTID	2201
STD	0,1269341
VARIANZA	1,611228E-02

Estrato pastizal

Alt_MEDIA	5,00821
AREA	50277,5
Estrc_Vert	Simple
FCC	21,2104047676402
FCC_entero	21
ID_TESELA	4233
OBJECTID	2644
STD	0,902133
VARIANZA	0,8138439

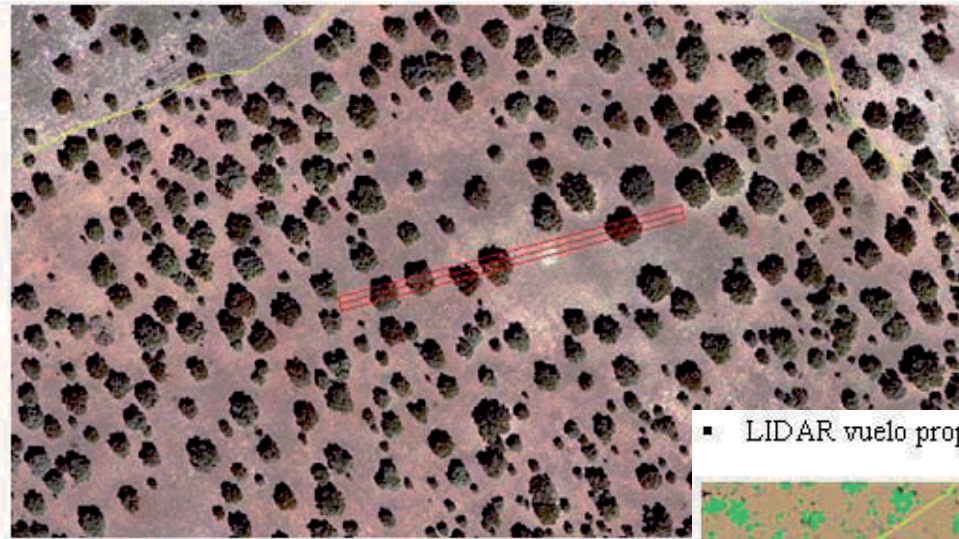
Estrato arbóreo

Alt_MEDIA	3,046519
AREA	72294
FCC	30,4984337381886
FCC_entero	30
ID_TESELA	4233
OBJECTID	2683
STD	0,5609441
VARIANZA	0,3146583

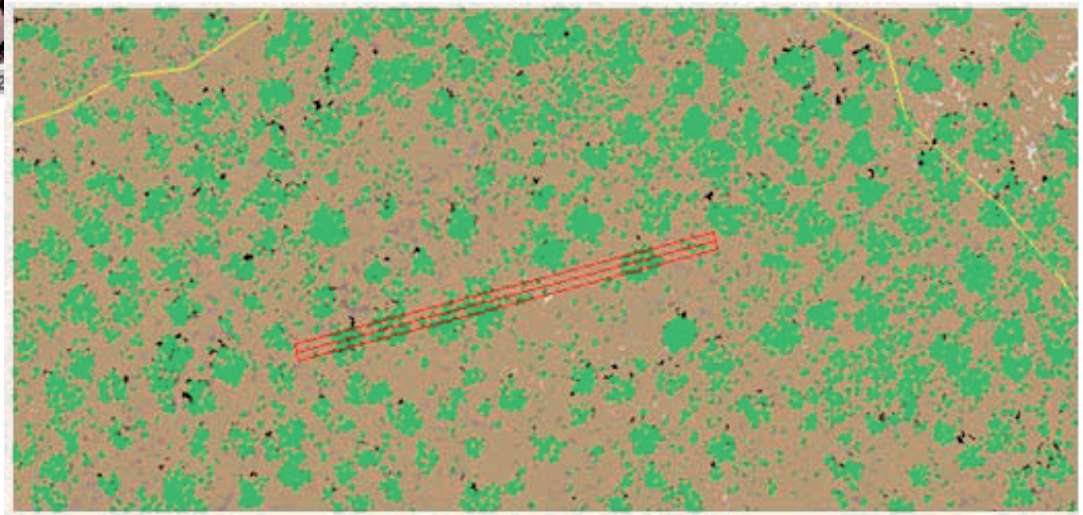
Estrato arbustivo



▪ ORTO

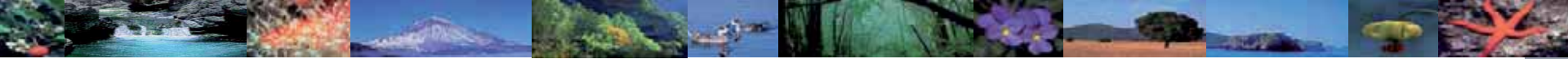


▪ LIDAR vuelo propio 5ptos/m2

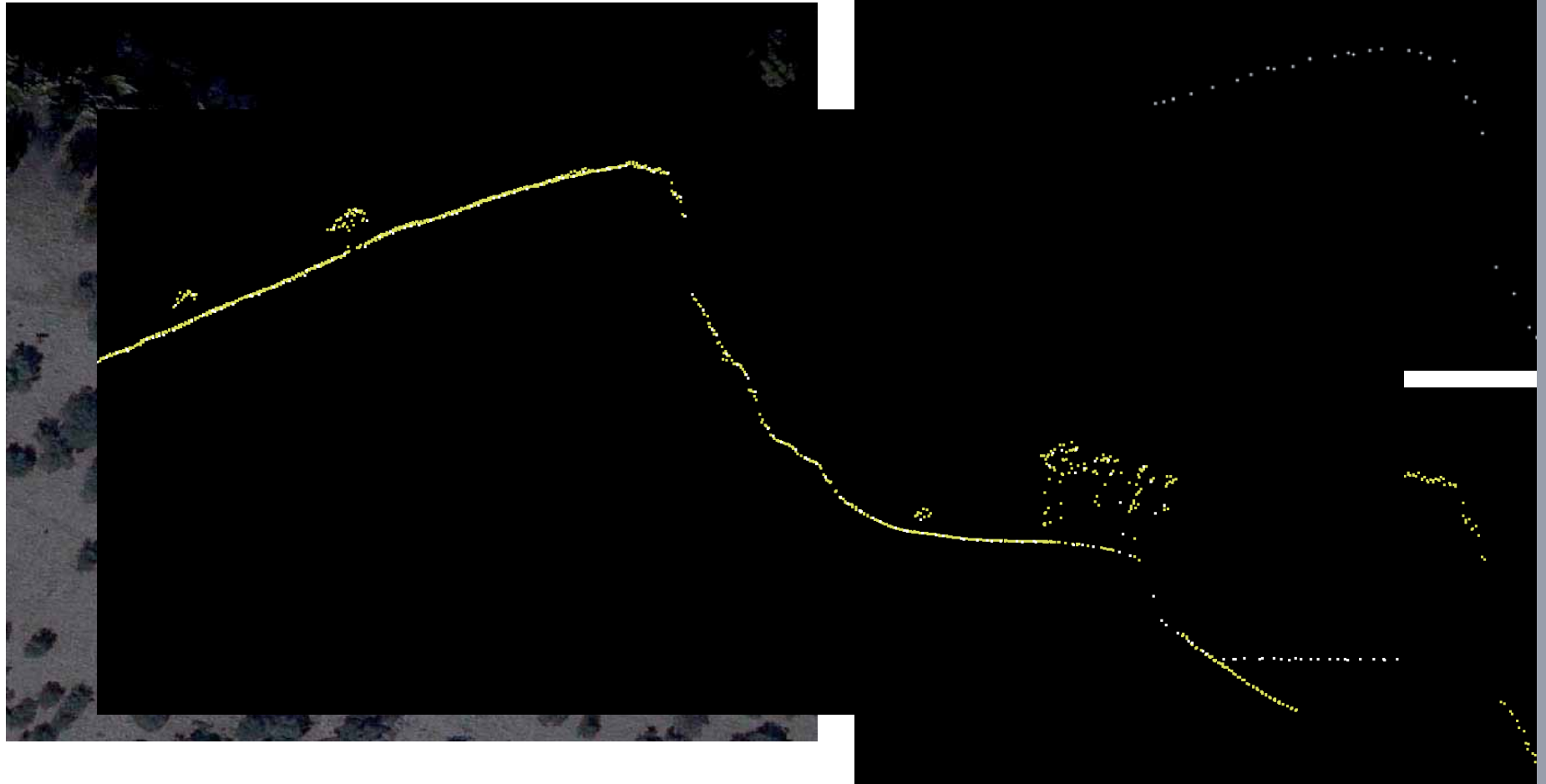


Perfil:



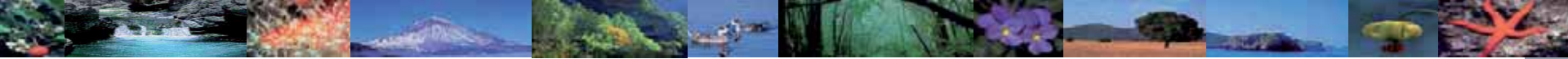


Comparación ficheros LAS (Monfragüe vs PNOA)

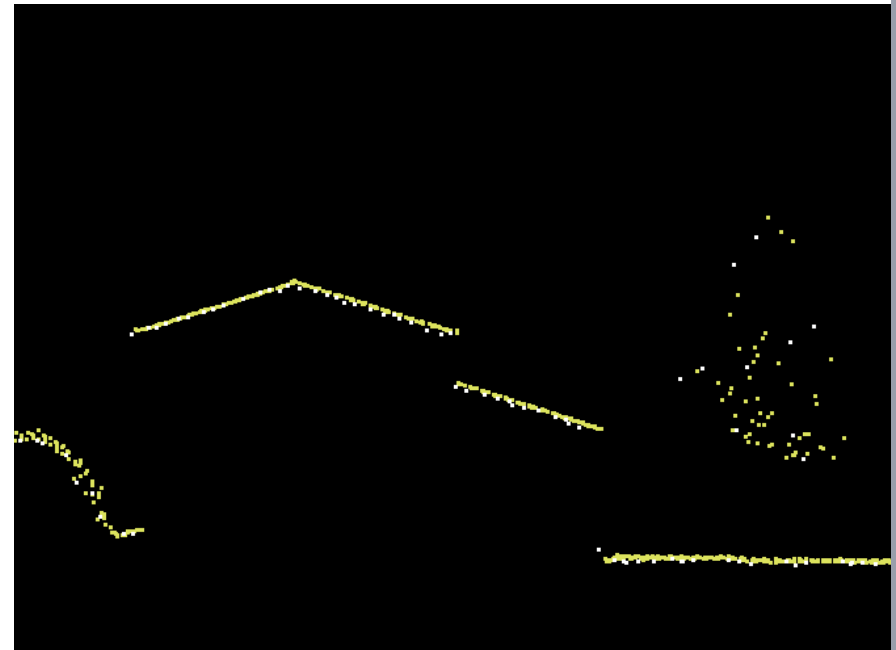


MONFRAGÜE: Amarillo \rightarrow 5 puntos/m²

PNOA: Blanco \rightarrow 0.5 puntos/m²



Comparación ficheros LAS (Monfragüe vs PNOA)



MONFRAGÜE: Amarillo \rightarrow 5 puntos/m²

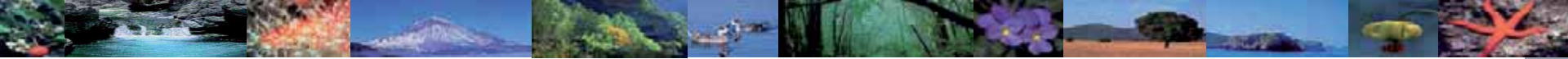
PNOA: Blanco \rightarrow 0.5 puntos/m²

Unión de los modelos digitales generados en distintos husos geográficos.

Se re proyectan al huso 30 los modelos digitales generados en H29, se recortarán las zonas de solape con los modelos del huso 30 y se unirán generándose un único modelo digital por estrato de altura de vegetación, con proyección ETRS89, huso 30

Ejemplo. MDAV completo





Comparación del análisis estadístico de parámetros de vegetación, según diferentes estratos de vegetación definidos en el proyecto.

- **MDVA_Completo**: Diferencias entre Lidar PNOA y Lidar Propio, en valores de altura media, FCC y estructura vertical de la vegetación.

VEGETACIÓN Alt.Media (valor absoluto)	Nº Teselas	%
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0,10 m	528	15
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0,20 m	1114	32
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0,30 m	1811	52
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0,50 m	2697	78
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 1 m	3291	95
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 2 m	3433	99

VEGETACIÓN FCC	Nº Teselas	%
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0 (Nº Teselas FCC de vuelo propio es mayor que la de PNOA)	659	19
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 50	3432	99
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 40	3347	97
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 30	2960	86
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 20	2003	58
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 10	1126	33
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 5	877	25
Diferencias L.PNOA - L.Propio = 0	38	1,1

Estructura Vertical:

El 94% de las teselas identifican la misma estructura vertical con Lidar PNOA que la calculada con Lidar propio.

En 212 teselas no coincide la estructura vertical calculada con Lidar PNOA, con la calculada con el Lidar propio.



• **Bosque (>4m):** Diferencias entre Lidar PNOA y Lidar Propio, en valores de altura media, FCC y estructura vertical del estrato de bosque

BOSQUE Alt.Media (valor absoluto)	Nº Teselas	%
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0,10 m	631	18
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0,20 m	1592	46
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0,30 m	2485	72
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0,50 m	3074	89
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 1 m	3318	96
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 2 m	3387	98
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 3 m	3402	98
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 5 m	3430	99

BOSQUE FCC	Nº Teselas	%
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0 (Nº Teselas FCC de vuelo propio es mayor que la de PNOA)	58	1,7
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 50	3456	100
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 40	3440	100
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 30	3362	97
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 20	3093	89
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 10	2390	69
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 5	1785	52
Diferencias L.PNOA - L.Propio = 0	525	15

Estructura Vertical:

El 88% de las teselas identifican la misma estructura vertical con Lidar PNOA que la calculada con Lidar propio.

En 430 teselas no coincide la estructura vertical calculada con Lidar PNOA, con la calculada con el Lidar propio.

• **Arbustivo (2 – 4m):** Diferencias entre Lidar PNOA y Lidar Propio, en valores de altura media y FCC del estrato arbustivo.

ARBUSTO Alt.Media (valor absoluto)	Nº Teselas	%
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0,10 m	2698	78
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0,20 m	3271	95
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0,30 m	3363	97

ARBUSTO FCC	Nº Teselas	%
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0 (Nº Teselas FCC de vuelo propio es mayor que la de PNOA)	163	4,7
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 50	3456	100
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 40	3438	99
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 30	3293	95
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 20	2821	82
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 10	1981	57
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 5	1310	38
Diferencias L.PNOA - L.Propio = 0	245	7,1



• **Matorral** (0.5 – 2m): Diferencias entre Lidar PNOA y Lidar Propio, en valores de altura media y FCC del estrato matorral.

MATORRAL Alt.Media (valor absoluto)	Nº Teselas	%
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0,10 m	1724	50
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0,20 m	3002	87
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0,30 m	3386	98

MATORRAL FCC	Nº Teselas	%
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0 (Nº Teselas FCC de vuelo propio es mayor que la de PNOA)	579	17
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 50	3434	99
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 40	3338	97
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 30	3124	90
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 20	2644	76
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 10	1940	56
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 5	1378	40
Diferencias L.PNOA - L.Propio = 0	220	6,4

• **Pastizal** (0/0.15 – 0.5m): Diferencias entre Lidar PNOA y Lidar Propio, en valores de altura media y FCC del estrato pastizal.

PASTIZAL Alt.Media (valor absoluto)	Nº Teselas	%
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0,10 m	2453	71
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0,20 m	3453	100
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0,30 m	3455	100

PASTIZAL FCC	Nº Teselas	%
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 0 (Nº Teselas donde FCC de vuelo propio es mayor que la de PNOA)	583	16,9
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 50	3182	92
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 40	2773	80
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 30	2252	65
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 20	1642	48
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 10	1082	31
Diferencias L.PNOA - L.Propio < 5	856	25
Diferencias L.PNOA - L.Propio = 0	61	1,8