

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 031 907**

21 Número de solicitud: 202530478

51 Int. Cl.:

G01N 21/71 (2006.01)

B29B 17/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

30.05.2025

43 Fecha de publicación de la solicitud:

11.07.2025

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
(55.60%)**

AVENIDA DE SENECA, 2

28040 Madrid (Madrid) ES;

**COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
(CNEA) (33.30%) y**

INSTITUTO DE SALUD CARLOS III (11.10%)

72 Inventor/es:

CÁCERES GIANNI, Jorge Omar;

LOPEZ OCHOA, Marcos;

CÁRDENAS ESCUDERO, Jafet;

URRACA RUIZ, Javier Lucas;

SANCHEZ OROZCO, Claudia Alejandra;

GALÁN MADRUGA, David;

LUCÍA, Andrés;

ARARAT IBARGUREN, Carlos Eduardo y

GÓMEZ SÁNCHEZ, Paul Yenner

54 Título: **Detección de microplásticos en muestras medioambientales**

57 Resumen:

Detección de microplásticos en muestras medioambientales.

Los microplásticos (MPs) son partículas de tamaño inferior a 5 mm que se producen por la degradación de plásticos de mayor tamaño. Existe preocupación por la contaminación que provocan, al ser portadores de otros contaminantes y al suponer una amenaza para la salud humana. Por ello, se han desarrollado métodos para detección e identificación de MPs en muestras medioambientales, si bien estos métodos presentan inconvenientes por su alto coste o por su complejidad y no permiten realizar una detección simultánea de distintos tipos de MPs en una misma muestra.

Se presenta un procedimiento que permite la detección e identificación de MPs en muestras mediante la combinación novedosa de preparación de muestra y espectroscopia de plasma inducida por láser (LIBS). El análisis es rápido y permite la detección e identificación de cualquier tipo de microplástico en muestras medioambientales.

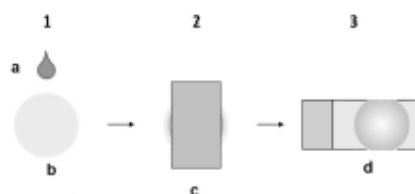


Figura 2

ES 3 031 907 A1

DESCRIPCIÓN

Detección de microplásticos en muestras medioambientales

5 SECTOR DE LA TÉCNICA

Esta patente se enmarca en el campo de la química analítica encargado de llevar a cabo la detección y clasificación de microplásticos en muestras medioambientales. Para esto se propone una novedosa preparación de muestra para la inmovilización de microplásticos en cinta adhesiva sobre un soporte de vidrio. Una vez preparada la muestra, se realiza una medida por espectroscopía de plasma inducido por láser (LIBS) para la construcción de imágenes que permitan evaluar la distribución de los microplásticos en la muestra medioambiental. El procedimiento permite la detección de microplásticos en un rango de 5mm a 1 micra.

15

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Desde su descubrimiento, ha surgido la preocupación por la contaminación medioambiental provocada por los microplásticos (MPs). Los MPs (partículas de tamaño inferior a 5 mm) se producen debido a la degradación de plásticos de mayor tamaño y pueden presentar una gran variedad de formas y composiciones. Sirven como portadoras de otros contaminantes emergentes (por ejemplo, compuestos orgánicos hidrófobos como el DDT y derivados del fenantreno) debido a su naturaleza lipofílica y a su gran superficie, y suponen una amenaza para la salud humana (Wang T. et al. *Interactions between Microplastics and Organic Pollutants: Effects on Toxicity, Bioaccumulation, Degradation, and Transport*, Sci.Total Environ. 748 (2020)). Los estudios científicos demuestran que los seres humanos consumen MPs a diario, ya sea inhalándolas o ingiriéndolas. Este hecho es muy relevante para la salud ya que, aunque los materiales plásticos se consideran inertes, se han descrito efectos perjudiciales para tejidos y células a micro y nanoescala. Como mecanismo toxicológico, los MPs causan estrés oxidativo en la región donde se acumulan debido a la presencia de especies reactivas de oxígeno y radicales libres generados en sus procesos de degradación. Junto a los MPs, los aditivos utilizados en la elaboración de plásticos (como el Bisfenol A o los ftalatos) mantienen otro aspecto preocupante para la Salud Pública ya que es bien conocido su papel como disruptores endocrinos,

35

bloqueando vías de la red neuroendocrina reguladora y afectando así a la síntesis y respuesta a las hormonas (Solleiro-Villavicencio, H. et al. *The Detrimental Effect of Microplastics on Critical Periods of Development in the Neuroendocrine System*, Birth Defects Res 112 (2020)).

5

Dado que los MPs pueden ser transportados por la masa de aire, se ha demostrado su presencia en las montañas más altas de Europa o en regiones remotas (por ejemplo, los mares árticos) (Bergmann, M. et al. *White and Wonderful? Microplastics Prevail in Snow from the Alps to the Arctic*, Sci Adv 5 (2019)). En este sentido, los escenarios contaminantes causados por los MPs en la matriz aérea han sido un tema de investigación de tendencia en los últimos años. En cambio, el número de estudios relativos a la presencia de MPs en los compartimentos acuáticos del medio ambiente es significativamente menor que los relativos a las MPs transportadas por el aire, lo que justifica la necesidad de desarrollar nuevos enfoques metodológicos que permitan la identificación de MPs en muestras de agua dulce y salada (Chu X. et al. *Occurrence and Distribution of Microplastics in Water Supply Systems: In Water and Pipe Scales*, Sci.Total Environ. 803 (2022)).

A día de hoy, se ha publicado una creciente variedad de trabajos (algunos de ellos con más de una década de antigüedad) sobre el uso de LIBS en plásticos. En este campo, se han encontrado diversas aplicaciones para la técnica, como la clasificación rápida y de bajo coste del material plástico. Sin embargo, la mayoría de ellas se llevaron a cabo en muestras de plástico pertenecientes a una escala macro. Esto no es una limitación per se, ya que el ámbito de los trabajos anteriormente mencionados era trabajar con residuos plásticos de gran tamaño.

Uno de los estudios que sí ha tratado de estudiar MPs se servía de la técnica single particle-ICP-MS (Brunnbauer L. et al. *Novel calibration approach for particle size analysis of microplastics by laser ablation single particle-ICP-MS*, JAAS (2025)) Sin embargo, este trabajo abarca solo la caracterización en sentido de tamaño, sin tener en cuenta a morfología de los MPs. Además, plantea un método ineficaz a la hora de detectar y diferenciar distintos tipos de MPs.

En cuanto a la forma de detectar MPs, la obtención de imágenes por espectroscopia de descomposición inducida por láser (LIBS) puede suponer una mejora notable. Las

investigaciones anteriores que han tratado de evaluar los MPs también se enfrentan a notables limitaciones. En este sentido, el valioso estudio de Brunnbauer et al. permitió obtener imágenes de la distribución de los MPs; sin embargo, el coste de la instrumentación cuando se utiliza LA-ICP-MS resulta demasiado elevado para una aplicación a escala más significativa (Brunnbauer L. et al. *Capabilities of Simultaneous 193 Nm - LIBS/LA-ICP-MS Imaging for Microplastics Characterization*, Talanta 269 (2024)). Como otra limitación, el uso exclusivo del protocolo de obtención de imágenes LIBS sólo fue eficaz cuando se detectaron plásticos que contenían flúor. Dentro del mismo marco, otros estudios anteriores necesitaron un complejo proceso de preparación de muestras que eleva no sólo el coste del análisis sino también el tiempo necesario para realizar las mediciones. Por ejemplo, Vaisakh et al. necesitaron eliminar los materiales orgánicos mediante el método de oxidación húmeda con peróxido, que implica el gasto de mayores volúmenes de disolventes para analizar una muestra pequeña, y Sommer et al. no eliminaron la materia orgánica, separando los plásticos del sedimento mediante separación por densidad, lo que conlleva (i) un proceso largo para aislar los MPs (hasta 15 horas), y (ii) un método poco probable para extraer las partículas de PVC y PET (Vaisakh, P. S. et al. *Integrated LIBS-Raman Spectroscopy: A Comprehensive Approach to Monitor Microplastics and Heavy Metal Contamination in Water Resources*, Environ. Res. 231 (2023)).

Un trabajo más reciente llevó a cabo la detección de microplásticos en muestras atmosféricas simuladas junto con redes neuronales. Sin embargo, la metodología de trabajo aplicada es válida para muestras atmosféricas debido al impacto que tiene la humedad en el aire sobre la agregación de MPs (Chen Y. et al, *Online in situ detection of atmospheric microplastics based on laser-induced breakdown spectroscopy*, Journal of Laser Applications, 37 (2025)). Adicionalmente otra desventaja del método propuesto en el trabajo mencionado es el tamaño del haz del láser (7 mm) es considerablemente mayor que los microplásticos analizados. Este parámetro haría inviable la clasificación de MPs en muestras de aire que contuviesen distintos tipos de MPs.

La presente investigación pretende desarrollar un nuevo enfoque para identificar MPs en muestras ambientales, de micrómetros o submicrómetro, particularmente en la matriz acuosa. Como novedad respecto a estudios anteriores, se ha desarrollado un protocolo sencillo para garantizar la integridad de la muestra, analizar plásticos en el orden de los micro y submicro metros y reducir tanto los costes como el tiempo de

análisis. De este modo, las muestras medioambientales pueden analizarse de forma rápida y económica, un punto clave en la evaluación de la contaminación a mayor escala. La patente permite extender los análisis además de las muestras acuosas a muestras atmosféricas.

5

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

La presente invención describe la preparación de un soporte de vidrio con cinta adhesiva utilizado para inmovilizar MPs presentes en una muestra medioambiental.

10 Posteriormente se describe la medida mediante LIBS conjunto con el protocolo de tratamiento de datos que permita la obtención de imágenes que reflejen la distribución de los MPs en la muestra. El procedimiento permite la detección de microplásticos en un rango de 5mm a 1 micra.

15 La preparación de la muestra consiste en los siguientes pasos:

- Los MPs se aíslan de la muestra de agua utilizando un filtro de laboratorio capaz de retener el material particulado.
- El filtro se coloca sobre cinta adhesiva de doble cara para retener los microplásticos en el material adhesivo. La otra cara de la cinta adhesiva se pega a un vidrio de microscopio que cumple una función de soporte.
- Se aplica presión (en un rango de 50 a 100 g cm⁻² durante 1 minuto).

20 En el caso donde la muestra medioambiental es una muestra acuosa los microplásticos se aíslan en filtros de agua. Si la muestra medioambiental es una muestra atmosférica los microplásticos se atrapan en un filtro a través de un colector de aire. En el caso de que la muestra medioambiental sea una muestra de suelo los microplásticos se extraen previamente de dicho suelo y, una vez suspendidos en una muestra líquida se aíslan en un filtro de líquidos.

30

Tras preparar la muestra se procede al análisis por LIBS midiendo espectros de emisión cada 200 µm horizontal y verticalmente.

35 El equipo de obtención de imágenes LIBS proporciona un único archivo consistente en una matriz de datos. La primera columna consiste en la longitud de onda, y las

columnas siguientes corresponden a cada espectro. Así pues, se desarrolló un método de procesamiento de datos para transformar los archivos sin procesar en una matriz estructurada, que representara con precisión la distribución espacial del elemento objetivo de los MPs.

5

Para ello, se siguen una serie de pasos:

- 10 - Se programó el programa KNIME Analytics (*open source*) para normalizar todos los espectros de una secuencia de medidas y construir la distribución elemental deseada en una muestra. Esta normalización se realiza dividiendo todas las intensidades por la de la línea de emisión máxima del sodio (Na 589,14 nm según la base de datos del NIST) o cualquier otra línea presente en todos los plásticos analizados.
- 15 - Se selecciona la longitud de onda de la línea de emisión del elemento representativo del plástico que se va a mapear y se aísla del resto del conjunto de datos. En este punto, los datos consisten en una matriz de datos de una sola fila, en la que cada columna es la intensidad de emisión del elemento deseado en cada disparo del láser.
- 20 - Por último, esta fila se divide para obtener una matriz de datos numérica con varias filas y columnas que coinciden con las dimensiones de mapeo realizadas.

De esta forma, lo que se obtiene es una matriz de datos que refleja la distribución espacial del elemento aislado.

25

El tratamiento de la imagen se realizó con el programa ImageJ para obtener la distribución correcta del elemento. Dado que cada píxel de la imagen obtenida corresponde a la intensidad en cada disparo láser, la imagen se suavizó para corregir los bordes de cada píxel. De este modo, se obtiene una superficie relativa a la distribución del elemento deseado en la muestra. Para aislar las señales correspondientes a microplásticos, se fija un umbral inferior para cada matriz de datos. Así, todas las señales con una intensidad inferior a este límite se tomarán como nulas, y su valor se convertirá en cero. Este tratamiento de la imagen permite obtener una distribución del elemento mediante la medición LIBS, que se confirma superponiendo la imagen LIBS a una imagen obtenida por microscopía de la región mapeada.

30

35

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

En las figuras adjuntas, con carácter ilustrativo y no limitativo, se muestran las principales características de la invención.

5

Figura 1. Espectros de emisión de los plásticos analizados: (A) Plástico 1, (B) Plástico 2, (C) Plástico 3, (D) Plástico 4.

10 **Figura 2.** Diagrama representativo de los tres pasos del protocolo de preparación de muestra: **1.** La muestra con MPs suspendidos (a) se hace pasar por un filtro (b) que retiene el material particulado, **2.** Se adhiere una cinta adhesiva de doble cara (c) al filtro con los MPs para inmovilizarlos y **3.** La otra cara de la cinta adhesiva se fija al vidrio soporte (d).

15 **Figura 3.** Superposición de la distribución elemental obtenida mediante LIBS (longitud de onda de emisión 455.35 nm) se superpone a la imagen microscópica para confirmar la correcta detección de MPs con contenido de bario.

20 **Figura 4.** Superposición de la distribución elemental obtenida mediante LIBS (longitud de onda de emisión 746.82 nm) se superpone a la imagen microscópica para confirmar la correcta detección de MPs con contenido de yodo.

25 **Figura 5.** Superposición de la distribución elemental obtenida mediante LIBS (longitud de onda de emisión 670.81 nm) se superpone a la imagen microscópica para confirmar la correcta detección de MPs con contenido de litio.

30 **Figura 6.** Superposición de la distribución elemental obtenida mediante LIBS (longitud de onda de emisión 837.56 nm) se superpone a la imagen microscópica para confirmar la correcta detección de MPs con contenido de cloro.

35 **Figura 7.** Superposición de las distintas distribuciones elemental obtenida mediante LIBS para tres muestras: **A.** Mezcla 1, **B.** Mezcla 2 y **C.** Mezcla 3. Esta figura pone en evidencia la capacidad del método no solo de detectar sino también de diferenciar MPs.

Figura 8. Microplástico fluorescente presente en una muestra de suelo observado mediante microscopía óptica asistida por luz ultravioleta.

Figura 9. Imagen de microplástico inmovilizado en un filtro de aire, obtenida mediante
5 microscopía óptica asistida por luz ultravioleta.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

La presente invención se ilustra adicionalmente mediante los siguientes ejemplos, los
10 cuales no pretenden ser limitativos de la misma.

Ejemplo 1. Detección de microplásticos con contenido de bario

Se analizó mediante la técnica LIBS un fragmento de plástico con contenido de bario,
15 lo cual se confirmó debido a la señal de emisión a 455.35 nm correspondiente a este elemento observando el espectro de la Figura 1A (el espectrómetro utilizado para el análisis usó un ajuste de retardo y puerta de 1 μ s y 10 μ s, respectivamente, para registrar un rango espectral de 200 a 1000 nm).

20 A continuación, para preparar las muestras de MPs, se utilizó una batidora de laboratorio. Para facilitar este paso, los plásticos se fragilizaron añadiendo N₂ líquido. Los MPs se suspendieron en agua destilada a una concentración de 1 mg mL⁻¹. La muestra se pasó por un filtro de laboratorio con la intención de retener el material particulado para su posterior análisis (Figura 2).

25 La preparación de la muestra consiste en poner una cinta adhesiva de doble cara sobre el filtro (de un tamaño igual o mayor a 22 μ m) de tal forma que el particulado quede en contacto con el material adhesivo. La otra cara adhesiva de la cinta se adhiere a un vidrio de microscopio que actúa como soporte físico. Se aplica una presión de
30 aproximadamente 100 g cm⁻² durante 1 minuto y se retira el filtro ya que los MPs se habrán quedado fijados en el soporte.

Se realiza el análisis LIBS midiendo espectros de emisión cada 200 μ m horizontal y
35 verticalmente. Para esto se utiliza un láser Nd:YAG con pulsos de 532 nm, una energía de 32 mJ y una frecuencia de repetición de 15 Hz.

Una vez registrados los espectros de emisión de cada uno de los disparos, se obtuvo la distribución espacial de los microplásticos. Para esto, se aísla la señal a 455.35 nm en cada uno de los píxeles siguiendo el protocolo descrito en la explicación de la invención.

La distribución obtenida se sobrepone a una imagen de microscopio para confirmar la correcta detección de los microplásticos. Esto se refleja en la Figura 3.

10 **Ejemplo 2.** Detección de microplásticos con contenido de yodo

De la misma forma descrita en el ejemplo 1, se confirma la presencia de yodo en un segundo plástico debido a la observación de la señal de emisión a 746.82 nm correspondiente a este elemento.

15

Se siguen los mismos protocolos, tanto de preparación de muestra como de medida, aplicados en el Ejemplo 1 para obtener, retener y detectar los MPs de este segundo plástico. En el caso de este ejemplo, debido a que se tienen MPs con contenido de yodo, la longitud aislada en el tratamiento de datos para cada uno de los píxeles será 746.82 nm.

20

Aplicando el tratamiento de imagen descrito en la explicación de la patente se obtiene la Figura 4, que confirma la utilidad de este protocolo para detectar estos MPs

25 **Ejemplo 3.** Detección de microplásticos con contenido de litio

Siguiendo las medidas descritas en el ejemplo 1, la presencia de litio en el tercer plástico se corrobora debido a la señal de emisión del elemento a 670.81 nm.

30 Se emplean los mismos protocolos de preparación de muestras y medición utilizados en el Ejemplo 1 para la obtención, retención y detección de los MPs correspondientes a este segundo tipo de plástico. En este caso, dado que los MPs contienen litio, la longitud aislada en el procesamiento de datos para cada píxel será de 670.81 nm.

35 El tratamiento de imagen permite, sobreponiendo la distribución de MPs obtenida por

la técnica LIBS con la imagen óptica de microscopio (Figura 5), confirmar la detección de los MPs.

Ejemplo 4. Detección de microplásticos con contenido de cloro

5

De acuerdo con las medidas descritas en el Ejemplo 1, la presencia de cloro en el cuarto plástico se confirma a través de la señal de emisión característica del elemento a 837.56 nm.

10

Para la obtención, retención y detección de los MPs de este segundo tipo de plástico, se aplican los mismos protocolos de preparación de muestras y medición empleados en el Ejemplo 1. En este caso, debido a la presencia de litio en los MPs, la longitud aislada durante el procesamiento de datos para cada píxel es de 837.56 nm.

15

Asimismo, el tratamiento de imagen, mediante la superposición de la distribución de MPs obtenida a través de la técnica LIBS con la imagen óptica de microscopio (Figura 6), permite confirmar la detección de los MPs.

20

Ejemplo 5. Detección y diferenciación de microplásticos en mezclas complejas

Se tomaron los diferentes MPs preparados en los Ejemplos 1 al 4 y suspenden en agua destilada. Se preparan distintas muestras para estudiar diferentes mezclas de MPs. Las concentraciones de cada muestra se reflejan en la Tabla 1.

25

Tabla 1. Concentración en mg mL⁻¹ de cada uno de los cuatro microplásticos se utilizó para preparar cada mezcla. (Nota: n.a. equivale a no aplicable e implica que el microplástico no se utilizó en la preparación de la muestra).

30

Sample	MPs 1	MPs 2	MPs 3	MPs 4
Mezcla 1	0.49	0.52	n.a.	n.a.
Mezcla 2	0.52	0.51	n.a.	0.52
Mezcla 3	0.52	n.a.	0.51	0.51

El material particulado retenido al filtrar cada una de las muestras se inmoviliza en un vidrio de microscopio con cinta adhesiva según el procedimiento descrito en el ejemplo 1. Se realiza un único análisis LIBS de cada muestra ya que todos los espectros obtenidos reflejan información sobre cada uno de los elementos indicadores de cada microplástico. De esta forma será posible si en cada disparo se ha detectado un microplástico y cuál.

Los datos del análisis se analizan múltiples veces siguiendo el protocolo descrito en la explicación de la invención (tantas como MPs distintos contenga la muestra). Una vez construidas las distribuciones elementales que se asignan a cada uno de los plásticos presentes en las mezclas, se superponen con una imagen óptica de microscopio de la muestra analizada. De esta forma se obtiene la Figura 7, la cual confirma la capacidad del método, no solo de detectar MPs sino también de diferenciarlos.

15 **Ejemplo 6.** Detección y diferenciación de microplásticos en muestras de suelo

Se toma una muestra de suelo en la que hay presentes MPs como se observa en la Figura 8. Para poder realizar el análisis para su detección y diferenciación es necesario llevar a cabo una extracción de los MPs para trasladarlos de la muestra de suelo a un medio acuoso. Se realiza una extracción sencilla en la que se suspende la muestra de suelo en una mezcla de disolventes agua-metanol. Se aísla la fase acuosa, en la que se encuentran flotando los microplásticos mientras que el suelo queda depositado. La fase acuosa se filtra quedando retenidos los MPs. En este punto se puede llevar a cabo el protocolo de trabajo descrito en el ejemplo 1.

25

Ejemplo 7. Detección y diferenciación de microplásticos en muestras atmosféricas

En el caso de la muestra atmosférica, los microplásticos se atrapan en un filtro a través de un colector de aire (Figura 9). En este análisis, los filtros utilizados son de microfibras de cristal de cuarzo. La inmovilización de los MPs en el soporte de vidrio se realiza de forma semejante a lo descrito en el ejemplo 1. La sección del filtro que se desee analizar se coloca bocabajo en un vidrio con cinta adhesiva de doble cara. La transferencia de los MPs a la cinta adhesiva se realiza aplicando fuerza. Se retira el filtro con ayuda de unas pinzas, quedando el material particulado que se quiere analizar inmovilizado en el soporte de vidrio por acción de la cinta adhesiva.

35

REIVINDICACIONES

1. Método de detección de microplásticos en un rango de 5mm a 1 micra en muestras medioambientales caracterizado por que comprende:
- 5
- Aislar los microplásticos de la muestra reteniendo el material particulado de tamaño inferior a 5 mm en un filtro.
 - Colocar el filtro con los microplásticos retenidos sobre una de las caras de una cinta adhesiva de doble cara
 - 10 - Pegar la otra cara de la cinta adhesiva, libre de microplásticos, sobre un vidrio de microscopio
 - Realizar un análisis por espectroscopía de ablación inducida por láser (LIBS) de los microplásticos soportados sobre el vidrio de microscopio.
 - Aislar la señal de emisión representativa de cada plástico
 - 15 - Construir imágenes representativas de la distribución de cada microplástico en la muestra.
2. Método, según reivindicación 1, donde la muestra medioambiental es una muestra acuosa y los microplásticos se aíslan en filtros de agua.
- 20
3. Método, según reivindicación 1, donde la muestra medioambiental es una muestra atmosférica y los microplásticos se atrapan en un filtro a través de un colector de aire.
- 25
4. Método, según reivindicación 1, donde la muestra medioambiental es una muestra de suelo desde la cual los microplásticos se extraen previamente y, una vez suspendidos en una muestra líquida, se aíslan en un filtro de líquidos.
5. Método, según reivindicación 1, donde la cinta adhesiva se pega al vidrio de
- 30 microscopio aplicando una presión en un rango de 50 a 100 g/cm² durante 1 minuto.
6. Método, según reivindicación 1, donde el análisis LIBS emplea un láser de Nd:YAG que trabaja a una frecuencia de 15 Hertz, a una longitud de onda de 532
- 35 nm que irradia sobre los microplásticos inmovilizados en la cinta adhesiva sobre el soporte de vidrio produciendo un plasma que cuya radiación es detectada

mediante un sensor óptico CCD.

7. Método, según reivindicaciones 1 y 6, donde se miden espectros de emisión cada 200 μm horizontal y verticalmente.
- 5
8. Método, según reivindicaciones 1 y 7, donde el aislamiento de la señal de emisión representativa de cada plástico se realiza construyendo una matriz de datos correspondientes la distribución de MPs mediante las siguientes etapas:
- 10
- Normalización de espectros dividiendo todas las intensidades por la línea de emisión máxima del sodio o cualquier otra línea presente en todos los plásticos analizados.
 - Aislamiento de la señal del elemento representativo del plástico que se desea mapear seleccionando la longitud de onda de la línea de emisión del elemento representativo de dicho plástico
- 15
- División de los datos obtenidos ajustándolos a las dimensiones de la superficie analizada.
9. Método, según reivindicaciones 1 y 8, donde la construcción de imágenes representativas de la distribución de cada microplástico en la muestra se realiza mediante las siguientes etapas:
- 20
- Corregir los bordes cada píxel aplicando un suavizado a la matriz de datos obtenidas,
- 25
- Aislar las señales de cada microplástico fijando un límite de intensidad inferior y anulando las señales que se encuentren por debajo.
 - Superponer la imagen LIBS con una imagen obtenida por microscopía de la región cartografiada para confirmar la correcta detección del microplástico.
- 30
10. Método, según reivindicación 1, donde la muestra de microplástico es un fragmento de plástico que contiene bario.
11. Método, según reivindicación 1, donde la muestra de microplástico es un fragmento de plástico que contiene yodo.
- 35
12. Método, según reivindicación 1, donde la muestra de microplástico es un

fragmento de plástico que contiene litio.

13. Método, según reivindicación 1, donde la muestra de microplástico es un fragmento de plástico que contiene cloro.

5

14. Método, según reivindicación 1, donde la muestra de microplástico es un fragmento de plástico que contiene dos o más elementos entre el grupo formado por bario, yodo, litio y cloro.

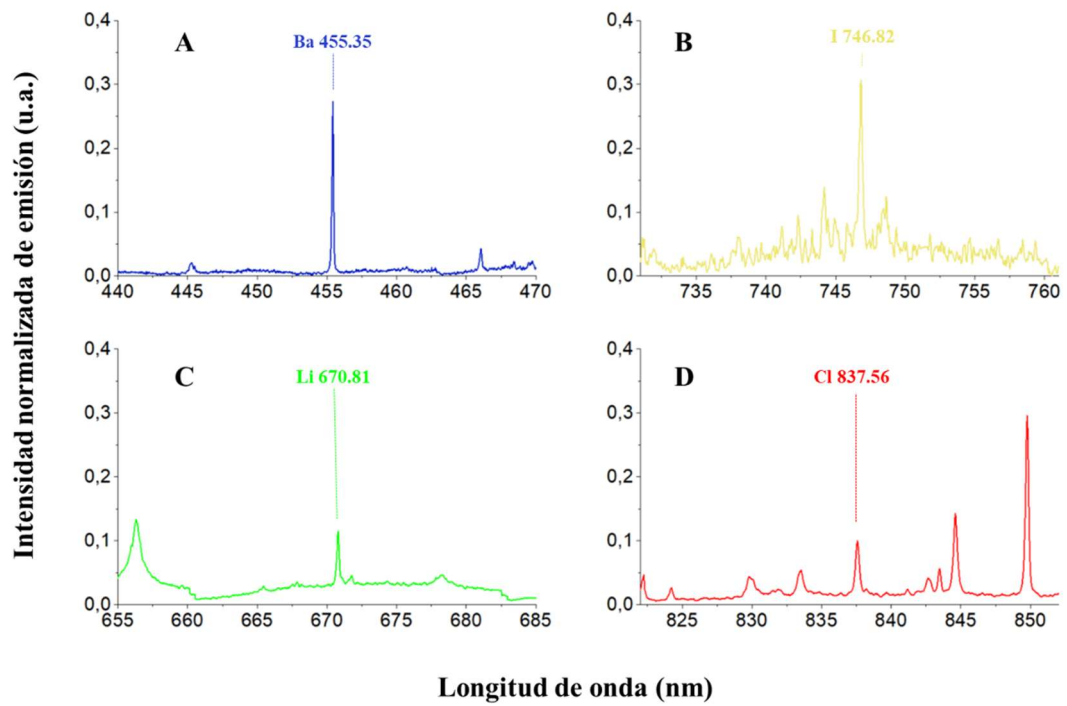


Figura 1

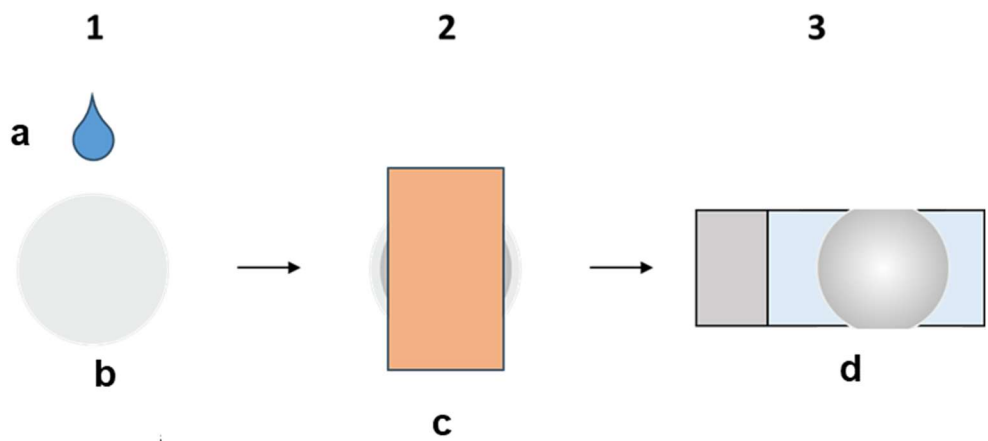


Figura 2

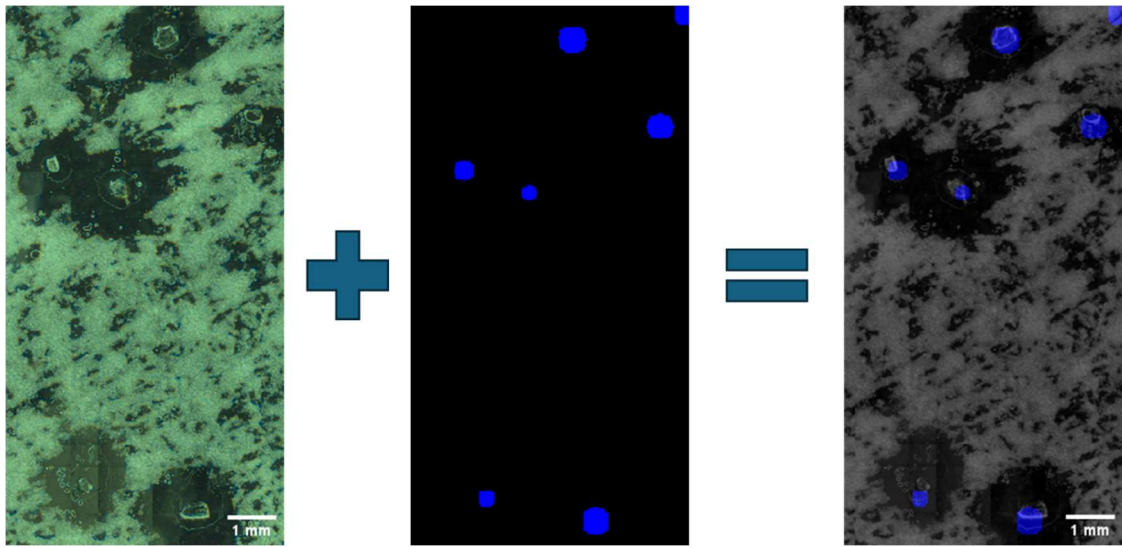


Figura 3

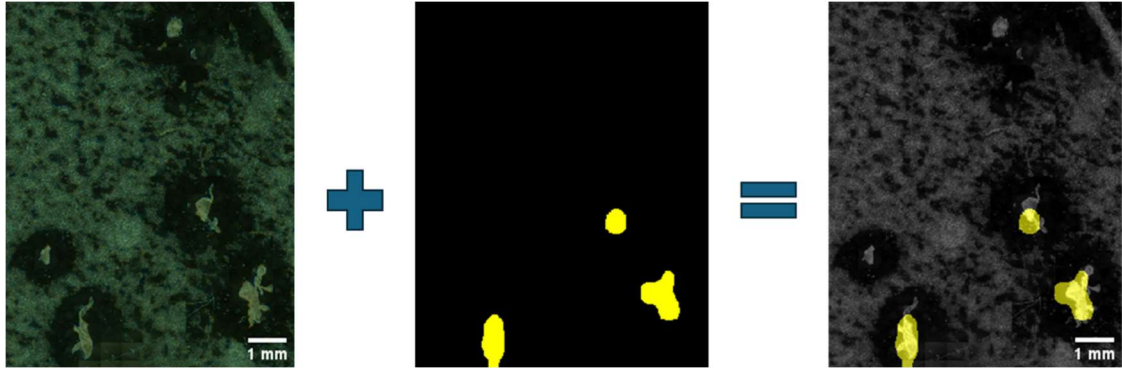


Figura 4

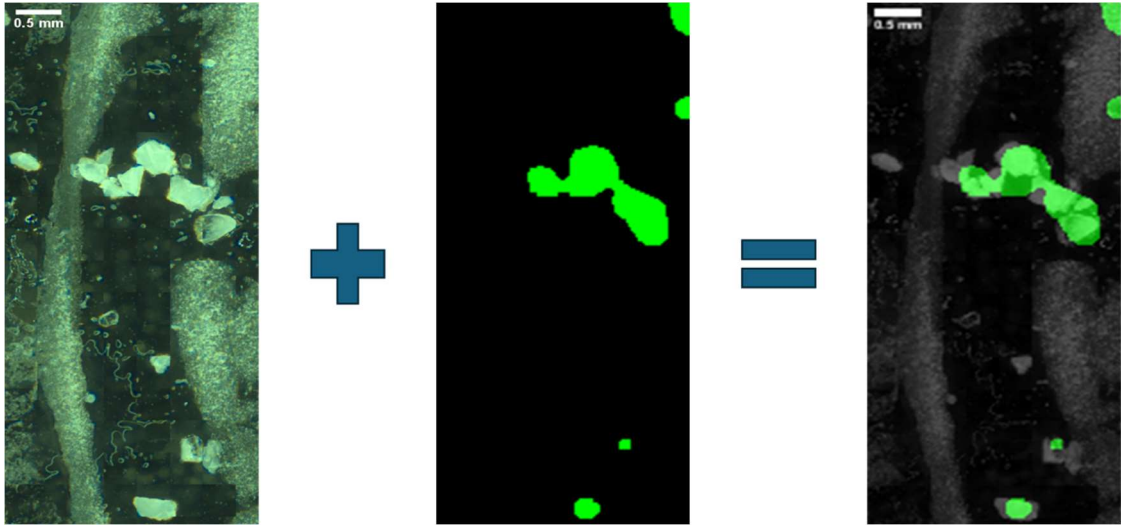


Figura 5

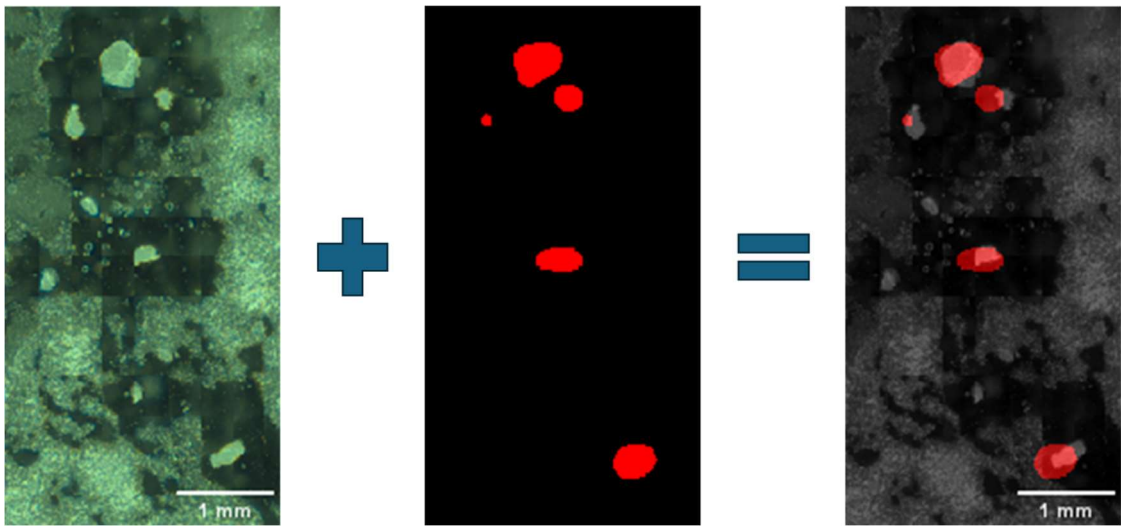


Figura 6

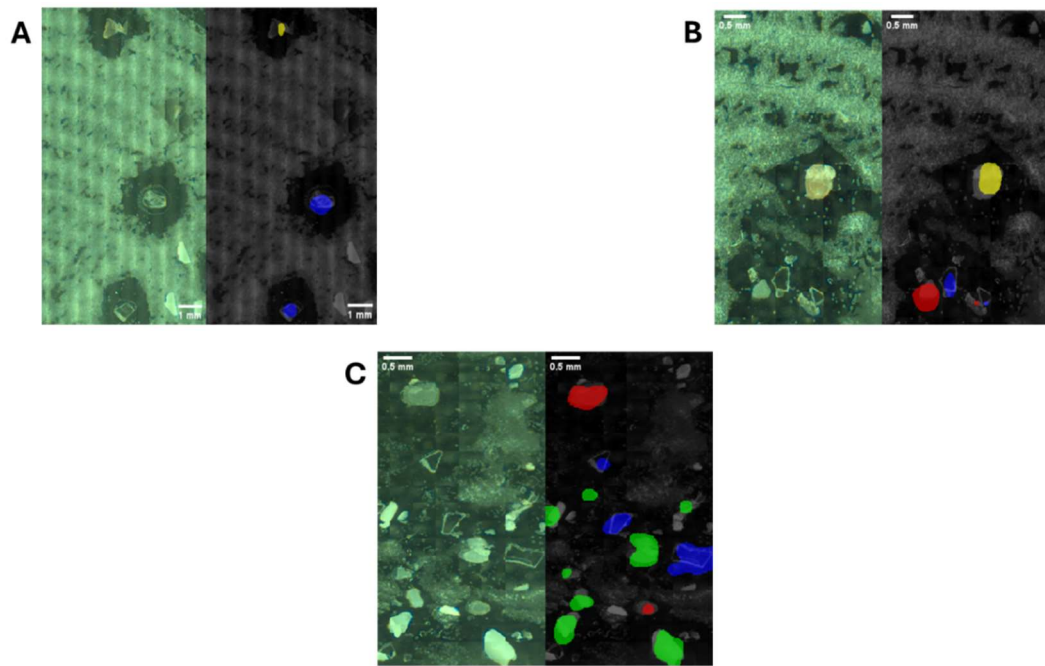


Figura 7

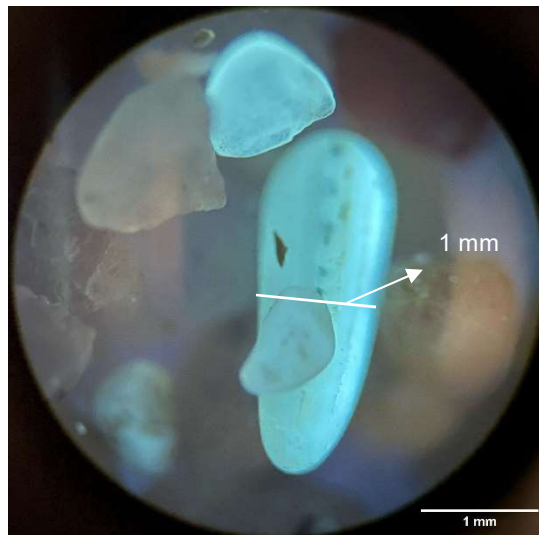


Figura 8

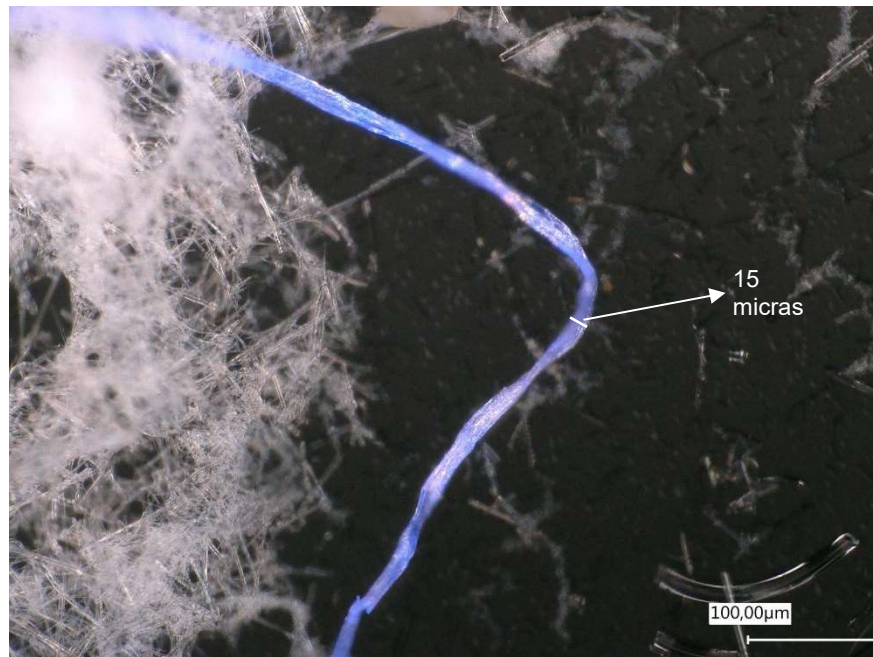


Figura 9



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 202530478

②② Fecha de presentación de la solicitud: 30.05.2025

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. cl.: **G01N21/71** (2006.01)
B29B17/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	BRUNNBAUER LUKAS et al. "Spatially resolved polymer classification using laser induced breakdown spectroscopy (LIBS) and multivariate statistics". Talanta. ELSEVIER. Dasgupta Purnendu, 16/11/2019, Vol. 209, ISSN 0039-9140, <DOI: 10.1016/j.talanta.2019.120572>	1-14
Y	JANTZI SARAH C et al. "Sample treatment and preparation for laser-induced breakdown spectroscopy". Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy. AMSTERDAM, NL, 01/01/2016, Vol. 115, Páginas 52-63, ISSN 0584-8547, <DOI: 10.1016/j.sab.2015.11.002>	1-14
Y	JANTZI SARAH C et al. "Elemental Analysis of Soils Using Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (LA-ICP-MS) and Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) with Multivariate Discrimination: Tape Mounting as an Alternative to Pellets for Small Forensic Transfer Specimens. Applied Spectroscopy, 2014, Vol. 68, Páginas 963-974, ISSN 0003-7028, ISSN 1943-3530 (electronic), <DOI: 10.1366/13-07351>	1-14

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
25.06.2025

Examinador
J. Botella Maldonado

Página
1/2

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01N, B29B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

AbS colección patentes, AbS colección literatura no patente, INVENES/LATIPAT