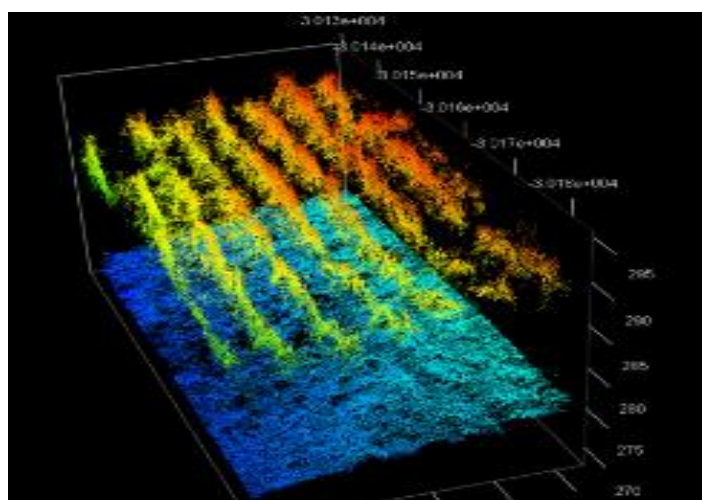


**DOCUMENTO EXPLICATIVO PARA LA INTERPRETACIÓN  
DE LA INFORMACIÓN DE LAS VARIABLES DASOMÉTRICAS  
OBTENIDAS MEDIANTE TECNOLOGÍA LIDAR A PARTIR DE  
LA SEGUNDA COBERTURA LIDAR PNOA (2018) Y EL  
INVENTARIO FORESTAL NACIONAL ( IFN 4)**



UNIÓN EUROPEA

Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural:  
Europa invierte en las zonas rurales

JUNTA DE EXTREMADURA

Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural,  
Población y Territorio

## I. Introducción

El láser escáner aerotransportado (ALS “Airbone Laser Scanning”), también denominado como LiDAR (Light Detection and Ranging) es un sistema de teledetección que, estando acoplado a un avión, helicóptero o vehículo aéreo no tripulado, emite pulsos láser que retornan una o varias al sistema con diferente intensidad creando así una nube de puntos tridimensional con abundante información sobre la estructura vertical de la vegetación. En el caso de zonas arboladas, la mayoría de los pulsos láser son reflejados por las ramas y las hojas de la cubierta vegetal, llegando solo una pequeña parte de los pulsos hasta la superficie del terreno aprovechando pequeños huecos o aberturas en la vegetación. La forma y la intensidad en la que el conjunto de los pulsos láser llega a la vegetación y retornan al sistema LiDAR, junto con el desarrollo de modelos estadísticos predictivos permiten estimar distintas variables dasométricas descriptivas de la masa forestal sin necesidad de recurrir necesariamente a los inventarios forestales por muestreo. Actualmente se disponen de los datos LiDAR en formato .las más recientes obtenidos a partir del Plan Nacional de Ortofografía Aérea (PNOA) y llevado a cabo en Extremadura **durante el año 2018**.

Por otra parte, el Cuarto Inventario Forestal Nacional (IFN 4) se llevó a cabo en Extremadura durante el año 2017, tanto para las provincias de Cáceres y Badajoz, por el cual se obtuvo información sobre la situación de los montes extremeños, como el régimen de propiedad y protección, estado natural, estado legal, existencias, crecimientos, biodiversidad, probable evolución y capacidad productora de los recursos...etc.

La proximidad entre las fechas de la toma de datos de las parcelas del Cuarto Inventario Forestal Nacional -IFN 4 (2017) y la fecha del vuelo en el que se obtuvieron los datos LiDAR del PNOA (2018) supone una gran ventaja a la hora de relacionar ambos datos y permite extender con gran garantía los resultados de las existencias obtenidos en el IFN 4 aplicando modelos predictivos de masa basados en los datos LiDAR de baja densidad del PNOA, teniendo además en cuenta aquellas perturbaciones de consideración como incendios forestales en el territorio extremeño entre ambas fechas.

Las variables dasométricas obtenidas han sido elaboradas en el servicio licitado por el Servicio de Ordenación y Gestión Forestal de la Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Población y Territorio, y denominado *Extensión del cuarto inventario forestal nacional mediante técnicas LiDAR para la Gestión Forestal sostenible de los montes de Extremadura*”. Este servicio tuvo por objeto extender los valores dasométricos obtenidos en el cuarto inventario forestal nacional (IFN 4) a todos los terrenos forestales de Extremadura mediante técnicas LiDAR (Light Detection and Ranging). Esta extensión de los valores del IFN4 se realizó a través de la elaboración de distintos modelos predictivos de masa que relacionen los distintos estadísticos obtenidos tras el tratamiento de los datos LiDAR del Plan Nacional de Ortofografía Aérea (PNOA) llevado a cabo en Extremadura durante el año 2018 con los valores dasométricos de las parcelas del IFN 4 (Volumen con corteza, área basimétrica, biomasa aérea seca, incremento anual de volumen con corteza, y fracción de cabida cubierta).

## 2. Metodología

En primer lugar se definieron los 15 estratos de vegetación LiDAR definidos, basados en las formaciones y subformaciones forestales del mapa forestal español sobre los que se elaboraron los modelos predictivos de masa, tal como se muestran en la siguiente imagen:

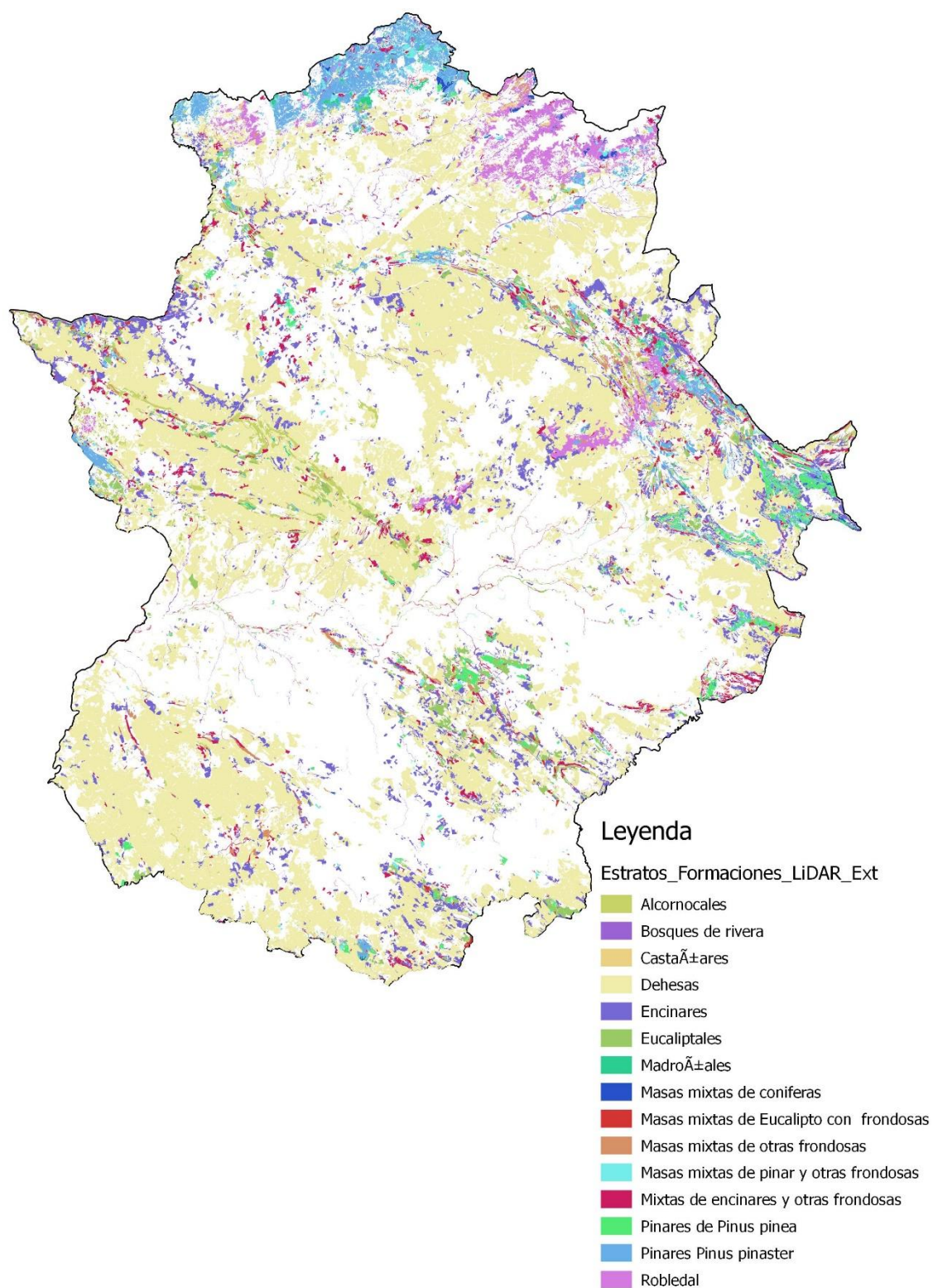


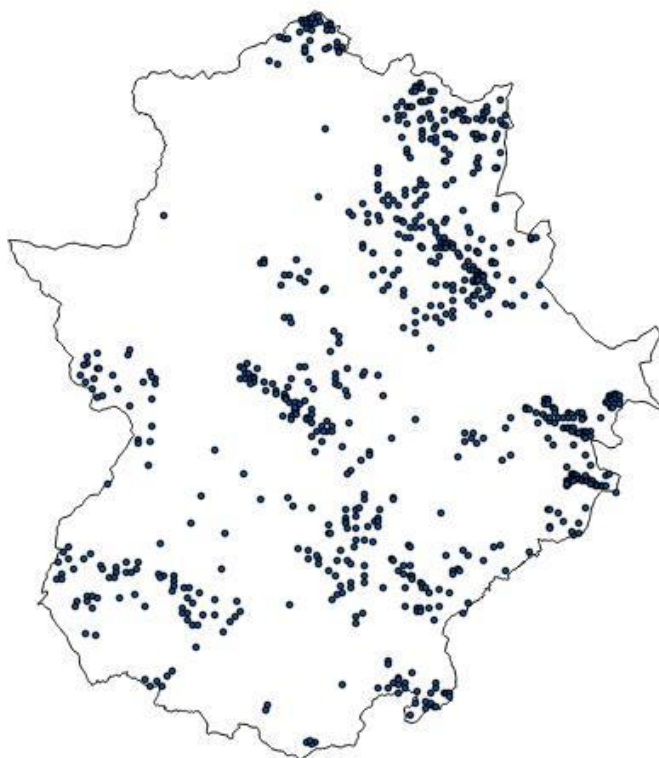
Fig. 1 Estratos de vegetación LIDAR utilizados para elaborar los modelos predictivos de masa

Para obtener los modelos predictivos de masa se aplicó una metodología de inventario forestal a nivel de masa (area-based approach, ABA) con datos LiDAR aerotransportado de baja densidad procedentes del PNOA. El esquema general de la metodología que aplicada a nivel espacial para cada formación forestal en la Comunidad Autónoma de Extremadura,

De forma general, el tratamiento de los datos LiDAR se dividió en tres grandes fases que fueron: preparación de los datos (compresión, creación índice espacial, eliminación del ruido, etc.), procesado de los datos (clasificación, normalización, extracción de métricas, etc.) y la generación de los productos (raster asociados con DEM, aplicación modelos desarrollados, etc.).

En total se procesaron 11520 ficheros (Tabla 1) .las originales, clasificados con Lastools y procedentes del Instituto Geográfico Nacional, con un tamaño original de 2x2km.

Para la fase de modelización de las principales variables dasométricas se realizó un primer análisis de la información de la base de datos de las parcelas procedentes del IFN, con el objetivo de realizar un primer filtrado y selección de las parcelas que serán usadas posteriormente en los ajustes de los modelos para cada formación forestal o estrato LiDAR. Después se realizó un primer análisis del número de parcelas localizadas en cada una de las formaciones forestales arboladas o estratos definidos. De todas las parcelas del IFN se seleccionaron únicamente que cumplieran dos criterios principales el **criterio de georeferenciación**: Usar solo parcelas TRIMBLE corregidas (COR) con un error aproximado de 1-2 m en postproceso, y **un criterio de cobertura**: tener en cuenta únicamente aquellas parcelas con un porcentaje de FCC superior al 10%.



*Fig. 2 Parcelas del IFN 4 utilizadas para elaborar los modelos LiDAR*

Una vez realizado el primer análisis de las parcelas del IFN se ajustaron los modelos lineales para cada uno de los estratos LiDAR con dos variables independientes. El modelo aplicado para establecer las relaciones empíricas entre las variables calculadas a partir de los datos de campo tomados y los estadísticos LiDAR fue de tipo potencial y relacionó la variable de masa a estimar en las parcelas del IFN con los estadísticos o métricas procedentes de la nube de puntos LiDAR de las cuadrículas que contengan los círculos de 25 metros de radio de la parcela.

Se calculó además para cada uno de los modelos los valores del coeficiente de Eficiencia del Modelo (EM) los cuales se muestran en la siguiente tabla para cada uno de los estratos de vegetación. Tal como se observa en la siguiente tabla, se elaboraron dos modelos LiDAR diferentes para la zona de la Siberia, y otro para el resto para los estratos de Pinar de Pino Pinaster y de Pino Piñonero.

			Valor de del coeficiente de eficiencia del modelo (EM) de cada Variable dasométrica			
Estrato de vegetación LiDAR	Formación arbolada	Numero de parcelas utilizadas	Volumen (m3/ha)	Area basimétrica (m2/ha)	Crecimiento (m3/ha/año)	Biomasa aérea (ton/ha)
1	Dehesas	198	0,29	0,30	0,22	0,27
2	Encinares	92	0,44	0,55	0,16	0,61
3.1	Pinares de Pinus pinaster zona Siberia	30	0,78	0,68	0,51	0,61
3.2	Pinares de Pinus pinaster resto	52	0,83	0,74	0,68	0,79
4	Mixtas de encinares y otras frondosas	38	0,53	0,57	0,55	0,55
5	Masas mixtas de otras frondosas	29	0,84	0,76	0,84	0,76
6	Robledal	50	0,40	0,39	0,26	0,54
7	Eucaliptales	68	0,72	0,65	0,74	0,76
8	Alcornocales	50	0,64	0,74	0,72	0,84
9.1	Pinares de Pinus pinea Siberia	33	0,87	0,80	0,63	0,84
9.2	Pinares de Pinus pinea Siberia	32	0,89	0,80	0,63	0,86
10	Masas mixtas de pinar y otras frondosas	25	0,87	0,77	0,62	0,92
11	Bosques de ribera	29	0,83	0,48	0,64	0,53

12	Madroñales	27	0.44	0.51	0.54	0.65
13	Masas mixtas de Eucalipto con otras frondosas;y choperas	29	0.86	0.53	0.87	0.76
14	Castañares	27	0.54	0.59	0.53	0.59
15	Masas mixtas de coníferas	20	0.70	0.68	0.61	0.73

**Tener en cuenta y saber interpretar el valor de estos valores de Eficiencia del modelo es muy importante a la hora de aplicar o no los modelos LiDAR generados. Por esta razón los datos de las variables dasométricas obtenidas con un bajo coeficiente de eficiencia del modelo como las dehesas. También tendrían que usarse con cautela los estratos LiDAR considerados mixtos que proceden de la unión varias subformaciones del Mapa Forestal de España .**

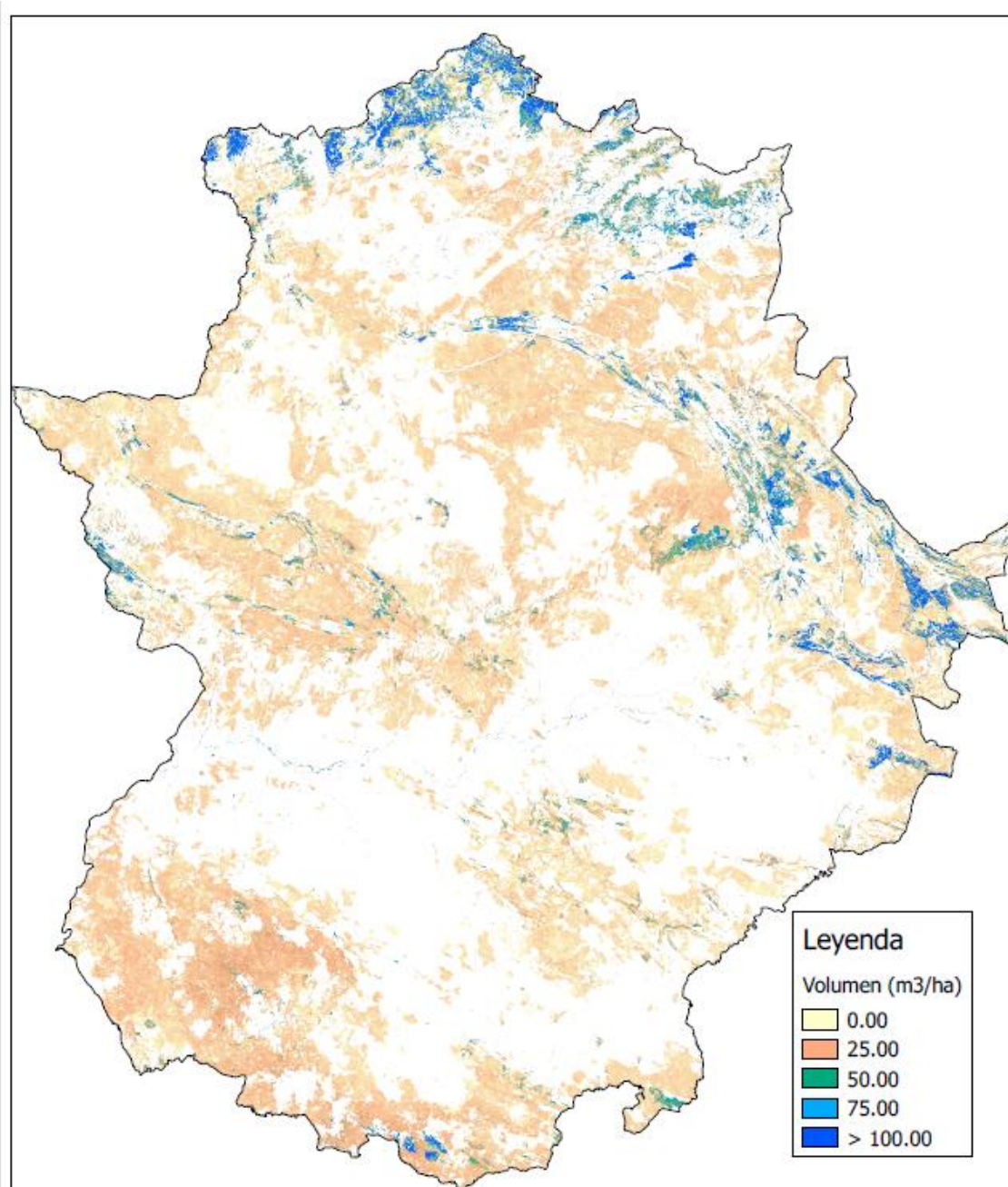
### 3. Resultados

A continuación se muestran en la siguiente tabla los resultados medios obtenidos para cada uno de los estratos de vegetación considerados:

Código estrato	Formación arbolada Estrato LIDAR	Biomasa aérea LIDAR (tn/ha)	VCC LIDAR (m3/ha)	G LIDAR (m2/ha)	IAVC LIDAR (m3/ha/año)	Superficie (has)
1	Dehesas	34,84	11,98	5,18	0,17	1.322.972,69
2	Encinares ( <i>Quercus ilex</i> )	30,15	11,22	3,92	0,14	195.753,13
3	Pinar de pino pinaster	51,30	87,60	14,84	3,12	87.099,25
4	Mezclas de <i>Quercus ilex</i> , <i>Q. suber</i> y otras frondosas	24,22	18,91	6,01	0,36	70.524,50
5	Mezclas de otras frondosas	37,25	38,51	5,20	0,64	19.757,88
6	Melojares ( <i>Quercus pyrenaica</i> ) y quejigares ( <i>Quercus faginea</i> )	44,11	39,27	8,64	0,94	64.909,81
7	Eucaliptales ( <i>Eucalyptus</i> spp.)	24,65	38,48	5,13	0,85	57.777,88
8	Alcornocales ( <i>Quercus suber</i> )	24,31	25,51	6,71	0,44	56.903,25
9	Pinar de pino piñonero ( <i>Pinus pinea</i> )	45,86	60,19	11,08	1,20	30.664,69
10	Mezclas de <i>Pinus pinaster</i> y otras frondosas	37,34	29,22	7,60	1,06	18.064,63
11	Bosques ribereños	76,80	29,79	12,47	1,26	16.833,94
12	Madroñales ( <i>Arbutus unedo</i> )	23,03	10,55	5,74	0,50	10.002,38
13	Mezclas de <i>Eucalyptus</i> spp. con otras especies; y choperas y plataneras de producción	49,12	58,31	13,86	1,55	11.100,69
14	Castañares ( <i>Castanea sativa</i> )	92,27	74,78	16,05	0,98	6.524,19
15	Mezclas de <i>Pinus pinea</i> y <i>P. pinaster</i> , pinar de pino albar ( <i>Pinus sylvestris</i> ), y otras coníferas autóctonas puras o en mezcla	40,08	89,35	10,18	5,27	4.595,25

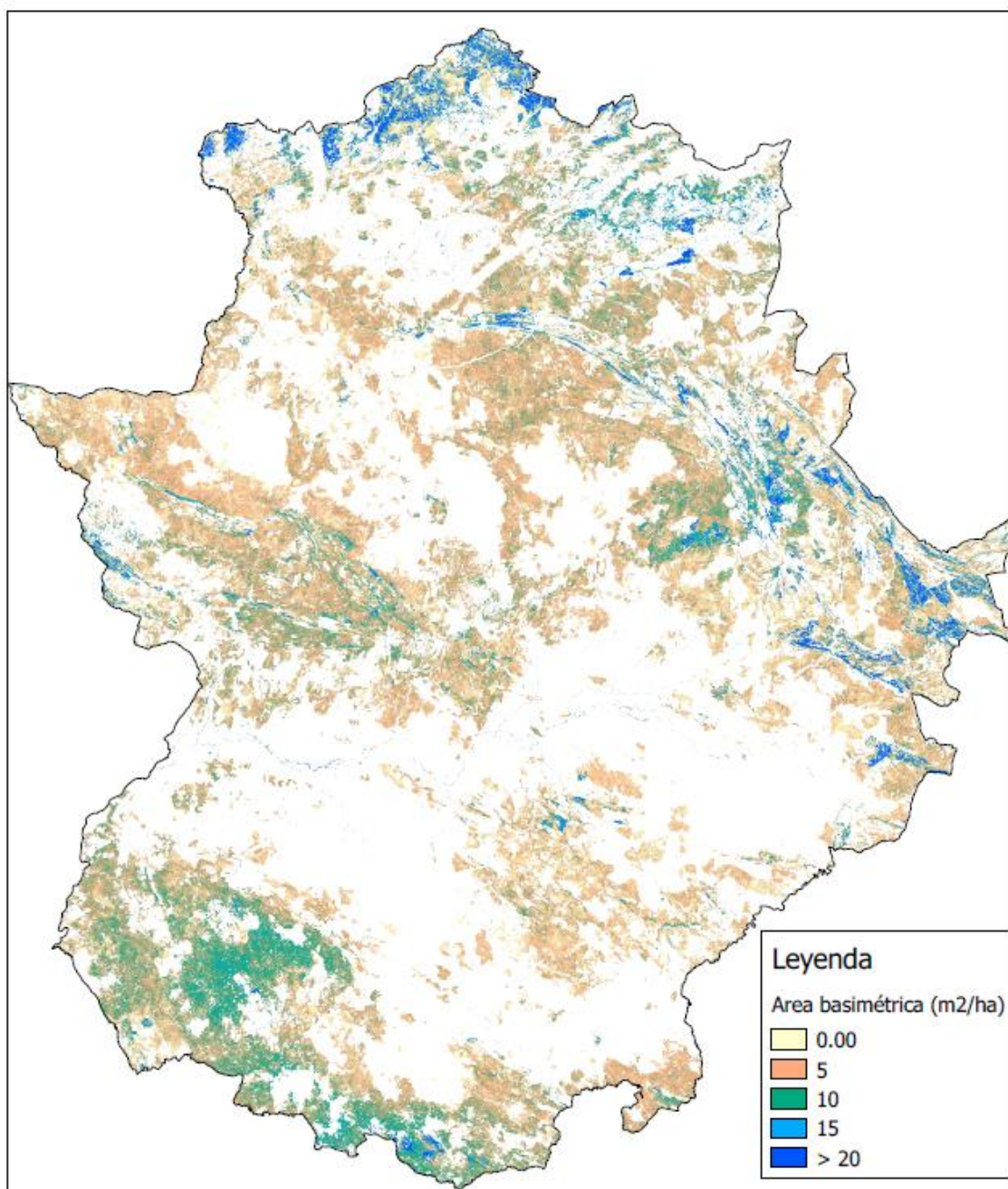
A continuación se muestran los mapas generados de cada una de las variables dasométricas



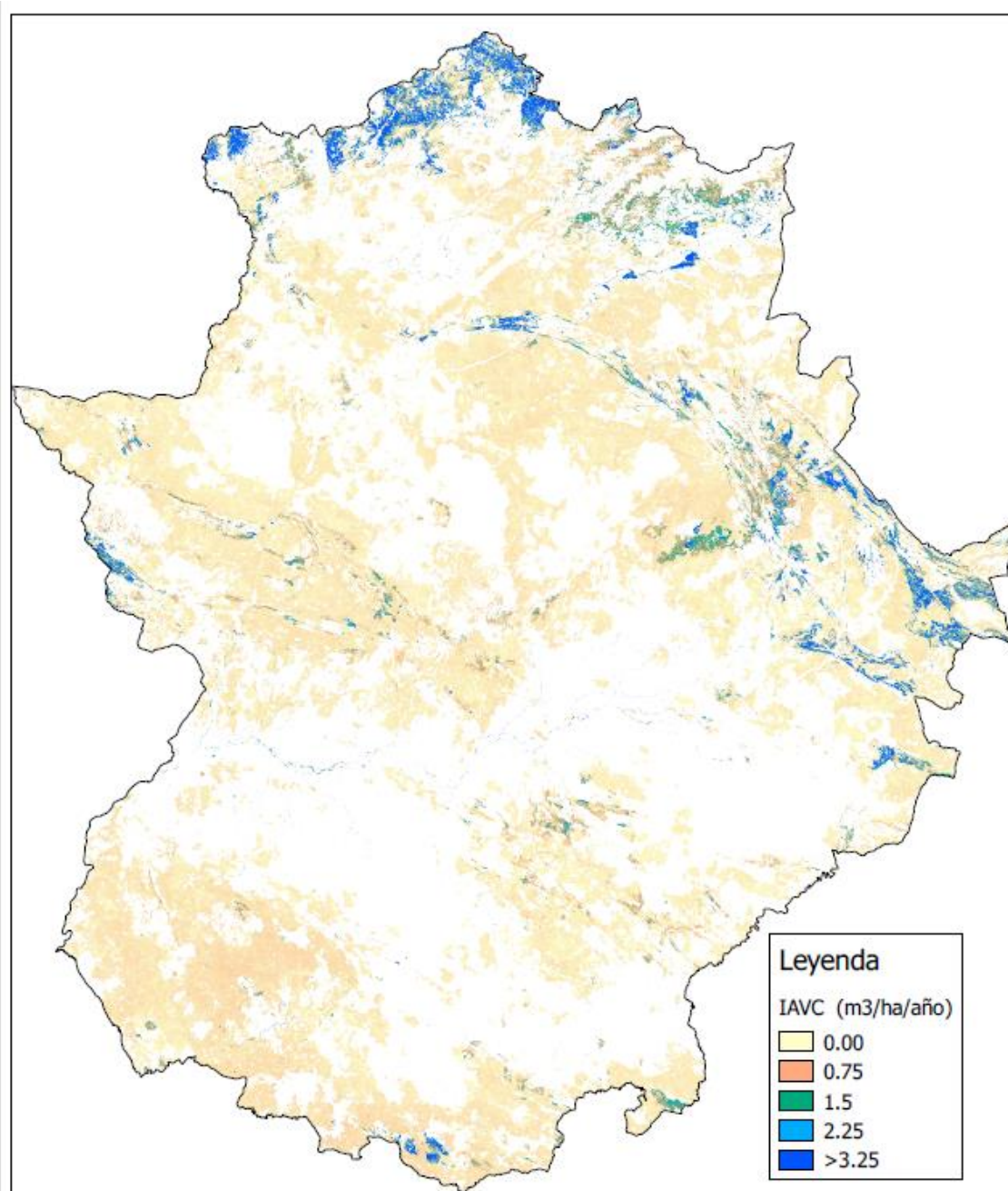


VOLUMEN CON CORTEZA ESTIMADO MEDIANTE LA EXPANSIÓN CONTINUA DEL  
IFN4 MEDIANTE TÉCNICAS LIDAR DE MASA A PARTIR DE LA SEGUNDA  
COBERTURA LIDAR- PNOA ( 2018)



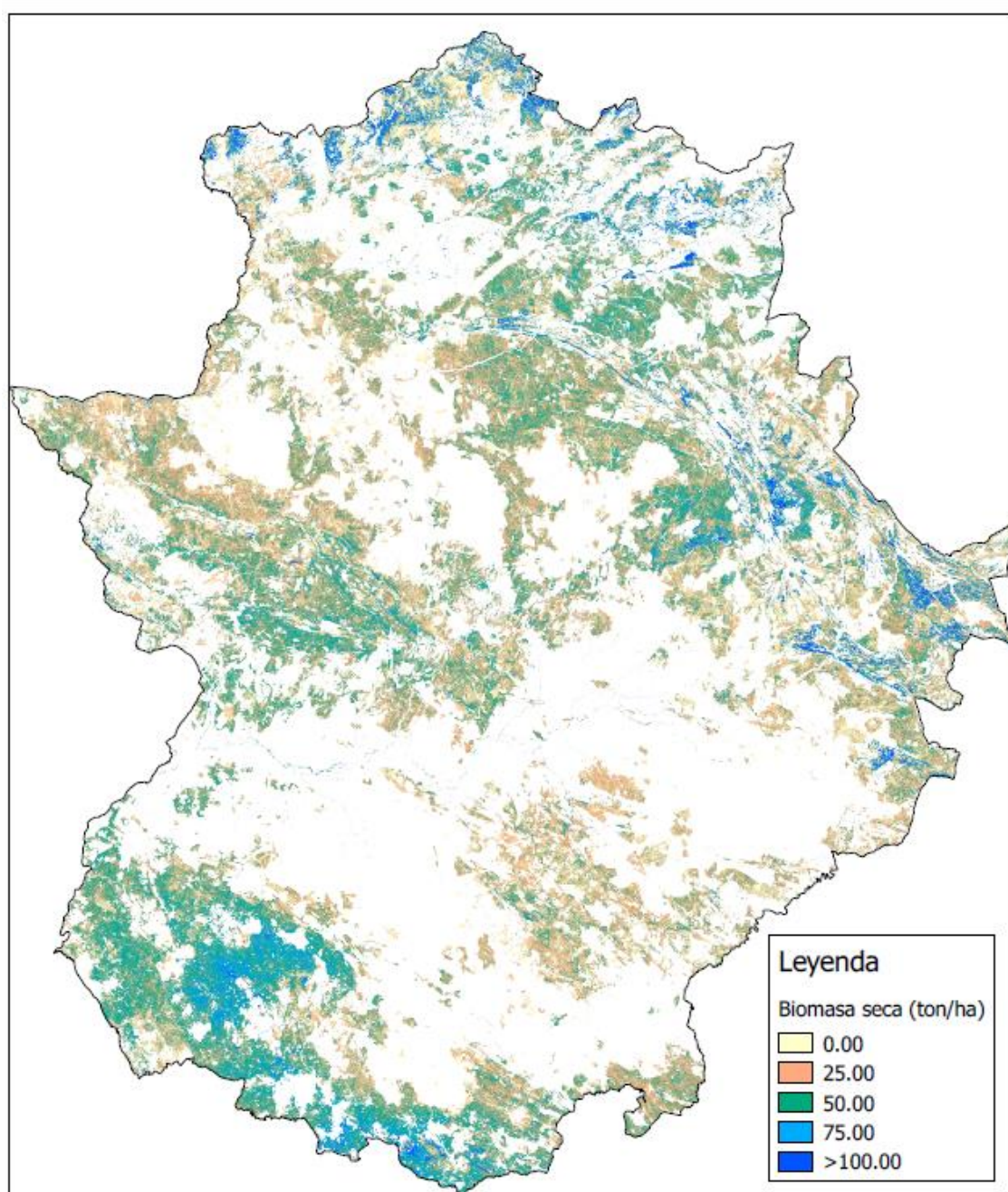


AREA BASIMÉTRICA ESTIMADA MEDIANTE LA EXPANSIÓN CONTINUA DEL  
IFN4 MEDIANTE TÉCNICAS LIDAR DE MASA A PARTIR DE LA SEGUNDA  
COBERTURA LIDAR- PNOA ( 2018)

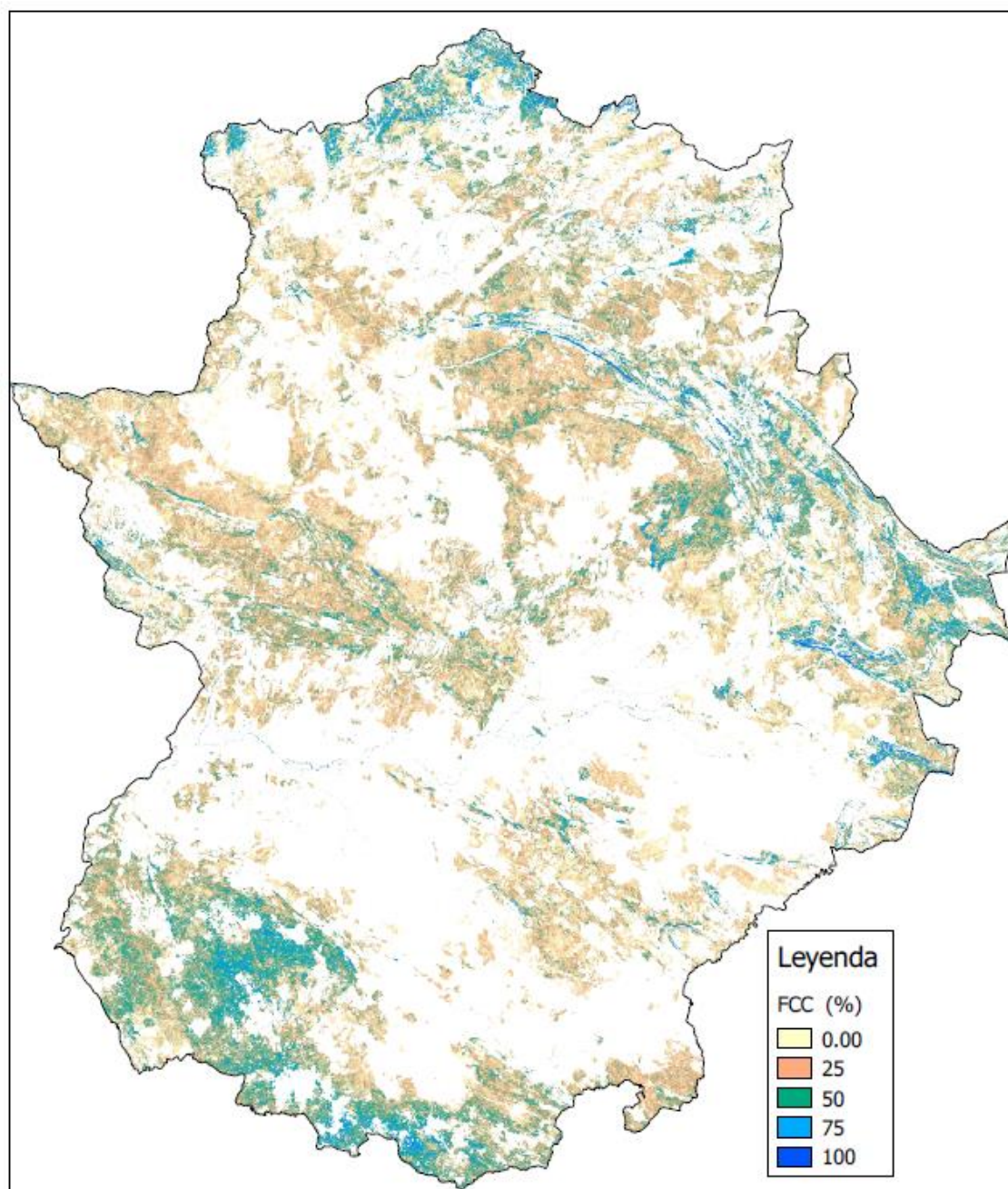


INCREMENTO ANUAL DE VOLUMEN CON CORTEZA ESTIMADO MEDIANTE LA  
EXPANSIÓN CONTINUA DEL IFN4 MEDIANTE TÉCNICAS LIDAR DE MASA A  
PARTIR DE LA SEGUNDA COBERTURA LIDAR- PNOA ( 2018)





BIOMASA SECA ESTIMADA MEDIANTE LA EXPANSIÓN CONTINUA DEL IFN4  
MEDIANTE TÉCNICAS LIDAR DE MASA A PARTIR DE LA SEGUNDA COBERTURA  
LIDAR- PNOA ( 2018)



FRACCIÓN DE CABIDA CUBIERTA ESTIMADA MEDIANTE TÉCNICAS LIDAR A  
PARTIR DE LA SEGUNDA COBERTURA LIDAR- PNOA ( 2018)