

Estudio de microplásticos en especies marinas de interés comercial



Universidad de Oviedo

Esteban Pascual Parra

Andrés Arias

Oviedo, 13 de diciembre de 2023



OPASTURIAS
OPP-90

Índice

1. Introducción	1
2. Material y métodos empleados.....	5
2.1 Área de estudio	5
2.2 Muestras.....	6
2.3 Análisis y caracterización de los microplásticos	8
2.4 Seguridad y control de calidad	8
3. Resultados.....	9
3.1 Merluza de Namibia o del Cabo	9
3.2 Merluza de la Patagonia	14
3.3 Merluza del mar Cantábrico	19
3.4 Comparación merluzas.....	23
3.5 Calamar del Norte	26
3.6 Calamar de Marruecos	30
3.7 Comparación calamares	34
3.8 Pulpo del Cantábrico	36
4. Conclusiones	40
5. Referencias.....	42
Anexo.....	45
Microplásticos analizados de la merluza de Namibia o del cabo	45
Microplásticos analizados de la merluza de la Patagonia	72
Microplásticos analizados de la merluza del Cantábrico.....	85
Microplásticos analizados del calamar del norte	97
Microplásticos analizados del calamar de Marruecos	113
Descripción de los materiales sintéticos encontrados	128

1. Introducción

El aumento de la contaminación marina plantea un desafío con soluciones difíciles de encontrar a corto plazo. Cada semana, las noticias sobre la degradación de este entorno se vuelven rutinarias, abordando eventos como la reciente mortandad masiva de peces en el Mar Menor o la presencia de diversos contaminantes en los peces destinados al consumo humano. Este último aspecto preocupa especialmente a la población general, ya que la extinción de especies puede no afectarles directamente, pero la contaminación de los peces que consumen sí lo hace. Esta inquietud es comprensible, ya que los riesgos para la salud pueden ser graves dependiendo del tipo de contaminante y la cantidad de productos marinos consumidos. Un ejemplo ilustrativo es la enfermedad de Minamata, un síndrome neurológico grave y persistente causado por la exposición al mercurio (Harada, 1995). La denominación de la enfermedad se origina en la ciudad de Minamata, Japón, donde una empresa química, entre 1932 y 1968, generó contaminación por mercurio en la costa circundante debido a la producción de acetaldehído y cloruro de vinilo utilizando sulfato y cloruro de mercurio como catalizadores. Esta contaminación tuvo consecuencias devastadoras, con numerosas personas fallecidas, cientos de afectadas por problemas neurológicos, e incluso mascotas y aves locales exhibiendo síntomas similares (Harada, 1995), todo ello por el consumo de animales marinos contaminados.

Es verdad que la investigación sobre la contaminación de peces de consumo por metales pesados y sus impactos en la salud humana está más avanzada. Dependiendo de las concentraciones de estos metales y la cantidad de pescado consumido, los riesgos pueden ser significativos. Sin embargo, ha surgido una creciente preocupación entre los consumidores acerca de un contaminante que ha sido objeto de estudios más recientes y cuyos efectos en la salud humana aún no se comprenden con certeza: los microplásticos (MPs).

Desde la creación de la baquelita en 1907, que fue la primera sustancia plástica sintética, la utilización de plásticos ha experimentado un crecimiento exponencial a lo largo de los años. La producción aumentó de 2 megatoneladas (Mt) en 1950 a 390,7 Mt en 2019, con solo un 8,3% de origen reciclado post-consumo (OCDE, 2022). Actualmente, en 2023, la producción anual de plástico equivale prácticamente a la biomasa total de los seres humanos en el planeta, y estas cifras continúan aumentando (Zhuang y Wang, 2023). La dependencia humana de este material es evidente, ya que características como su baja densidad, baja conductividad eléctrica y térmica, resistencia a la corrosión y bajo costo lo convierten en un material indispensable (Frías y Nash, 2019). Sin embargo, este material revolucionario se está convirtiendo en un problema significativo en nuestros océanos. Los plásticos que se encuentran en el mar aparecen en diversos tamaños, desde los mesoplásticos o macroplásticos (5 milímetros en adelante), los microplásticos (1 micrómetro a 5 mm) hasta los nanoplásticos (partículas de plástico de 1 nanómetro a 1 micrómetro) (Frías y Nash, 2019). Aunque cada tipo de plástico representa riesgos para la salud humana y la biodiversidad marina de manera única, este estudio se enfoca en los MPs.

Como se mencionó anteriormente, los MPs son partículas de plástico que tienen un tamaño que oscila entre 1 micrómetro y 5 milímetros. La clasificación de los MPs se divide en dos categorías: primarios y secundarios, lo cual dependerá de su origen. Aquellos fabricados con ese tamaño se consideran primarios y se utilizan en productos como cosméticos, exfoliantes y medicamentos,

entre otros. Por otro lado, los MPs secundarios provienen de la descomposición de plásticos de mayor tamaño (Yücel y Kılıç, 2023). Este proceso de descomposición es resultado de factores físicoquímicos ambientales, como la exposición a la luz ultravioleta (UV), el viento, el oxígeno y el estrés físico (como el impacto de las olas) (Chubarenko et al., 2018). Además de tener diversos orígenes, los MPs pueden presentar distintas formas, como esferas, pellets o fragmentos, todos con una estructura tridimensional. También pueden adoptar una estructura 2-D, como es el caso de las escamas o las películas “Films”. Por último, se encuentra la categoría 1-D, que incluye fibras con forma de hilo aplanado, así como sedales o “Fishing lines” (Chubarenko et al., 2018). Estos últimos son similares en tamaño a las fibras, pero poseen una estructura circular en lugar de plana, siendo más rígidos y resistentes.

Indiferentemente de su morfología, los MPs se encuentran de manera generalizada en los océanos, principalmente debido a su pequeño tamaño, que facilita su transporte y permite su presencia incluso en el hielo ártico (Obbard et al., 2014). A medida que los MPs disminuyen de tamaño, su incorporación a la cadena trófica se vuelve más sencilla, ya que organismos más pequeños tienen acceso a estas partículas, y al ser consumidos por organismos de mayor tamaño, estos adquieren los MPs (Welden & Cowie, 2016). Además de la dimensión, el color desempeña un papel relevante, ya que ciertas especies tienden a consumir más fibras de un color específico al confundirlas con presas (Wright et al., 2013). Asimismo, las propiedades del material que compone el MP, su forma y la presencia de biofilm¹ en su superficie afectan su flotabilidad, permitiendo su disponibilidad a diferentes profundidades o su deposición en el lecho marino (Wright et al., 2013).

Los problemas asociados al consumo de estos MPs son diversos, comenzando por los aspectos físicos. Si nos enfocamos únicamente en su presencia, tienen la capacidad de atravesar los distintos tejidos del organismo, ocasionando daños que pueden resultar en problemas locomotores o reproductivos, dependiendo del tipo de animal (Hodgson, 2018). Para provocar daño, no es necesario que penetren en los tejidos; su simple presencia en el estómago de un animal puede generar graves complicaciones. Las fibras, al enredarse en el estómago, pueden formar una masa que no avanza por el sistema digestivo y no se expulsa, dando lugar a una falsa sensación de saciedad y afectando al proceso de alimentación del organismo, lo cual repercute en su desarrollo (Gray & Weinstein, 2017). Este problema se agrava con el tiempo debido a la bioacumulación, ya que, aunque la mayoría de los MPs son excretados, una pequeña proporción puede permanecer en el estómago, propiciando inflamaciones o úlceras (Hodgson, 2018). Si atraviesan el epitelio del estómago y alcanzan la circulación sanguínea, pueden distribuirse a cualquier tejido del animal; sin embargo, este fenómeno generalmente es logrado solo por partículas de tamaño inferior a 150 μm (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain ((CONTAM)), 2016). Esto no implica que partículas de mayor tamaño no puedan llegar a otros tejidos desde el estómago, sino que se limitarían a los tejidos adyacentes.

Además de los daños físicos, debemos considerar otros perjuicios derivados de la presencia de MPs en el organismo, los cuales resultan aún más perjudiciales y provienen de los propios materiales de estos plásticos. Un compuesto relevante en este contexto es el bisfenol A (BPA), un componente orgánico comúnmente utilizado en la fabricación de policarbonatos (65%),

¹ Comunidad diversa de microorganismos, incluyendo bacterias, hongos, protozoos y algas, que crecen adheridos a una superficie.

resina epoxi (28%) y materiales ignífugos (7%) (Corrales et al., 2015). Debido a su resistencia a altas temperaturas e impactos y dureza, los policarbonatos se emplean en diversos productos plásticos como botellas de agua, juguetes y material médico, entre otros (Abraham & Chakraborty, 2020). Por otro lado, la resina epoxi se utiliza comúnmente como recubrimiento interior en envases de alimentos, bebidas, pinturas, adhesivos, entre otros (Corrales et al., 2015). La versatilidad del BPA, ha generalizado su uso a nivel mundial, con una producción de aproximadamente 6 millones de toneladas en 2022 (Staples et al., 2018). El problema radica en los efectos adversos de este compuesto en los seres humanos, que incluyen problemas cardiovasculares, desarrollo alterado de la glándula mamaria, niveles bajos de espermatozoides, restricción del crecimiento fetal, ansiedad, depresión, obesidad y cánceres relacionados con hormonas como el cáncer de mama o de próstata, entre otros (Abraham & Chakraborty, 2020).

Adicionalmente, en los MPs no solo se encuentra BPA, sino también ftalatos, que constituyen una serie de compuestos químicos empleados principalmente como plastificantes añadidos a los plásticos de cloruro de polivinilo (PVC) con el fin de conferirles mayor suavidad y flexibilidad (Wang & Qian, 2021). Sin embargo, su aplicación no se limita a este propósito, ya que los ftalatos con ramificaciones más cortas, como el dimetil o el dietil ftalato, se utilizan en medicamentos, cosméticos, cepillos de dientes y juguetes, entre otros (Wang & Qian, 2021). A pesar de su amplio uso, los ftalatos representan un potencial disruptor endocrino, afectando principalmente el desarrollo del sistema reproductivo en hombres, y especialmente en niños (Chou et al., 2009; Wang & Qian, 2021).

A pesar de su diminuto tamaño, los MPs desempeñan el papel de vectores de transporte para diversos contaminantes presentes en el entorno acuático, como metales pesados o fármacos. Esta característica se ve favorecida por la antigüedad del MP, ya que a medida que pasa más tiempo en el entorno, su superficie se vuelve más rugosa, desarrolla biofilm y contiene más grupos funcionales con oxígeno en sus polímeros que facilitan la unión de estas sustancias al MP (Zhuang & Wang, 2023). Esto genera diversos problemas, siendo el primero la creación de toxicidad combinada por parte de todos los químicos y problemas asociados con la presencia del MP, sumados a los contaminantes que se adhieren a él. En el caso de los fármacos, no solo se enfrenta el problema del daño ambiental que pueden causar, sino que al ser absorbidos por los MPs, se generan áreas con concentraciones elevadas de antibióticos. Esto expone a las bacterias que forman los biofilms a concentraciones subletales de fármacos durante períodos prolongados, fomentando el desarrollo de resistencia debido a la presión selectiva (Zhuang & Wang, 2023).

Por otro lado, los metales pesados pueden originarse a partir de los pigmentos que constituyen el color de los MPs en sí (Catrouillet et al., 2021) o de aquellos que absorben con el tiempo. La capacidad de absorción, que aumenta con la antigüedad del MP, se ve incrementada por el material del que está compuesto y su tamaño. Los MPs más pequeños tienen una mayor capacidad de absorción debido a su mayor superficie específica (Liu et al., 2022).

Como hemos observado, los MPs constituyen un problema que genera creciente preocupación a diario. La inquietud no se limita únicamente a su mera presencia, sino también a todos los contaminantes que pueden transportar consigo. La bioacumulación es un proceso bien conocido en la naturaleza, y los MPs forman parte de esta cadena, siendo el último eslabón de la cadena alimentaria nosotros, los seres humanos. Por esta razón, los consumidores se preocupan más por saber que consumen y en qué cantidades. Dado que los alimentos de origen marino son los más afectados por los MPs debido a su mayor exposición a estos contaminantes (Rubio-Armendáriz et al., 2022), diversos estudios han investigado la presencia de estas partículas en

distintos animales de interés comercial (Carreras-Colom et al., 2022; Menéndez et al., 2022; Yücel & Kılıç, 2023), incluyendo la merluza (Giani et al., 2019) y el calamar (Gong et al., 2021).

España figura entre los cinco países a nivel mundial con mayor consumo per cápita de pescado, siendo la merluza la especie más consumida, como se muestra en la Figura 1. Por esta razón, este estudio se enfoca en analizar las partes comestibles de tres de los animales marinos más consumidos en España, la merluza, el calamar y el pulpo. El objetivo es evaluar la presencia de MPs en estos alimentos y determinar cuál es la procedencia que presenta menos contaminación por MPs, dependiendo del origen de estos productos.

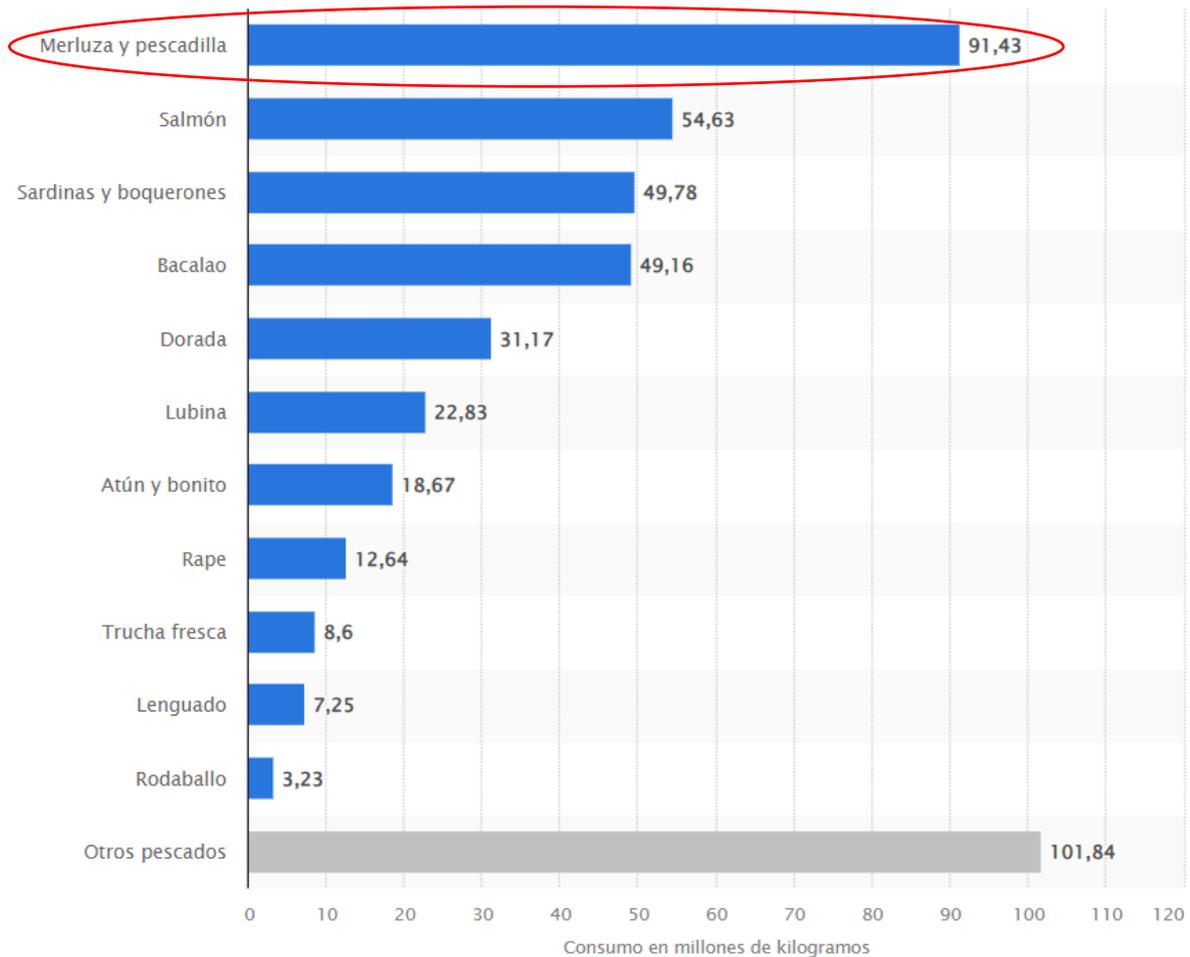


Figura 1: Gráfica que muestra las diferentes especies de pescado consumido en España en millones de kilogramos en 2022. Fuente *Statista*.

2. Material y métodos empleados

2.1 Área de estudio

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) divide el mundo en áreas de pesca para facilitar la gestión y el estudio de los recursos pesqueros.

Merluza: Para este pez se cogieron muestras de las 3 zonas FAO de donde más se importa:

- **Merluza de la patagonia**, zona FAO 41.3.1 o 41.3.2, atlántico sudoccidental; El mar Argentino es un mar epicontinental y litoral del océano Atlántico adyacente al extremo sur de Sudamérica. El Mar Argentino posee una corriente fría y poco salina llamada Agua Subantártica de Plataforma, que fluye hacia el noreste hasta encontrarse con las aguas provenientes de la plataforma de Brasil. *Merluccius hubbsi*, la especie utilizada, se encuentra desde el cabo frío en Brasil, hasta el sur de Argentina.
- **Merluza de Namibia o del cabo**, zona FAO 47, atlántico sudoriental; Esta zona FAO incluye las aguas del sur de la costa oeste de África desde Angola hasta Omtata, zona oriental de Sudáfrica aproximadamente, abarcando una superficie de 18 millones de km² aproximadamente. En esta zona sur nos encontramos con la corriente de las Agulhas, la mayor corriente oceánica del hemisferio sur. Transporta unos 70 millones de metros cúbicos por segundo de aguas tropicales a lo largo del margen este del continente africano hacia el sur.
- **Merluza del Cantábrico**, zona FAO 27.8.c, Golfo de Vizcaya sur: El mar Cantábrico es la parte más meridional del golfo de Vizcaya. Se extiende desde el cabo Ortegal (43°46'N 7°52'O), en la provincia de La Coruña, hasta la desembocadura del río Adur, cerca de la ciudad de Bayona. El Cantábrico constituye un mar de transición entre los mares fríos del norte y los templados del trópico, lo que hace que sea ecotono de especies vegetales y diferentes animales.

La merluza también se captura en otras regiones del mundo, pero las que comúnmente encontramos en los supermercados son específicamente estas, incluyendo las provenientes del caladero del Gran Sol. Debido a su proximidad al Cantábrico (Zona FAO 27.7), no se llevó a cabo un estudio específico para esta área.

En los productos adquiridos de las zonas FAO 41 y 47, no se proporcionó la ubicación exacta de la captura, sino solo el área de manera general. Sin embargo, los productos indican que provienen de la Patagonia, lo que sugiere que su origen podría ser la Zona FAO 41.3.1 o la 41.3.2. En el caso de la merluza proveniente de Namibia, ocurre lo mismo y al no ser posible determinar con precisión la zona, se designó como Zona FAO 47.

Calamar: Para este molusco, se cogieron muestras de 2 de las zonas FAO de donde más se importa:

- **Calamar de marruecos**, zona FAO 34.1.1, Atlántico central este: Es la zona situada frente a la costa occidental de África, que se extiende desde el Estrecho de Gibraltar hasta la desembocadura del río Zaire. Se extiende por más de 14 millones de kilómetros y mezcla aguas templadas, tropicales y ecuatoriales con lagunas y manglares. La costa atlántica marroquí se extiende por aproximadamente 3000 Km. Donde se explotan diferentes especies como el pulpo, el calamar o la sardina.

- **Calamar del Norte**, zona FAO 27.4, Mar del norte: Tiene una superficie de unos 750 000 km², una longitud aproximada de 960 km y una anchura máxima de 480 km. Es un mar muy poco profundo, con una profundidad media de 95 metros. Es un mar marginal del océano Atlántico, situado entre las costas de Noruega y Dinamarca al este, las de las islas británicas al oeste y las de Alemania, los Países Bajos, Bélgica y Francia al sur. La temperatura mediana en verano es de 17 °C y 6 °C en invierno. Las mareas son bastante irregulares ya que confluyen en él una corriente proveniente del norte y otra del sur.

Pulpo: Para este molusco se cogieron muestras de la zona FAO 27.8.c, mar Cantábrico (Ver merluza del Cantábrico)

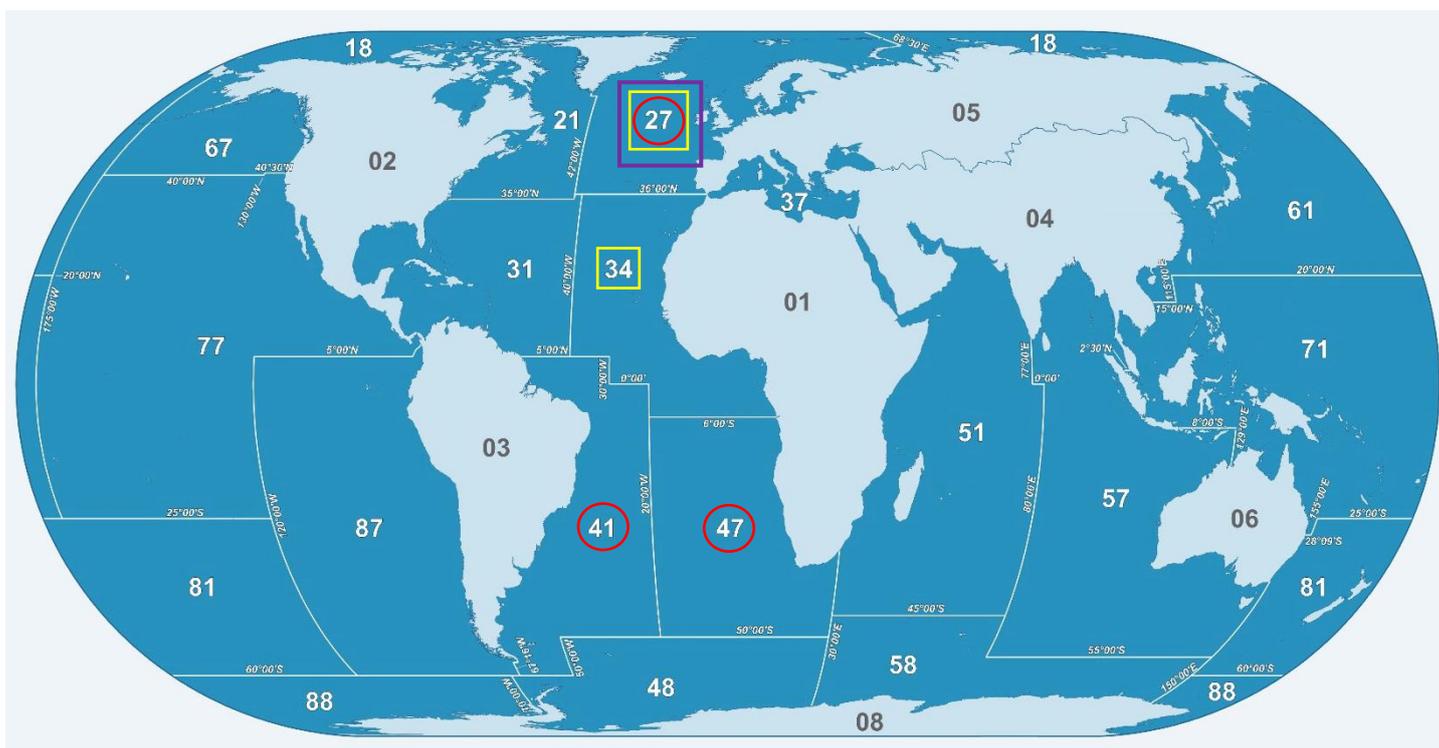


Figura 2: Distribución de las diferentes zonas FAO a nivel mundial. Marcadas con un círculo rojo las zonas, 27, 41 y 47, correspondientes con las procedencias de las muestras de merluza analizadas, con un cuadrado amarillo, las zonas 34 y 27, áreas de donde provienen las muestras de calamar estudiadas, y con un cuadrado morado la zona FAO 27, de donde proviene el pulpo analizado. Imagen modificada de <https://www.fao.org/fishery/en/area/search>

2.2 Muestras

Para la merluza se tomaron 25 muestras de cada zona FAO, es decir, se cogieron 10 gramos (g) de 25 individuos diferentes provenientes del mismo stock y durante la misma época, esto permite evitar errores debidos a la diferencia temporal y de stock. A su vez coger 10 g en lugar de 1 evita el error que nos puede dar al “por casualidad y probabilidad” no encontrar ningún MP si solo se hiciese con 1 g. Por lo que se examinó un total de 250 gramos por localidad. La zona elegida para analizar fue el músculo debido a que es lo que se consume de esta especie, y el interés del estudio radica en cuantos MPs puede adquirir el consumidor.

Se analizaron un total de 75 individuos de Merluza (*Merluccius* sp.), 25 ejemplares de la Patagonia, 25 ejemplares de Namibia y 25 ejemplares del mar Cantábrico. Las muestras provenientes de Patagonia y Namibia, venían congeladas y listas para consumo humano en diferentes supermercados. La merluza del Cantábrico se compro fresca en varias pescaderías.

Las especies son diferentes en cada zona, siendo *Merluccius hubbsi* la que proviene de la Patagonia, *Merluccius capensis* o *Merluccius paradoxus* la que proviene de Namibia y *Merluccius merluccius* la que proviene del mar Cantábrico.

En el caso del calamar se tomaron 25 muestras de cada zona FAO, pero en esta ocasión en lugar de 10 g de 25 individuos, se optó por coger 5g, debido a dificultades de filtrado, por lo que se analizaron un total de 125 g por localidad. Las muestras provienen todas del mismo stock y de la misma época. No se dispuso de muestras de calamar capturado en el mar Cantábrico en la misma época y de tamaños similares que las muestras de calamares de Marruecos y del mar del Norte.

Se analizaron un total de 50 individuos de calamar (*Loligo vulgaris*), 25 ejemplares del mar del Norte y 25 de las costas de Marruecos. Todas las muestras en este caso eran frescas.

Para el pulpo (*Octopus vulgaris*) se analizaron 8 individuos diferentes de la misma zona FAO (mar Cantábrico), cogiendo 5g de tentáculo de cada individuo, analizándose un total de 40g en esa localidad. Debido a la falta de stock no se pudieron analizar más individuos de esta especie.

Todas las muestras fueron obtenidas en la misma época, entre octubre y noviembre de 2023.



Figura 3: Ejemplares frescos dispuestos para la venta. A la izquierda se pueden observar la pescadilla fina (*Merluccius merluccius*) y a la derecha calamares de la especie *Loligo vulgaris* del mar del Norte. Ambos procedentes de la rula de Avilés.

2.3 Análisis y caracterización de los microplásticos

Todos los líquidos usados para la realización del análisis fueron previamente filtrados con filtros de nitrato de celulosa de $0,45\mu\text{m}$ para evitar cualquier tipo de contaminación, eso incluye el agua destilada y el hidróxido de potasio (KOH) utilizados. Para la obtención de las muestras se cogieron 10 g pertenecientes a filetes de diferentes individuos los cuales una vez pesados, se observaron bajo una lupa estereoscópica, en busca de cualquier MP que pudiesen tener en la superficie por contaminación ambiental. Después de un análisis sobre que disolución era la conveniente para realizar el estudio se concluyó que el uso de KOH 1M era el más eficiente, ya que el agua oxigenada H_2O_2 , tenía un periodo de disolución de la muestra muy largo. Las muestras se introducen en vasos de precipitados previamente aclarados con agua destilada filtrada para evitar cualquier tipo de contaminación, y se tapan con papel de aluminio para evitar la entrada de cualquier MP ambiental. Por cada 10 g de muestra se introducen 50 ml de KOH (1:5 p/v). Los vasos de precipitados se introducen en una estufa a 40° durante 24 horas, agitando los vasos cada 6 horas.

Una vez digerida la muestra, se procedió a enfriarla a 4° en la nevera y luego a filtrarla con filtros de nitrato de celulosa de $0,45\mu\text{m}$ de poro, usando una bomba de vacío. Además, se añadió el doble de cantidad de disolución en agua destilada filtrada por dos motivos; el primero, reducir la molaridad del KOH a $0,25\text{M}$, y el segundo limpiar completamente el vaso de precipitados en el que estuvo la muestra para evitar que cualquier MP pudiese quedarse en él. Esta disminución de la temperatura y la molaridad, nos permite evitar daños en el filtro. Este tamaño de poro nos permite identificar todos los tipos de MP, ya que su tamaño varía entre $1\mu\text{m}$ y 5mm . Los filtros se depositan en placas petri limpiadas previamente con agua destilada filtrada y que no se abren hasta la recogida de MPs para su análisis. De esta forma se contabiliza en número de MPs evitando cualquier tipo de contaminación.

Los MPs se clasificaron por forma (fibras, sedales, fragmentos y films), tamaño ($<0,3\text{mm}$; $0,3-0,5\text{mm}$; $0,5-1\text{mm}$; $1\text{mm}-2,5\text{mm}$; $2,5-5\text{mm}$) además de por el tipo de color y su reacción a la luz ultravioleta (UV). Para ello se utilizó una lupa estereoscópica Motic SMZ a 40X de aumento y con unas lentes oculares estándar de 10X. Entre el 10 y 15% de los MPs de cada especie y zona FAO, se enviaron a analizar a la universidad Autónoma de Madrid, donde a través de un análisis por microespectroscopia infrarroja (FTIR), se puede saber el material del que están compuestos los MPs. Para ello, se utiliza el equipo Spotlight 200i de Perkin Elmer, en el rango medio del infrarrojo. El método que se utiliza es preparar soportes transparentes a la radiación infrarroja (pastillas de KBr), depositar las muestras sobre ellos mediante el apoyo de una lupa y proceder a su análisis por transmisión en el sistema de microscopía infrarroja. Posteriormente, se cotejan los espectros resultantes con una base de datos, y todo espectro con una similitud superior al 60% se considera válida. La posible toxicidad para la biodiversidad o el ser humano de los materiales obtenidos se comprueba en la Agencia Química Europea (ECHA) (<https://echa.europa.eu/es/home>).

2.4 Seguridad y control de calidad

Para evitar cualquier tipo de contaminación, todos los procesos se realizaron en una cabina de flujo laminar apagada, y limpiada previamente para evitar cualquier tipo de contaminación ambiental. Se utilizó durante todo el proceso una bata de algodón blanca y guantes de nitrilo. Todo objeto relacionado con las muestras, como pinzas, tijeras, cámaras de vacío, etc. Se

limpiaron previamente de su uso con las muestras con agua destilada filtrada, además de usar alcohol filtrado para limpiar la zona de trabajo. Se realizaron varios controles; blancos de las muestras, para ver que el líquido usado para la disolución y filtrado de las muestras no estuviese contaminado, y blancos ambientales tanto en la cabina de flujo laminar como en el laboratorio, donde se dejaron filtros humedecidos con agua destilada filtrada en diferentes lugares para ver la contaminación ambiental por MPs al cabo de 1 hora.

3. Resultados

3.1 Merluza de Namibia o del Cabo

La merluza que proviene de Namibia o del cabo puede ser *Merluccius capensis* o *Merluccius paradoxus*, ya que el producto no detalla la especie. Sin embargo, para este estudio, esa distinción no resulta tan relevante, ya que nos enfocamos más en la procedencia geográfica de la merluza consumida que en la especie, centrándonos específicamente en la Zona FAO 47 en este caso.



Figura 4: Localización geográfica de la Zona FAO 47 – Atlántico sudoriental con sus diferentes subzonas y divisiones. Imagen adaptada de https://fish-commercial-names.ec.europa.eu/fish-names/fishing-areas/fao-area-47_es

Se analizaron 10 g de músculo de un total de 25 individuos diferentes. En una totalidad de 250 gramos de muestra se encontraron 266 microfibras y fragmentos, **1,064 ± 0,40 microplásticos por gramo de tejido (MPs/g)** (media ± desviación típica). Se enviaron a analizar un 10,2 % de su totalidad para ver el material del que estaban formados. Tras el análisis FTIR el 81,84 % corresponden a materiales artificiales (**Fig. 6**) y 18,16% restante a materiales naturales como Alpha celulosa o celulosa. El principal material sintético que podemos encontrar es el rayón o viscosa con el 49,85% del total, seguido de polipropileno (PP) con un 18% y el polietileno (PE) y poliuretano (PU) con un 9%. El 100% de los sedales y fragmentos analizados corresponden a materiales sintéticos, mientras que en el caso de las fibras solo el 72,2% lo son. El rayón o viscosa solo se encuentra en las fibras analizadas, pero el 84,61% de las fibras que se corresponden con materiales sintéticos, están formadas por viscosa. Tras consultar en la Agencia Química Europea (ECHA), el daño potencial que los materiales encontrados pueden provocar, se vio que 3 de esos

materiales son dañinos para los seres vivos (**Tabla 1**) y por ello, su presencia afectará tanto a la merluza como posiblemente al ser humano. Todos los fragmentos analizados estaban formados por polietileno (PE) o poliuretano (PU).

Tabla 1: Datos facilitados por la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA), donde se muestra el mayor número de potenciales daños que pueden provocar cada uno de los materiales obtenidos en la merluza de Namibia o del cabo tras el Análisis FTIR.

Material	Sin daños aparentes	Dañino para la vida acuatica	Dañino si se consume	Irritante
Rayon o viscosa	X			
Polietilenimina celulosa (PEI)		X	X	
Polipropileno (PP)	X			
Polietileno (PE)	X			
Poliuretano (PU)				X
Poliéster (PET)		X	X	X

Todos los ejemplares se encontraban afectados por la presencia de MPs, algunos en mayor medida que otros, de entre todos los tipos de MP destacaron los fragmentos azules con 112, seguido de las fibras azules con 47 y las fibras transparentes con 39 (**Fig. 5**). Además, la mayoría de los MPs tenían un tamaño inferior a 0,3 mm (45% del total) debido principalmente a los fragmentos azules, ya que estos representan la mayoría y generalmente no sobrepasaban esa medida (**Fig. 7**). Esto es mas peligroso, ya que esta medida de MPs son los que mayor capacidad tienen de translocación a través del sistema sanguíneo y encontrarse en diferentes lugares del organismo. Cabe destacar que pese a que la última agrupación de tamaños es entre 2,5 y 5 mm (16% del total), los MPs nunca sobrepasaron los 4 mm de longitud, midiendo como máximo 3,76 mm, en el caso de las fibras, 1,57 mm en el caso de los sedales o *fishing lines*, 0,37 mm de largo por 0,26 de ancho para los fragmentos y 0,58 mm de largo por 0,17 mm de ancho en el caso de los films (**Fig. 9**). A su vez, estas fueron la únicas tipologías encontradas en las muestras ya que no se encontraron ni esferas, ni pellets. Cabe destacar que de los 112 fragmentos azules que se encontraron, varios eran demasiado pequeños para diferenciarlos entre films y fragmentos, por lo que podría haber una pequeña variación en ese caso.

También se quiso comprobar la posibilidad de que los productos pudiesen contaminarse de MPs durante el proceso de congelación y envasado, quedándose pegados en la superficie de los filetes debajo de la capa de hielo que se forma al congelar el producto. Tras analizar 10 g de 25 individuos diferentes de forma aleatoria, se encontraron un total de 9 MPs que se encontraban pegados en el filete debajo de la superficie congelada del producto (**Fig. 8**). Esto equivale a 0,036 MPs/g extras en el producto, aproximadamente un 3,38 % sobre el total, que no pertenecen específicamente al músculo de la merluza, pero si al producto final.

También se realizaron varios blancos para comprobar la posible contaminación añadida al análisis. En el blanco realizado a las muestras se encontro solamente una fibra transparente en las disoluciones, por lo que ese error se considera anecdótico. El blanco ambiental del laboratorio despues de dejar un filtro de Nitrato de celulosa humedecido con agua destilada filtrada durante 1 hora, se encontró una fibra negra, y el blanco realizado en la cabina de flujo laminar despues de una hora, se encontraba limpio. Esto concluye que la contaminación ambiental en el laboratorio durante el procesado de las muestras es practicamente o incluso nulo, ya que el procesado de las muestras no dura ni siquiera una hora.

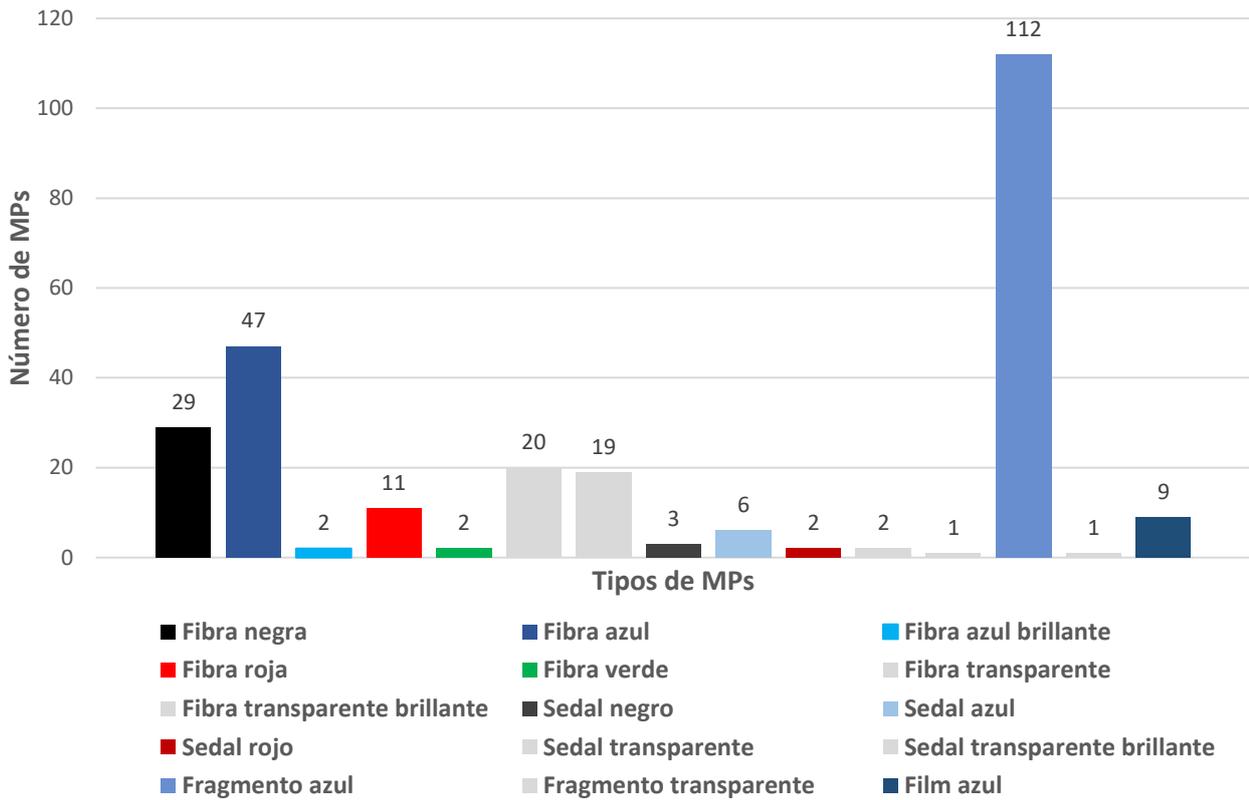


Figura 5: Diferentes tipologías (forma y color) de MPs encontrados en la merluza de Namibia o del Cabo y su número.

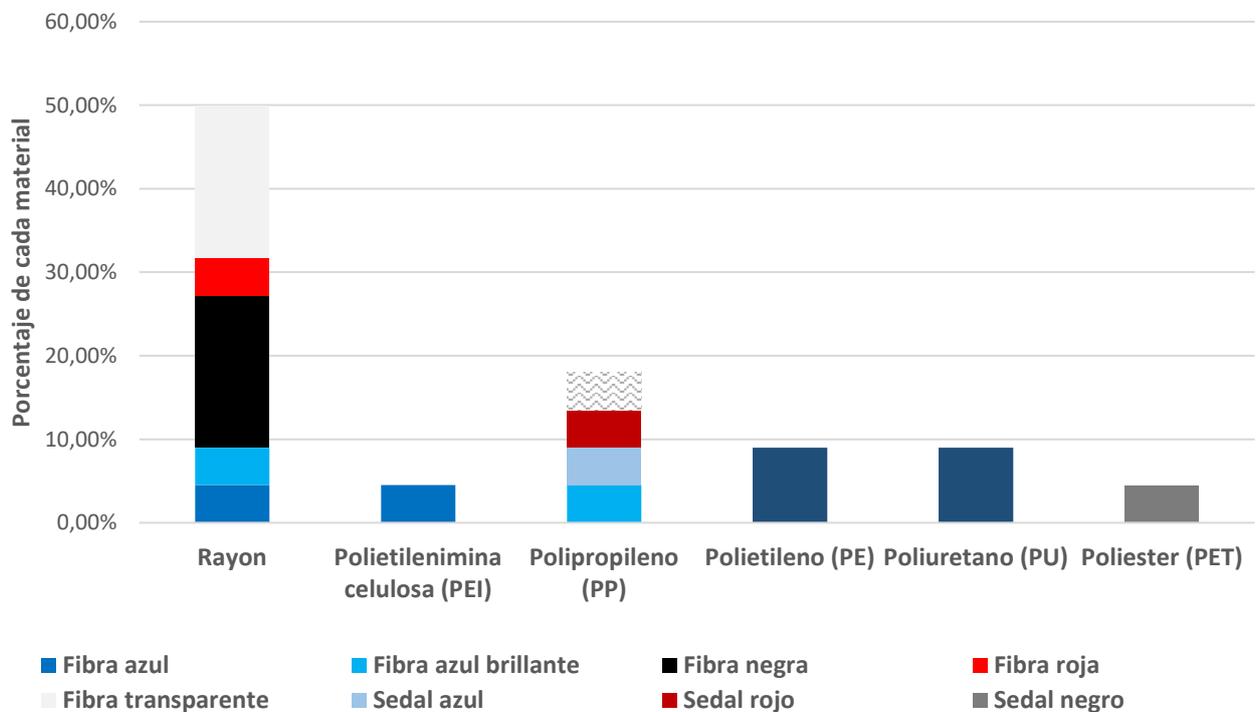


Figura 6: Materiales y sus respectivos porcentajes de los MPs analizados con FTIR, procedentes de la merluza de Namibia o del cabo.

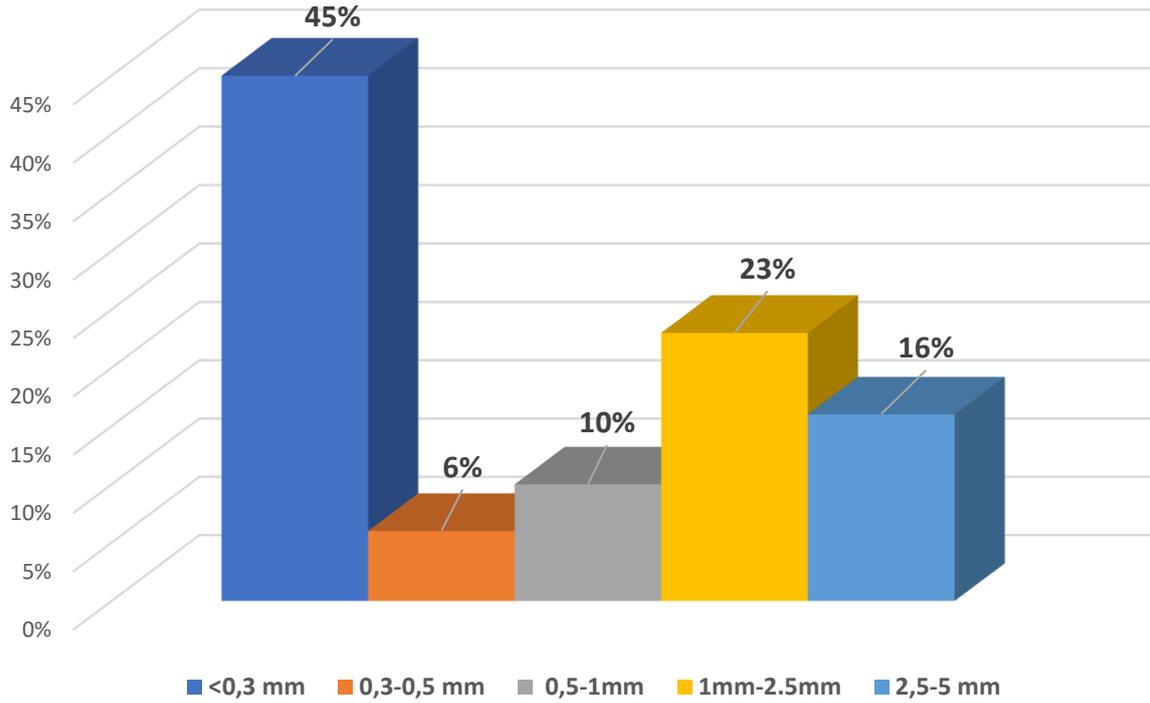


Figura 7: Tamaños y cantidades relativas que tienen los MPs de la merluza de Namibia o del Cabo, divididos en 5 grupos.

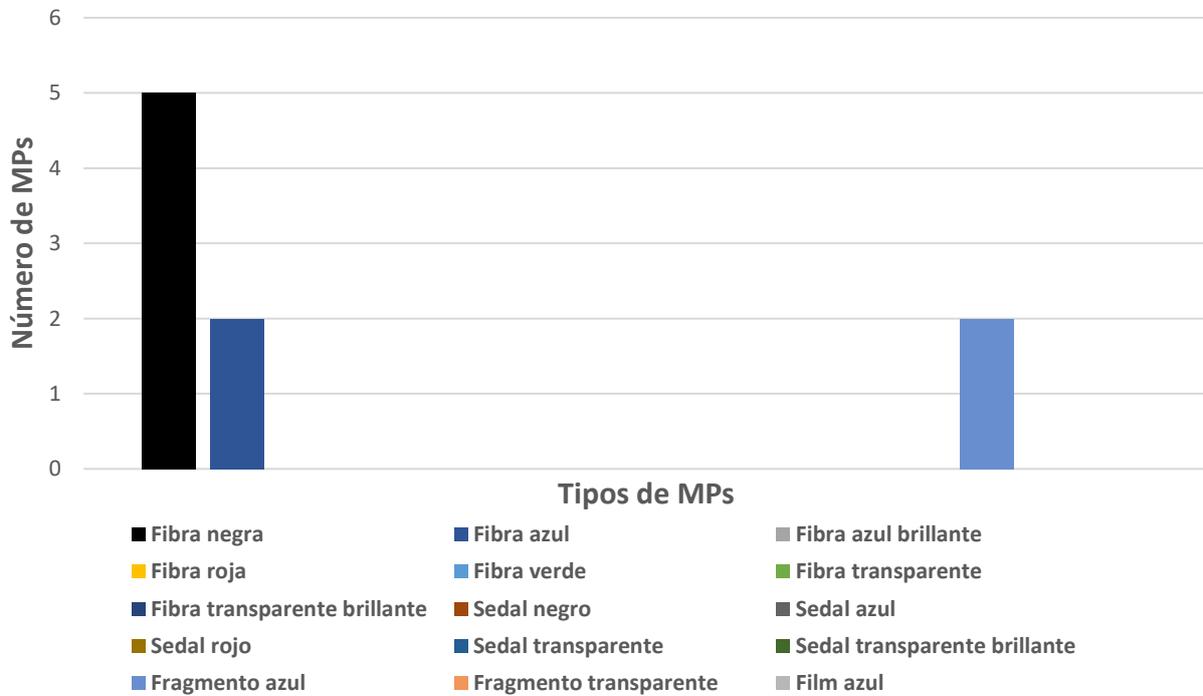


Figura 8: Diferentes tipologías (forma y color) de los MPs que se encontraban en la superficie de los filetes bajo la capa de hielo, en la merluza de Namibia o del Cabo.

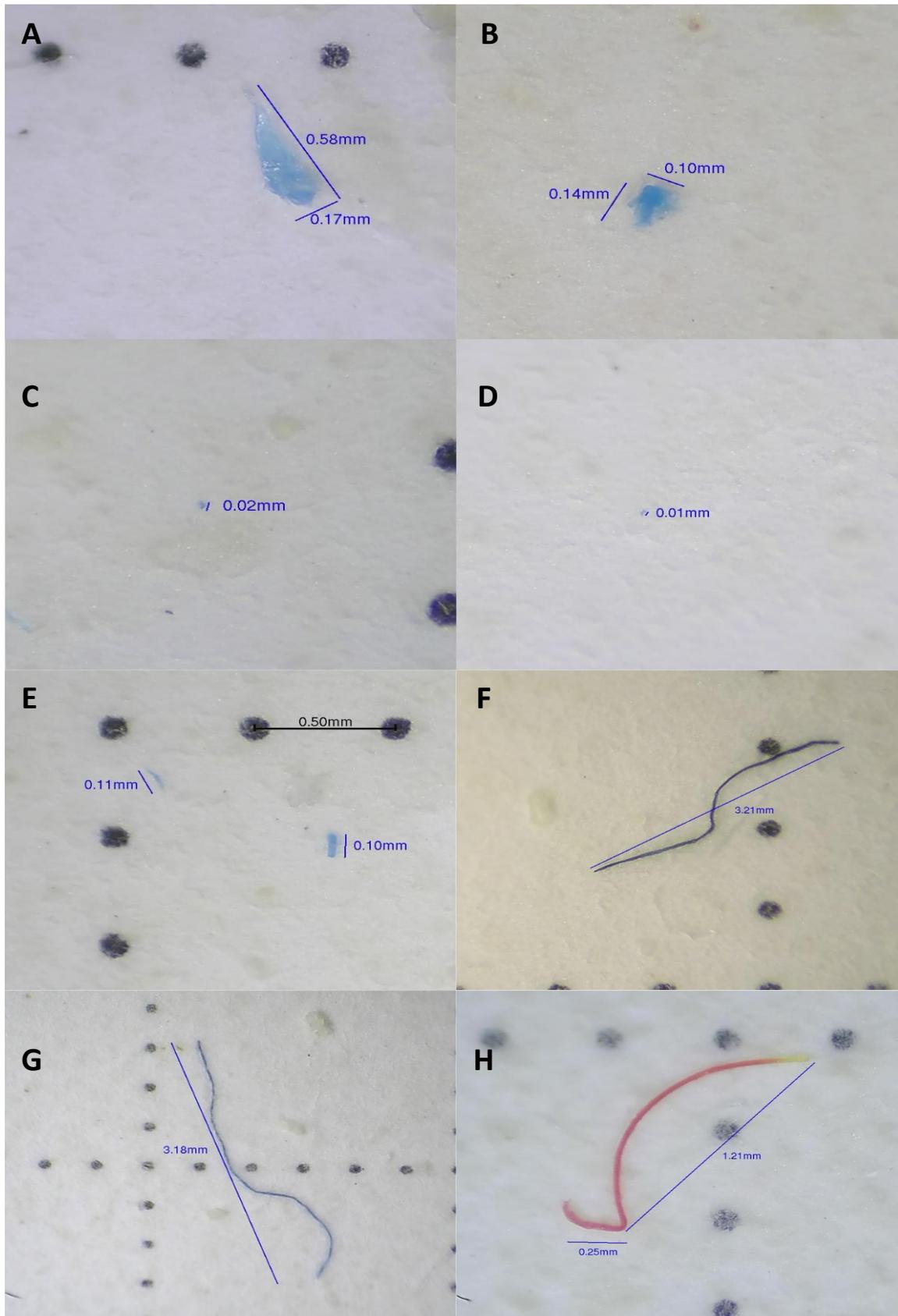


Figura 9: Micropásticos encontrados en el músculo de la merluza de Namibia o del Cabo. **A.** Film azul, **B.** Fragmento azul, **C.** Fragmento azul **D.** Fragmento azul **E.** Fibra azul a la izquierda, y sedal azul a la derecha, **F.** Fibra negra, **G.** Fibra azul, **H.** Sedal rojo.

3.2 Merluza de la Patagonia

La merluza de la Patagonia es identificada como *Merluccius hubbsi* según la información de la etiqueta del producto; en este contexto, la Zona FAO correspondiente es la 41.3.



Figura 10: Localización geográfica de la Zona FAO 41 – Atlántico, sudoccidental con sus diferentes subzonas y divisiones. Imagen adaptada de https://fish-commercial-names.ec.europa.eu/fish-names/fishing-areas/fao-area-41_es

Se analizaron 10 g de músculo de un total de 25 individuos diferentes. En una totalidad de 250 gramos de muestra se encontraron 105 microfibras y fragmentos, **0,42 ± 0,24 microplásticos por gramo de tejido (MPs/g)** (media ± desviación típica). Se enviaron a analizar un 12,38 % de su totalidad para ver el material del que estaban formados. Tras el análisis FTIR el 84,6% corresponden a materiales artificiales (**Fig. 12**) y 13,4% restante a materiales naturales como Alpha celulosa o algodón. El principal material sintético que podemos encontrar es el rayón o viscosa con el 36% del total, seguido de poliéster (PET) con un 27% y el polietileno (PE) con un 18%. El 100% de los sedales, fragmentos y films analizados corresponden a materiales sintéticos, mientras que en el caso de las fibras solo el 77,7% lo son. El rayón o viscosa solo se encuentra en las fibras analizadas, pero el 54,14% de las fibras que se corresponden con materiales sintéticos, están formadas por viscosa. Tras consultar en la Agencia Química Europea (ECHA), el daño potencial que los materiales encontrados pueden provocar, se vio que 2 de esos materiales son dañinos para los seres vivos (**Tabla 2**) y por ello, su presencia afectará tanto a la merluza como posiblemente al ser humano.

Tabla 2: Datos facilitados por la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA), donde se muestra el mayor número de potenciales daños que pueden provocar cada uno de los materiales obtenidos en la merluza de la Patagonia tras el Análisis FTIR.

Material	Sin daños aparentes	Dañino para la vida acuatica	Dañino si se consume	Irritante
Rayon o viscosa	X			
Polietilenimina celulosa (PEI)		X	X	
Polipropileno (PP)	X			
Polietileno (PE)	X			
Poliéster (PET)		X	X	X

Todos los ejemplares se encontraban afectados por la presencia de MPs, algunos en mayor medida que otros, de entre todos los tipos de MP destacaron las fibras, encontrando en primer lugar a las fibras negras con 35, seguidas muy de cerca por las fibras azules con 32 y las fibras transparentes con 22 (**Fig. 11**). Además, la mayoría de los MPs tenían un tamaño inferior a 0,5-1 mm (39% del total) debido principalmente a que casi todos los MPs eran fibras y sus tamaños oscilan entre 0,3-2,5 mm (**Fig. 13**). Cabe destacar que pese a que la última agrupación de tamaños es entre 2,5 y 5 mm (7% del total), los MPs nunca sobrepasaron los 4 mm de longitud, midiendo como máximo 3,55 mm, en el caso de las fibras, 0,97 mm en el caso de los sedales o *fishing lines*, 0,15 mm de largo por 0,12 mm de ancho en el caso de los fragmentos y 1,22 mm de largo por 1,20 mm de ancho en el único film encontrado (**Fig. 15**). A su vez, estas fueron las únicas tipologías encontradas en las muestras ya que no se encontraron ni esferas, ni pellets, pero destaca la presencia de un film transparente de un tamaño considerable.

También se quiso comprobar la posibilidad de que el proceso de congelación y envasado pudiese contaminar el producto con MPs, pudiendo quedarse pegados en la superficie de los filetes debajo de la capa de hielo que se forma al congelar el producto. Tras analizar 10 g de 25 individuos diferentes de forma aleatoria, se encontraron un total de 4 MPs y un macroplástico que se encontraban pegados en el filete debajo de la superficie congelada del producto (**Fig. 14**). Esto equivale a 0,016 MPs/g extras en el producto, aproximadamente un 3,81 % sobre el total, que no pertenecen específicamente al músculo de la merluza, pero sí al producto final. Este estudio es sobre MPs, pero cabe destacar la presencia de ese macroplástico de aproximadamente 1cm de largo por 0,9 cm de ancho (**Fig. 15**), pegado a la superficie del filete por debajo de la capa de hielo. Por lo que en este caso no solo se entraron MPs sino también macroplásticos.

También se realizaron varios blancos para comprobar la posible contaminación añadida al análisis. En el blanco realizado a las muestras se encontraron solamente una fibra azul y un sedal azul en las disoluciones, por lo que ese error se considera anecdótico. El blanco ambiental del laboratorio después de dejar un filtro de nitrato de celulosa humedecido con agua destilada filtrada durante 1 hora, se encontró limpio, al igual que el blanco realizado en la cabina de flujo laminar. Esto concluye que la contaminación ambiental en el laboratorio durante el procesado de estas muestras es prácticamente nulo, ya que el procesado de las muestras no dura ni siquiera una hora.

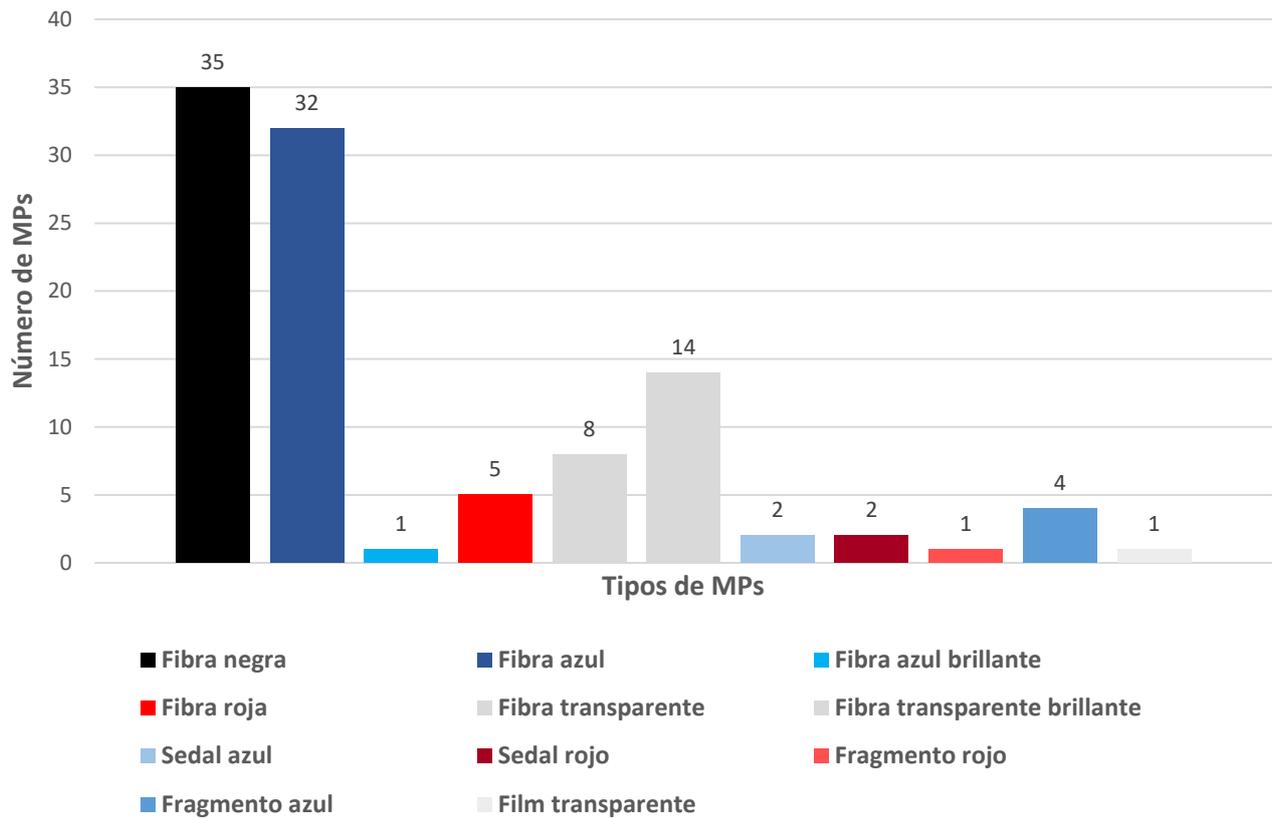


Figura 11: Diferentes tipologías (forma y color) de MPs encontrados en la merluza de la Patagonia y su número.

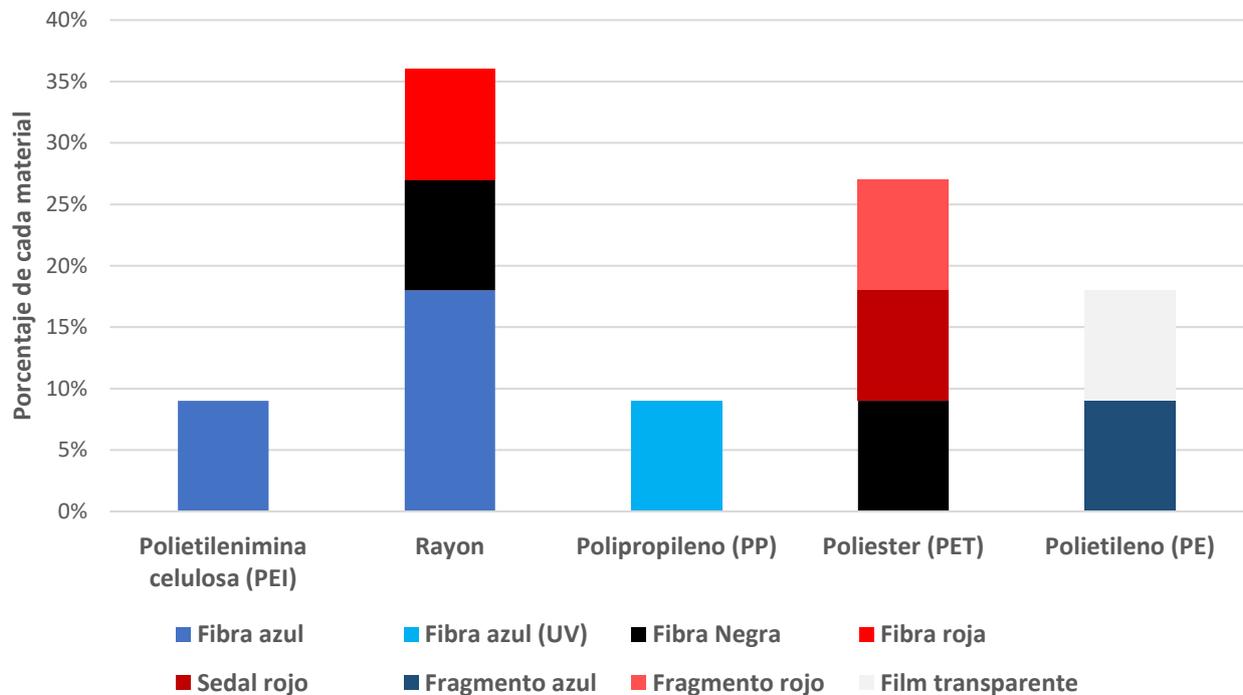


Figura 12: Materiales y sus respectivos porcentajes de los MPs analizados con FTIR, procedentes de la merluza de la Patagonia.

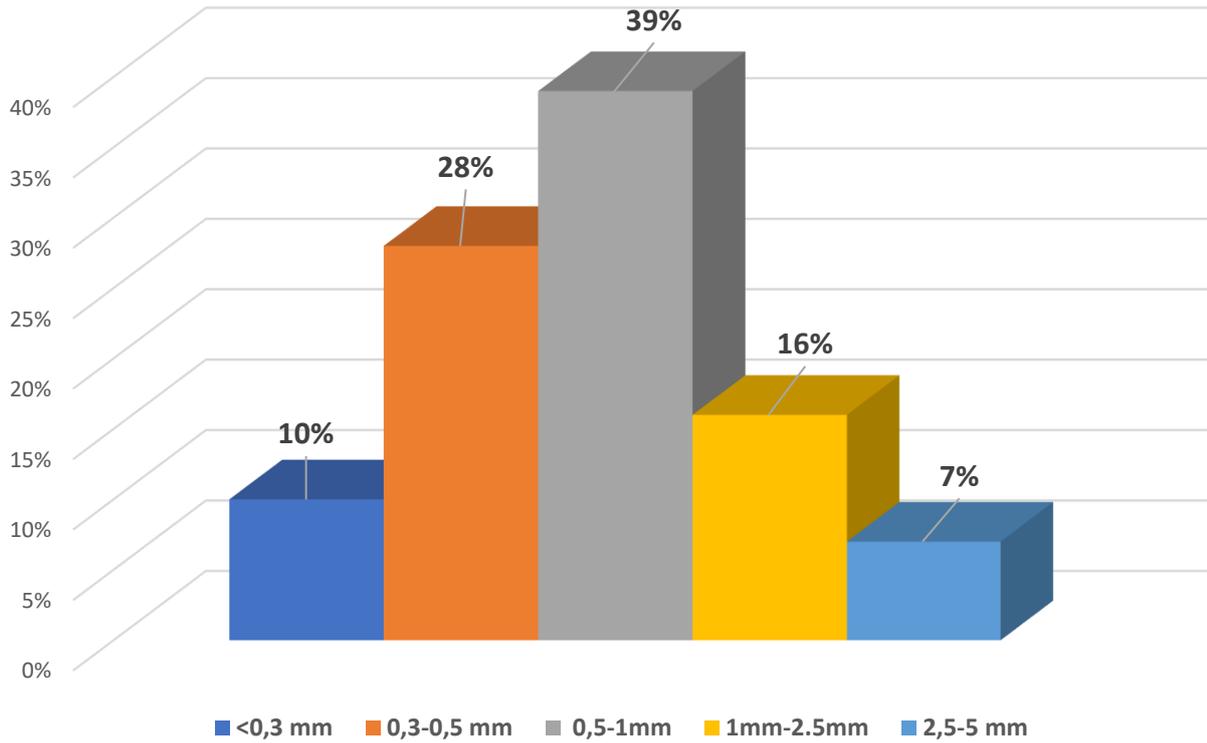


Figura 13: Tamaños y cantidades relativas que tienen los MPs de la merluza de la Patagonia, divididos en 5 grupos.

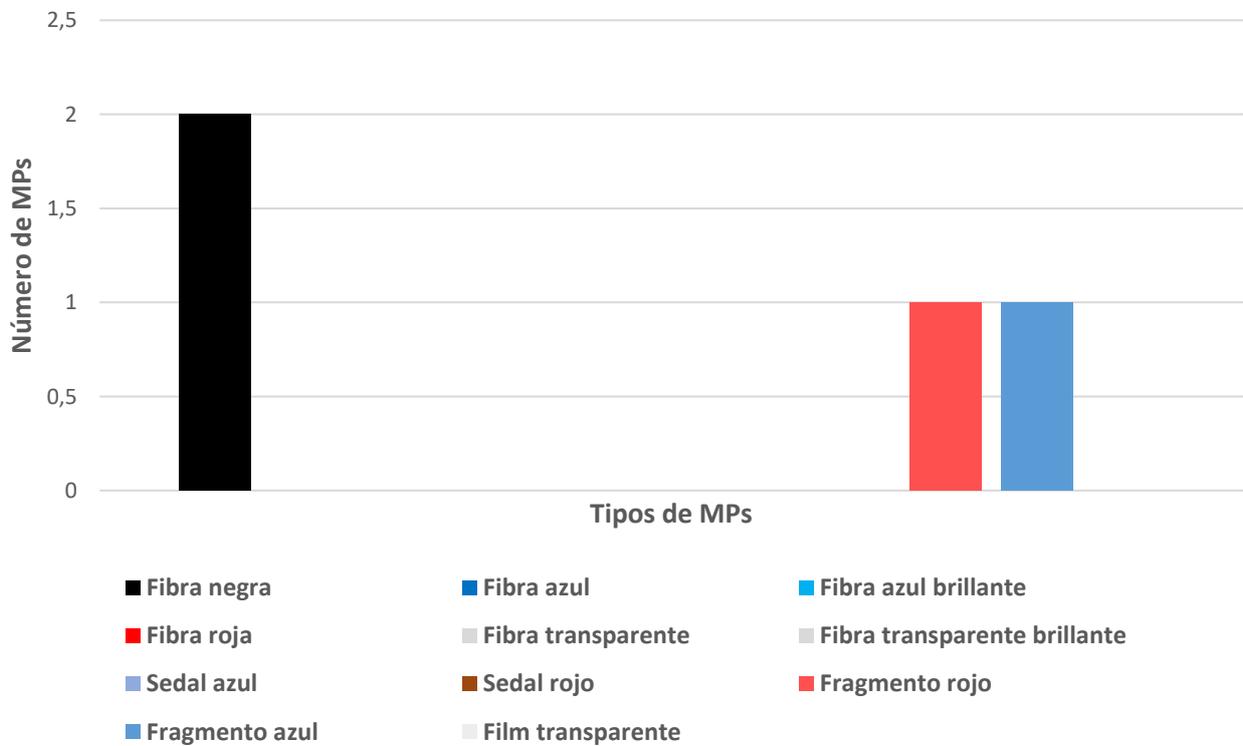


Figura 14: Diferentes tipologías (forma y color) de los MPs que se encontraban en la superficie de los filetes bajo la capa de hielo, en la merluza de la Patagonia.

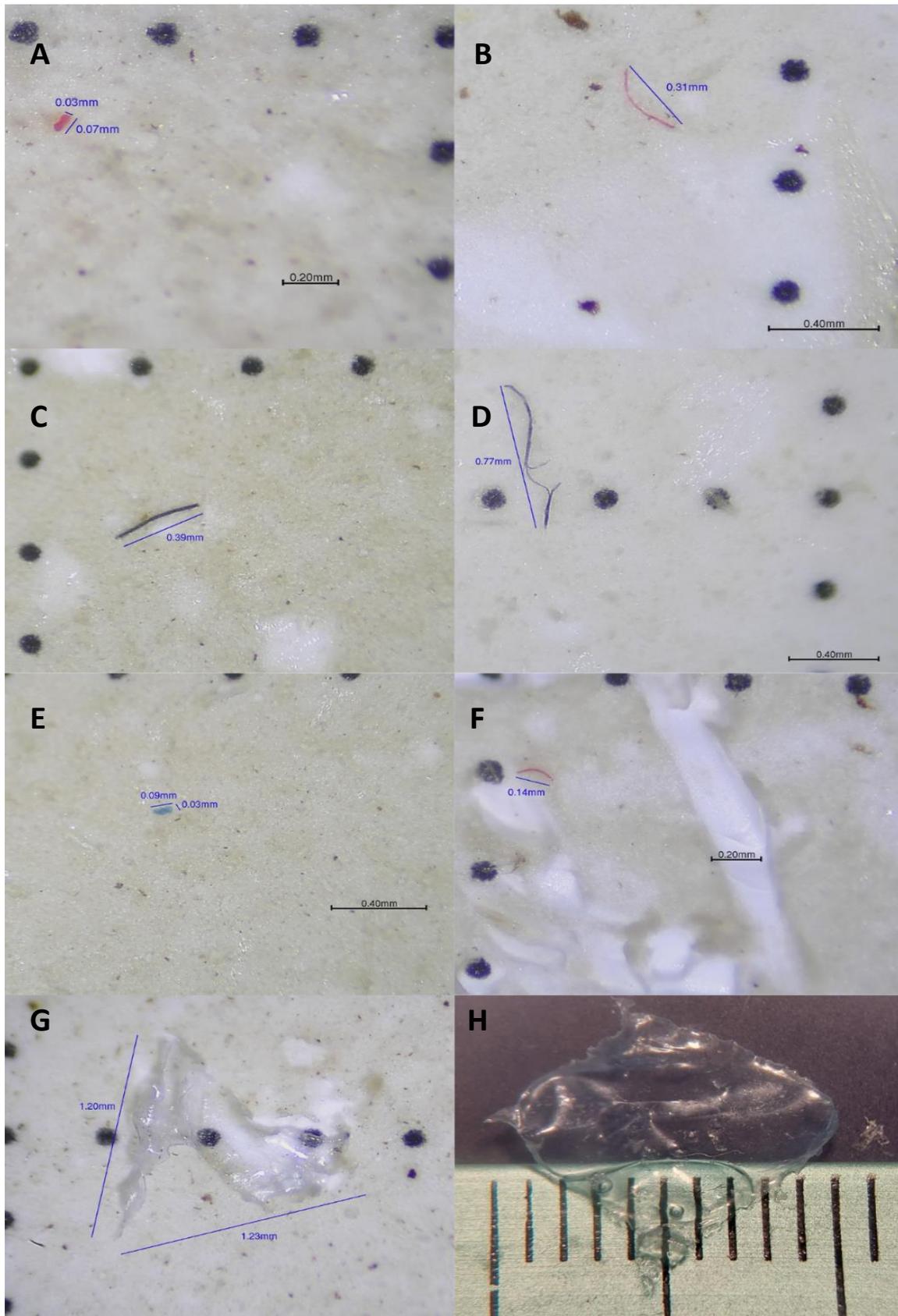


Figura 15: Microplásticos encontrados en el músculo de la merluza de la Patagonia. **A.** Fragmento rojo, **B.** Fibra roja, **C.** Sedal negro **D.** Fibra azul **E.** Fragmento azul, **F.** Sedal rojo, **G.** Film transparente, **H.** Macroplástico tipo film, encontrado bajo la capa de hielo del producto congelado.

3.3 Merluza del mar Cantábrico

La merluza proveniente del mar Cantábrico es la especie *Merluccius merluccius*, también conocida como merluza Europea. En este caso, las muestras tienen de origen en la zona FAO 27.8.c.

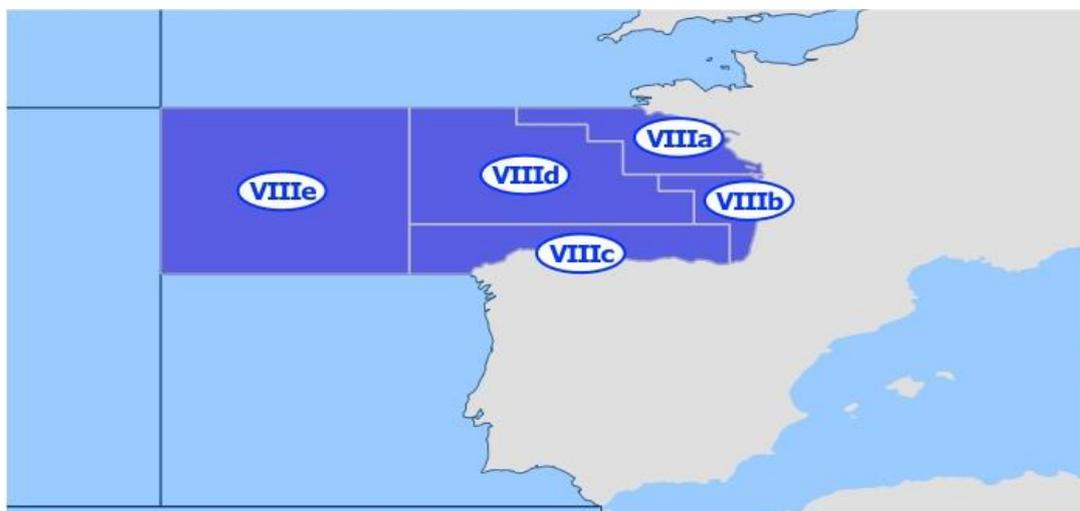


Figura 16: Localización geográfica de la Zona FAO 27 – Atlántico, nordeste, Subzona 8 Golfo de Vizcaya.

Imagen adaptada de https://fish-commercial-names.ec.europa.eu/fish-names/fishing-areas/fao-area-27_es

Se analizaron 10 g de músculo de un total de 25 individuos diferentes. En una totalidad de 250 gramos de muestra se encontraron 83 microfibras y fragmentos, **0,33 ± 0,25 microplásticos por gramo de tejido (MPs/g)** (media ± desviación típica). Se enviaron a analizar un 15,58% de su totalidad para ver el material del que estaban formados. Tras el análisis FTIR el 83,3% corresponden a materiales artificiales (**Fig. 18**) y 16,6% restante a materiales naturales como celulosa o algodón. El principal material sintético que podemos encontrar es el poliéster (PET) con el 50% del total, seguido del resto de materiales obtenidos, que se encontraron en la misma cantidad cada uno de ellos. El 100% de los sedales y fragmentos analizados corresponden a materiales sintéticos, mientras que en el caso de las fibras solo el 77,7% lo son. El PET se encuentra tanto en las fibras como en los sedales analizados, pero el 42,85% de las fibras que se corresponden con materiales sintéticos, están formadas por PET. Tras consultar en la Agencia Química Europea (ECHA), el daño potencial que los materiales encontrados pueden provocar, se vio que 3 de esos materiales son dañinos para los seres vivos (**Tabla 3**).

Tabla 3: Datos facilitados por la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA), donde se muestra el mayor número de potenciales daños que pueden provocar cada uno de los materiales obtenidos en la merluza del Cantábrico tras el Análisis FTIR.

Material	Sin daños aparentes	Dañino para la vida acuática	Dañino si se consume	Irritante
Rayon o viscosa	X			
Polietilimina		X	X	
celulosa (PEI)				
Tereftalato de polietileno (TPE)	X			
Acrílico (PAN/PAA)		X		X
Polietileno (PE)	X			
Poliéster (PET)		X	X	X

Todos los ejemplares se encontraban afectados por la presencia de MPs, algunos en mayor medida que otros, de entre todos los tipos de MP destacaron las fibras azules con 35, seguido de las fibras negras con 22 y los fragmentos azules con 7 (**Fig. 17**). Además, la mayoría de los MPs tenían un tamaño comprendido entre 0,5-1 mm (48% del total)(**Fig. 19**). Cabe destacar que pese a que la última agrupación de tamaños es entre 2,5 y 5 mm (8% del total), los MPs nunca sobrepasaron los 4 mm de longitud, midiendo como máximo 3,82 mm, en el caso de las fibras, 1,11 mm en el caso de los sedales o *fishing lines*, 0,13 de largo por 0,05 de ancho para los fragmentos y 1,69 mm de largo por 0,46 mm de ancho en el caso de los films (**Fig. 20**). A su vez, esta fueron las únicas tipologías encontradas en las muestras ya que no se encontraron ni esferas, ni pellets.

En este caso, como el producto era fresco, no se llevo a cabo un análisis de los posibles MPs que podían tener adheridos a la superficie debido al procesado del producto. Aquí los únicos MPs superficiales que podría adquirir son los del procesado de las muestras para analizarlas, error que se evita al mirar en la lupa estereoscópica previamente a su disolución, para ver que no hay contaminación ambiental en la muestra.

También se realizaron varios blancos para comprobar la posible contaminación añadida al análisis. En el blanco realizado a las muestras se encontró solamente una fibra transparente en las disoluciones, por lo que ese error se considera anecdótico. En el blanco ambiental en el laboratorio después de dejar un filtro de nitrato de celulosa humedecido con agua destilada filtrada durante 1 hora, se encontró una fibra negra, y el blanco realizado en la cabina de flujo laminar después de una hora, se encontraba limpio. Esto concluye que la contaminación ambiental en el laboratorio durante el procesado de las muestras es prácticamente o incluso nulo, ya que el procesado de las muestras no dura ni siquiera una hora.

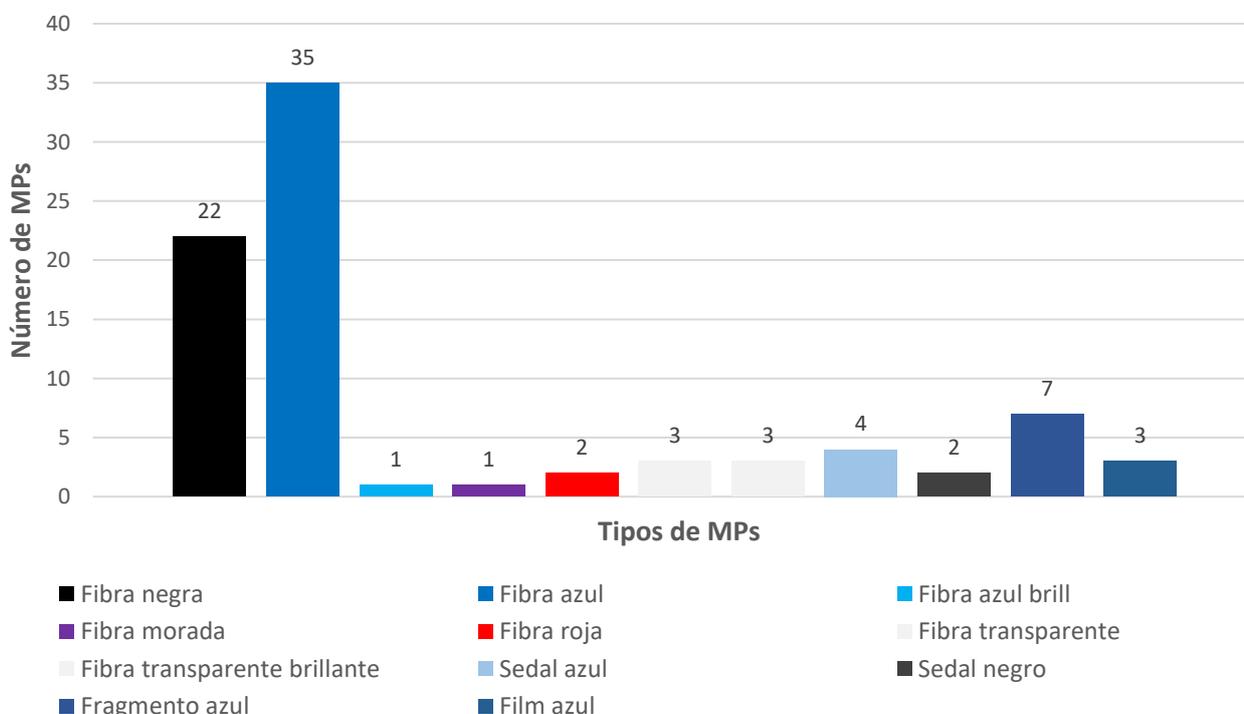


Figura 17: Diferentes tipologías (forma y color) de MPs encontrados en la merluza del Cantábrico y su número.

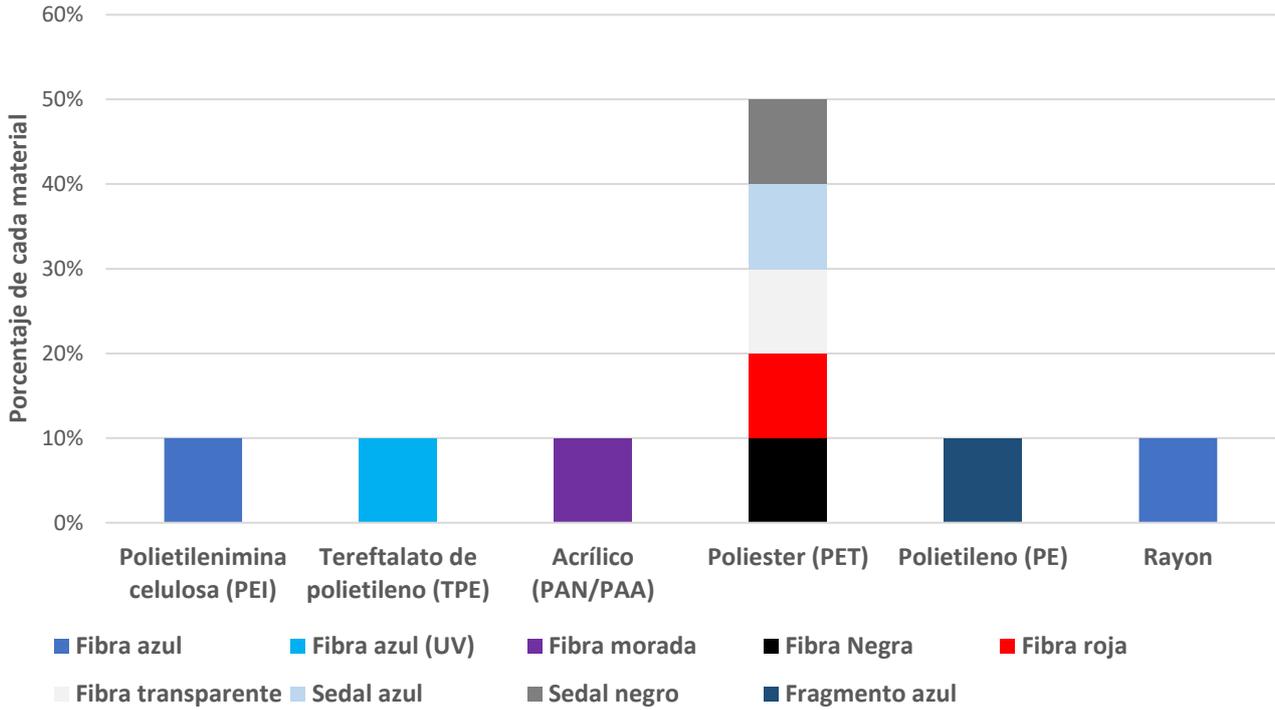


Figura 18: Materiales y sus respectivos porcentajes de los MPs analizados con FTIR, procedentes de la merluza del Cantábrico.

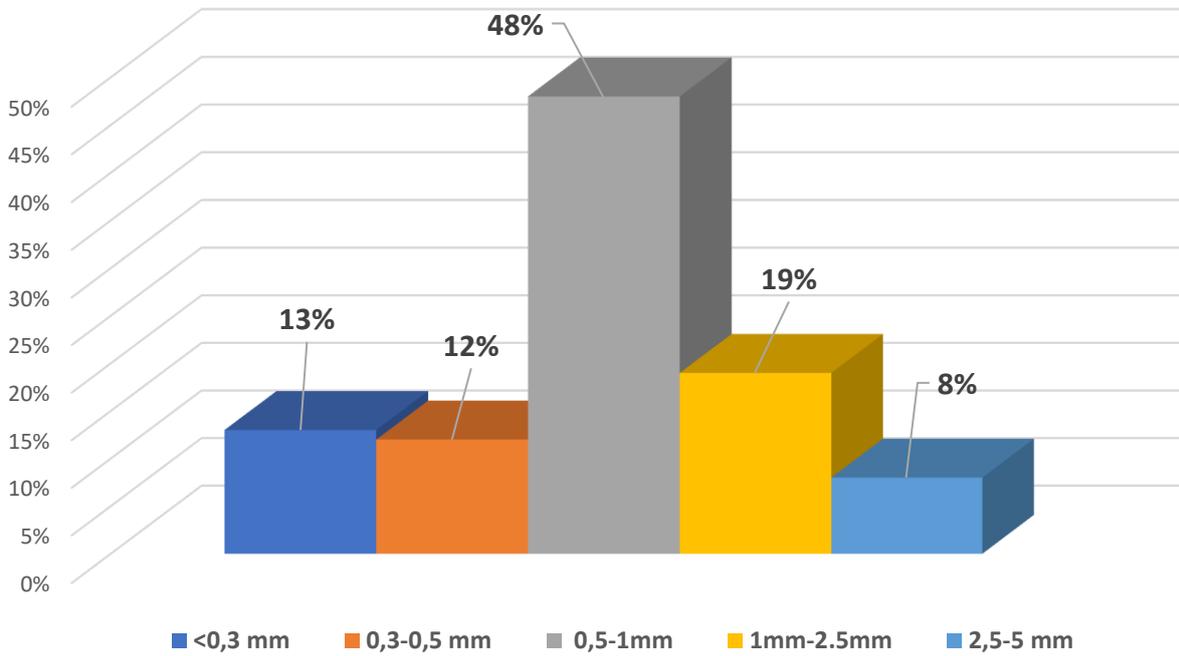


Figura 19: Tamaños y cantidades relativas que tienen los MPs de la merluza del Cantábrico, divididos en 5 grupos.

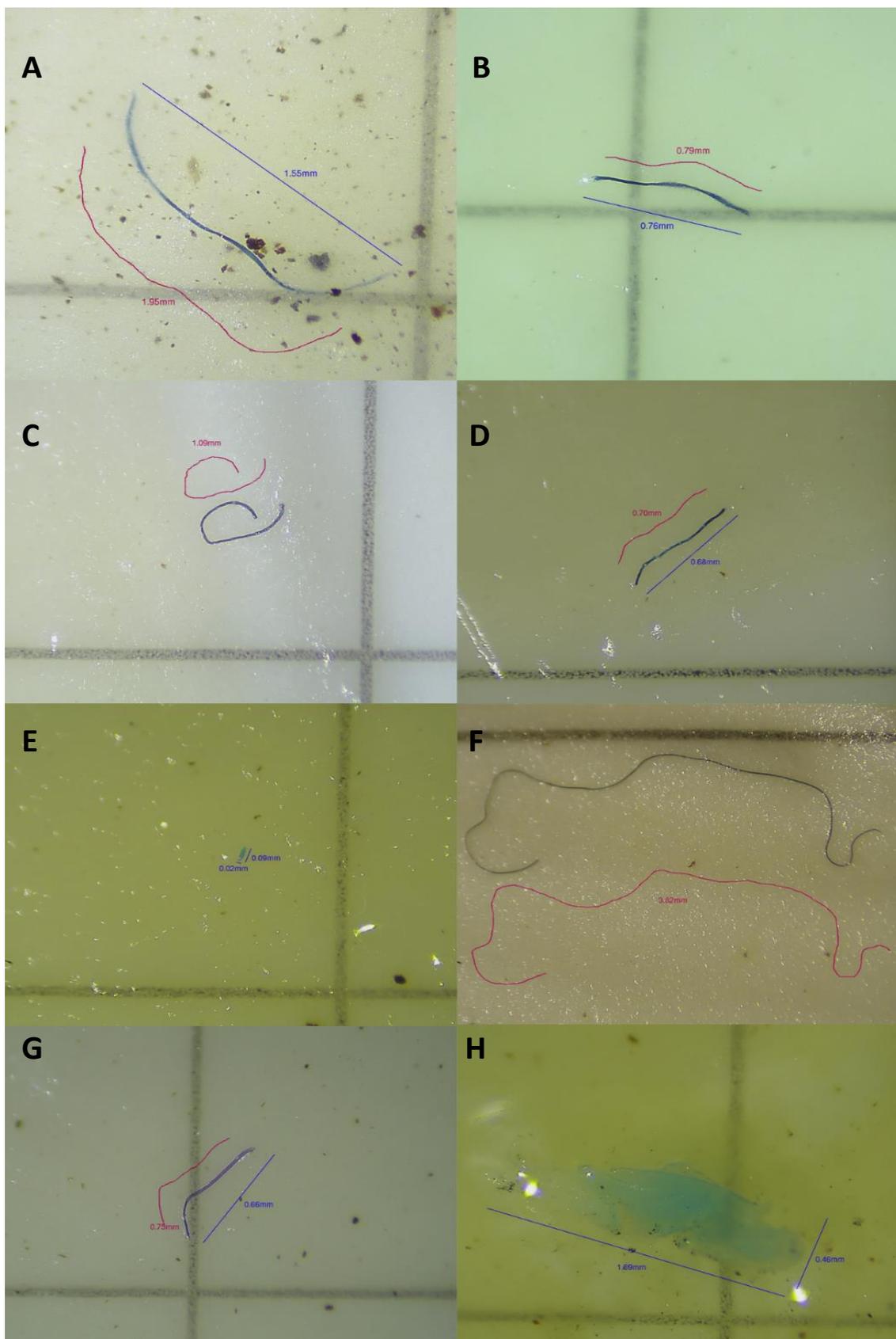


Figura 20: Microplásticos encontrados en el músculo de la merluza del Cantábrico. **A.** Fibra azul, **B.** Fibra azul, **C.** Sedal negro **D.** Fibra azul **E.** Fragmento azul, **F.** Fibra negra, **G.** Fibra morada, **H.** Film azul.

3.4 Comparación merluzas

Tras el análisis de 10 gramos de 25 individuos diferentes de cada zona FAO, se detectó una concentración media de microplásticos de $0,33 \pm 0,25$ MP/g en el músculo (zona de consumo por el usuario) de la merluza pescada en la zona FAO 27.8.c, la merluza del Cantábrico (*Merluccius merluccius*). En cuanto a la merluza pescada en la zona FAO 41.3.1 o 41.3.2, la merluza de la Patagonia (*Merluccius hubbsi*), presentó una concentración media de $0,42 \pm 0,24$ MP/g en músculo. Por último, la merluza de la zona FAO 47, la merluza de Namibia o del Cabo (*Merluccius capensis* o *Merluccius paradoxus*), presentó una concentración en músculo de $1,064 \pm 0,40$ MPs/g (Fig. 21). Los MPs de la merluza del Cabo son de pequeño tamaño, pero a su vez ese menor tamaño lo hace más peligroso, al tener más posibilidades de traslocación dentro del organismo.

Esta comparación entre merluzas solo nos permite detectar posibles diferencias en la concentración de MPs, pero no permite discernir si las posibles diferencias son interespecíficas o son debido a la zona de pesca. Las muestras fueron cogidas en la misma época y de stocks similares, por lo que en ese aspecto son comparables. A nivel de consumo, que es en lo que se centra este estudio, la menos contaminada es la merluza del Cantábrico (*Merluccius merluccius*), no solo por lo MPs encontrados en el músculo, si no porque al ser fresca, esos MPs añadidos durante el procesado y congelación del producto se evitan.

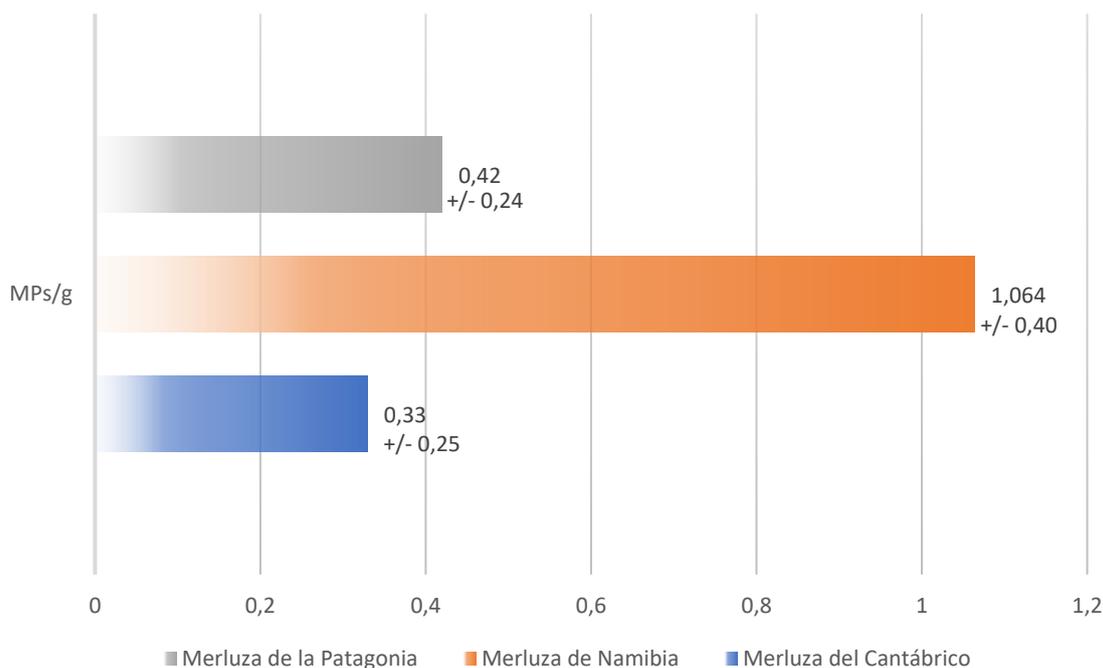


Figura 21: Comparativa mostrando la diferencia en los MPs/g totales de cada merluza, siendo la menos contaminada la del Cantábrico, seguida por la de la Patagonia y en último lugar la de Namibia.

Tabla 4. Resultados de los tests de Kolmogorov-Smirnov y Levene para las variables estudiadas. Se señalan los resultados significativos con un asterisco.

Variables	Kolmogorov-Smirnov		Levene	
	Z	p-valor	F	p-valor
Concentración MPs	1,946	<0,001*	6,667	0,003*
Log ₁₀ Concentración MPs	0,914	0,374	1,029	0,363

La concentración de microplásticos (por gramo de tejido) medida en las tres especies de merluza no se ajustó a los criterios de normalidad y homogeneidad de varianzas necesarios para hacer análisis paramétricos, por lo que se realizó una transformación logarítmica en base 10 sobre esta variable, que sí se ajustó a estos criterios (**Tabla 4**). Se detectaron diferencias significativas en la concentración de microplásticos entre las tres especies estudiadas (ANOVA de 1 factor: $F_{1,74} = 30,324$, $p < 0,001$), siendo la concentración de MPs significativamente más elevada en la merluza de Namibia que en la merluza del Cantábrico y la de la Patagonia (**Tabla 5, Fig. 22**). No se encontraron diferencias significativas en la concentración de microplásticos entre las merluzas del Cantábrico y de la Patagonia.

Tabla 5. Resultados de las comparaciones post-hoc mediante el test de Tukey para la concentración de microplásticos (transformada logarítmicamente en base 10) de las diferentes especies de merluzas. Se señalan los resultados significativos con un asterisco.

Comparaciones entre grupos	p-valor
Merluza de Namibia – Merluza del Cantábrico	< 0,001*
Merluza de Namibia – Merluza de la Patagonia	< 0,001*
Merluza de la Patagonia – Merluza del Cantábrico	0,178

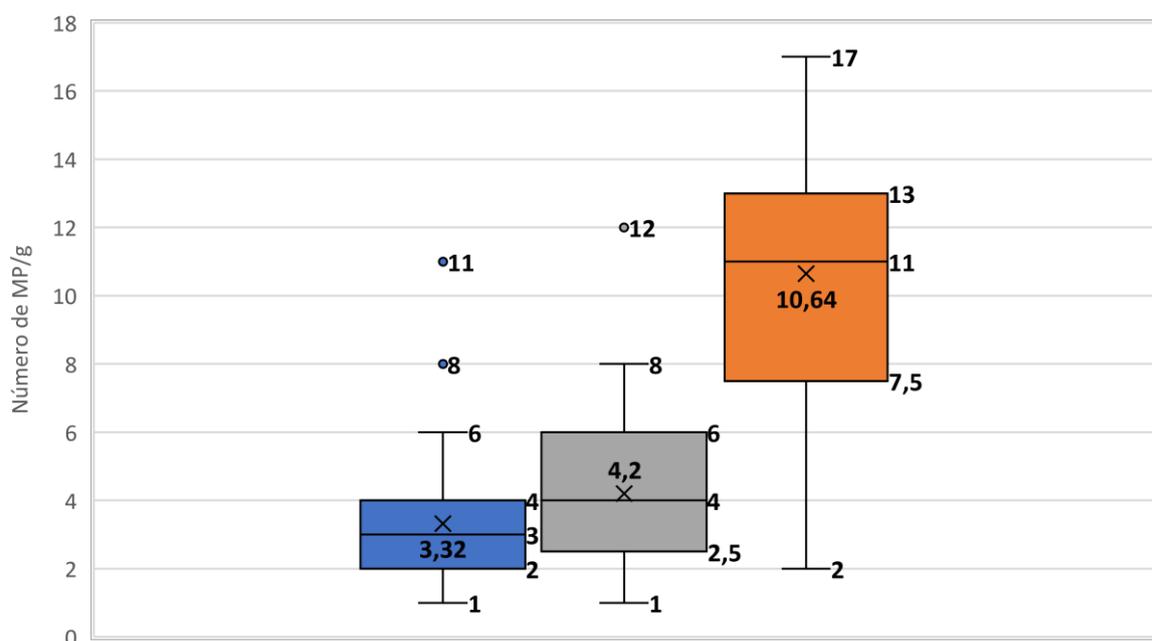


Figura 22: Comparativa tanto de los valores promedio de las merluzas, como la variancia dentro de los individuos analizados. Los puntos fuera de la variancia son outliers, es decir valores atípicos comparados con el resto de los individuos. Los valores se hallan multiplicados por 10. En azul, la merluza del Cantábrico, en gris la de la Patagonia y en Naranja la de Namibia.

Tras el análisis por microespectroscopia infrarroja (FTIR) de las microfibras y fragmentos obtenidos, se vieron diferencias entre las merluzas pero de forma casi anecdótica. Prácticamente tanto el porcentaje de material sintético encontrado, como el número de materiales sintéticos diferentes, y la toxicidad de estos es bastante similar entre ellas. Los porcentajes de microfibras que resultaron ser sintéticas tras el análisis, rondan entre el 81 y 84%, el número de materiales diferentes que componían los MPs de cada merluza, entre 5 (en la merluza de la Patagonia) y 6 componentes (en las dos restantes), coincidiendo todas las

merluzas en 4 de ellos, rayon o viscosa, PET, PEI y PE, y la cantidad de estos materiales que son tóxicos, 2 en el caso de la merluza de la Patagonia y 3 en las dos restantes (**Fig. 23**). La viscosa y el PET son los materiales que con más redundancia aparecen, siendo inerte el rayon, y dañino para la vida acuática, perjudicial si se consume e irritante el PET. En el momento de realizar el análisis se coge una submuestra del total, por lo que siempre cabe la posibilidad de no encontrar algún tipo de material dentro de la totalidad de MPs, o que los porcentajes varíen ligeramente.

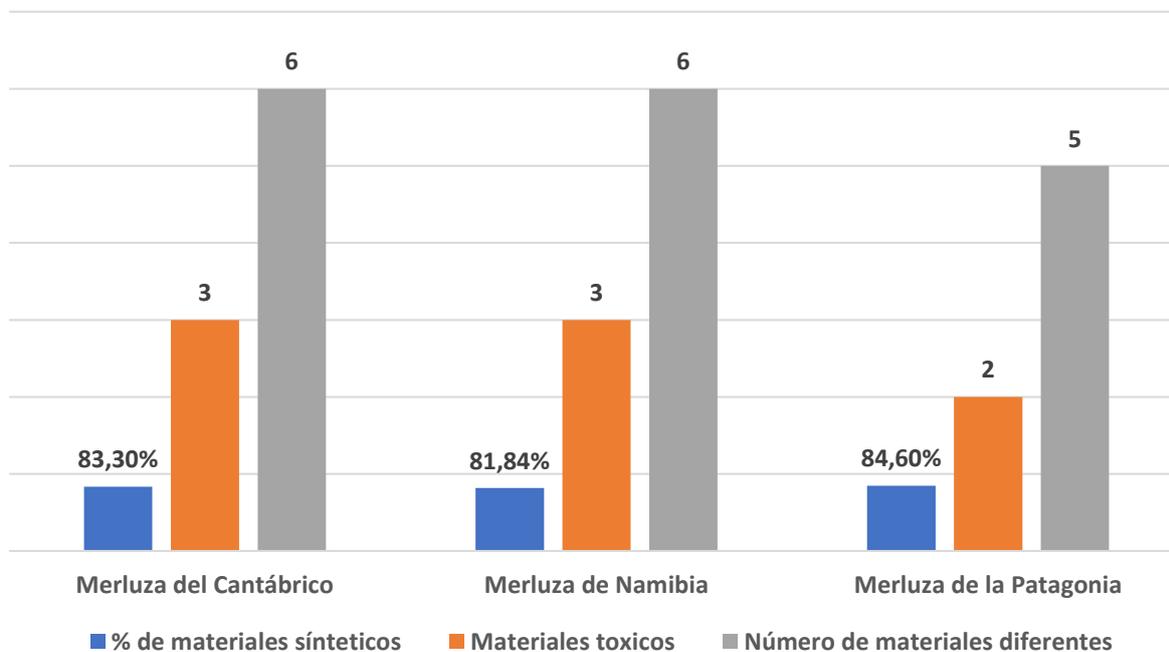


Figura 23: Comparativa mostrando la diferencia en los materiales que forman los MPs de cada merluza. En azul el porcentaje total de microfibras que resultaron ser sintéticas tras el análisis FTIR. En gris, número de materiales sintéticos diferentes que se encontraron. En naranja, cuantos de estos materiales sintéticos son tóxicos o dañinos.

3.5 Calamar del Norte

La especie de calamar es *Loligo vulgaris*, capturada en el mar del Norte, específicamente en la Zona FAO 27.4. No es posible determinar la subdivisión exacta debido a que la información proporcionada solo especificaba que provenía del mar del Norte.

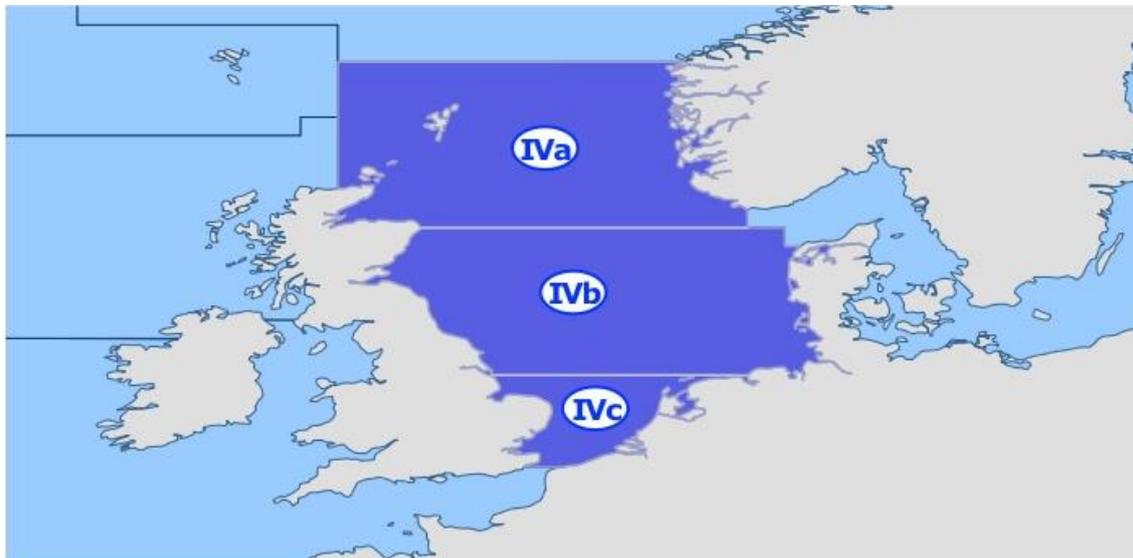


Figura 24: Localización geográfica de la Zona FAO 27 – Atlántico, nordeste, Subzona 4 Mar del Norte. Imagen adaptada de https://fish-commercial-names.ec.europa.eu/fish-names/fishing-areas/fao-area-27_es

Se analizaron 5 g de músculo de un total de 25 individuos diferentes. En una totalidad de 125 gramos de muestra se encontraron 162 microfibras y fragmentos, **1,29 ± 0,72 microplásticos por gramo de tejido (MPs/g)** (media ± desviación típica). Se enviaron a analizar un 10,32% de su totalidad para ver el material del que estaban formados. Tras el análisis FTIR el 87,5% corresponden a materiales artificiales (**Fig. 26**) y 12,5% restante a materiales naturales como celulosa o algodón. El principal material sintético que podemos encontrar es el rayón o viscosa con el 42,85% del total, seguido del poliéster (PET) con 28,56% y el polipropileno (PP) con el 14,28%. El 100% de los sedales y fragmentos analizados corresponden a materiales sintéticos, mientras que en el caso de las fibras solo el 83,3% lo son. El rayón solo se encuentra en las fibras analizadas, pero el 60% de las fibras que se corresponden con materiales sintéticos, están formadas por viscosa. Tras consultar en la Agencia Química Europea (ECHA), el daño potencial que los materiales encontrados pueden provocar, se vio que 2 de esos materiales son dañinos para los seres vivos (**Tabla 6**) y por ello, su presencia afectará tanto al calamar como posiblemente al ser humano.

Tabla 6: Datos facilitados por la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA), donde se muestra el mayor número de potenciales daños que pueden provocar cada uno de los materiales obtenidos en el Calamar del mar del norte tras el análisis FTIR.

Material	Sin daños aparentes	Dañino para la vida acuática	Dañino si se consume	Irritante
Rayon o viscosa	X			
Tereftalato de polietileno (TPE)	X			
Poliéster (PET)		X	X	X
Metacrilato (PMMA)				X
Polipropileno (PP)	X			

Todos los ejemplares se encontraban afectados por la presencia de MPs, de entre todos los tipos de MP destacaron las fibras azules con 57, seguido de las fibras negras con 39 y las fibras transparentes con 19 (Fig. 25). Cabe destacar que pese a que la última agrupación de tamaños es entre 2,5 y 5 mm (6% del total) (Fig. 27), los MPs nunca sobrepasaron los 3,5 mm de longitud, midiendo como máximo 3,37 mm, en el caso de las fibras, 1,13 mm en el caso de los sedales o *fishing lines*, y 0,24 mm de largo por 0,20 de ancho para los fragmentos (Fig. 28). A su vez estas fueron la únicas tipologías encontradas en las muestras ya que no se encontraron ni esferas, ni pellets, ni films.

Dado que el producto estaba en estado fresco, no se realizó un análisis de los posibles MPs que podrían estar adheridos a la superficie debido al procesamiento del producto. En este caso, los únicos MPs superficiales que podrían adquirirse son los relacionados con el procesamiento de las muestras para su análisis. Además, siempre se examinan bajo una lupa estereoscópica antes de su disolución para verificar la ausencia de contaminación ambiental en la muestra.

También se realizaron varios blancos para comprobar la posible contaminación añadida al análisis. En el blanco realizado a las muestras se encontró solamente una fibra negra y un sedal azul en las disoluciones, por lo que ese error se considera anecdótico. El blanco ambiental del laboratorio después de dejar un filtro de Nitrato de celulosa humedecido con agua destilada filtrada durante 1 hora, se encontró una fibra negra, y el blanco realizado en la cabina de flujo laminar después de una hora, se encontraba limpio. Esto permite concluir que la contaminación ambiental en el laboratorio durante el procesamiento de las muestras es prácticamente nula o incluso inexistente, ya que dicho procesamiento no se extiende ni siquiera durante una hora.

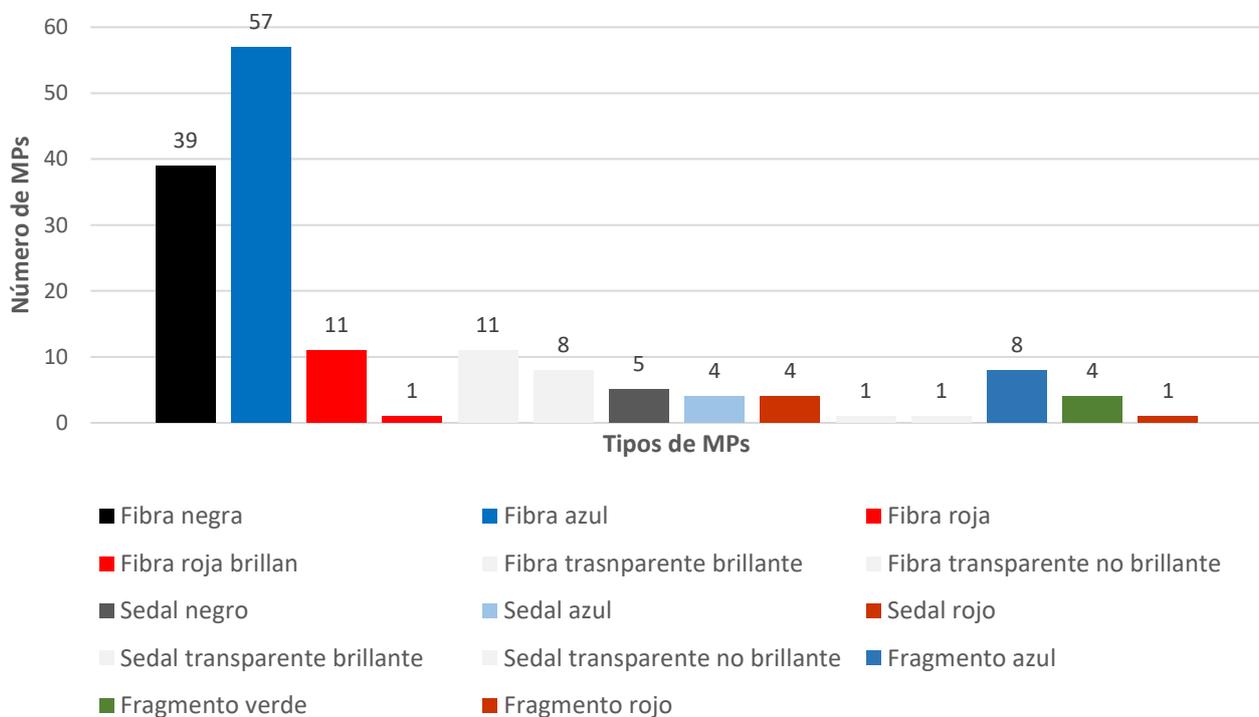


Figura 25: Diferentes tipologías (forma y color) de MPs encontrados en el calamar del Norte y su número.

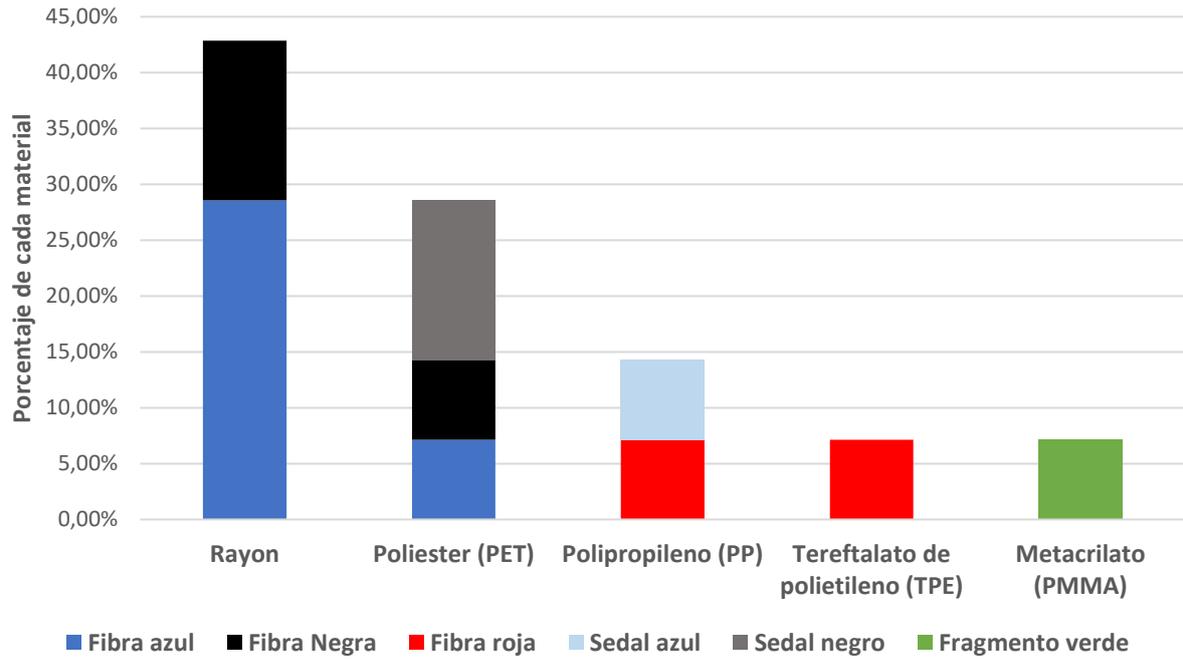


Figura 26: Materiales y sus respectivos porcentajes de los MPs analizados con FTIR, procedentes del calamar del Mar del norte.

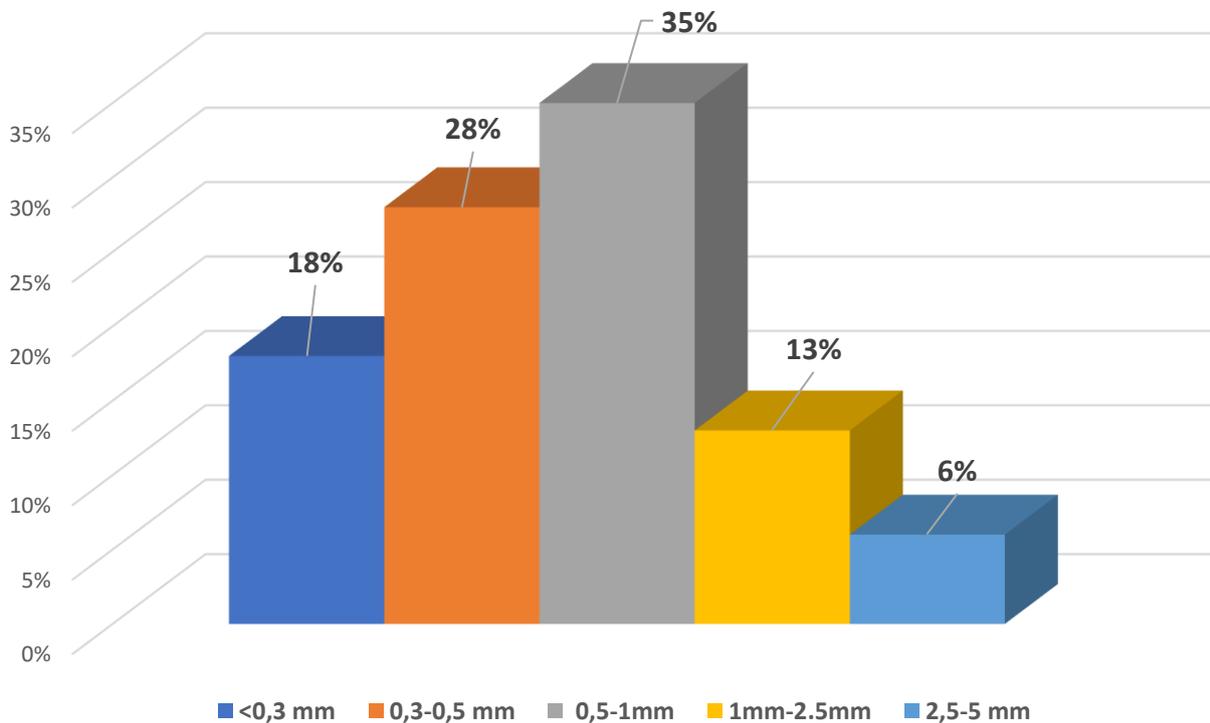


Figura 27: Tamaños y cantidades relativas que tienen los MPs del calamar del Norte, divididos en 5 grupos.

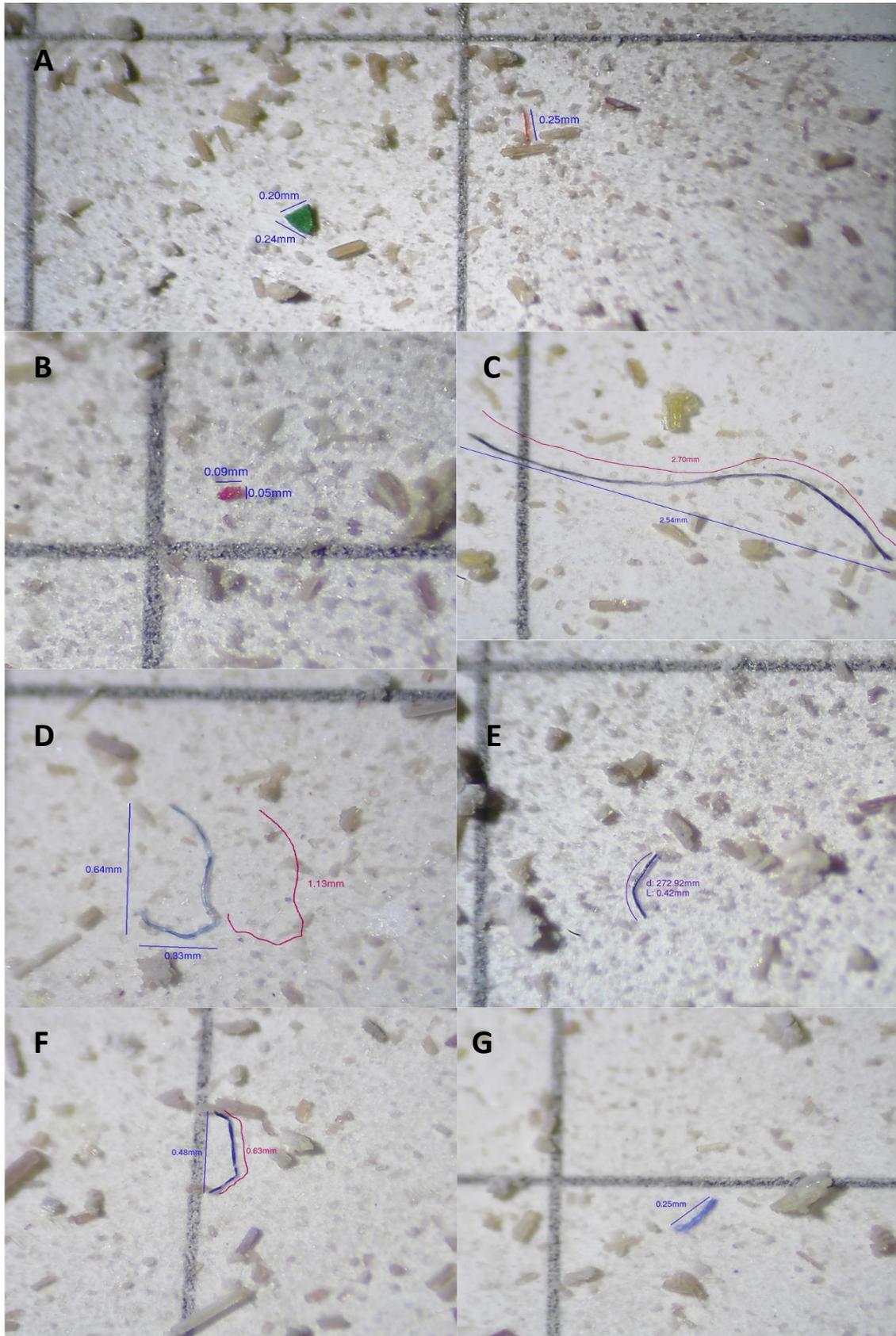


Figura 28: Microplásticos encontrados en el músculo del calamar del mar del Norte. **A.** Fragmento verde a la izquierda de la imagen, y sedal rojo a la derecha, **B.** Fragmento rojo **C.** Fibra negra **D.** Fibra azul, **E.** Sedal negro, **F.** Fibra azul, **G.** Fibra azul.

3.6 Calamar de Marruecos

La especie de calamar es *Loligo vulgaris*, capturada en las costas de Marruecos, en la Zona FAO 34.1.1.

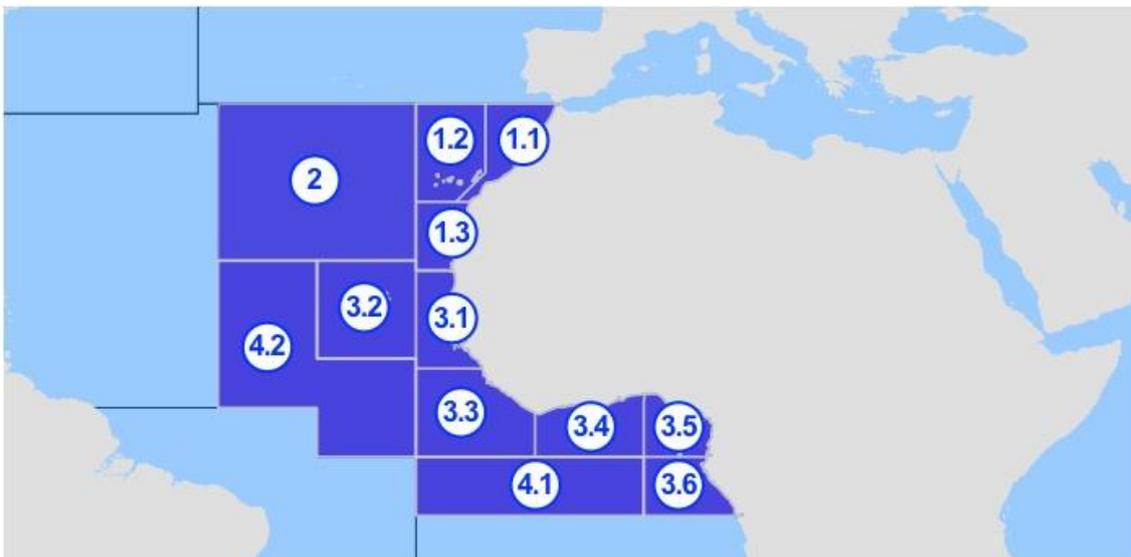


Figura 29: Localización geográfica de la Zona FAO 34 Atlántico, centro-oriental, Subzona 1 (Costa septentrional), división 1 (costa marroquí). Imagen adaptada de https://fish-commercial-names.ec.europa.eu/fish-names/fishing-areas/fao-area-34_es

Se analizaron 5 g de músculo de un total de 25 individuos diferentes. En una totalidad de 125 gramos de muestra se encontraron 169 microfibras y fragmentos, **1,35 ± 0,47 microplásticos por gramo de tejido (MPs/g)** (media ± desviación típica). Se enviaron a analizar un 11,11% de su totalidad para ver el material del que estaban formados. Tras el análisis FTIR el 100% de las muestras enviadas corresponden a materiales artificiales (**Fig. 31**), esto no quiere decir que todos los MPs encontrados en las muestras lo sean, ya que se envía una submuestra del total, pero es probable la gran mayoría lo sean. El principal material sintético que podemos encontrar es el poliéster (PET) con el 46,6% del total, seguido del rayón y el polipropileno (PP) con un 20% cada uno. Tras consultar en la Agencia Química Europea (ECHA), el daño potencial que los materiales encontrados pueden provocar, se vio que 3 de esos materiales son dañinos para los seres vivos (**Tabla 7**) y por ello, su presencia afectará tanto al calamar como posiblemente al ser humano.

Tabla 7: Tabla con los datos facilitados por la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA), donde se muestra el mayor número de potenciales daños que pueden provocar cada uno de los materiales obtenidos en el Calamar de Marruecos tras el Análisis FTIR.

Material	Sin daños aparentes	Dañino para la vida acuática	Dañino si se consume	Irritante
Rayon o viscosa	X			
Poliéster (PET)		X	X	X
Polipropileno (PP)	X			
Acrílico (PAN/PAA)		X		X
Polietilenimina		X	X	
celulosa (PEI)				

Todos los ejemplares se encontraban afectados por la presencia de MPs, de entre todos los tipos de MP destacaron las fibras azules con 40, seguido de las fibras negras con 33 y las fibras transparentes con 24 (Fig. 30). Cabe destacar que pese a que la última agrupación de tamaños es entre 2,5 y 5 mm (5% del total) (Fig. 32), los MPs nunca sobrepasaron los 3 mm de longitud, midiendo como máximo 2,94 mm, en el caso de las fibras, 1,06 mm en el caso de los sedales o *fishing lines*, y 0,20 mm de largo por 0,14 de ancho para los fragmentos (Fig. 33). A su vez esta fueron la únicas tipologías encontradas en las muestras ya que no se encontraron ni esferas, ni pellets, ni films.

Dado que el producto estaba en estado fresco, no se realizó un análisis de los posibles MPs que podrían estar adheridos a la superficie debido al procesamiento del producto. En este caso, los únicos MPs superficiales que podrían adquirirse son los relacionados con el procesamiento de las muestras para su análisis. Además, siempre se examinan bajo una lupa estereoscópica antes de su disolución para verificar la ausencia de contaminación ambiental en la muestra.

También se realizaron varios blancos para comprobar la posible contaminación añadida al análisis. En el blanco realizado a las muestras no se encontró ningún MP. El blanco ambiental del laboratorio después de dejar un filtro de Nitrato de celulosa humedecido con agua destilada filtrada durante 1 hora, se encontró una fibra azul, y el blanco realizado en la cabina de flujo laminar después de una hora, se encontró una fibra roja. Esto permite concluir que la contaminación ambiental en el laboratorio durante el procesamiento de las muestras es prácticamente nula o incluso inexistente, ya que dicho procesamiento no se extiende ni siquiera durante una hora.

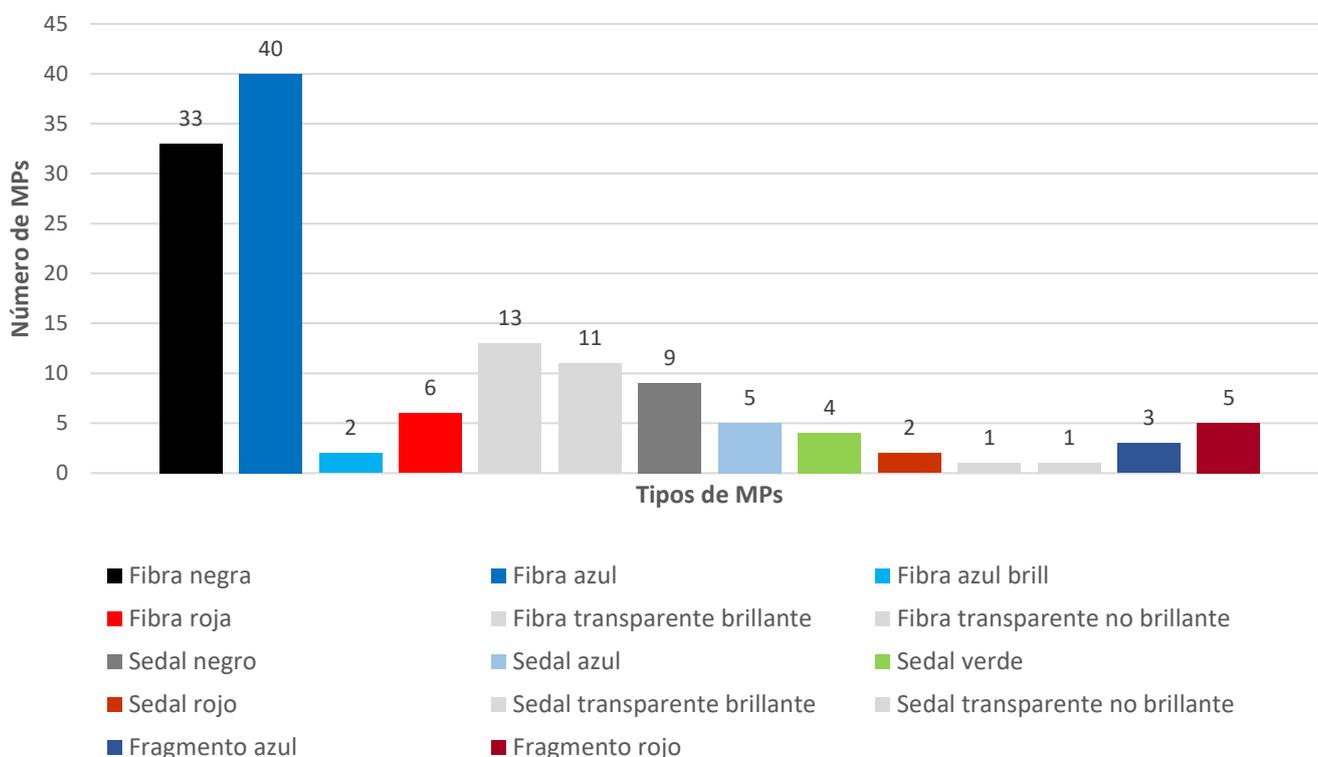


Figura 30: Diferentes tipologías (forma y color) de MPs encontrados en el calamar de Marruecos y su número.

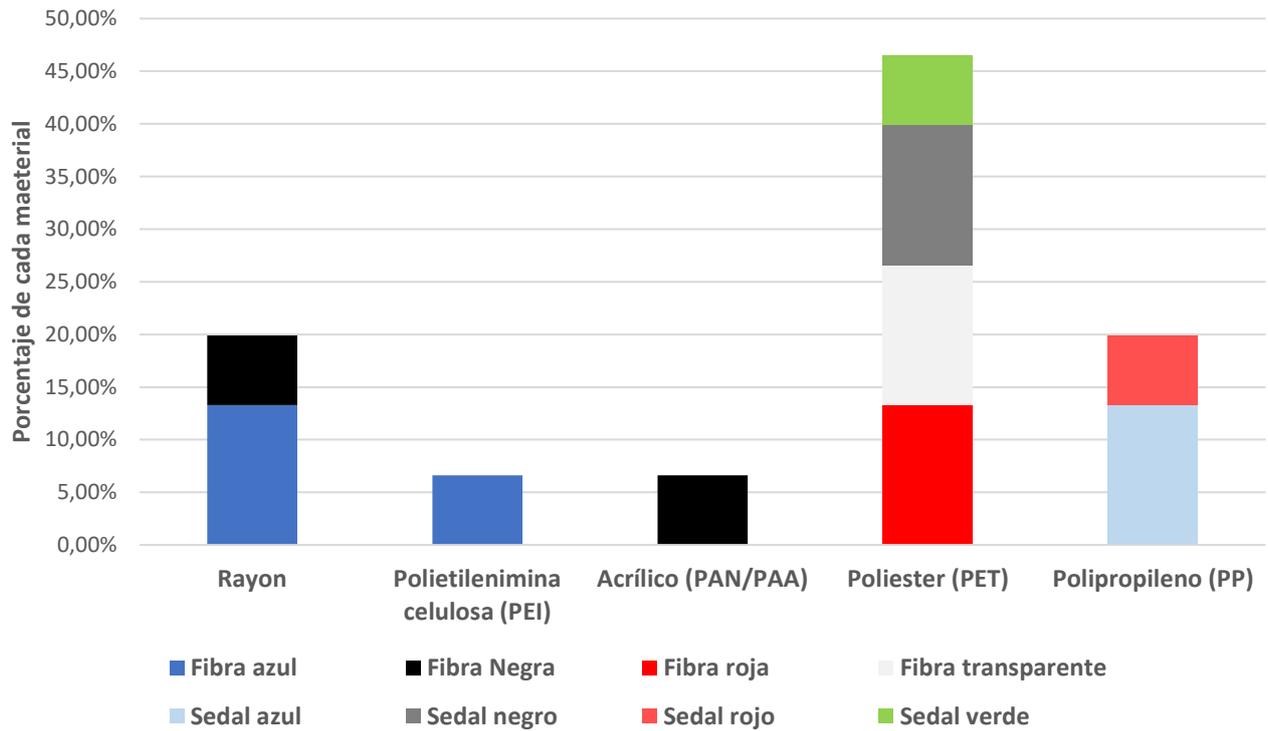


Figura 31: Materiales y sus respectivos porcentajes de los MPs analizados con FTIR, procedentes del calamar de Marruecos.

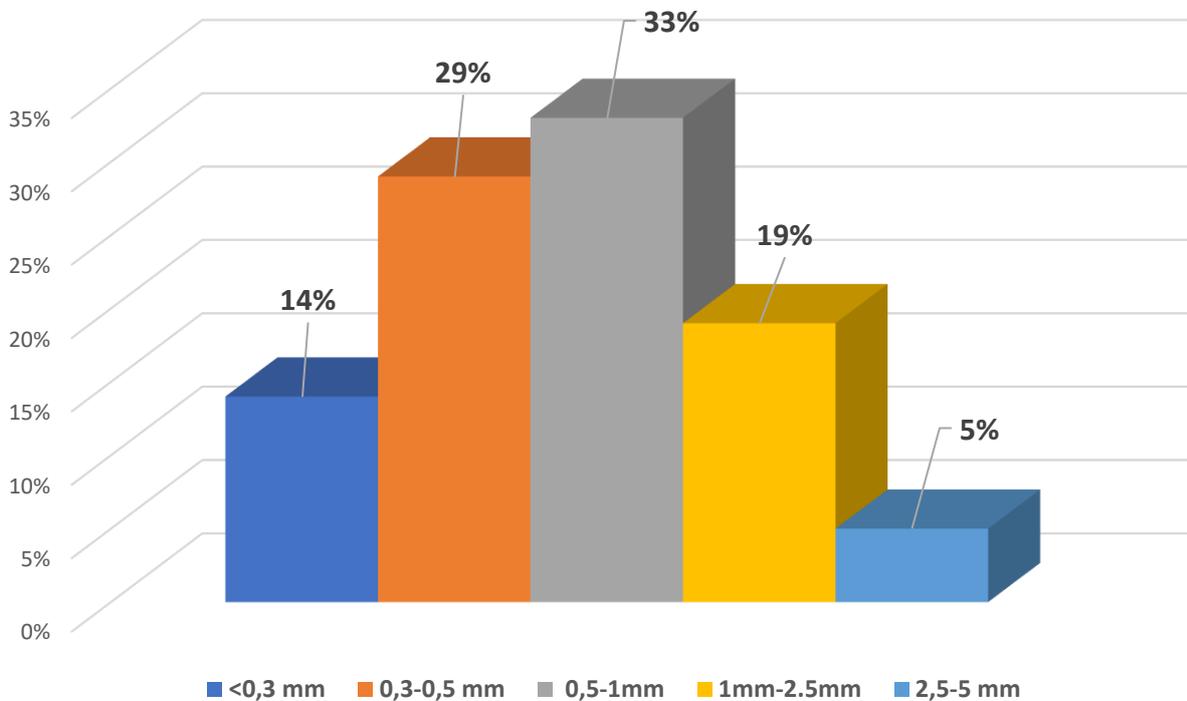


Figura 32: Tamaños y cantidades relativas que tienen los MPs del Calamar de Marruecos, divididos en 5 grupos.

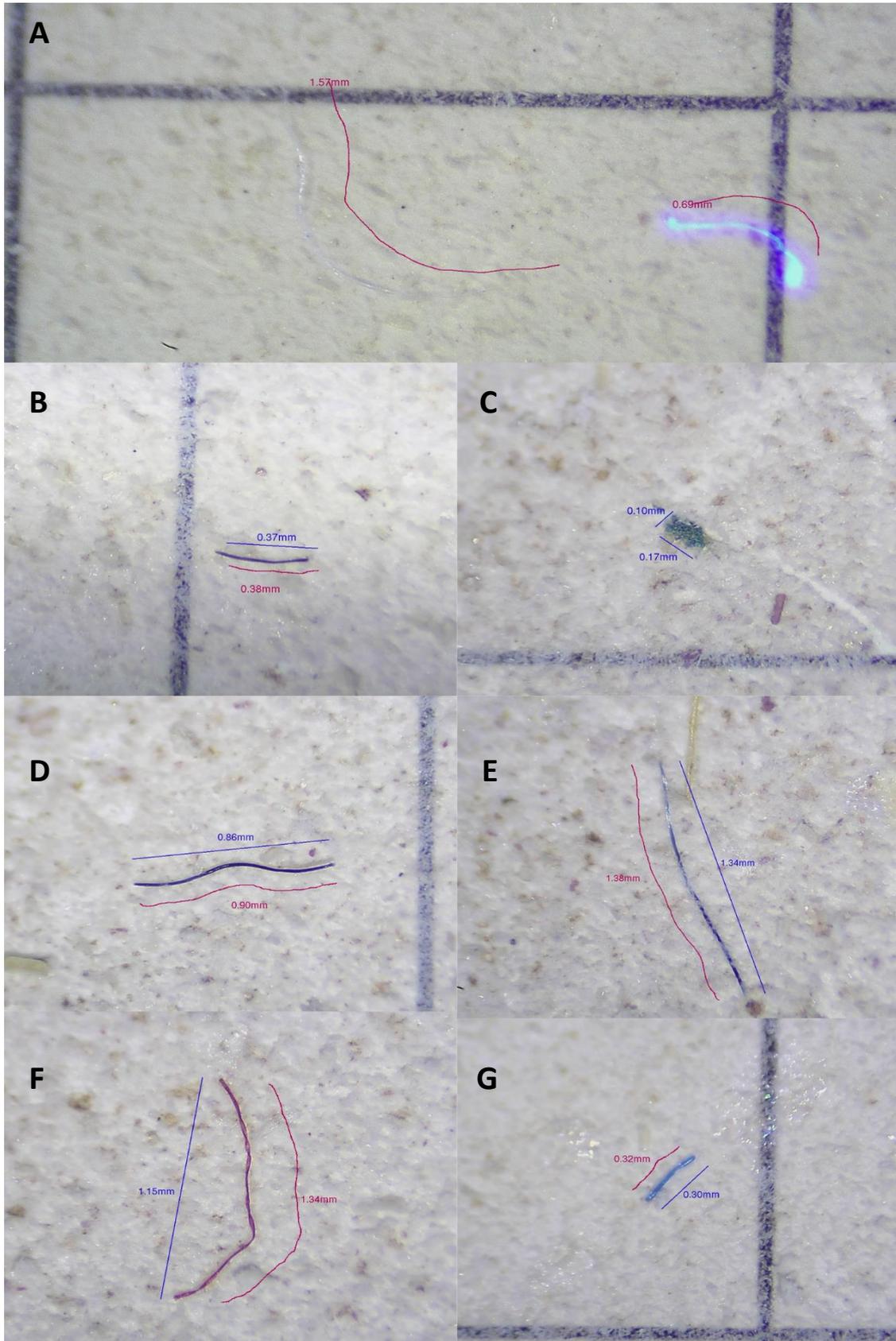


Figura 33: Microplásticos encontrados en el músculo del calamar de Marruecos. **A.** Fibra transparente a la izquierda de la imagen, y fibra transparente que brilla con luz UV a la derecha, **B.** Fibra negra **C.** Fragmento verde **D.** Sedal negro, **E.** Fibra azul, **F.** Fibra roja, **G.** Sedal azul.

3.7 Comparación calamares

La especie *L. vulgaris* tiene un rango amplio de distribución y se puede encontrar tanto en la zona FAO 27 como en la zona FAO 34. Al tratarse de la misma especie, de que las muestras se cogieron en el mismo espacio de tiempo y de que todos los ejemplares de cada zona son del mismo stock, las posibles diferencias en la cantidad de MPs probablemente estén relacionadas con el lugar de origen de esos calamares.

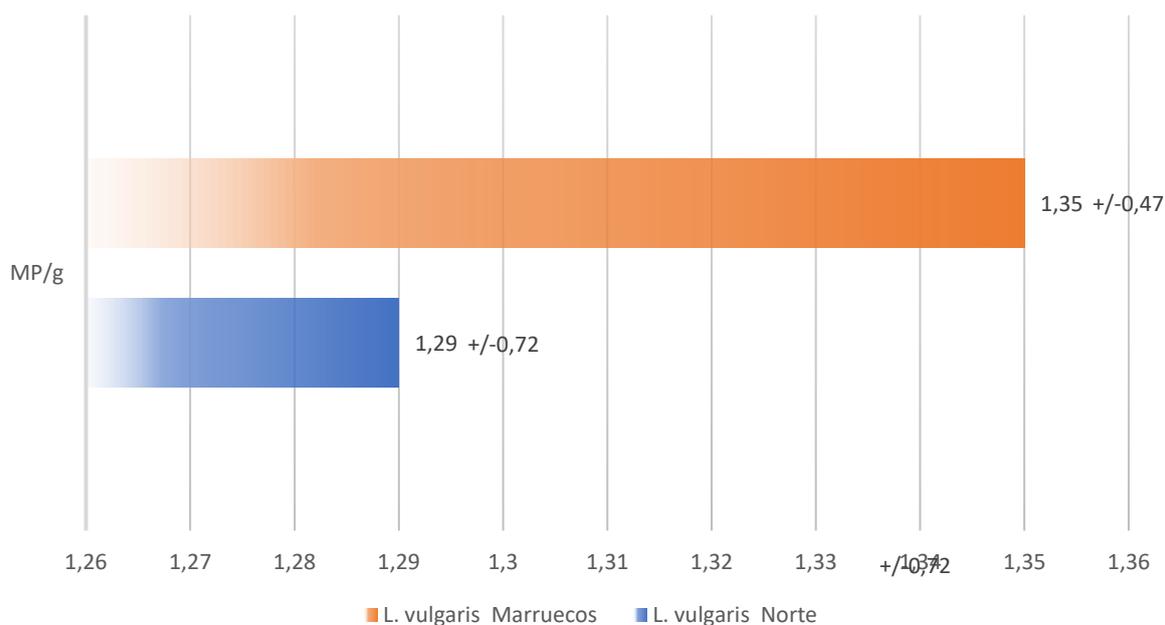


Figura 34: Comparativa mostrando la diferencia en los MPs/g totales de *L. vulgaris* en las diferentes zonas FAO, siendo la menos contaminada la del mar del Norte, y la más contaminada la pescada en el mar de Marruecos.

Tras el análisis de 5 gramos de 25 individuos diferentes de cada zona FAO, el calamar pescado en la zona FAO 27.4, mar del Norte (*L. vulgaris*) presentó una concentración de $1,29 \pm 0,72$ MP/g en músculo, es decir en la zona de consumo por el usuario. En cuanto al calamar pescado en la zona FAO 34.1.1, en la costa de Marruecos (también *L. vulgaris*), la concentración fue de $1,35 \pm 0,47$ MP/g en músculo (**Fig. 34**). La concentración de microplásticos en músculo no difiere significativamente entre los calamares procedentes del mar del Norte y los capturados en las costas de Marruecos (Anova de 1 factor: $F_{1,49} = 0,137$, $p = 0,713$). Las variables estudiadas se ajustaron a los criterios de normalidad y homogeneidad de varianzas (Test de Kolmogorov-Smirnov: $Z = 1,221$, $p = 0,101$; Test de Levene: $F_{1,49} = 1,366$, $p = 0,248$).

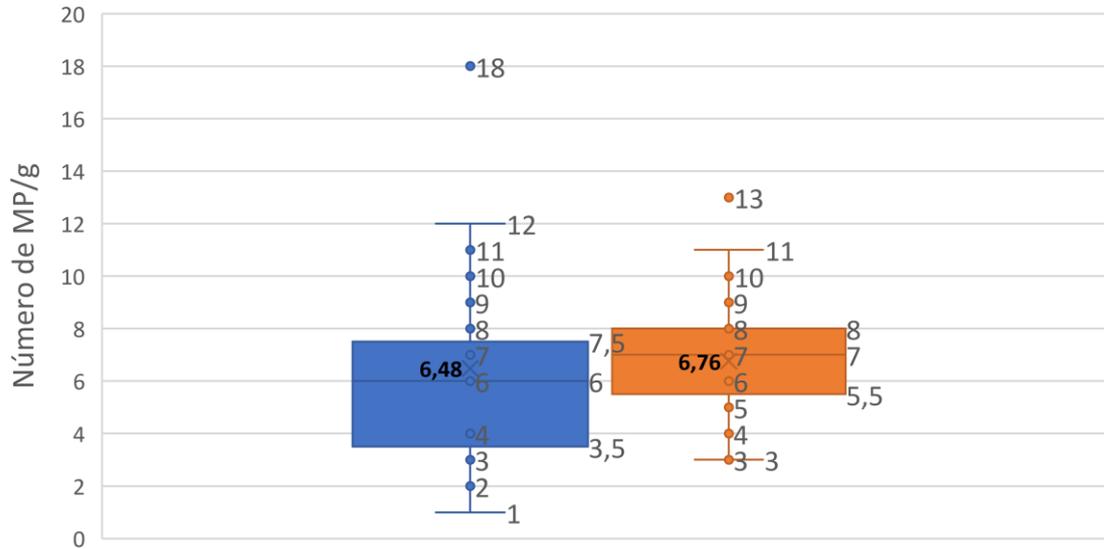


Figura 35: Comparativa tanto de los valores promedio de los calamares, como la variancia dentro de los individuos analizados. Los puntos fuera de la variancia son outliers, es decir valores atípicos comparados con el resto de los individuos. Los valores se hallan multiplicados por 10. En azul, el calamar del mar del Norte y en naranja, el calamar de Marruecos.

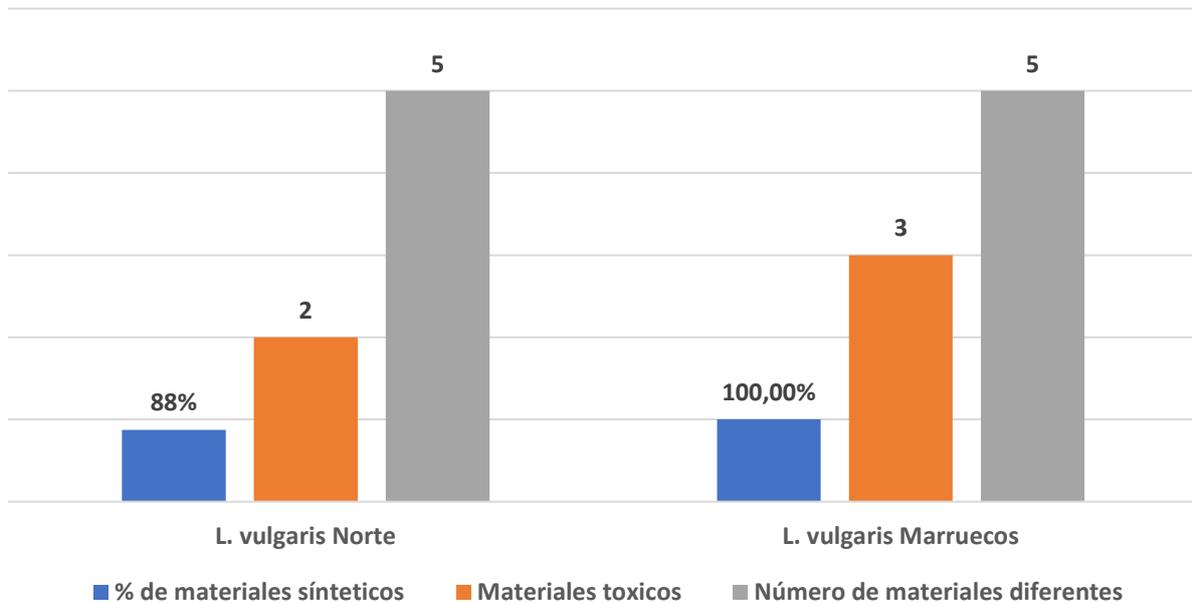


Figura 36: Comparativa mostrando la diferencia en los materiales que forman los MPs de los calamares. En azul el porcentaje total de microfibras que resultaron ser sintéticas tras el análisis FTIR. En gris, número de materiales sintéticos diferentes que se encontraron. En naranja, cuantos de estos materiales sintéticos son tóxicos o dañinos.

Después de realizar el análisis mediante microespectroscopia infrarroja (FTIR) de las microfibras y fragmentos obtenidos, se observaron algunas disparidades entre los calamares del Norte y de Marruecos. La variación en el porcentaje de microfibras identificadas como sintéticas fue más marcada que en el caso de las merluzas. Se encontró que la totalidad de las microfibras analizadas de *L. vulgaris* de Marruecos resultaron ser sintéticas, mientras que en el caso de *L. vulgaris* del Norte fue del 88%. En cuanto a la composición de materiales sintéticos, ambos calamares presentaron 5 materiales diferentes, coincidiendo en 3 de ellos: rayón o

viscosa, PET y PP. Dos de los materiales encontrados en *L. vulgaris* del Norte resultaron ser tóxicos, mientras que en el caso del calamar de Marruecos fueron 3 (**Fig. 36**). Similar a la merluza, la viscosa y el PET fueron los materiales que aparecieron con mayor redundancia, siendo el rayón inerte y el PET perjudicial para la vida acuática, dañino si se consume e irritante. Es importante tener en cuenta que al realizar el análisis se toma una submuestra del total, por lo que siempre existe la posibilidad de no encontrar algún tipo de material dentro de la totalidad de MPs o que los porcentajes varíen ligeramente.

3.8 Pulpo del Cantábrico

La especie de pulpo es *Octopus vulgaris*, capturada en el mar Cantábrico, en la Zona FAO 27.8.c.



Figura 37: Localización geográfica de la Zona FAO 27 – Atlántico, nordeste, Subzona 8 Golfo de Vizcaya. Imagen adaptada de https://fish-commercial-names.ec.europa.eu/fish-names/fishing-areas/fao-area-27_es

Se analizaron 5 g de músculo de un total de 8 individuos diferentes. En una totalidad de 40 gramos de muestra se encontraron 37 microfibras y fragmentos, **0,92 ± 0,31 microplásticos por gramo de tejido (MPs/g)** (media ± desviación típica). En este caso no se realizó análisis FTIR debido a la falta de ejemplares.

Los ejemplares estudiados presentaron una concentración de microplásticos en músculo de 0,92 ± 0,32 MP/g (media ± desviación típica). Todos los ejemplares se encontraban afectados por la presencia de MPs, de entre todos los tipos de MP destacaron las fibras azules con 11, seguido de las fibras negras con 8 y las fibras transparentes con 8 (**Fig. 38**). Cabe destacar que no se encontró ningún MP que sobrepasase los 2,5 mm (**Fig. 39**), midiendo como máximo 2,12 mm, en el caso de las fibras, 0,53 mm en el caso de los sedales o *fishing lines*, y 0,09 mm de largo por 0,09 de ancho para los fragmentos. A su vez esta fueron las únicas tipologías encontradas en las muestras ya que no se encontraron ni esferas, ni pellets, ni films (**Fig. 40**).

Dado que el pulpo estaba en estado fresco, no se realizó un análisis de los posibles MPs que podrían estar adheridos a la superficie debido al procesamiento del producto. En este caso, los

únicos MPs superficiales que podrían adquirirse son los relacionados con el procesamiento de las muestras para su análisis. Además, siempre se examinan bajo una lupa estereoscópica antes de su disolución para verificar la ausencia de contaminación ambiental en la muestra.

También se realizaron varios blancos para comprobar la posible contaminación añadida al análisis. En el blanco realizado a las muestras no se encontró ninguna fibra. El blanco ambiental del laboratorio después de dejar un filtro de nitrato de celulosa humedecido con agua destilada filtrada durante 1 hora, se encontró una fibra negra, y el blanco realizado en la cabina de flujo laminar después de una hora, se encontró una fibra negra. Esto permite concluir que la contaminación ambiental en el laboratorio durante el procesamiento de las muestras es prácticamente nula o incluso inexistente, ya que dicho procesamiento no se extiende ni siquiera durante una hora.

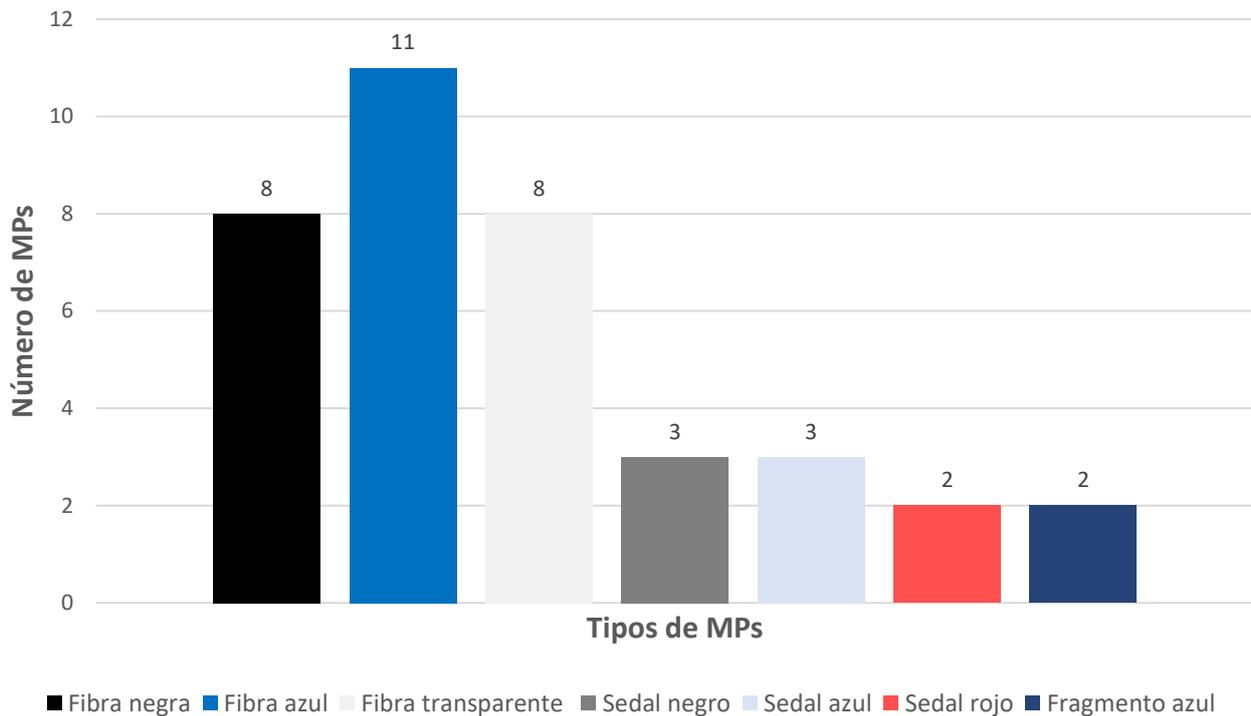


Figura 38: Diferentes tipologías (forma y color) de MPs encontrados en el pulpo del Cantábrico y su número.

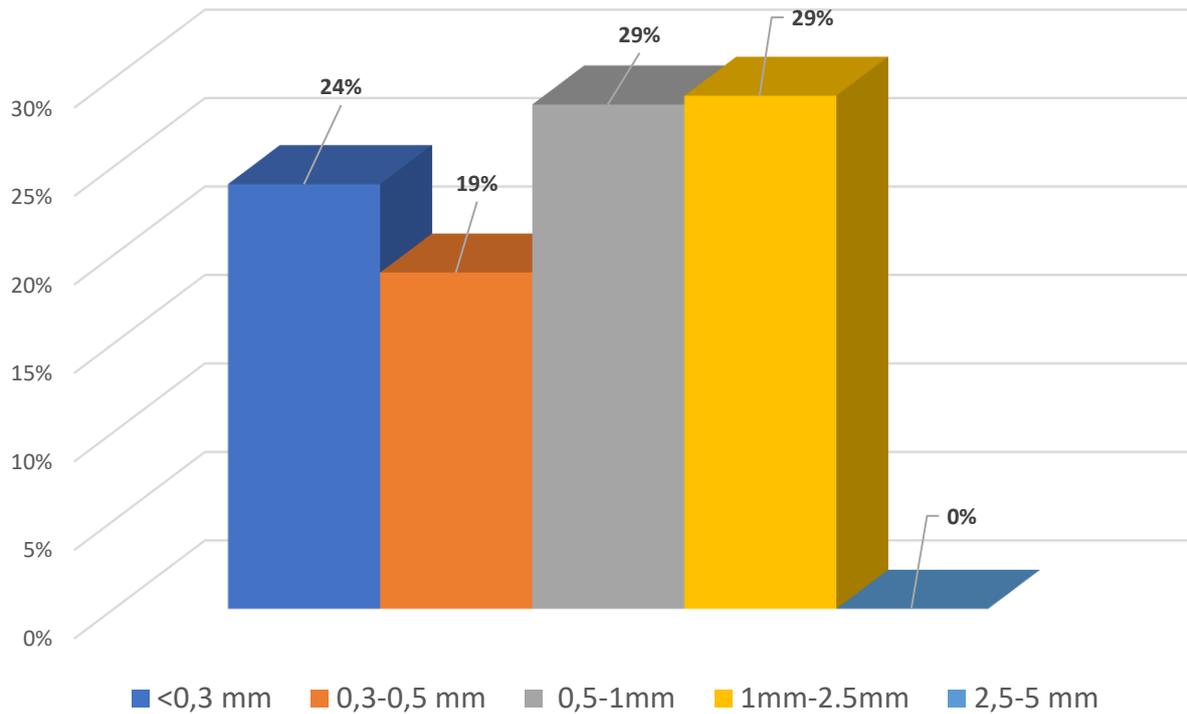


Figura 39: Tamaños y cantidades relativas que tienen los MPs del pulpo del Cantábrico, divididos en 5 grupos.

En cuanto al pulpo, no se lleva a cabo una comparación ya que el análisis se realizó únicamente en ejemplares procedentes del Golfo de Vizcaya. Además, la cantidad de ejemplares analizados no es lo suficientemente representativa para obtener resultados concluyentes. Tanto el número como el tamaño de los MPs podrían variar si incrementamos la cantidad de individuos evaluados. Estos resultados nos ofrecen una aproximación a los posibles valores de esta especie, pero no podemos afirmarlos con certeza.



Figura 40: Microplásticos encontrados en el músculo del pulpo del Cantábrico. **A.** Fibra azul **B.** Fibra negra y fragmento azul **C.** Fibra azul **D.** Fibra transparente **E.** Fibra negra y dos sedales rojos (pese a que uno luzca amarillo, es el color que adquiere un sedal rojo como ese, cuando pasa el tiempo).

4. Conclusiones

Tras el análisis de la concentración de microplásticos en diferentes especies de merluza, se pueden apreciar diferencias en función de las diferentes especies y regiones. Los especímenes de la Zona FAO 47 (Namibia) son los más contaminados por microplásticos, con una concentración de $1,064 \pm 0,40$ MP/g, siendo un 45% de estos MPs de una longitud inferior a $300 \mu\text{m}$ (tamaño en el que los MPs tienen una alta probabilidad de trasladarse desde el estómago a otras partes del cuerpo, como los riñones, el corazón o el cerebro). En contraste, la merluza del Cantábrico es la menos contaminada con $0,33 \pm 0,25$ MP/g, seguida por la merluza de la Patagonia con $0,42 \pm 0,24$ MP/g. Es importante tener en cuenta que estos valores son por gramo, lo que significa que por cada 100 gramos de merluza del Cantábrico encontramos una media de 33 MPs, mientras que en la merluza de la Patagonia encontramos una media de 42 MPs, lo que puede tener implicaciones a largo plazo.

Además, pese a que la contaminación derivada del procesamiento no es muy elevada, es importante tener en cuenta que no afectó a las muestras de merluza del Cantábrico al ser fresca, pero sí a la merluza de la Patagonia y Namibia al ser productos congelados.

Por otra parte, en lo que respecta al calamar, la concentración de microplásticos en músculo es similar entre los ejemplares procedentes del mar del Norte y los capturados en las costas de Marruecos (media \pm desviación típica, mar del Norte: $1,29 \pm 0,72$ MP/g; Marruecos: $1,35 \pm 0,47$ MP/g) Esto también se traslada a los tamaños de sus MPs, que son bastante similares.

En referencia al pulpo, no es posible obtener conclusiones objetivas ya que solo se examinaron individuos de una zona FAO y, además, la cantidad de ejemplares analizados no fue suficiente para garantizar resultados estadísticamente sólidos. Por lo tanto, se requiere un estudio más exhaustivo y completo en el futuro.

Las disparidades o semejanzas observadas entre diversas áreas FAO podrían atribuirse a las distintas políticas ambientales de cada país, generando variaciones en los niveles de contaminación marina entre las zonas. Otro factor a tener en cuenta son las corrientes marinas que afectan a las distintas áreas de reproducción y pesca de merluzas y calamares podrían influir, ya que los MPs son contaminantes fácilmente transportables y podrían acumularse en determinadas regiones (independientemente de su procedencia). También es importante considerar el modo de alimentación, la dieta específica de cada especie y su nivel trófico, en relación a la consiguiente bioacumulación. Es relevante señalar que los peces pueden adquirir MPs de manera no intencional (Li et al., 2021), y es probable que los calamares también lo hagan, lo cual constituye un factor adicional a tener en cuenta.

La tendencia a acumular MPs el tejido muscular parece ser más pronunciada en el calamar que en la merluza, lo que podría atribuirse a las diferencias en la dieta y el comportamiento de ambas especies. Además, existe la posibilidad de que los MPs tengan una mayor probabilidad de retenerse en la cavidad del manto de los calamares y no ser expulsados a través del sifón, debido a la presencia de un revestimiento mucoso.

En cuanto a los materiales identificados mediante el análisis FTIR, se observan sutiles diferencias tanto entre las merluzas como entre los calamares, las cuales se detallan en los resultados correspondientes a cada uno. Cada uno de estos materiales se describe de manera concisa en la sección final del **Anexo**. Como se mencionó anteriormente, algunos de estos materiales son tóxicos, mientras que otros, teóricamente según la ECHA, no lo son. En este estudio, se abordan

los posibles daños que cada material puede causar según la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos (ECHA). A partir de los resultados obtenidos, no se observan grandes diferencias ni entre las merluzas ni entre los calamares. En el caso de las merluzas, destaca que el PET es el componente principal de los MPs en la merluza del Cantábrico, mientras que en la merluza de la Patagonia y de Namibia, el rayón o viscosa ocupa ese lugar predominante. En los calamares, se presenta una situación similar, siendo el PET el componente principal en el calamar de Marruecos y el rayón en el calamar del Norte.

La conclusión principal que se puede extraer de estos datos es que la gran mayoría de los MPs provienen de artículos textiles, indicando su origen en áreas terrestres. Esto se debe a que la viscosa y el poliéster son los materiales más utilizados en la fabricación de prendas de vestir junto al algodón. La moda rápida está contribuyendo significativamente a la contaminación de los océanos, y es imperativo abordar esta cuestión. Estos datos se correlacionan con los resultados obtenidos, ya que de los 83 MPs analizados 45 se corresponden con rayón (25) o PET (20), es decir, aproximadamente el 54% de los MPs analizados son de origen textil. Este porcentaje puede variar debido a que el PET pese a su extendido uso en la industria textil, también es utilizado para la manufactura de envases de plástico, piezas o mallas entre otros. Aunque la preocupación no se limita solo a la presencia de MPs, sino también a la contaminación asociada con la fabricación de estos productos textiles, como en el caso del rayón o viscosa. A pesar de su composición a base de celulosa y su apariencia ecológica, la deforestación y la contaminación del agua y el aire son consecuencias directas de su producción. Además, todos estos MPs que se originan en nuestros hogares acumularán diversos contaminantes presentes en el agua, como fármacos y metales pesados, que se introducirán en nuestro organismo cuando los consumamos. Desafortunadamente, el estudio de los MPs aún se encuentra en desarrollo, tanto a nivel ecológico como médico, y no podemos afirmar con certeza qué tipo de problemas pueden ocasionar a nuestro cuerpo, a pesar de que los consumimos diariamente y en cantidades preocupantes.

Estos estudios revelan la alta contaminación marina causada por estas partículas, destacando el riesgo potencial que esto representa para los consumidores. La importancia de llevar a cabo estos análisis no solo radica en evaluar el grado de contaminación de una especie en particular, sino también en comprender los factores que influyen en la contaminación de diversas regiones del mundo. Estos estudios son cruciales para buscar soluciones específicas en esas áreas particulares y de cara a la elaboración de políticas de gestión.

5. Referencias

- Abraham, A., & Chakraborty, P. (2020). A review on sources and health impacts of bisphenol A. *Reviews on environmental health, 35*(2), 201-210. doi:<https://doi.org/10.1515/reveh-2019-0034>
- Carreras-Colom, E., Cartes, J. E., Constenla, M., Welden, N. A., Soler-Membrives, A., & Carrassón, M. (2022). An affordable method for monitoring plastic fibre ingestion in *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758) and implementation on wide temporal and geographical scale comparisons. *Science of The Total Environment, 810*, 152264. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152264>
- Catrouillet, C., Davranche, M., Khatib, I., Fauny, C., Wahl, A., & Gigault, J. (2021). Metals in microplastics: determining which are additive, adsorbed, and bioavailable. *Environmental Science: Processes & Impacts, 23*(4), 553-558. doi:<https://doi.org/10.1039/D1EM00017A>
- Chou, Y. Y., Huang, P. C., Lee, C. C., Wu, M. H., & Lin, S. J. (2009). Phthalate exposure in girls during early puberty. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism, 22*(1), 69-78. doi:<https://doi.org/10.1515/JPEM.2009.22.1.69>
- Chubarenko, I., Esiukova, E., Bagaev, A., Isachenko, I., Demchenko, N., Zobkov, M., ... & Khatmullina, L. (2018). Behavior of microplastics in coastal zones. In *Microplastic contamination in aquatic environments. Elsevier*, 175-223. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813747-5.00006-0>
- Corrales, J., Kristofco, L. A., Steele, W. B., Yates, B. S., Breed, C. S., Williams, E. S., & Brooks, B. W. (2015). Global assessment of bisphenol A in the environment: review and analysis of its occurrence and bioaccumulation. *Dose-response, 13*(3), 1559325815598308. doi:<https://doi.org/10.1177/1559325815598308>
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). (2016). Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. *Efsa Journal, 14*(6), e04501. doi:<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4501>
- Frias, J. P., & Nash, R. (2019). Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine pollution bulletin, 138*, 145-147. doi:<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022>
- Giani, D., Bainsi, M., Galli, M., Casini, S., & Fossi, M. C. (2019). Microplastics occurrence in edible fish species (*Mullus barbatus* and *Merluccius merluccius*) collected in three different geographical sub-areas of the Mediterranean Sea. *Marine pollution bulletin*129-137, 140, 129-137. doi:<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.005>
- Gong, Y., Wang, Y., Chen, L., Li, Y., Chen, X., & Liu, B. (2021). Microplastics in different tissues of a pelagic squid (*Dosidicus gigas*) in the northern Humboldt Current ecosystem. *Marine Pollution Bulletin, 169*, 112509. doi:<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112509>
- Gray, A. D., & Weinstein, J. E. (2017). Size-and shape-dependent effects of microplastic particles on adult daggerblade grass shrimp (*Palaemonetes pugio*). *Environmental toxicology and chemistry, 36*(11), 3074-3080. doi:<https://doi.org/10.1002/etc.3881>

- Harada, M. (1995). Minamata disease: methylmercury poisoning in Japan caused by environmental pollution. *Critical reviews in toxicology*, 25(1), 1-24. doi:<https://doi.org/10.3109/10408449509089885>
- Hodgson, D. J. . (2018). The impacts of microplastic ingestion on marine polychaete worms (Doctoral dissertation, University of Exeter (United Kingdom)).
- Li, B., Liang, W., Liu, Q. X., Fu, S., Ma, C., Chen, Q., ... & Shi, H. (2021). Fish ingest microplastics unintentionally. *Environmental Science & Technology*, 55(15), 10471-10479. doi:<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.1c01753>
- Liu, S., Huang, J., Zhang, W., Shi, L., Yi, K., Yu, H., ... & Li, J. (2022). Microplastics as a vehicle of heavy metals in aquatic environments: A review of adsorption factors, mechanisms, and biological effects. *Journal of Environmental Management*, 302, 113995. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113995>
- Menéndez, D., Álvarez, A., Acle, S., Peón, P., Ardura, A., & Garcia-Vazquez, E. (2022). Microplastics across biomes in diadromous species. Insights from the critically endangered *Anguilla anguilla*. *Environmental Pollution*, 305, 119277. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119277>
- Obbard, R. W., Sadri, S., Wong, Y. Q., Khitun, A. A., Baker, I., & Thompson, R. C. (2014). Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. *Earth's Future*, 2(6), 315-320. doi:<https://doi.org/10.1002/2014EF000240>
- OECD . (2022). The circular economy for plastics – a European overview. . <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/the-circular-economy-for-plastics-a-european-overview-2/>, (Visitado el 26 de Noviembre del 2023).
- Rubio-Armendáriz, C., Alejandro-Vega, S., Paz-Montelongo, S., Gutiérrez-Fernández, Á. J., Carrascosa-Iruzubieta, C. J., & Hardisson-de la Torre, A. (2022). Microplastics as emerging food contaminants: a challenge for food safety. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1174. doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph19031174>
- Staples, C., van der Hoeven, N., Clark, K., Mihaich, E., Woelz, J., & Hentges, S. (2018). Distributions of concentrations of bisphenol A in North American and European surface waters and sediments determined from 19 years of monitoring data. *Chemosphere*, 201, 448-458. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.02.175>
- Wang, Y., & Qian, H. (2021). Phthalates and their impacts on human health. *Healthcare*, 9, 603. doi:<https://doi.org/10.3390/healthcare9050603>
- Welden, N. A., & Cowie, P. R. (2016). Long-term microplastic retention causes reduced body condition in the langoustine, *Nephrops norvegicus*. *Environmental pollution*, 218, 895-900. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.08.020>
- Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environmental pollution*, 178, 483-492. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>

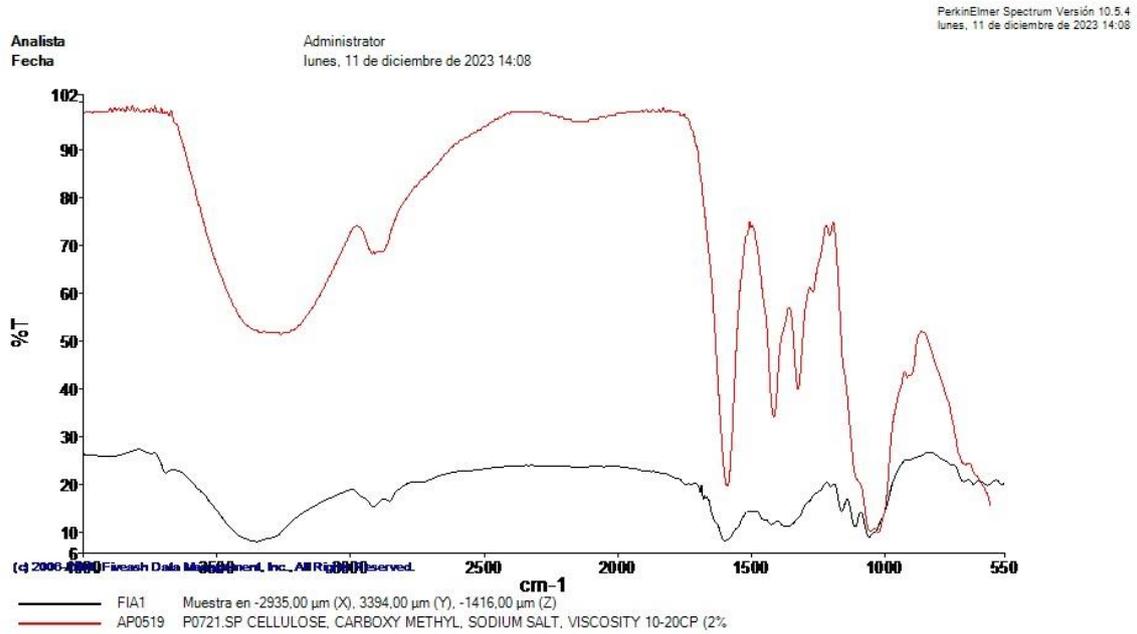


Yücel, N., & Kılıç, E. (2023). Presence of microplastic in the *Patella caerulea* from the northeastern Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 188, 114684.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114684>

Zhuang, S., & Wang, J. (2023). Interaction between antibiotics and microplastics: recent advances and perspective. *Science of The Total Environment*, 165414.
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165414>

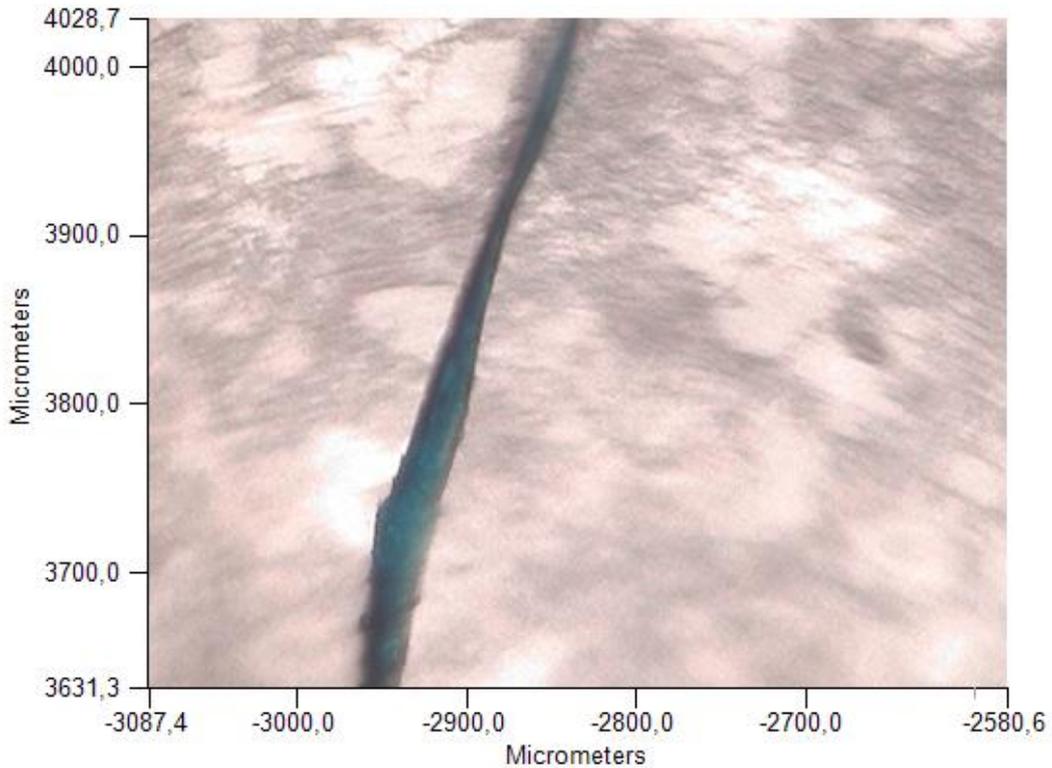
Anexo

Microplásticos analizados de la merluza de Namibia o del cabo



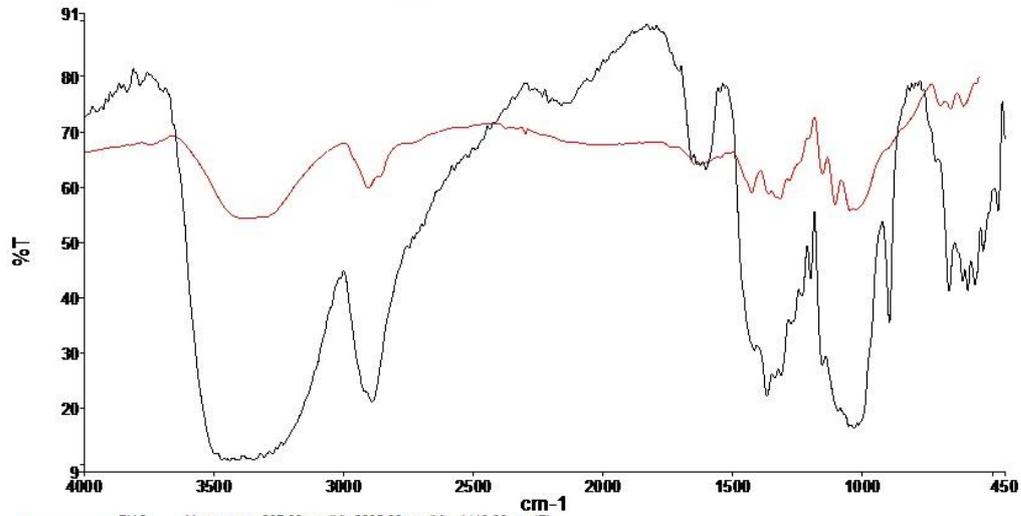
PerkinElmer Spectrum Versión 10.5.4
lunes, 11 de diciembre de 2023 14:08

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIA1	Superposición	0,769033	AP0519	P0721.SP CELLULOSE, CARBOXY METHYL, SODIUM SALT, VISCOSITY 10-20CP (2%)



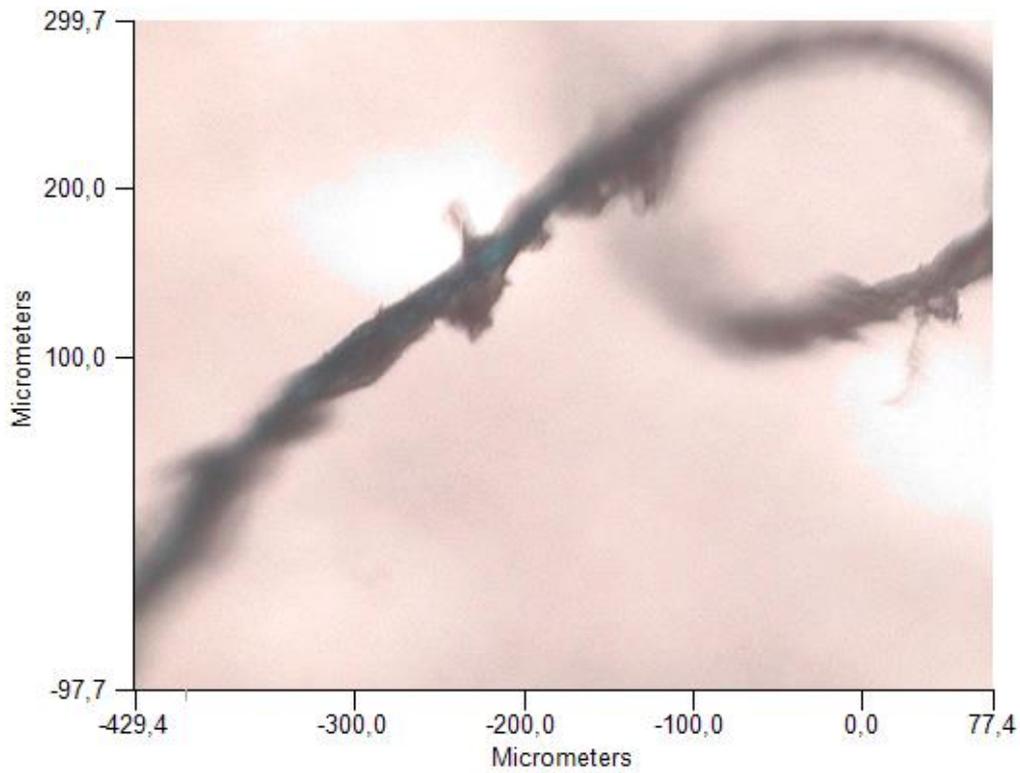
Analista
Fecha

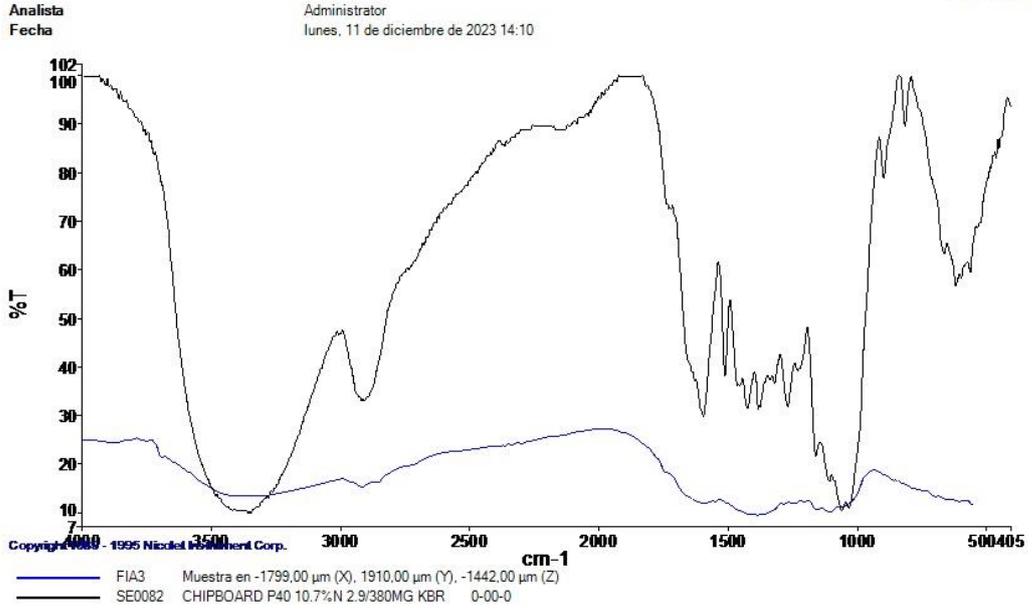
Administrator
lunes, 11 de diciembre de 2023 14:09



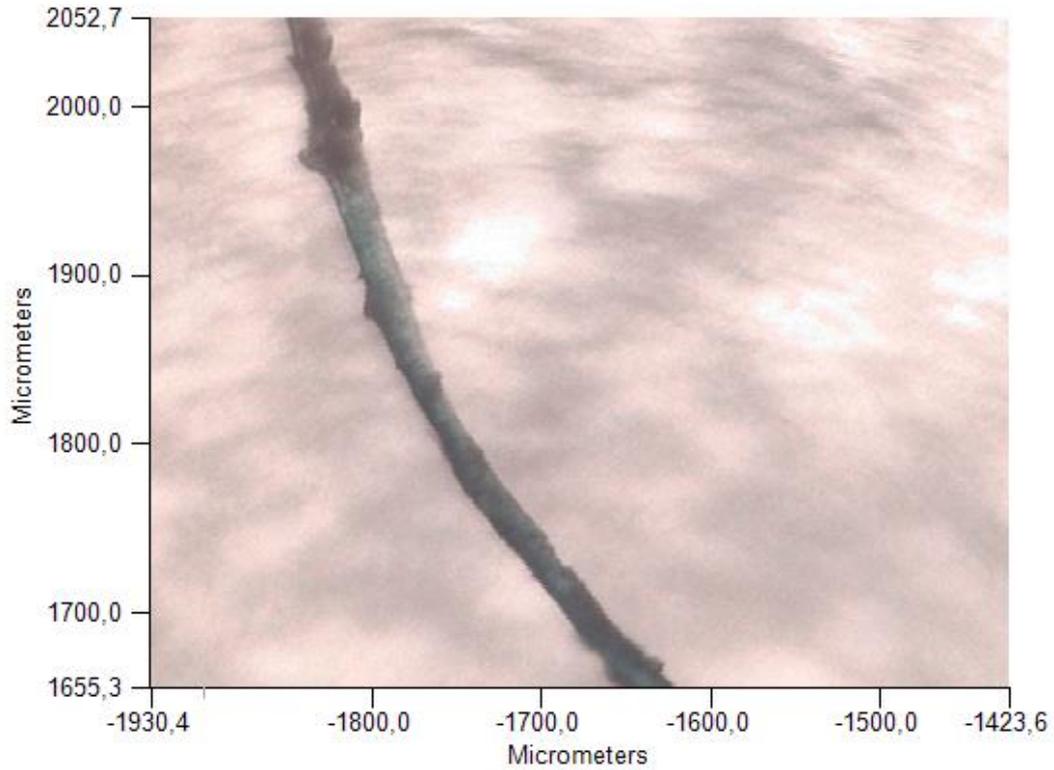
— FIA2 Muestra en -287,00 μm (X), 2295,00 μm (Y), -1413,00 μm (Z)
— DA3167 AVTEX FIBER /AVRIL (RAYON) wH STAPLE (BRIGHT) 11-14U NBS-A0094

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIA2	Superposición	0,733777	DA3167	AVTEX FIBER /AVRIL (RAYON) wH STAPLE (BRIGHT) 11-14U NBS-A0094



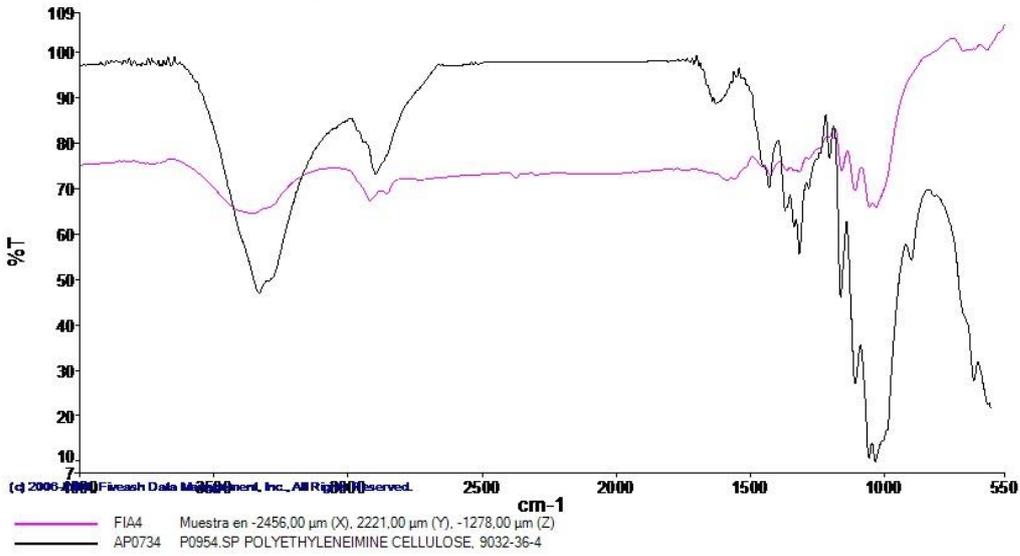


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIA3	Superposición	0,722994	SE0082	CHIPBOARD P40 10.7%N 2.9/380MG KBR 0-00-0

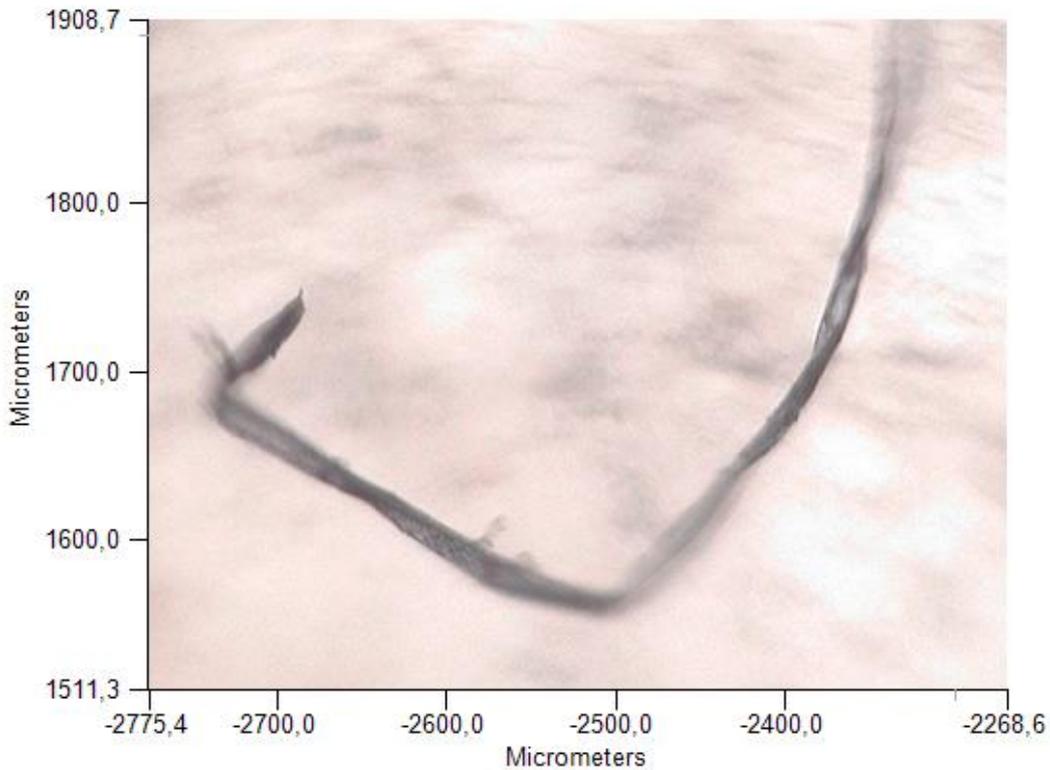


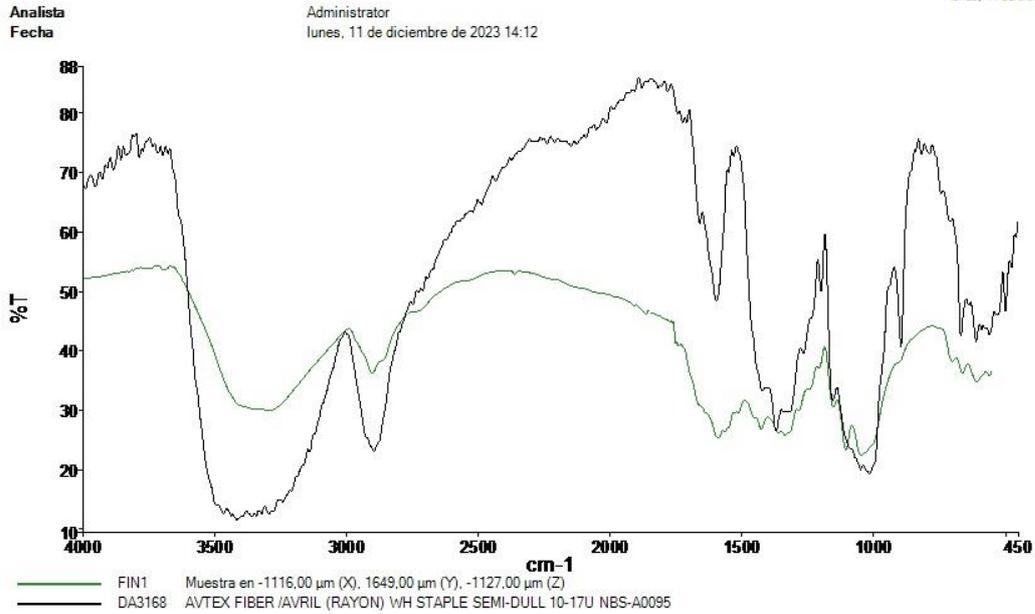
Analista
Fecha

Administrator
lunes, 11 de diciembre de 2023 14:11

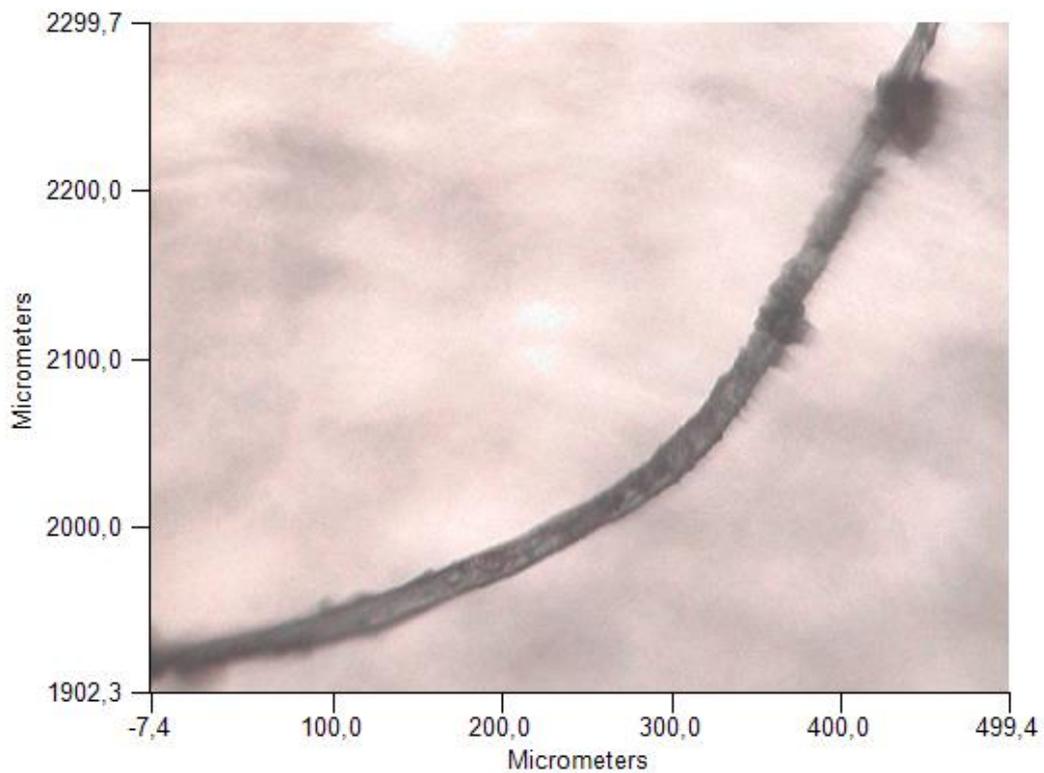


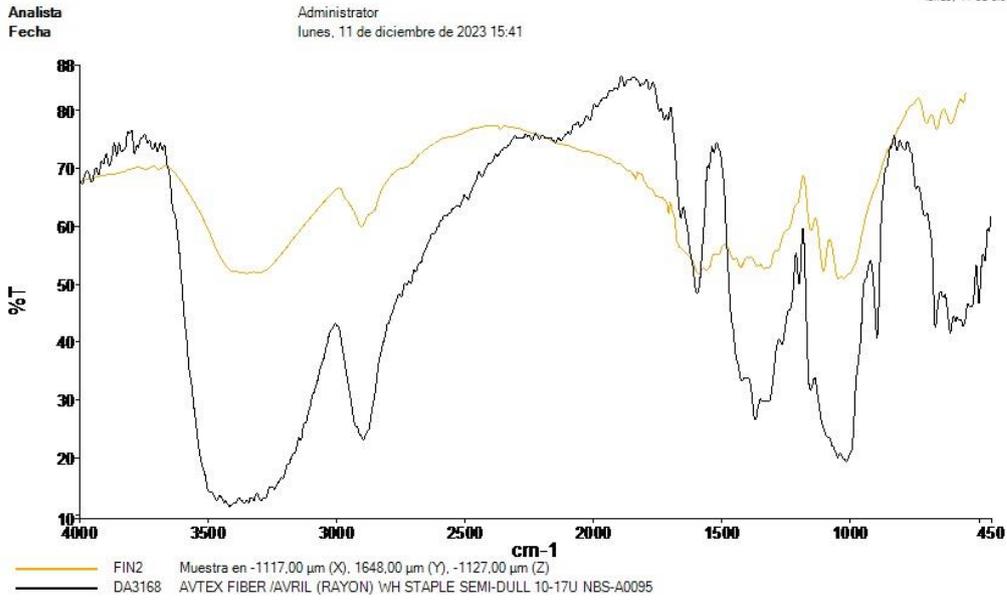
Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIA4	Superposición	0,822578	AP0734	P0954.SP POLYETHYLENEIMINE CELLULOSE, 9032-36-4



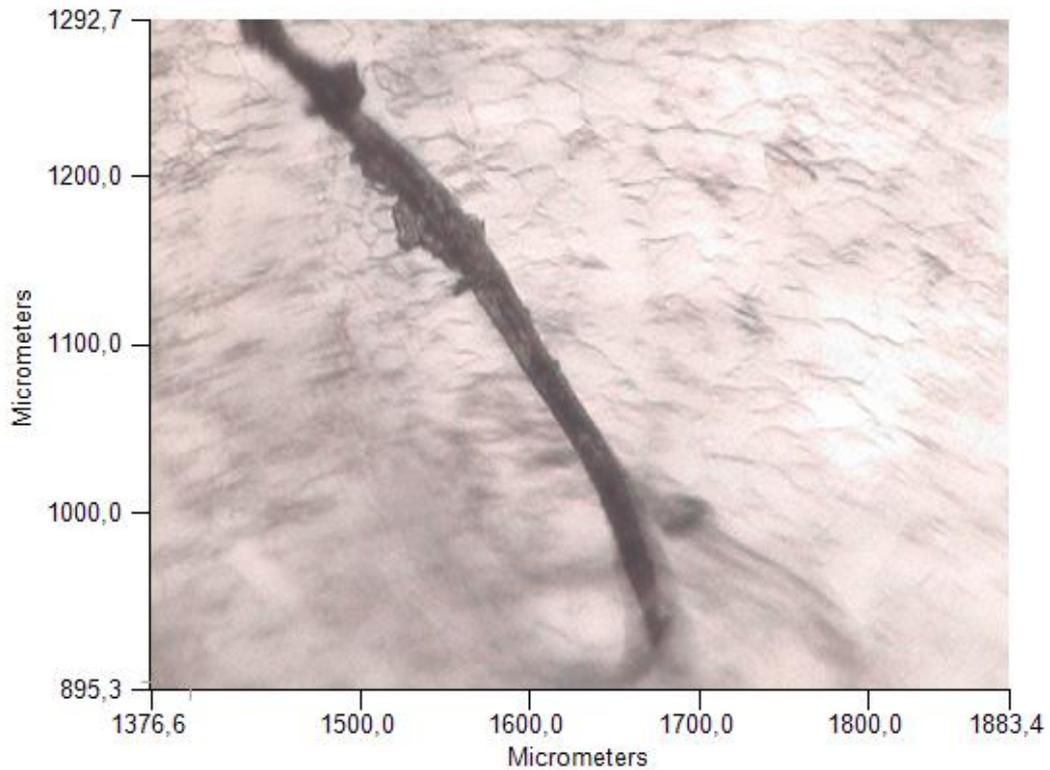


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIN1	Superposición	0,754252	DA3168	AVTEX FIBER /AVRIL (RAYON) WH STAPLE SEMI-DULL 10-17U NBS-A0095



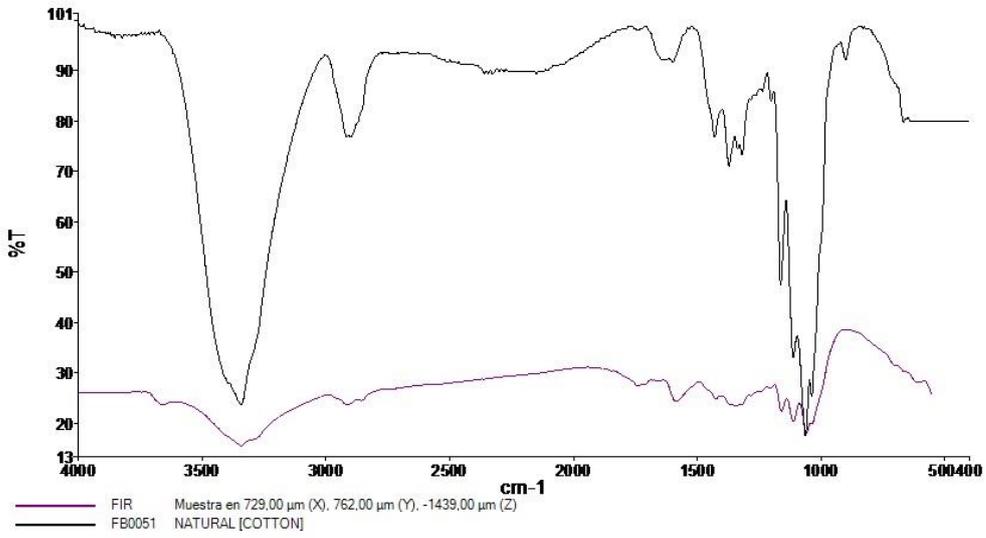


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIN2	Superposición	0,678656	DA3168	AVTEX FIBER /AVRIL (RAYON) WH STAPLE SEMI-DULL 10-17U NBS-A0095



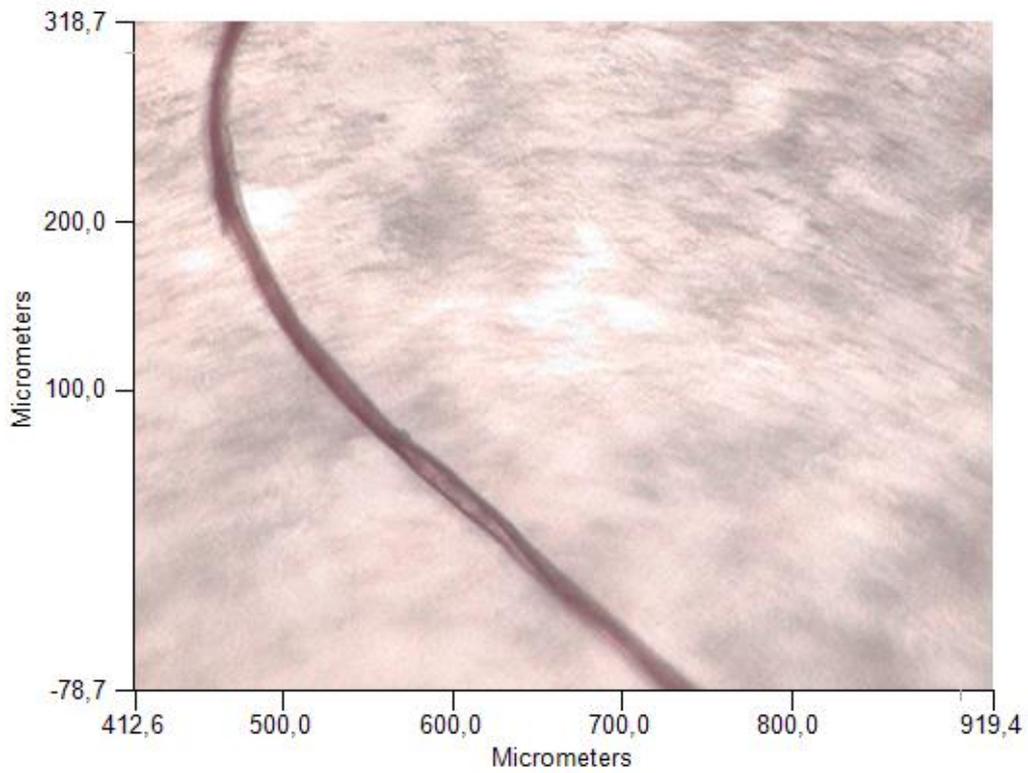
Analista
Fecha

Administrator
lunes, 11 de diciembre de 2023 15:42



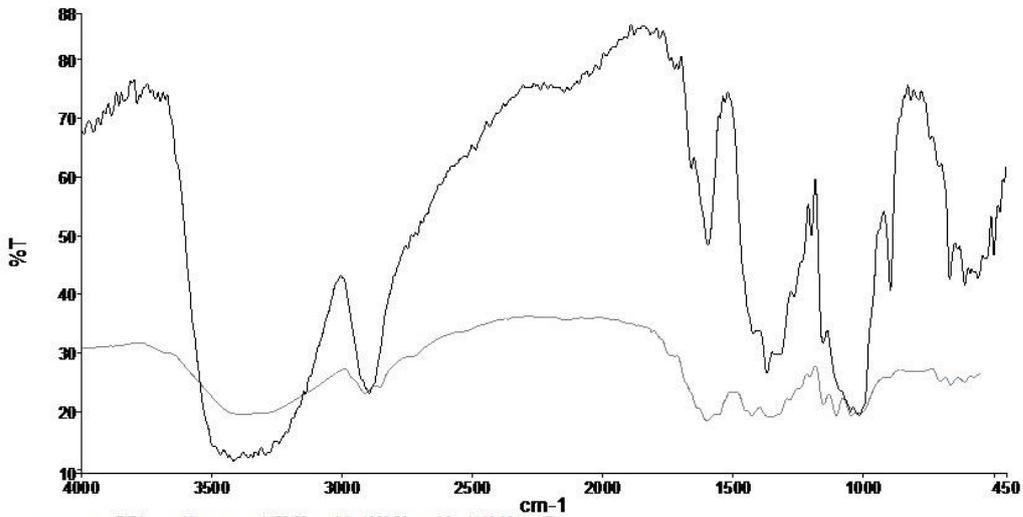
Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIR	Superposición	0,752953	FB0051	NATURAL [COTTON]

Página 1



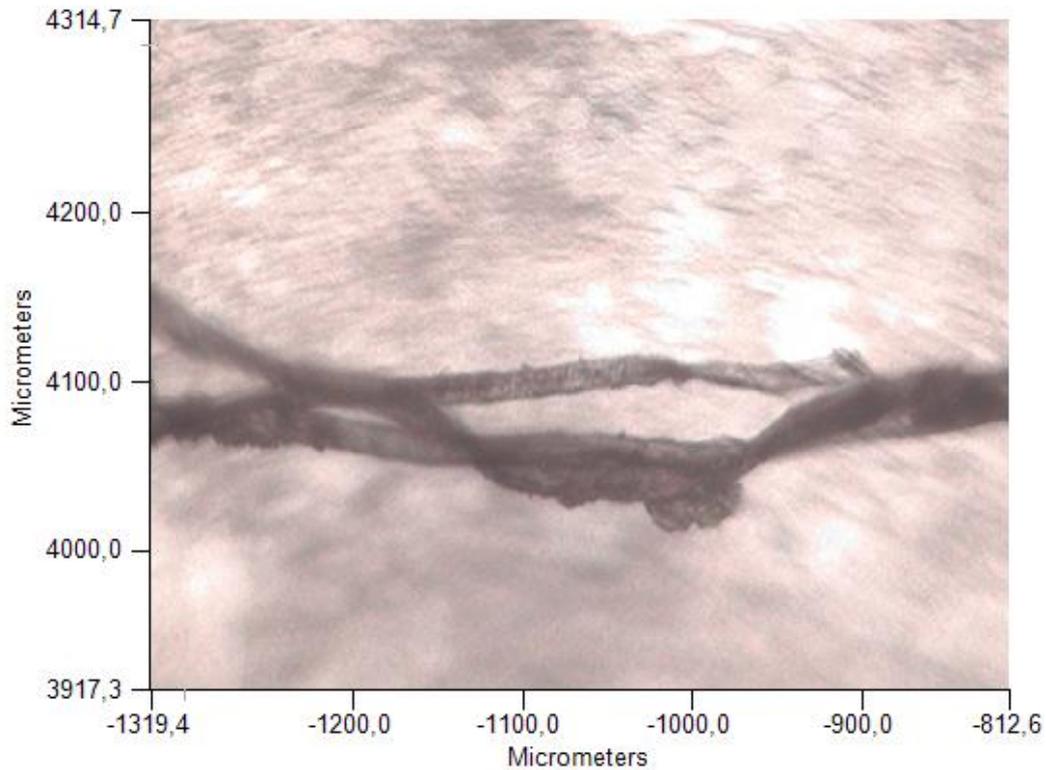
Analista
Fecha

Administrator
lunes, 11 de diciembre de 2023 15:43



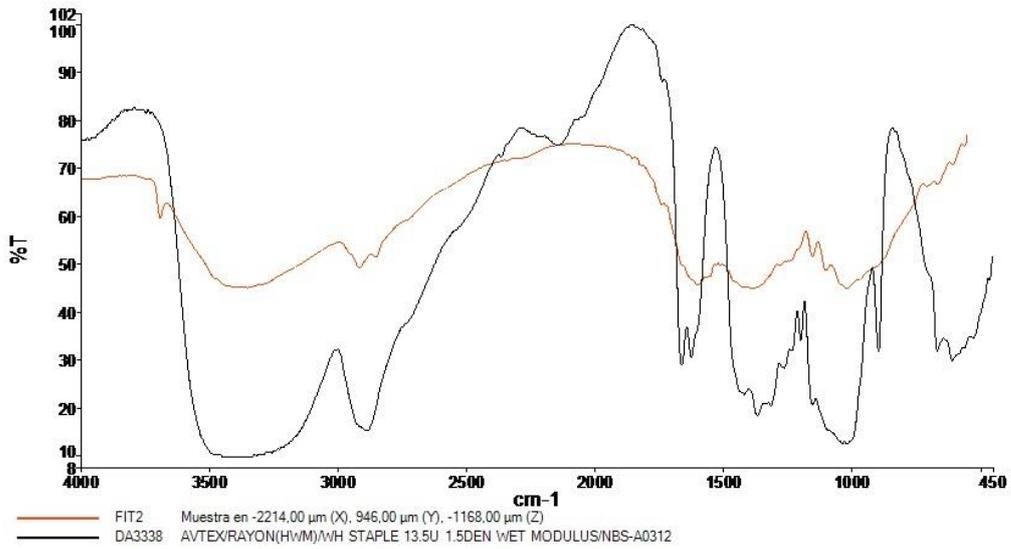
— FIT1 Muestra en -1152,00 μm (X), 4068,00 μm (Y), -1416,00 μm (Z)
- - - DA3168 AVTEX FIBER /AVRIL (RAYON) WH STAPLE SEMI-DULL 10-17U NBS-A0095

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIT1	Superposición	0,767773	DA3168	AVTEX FIBER /AVRIL (RAYON) WH STAPLE SEMI-DULL 10-17U NBS-A0095

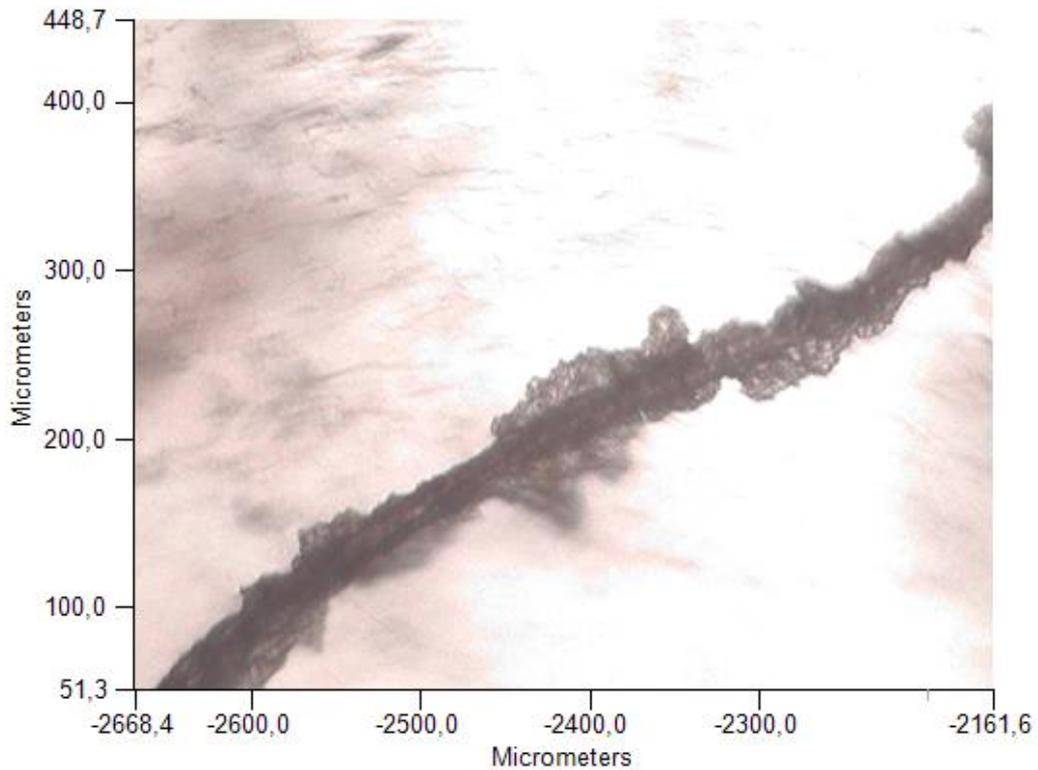


Analista
Fecha

Administrator
lunes, 11 de diciembre de 2023 15:44

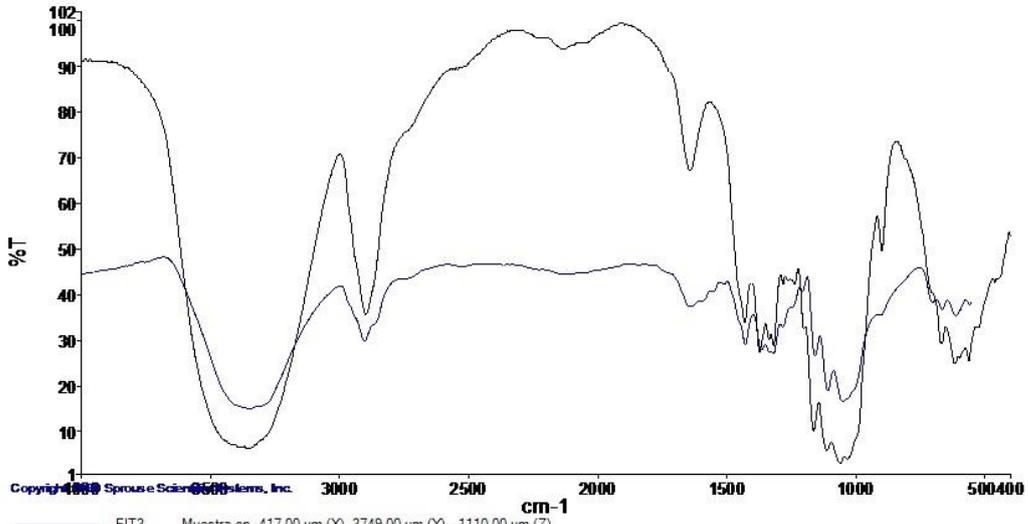


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIT2	Superposición	0,654351	DA3338	AVTEXRAYON(HWM)/WH STAPLE 13.5U 1.5DEN WET MODULUS/NBS-A0312



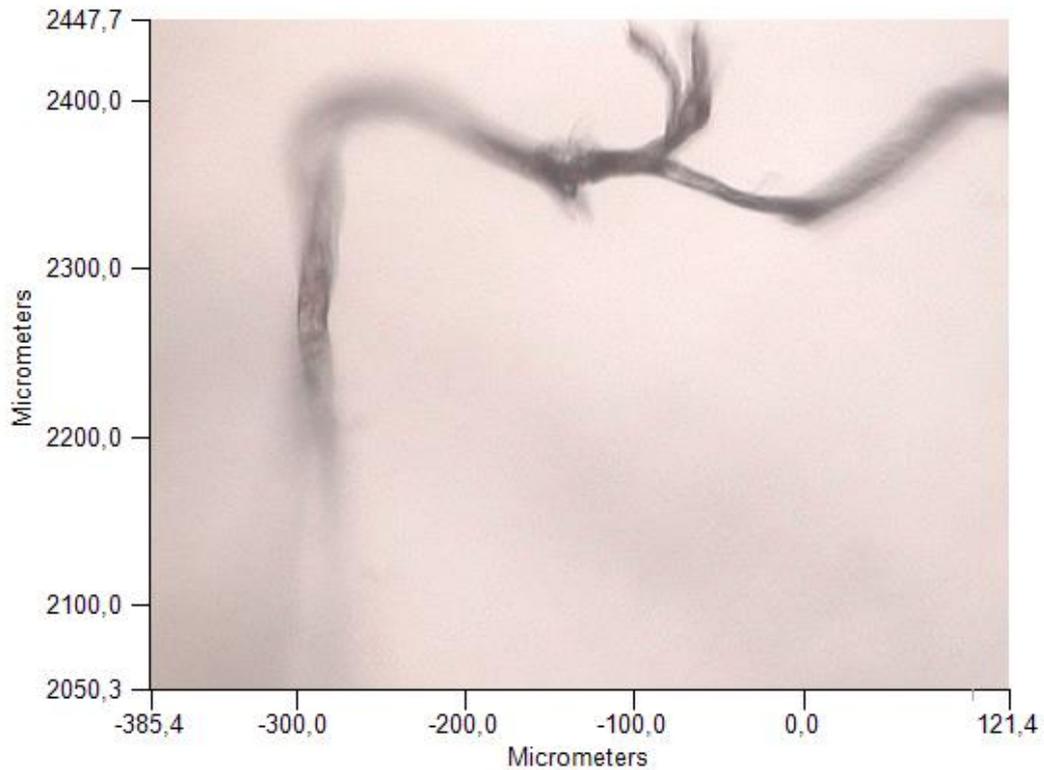
Analista
Fecha

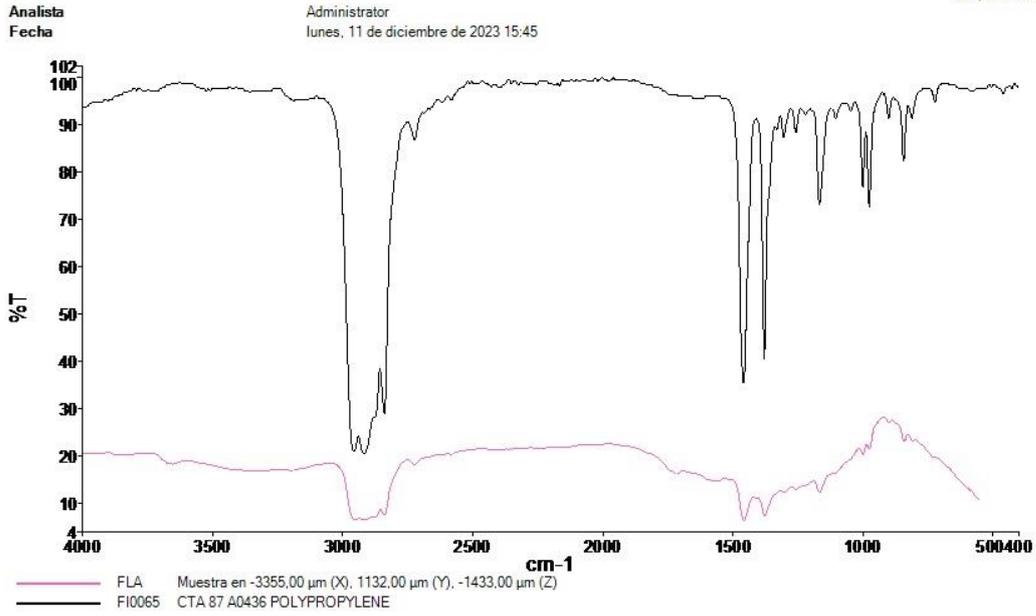
Administrator
Lunes, 11 de diciembre de 2023 15:44



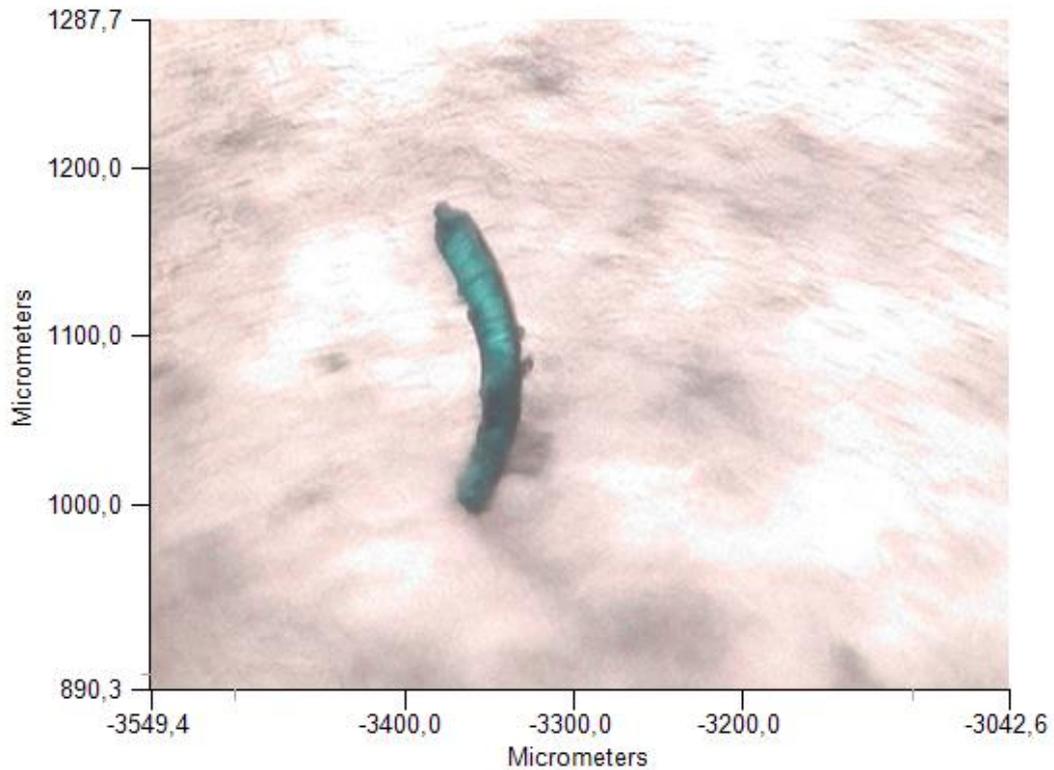
Copyright © 2000 Spectra Sciences, Inc.
 — FIT3 Muestra en -417,00 μm (X), 3749,00 μm (Y), -1110,00 μm (Z)
 — PT0118 ALPHA-CELLULOSE(99.5% PURE)

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIT3	Superposición	0,852707	PT0118	ALPHA-CELLULOSE(99.5% PURE)



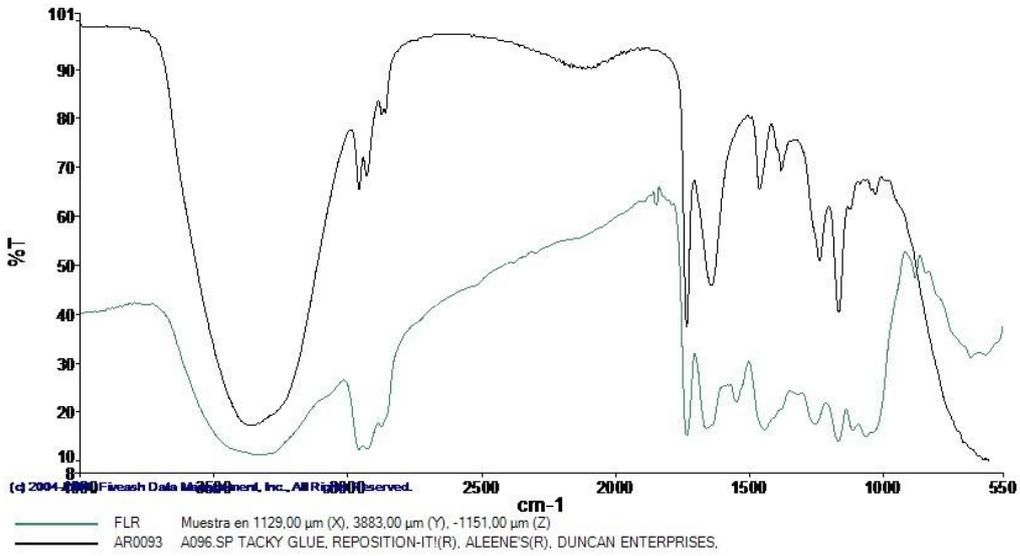


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FLA	Superposición	0,948507	FI0065	CTA 87 A0436 POLYPROPYLENE

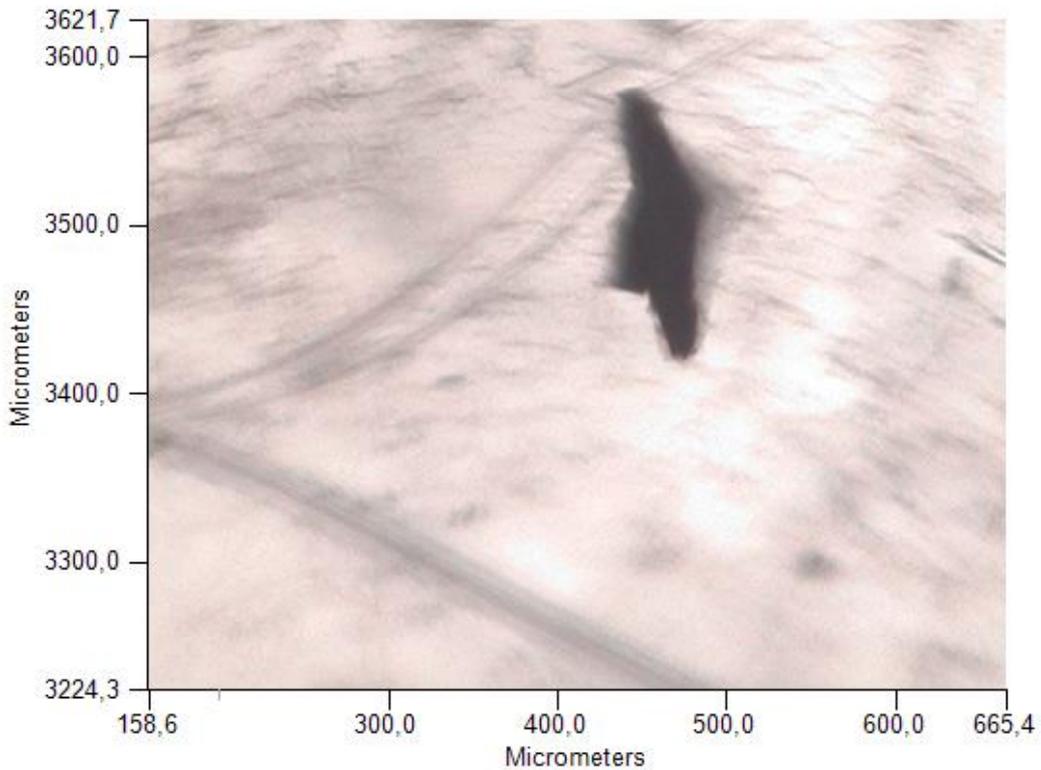


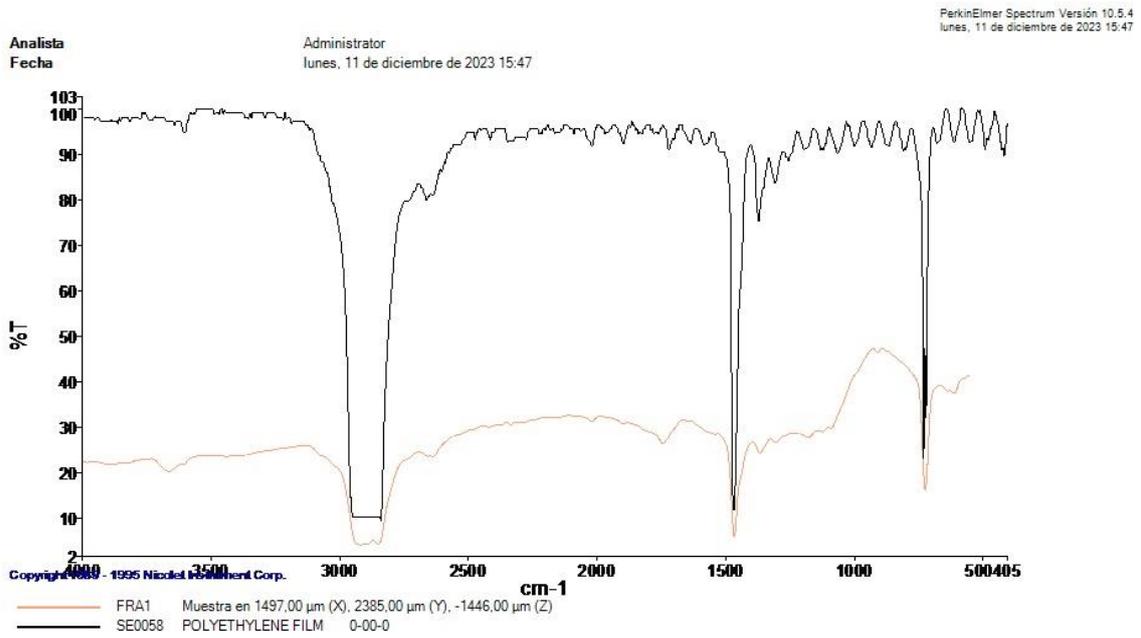
Analista
Fecha

Administrator
lunes, 11 de diciembre de 2023 15:46



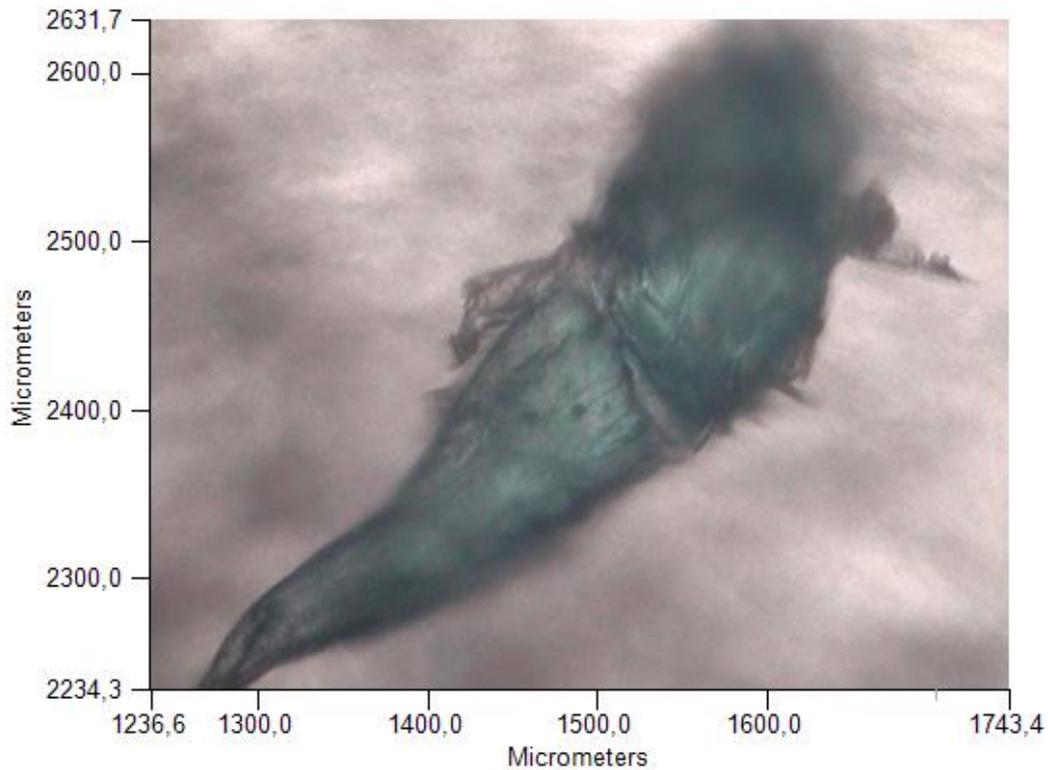
Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FLR	Superposición	0,757015	AR0093	A096.SP TACKY GLUE, REPOSITION-IT!(R), ALEENE'S (R), DUNCAN ENTERPRISES.





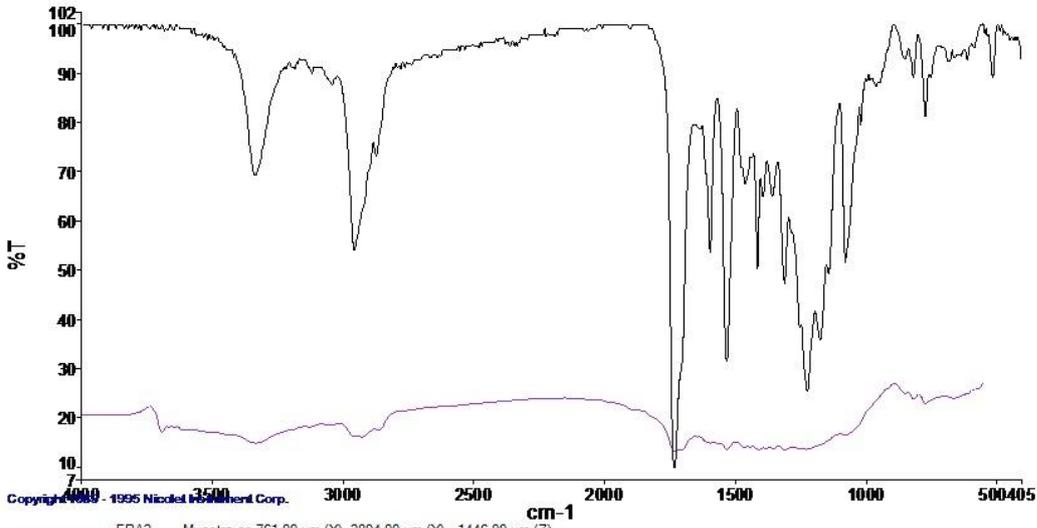
PerkinElmer Spectrum Versión 10.5.4
lunes, 11 de diciembre de 2023 15:47

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FRA1	Superposición	0,953425	SE0058	POLYETHYLENE FILM 0-00-0



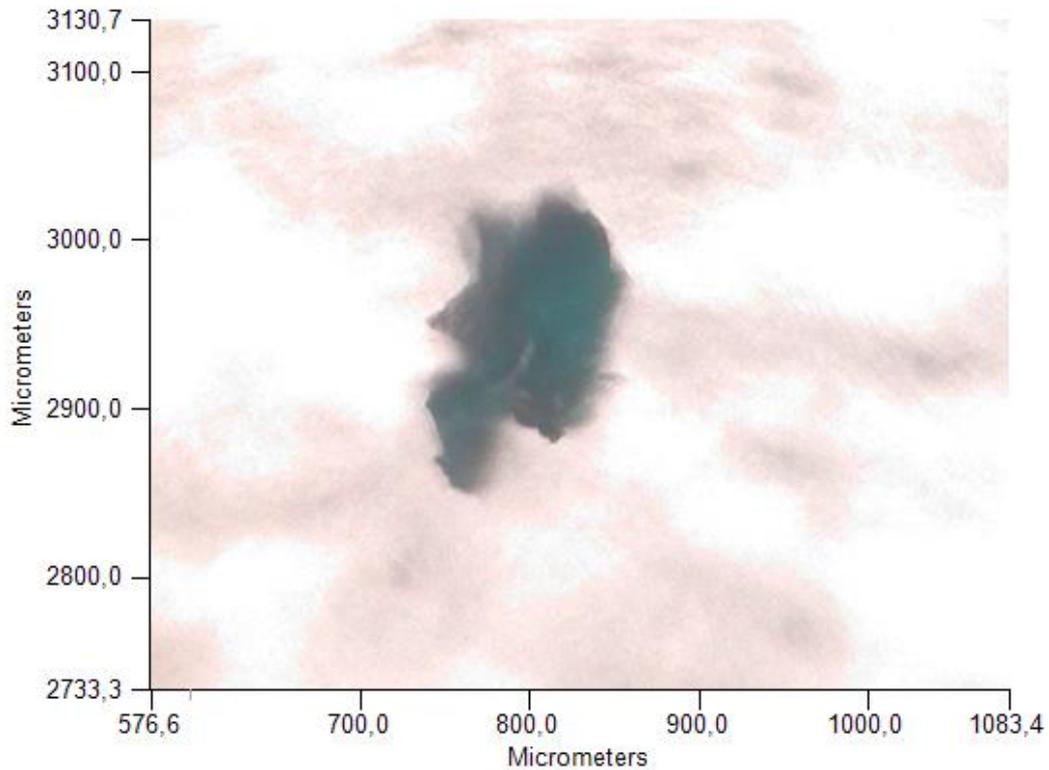
Analista
Fecha

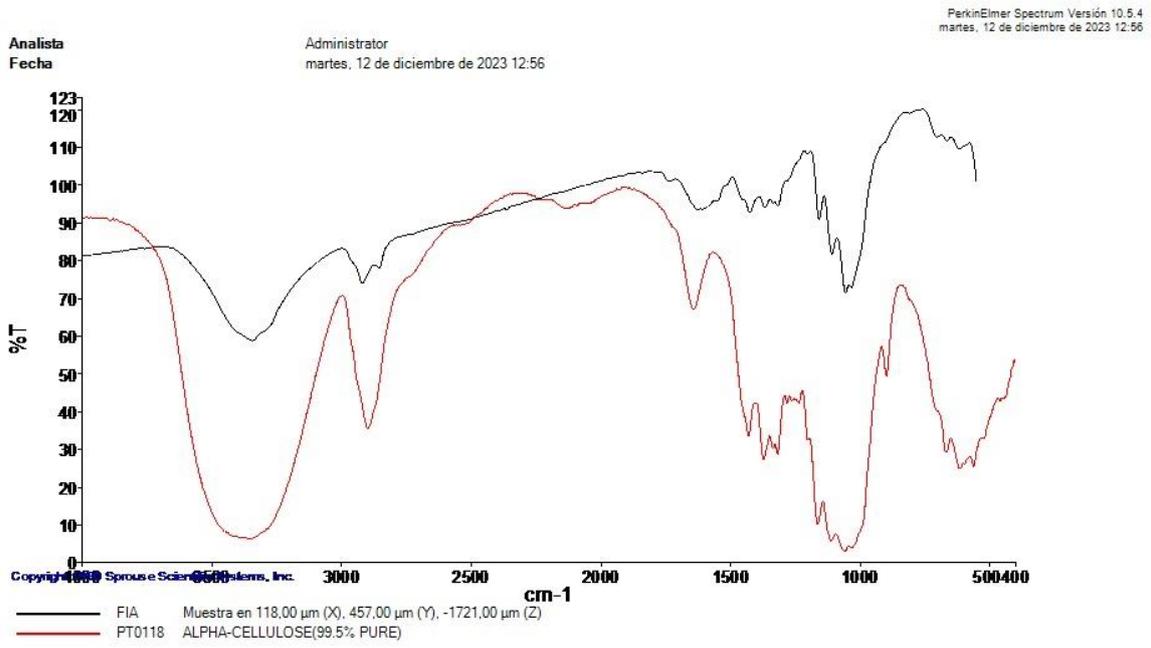
Administrator
lunes, 11 de diciembre de 2023 15:48



Copyright © 1995 Nicolet Instrument Corp.
 FRA2 Muestra en 761,00 μm (X), 2894,00 μm (Y), -1446,00 μm (Z)
 SE0213 POLY(ESTER URETHANE) FILM/DMAC/KRS-5 0-00-0

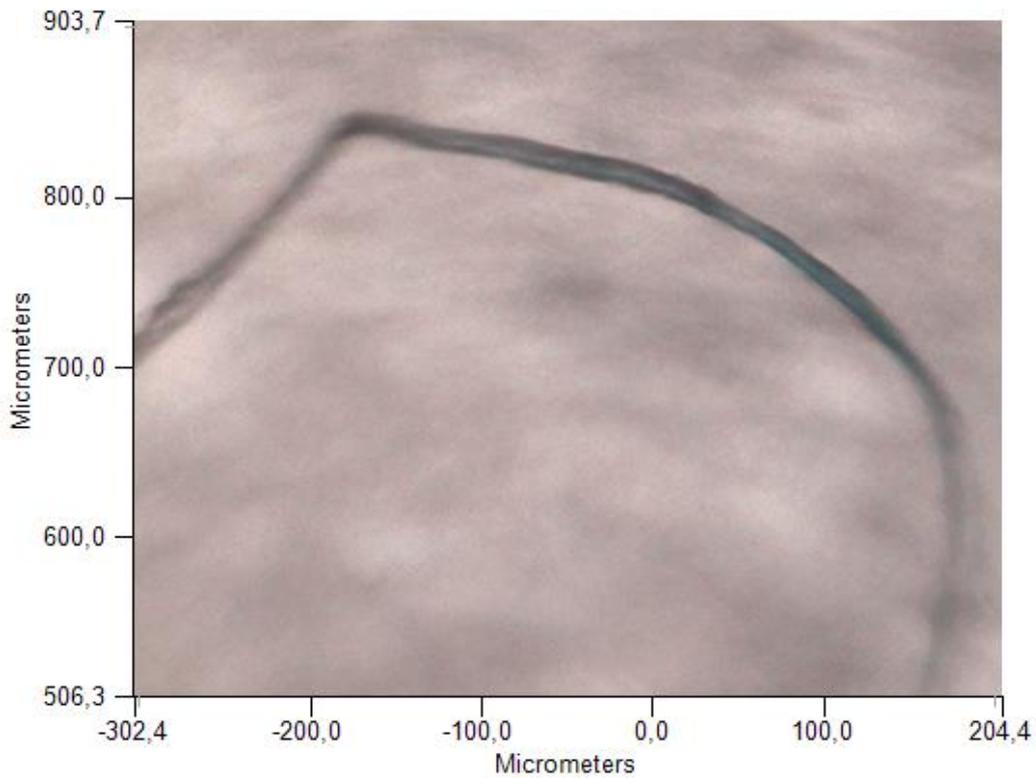
Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FRA2	Superposición	0.699986	SE0213	POLY(ESTER URETHANE) FILM/DMAC/KRS-5 0-00-0

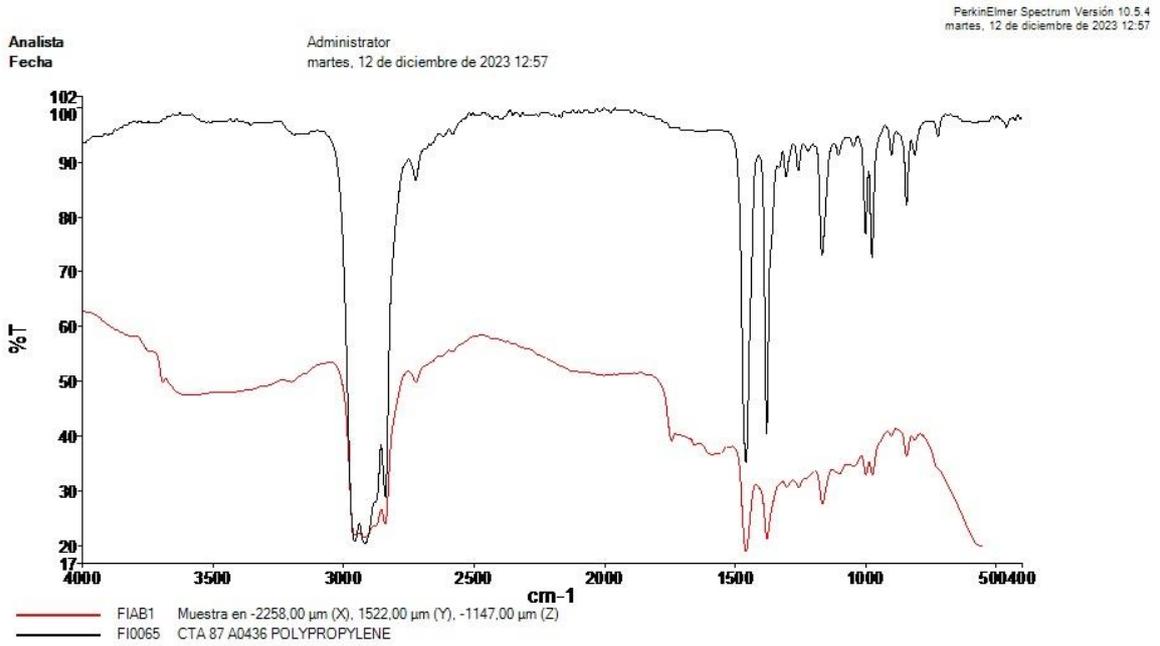




PerkinElmer Spectrum Versión 10.5.4
martes, 12 de diciembre de 2023 12:56

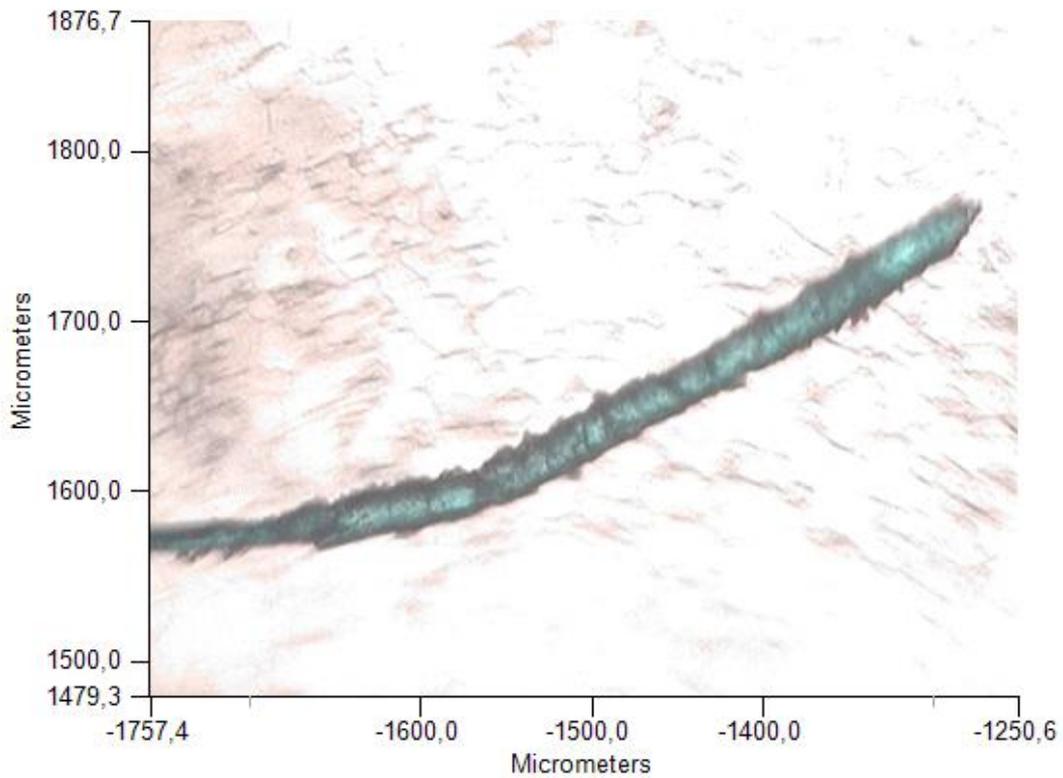
Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIA	Superposición	0,84088	PT0118	ALPHA-CELLULOSE(99.5% PURE)





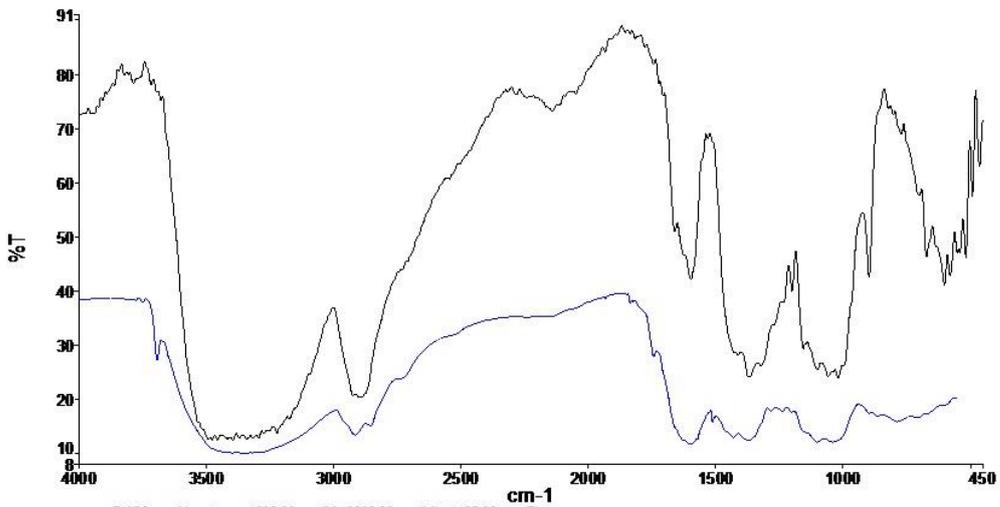
PerkinElmer Spectrum Versión 10.5.4
martes, 12 de diciembre de 2023 12:57

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIAB1	Superposición	0,950498	F10065	CTA 87 A0436 POLYPROPYLENE



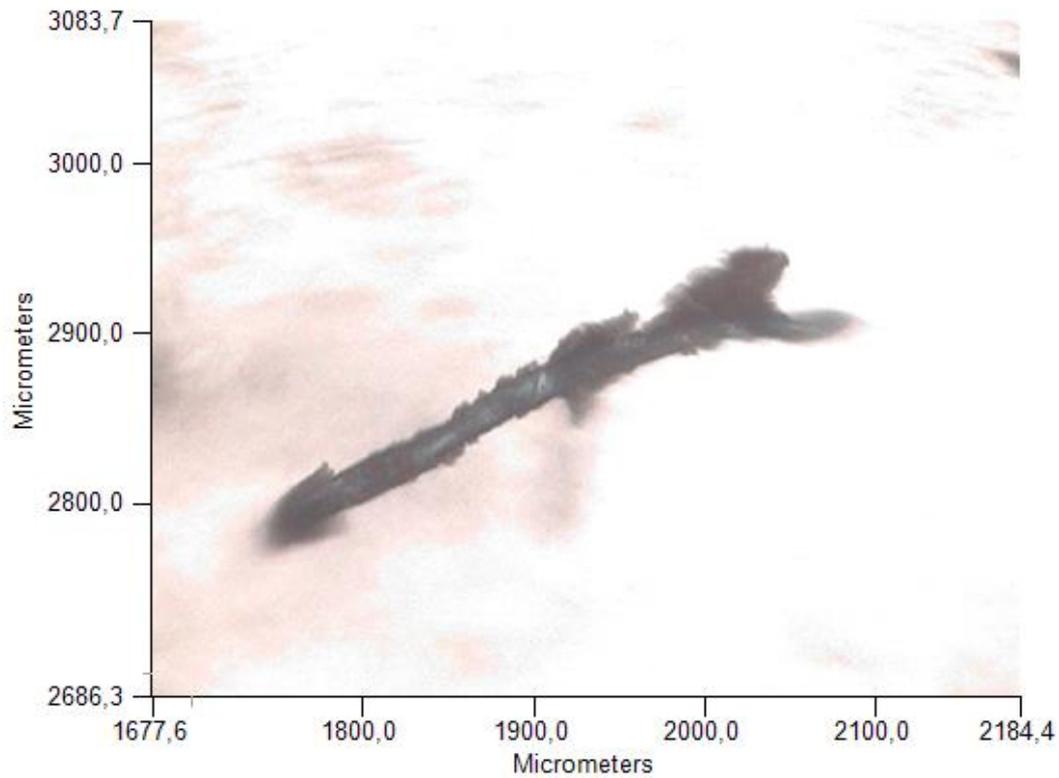
Analista
Fecha

Administrator
martes, 12 de diciembre de 2023 12:57



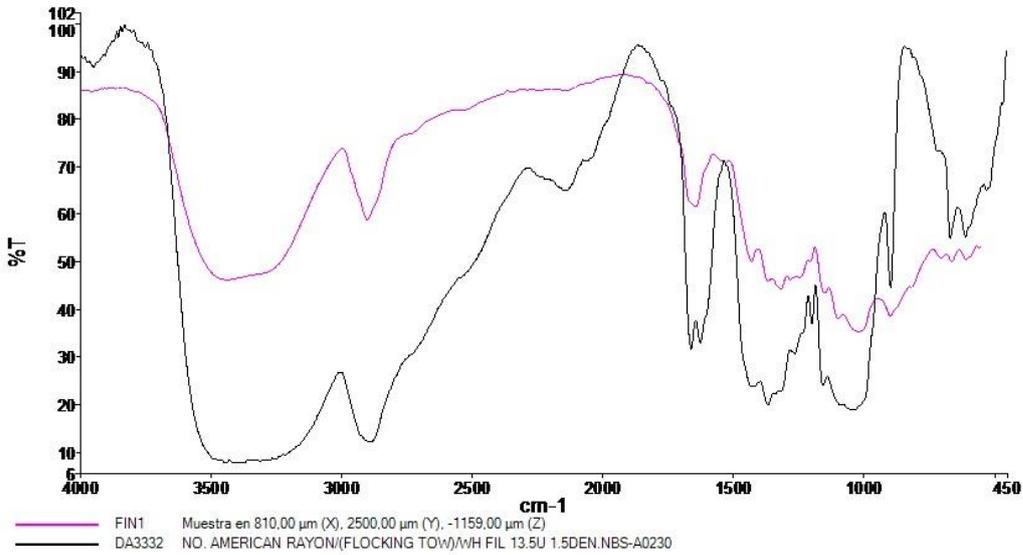
— FIAB2 Muestra en 1890,00 μm (X), 2862,00 μm (Y), -1185,00 μm (Z)
— DA3165 AVTEX FIBER /AVRIL (RAYON) WH STAPLE (BRIGHT) 14-16U NBS-A0092

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIAB2	Superposición	0.751294	DA3165	AVTEX FIBER /AVRIL (RAYON) WH STAPLE (BRIGHT) 14-16U NBS-A0092

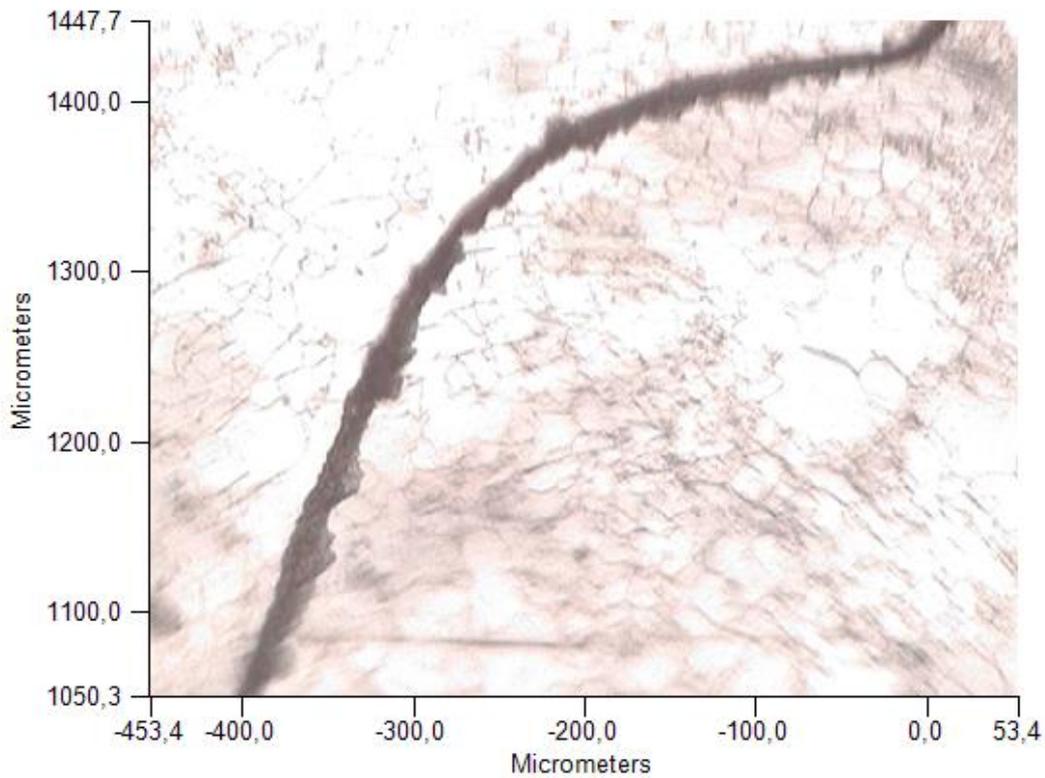


Analista
 Fecha

Administrator
 martes, 12 de diciembre de 2023 12:58

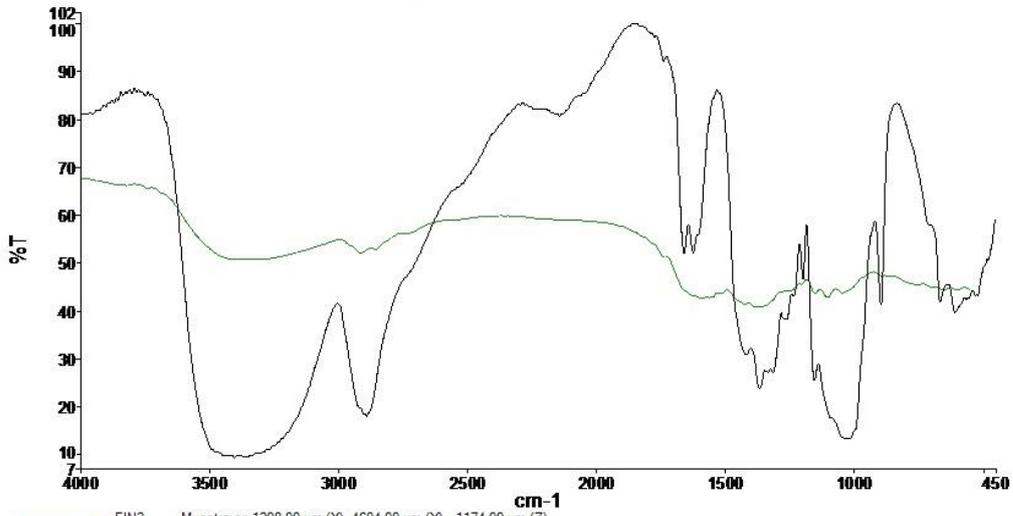


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIN1	Superposición	0,806717	DA3332	NO. AMERICAN RAYON/ (FLOCKING TOW)/w/H FIL 13.5U 1.5DEN.NBS-A0230



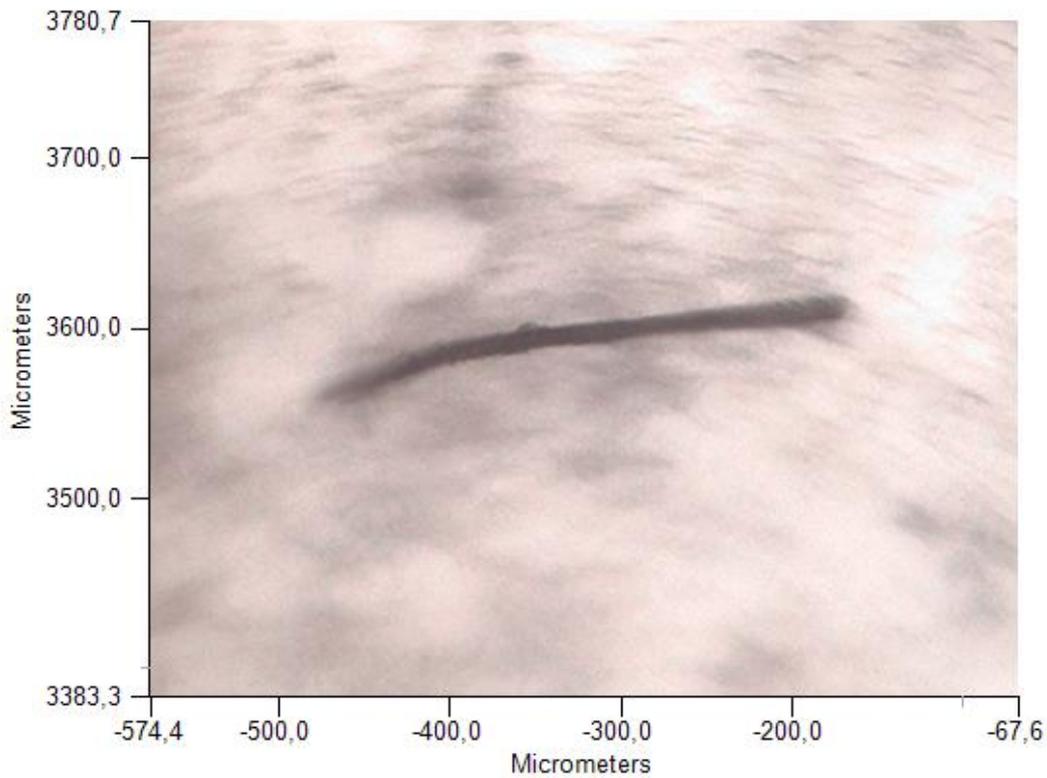
Analista
 Fecha

Administrator
 martes, 12 de diciembre de 2023 12:59



— FIN2 Muestra en 1298.00 μm (X), 4604.00 μm (Y), -1174.00 μm (Z)
 — DA3342 COURTAULDS/RAYON(FIBRO)/WHSTAPLE13.5U1.5DEN SOAPFINISH/NBS-A0320

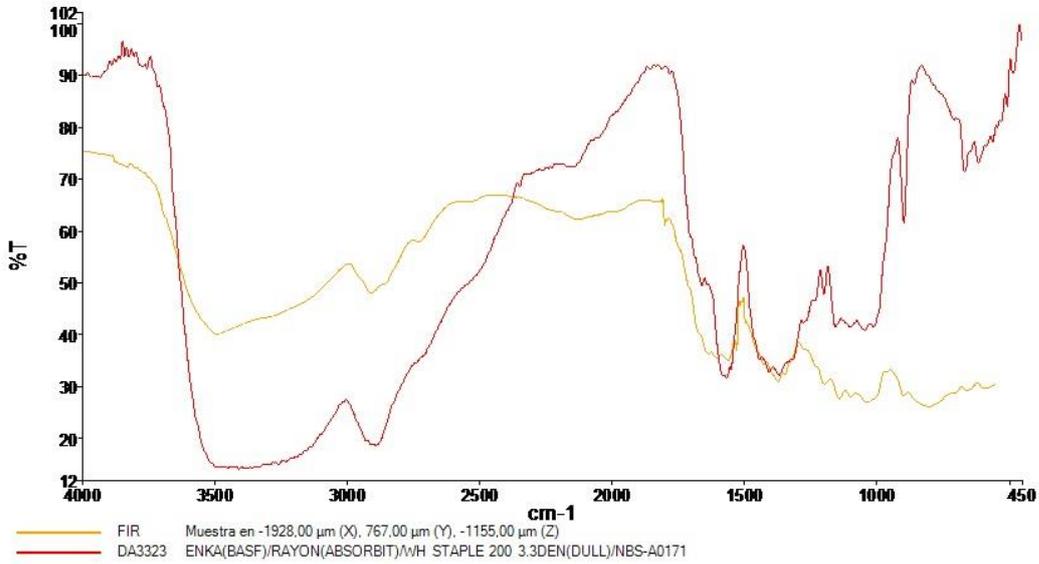
Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIN2	Superposición	0,738733	DA3342	COURTAULDS/RAYON (FIBRO)/WHSTAPLE13.5U1.5DEN SOAPFINISH/NBS-A0320



PerkinElmer Spectrum Versión 10.5.4
 martes, 12 de diciembre de 2023 12:59

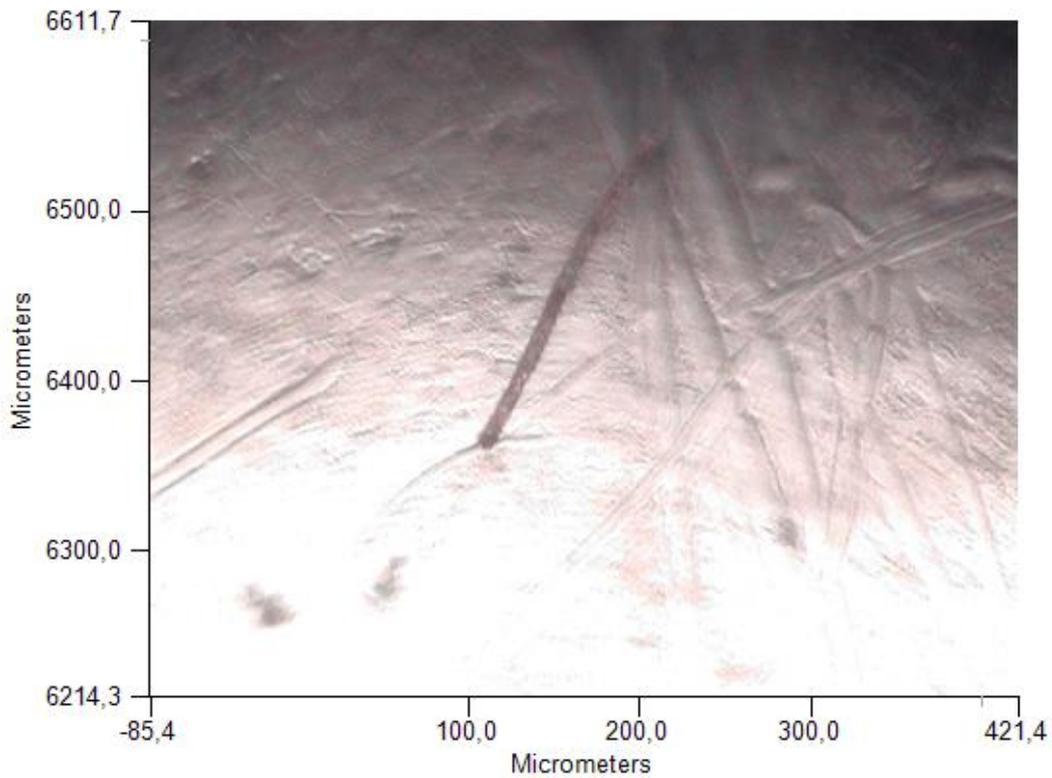
Analista
 Fecha

Administrator
 martes, 12 de diciembre de 2023 12:59



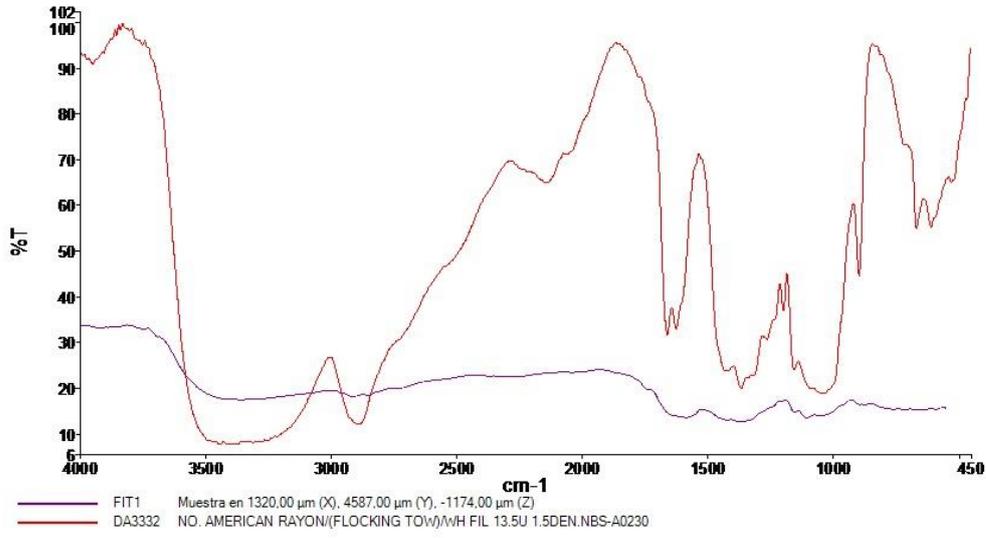
PerkinElmer Spectrum Versión 10.5.4
 martes, 12 de diciembre de 2023 12:59

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIR	Superposición	0,642989	DA3323	ENKA(BASF)/RAYON (ABSORBIT)/wH STAPLE 200 3.3DEN(DULL)/NBS-A0171

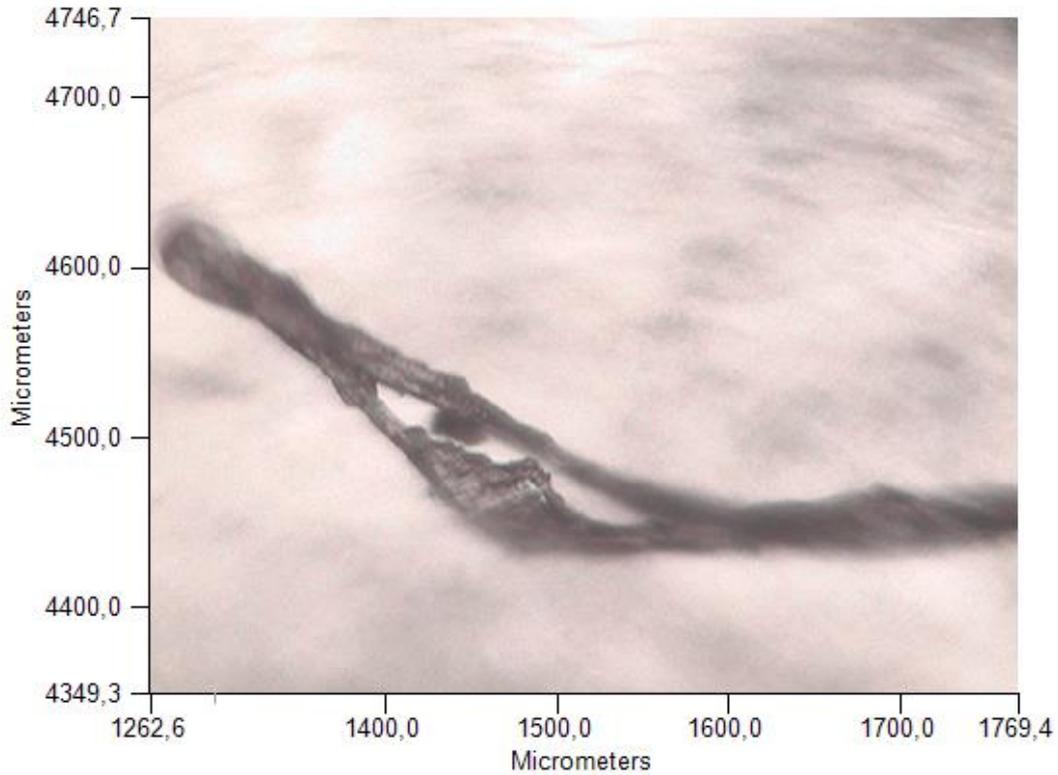


Analista
Fecha

Administrator
martes, 12 de diciembre de 2023 13:13

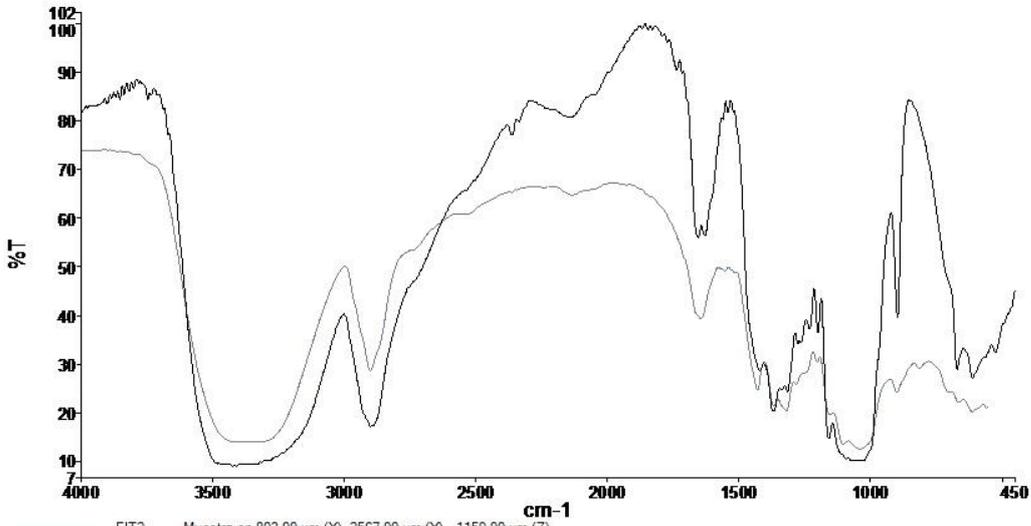


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIT1	Superposición	0,772127	DA3332	NO. AMERICAN RAYON/ (FLOCKING TOW)/WH FIL 13.5U 1.5DEN.NBS-A0230



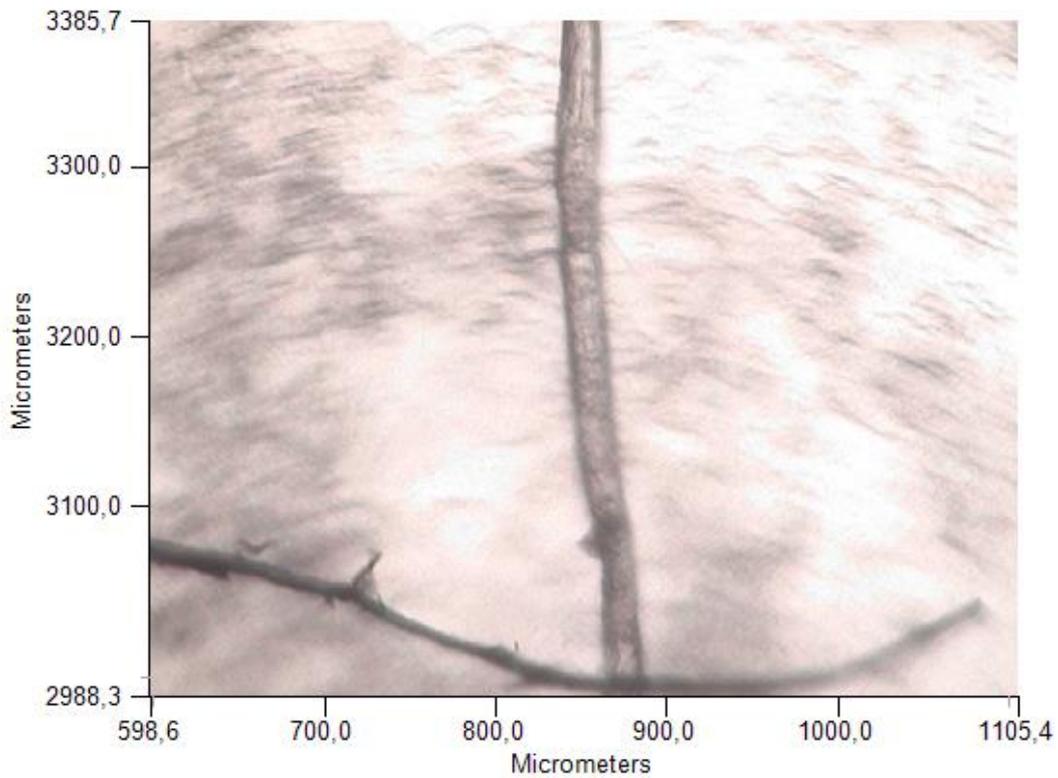
Analista
 Fecha

Administrator
 martes, 12 de diciembre de 2023 13:13



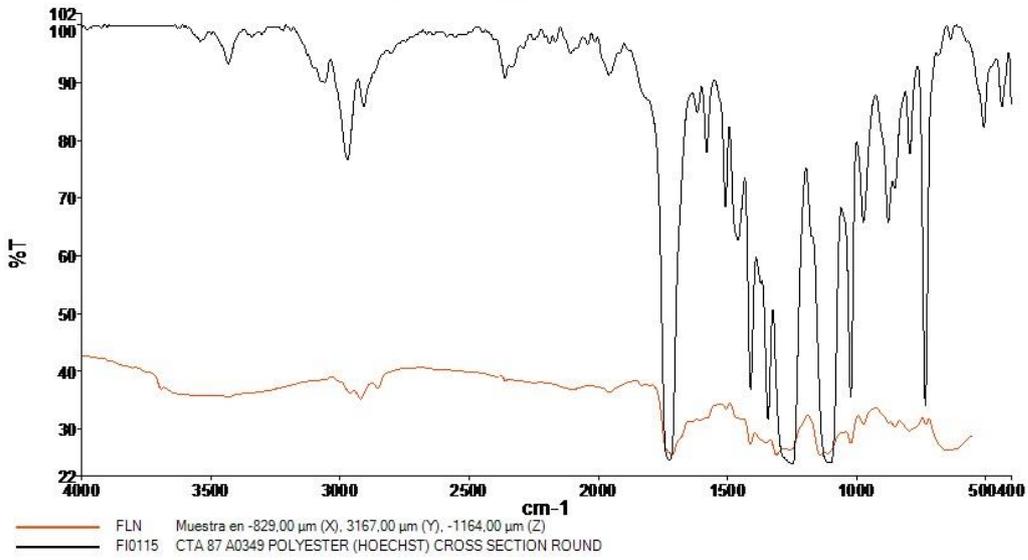
— FIT2 Muestra en 803,00 μm (X), 2567,00 μm (Y), -1159,00 μm (Z)
 - - - DA3327 NO. AMERICAN RAYON/RAYON/WH FIL 34.8U 300DEN 30FILS/NBS-A0225

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIT2	Superposición	0,886657	DA3327	NO. AMERICAN RAYON/RAYON/WH FIL 34.8U 300DEN 30FILS/NBS-A0225

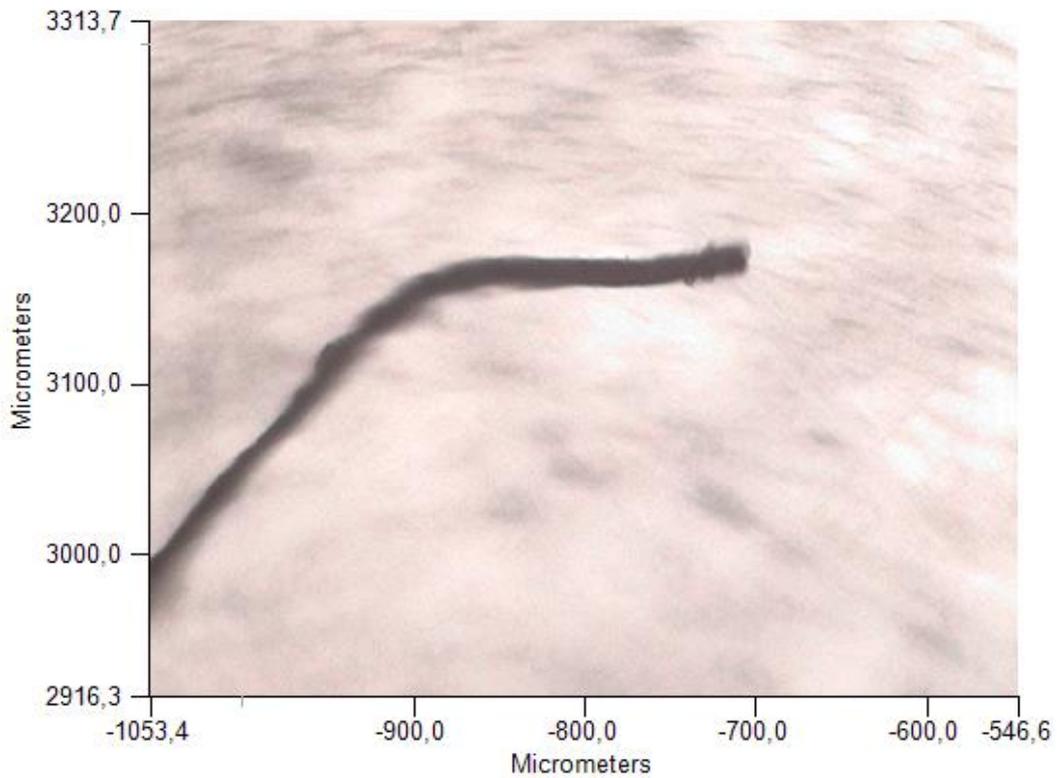


Analista
Fecha

Administrator
martes, 12 de diciembre de 2023 13:14

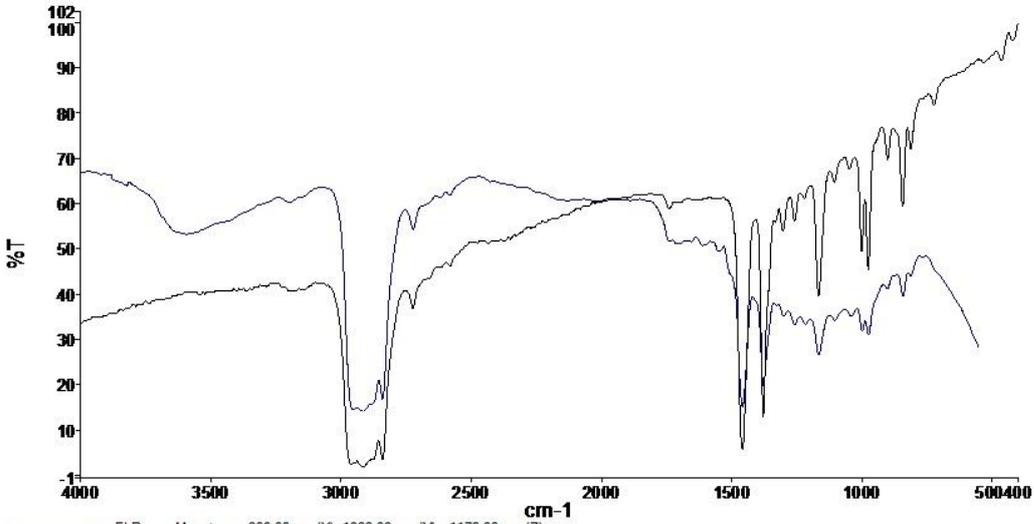


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FLN	Superposición	0,712461	FI0115	CTA 87 A0349 POLYESTER (HOECHST) CROSS SECTION ROUND



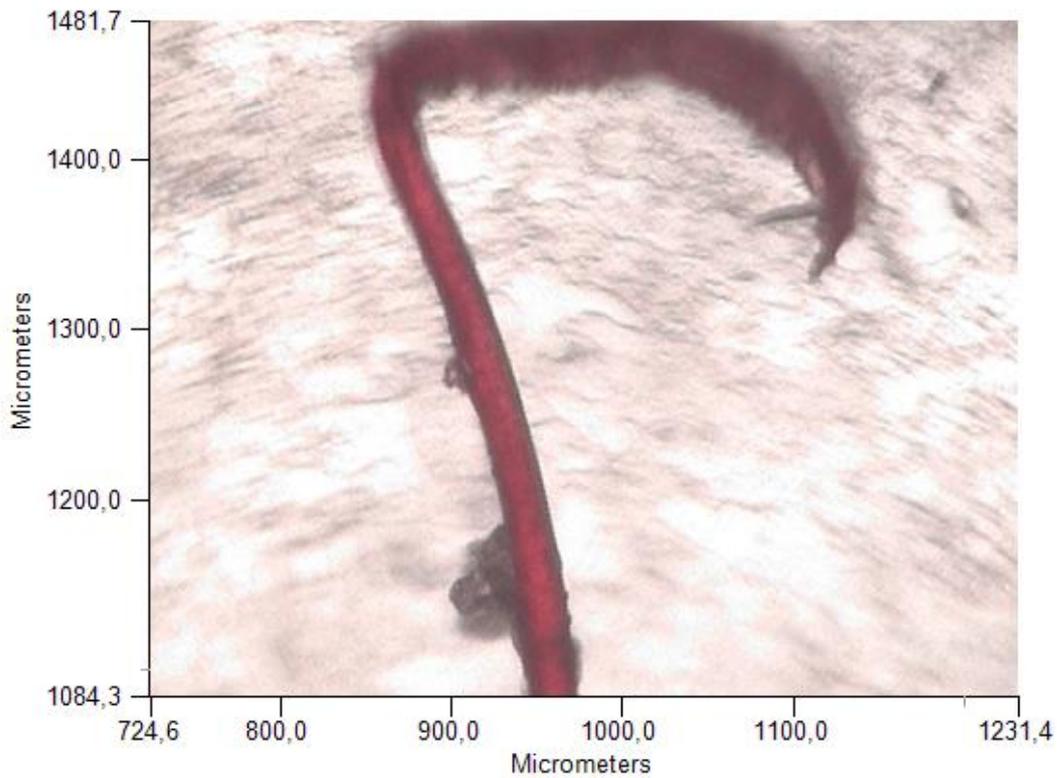
Analista
Fecha

Administrator
martes, 12 de diciembre de 2023 13:15



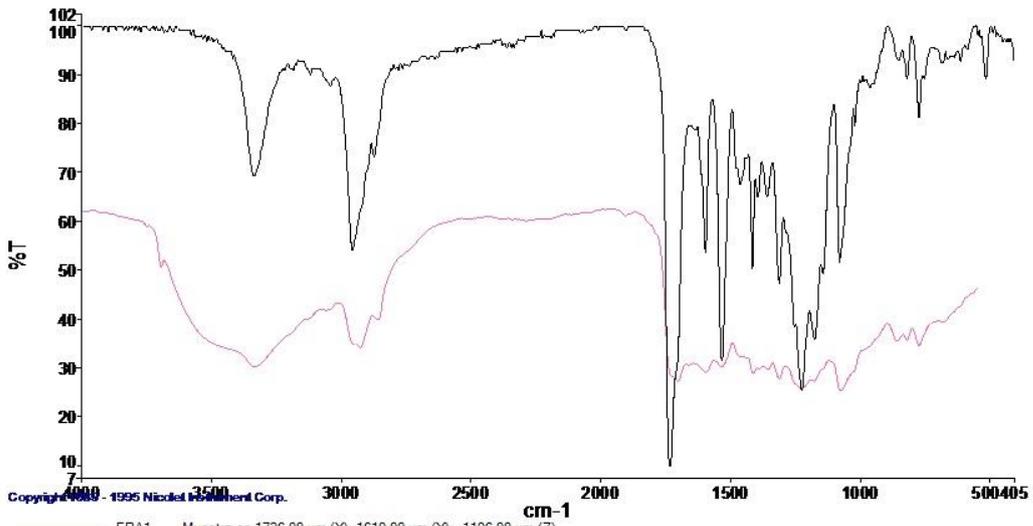
— FLR Muestra en 880,00 μm (X), 1382,00 μm (Y), -1172,00 μm (Z)
- - - FI0086 CTA 87 C0475 POLYPROPYLENE GROUND COVER FILL

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FLR	Superposición	0,978828	FI0086	CTA 87 C0475 POLYPROPYLENE GROUND COVER FILL



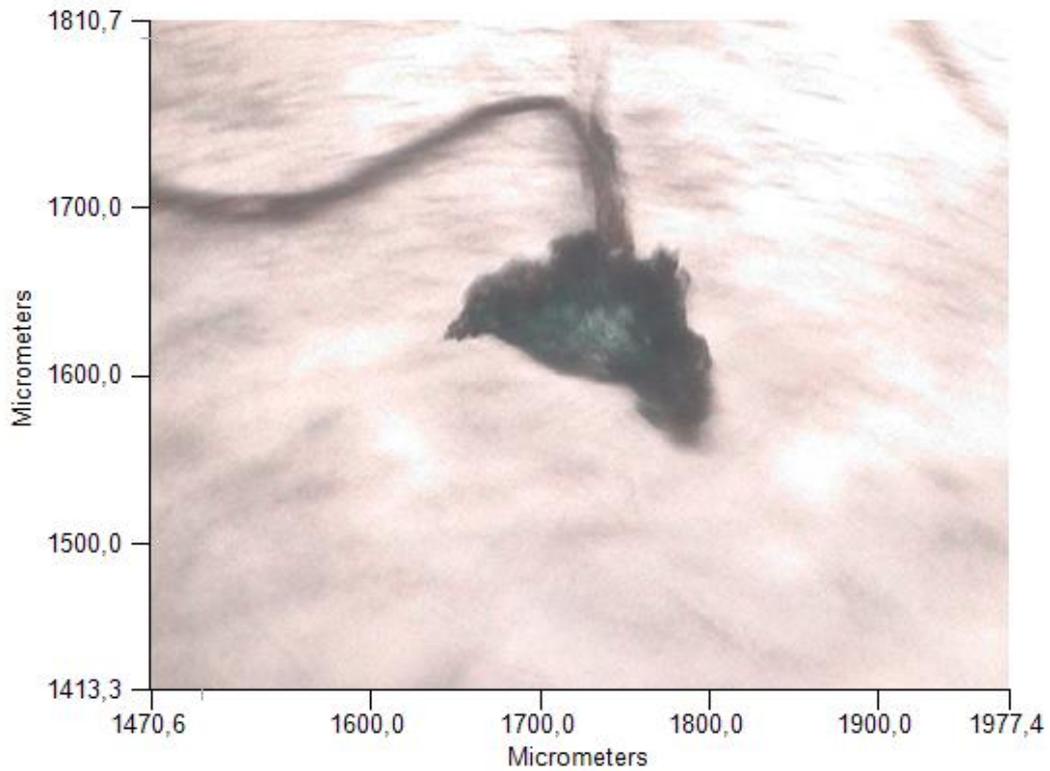
Analista
Fecha

Administrator
martes, 12 de diciembre de 2023 13:18



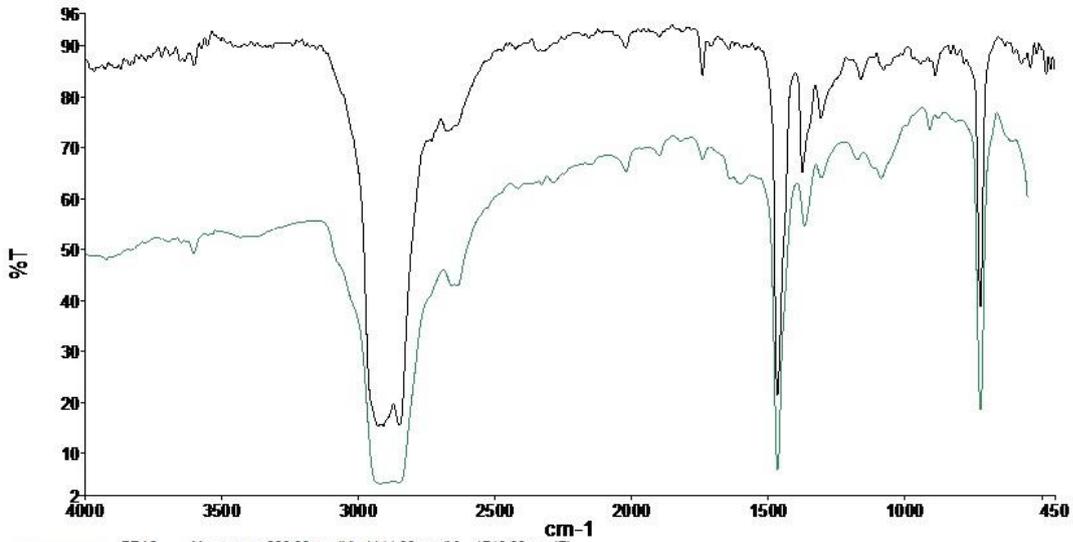
Copyright © 1995 Nicolet Instrument Corp.
— FRA1 Muestra en 1726,00 μm (X), 1619,00 μm (Y), -1196,00 μm (Z)
— SE0213 POLY(ESTER URETHANE) FILM/DMAC/KRS-5 0-00-0

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FRA1	Superposición	0,779228	SE0213	POLY(ESTER URETHANE) FILM/DMAC/KRS-5 0-00-0



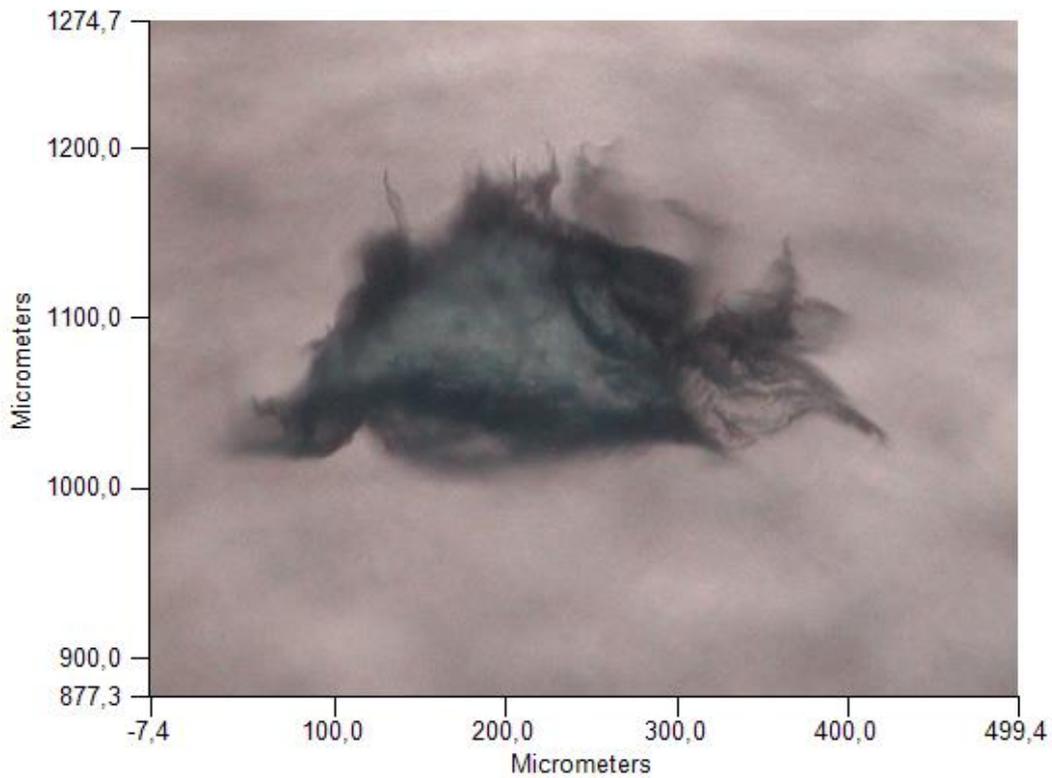
Analista
 Fecha

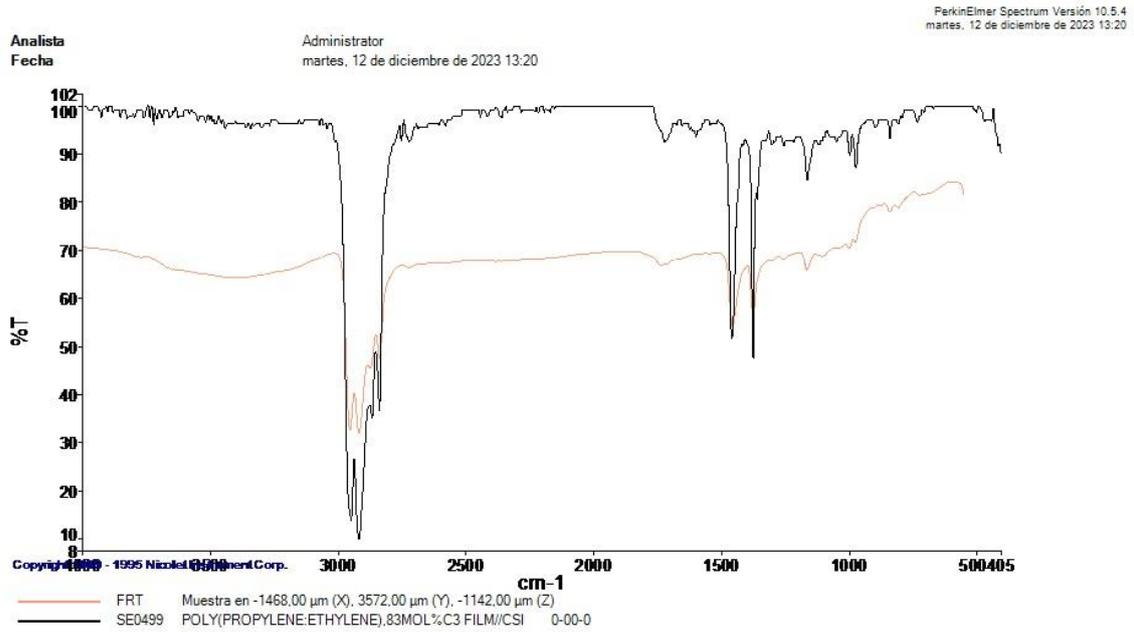
Administrator
 martes, 12 de diciembre de 2023 13:19



— FRA2 Muestra en 200,00 μm (X), 1144,00 μm (Y), -1748,00 μm (Z)
 — DA3017 ASTRO TURF/POLYETHYLENE GREEN/STD 416

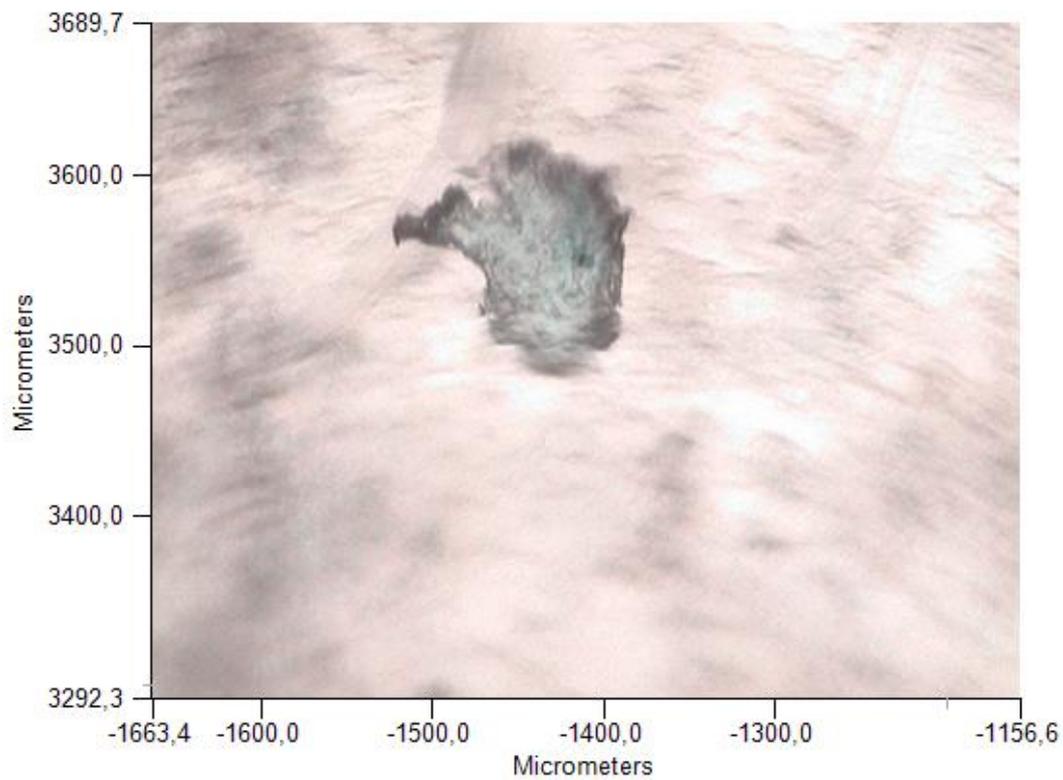
Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FRA2	Superposición	0,960787	DA3017	ASTRO TURF/POLYETHYLENE GREEN/STD 416



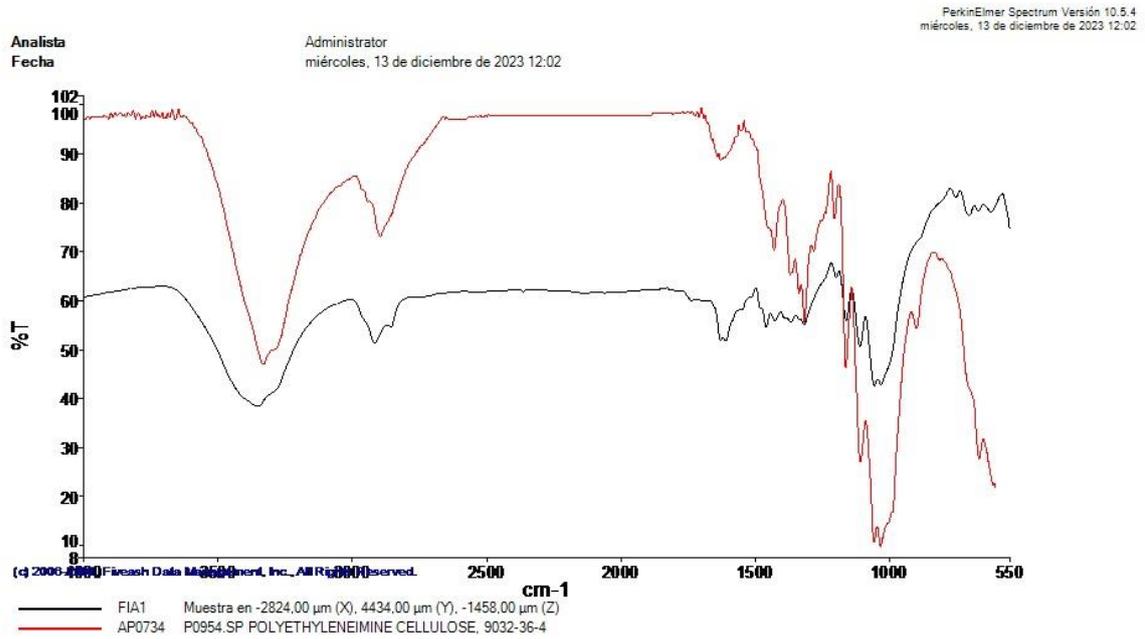


PerkinElmer Spectrum Versión 10.5.4
martes, 12 de diciembre de 2023 13:20

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FRT	Superposición	0,974621	SE0499	POLY (PROPYLENE.ETHYLENE),83MOL%C3 FILM/CSI 0-00-0

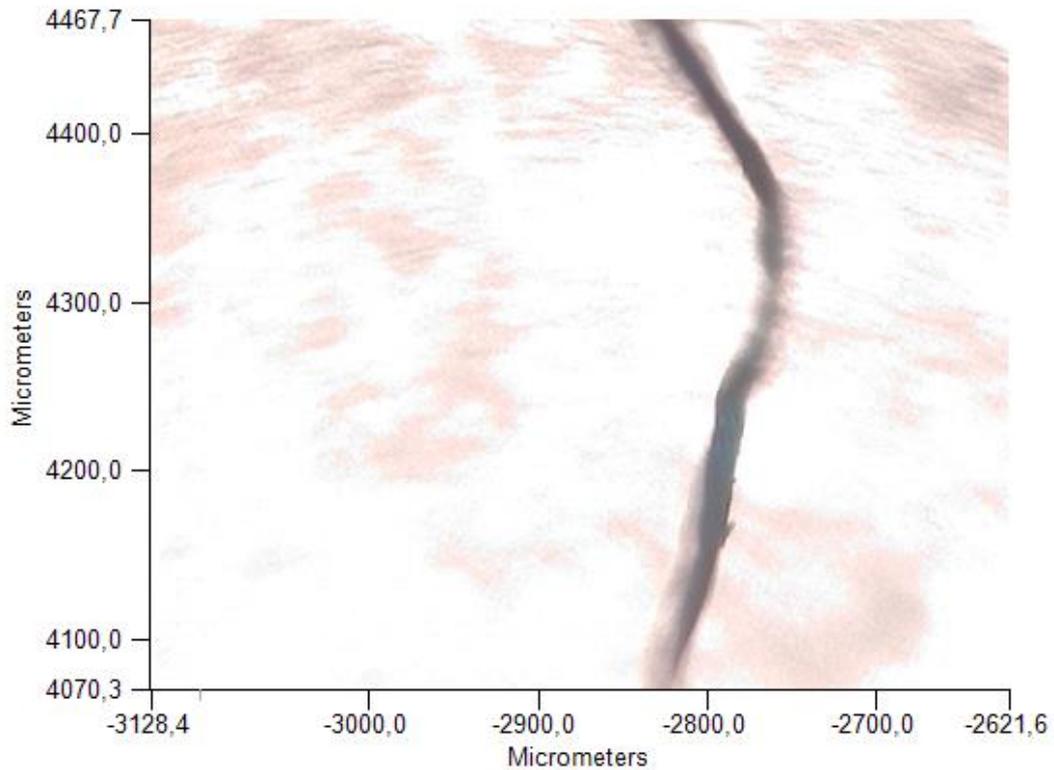


Microplásticos analizados de la merluza de la Patagonia



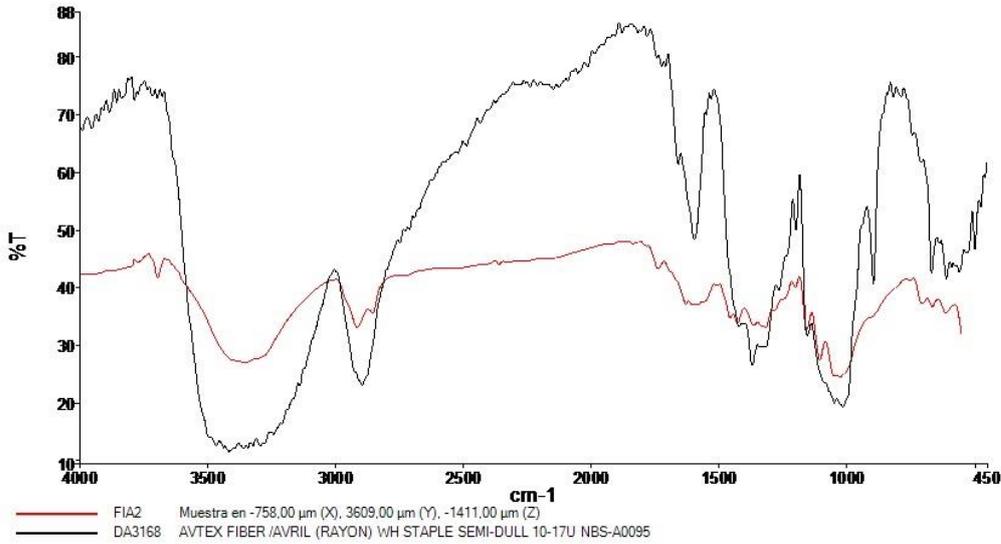
PerkinElmer Spectrum Versión 10.5.4
miércoles, 13 de diciembre de 2023 12:02

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIAT1	Superposición	0,80316	AP0734	P0954.SP POLYETHYLENEIMINE CELLULOSE, 9032-36-4

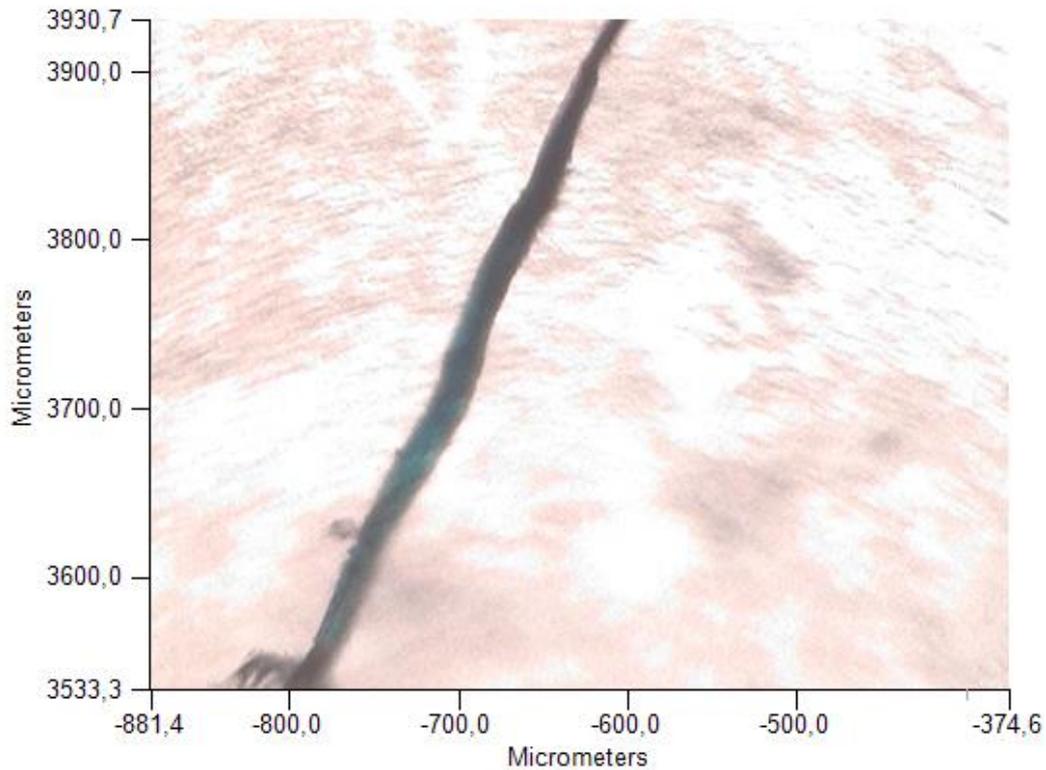


Analista
Fecha

Administrator
miércoles, 13 de diciembre de 2023 12:10

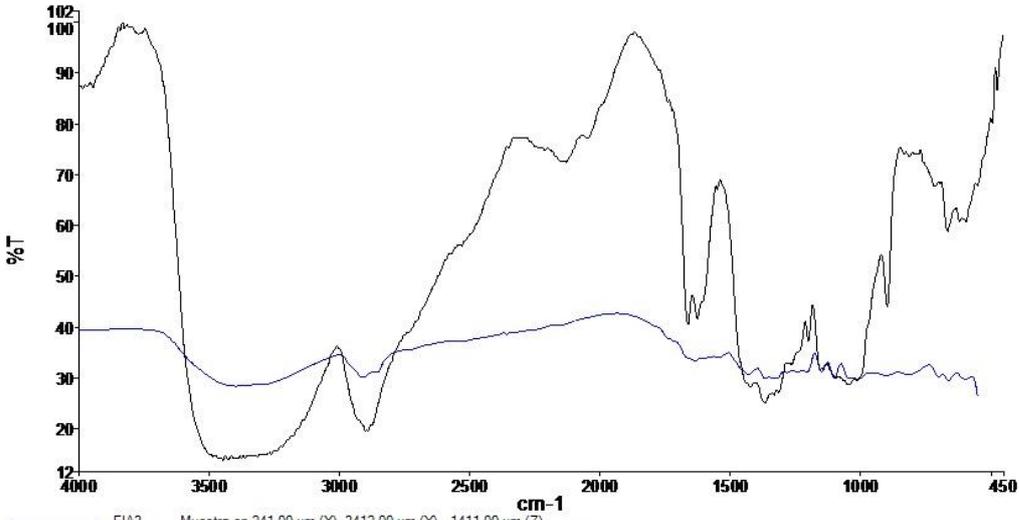


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIA2	Superposición	0,762207	DA3168	AVTEX FIBER /AVRIL (RAYON) WH STAPLE SEMI-DULL 10-17U NBS-A0095



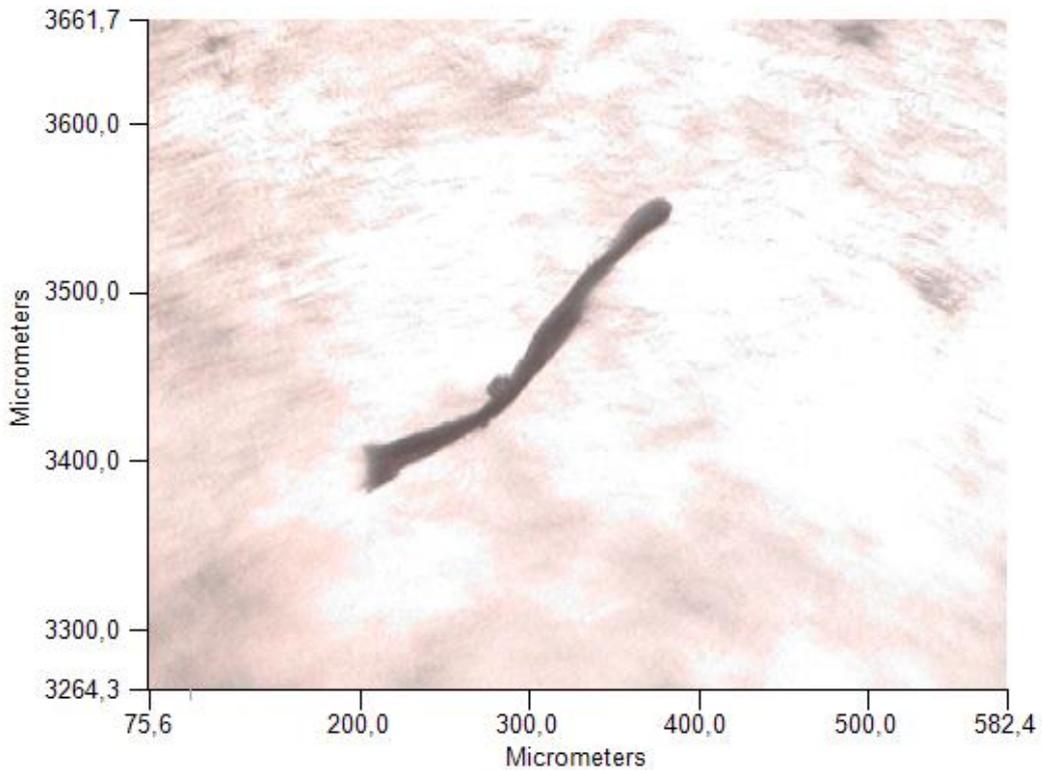
Analista
Fecha

Administrator
miércoles, 13 de diciembre de 2023 12:11



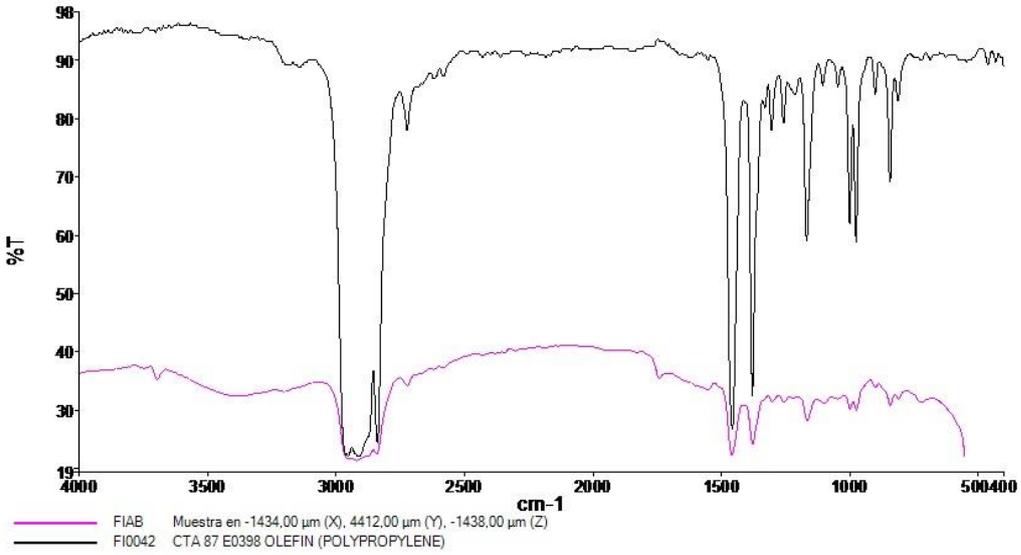
— FIA3 Muestra en 241,00 μm (X), 3412,00 μm (Y), -1411,00 μm (Z)
— DA3322 ENKA(BASF)/RAYON(FIBER700)/WH STAPLE 13.5U 1.5DEN/NBS-A0170

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIA3	Superposición	0,640375	DA3322	ENKA(BASF)/RAYON (FIBER700)/WH STAPLE 13.5U 1.5DEN/NBS-A0170

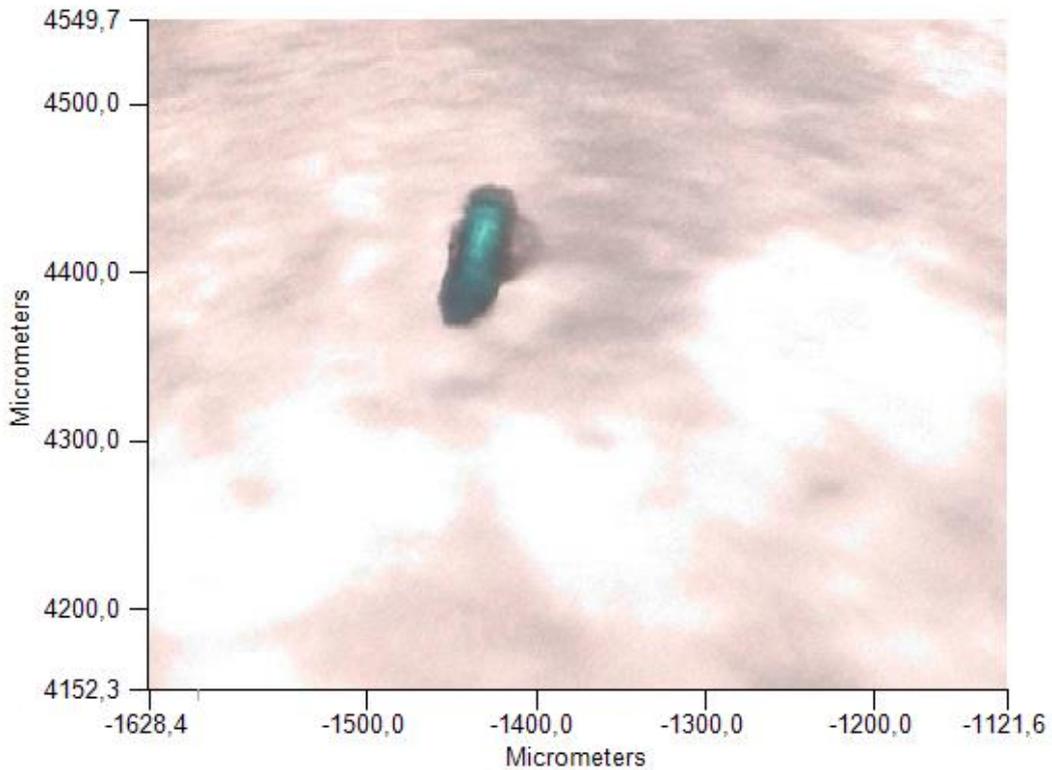


Analista
Fecha

Administrador
miércoles, 13 de diciembre de 2023 12:12

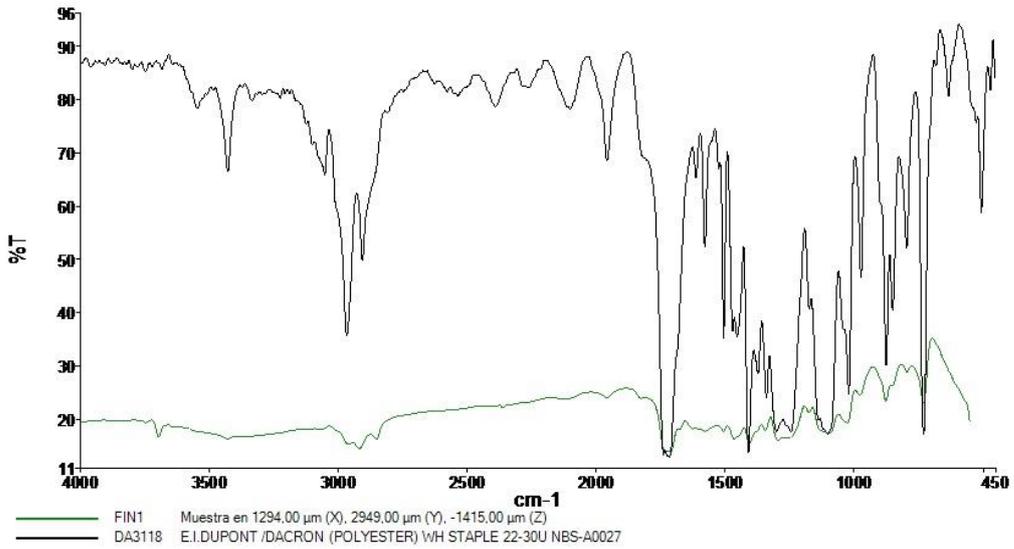


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIAB	Superposición	0,9528	FI0042	CTA 87 E0398 OLEFIN (POLYPROPYLENE)

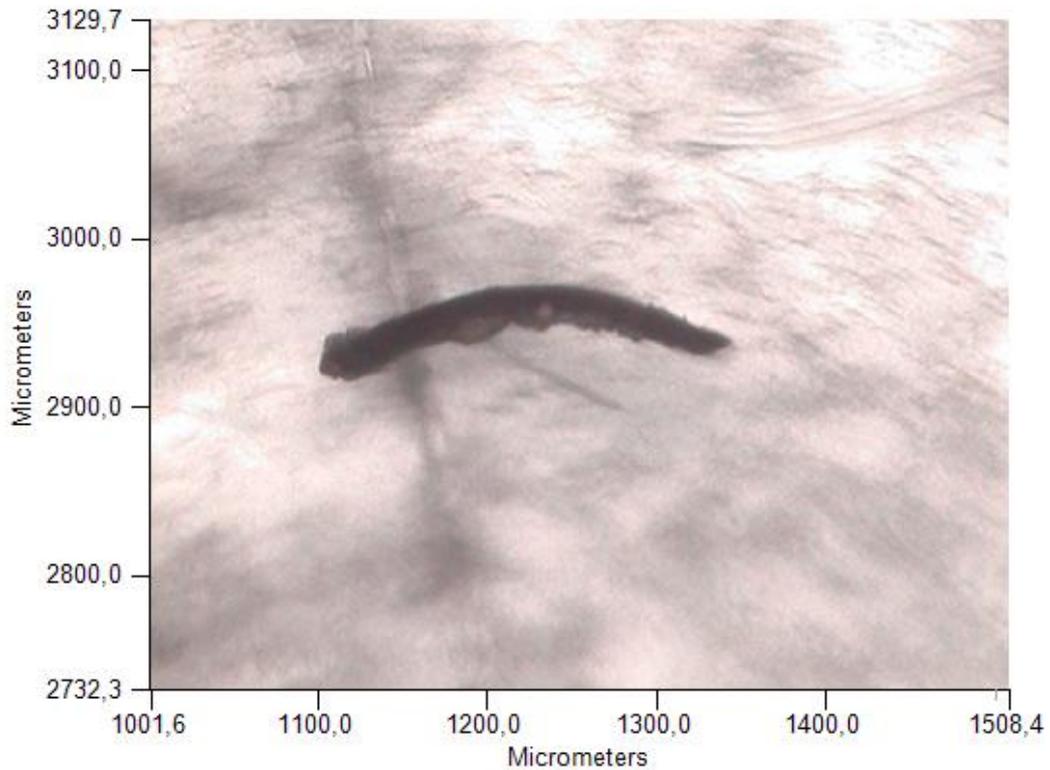


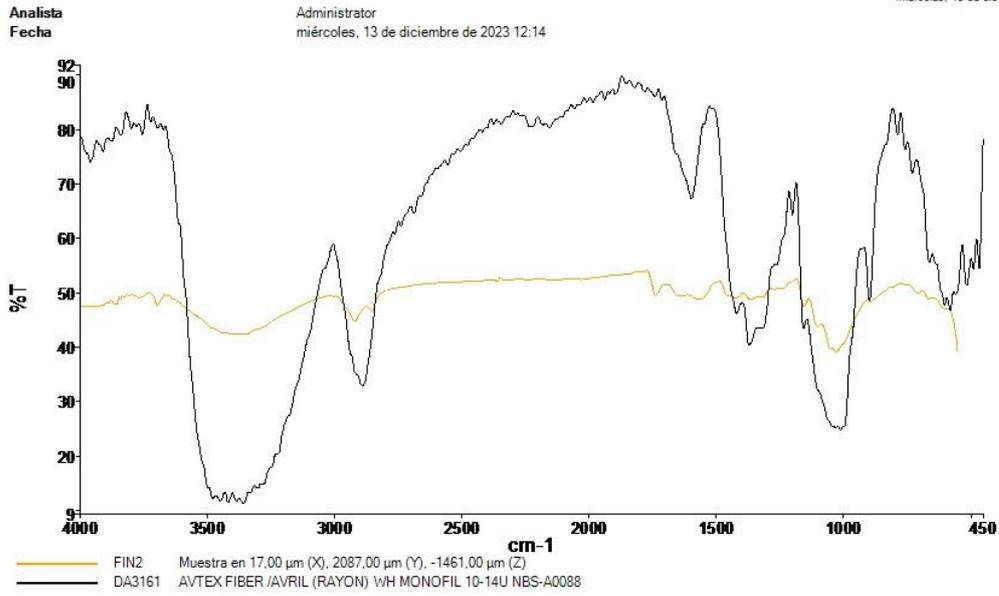
Analista
Fecha

Administrador
miércoles, 13 de diciembre de 2023 12:12

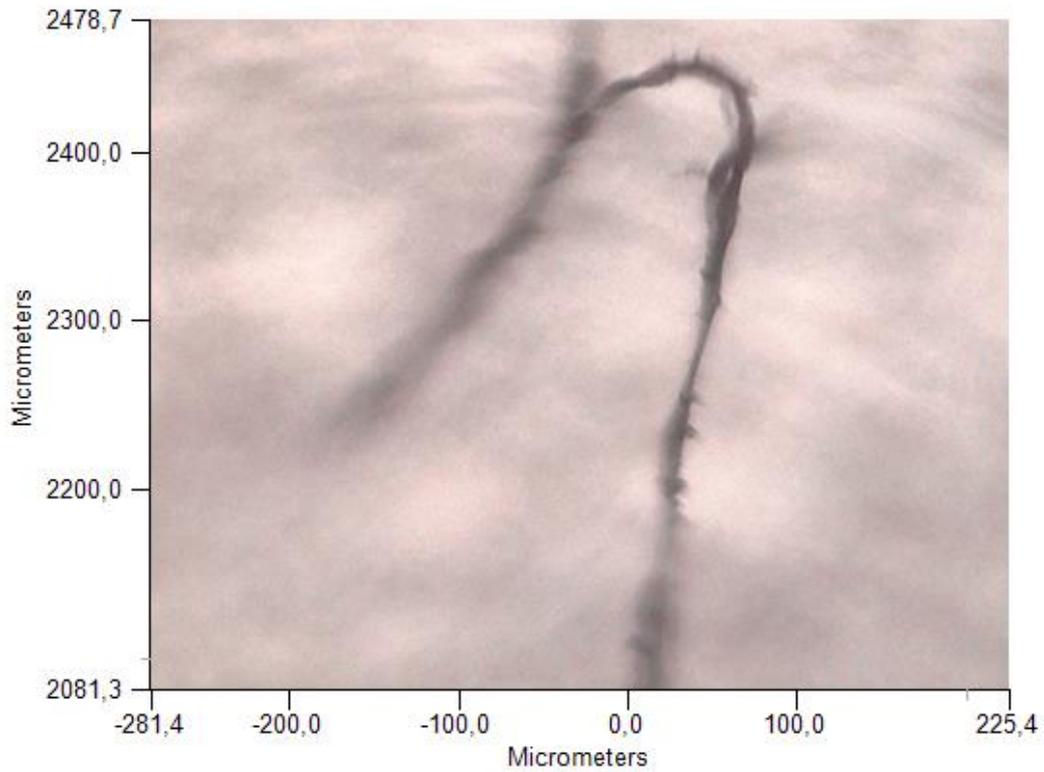


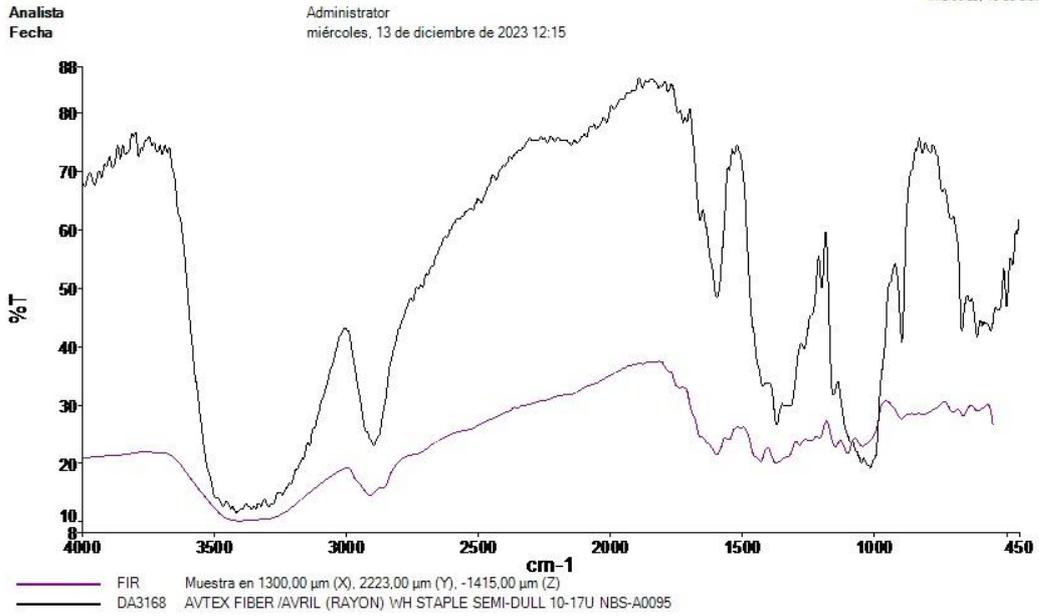
Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIN1	Superposición	0,856433	DA3118	E.I.DUPONT /DACRON (POLYESTER) WH STAPLE 22-30U NBS-A0027



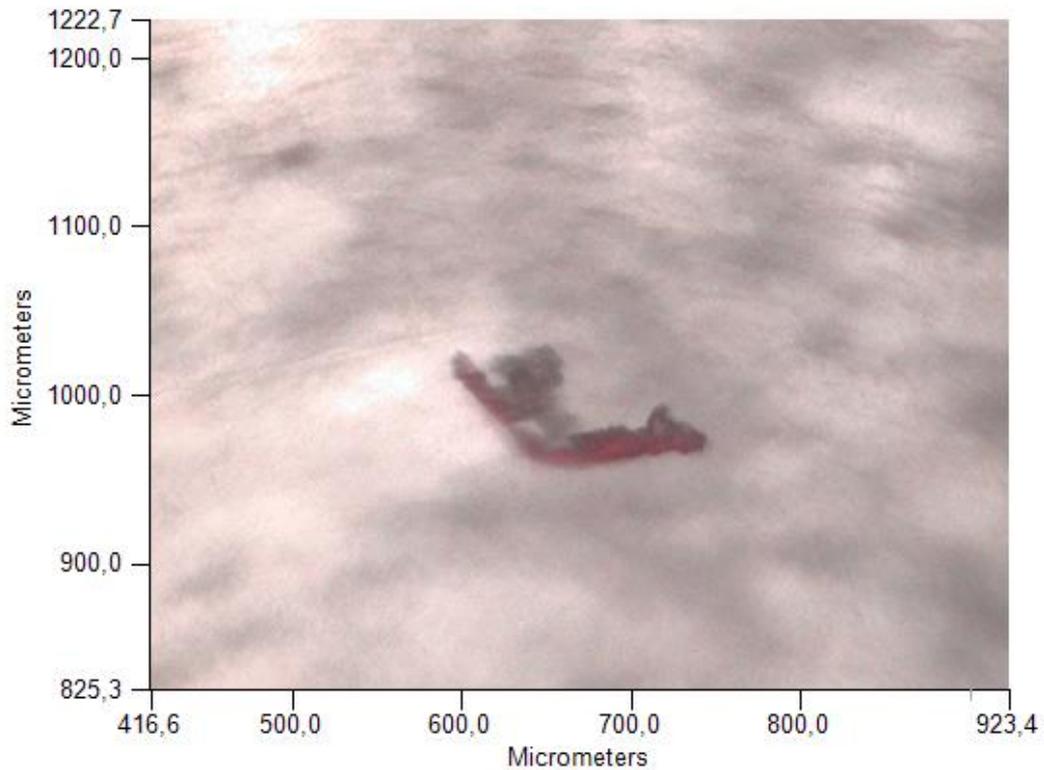


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIN2	Superposición	0,661128	DA3161	AVTEX FIBER /AVRIL (RAYON) WH MONOFIL 10-14U NBS-A0088



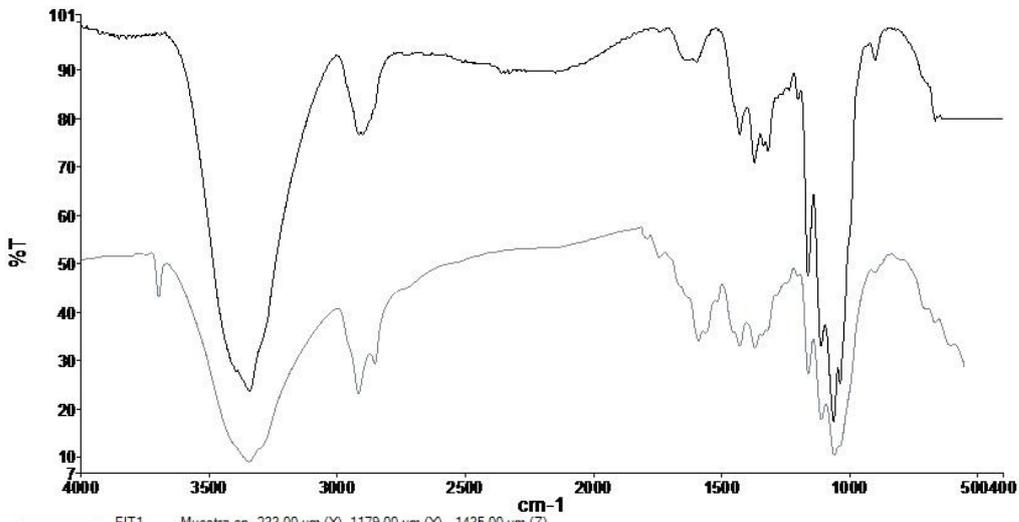


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIR	Superposición	0.783559	DA3168	AVTEX FIBER /AVRIL (RAYON) WH STAPLE SEMI-DULL 10-17U NBS-A0095



Analista
Fecha

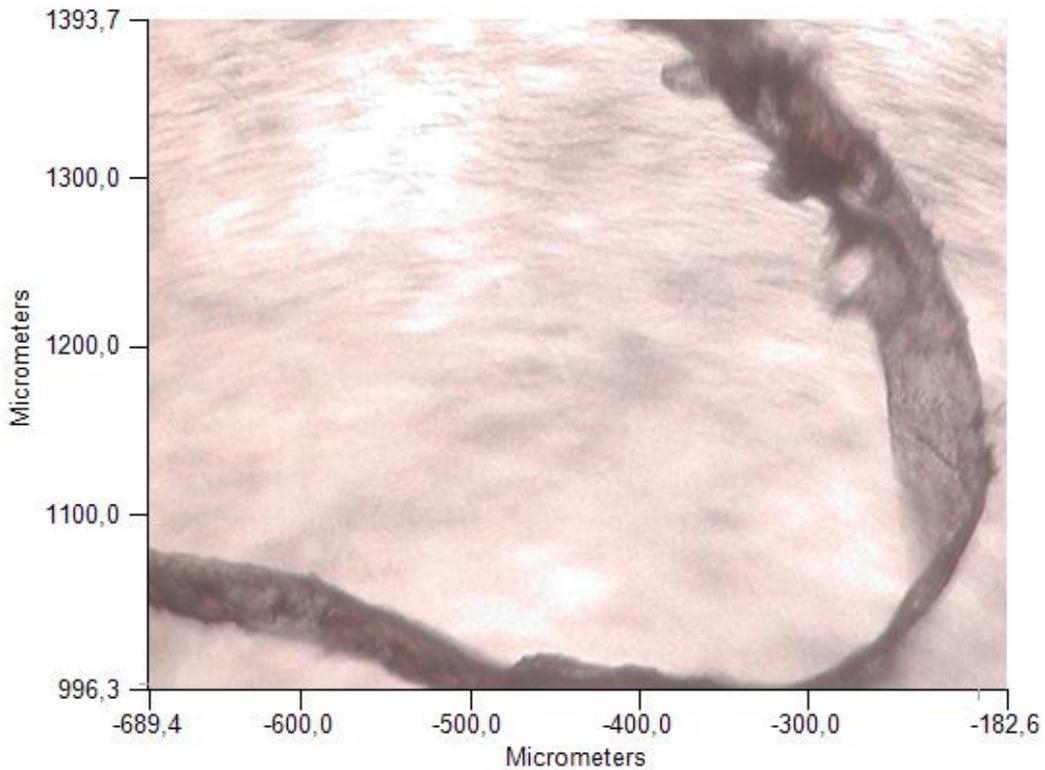
Administrator
miércoles, 13 de diciembre de 2023 12:21

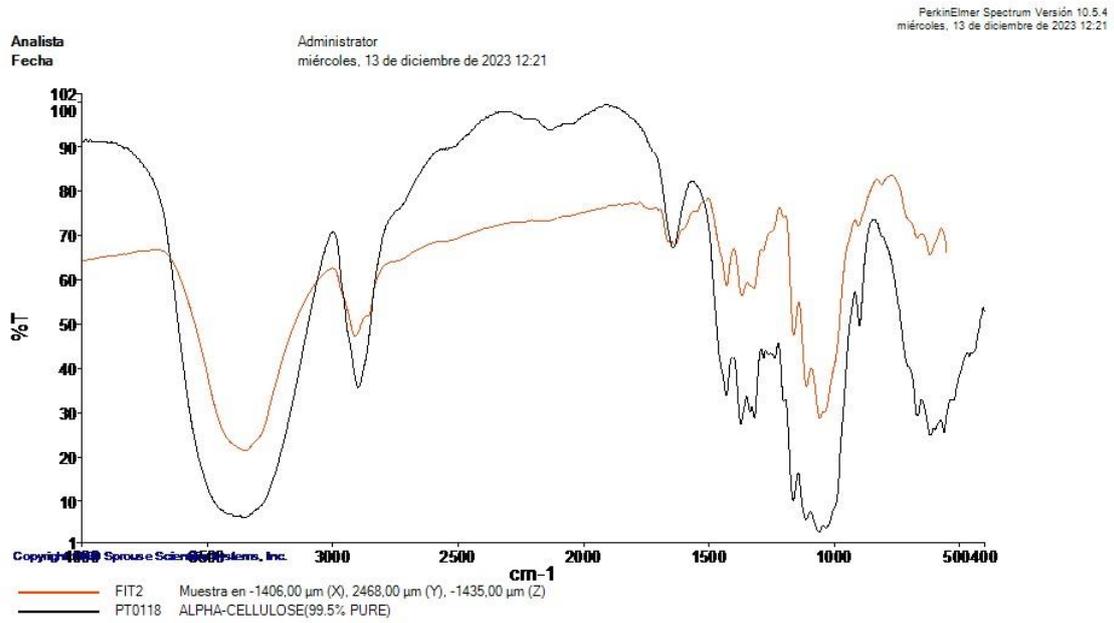


— FIT1 Muestra en -233.00 μm (X), 1179.00 μm (Y), -1435.00 μm (Z)
- - - FB0051 NATURAL [COTTON]

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIT1	Superposición	0,875285	FB0051	NATURAL [COTTON]

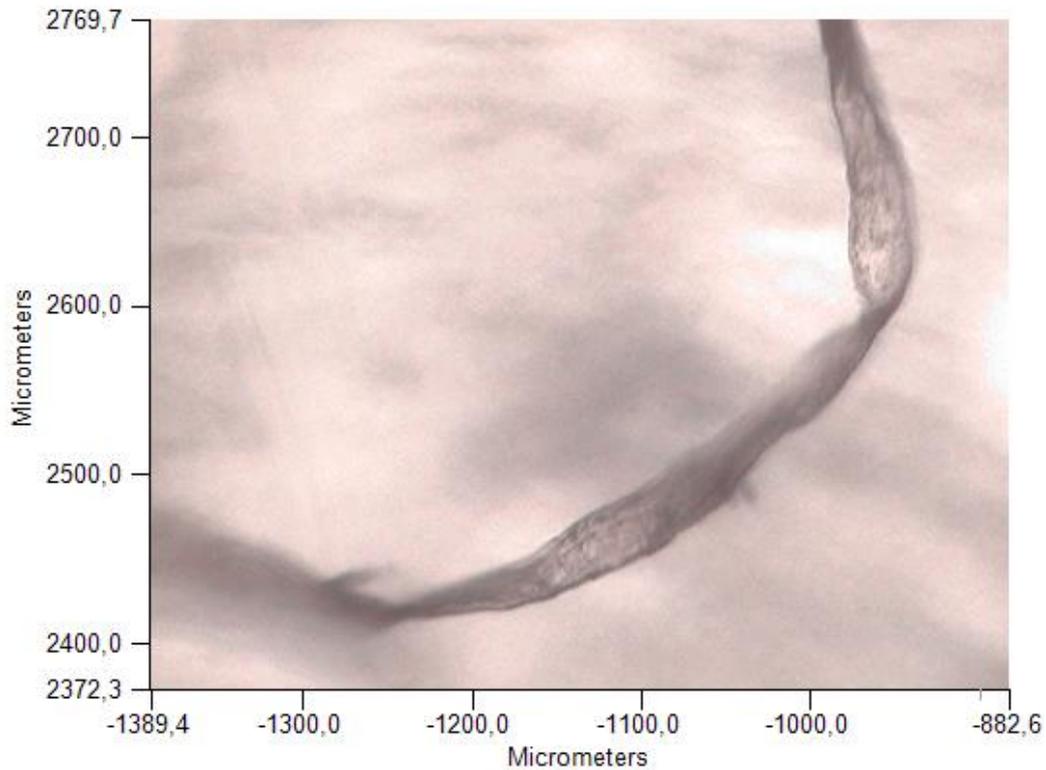
Página 1





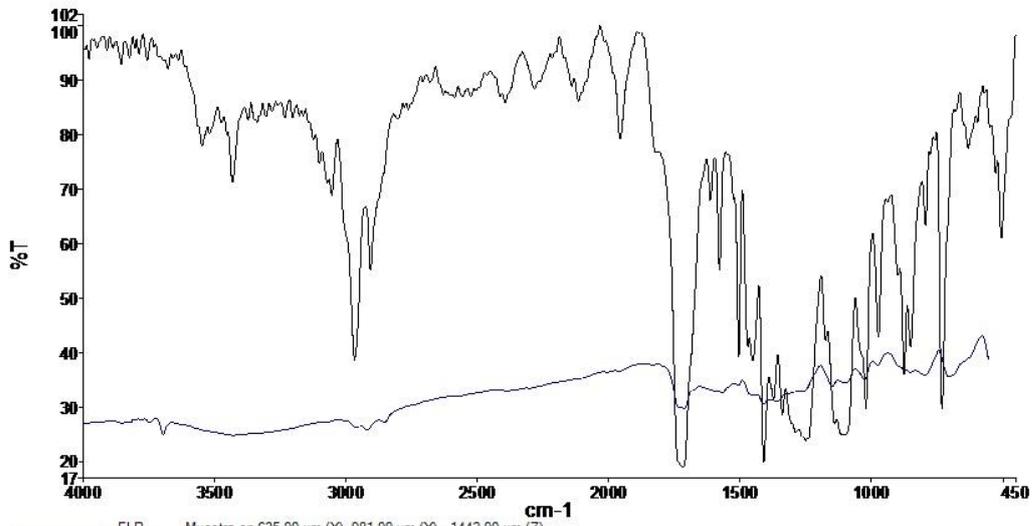
PerkinElmer Spectrum Versión 10.5.4
miércoles, 13 de diciembre de 2023 12:21

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIT2	Superposición	0,922024	PT0118	ALPHA-CELLULOSE(99.5% PURE)



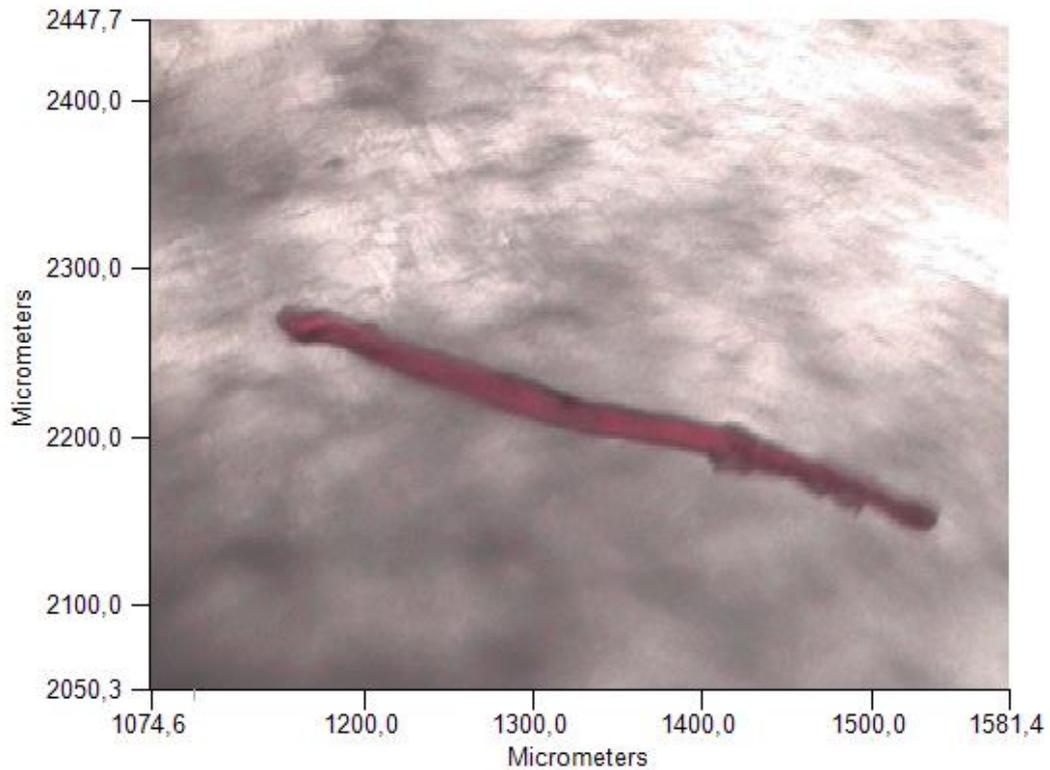
Analista
Fecha

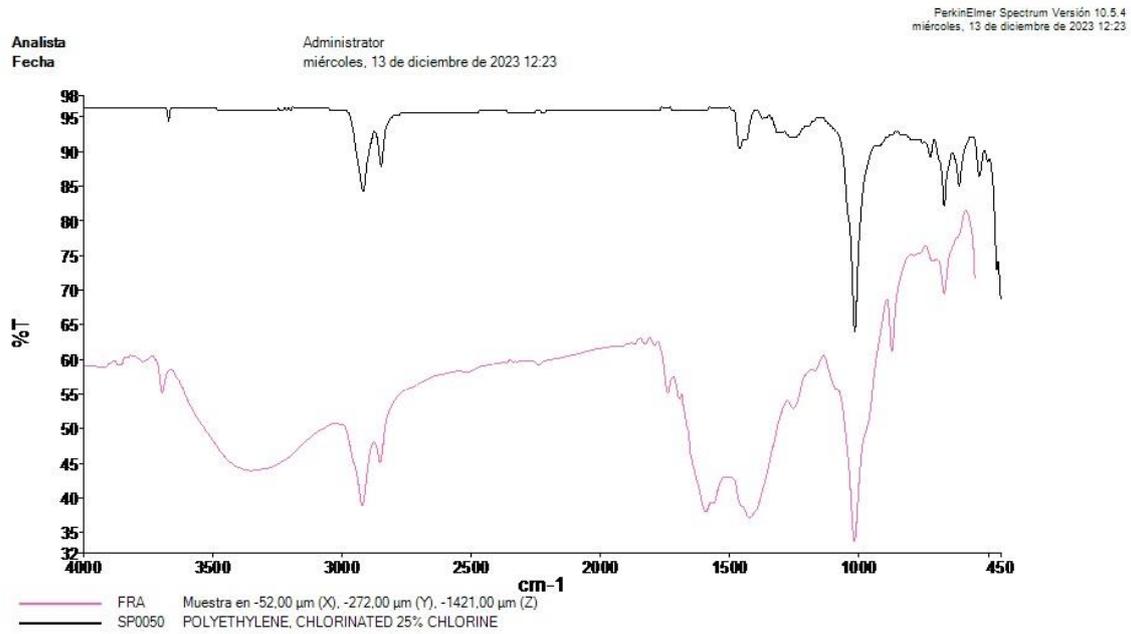
Administrator
miércoles, 13 de diciembre de 2023 12:22



— FLR Muestra en 635,00 μm (X), 981,00 μm (Y), -1442,00 μm (Z)
- - - DA3131 HOECHST FIBERS/ TREVIRA (POLYESTER) WH STAPLE 17U NBS-A0049

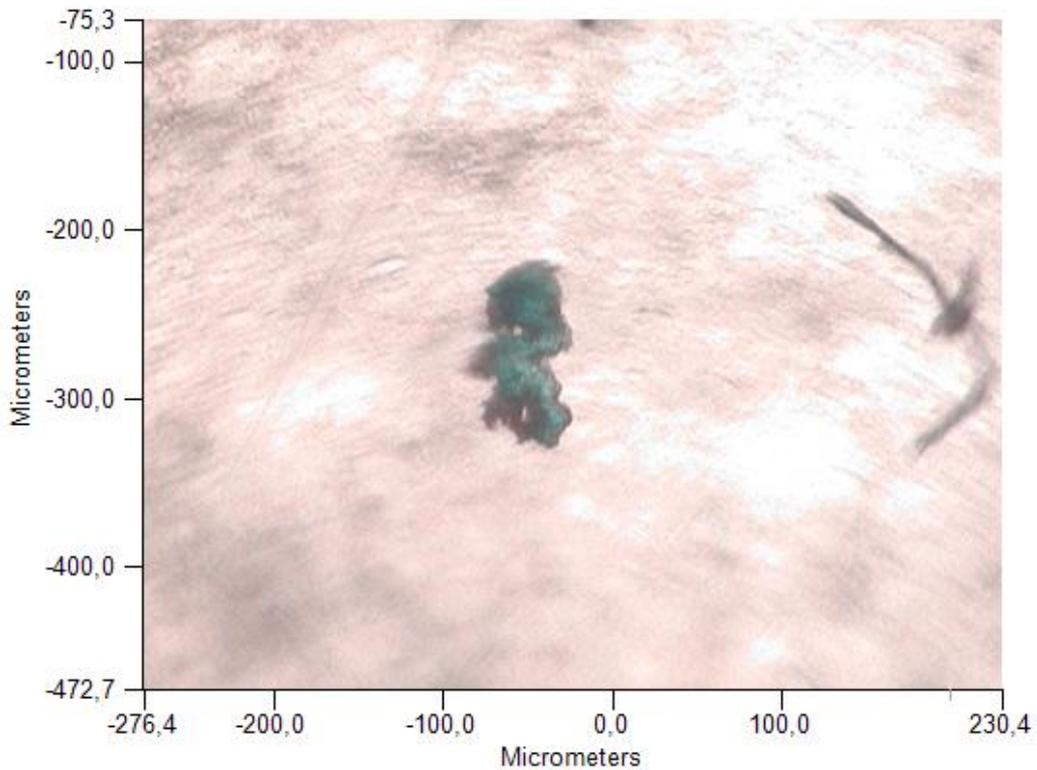
Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FLR	Superposición	0,583683	DA3131	HOECHST FIBERS/ TREVIRA (POLYESTER) WH STAPLE 17U NBS-A0049





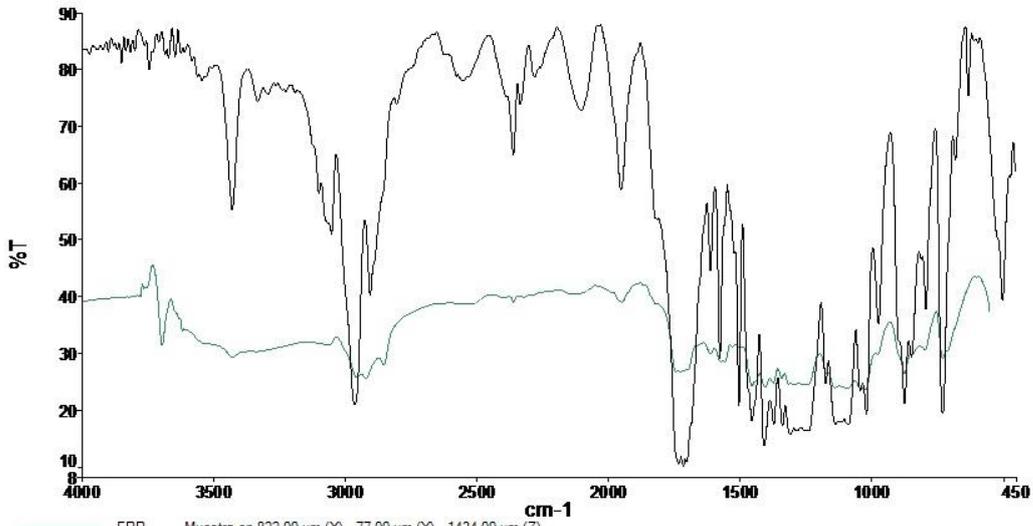
PerkinElmer Spectrum Versión 10.5.4
miércoles, 13 de diciembre de 2023 12:23

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FRA	Superposición	0,787538	SP0050	POLYETHYLENE, CHLORINATED 25% CHLORINE



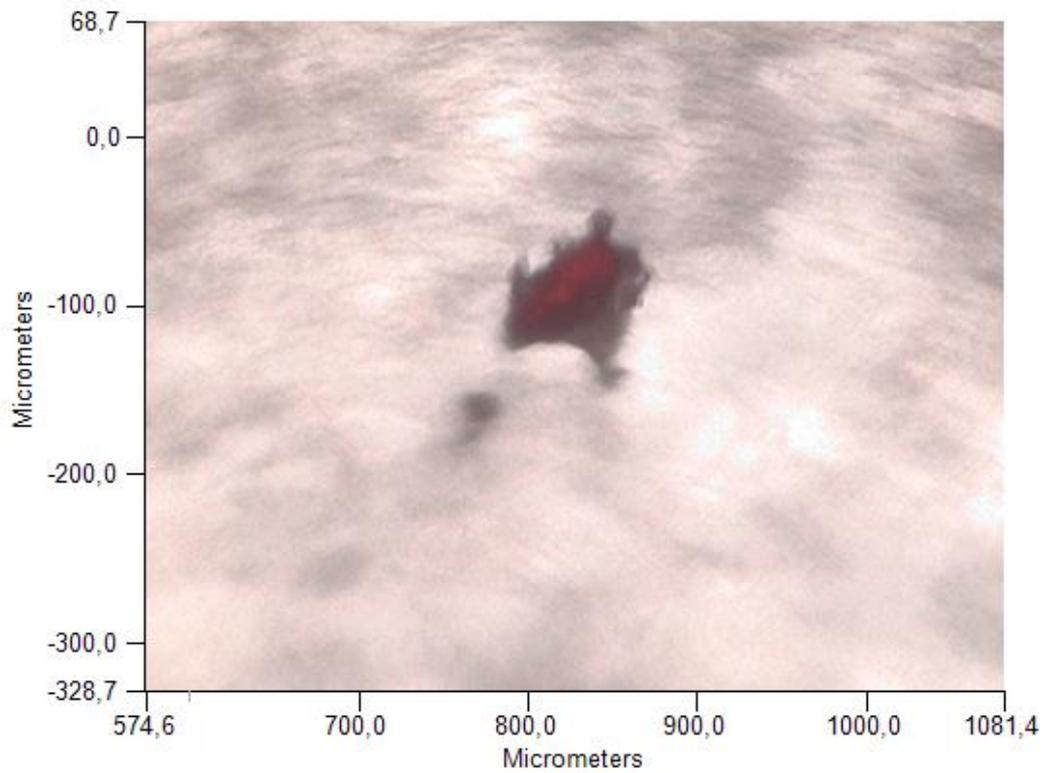
Analista
Fecha

Administrator
miércoles, 13 de diciembre de 2023 12:24



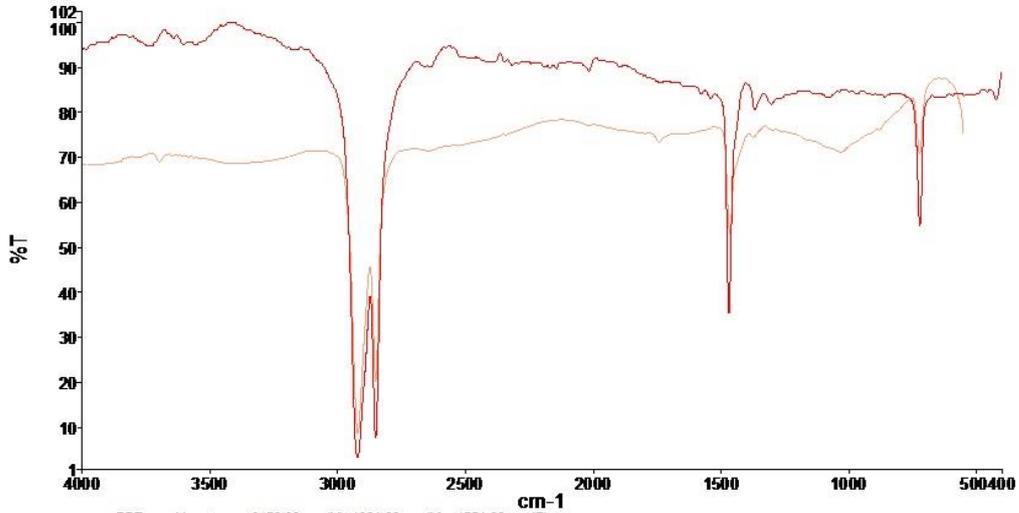
— FRR Muestra en 822,00 μm (X), -77,00 μm (Y), -1434,00 μm (Z)
— DA3313 CELANESE/POLYESTER(FORTREL)/WH FIL 23.4U 150DEN 33FILS/NBS-A0285

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FRR	Superposición	0,712823	DA3313	CELANESE/POLYESTER (FORTREL)/WH FIL 23.4U 150DEN 33FILS/NBS-A0285



Analista
Fecha

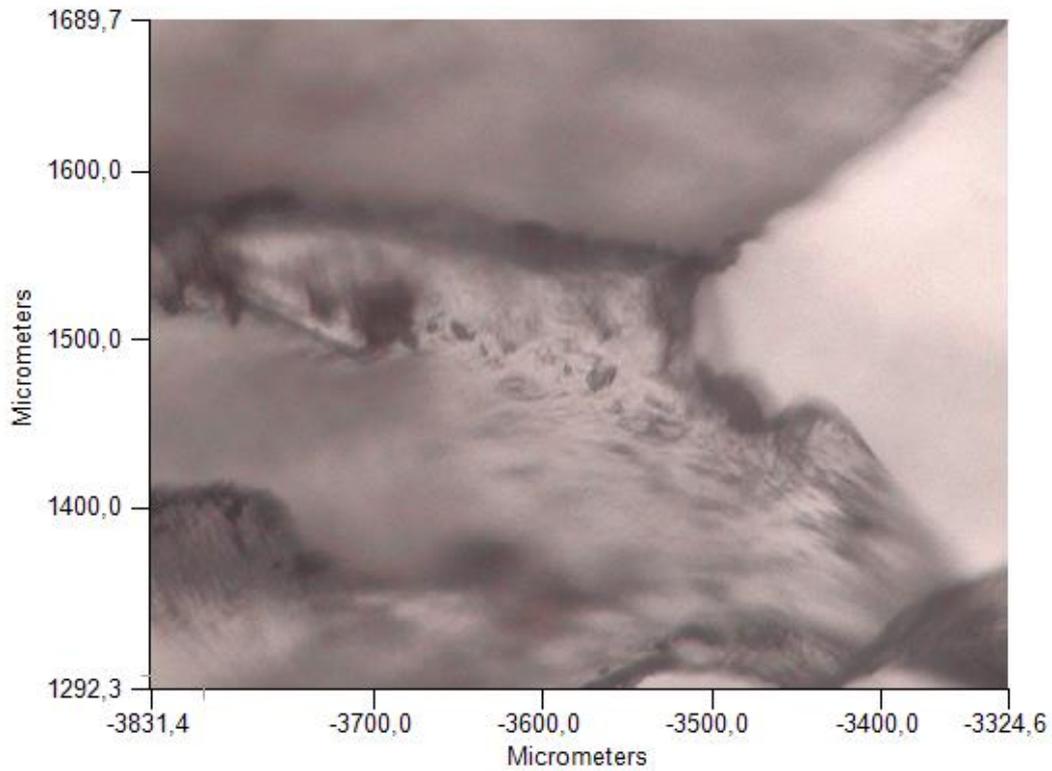
Administrator
miércoles, 13 de diciembre de 2023 12:25



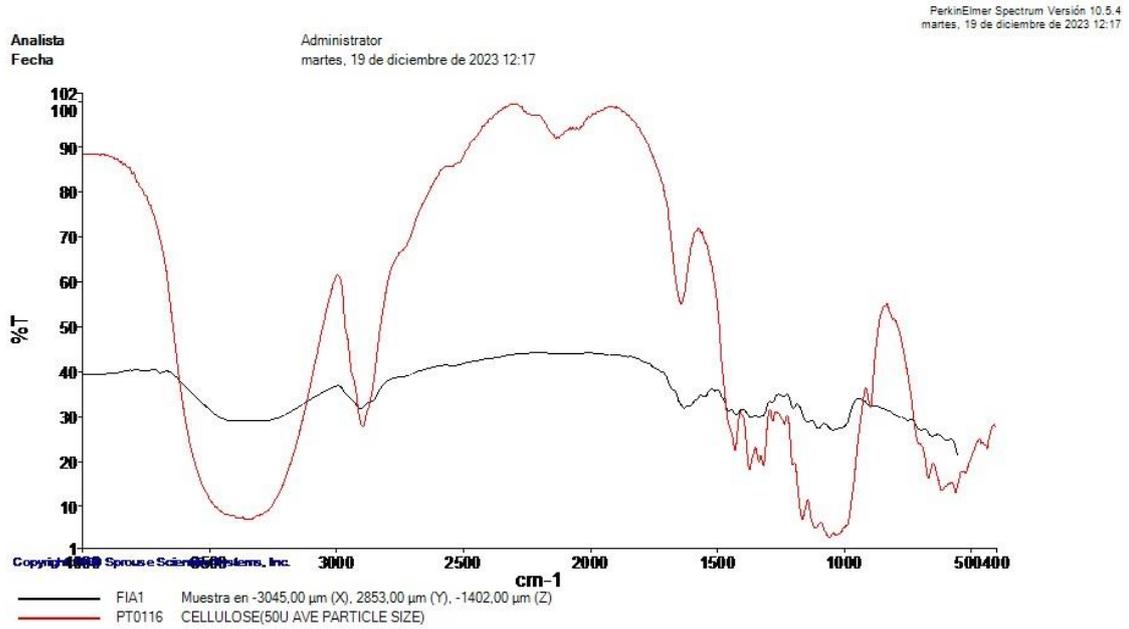
— FRT Muestra en -3453,00 μm (X), 1381,00 μm (Y), -1551,00 μm (Z)
— FI0078 CTA 87 A0451 POLYETHYLENE

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FRT	Superposición	0,975331	FI0078	CTA 87 A0451 POLYETHYLENE

Página 1

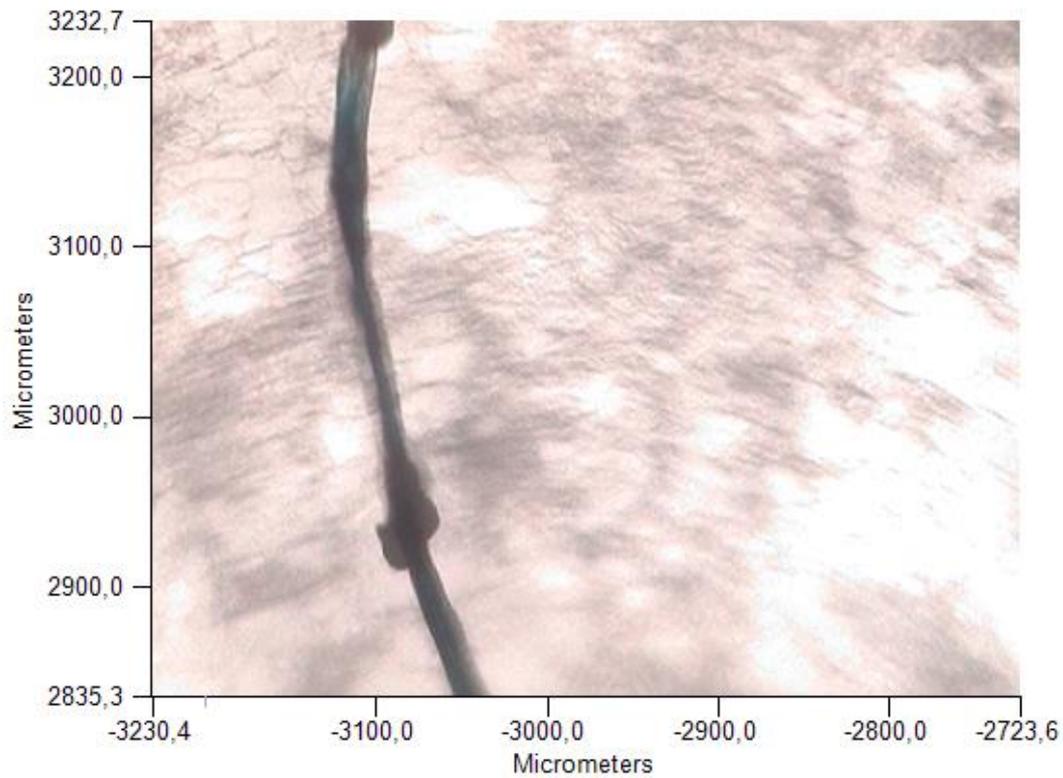


Microplásticos analizados de la merluza del Cantábrico



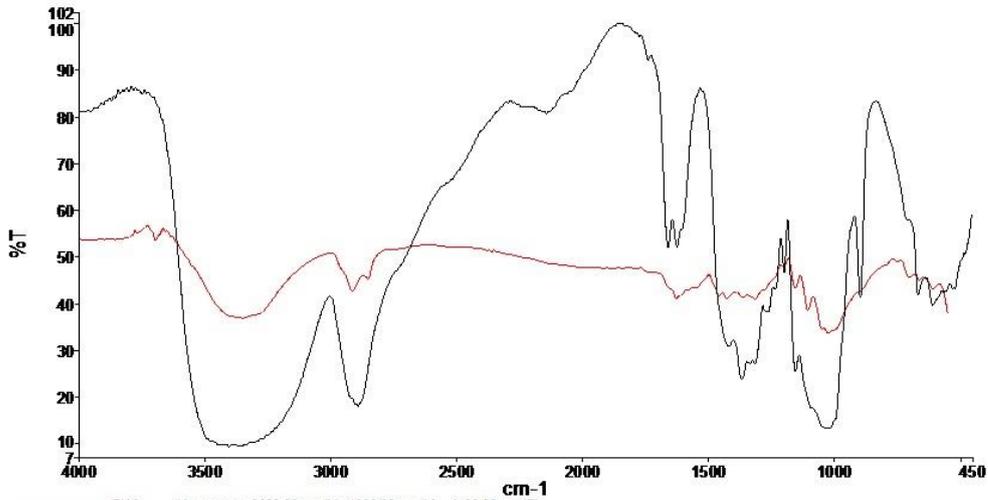
PerkinElmer Spectrum Versión 10.5.4
martes, 19 de diciembre de 2023 12:17

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIA1	Superposición	0,820081	PT0116	CELLULOSE(50U AVE PARTICLE SIZE)



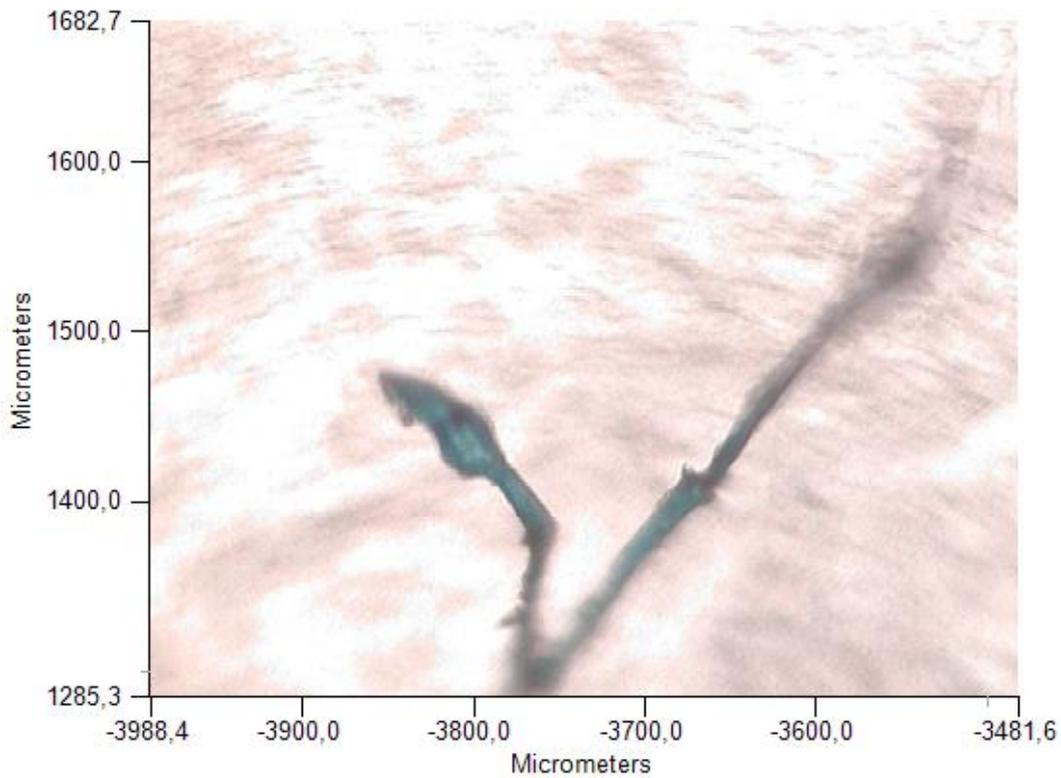
Analista
Fecha

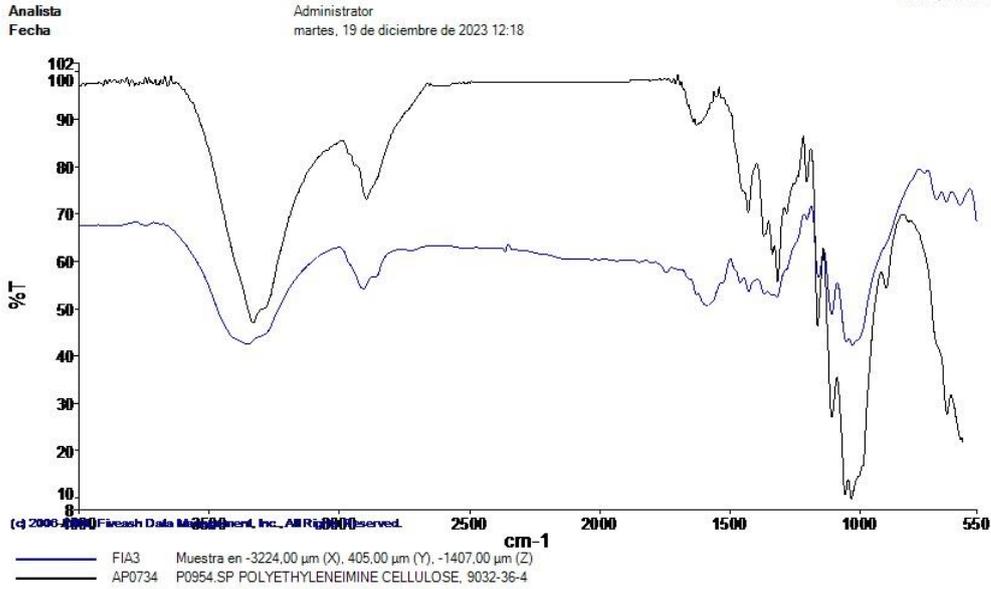
Administrador
martes, 19 de diciembre de 2023 12:18



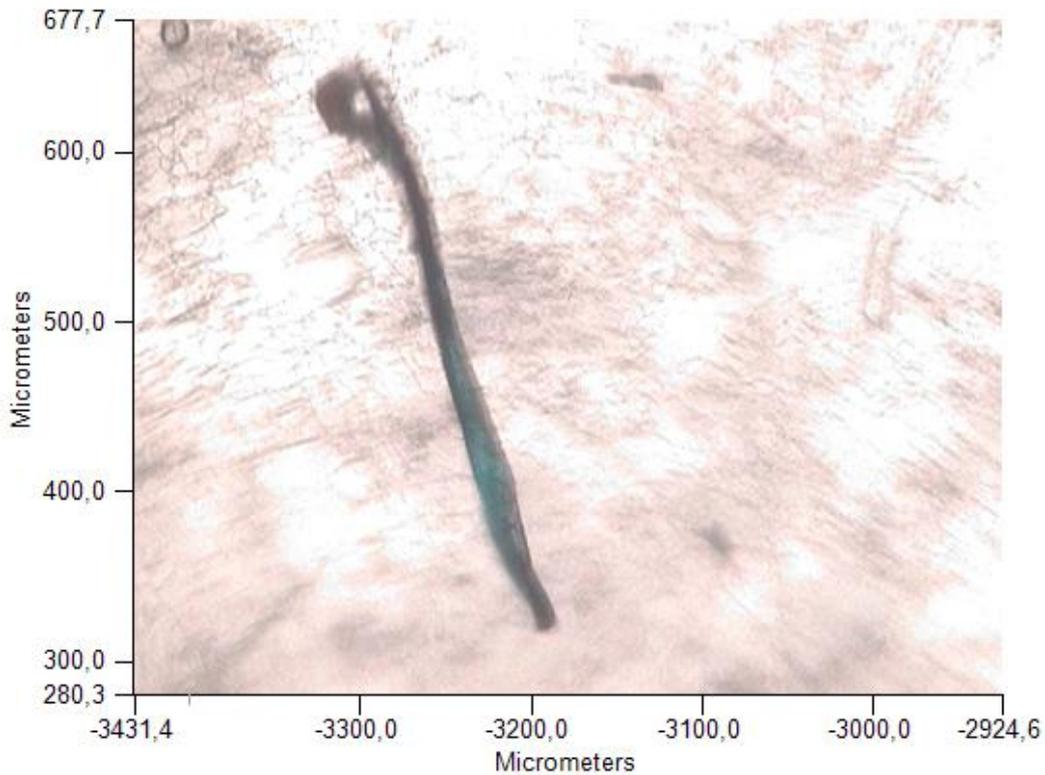
— FIA2 Muestra en -3683,00 μm (X), 1392,00 μm (Y), -1422,00 μm (Z)
— DA3342 COURTAULDS/RAYON(FIBRO)/WHSTAPLE13.5U1.5DEN SOAPFINISH/NBS-A0320

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIA2	Superposición	0,725127	DA3342	COURTAULDS/RAYON (FIBRO)/WHSTAPLE13.5U1.5DEN SOAPFINISH/NBS-A0320



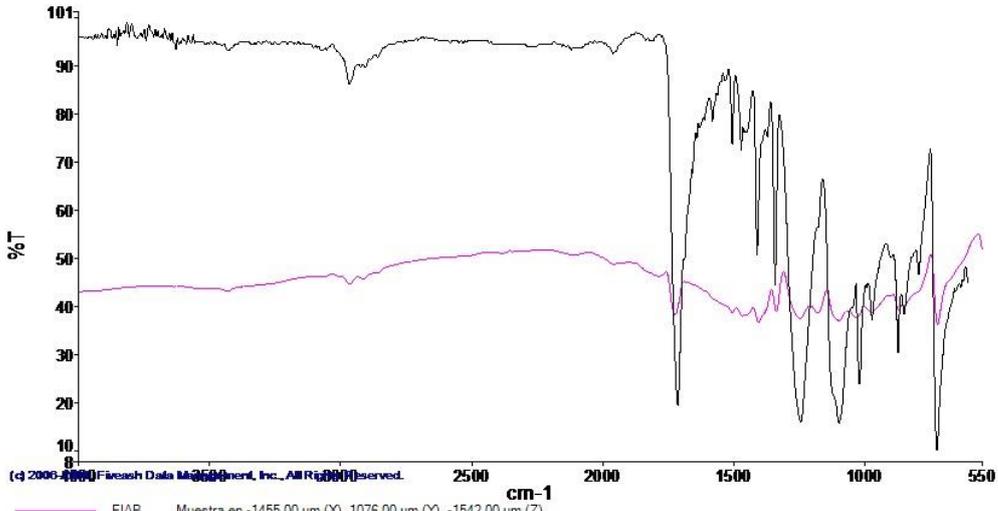


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIA3	Superposición	0,767515	AP0734	P0954.SP POLYETHYLENEIMINE CELLULOSE, 9032-36-4



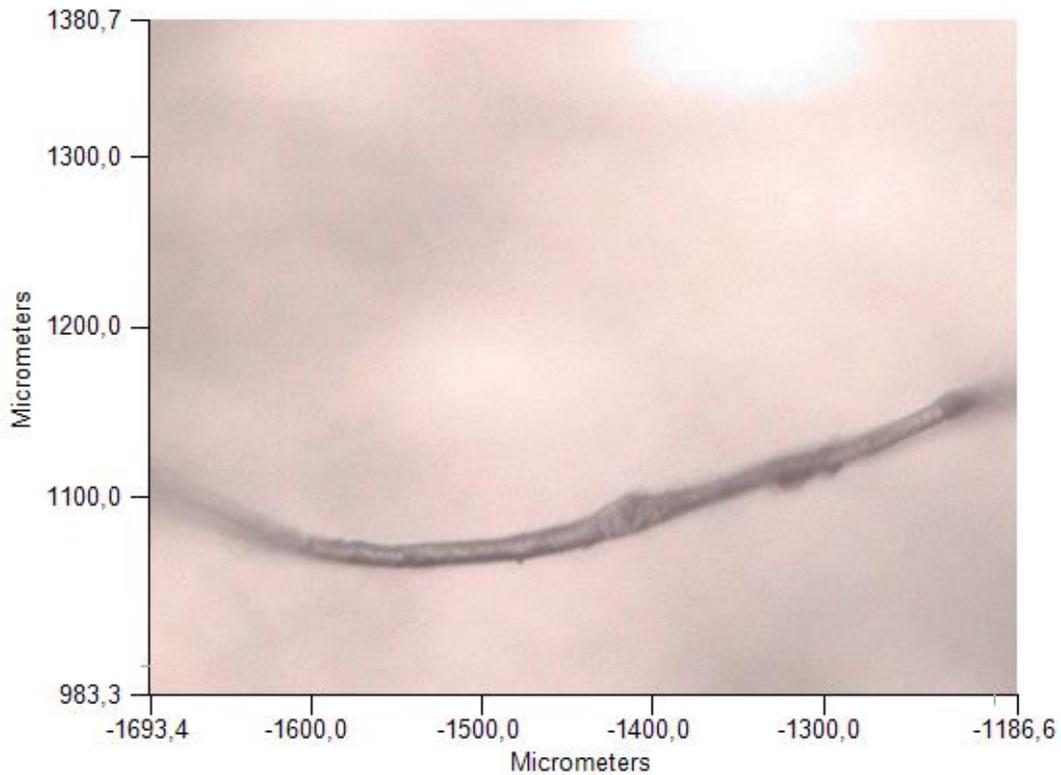
Analista
Fecha

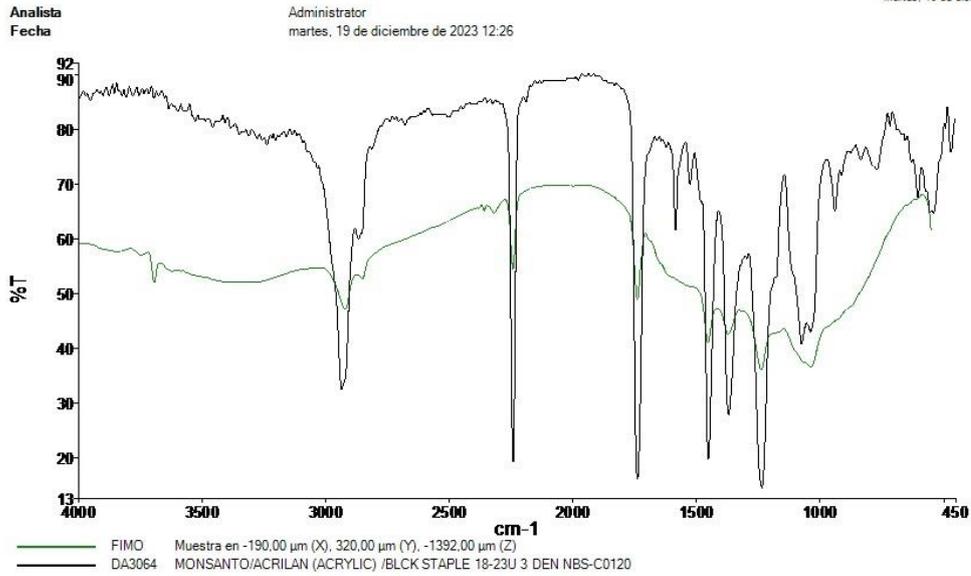
Administrator
martes, 19 de diciembre de 2023 12:25



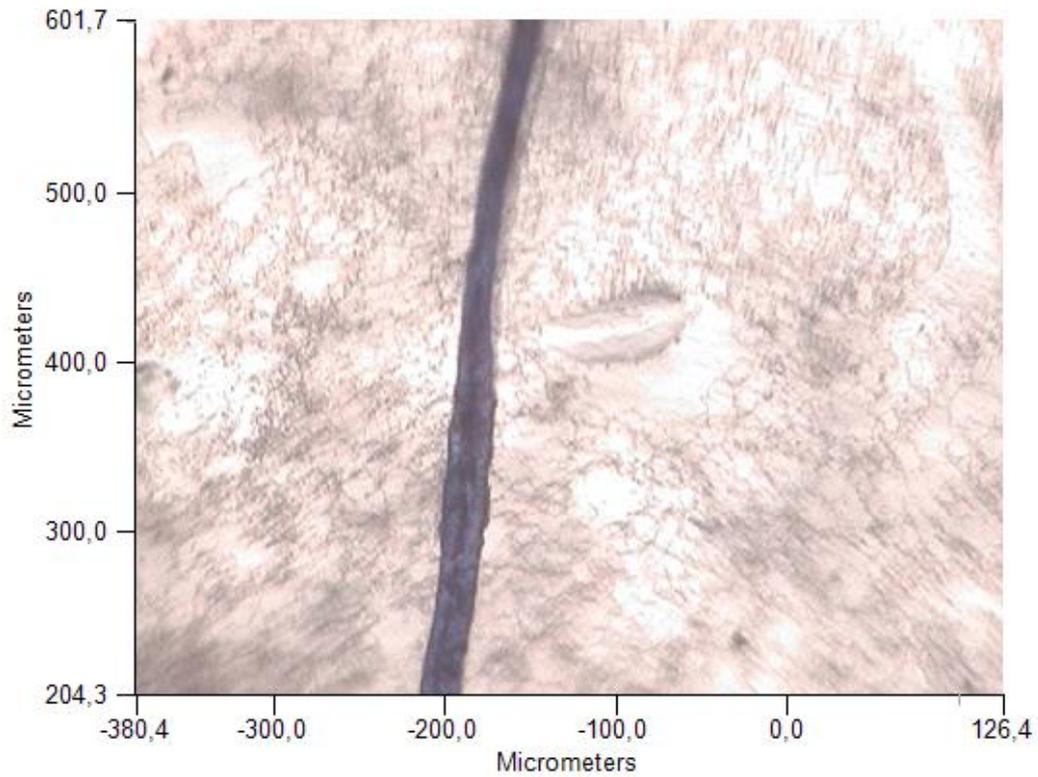
FIAB Muestra en -1455,00 μm (X), 1076,00 μm (Y), -1542,00 μm (Z)
AP0460 P0652.SP POLY(ETHYLENE TEREPHTHALATE), INHERENT VISCOSITY 0.7, TG=81, 2

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIAB	Superposición	0,747025	AP0460	P0652.SP POLY(ETHYLENE TEREPHTHALATE), INHERENT VISCOSITY 0.7, TG=81, 2

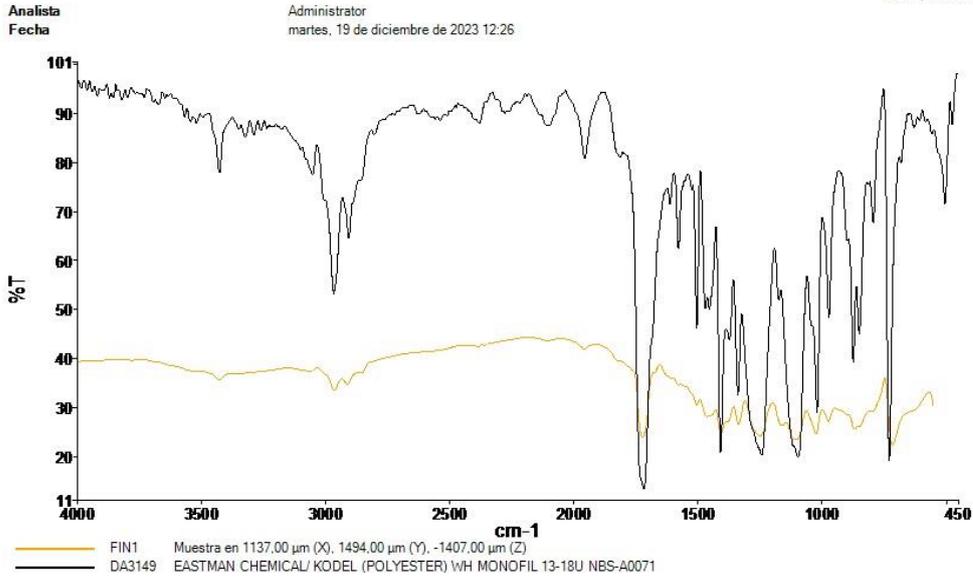




Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIMO	Superposición	0,936654	DA3064	MONSANTO/ACRILAN (ACRYLIC) /BLCK STAPLE 18-23U 3 DEN NBS-C0120

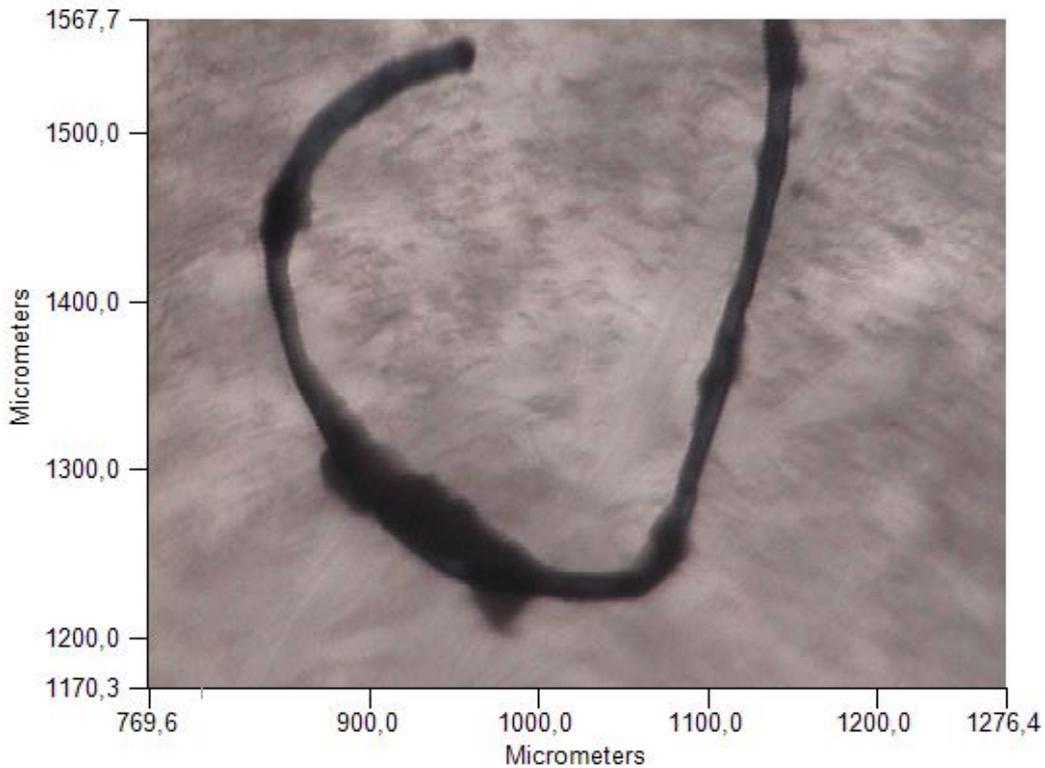


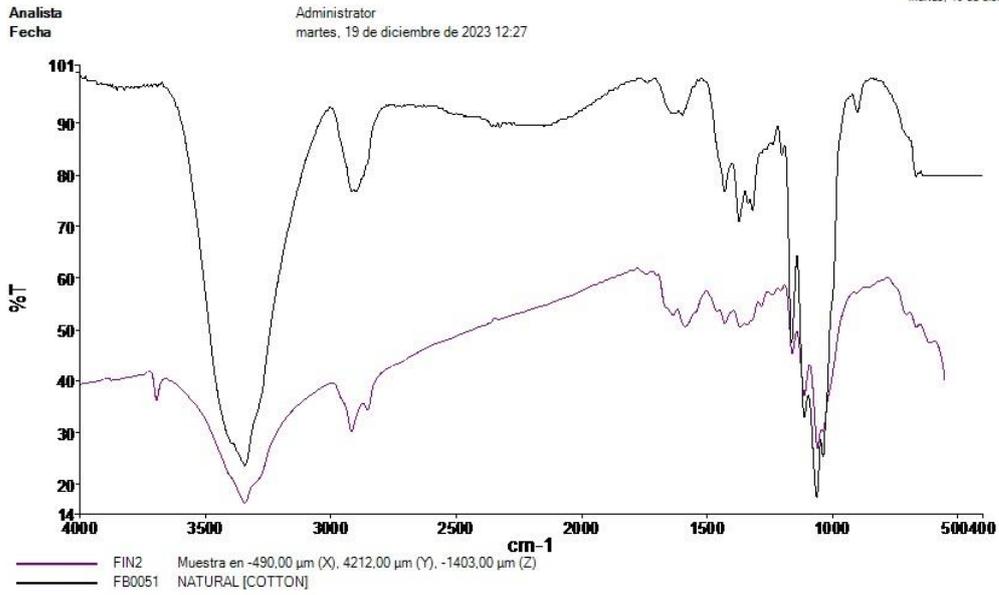
PerkinElmer Spectrum Versión 10.5.4
 martes, 19 de diciembre de 2023 12:26



PerkinElmer Spectrum Versión 10.5.4
 martes, 19 de diciembre de 2023 12:26

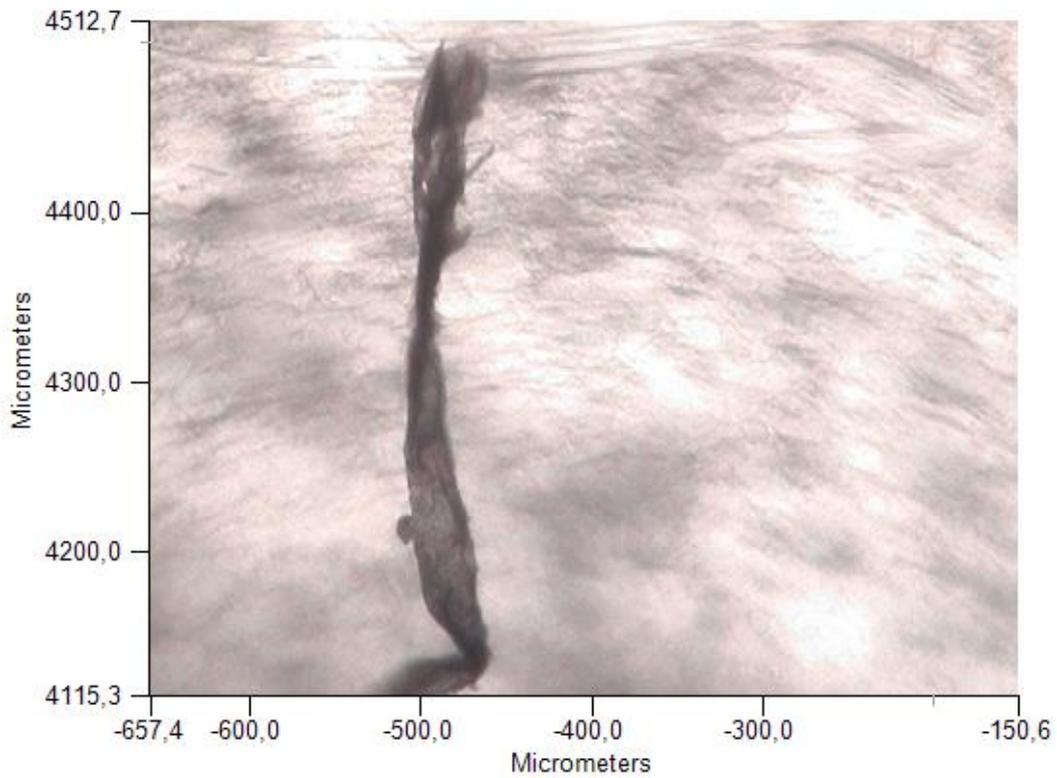
Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIN1	Superposición	0,803785	DA3149	EASTMAN CHEMICAL/ KODEL (POLYESTER) vH MONOFIL 13-18U NBS-A0071

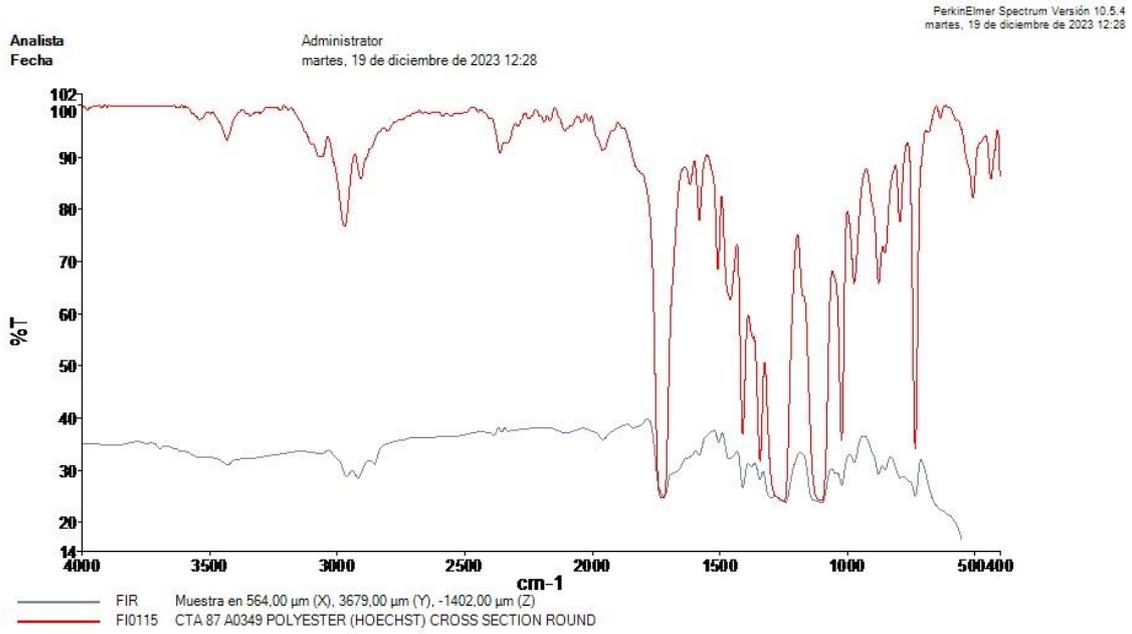




Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIN2	Superposición	0,825015	FB0051	NATURAL [COTTON]

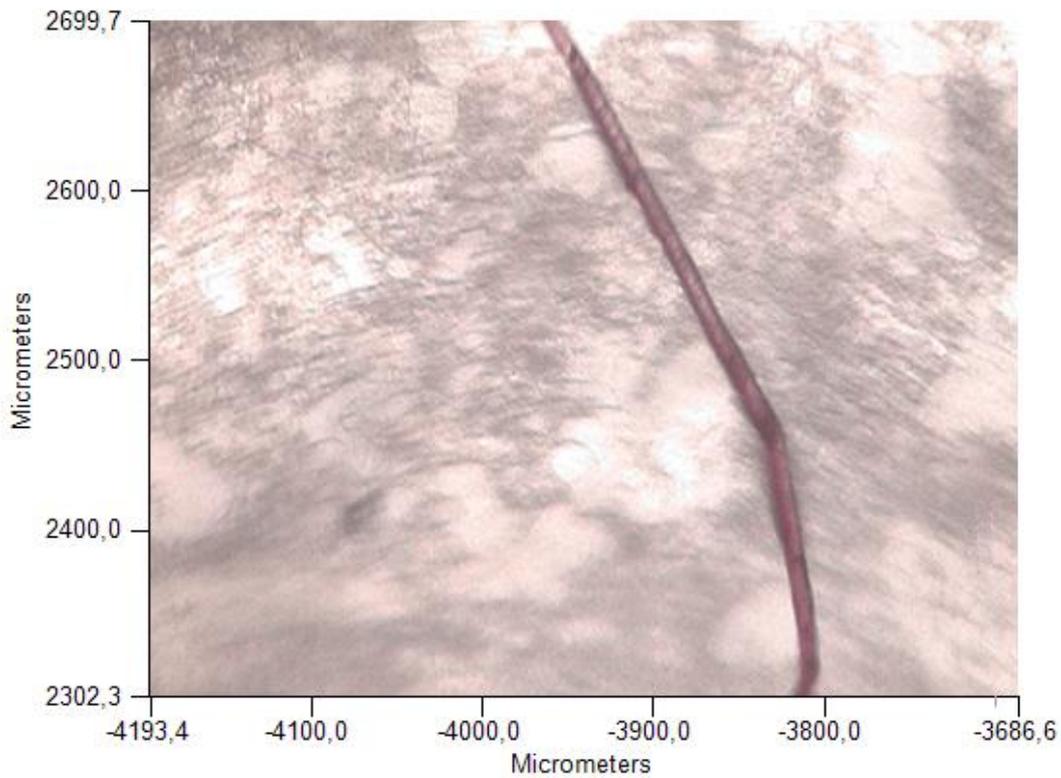
Página 1

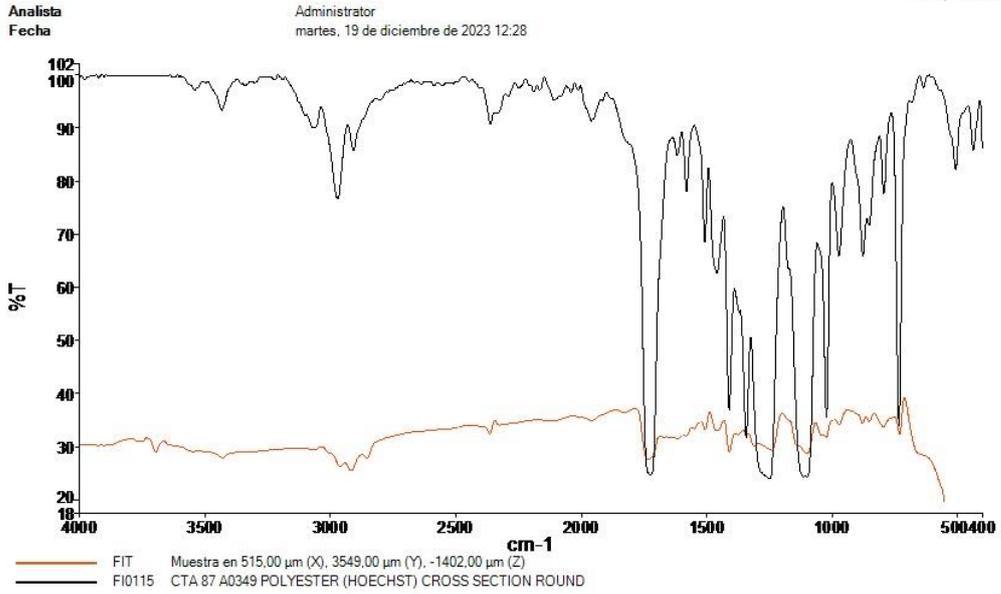




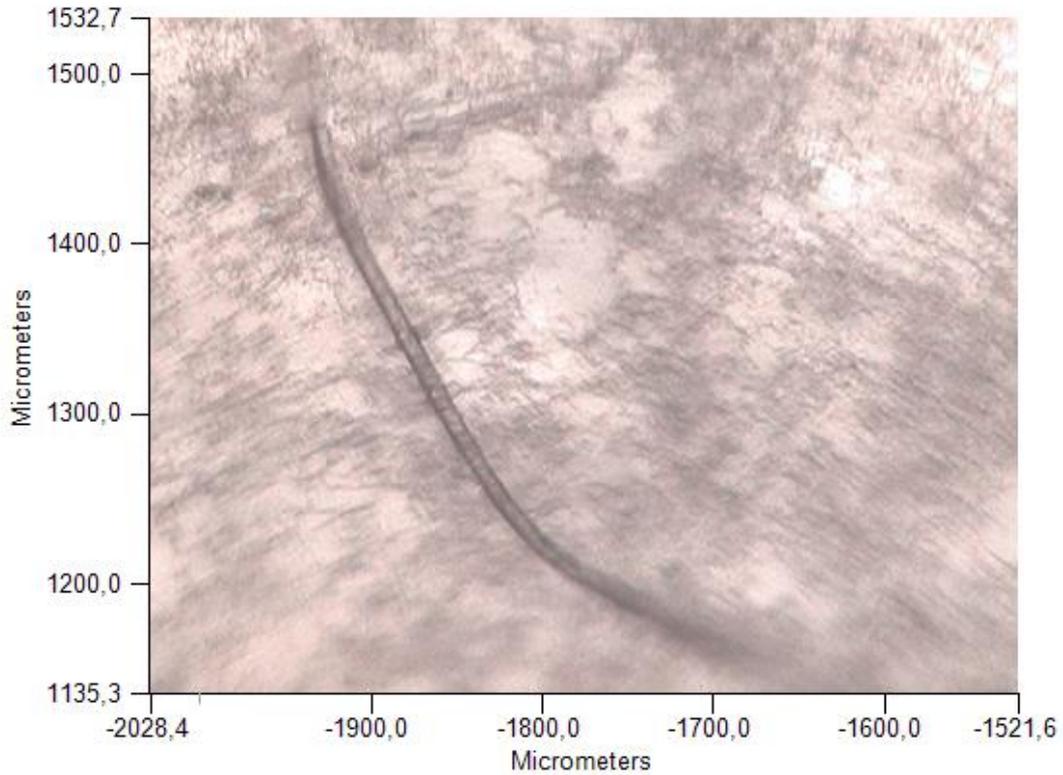
PerkinElmer Spectrum Versión 10.5.4
martes, 19 de diciembre de 2023 12:28

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIR	Superposición	0,82925	F10115	CTA 87 A0349 POLYESTER (HOECHST) CROSS SECTION ROUND



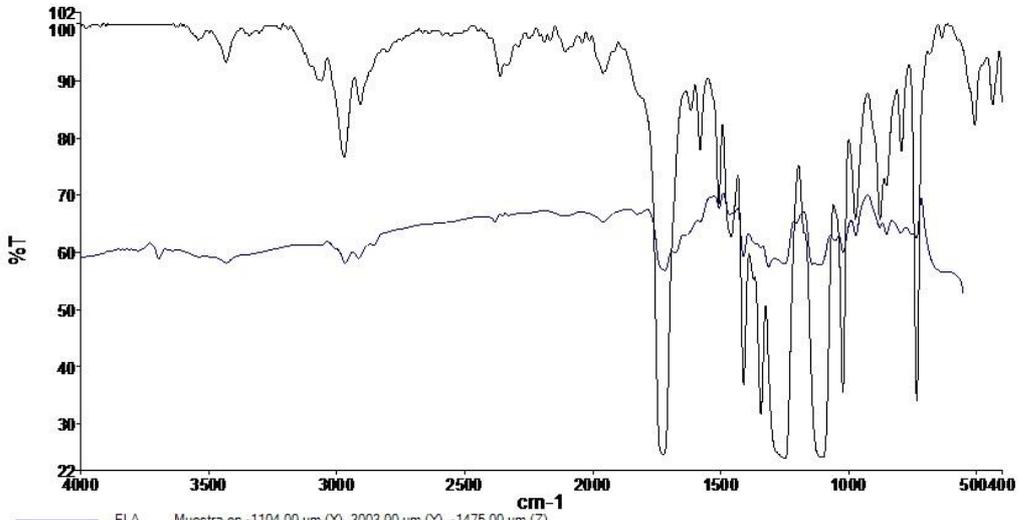


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIT	Superposición	0,751691	FI0115	CTA 87 A0349 POLYESTER (HOECHST) CROSS SECTION ROUND



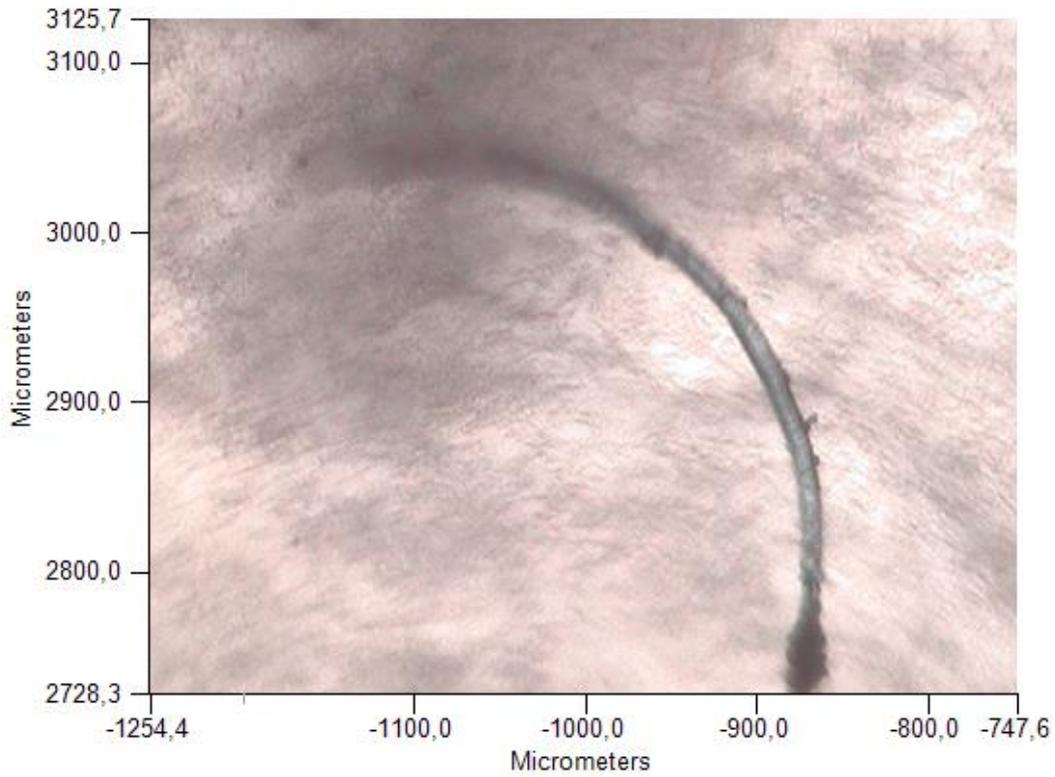
Analista
 Fecha

Administrator
 martes, 19 de diciembre de 2023 12:29



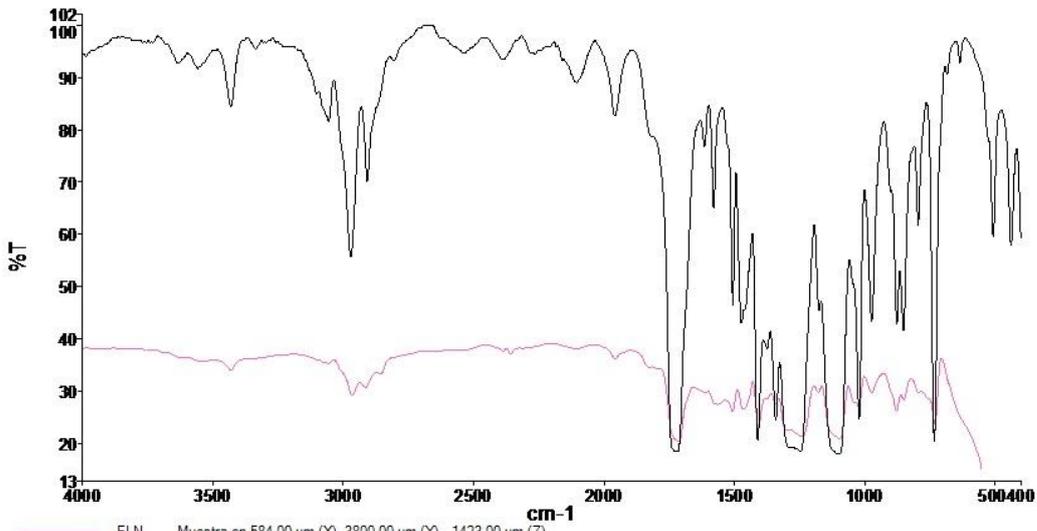
— FLA Muestra en -1104,00 μm (X), 3003,00 μm (Y), -1475,00 μm (Z)
 - - - FI0115 CTA 87 A0349 POLYESTER (HOECHST) CROSS SECTION ROUND

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FLA	Superposición	0,696225	FI0115	CTA 87 A0349 POLYESTER (HOECHST) CROSS SECTION ROUND



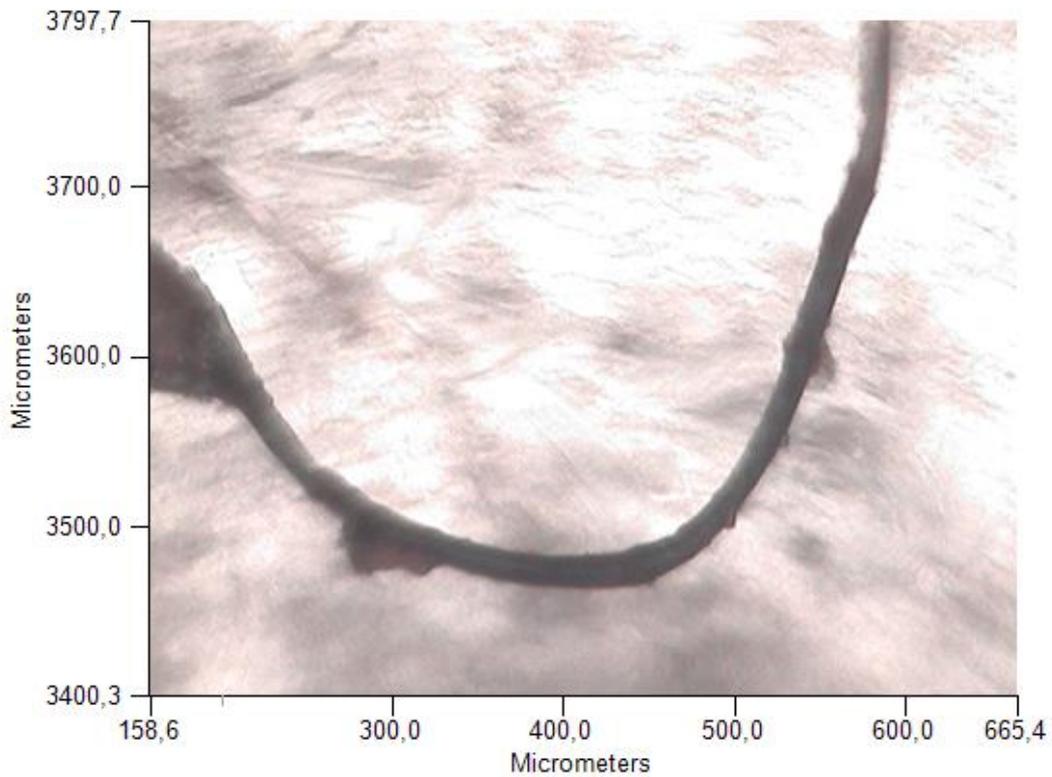
Analista
Fecha

Administrator
martes, 19 de diciembre de 2023 12:36



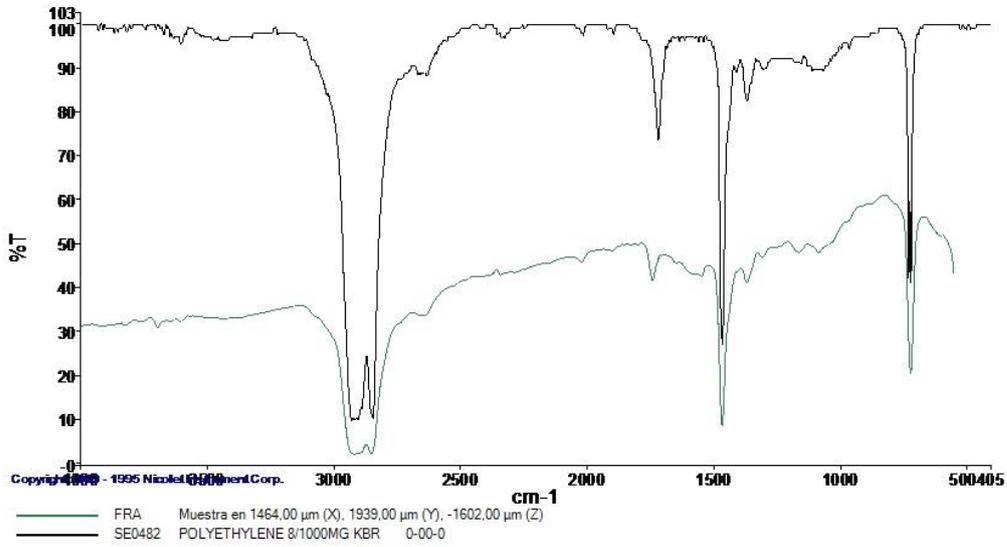
— FLN Muestra en 584,00 μm (X), 3800,00 μm (Y), -1423,00 μm (Z)
— FI0122 CTA 87 A0421 POLYESTER CROSS SECTION ROUND

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FLN	Superposición	0,875903	FI0122	CTA 87 A0421 POLYESTER CROSS SECTION ROUND

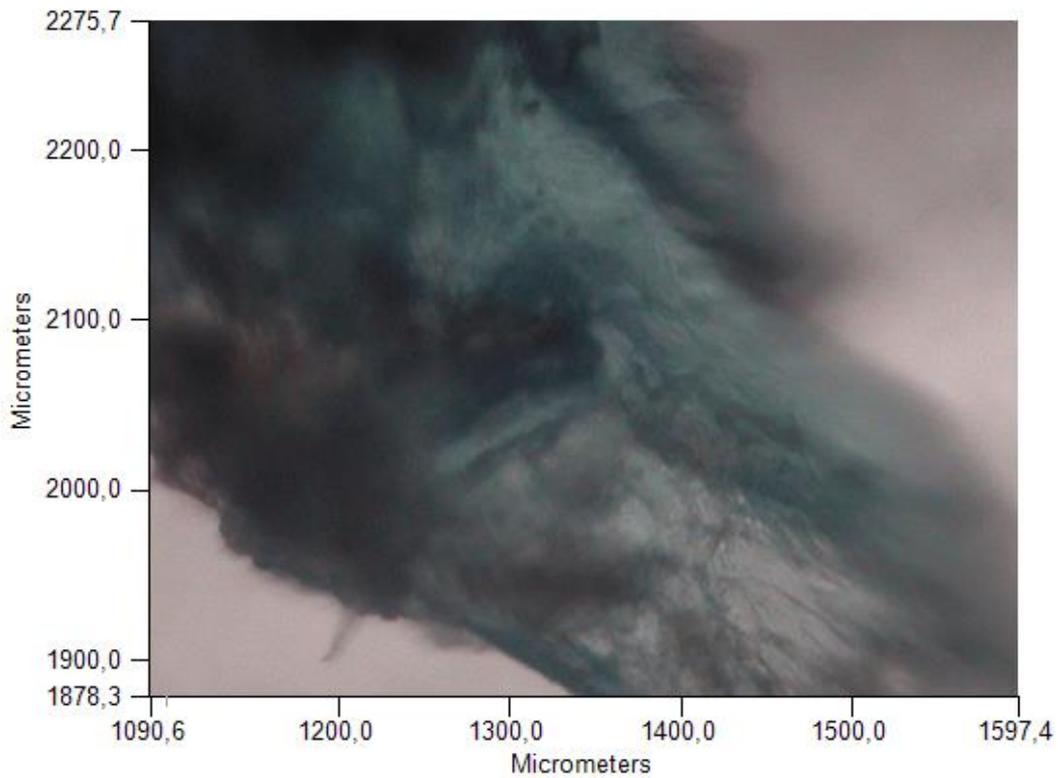


Analista
Fecha

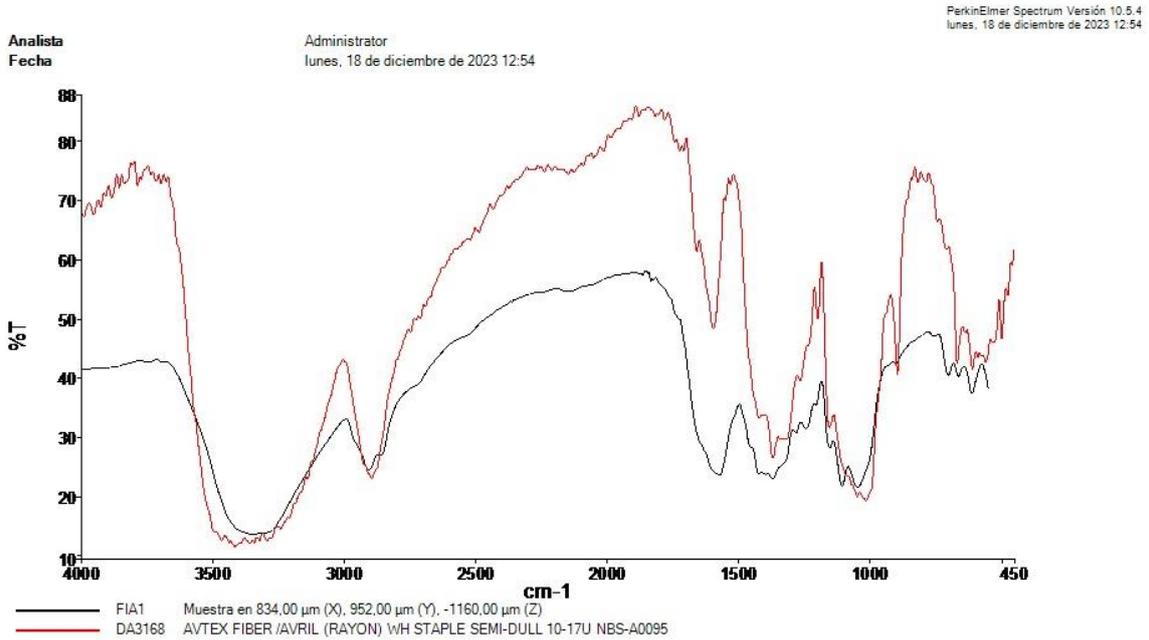
Administrator
martes, 19 de diciembre de 2023 12:37



Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FRA	Superposición	0,974821	SE0482	POLYETHYLENE 8/1000MG KBR 0-00-0

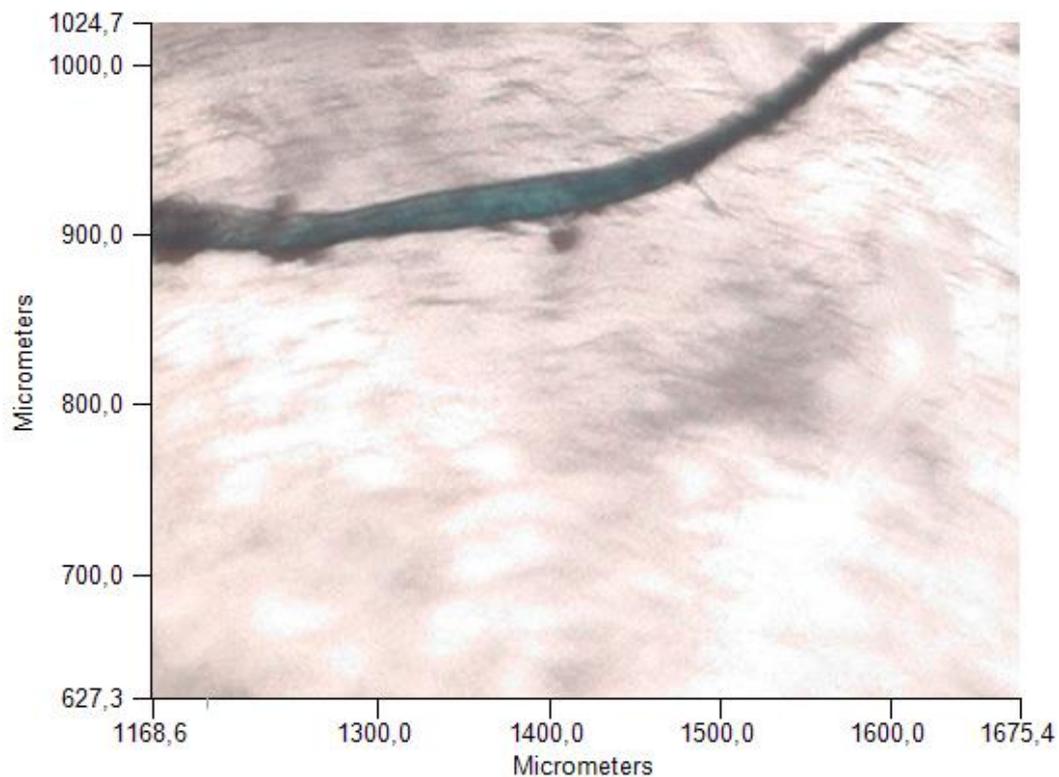


Microplásticos analizados del calamar del norte



PerkinElmer Spectrum Versión 10.5.4
lunes, 18 de diciembre de 2023 12:54

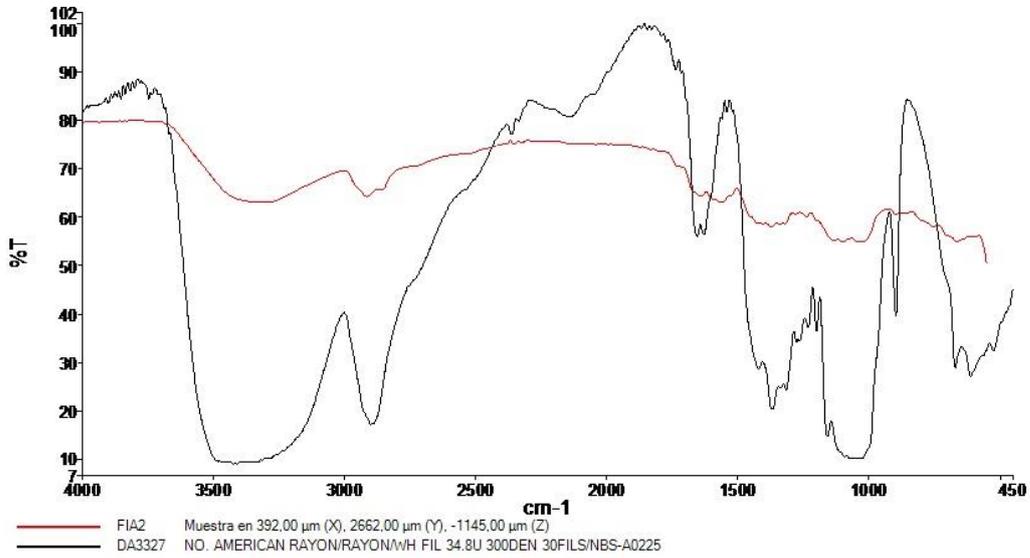
Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIA1	Superposición	0,741187	DA3168	AVTEX FIBER /AVRIL (RAYON) WH STAPLE SEMI-DULL 10-17U



PerkinElmer Spectrum Versión 10.5.4
lunes, 18 de diciembre de 2023 12:55

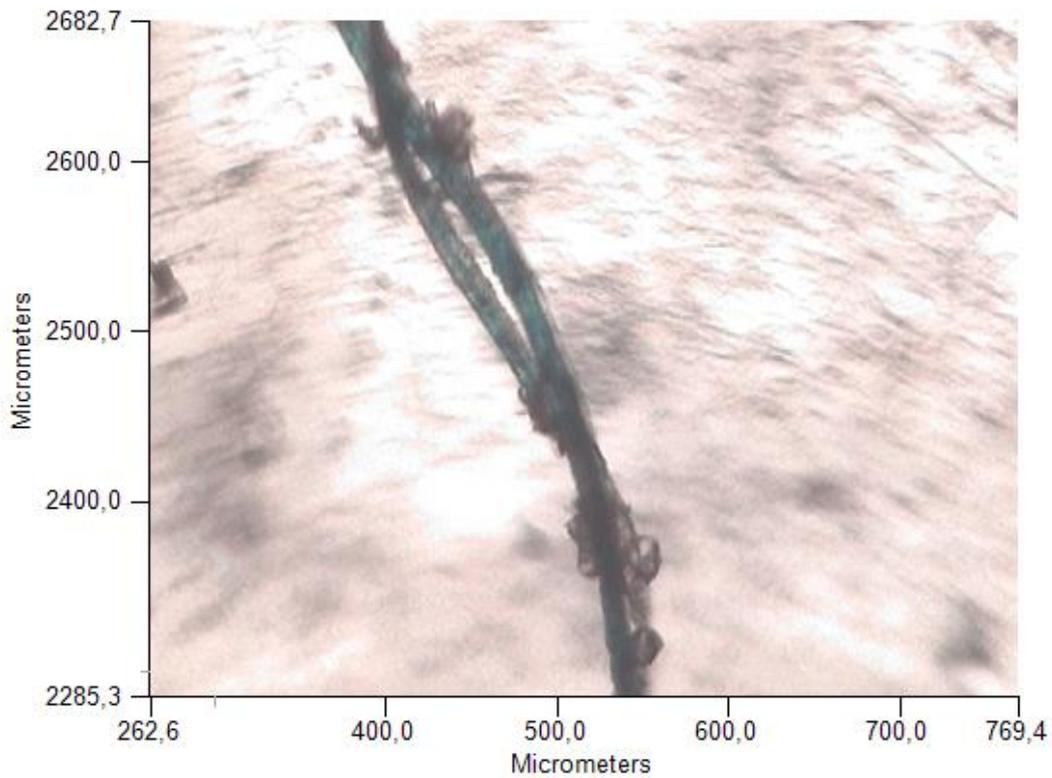
Analista
Fecha

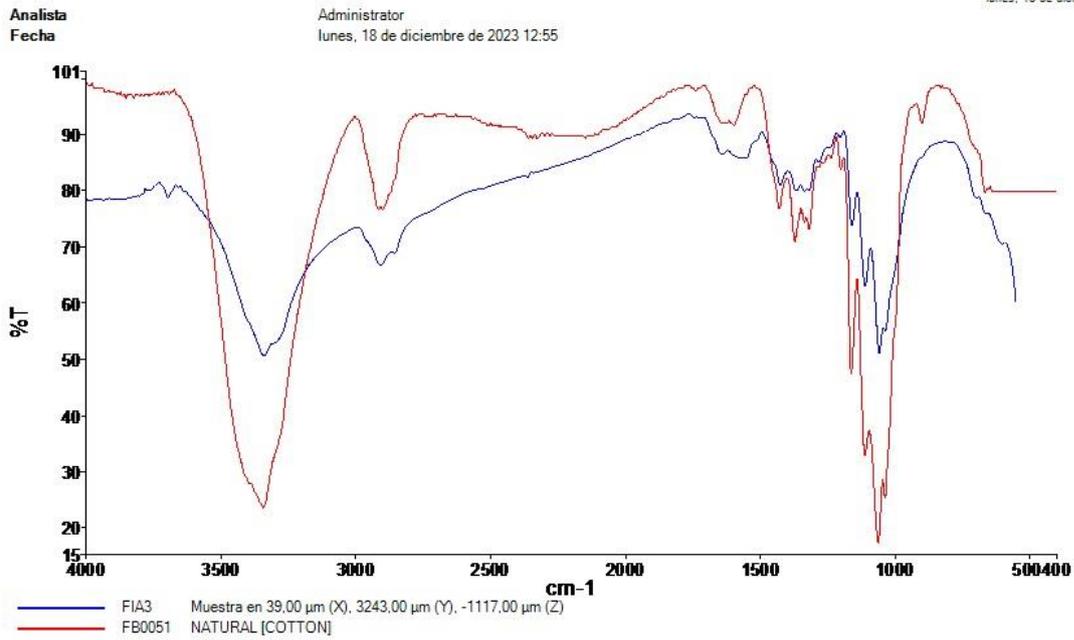
Administrator
lunes, 18 de diciembre de 2023 12:55



PerkinElmer Spectrum Versión 10.5.4
lunes, 18 de diciembre de 2023 12:55

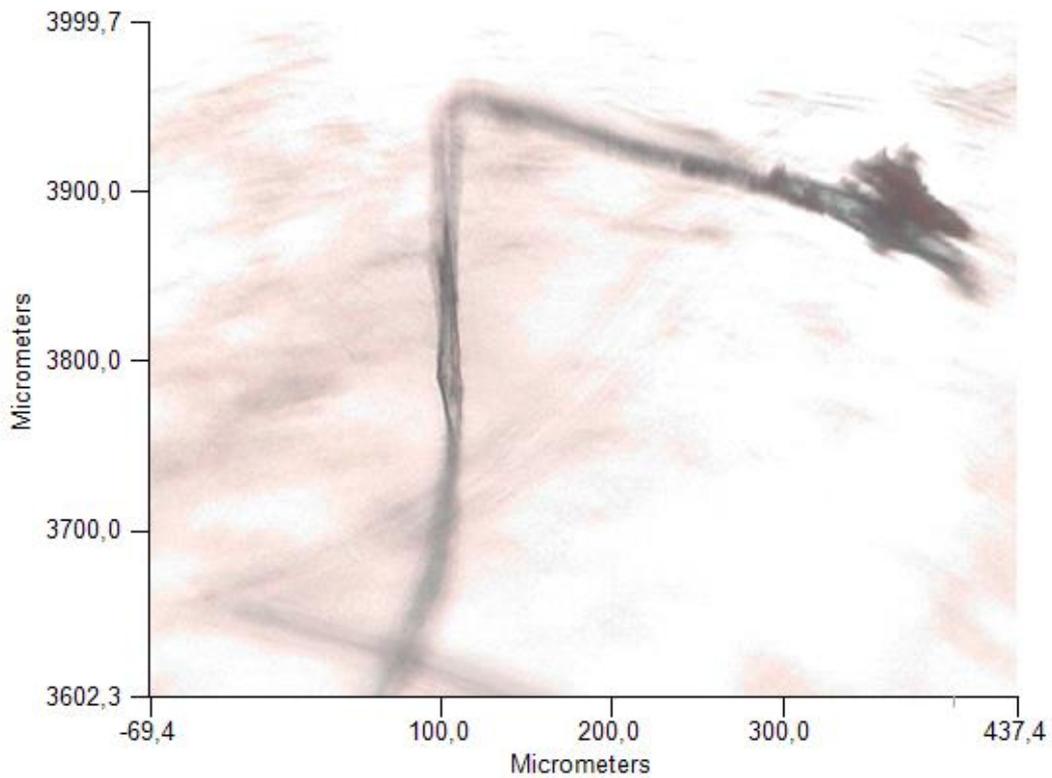
Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIA2	Superposición	0.761959	DA3327	NO. AMERICAN RAYON/RAYON/WH FIL 34.8U 300DEN 30FILS/NBS-A0225





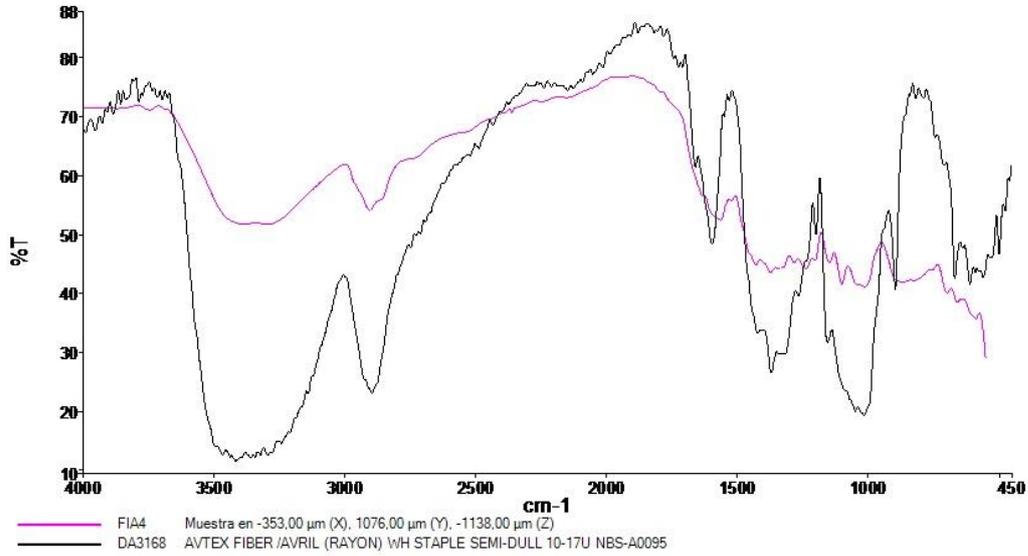
Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIA3	Superposición	0,854324	FB0051	NATURAL [COTTON]

Página 1

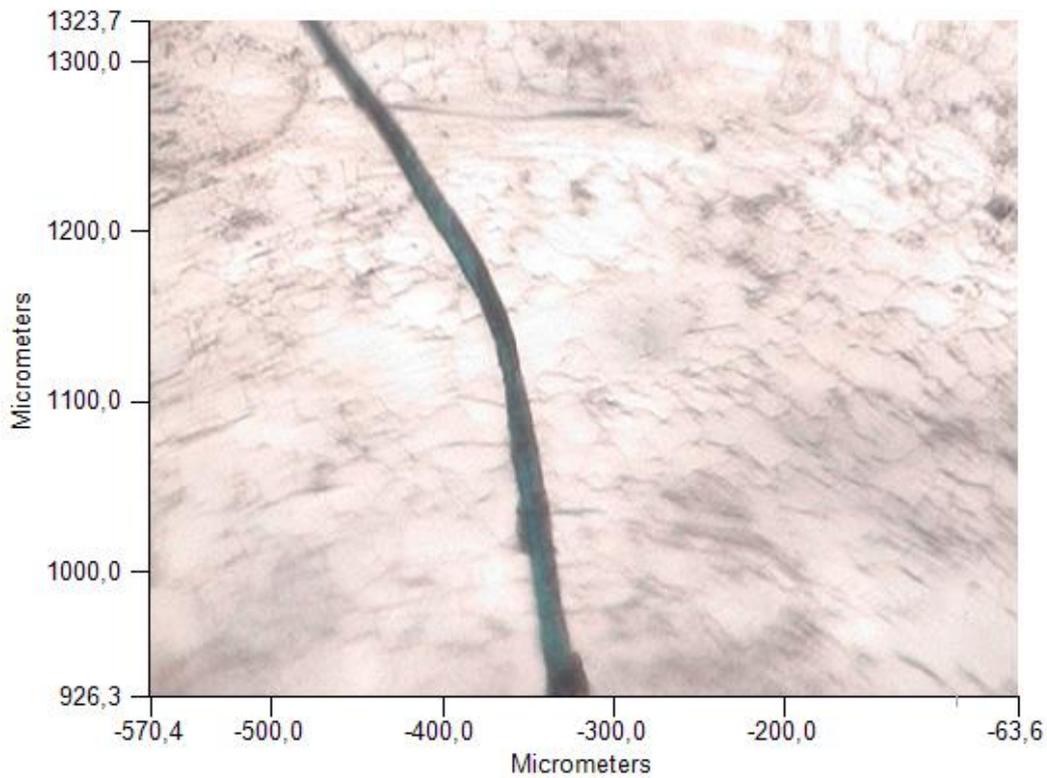


Analista
Fecha

Administrator
lunes, 18 de diciembre de 2023 12:56

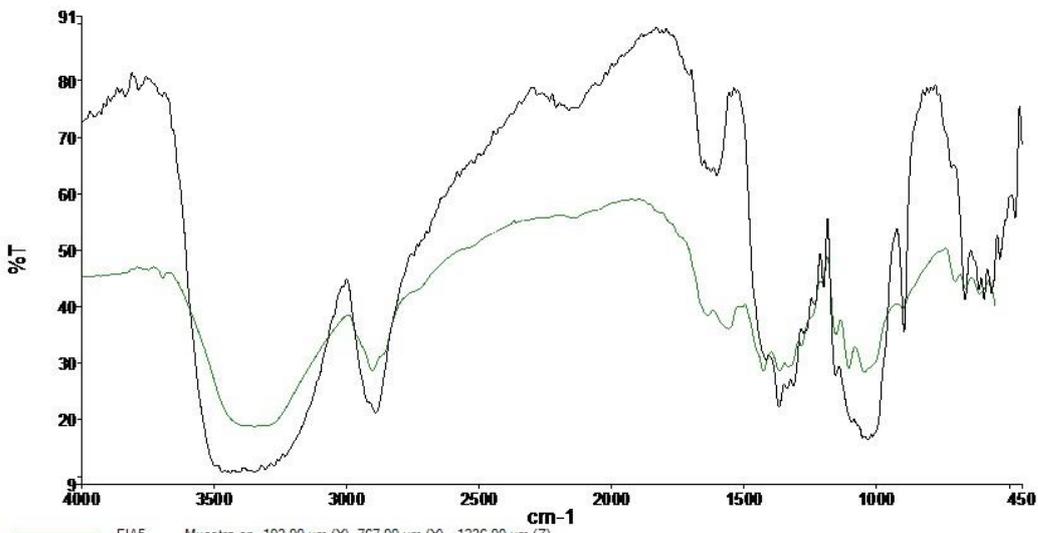


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIA4	Superposición	0,715824	DA3168	AVTEX FIBER /AVRIL (RAYON) WH STAPLE SEMI-DULL 10-17U NBS-A0095



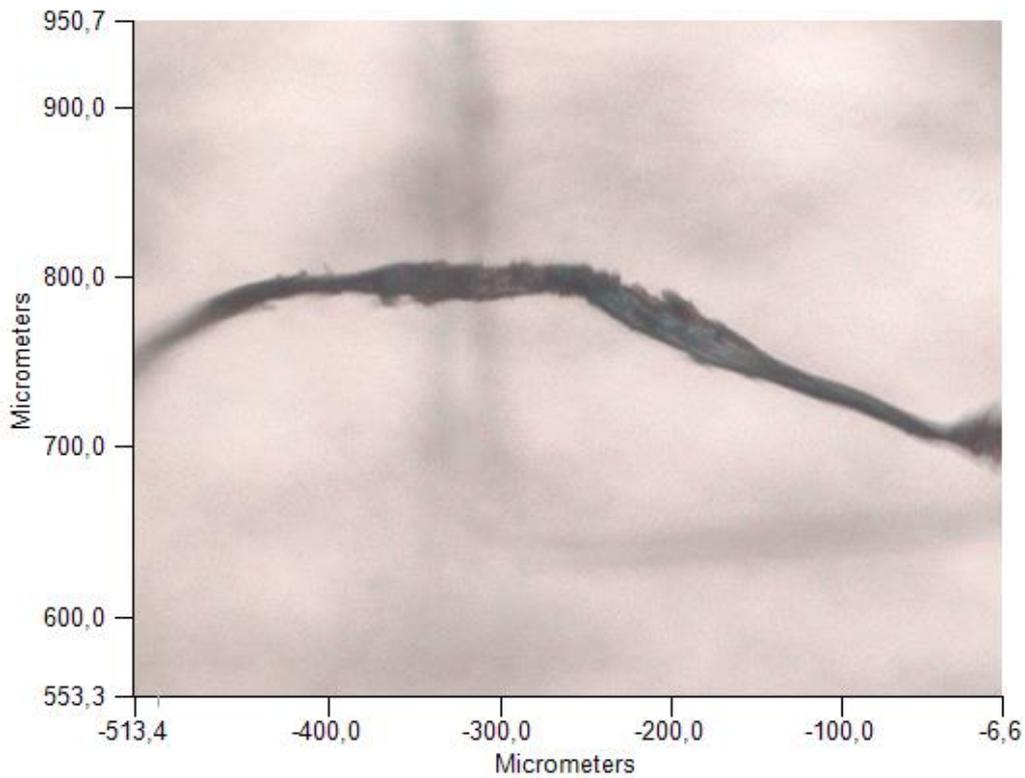
Analista
Fecha

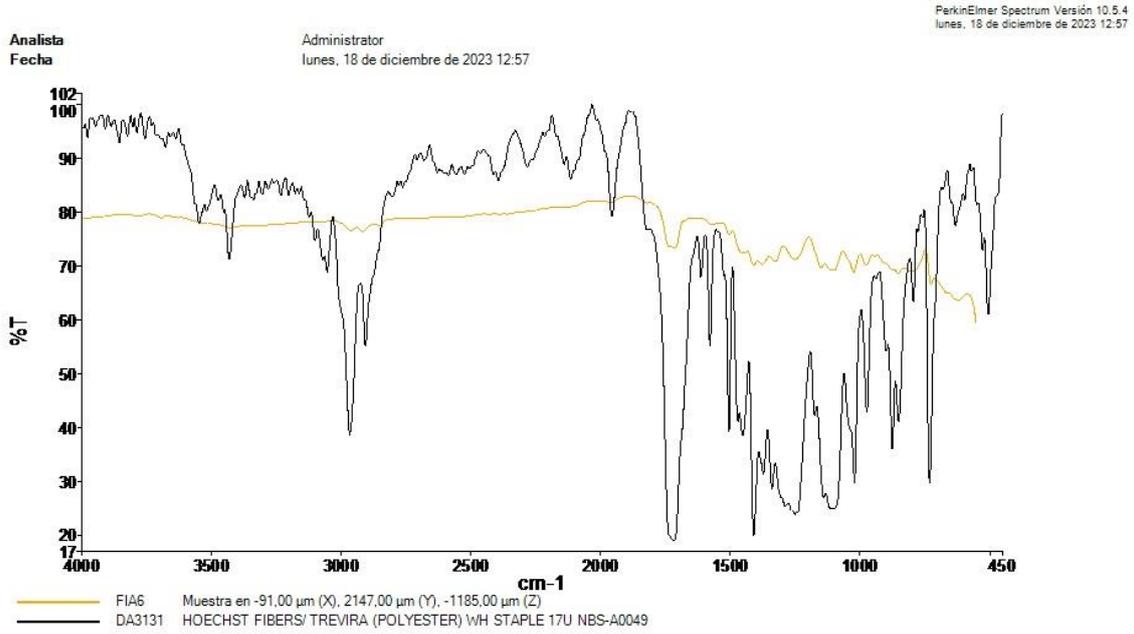
Administrator
Lunes, 18 de diciembre de 2023 12:56



— FIA5 Muestra en -193,00 μm (X), 767,00 μm (Y), -1236,00 μm (Z)
— DA3167 AVTEX FIBER /AVRIL (RAYON) WH STAPLE (BRIGHT) 11-14U NBS-A0094

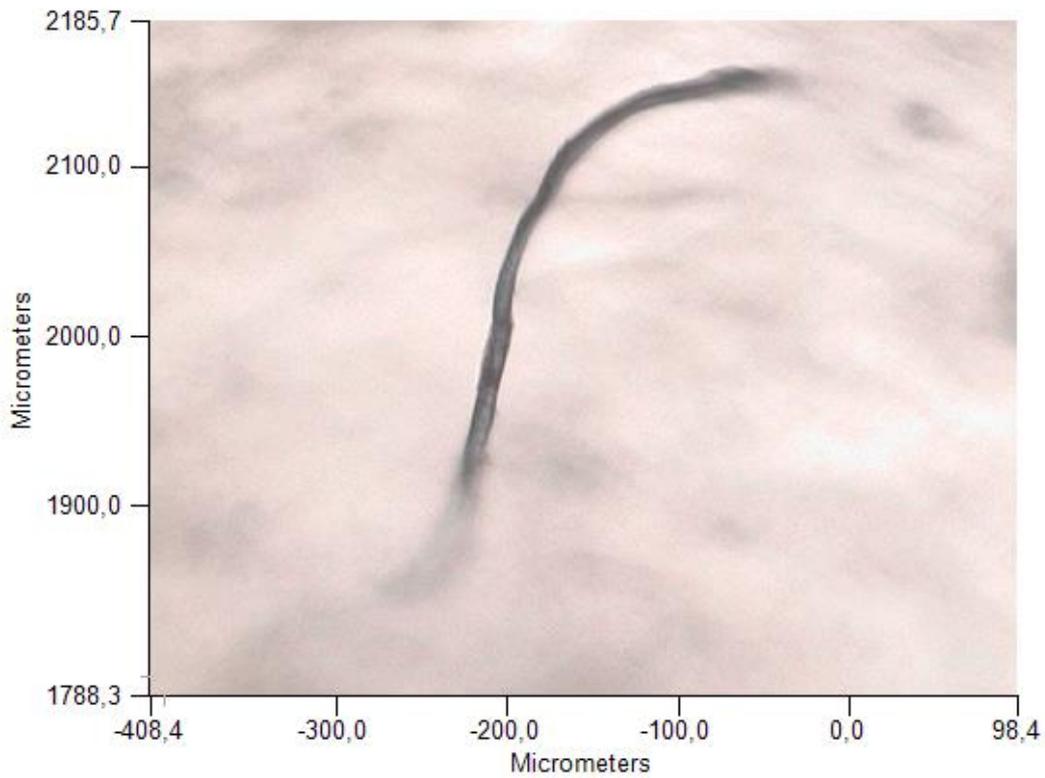
Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIA5	Superposición	0,776013	DA3167	AVTEX FIBER /AVRIL (RAYON) WH STAPLE (BRIGHT) 11-14U NBS-A0094

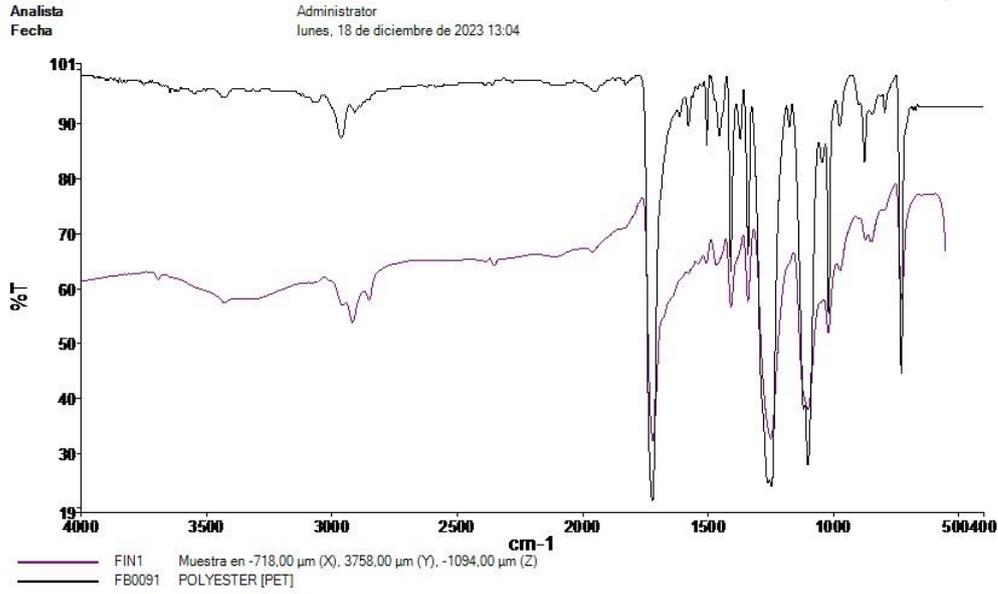




PerkinElmer Spectrum Versión 10.5.4
lunes, 18 de diciembre de 2023 12:57

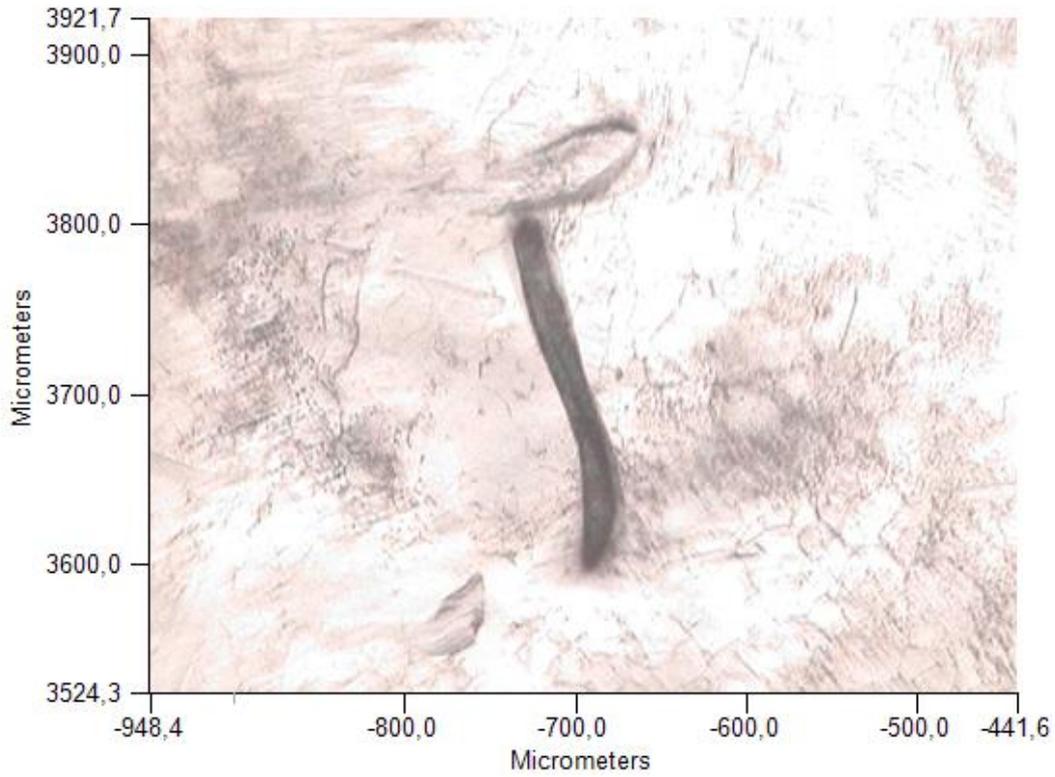
Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIA6	Superposición	0,718494	DA3131	HOECHST FIBERS/ TREVIRA (POLYESTER) WH STAPLE 17U NBS-A0049

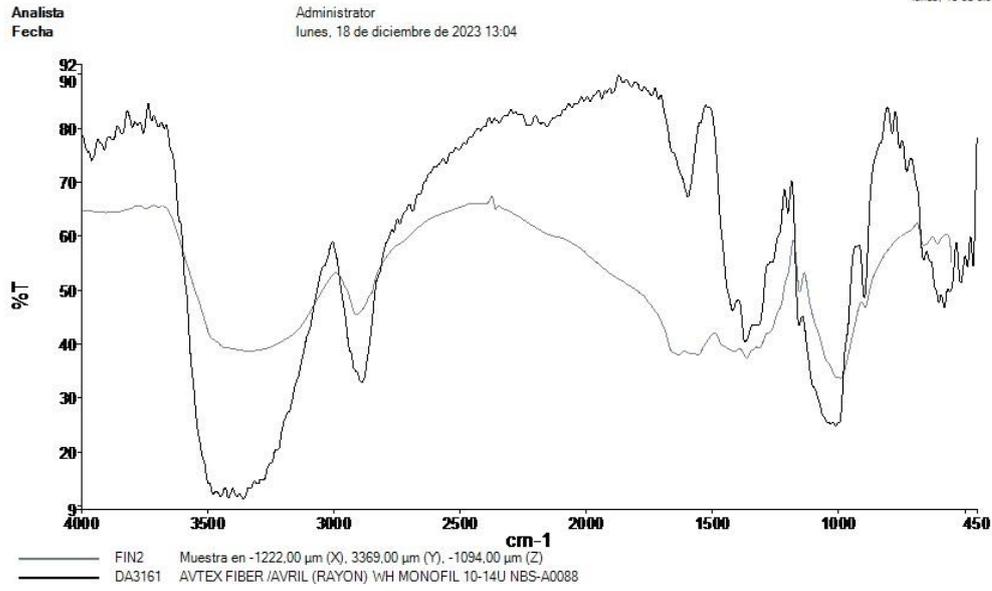




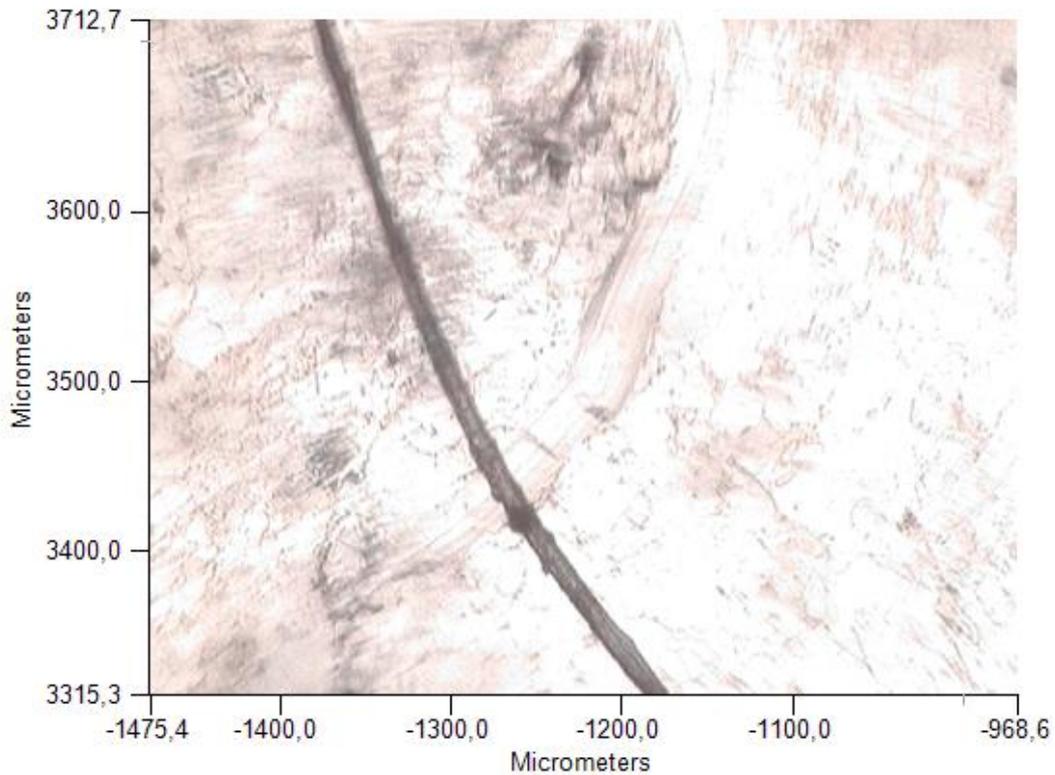
Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIN1	Superposición	0,939224	FB0091	POLYESTER [PET]

Página 1



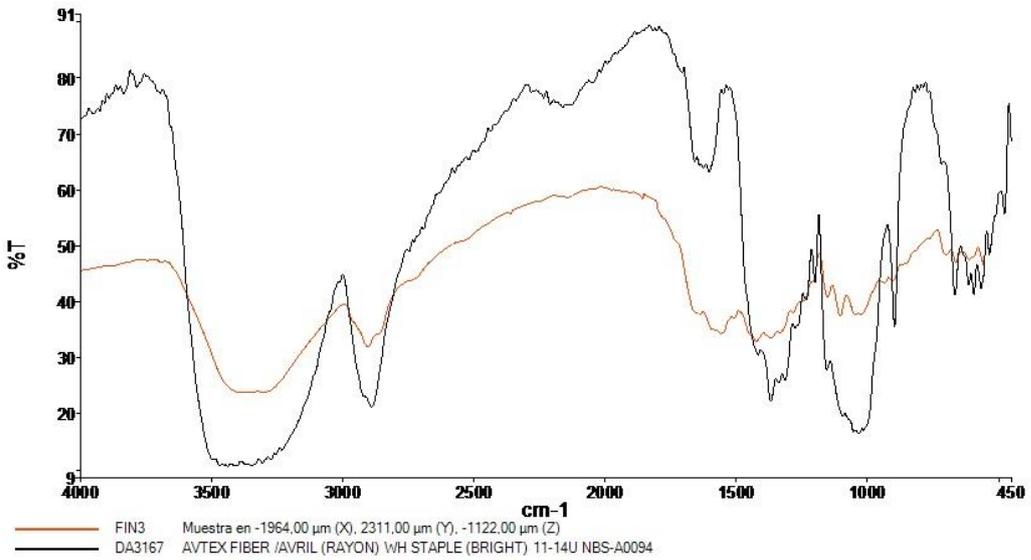


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIN2	Superposición	0,706646	DA3161	AVTEX FIBER /AVRIL (RAYON) WH MONOFIL 10-14U NBS-A0088

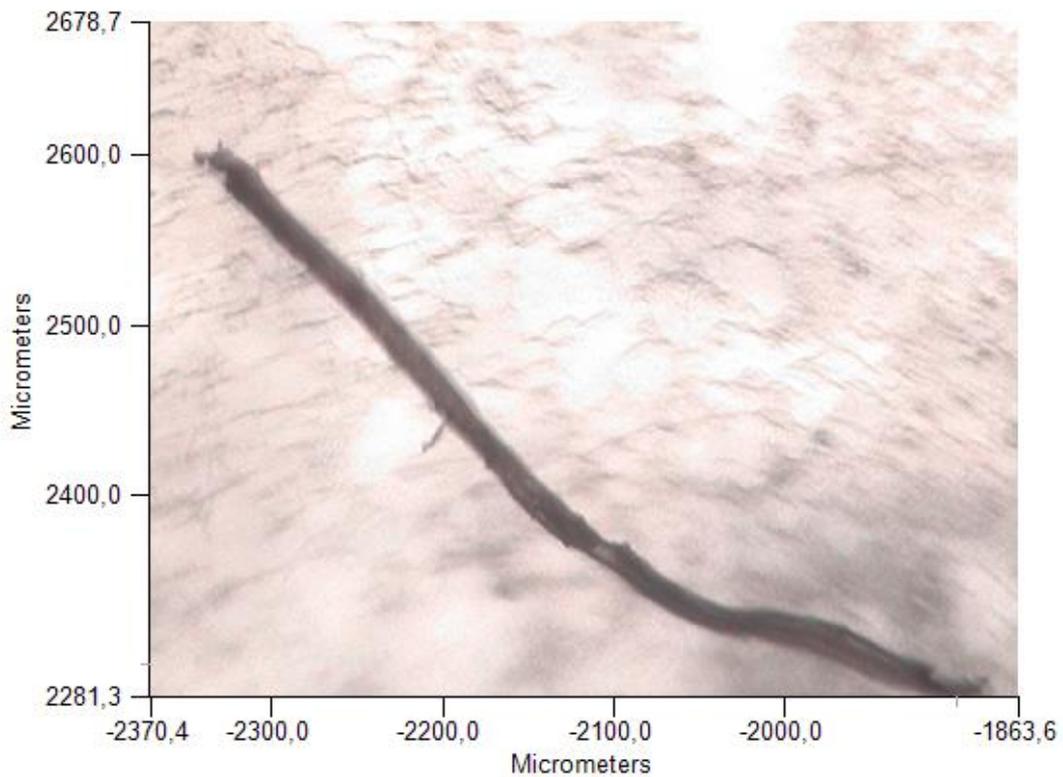


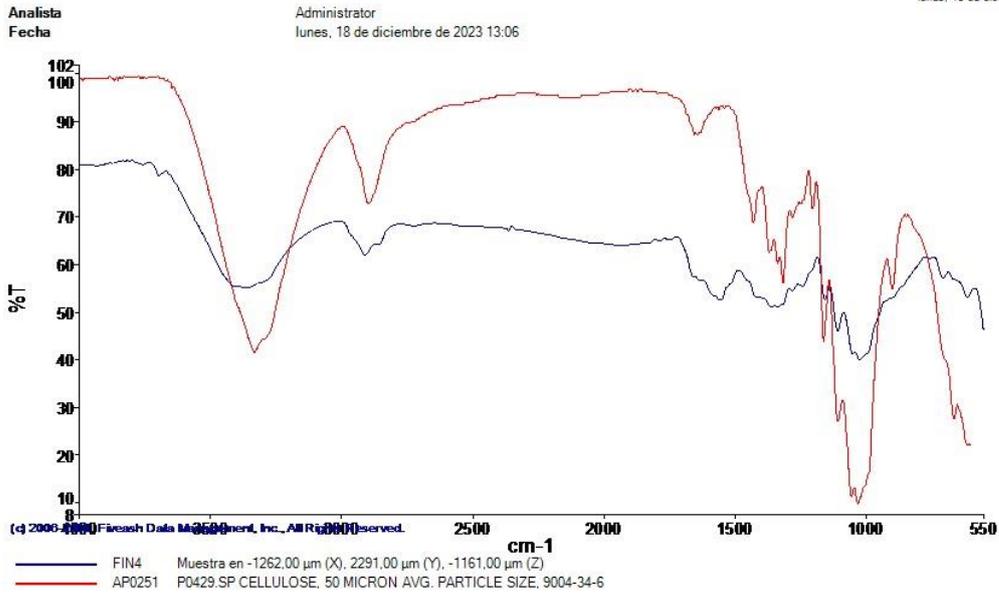
Analista
Fecha

Administrator
lunes, 18 de diciembre de 2023 13:05

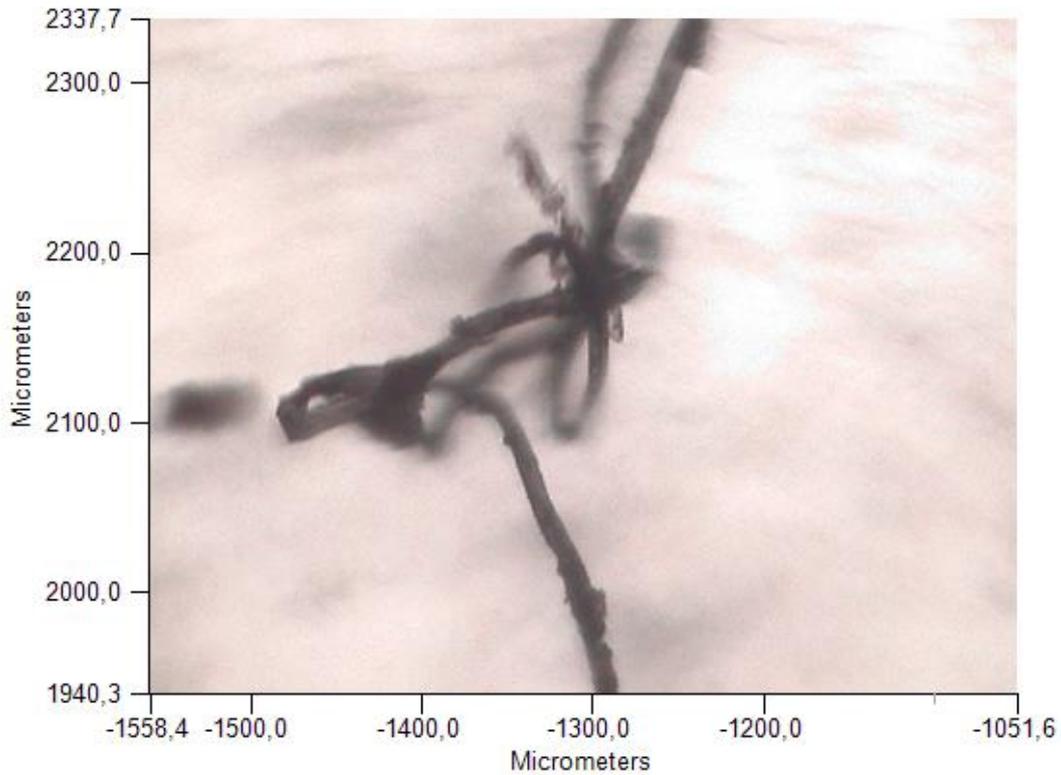


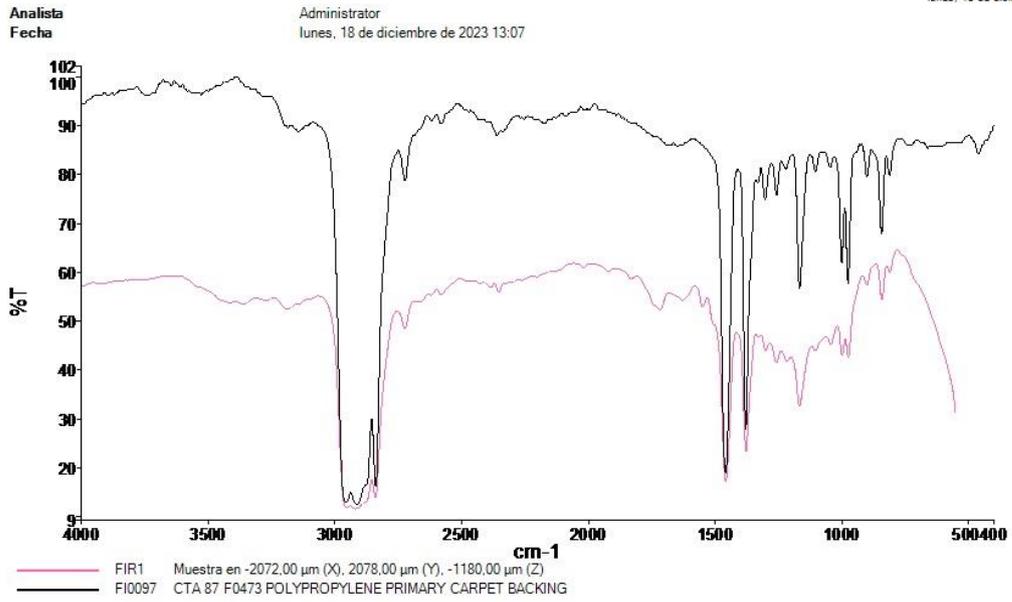
Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIN3	Superposición	0,676181	DA3167	AVTEX FIBER /AVRIL (RAYON) WH STAPLE (BRIGHT) 11-14U NBS-A0094



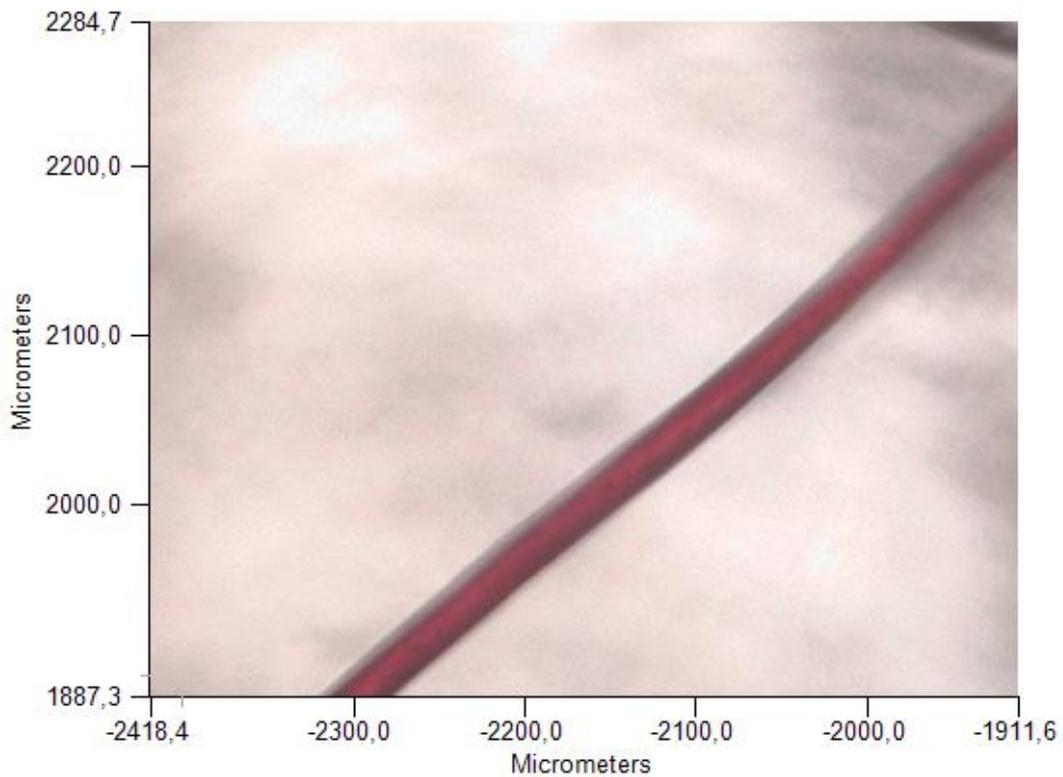


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIN4	Superposición	0,687843	AP0251	P0429.SP CELLULOSE, 50 MICRON AVG. PARTICLE SIZE, 9004-34-6

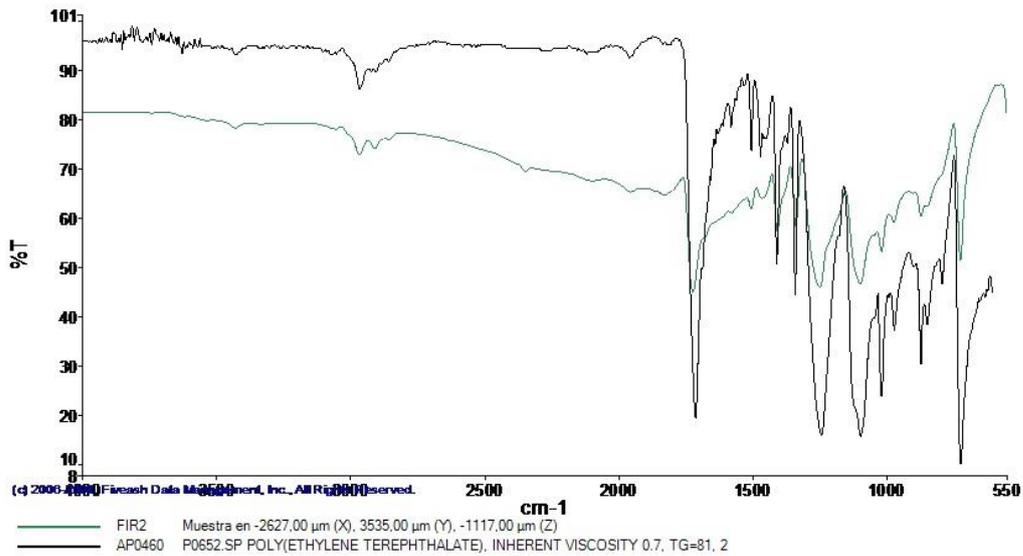




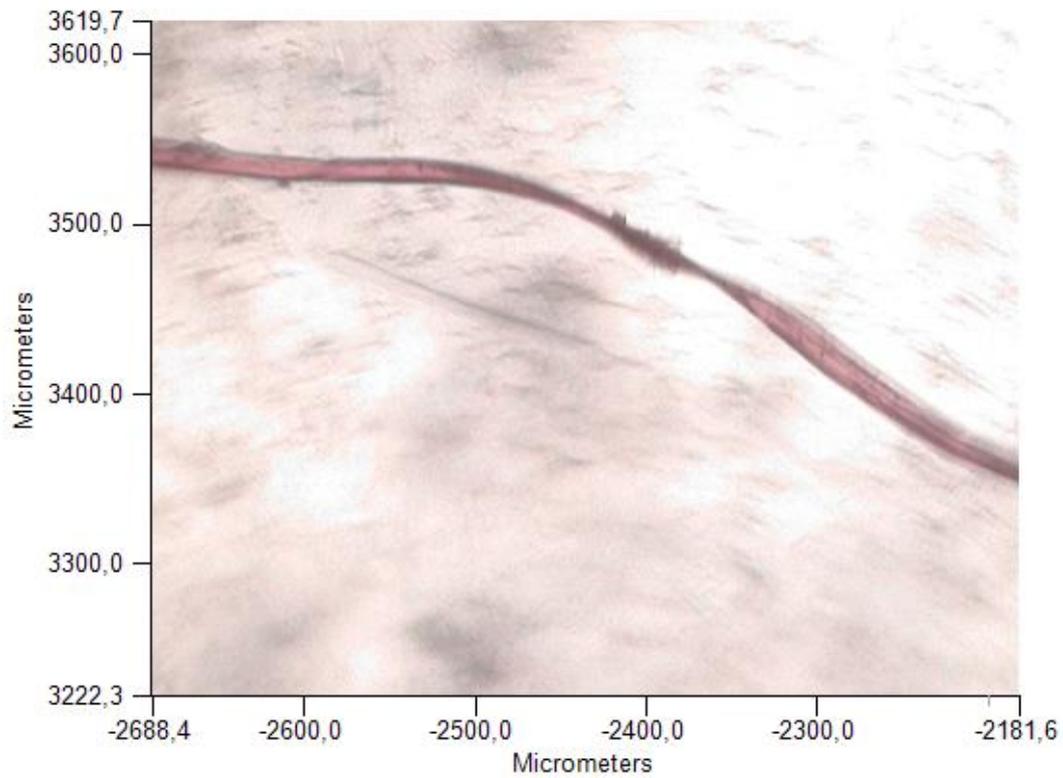
Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIR1	Superposición	0,978484	F10097	CTA 87 F0473 POLYPROPYLENE PRIMARY CARPET BACKING

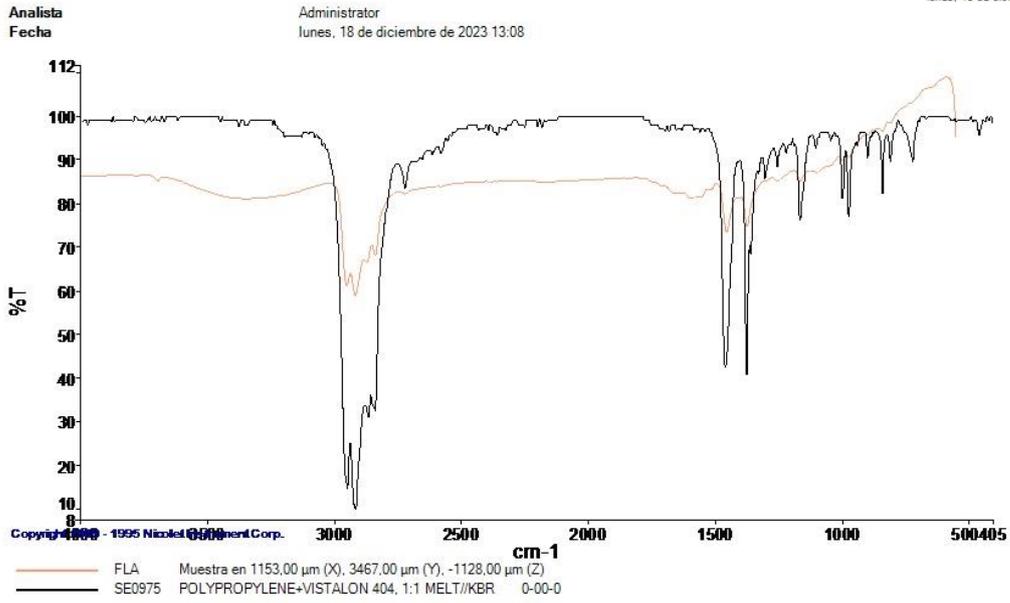


Analista Administrator
Fecha lunes, 18 de diciembre de 2023 13:07

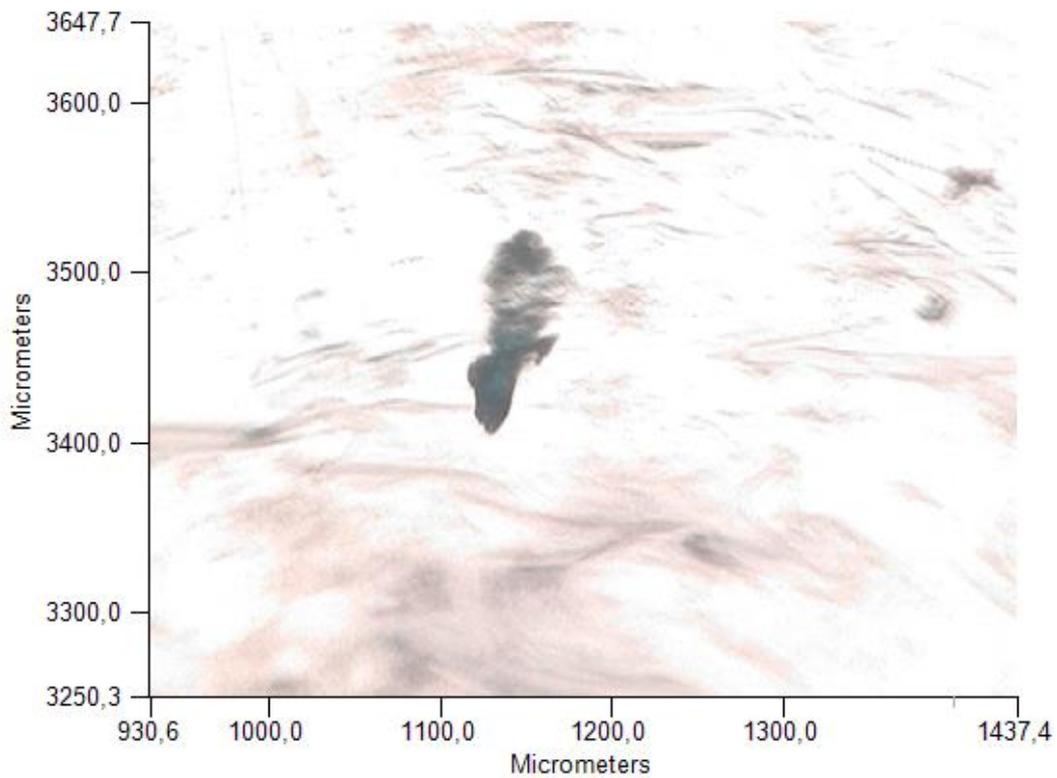


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIR2	Superposición	0,930699	AP0460	P0652.SP POLY(ETHYLENE TEREPHTHALATE), INHERENT VISCOSITY 0.7, TG=81, 2



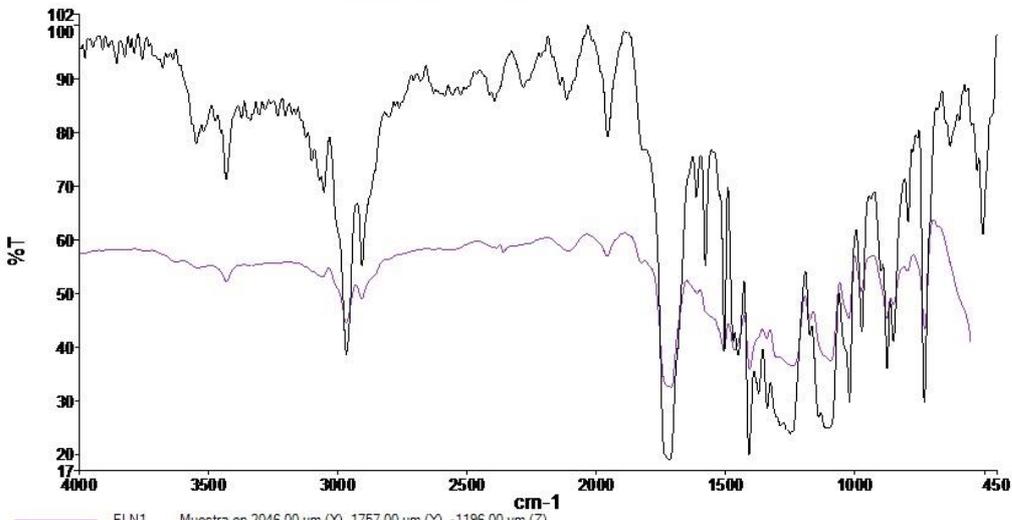


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FLA	Superposición	0,938372	SE0975	POLYPROPYLENE+VISTALON 404, 1:1 MELT/KBR 0-00-0



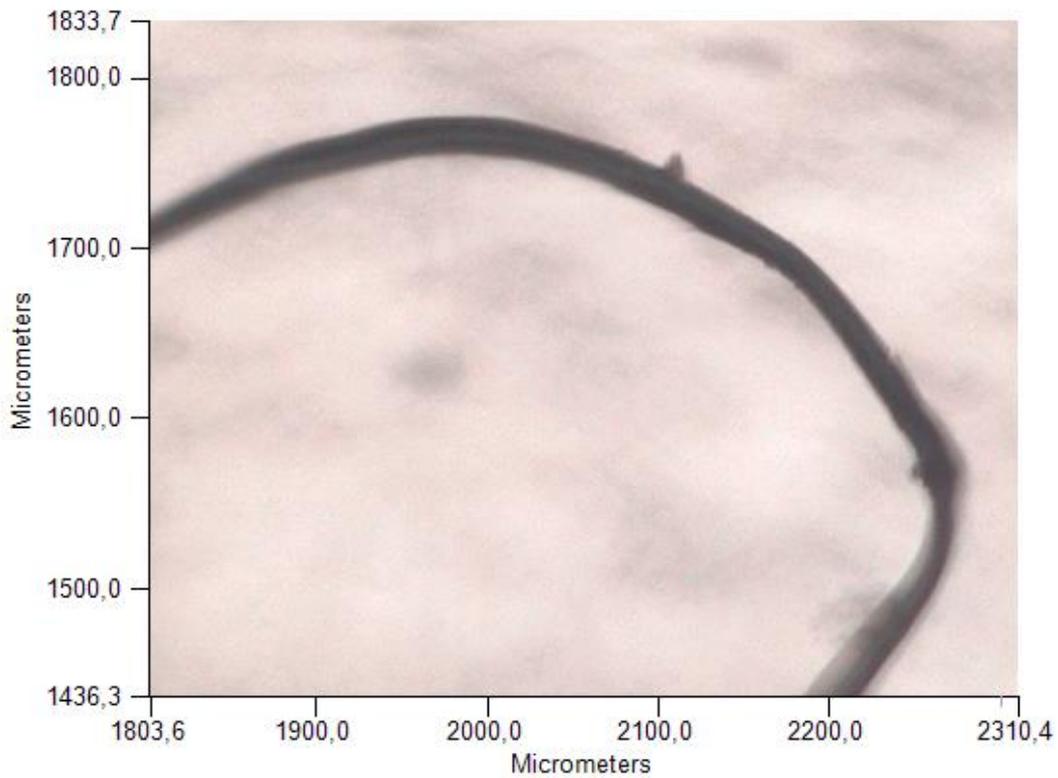
Analista
Fecha

Administrator
lunes, 18 de diciembre de 2023 13:11



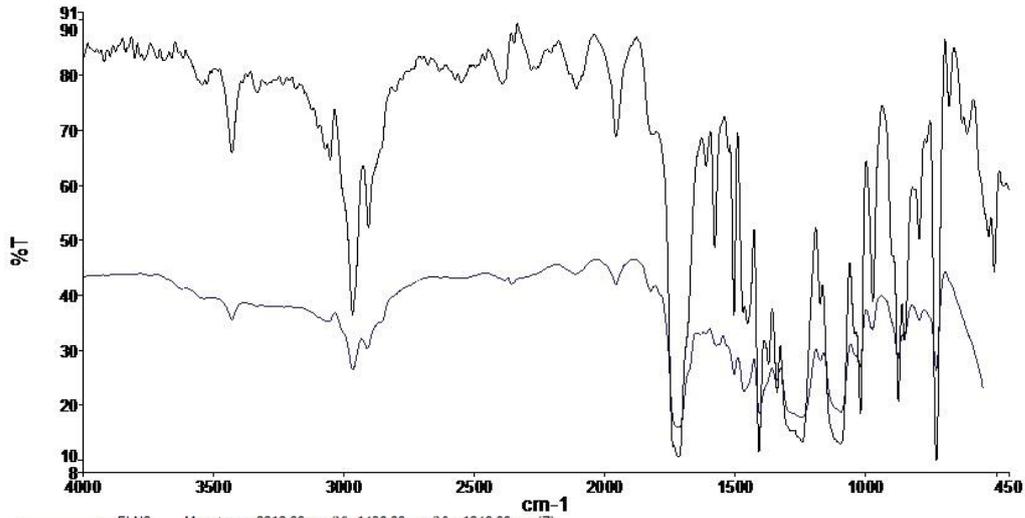
— FLN1 Muestra en 2046.00 μm (X), 1757.00 μm (Y), -1196.00 μm (Z)
— DA3131 HOECHST FIBERS/ TREVIRA (POLYESTER) WH STAPLE 17U NBS-A0049

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FLN1	Superposición	0.925748	DA3131	HOECHST FIBERS/ TREVIRA (POLYESTER) WH STAPLE 17U NBS-A0049



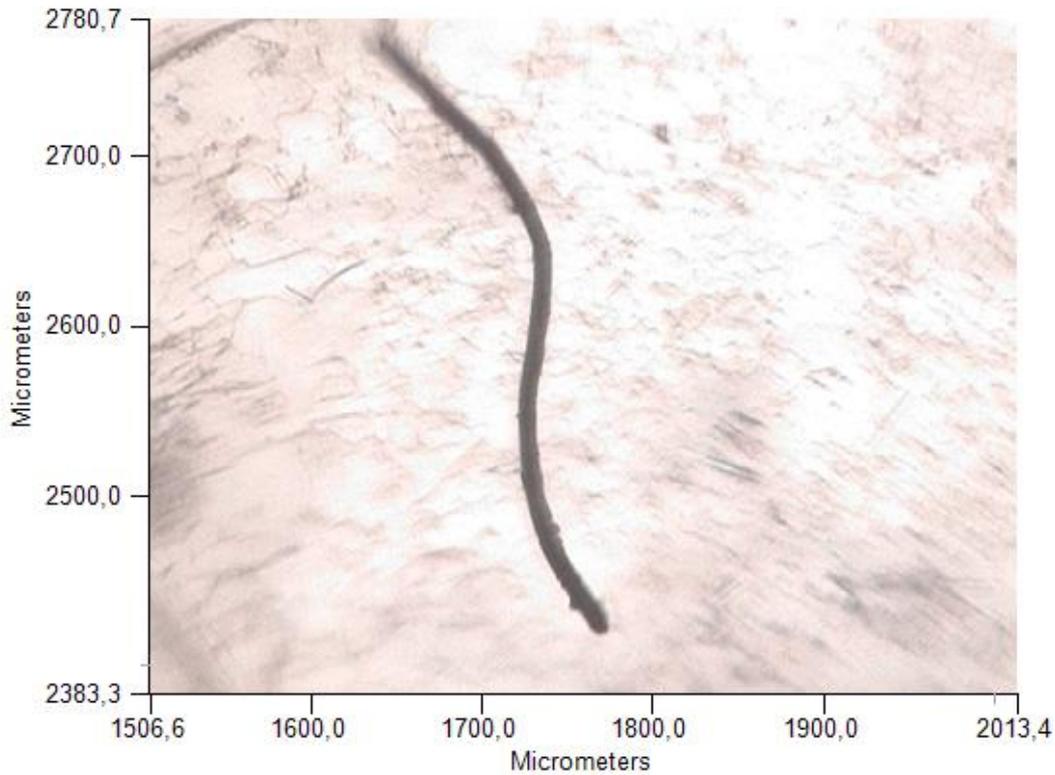
Analista
Fecha

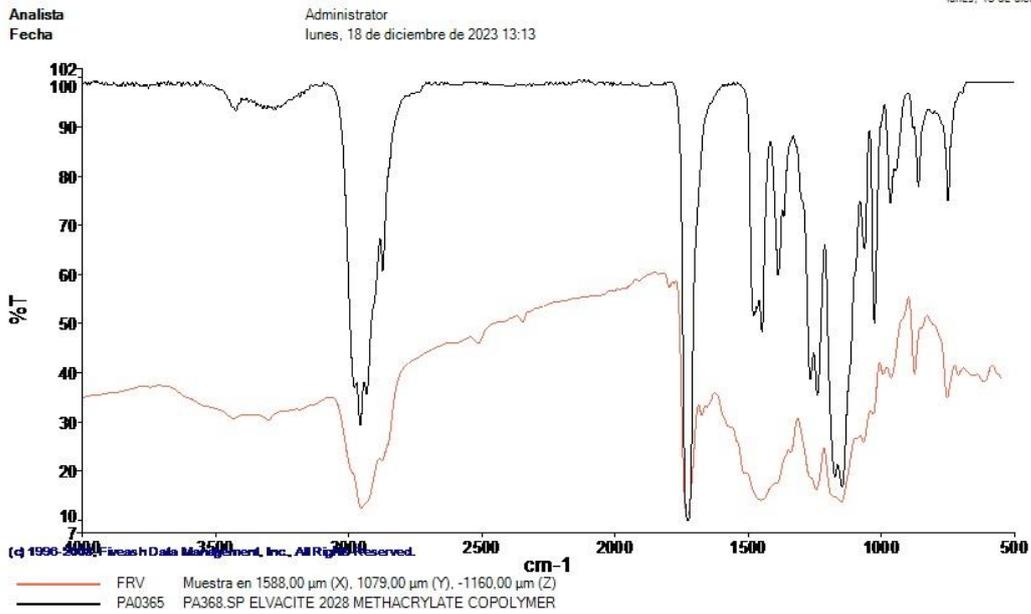
Administrator
lunes, 18 de diciembre de 2023 13:12



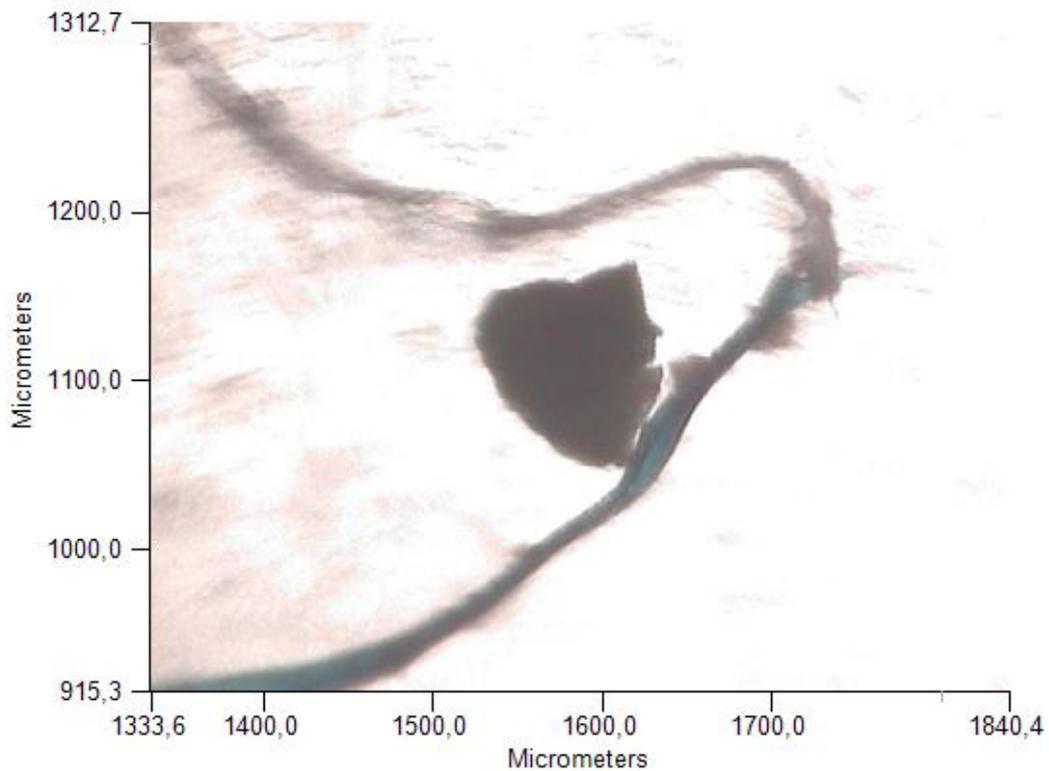
— FLN2 Muestra en 2212,00 μm (X), 1436,00 μm (Y), -1246,00 μm (Z)
- - - DA3145 EASTMAN CHEMICAL /KODEL (POLYESTER) WH STAPLE 23-30U NBS-A0063

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FLN2	Superposición	0,918878	DA3145	EASTMAN CHEMICAL /KODEL (POLYESTER) WH STAPLE 23-30U NBS-A0063

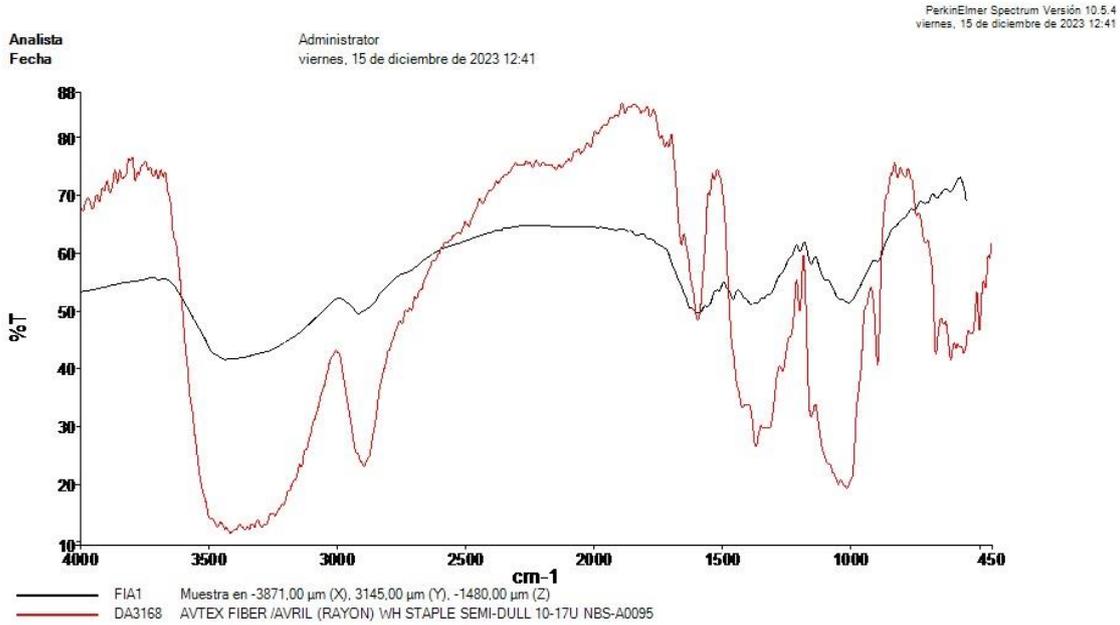




Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FRV	Superposición	0,962518	PA0365	PA368.SP ELVACITE 2028 METHACRYLATE COPOLYMER

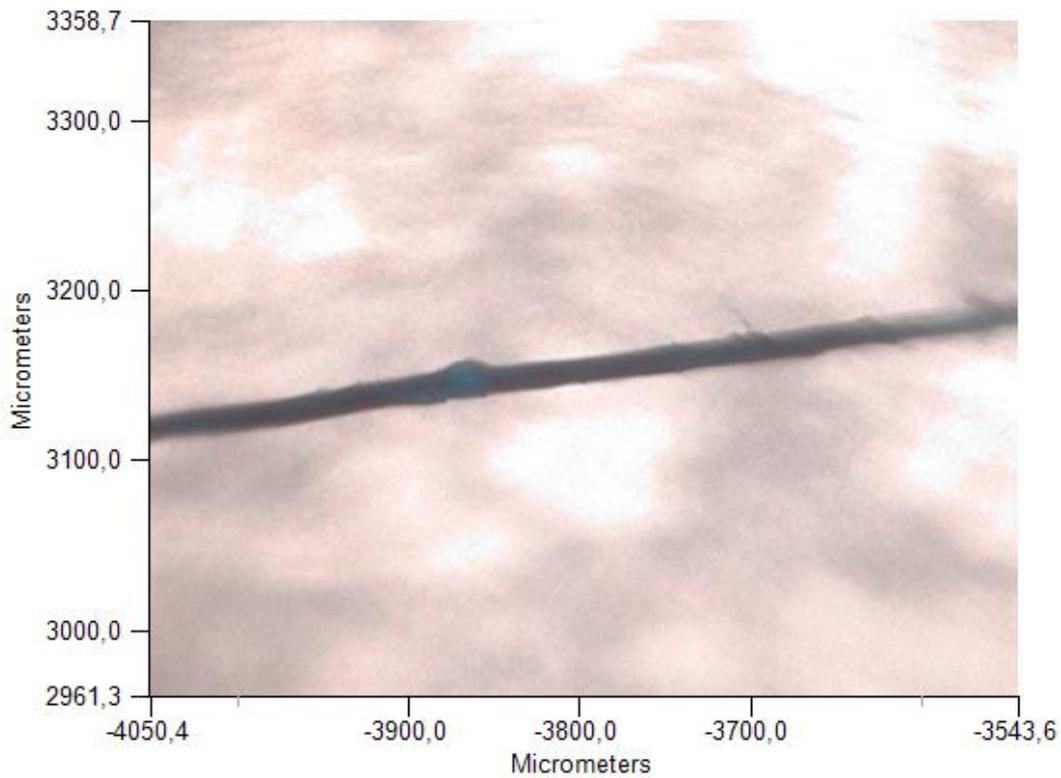


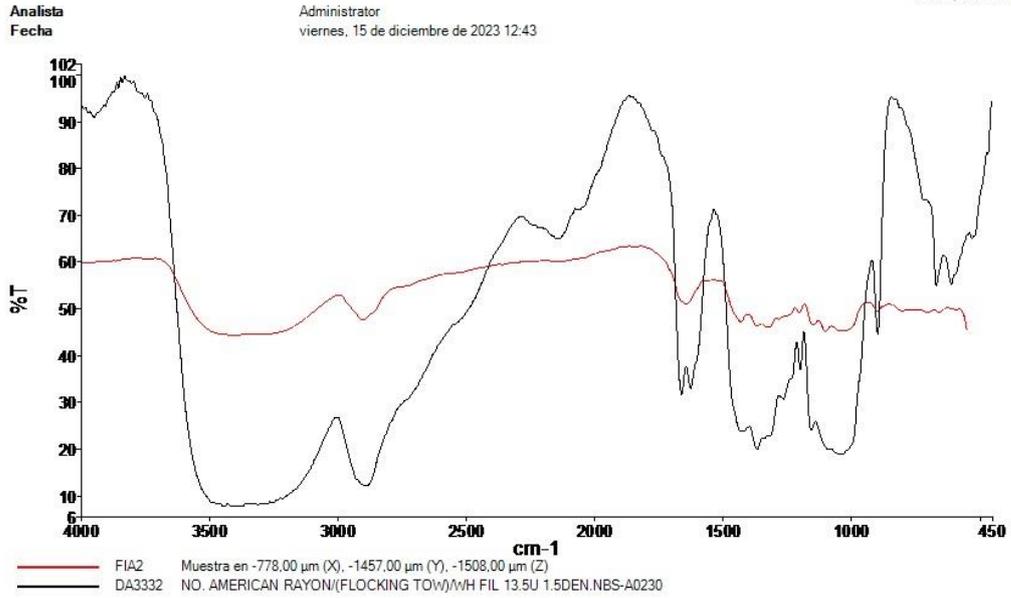
Microplásticos analizados del calamar de Marruecos



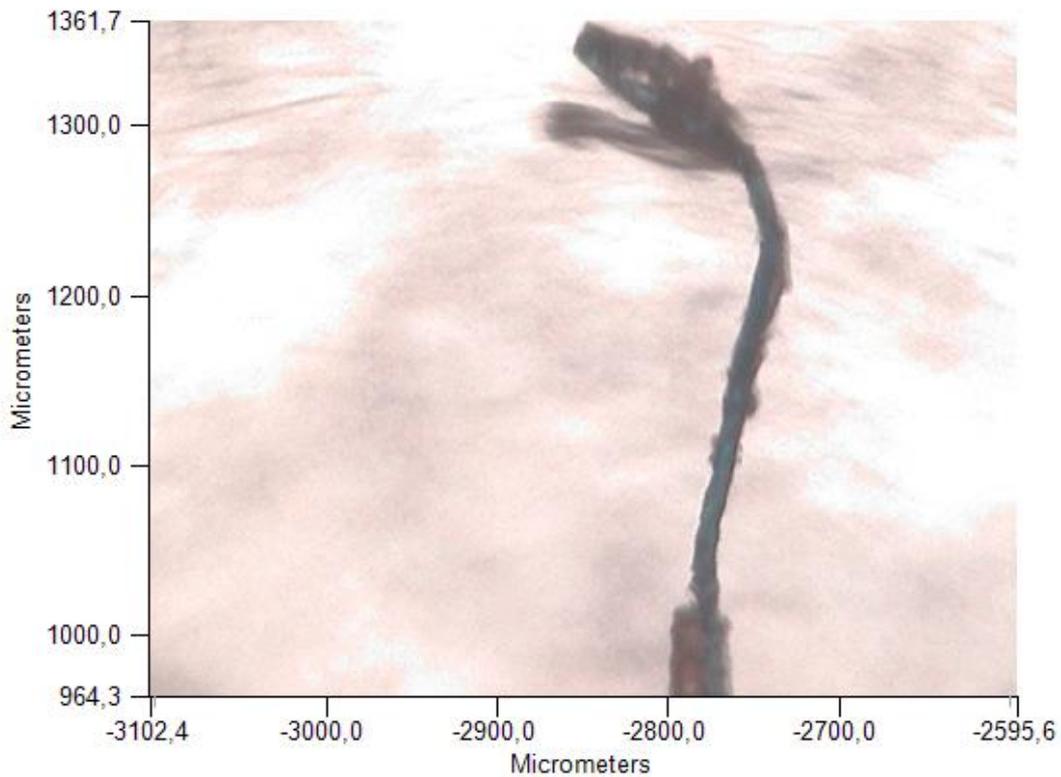
PerkinElmer Spectrum Versión 10.5.4
viernes, 15 de diciembre de 2023 12:41

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIA1	Superposición	0,775784	DA3168	AVTEX FIBER /AVRIL (RAYON) WH STAPLE SEMI-DULL 10-17U NBS-A0095



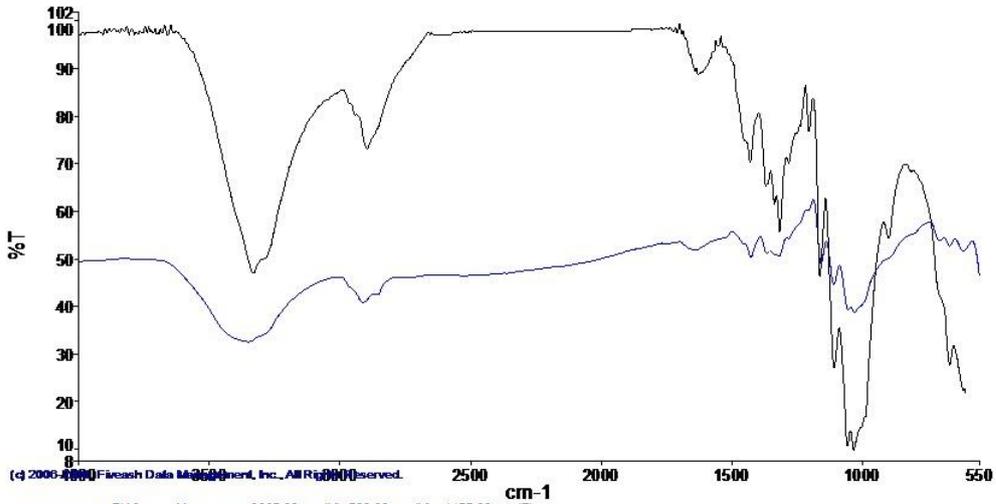


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIA2	Superposición	0,888202	DA3332	NO. AMERICAN RAYON/ (FLOCKING TO W)/WH FIL 13.5U 1.5DEN.NBS-A0230



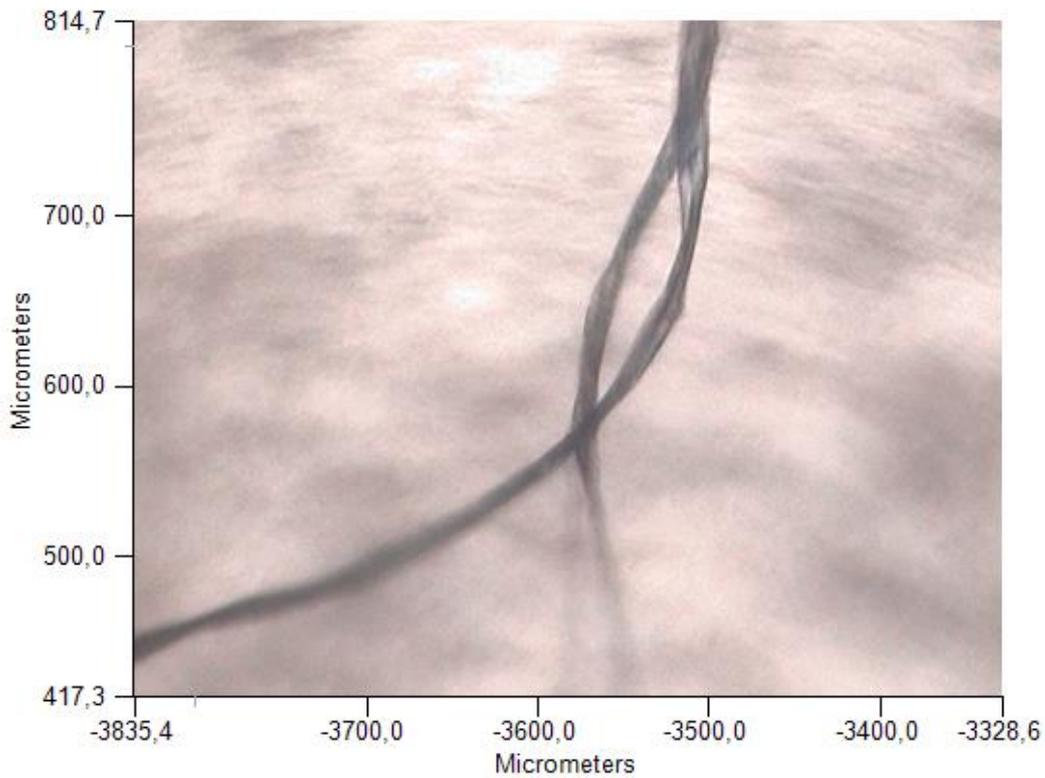
Analista
Fecha

Administrator
viernes, 15 de diciembre de 2023 12:43



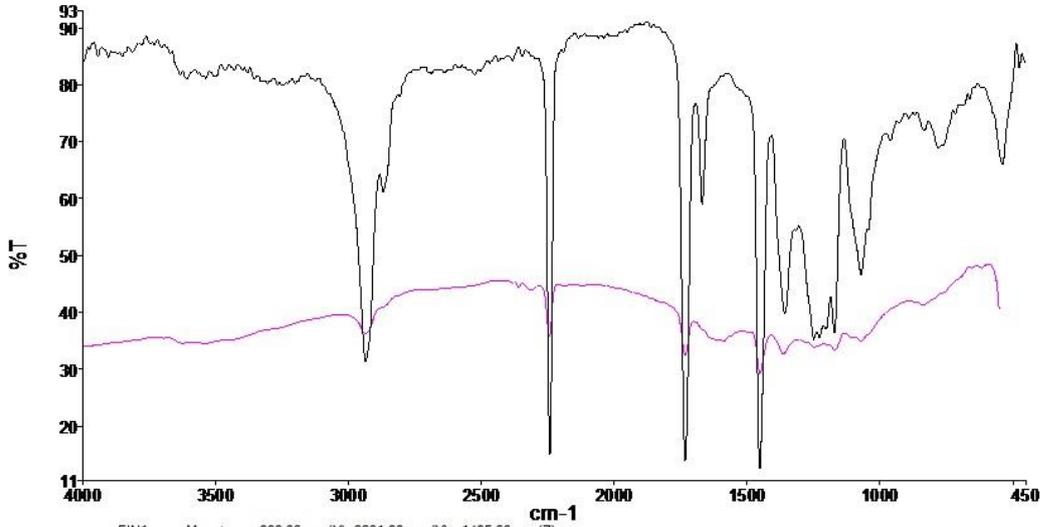
(c) 2000-4000 cm-1
FIA3 Muestra en -3665,00 µm (X), 522,00 µm (Y), -1455,00 µm (Z)
AP0734 P0954.SP POLYETHYLENEIMINE CELLULOSE, 9032-36-4

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIA3	Superposición	0,782553	AP0734	P0954.SP POLYETHYLENEIMINE CELLULOSE 9032-36-4



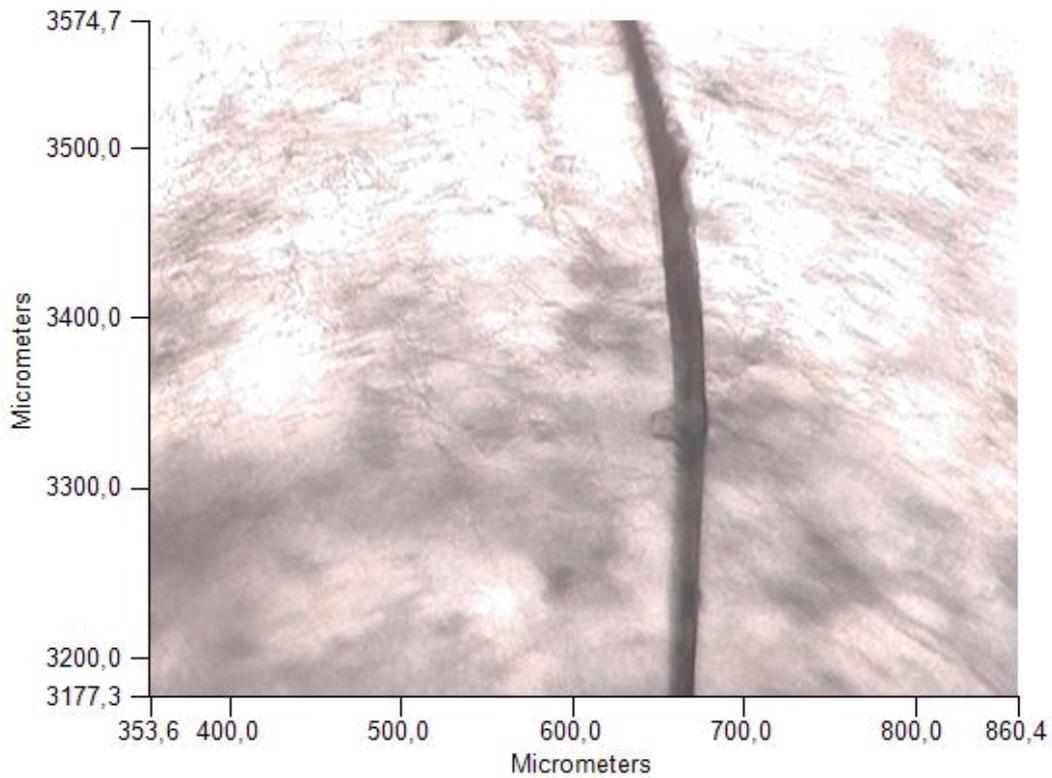
Analista
Fecha

Administrator
viernes, 15 de diciembre de 2023 12:44



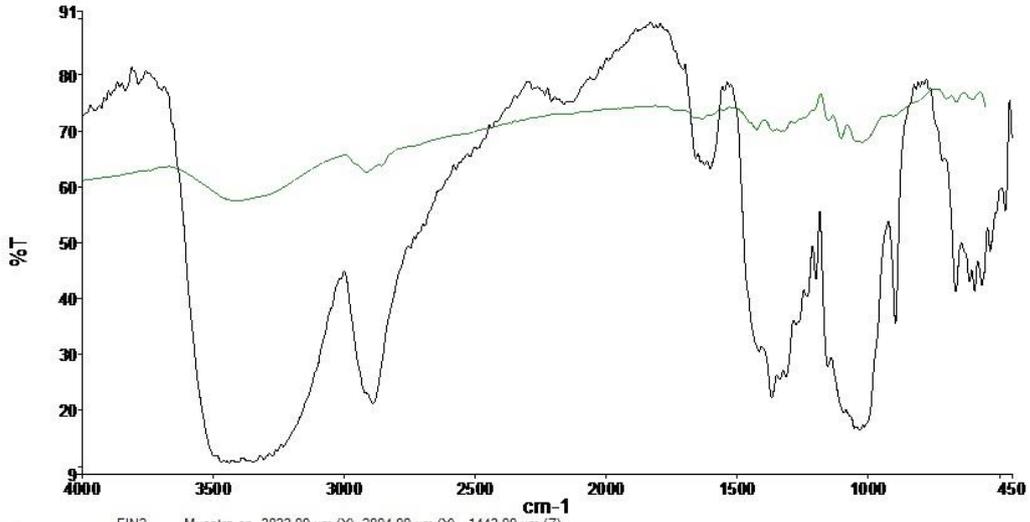
— FIN1 Muestra en 668,00 μm (X), 3291,00 μm (Y), -1435,00 μm (Z)
— DA3046 E.I.DUPONT/ORLON(ACRYLIC)/WH STAPLE 30-34U NBS-A0012

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIN1	Superposición	0,936215	DA3046	E.I.DUPONT/ORLON (ACRYLIC)/WH STAPLE 30-34U NBS-A0012



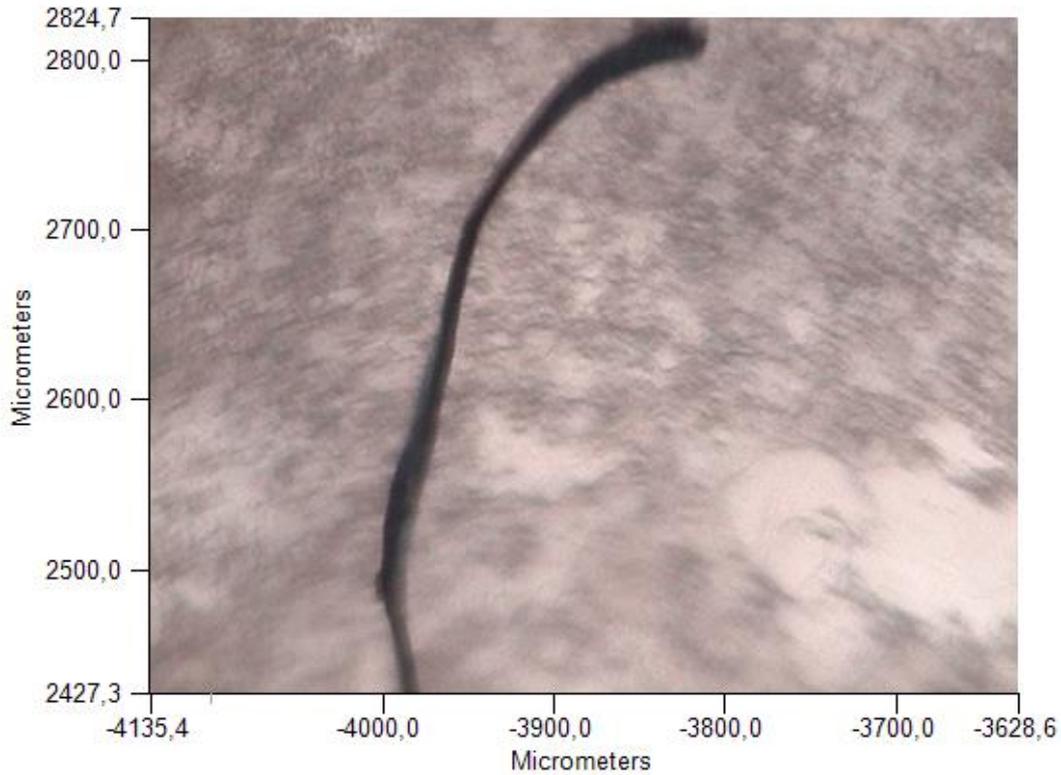
Analista
Fecha

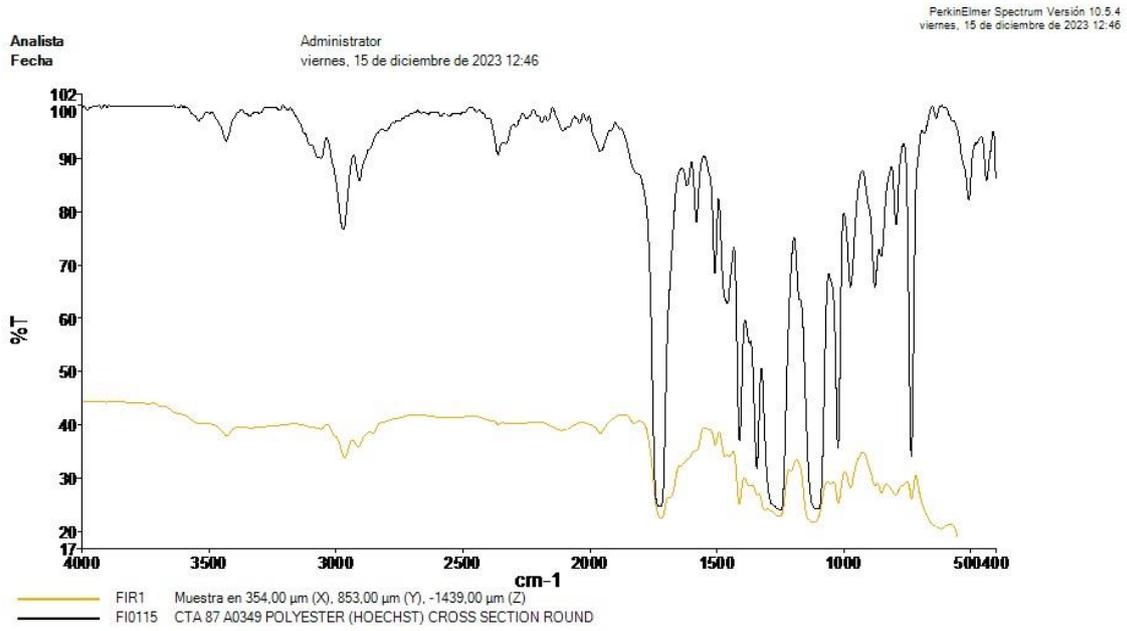
Administrator
viernes, 15 de diciembre de 2023 12:45



— FIN2 Muestra en -3833,00 μm (X), 2804,00 μm (Y), -1443,00 μm (Z)
— DA3167 AVTEX FIBER /AVRIL (RAYON) WH STAPLE (BRIGHT) 11-14U NBS-A0094

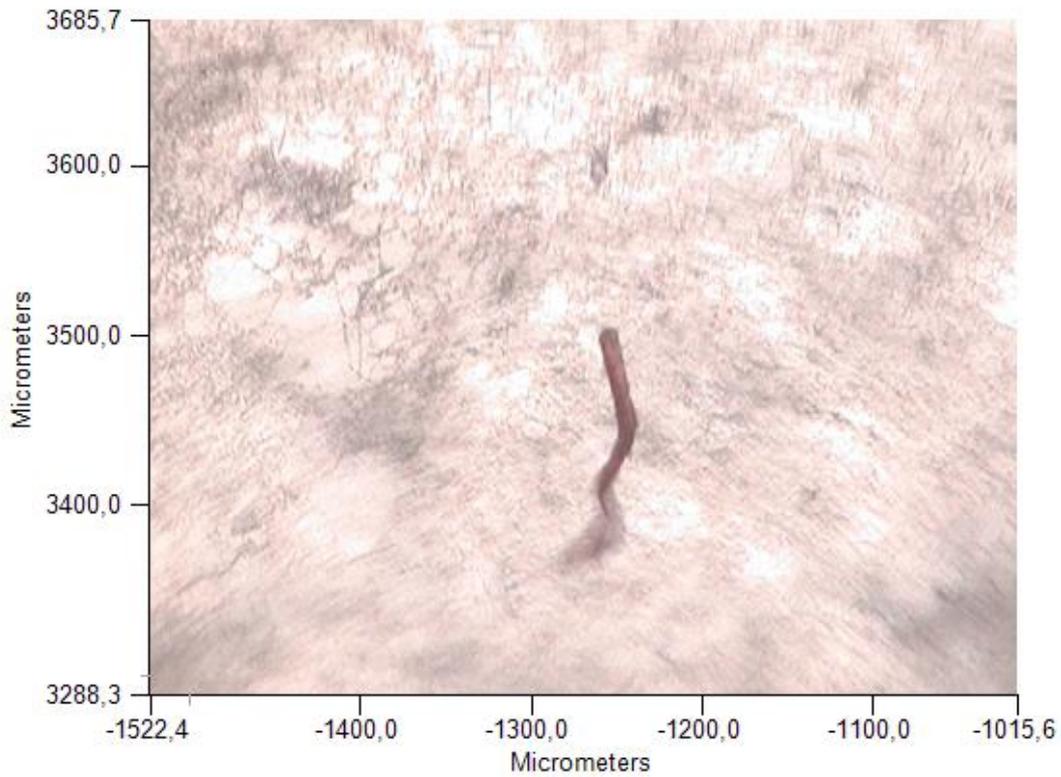
Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIN2	Superposición	0,778581	DA3167	AVTEX FIBER /AVRIL (RAYON) WH STAPLE (BRIGHT) 11-14U NBS-A0094

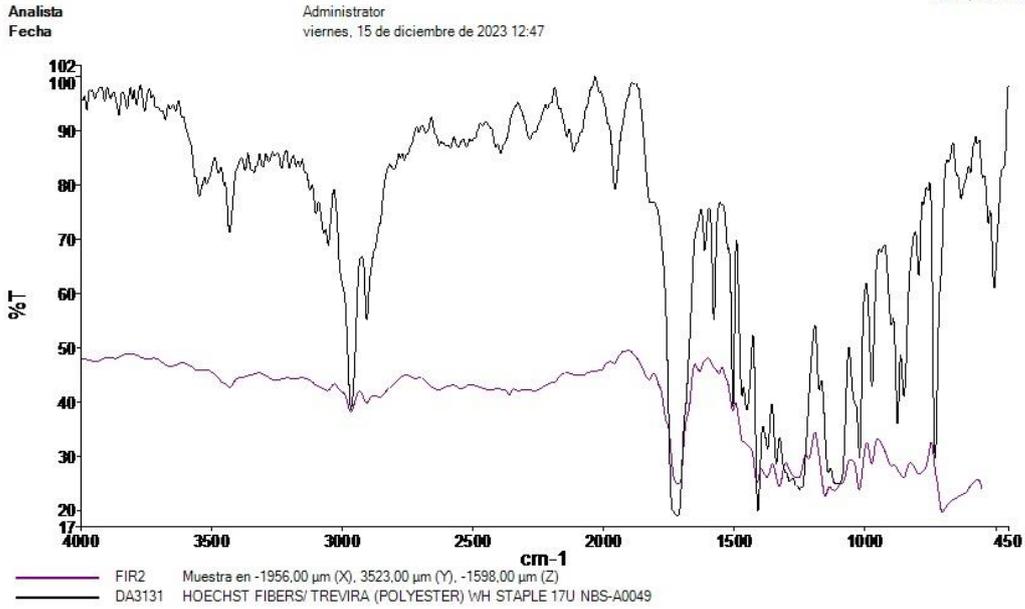




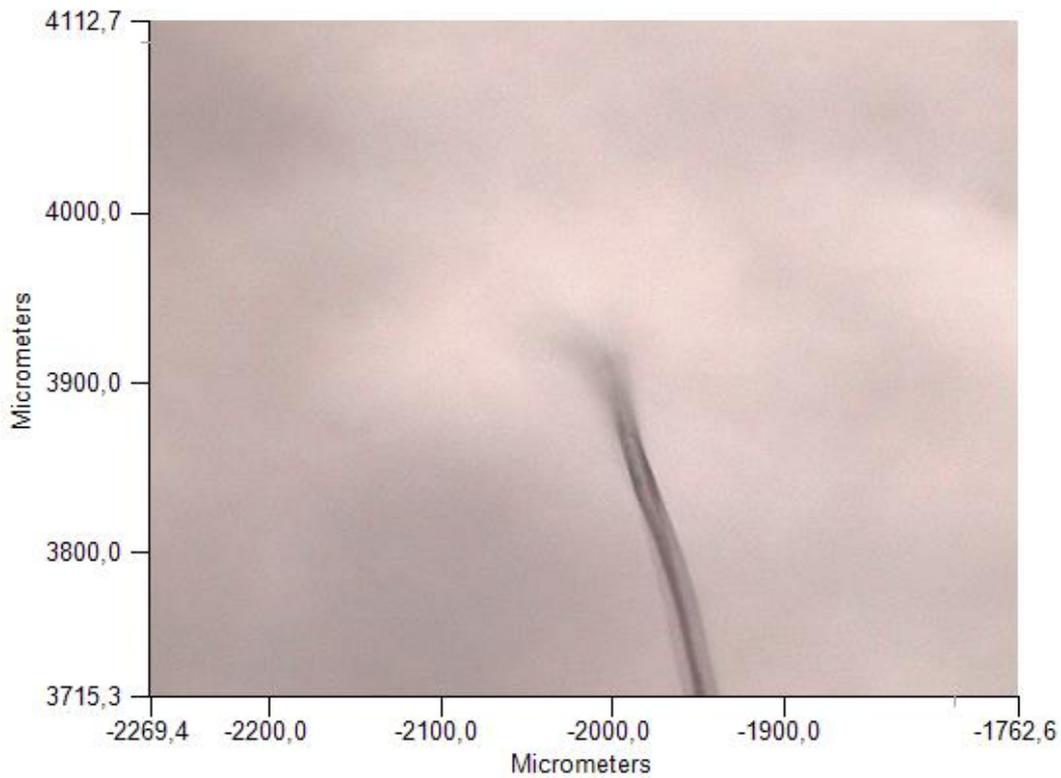
PerkinElmer Spectrum Versión 10.5.4
viernes, 15 de diciembre de 2023 12:46

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIR1	Superposición	0,801381	FI0115	CTA 87 A0349 POLYESTER (HOECHST) CROSS SECTION ROUND



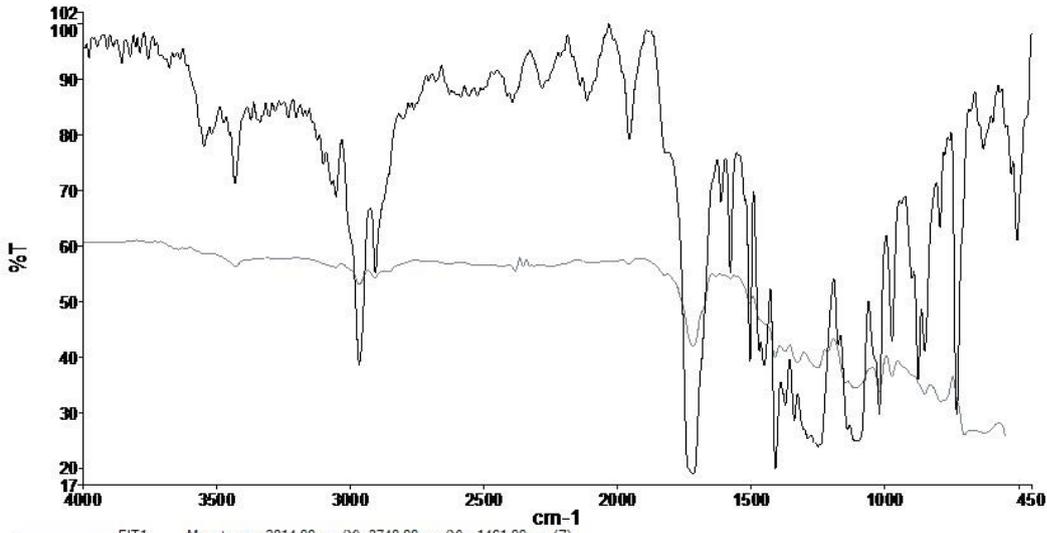


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIR2	Superposición	0,649226	DA3131	HOECHST FIBERS/ TREVIRA (POLYESTER) WH STAPLE 17U NBS-A0049



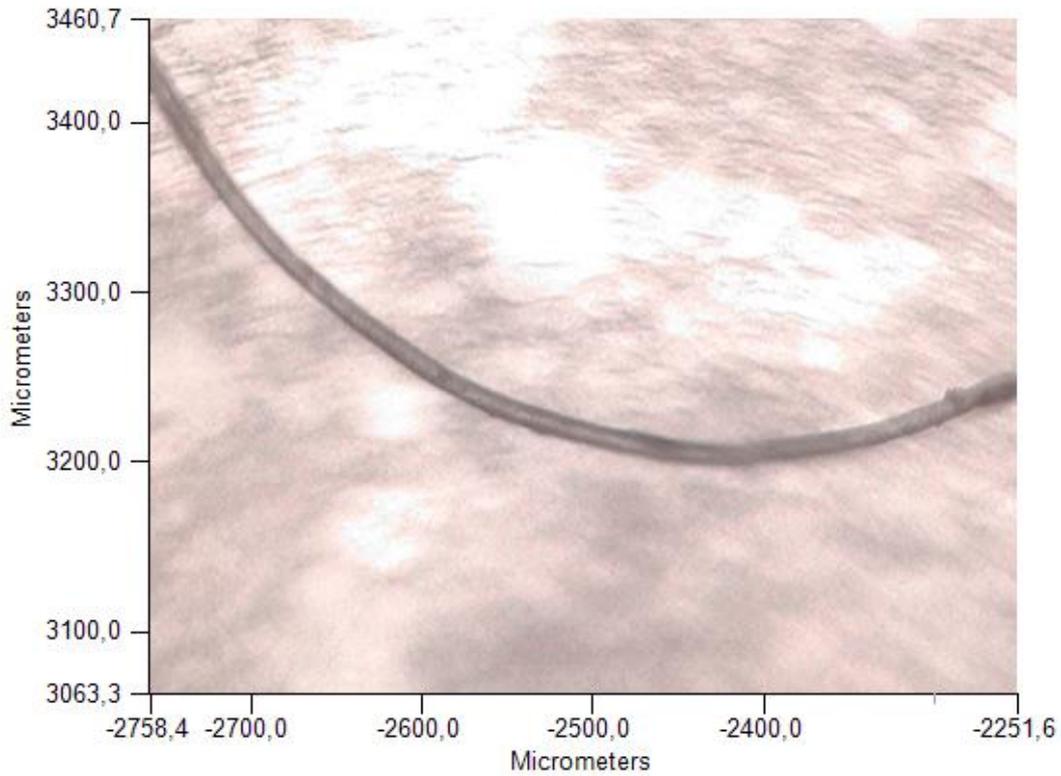
Analista
Fecha

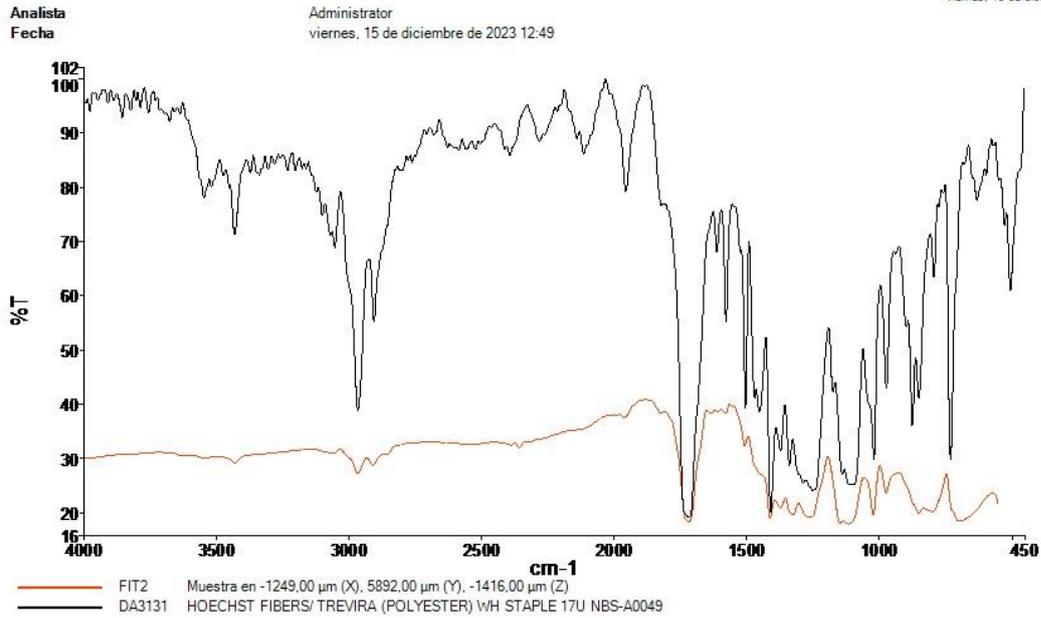
Administrator
viernes, 15 de diciembre de 2023 12:48



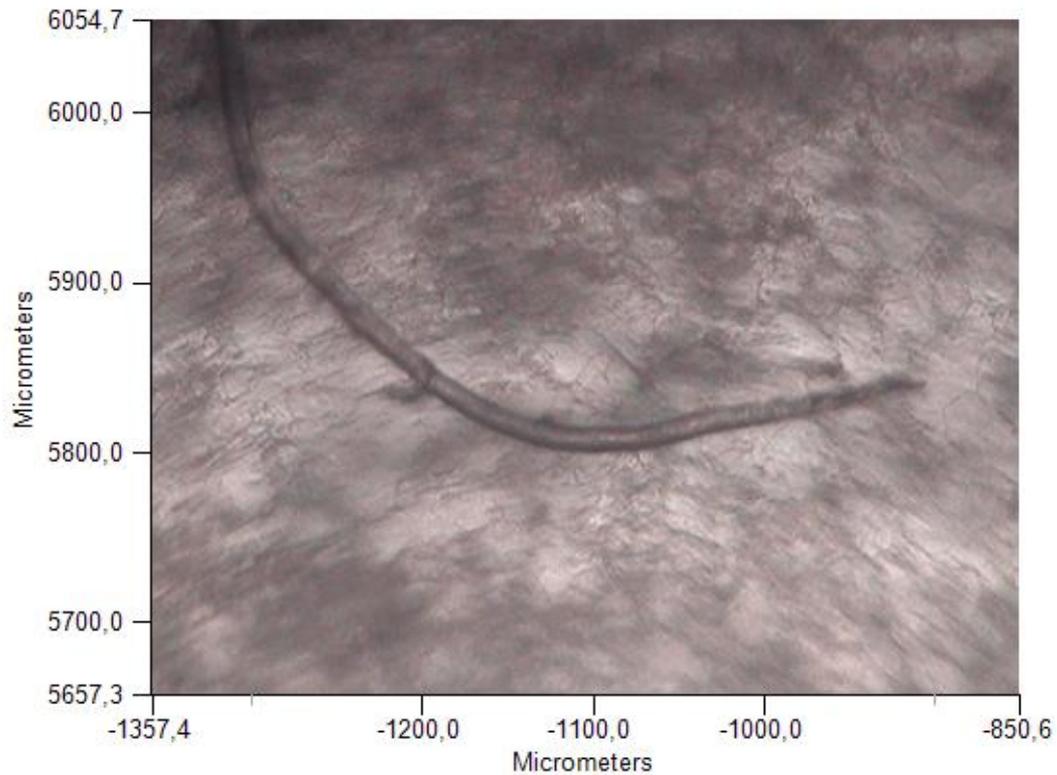
— FIT1 Muestra en -2814,00 μm (X), 3748,00 μm (Y), -1461,00 μm (Z)
- - - DA3131 HOECHST FIBERS/ TREVIRA (POLYESTER) WH STAPLE 17U NBS-A0049

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIT1	Superposición	0,609333	DA3131	HOECHST FIBERS/ TREVIRA (POLYESTER) WH STAPLE 17U NBS-A0049



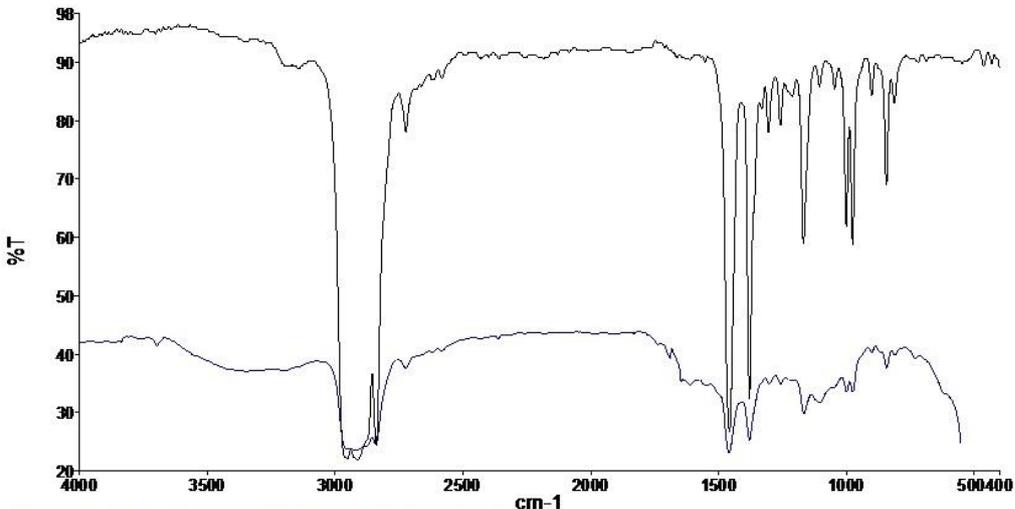


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FIT2	Superposición	0,758152	DA3131	HOECHST FIBERS/ TREVIRA (POLYESTER) WH STAPLE 17U NBS-A0049



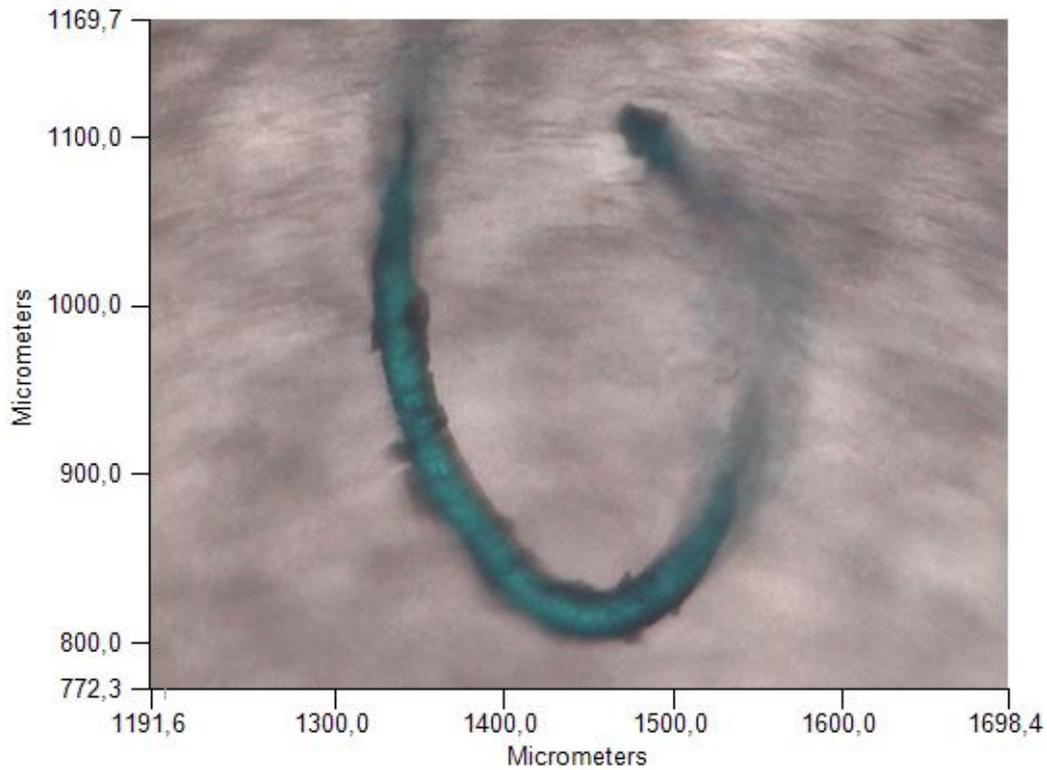
Analista
Fecha

Administrator
viernes, 15 de diciembre de 2023 12:50



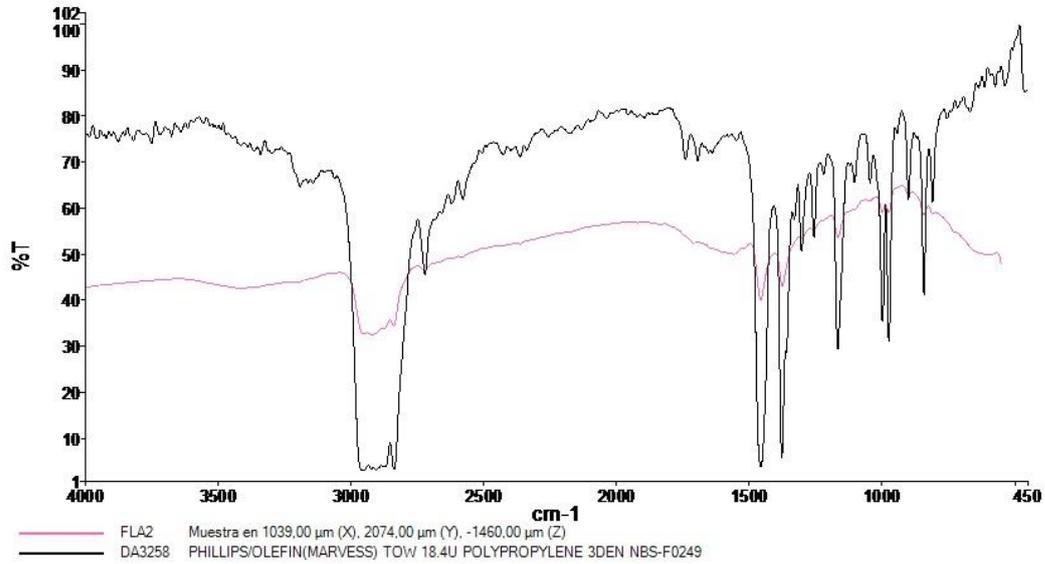
FLA1 Muestra en 1546,00 μm (X), 925,00 μm (Y), -1548,00 μm (Z)
F10042 CTA 87 E0398 OLEFIN (POLYPROPYLENE)

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FLA1	Superposición	0.943116	F10042	CTA 87 E0398 OLEFIN (POLYPROPYLENE)

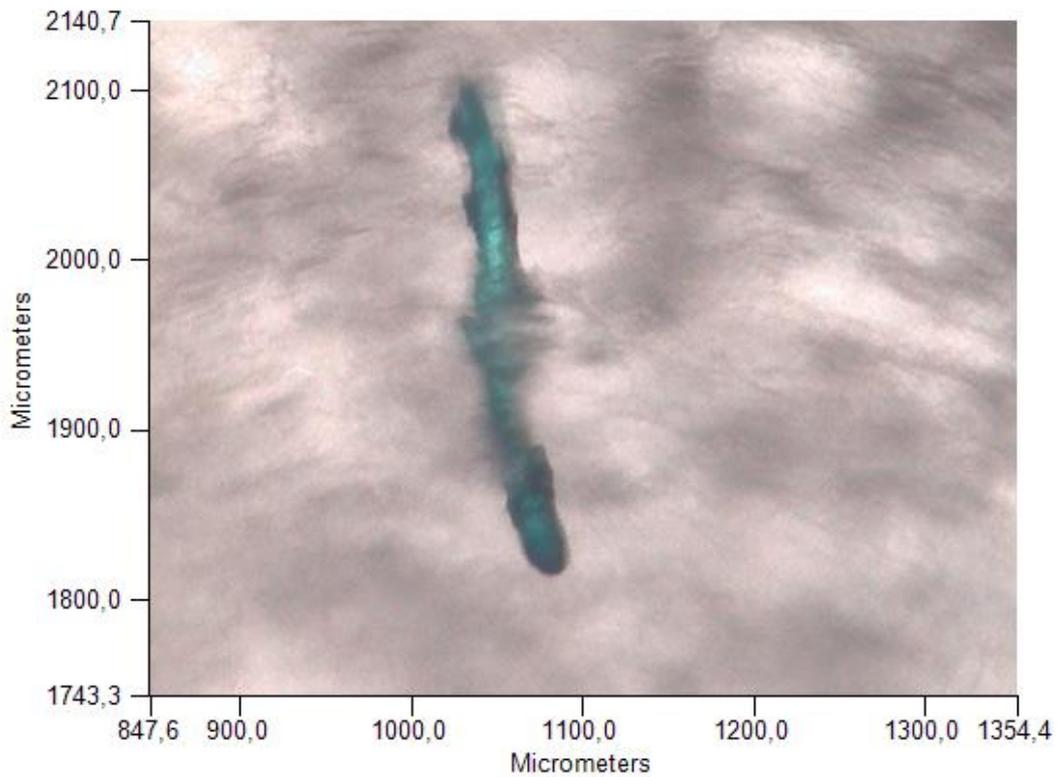


Analista
Fecha

Administrator
viernes, 15 de diciembre de 2023 12:51

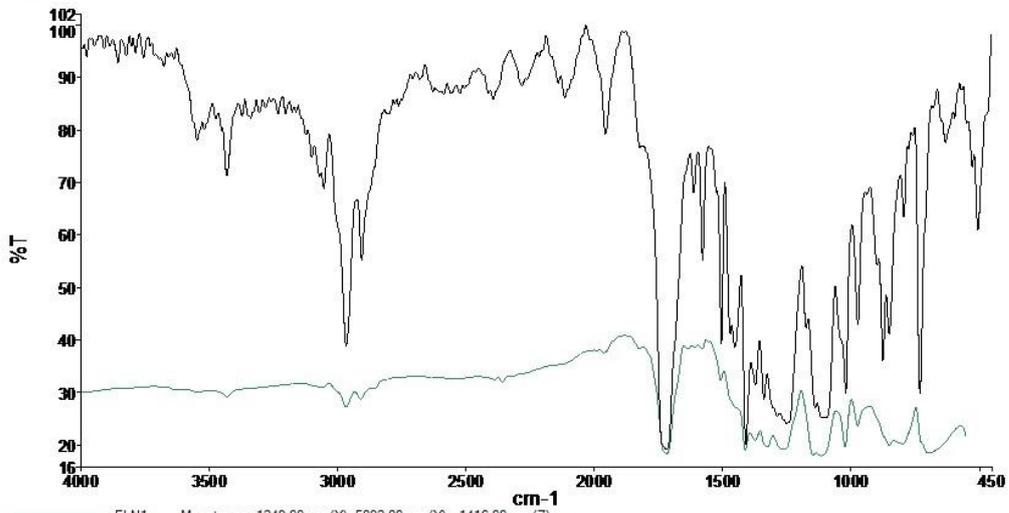


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FLA2	Superposición	0,951053	DA3258	PHILLIPS/OLEFIN(MARVESS) TOW 18.4U POLYPROPYLENE 3DEN NBS-F0249



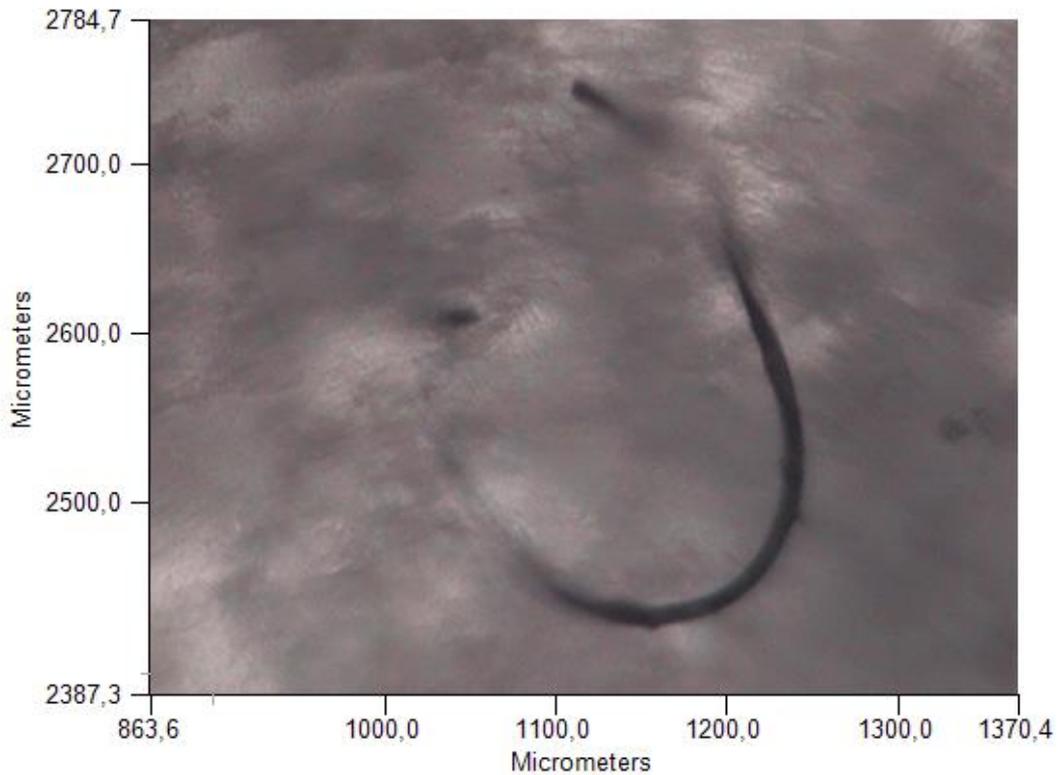
Analista
Fecha

Administrator
viernes, 15 de diciembre de 2023 12:52



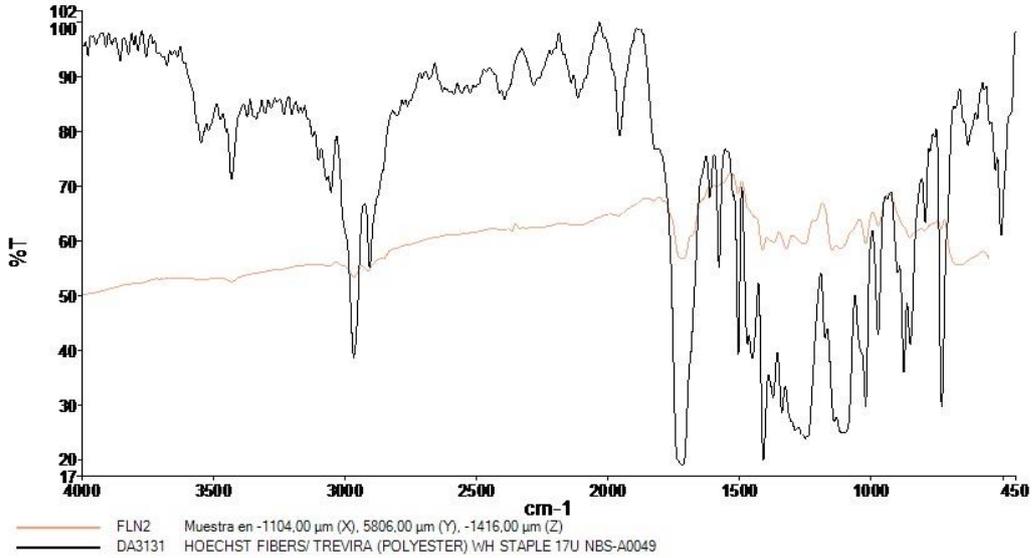
— FLN1 Muestra en -1249,00 μm (X), 5892,00 μm (Y), -1416,00 μm (Z)
— DA3131 HOECHST FIBERS/ TREVIRA (POLYESTER) WH STAPLE 17U NBS-A0049

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FLN1	Superposición	0,758152	DA3131	HOECHST FIBERS/ TREVIRA (POLYESTER) WH STAPLE 17U NBS-A0049

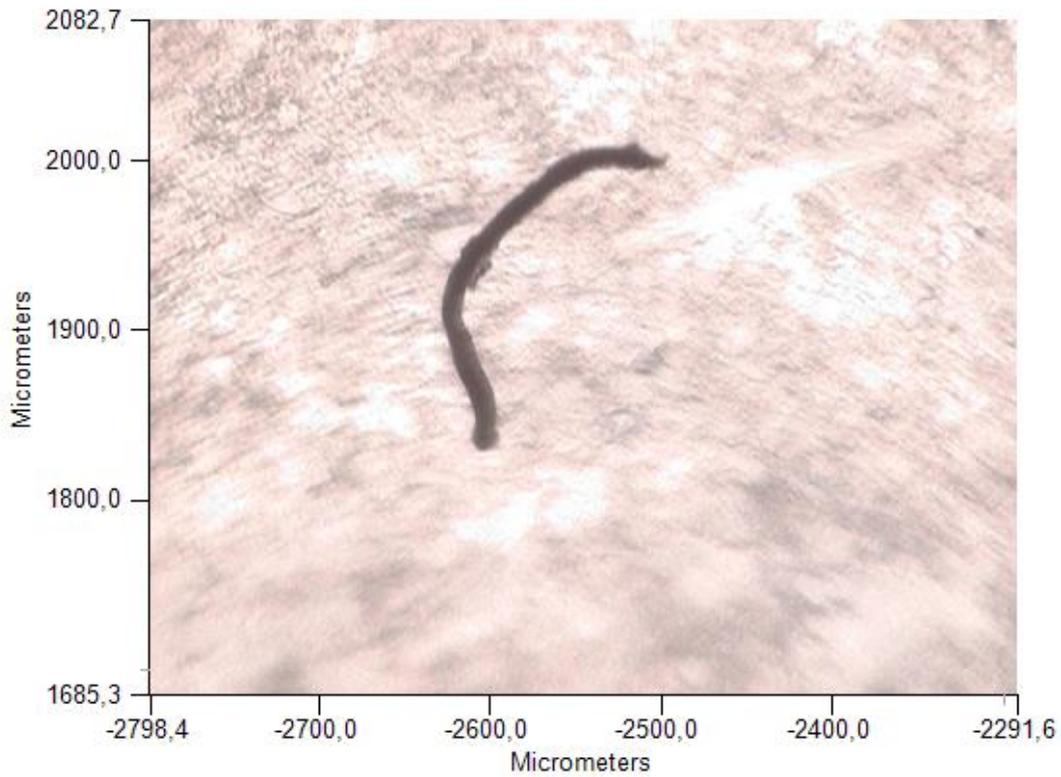


Analista
Fecha

Administrator
viernes, 15 de diciembre de 2023 12:53

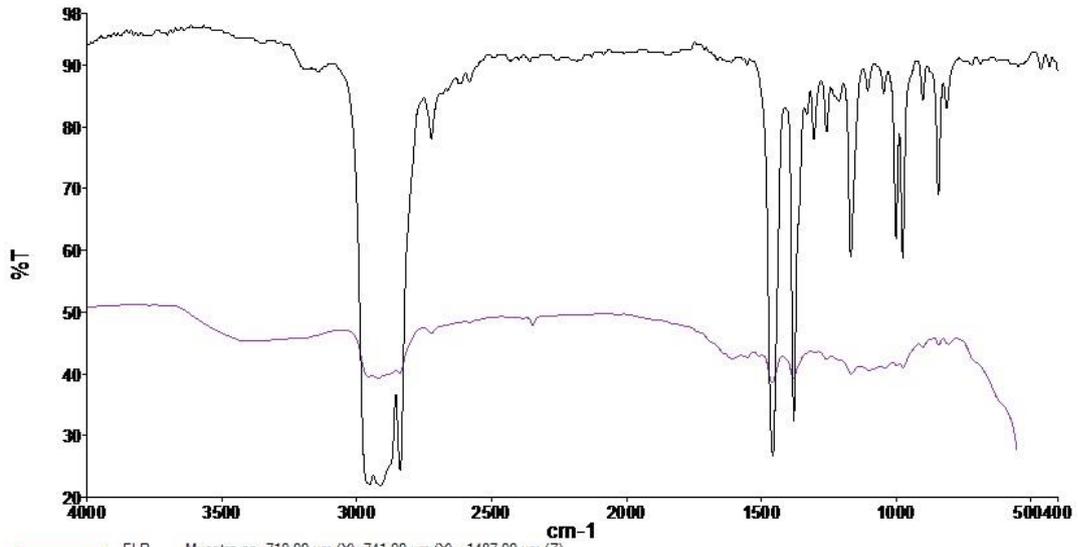


Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FLN2	Superposición	0,648005	DA3131	HOECHST FIBERS/ TREVIRA (POLYESTER) WH STAPLE 17U NBS-A0049



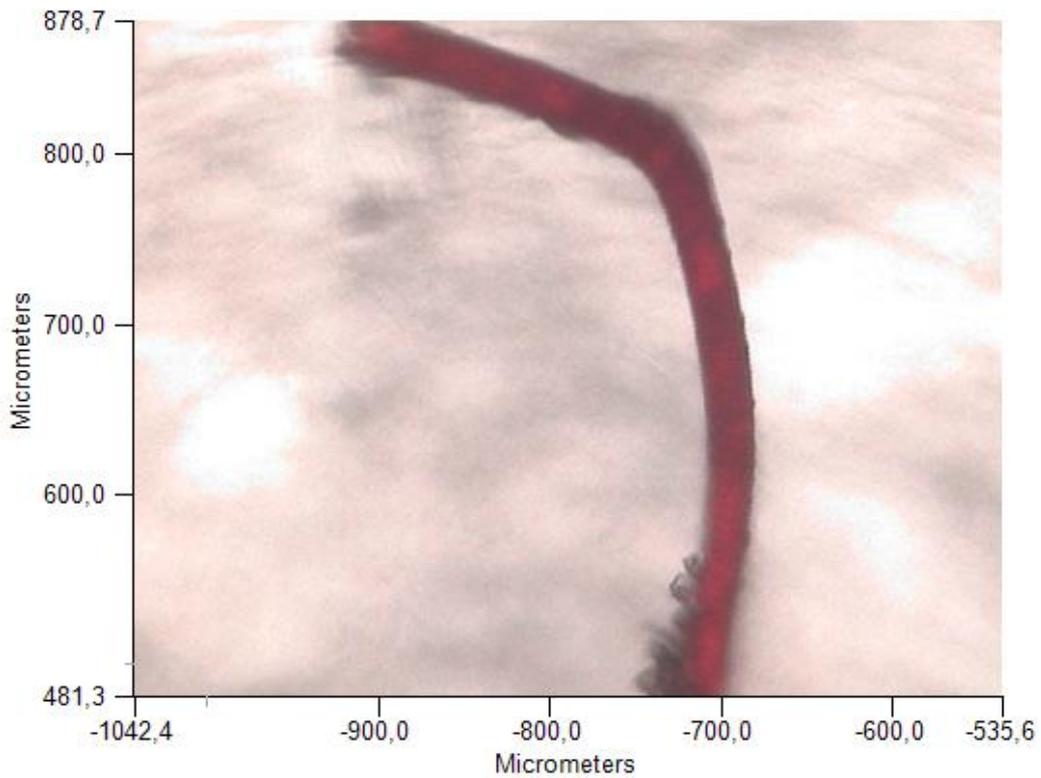
Analista
Fecha

Administrator
viernes, 15 de diciembre de 2023 12:55



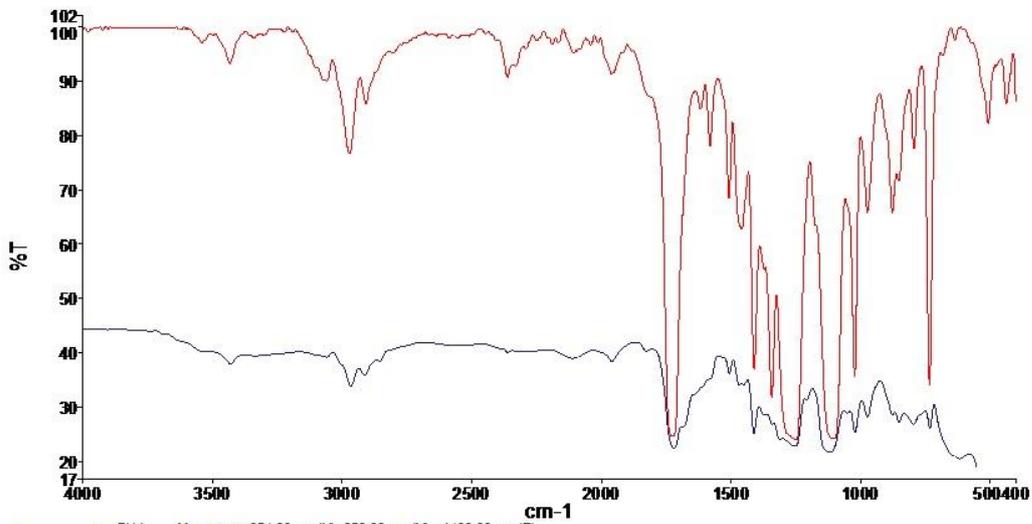
— FLR Muestra en -710,00 μm (X), 741,00 μm (Y), -1487,00 μm (Z)
— FI0042 CTA 87 E0398 OLEFIN (POLYPROPYLENE)

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FLR	Superposición	0,882718	FI0042	CTA 87 E0398 OLEFIN (POLYPROPYLENE)



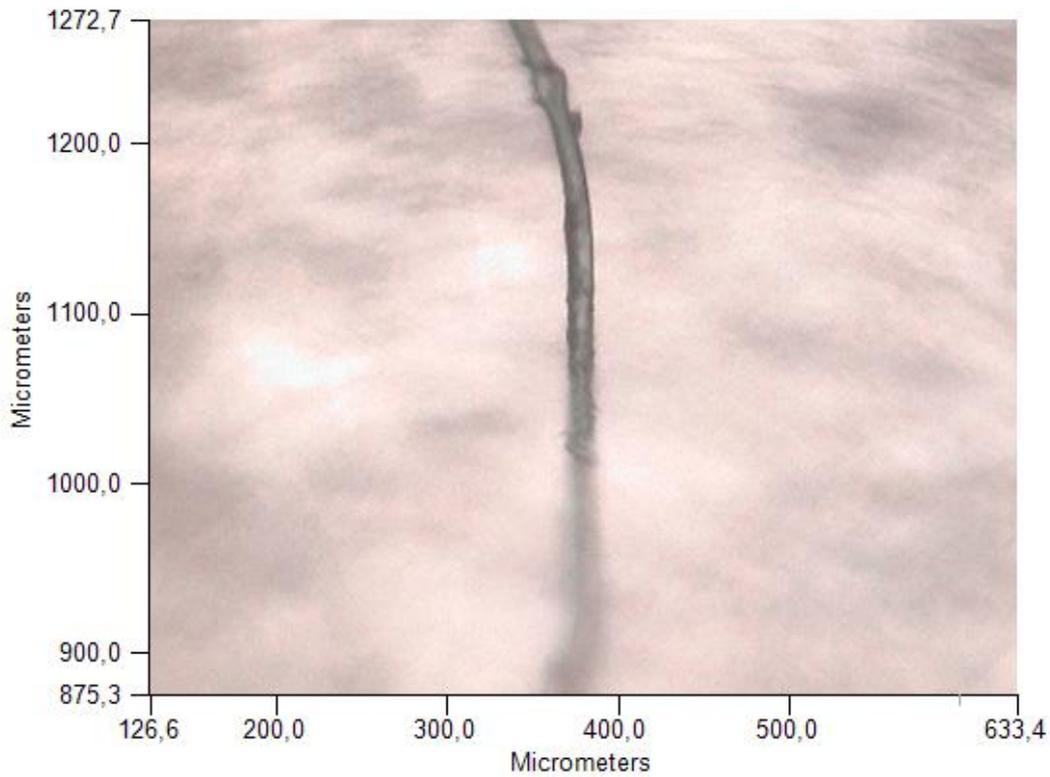
Analista
Fecha

Administrador
viernes, 15 de diciembre de 2023 12:56



— FLV Muestra en 354,00 μm (X), 853,00 μm (Y), -1439,00 μm (Z)
— FI0115 CTA 87 A0349 POLYESTER (HOECHST) CROSS SECTION ROUND

Espectros de origen				
Sample Name	Range	Search Score	Search Best Hit	Search Best Hit Description
FLV	Superposición	0,801381	FI0115	CTA 87 A0349 POLYESTER (HOECHST) CROSS SECTION ROUND



Descripción de los materiales sintéticos encontrados

Rayón o viscosa: El rayón (en Europa se la denominó viscosa) es una fibra artificial celulósica manufacturada y regenerada. La celulosa proveniente de fibras de madera o algodón se trata con hidróxido de sodio, y luego se la mezcla con disulfuro de carbono para formar xantato de celulosa, el cual se disuelve luego en más hidróxido de sodio. La viscosa resultante se extruye en un baño ácido o bien a través de una ranura para hacer celofán, o a través de un pequeño orificio para fabricar rayón. El ácido vuelve a convertir la viscosa en celulosa.

Polietilenimina celulosa (PEI): La Polietilenimina (PEI) es un polímero obtenido a partir de monómeros de etilenimina. Según su estructura molecular, este compuesto puede ser lineal o ramificado. En su estructura, el PEI contiene una gran cantidad de grupos amino, que pueden ser primarios, secundarios o terciarios, según si presentan dos, uno o ningún enlace con átomos de hidrógeno. El PEI lineal sólo presenta grupos amino secundarios, a diferencia del PEI ramificado, que contiene los tres tipos de grupos amino.

Acrílico (PAN/PAA): La fibra acrílica es una fibra sintética elaborada a partir de acrilonitrilo, del que deriva su nombre genérico. El acrilonitrilo se obtuvo por primera vez en Alemania en 1893. Fue uno de los productos químicos utilizados por Carothers y su equipo en la investigación fundamental sobre altos polímeros que se llevó a cabo en la compañía Du Pont.

Poliéster (PET): El poliéster es una categoría de polímeros que contiene el grupo funcional éster en su cadena principal. Los poliésteres que existen en la naturaleza son conocidos desde 1830, pero el término poliéster generalmente se refiere a los poliésteres sintéticos (plásticos), provenientes de fracciones pesadas del petróleo. Como resultado del proceso de polimerización, se obtiene la fibra, que en sus inicios fue la base para la elaboración de los hilos para coser y que actualmente tiene múltiples aplicaciones, como la fabricación de botellas de plástico que anteriormente se elaboraban con PVC.

Polipropileno (PP): El polipropileno (PP) es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno). Pertenece al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, algunos muebles o equipamiento, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos metalúrgicos como el acetato de sodio.

Tereftalato de polietileno (TPE): El tereftalato de polietileno, politereftalato de etileno, polietilentereftalato o polietileno tereftalato es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles. Algunas compañías manufacturan este y otros poliésteres bajo diferentes marcas comerciales que han pasado al uso común, por ejemplo, en los Estados Unidos y el Reino Unido usan los nombres de Mylar y Melinex. Químicamente es un polímero que se obtiene mediante una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol. Pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres.

Metacrilato (PMMA): El metacrilato, también conocido por sus siglas PMMA, es uno de los plásticos de ingeniería. La placa de acrílico se obtiene de la polimerización del metacrilato de metilo y la presentación más frecuente que se encuentra en la industria del plástico es en gránulos o en placas.

Compite en cuanto a aplicaciones con otros plásticos como el policarbonato (PC) o el poliestireno (PS), pero el acrílico se destaca frente a otros plásticos transparentes en cuanto a resistencia a la intemperie, transparencia y resistencia al rayado.



Por estas cualidades es utilizado en la industria del automóvil como el faro del coche, iluminación, cosméticos, espectáculos, construcción y óptica, entre muchas otras. En el mundo de la medicina se utiliza la resina de polimetilmetacrilato para la fabricación de prótesis óseas y dentales y como aditivo en polvo en la formulación de muchas de las pastillas que podemos tomar por vía oral. En este caso actúa como retardante a la acción del medicamento para que esta sea progresiva.

Poliétileno (PE): El polietileno (PE) es químicamente el polímero más simple. Se representa con su unidad repetitiva $(CH_2-CH_2)_n$. Es uno de los plásticos más comunes debido a su bajo precio y simplicidad en su fabricación, lo que genera una producción de aproximadamente 80 millones de toneladas anuales en todo el mundo. Es químicamente inerte. Se obtiene de la polimerización del etileno (de fórmula química $CH_2=CH_2$ y llamado eteno por la IUPAC), del que deriva su nombre.

Poliuretano (PU): El poliuretano es un polímero que se obtiene de bases hidroxílicas combinadas con diisocianatos. Los poliuretanos se clasifican en dos grupos, definidos por su estructura química, diferenciados por su comportamiento frente a la temperatura. De esta manera pueden ser de dos tipos: Poliuretanos termoestables o poliuretanos termoplásticos (según si degradan antes de fluir o si fluyen antes de degradarse, respectivamente). Los poliuretanos termoestables más habituales son espumas, muy utilizadas como aislantes térmicos y como espumas resilientes. Entre los poliuretanos termoplásticos más habituales destacan los empleados en elastómeros, adhesivos selladores de alto rendimiento, suelas de calzado, pinturas, fibras textiles, sellantes, embalajes, juntas, preservativos, componentes de automóvil, en la industria de la construcción, del mueble y múltiples aplicaciones más.