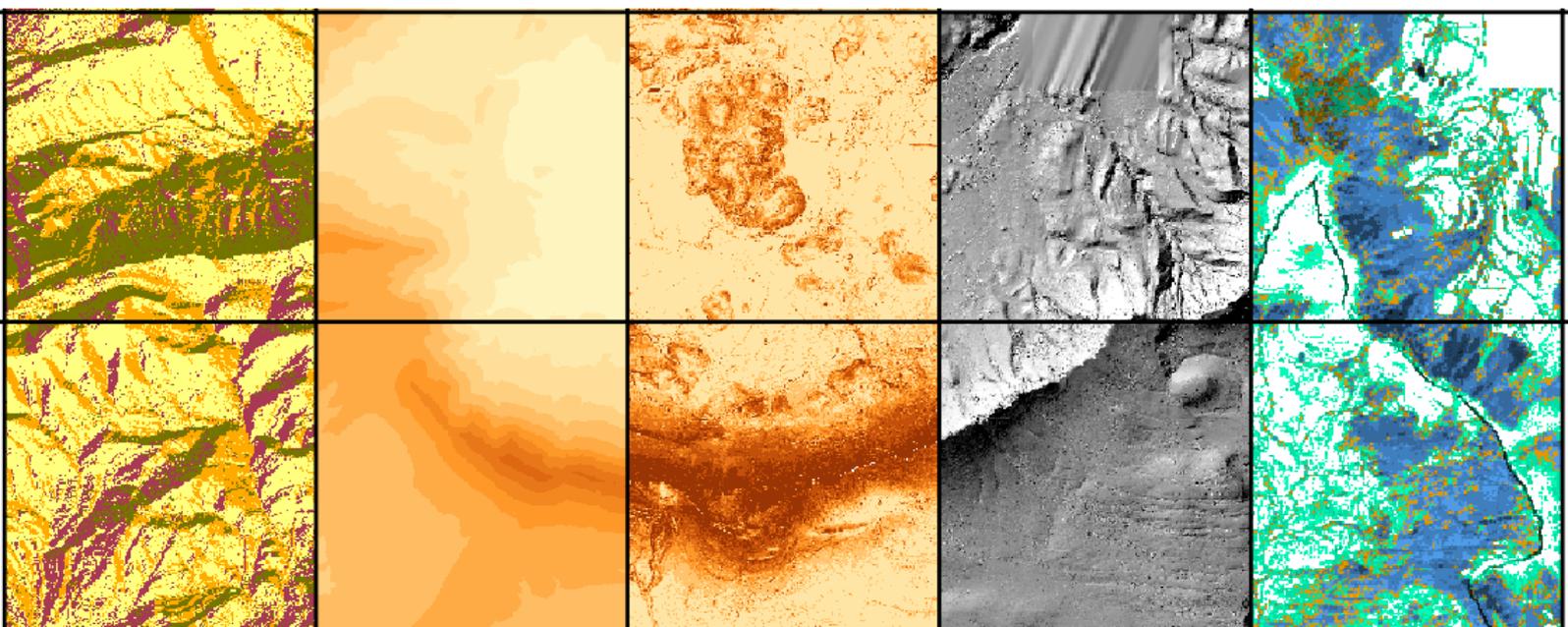


PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS LIDAR EN LA RED DE PARQUES NACIONALES



Modelos de elevaciones, estadísticos
LIDAR e incorporación de los mismos
a la cartografía de sistemas naturales
de vegetación

Julio 2016



MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

ORGANISMO
AUTÓNOMO
PARQUES
NACIONALES

usim
B

RED DE
PARQUES NACIONALES

En la elaboración de este documento y del resto de productos asociados se ha contado con la colaboración de:

Dirección y coordinación:

Área de Conservación, Seguimiento y Programas de la Red del Organismo Autónomo Parques Nacionales

Jorge Bonache Lopez

Jesús Serrada Hierro

Autores y coordinación científica:

Sociedad Cooperativa AGRESTA

José Luis Tomé

María Montero Jiménez

Miguel Ángel Noriega Alonso



MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

ORGANISMO
AUTÓNOMO
PARQUES
NACIONALES



Objetodel trabajo

El objetivo de este trabajo es la generación de información útil de estructura de la vegetación en formato ráster y vectorial para enriquecer la cartografía de "sistemas naturales de vegetación" de la Red de Parques Nacionales a partir de la información LiDAR disponible.

Como fuente de datos para el trabajo se han utilizado los datos LiDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea. Estas nubes de puntos, que tienen una densidad promedio de 0,5 pulsos/m² y una precisión altimétrica con un error medio cuadrático inferior a 20cm en altura, han sido capturadas por sensores LiDAR aerotransportados. El propio Centro Nacional de Información Geográfica suministra los datos a partir de su centro de descargas en bloques de 2x2 Km en ficheros digitales con formato ".laz". Las nubes de puntos suministradas tienen alturas ortométricas, clasificación automática y están coloreadas a partir de las propias ortofotos RGB del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA). El sistema geodésico de referencia es ETRS89 en la Península, Islas Baleares, Ceuta y Melilla, y REGCAN95 en las Islas Canarias (ambos sistemas compatibles con WGS84) y proyección UTM en el huso correspondiente a cada fichero.

Para toda la superficie de trabajo se han procesado las nubes de puntos de cara a obtener distintas variables fisiográficas del terreno, así como una serie de estadísticos que caracterizan las masas forestales de los parques nacionales en los siguientes estratos:

- Vegetación media: de 0,5 - 2 m, asimilable a matorral
- Vegetación media-alta: de 2 - 4 m, asimilable al estrato arbustivo
- Vegetación alta: > 4 m, asimilable al bosque, o estrato arbóreo

A partir de la información procesada del LiDAR, se genera la siguiente información:

- **MDE**. Modelo digital de elevaciones en formato ráster 2x2 m.
- **Altura media de la vegetación por estrato**: en formato ráster 25x25 m. Se calculará la altura media por cada uno de los estratos de vegetación establecidos en cada una de las teselas que conforman la cartografía de los sistemas naturales vegetales. Además de la media, se calculará su desviación estándar y su varianza, incorporando la información obtenida a la base de datos de sistemas naturales.
- **Fracción de Cobertura Cubierta (FCC)**: en formato ráster 25x25 m. La fracción de cobertura cubierta viene calculada como el porcentaje de primeros retornos LiDAR que quedan capturados por la vegetación en el estrato analizado.
- **Canopyrelief ratio (CRR)**: en formato ráster 25x25 m. el CRR se utiliza para analizar la complejidad de la estructura vertical de la vegetación, es un estadístico relacionado con la longitud libre de copa de la masa a partir de observaciones de las alturas (Parker y Russ, 2004) y se define como:

$$CRR = \frac{(H_{media} - H_{mínimo})}{(H_{máximo} - H_{mínimo})}$$

Este parámetro cuyo valor esta entre 0 y 1 refleja la estructura vertical de la biomasa vegetal, valores menores de 0,5 indican que la mayor parte de la biomasa esta en las partes bajas mientras que valores mayores de 0,5 indican que la mayor parte de la biomasa esta en las copas.

- **Estadísticos de la vegetación por estrato:** batería de 70 estadísticos LiDAR que caracterizan alturas y coberturas de la vegetación para cada estrato en celdas de 25 metros de lado para toda la superficie analizada en formato shape. En la siguiente tabla se enumeran los principales estadísticos generados para cada estrato:

Estadísticos LiDAR Calculados	
Mínima: Altura mínima de la celda	Número de primeros retornos por encima de la altura mínima del estrato (altura mínima la que le definamos en la configuración)
Máxima: Altura máxima de la celda	Número segundos retornos por encima de la altura mínima definida
Media: Altura media de la celda	Número terceros retornos por encima de la altura mínima definida
Moda: valor con una mayor frecuencia en una distribución de datos en la celda	Número cuartos retornos por encima de la altura mínima definida
Desviación estándar: raíz cuadrada de la varianza de la celda	Número quintos retornos por encima de la altura mínima definida
Varianza: media de las diferencias cuadráticas de n alturas puntuaciones con respecto a su media aritmética en la celda	Número sextos retornos por encima de la altura mínima definida
Coefficiente de variación: relación entre el tamaño de la media y la variabilidad de la variable	Número séptimos retornos por encima de la altura mínima definida
Rango intercuartílico: Diferencia entre el tercer y el primer cuartil de una distribución	Número octavos retornos por encima de la altura mínima definida
Skewnees: Mide la asimetría a nivel de celda	Número novenos retornos por encima de la altura mínima definida
Kurtosis: coeficiente de apuntamiento de la celda	Otros retornos por encima de la altura mínima definida
Percentil 1: Altura tal que el 1 % de los retornos están por debajo de ella.	Porcentaje de primeros retornos por encima de la altura de corte definida. Fracción de Cobertura FCC (altura mínima para cada estrato)
Percentil 10: Altura tal que el 10 % de los retornos están por debajo de ella.	Todos los primeros retornos por encima de la altura de corte definida
Percentil 20: Altura tal que el 20 % de los retornos están por debajo de ella.	Porcentaje de primeros retornos por encima de la altura media
Percentil 25: Altura tal que el 25 % de los retornos están por debajo de ella.	Porcentaje de primeros retornos por encima de la moda

Estadísticos LiDAR Calculados	
Percentil 30: Altura tal que el 30 % de los retornos están por debajo de ella.	Porcentaje de todos los retornos por encima de la altura media
Percentil 40: Altura tal que el 40 % de los retornos están por debajo de ella.	Porcentaje de todos los retornos por encima de la moda
Percentil 50: Altura tal que el 50 % de los retornos están por debajo de ella.	$100 * (\text{Todos los retornos por encima de la media}) / (\text{Primeros retornos por encima de la media})$
Percentil 60: Altura tal que el 60 % de los retornos están por debajo de ella.	$100 * (\text{Todos los retornos por encima de la moda}) / (\text{Primeros retornos por encima de la moda})$
Percentil 70: Altura tal que el 70 % de los retornos están por debajo de ella.	Número de primeros retornos por encima de la altura media
Percentil 75: Altura tal que el 75 % de los retornos están por debajo de ella.	Número de primeros retornos por encima de la moda
Percentil 80: Altura tal que el 80 % de los retornos están por debajo de ella.	Numero de retornos totales por encima de la altura media
Percentil 90: Altura tal que el 90 % de los retornos están por debajo de ella.	Numero de retornos totales por encima de la moda
Percentil 95: Altura tal que el 95 % de los retornos están por debajo de ella, muy relacionada con la altura dominante	Número total de primeros retornos en la celda
Percentil 99: Altura tal que el 99 % de los retornos están por debajo de ella.	Número total de retornos en la celda

Desarrollo de los trabajos

En un primer paso se ha procedido a recopilar la información LiDAR de todos los parques nacionales objetivo, que en la mayor parte de ellos ha estado está disponible de manera gratuita desde el centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Para la descarga del Parque Nacional de los Picos de Europa, se ha tenido en cuenta la propuesta de ampliación del Parque contemplada en la Resolución de 4 de febrero de 2015, de Parques Nacionales, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 30 de enero de 2015, por el que se amplían los límites del Parque Nacional de los Picos de Europa por incorporación de terrenos colindantes al mismo.

La información de los parques no disponibles a través de la plataforma de descarga del CNIG fue solicitada directamente por el OAPN al Instituto Geográfico Nacional (IGN).

En la siguiente tabla se puede apreciar para cada parque nacional, el sistema de referencia de los archivos utilizados, su procedencia (Lote dentro del PNOA y año de vuelo), el número de archivos disponibles y las incidencias detectadas durante el procesado de los mismos.

Parque Nacional	Sistema de referencia	Cobertura LiDAR (nº archivos)	Incidencias
Parque Nacional Marítimo-Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia	ETRS89 H29	PNOA_2010_Lote10_GAL (29 archivos)	
Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera	ETRS89 H31	PNOA_2014_BAL (13 archivos)	
Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de SantMaurici	ETRS89 H31	PNOA_2011_Lote_CAT (62 archivos)	
Parque Nacional de Cabañeros	ETRS89 H30	PNOA_2009_Lote7_CLM (153 archivos) PNOA_2010_Lote8_EXT (9 archivos)	
Parque Nacional de Doñana	ETRS89 H29	PNOA_2014_AND-NW (173 archivos)	
Parque Nacional de Garajonay	REGCAN95	PNOA_2009_Lote_CAN-Gom (22 archivos)	
Parque Nacional de la Caldera de Taburiente	REGCAN95	PNOA_2009_Lote_CAN-Pal (21 archivos)	
Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama	ETRS89 H30	PNOA_2010_Lote7_CYL-MAD (148 archivos)	
Parque Nacional de las Tablas de Daimiel	ETRS89 H30	PNOA_2009_Lote7_CLM (21 archivos)	
Parque Nacional de los Picos de Europa	ETRS89 H30	PNOA_2010_LOTE4_CYL (104 archivos) PNOA_2010_Lote5_CYL-RIO (72 archivos) PNOA_2012_LOTE_AST (199 archivos) PNOA_2012_LOTE_CANT (2 archivos) total, 377 archivos	
Parque Nacional de Monfragüe	ETRS89 H30	PNOA_2010_Lote8_EXT (92 archivos) DIFERENTES HUSOS	
Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido	ETRS89 H31	PNOA_2010_LOTE1_ARA-NORTE (73 archivos) DIFERENTES HUSOS	Detectados problemas en las zonas altas de pendiente, se ha hecho un filtrado con altitud >2000
Parque Nacional de Sierra Nevada	ETRS89 H30	PNOA_2014_AND-NE (161 archivos) PNOA_2014_AND-SE (228 archivos)	Se han reclasificado los datos LiDAR debido a fallos detectados en la clasificación de los mismos
Parque Nacional de Timanfaya	REGCAN95	PNOA_2009_Lote_CAN-Lan (24 archivos)	Se ha detectado que no están clasificados los Solapes, comunicado al IGN y procesado así
Parque Nacional del Teide	REGCAN95	PNOA_2009_Lote_CAN-Ten (71 archivos)	Detectado un problema dada la existencia de un hueco en la cobertura LiDAR que afecta a los bloques 336-3132 y 338-3132, se trata de una zona volcánica sin vegetación. Se ha hecho una prueba de reclasificación automática de los datos con objeto de mejorar la clasificación de los mismos.

Tal como se puede apreciar en la tabla anterior, en algunos parques nacionales hay archivos procedentes de distintos vuelos del PNOA. El orden de priorización para la selección de archivos LAS en estos casos ha sido el siguiente:

- Se han priorizado los más modernos siempre que hay duplicidad de archivos completos.
- Cuando hay duplicidad pero el bloque no está completo, se selecciona el bloque completo aunque sea más antiguo.

A partir de los archivos finalmente seleccionados se ha organizado todo el proceso de procesado LiDAR consistente en las siguientes fases:

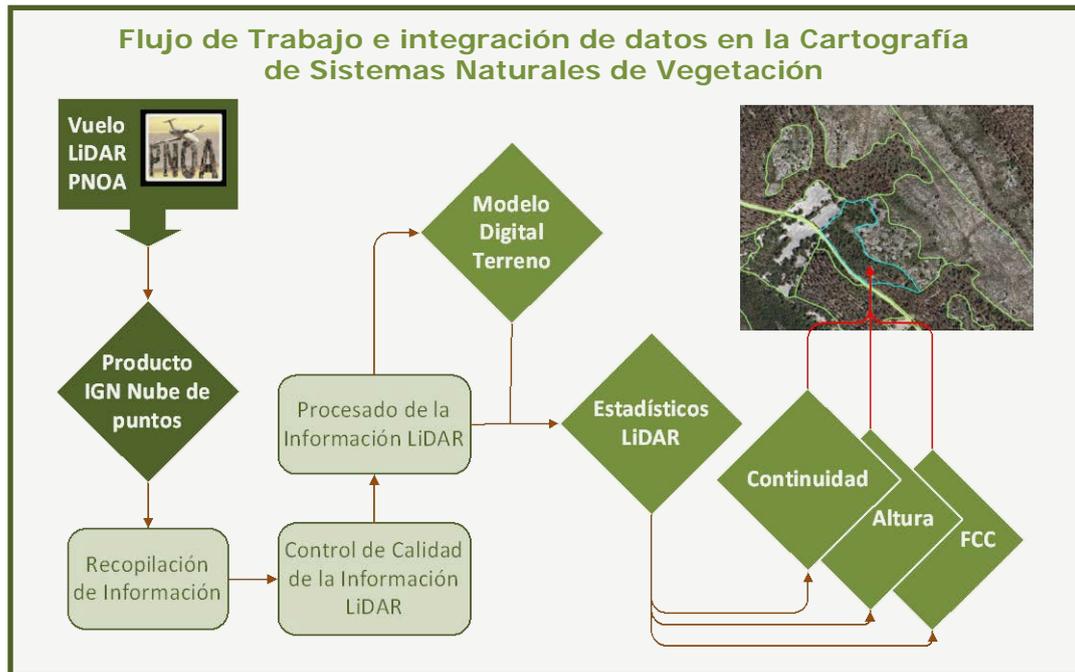
- **Generación de Modelos Digitales del Terreno (MDE)** a partir de los archivos LAS ya clasificados del vuelo LIDAR, se generarán modelos digitales del terreno con un paso de malla de 2 m. Estos modelos se presentarán en bloques de 2x2 Km en formato ASCII.
- **Cálculo de los principales estadísticos del LiDAR** para los retornos de vegetación por estrato en celdas cuadradas de 25 metros de lado.
- **Puesta en valor de la información generada en formatos compatibles con ArcGIS:** shape para los estadísticos y TIFF para las variables ráster (**MDE, FCC, Hm y CRR**).

Capas	Información LiDAR Generada
Fcc_1media	Capa correspondiente a la fracción de cabida cubierta para la vegetación media (0,5 – 2 m)
Fcc_2medialta	Capa correspondiente a la fracción de cabida cubierta para la vegetación media-alta (2 – 4 m)
Fcc_3alta	Capa correspondiente a la fracción de cabida cubierta para la vegetación alta (> 4 m)
Hm_1media	Capa correspondiente a la altura media para la vegetación media (0,5 – 2 m)
Hm_2medialta	Capa correspondiente a la altura media para la vegetación media-alta (2 – 4 m)
Hm_3alta	Capa correspondiente a la altura media para la vegetación alta (> 4 m)
Canopy_1media	Capa correspondiente al <i>canopyrelief ratio</i> para la vegetación media (0,5 – 2 m)
Canopy_2medialta	Capa correspondiente al <i>canopyrelief ratio</i> para la vegetación media-alta (2 – 4 m)
Canopy_3alta	Capa correspondiente al <i>canopyrelief ratio</i> para la vegetación alta (> 4 m)

- **Cálculo para cada tesela de la capa de Sistemas de Vegetación en cada parque**, de las estadísticas de las capas raster obtenidas de FCC, Hm y CRR. Se han obtenido los siguientes campos con información LIDAR:

Campos Información LiDAR	Origen de los datos
Mat_FCC	Media de los valores de la capa Fcc_1media para cada tesela
Mat_AREA	Suma de la superficie de las teselas consideradas para el cálculo de la altura media del estrato de matorral
Mat_ALTMED	Media de los valores de la capa Hm_1media para cada tesela
Mat_STD	Desviación estándar de los valores de la capa Hm_1media para cada tesela
Mat_ESTV	Media de los valores de la capa Canopy_1media para cada tesela
Arb_FCC	Media de los valores de la capa Fcc_2medialta para cada tesela
Arb_AREA	Suma de la superficie de las teselas consideradas para el cálculo de la altura media del estrato arbustivo
Arb_ALTMED	Media de los valores de la capa Hm_2medialta para cada tesela
Arb_STD	Desviación estándar de los valores de la capa Hm_2medialta para cada tesela
Arb_ESTV	Media de los valores de la capa Canopy_2medialta para cada tesela
Bos_FCC	Media de los valores de la capa Fcc_3alta para cada tesela
Bos_AREA	Suma de la superficie de las teselas consideradas para el cálculo de la altura media del estrato arbóreo
Bos_ALTMED	Media de los valores de la capa Hm_3alta para cada tesela
Bos_STD	Desviación estándar de los valores de la capa Hm_3alta para cada tesela
Bos_ESTV	Media de los valores de la capa Canopy_3alta para cada tesela

- **Incorporación de esta información LIDAR por tesela a la geodatabase proporcionada por el OAPN para cada parque:** Se incluye en dichas geodatabases una tabla con la información LIDAR, y una clase de relación de esta tabla con la capa de teselas (1 a 1 según el campo ID_tesela).



Incidencias detectadas

Como principales incidencias detectadas en el trabajo, se destacan:

- **Huecos en la cobertura LiDAR:** Los vuelos LiDAR se diseñan para que las pasadas solapen entre sí de modo que quede cubierta el 100 % de la superficie estudiada. Sin embargo se ha detectado un error en la configuración del vuelo sobre la isla de Tenerife que afecta al Parque Nacional, donde queda una pequeña superficie sin cobertura. En este caso concreto no va a haber afección sobre los resultados ya que se trata de una zona volcánica con ausencia de formaciones vegetales.
- **Falta de clasificación en los solapes de Timanfaya.** En el parque nacional de Timanfaya se ha detectado que la clasificación de los datos LiDAR no es del todo correcta no habiéndose clasificado los solapes como tales.
- **Impacto de la resolución definida para el trabajo (25 x 25 m):** El tamaño de las celdas con información LiDAR, en ocasiones mayor que el tamaño de algunas parcelas, hace que se produzca un efecto borde, inapreciable en la mayoría de las teselas pero sí visible en las teselas estrechas o de muy pequeño tamaño, sobre todo cuando corresponden a zonas con muy diferente cobertura.
- **Problemas de clasificación de los datos originales en zonas de cortados:** En situaciones puntuales los clasificadores semiautomáticos que usa el PNOA pueden dar lugar a errores de clasificación, que si no se tienen en cuenta pueden suponer errores en la interpretación de los datos. Este problema se ha detectado de forma más clara en los cortados y acantilados de muchos de los parques nacionales. Con objeto de corregir los errores derivados de este problema, esta incidencia ha sido revisada manualmente en todos los parques. Parque por parque se han revisado los resultados obtenidos en los cálculos, editando de forma manual en las teselas de la cartografía de sistemas naturales en las que se ha observado este tipo de error. Las teselas revisadas han sido más de 10.800, un 25% del total de las teselas.