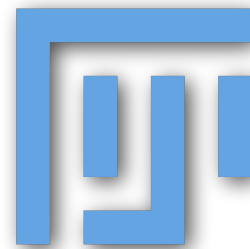


# INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE IMAGEN USANDO EL PROGRAMA IMAGE J



**Mini-Tutorial de Prácticas para las Asignaturas del Plan del Grado en Ingeniería de Materiales y Doble Grado con Ingeniería Mecánica**

**María Natividad Antón Iglesias  
Dpto. Construcción y Agronomía - Área de Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica (Escuela Politécnica Superior de Zamora - Universidad de Salamanca)**

## CONVERSIÓN DE PÍXELES A MICRAS PARA CÁMARA OPTIKA BV9

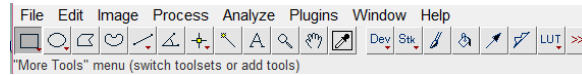
- 1- ELEGIR LA RESOLUCIÓN ADECUADA (1280x960 O 800x600) EN EL PROGRAMA DE LA CÁMARA.
- 2- ASEGURARSE QUE LA RESOLUCIÓN Y LA CALIBRACIÓN EN EL PROGRAMA DE LA CÁMARA SON LOS CORRECTOS ANTES DE ADQUIRIR LA IMAGEN.
- 3- USAR EL TAMAÑO DE LA IMAGEN Y EL OBJETIVO EN EL PROGRAMA DE ANALISIS DE IMAGEN "IMAGEJ" PARA CALIBRAR LAS MICRAS CORRESPONDIENTES.

TAMAÑO DE LA IMAGEN	OBJETIVO	MICRAS
1280x960	ROJO	1430
	AMARILLO	550
	VERDE	280
	AZUL	111
800x600	ROJO	1643
	AMARILLO	673
	VERDE	343
	AZUL	135

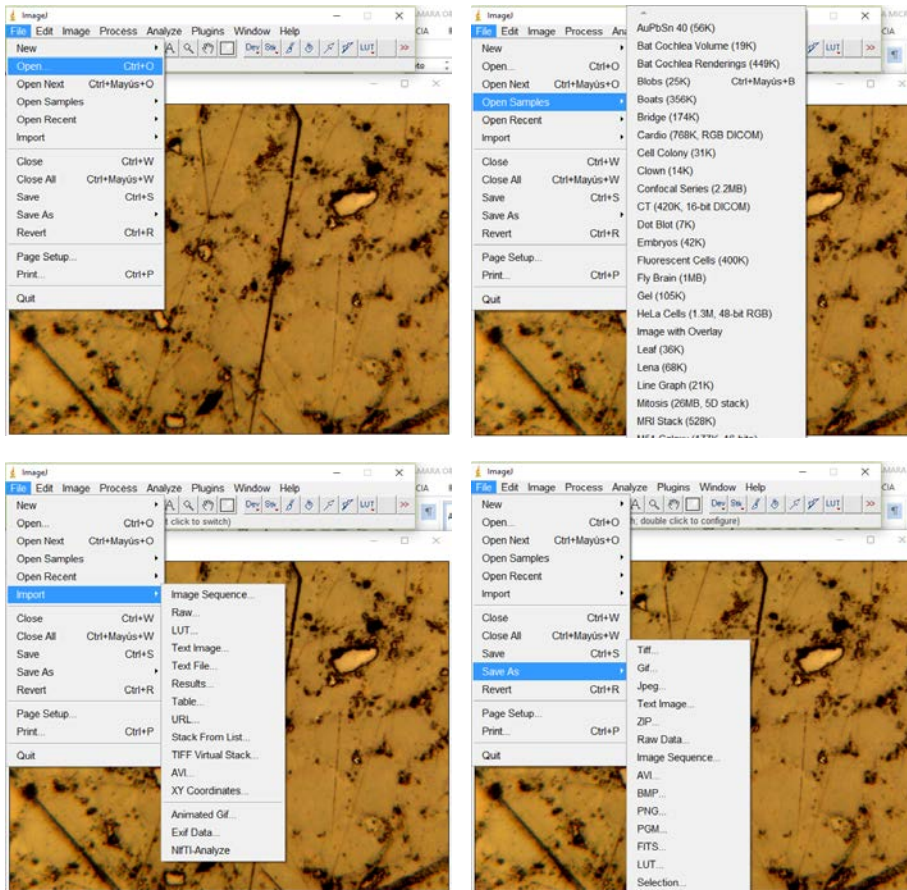
**CODIGO ASCII MICRAS = ALT 230**

## USANDO EL PROGRAMA IMAGE J

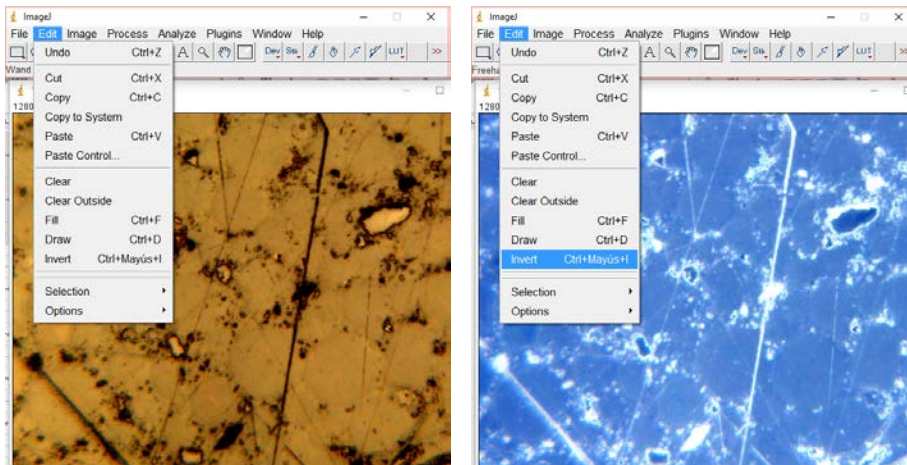
### OPERACIONES BÁSICAS. BARRA DEL MENÚ (NO ICONOS)

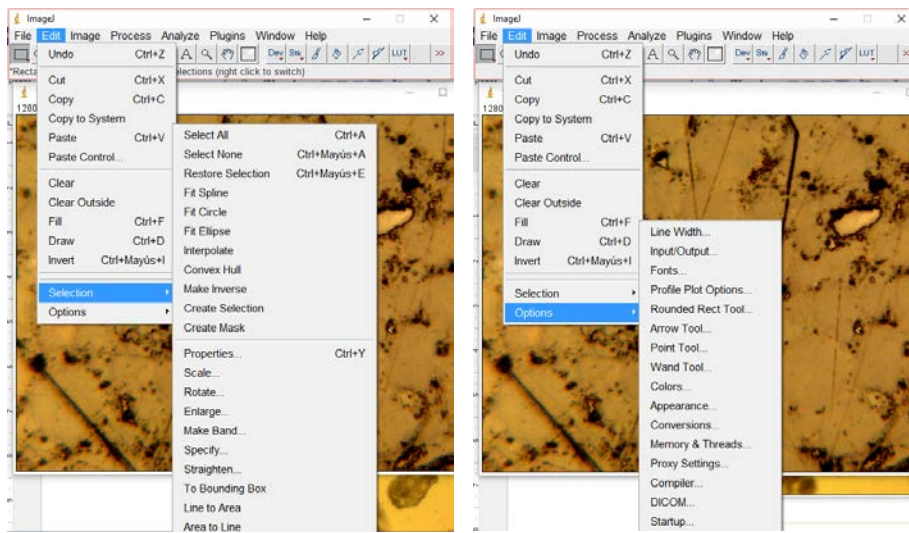


En submenú **FILE** nos encontraremos las operaciones básicas a realizar con el archivo de imagen que se vaya a tratar. Las más importantes serán: **OPEN**, **OPEN SAMPLES** (ejemplos del programa), **IMPORT**, **REVERT** (revertir a la imagen original cuando el comando **UNDO** no es suficiente), **SAVE** (guardar) y **SAVE AS** (guarda en distintos tipos de archivos).

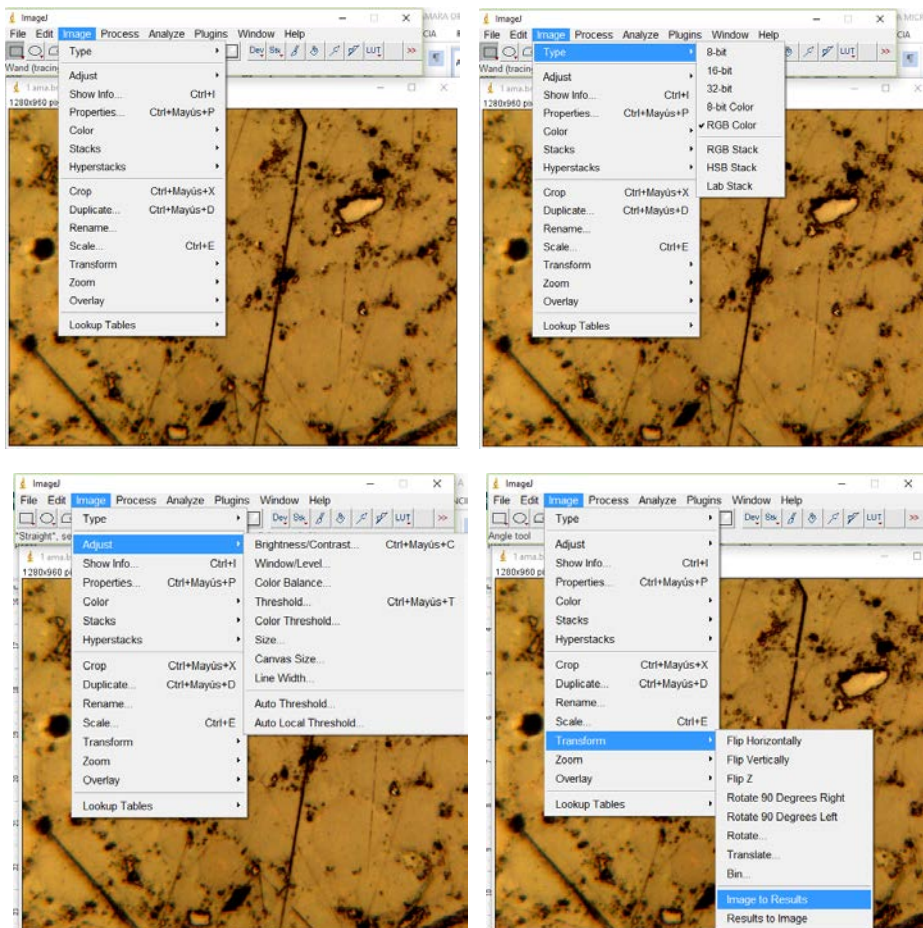


En el submenú **EDIT** nos encontraremos algunas de las operaciones de tratamiento que se podrán realizar sobre la imagen. Las más habituales serán: **UNDO** (sólo la última operación, y en algunos casos en el que la imagen ha sido muy tratada es imposible revertir completamente. En estos casos es mejor emplear el comando **REVERT**), **CUT**, **COPY**, **PASTE**, **CLEAR**, **FILL** (muy útil en el caso que se quieran rellenar áreas de la imagen para que no interfieran), **INVERT** (invierte los colores de la imagen). En **OPTIONS** están las configuraciones de las herramientas que aparecen en forma de iconos por defecto dentro del programa: **ROUNDED RECT TOOL**, **WAND TOOL**, **ARROW TOOL**, **PROFILE PLOT OPTION**, etc.

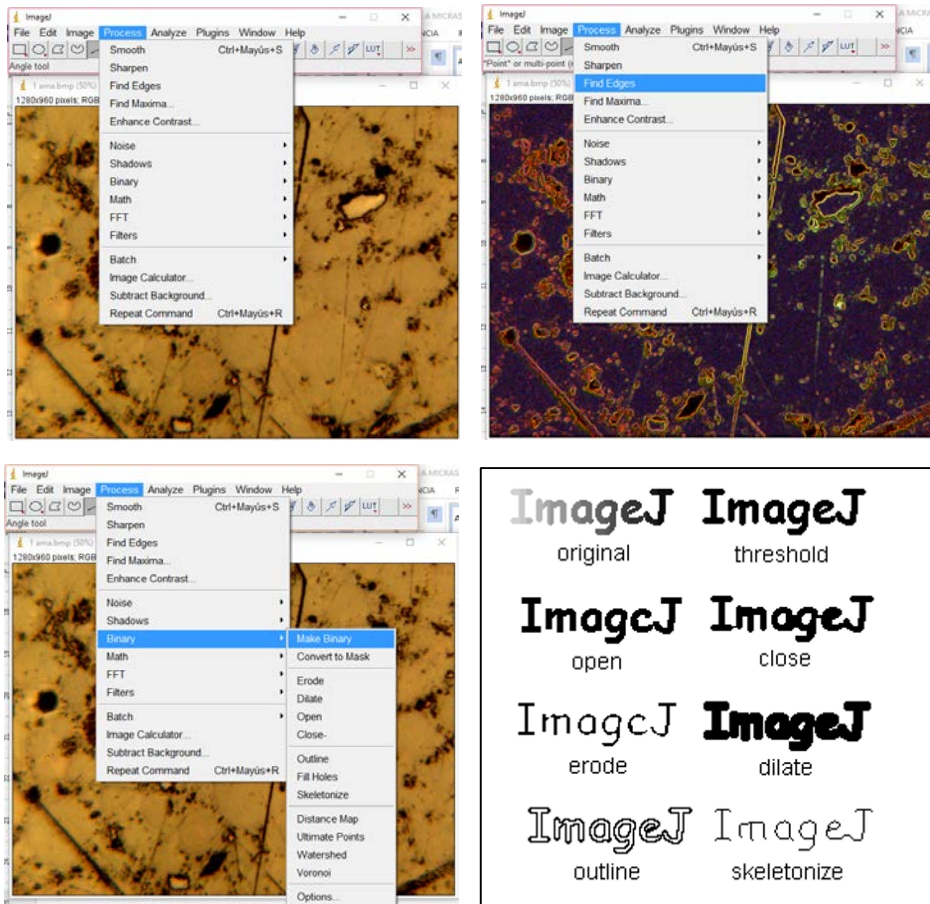




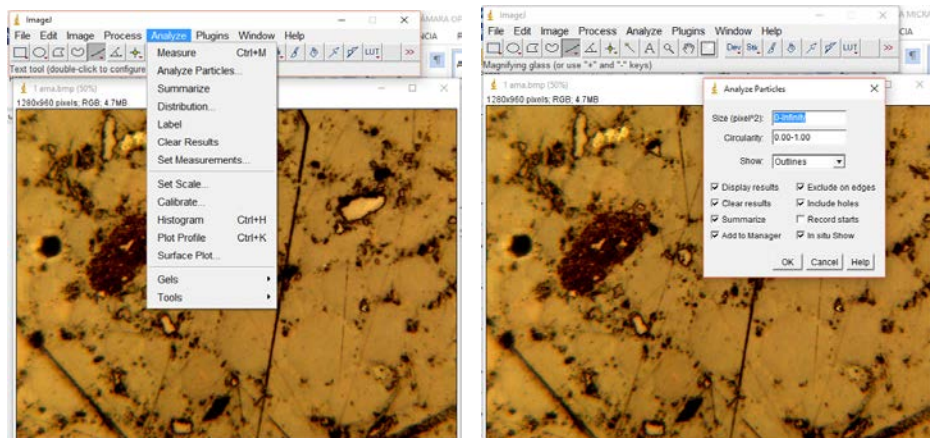
**IMAGE**: Es uno de los submenús que más se empleará en el tratamiento de las imágenes para su análisis. Se encuentra el comando **TYPE** (donde se puede convertir la imagen en función de los bits), **ADJUST** (donde se pueden ajustar los niveles de brillo y contraste, y donde se encuentra **THRESHOLD** que se empleará para resaltar las áreas de análisis), y finalmente **TRANSFORM** (donde se puede transformar una imagen a sus datos numéricos).

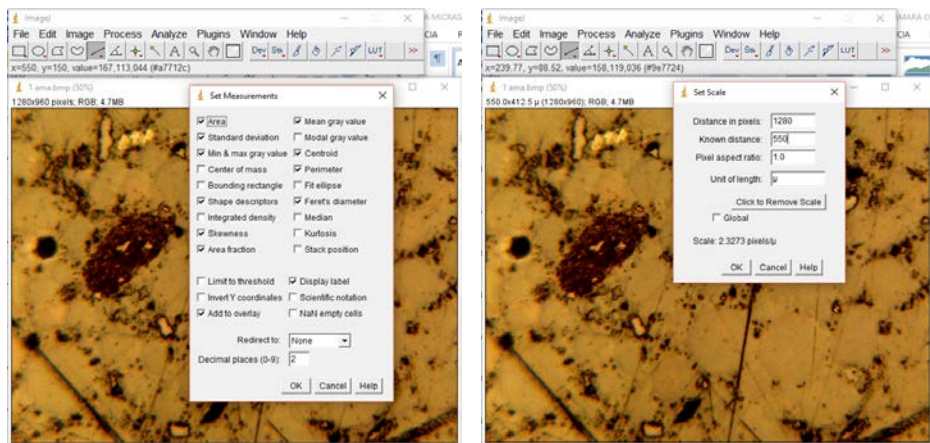


Otro de los submenús más importantes es el de **PROCESS**, donde se encontrarán comandos como: **SMOOTH** (suavizar la imagen, con desenfoque), **SHARPEN** (aumentará la nitidez y el contraste de la imagen, lo contrario a **SMOOTH**), **FIND EDGES** (comando para detectar los bordes cuando se quieren hacer medidas sobre zonas muy concretas cercanas al borde, por ejemplo forma de la una partícula), **ENHANCE CONTRAST** (mejora automática del contraste). Otro de los comandos más importantes es el de **BINARY** (este comando se suele usar con asiduidad para preparar una imagen antes de su análisis y pasarla a blanco y negro).

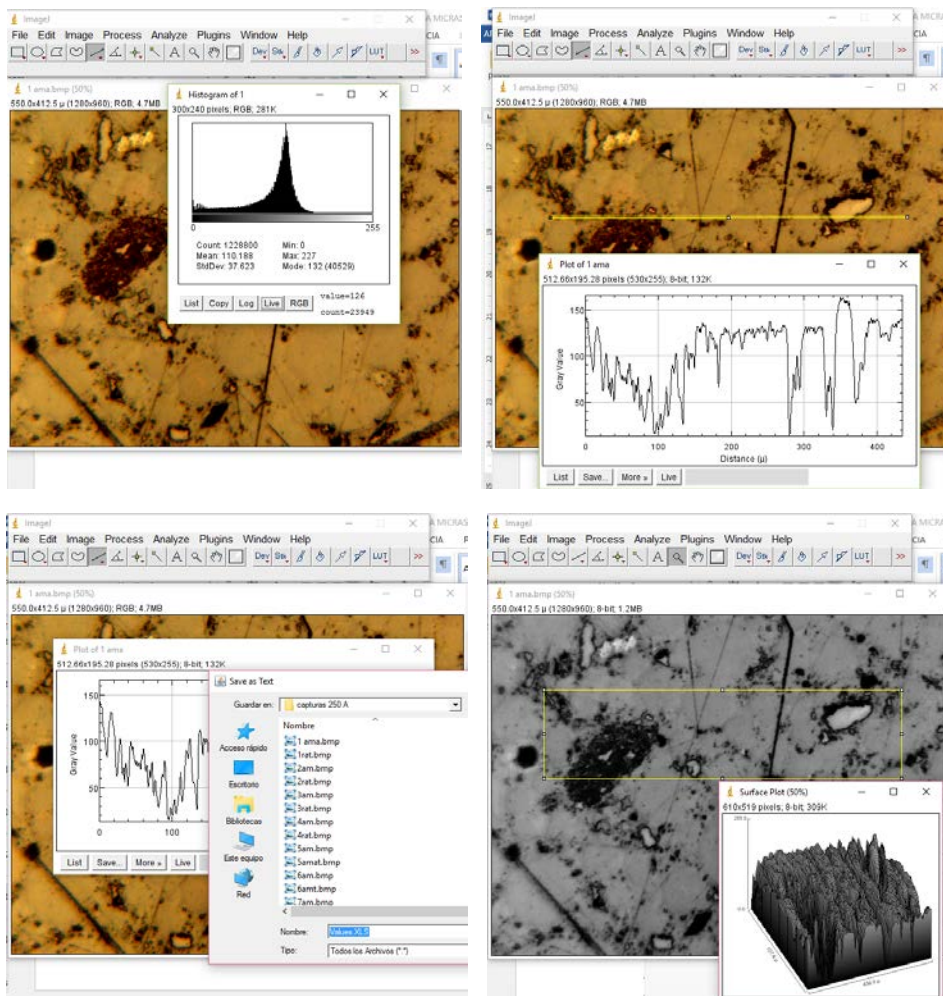


El submenú **ANALYZE** es uno de los más importantes puesto que en él se encontrarán los comandos para poder realizar el análisis de imagen y obtener los resultados a partir de ella. **MEASURE** (medida de la imagen activa, por defecto mide la imagen sin diferenciar nada dentro de ella), **ANALYZE PARTICLES** (por defecto mide aleatoriamente en función de la última operación realizada), **SUMMARIZE**, **DISTRIBUCIÓN** (son las ventanas que aparecerán con los datos analizados). **SET MEASUREMENT** (en el podremos elegir las magnitudes a medir: área, esfericidad, compacidad, redondez, diámetro feret, etc.). **SET SCALE** (se emplea para calibrar la imagen que se ha tomado, por ejemplo pasar de píxeles a micras, cm, mm, etc., es decir, unidades de medida. Para lo cual es necesario saber a cuántos píxeles corresponde la unidad de longitud elegida).

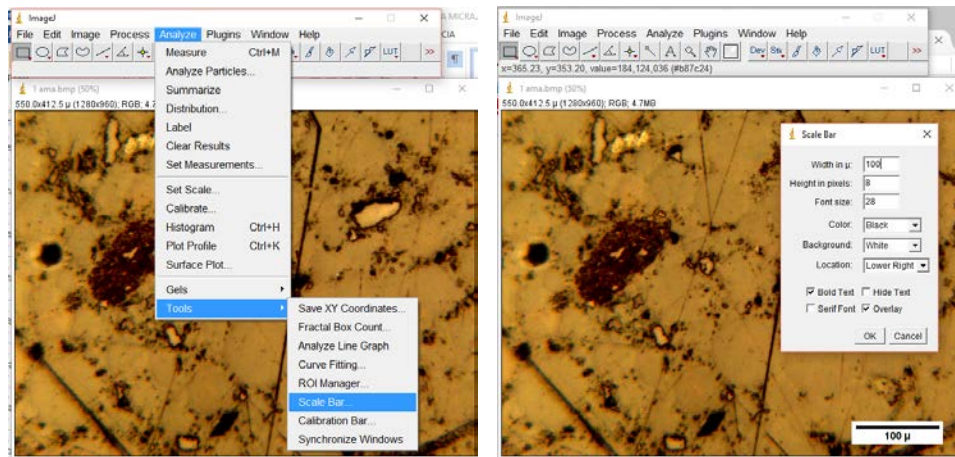




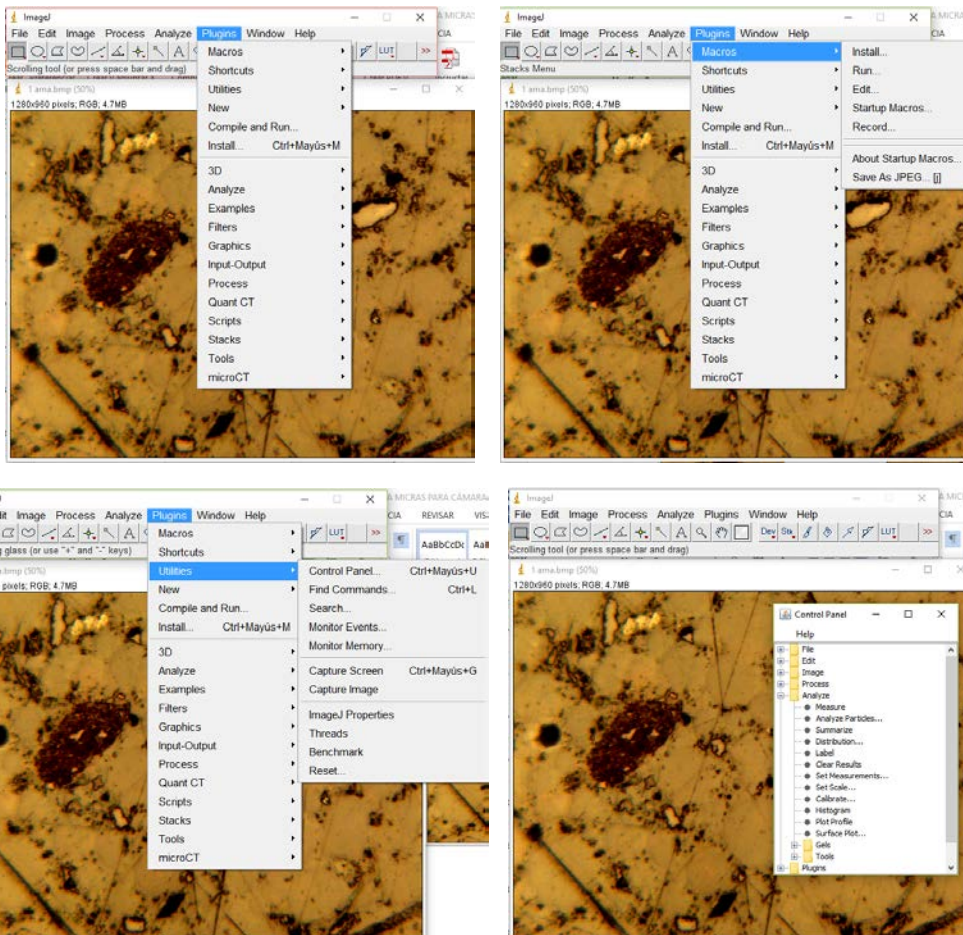
**CALIBRATE** (se usa cuando es necesario calibrar la escala de grises de la imagen. Es una operación muy complicada que no se suele hacer, es preferible trabajar sobre una buena imagen). **HISTOGRAM** (es la distribución de frecuencias de colores de la imagen que esté en uso). **PLOT PROFILE** (traza el gráfico de distribución de colores – en escala de grises – de la línea o sección que resaltemos, es un perfil colorimétrico. Si se pulsa en la parte inferior del gráfico “LIVE” se actualizará el perfil colorimétrico según movamos la línea. Según el grosor de la línea tendremos la media de los valores dados por ese grosor. También se emplea para áreas. Los resultados se pueden salvar como una hoja Excel). **SURFACE PLOT** (traza un perfil en un área determinada, para lo cual es necesario pasar a escala de grises 8 bits)



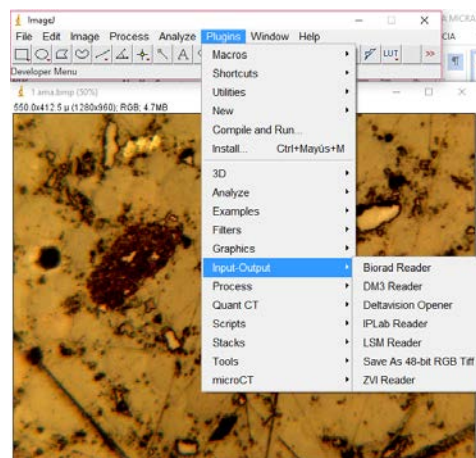
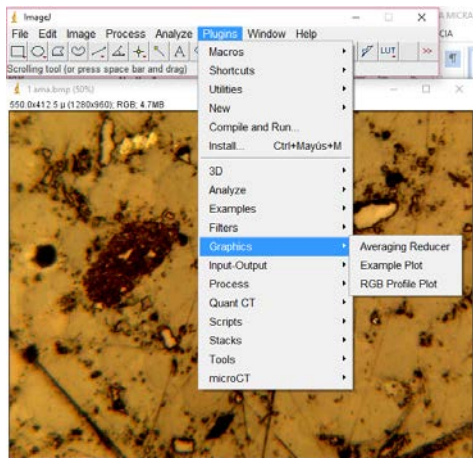
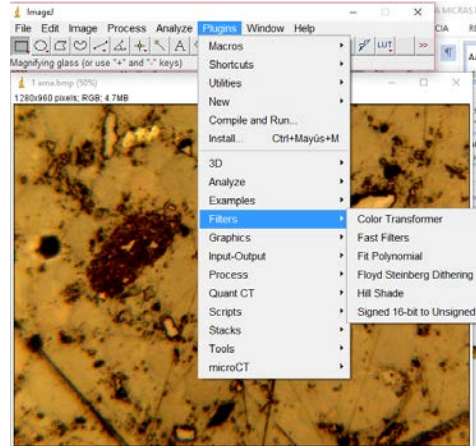
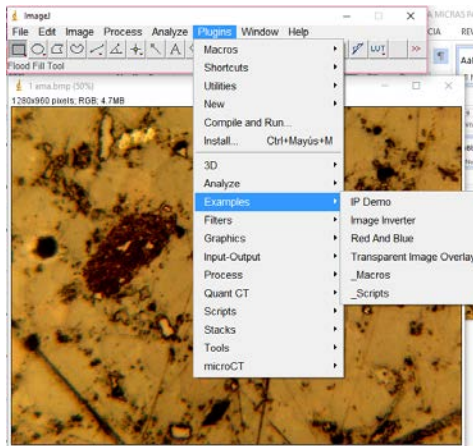
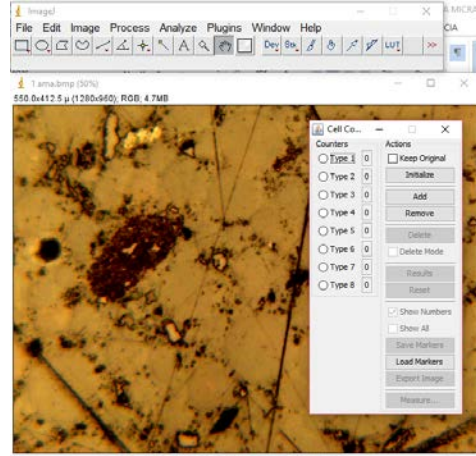
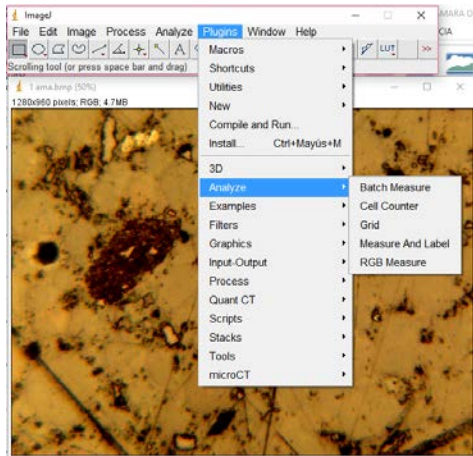
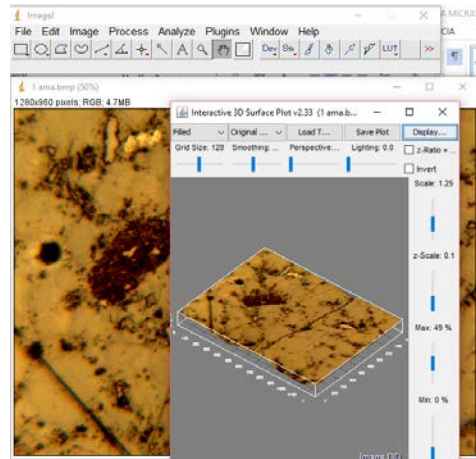
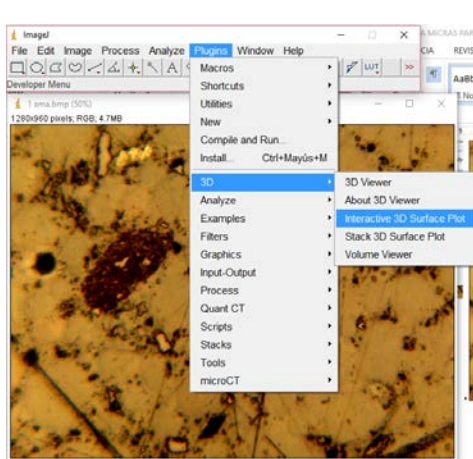
En el submenú de TOOLS se pueden encontrar comandos como: **SAVE XY COORDINATES**, **FRACTAL**, **BOX COUNT**, **ANALYZE LINE GRAPH**, **CURVE FITTING**, **ROI MANAGER** (para la selección de áreas), como más interesantes y que se emplean habitualmente **SCALE BAR** (utilidad que se emplea para poner la leyenda del tamaño de la micrografía. En este caso es necesario haber empleado **SET SCALE** para tener calibrada la imagen antes de poner la leyenda).

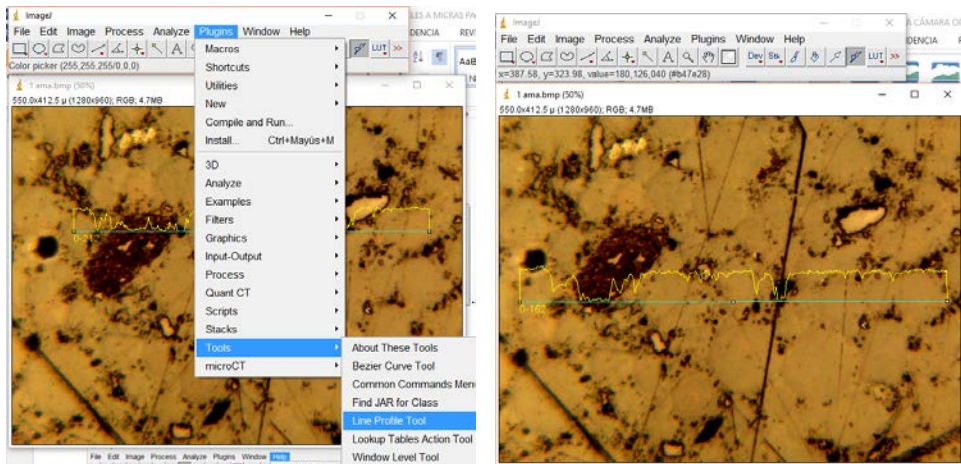
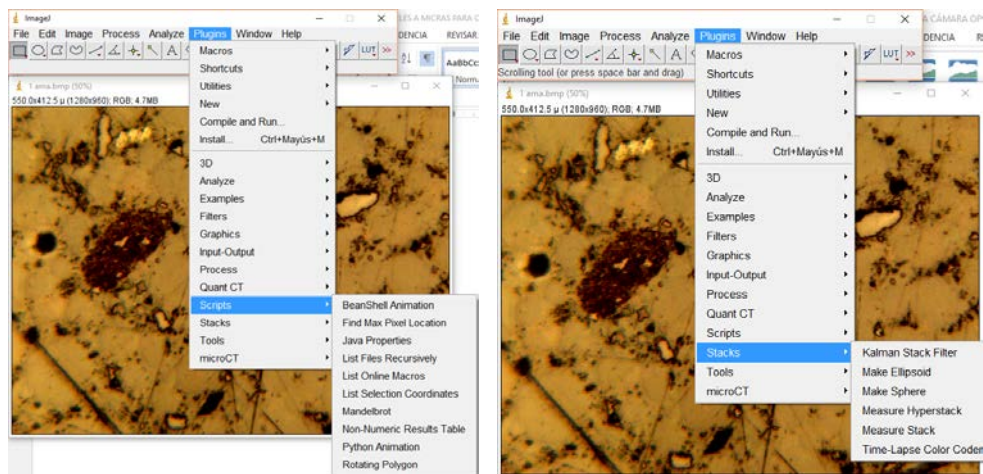
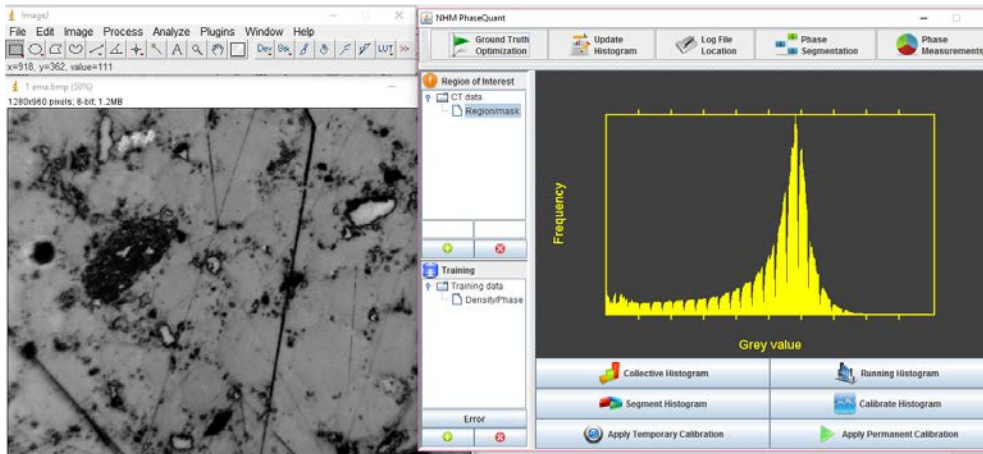
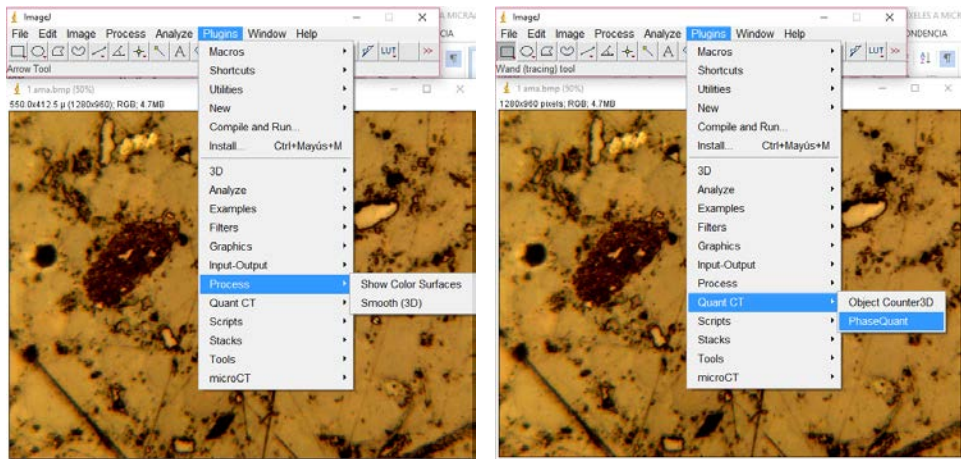


En el submenú de **PLUGINS**, se encuentran ubicados los comandos: **MACROS** (donde se pueden instalar macros concretas para determinados usos, programar macros específicas, etc.), **SHORTCUTS** (teclas que sirve para agilizar el uso de comandos), **UTILITIES** (donde se puede encontrar **CONTROL PANEL**, y comandos relativos al propio programa), **COMPILE Y RUN** (una vez realizada la macro se debe compilar para poderla usar), **INSTALL** (en este comando se podrán instalar plugins, macros, o scripts).

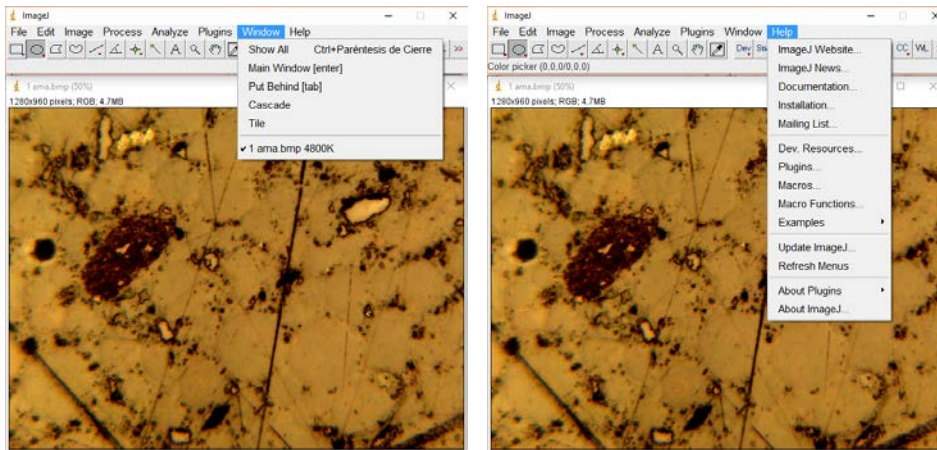


La parte más interesante en este submenú son los comandos 3D, donde se encuentra la herramienta **INTERACTIVE 3D SURFACE PLOT** (donde se simula la superficie en función de los valores de colorimetría). En **ANALYZE** están los comandos **BATCH MEASURE** (donde se puede aplicar un grupo de medidas sobre una carpeta de archivos siempre y cuando se puedan aplicar las mismas condiciones. No es conveniente para microestructuras complejas), **CELL COUNTER** (puede contar partículas y fases de formas determinadas, inicialmente hay que definirlas), **EXAMPLES**, **FILTERS**, **GRAPHICS**, **INPUT-OUTPUT** (específico para distintas áreas de conocimiento), **PROCESS**, etc. Interesante es el comando **QUANT-CT** en su herramienta **PHASE QUANT** (opera como un pequeño programa dentro de la aplicación principal). Por último, en **TOOLS** se encuentra la herramienta de **LINE PROFILE TOOL** (que realiza un barrido de línea dentro de la imagen).





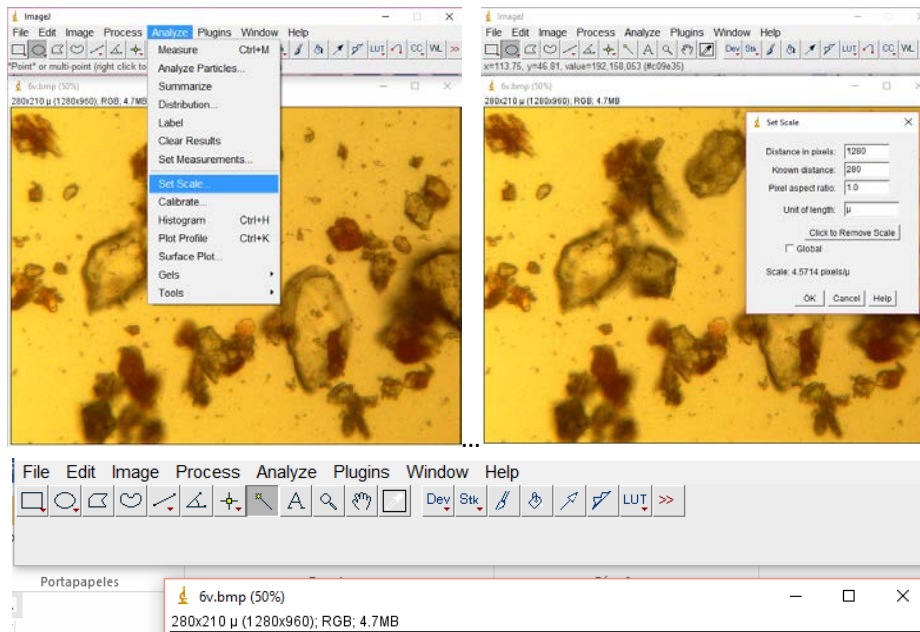
El submenú de **WINDOWS** configura el interface de la aplicación, y el submenú **HELP** presenta ayuda en cuanto a instalación, documentación, recursos variados y actualización en línea.



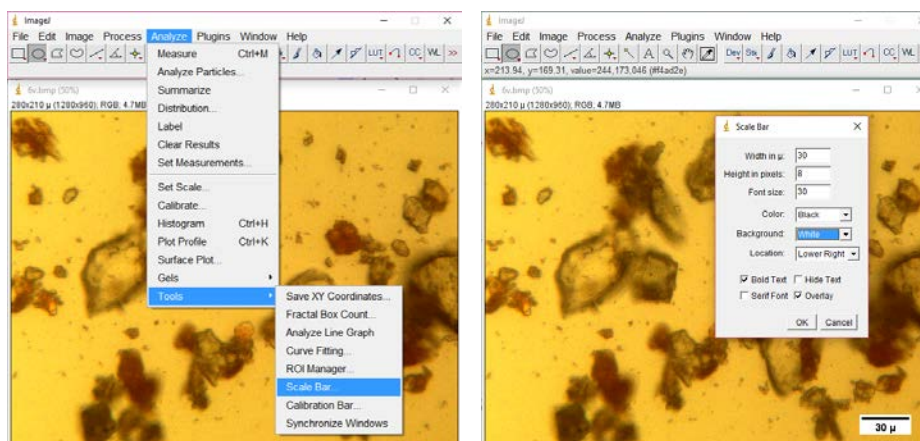
## EJEMPLOS

### Microscopía Óptica de Polvo

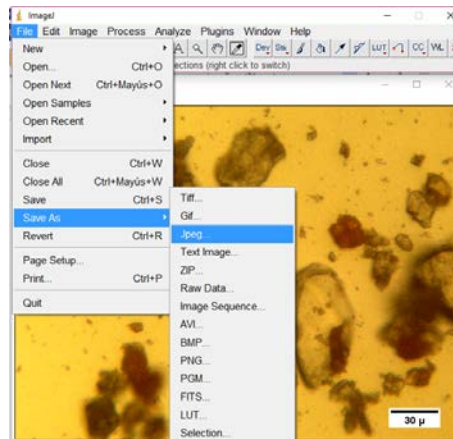
- 1) Calibración de la imagen: Emplear el comando **SET SCALE** en Analyze>Set Scale.
- 2) Colocar el tamaño de la imagen en píxeles y la distancia conocida determinada por la calibración del programa de adquisición de la cámara del microscopio. Ejemplo: 1280 píxeles, objetivo verde corresponde a 280 micras ( $\mu$ ) y unidades micras ( $\mu$ ) [mantener pulsado Alt tecleando 230].
- 3) Comprobar que en la parte superior de la imagen aparece la calibración en micras ( $\mu$ ) [280x210  $\mu$  (1280x960)]



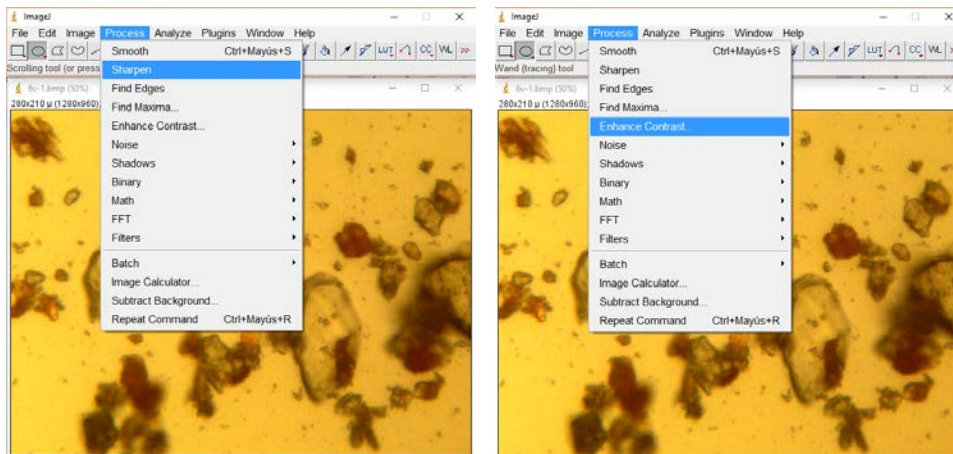
- 4) Poner etiqueta o leyenda correspondiente a micras en las micrografías, seleccionar **SCALE BAR**. Siempre es conveniente hacer una copia de la imagen para poner la etiqueta de las dimensiones (micras). En este caso podremos guardarla, pero no trabajar sobre ella puesto que la etiqueta interferirá sobre las medidas.



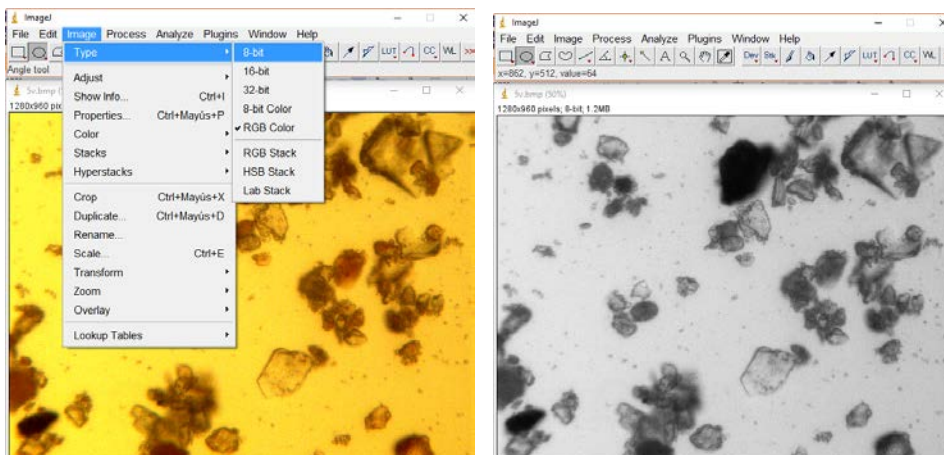
- 5) Guardar la nueva imagen en otro formato usando el comando **SAVE AS...**. El más común para posteriormente imprimir es el **.jpg o .jpeg**, dando una buena calidad de imagen para un menor tamaño de archivo. Si no queremos perder información podemos grabarlo en otros tipo de archivo como pueden ser .tiff, .bmp, .png, etc. Incluso se puede grabar como datos de texto (.txt) en el caso que queramos posteriormente extraer datos numéricos de la imagen para tratarla con un programa como el Excel (usuarios avanzados).

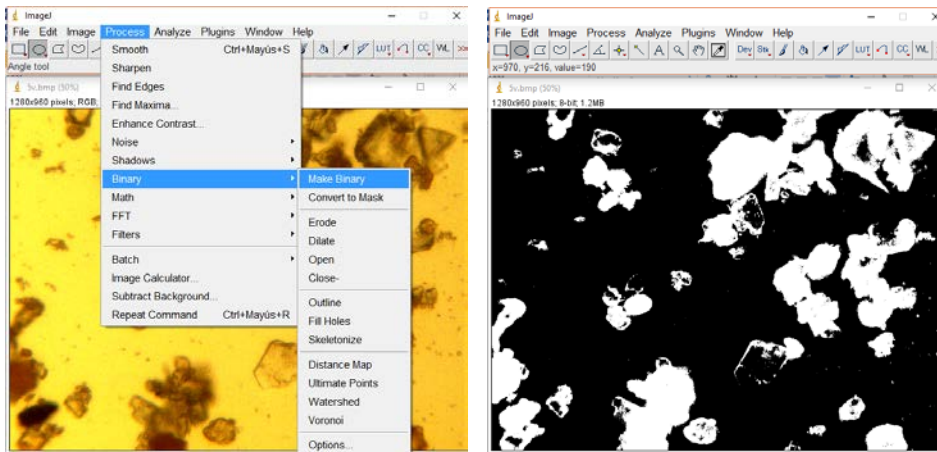


- 6) Mejora de las imágenes para su tratamiento posterior. En muchos casos es preferible tener una mayor nitidez o que las distintas fases estén más contrastadas. Para mejorar las imágenes como mínimo habrá que aplicar distintos filtros para poder mejorarla. Los comandos más empleados son **Sharpen** y **Enhance Contrast**.

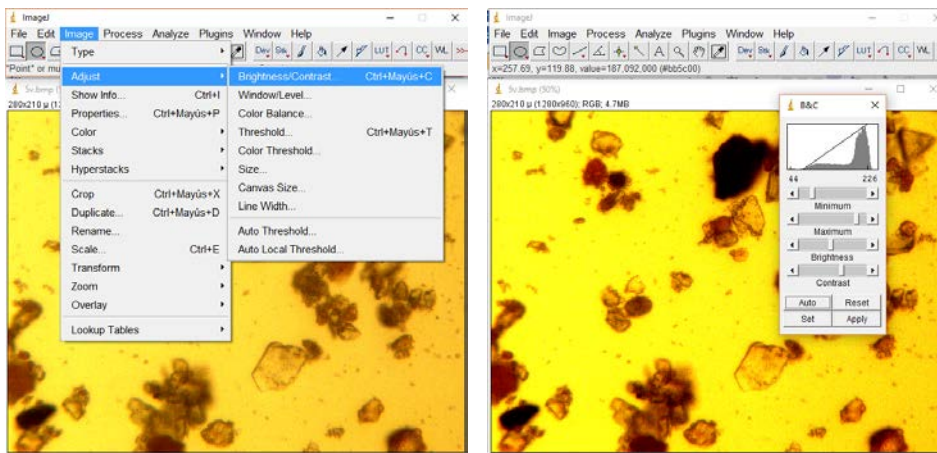


- 7) En algunos casos, y para aplicar algún comando o herramienta, se tendrá que trabajar sobre una imagen en escala de grises (8 bits) o en blanco y negro (binario). Para ello se emplearán los comandos de Escala de Grises **8-BIT** (Image>Type>8-bit) o de Binarizar **Make Binary** (Process>Binary> Make Binary). Siempre es conveniente aplicar los comandos de mejora de imagen (anteriormente descritos) antes de aplicar cualquiera de estas dos operaciones.






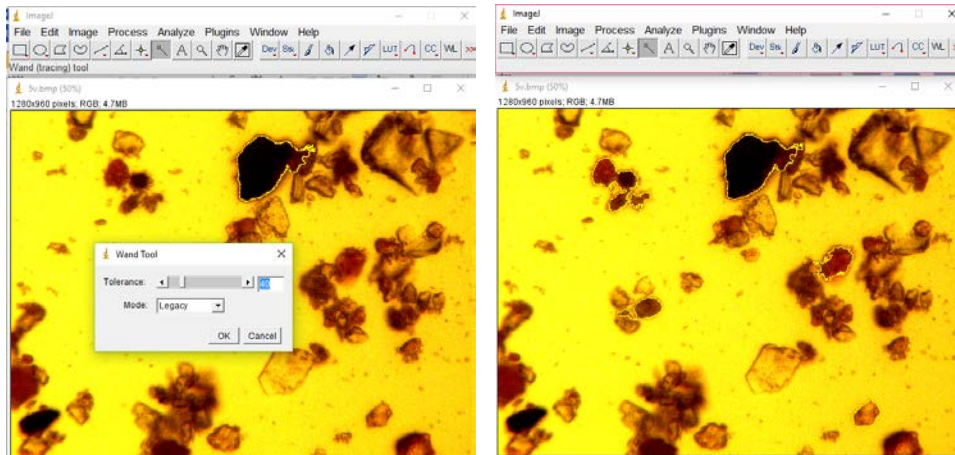
- 8) Una alternativa para mejorar las condiciones de una imagen es usar el comando **Brightness/Contrast**. Aunque se puede emplear el comando automático **Enhance Contrast**, en determinadas ocasiones es mejor ajustar el brillo y el contraste de forma manual. Para esto se empleará el comando **Brightness/Contrast** (Image>Adjunt>Brightness/Contrast)



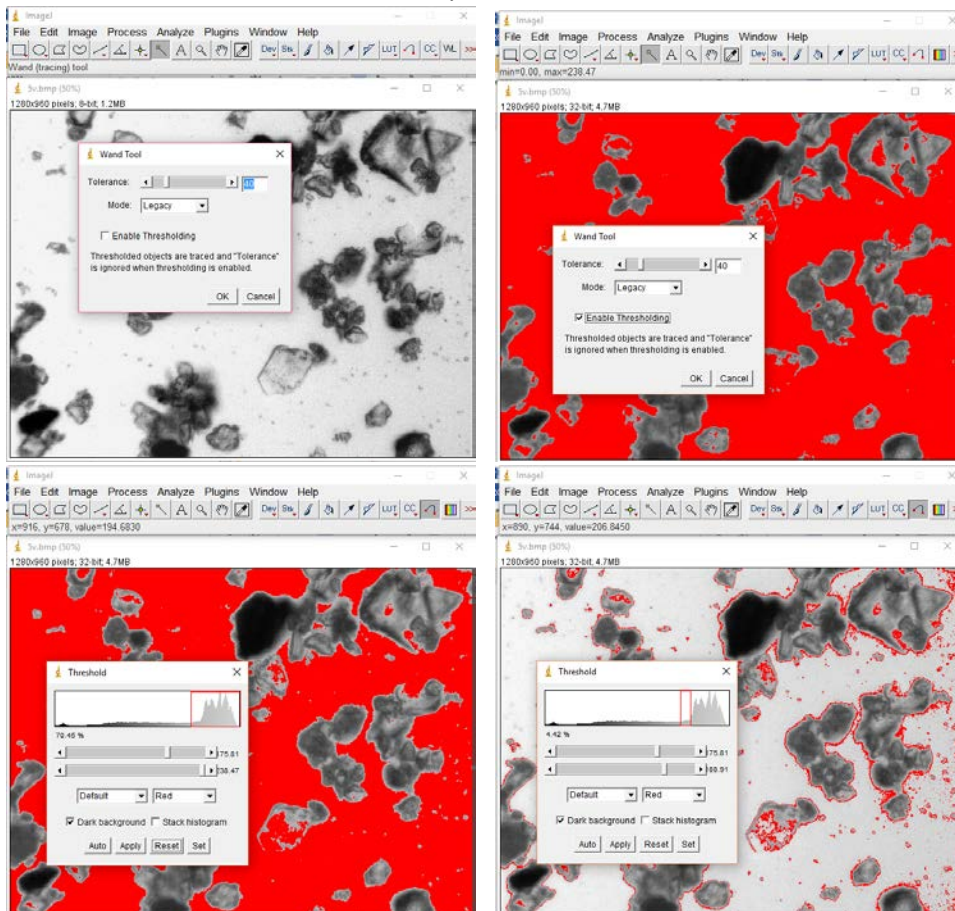
- 9) En ocasiones, poder operar sobre una imagen es complicado debido a que las fases/partículas están acumuladas o aglomeradas y se hace difícil su conteo para sacar datos. Existen filtros que pueden ayudar a solucionar este problema: **Erode**, **Dilate**, **Open**, **Close**, **Outline**, **Skeletonize**, etc. Estas operaciones se encuentran en Process>Binary. La mayoría de ellas necesitan que se mejore y binarice la imagen original.



10) Para caracterizar manualmente una imagen cuyo tratamiento no permite analizarla de forma automática se puede emplear el comando **Wand Tool** (Varita). Si se pincha dos veces sobre el icono  de la barra de herramientas podemos ajustar la tolerancia del comando. Con este comando es posible seleccionar áreas determinadas graduando la tolerancia que deseemos para que se adapte mejor a la forma. Pulsando simultáneamente la tecla “↑” se pueden añadir áreas seleccionadas si queremos medir el global.



11) La herramienta **Wand tool** también se puede emplear en escala de grises y en este caso aparecerá una segunda opción dentro de la ventana de Tolerancia, **Enable Thresholding** que se puede seleccionar y aparecerá una capa sobrepuesta sobre la imagen (de color rojo). Si se quieren medir partículas aisladas no es conveniente esta operación, si es posible y el contraste es adecuado, es mejor operar sobre la imagen original. Con la operación de **Thresholding** se puede ajustar la capa creada sobre la imagen. La operación de **Enable Thresholding** sólo es conveniente si el usuario es experto.



12) Para el conteo de partículas de una microfotografía de forma manual es conveniente familiarizarse con el comando **Wand tool**. Aunque el conteo manual es algo laborioso, si se quieren tener datos a partir de imágenes complejas es un método sencillo. Lo conveniente es hacerse con un amplio muestreo (más de 50 medidas) sobre distintas imágenes para poder realizar después un estudio representativo. Ejemplo: conteo de

partículas retenidas en tamiz de 20 micras. Se observa que muchas de las partículas están aglomeradas debido a una mala dispersión, aun así es posible contar partículas si se han tomado diferentes imágenes. La elección de los parámetros que se analizarán de cada partícula aparecen en **SET MEASUREMENT**. Si se activa **Add to overlay** las partículas que se vayan midiendo se irán señalando. Para ir midiendo se señala la partícula con el **Wand tool** e inmediatamente se selecciona **MEASURE** (Analyze> Measure) de esta forma según se vayan tomando los datos se irán integrando dentro de una tabla de valores que posteriormente se puede exportar a Excel para trabajar con ellos.

The screenshots illustrate the workflow in ImageJ for particle analysis:

- Set Measurements:** A dialog box where various parameters are selected for measurement, including Area, Standard deviation, Min & max gray value, Centroid, Perimeter, Feret's diameter, and others. The 'Add to overlay' option is checked.
- Wand Tool:** A dialog box for selecting a region of interest (ROI) with a tolerance of 50 and the 'Legacy' mode.
- Analyze > Measure:** The menu option used to execute the measurement process on the selected ROI.
- Results Tables:** Multiple screenshots showing the 'Results' window with a table of particle data. The tables are as follows:
 

File	Area	Mean	StdDev	Min	Max	X	Y	Perim.	Circ.	Feret
1	6v.bmp	26936	109.19	28.66	4	197	670.56	159.52	0.49	233.44


File	Area	Mean	StdDev	Min	Max	X	Y	Perim.	Circ.	Feret	
1	6v.bmp	26936	109.19	28.66	4	197	670.56	159.52	0.49	233.44	
2	6v.bmp	14969	64.94	24.60	7	164	1001.62	406.76	1.237	0.12	243.37
3	6v.bmp	1710	169.25	28.57	88	226	169.51	340.49	199.56	0.54	60.84
4	6v.bmp	663	69.71	16.79	31	130	945.58	129.97	184.45	0.34	46.24
5	6v.bmp	12599	103.15	37.87	10	191	1185.76	269.77	638.31	0.39	169.19

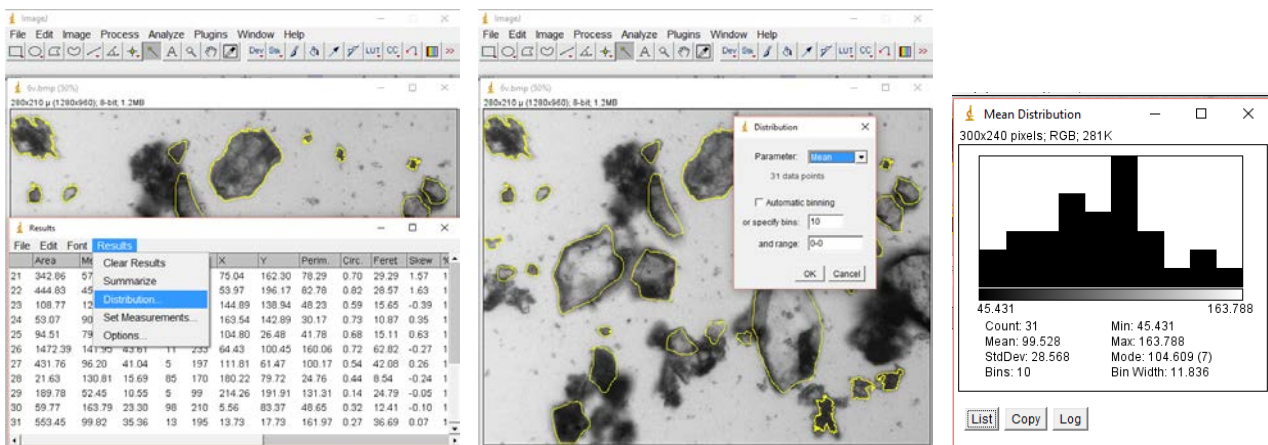
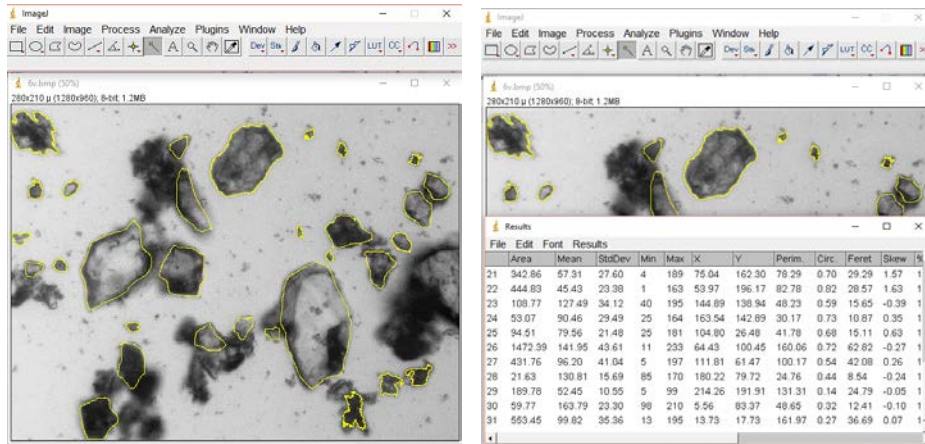
  

File	Area	Mean	StdDev	Min	Max	X	Y	Perim.	Circ.	Feret	
16	6v.bmp	37.75	159.56	18.21	110	197	158.20	4.44	56.95	0.14	9.90
17	6v.bmp	97.67	106.71	15.48	68	164	244.10	86.04	42.92	0.67	14.45
18	6v.bmp	612.26	102.66	22.80	39	163	259.41	59.01	142.10	0.38	37.01
19	6v.bmp	4665.72	108.74	35.61	35	217	86.93	80.19	635.85	0.15	126.25
20	6v.bmp	345.20	69.91	9.02	38	112	210.43	80.76	153.70	0.18	33.84
21	6v.bmp	725.76	79.23	15.11	38	148	219.20	89.00	273.56	0.12	53.24
22	6v.bmp	142.07	78.29	11.33	47	115	254.95	169.17	88.76	0.23	18.72
23	6v.bmp	1960.24	91.28	21.39	26	156	192.26	164.59	706.70	0.05	113.33
24	6v.bmp	1343.62	65.74	11.85	29	111	69.80	154.72	549.24	0.06	62.68
25	6v.bmp	117.77	158.37	14.21	116	183	42.52	80.80	16.18	0.56	4.83
26	6v.bmp	478.94	109.88	33.67	73	204	16.89	113.20	362.63	0.04	37.88

File	Area	Mean	StdDev	Min	Max	X	Y	Perim.	Circ.	Feret	Shew	
15	48	68	164	244.10	86.04	42.92	0.67	14.45	0.15	10		
16	22.80	39	163	259.41	59.01	142.10	0.38	37.01	-0.25	10		
17	35.61	35	217	86.93	80.19	635.85	0.15	126.25	0.53	10		
20	345.20	69.91	9.02	38	112	210.43	80.76	153.70	0.18	33.84	0.26	10
21	725.76	79.23	15.11	38	148	219.20	89.00	273.56	0.12	53.24	0.34	10
22	142.07	78.29	11.33	47	115	254.95	169.17	88.76	0.23	18.72	0.07	10
23	1960.24	91.28	21.39	26	156	192.26	164.59	706.70	0.05	113.33	-0.32	10
24	1343.62	65.74	11.85	29	111	69.80	154.72	549.24	0.06	62.68	-0.01	10
25	117.77	158.37	14.21	116	183	42.52	80.80	16.18	0.56	4.83	-0.27	10
26	478.94	109.88	33.67	73	204	16.89	113.20	362.63	0.04	37.88	0.16	10
- Save Results:** A dialog box for saving the results table to a file, with the filename '20 micras' and the format set to 'Results Table'.

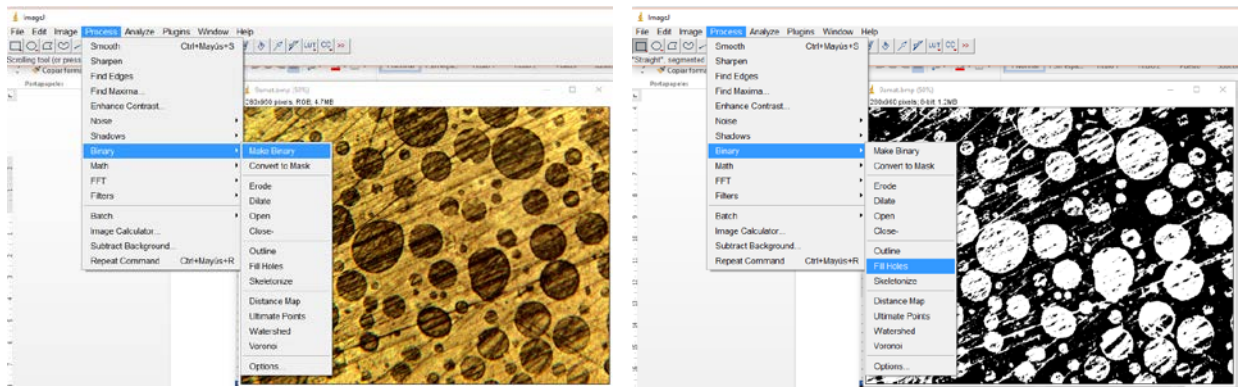
Aparte del comando de **Wand Tool** se puede emplear también el **Freehand Selections**  en la misma operación y sobre la misma imagen. De ese modo aquellas partículas que no se pueden diferenciar con el **Wand Tool** se pueden seleccionar a mano. Se opera de la misma forma, cada vez que se señale una partícula se selecciona **MEASURE**.



En el ejemplo se observa como algunas partículas se han señalado a mano mediante el **Freehand Selections**, sólo las más evidentes. Para comprobar si está siendo correcto el análisis se puede hacer la gráfica de una distribución de Gauss, para ver si se va aproximando a una campana de Gauss o distribución natural. Se observa que aunque no cumple completamente se va acercando (la distribución realizada sólo con el Wand tool no se acercaba a la forma acampanada). Al aumentar el número de resultados juntando los datos de distintas imágenes se puede conseguir un buen análisis de las características de las partículas.

### Microscopía Óptica de Fases del Polímero

- 1) Calibración de la imagen en micras ( $\mu$ ) [550x412,5  $\mu$  (1280x960) aparece en la imagen calibrada][Nota: La imagen siempre se debe calibrar antes de empezar a medir, pero para hacer mejoras en la imagen no es necesario calibrarla dimensionalmente, en todo caso si se quiere calibrar en cuanto a color (usuario experto)].
- 2) Mejorar la imagen si es posible, aplicar los filtros de **Sharpen**, **Enhance Contrast**, etc.
- 3) Determinar el mejor método para medir, porque se pueden emplear varias opciones. La imagen puede tener ralladuras que ha sido muy difícil eliminar. El método más sencillo para este tipo de imagen pasar a **8-bit** (Image>Type>8-bit) y después binarizar **Make Binary** (Analysis>Binary) y a partir de ese momento emplear los comandos de **Erode**, **Dilate**, **Open**, **Close**, etc. Primero probaremos con ellos, teniendo cuidado de emplear de uno en uno para poder aplicar **UNDO** (Edit>Undo) cuando sea necesario. En el ejemplo se emplea el comando **Fill Holes** (Analysis>Binary>Fill Holes)



[Nota: Se puede emplear herramientas de Dibujo para mejorar la imagen en el caso que sea necesario previamente a la operación de **Fill Holes**. En el ejemplo para evitar que se junten varias áreas de la imagen debido a los arañazos. Pinchando dos veces sobre el icono del Pincel **Brush** se puede elegir el color que deseemos, en este caso el idóneo sería negro, así como el grosor]

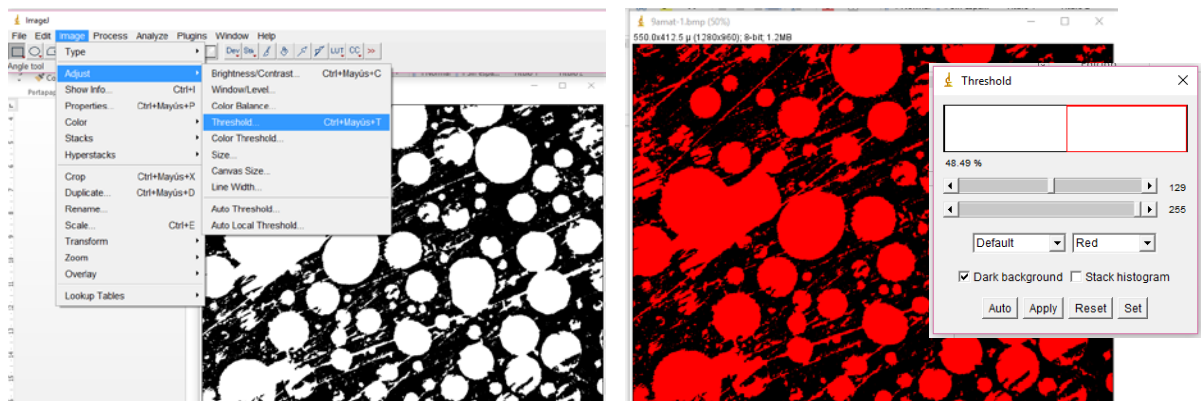
Resultado Fill Holes sin Pincel

Pincel previo a Fill Holes

Resultado Pincel+Fill Holes



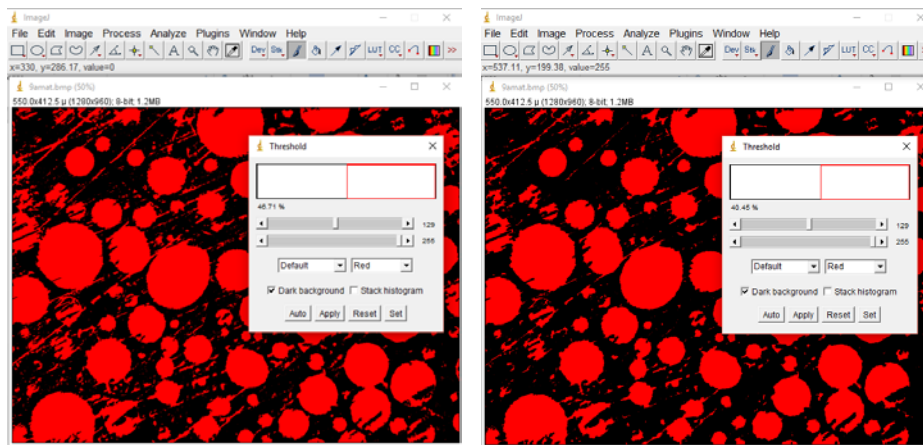
- 4) Si sólo vamos a analizar partículas empleando el modo manual no es necesario porque podemos medir las áreas que estén mejor definidas y podemos hacer el mismo tratamiento para varias imágenes que se emplearán para obtener un resultado global del material.
- 5) Aplicación del **Threshold** para diferenciar los porcentajes aproximados de ambas fases. En el ejemplo, sin emplear el Pincel para separar las áreas conectadas, da un valor de 48,49% de fase esférica.



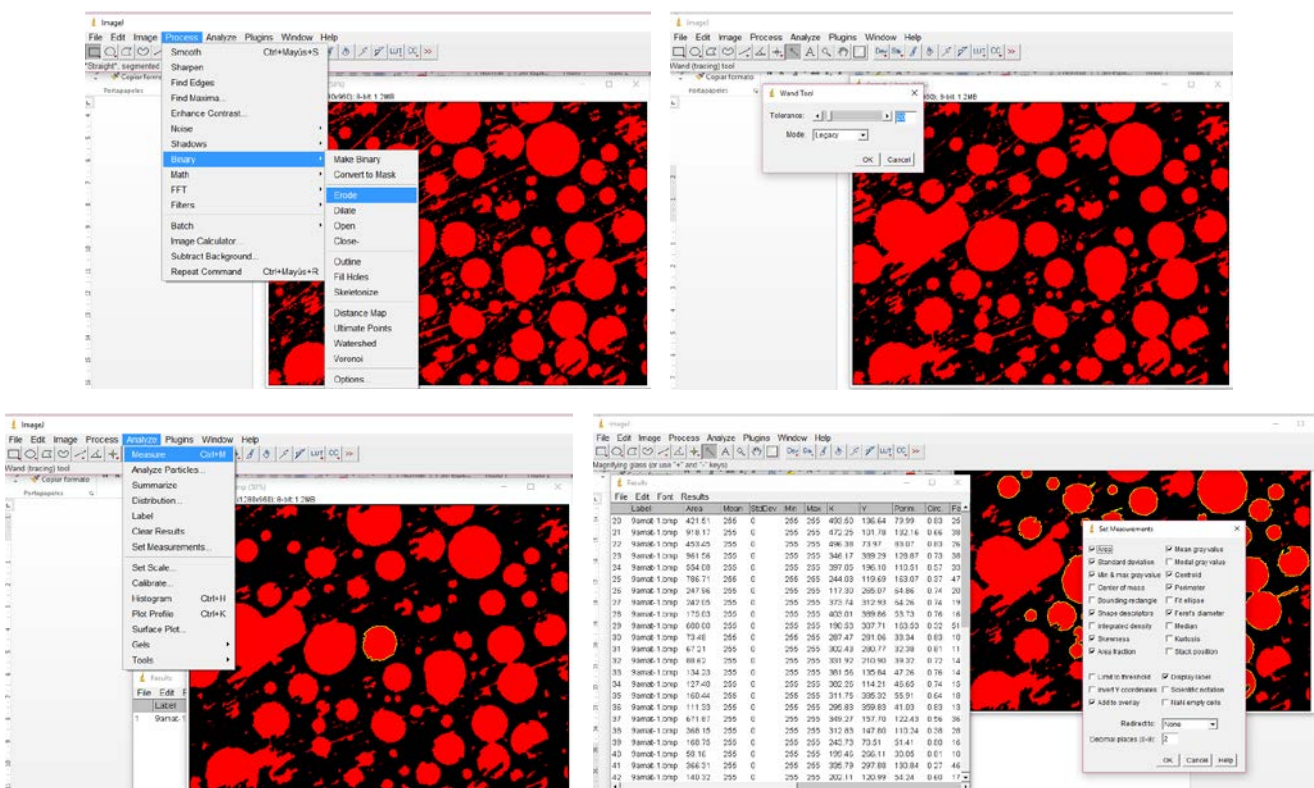
En el caso de haber retocado con el pincel el resultado es de 46,71% de fase esférica. El error entre ambos métodos es inferior al 10%, pero es alto si sólo se mide sobre una sola imagen.

- 6) Se podrán seguir empleando los comandos de **Erode**, **Dilate**, etc., si así lo consideramos necesario. No obstante, hay que tener en cuenta que variarán los valores del porcentaje de fases. En ese sentido, es mejor realizar cualquier operación que afecte a la medida antes.

Pincel + Rellenar huecos (Fill Holes)      Erosión (Erode) posterior



7) Comenzaremos a medir las áreas esféricas con la herramienta **Wand Tool**. Aplicaremos el método anteriormente descrito, alternando sucesivamente selección con medida. Ajustaremos la herramienta en función de la tolerancia. De este modo tendremos al final una tabla de resultados. Previamente deberemos haber elegido en **Set Measurements** los parámetros que deseemos para caracterizar la fase.



8) Se puede elegir ver **Summarize** (Analysis>Summarize) y **Distribution** (Analysis >Distribution). Cuando se selecciona **Summarize** en la tabla de resultados aparecerá la Media (Mean), SD (Standart Deviation – Desviación Estándar), Mínimo y Máximo. En **Distribution**, dependiendo de la variable que elijamos nos saldrán unas representaciones. Ejemplo: Elegimos **Round** (Redondez como factor de forma), cuanto más cercano a 1 la forma es más redonda, cuando más cercana a 0 más irregular. Viendo la microestructura la mayoría de las partículas estarán cercanas a 1. En la opción **List** (dentro de la ventana en la que aparece el gráfico) se puede exportar a Excel para ser representada con el estilo que se prefiera. Los resultados también se pueden exportar a una tabla Excel [Nota: cuidado con los puntos (Inglés) que dependiendo de la configuración del Excel, a veces no los transforma a coma (España)]

Label	Area	Mean	StdDev	Min	Max	X	Y	Perim	Circ	Feret
29	10793	255	0	255	255	117.30	265.07	64.06		
30	1616	255	0	255	255	190.53	307.71	163.53		
31	3334	255	0	255	255	199.46	266.11	30.05		
32	868	255	0	255	255	228.51	297.59	122.49		
33	1502	255	0	255	255	268.47	320.17	203.75		
34	8520	255	0	255	255	335.79	297.88	130.84		
35	12672	255	0	255	255	301.20	249.03	149.51		
36	9044	255	0	255	255	370.46	247.79	259.95		
37	2977	255	0	255	255	331.92	210.90	39.32		
38	1905	255	0	255	255	370.46	247.79	259.95		
39	464	255	0	255	255	331.92	210.90	39.32		
40	498	255	0	255	255	467.92	233.43	579.07		
41	Mean	6592.48	255	0	255	255	255	255		
42	SD	6919.14	0	0	0	124.92	97.49	104.60	0.18	26
43	Min	262	255	0	255	111.03	44.43	30.05	0.20	10
44	Max	25791	255	0	255	524.29	389.29	579.07	0.85	13

Label	Area	Mean	StdDev	Min	Max	X	Y	Perim	Circ	Feret	
34	8520	255	0	255	255	678.99	204.11	986.96	0.72	116.93	
35	12672	255	0	255	255	276.65	726.09	629.65	0.40	156.28	
36	9044	255	0	255	255	441.51	193.90	401.89	0.70	114.56	
37	2977	255	0	255	255	381.70	308.87	268.63	0.52	84.29	
38	1905	255	0	255	255	450.25	683.17	223.04	0.48	59.94	
39	464	255	0	255	255	703.75	653.42	87.25	0.77	30.59	
40	498	255	0	255	255	669.92	654.07	87.28	0.92	27.88	
41	Mean	6592.48	255	0	255	659.67	430.54	318.76	0.68	93.82	
42	SD	6919.14	0	0	0	290.52	236.34	175.80	0.13	50.62	
43	Min	262	255	0	255	192.74	103.51	61.60	0.40	20.62	
44	Max	25791	255	0	255	255	1219.67	905.94	655.80	0.87	210.74

Label	Area	Mean	StdDev	Min	Max	X	Y	Perim	Circ	Feret
29	10793	255	0	255	255	117.30	265.07	64.06		
30	1616	255	0	255	255	190.53	307.71	163.53		
31	3334	255	0	255	255	199.46	266.11	30.05		
32	868	255	0	255	255	228.51	297.59	122.49		
33	1502	255	0	255	255	268.47	320.17	203.75		
34	8520	255	0	255	255	335.79	297.88	130.84		
35	12672	255	0	255	255	301.20	249.03	149.51		
36	9044	255	0	255	255	370.46	247.79	259.95		
37	2977	255	0	255	255	331.92	210.90	39.32		
38	1905	255	0	255	255	370.46	247.79	259.95		
39	464	255	0	255	255	331.92	210.90	39.32		
40	498	255	0	255	255	467.92	233.43	579.07		
41	Mean	6592.48	255	0	255	255	255	255		
42	SD	6919.14	0	0	0	124.92	97.49	104.60	0.18	26
43	Min	262	255	0	255	111.03	44.43	30.05	0.20	10
44	Max	25791	255	0	255	524.29	389.29	579.07	0.85	13

Parameter: Round  
44 data points  
 Automatic binning  
or specify bins: 10  
and range: 0-0  
OK Cancel

Parameter: Round  
44 data points  
 Automatic binning  
or specify bins: Round  
and range: Solidity  
OK Cancel

Label	Area	Mean	StdDev	Min	Max	X	Y	Perim	Circ	Feret
23	9amat-1.bmp	247.96	255	0	255	496.38	73.97	83.07	0.83	26
24	9amat-1.bmp	680.00	255	0	255	437.96	338.42	429.99	0.26	11
25	9amat-1.bmp	58.16	255	0	255	376.26	353.01	172.94	0.72	52
26	9amat-1.bmp	854.29	255	0	255	346.17	389.29	128.87	0.73	38
27	9amat-1.bmp	1879.36	255	0	255	311.75	385.32	55.91	0.64	18
28	9amat-1.bmp	366.31	255	0	255	317.75	183.34	145.78	0.65	42
29	9amat-1.bmp	1368.49	255	0	255	439.60	141.77	127.46		
30	9amat-1.bmp	3787.34	255	0	255	472.25	101.70	132.16	0.66	30
31	9amat-1.bmp	88.62	255	0	255	496.38	73.97	83.07	0.83	26
32	9amat-1.bmp	5251.65	255	0	255	437.96	338.42	429.99	0.26	11
33	9amat-1.bmp	1099.48	255	0	255	376.26	353.01	172.94	0.72	52
34	9amat-1.bmp	1616.08	255	0	255	346.17	389.29	128.87	0.73	38
35	9amat-1.bmp	421.51	255	0	255	311.75	385.32	55.91	0.64	18
36	9amat-1.bmp	918.17	255	0	255	317.75	183.34	145.78	0.65	42
37	9amat-1.bmp	453.45	255	0	255	496.38	73.97	83.07	0.83	26
38	9amat-1.bmp	3826.85	255	0	255	437.96	338.42	429.99	0.26	11
39	9amat-1.bmp	1702.12	255	0	255	376.26	353.01	172.94	0.72	52
40	9amat-1.bmp	961.56	255	0	255	346.17	389.29	128.87	0.73	38
41	9amat-1.bmp	160.44	255	0	255	311.75	385.32	55.91	0.64	18
42	Mean	1219.92	255	0	255	317.75	183.34	145.78	0.65	42
43	SD	1339.86	0	0	0	124.92	97.49	104.60	0.18	26
44	Min	58.16	255	0	255	111.03	44.43	30.05	0.20	10
45	Max	5251.65	255	0	255	524.29	389.29	579.07	0.85	13

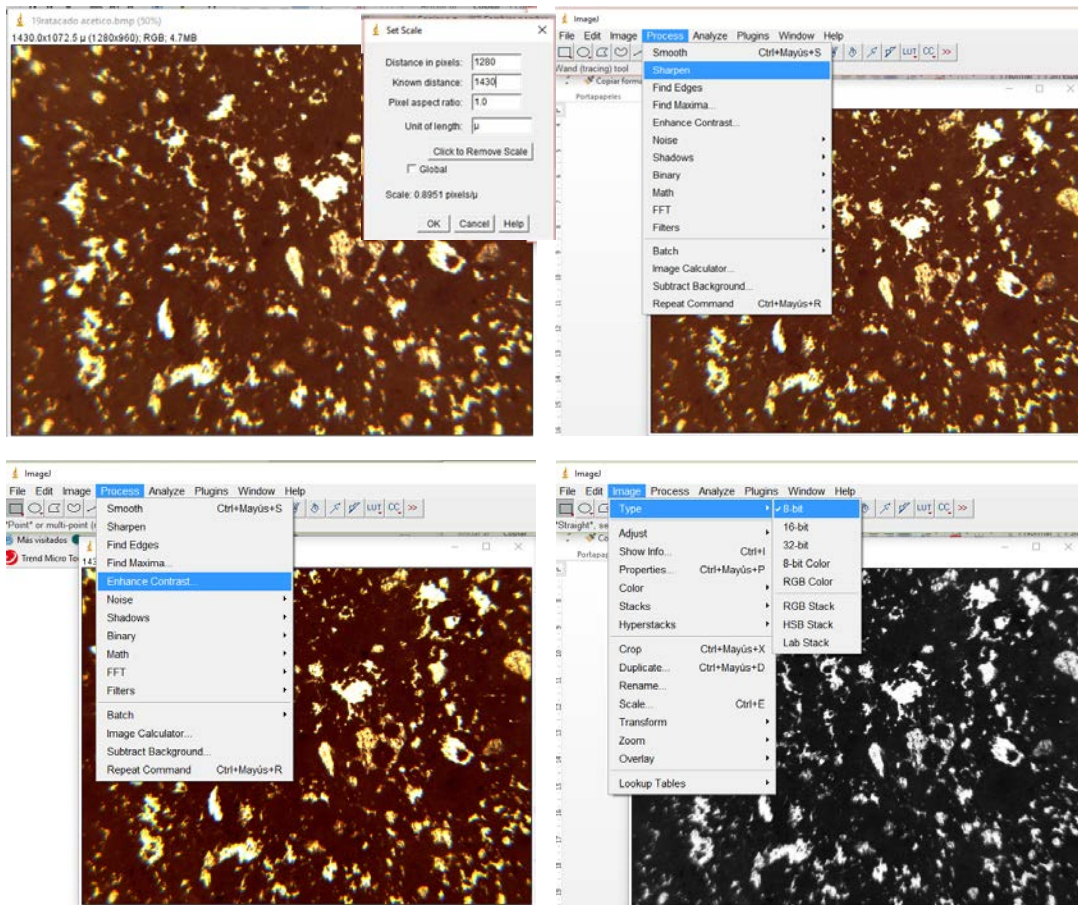
Label	Area	Mean	StdDev	Min	Max	X	Y	Perim	Circ	Feret
23	9amat-1.bmp	247.96	255	0	255	496.38	73.97	83.07	0.83	26
24	9amat-1.bmp	680.00	255	0	255	437.96	338.42	429.99	0.26	11
25	9amat-1.bmp	58.16	255	0	255	376.26	353.01	172.94	0.72	52
26	9amat-1.bmp	854.29	255	0	255	346.17	389.29	128.87	0.73	38
27	9amat-1.bmp	1879.36	255	0	255	311.75	385.32	55.91	0.64	18
28	9amat-1.bmp	366.31	255	0	255	317.75	183.34	145.78	0.65	42
29	9amat-1.bmp	1368.49	255	0	255	439.60	141.77	127.46		
30	9amat-1.bmp	3787.34	255	0	255	472.25	101.70	132.16	0.66	30
31	9amat-1.bmp	88.62	255	0	255	496.38	73.97	83.07	0.83	26
32	9amat-1.bmp	5251.65	255	0	255	437.96	338.42	429.99	0.26	11
33	9amat-1.bmp	1099.48	255	0	255	376.26	353.01	172.94	0.72	52
34	9amat-1.bmp	1616.08	255	0	255	346.17	389.29	128.87	0.73	38
35	9amat-1.bmp	421.51	255	0	255	311.75	385.32	55.91	0.64	18
36	9amat-1.bmp	918.17	255	0	255	317.75	183.34	145.78	0.65	42
37	9amat-1.bmp	453.45	255	0	255	496.38	73.97	83.07	0.83	26
38	9amat-1.bmp	3826.85	255	0	255	437.96	338.42	429.99	0.26	11
39	9amat-1.bmp	1702.12	255	0	255	376.26	353.01	172.94	0.72	52
40	9amat-1.bmp	961.56	255	0	255	346.17	389.29	128.87	0.73	38
41	9amat-1.bmp	160.44	255	0	255	311.75	385.32	55.91	0.64	18
42	Mean	1219.92	255	0	255	317.75	183.34	145.78	0.65	42
43	SD	1339.86	0	0	0	124.92	97.49	104.60	0.18	26
44	Min	58.16	255	0	255	111.03	44.43	30.05	0.20	10
45	Max	5251.65	255	0	255	524.29	389.29	579.07	0.85	13

Label	Area	Mean	StdDev	Min	Max	X	Y	Perim	Circ	Feret
26	9amat-1.bmp	854.29	255	0	255	255	255	255		
27	9amat-1.bmp	1879.36	255	0	255	255	255	255		
28	9amat-1.bmp	366.31	255	0	255	255	255	255		
29	9amat-1.bmp	1368.49	255	0	255	255	255	255		
30	9amat-1.bmp	3787.34	255	0	255	255	255	255		
31	9amat-1.bmp	88.62	255	0	255	255	255	255		
32	9amat-1.bmp	5251.65	255	0	255	255	255	255		
33	9amat-1.bmp	1099.48	255	0	255	255	255	255		
34	9amat-1.bmp	1616.08	255	0	255	255	255	255		
35	9amat-1.bmp	421.51	255	0	255	255	255	255		
36	9amat-1.bmp	918.17	255	0	255	255	255	255		
37	9amat-1.bmp	453.45	255	0	255	255	255	255		
38	9amat-1.bmp	3826.85	255	0	255	255	255	255		
39	9amat-1.bmp	1702.12	255	0	255	255	255	255		
40	9amat-1.bmp	961.56	255	0	255	255	255	255		
41	9amat-1.bmp	160.44	255	0	255	255	255	255		
42	Mean	1219.92	255	0	255	255	255	255		
43	SD	1339.86	0	0	0	124.92	97.49	104.60	0.18	26
44	Min	58.16	255	0	255	111.03	44.43	30.05	0.20	10
45	Max	5251.65	255	0	255	524.29	389.29	579.07	0.85	13

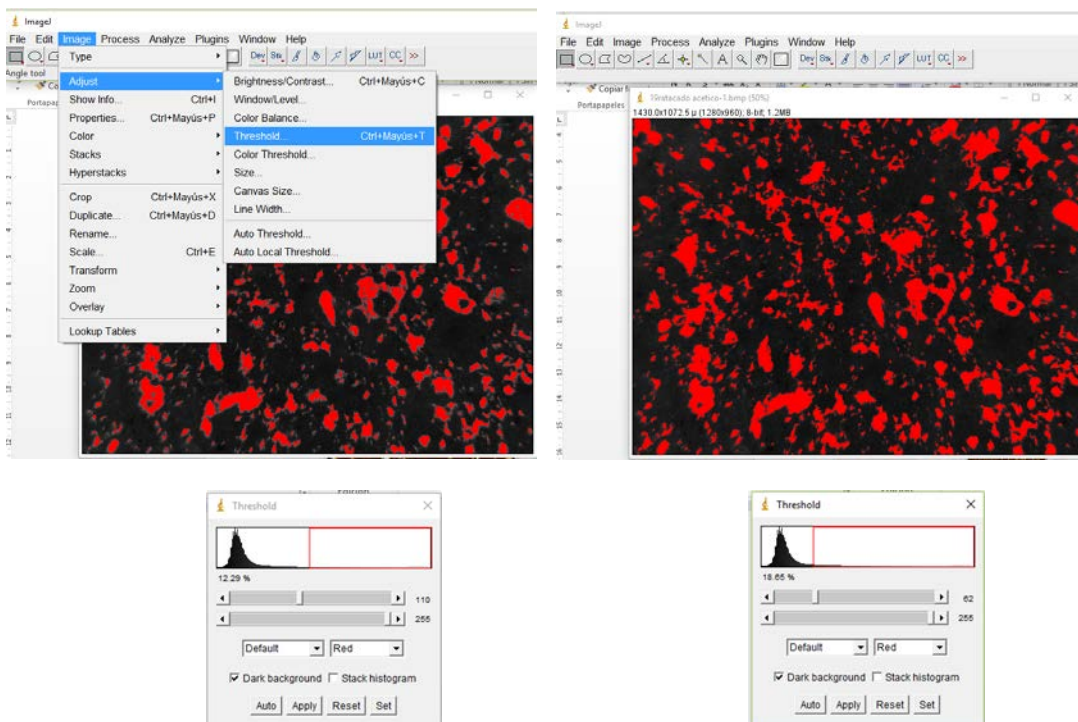
Save Results dialog box showing file list and '2551.65' selected in the Name field.

## Microscopía Óptica de Fases en la mezcla Caolín-Residuos

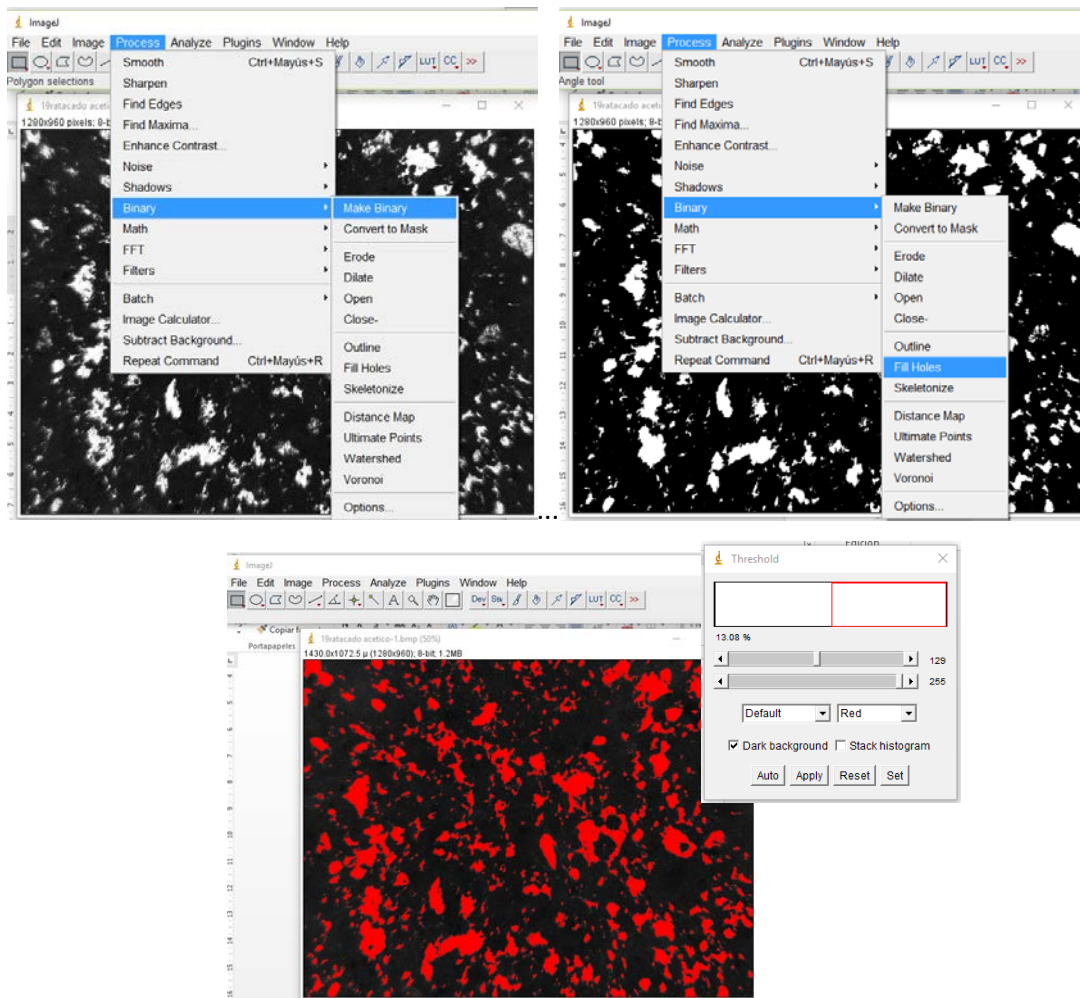
- 1) Calibración de la imagen en micras ( $\mu$ ) [1430x1072,5 $\mu$  (1280x960) aparece en la imagen calibrada][Nota: La imagen siempre se debe calibrar antes de empezar a medir, pero para hacer mejoras en la imagen no es necesario calibrarla dimensionalmente, en todo caso si se quiere calibrar en cuanto a color (usuario experto)].
- 2) Mejorar la imagen si es posible, aplicar los filtros de **Sharpen**, **Enhance Contrast**, etc.
- 3) Pasar la imagen a 8-bit (Image>Type>8-Bit) en escala de grises.



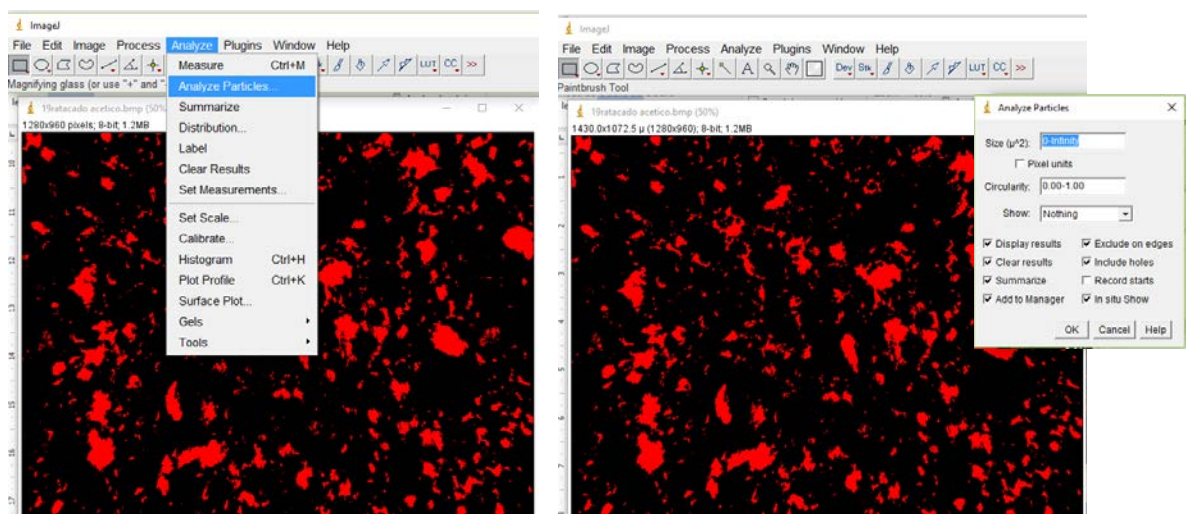
- 4) Mediante el **Threshold** ajustamos el área ocupada por las fases blancas. Por defecto sale un valor de 12,29% de fases blancas. Si movemos el cursor ajustamos el borde de las fases a un valor del 18,65%. Hay bastante diferencia entre ambas medidas, para minimizar el error se deben hacer medidas sobre distintas fotos y sacar la media de los valores.



- 5) Podemos optar por binarizar, **Binary**, la imagen en vez de analizar en escala de grises. De esta forma podemos comprobar cuál de los dos métodos es el más adecuado. Después de binarizar optamos por usar **Fill Holes** (rellenar huecos). Se aplica **Threshold** y en este caso vemos que el área ocupada por las fases blancas es 13,08%, un valor intermedio a los calculados anteriormente y más próximo al que salía por defecto en escala de grises.



- 6) Una vez ajustada, se procede a realizar la medida automática de las áreas blancas, puesto que la imagen ha quedado bien definida. Se elige **Analyze Particles** y se selecciona **Exclude on edges** para evitar que las áreas queden cortadas en los límites de la imagen e **Include Holes** para evitar posible fallos en la preparación metalográfica.



- 7) Se selecciona **Summarize** para tener los valores medios y globales en la tabla de resultados.  
 8) Se graban las distintas tablas de resultados generadas en formato Excel para ser tratadas con este programa. Si se pulsa **Flatten (F)** se puede obtener una imagen con las etiquetas y las áreas medidas.

Summary

Slice	Count	Total Area	Average Size	%Area
19ratacado acetico bmp	1093	141732	129.672	11.534

Results

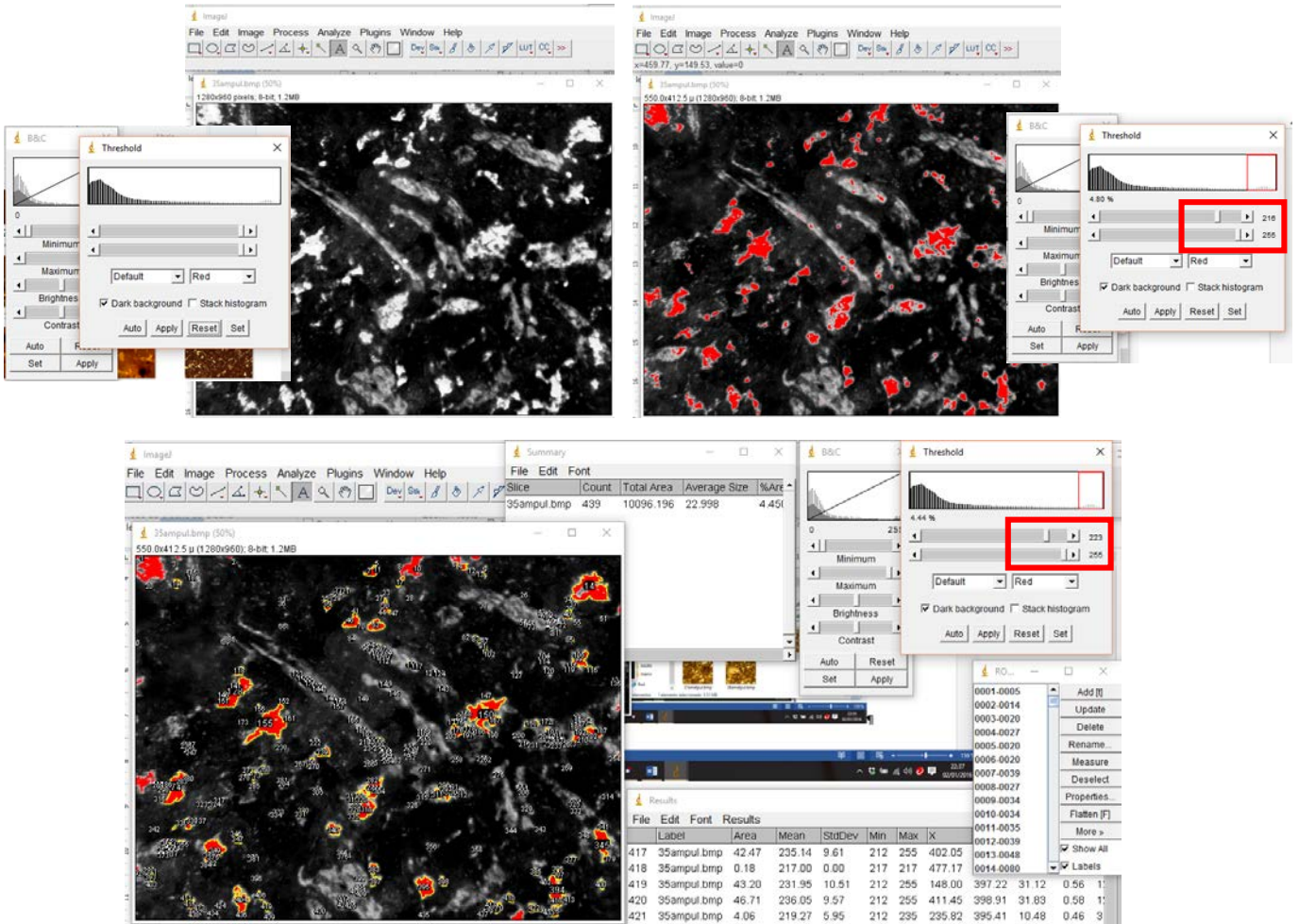
Label	Area	Mean	StdDev	Min	Max	X	Y	Perim.	Circ.	Feret	Skew	%
1087	3	255	0	255	255	435.50	951.50683	0.81	3.16	NaN	1	
1088	1	255	0	255	255	443.50	950.50283	1.00	1.41	NaN	1	
1089	1	255	0	255	255	863.50	950.50283	1.00	1.41	NaN	1	
1090	1	255	0	255	255	233.50	954.50283	1.00	1.41	NaN	1	
1091	1	255	0	255	255	13.50	956.50283	1.00	1.41	NaN	1	
1092	1	255	0	255	255	455.50	956.50283	1.00	1.41	NaN	1	
1093	2	255	0	255	255	233.50	958.00483	1.00	2.24	NaN	1	
1094 Mean	129.67255	0	255	255	633.00	491.8634.11	0.78	11.55	NaN	1		
1095 SD	471.930	0	0	0	358.64	272.6463.78	0.24	17.24	NaN	0		
1096 Min	1	255	0	255	255	1.50	3.32	2.83	0.13	1.41	1.798E3	
1097 Max	5469	255	0	255	255	1274.61	958.00610.91	1.00	136.49	-1.798E3		

Save Results

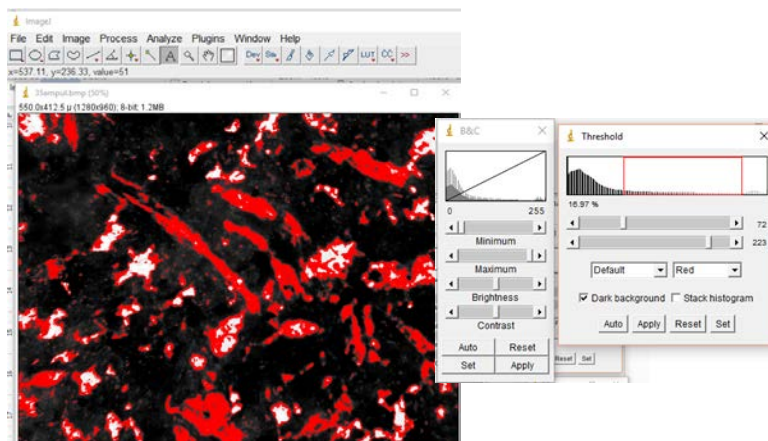
Guardar en: caolin ladrillo 1150C

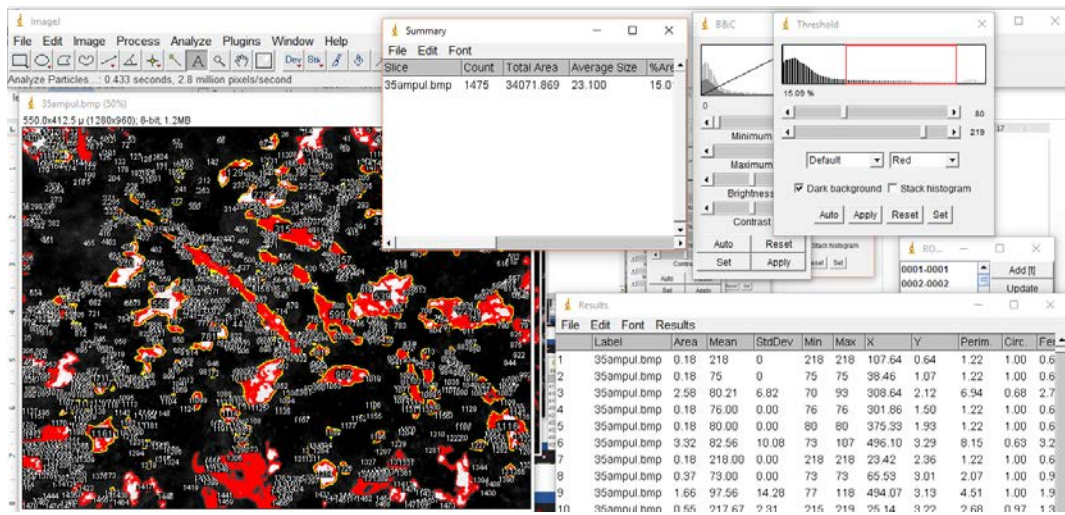
Nombre	Fecha de modifica...	Tipo
1r.bmp	27/11/2015 12:22	Archivo
2r.bmp	27/11/2015 12:23	Archivo
3r.bmp	27/11/2015 12:24	Archivo
3vat.bmp	04/12/2015 11:41	Archivo
4r.bmp	27/11/2015 12:25	Archivo
5am.bmp	27/11/2015 12:26	Archivo
6am.bmp	27/11/2015 12:27	Archivo
7am.bmp		Archivo
8am.bmp	27/11/2015 12:28	Archivo
9am.bmp		Archivo
10am.bmp	27/11/2015 12:29	Archivo
11am.bmp	27/11/2015 12:41	Archivo
12am.bmo	27/11/2015 12:42	Archivo

- 1) Calibración de la imagen en micras ( $\mu$ ) [550x412,5 $\mu$  (1280x960) aparece en la imagen calibrada]
- 2) Mejorar la imagen si es posible, aplicar los filtros de **Sharpen**, **Enhance Contrast**, etc. En este caso en concreto es mejor ajustarla manualmente con **Adjust** (Image>Adjust>Brightness/Contrast). Se distinguen claramente 3 fases a mayores aumentos.
- 3) Pasar la imagen a 8-bit (Image>Type>8-Bit) en escala de grises.
- 4) Para calcular los porcentajes relativos de las fases es necesario ajustar individualmente cada una de ellas. Se empezará por la más blanca (cromáticamente está cerca del mayor valor 223-255, 223 ajuste más fino que el inicial 216). Seleccionaremos **Analyze Particles** en (Analyze>Analyze Particles) y se realizará el conteo automático. Finalmente se seleccionará **Summarize** y se grabarán los resultados como una hoja Excel.

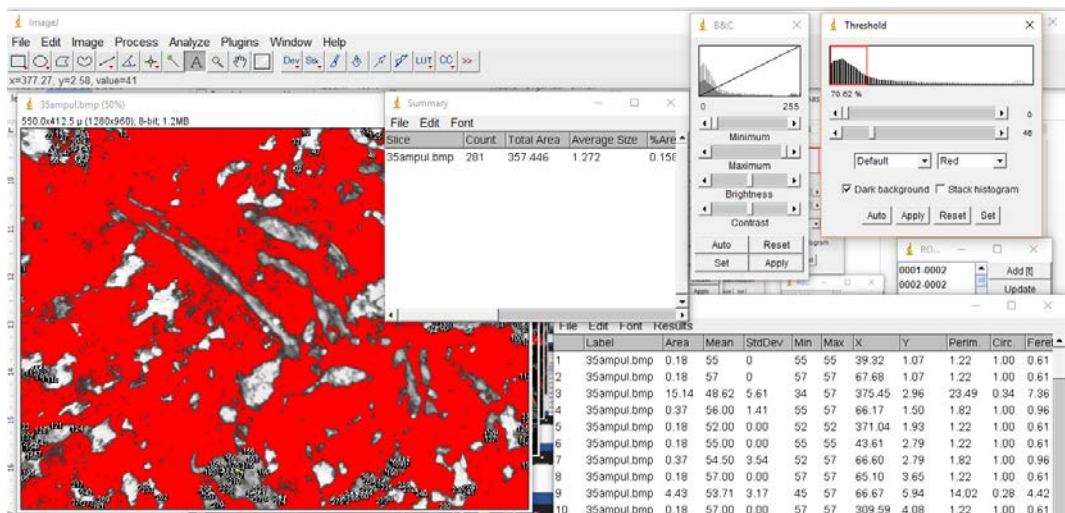


- 5) Se proseguirá por la que posee un color gris claro (cromáticamente está cerca del mayor valor 72-223 aproximadamente). Seleccionaremos **Analyze Particles** y finalmente **Summarize** para dar por terminada la obtención de datos de esta fase.



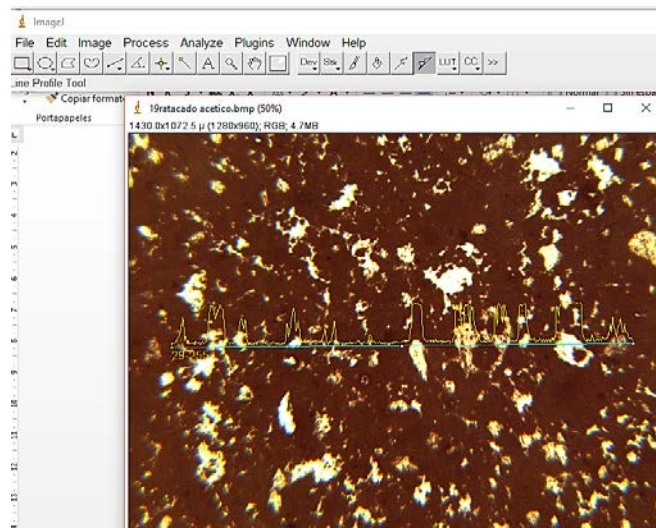


6) Se finalizará analizando la fase de color más oscuro (cromáticamente tiene los valores más bajos y cercanos a 0 o negro). Seleccionaremos **Analyze Particles** y finalmente **Summarize** para dar por terminada la obtención de datos de esta fase. [Nota: es conveniente anotar los valores límites de las fases para que no solapen o queden franjas de color sin analizar].




### Trazado de un perfil colorimétrico

1) En este caso simplemente se emplea el comando de **Line Profile** se elige una zona representativa de la imagen y se traza una línea. Simultáneamente junto con la línea aparece el perfil colorimétrico. Es una buena herramienta para determinar espesores, pistas de desgaste, gradientes de concentración, etc.



### Detección de fases cuando no son fácilmente reconocibles

- 1) Se puede intuir la existencia en función de los valores cromáticos de la imagen. Lo más habitual es emplear microscopía electrónica para determinarlas y cuantificarlas. El comando **Lookup Tablas Action Tool** , permite cambiar valores de saturación, tonos, etc. para identificar las posibles fases que pudiesen existir.
- 2) Después de realizar la mejora de la imagen y la transformación a escala de grises se puede emplear esta herramienta. Se pulsa repetidamente sobre el icono hasta encontrar la imagen o imágenes que más diferencien las fases que puedan existir.

