

Integración de métodos de la geomática en la evaluación de la estructura forestal a distintas escalas de trabajo

Oscar Schwendtner & Josep Sabaté



4Datum
Investigación y Desarrollo S.L.



Seguimiento de bosques maduros



Seguimiento de bosques maduros

ESTUDIO DE FAUNA Y FLORA



Campana de campo para la identificación de la biodiversidad del bosque

- Flora vascular
- Líquenes y briófitos epífitos
- Coleópetros saproxílicos
- Quirópteros
- Aves

Proceso de análisis de los datos de campo.
Identificación de familias, grupos y especies

Proceso de análisis de los datos de campo

ESTABLECIMIENTO DE DOS PARCELAS DE SEGUIMIENTO PERMANENTES



Campana de campo previa para la identificación de las 2 parcelas permanentes

Establecimiento y marcaje sobre el terreno de las 2 parcelas permanentes:

- Límites en 25 subplots de 5 m x 5m
- Etiquetaje de los árboles

Obtención de datos dendrométricos de las parcelas

Proceso de análisis de los datos de campo

OBTENCIÓN DE CARTOGRAFÍA DE DETALLE A ESCALA DE RODAL FORESTAL



Planificación de la operación con el RPAS

Operación con el RPAS
Plataforma: Phantom 3 Profesional
Sensor: Cámara Sony X3
Estación de tierra: Emisora y aplicación DJI GO

Proceso de restitución fotogramétrico

Obtención d variables forestales del rodal

La charla de hoy....

ESTUDIO DENDROCRONOLÓGICO

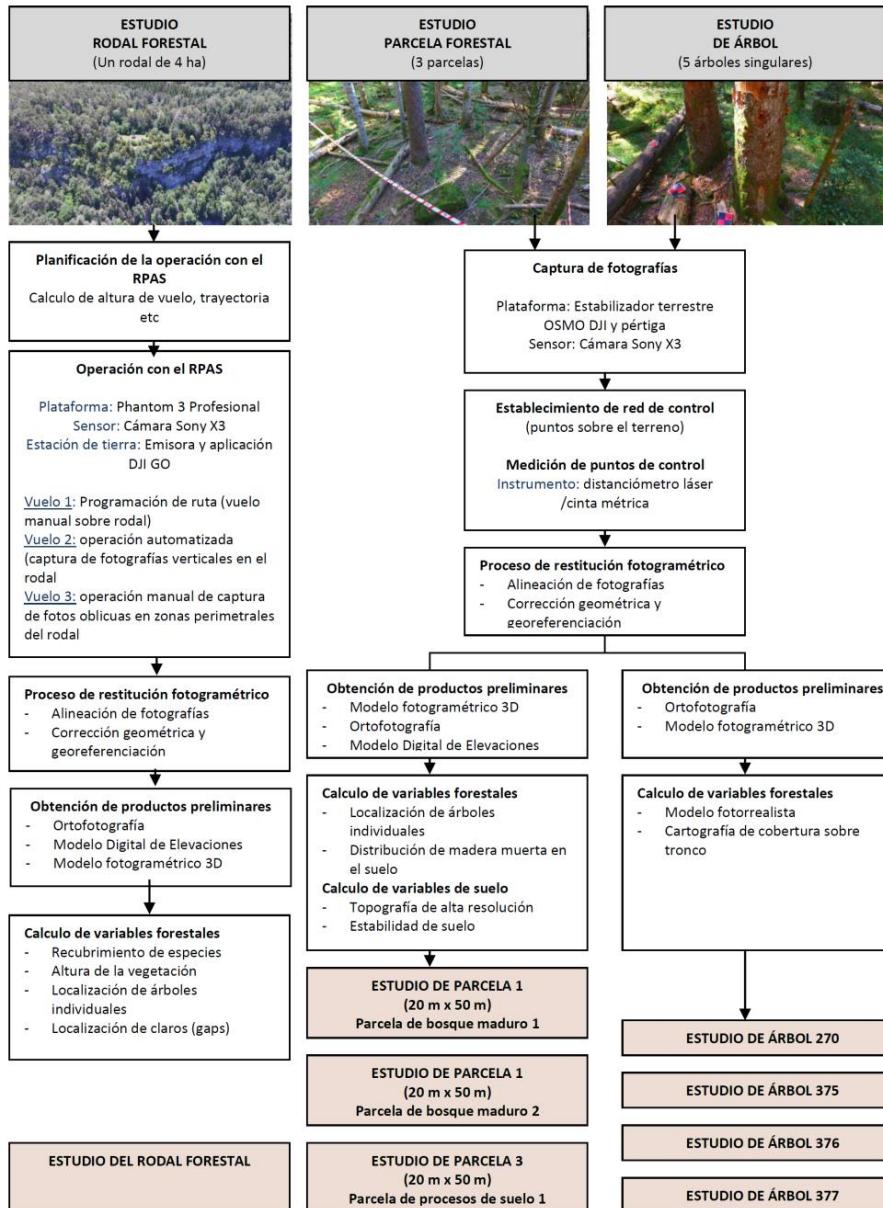


Campana de campo para la identificación y toma de datos de campo

Obtención de testigos de madera de 85 árboles representativos de las dos parcelas de estudio

Proceso de análisis de los testigos de madera mediante programa informático

Escalas de trabajo



CARACTERIZACIÓN A ESCALA DE RODAL

Bosque de Turieto

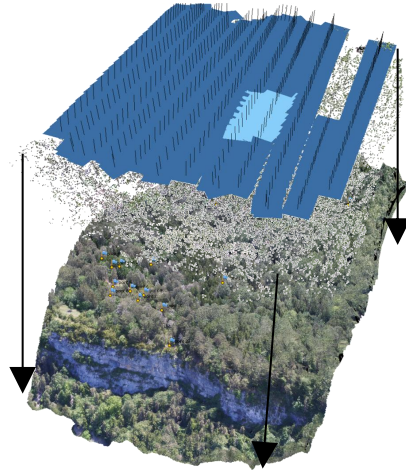
Parque Nacional de Ordesa y
Monte Perdido

METODOLOGÍA

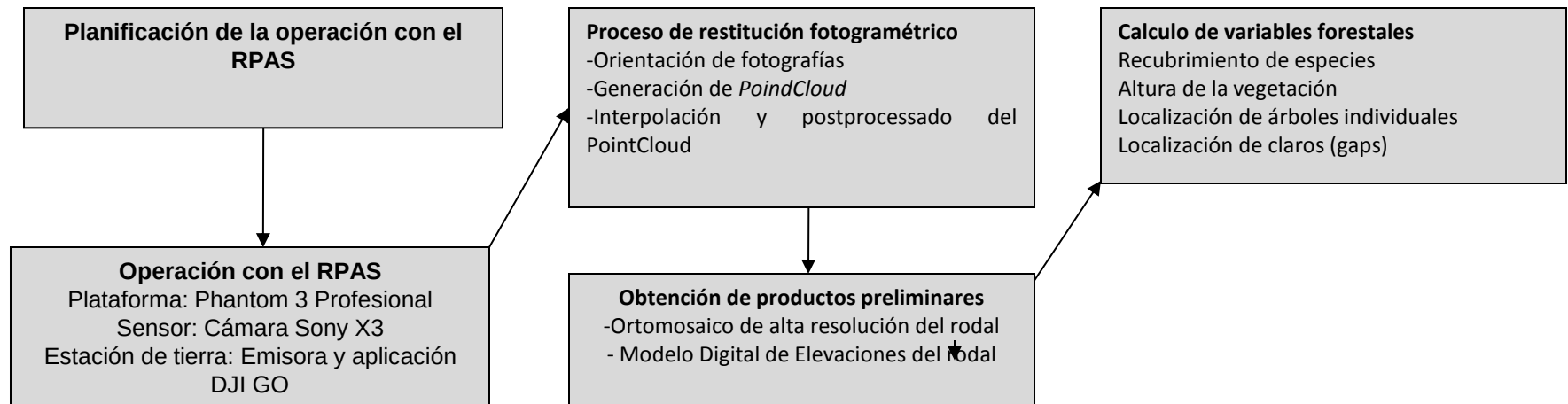
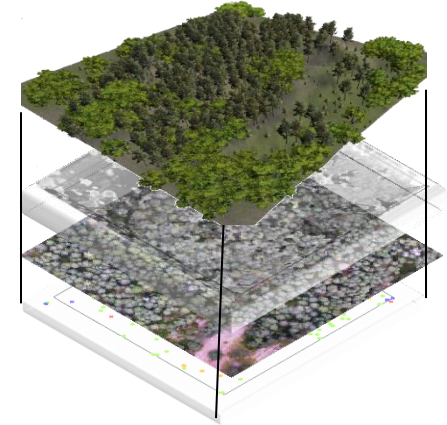
RPAS / dron de pequeño tamaño!!



Fotogrametría digital automatizada (SfM-MVS)

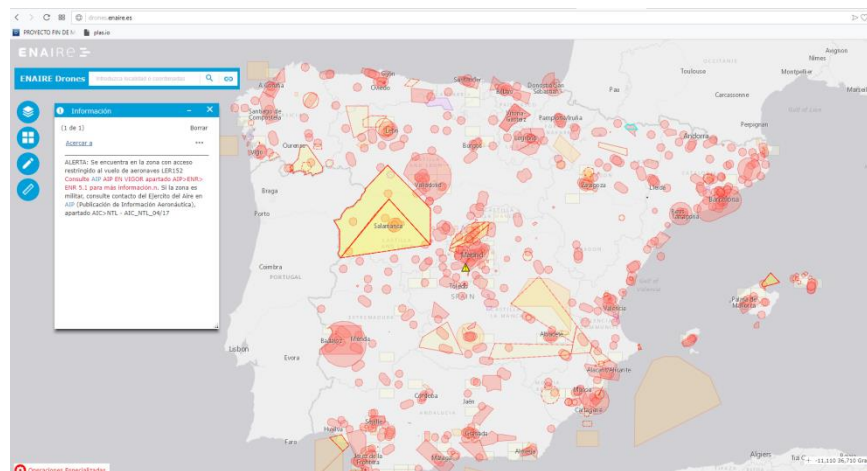


Sistemas de Información Geográfica y Teledetección

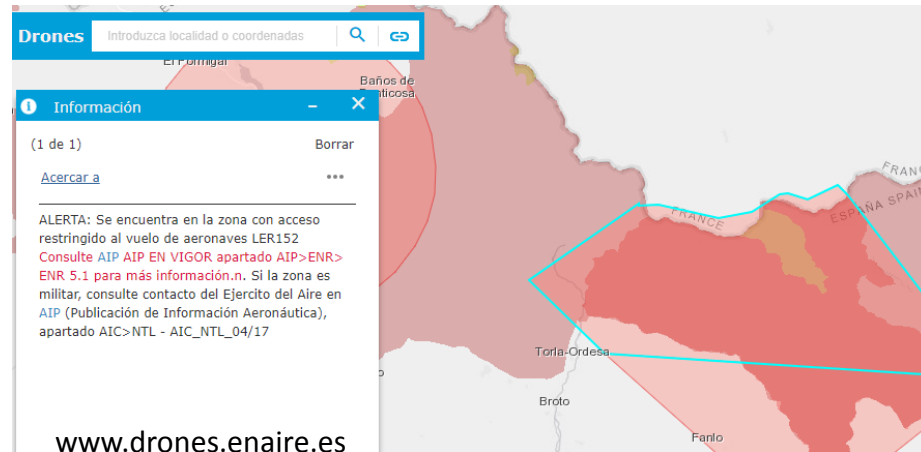


MARCO REGULATORIO DEL USO DE AERONAVES EN PARQUES NACIONALES

El espacio aéreo y su utilización es mas complejo de lo que parece....



www.drones.enaire.es



www.drones.enaire.es

Ley 48/1960, de Navegación Aérea.

Real Decreto 1036/2017, de 15 de diciembre

AIP
ESPAÑA

ENR 5.1-1
WEF 17-AUG-17

ZONAS PROHIBIDAS, RESTRINGIDAS Y PELIGROSAS; ESPACIOS AÉREOS TEMPORALMENTE SEGREGADOS.
PROHIBITED, RESTRICTED AND DANGER AREAS; TEMPORARY SEGREGATED AREAS.

LER152 PARQUE NACIONAL DE ORDESA Y
MONTE PERDIDO NORTE (Huesca)

424218N 0000419E; 423656N 0000952E;
423740N 0000523W; 423949N 0000822W;
424144N 0000439W; siguiendo la frontera hispano-
francesa hasta / following the Spanish-French border
up to 424218N 0000419E.

FL 135
SFC

Parque Nacional. Prohibido el sobrevuelo, excepto aeronaves de estado y vuelos para la conservación del Parque autorizados por el Organismo Autónomo Parques Nacionales / National Park. Overflight is prohibited, except for State aircraft and flights for Park preservation authorised by the Organismo Autónomo Parques Nacionales. Permanente / Permanent.

Tramite de autorización de
vuelo al OAPN

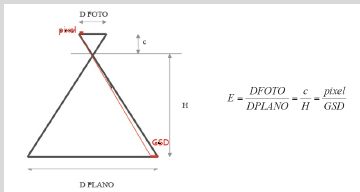


METODOLOGÍA

PLANIFICACIÓN DE LA OPERACIÓN CON EL RPAS

Cálculo de la altura de vuelo

- Resolución espacial deseada
- Resolución de la cámara fotográfica
 - Tamaño del sensor
 - Distancia focal de la cámara



$$E = \frac{D_{FOTO}}{D_{PLANO}} = \frac{c}{H} = \frac{pixel}{GSD}$$

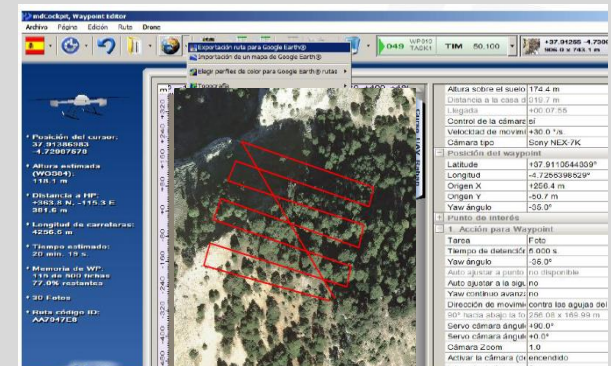
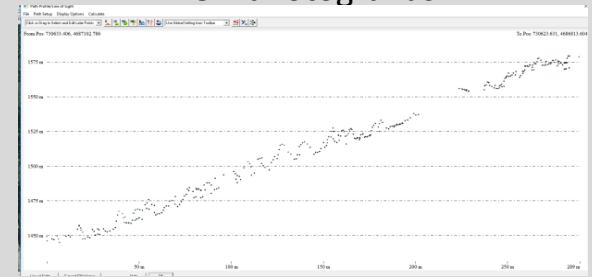


?

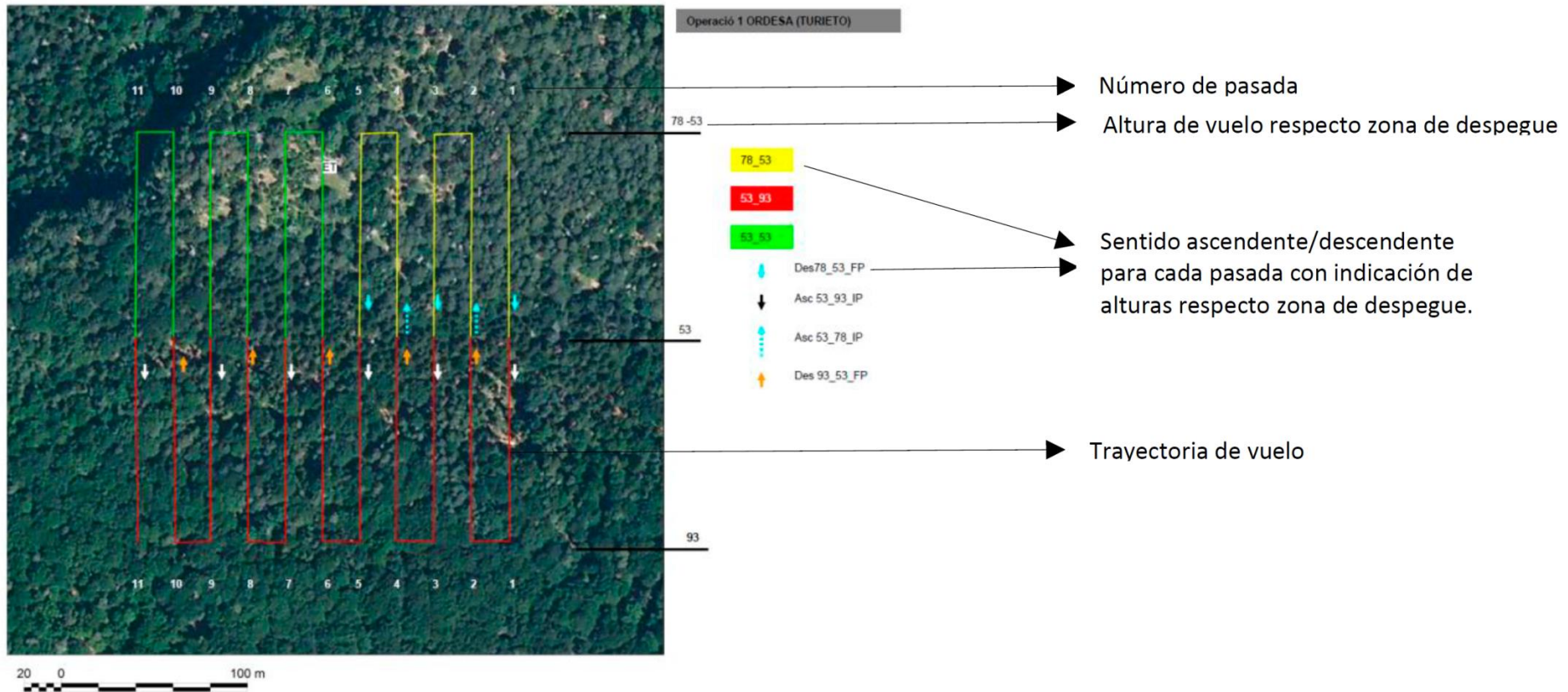


Cálculo de la trayectoria de vuelo

- Ámbito a recubrir
- Características orográficas
- Solapamientos verticales y horizontales en la fotografías

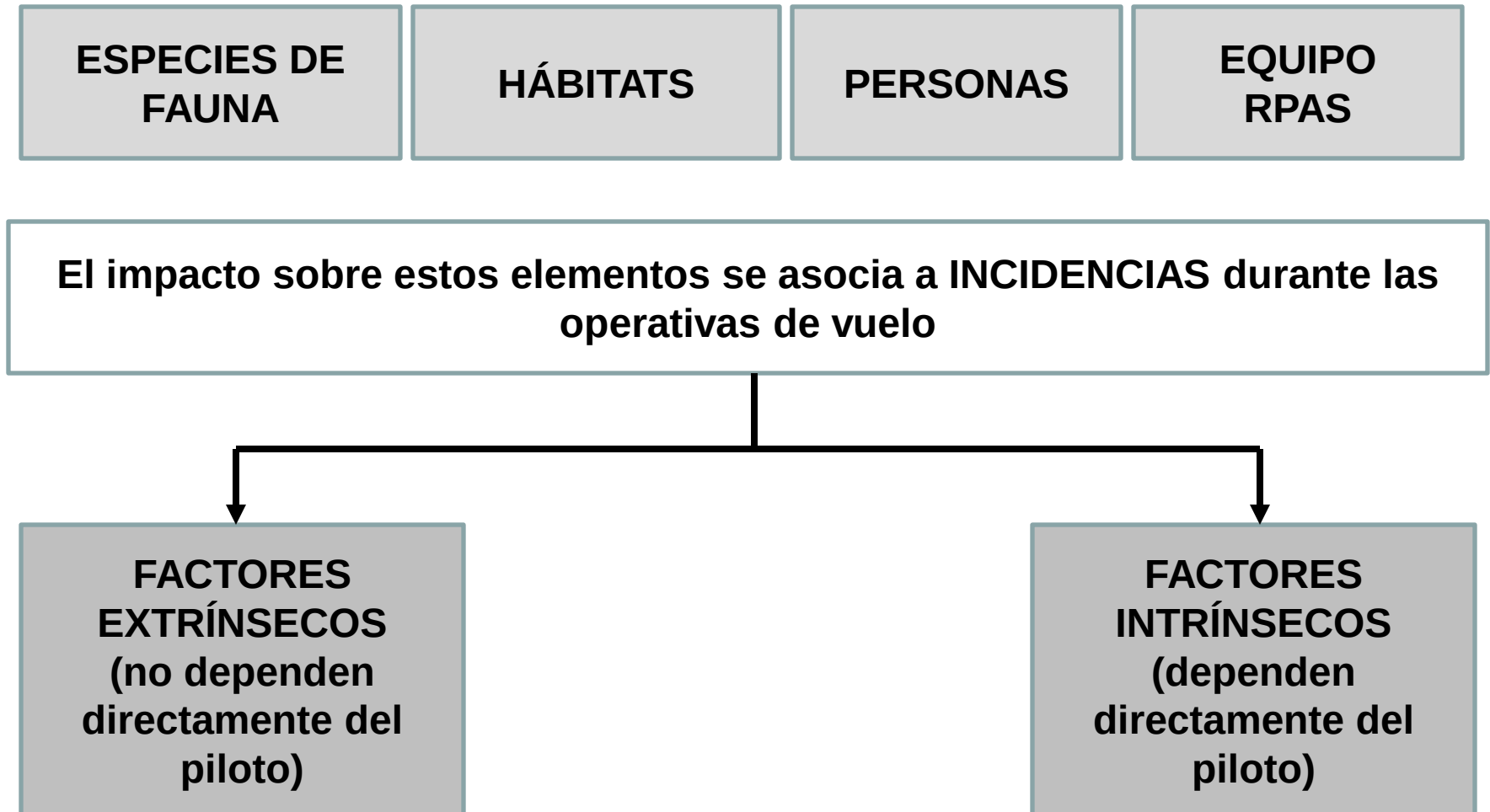


PLANIFICACIÓN DE LA OPERACIÓN CON EL RPAS



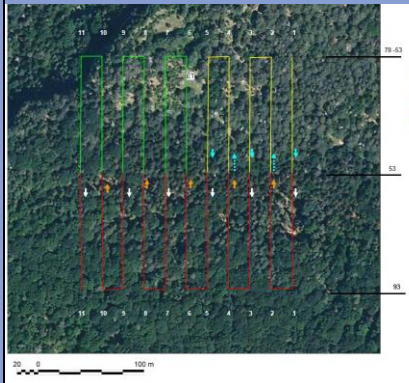
METODOLOGÍA

ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD DE LA OPERACIÓN CON EL RPAS

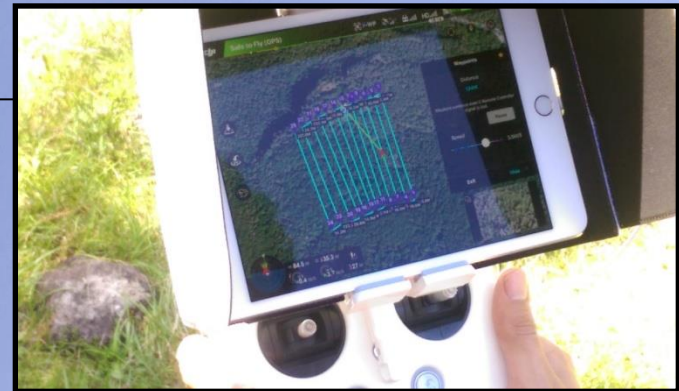


METODOLOGÍA

PLANIFICACIÓN PREVIA VUELO RPA



EJECUCIÓN DEL VUELO

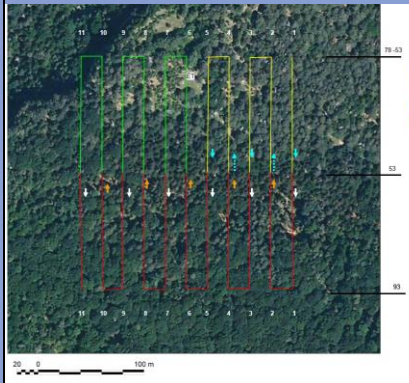


SUPERVISIÓN



Realización del vuelo fotogramétrico con un RPAS

PLANIFICACIÓN PREVIA VUELO RPA



FOTOGRAFIAS VERTICALES

404 fotografías



FOTOGRAFIAS OBLICUAS

77 fotografías



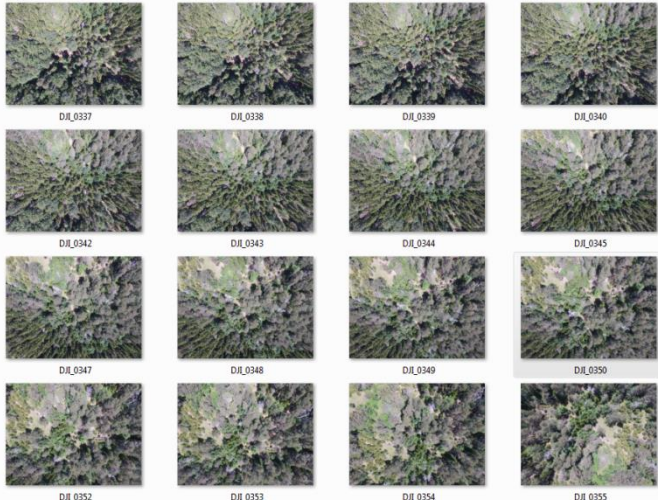
Fotografías test



253 fotografías

Restitución fotogramétrica (SfM-MVS)

Fotogrametría digital automatizada SfM-MVS



Orientación
fotografías
(n=404)

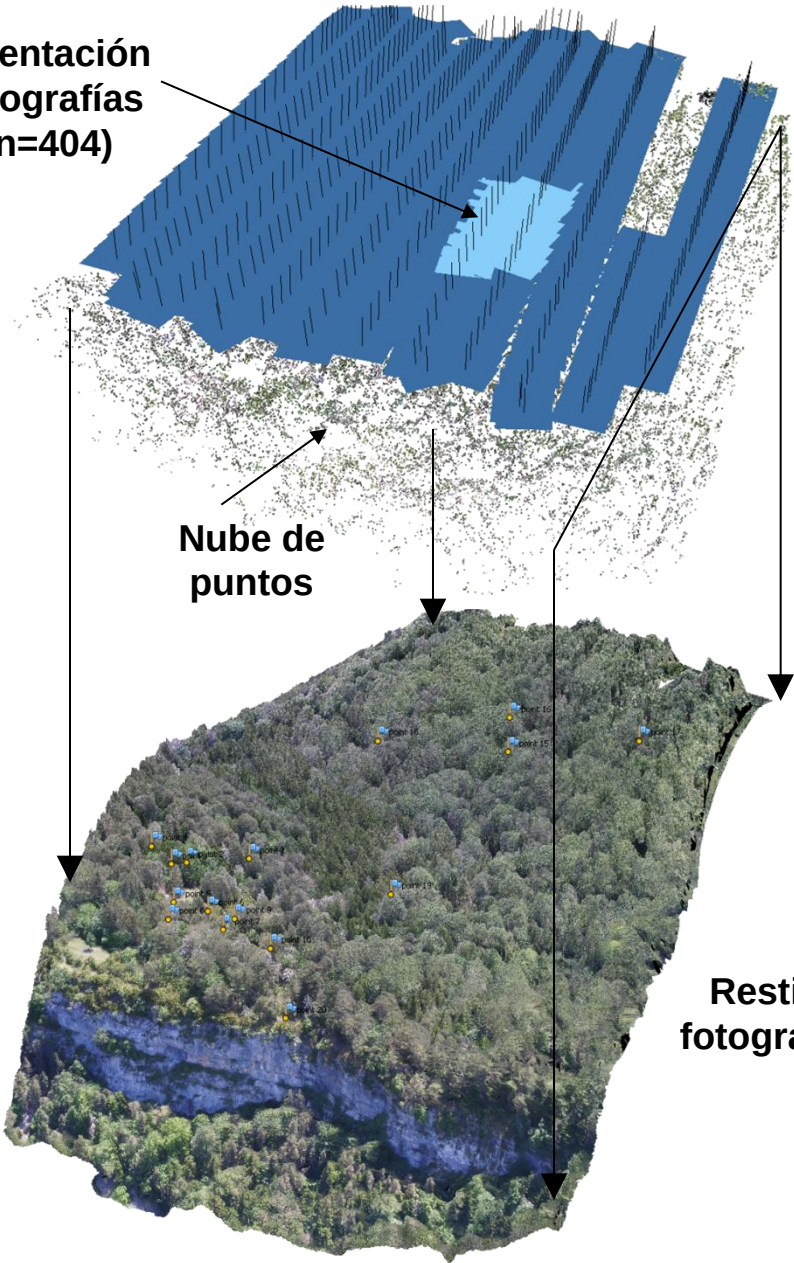
Nube de
puntos

Corrección geométrica (ETRS89)

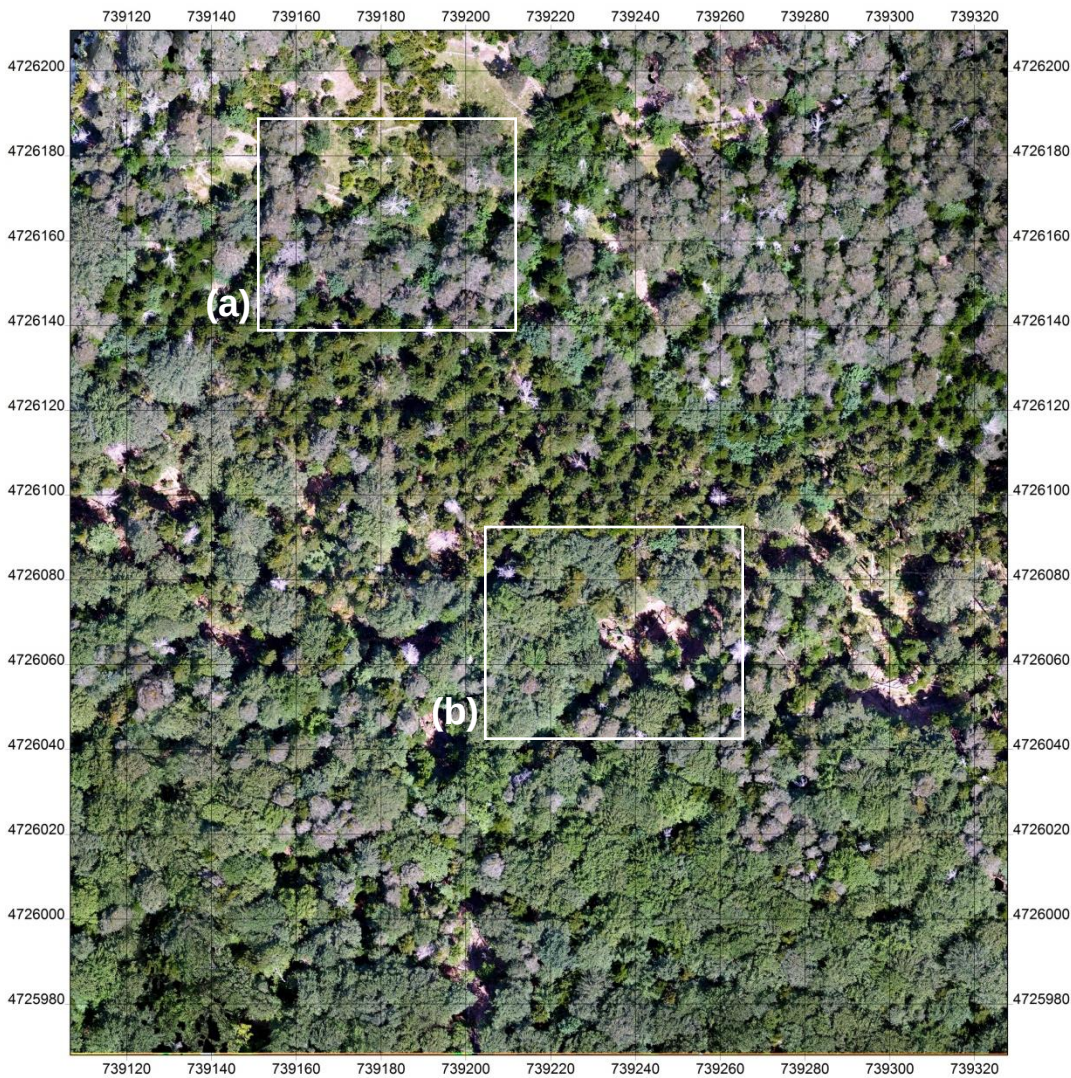
Nombre	XY error (m)	Error en Z(m)	Error (m)
point 1	0.582509	1.04042	1.19239
point 2	0.466255	-2.11747	2.16819
point 3	0.214346	1.41784	1.43395
point 4	0.516291	1.46176	1.55025
point 5	0.337042	0.416057	0.535445
point 6	0.718906	-1.69429	1.8405
point 7	0.373804	-0.40092	0.548148
point 8	0.37461	0.5443	0.660754
point 9	0.489155	-2.25155	2.30407
point 10	0.487797	0.343087	0.596368
point 15	0.320337	-0.415404	0.524573
point 16	0.580743	-0.313975	0.660184
point 17	0.397906	-0.0650665	0.403191
point 18	0.149915	-0.181787	0.235629
point 19	1.15602	2.18435	2.47139
RMS	0.53003	1.25116	1.35879

16 M Puntos
topográficos

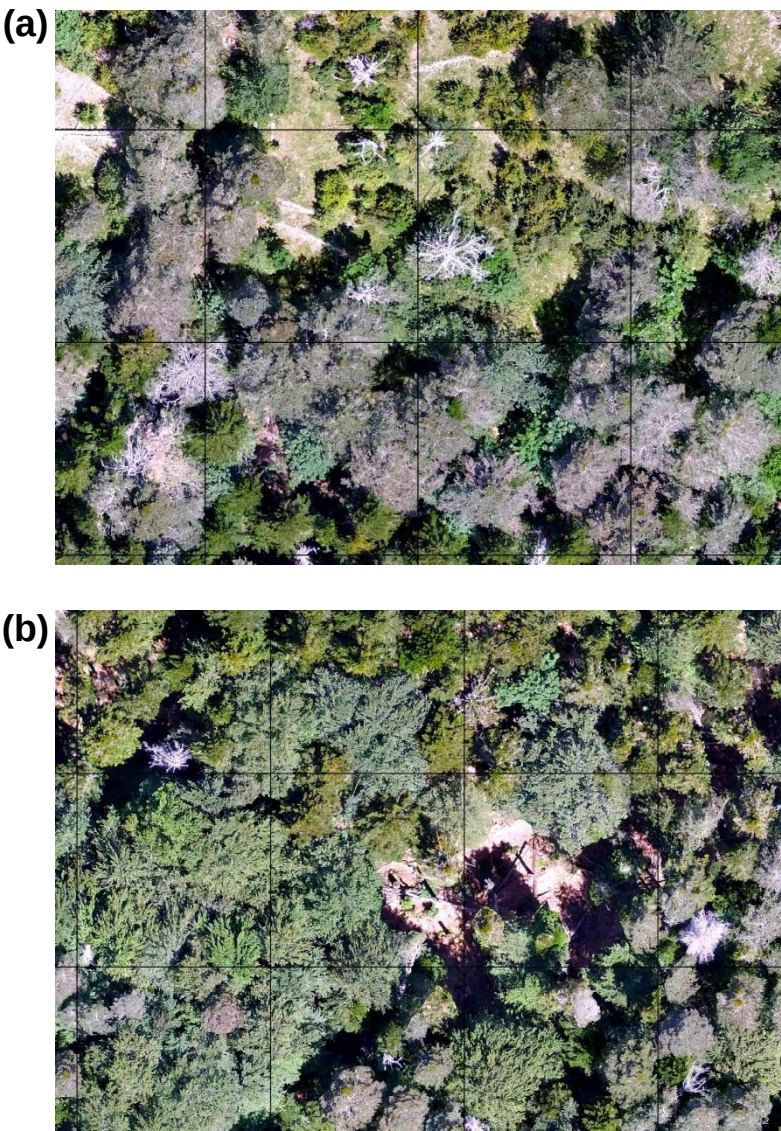
Restitución
fotogramétrica



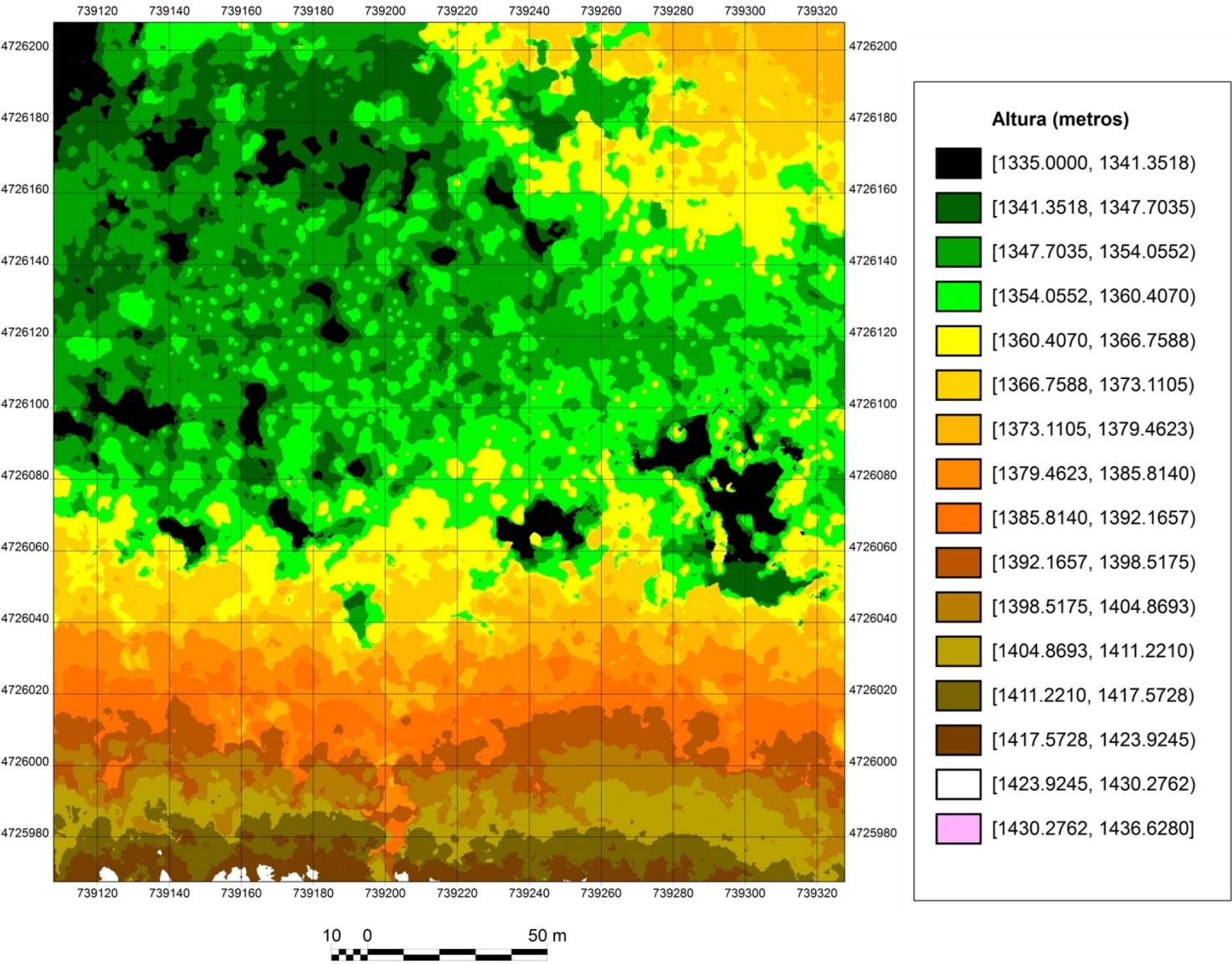
ORTOFOTOGRAFÍA DE ALTA RESOLUCIÓN (5 cm)



Detalle de la ortofotografía



MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES (10 cm)

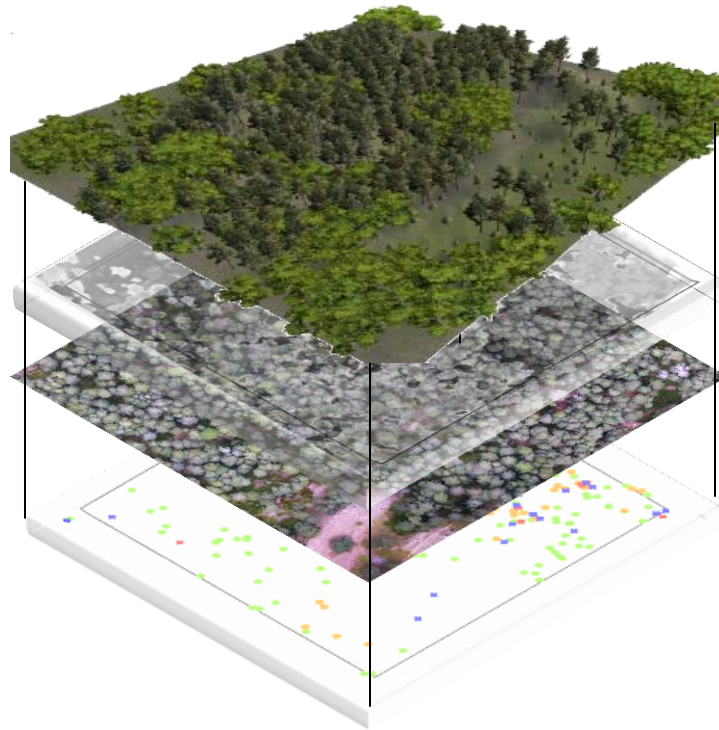


Cálculo de variables forestales (SIG y Teledetección)

**Clasificación
orientada a objetos**

**Algoritmos
LiDAR *Tools***

**Algoritmos
ToPCAT**

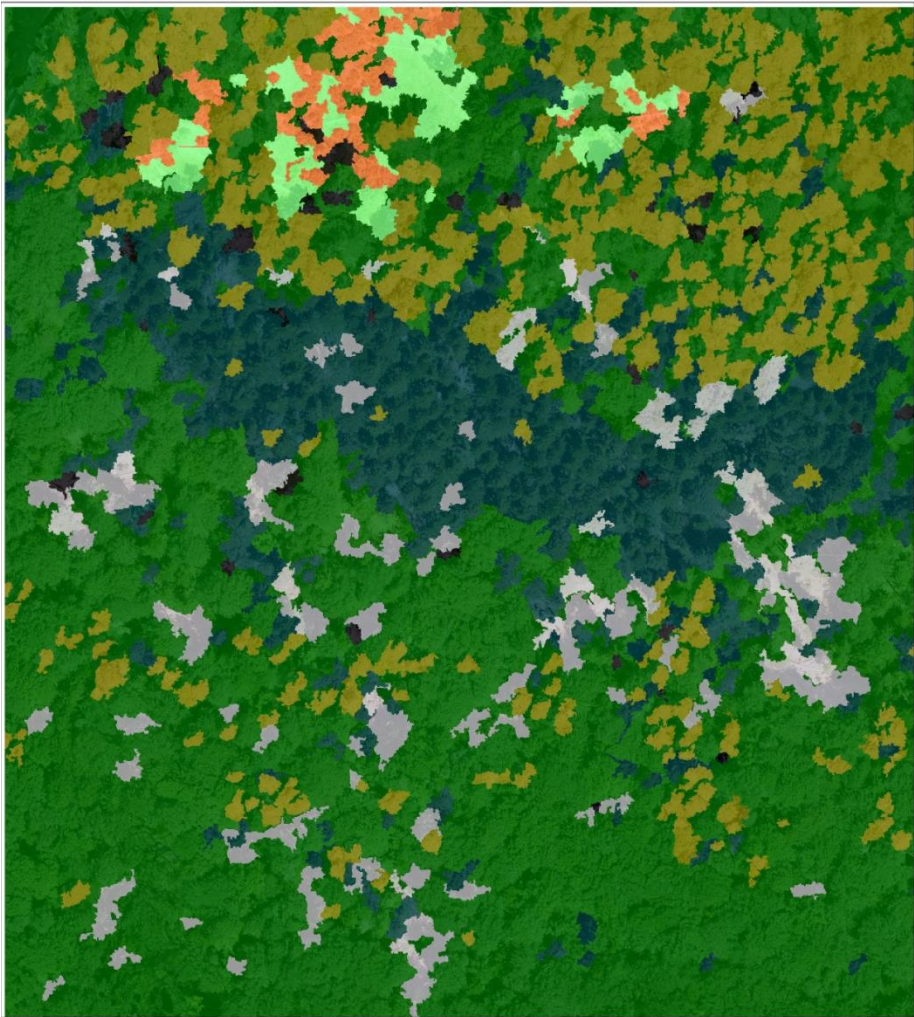


**Digitalización
manual**

**Calculadora
raster**

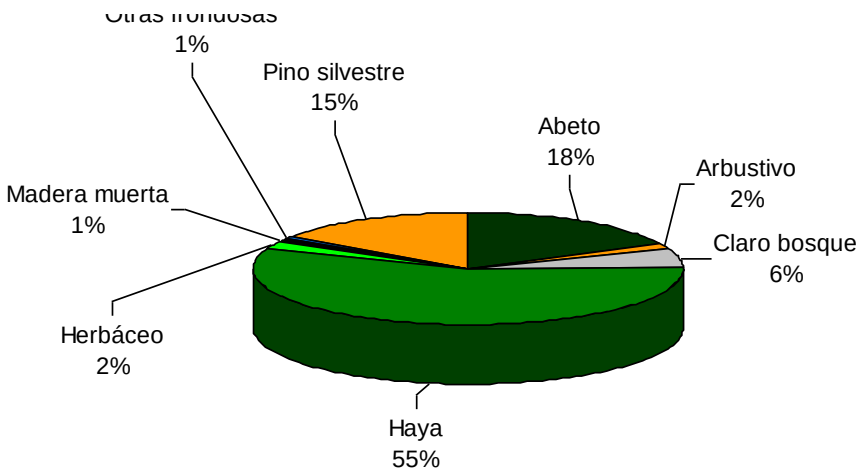
Interpretación!

Recubrimiento de especies



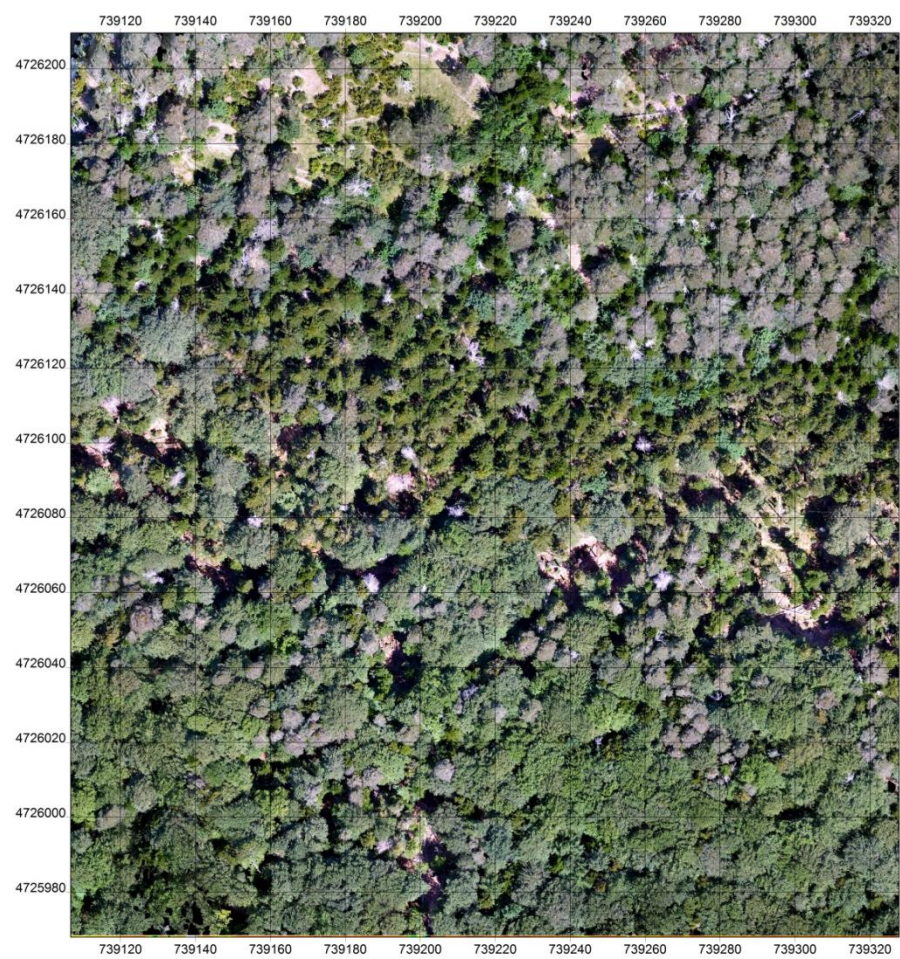
- Abeto
- Arbustivo
- Claro bosque
- Haya
- Herbáceo
- Madera muerta
- Otras frondosas
- Pino silvestre

Clase	Área (ha)	%
Abeto	0,99	18
Arbustivo	0,09	2
Claro bosque	0,32	6
Haya	3,15	56
Herbáceo	0,12	2
Madera muerta	0,06	1
Otras frondosas	0,04	1
Pino silvestre	0,86	15
Total	5,62	100,00

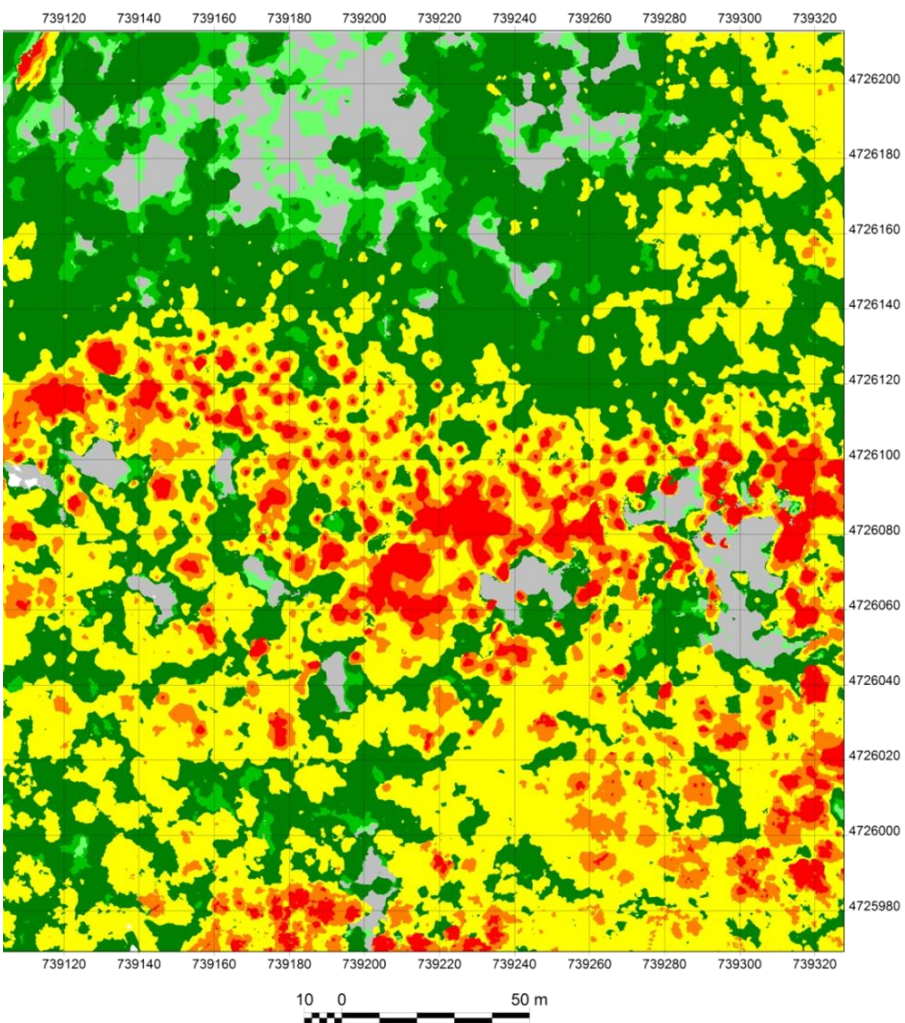


Alturas de la vegetación dominante del dosel arbóreo

Ortofotografía

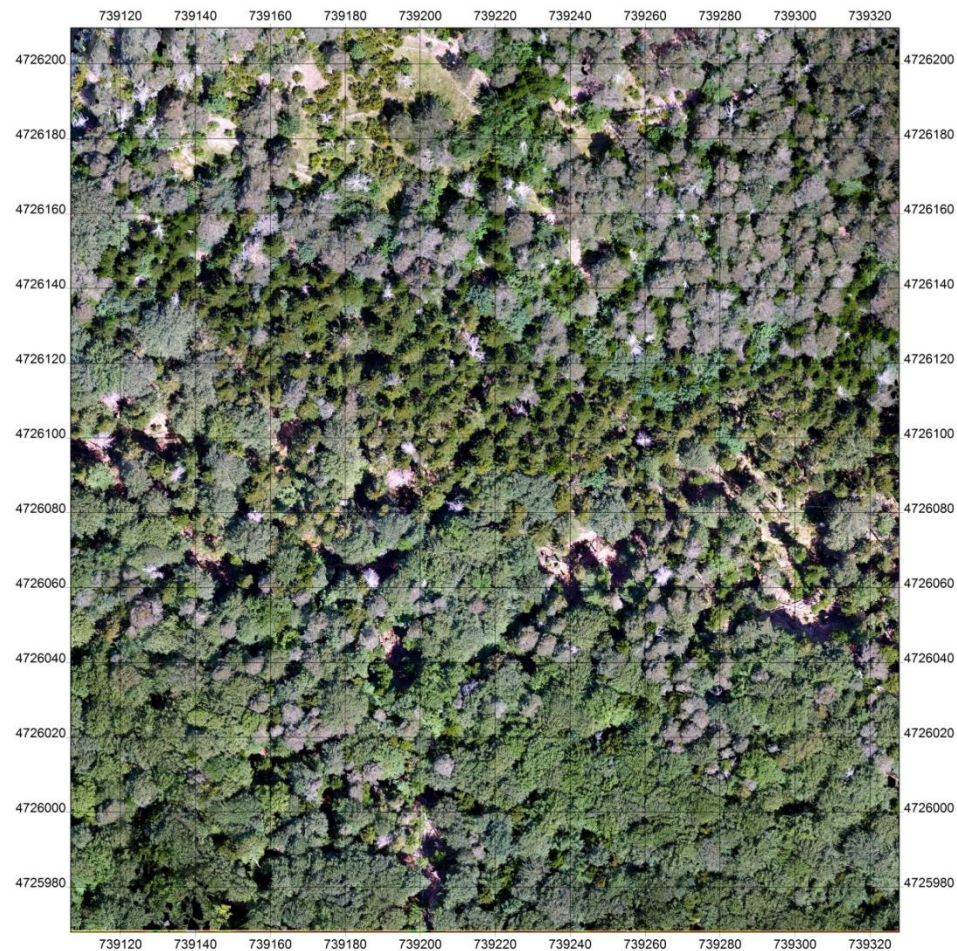


Modelo Digital de Copas

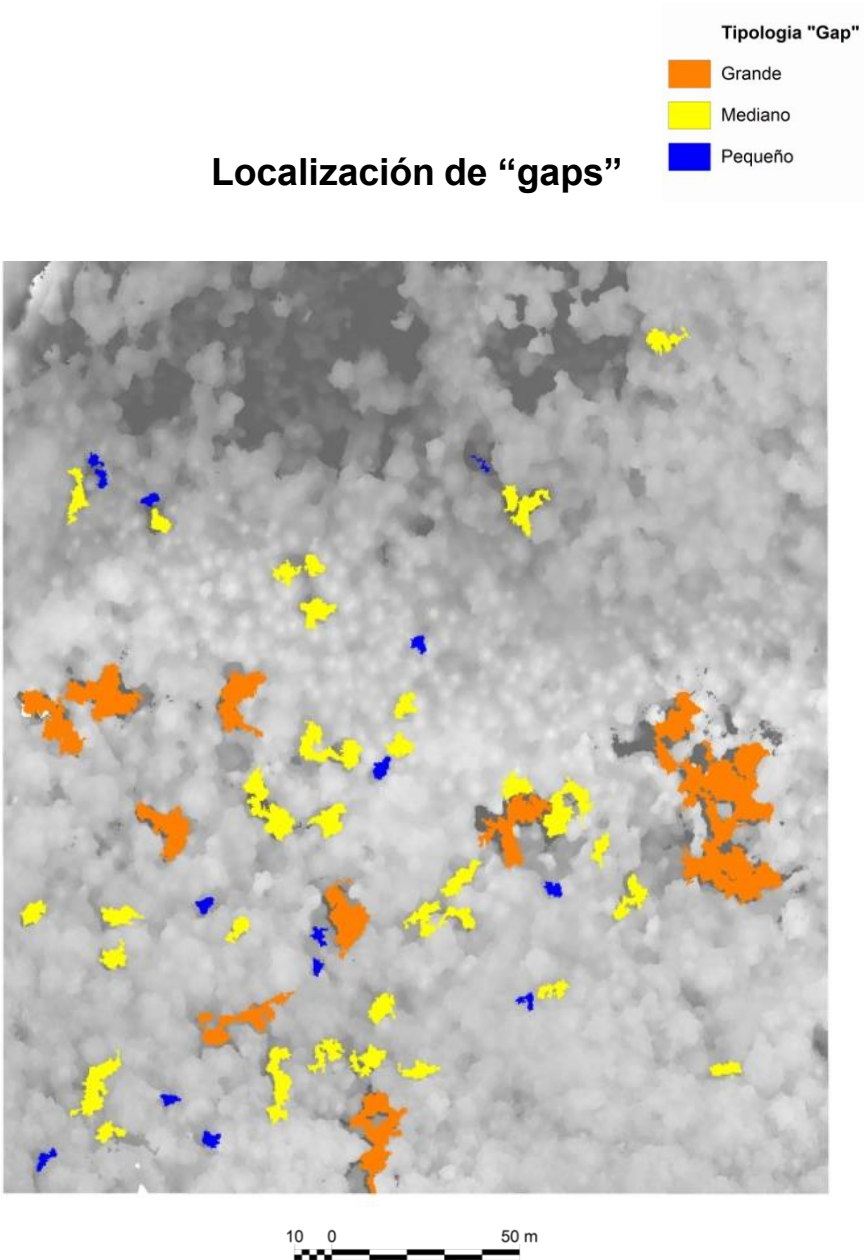


Alturas de la vegetación dominante del dosel arbóreo

Ortofotografía

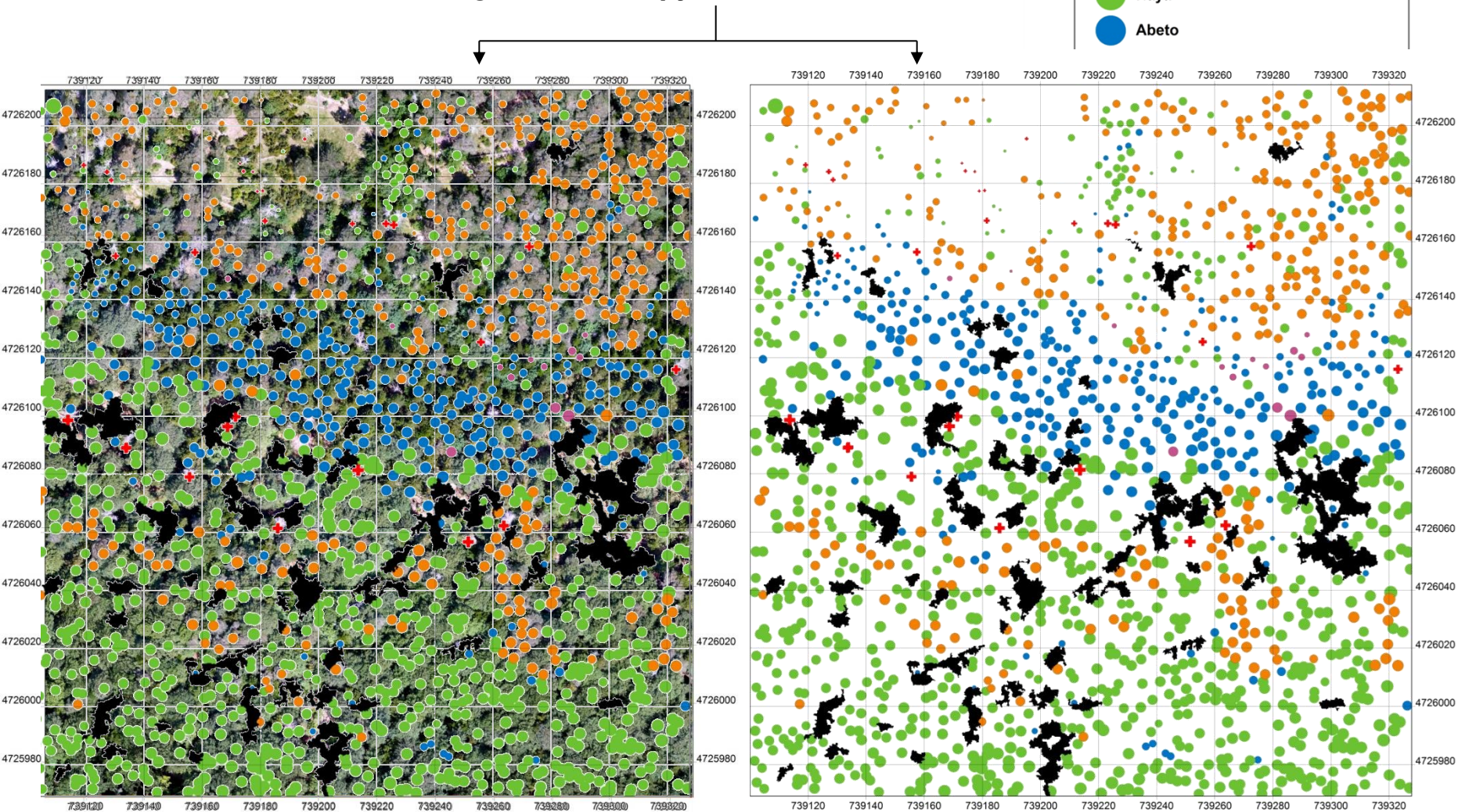
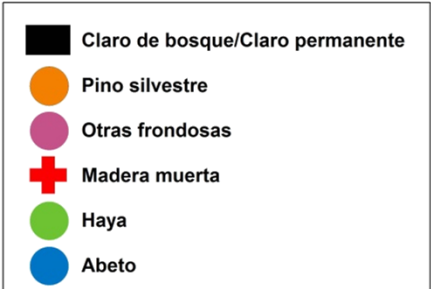


Localización de “gaps”

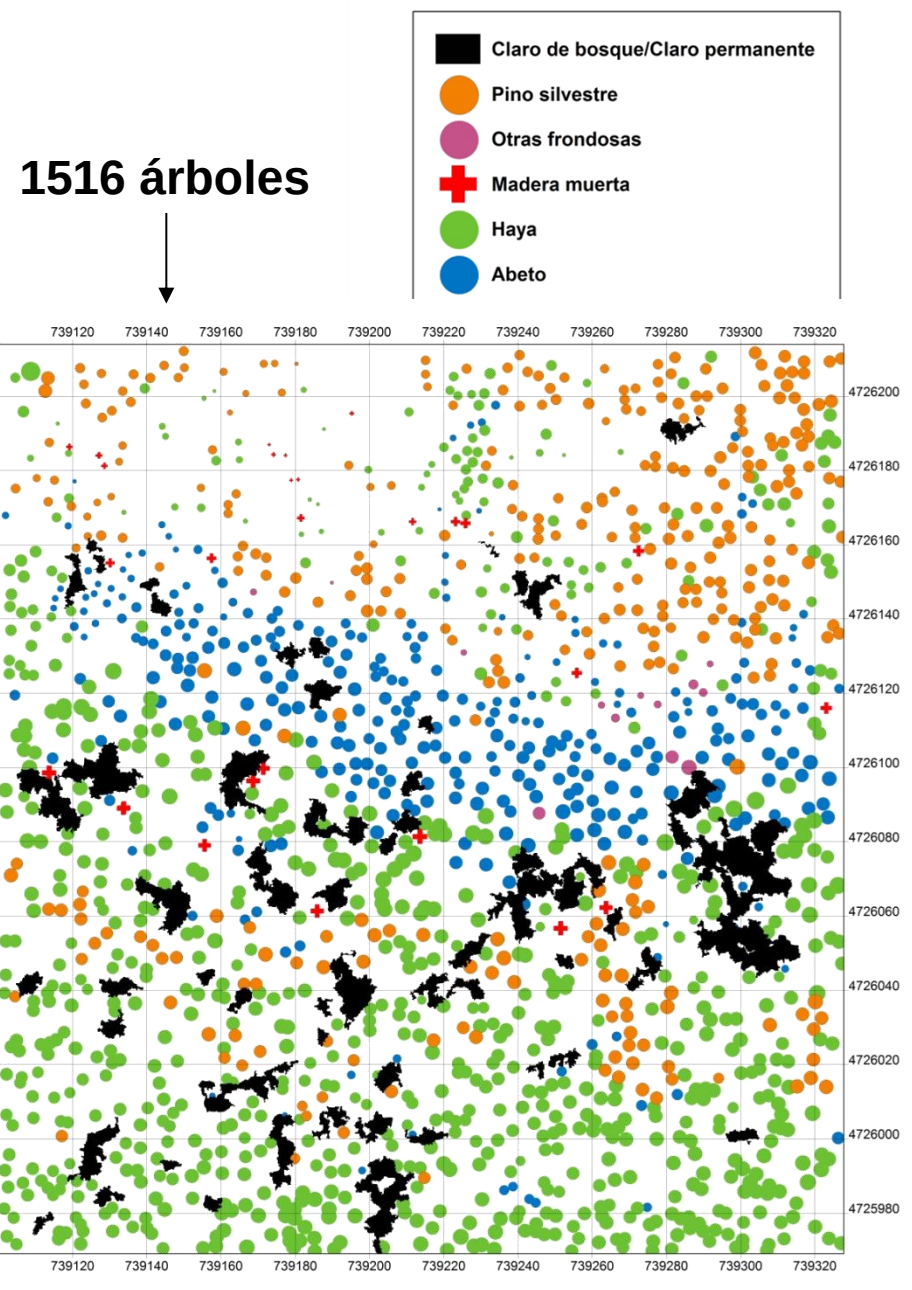
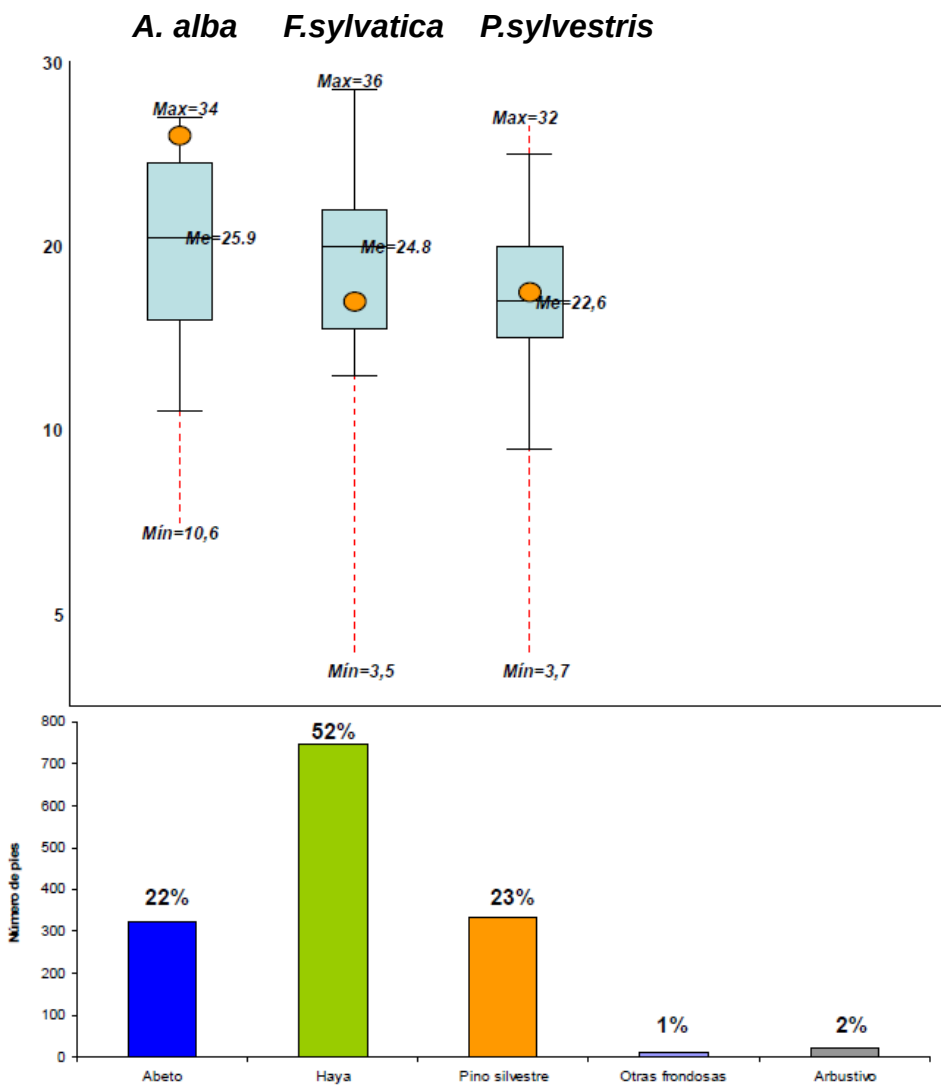


Identificación individual de árboles dominantes

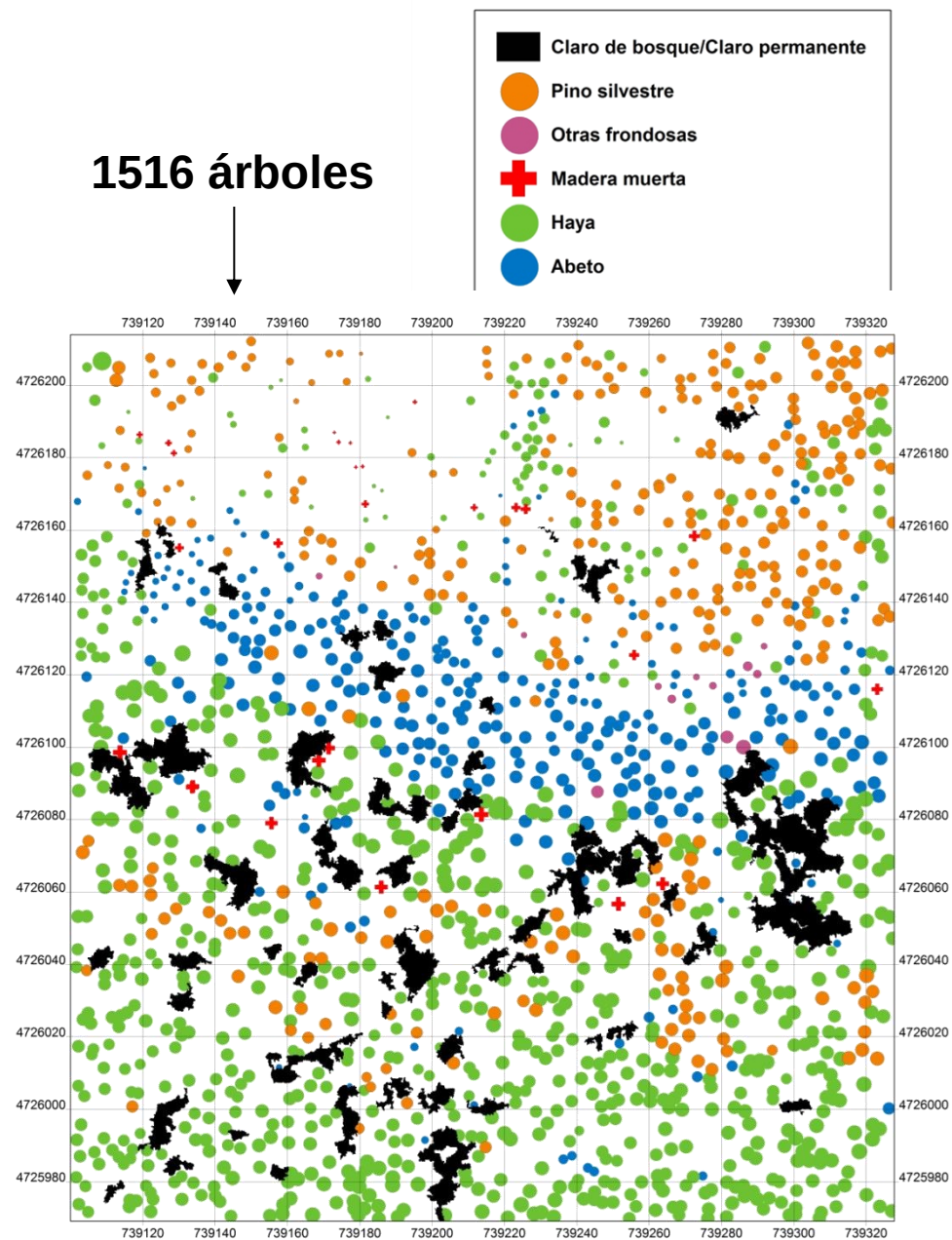
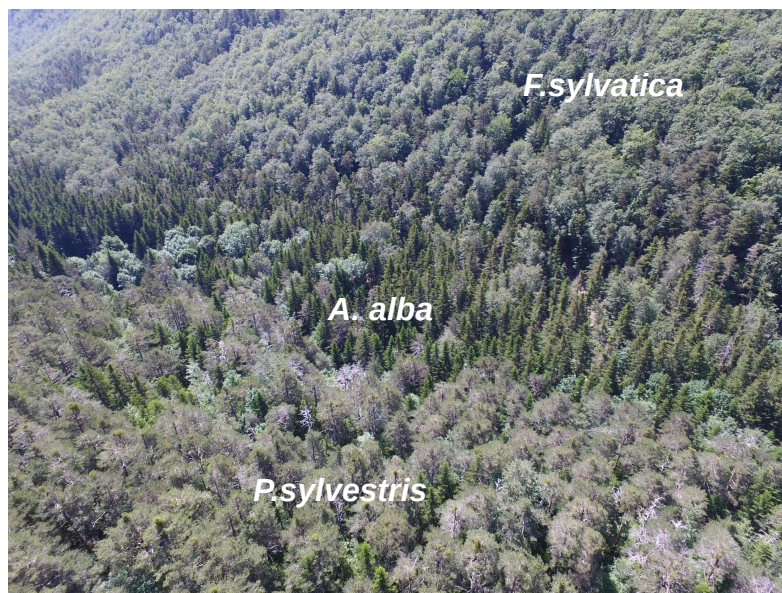
Algoritmo *CanopyPeeks* LiDARTools



Identificación individual de árboles dominantes

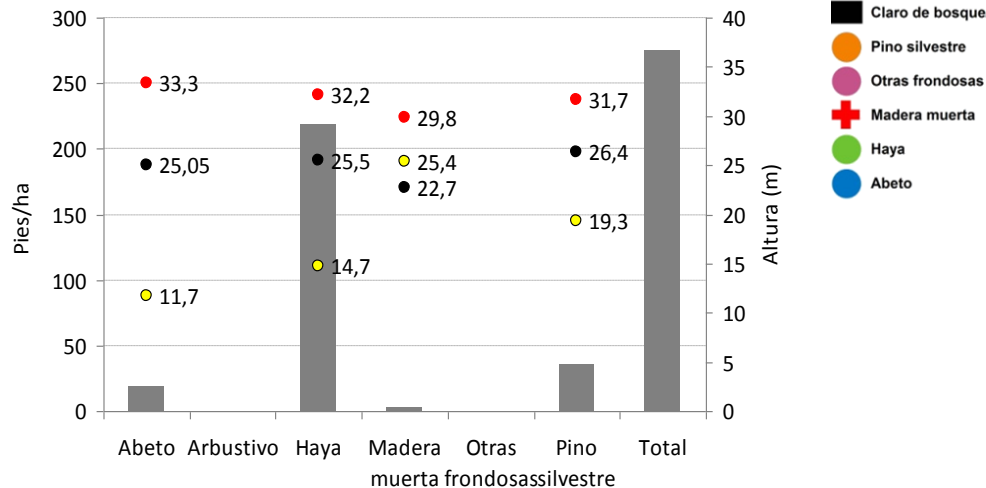


Identificación individual de árboles dominantes



Sector 1: Vertiente norte

- Pendiente elevada (superiores al 70%), suelos relativamente poco profundos y con pedregosidad moderada.
- Domina el bosque de haya que ocupa el 78% de la superficie. Secundariamente aparecen abetos y pinos silvestres que ocupan de forma equitativa un 10% de la superficie
- Las tres especies alcanzan alturas medias semejantes (25 m) aunque puntualmente se observan pies de hasta 30-33 metros



EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN

La importancia de efectuar una validación de los datos obtenidos.....

- Alturas de la vegetación
- Coberturas del suelo
- Localización de árboles dominantes

EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN: Coberturas del suelo

Se compara la cartografía generada, con una serie de áreas Verdad -Terreno identificadas combinando trabajo de campo y fotografías aéreas oblicuas

Recuentos y resultados	Valor
Número de píxeles de la imagen verdad terreno realmente usados para la evaluación (no sobre NODATA) (B)	235530
Número de aciertos (C)	213522
Acierto global (C/A)	90.7%
Acierto global ponderado a partir de la superficie de la capa a evaluar	80.9%
Acierto global ponderado a partir de la superficie de las áreas de verdad terreno	87.7%
Kappa	0.9
Variancia Kappa:	4,85E-02

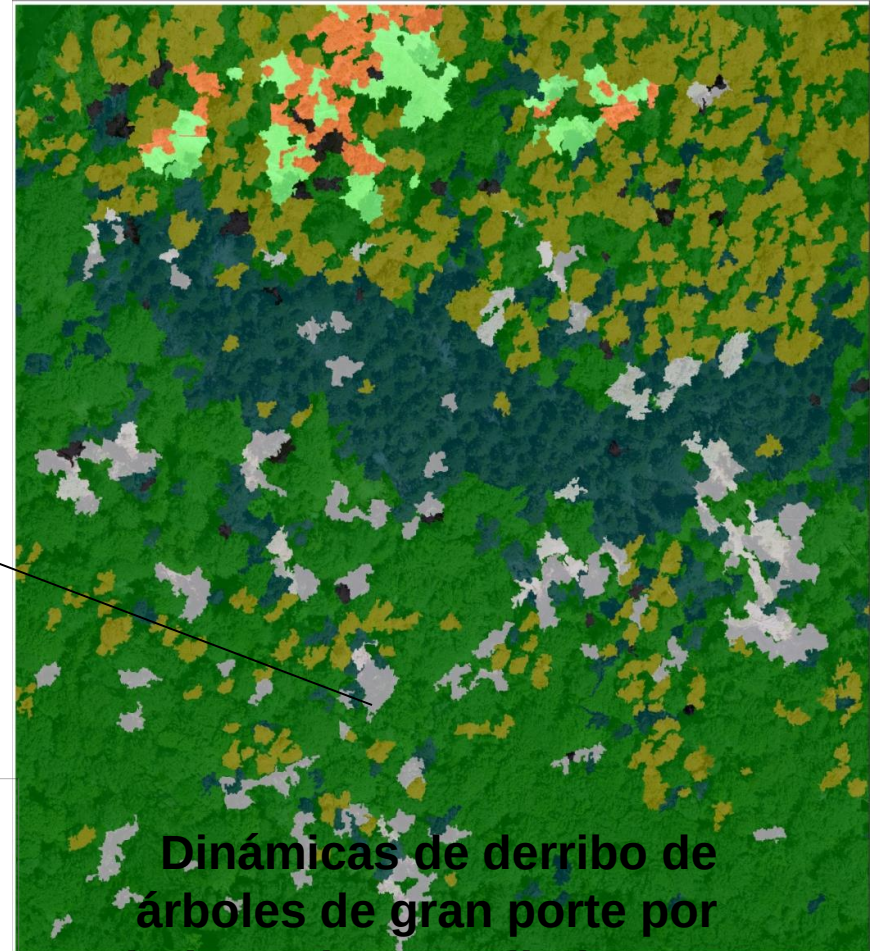
'Matriz de confusión'

	Abeto	Arbustivo	Claro bosque	Haya	Herbáceo	Madera muerta	Otras frondosas	Pino silvestre	Total	Error de comisión	Exactitud del usuario
Abeto	30972	0	250	0	0	444	2670	0	34336	9.8	90.2
Arbustivo	0	27382	0	0	0	0	0	0	27382	0.0	100.0
Claro bosque	0	0	15251	0	0	184	0	0	15435	1.2	98.8
Haya	1553	6878	775	38692	59	813	326	2214	51310	24.6	75.4
Herbáceo	0	1218	0	0	23451	0	0	0	24669	4.9	95.1
Madera muerta	0	8	0	0	0	17011	0	0	17019	0.0	100.0
Otras frondosas	0	0	0	0	0	0	19418	0	19418	0.0	100.0
Pino silvestre	0	0	0	0	0	80	4536	41345	45961	10.0	90.0
Total	32525	35486	16276	38692	23510	18532	26950	43559	235530		
Error d'omisió	4.8	22.8	6.3	0.0	0.3	8.2	27.9	5.1			
Exactitud del productor	95.2	77.2	93.7	100.0	99.7	91.8	72.1	94.9			

Apoyo de campo

Ejemplo *gap* núm. 14

Superficie= 115 m²

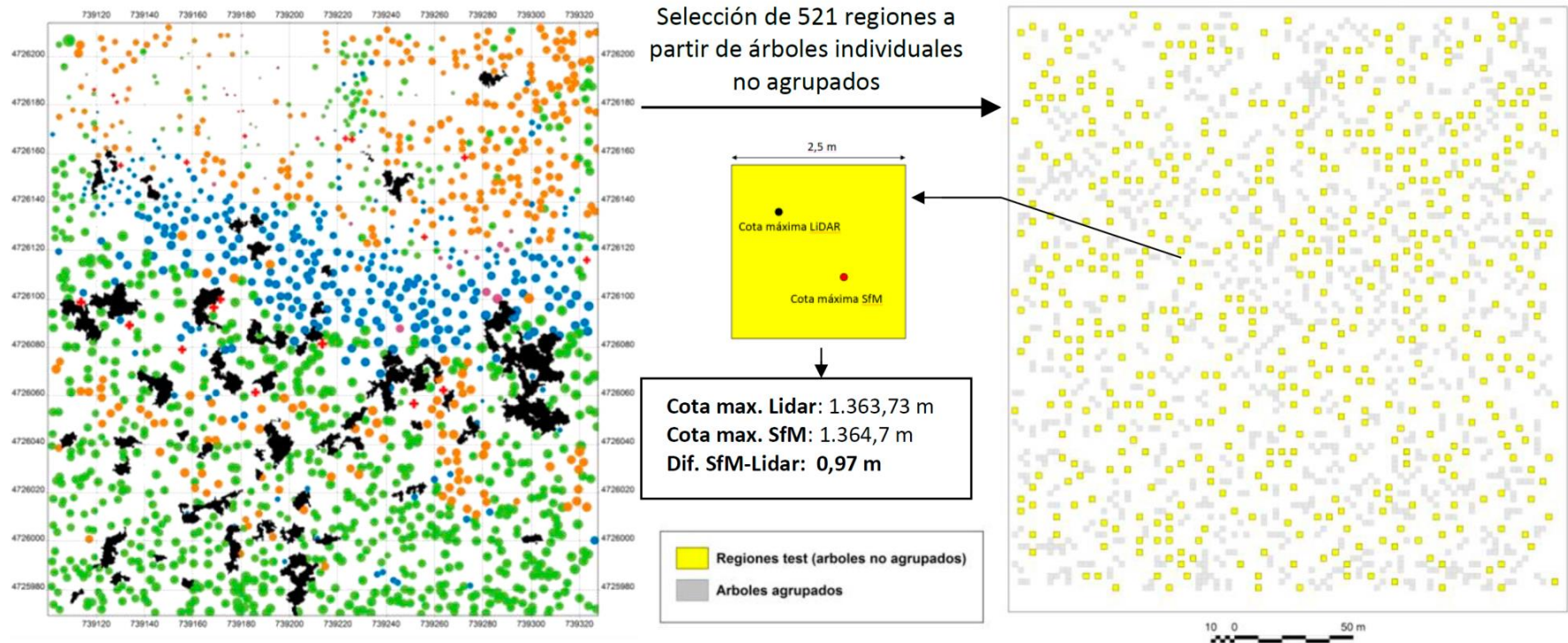


Dinámicas de derribo de
árboles de gran porte por
aludes y desprendimientos
de ladera

- Abeto
- Arbustivo
- Claro bosque
- Haya
- Herbáceo
- Madera muerta
- Otras frondosas
- Pino silvestre

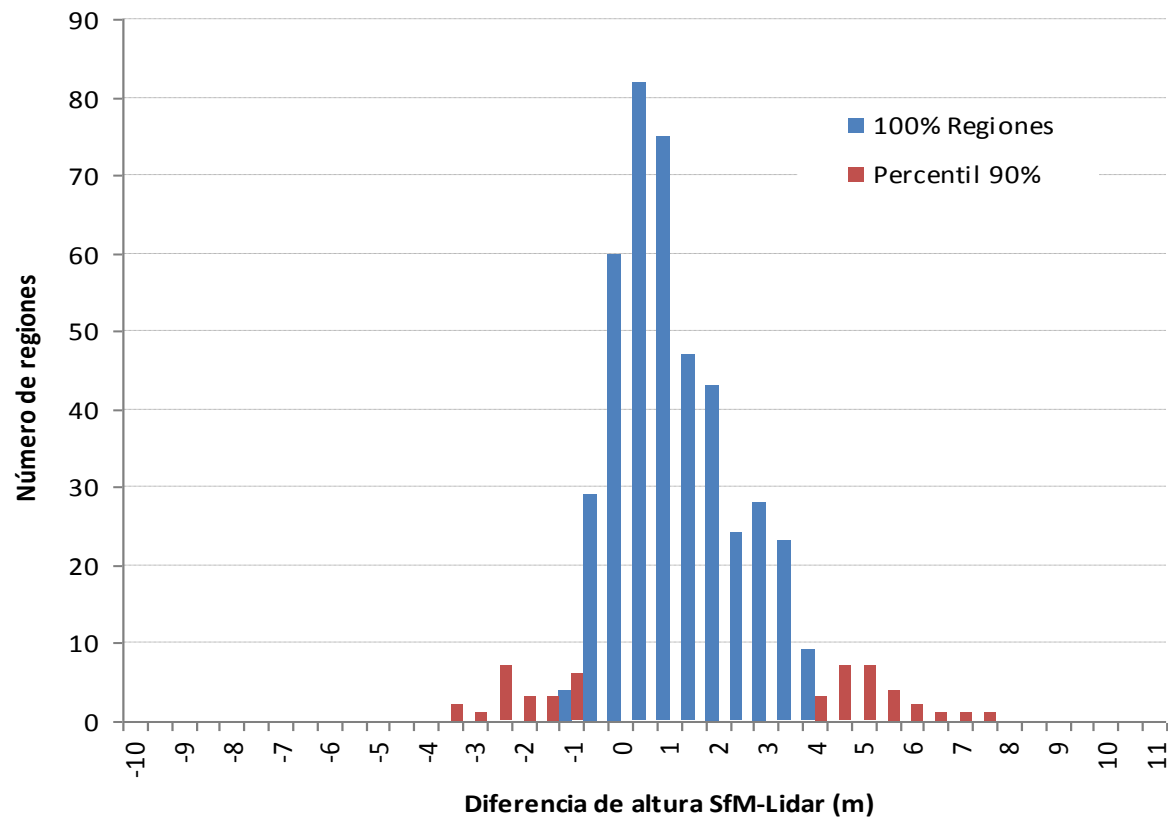
EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN: Alturas de la vegetación

Se comparan los datos LiDAR del IGN con los datos SfM obtenidos en el proceso de restitución fotogramétrica de las fotografías. Concretamente se han comparado las cotas absolutas para un conjunto de 521 regiones distribuidas homogéneamente a lo largo del rodal



EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN: Alturas de la vegetación

Se comparan los datos LiDAR del IGN con los datos SfM obtenidos en el proceso de restitución fotogramétrica de las fotografías. Concretamente se han comparado las cotas absolutas para un conjunto de 521 regiones distribuidas homogéneamente a lo largo del rodal



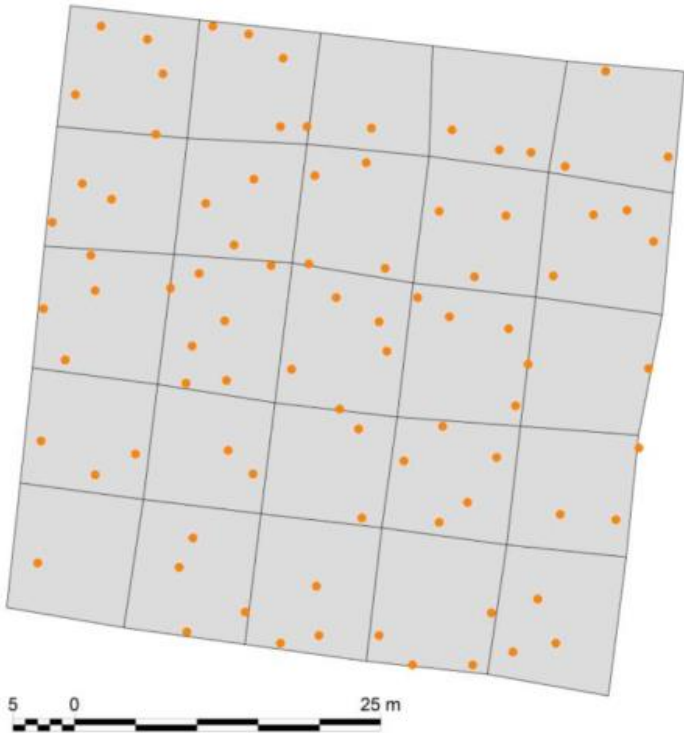
Total		P100	P90/P50
Numero regiones		521	469/261
RMS (m)		2,2	1,9/1,3

EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN: Localización de árboles dominantes

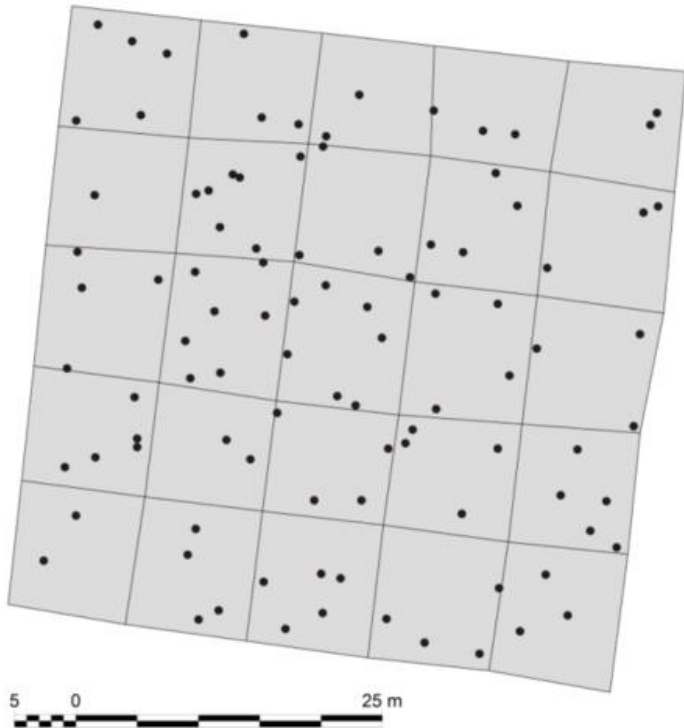
Se compara la capa de puntos obtenida en el proceso SfM-SIG con los árboles inventariados en campo que cumplen la siguiente condición (Sociología: dominantes y codominantes / Frondosidad: superior al 50% / Altura: superior a 15 metros)

	Número total de pies	Densidad
Árboles SfM-SIG	86	344
Árboles TLS (campo)	97	388
Ajuste SfM-SIG/TLS	89%	89%

Árboles dominantes (datos SfM-SIG)



Árboles dominantes (datos TLS Campo)

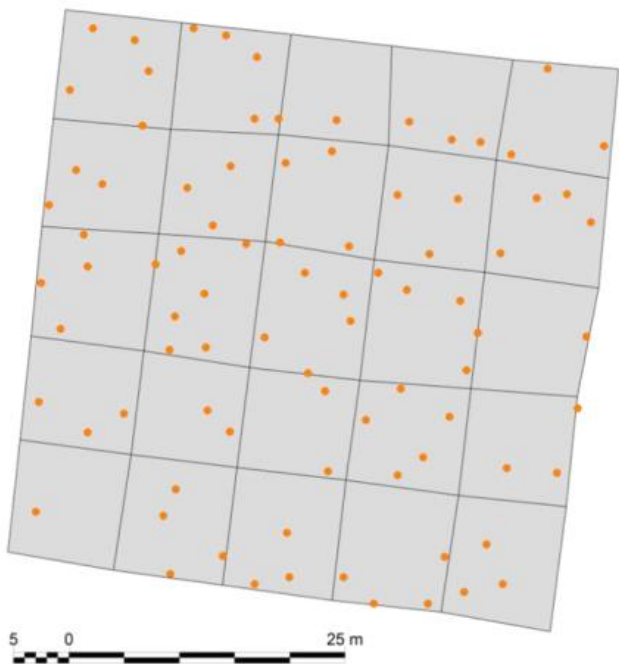


EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN: relación dominantes/totales

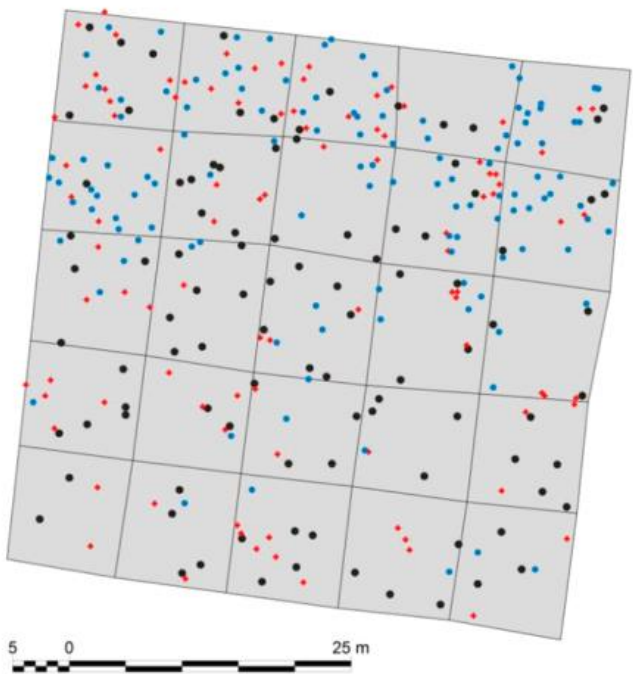
Se compara la capa de puntos obtenida en el proceso SfM-SIG con todos los árboles inventariados en campo

	Número total de pies	Densidad (pies/ha)
Árboles SfM-SIG	86	344
Árboles totales TLS (campo)	315	1.260
Árboles dominantes y codominantes TLS (campo)	97	388
Árboles dominados TLS (campo)	121	484
Árboles muertos en pie TLS (campo)	97	388
Relación árboles dominantes TLS/árboles totales TLS	31%	31%
Relación árboles dominantes SfM-SIG/árboles totales TLS	27%	27%

Árboles dominantes (datos SfM-SIG)



Árboles totales (datos TLS Campo)

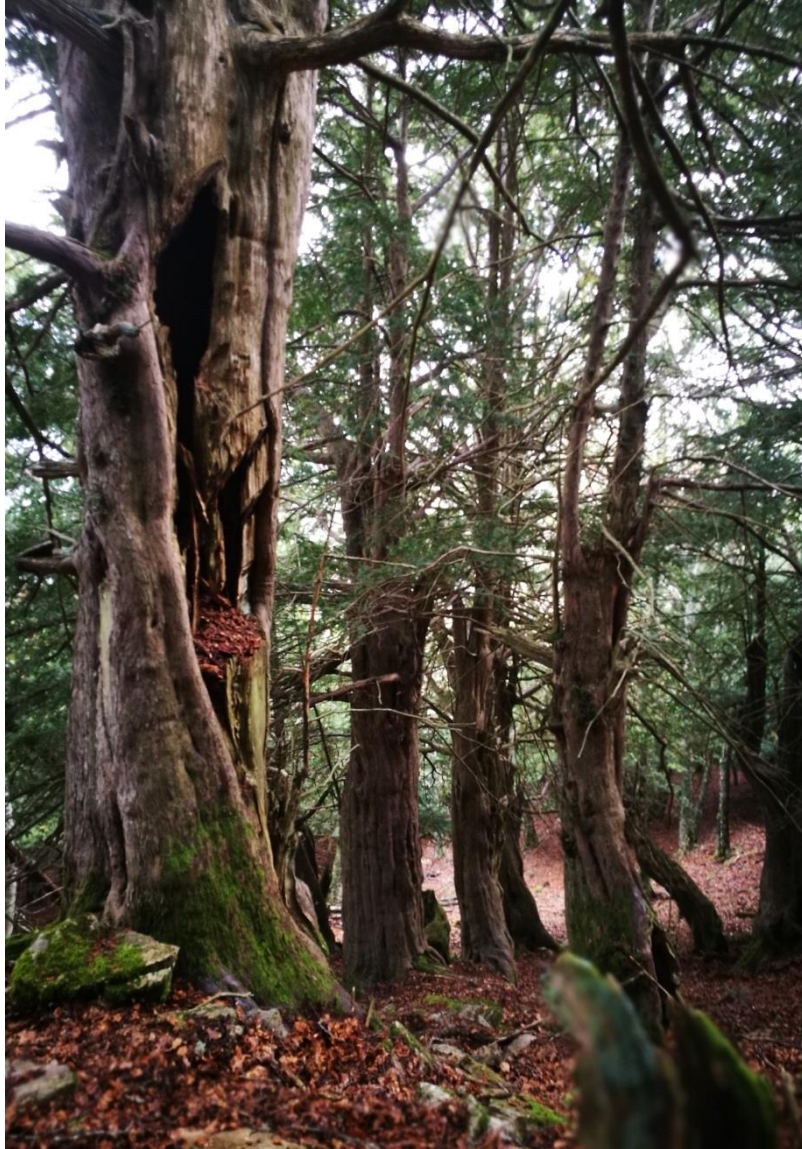


CARACTERIZACIÓN A ESCALA DE PARCELA FORESTAL

Tejeda de Tosande

Parque Natural Fuentes Carrionas
montaña Palentina

LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO DE UNA PARCELA FORESTAL



ESCALA DE PARCELA FORESTAL

Radio parcela: 20 m

Núm. de fotografías: 403

Núm. de puntos de apoyo: 8

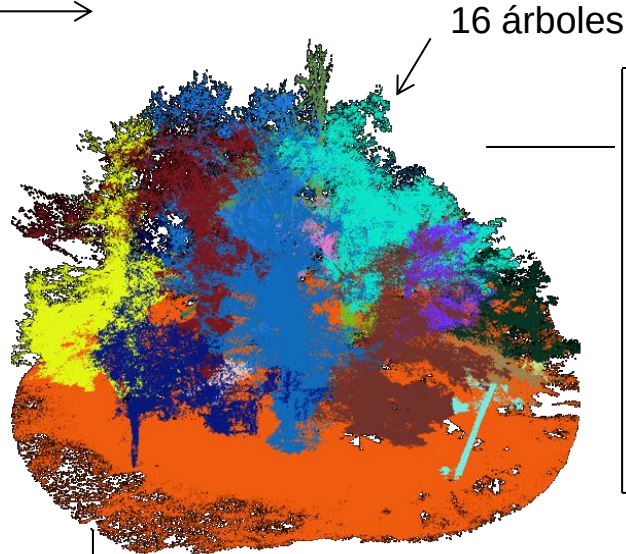
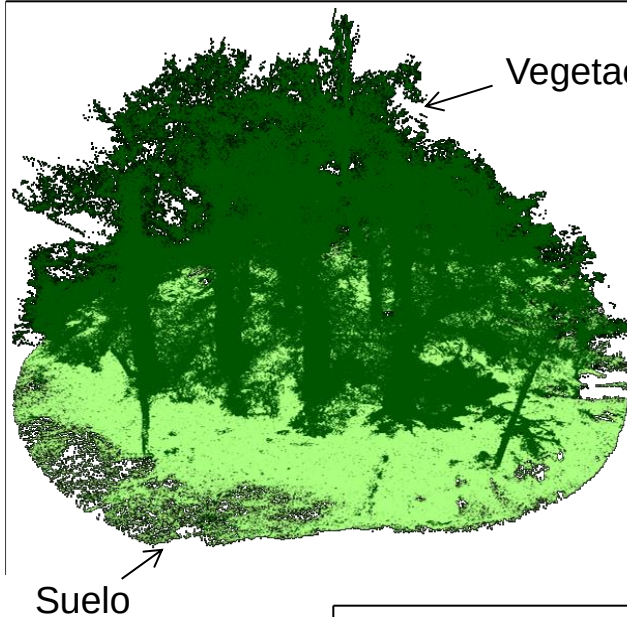
Error de la corrección geométrica: 0.25

Finalidad: reproducir la parcela virtualmente y obtener datos dendrométricos de detalle de los tejos.

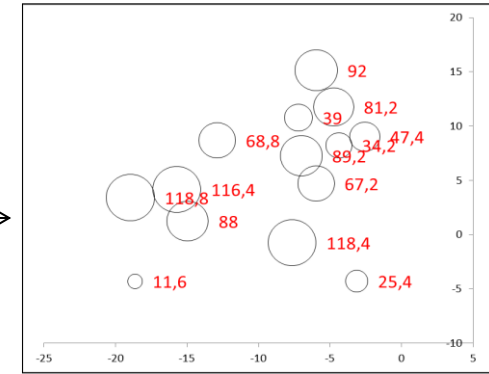
OBTENCIÓN DE DATOS DENDROMÉTRICOS DE PARCELA FORESTAL

Procesado de datos fotogramétricos mediante FOREST3D
(Trochta et al, University in Brno)

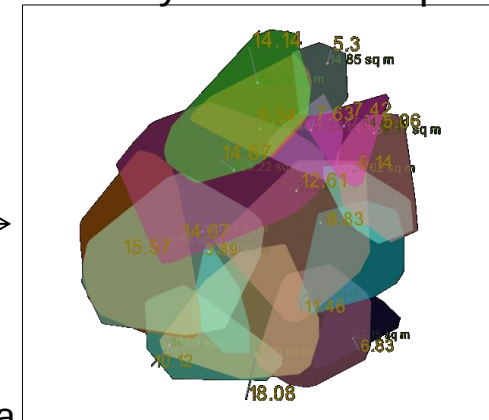
Automatic tree detection 3DForest



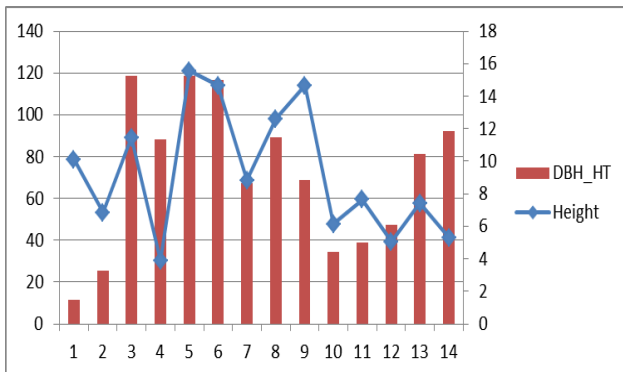
Número y posición de pies



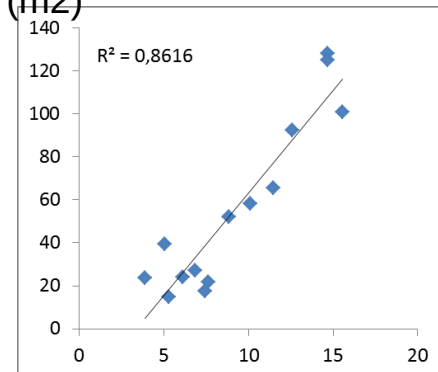
Proyección de copa



Diámetro medio (cm) /Altura (m)



Regresión Altura (m)/Proyección de copa (m2)



16 árboles

Dmax: 121 cm

Dmin: 15 cm

Hmax: 16,1 m

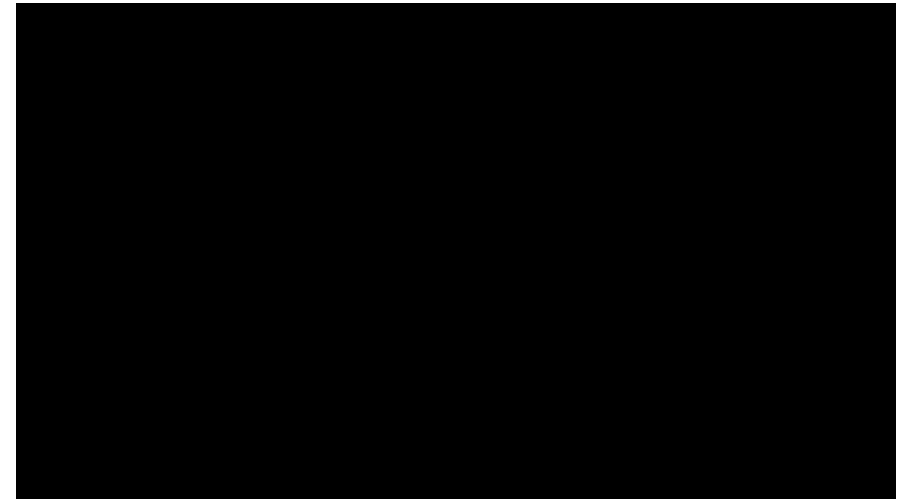
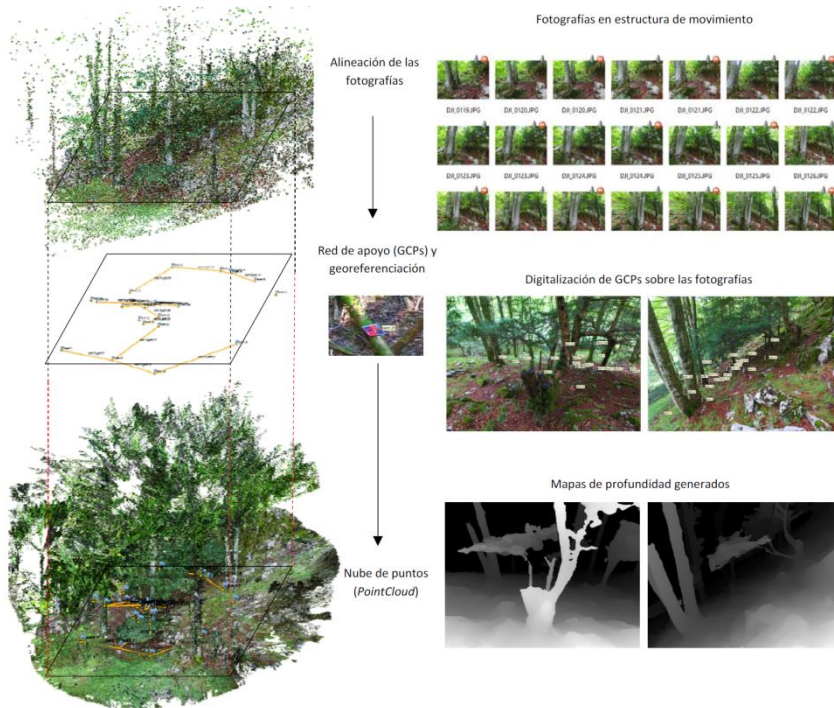
CARACTERIZACIÓN A ESCALA DE PARCELA FORESTAL

Tejeda de Arrikolatza

Paque Natural de Aralar

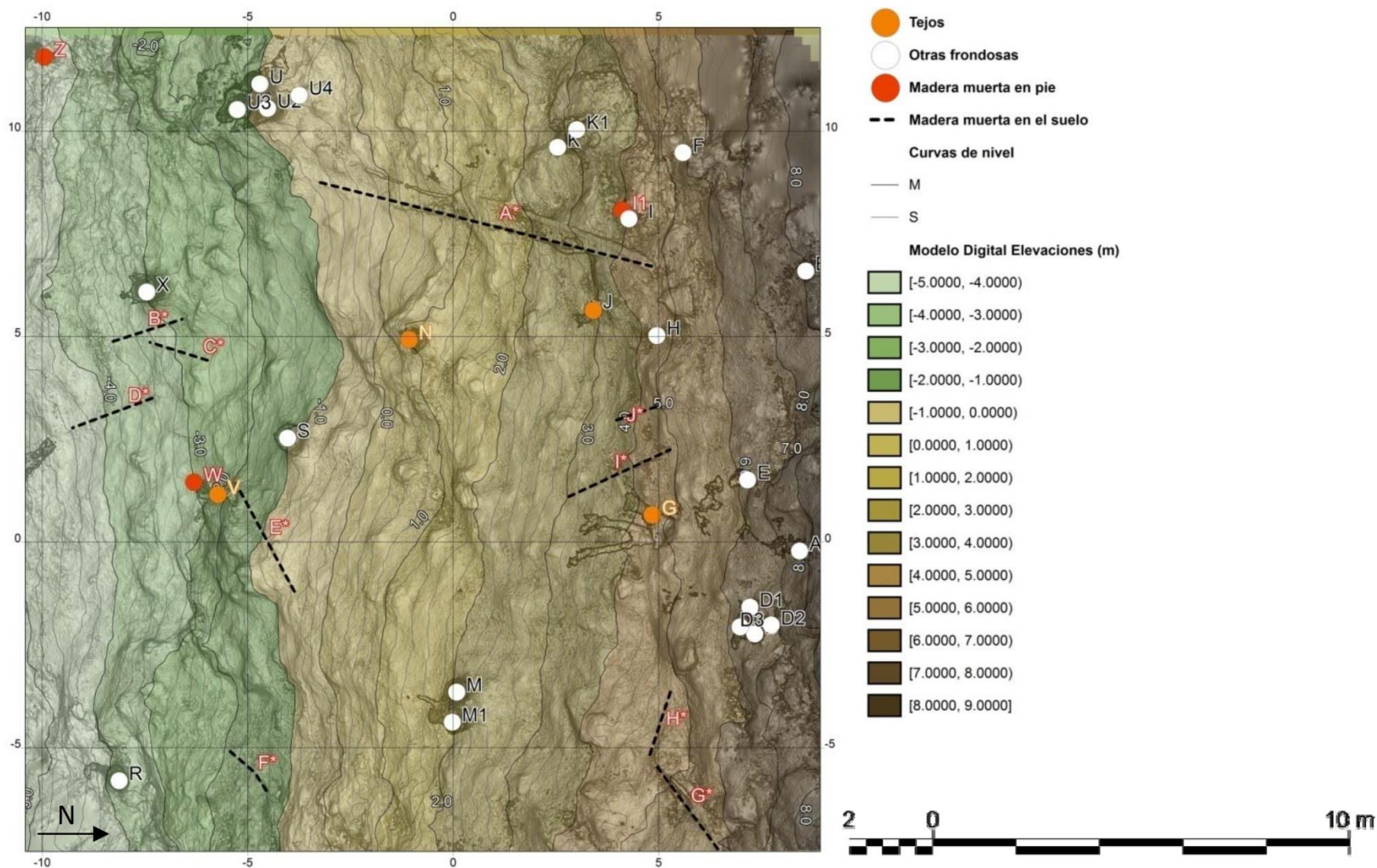
Levantamiento fotogramétrico terrestre de la parcela

Equipo utilizado y características del levantamiento		Resultados del proceso de restitución fotogramétrica SfM-MVS	
Modelo plataforma	Osmo DJI	Puntos de control para georeferenciación	24 (6 para cota z)
Cámara fotográfica	Sony X3 12 Mp	Número de puntos 3D del modelo	16.796.418
Fecha del captura	15/07/2017	Número de caras del modelo	1.969.422
Bandas espectrales	RGB	Error estimado de georeferenciación	2,5 cm
Hora	11:00-13:00	Resolución final de la ortofotografía	1 cm
Superficie levantada	422 m ²	Resolución final MDE	20 cm
Número de fotografías	1.389	Enlace del modelo 3D <i>online</i> : https://sketchfab.com/models/7a4f8cfffde644dfa62b18b03ff88bf6	



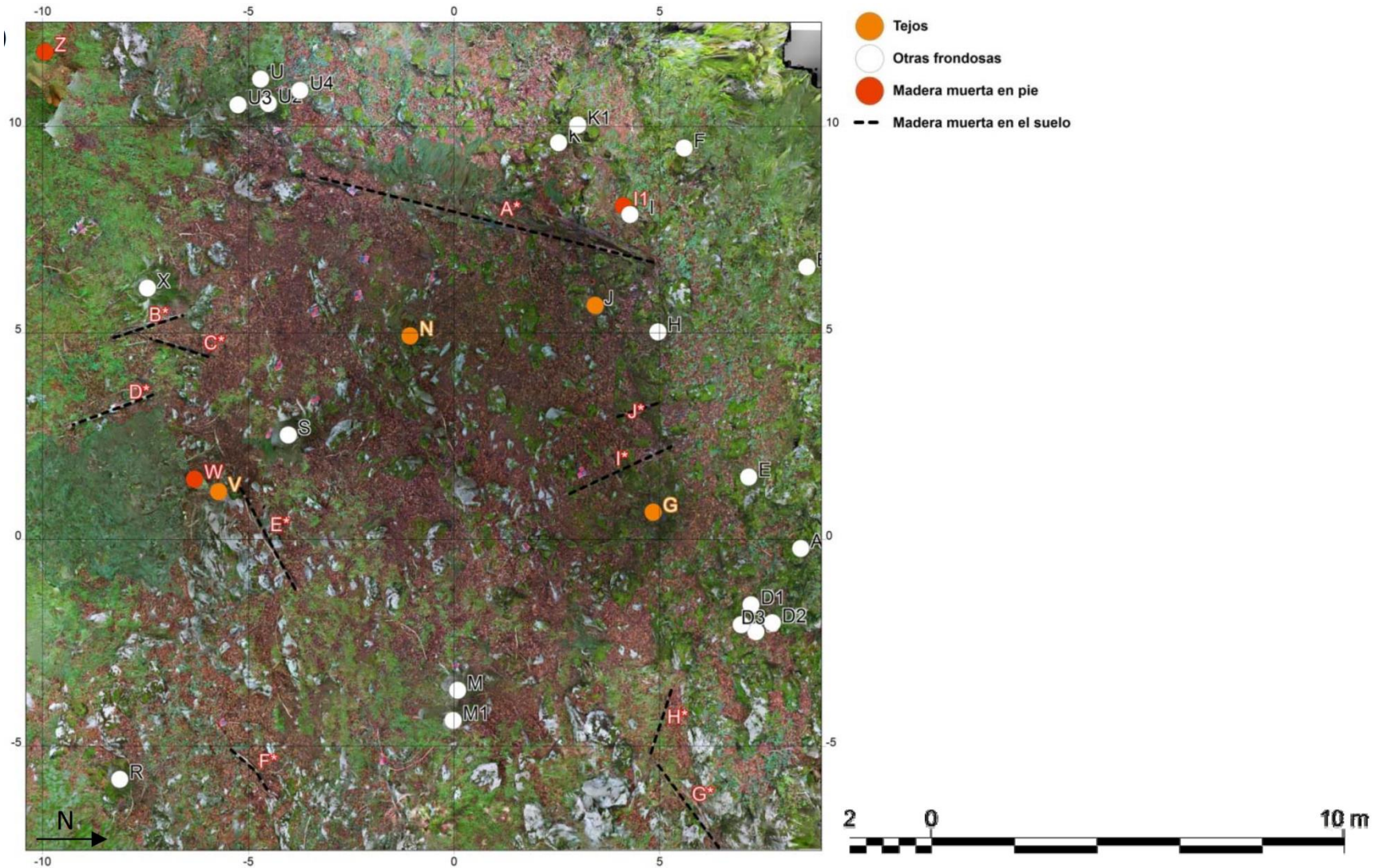
OBTENCIÓN DE DATOS DENDROMÉTRICOS DE PARCELA FORESTAL

Localización de pies, madera muerta, topografía,....



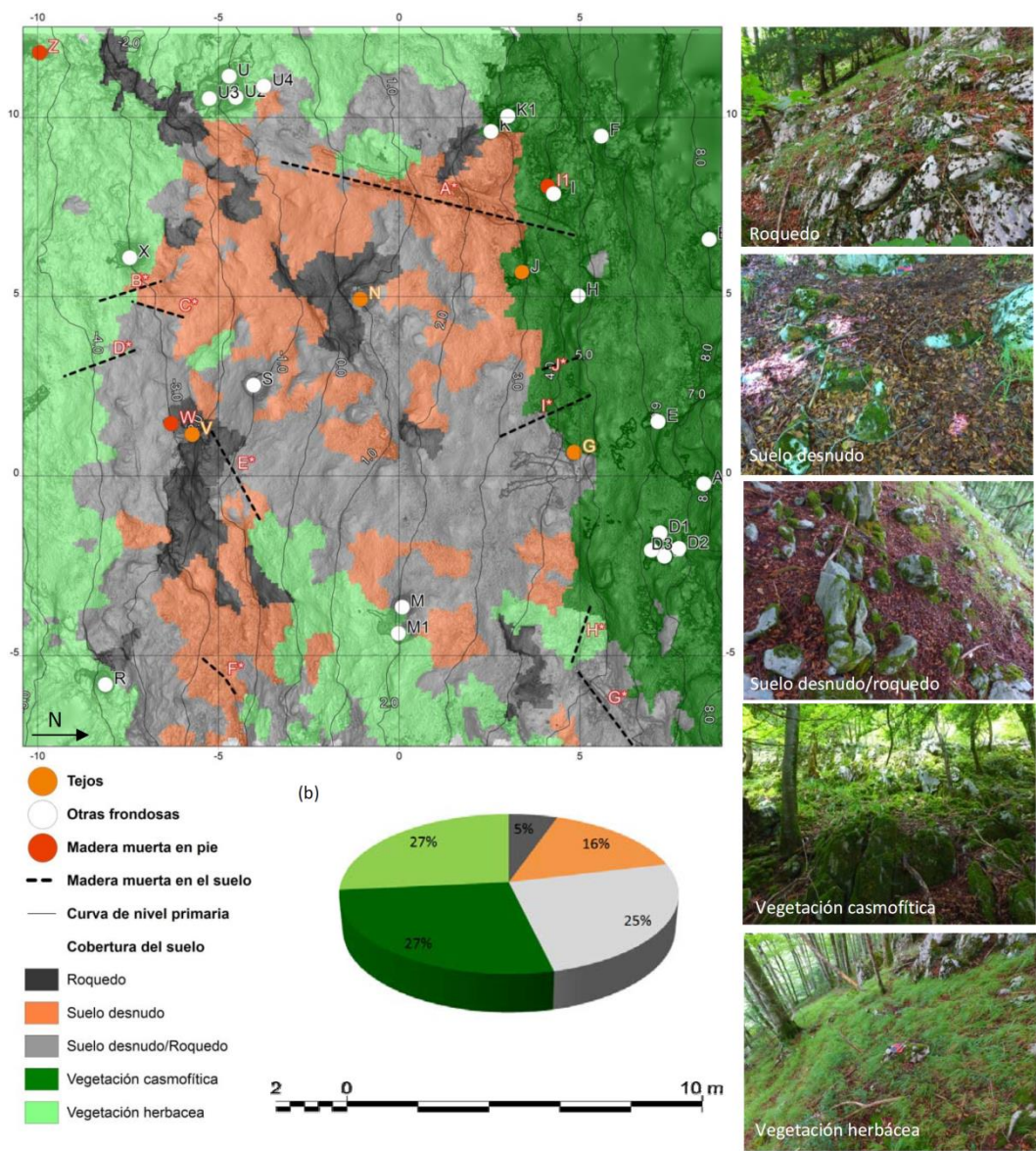
OBTENCIÓN DE DATOS DENDROMÉTRICOS DE PARCELA FORESTAL

Localización de pies, madera muerta, ortofotografía del suelo,....



OBTENCIÓN DE DATOS DENDROMÉTRICOS DE PARCELA FORESTAL

Localización de pies, madera muerta, cartografía de coberturas del suelo,....



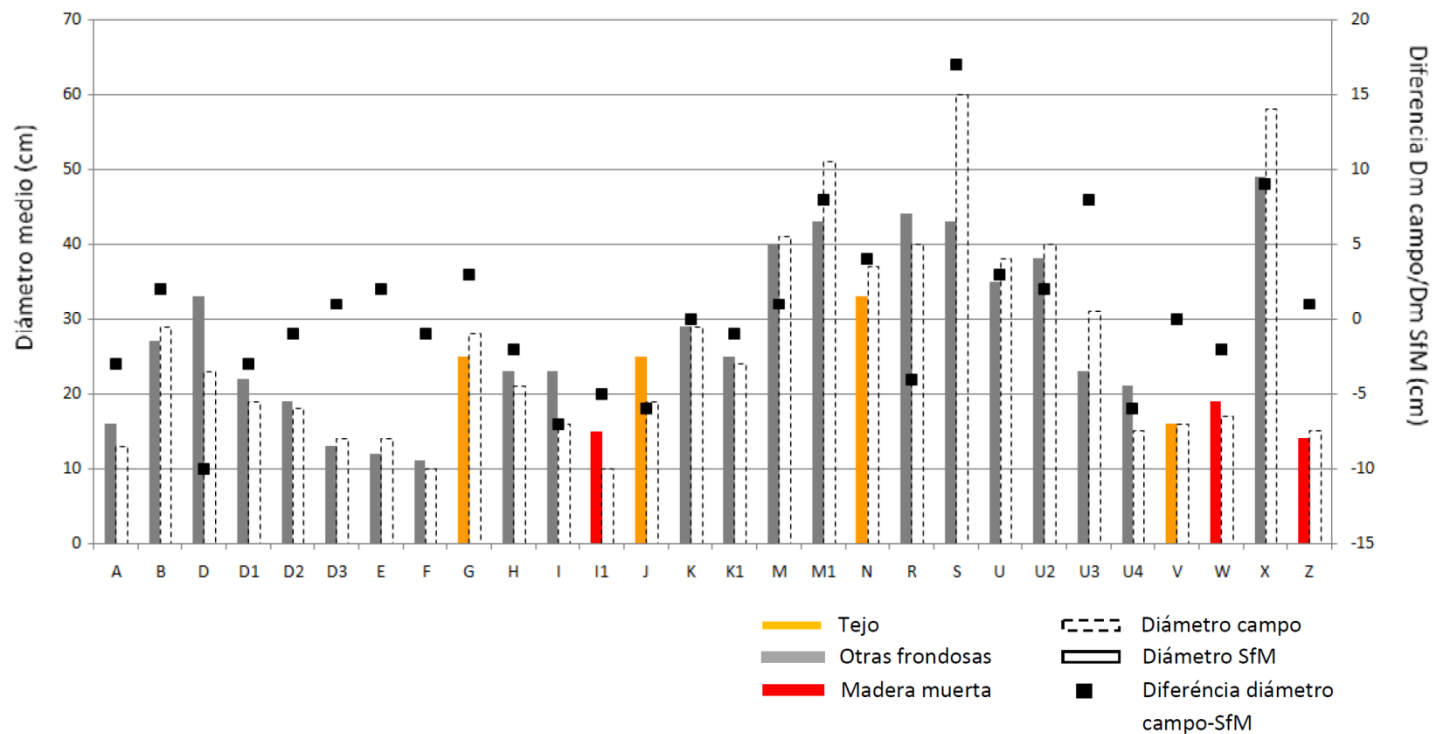
(c)



Cobertura	Superficie (en m²)	%
Roquedo	22,45	5
Suelo desnudo	67,07	16
Suelo desnudo/Roquedo	105,97	25
Vegetación casmofítica	114,5	27
Vegetación herbácea	112,04	27
Total	422,03	100

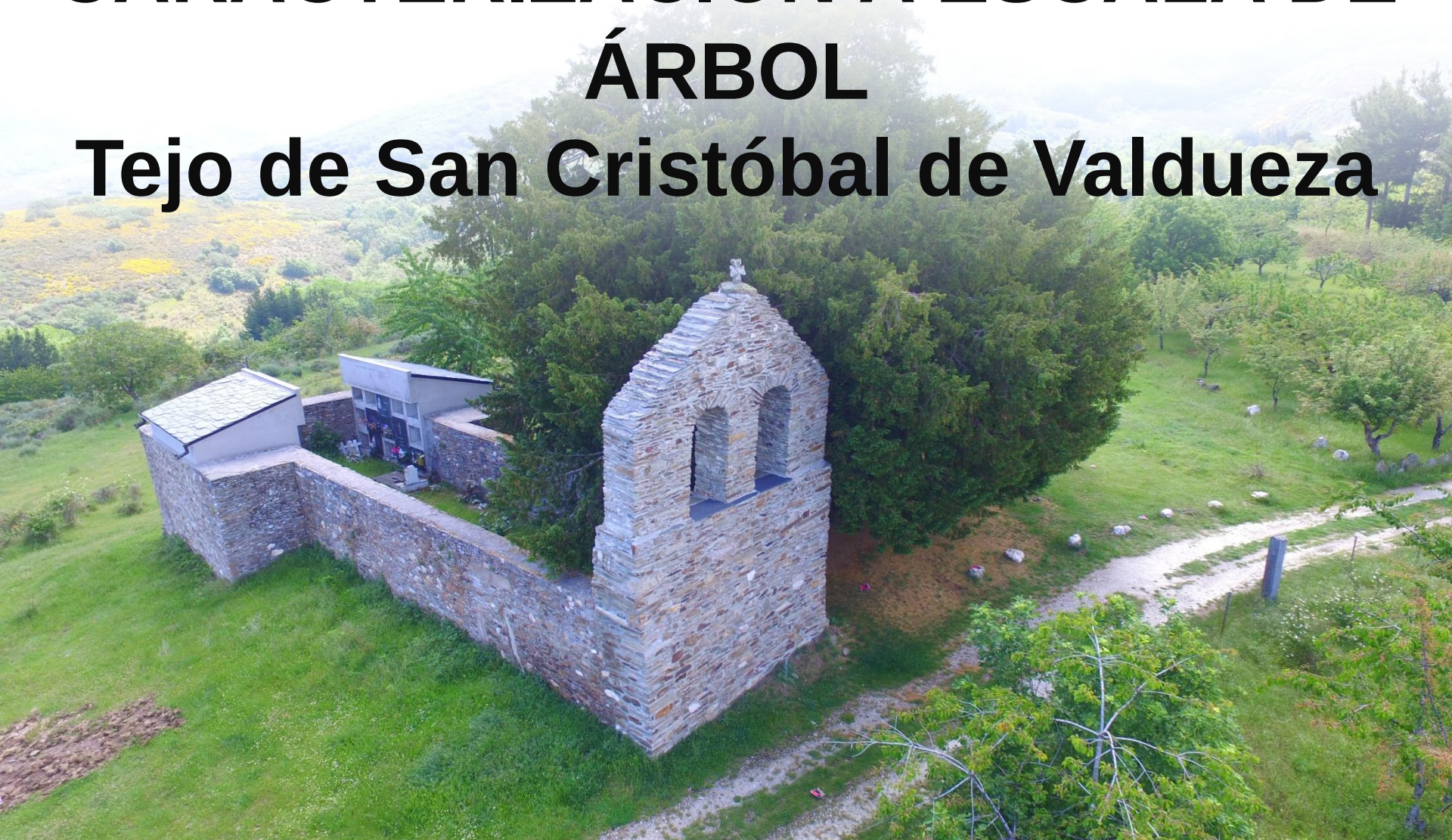
EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN

Estado	Especie	Número árboles		Número de pies	
		Datos campo	Datos SfM	Datos campo	Datos SfM
Vivos	Tejos	4	4	6	4
Vivos	Otras frondosas	19	19	30	24
Total		23	23	36	28
Muertos (pie)	Otras frondosas	2	2	5	3
Muertos (suelo)		1	1	2	1
Ramas		-	-	0	9



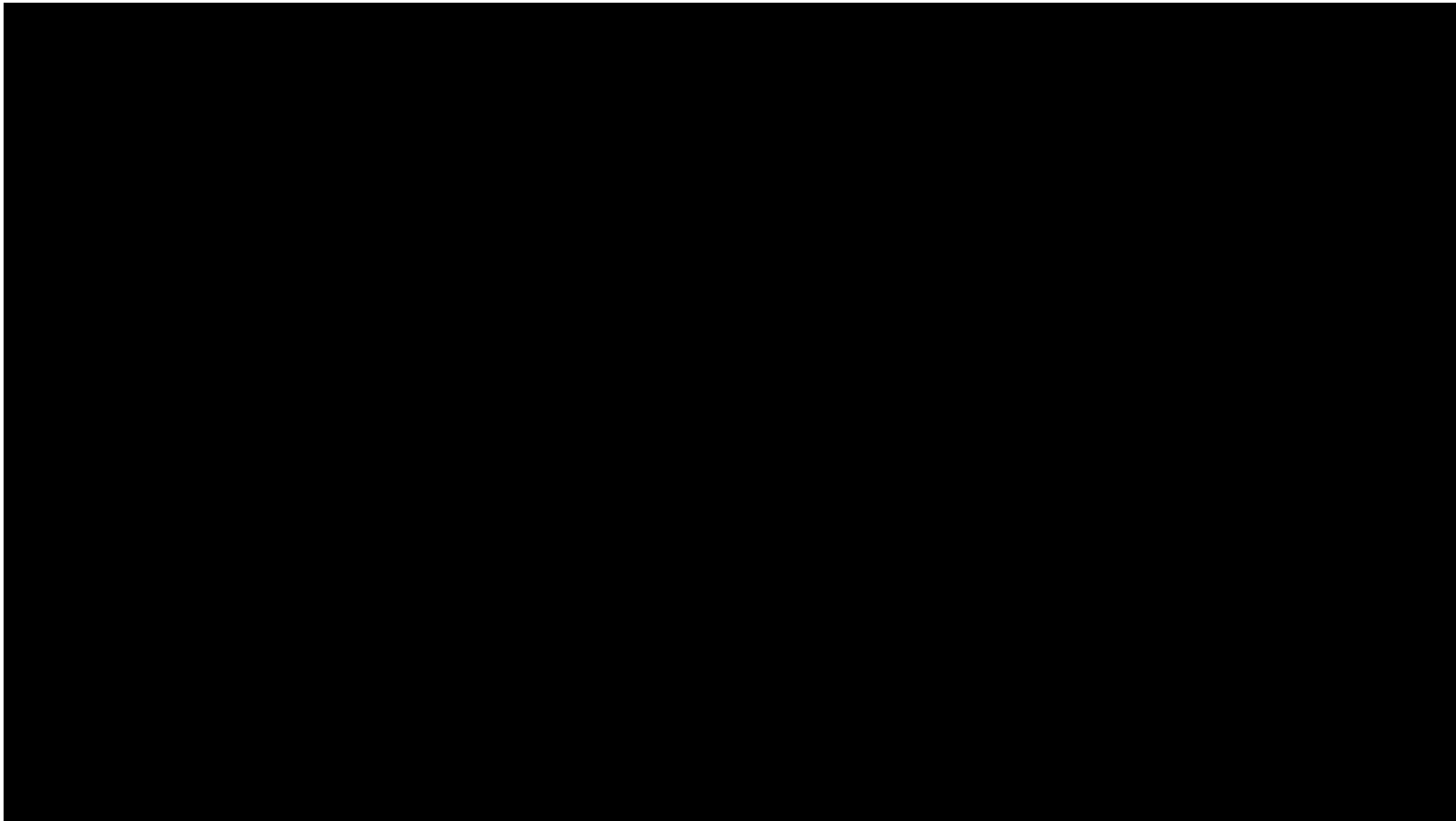
CARACTERIZACIÓN A ESCALA DE ÁRBOL

Tejo de San Cristóbal de Valdueza



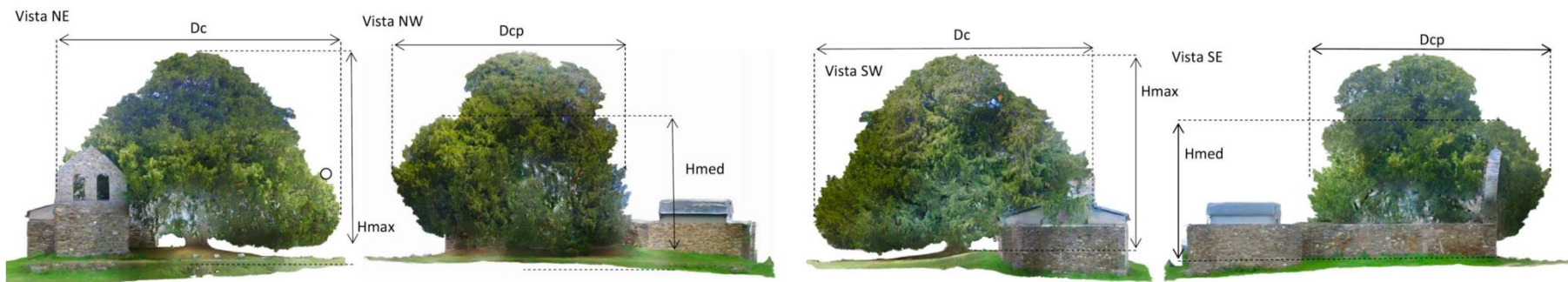
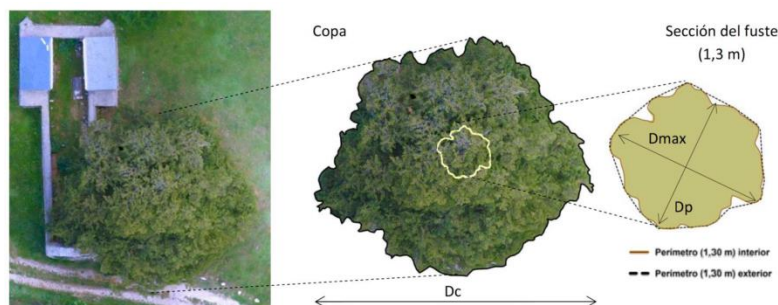
Levantamiento fotogramétrico aéreo/terrestre del árbol

Escala 1 (escena tejo-ermita)		Escala 2 (tronco principal del tejo)	
Equipo utilizado	Dron DJI Phantom	Equipo utilizado	Gimbal dJI Osmo
Número de fotografías	287	Número de fotografías	234
Número de puntos de apoyo sobre el terreno	20	Número de puntos de apoyo sobre el terreno	15
Error estimado en la corrección geométrica (m)	0,04	Error estimado en la corrección geométrica (m)	0,02
Número de puntos tridimensionales del modelo	9.348.394	Número de puntos tridimensionales del modelo	4.900.302
Número de caras del modelo 3D	1.869.687	Número de caras del modelo 3D	138.784



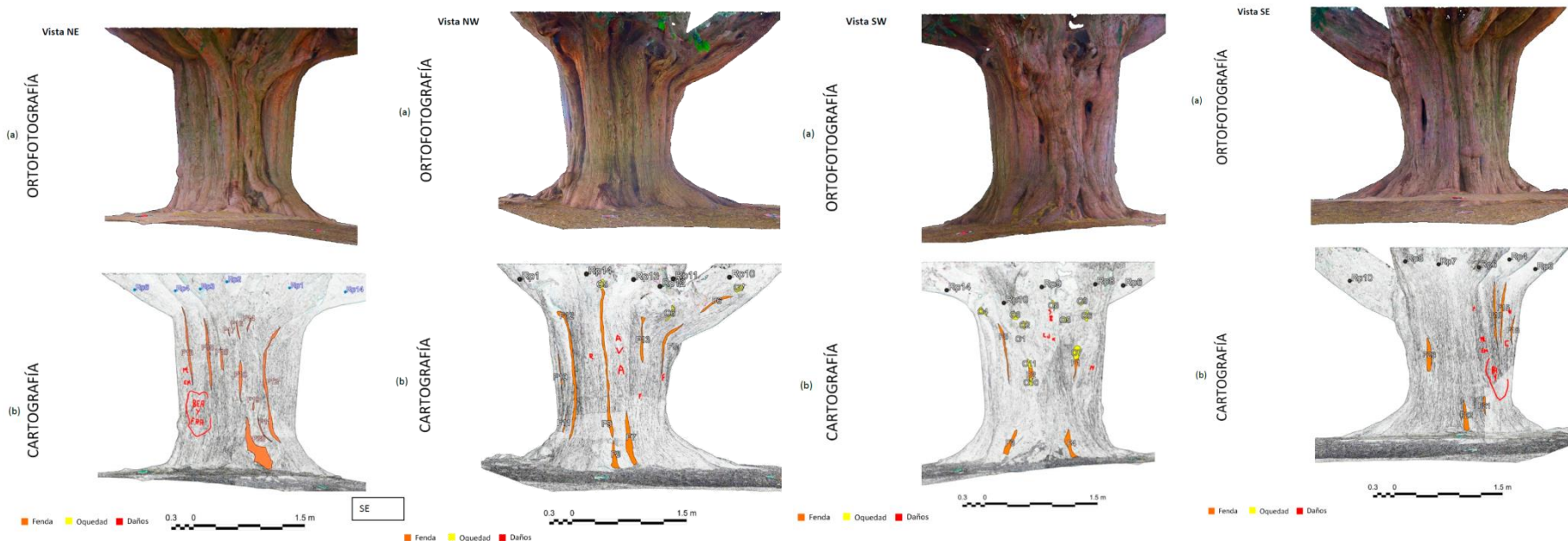
Cálculo de variables dendrométricas del tejo

Dimensiones copa		Dimensiones tronco	
Altura máxima del árbol (Hmax)	15,1 m	Altura hasta inserciones ramas primarias	2,1 m
Altura de la copa media (Hmed)	10,5 m	Diámetro máximo del tronco (Dmax)	1,71 m
Diámetro máximo de copa (Dc)	21,6 m	Diámetro perpendicular a Dmax (Dp)	1,45 m
Diámetro perpendicular a Dmax (Dcp)	18,7 m	Perímetro del tronco a 1,30 m (P1,3)	4,88 m
Perímetro de copa (Pc)	63,2 m	Perímetro ajustado del tronco a 1,3 (Pa1,3)	5,07 m



Cálculo de variables-cartografía del tronco principal del tejo

Elementos estructurales del tronco			
Valores sobre todo el tronco		Valores sobre la cara SE	
	Ud.		Ud.
Número de ramas primarias	14	Número de ramas primarias	6
Número de fendas	23	Número de fendas	6
Número de oquedades	11	Número de oquedades	0
Número incisiones (daños)	8	Número incisiones (daños)	6



Conclusiones del trabajo de Bioma y 4Datum...

- Las técnicas de SfM-MVS (fotogrametría digital automatizada) combinadas con el uso de los RPAS y plataformas terrestres constituyen herramientas muy útiles para la caracterización y estudio de la estructura del bosque maduro a distintas escalas de trabajo.
- La información obtenida mediante estas técnicas y tecnologías requiere un adecuado postprocesamiento con el fin de obtener información útil en forma de variables explicativas de las dinámicas del medio.
- Por eso son de gran utilidad las técnicas implementadas en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la Teledetección que permiten, previo diseño de flujos metodológicos adecuados, integrar múltiple información topográfica y cartográfica para realizar distintos tipos de análisis de los datos

GRÁCIAS POR SU ATENCIÓN

Jornada de Innovación en cartografía e
inventarios forestales

2 de Octubre de 2018

Universidad de Valladolid. Palencia
ETS de Ingenierías Agrarias.

