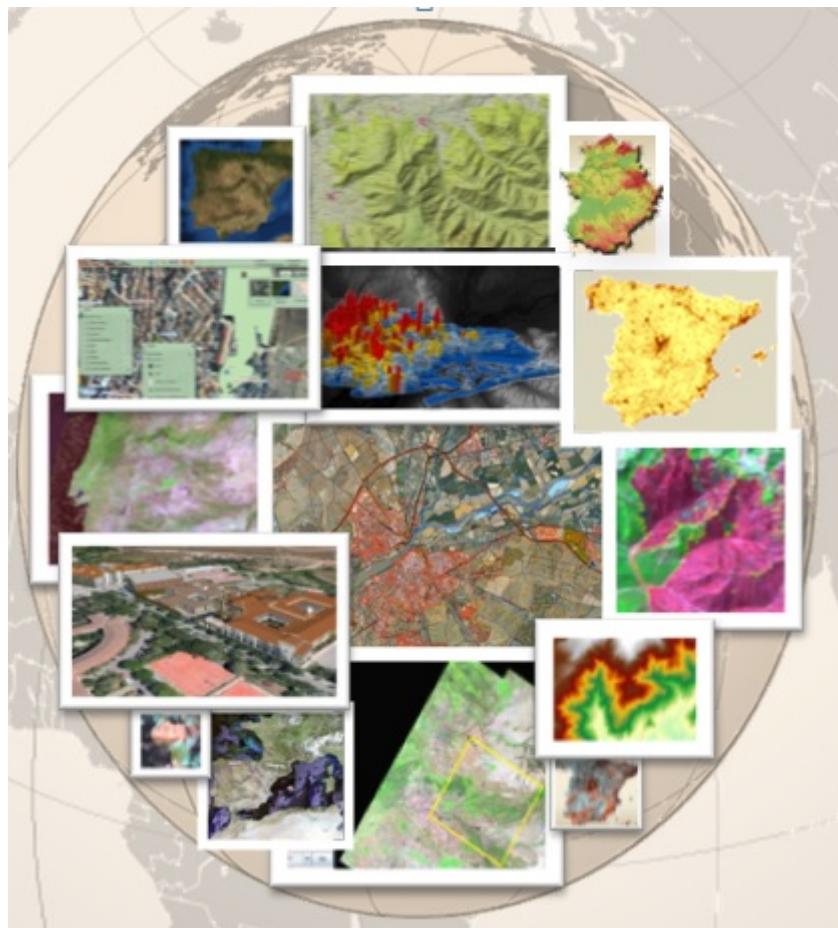


Máster en Tecnologías de la Información Geográfica: SIG y Teledetección



SIG y Teledetección

Tema 5.1 Tratamiento y aplicaciones de datos LiDAR

Dra. Elia Quirós Rosado

Contenido

1.	Introducción	2
1.1.	Atributos del punto LiDAR.....	3
2.	Descarga de datos LiDAR.....	3
2.1.	A nivel Nacional	4
2.2.	A nivel Global.....	5
3.	Software.....	7
3.1.	Software comercial.....	7
3.2.	Software libre.....	8
4.	Trabajar con datos LiDAR.....	10
4.1.	Descarga archivos LiDAR del CNIG.....	10
4.2.	Dataset LAS	17
4.2.1.	<i>Crear un LAS Dataset.....</i>	17
4.3.	Operaciones con datos LiDAR	21
4.3.1.	<i>Llevar a cabo el análisis estadístico sobre puntos LiDAR.</i>	22
4.3.2.	<i>Analizar puntos LiDAR contra el primer retorno, terreno desnudo o cualquier tipo de filtro deseado.....</i>	24
4.3.3.	<i>Crear MDE y MDS.</i>	25
4.3.4.	<i>Manipular los valores de código de clasificación de puntos LiDAR para corregir los errores de clasificación.</i>	30
4.3.5.	<i>Analizar datos LiDAR mediante códigos de clasificación.</i>	31
4.3.6.	<i>Estimar la densidad y la altura de la cobertura forestal.....</i>	34
4.3.7.	<i>Crear imágenes de intensidad.</i>	44
4.4.	Exportación productos LiDAR	¡Error! Marcador no definido.
5.	Bibliografía.....	47

1. Introducción

LiDAR (Light Detection And Ranging) es una tecnología de detección remota relativamente nueva que nos permite adquirir muestras de punto muy densas de entidades en 3D. Es una técnica de teledetección que utiliza la luz de láser para obtener una muestra densa de la superficie de la tierra con mediciones de x, y, z.

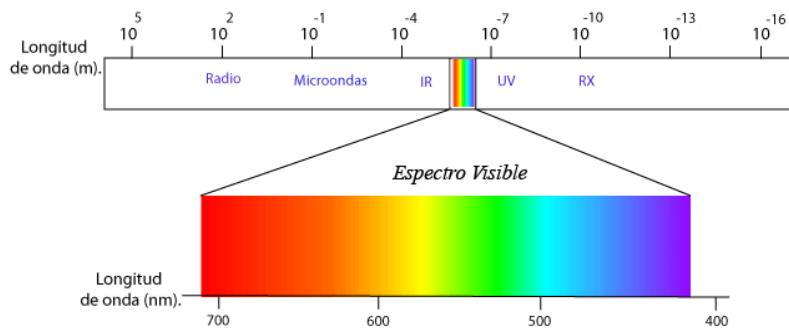
LiDAR es un sensor óptico activo que transmite rayos láser hacia un objetivo mientras se mueve a través de rutas de topografía específicas. El reflejo del láser del objetivo lo detectan y analizan los receptores en el sensor LiDAR. Estos receptores registran el tiempo preciso desde que el pulso láser dejó el sistema hasta cuando regresó para calcular la distancia límite entre el sensor y el objetivo. Combinado con la información posicional (GPS e INS), estas medidas de distancia se transforman en medidas de puntos tridimensionales reales del objetivo reflector en el espacio del objeto.

$$\text{Distancia} = \frac{\text{Velocidad de la luz} \times \text{tiempo transcurrido}}{2}$$

Con el valor de dicha distancia, unido al dato de la posición absoluta del emisor y el ángulo de apuntamiento del sistema láser, se pueden calcular las coordenadas x, y, z de la posición de un objeto.

La longitud de onda utilizada para el láser que constituye el sistema LiDAR puede variar entre luz infrarroja, ultravioleta, visible, según el objetivo al que vaya dirigido: investigación atmosférica y meteorológica, topografía, ...

La mayoría de los sistemas LiDAR usados en mediciones de distancias cortas y medias, de altimetría, utilizan una longitud de onda de 1.064 nm (infrarrojo cercano). Cuando se intenta medir la profundidad oceánica, batimetría, se emplean láseres con longitud de onda de 532 nm (láser verde).



La tecnología de LiDAR ha evolucionado para convertirse en una fuente común de datos geográficos en SIG. Estas grandes colecciones de puntos del mundo real, por lo general, se almacenan en los archivos LAS. Cada punto LiDAR puede tener atributos adicionales como intensidad, códigos de clase y los valores de color RGB, que se pueden utilizar dentro de ArcGIS.

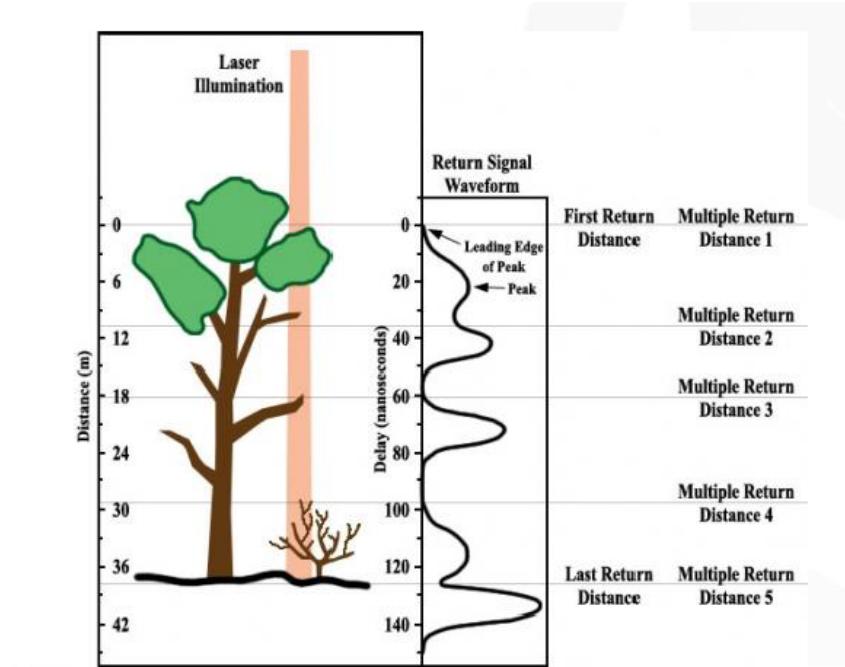
Los pulsos láser emitidos desde un sistema LiDAR se reflejan desde objetos sobre y por encima de la superficie del suelo: vegetación, edificios, puentes y así sucesivamente. Un pulso láser emitido puede regresar al sensor LiDAR como uno o muchas devoluciones.

Cualquier pulso láser emitido que encuentre varias superficies de reflejo a medida que viaja hacia el suelo se divide en tantas devoluciones como superficies reflectoras existen.

El primer pulso láser devuelto es el más importante y se asociará con la entidad más grande en el panorama como una copa de árbol o la parte superior de un edificio. La primera devolución también puede representar el suelo, en cuyo caso el sistema LiDAR solo detectará un regreso.

Varias devoluciones pueden detectar las elevaciones de varios objetos dentro de la huella láser de un pulso láser saliente. Las devoluciones intermedias, en general, se utilizan para la estructura de la vegetación, y la última devolución para los modelos de terreno de suelo desnudo.

La última devolución no siempre será de una devolución del suelo. Por ejemplo, considere un caso en donde un pulso golpee una rama gruesa en su camino hacia el suelo y el pulso no llega en realidad al suelo. En este caso, la última devolución no es desde el suelo, pero sino desde la rama que reflejó el pulso láser completo.



1.1. Atributos del punto LiDAR

La información adicional se almacena junto con cada valor posicional x, y, z.

Intensidad	La fortaleza de la devolución del pulso láser que generó el punto LiDAR.
Número de devolución	Un pulso láser emitido puede tener muchas devoluciones, dependiendo de las entidades en las que se refleja y las capacidades del escáner láser que se utiliza para recopilar los datos. La primera devolución se etiquetará como devolución número uno, la segunda como devolución número dos, etc.

Clasificación de puntos	Cada punto LiDAR que es postprocesado, puede tener una clasificación que define el tipo de objeto que reflejó el pulso láser. Los puntos LiDAR se pueden clasificar en varias categorías que incluyen suelo o terreno desnudo, parte superior de cubierta forestal y agua. Las diversas clases se definen mediante códigos numéricos de enteros en el archivo LAS.
Borde de la línea de vuelo	Los puntos se simbolizarán en base a un valor de 0 o 1. A los puntos etiquetados en el borde de la línea de vuelo se les proporcionará un valor de 1 y a todos los otros puntos se les proporcionará un valor de 0.
Color	Los datos LiDAR se pueden atribuir con bandas RGB (rojas, verdes y azules) o Infrarrojo. Esta atribución con frecuencia viene de las imágenes recopiladas al mismo tiempo que la topografía LiDAR.
Tiempo del GPS	La fecha de registro del GPS en la que se emitió el punto láser desde el avión.
Ángulo de escaneo	El ángulo de escaneo es un valor en grados entre -90 y +90. A 0 grados, el pulso láser está directamente debajo del avión en nadir. A -90 grados, el pulso láser está en el lado izquierdo del avión, mientras que a +90, el pulso láser está a la derecha del avión en la dirección de la luz. La mayoría de sistemas LiDAR actualmente tienen menos de ±30 grados.
Dirección de escaneo	La dirección de escaneo es la dirección en la que estaba viajando el espejo de escaneo en el momento del pulso láser de salida. Un valor de 1 es una dirección de escaneo positiva, y un valor de 0 es una dirección de escaneo negativa. Un valor positivo indica que el escáner se está moviendo del lado izquierdo al lado derecho de la dirección de vuelo en pista y un valor negativo es el opuesto

2. Descarga de datos LiDAR

El acceso online a los datos LiDAR varía significativamente entre las distintas IDEs (Infraestructuras de Datos Espaciales) que ofrecen este servicio.

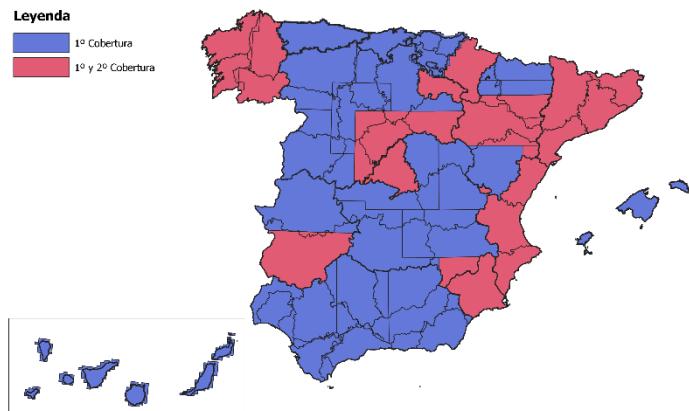
2.1. A nivel Nacional

En España, concretamente el Instituto Geográfico Nacional (IGN,) a través del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), proporciona cobertura ortofotogramétrica de todo el territorio español.

El plan pone a disposición libre ficheros digitales con información altimétrica de la nube de puntos LiDAR, distribuidos en ficheros de 2x2 km de extensión. El formato de descarga es un archivo LAZ (formato de compresión de ficheros LAS), en la información auxiliar se ofrece una herramienta de descompresión y visualización de ficheros LAZ y LAS. Las nubes de puntos han sido capturadas mediante vuelos con sensor LiDAR con una densidad de 0,5 puntos/m², y posteriormente clasificadas de manera automática y coloreadas mediante RGB obtenido a partir de ortofotos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) con tamaño de pixel de 25 o 50 cm. Sistema geodésico de referencia 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. Respecto a las cotas, se refieren a alturas ortométricas.

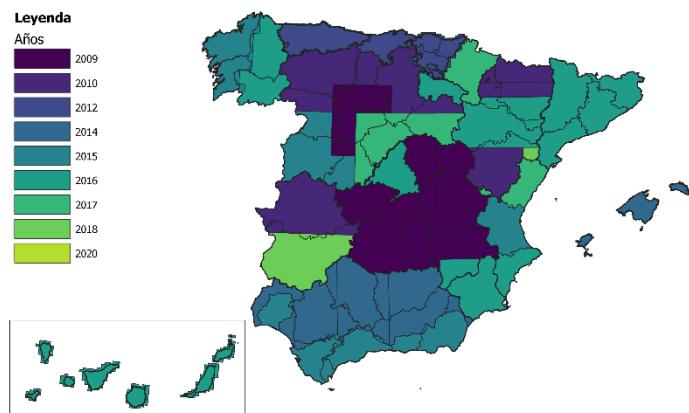
COBERTURAS PUBLICADAS

Leyenda
█ 1º Cobertura
█ 1º y 2º Cobertura



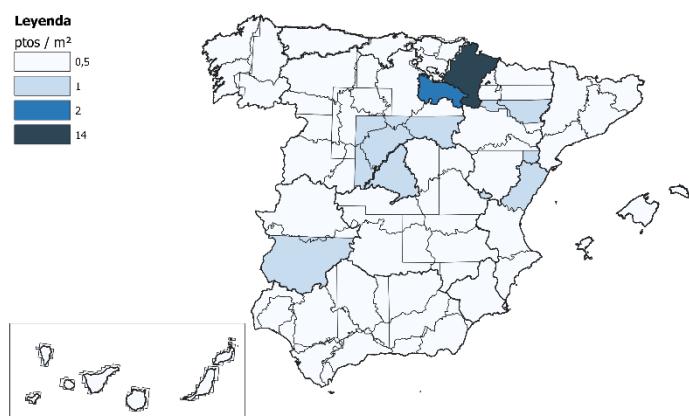
MÁXIMA ACTUALIDAD PUBLICADA

Leyenda
Años
█ 2009
█ 2010
█ 2012
█ 2014
█ 2015
█ 2016
█ 2017
█ 2018
█ 2020



MÁXIMA ACTUALIDAD PUBLICADA

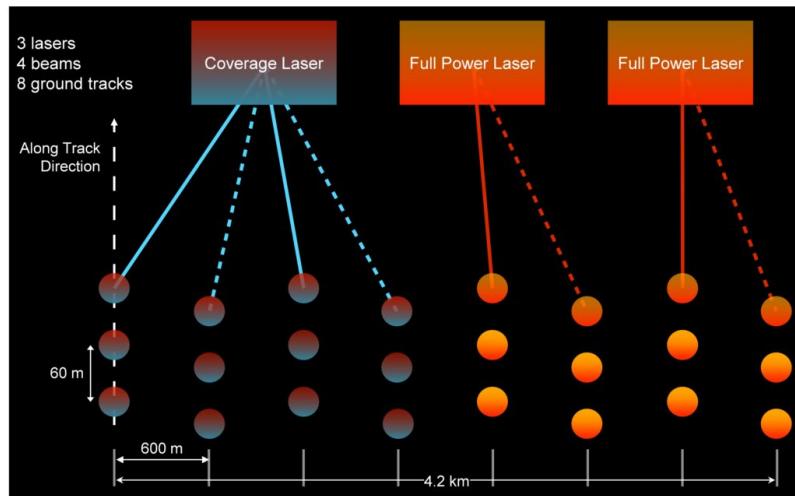
Leyenda
ptos / m²
█ 0,5
█ 1
█ 2
█ 14



2.2. A nivel Global

El 5 de diciembre de 2018, la NASA lanzó el sensor LiDAR espacial GEDI, diseñado para medir la estructura de la superficie de la Tierra y la estructura de la cubierta vegetal y para proporcionar un mapa de la biomasa con una resolución espacial de 1 km. El GEDI

se desplegó en la Estación Espacial Internacional (ISS) y comenzó sus operaciones el 25 de marzo de 2019. Se espera que la misión GEDI, que está programada para ser operativa durante al menos dos años, recoja aproximadamente 10.000 millones de observaciones de la superficie terrestre libre de nubes. El objetivo de la misión GEDI es proporcionar datos para el estudio de las estructuras forestales y la biomasa en entornos tropicales y templados de entre 51,6° norte y sur, siguiendo la trayectoria de la ISS y siendo el primer instrumento optimizado específicamente para medir las estructuras de la vegetación.

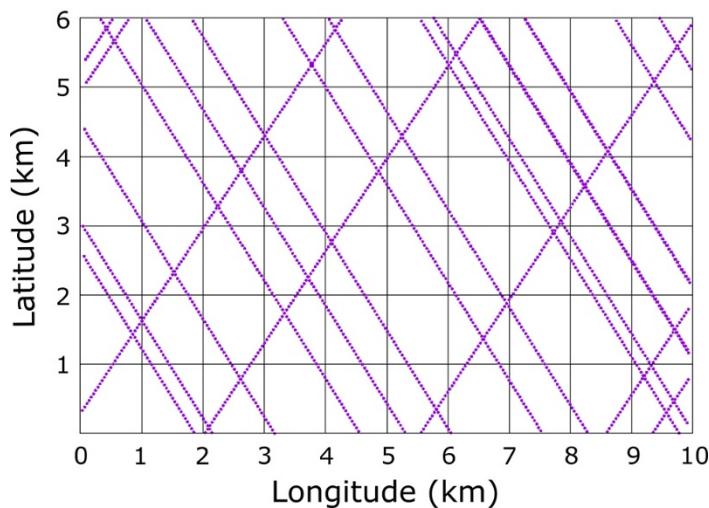


El instrumento GEDI está compuesto por 3 láseres de clase geodésica, uno de los cuales se divide en dos haces de energía más débil, lo que da como resultado cuatro haces GEDI que son ópticamente titubeantes para formar 8 trayectorias paralelas. Estas pistas paralelas están espaciadas 600 m en la dirección de la pista de vuelo, dejando una distancia de 4,2 km entre la primera y la última pista. Cada láser dispara 242 veces por segundo, creando una huella de 25 m de diámetro en la superficie en la que se mide la estructura tridimensional. El borde de cada huella está separado 35 m de la siguiente o, de forma equivalente, los centros de la huella están separados 60 m.

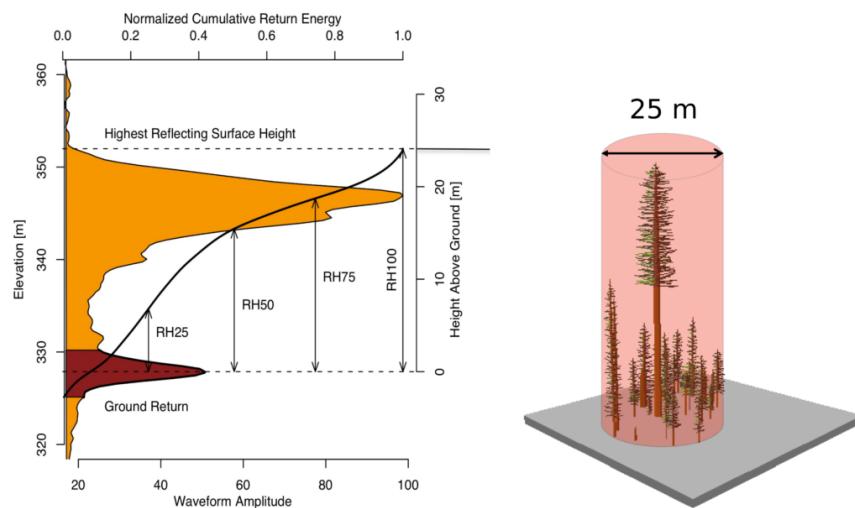
El GEDI proporciona algunos productos de datos para cada huella que pueden ser descargados libremente. Hay varios niveles de productos disponibles para descargar: Las formas de onda en bruto recogidas por el sistema se entregan en el nivel L1A. Las formas de onda procesadas para identificar la elevación del suelo, la altura superior de la cubierta y la altura relativa (métrica RH) se incluyen en el conjunto de datos de L2A. En L2B, se calculan varias métricas de la cubierta. Los productos del nivel 3 se cuadricularán mediante la interpolación espacial de las estimaciones de la huella L2 de la topografía, la altura del dosel, la cobertura del dosel, el LAI, los perfiles de follaje vertical y sus incertidumbres. Los productos del nivel 4 son los productos GEDI de nivel más alto, y miden la densidad de la biomasa sobre el suelo. Los datos del Nivel 1B, Nivel 2A y Nivel 2B del GEDI pueden obtenerse en el DAAC¹ de Procesos Terrestres. Los datos del Nivel 3 del GEDI estarán disponibles en el DAAC de ORNL a partir de mediados de 2020, y los datos del Nivel 4 a principios de 2021.

La cobertura de datos del GEDI, por el momento, tiene una disposición similar a la siguiente:

¹ https://daac.ornl.gov/cgi-bin/dataset_lister.pl?p=40



En el que cada huella es procesada de la siguiente forma:



3. Software

3.1. Software comercial

Quick Terrain Modeler/Quick Terrain Reader

Se trata del primer paquete de software para visualización de terreno y nubes de puntos 3D. Está enfocado a aplicaciones de defensa y civiles.

www.appliedimager.com

VrLiDAR

Es el resultado del desarrollo de software durante 25 años en la industria del mapeado con aplicaciones relacionadas con fotogrametría aérea.

www.cardinalsystems.net

Merrik's Mars

Dra. Elia Quirós Rosado

Es una empresa especializada en energía, seguridad, ciencias e infraestructura de mercado. Facilita servicios de tecnología geoespacial, entre otras áreas.

www.merrick.com

Bentley Pointools

Se trata de software para trabajar con nubes de puntos.

www.pointools.com

LP360

Esta herramienta consiste en una extensión de ArcGIS para visualizar y analizar datos LiDAR.

www.qcoherent.com

LiDAR Analyst

Una aplicación que proporciona sofisticadas herramientas para la realización y visualización de mapas para profesionales geoespaciales.

www.vls-inc.com

TerraScan

Es una solución mundialmente utilizada para procesar datos e imágenes de LiDAR aéreo y móvil. Cada paquete está enfocado a los requerimientos de una tarea específica, incluyendo la calibración de los datos, la clasificación de puntos y el procesamiento de la imagen.

www.terrasolid.fi

VG4D SmartLiDAR

Es una completa solución diseñada para identificar colecciones de datos expedidos en campo. Rectifica datos a las coordenadas reales para asegurar su precisión. Emplea este conjunto de datos para extraer información a través de un flujo de trabajo simplificado.

<http://www.virtualgeomatics.com>

3.2. Software libre

BCAL LiDAR Tools

Herramientas para procesado, análisis y visualización de datos LiDAR. Están escritos en lenguaje de programación IDL y están pensados para usarse como extensión dentro del paquete de software para teledetección de ENVI.

<http://bcal.boisestate.edu>

FugroViewer

Se trata de un software diseñado para usar con LiDAR y otros conjuntos de datos raster y vector, incluyendo datos de fuentes fotogramétricas e IFSAR.

<http://www.fugroviewer.com>

MCC-LiDAR

Consiste en una aplicación en C++ para procesar datos LiDAR en medios forestales. Clasifica puntos en terreno o no-terreno empleando el algoritmo de clasificación multiescalar de curvatura (“Curvature Classification”).

<http://sourceforge.net/projects/mccLiDAR>

GRASS GIS

Incluye un paquete de herramientas relacionadas con el procesado de datos LiDAR, aunque en la actualidad no soporta nubes de puntos en formato LAS.

<http://grass.osgeo.org>

SAGA GIS

Se trata de diversas herramientas para manipular nubes de puntos, así como un conjunto de métodos como interpolación. También cuenta con un filtro para identificación de suelo adaptado de Vosselman (2001).

<http://www.saga-gis.org>

DielmoOpenLiDAR

Permite el acceso, visualización, análisis y control de calidad de datos LiDAR originales, pudiendo visualizar a la vez grandes volúmenes de datos LiDAR originales (formato LAS y BIN) superpuestos con otros datos geográficos.

<http://www.dielmo.com>

FUSION /LDV

Es un paquete informático para conversión, análisis y visualización de datos LiDAR. Permite realizar modelos de terreno y de superficie de vegetación en 3D y fusión de datos LiDAR con imaginería tradicional en 2D. Extrae métricas de los datos LiDAR brutos.

<http://forsys.cfr.washington.edu/fusion/fusionlatest.html>

LASTools

Es una colección de herramientas en línea de comandos para clasificar, convertir, filtrar, rasterizar, triangular, crear contornos o poligonizar, entre otras cosas, datos LiDAR. Todas las herramientas pueden ser utilizadas vía GUI (interfaz gráfica de usuario en sus siglas en inglés) y están disponibles en el toolbox de ArcGIS en las versiones 9.3, 10.0, y 10.1 de ESRI.

<http://lastools.org>

rGEDI

Un paquete R para la visualización y el procesamiento de datos GEDI

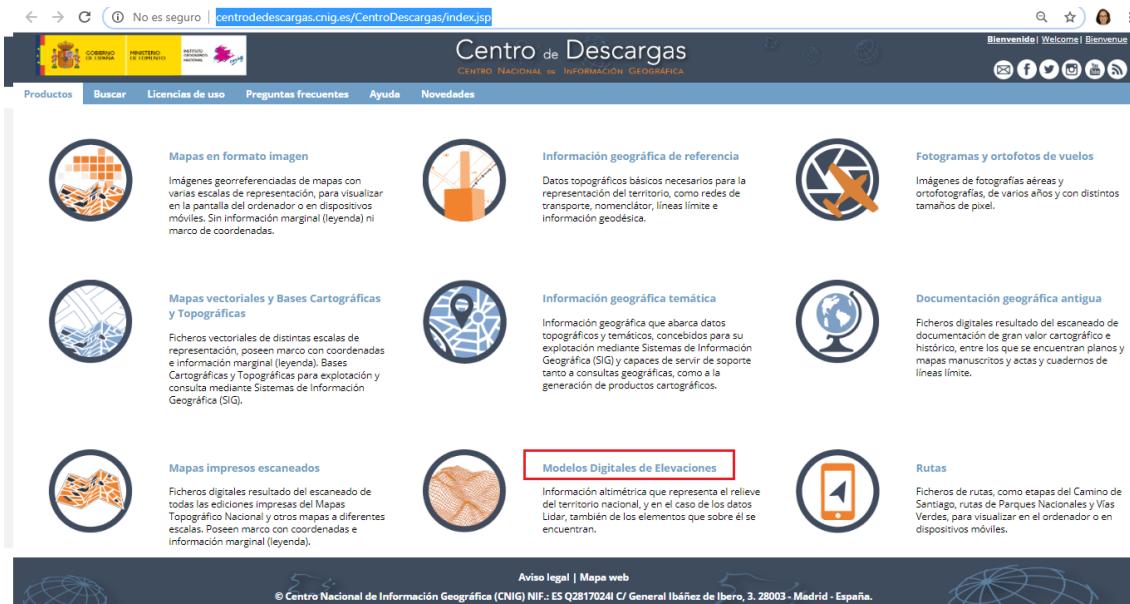
<https://cran.r-project.org/web/packages/rGEDI/vignettes/tutorial.html>

4. Trabajar con datos LiDAR

4.1. Descarga archivos LiDAR del CNIG

Un archivo LAS es un formato binario estándar de la industria para almacenar datos LiDAR aéreos. Un Dataset LAS almacena referencia a uno o más archivos LAS en el disco permitiendo examinar archivos LAS, en su formato original, rápida y fácilmente, proporcionando estadísticas detalladas y cobertura del área de los datos LiDAR incluidos en los archivos LAS.

Un Dataset LAS también puede almacenar referencias a clases de entidades que contienen restricciones de superficie. Las restricciones de superficie son las líneas de corte, polígonos de agua, límites de áreas o cualquier otra restricción de superficie que se va a aplicar al Dataset LAS.



The screenshot shows the 'Centro de Descargas' website interface. At the top, there are links for 'Productos', 'Buscar', 'Licencias de uso', 'Preguntas frecuentes', 'Ayuda', and 'Novedades'. The main content area is titled 'MODELOS DIGITALES DE ELEVACIONES' and displays two options:

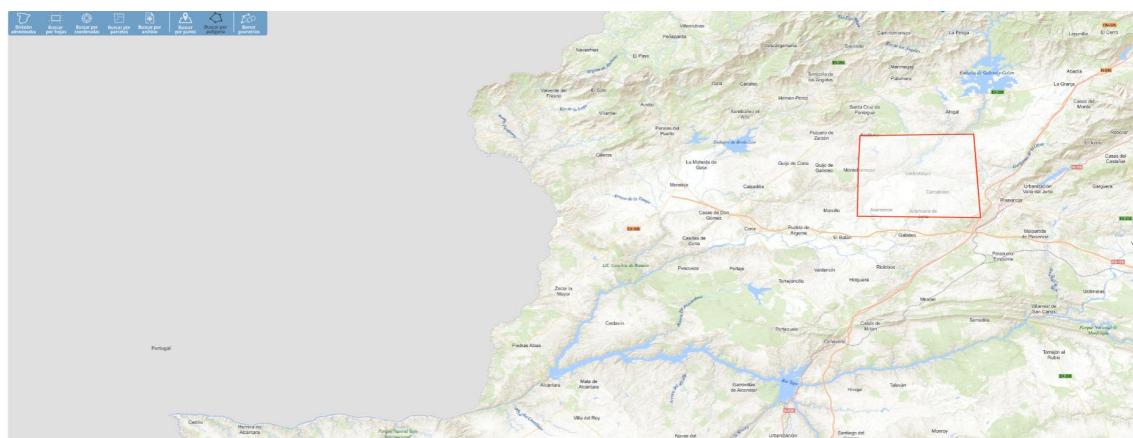
- LIDAR 1ª Cobertura (2008-2015)**: Descripción: ficheros digitales de nubes de puntos LiDAR con cobertura Nacional, coloreados con color verdadero (RGB) o con infrarrojo (IRC). SGR: ETRS89 en la Península, Islas Baleares, Ceuta y Melilla, y REGCAN95 en las Islas Canarias (ambos sistemas compatibles con WGS84). Proyección UTM en el huso correspondiente. Alturas ortométricas. Ud. descarga: superficies de 2x2 km de extensión con excepciones de 1x1 km. Formato: fichero LAZ (formato de compresión de ficheros LAS).
- LIDAR 2ª Cobertura (2015-Actualidad)**: Descripción: Ficheros digitales de nubes de puntos 3D obtenidos con LiDAR y de ámbito Nacional coloreados con color verdadero (RGB) o con infrarrojo (IRC). SGR: ETRS89 en la Península, Islas Baleares, Ceuta y Melilla, y REGCAN95 en las Islas Canarias (ambos sistemas compatibles con WGS84). Proyección UTM en el huso correspondiente. Alturas ortométricas. Ud. descarga: superficies de 2x2 km de extensión con excepciones de 1x1 km. Formato: Fichero LAZ (formato de compresión de ficheros LAS).

On the right, there is a 'Mapa LiDAR' section with a detailed map of a coastal area, showing buildings and terrain. It includes descriptive text, download information, and search/filter options.

Se nos abrirá un visor de esta forma:

The screenshot shows the 'Centro de Descargas' map viewer interface. The left sidebar contains a 'SELECCIÓN DE PRODUCTOS' section with various categories like 'Mapas en formato imagen', 'Mapas vectoriales y Bases Cartográficas y Topográficas', and 'Modelos Digitales de Elevaciones'. Under 'Modelos Digitales de Elevaciones', 'LIDAR 1ª Cobertura (2008-2015)' is selected. The main area is a map of Spain and surrounding regions, with a red rectangular selection box highlighting a specific area in the central part of the country. Various map layers are shown as icons at the bottom right.

De tal forma, que buscaremos nuestra área de trabajo.



Al terminar de diseñar la ventana nos aparecerá el número de ficheros LiDAR que contiene el área seleccionada. **De ellos, seleccionaremos sólo las hojas que aparecen a continuación.**

LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_728-4438ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_728-4440ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_728-4442ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_728-4444ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_728-4446ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_730-4438ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_730-4440ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_730-4442ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_730-4444ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_730-4446ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_732-4438ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_732-4440ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_732-4442ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_732-4444ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_732-4446ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_734-4438ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_734-4440ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_734-4442ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_734-4444ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_734-4446ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_736-4438ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_736-4440ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_736-4442ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_736-4444ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_736-4446ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_738-4438ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_738-4440ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_738-4442ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_738-4444ORT-CLA-COL.laz
 LIDAR_1_COBERTURA/RGB/2010_LOTE8_EXT_NORTE/Huso_29/PNOA_2010_Lote8_EXT_738-4446ORT-CLA-COL.laz

Seleccionaremos sólo las hojas que tengan un coloreado normal (existe también la posibilidad del coloreado con infrarrojo)

TOTAL FICHEROS: 70

Modelos Digitales de Elevaciones
LIDAR 1º Cobertura (2008-2015) 70 +

Minimizar lista de resultados □

Cesta de descargas

Total ficheros LIDAR 1º Cobertura (2008-2015): 35

Metadatos
Información auxiliar

Filtro sobre los resultados

Temática	Tipo fichero	Nombre de fichero
Coloreado (RGB) 2010	Todos	Escriba texto para buscar en la columna □ Buscar
Nombre Formato Tamaño (MB) Fecha Localizar Descargar		
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-728-4438-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-728-4440-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-728-4442-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-728-4444-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-728-4446-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-730-4438-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-730-4440-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-730-4442-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-730-4444-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-730-4446-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-732-4438-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-732-4440-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-732-4442-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-732-4444-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-732-4446-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-734-4438-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-734-4440-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-734-4442-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-734-4444-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-734-4446-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-736-4438-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-736-4440-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-736-4442-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-736-4444-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-736-4446-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-738-4438-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-738-4440-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-738-4442-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-738-4444-ORT-CLA-COL.LAZ Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-738-4446-ORT-CLA-COL.LAZ		

Los vamos añadiendo a la cesta de descargas.

TOTAL FICHEROS: 70

Modelos Digitales de Elevaciones
LIDAR 1º Cobertura (2008-2015)

70 +

Metadatos
Información auxiliar

Total ficheros LIDAR 1º Cobertura (2008-2015): 35

Filtro sobre los resultados

Nombre	Formato	Tamaño (MB)	Fecha	Localizar	Descargar	Añadir
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-726-4438-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	14.43	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-726-4440-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	20.28	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-726-4442-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	16.09	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-726-4444-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	17.26	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-726-4446-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	17.86	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-728-4438-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	13.74	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-728-4440-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	18.37	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-728-4442-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	17.04	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-728-4444-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	16.58	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-728-4446-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	16.28	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-730-4440-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	12.68	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-730-4442-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	16.71	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-730-4444-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	17.19	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-730-4446-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	15.54	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-730-4448-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	21.46	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-732-4438-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	12.40	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-732-4440-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	16.11	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-732-4442-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	24.33	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-732-4444-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	23.04	2010			

Una vez seleccionados, vamos a la cesta de descargas para comenzar a descargarlos

TOTAL FICHEROS: 70

Modelos Digitales de Elevaciones
LIDAR 1º Cobertura (2008-2015)

70 +

Metadatos
Información auxiliar

Total ficheros LIDAR 1º Cobertura (2008-2015): 35

Filtro sobre los resultados

Nombre	Formato	Tamaño (MB)	Fecha	Localizar	Descargar	Añadir
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-726-4444-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	17.26	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-726-4446-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	17.86	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-728-4438-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	13.74	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-728-4440-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	18.37	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-728-4442-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	17.04	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-728-4444-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	16.58	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-728-4446-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	16.28	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-730-4440-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	12.68	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-730-4442-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	16.71	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-730-4444-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	17.19	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-730-4446-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	15.54	2010			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE8-EXT-730-4448-ORT-CLA-COL.LAZ	LAZ	21.46	2010			

Bienvenido | Welcome | Bienvenue

Centro de Descargas

CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEGRÁFICA

Productos Buscar Licencias de uso Preguntas frecuentes Ayuda Novedades

Iniciar descarga Añadir más productos Vaciar cesta

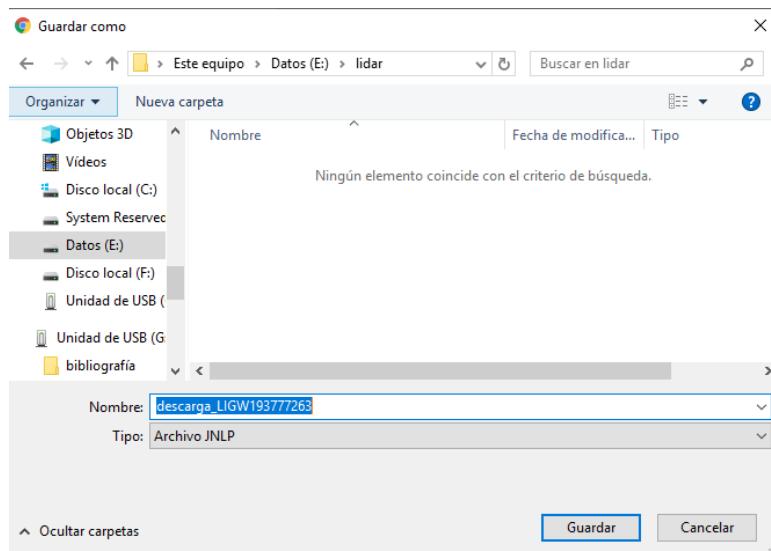
Productos Fichero Formato Tamaño (MB) Eliminar

PNOA_2010_LOTE8_EXT_728-4438_ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	13.74	
PNOA_2010_LOTE8_EXT_728-4438_ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	18.37	
PNOA_2010_LOTE8_EXT_728-4438_ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	17.04	
PNOA_2010_LOTE8_EXT_728-4440_ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	16.58	
PNOA_2010_LOTE8_EXT_728-4442_ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	16.28	
PNOA_2010_LOTE8_EXT_728-4444_ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	12.68	
PNOA_2010_LOTE8_EXT_728-4446_ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	16.71	
PNOA_2010_LOTE8_EXT_728-4448_ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	17.19	
PNOA_2010_LOTE8_EXT_730-4440_ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	15.54	
PNOA_2010_LOTE8_EXT_730-4442_ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	21.46	
PNOA_2010_LOTE8_EXT_730-4444_ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	12.40	
PNOA_2010_LOTE8_EXT_730-4446_ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	16.11	
PNOA_2010_LOTE8_EXT_730-4448_ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	24.33	
PNOA_2010_LOTE8_EXT_732-4438_ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	23.04	
PNOA_2010_LOTE8_EXT_732-4440_ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	27.95	
PNOA_2010_LOTE8_EXT_732-4442_ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	28.97	
PNOA_2010_LOTE8_EXT_732-4444_ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	40.81	
PNOA_2010_LOTE8_EXT_732-4446_ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	30.50	
PNOA_2010_LOTE8_EXT_732-4448_ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	30.12	
PNOA_2010_LOTE8_EXT_732-4448_ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	43.15	

Aviso legal | Mapa web
© Centro Nacional de Información Geográfica (CNIIG) NIF: ES Q2817024I C/ General Ibáñez de Ibero, 3. 28003 - Madrid - España.

Después de aceptar las condiciones de uso y de si se desea, rellenar la encuesta, se procederá a descargar los ficheros mediante la aplicación JAVA.

Guardamos en el directorio el fichero de descargas con extensión JNLP



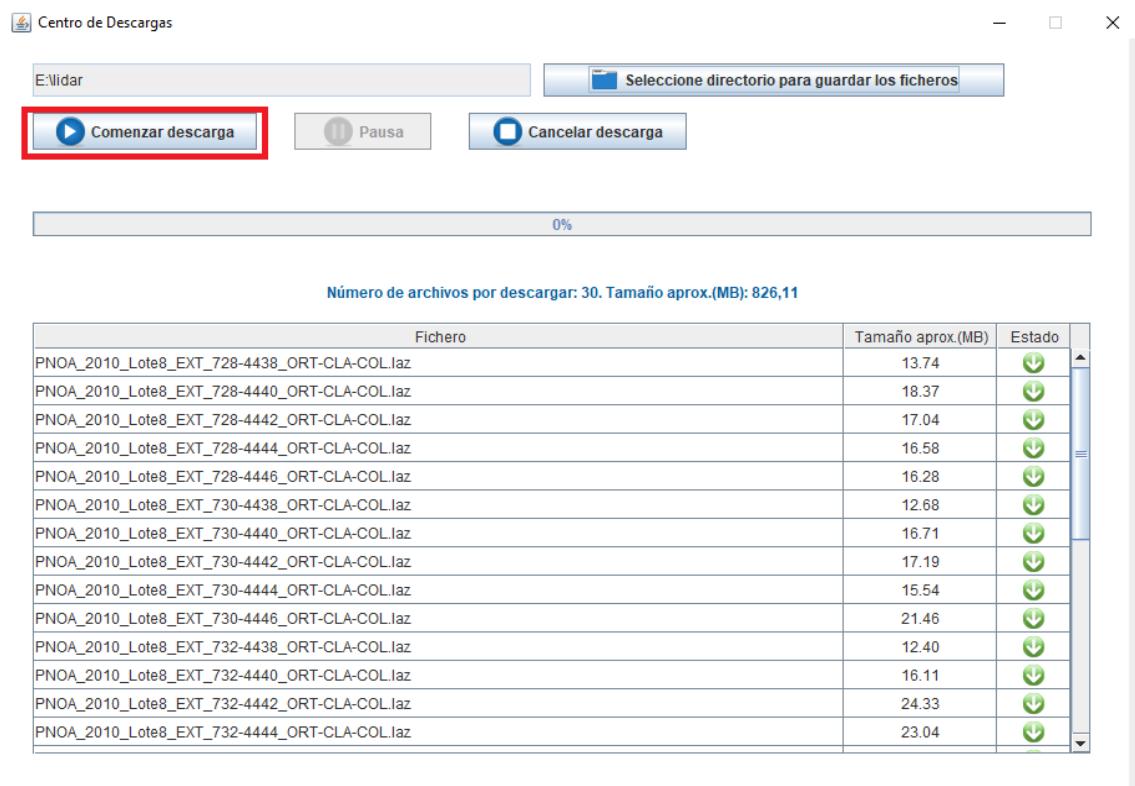
Y posteriormente lo ejecutamos para ello tendremos que tener la aplicación JAVA



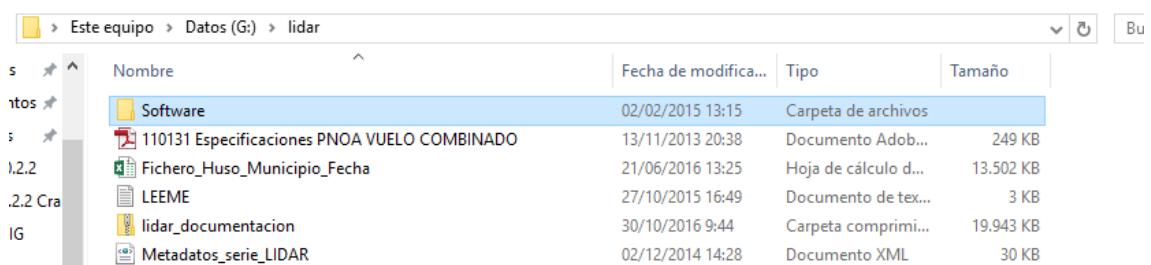
Debemos seleccionar previamente en qué carpeta queremos guardar los ficheros:

Fichero	Tamaño aprox.(MB)	Estado
PNOA_2010_Lote8_EXT_728-4438_ORT-CLA-COL.laz	13.74	↓
PNOA_2010_Lote8_EXT_728-4440_ORT-CLA-COL.laz	18.37	↓
PNOA_2010_Lote8_EXT_728-4442_ORT-CLA-COL.laz	17.04	↓
PNOA_2010_Lote8_EXT_728-4444_ORT-CLA-COL.laz	16.58	↓
PNOA_2010_Lote8_EXT_728-4446_ORT-CLA-COL.laz	16.28	↓
PNOA_2010_Lote8_EXT_730-4438_ORT-CLA-COL.laz	12.68	↓
PNOA_2010_Lote8_EXT_730-4440_ORT-CLA-COL.laz	16.71	↓
PNOA_2010_Lote8_EXT_730-4442_ORT-CLA-COL.laz	17.19	↓
PNOA_2010_Lote8_EXT_730-4444_ORT-CLA-COL.laz	15.54	↓
PNOA_2010_Lote8_EXT_730-4446_ORT-CLA-COL.laz	21.46	↓
PNOA_2010_Lote8_EXT_732-4438_ORT-CLA-COL.laz	12.40	↓
PNOA_2010_Lote8_EXT_732-4440_ORT-CLA-COL.laz	16.11	↓
PNOA_2010_Lote8_EXT_732-4442_ORT-CLA-COL.laz	24.33	↓
PNOA_2010_Lote8_EXT_732-4444_ORT-CLA-COL.laz	23.04	↓

En ese momento ya estará disponible el botón de descargas para comenzar a guardar los ficheros en el directorio seleccionado.



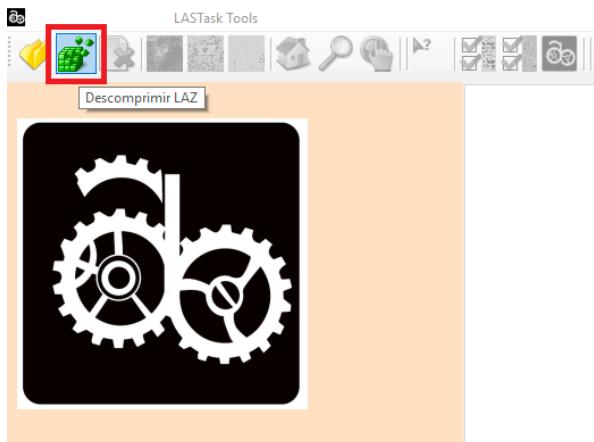
Si observamos detenidamente, los archivos descargados no tienen extensión LAS, sino LAZ, que es un tipo de archivo comprimido. Para poder descomprimirlo tenemos que descargarnos del campus virtual la herramienta adecuada para ello:



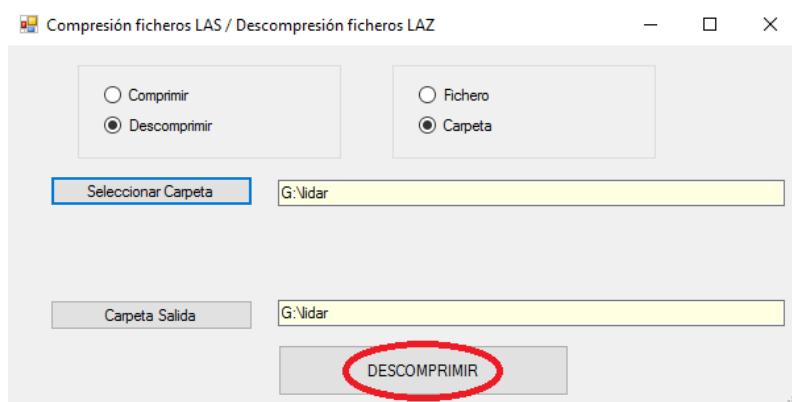
Procederemos entonces a instalar el programa LASTaskTools, siguiendo las instrucciones:

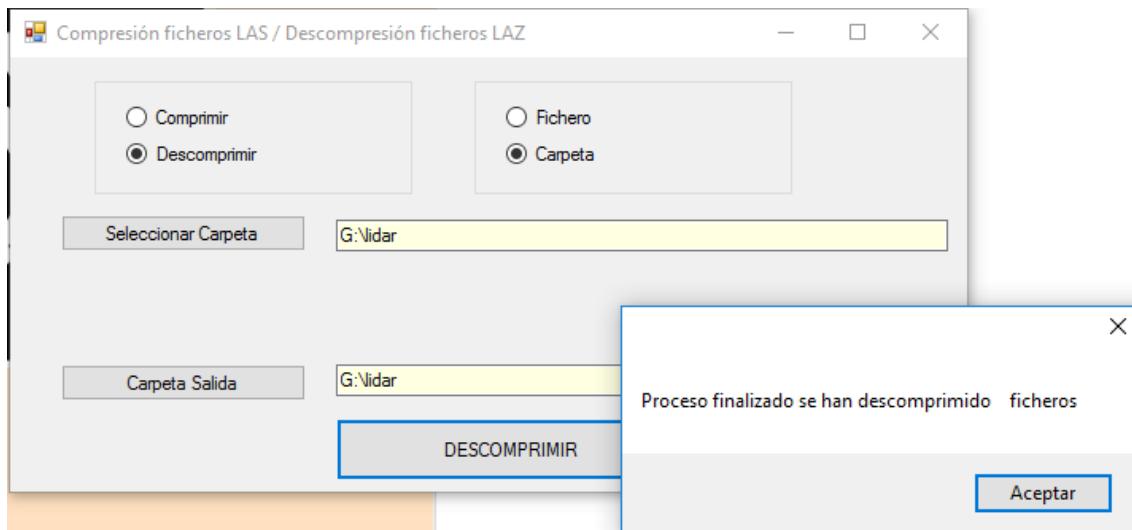
	Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
s	program files	02/02/2015 13:12	Carpeta de archivos	
i	0x409	23/03/2010 15:44	Opciones de confi...	22 KB
1.2.2	AyudaLASTaskTools	26/01/2015 12:33	Documento Adob...	4.893 KB
2.2 Cra	InstalaciónLASTaskTools	13/01/2015 8:43	Documento Adob...	415 KB
IG	LASTask Tools	27/01/2015 16:56	Paquete de Windo...	993 KB
	setup	27/01/2015 16:56	Aplicación	1.188 KB
	Setup	27/01/2015 16:56	Opciones de confi...	5 KB

Una vez instalado el programa procederemos a descomprimir los archivos LiDAR:



Le indicaremos la carpeta en la que tenemos los archivos LAZ





4.2. Dataset LAS

Una vez descomprimidos los ficheros, procederemos a generar el LAS Dataset.

El Dataset LAS proporciona un rápido acceso a grandes volúmenes de LiDAR y datos de superficie sin necesidad de conversión de datos o importar. Esto hace que sea más fácil trabajar con varios archivos LAS que abarquen toda el área de estudio.

El soporte para Datasets LAS en ArcMap y el geoprocесamiento es principalmente para LiDAR aéreo. Para un mejor rendimiento, el equipo debe tener acceso directo a los datos en la unidad interna local, no a través de la red o de unidades externas más lentas.

Se recomienda que los datos LAS se lean en un sistema de coordenadas proyectadas, por ejemplo, UTM. Los datos LAS que se capturan en coordenadas geográficas se pueden visualizar, pero es posible que alguna funcionalidad falle o no sea óptima.

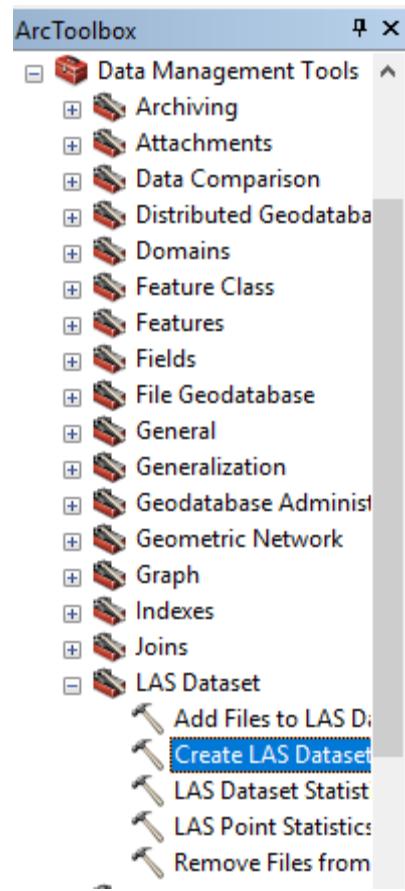
En el disco se crean hasta cuatro tipos de archivos que están asociados con un Dataset LAS:

- Archivo de Dataset LAS (*.lasd*): Solo almacena la referencia a los archivos LAS y las restricciones de superficie. Las restricciones de la superficie son las entidades de la superficie almacenadas en los shapefiles o clases de entidades de geodatabase como variaciones de pendiente específicas de la superficie, perímetros de lagos, calas, orillas de ríos, ...
- Archivo auxiliar LAS (*.lasx*): cuando se calculan las estadísticas en un Dataset LAS.
- Archivo de proyección (*.prj*): Un archivo de proyección define el sistema de coordenadas de un archivo LAS.
- Archivo LAS optimizado (*.zlas*): son archivos comprimidos que se pueden usar directamente en ArcGIS 10.2.1 y posterior a través del Dataset LAS.

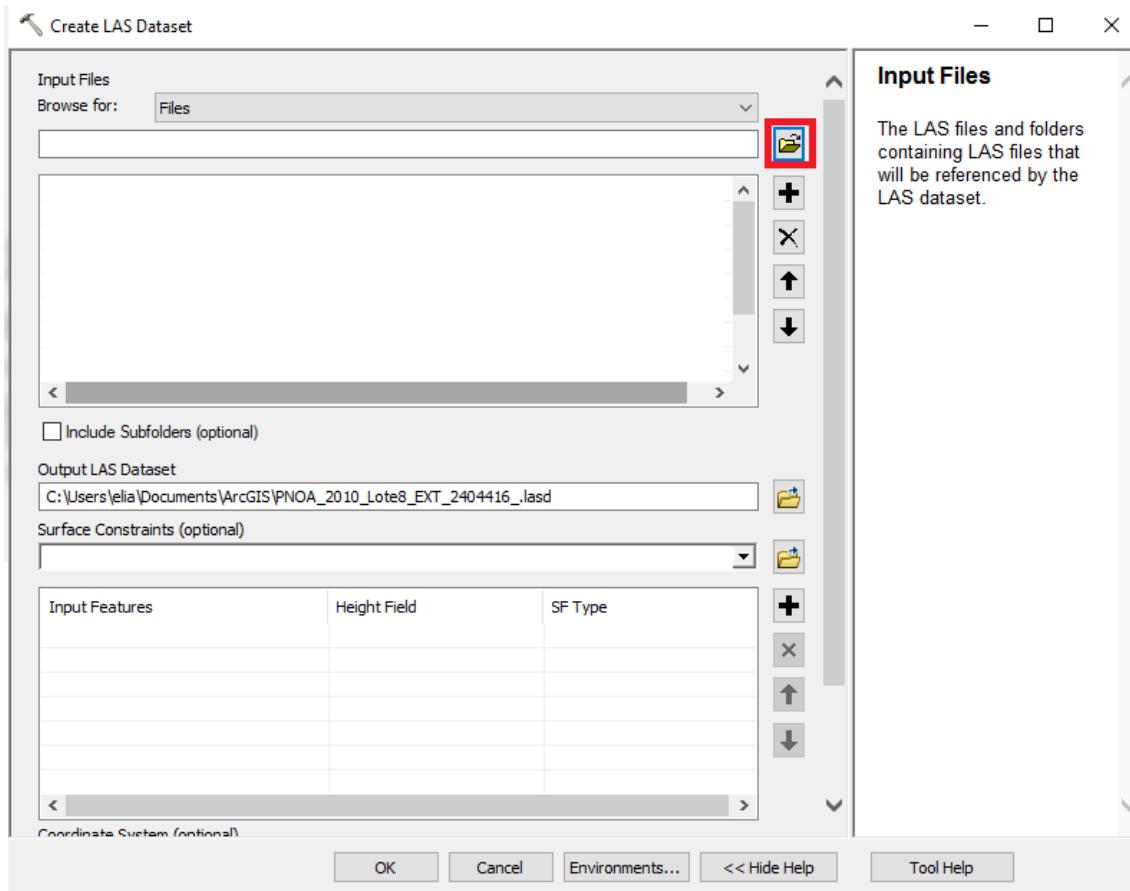
4.2.1. Crear un LAS Dataset

Para crear un Dataset LAS se utiliza la herramienta Crear Dataset de LAS de la *caja de herramientas Administración de datos > Dataset LAS>crear LAS Dataset*

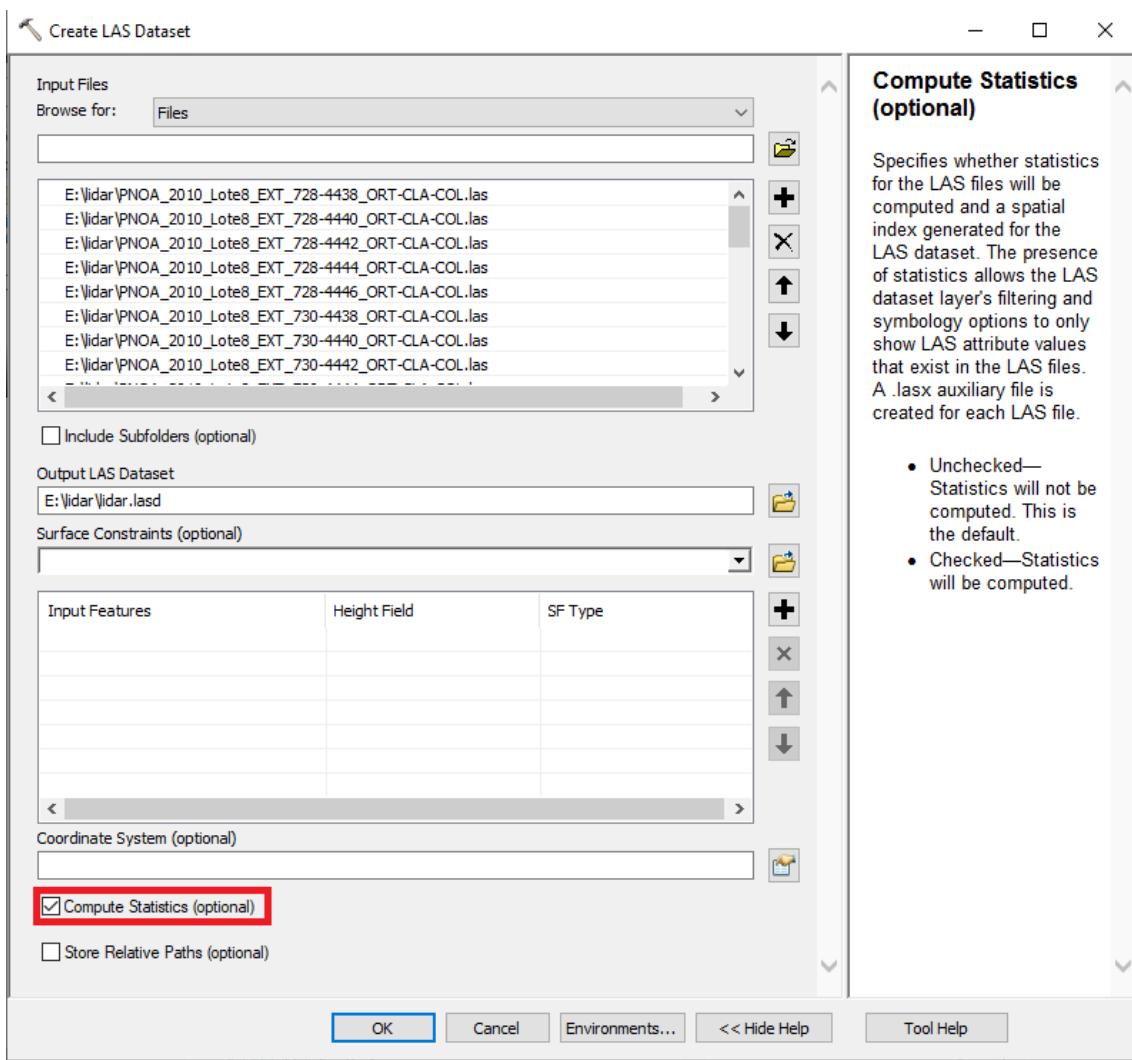
Data management tools>LAS Dataset>create LAS Dataset



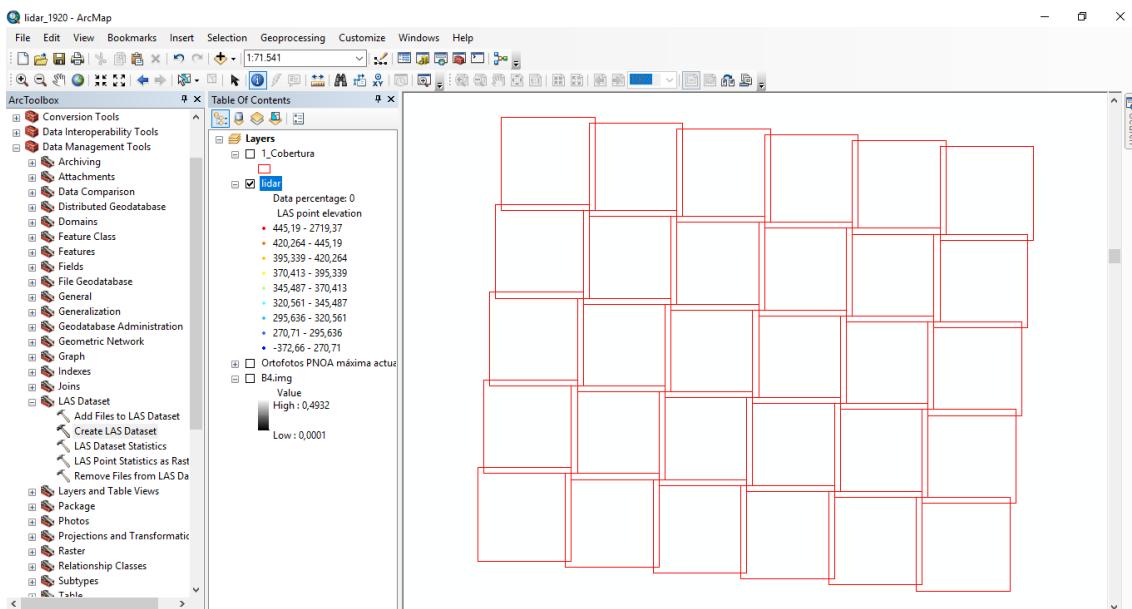
Podemos por tanto comenzar con la creación y configuración de nuestro Dataset. Para ello abrimos la carpeta donde estén los archivos .las y los seleccionamos todos.



Configuraremos la creación indicando el directorio, el nombre del dataset que se va a generar y seleccionaremos la casilla del cálculo de estadísticas (*Compute Statistics*), para posteriormente trabajar con ellas.



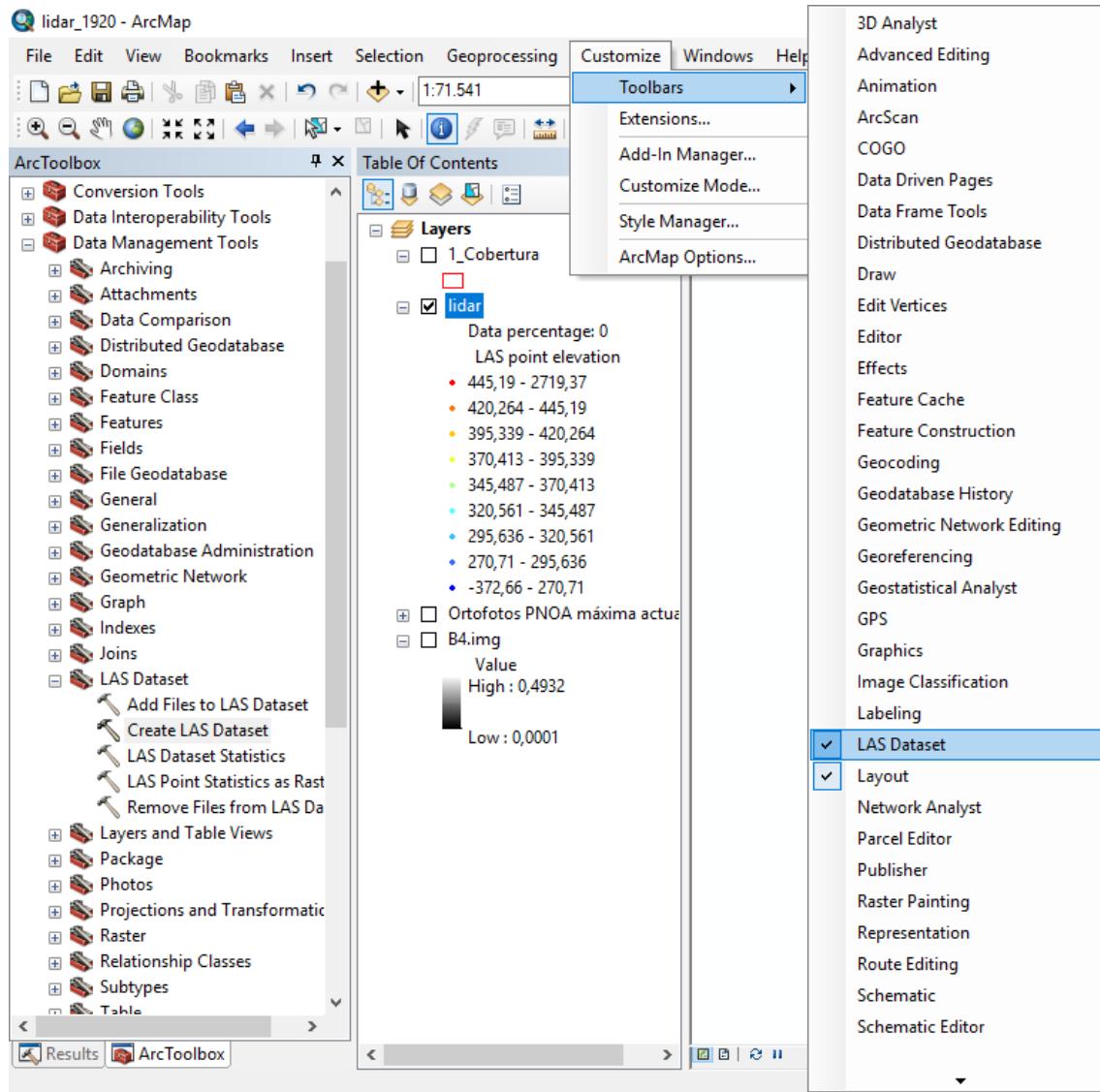
Tras pocos minutos, se nos habrán cargado en la vista las 30 hojas de datos LiDAR.

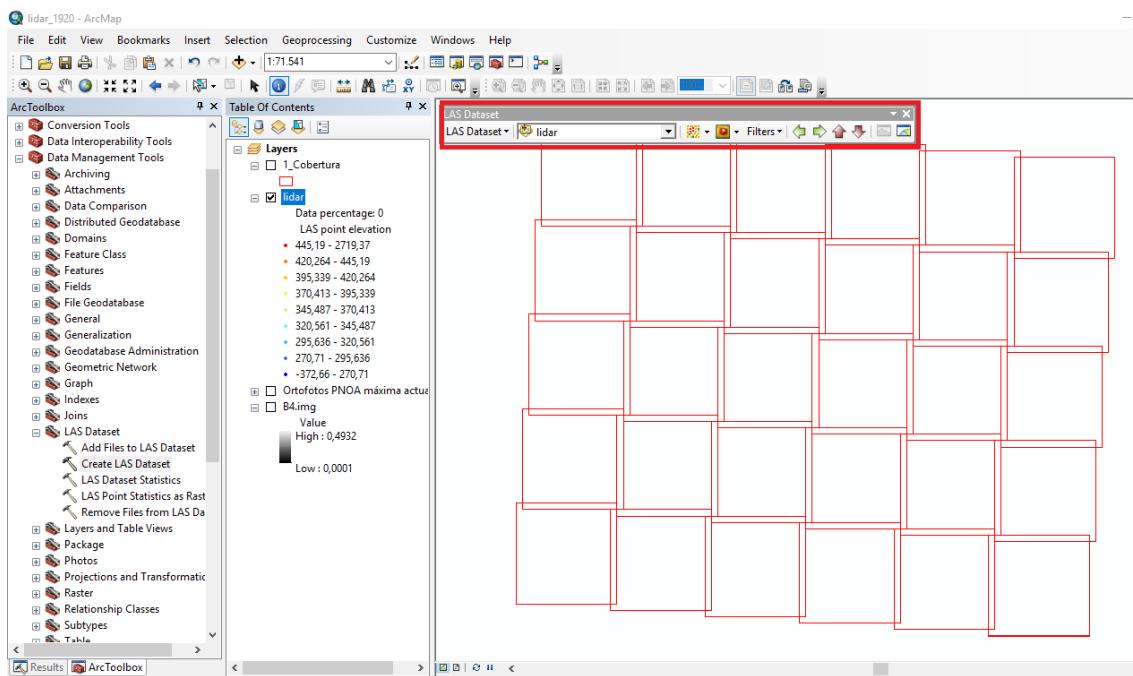


4.3. Operaciones con datos LiDAR

ArcGis nos permite realizar múltiples operaciones con datos LiDAR.

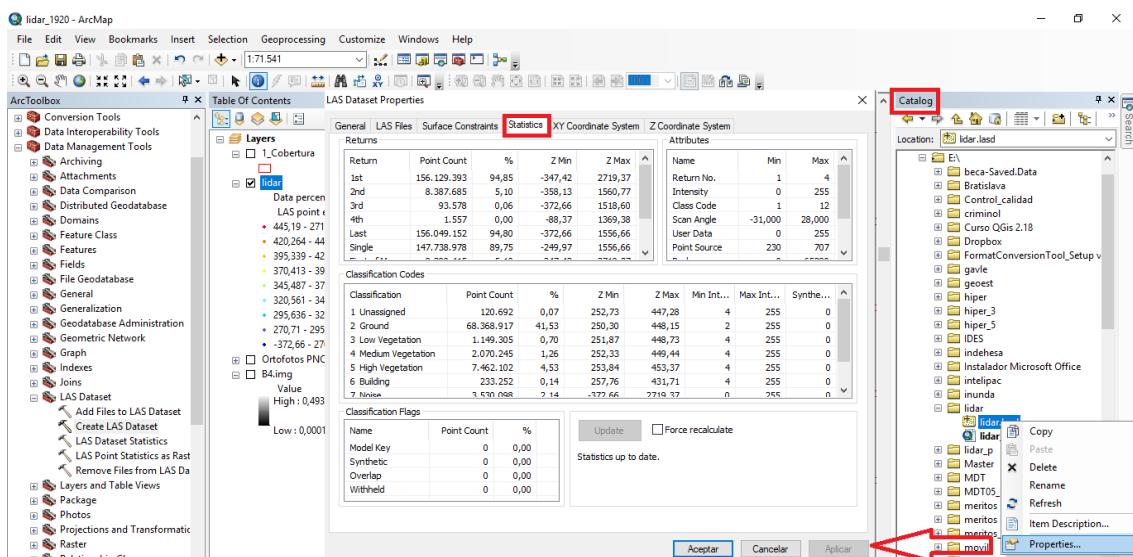
Para ello, es conveniente activar la barra de herramientas de LAS Dataset





4.3.1. Llevar a cabo el análisis estadístico sobre puntos LiDAR.

Con el fin de tener mayor conocimiento de los ficheros LiDAR con los que vamos a trabajar, conviene realizar un análisis estadístico y así ver la casuística de nuestra zona de trabajo.

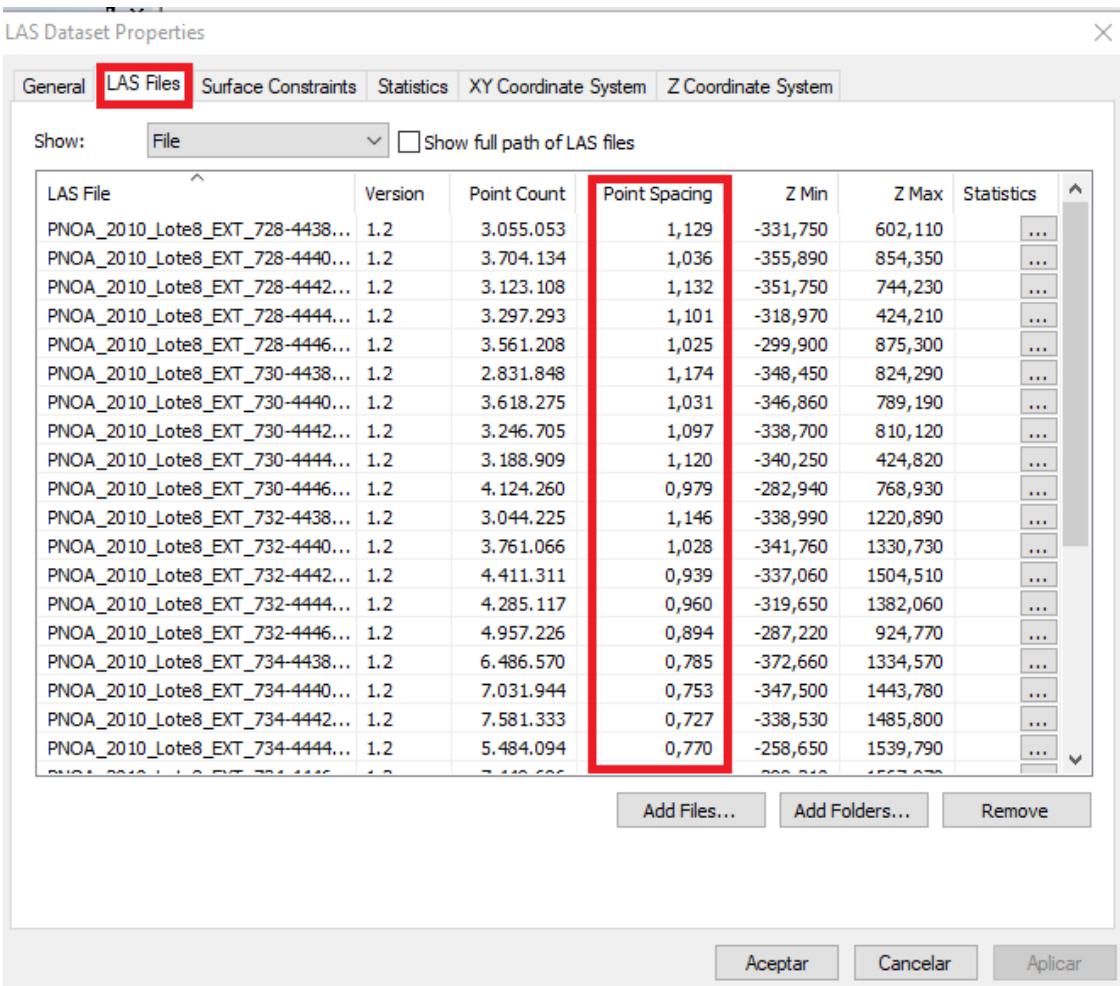


Veremos entonces el número que puntos que hay clasificados y de qué clase, el número de retornos, etc...

como puntos por área de unidad cuadrada. Para convertir el espaciado de puntos en densidad de puntos se utiliza la ecuación siguiente:

$$PD = \frac{1}{PS^2}$$

Una densidad de puntos superior significa valores inferiores para el espaciado de puntos.



The screenshot shows the 'LAS Dataset Properties' dialog box with the 'LAS Files' tab selected. The table lists various LAS files with their properties. The 'Point Spacing' column is highlighted with a red border. At the bottom of the dialog are buttons for 'Add Files...', 'Add Folders...', 'Remove', 'Aceptar', 'Cancelar', and 'Aplicar'.

LAS File	Version	Point Count	Point Spacing	Z Min	Z Max	Statistics
PNOA_2010_Lote8_EXT_728-4438...	1.2	3.055.053	1,129	-331,750	602,110	...
PNOA_2010_Lote8_EXT_728-4440...	1.2	3.704.134	1,036	-355,890	854,350	...
PNOA_2010_Lote8_EXT_728-4442...	1.2	3.123.108	1,132	-351,750	744,230	...
PNOA_2010_Lote8_EXT_728-4444...	1.2	3.297.293	1,101	-318,970	424,210	...
PNOA_2010_Lote8_EXT_728-4446...	1.2	3.561.208	1,025	-299,900	875,300	...
PNOA_2010_Lote8_EXT_730-4438...	1.2	2.831.848	1,174	-348,450	824,290	...
PNOA_2010_Lote8_EXT_730-4440...	1.2	3.618.275	1,031	-346,860	789,190	...
PNOA_2010_Lote8_EXT_730-4442...	1.2	3.246.705	1,097	-338,700	810,120	...
PNOA_2010_Lote8_EXT_730-4444...	1.2	3.188.909	1,120	-340,250	424,820	...
PNOA_2010_Lote8_EXT_730-4446...	1.2	4.124.260	0,979	-282,940	768,930	...
PNOA_2010_Lote8_EXT_732-4438...	1.2	3.044.225	1,146	-338,990	1220,890	...
PNOA_2010_Lote8_EXT_732-4440...	1.2	3.761.066	1,028	-341,760	1330,730	...
PNOA_2010_Lote8_EXT_732-4442...	1.2	4.411.311	0,939	-337,060	1504,510	...
PNOA_2010_Lote8_EXT_732-4444...	1.2	4.285.117	0,960	-319,650	1382,060	...
PNOA_2010_Lote8_EXT_732-4446...	1.2	4.957.226	0,894	-287,220	924,770	...
PNOA_2010_Lote8_EXT_734-4438...	1.2	6.486.570	0,785	-372,660	1334,570	...
PNOA_2010_Lote8_EXT_734-4440...	1.2	7.031.944	0,753	-347,500	1443,780	...
PNOA_2010_Lote8_EXT_734-4442...	1.2	7.581.333	0,727	-338,530	1485,800	...
PNOA_2010_Lote8_EXT_734-4444...	1.2	5.484.094	0,770	-258,650	1539,790	...
PNOA_2010_Lote8_EXT_734-4446...	1.2	7.110.606		202,210	1557,970	

Y también podemos consultar las estadísticas aisladas de cada uno de los ficheros que componen el LAS Dataset haciendo doble clic encima de cada uno de los archivos.

LAS Dataset Properties

General LAS Files Surface Constraints Statistics XY Coordinate System Z Coordinate System

Show: File Show full path of LAS files

LAS File	Version	Point Count	Point Spacing	Z Min	Z Max	Statistics
PNOA_2010_Lote8_EXT_728-4438...	1.2	3.055.053	1,129	-331,750	602,110	<input type="button" value="..."/>
PNOA_2010_Lote8_EXT_728-4440...	1.2	3.704.134	1,036	-355,890	854,350	<input type="button" value="..."/>
DNK_A_2010_Lote8_EXT_728-4441...	1.2	1.121.142	1,121	-331,750	602,110	<input type="button" value="..."/>

LAS File Properties and Statistics

General

Name:	PNOA_2010_Lote8_EXT_728-4440_ORT-C
Version/Point Format:	1.2 / 3
Point Count:	3.704.134
File Size:	125.941.189 bytes
Is Rearranged:	No
Spatial Reference:	ETRS_1989_UTM_Zone_29N
Date Created:	martes, mayo 28, 2013
Offset:	728000.000000 4438000.000000 0.000000

Extent

Min X:	728000,000000	Max X:	729999,990000
Min Y:	4438000,000000	Max Y:	4439999,990000
Min Z:	-355,890000	Max Z:	854,350000
X Range:	1999,990000		
Y Range:	1999,990000		
Z Range:	1210,240000		
XY Linear Unit:	Meter		
Z Unit:	Meter		

Returns

Return	Point Count	%	Z Min	Z Max
1st	3.602.334	97,25	-249,97	854,35
2nd	100.072	2,70	-355,89	806,72
3rd	1.724	0,05	-296,08	338,65
4th	4	0,00	209,25	295,22
Last	3.600.158	97,19	-355,89	764,71
Single	3.501.048	94,52	-249,97	764,71
Total	3.704.134	100,00	-249,97	854,35

Attributes

Name	Min	Max
Return No.	1	4
Intensity	0	255
Class Code	1	12
Scan Angle	-28,000	27,000
User Data	160	181
Point Source	232	234

Classification Codes

Classification	Point Count	%	Z Min	Z Max	Min Intensity	Max Intensity	Synthetic...
1 Unassigned	72	0,00	259,77	339,88	10	166	0
2 Ground	1.572.644	42,46	253,19	351,46	2	255	0
3 Low Vegetation	19.410	0,52	254,73	349,41	4	255	0
4 Medium Vegetation	44.386	1,20	254,90	350,79	4	255	0

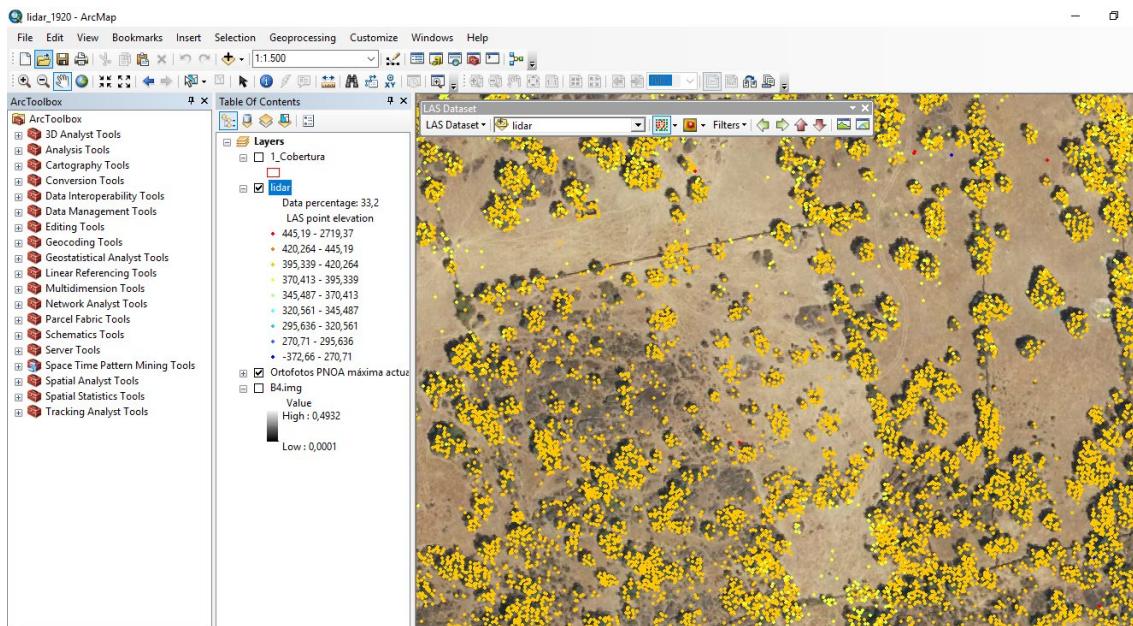
Cabe destacar que existe una cantidad de ruido y de puntos en el solape entre los ficheros, con unas cotas que podrían generar grandes errores si no los eliminamos.

4.3.2. Analizar puntos LiDAR contra el primer retorno, terreno desnudo o cualquier tipo de filtro deseado.

Un pulso LiDAR se puede reflejar desde una o muchas entidades y, por lo tanto, devolver más de un pulso láser. Puede usar estas devoluciones de pulso láser separadas para mostrar los datos LiDAR a los que hace referencia el Dataset LAS. Los filtros son más comunes terreno y No terreno.

Seleccionar de cualquiera de los siguientes filtros LiDAR predefinidos:

Filtro de superficie o de punto	Descripción
Todo/UK all	Todos los puntos LiDAR para visualizar el Dataset LAS.
Terreno/UK ground	Sólo los puntos LiDAR se marca como puntos de suelo para visualizar el Dataset LAS.
No terreno/UK not ground	Todos los puntos LiDAR que no se marcan como puntos de terreno para visualizar el Dataset LAS.
Primera devolución/UK first return	Sólo puntos LiDAR de primer retorno para visualizar el Dataset LAS.



4.3.3. Crear MDE y MDS.

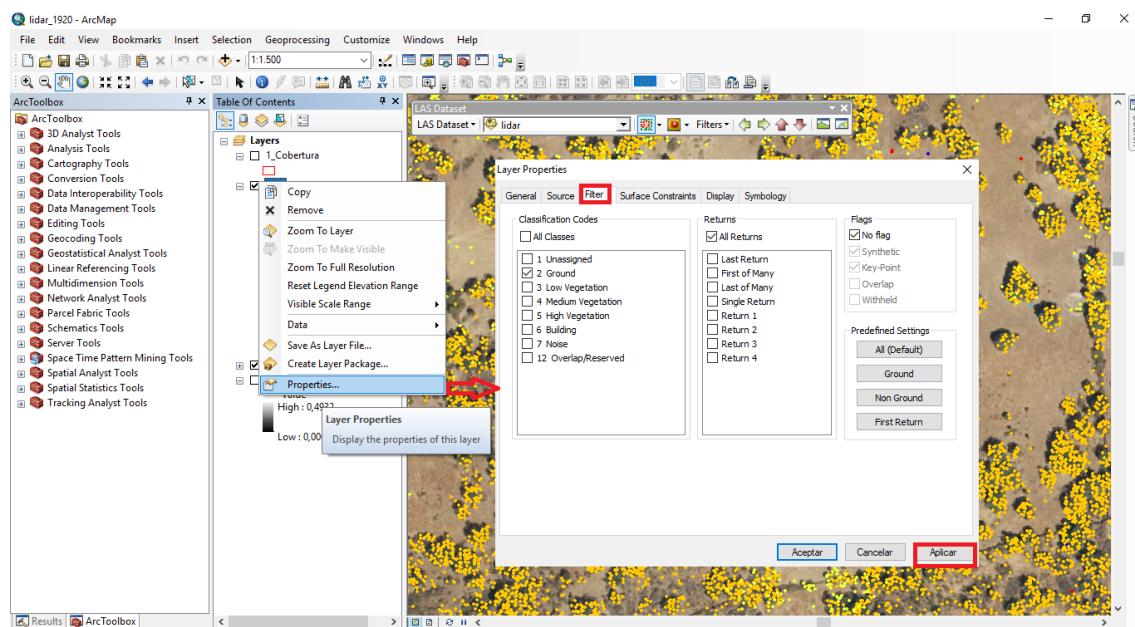
Los modelos digitales del terreno son un conjunto de datos numéricos que describe la distribución espacial de una característica del territorio, sea esta la que sea.

Se pueden realizar muchos tipos de MDT, pero en nuestro caso, procede distinguir entre los siguientes modelos:

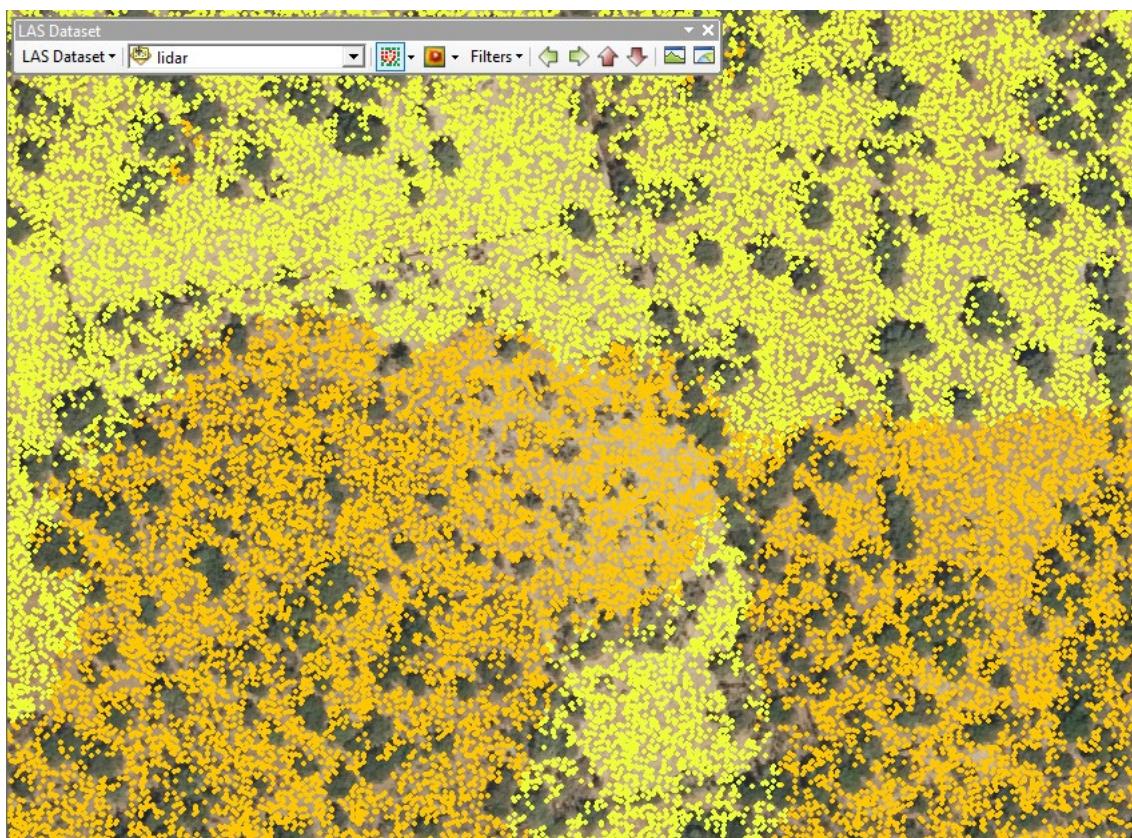
- **MDE**, Modelo digital de Elevaciones: Estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno.
- **MDS**, Modelo digital de Superficie: Incluye las altitudes de los elementos elevados de la superficie, tales como edificios, árboles...

A partir del Dataset LAS, podemos crear ambas estructuras de datos. Para ello, lo primero será configurar la capa con el conjunto de propiedades de filtro adecuado, como entrada para la herramienta Dataset LAS a ráster.

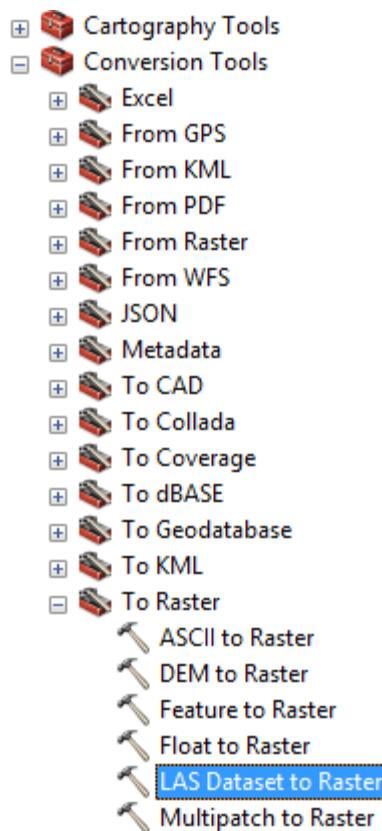
Para crear el **MDE** filtraremos únicamente los puntos del terreno y crearemos un ráster a partir del LAS Dataset.



De esa manera se mostrarán sólo los puntos del suelo (caso contrario al que teníamos anteriormente en la visualización)



Ahora entonces procederemos a la generación del MDE.



Si observamos con detenimiento, se pueden elegir dos métodos de interpolación:

- La técnica de **BINNING** proporciona un método de asignación para determinar cada celda de salida usando los puntos contenidos en su extensión, junto con un método de relleno de vacíos para determinar el valor de las celdas que no contienen ningún punto LAS. Se suele considerar que, dado que una nube de puntos LiDAR es tan densa, esta metodología *binning* es más que suficiente, ganándole el terreno a los métodos de interpolación clásicos, que, con dicha densidad de puntos, consumirían mucho tiempo de cálculo.

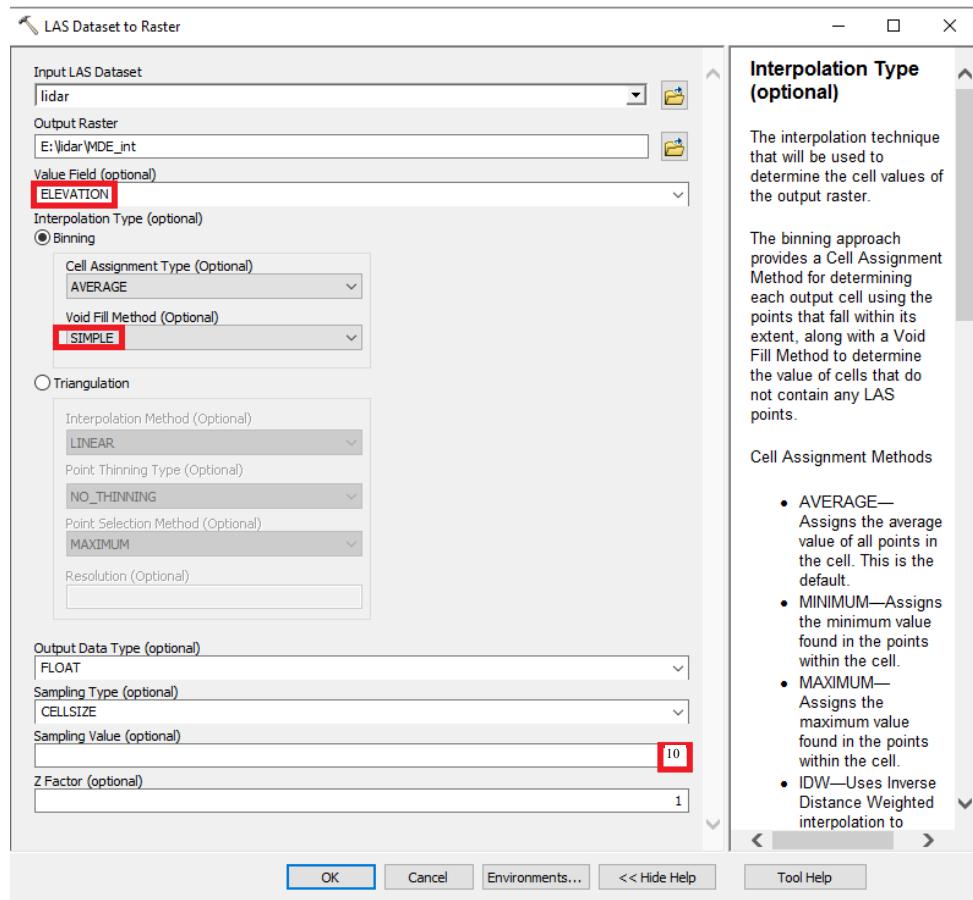
Métodos de asignación de celdas

- **AVERAGE:** asigna el valor promedio de todos los puntos dentro de la celda. Esta es la opción predeterminada.
- **MINIMUM:** asigna el valor mínimo de los puntos que se encuentran dentro de la celda.
- **MAXIMUM:** asigna el valor máximo de los puntos que se encuentran dentro de la celda.
- **IDW:** utiliza la interpolación ponderada por distancia inversa para determinar el valor de la celda.
- **NEAREST:** utiliza la asignación de vecino más cercano para determinar el valor de celda.

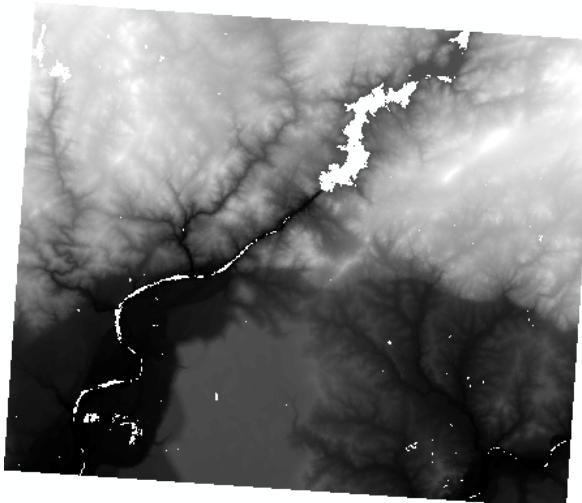
Métodos de relleno de vacíos

- **NONE:** se asigna NoData a la celda.
- **SIMPLE:** calcula el promedio de los valores de los datos de las celdas que rodean a la celda para eliminar pequeños vacíos.
- **LINEAR:** realiza la triangulación en las áreas vacías y utiliza la interpolación lineal en el valor de triangulación para determinar el valor de celda. Esta es la opción predeterminada.
- **NATURAL_NEIGHBOR:** utiliza la interpolación de vecinos naturales para determinar el valor de celda.

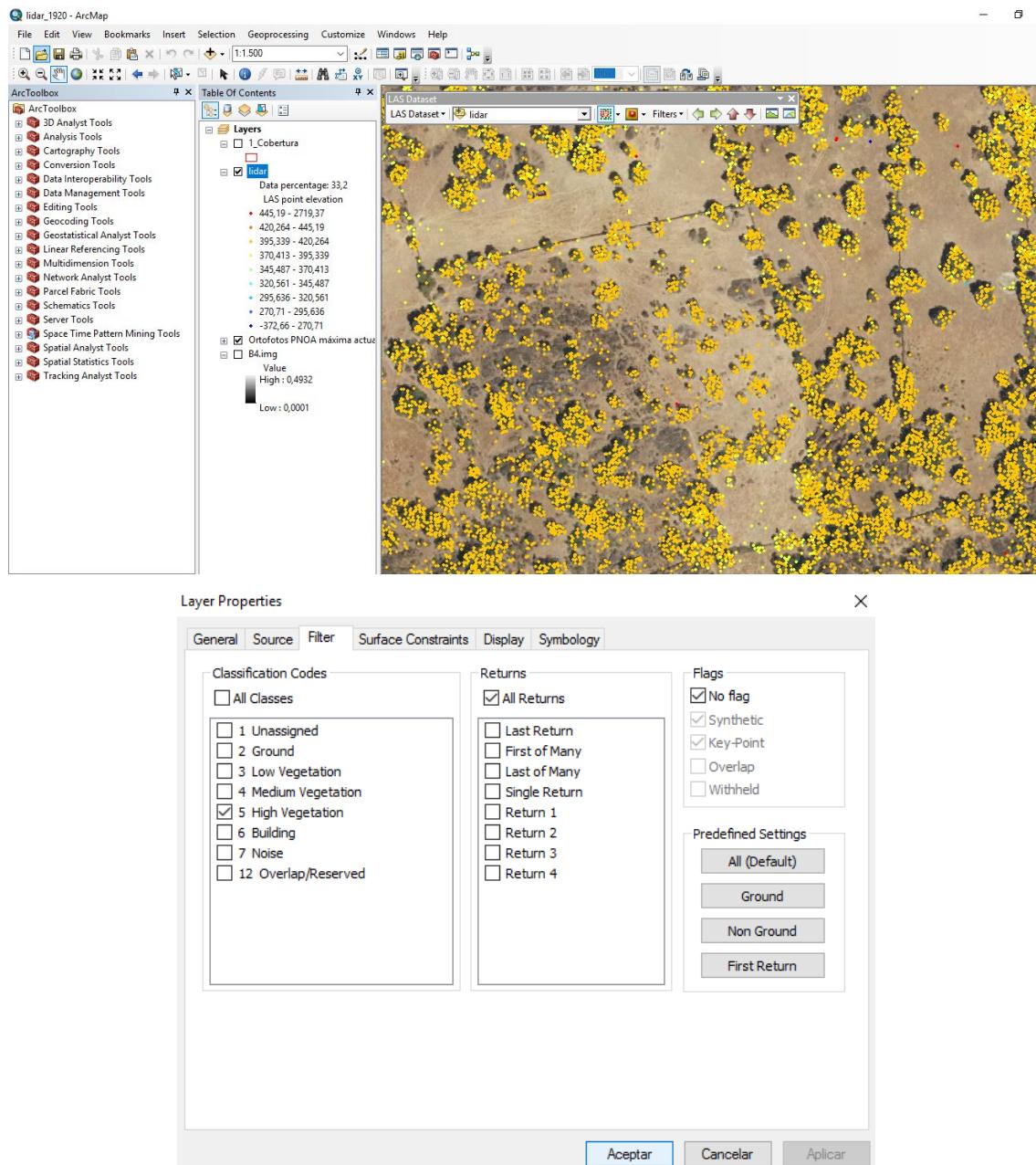
- Los métodos de interpolación por triangulación (TRIANGULATION) derivan valores de celdas usando un método basado en TIN.



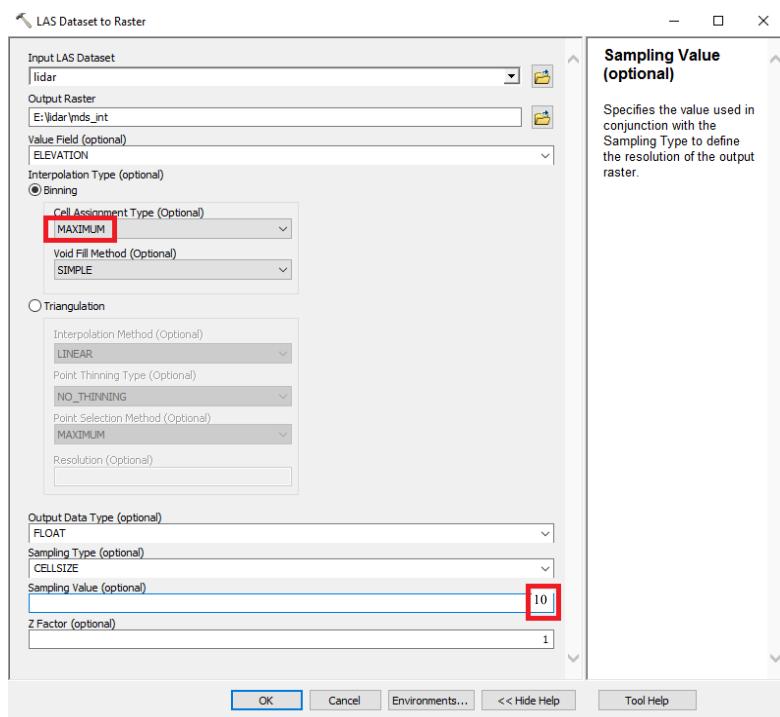
Se nos generará un MDE con el siguiente aspecto:



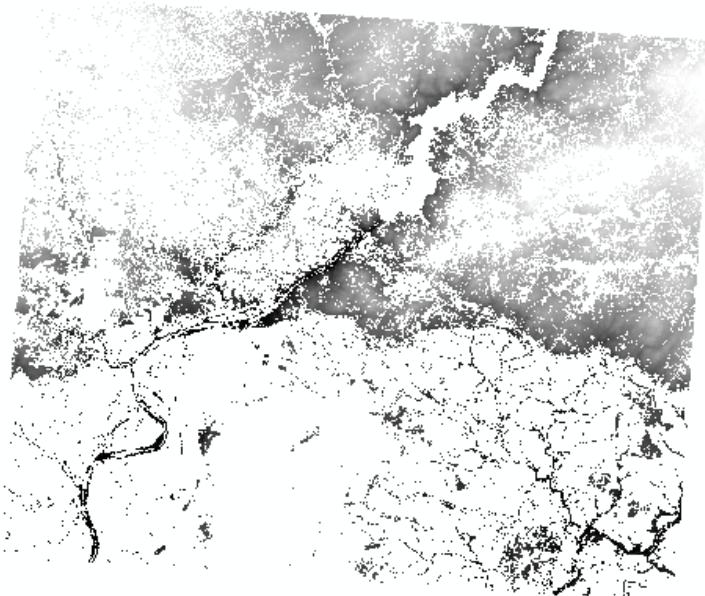
Para crear el **MDS** de la cobertura arbórea filtraremos ahora los elementos de vegetación en las propiedades de la capa.



Y ahora al generar el ráster, elegiremos el valor máximo para la asignación de la cota de cada celda.



De este modo, en esta ocasión, no se ha creado un MDS al uso, sino que se ha generado un modelo en el que sólo tienen valores de altitud, los elementos elevados del terreno.



4.3.4. Manipular los valores de código de clasificación de puntos LiDAR para corregir los errores de clasificación.

Los puntos LiDAR almacenados en los archivos LAS por lo general se clasifican en diferentes categorías usando las herramientas de clasificación especializadas fuera de ArcGIS. El código de clasificación asignado a cada punto se escribe en el archivo LAS y, en la mayoría de los casos, se adhiere a la norma descrita por la Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección ASPRS (American Society for Photogrammetry &

Remote Sensing). Cuando se realizan clasificaciones automatizadas en datos LiDAR, por lo general no se clasifican todos los puntos correctamente, sino que suele alcanzarse una precisión de aproximadamente el 90% de los puntos. Para garantizar que el 100% de los puntos LiDAR se clasifiquen correctamente, se necesitan una clasificación y una limpieza de datos manual.

Cada punto LiDAR puede tener una clasificación asignada que define el tipo de objeto que reflejó el pulso láser. Los puntos LiDAR se pueden clasificar en varias categorías que incluyen suelo o terreno desnudo, parte superior de cubierta forestal y agua. Las diversas clases se definen mediante códigos numéricos de enteros en el archivo LAS.

Los códigos de clasificación los definió la ASPRS para los formatos LAS 1.1, 1.2, 1.3 y 1.4. ArcGIS admite todas las versiones de LAS. La versión de LAS 1.4, que es la versión más reciente del formato LAS, incorpora la clasificación de puntos adicional y la información que se describe a continuación.

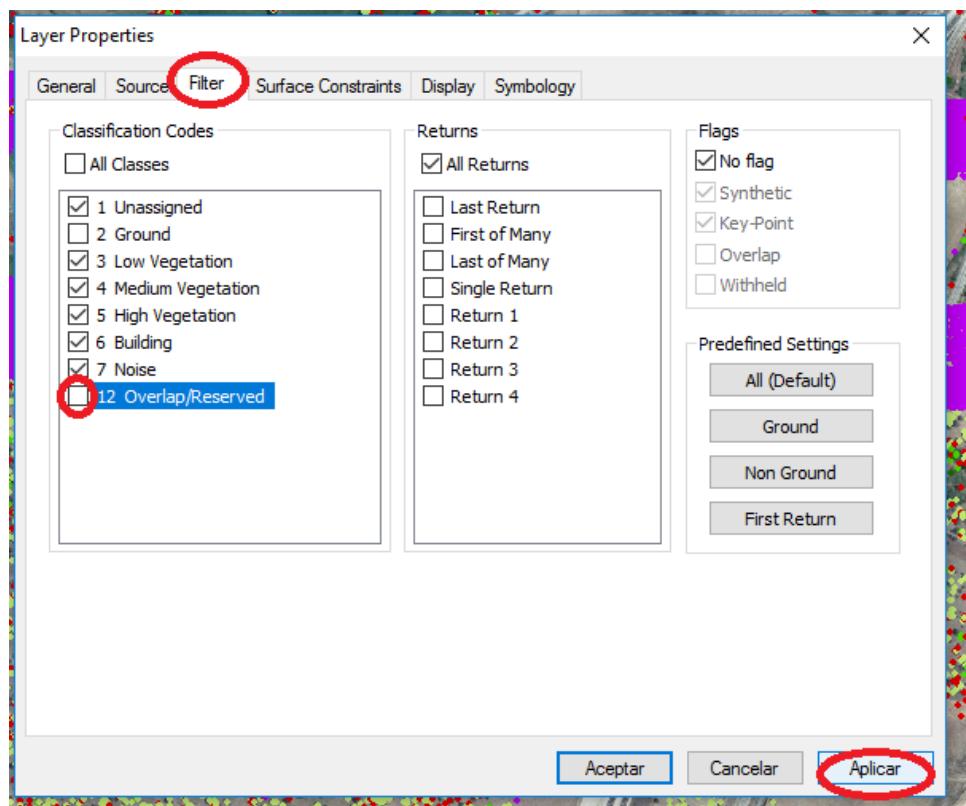
Valor de clasificación	Significado
0	Nunca clasificado
1	No asignado
2	Base (o Terreno)
3	Vegetación baja
4	Vegetación media
5	Vegetación alta
6	Edificio
7	Punto bajo
8	Reservado*
9	Aqua
10	Ferrocarril
11	Superficie de la carretera
12	Reservado*
13	Protector de cable (señal)
14	Conductor de cable (fase)
15	Torre de transmisión
16	Conector de la estructura de cables (aislante)
17	Plataforma del puente
18	Ruido alto
19-63	Reservado
64-255	Definido por el usuario

4.3.5. Analizar datos LiDAR mediante códigos de clasificación.

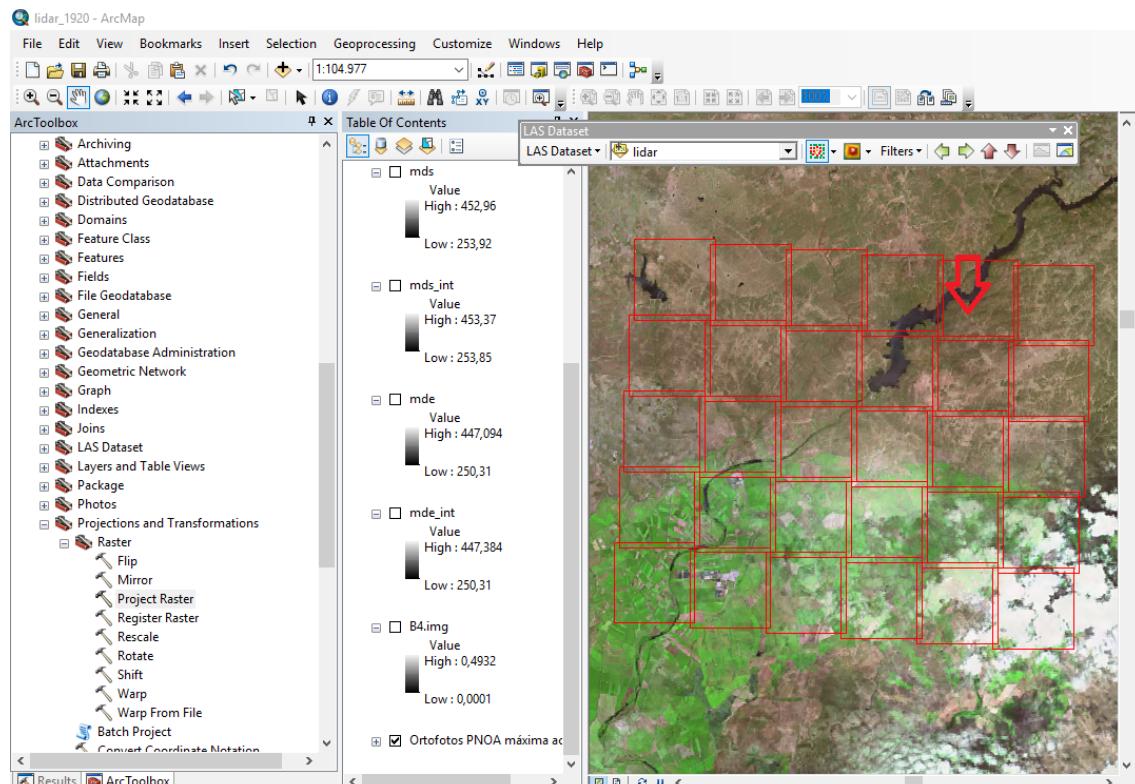
Como cualquier otra capa de información en ArcGis, el LAS Dataset tiene unas propiedades de visualización que pueden ser modificadas por el usuario desde el menú la tabla de contenidos

De tal modo que en la pestaña de filtro podremos activar o desactivar las entidades clasificadas con ciertos códigos.

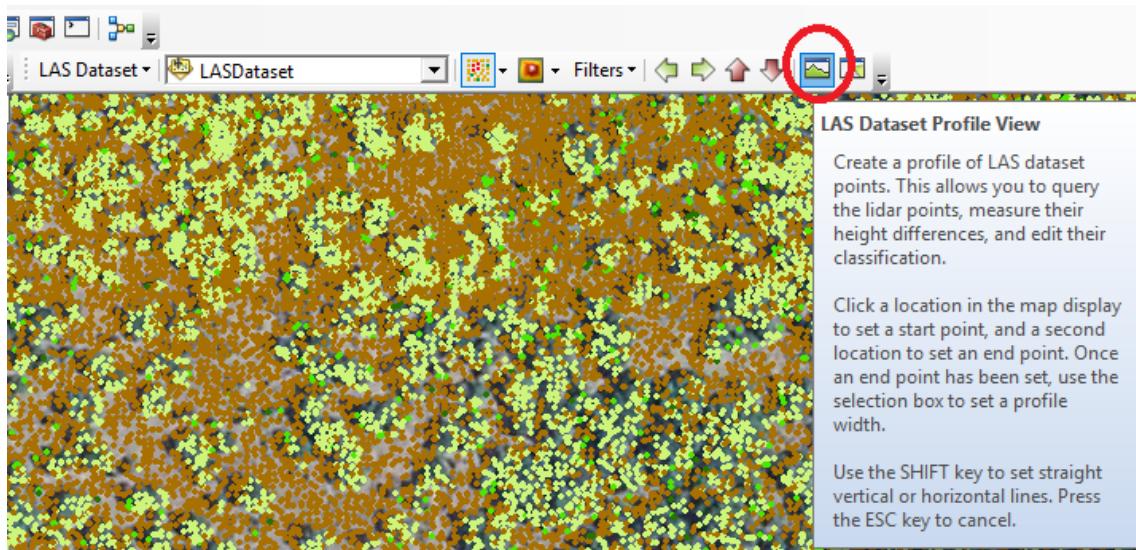
Por ejemplo, podríamos eliminar todos aquellos puntos clasificados como (overlap) o recubrimiento, ya que pueden llevar a confusión.



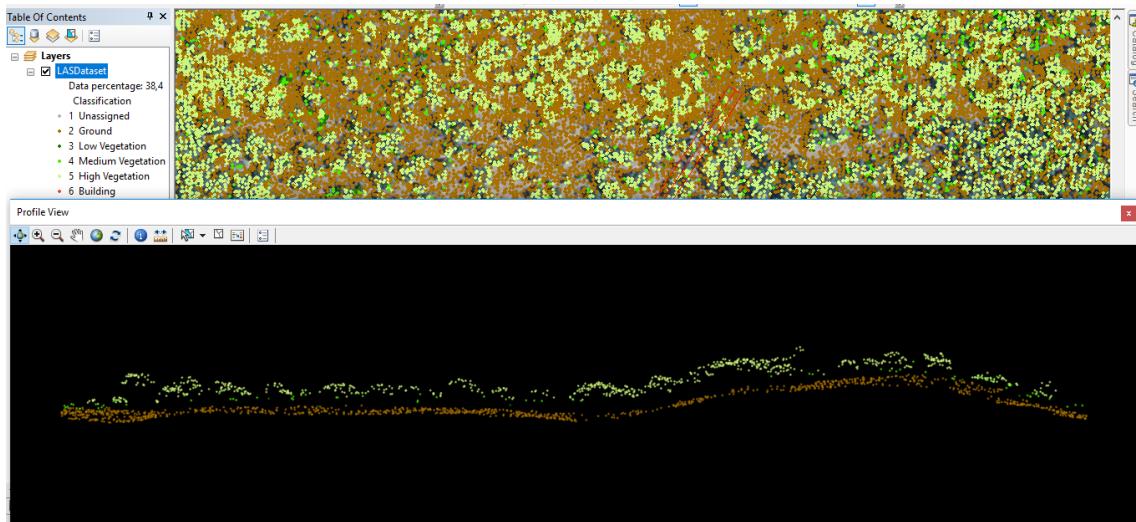
Procederemos entonces a realizar un perfil y a observar el gran potencial que los datos LiDAR nos aportan. Para ello nos moveremos en la vista a una zona en la que exista arbolado.



Y emplearemos la herramienta de vista de perfil del LAS Dataset.



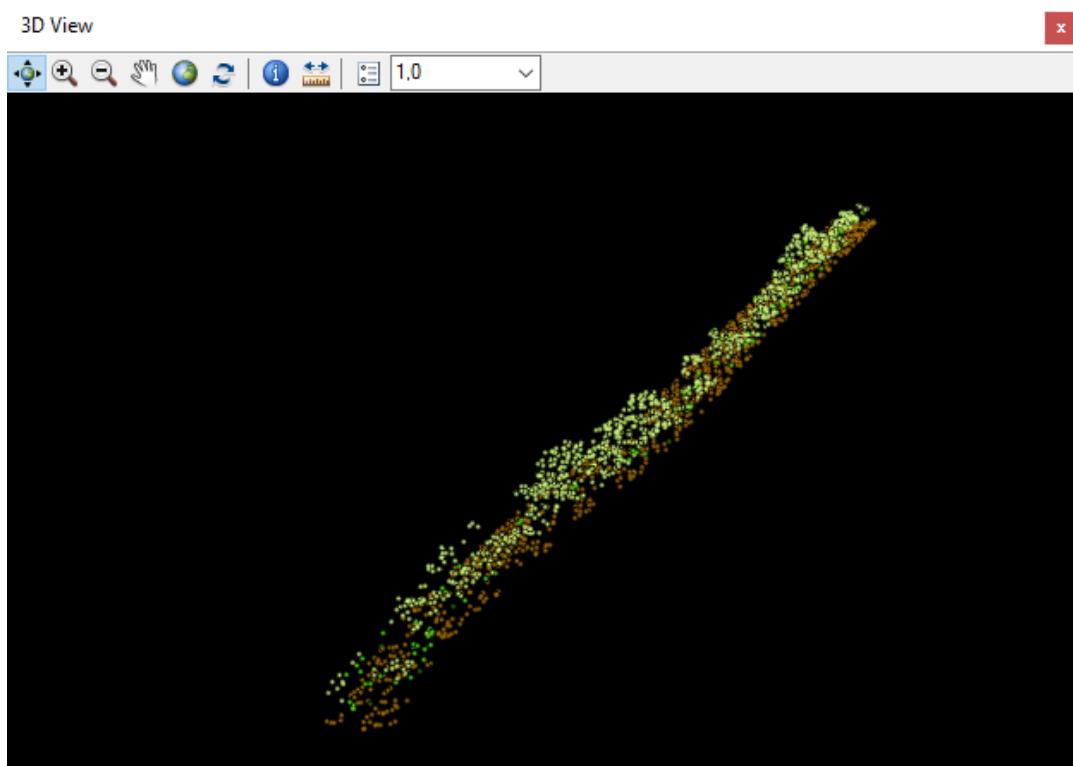
Designaremos entonces una línea por la que hacer un perfil y un ancho (Se recomienda que no sea muy amplio, para que el perfil generado sea más fácil de interpretar).



Se podrían medir las alturas del arbolado aisladamente.



Y hacer una vista 3D



4.3.6. Estimar la densidad y la altura de la cobertura forestal

Uno de los ámbitos en los que los datos LiDAR ofrecen grandes aplicaciones es en el forestal. De ese modo, los inventarios forestales, que hasta ahora conllevaban interpretaciones en ortofotografías y grandes campañas de trabajo de campo, se han visto perfeccionados con la aparición de los datos LiDAR y las herramientas desarrolladas para tratarlos.

Dos grandes aplicaciones en el inventario forestal son el cálculo de la densidad arbórea y la altura de la masa forestal.

4.3.6.1. Densidad arbórea

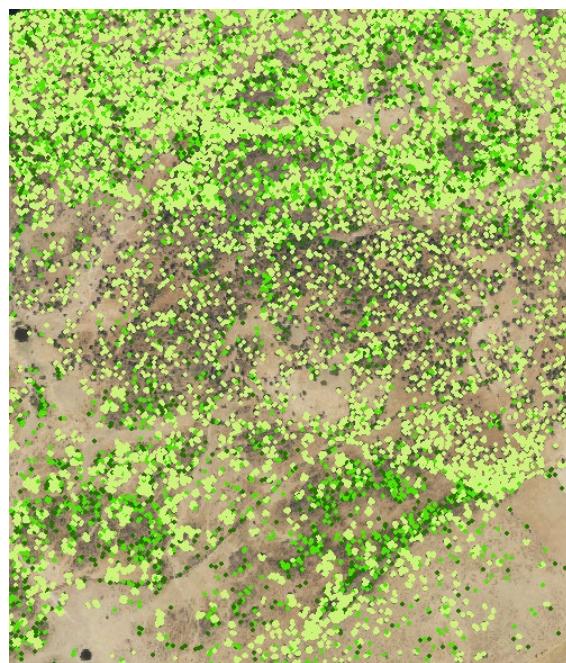
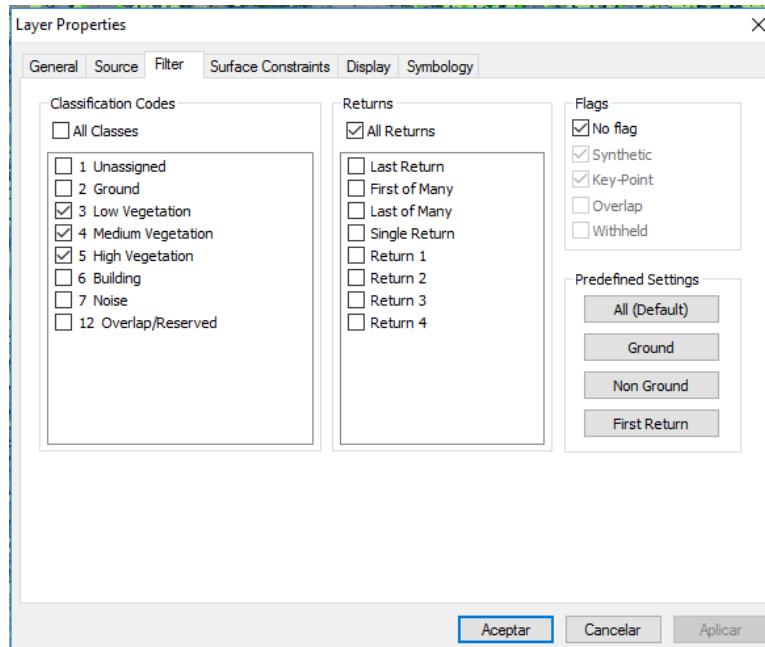
La densidad es un parámetro que permite conocer la abundancia de una especie o una clase de plantas. La densidad (D) es el número de individuos (N) en un área (A) determinada: $D = N/A$.

Hasta la irrupción de los datos LiDAR en el mundo forestal, el método de los cuadrantes era una de las formas más comunes de cálculo de la densidad de vegetación. Con los cuadrantes se conseguían muestreros más homogéneos para la comparación de muestras. El método consistía en colocar una malla cuadrada sobre la zona de estudio, para determinar la densidad, cobertura y frecuencia de las plantas. El tamaño del cuadrante dependía de la forma de vida y de la densidad de los individuos. Para muestrear vegetación herbácea, el tamaño del cuadrante podía ser de 1 m^2 . Para muestrear bejucos o arbustos, el tamaño se encontraba entre los 4 m^2 y 16 m^2 . Para árboles, los cuadrantes aumentaban a un intervalo entre los 25 m^2 y 100 m^2 . No obstante, siempre se tomaba como premisa que el tamaño de los cuadrantes dependía de la densidad de las plantas a medirse; para refinar el tamaño adecuado, era necesario realizar pre-muestreros, ya que, de no ser así, habría muchas parcelas con ausencia de

individuos o, al contrario, se podría encontrar cuadrantes en los que el inventario en campo se extendiera mucho en el tiempo.

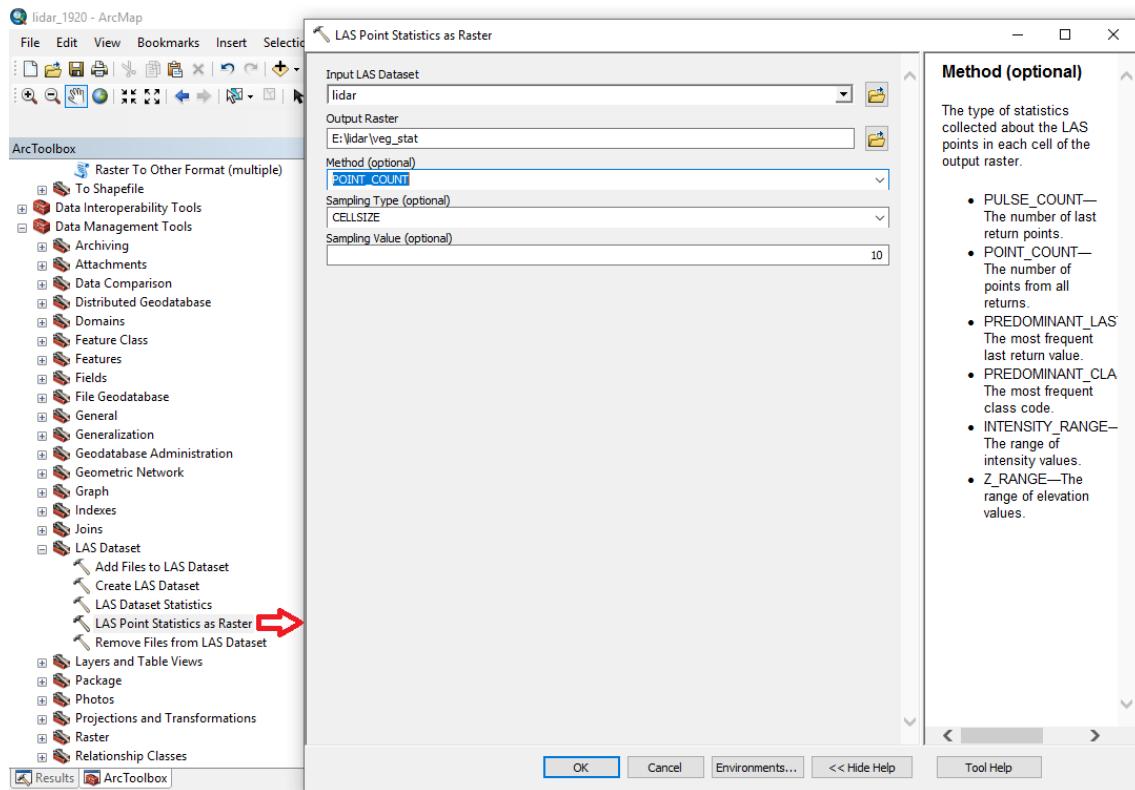
Para realizar la estimación de la densidad a partir de datos LiDAR es necesario dos rasters con la densidad de puntos, uno en superficie y otro de la cubierta vegetal.

Por tanto, en primer lugar, trabajaremos sólo con los puntos pertenecientes a la vegetación, filtrando sólo dichos puntos en la capa de datos.

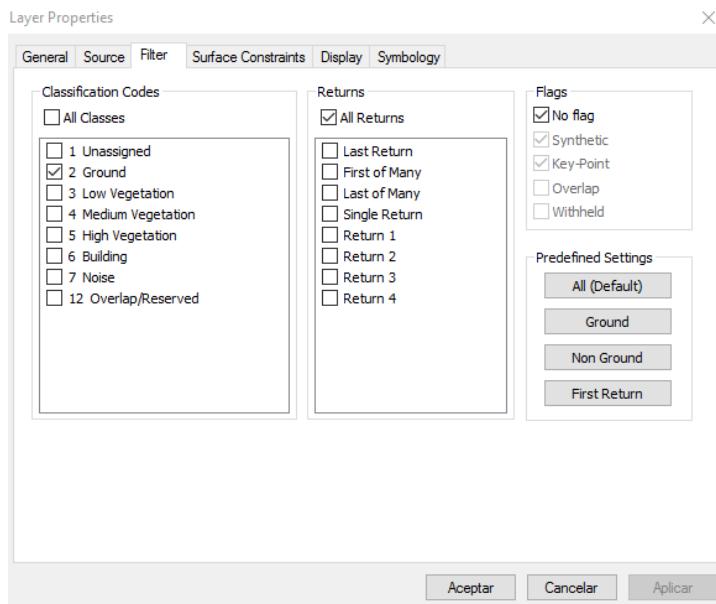


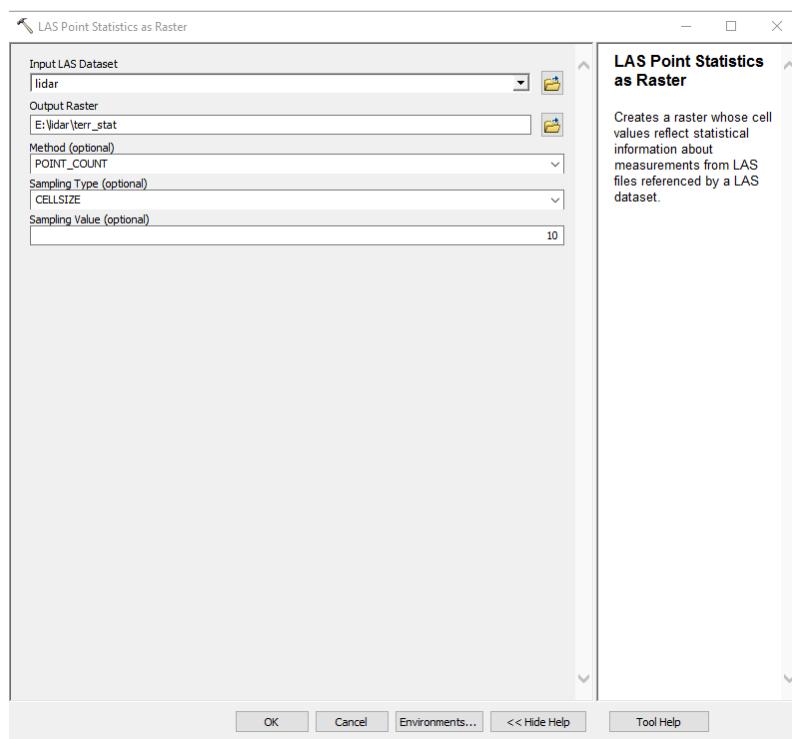
Para convertir dicha densidad de puntos de vegetación a ráster utilizaremos la herramienta de *geoprocесamiento>Estadísticas de punto LAS como ráster sobre los puntos de la vegetación* con la opción POINT_COUNT.

Data management tools>LAS Dataset>LAS Point Statistics as a Raster



Ahora filtraremos sólo los puntos de la superficie (terreno) y repetiremos la operación.



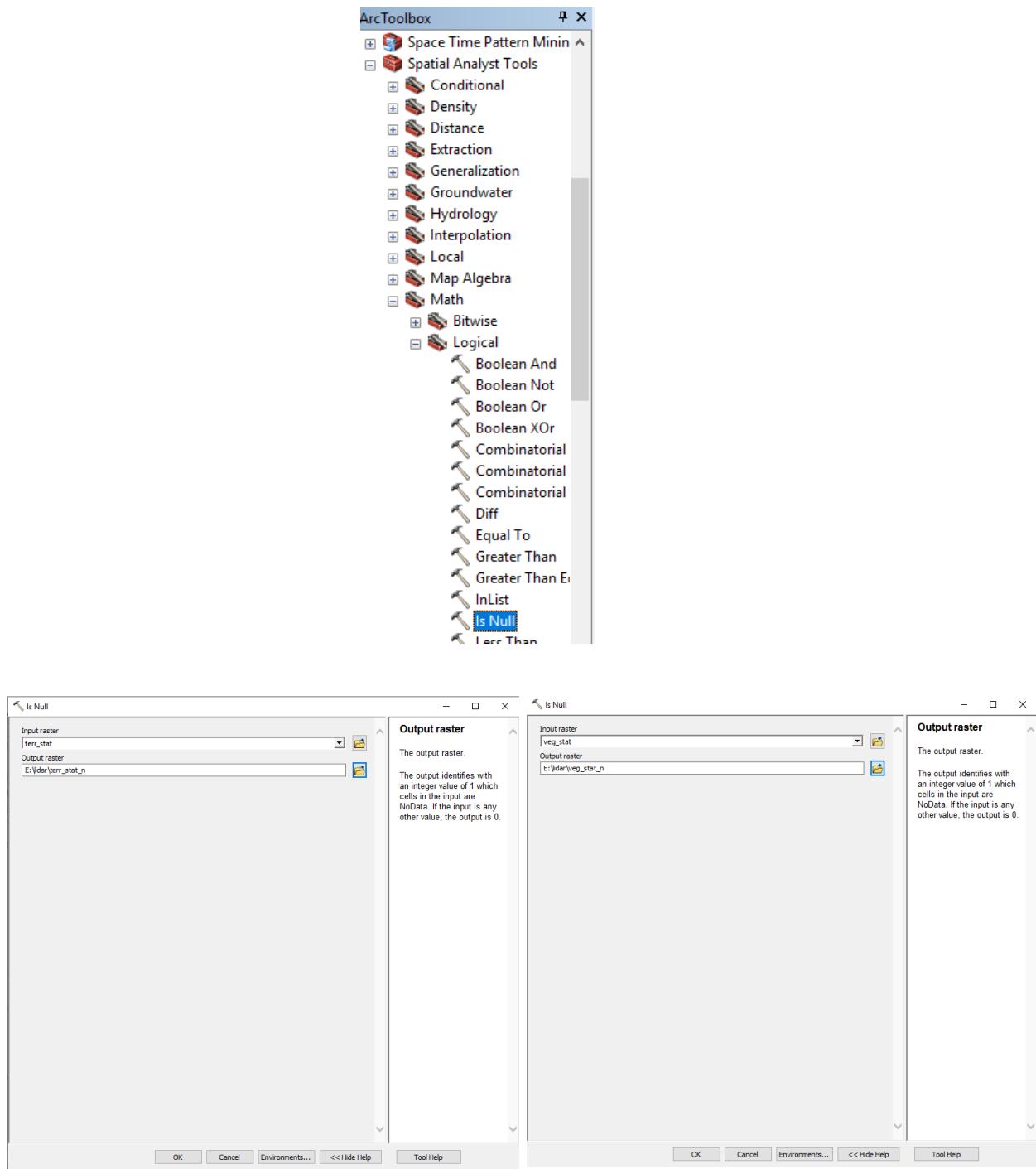


Al igual que cuando el inventariado se realizaba en campo, hoy en día la forma más eficaz de determinar la densidad de la cobertura es dividir el área de estudio en varias unidades pequeñas de igual tamaño mediante rasterización. En cada celda ráster, se compara el número de puntos LiDAR de vegetación con el número total de puntos. El aspecto más importante a recordar en este paso es determinar un tamaño de celda apropiado para este análisis. Tiene que ser al menos cuatro veces el espaciado de punto promedio. Se podría usar un tamaño de celda mayor, pero nunca menor.

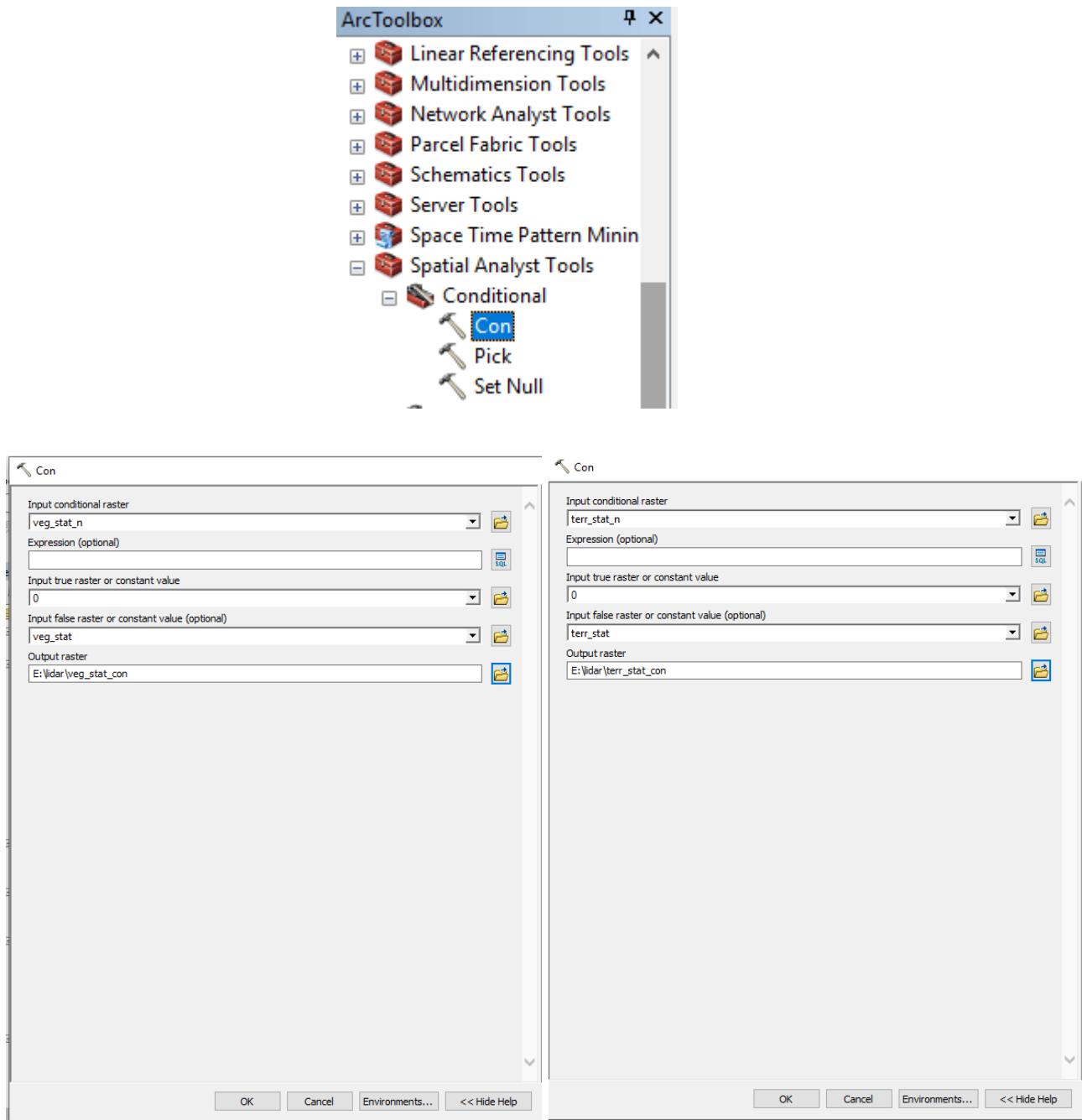
En nuestro caso y a modo de ejemplo, hemos realizado el cálculo con tamaño de puntos igual a 10, teniendo presente que, para un estudio exhaustivo, habría que ajustar al máximo este parámetro.

Como puede que en alguna de nuestras celdas no haya ningún punto LiDAR, procederemos a establecer en 0 los valores de cualquier celda NoData en ambos rásters.

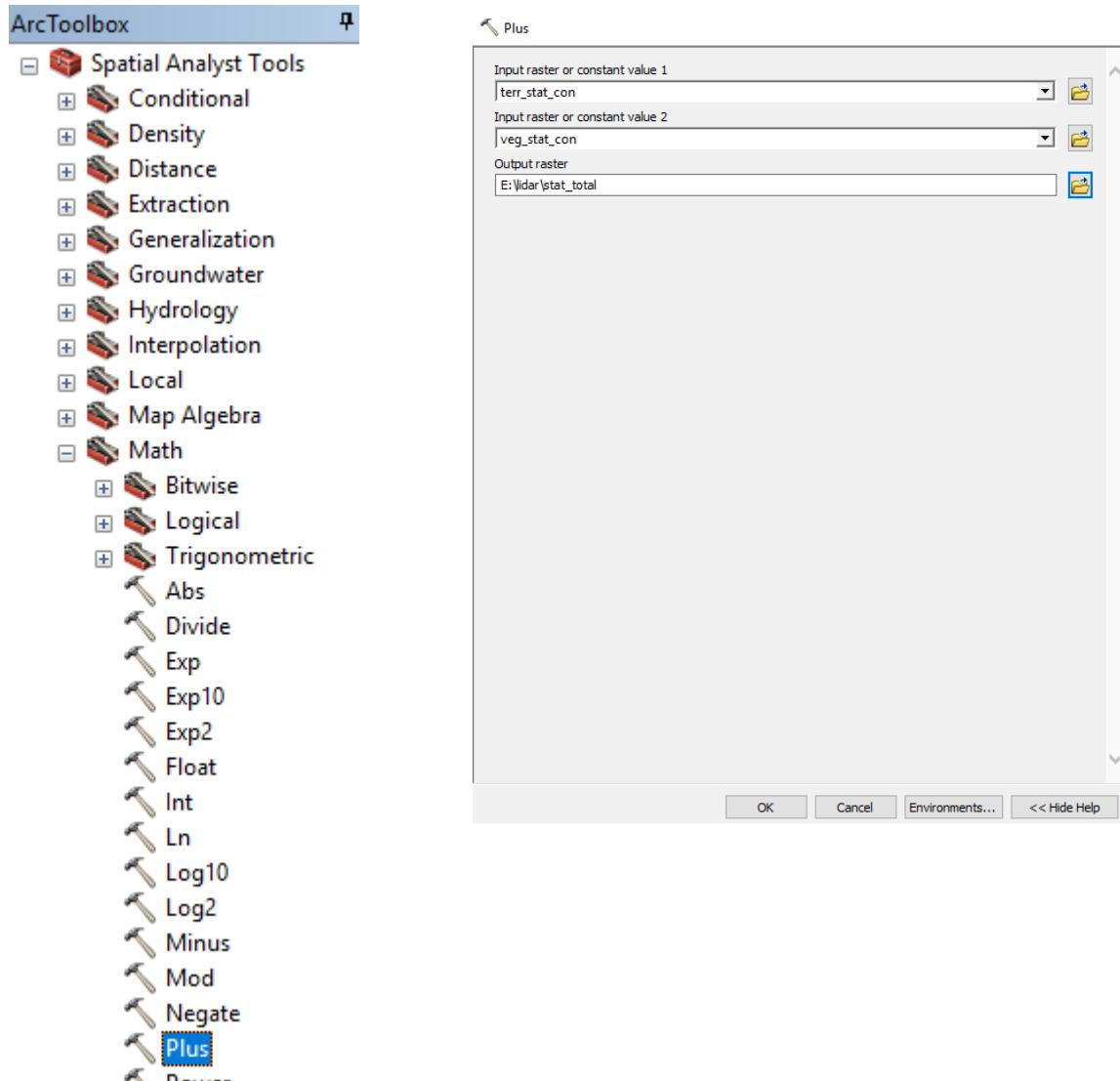
Para efectuar dicha operación tendremos que realizar dos pasos: primero con el comando `es nulo (Is Null)` determinaremos qué valores del ráster de entrada son NoData a través de cada celda individual. Dicho comando devuelve un valor de 1 si el valor de entrada es NoData y 0 para las celdas que no lo son.



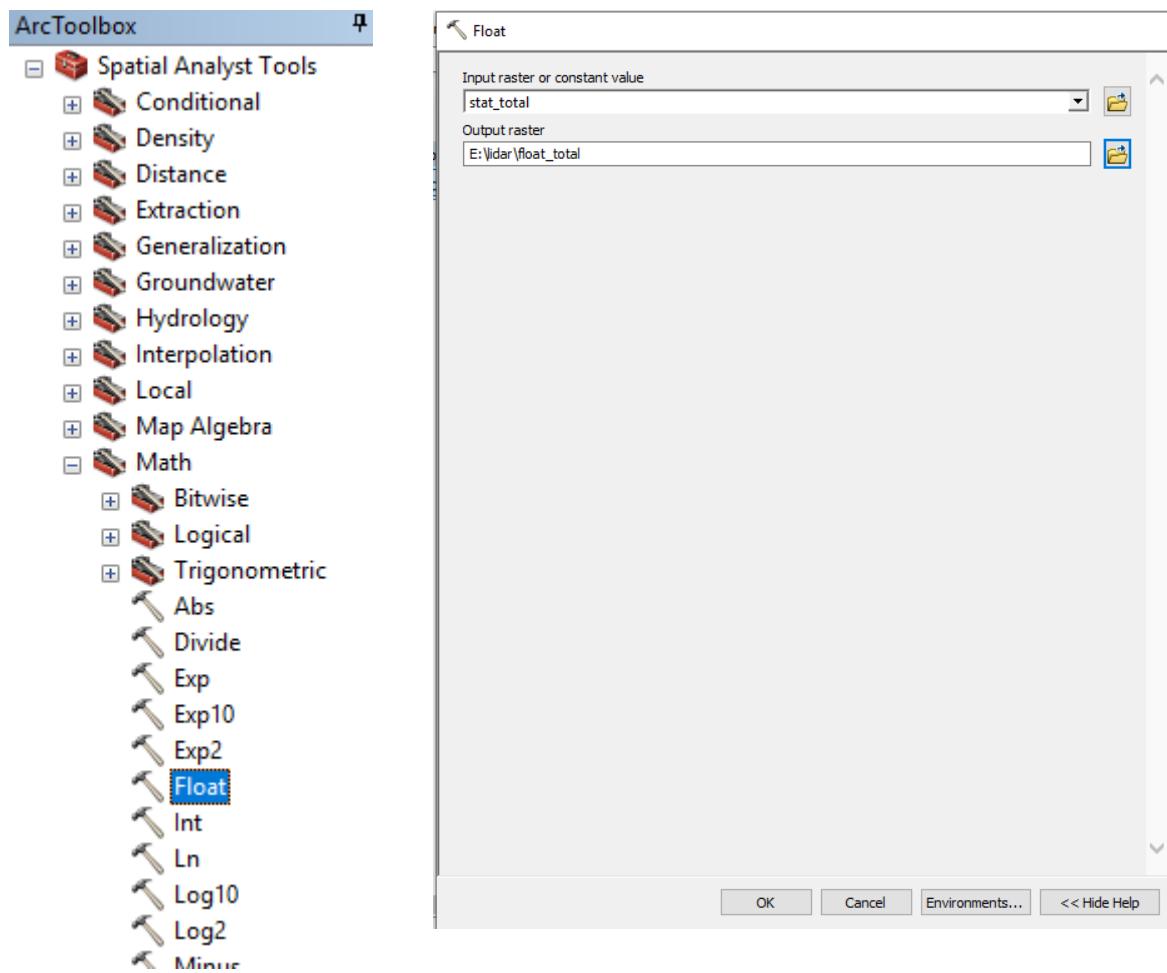
Y ahora procedemos a realizar una condicional en ambos rásters para asignar el valor 0 a todas las celdas que antes tenían valor 1.



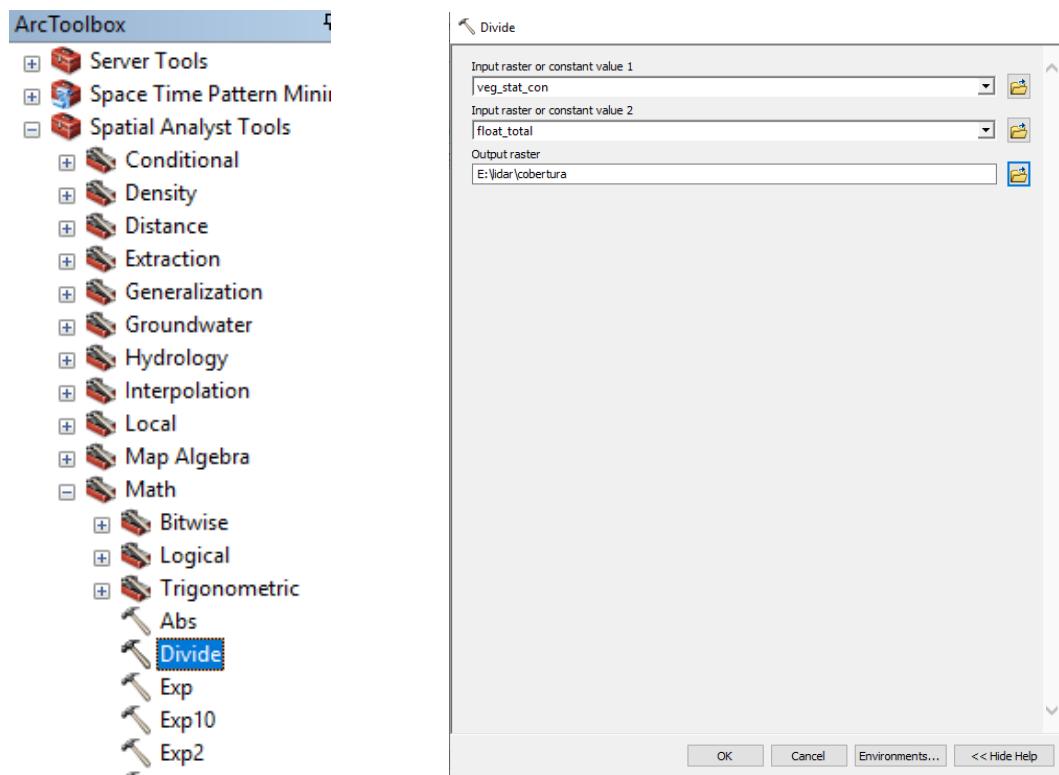
Ahora procederemos a sumar los dos rásteres para obtener un recuento total por celda utilizando la herramienta de geoprocесamiento Suma (UK Plus)



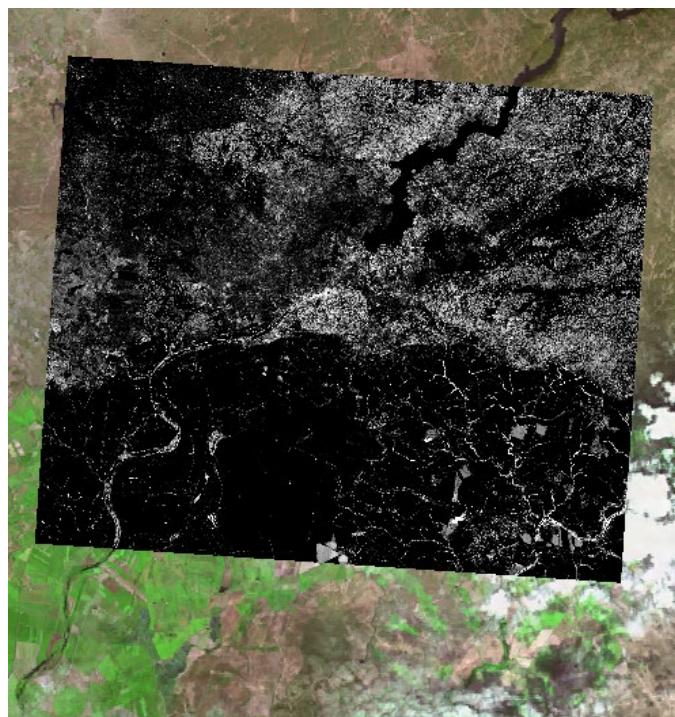
Todos los rásteres que ha creado hasta el momento son del tipo de datos enteros. Para las operaciones siguientes, necesitamos que el ráster sea del tipo flotante para que recoja correctamente el resultado de la división que se utilizará a continuación. Para generar un ráster flotante, utilizaremos como ráster de entrada el obtenido como recuento total por celda. utilizaremos la herramienta de geoprocесamiento Flotante ([Float](#))



Ahora utilizaremos la herramienta de geoprocесamiento Dividir (Divide) para comparar el ráster de recuento sobre la superficie y el ráster de recuento total de punto flotante. Esto devolverá valores entre el intervalo de 0,0 a 1,0; donde 0,0 representa ninguna cobertura y 1,0 cobertura muy densa.



Obteniendo el mapa final de cobertura de vegetación.

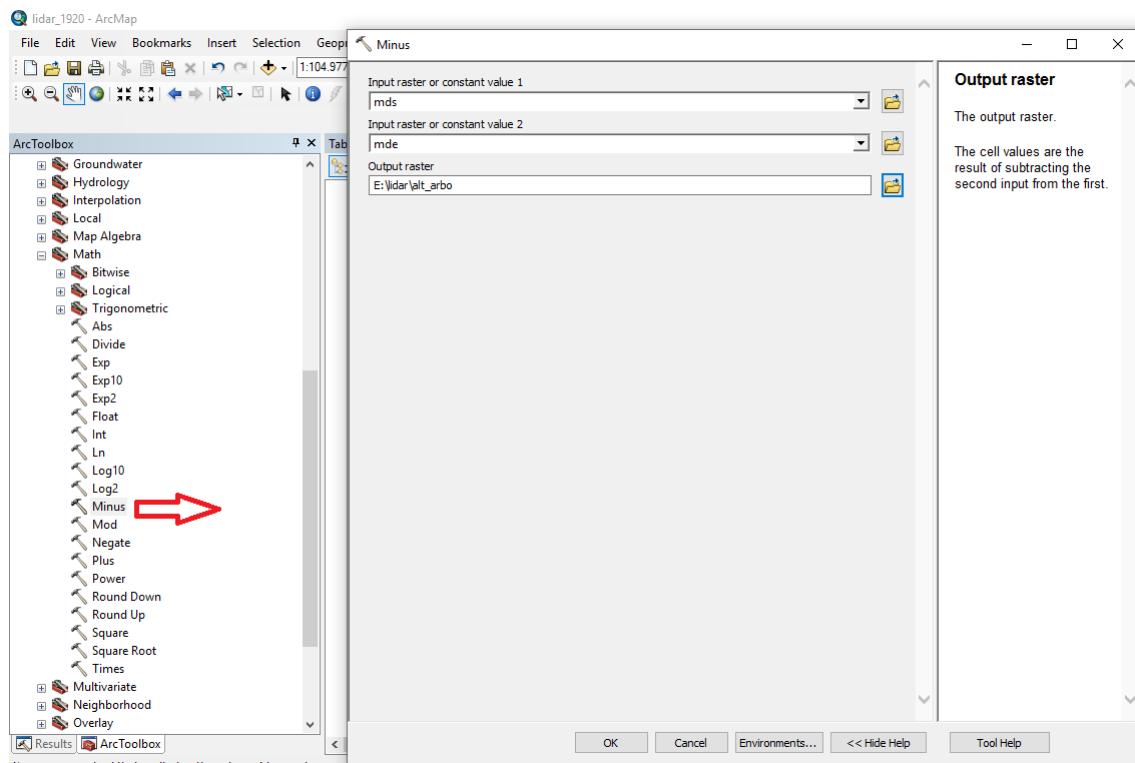


4.3.6.1 Altura

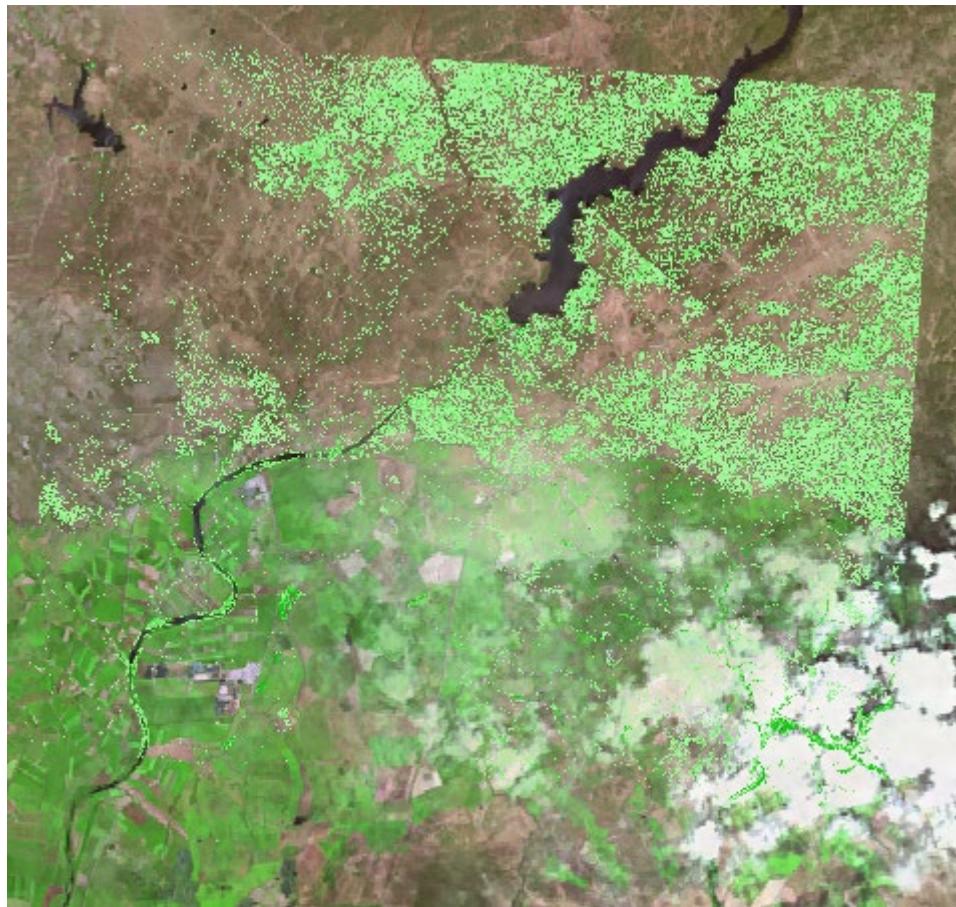
Otro parámetro fundamental en el inventariado forestal es la altura de la vegetación.

Para determinar la altura de la cobertura, simplemente tendremos que restar la superficie de suelo desnudo (MDE) a la superficie del primer retorno (MDS).

Una vez creados ambos, ya podremos proceder a restarlos para obtener la altura:



Como resultado obtendremos un ráster con la altura de la cobertura arbórea



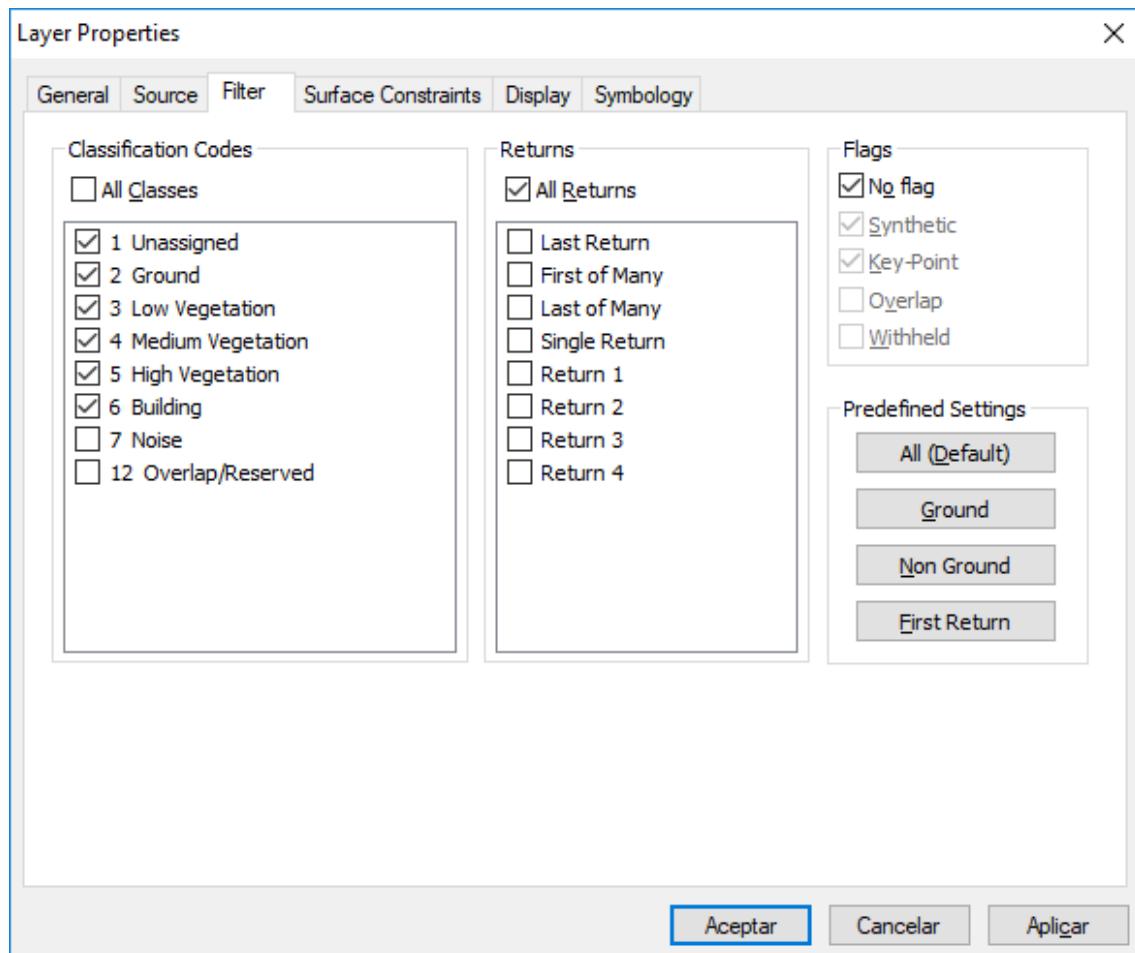
4.3.7. Crear imágenes de intensidad.

La intensidad es una medida, recogida para cada punto, de la fuerza de retorno del pulso láser que genera el punto. Se basa, en parte, en la reflectividad del objeto alcanzado por el pulso láser.

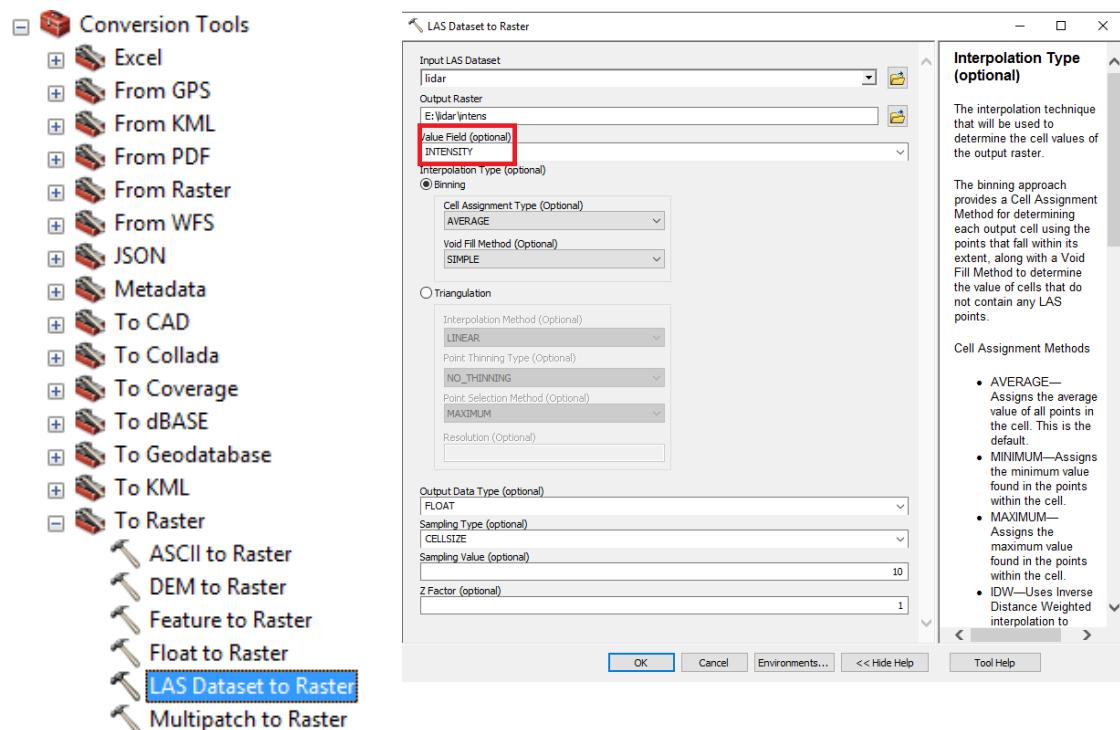
La reflectividad es una función de la longitud de onda utilizada, que suele estar en el infrarrojo cercano. La fuerza de los retornos varía con la composición del objeto de superficie que refleja el retorno.

La intensidad sirve de ayuda en la detección y extracción de entidades, en la clasificación de puntos LiDAR y como sustituta de imágenes aéreas cuando no hay ninguna disponible. La intensidad es relativa, no cuantificable, por lo tanto, no puede esperar el mismo valor del mismo objetivo de vuelo a vuelo o de elevación a elevación.

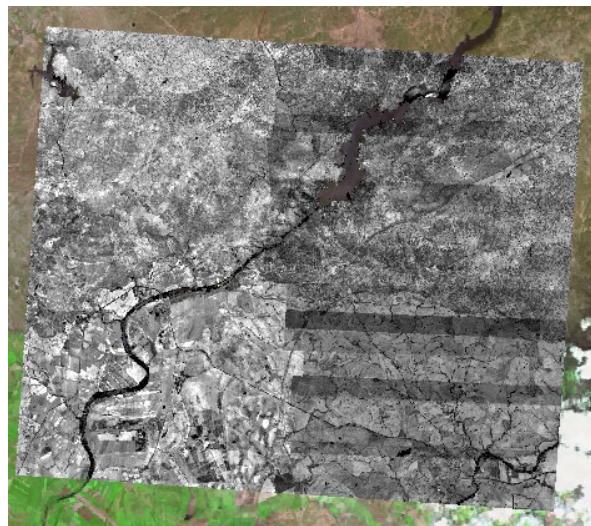
Si los datos LiDAR incluyen valores de intensidad, puede crear imágenes a partir de ellos que parecen fotografías aéreas en blanco y negro.



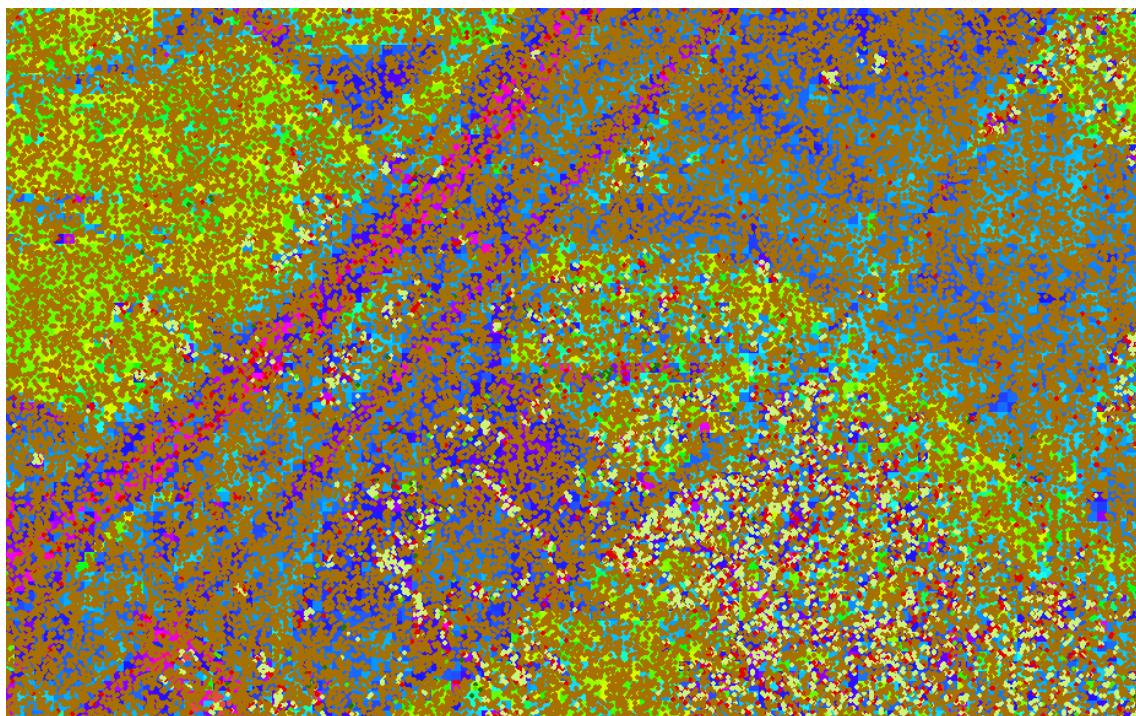
La herramienta de geoprocесamiento Dataset LAS a ráster se puede establecer para utilizar los valores de intensidad de punto para producir una imagen.



Nos generará un ráster de intensidad representado en escala de grises



Dicho ráster se puede representar con otra escala de valores para poder observar cómo, para puntos de la misma clasificación, existen diferentes valores de intensidad.



Y que corresponden con los valores de clasificación de la ASPRS

Valor de clasificación	Significado
0	Nunca clasificado
1	No asignado
2	Base (o Terreno)
3	Vegetación baja

4	Vegetación media
5	Vegetación alta
6	Edificio
7	Punto bajo
8	Reservado*
9	Agua
10	Ferrocarril
11	Superficie de la carretera
12	Reservado*
13	Protector de cable (señal)
14	Conductor de cable (fase)
15	Torre de transmisión
16	Conejero de la estructura de cables (aislante)
17	Plataforma del puente
18	Ruido alto
19-63	Reservado
64-255	Definido por el usuario

5. Bibliografía

- Albacete, A. S. J., & Gutiérrez, F. M (2011). Metodología para procesar datos LiDAR con ArcGIS Desktop 10.
- Esri, (2011). Release 10. Documentation Manual. Redlands, CA, Environmental Systems Research Institute.
- García-Ferrer Porras *et al.* (2014): LiDAR aplicado al inventario y evaluación de recursos forestales. Universidad de Córdoba
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR).
- Quirós Rosado, E. (2014). Introducción a la fotogrametría y cartografía aplicadas a la ingeniería civil.