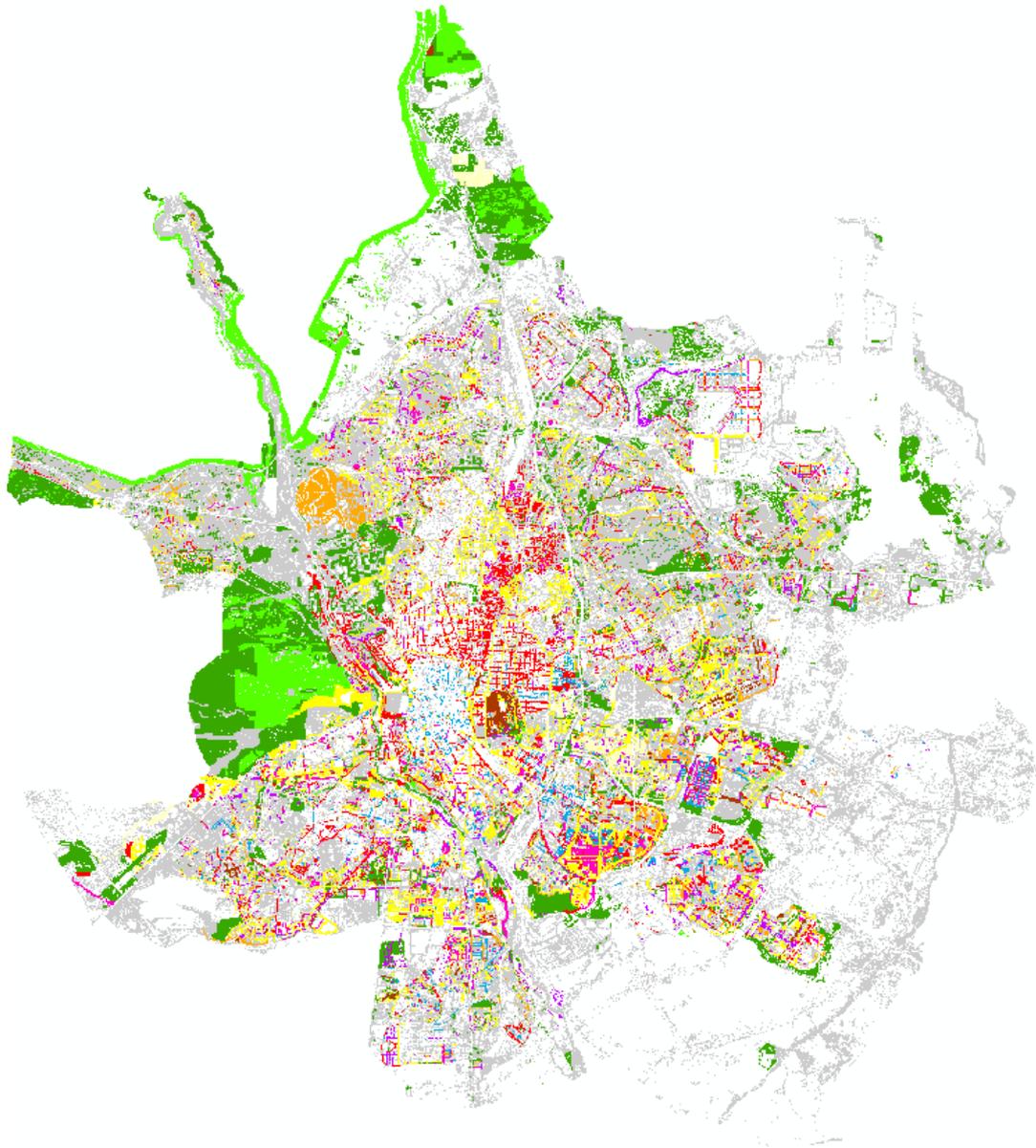


# 2021

Centro de Observación y  
Teledetección Espacial,  
S.A.U.

(COTESA – A47461066)



## SERVICIO DE CARTOGRAFÍA DE ESPECIES

[Metodología para la detección de especies en el segundo semestre de 2020 sobre el término municipal de Madrid más las pistas del aeropuerto Adolfo Suárez – Madrid Barajas sin el Monte del Pardo.]

## Contenido

1.	Introducción.....	2
2.	Objetivo.....	2
3.	Metodología.....	2
3.1.	Cálculo de índices.....	2
3.2.	Selección de áreas de entrenamiento.....	4
3.3.	Clasificación por píxel.....	5
3.4.	Resultados.....	6
3.5.	Entregables.....	7

## 1. Introducción.

En este informe se muestra la metodología utilizada para la obtención de especies en Madrid para el segundo semestre del año 2020. Para ello se ha utilizado un algoritmo propio de COTESA que permite la automatización de cartografía de coberturas de suelo de alta resolución. Es una herramienta diseñada en software libre, que permite la semi-automatización de la cartografía de ocupación del suelo y con mayor precisión y recurrencia que la cartografía existente actual, estos algoritmos han sido modificados para así poder determinar qué especies pueden ser detectadas.

Mediante la clasificación supervisada basada en píxeles del mosaico obtenido anteriormente, se logra una cartografía de coberturas basadas en la detección de especies, que son 10 clases genéricas y un que engloba a otras especies, teniendo así: Pino, Platanero, Arce, Olmo, Acacia, Falsa Acacia, Almez, Aligustre, Castaño, Encina y otros (resto de especies arbóreas).

Se automatiza así el cartografiado de especies arbóreas que serán englobadas en teselas de 20x20 metros donde prevalecerá la especie con mayor superficie.

## 2. Objetivo.

Obtención de una capa shapefile y raster donde queden reflejadas las especies arbóreas para el segundo semestre de 2020, así como una capa en formato shapefile complementaria con los datos de las alturas para cada tesela con representación arbórea, para el término municipal de Madrid (más pistas del Aeropuerto Adolfo Suárez - Madrid Barjas).

## 3. Metodología.

A continuación se describe cada una de las fases llevadas a cabo para la obtención de las especies, que radica en varios procesos.

### 3.1. Cálculo de índices.

El cálculo de índices corresponde a la preparación de las imágenes para poder realizar operaciones de segmentación y clasificación.

El uso de índices espectrales para facilitar la clasificación de la imagen procede de dos índices diferentes, NDVI y RVI. Con éstos índices adquirimos información explícita sobre vegetación y agua que favorecerá la clasificación de éstas zonas.

- NDVI: es un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición (por medio de sensores remotos instalados comúnmente en una plataforma espacial) de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja.

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

- RVI: es una relación entre la reflectancia registrada en las bandas de infrarrojo cercano (NIR) y rojo. Esta es una forma rápida de distinguir las hojas verdes de otros objetos en la escena y estimar la biomasa relativa presente en la imagen. Además, este valor puede ser muy útil para distinguir la vegetación estresada de las áreas no estresadas.

$$RVI = \frac{NIR}{RED}$$



*Imagen 1. NDVI a la izquierda, RVI a la derecha.*

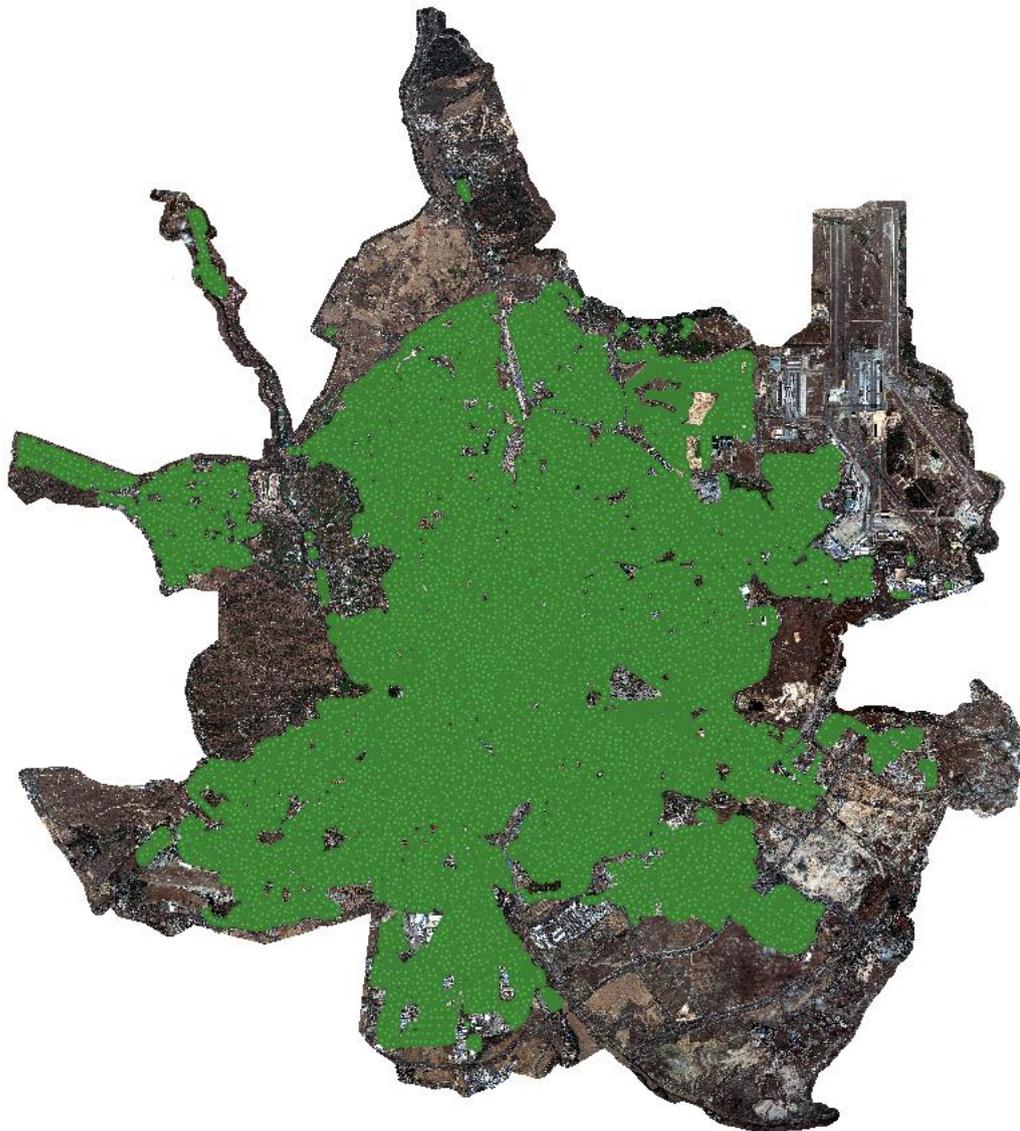
La realización de este proceso se elaboró utilizando los índices ya elaborados para el cálculo de índices, una vez obtenidos ambos, estos dos índices se unen como si de dos bandas más se tratasen al mosaico original, aportando así una información extra al mismo.

Esta operación se repetirá con la imagen de primavera de 2021, con ello conseguiremos tener dos imágenes diferentes con 2 índices cada una, es decir tendremos una sola imagen con 12 bandas (RGB-NIR-NDVI-RVI del segundo semestre de 2020 y RGB-NIR-NDVI-RVI de primer semestre de 2021), esta variabilidad temporal permitirá tener un mayor volumen de datos por especie, favoreciendo así la clasificación de las mismas.

### 3.2. Selección de áreas de entrenamiento.

Las áreas de entrenamiento se obtienen mediante una capa entregada por cliente de especies arbóreas. Se trata de una capa de puntos que es utilizada para la extracción de las áreas de entrenamiento, utilizando los puntos como entrada para el algoritmo, como se puede observar en la Imagen 2.

Es en este paso en el que en función del número de muestras así como de la representatividad de las mismas se decide qué especies pueden ser las más idóneas para que sean detectadas, teniendo en cuenta varios aspectos, como la estacionalidad, la respuesta espectral, etc. Y de las 769.293 muestras, se observa que las que mayor probabilidad tienen de ser detectadas por sus características son las previamente dichas.



*Imagen 2. Puntos utilizados como áreas de entrenamiento para la detección de especies.*

### 3.3. Clasificación por píxel.

La clasificación se realizará con los puntos obtenidos de la capa que fue provisionada, y a diferencia que en la detección de zonas verdes (donde las áreas de entrenamiento eran polígonos en los que se creaban puntos aleatorios y posteriormente se filtraban) no se filtrarán los puntos más que por las especies a detectar, salvo la clase otros donde se engloban todas aquellas especies que no van a poder ser detectadas individualmente. De estos puntos serán extraídas las estadísticas de las diferentes bandas del mosaico (recordad que cuenta con 12 bandas diferentes), siendo estos datos con los que el algoritmo entrenará obteniendo un modelo de clasificación.

Tras esto se utilizarán las siguientes herramientas:

- *ComputeImageStatistics*.
- *TrainVectorClassifier* donde se elegirá el método de entrenamiento de clasificación que es el *Random Forest*.
- *ImageClassifier* que utilizando las estadísticas previas clasificará la imagen.

Tras ello se realizan una serie de procesos para obtener los segmentos, siendo éstos un filtrado de los píxeles para así poder depurar la imagen omitiendo el ruido que pueda haber en la clasificación mediante la herramienta de *Filtrado*, seguido de la utilización de la herramienta de ráster a polígono (*poligonizar*), y finalmente la herramienta *dissolve* de las clases obtenidas, como se puede observar en la imagen 3.

origen#	_0	_1	_2	_3	_4	_5	_6	_7	_8	_9
7480	675,0000000000	868,0000000000	1371,0000000000	1773,0000000000	1963,0000000000	2336,0000000000	2484,0000000000	2577,0000000000	0,136995673179	-0,29955638190
7483	728,0000000000	853,0000000000	1490,0000000000	1921,0000000000	2081,0000000000	2366,0000000000	2363,0000000000	2278,0000000000	0,0628236660474	-0,20297402334
7484	531,0000000000	696,0000000000	1189,0000000000	1578,0000000000	1751,0000000000	1913,0000000000	1914,0000000000	1812,0000000000	0,044474761933	-0,23354465800
7486	477,0000000000	639,0000000000	975,0000000000	1287,0000000000	1407,0000000000	1623,0000000000	1767,0000000000	1837,0000000000	0,113421551883	-0,28884032600
7514	342,0000000000	533,0000000000	876,0000000000	1170,0000000000	2113,0000000000	2988,0000000000	3348,0000000000	3484,0000000000	0,225700168801	-0,54856618238
7520	81,0000000000	189,0000000000	294,0000000000	322,0000000000	308,0000000000	833,0000000000	1284,0000000000	1316,0000000000	0,548079624723	-0,83307969325
7523	548,0000000000	773,0000000000	1128,0000000000	1473,0000000000	1598,0000000000	1938,0000000000	2141,0000000000	2197,0000000000	0,140838901493	-0,30980070340
7524	477,0000000000	696,0000000000	960,0000000000	1391,0000000000	1501,0000000000	1918,0000000000	2214,0000000000	2411,0000000000	0,190739425378	-0,30954059984
7527	181,0000000000	331,0000000000	558,0000000000	898,0000000000	823,0000000000	1595,0000000000	2374,0000000000	2481,0000000000	0,485142320394	-0,61927242736
7529	294,0000000000	485,0000000000	687,0000000000	1031,0000000000	1174,0000000000	1543,0000000000	1779,0000000000	1883,0000000000	0,204876388079	-0,43899514895
7530	353,0000000000	644,0000000000	1011,0000000000	1663,0000000000	1925,0000000000	2498,0000000000	2779,0000000000	2824,0000000000	0,174895967068	-0,46648073734
7531	351,0000000000	511,0000000000	790,0000000000	1091,0000000000	1177,0000000000	1798,0000000000	2288,0000000000	2526,0000000000	0,320242533849	-0,48834591898
7532	382,0000000000	633,0000000000	938,0000000000	1261,0000000000	1386,0000000000	1973,0000000000	2418,0000000000	2590,0000000000	0,271484881639	-0,44116771221
7533	247,0000000000	442,0000000000	781,0000000000	1038,0000000000	1203,0000000000	2258,0000000000	3281,0000000000	3398,0000000000	0,463425117882	-0,62345373630
7534	215,0000000000	410,0000000000	748,0000000000	1163,0000000000	1351,0000000000	2426,0000000000	3257,0000000000	3565,0000000000	0,413628428876	-0,62646692991
7537	368,0000000000	602,0000000000	1031,0000000000	2056,0000000000	2565,0000000000	3197,0000000000	3487,0000000000	3477,0000000000	0,152346327890	-0,54303368865
7539	375,0000000000	621,0000000000	1077,0000000000	2198,0000000000	2725,0000000000	3438,0000000000	3642,0000000000	3781,0000000000	0,142226884867	-0,54354753228
7542	184,0000000000	296,0000000000	449,0000000000	846,0000000000	877,0000000000	1283,0000000000	1447,0000000000	1387,0000000000	0,109894386291	-0,52837130623
7546	221,0000000000	379,0000000000	684,0000000000	1380,0000000000	1664,0000000000	2184,0000000000	2396,0000000000	2382,0000000000	0,159595968633	-0,55135136842
7588	408,0000000000	679,0000000000	1121,0000000000	1951,0000000000	2324,0000000000	3272,0000000000	3881,0000000000	3963,0000000000	0,250823667342	-0,55177827817
7589	180,0000000000	281,0000000000	487,0000000000	852,0000000000	1143,0000000000	1477,0000000000	1543,0000000000	1552,0000000000	0,148065477809	-0,53532338742
7614	1197,0000000000	1438,0000000000	1907,0000000000	2710,0000000000	264,0000000000	1147,0000000000	1685,0000000000	1848,0000000000	0,378809180450	-0,12824717386
7615	1494,0000000000	1770,0000000000	1482,0000000000	862,0000000000	891,0000000000	765,0000000000	1114,0000000000	1188,0000000000	0,241225610048	0,125993167424
7861	588,0000000000	864,0000000000	1228,0000000000	1933,0000000000	366,0000000000	1058,0000000000	1078,0000000000	1124,0000000000	0,024754320139	-0,13116474488
5067	45,0000000000	91,0000000000	150,0000000000	169,0000000000	177,0000000000	352,0000000000	568,0000000000	681,0000000000	0,524832189883	-0,58217269182
5068	13,0000000000	48,0000000000	116,0000000000	113,0000000000	107,0000000000	461,0000000000	964,0000000000	1031,0000000000	0,8036848687113	-0,78989091341
5069	14,0000000000	72,0000000000	146,0000000000	143,0000000000	136,0000000000	704,0000000000	1478,0000000000	1566,0000000000	0,328996300487	-0,61897331852
5070	12,0000000000	59,0000000000	129,0000000000	123,0000000000	119,0000000000	545,0000000000	1161,0000000000	1233,0000000000	0,814062476158	-0,86139642953

Imagen 3. Datos obtenidos de los diferentes puntos sobre 10 de las 12 bandas de la imagen.

### 3.4. Resultados.

En cuanto a los resultados obtenidos, una vez realizada la clasificación por pixel, se vio que en determinadas especies debido sobre todo a posicionamientos de sombra sobre las copas de los árboles, podían ser clasificados de diferentes especies un mismo árbol, es por ello que para solventarlo, se establecen teselas de 20x20 metros donde la especie que más superficie ocupe será la predominante.

Para la realización del QC se utilizará la matriz de confusión y el índice Kappa.

La matriz de confusión nos permite comparar el resultado de la clasificación con el conjunto de datos de referencia. Las muestras de referencia/validación están en filas mientras que los datos de clasificación están en columnas. Es equivalente a una matriz de contingencia. Los elementos diagonales corresponden a píxeles (o áreas) correctamente clasificados, mientras que todos los otros valores son clasificaciones erróneas, llamados confusiones.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	10958	126	58	26	150	33	80	51	11	416	91
2	216	30957	126	55	216	138	84	10	102	29	102
3	24	56	9624	11	120	12	6	34	35	27	301
4	15	146	95	16989	102	57	46	12	31	31	21
5	6	10	27	32	17561	152	28	94	13	5	39
6	11	3	24	7	183	8501	25	6	2	4	24
7	236	228	98	125	117	83	9592	25	19	46	56
8	21	43	59	16	179	22	26	7586	9	11	38
9	12	97	46	8	24	25	1	2	4983	1	28
10	8	1	0	3	1	3	2	2	4	508	4
11	6593	10623	31531	261	812	274	659	1125	391	1639	426657

**Tabla 1.** Matriz de confusión donde 1 representa la especie de pinos, 2 plataneras, 3 arces, 4 olmos, 5 acacias, 6 falsas acacias, 7 almeces, 8 aligustres, 9 castaños, 10 encinas, 11 otros.

Con la realización de la matriz de confusión, se crean a su vez una serie de índices muy orientativos respecto a la clasificación. Como se puede observar en la tabla 1, aparecen representados todos los puntos extraídos con la herramienta *sample extraction*, y son estos los utilizados para realizar la clasificación, teniendo en las columnas y las filas las diferentes clases y cuánto ha variado la clasificación entre ellas, observando una amplia mayoría de puntos bien clasificados en función a la clasificación previa dada como área de entrenamiento.

Este primer índice ofrece una visión general de la precisión global de la clasificación. No refleja la diferencia del número de muestras entre clases. El índice Kappa se extraerá en función a las áreas de entrenamiento hechas previamente, ya que son de una alta fiabilidad porque fueron hechas a mano por un fotointérprete.

El índice de kappa responde más eficazmente a este desequilibrio frecuente, utilizando un ajuste estadístico. En ambos casos el resultado es un valor comprendido entre 0 y 1, cuanto más se acerca a 1 más eficiente es la clasificación.

El índice Kappa:

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^m x_{ii} - \sum_{i=1}^m x_{i\bar{i}} x_{\bar{i}i}}{N^2 - \sum_{i=1}^m x_{i\bar{i}} x_{\bar{i}i}}$$

$m$  = número total de clases.  
 $N$  = número total de píxeles en las  $m$  clases de referencia.  
 $x_{ii}$  = elementos de la diagonal de la matriz de confusión.  
 $x_{i\bar{i}}$  = suma de los píxeles de la clase  $i$  de referencia.  
 $x_{\bar{i}i}$  = suma de los píxeles clasificados como la clase  $i$ .

Para ello, se utilizarán como referencia los puntos que se obtuvieron en el proceso de clasificación por píxel, en concreto tras el paso de la utilización de la herramienta de *sample extraction* con la que se cribaron los puntos obtenidos aleatoriamente dentro de las propias áreas de entrenamiento. Con ello veremos la bondad del algoritmo en esta imagen comparando las áreas de entrenamiento con los resultados obtenidos.

Para pinos, encontramos que de 12000, 10958 caen sobre una tesela clasificada como pino, lo que representa una bondad del 91.31%; en plataneros, de 32035, se detectan 30957, un 96.69%; en arces, de 10250, se detectan 9624, un 93.89%; en olmos, de 17545, se detectan 16989, un 96.83%; en acacias, de 17998, se detectan 16989, un 94.39%; en falsas acacias, de 8790, se detectan 8501, un 96.71%; en almeces de 10607, se detectan 10607, un 90.43%; en aligustres, de 8010, se detectan 7586, un 94.71%; en castaños, de 5227, se detectan 4983, un 95.33%; en encinas, de 536, se detectan 508, un 94.77%; en el resto de especies, de 480565, se detectan 426657, un 88.78% .

Pueden parecer valores muy elevados, pero siempre hay que tener en cuenta, que este tipo de evaluación se hace siempre sobre los propios datos de entrada, es decir, de las áreas de entrenamiento, áreas que han sido escogidas y delimitadas de manera muy cautelosa.

### 3.5. Extracción de alturas.

La extracción de las alturas se realiza mediante la capa previamente entregada *EsAytMadridOt2020DHM\_Mos.tif*.

Para evitar problemas de representación alturas que no son representativas (ya sean edificios, suelo, pasto, etc) se cruza esta capa con la clase de árboles obtenida en *EsAytMadridOt2020OrtINVeg\_ZonasVerdes.tif*, con esto queda cerciorado que tan sólo se va a utilizar las alturas de los árboles. Tras esto se cruzan las capas mediante la utilización de la calculadora raster, y se extraen las estadísticas (la media en este caso) con la herramienta de *Zonal Statistics* de ArMap, y a continuación estos datos se exportarán a un archivo shapefile en formato punto que permitirá la unión por localización de la capa de polígonos de *EsAytMadridOt2020VegTipEsp.shp* donde se creará un campo nuevo con las alturas que se denomina *Media\_DHM*.

Este campo, al utilizarse la capa de zonas verdes de 2020 queda incompleta, ya que para realizar esta se utilizó una cartografía base que delimitaba las zonas de estudio a las zonas verdes de la cartografía del geoportal, es por ello, que la vegetación del centro de la ciudad no va a aparecer, pero se hace una interpolación de los datos cercanos para poner las alturas, pudiendo así evitar que se pongan valores erróneos como de edificios colindantes, carreteras, etc.

### 3.6. Entregables.

A continuación se muestran los entregables con una breve explicación de los mismos.

- *EsAytMadridOt2020VegTipEsp.tif*; detección de especies con el algoritmo propio de COTESA en formato raster.
- *EsAytMadridOt2020VegTipEsp\_tif.xml*; metadatos del archivo raster.
- *EsAytMadridOt2020VegTipEsp.shp*; detección de especies con el algoritmo propio de COTESA en formato shapefile.
- *EsAytMadridOt2020Veg\_Alt.shp*; detección de especies con el algoritmo propio de COTESA en formato shapefile, con un campo añadido (*Media\_DHM*), donde se muestra la altura en función al DHM.
- *EsAytMadridOt2020Veg\_Alt\_shp.xml*; metadatos del archiva shp.
- *EsAytMadridOt2020Veg\_Alt.tif*; archivo raster donde se muestra la altura en función al DHM.
- *EsAytMadridOt2020Veg\_Alt\_tif.xml*; metadatos del archivo raster.
- *EsAytMadridOt2020VegTipEsp\_shp.xml*; metadatos del archivo shapefile.
- *EsAytMadridOt2020VegInf.pdf*; documentación con los procedimientos seguidos en la creación de la detección de especies.