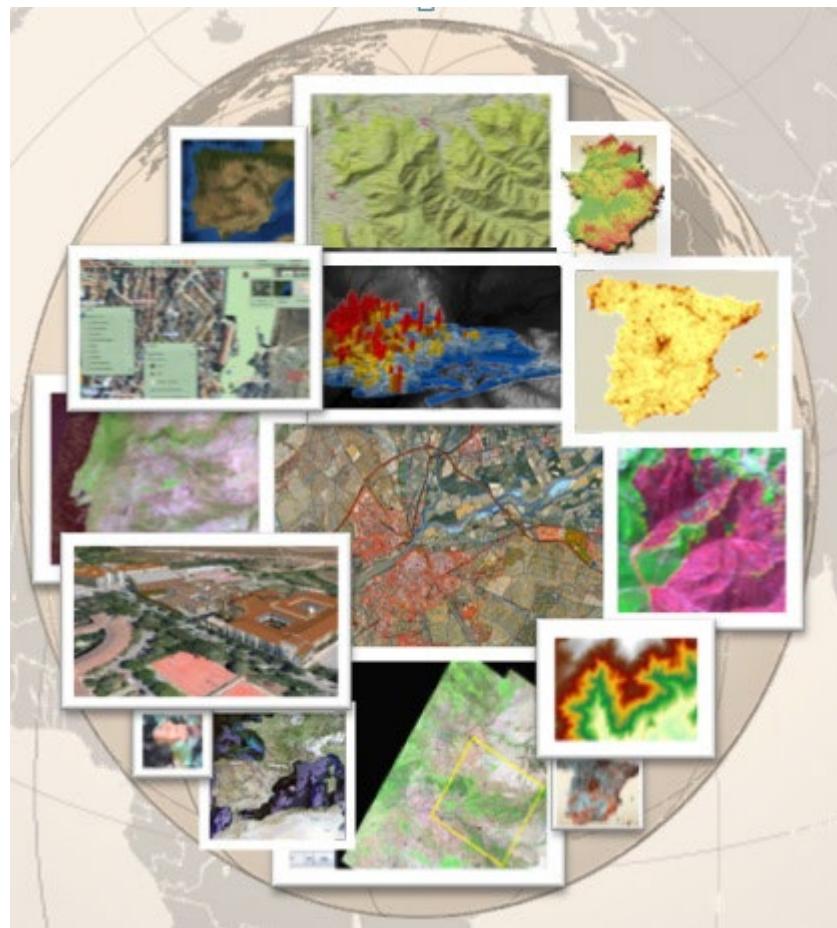


# Máster en Tecnologías de la Información Geográfica: SIG y Teledetección



## SIG y Teledetección

### Tema 4. Control del error

## Contenido

1.	Introducción .....	2
1.1.	Error, Precisión y Exactitud .....	2
2.	Fuentes de error en la información geográfica.....	2
3.	Exactitud posicional .....	3
4.	Exactitud temática .....	4
4.1	Tipos de muestreo.....	5
4.2	Estadísticos asociados a la Matriz de Confusión.....	6
5.	Control de Calidad de la Clasificación mediante la matriz de confusión clásica y sus estadísticos derivados .....	7
5.1.	Estimación de la confianza de las áreas de entrenamiento.....	8
5.2.	Construcción de la matriz de confusión en Arcgis. ....	10
5.3.	Cálculo de los estadísticos derivados de la matriz de confusión.....	17
6.	Bibliografía.....	21

## 1. Introducción

La verificación de resultados permite al usuario valorar su grado de acuerdo con la realidad, o, dicho de otro modo, el riesgo que asume al tomar decisiones sobre la información que ha generado.

La verificación de resultados requiere que comparemos el producto final con una fuente externa, de mayor fiabilidad. El proceso de verificación requiere aplicar técnicas de muestreo que nos permitan estimar, con la mayor precisión y el menor coste posible, el error que contienen nuestros resultados.

No es extraño observar la ausencia de cualquier mención a la exactitud en la información geográfica. Tampoco es frecuente cuestionar los resultados de un análisis, ni fácil comprobar la bondad de unos resultados cuando no se presentan estadísticos relativos al error de los datos y operaciones. Por lo tanto, es cada vez más necesario incorporar lo que se ha llamado meta-information o metadatos en los productos SIG: información sobre la información, de la cual la referente al error es uno de los elementos de mayor importancia

### 1.1. Error, Precisión y Exactitud

El **error** es la discrepancia existente entre el valor real (puede ser un valor de posición, de un atributo, o cualquier otro), y el valor recogido en una capa de información geográfica.

La **precisión** hace referencia a la medida de las descripciones en las bases de datos de un SIG. Los atributos de información precisos pueden especificar las características de los elementos con gran detalle. Es importante observar, no obstante, que los datos precisos - no importando el cuidado en su medida - pueden ser inexactos.

La **exactitud** es el grado en el cual la información de un mapa o en una base de datos digital es verdadera. La exactitud se refiere a la calidad de los datos y al número de errores contenidos en un conjunto de datos o mapa.

Los errores de cualquier fuente de datos geográfica pueden ser separados en dos categorías:

- **Errores posicionales:** Afectan a los modelos vectoriales, y son los errores en la situación en el plano XY
- **Errores atributivos o temáticos:** suponen una asignación imprecisa de la categoría o valor de la información. Afectan tanto a los modelos vectoriales o ráster.

## 2. Fuentes de error en la información geográfica

Las posibles fuentes de error en la información geográfica pueden ser:

- **Fuente de información:** en el ámbito de los SIG, es muy común usar fuentes de información procedentes de terceros. Estas fuentes son externas

a nuestra organización y poseerán más o menos error, en función de su antigüedad, cobertura espacial, escala, etc.

- **Operario:** La persona que realiza los trabajos, puede tener ciertas tendencias en su modo de operar o trabajar de una forma más o menos meticulosa, que pueden introducir errores
- **Método:** El método seguido, tiene un rigor que puede influir en el resultado. Además, se pueden introducir errores muchas veces según el orden que se hagan las operaciones en un SIG
- **Instrumental:** Tanto las herramientas físicas como las lógicas a la hora de procesar los datos (por ejemplo, los algoritmos de cálculo) pueden introducir más o menos error.

Por ejemplo, en todos los procesos que el dato geográfico interviene, están sujetos a una posible introducción de error:

Proceso	Motivo
Modelización conceptual	Errores en el modelo
Recogida de datos	Errores en los trabajos de campo Errores en las fuentes de información utilizadas
Captura de datos	Inexactitud en la digitalización Inexactitud inherente a los elementos geográficos
Almacenamiento	Insuficiente precisión numérica y/o espacial Errores de procesamiento
Manipulación	Intervalos de clase inapropiados Errores de superposición Propagación de errores
Salidas cartográficas	Errores en la transformación de coordenadas Inexactitud escala Inexactitud del dispositivo de salida
Uso de los resultados	Entendimiento incorrecto Uso inapropiado

### 3. Exactitud posicional

En la información geográfica, la posición de un fenómeno del mundo real se describe por medio de coordenadas en un determinado sistema de referencia. La exactitud posicional significa la mayor o menor proximidad entre las posiciones de los fenómenos representados y las posiciones consideradas como buenas o verdaderas. La componente posicional queda recogida como un elemento de calidad en la Norma ISO 19113.

Dado que es la componente más tradicional del dato geográfico, existen numerosas metodologías para cuantificar la exactitud posicional. Algunos ejemplos son los test: NMAS, EMAS, NSSDA,...)

Uno de los más extendidos es el NSSDA, que consta de los siguientes pasos:

1. Seleccionar una muestra de  $n$  puntos, siendo  $n \geq 20$ .
2. Calcular el error de cada punto en cada componente:

$$e_{x_i} = x_{t_i} - x_{m_i} \quad e_{y_i} = y_{t_i} - y_{m_i} \quad e_{z_i} = z_{t_i} - z_{m_i}$$

3. Calcular el error medio cuadrático de cada componente:

$$EMC_X = \sqrt{\frac{\sum e_{x_i}^2}{n}} \quad EMC_Y = \sqrt{\frac{\sum e_{y_i}^2}{n}} \quad EMC_Z = \sqrt{\frac{\sum e_{z_i}^2}{n}}$$

4. Obtener el valor  $NSSDA_H$  horizontal según una de las siguientes expresiones:

$$\text{si } EMC_X = EMC_Y \quad NSSDA_H = 1.7307 \cdot EMC_r = 2,4477 \cdot EMC_X$$

$$\text{donde: } EMC_r = \sqrt{EMC_X^2 + EMC_Y^2}$$

$$\text{si } EMC_X \neq EMC_Y \quad NSSDA_H = 2,4477 \cdot 0,5 \cdot (EMC_X + EMC_Y)$$

y

$$0,6 < (EMC_{min} / EMC_{max}) < 1,0$$

5. Obtener el valor  $NSSDA_Z$  vertical según la siguiente expresión:

$$NSSDA_Z = 1,9600 \cdot EMC_Z$$

6. Incluir junto a la leyenda del mapa:

“Se ha verificado una exactitud horizontal de \_ metros al 95% de nivel de confianza”.

“Se ha verificado una exactitud vertical de \_ metros al 95% de nivel de confianza”.

## 4. Exactitud temática

La componente temática de una cartografía es fundamental. Esta componente no sólo está presente en la cartografía temática como tal, sino también en un mapa topográfico también existen aspectos temáticos muy importantes para la calidad del producto.

En la citada Norma ISO 19113 se considera la componente temática como un elemento cuantitativo de la calidad, distinguiendo los siguientes subelementos: corrección de la clasificación, corrección de los atributos cualitativos, y corrección de los atributos cuantitativos. A diferencia de lo que ocurría para la componente posicional, y a pesar de la importancia de esta componente, no existe ningún estándar relativo a la evaluación de la exactitud temática.

El proceso de clasificación en teledetección es probablemente una de las formas más comunes de generar mapas temáticos. Un aspecto básico, relativo a la incertidumbre en teledetección, es caracterizar la incertidumbre en dichos mapas temáticos. La forma más convencional de lograrlo ha sido proporcionar una estimación de la exactitud del mapa globalmente, donde la métrica usada comúnmente es determinar el porcentaje de lugares correctamente clasificados. La exactitud en la clasificación de imágenes de teledetección se ha estudiado desde que esta técnica se introdujo por primera vez y, aunque es un tema bien conocido, siempre ha estado relacionado con la **matriz de confusión** clásica y por tanto con sus estadísticos derivados.

Por definición, una matriz de confusión es una matriz cuadrada de números en la que se indican en filas y columnas el número de unidades de la muestra asignadas a una categoría en una clasificación, respecto al número de unidades de la muestra asignadas a una categoría en otra clasificación. Normalmente una clasificación es la verdad terreno y la otra es la clasificación que se quiere evaluar.

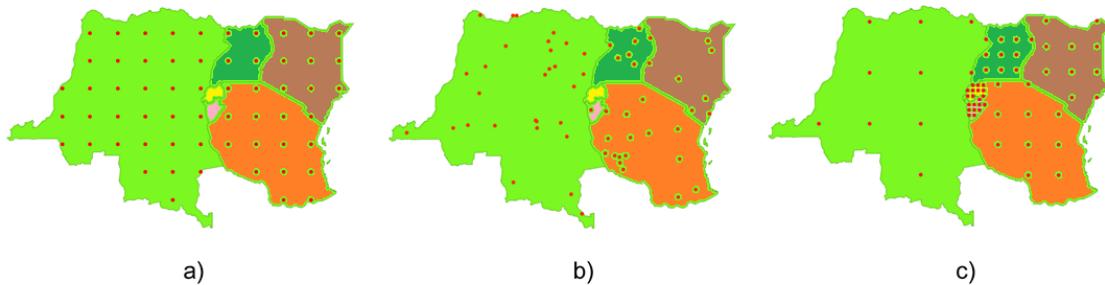
		Observado			
		Clase a	Clase b	Clase c	Clase d
Clasificado	Clase a	<b>VP</b>	FP	FP	FP
	Clase b	FN	<b>VP</b>	FP	FP
	Clase c	FN	FN	<b>VP</b>	FP
	Clase d	FN	FN	FN	<b>VP</b>

La **verdad terreno** se obtiene a partir de datos de campo o de otra clasificación de mayor exactitud. Durante muchos años, la matriz de confusión ha sido el modelo comúnmente usado para valorar la exactitud, no solo de clasificaciones de teledetección, sino también de otras clasificaciones temáticas.

La formación de la matriz de confusión a partir de una muestra requiere de ciertas condiciones:

- a) Las clases que se establezcan deben ser independientes, mutuamente excluyentes, exhaustivas y en número suficiente.
- b) Se utilizarán como unidades de muestreo elementos puntuales, superficiales o agrupaciones de aquellos.
- c) Deben usarse métodos de muestreo estadísticos que eviten la autocorrelación.
- d) Conviene el uso de métodos estratificados para asegurar la presencia de clases extrañas o minoritarias

## 4.1 Tipos de muestreo



- a) **Regular:** Este muestreo consiste en una distribución homogénea y regular de puntos en toda la zona de trabajo, sin tener en cuenta la distribución de las clases. Con esta distribución se corre el riesgo de no realizar el control del error en alguna de las clases.
- b) **Aleatorio:** El muestreo aleatorio simplemente sitúa los puntos de muestreo al azar sin obedecer a ninguna condición particular. Si se desconoce la distribución real de clases, un muestreo aleatorio puede ser una buena opción.
- c) **Estratificado:** Requiere la presencia de una variable adicional relacionada. Si esta variable se encuentra zonificada, podemos subdividir el muestreo haciendo uso de las distintas zonas.

En cuanto al número de puntos, existen múltiples teorías para calcular el número de puntos (pixeles) para realizar el control. La más sencilla es la dictada por Congalton en la que se indica que “una guía general o una buena “regla general” es planear recolectar

un mínimo de 50 muestras para cada clase de mapa, para mapas de menos de 4000 km<sup>2</sup> y menos de 12 clases para clasificar.”

## 4.2 Estadísticos asociados a la Matriz de Confusión

Los estadísticos asociados a dicha matriz de confusión son los siguientes:

### a) Exactitud global

La exactitud global es el test más simple y el más comúnmente usado para evaluar las imágenes clasificadas obtenidas por teledetección.

El porcentaje de exactitud (*exactitud global*) se calcula teniendo en cuenta el número de muestras correctamente clasificadas (VP) y el número total de muestras tomadas para el control del error (n):

$$\text{exactitud} = \frac{\sum VP}{\text{total}} \%$$

Se cuantifica normalmente como un porcentaje.

### b) Errores de Omisión y Comisión

Un [error de comisión](#) es definido simplemente como la inclusión de un área en una clase cuando ésta no pertenece a dicha clase.

Un [error de omisión](#) es la exclusión de un área en una clase cuando ésta pertenece a ella. Cada error es una omisión de la clase correcta y una comisión de una categoría incorrecta.

### c) Exactitudes del Usuario y del Productor

Las exactitudes del productor y del usuario son modos de representar precisiones de categorías individuales en vez de sólo la exactitud de la clasificación total. Así, Ariza (2002) define [exactitud del usuario](#) como el porcentaje de los elementos de comprobación que realmente están bien clasificados y la exactitud del productor como el porcentaje de elementos que se han clasificado correctamente dentro de la unidad cartográfica equivalente.

Dicho con otras palabras, la [exactitud del productor](#) es el porcentaje de aciertos que se han producido en la clasificación de la totalidad de elementos que eran de esa clase y la exactitud del usuario es el porcentaje de casos que según la clasificación pertenecen a la clase y de verdad lo son.

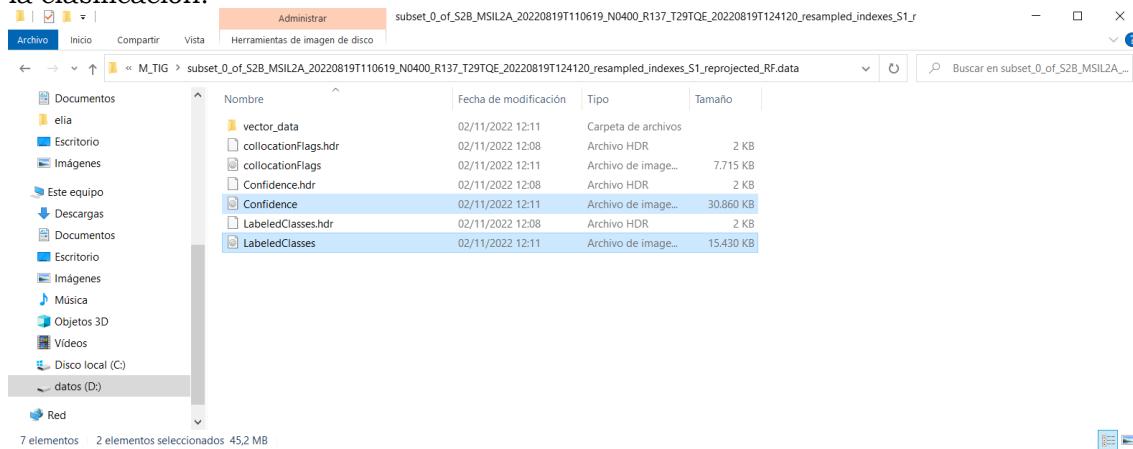
	Exactitud usuario	Exactitud productor
Clase a	$\frac{VP_{clase\ a}}{total\ clasificados\ clase\ a}$	$\frac{VP_{clase\ a}}{total\ observados\ clase\ a}$
Clase b	$\frac{VP_{clase\ b}}{total\ clasificados\ clase\ b}$	$\frac{VP_{clase\ b}}{total\ observados\ clase\ b}$
Clase c	$\frac{VP_{clase\ c}}{total\ clasificados\ clase\ c}$	$\frac{VP_{clase\ c}}{total\ observados\ clase\ c}$
Clase d	$\frac{VP_{clase\ d}}{total\ clasificados\ clase\ d}$	$\frac{VP_{clase\ d}}{total\ observados\ clase\ d}$

## 5. Control de Calidad de la Clasificación mediante la matriz de confusión clásica y sus estadísticos derivados

En primer lugar, vamos a controlar el error de la clasificación mediante la matriz de confusión.

Abriremos un nuevo mapa de ArcGIS y cargaremos los dos mapas de clasificación obtenidos tanto por el método de Máxima Verosimilitud como por Random Forest. Para ello nos iremos a la carpeta anexa a la imagen *.dim* y buscaremos las imágenes en formato *img*.

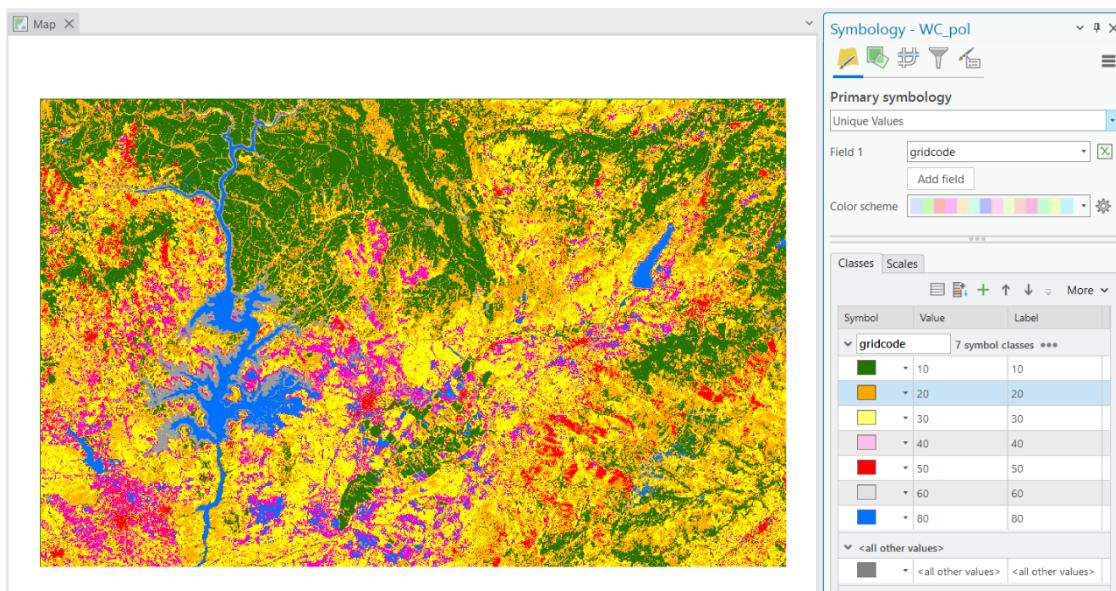
Abriremos tanto la imagen de clasificación como la imagen de con la confianza de la clasificación.



Conviene destacar que las clases de la clasificación no tienen el nombre, sino el valor de la clase que le asignó SNAP. En nuestro caso es el siguiente:

Clase	Código
no data	-1
10	0
20	1
30	2
40	3
50	4
60	5
80	6

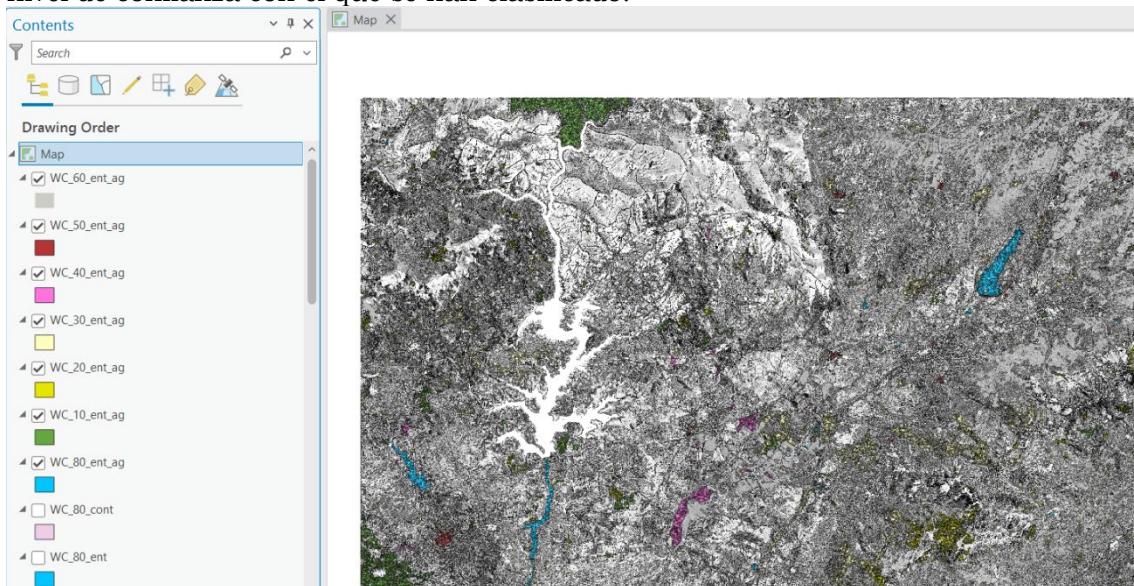
Cambiaremos la simbología para que sea igual que la del mapa de referencia.



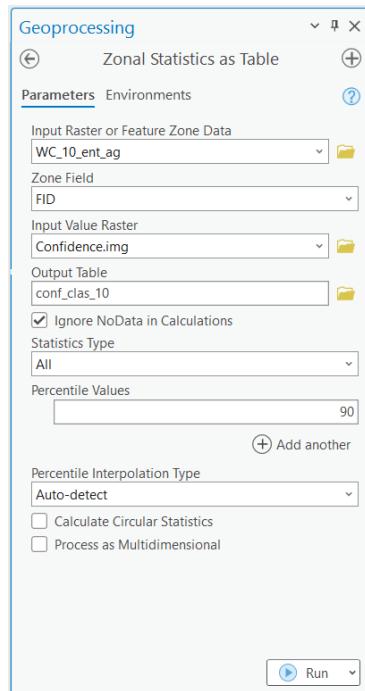
Observamos que ya no existe la categoría “*nodata*” porque, como se comentó anteriormente, todos los píxeles están asignados a una clase, aunque la incertidumbre haya sido mayor del 50%.

## 5.1. Estimación de la confianza de las áreas de entrenamiento.

En primer lugar, vamos a superponer las áreas de entrenamiento para evaluar el nivel de confianza con el que se han clasificado.

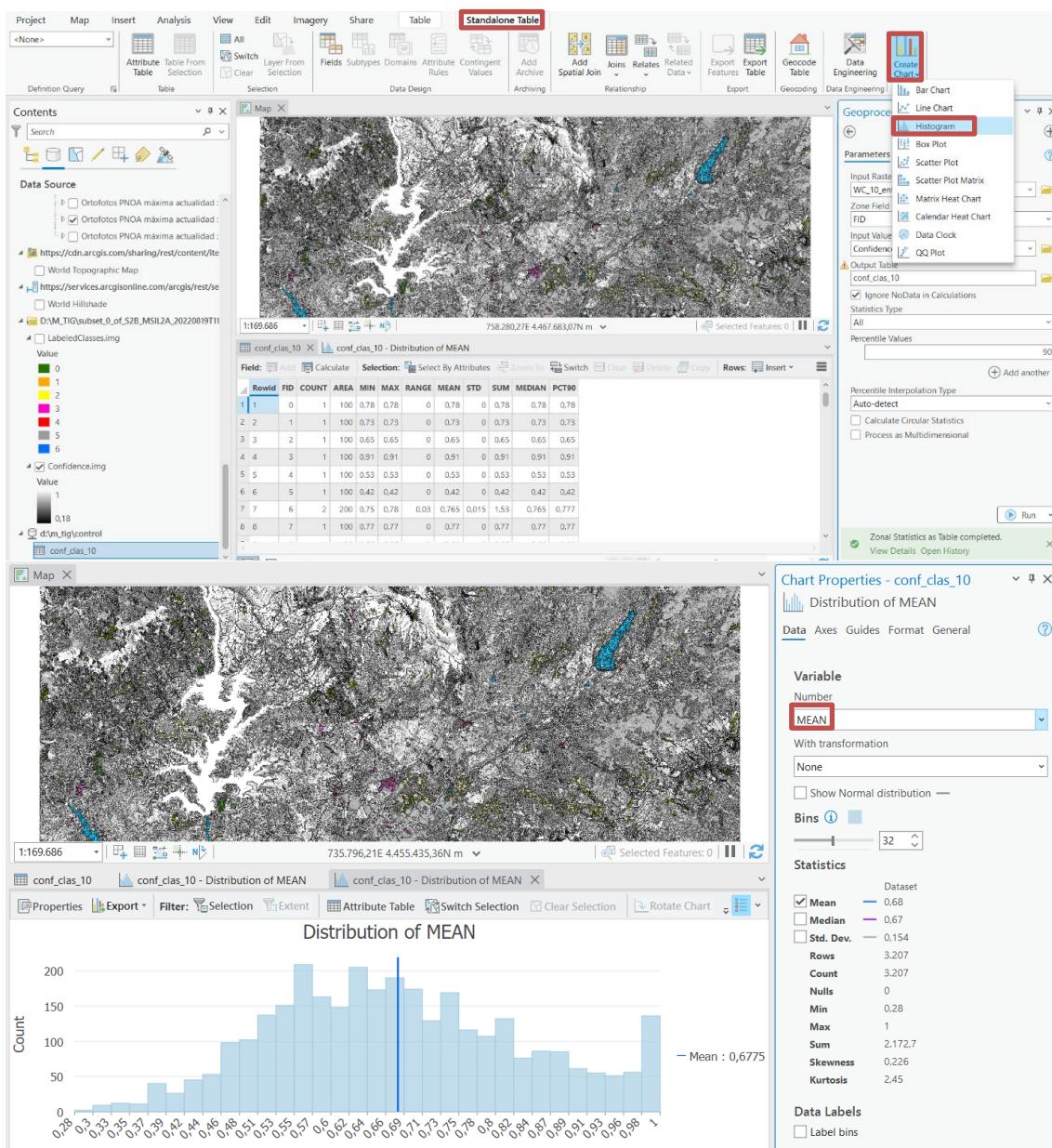


Para ello haremos una estadística zonal de dichas áreas:



Al ejecutar esta herramienta se nos cargará una tabla en la lista por recursos de la tabla de contenidos:





Así, por ejemplo, para la clase 10, correspondiente a la cubierta de árboles vemos como aproximadamente ha clasificado los 74.318 píxeles que aproximadamente contenían las áreas de interés, con un intervalo de confianza de 0.68.

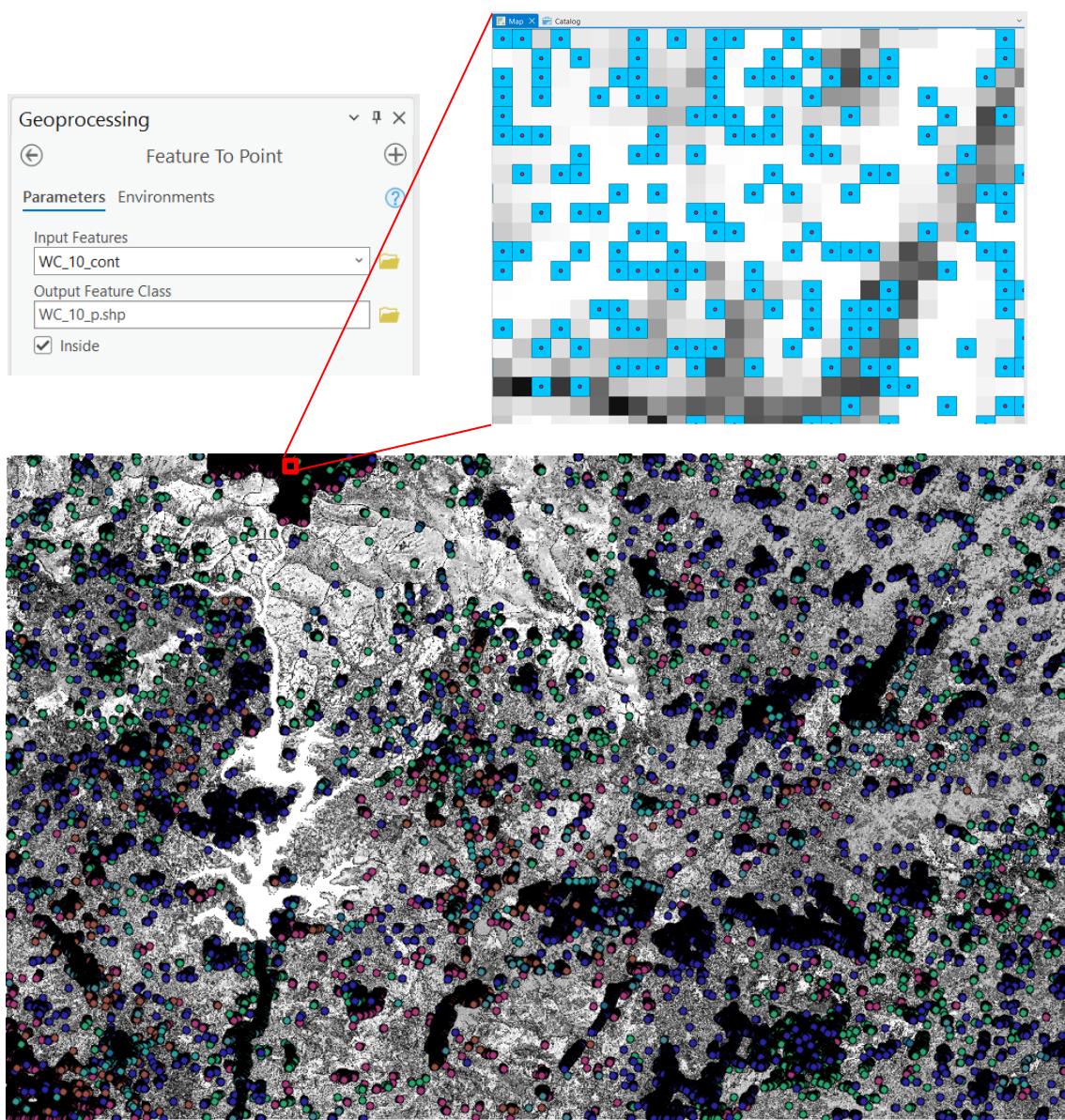
#### Ejercicio propuesto nº1:

Comprobar la confianza estimada para el resto de clases según sus áreas de entrenamiento.

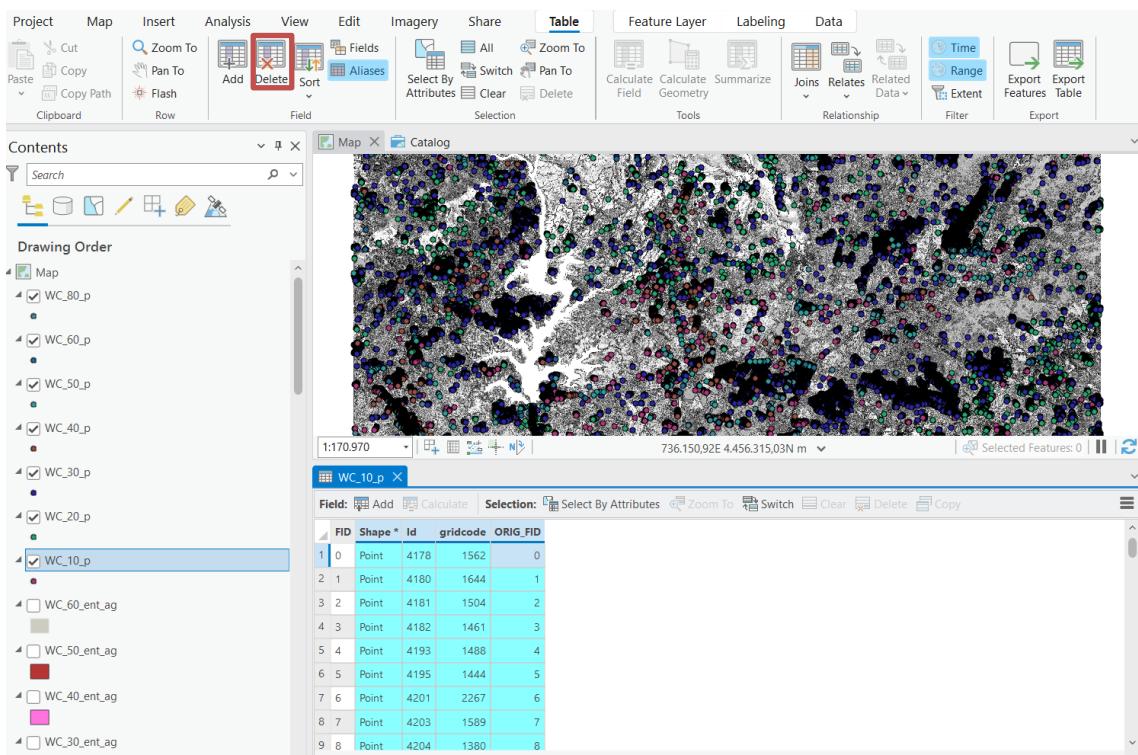
## 5.2. Construcción de la matriz de confusión en Arcgis.

Como se ha indicado anteriormente, para realizar un correcto control de calidad la verdad terreno ha de ser independiente a las áreas de entrenamiento.

En primer lugar, vamos a calcular los puntos centrales de cada píxel de control.

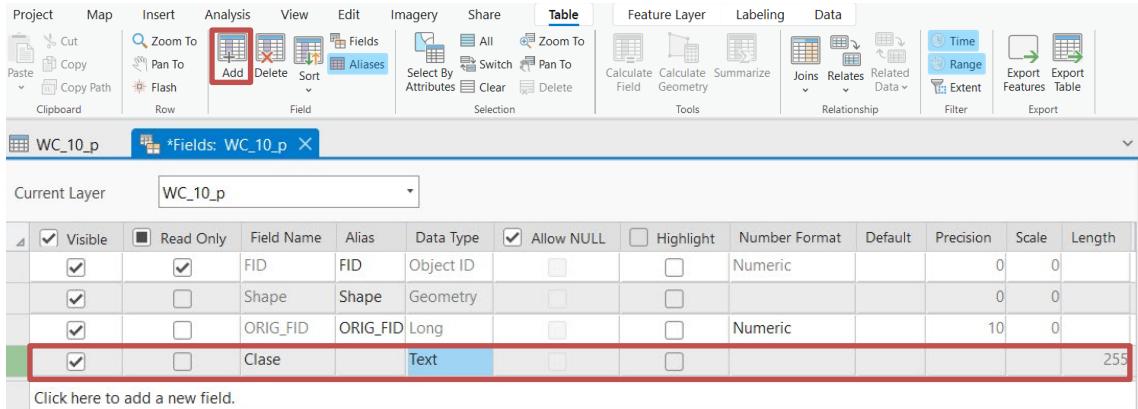


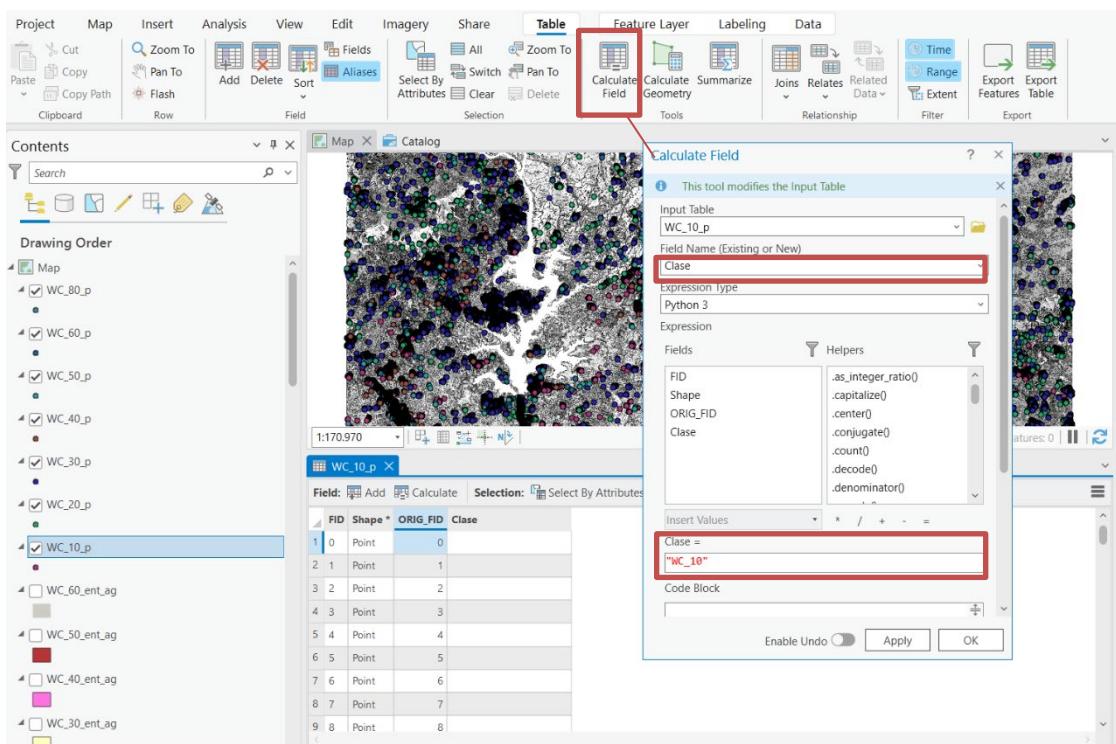
Necesitaremos un único archivo para hacer la matriz de confusión, pero antes de unirlos, vamos a eliminar datos que no necesitaremos de la tabla de atributos y vamos a añadir un campo identificativo.



Sólo nos dejará borrar los campos Id y gridcode.

Crearemos ahora un nuevo campo que identifique al punto como de la clase en cuestión:

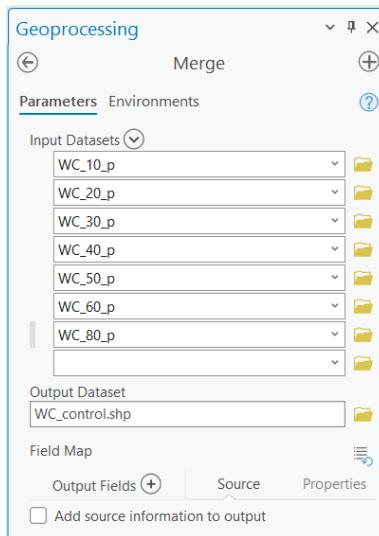




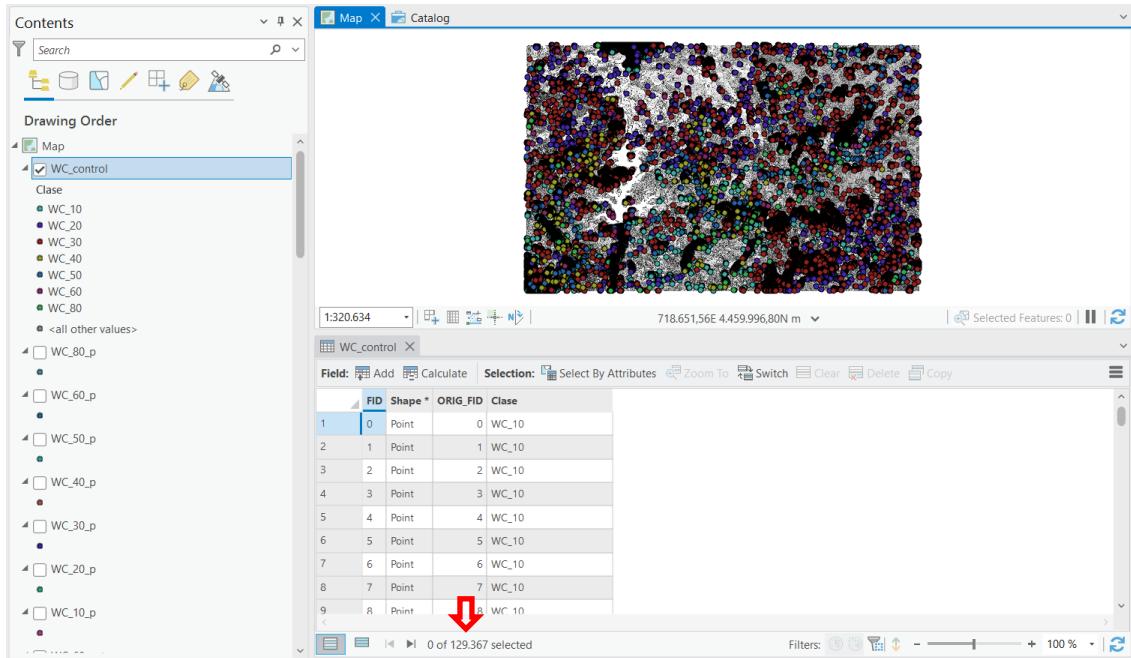
Ahora ya comprobamos que se nos ha creado ese campo y que tiene el valor de la clase de control.

FID	Shape *	ORIG_FID	Clase
1	0 Point	0	WC_10
2	1 Point	1	WC_10
3	2 Point	2	WC_10
4	3 Point	3	WC_10
5	4 Point	4	WC_10
6	5 Point	5	WC_10
7	6 Point	6	WC_10
8	7 Point	7	WC_10
9	8 Point	8	WC_10

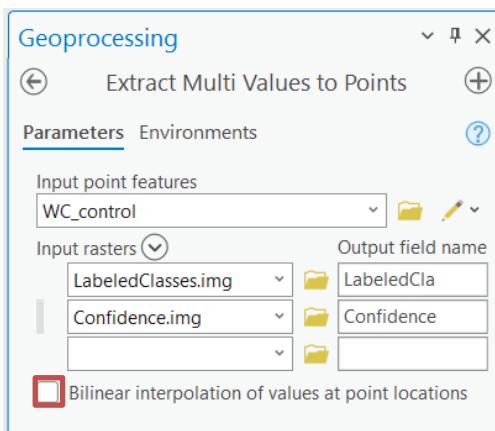
Haremos lo mismo para todos los demás archivos de control y, una vez añadido el campo en todos los archivos, los uniremos en un solo archivo de píxeles de control.



Ya tendríamos entonces un archivo con 129.367 puntos de control.



Para comprobar numéricamente la exactitud de la clasificación, vamos a construir la matriz de confusión. Para ello extraeremos los valores de la clasificación en las localizaciones de los 129.367 puntos “verdad terreno”.

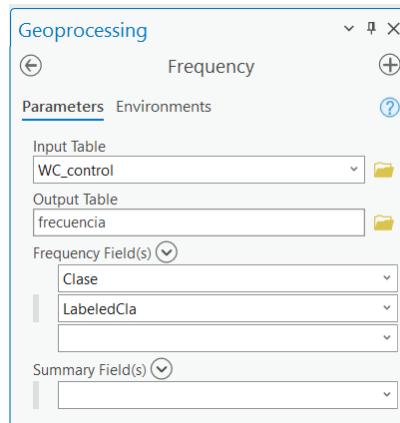


Una vez terminada la extracción, podemos comprobar que la tabla de atributos de los puntos de la verdad terreno se ha completado con dos columnas (campos) más. Una pertenece a la clase que la clasificación atribuyó a la localización de cada punto (*LabeledCla*) y otra pertenece al nivel de confianza con la que el clasificador Random Forest ha estimado la clase de dicha localización (*confidence*). Por lo tanto, para comprobar el nivel de acierto de la clasificación tendríamos que comprobar en primera instancia la diferencia entre los campos “*Clase*” y “*LabeledCla*”.

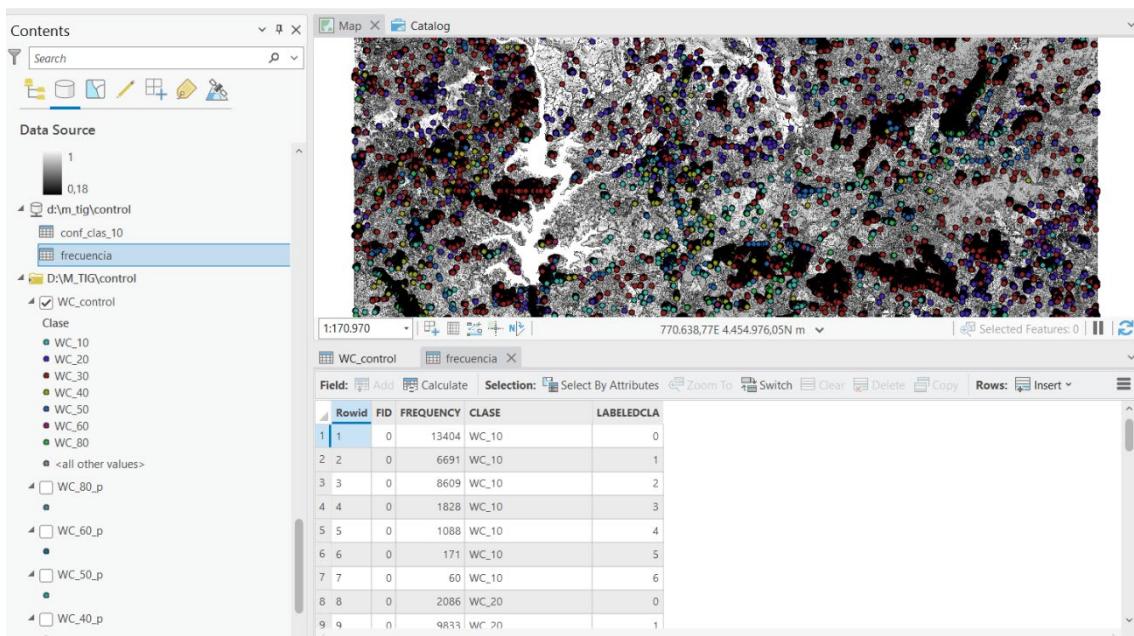
	FID	Shape	ORIG_FID	Clase	LabeledCla	Confidence
1	0	Point	16051	WC_10	1	0,69
2	1	Point	16054	WC_10	0	0,78
3	2	Point	16055	WC_10	1	0,79
4	3	Point	16056	WC_10	1	0,84
5	4	Point	16057	WC_10	1	0,61
6	5	Point	16058	WC_10	0	0,53
7	6	Point	16059	WC_10	1	0,52
8	7	Point	16060	WC_10	1	0,91
9	8	Point	16061	WC_10	0	0,77

Con la columna de “*confidence*”, podríamos analizar si los falsos positivos o falsos negativos han sido clasificados con mucho o poco nivel de confianza.

En siguiente lugar, calcularemos la frecuencia de falsos positivos, falsos negativos y verdaderos positivos y verdaderos negativos, para ello utilizaremos la herramienta correspondiente:

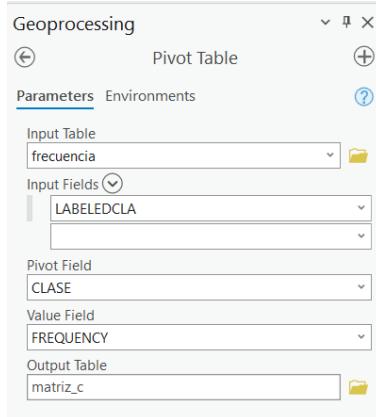


Abriremos entonces dicha tabla para evaluar el resultado del cálculo de la frecuencia.

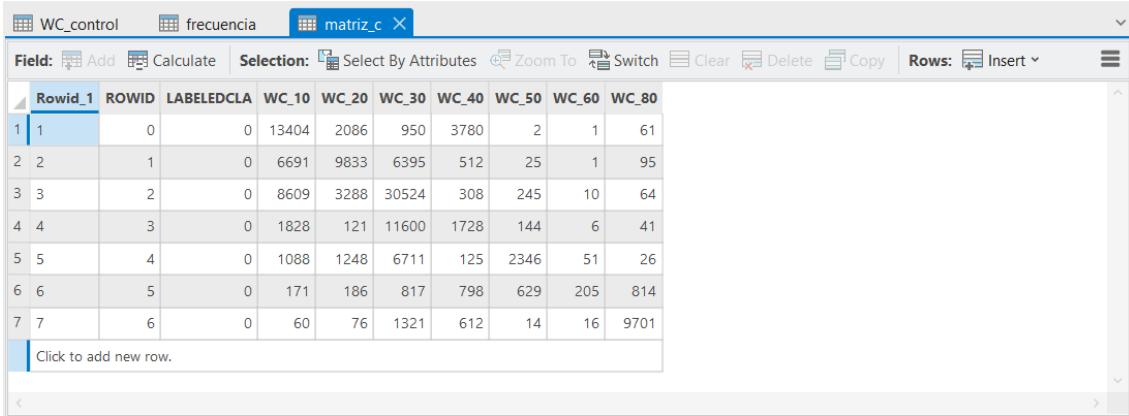


De ese modo, podremos ver cómo, por ejemplo, hay 13.404 puntos en los que la verdad terreno indica que pertenecen a la clase WC\_10 y efectivamente el clasificador los ha clasificado también como de la clase WC\_10 (que es la Labeledcla 0). Sin embargo, hay 8.609 puntos que la verdad terreno los contempla como de la clase WC\_10 y el clasificador los ha asignado a la clase WC\_30 y así sucesivamente.

Para construir ahora la matriz, utilizaremos una herramienta muy útil denominada *pivot table*

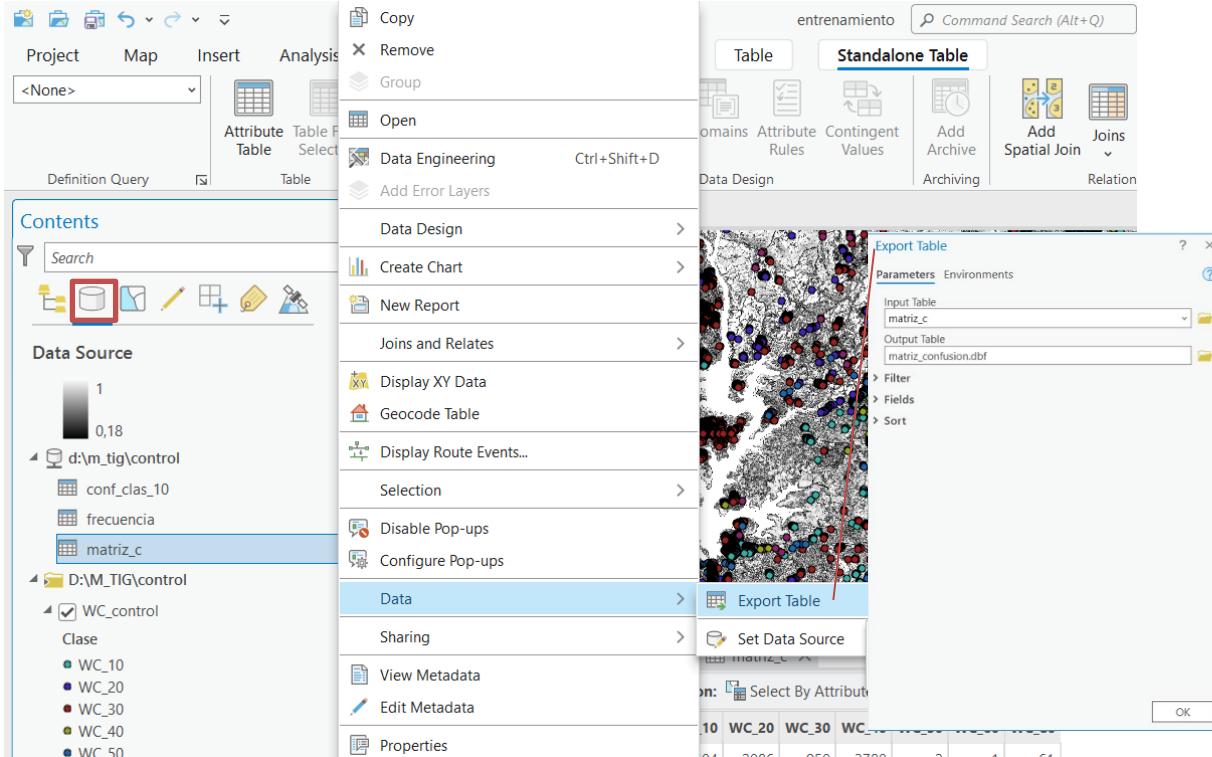


Y como resultado tendremos una tabla que ya tendrá el formato de la matriz de confusión.



Rowid_1	ROWID	LABELDCLA	WC_10	WC_20	WC_30	WC_40	WC_50	WC_60	WC_80
1	1	0	13404	2086	950	3780	2	1	61
2	2	1	0	6691	9833	6395	512	25	1
3	3	2	0	8609	3288	30524	308	245	10
4	4	3	0	1828	121	11600	1728	144	6
5	5	4	0	1088	1248	6711	125	2346	51
6	6	5	0	171	186	817	798	629	205
7	7	6	0	60	76	1321	612	14	16

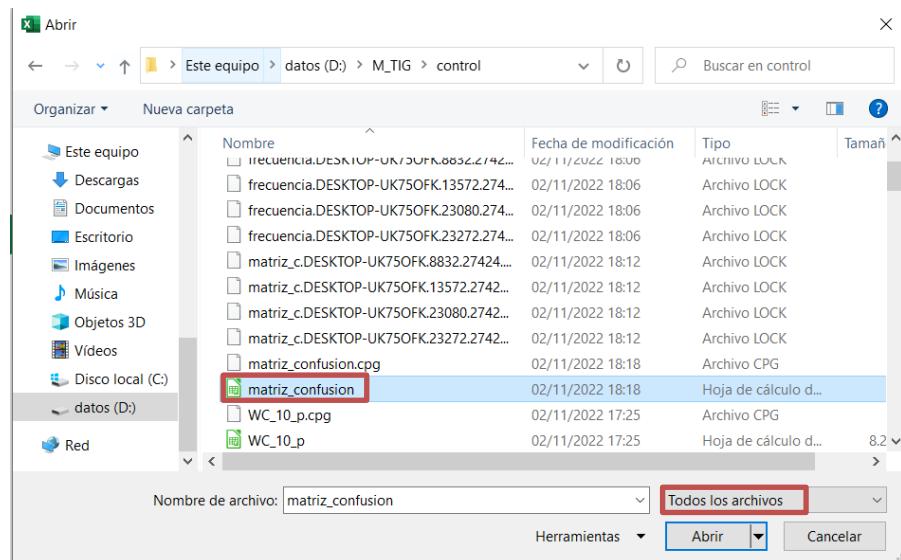
La exportaremos por tanto a Excel, para calcular allí todos los estadísticos.



The screenshot shows the ArcGIS Pro interface. On the left, the 'Contents' pane displays a tree view of data sources, including 'd:\m\_tig\control' which contains 'conf\_clas\_10', 'frecuencia', and 'matriz\_c'. The 'matriz\_c' item is currently selected. A context menu is open over the 'matriz\_c' item, with 'Copy' and 'Remove' options at the top. Below these are options for 'Open', 'Data Engineering' (with a keyboard shortcut 'Ctrl+Shift+D'), 'Add Error Layers', 'Data Design', 'Create Chart', 'New Report', 'Joins and Relates', 'Display XY Data', 'Geocode Table', 'Display Route Events...', 'Selection', 'Disable Pop-ups', and 'Configure Pop-ups'. To the right of the contents pane, there is a map view showing a forest area with various colored points representing data. Overlaid on the map is a 'Standalone Table' ribbon tab and a 'Data Design' ribbon tab. A 'Export Table' dialog box is open in the foreground, showing 'Input Table' set to 'matriz\_c' and 'Output Table' set to 'matriz\_confusion.dbf'. Other tabs in the dialog include 'Parameters', 'Environments', 'Filter', 'Fields', and 'Sort'. At the bottom of the dialog, there is a preview of the table data and an 'OK' button.

### 5.3. Cálculo de los estadísticos derivados de la matriz de confusión.

Para hacer el cálculo de todos los estadísticos derivados de la matriz de confusión, abriremos la tabla exportada. Si no la encontráramos, tenemos que indicar que se nos muestren todos los tipos de archivos de la carpeta en la que lo guardamos, ya que no es un archivo de Excel como tal.



Y se nos abrirá el archivo de la siguiente forma:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	ROWID__	LABELLEDCLA	WC_10	WC_20	WC_30	WC_40	WC_50	WC_60	WC_80
2	0	0	13404	2086	950	3780	2	1	61
3	1	0	6691	9833	6395	512	25	1	95
4	2	0	8609	3288	30524	308	245	10	64
5	3	0	1828	121	11600	1728	144	6	41
6	4	0	1088	1248	6711	125	2346	51	26
7	5	0	171	186	817	798	629	205	814
8	6	0	60	76	1321	612	14	16	9701
9									

Seguidamente, tendremos la precaución de guardar el archivo como fichero nativo de Excel.

Recordando la leyenda de la clasificación que nos devolvió SNAP, procederemos a configurar la matriz de la siguiente forma (borrando las columnas innecesarias y cambiando los códigos por las clases):

A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1		Verdad Terreno							
2		WC_10	WC_20	WC_30	WC_40	WC_50	WC_60	WC_80	
3	clasificado	WC_10	13404	2086	950	3780	2	1	61
4		WC_20	6691	9833	6395	512	25	1	95
5		WC_30	8609	3288	30524	308	245	10	64
6		WC_40	1828	121	11600	1728	144	6	41
7		WC_50	1088	1248	6711	125	2346	51	26
8		WC_60	171	186	817	798	629	205	814
9		WC_80	60	76	1321	612	14	16	9701
10									

Vemos como, tal y como se explicó en el inicio del tema, en la diagonal principal se sitúan las muestras correctamente clasificadas. Por tanto, podemos ver cómo en la clase WC\_40 (Tierras de cultivo) es en la que más confusión hay y la WC\_80 (masas de agua permanente) es la clase con mayor acierto.

Ahora ya podríamos hacer todos los cálculos:

clasificado	Verdad Terreno							Total clasificados
	WC_10	WC_20	WC_30	WC_40	WC_50	WC_60	WC_80	
WC_10	13404	2086	950	3780	2	1	61	20284
WC_20	6691	9833	6395	512	25	1	95	23552
WC_30	8609	3288	30524	308	245	10	64	43048
WC_40	1828	121	11600	1728	144	6	41	15468
WC_50	1088	1248	6711	125	2346	51	26	11595
WC_60	171	186	817	798	629	205	814	3620
WC_80	60	76	1321	612	14	16	9701	11800
Total observados	31851	16838	58318	7863	3405	290	10802	129367

Código	Clase	VP de cada clase/total clasificados cada clase	VP de cada clase/total verdaderos cada clase
		↓	↓
WC_10	Árboles	66%	42%
WC_20	Matorrales	42%	58%
WC_30	Pastizales	71%	52%
WC_40	Cultivos	11%	22%
WC_50	Construido	20%	69%
WC_60	No vegetación	6%	71%
WC_80	Agua	82%	90%

Suma de todos los VP  
(diagonal principal de la  
matriz)

↓

Verdaderos Positivos  
Exactitud Global

↓

Total de VP/total de  
puntos

### Ejercicio propuesto nº2:

Comprobar la exactitud de las otras clasificaciones realizadas.

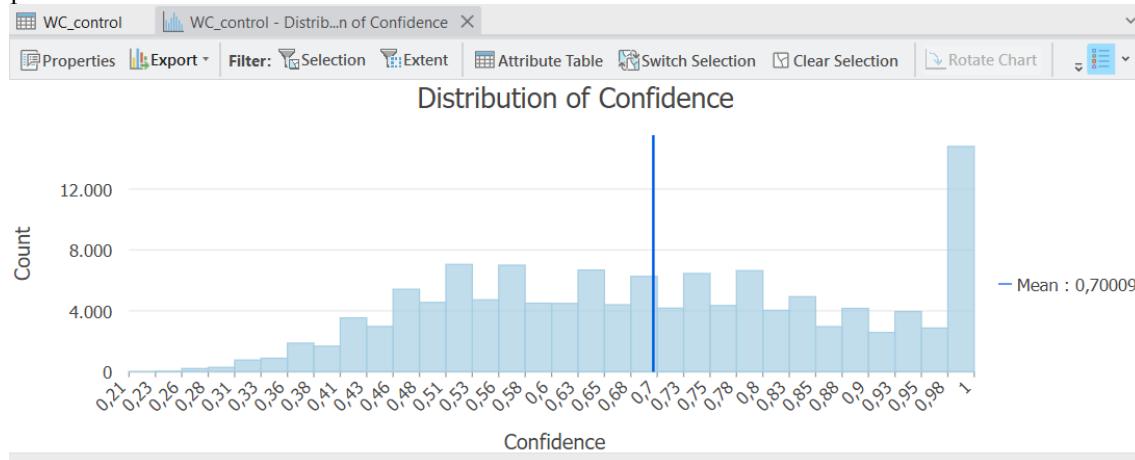
Analizando la exactitud global y las de usuario y productor de cada clase, se puede ver como la clasificación es mejorable.

Las distintas formas de proceder para la mejora serán:

- mejorando los pixeles de entrenamiento (por ejemplo, eliminando los que no estén claros)
- y/o definiendo clases nuevas.

Si analizamos ahora, para cada clase la confianza de la clasificación podremos también obtener alguna conclusión.

Para ello haremos el gráfico de distribución de los valores de confianza de todos los puntos de control



Y posteriormente, iremos filtrando en la tabla de los puntos cada una de las clases para obtener el valor medio de confianza del clasificador en cada clase de los puntos de control:

Select By Attributes

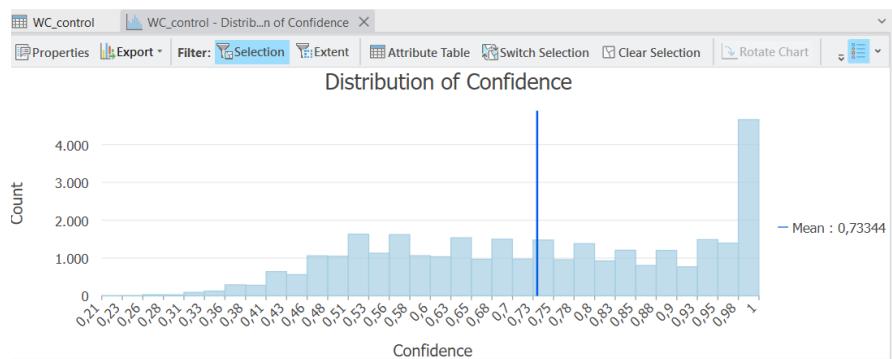
Input Rows: WC\_control

Selection Type: New selection

Expression: Where Clase is equal WC\_10

Field: Selection:

FID	Shape	ORIG_FID	Clase
1	Point	16051	WC_10
2	Point	16054	WC_10
3	Point	16055	WC_10
4	Point	16056	WC_10
5	Point	16057	WC_10
6	Point	16058	WC_10
7	Point	16059	WC_10
8	Point	16060	WC_10
9	Point	16061	WC_10



El resultado final de nuestro análisis será el siguiente, pudiendo concluir que el resultado de la clasificación está acorde con el de la certeza con la que el clasificador asegura la pertenencia de cada pixel a cada clase.

clasificado	Verdad Terreno							Total clasificados
	WC_10	WC_20	WC_30	WC_40	WC_50	WC_60	WC_80	
WC_10	13404	2086	950	3780	2	1	61	20284
WC_20	6691	9833	6395	512	25	1	95	23552
WC_30	8609	3288	30524	308	245	10	64	43048
WC_40	1828	121	11600	1728	144	6	41	15468
WC_50	1088	1248	6711	125	2346	51	26	11595
WC_60	171	186	817	798	629	205	814	3620
WC_80	60	76	1321	612	14	16	9701	11800
Total observados	31851	16838	58318	7863	3405	290	10802	129367

Código	Clase	Exactitud Usuario	Exactitud Productor	Confianza Clasificador
WC_10	Árboles	66%	42%	73%
WC_20	Matorrales	42%	58%	61%
WC_30	Pastizales	71%	52%	66%
WC_40	Cultivos	11%	22%	71%
WC_50	Construido	20%	69%	73%
WC_60	No vegetación	6%	71%	71%
WC_80	Aqua	82%	90%	94%

Verdaderos Positivos 67741  
**Exactitud Global 52%**

## 6. Bibliografía

- Ariza, F. J. (2003). Calidad en la producción cartográfica. *Mapping*, (84), 96-98.
- Asociación de Ingenieros Geógrafos (2008) Temario básico y bibliografía recomendada para la preparación de la Oposición al Cuerpo de Ingenieros Geógrafos.
- Congalton, R. G., & Green, K. (2008). Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. CRC press.
- Chuvieco, E. (2002). Teledetección ambiental: la observación de la tierra desde el espacio (No. G70. 4. C58 2002).
- ISO (1995) Guide to the expression of uncertainty in measurements. International Organization for Standardization. Geneva
- Quirós, E. (2009). Clasificación de imágenes multiespectrales ASTER mediante funciones adaptativas.