

Estudio de Fibras Textiles Naturales: Aportes de la Microscopía al Ámbito Forense

Oriana Núñez¹

Emilia Gabriela Bruquetas Correa²

Ingrid Geraldine Melis³

Lucrecia Belén Billordo⁴

Alexia Elena Nobile⁵

Gisela Lucila Forlin⁶

Tipo de artículo: Artículo de investigación

Recibido: 02 de enero de 2025. Aprobado: 30 de junio de 2025

DOI: 10.53995/25390147.1841

Resumen: El lugar del hecho es el espacio donde se desarrolla y materializa un delito, en el que se encuentran indicios y cuyo estudio puede permitir el esclarecimiento de este. En la actividad del

¹Lic. en Criminalística. Becaria de investigación, categoría BEI, Tipo I, Secretaría General de Ciencia y Técnica. Adscripta a la asignatura Química Analítica e Instrumental en el Instituto de Ciencias Criminalísticas y Criminología - Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina. ORCID <https://orcid.org/0009-0001-4797-3171>; oriananunez0@gmail.com. Uruguay N°980, Corrientes, Corrientes, Argentina, CP:3400.

²Mgter. en Metodología de la Investigación Científica. Adjunta a cargo de las asignaturas Formación Criminalística II y Criminalística Documentológica II en el Instituto de Ciencias Criminalísticas y Criminología - Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina. ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5179-0418>; gabrielabruquetas@gmail.com

³Mgter. en Metodología de la Investigación Científica. Adjunta a cargo de las asignaturas Formación Criminalística I y Metodología de la Investigación en el Instituto de Ciencias Criminalísticas y Criminología - Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina. ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5795-3599>; ingridmelis72@gmail.com

⁴Becaria de investigación categoría Pregrado, Secretaría General de Ciencia y Técnica. Estudiante de la carrera Licenciatura en Criminalística. Instituto de Ciencias Criminalísticas y Criminología - Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina. ORCID <https://orcid.org/0009-0002-4439-2387>; lucreciabillordo1@gmail.com

⁵Lic. en Criminalística. Adscripta a la asignatura Química Analítica e Instrumental en el Instituto de Ciencias Criminalísticas y Criminología - Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina. ORCID <https://orcid.org/0009-0001-8488-8777>; alenobile1711@gmail.com

⁶Mgter. en Química Analítica. Adjunta a cargo de la asignatura Química Analítica e Instrumental en el Instituto de Ciencias Criminalísticas y Criminología - Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2279-297X>; gisela.forlin@comunidad.unne.edu.ar

criminalista resulta relevante el abordaje de indicios tales como pelos, fibras u otros rastros, que brindan información respecto a la presencia de una persona u objeto en el lugar del hecho. El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar física y morfológicamente diferentes tipos de fibras, y la generación de un catálogo de patrones de utilidad en la actividad judicial. Para ello, se seleccionaron fibras naturales representativas; además, se observaron y fotografiaron a simple vista, utilizando luz natural y artificial en diferentes ángulos de incidencia y con lupa cuentahílos. Se continuó con un análisis con Microscopía óptica de campo claro y con Microscopía electrónica de Barrido. De esta forma, se lograron imágenes en alta resolución y variada magnificación de fibras naturales, acompañadas con sus respectivas descripciones de particularidades físicas y morfológicas. Se concluye que, para las ciencias forenses, el examen de fibras puede aportar al esclarecimiento de hechos delictivos, contribuyendo en la determinación de la sucesión de acontecimientos, la existencia de transferencia y la procedencia de estas en vínculo con las muestras textiles.

Palabras clave: Criminalística, escena del hecho, evidencia física, técnicas microscópicas.

Study of Natural Textile Fibers: Contributions from Microscopy to the Forensic Science Field

Abstract: The crime scene is the place where a crime occurs and materializes, where there is evidence, whose study may allow for the clarification of the crime. The criminalist's activity is relevant to the approach to evidence such as hairs, fibers or other traces, which provide information about the presence of a person or an object at the crime scene. The aim of this study was to characterize physically and morphologically different types of fibers and to generate a catalogue of patterns useful in judicial activity. For this purpose, representative natural fibers were selected,

observed and photographed with the naked eye, using natural and artificial light at different angles of incidence and with a thread-counting magnifying glass. The analysis was followed by brightfield optical microscopy and scanning electron microscopy. This resulted in high-resolution images at various magnifications of natural fibers, accompanied by descriptions of their physical and morphological characteristics. For forensic science, the examination of fibers can contribute to the clarification of criminal acts, helping to determine the sequence of events, the existence of transfer and the origin of the fibers in connection with textile samples.

Keywords: Criminalistics, crime scene, evidence, microscopic techniques.

Estudo de Fibras Têxteis Naturais: Contribuições da Microscopia para o Campo Forense

Resumo: O local do crime é o sítio onde ocorre e se materializa um crime, onde são encontrados indícios, cujo estudo pode levar ao esclarecimento do crime. Na atividade do criminalista é relevante a abordagem de indícios como cabelos, fibras ou outros vestígios, que fornecem informações sobre a presença de uma pessoa ou objeto no local do crime. O objetivo deste trabalho é caracterizar física e morfologicamente diferentes tipos de fibras, e gerar um catálogo de padrões úteis na atividade judicial. Para o efeito, foram selecionadas fibras naturais representativas, que foram observadas e fotografadas a olho nu, com luz natural e artificial em diferentes ângulos de incidência e com uma lente de aumento. A análise foi seguida de microscopia ótica de campo claro e de microscopia eletrónica de varrimento. Desta forma, obtiveram-se imagens de alta resolução de fibras naturais em várias ampliações, acompanhadas das respectivas descrições das características físicas e morfológicas. Conclui-se que, para as ciências forenses, o exame de fibras pode contribuir para o esclarecimento de atos criminosos, contribuindo para a determinação da

sequência de acontecimentos, da existência de transferência e da origem da mesma em relação a amostras têxteis.

Palavras-chave: Criminalística, cena de crime, evidência física forense, técnicas microscópicas.

Introducción

“La Criminalística es la disciplina que aplica, fundamentalmente, los conocimientos, métodos y técnicas de investigación de las ciencias naturales en el examen del material sensible significativo relacionado con un presunto hecho delictivo” (Moreno González, 2002, p. 17). Su finalidad es determinar, en colaboración con los órganos encargados de administrar justicia, su existencia o bien reconstruirlo, o bien señalar y precisar la intervención de uno o varios sujetos en el mismo.

El hecho delictivo ocurre en un espacio específico conocido como lugar del hecho, donde se desarrolla y materializa el suceso. En este entorno, es posible revelar indicios objetivamente contrastables, capaces de esclarecer el mismo. Igualmente, cuando los indicios hallados en la escena del hecho guardan relación con el caso, se denominan evidencia física. Esta, se transforma en prueba a través del método científico, contribuyendo así a la búsqueda de la verdad real de los hechos (Cardini, 2001; Silveyra, 2006).

Durante el desarrollo de un hecho, se originan diversas interacciones entre los individuos involucrados en los distintos actos que tienen lugar. Durante las mismas, y de acuerdo con el principio de divisibilidad de la materia (Inman & Rudin, 2000), desde la perspectiva criminalística, cualquier elemento puede dividirse en componentes más pequeños (trazas) cuando se le aplica una fuerza suficiente. Estas trazas conservan las características propias del proceso de división y las propiedades fisicoquímicas de la pieza originaria, lo que puede permitir su identificación. Tras la

producción de las trazas, se origina el intercambio de los indicios entre el autor, la víctima y la escena del crimen (Locard y Bon, 1935) acorde con el principio de intercambio. Es así como, a partir del contacto e interacción de prendas entre objetos y/o sujetos, se generan distintos indicios forenses.

Los indicios que surgen como trazas del objeto original, pueden consistir en pelos, fibras u otros pequeños rastros. Con respecto a la fibra, esta puede ser una sustancia natural o artificial, significativamente más larga que ancha, de tipo sólido con una pequeña sección transversal y una elevada relación longitud-sección (Guzmán, 2011; Lockuán Lavado, 2012).

En este sentido, las fibras se diferencian en dos grandes grupos: las fibras naturales y las fibras artificiales (también denominadas químicas). “Las naturales son las que provienen de la naturaleza, y pueden ser de origen vegetal (algodón, lino, cáñamo, yute, ramio, esparto, etc.), de origen animal (lana, seda y pelos de animales), o de origen mineral (asbesto)” (Cardini, 2001, p. 50). Las fibras químicas se logran a partir de productos extraídos del petróleo que dan lugar a fibras sintéticas (poliéster, poliamida (nylon), fibras acrílicas, elastano, poliolefinas, poliuretanos, etc.) (Gacén, 1998; Ziarsolo y Sánchez, 2016).

Generalmente, los elementos cotidianos, como prendas de vestir, alfombras, asientos, mantas, etc., contienen entre sus componentes material fibroso, por lo que cualquier tipo de fibra, descubierta en la escena del hecho, requiere atención, dado que puede representar el intercambio del individuo hacia el medio y viceversa (Guzmán, 2011; Madrid Rodríguez, 2020).

En este contexto, la actividad del criminalista consiste en determinar si una fibra hallada en la escena, considerada como dubitada (de procedencia dudosa), tiene relación con el hecho en estudio. En tal sentido, corresponde realizar una observación minuciosa, a fin de detallar características tales como color, tamaño, forma, naturaleza, aspecto de la superficie y de su uso, a

través del tiempo. A partir de ello, en caso de disponer de fibras indubitadas, se realiza el cotejo, pudiendo resultar una correspondencia entre estas, lo que permite determinar su procedencia.

El primer contacto con las fibras es en la escena del hecho, donde se halla, recoge y preserva esta evidencia. Este trabajo continúa en el laboratorio con el examen en profundidad, mediante la observación con iluminación natural y artificial en diferentes ángulos de incidencia e instrumentos ópticos de magnificación variada, como ser lupas, microscopio óptico (MO) y microscopio electrónico de barrido (MEB) (Frank *et al.*, 2009). Este último es un valioso instrumental de análisis superficial, dado que presenta una mayor resolución frente a cualquier instrumento óptico.

El examen de las fibras para las ciencias forenses puede contribuir de diversas maneras en el esclarecimiento de un suceso, permitiendo establecer, por ejemplo, una sucesión de acontecimientos provee características del ambiente circundante, determina la existencia de transferencia y procedencia de estas. Para llevar adelante la comparación, el perito debe conocer las características propias de las fibras más usuales, ello permitirá optimizar la tarea de cotejo.

Es importante destacar que en la disciplina se cuenta con escasa información de las características físicas y morfológicas de las fibras naturales y artificiales. Por tal motivo, el objetivo del presente estudio se centró en la generación de un catálogo forense para la identificación de fibras naturales. Para esto, se llevó a cabo una caracterización exhaustiva de muestras de origen indubitado, se describieron sus particularidades físicas y morfológicas (forma, extensión, fisonomía, tamaño, aspecto superficial, entre otros), mediante observaciones y registros fotográficos realizados con MO y MEB. Esta información se organizó en imágenes ilustrativas con descripciones precisas, con la finalidad de mejorar significativamente la eficacia del cotejo de fibras, en caso de que así lo requiriera, el ámbito de las ciencias forenses.

Muestras Indubitadas y Dispositivos Ópticos Empleados

Se recolectaron un total de 30 muestras textiles compuestas por diversos tipos de fibras, provenientes de comercios locales y donaciones de modistas. Cada muestra fue preservada, organizada y rotulada en sobres de papel, que se almacenaron en un bibliorato. Además, se clasificaron según su naturaleza y el orden de recepción, consignándose en una ficha técnica las particularidades generales y los datos de interés de cada muestra.

Para el presente trabajo, se seleccionan las fibras naturales (FN) más representativas del total recolectado, correspondiendo a muestras de lienzo, ao poí⁷, aguayo, lana cruda de oveja, gabardina, arciel, oxford y batista. La selección de las muestras de lienzo, gabardina, arciel, oxford y batista se realizó dado que forman parte de prendas de vestir de uso cotidiano en la población argentina. Mientras que, el ao poí, textil proveniente de Paraguay fue analizado debido a la proximidad geográfica de la ciudad de Corrientes, Argentina, con dicho país, por lo que el intercambio en materia de textiles es habitual. Asimismo, el aguayo constituye un tejido típico de la región noroeste argentino. Por último, respecto de la lana cruda de oveja, el interior de la provincia de Corrientes se destaca por su producción ovina, empleada en la confección de prendas. Por lo expuesto, el estudio de este tipo de tejidos, de circulación habitual, lo hace un material significativo que contribuye al análisis de un hecho criminal. Dichas muestras fueron identificadas con la siguiente numeración: FN N°1, FN N°2, FN N°3, FN N°4, FN N°5, FN N°6, FN N°7 y FN N°8.

Para el procesamiento y la extracción de fibras, se utilizó una pinza fina para obtener fibras aisladas. Para el montaje en el MO de campo claro, Leica DM500 con cámara incorporada Leica

⁷ Tipo de tejido tradicional de Paraguay, ao poí, del guaraní, “tejido fino”.

ICC 50W, se usaron portaobjetos, cubreobjetos y cinta de papel para fijar las muestras al soporte. Las fibras presentaban un tamaño aproximado de 1 cm x 1 cm aproximadamente.

Para el montaje en el MEB, JEOL 5800LV, se siguieron los protocolos sugeridos por Salgado & Galíndez (2023). Se utilizaron porciones de las muestras de aproximadamente 5 mm x 7 mm, las cuales se colocaron en un disco de aluminio de 5 cm de diámetro, adheridas con cinta bifaz. Este disco fue metalizado con un fino baño de oro, utilizando un metalizador Denton Vacuum Desk II.

Metodología de Análisis de las Muestras Estudiadas

El análisis comenzó con la observación de las muestras a simple vista, utilizando fuentes de luz natural y artificial en diferentes ángulos de incidencia. A continuación, se utilizó una lupa cuentahilos de 10x de magnificación, de uso habitual en la disciplina. El estudio prosiguió con la exploración con MO de campo claro, con aumentos de 4X a 10X; en segunda instancia, con MEB, bajo las siguientes condiciones de trabajo: aceleración de voltaje de filamento: 15kV; distancias de trabajo: 48 mm, 20mm; y magnificaciones de 20X a 2000X.

Durante el desarrollo de estas tareas, se tomaron y capturaron imágenes fotográficas de cada observación realizada. Estas imágenes permitieron visualizar, describir y analizar las características físicas y morfológicas de las muestras examinadas. Asimismo, con dichas imágenes, se elaboró un catálogo ilustrado de cada muestra trabajada.

Fibras Estudiadas

Fibras de Lienzo

La muestra, de nombre comercial lienzo, presenta como fecha de toma el 22 de marzo de 2023 y fue donada por modista de la Ciudad de Corrientes (Argentina). Como características generales, la muestra exhibe un color blanco mate, sin diseño, de textura rugosa. Asimismo, no pierde hilos al contacto manual, se arruga fácilmente, es una tela gruesa y mínimamente elástica.

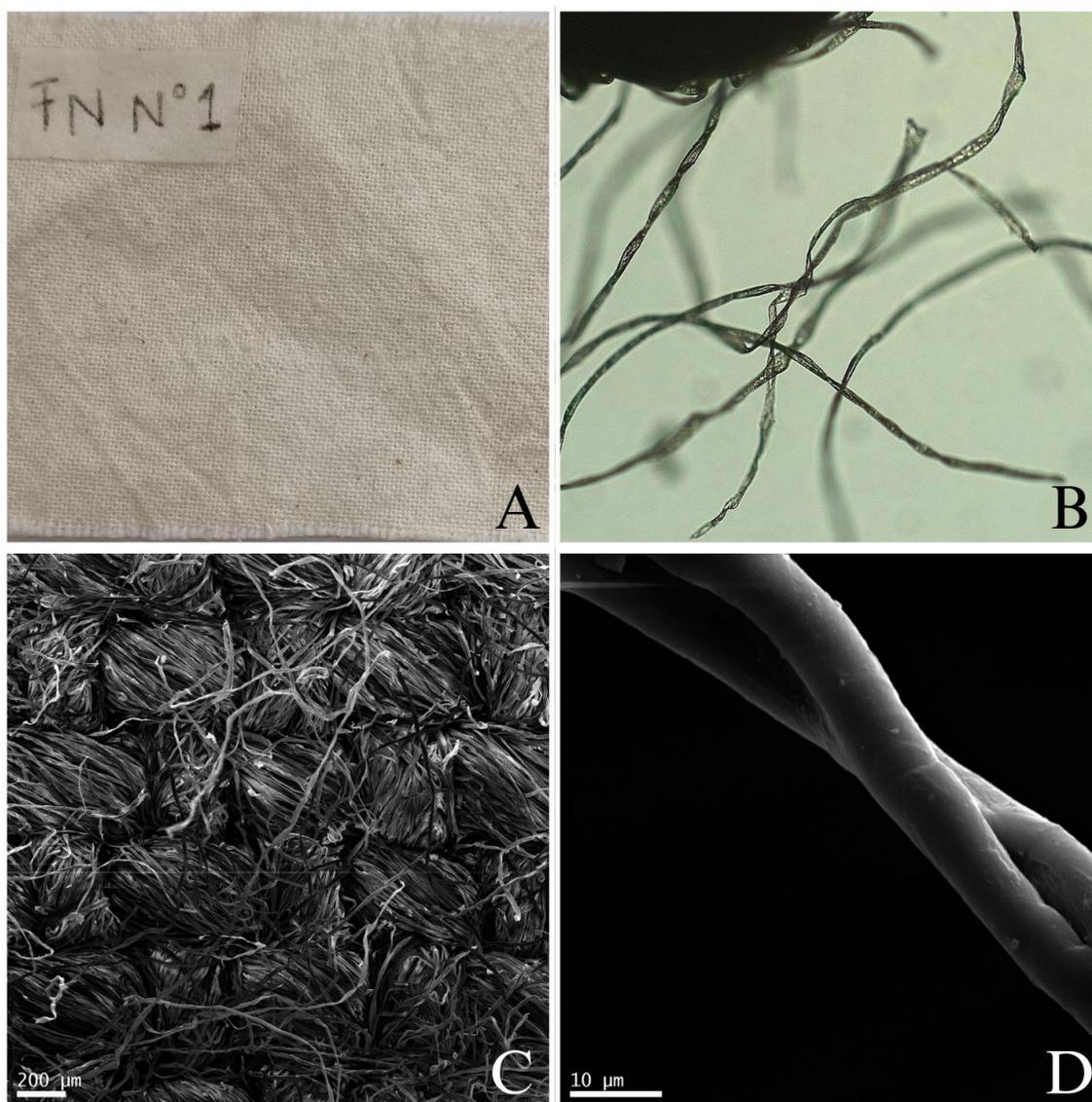
En el examen a simple vista, y con diversos ángulos de incidencia de luz artificial, el lienzo se observó opaco y áspero. Su tejido es uniforme y el espacio entre trama y urdimbre es pequeño. La observación de la muestra a trasluz permitió mínimamente el paso de luz (Figura 1-A).

Al examinar con MO, con magnificación 10X, se encontró que el tejido no presentó desprendimientos de fibras tanto en la trama como en la urdimbre y, a su vez, las mismas se encontraban desordenadas entre sí (Figura 1-B).

La observación por MEB, con magnificación 40X, permitió vislumbrar gran cantidad de fibras que sobresalen en diferentes direcciones, apreciando así un tejido desordenado. Asimismo, se visualizó que las fibras más sueltas tienen aspecto de cinta con una leve torsión (Figura N°1-C). El estudio de una fibra en particular, con magnificación de 1000X a 1500X, la reveló como una delgada cinta, de aspecto rugoso, que en su extensión se va torsionando sobre sí misma. Su superficie es irregular y estriada, presenta un canal en el centro de esta que se extiende en forma vertical (Figura 1-D).

Figura 1

Observación de fibras de lienzo (FN N°1)



Nota. A- A simple vista, B- Bajo MO (mag.:10X), C- Bajo MEB (mag.: 40X), D- Bajo MEB (mag.: 1500X). Fuente: elaboración propia.

Fibras de Ao Poí

Este ejemplar, de nombre ao poí, con procedencia de Paraguay, presenta fecha de toma el 27 de marzo de 2023 y fue donada por modista de la Ciudad de Corrientes (Argentina). Como características generales, el producto exhibe un color verde manzana intenso, sin diseño, de textura lisa y suave. Asimismo, pierde hilos al contacto manual, es una tela de grosor medio y poco elástica.

En el examen a simple vista, y con diversos ángulos de incidencia de luz artificial, el aó poí se observó brillante y prolijo, su tejido es uniforme y el espacio entre trama y urdimbre es mediano, lo que permitió el paso de luz transmitida fácilmente (Figura 2-A).

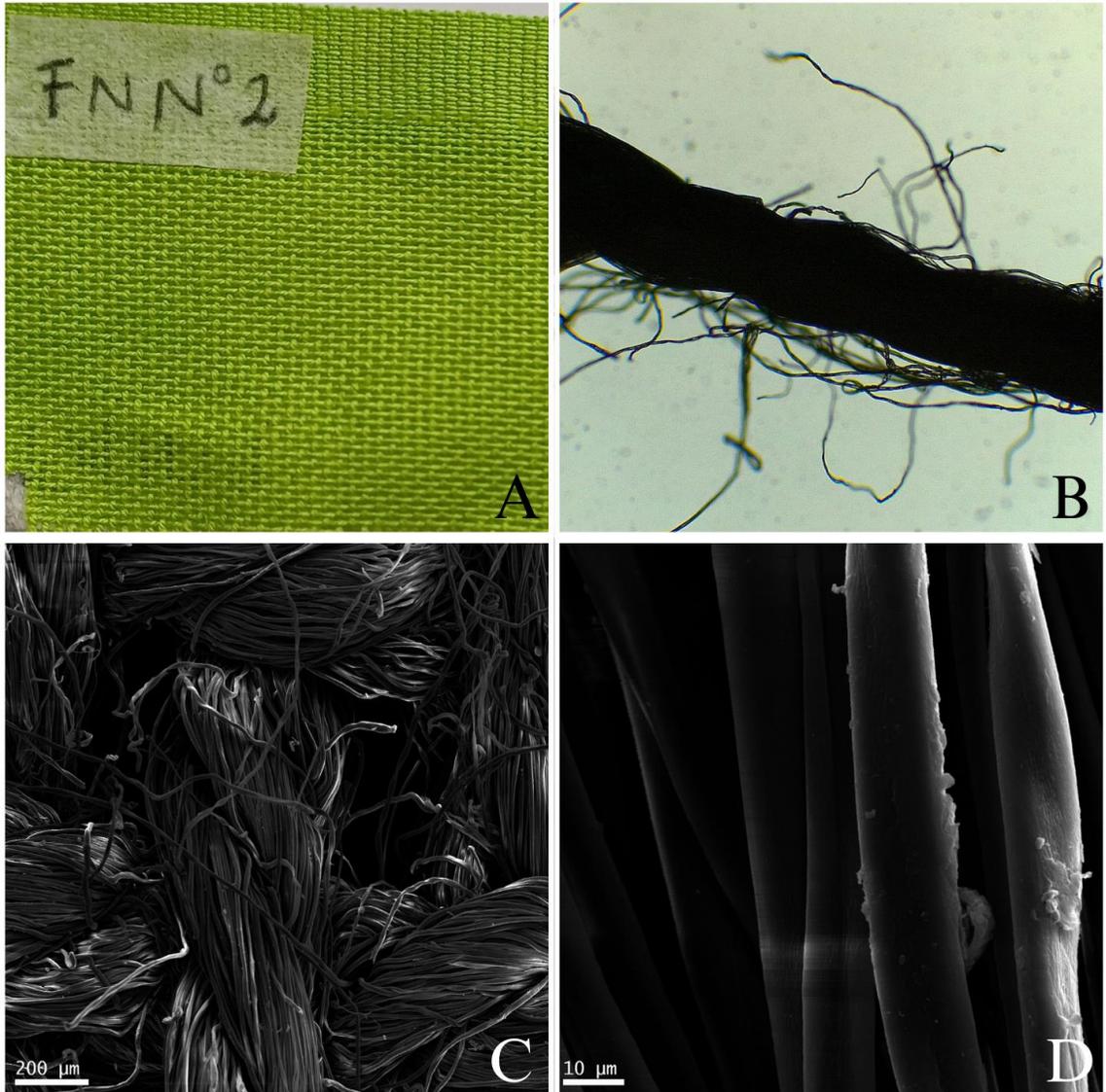
Al examinar con MO, con magnificación 4x, se vislumbró un tejido ordenado y con pocas fibras sueltas. Al aumentar a 10X, las fibras aisladas presentaron forma de cinta, con gran torsión sobre sí mismas, bordes regulares y centro más delgado, lo que permitió el paso de luz (Figura 2-B).

En la observación por MEB, con magnificación 60X, se observó que del tejido sobresalen pocas fibras en diferentes direcciones, siendo así más prolijo y ordenado. A su vez, el espacio entre trama y urdimbre es mayor. Asimismo, con 85x de magnificación, se advirtió que las fibras más sueltas tienen, en algunas ocasiones, forma circular y, en otras, forma de cinta, en ambos casos levemente torsionadas (Figura 2-C).

En el estudio con 1000X de magnificación, la fibra se presentó con forma de cinta redonda. Con aspecto rugoso, con mayor torsión en sus extremos, y pequeñas estrías y adherencias en su superficie. A su vez, la fibra reveló una pequeña cuenca en los extremos como así también en forma vertical. Tras aumentar a 1500X, se advirtió pequeñas escamas y zonas en que la fibra se vuelve más fina o más gruesa, lo que genera una extensión irregular (Figura 2-D).

Figura 2

Observación de fibras de aó poí (FN N°2)



Nota. A- A simple vista, B- Bajo MO (mag.:10X), C- Bajo MEB (mag.: 60X), D- Bajo MEB (mag.: 1000X). Fuente: elaboración propia.

Fibras de Aguayo

La muestra, de nombre aguayo, con procedencia de Bolivia, fue recolectada el 28 de marzo de 2023 y donada por una modista de la Ciudad de Corrientes (Argentina). Como características generales, la muestra exhibe variedad de colores como el blanco, fucsia, azul, naranja, negro y

tonalidades de marrón, con diseño nítido típico de la región, de textura áspera. Además, no pierde hilos fácilmente, es una tela muy gruesa y rígida.

En el examen a simple vista, y con diversos ángulos de incidencia de luz artificial, la muestra de aguayo se observó colorida, diseño bien demarcado, la trama y urdimbre se encuentran tejidos de manera uniforme, prolija y el espacio entre ambas es diminuto, por lo que, con luz transmitida, la muestra no permitió el paso de luz (Figura 3-A).

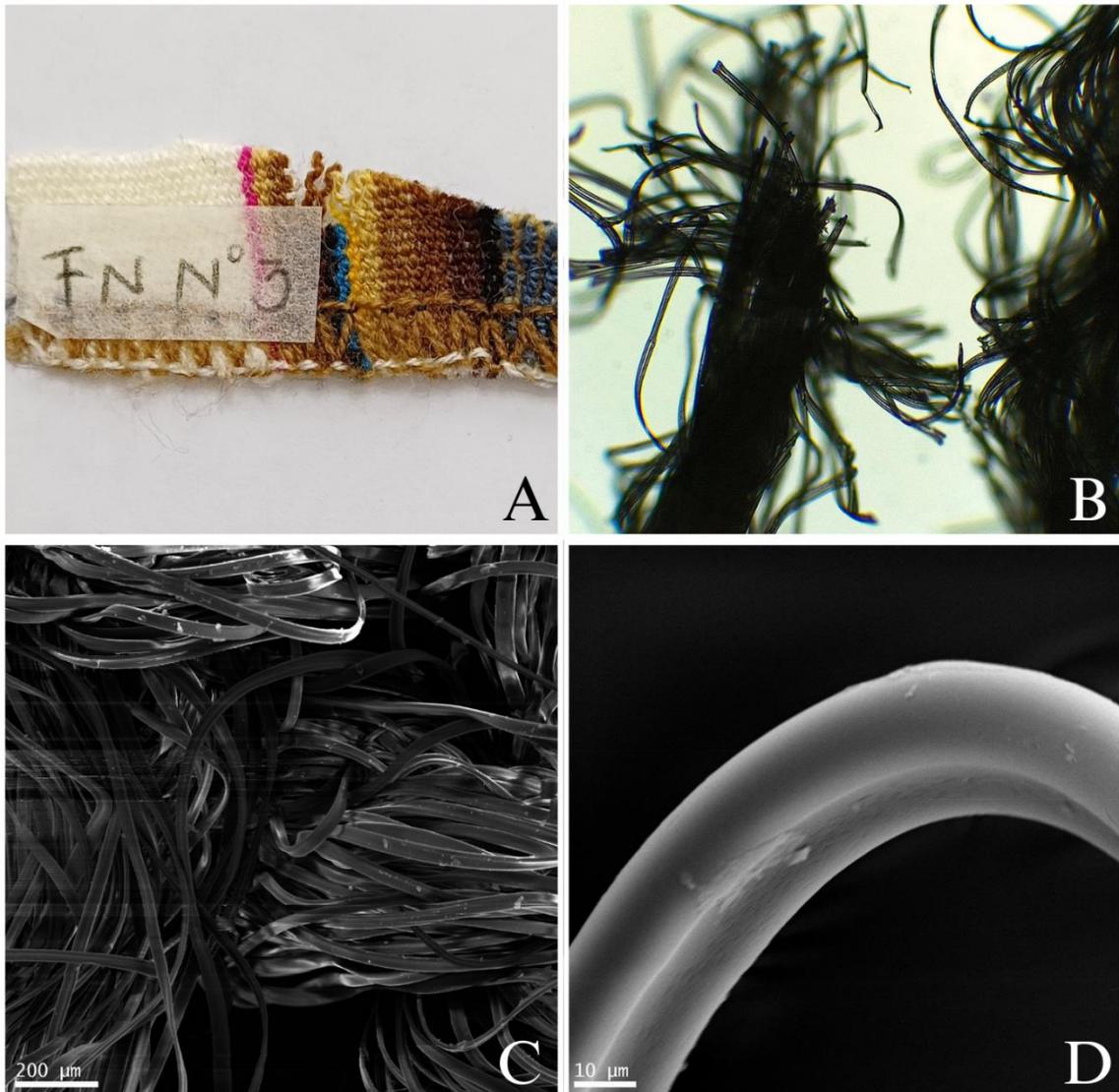
Al examinar con MO, con magnificación 4X, se observó un tejido cerrado, en el cual no se diferenciaban el orden de la trama y la urdimbre, otorgándole un aspecto desprolijo e irregular. Al aumentar a 10X, las fibras sueltas presentaron forma de cinta, con bordes rectos y pequeña curvatura en su extensión. Se advirtió un mayor paso de luz en el centro de la fibra, revelando una acanaladura prolongada (Figura 3-B).

La observación por MEB, a 65X de aumento, denotó gran cantidad de fibras desordenadas que conformaban el tejido, dando un aspecto irregular al mismo. A su vez, las fibras presentaban aspecto de cinta plana, algunas más anchas que otras, sin torsión y con adherencias (Figura 3-C).

Al observar una fibra en particular, a 600X de aumento, presentó forma de cinta plana, de aspecto liso, uniforme, conteniendo en su centro una depresión que se extiende a lo largo de la fibra. Al aumentar a 1000X, se advirtió un estriado en su zona inferior, así como escamas aisladas (Figura 3-D).

Figura 3

Observación de fibras de aguayo (FN N°3)



Nota. A- A simple vista, B- Bajo MO (mag.:10X), C- Bajo MEB (mag.: 65X), D- Bajo MEB (mag.: 1000X). Fuente: elaboración propia.

Fibras de Lana de Oveja

La muestra, de nombre lana cruda de oveja, con procedencia de Cruzú Cuatiá (Corrientes, Argentina), fue recolectada el 20 de julio de 2023 y donada por una modista de dicha ciudad. Como características generales, la muestra es de color blanco opaco, sin diseño y de textura rugosa y

suave. No pierde fibras, solo se erizaban al contacto manual y permaneciendo fijas en el tejido. Con respecto a este, el mismo es grueso y medianamente elástico.

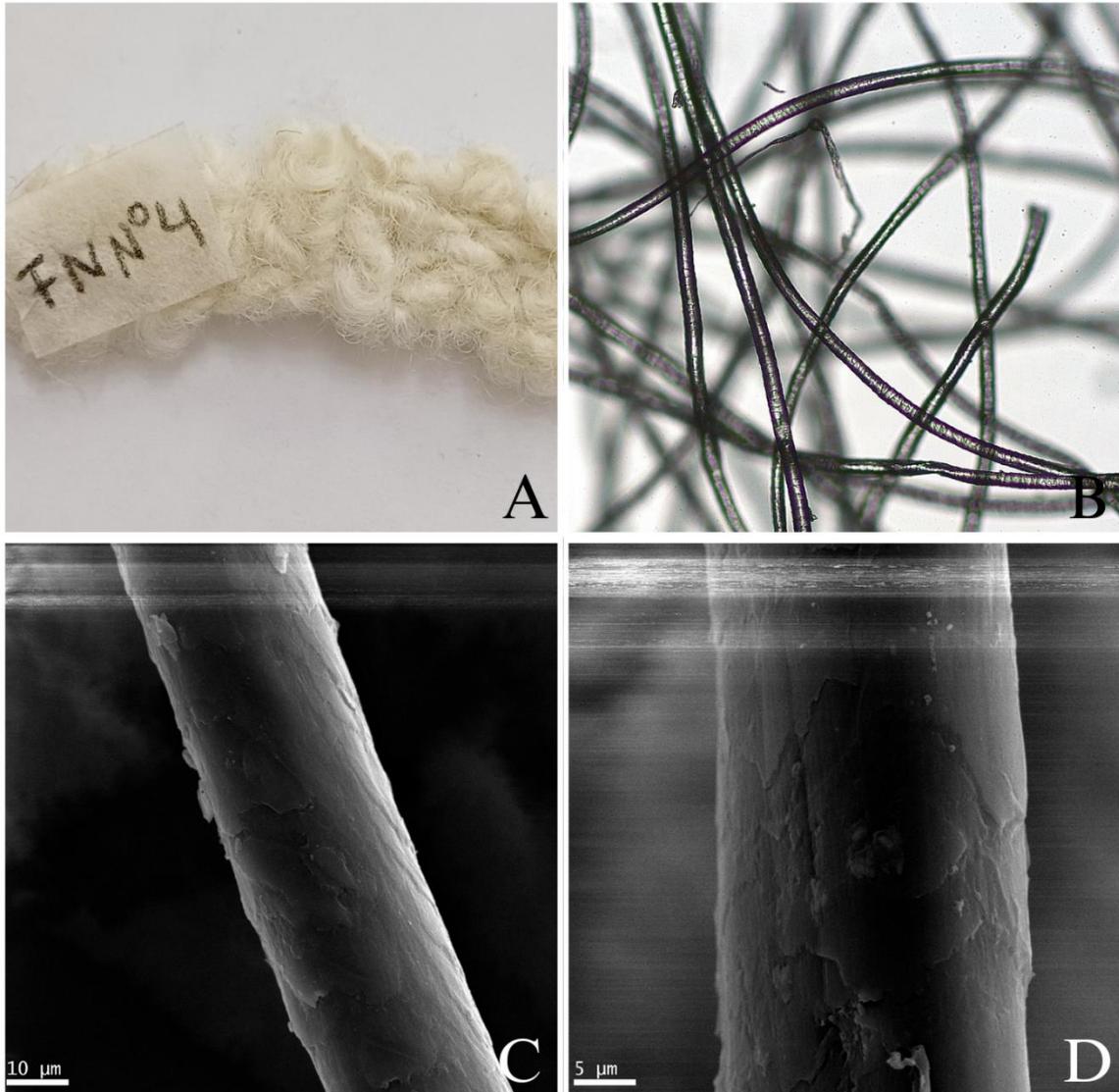
En el examen a simple vista y con diversos ángulos de incidencia de luz artificial, se reveló que la Lana de oveja carecía de brillo, la trama y urdimbre se encontraban tejidas de manera irregular, y el espacio entre ambas es diminuto, es así que, al observar la muestra con luz transmitida, esta no permitió el paso de luz (Figura 4-A).

Al examinar con MO, magnificación 4X, se observó fibras sueltas dado que el tejido era demasiado espeso para su montaje y estudio en este equipo. Estas se presentaron con bordes irregulares y adherencias en su superficie. Al aumentar a 10X, las fibras manifestaron una forma cilíndrica, con bordes irregulares. La delgadez de su centro permitió el paso de luz; sin embargo, en esta ocasión, esta característica no tiene inferencia respecto a su forma (Figura 4-B).

Con la observación por MEB, con 1000X de aumento, la fibra presentó una forma cilíndrica, bordes irregulares y escamas en la superficie en toda la extensión de la fibra (Figura 4-C). Con 2000X de magnificación, se vislumbraron aspectos irregulares: escamas y estrías en la misma. A su vez, la fibra presentaba forma cilíndrica, sin torsión (Figura 4-D).

Figura 4

Observación de fibras de lana de oveja (FN N°4)



Nota. A- A simple vista, B- Bajo MO (mag.:4X), C- Bajo MEB (mag.: 1000X), D- Bajo MEB (mag.: 2000X).
Fuente: elaboración propia.

Fibras de Gabardina

La muestra, de nombre gabardina, presenta fecha de toma del 20 de julio de 2023 y fue donada por Indumentaria Corrientes, ubicada en la ciudad homónima. Como características generales, la muestra presentaba color negro mate, sin diseño y de textura lisa y suave. El tejido no pierde fibras con facilidad, es delgado y mínimamente elástico.

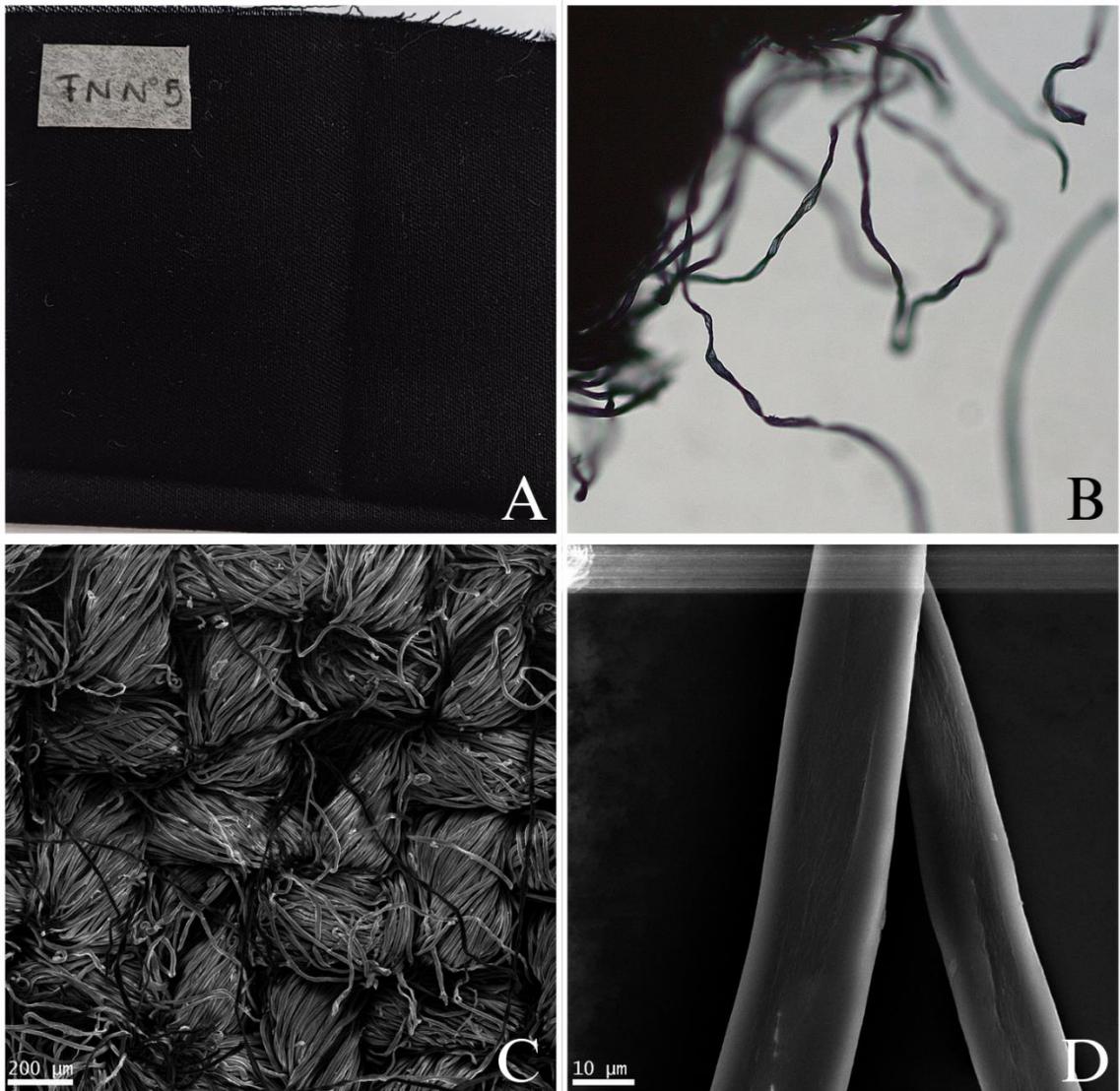
En el examen a simple vista y con diversos ángulos de incidencia de luz artificial, la gabardina se observó carente de brillo, la trama y urdimbre se encontraban tejidas de manera regular, y el espacio entre ambas era diminuto, es así que, al observar con luz transmitida, esta no permitió el paso de luz (Figura 5-A).

Al examinar con MO, con magnificación 4x, se observó las fibras pertenecientes a la trama, dado que el tejido era grueso para su montaje y estudio en MO. Estas se presentaron con bordes irregulares y extensión sinuosa. Al aumentar a 10X, revelaron forma de cinta, con bordes irregulares; la delgadez de su centro, permitió el paso de luz a través de ellas (Figura 4-B).

En la observación por MEB, a 60X de aumento, tanto la trama como la urdimbre reflejaron un tejido de aspecto irregular con la mayoría de sus fibras desprendidas (Figura 4-C). Con 1000X de aumento, la fibra reveló forma de cinta, bordes casi netos y acanaladura central vertical en toda su extensión. Asimismo, se vislumbró estrías en la totalidad del canal mencionado (Figura 4-D).

Figura 5

Observación de fibras de gabardina (FN N°5)



Nota. A- A simple vista, B- Bajo MO (mag.:10X), C- Bajo MEB (mag.: 60X), D- Bajo MEB (mag.: 1000X). Fuente: elaboración propia.

Fibras de Arciel

La muestra, de nombre arcíel, presenta fecha de toma del 12 de septiembre de 2023 y fue donada por Indumentaria Corrientes, ubicada en la ciudad homónima. Como características generales, la muestra es de color celeste, sin diseño y de textura lisa y suave. Al tacto, el tejido no pierde fibras con facilidad; es delgado y rígido.

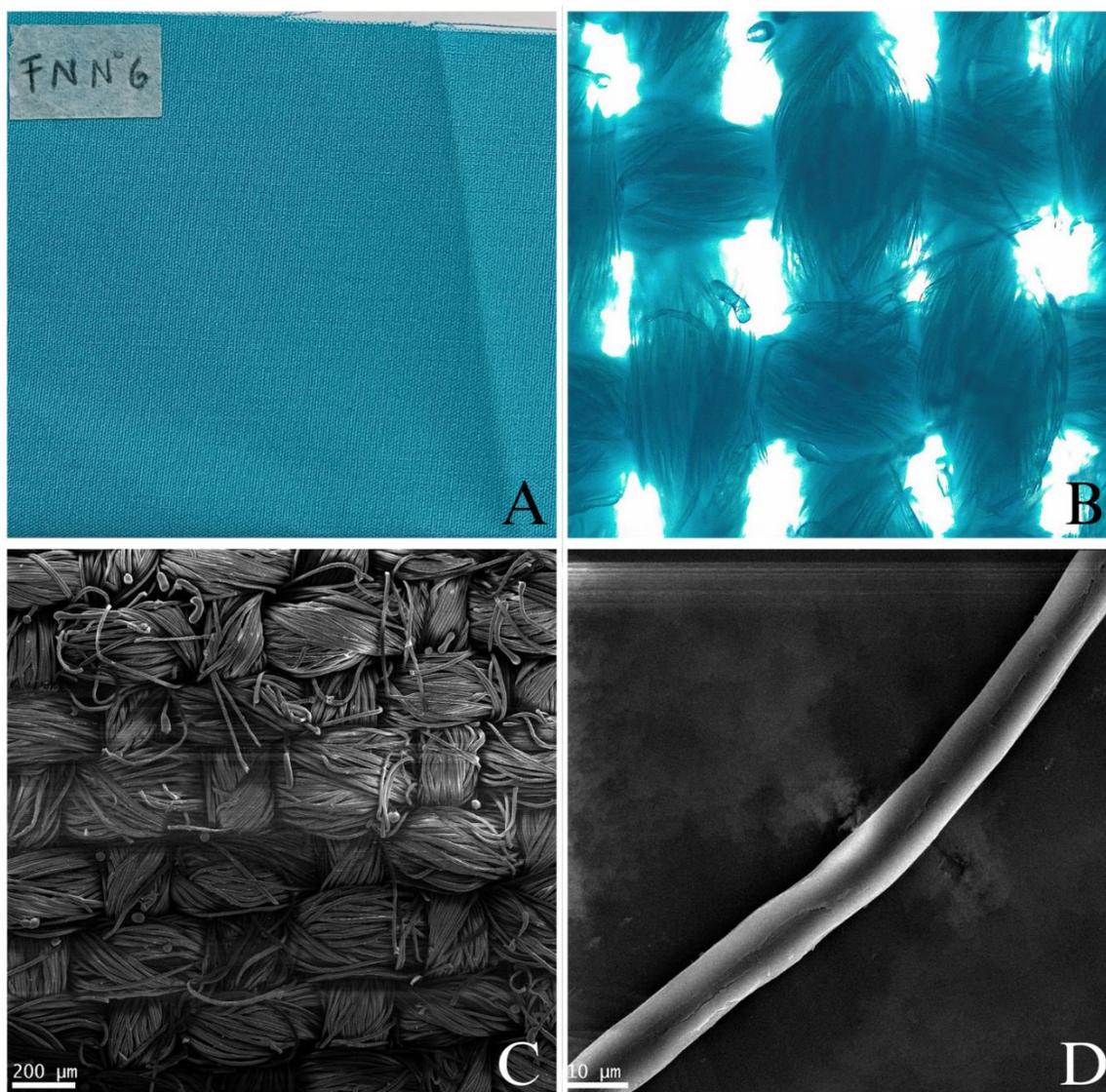
En el examen a simple vista, y con diversos ángulos de incidencia de luz artificial, el arciel se observó carente de brillo, la trama y urdimbre se encuentran tejidas de manera regular, y, aunque el espacio entre ambas era diminuto, a tratarse de una muestra delgada, permitió el paso de luz transmitida (Figura 6-A).

Al examinar con MO, con magnificación 4x, se vislumbró un tejido de aspecto regular y uniforme, y tanto la trama como la urdimbre no presentaron desprendimiento de fibras. Al aumentar a 10X, las fibras revelaron forma cilíndrica, con bordes en su mayoría regulares. Durante su extensión, se observó delgadez en sentido longitudinal, lo que permitió el paso de luz del equipo (Figura 6-B).

La observación por MEB, a 60X de aumento, la muestra tanto en trama como urdimbre denotó un tejido de aspecto regular; sin embargo, algunas fibras de la trama se encontraban desprendidas, dispuestas en direcciones variables y con sus extremos planos, configurando formas redondeadas (Figura 6-C). Al observar con 1000X de magnificación, la fibra presentó forma cilíndrica, con bordes irregulares y estrías longitudinales en parte de su extensión (Figura 6-D).

Figura 6

Observación de fibras de arciel (FN N°6)



Nota. A- A simple vista, B- bajo MO (mag.:10X), C- Bajo MEB (mag.: 60X), D- Bajo MEB (mag.: 1000X). Fuente: elaboración propia.

Fibras de Oxford

La muestra, de nombre oxford, presenta fecha de toma del 12 de septiembre de 2023 y fue donada por Indumentaria Corrientes, ubicada en la ciudad homónima. Como características generales, la muestra es de color blanco, sin diseño y de textura rugosa. Al tacto, el tejido pierde fibras con facilidad, resulta delgado y rígido.

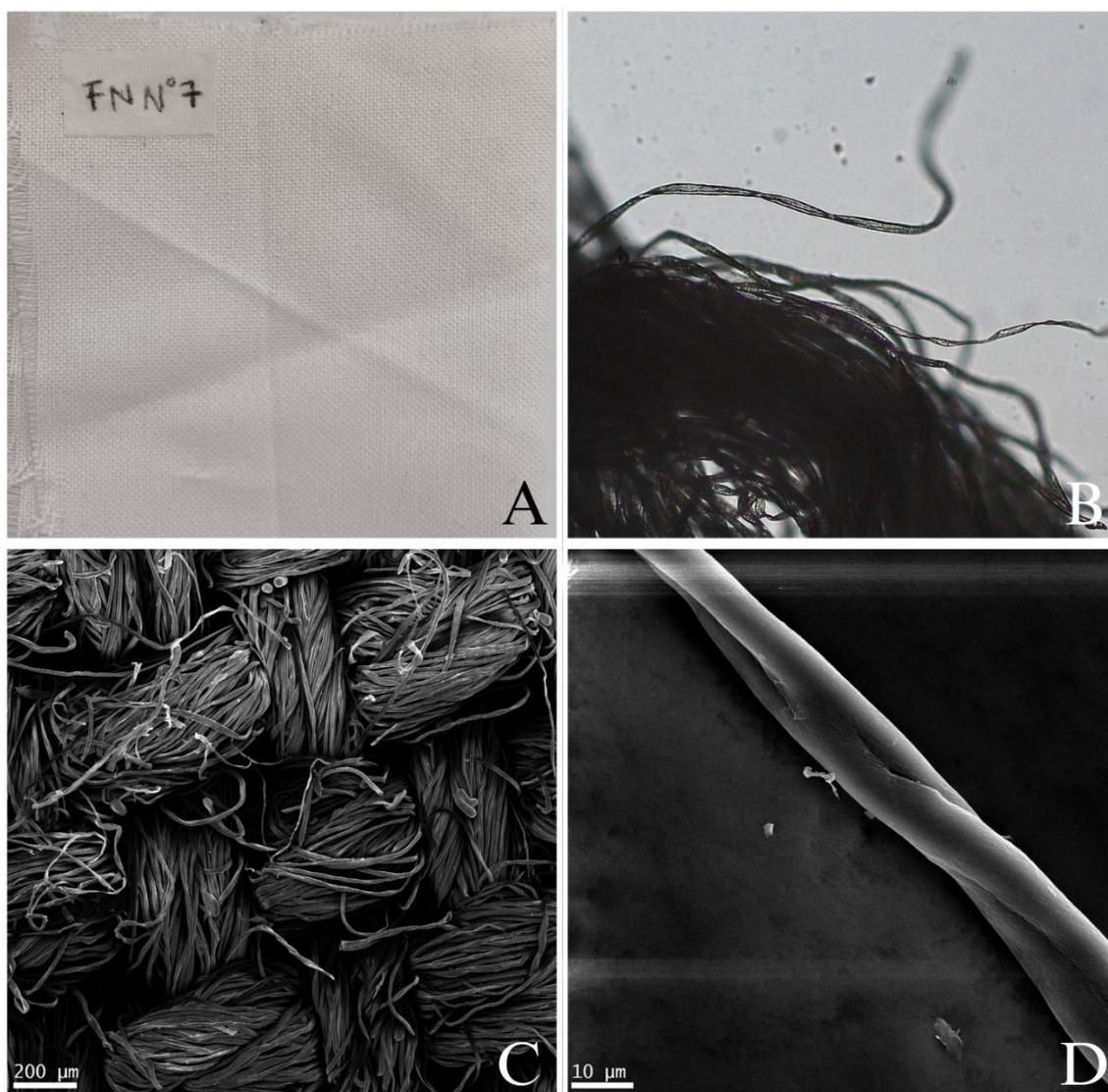
En el examen a simple vista, y con diversos ángulos de incidencia de luz artificial, el Oxford se observó sin brillo, la trama y urdimbre se encontraban tejidas de manera regular, y, aunque el espacio entre ambas era muy pequeño, al tratarse de una muestra delgada, permitió el paso de luz transmitida (Figura 7-A).

Al examinar con MO, con magnificación 4x, se vislumbró un tejido de aspecto regular y uniforme, y tanto la trama como la urdimbre no presentaron desprendimiento de fibras. Al aumentar a 10X, las fibras mostraron una forma de cinta retorcida, con bordes irregulares. Durante su extensión, se observó delgadez en sentido longitudinal, producto de la acanaladura central, lo que permitió el paso de luz del equipo (Figura 7-B).

La observación por MEB, a 60X de aumento, tanto la trama como la urdimbre denotaron un tejido de aspecto regular; sin embargo, muchas fibras de la trama se encontraban desprendidas y dispuestas en direcciones variables (Figura 7-C). Con 1000X de aumento, la fibra reveló forma cilíndrica retorcida, centro acanalado, con bordes irregulares y estrías longitudinales en su extensión (Figura 7-D).

Figura 7

Observación de fibras de oxford (FN N°7)



Nota. A- A simple vista, B- Bajo MO (mag.:10X), C- Bajo MEB (mag.: 60X), D- Bajo MEB (mag.: 1000X). Fuente: elaboración propia.

Fibras de Batista

La muestra, de nombre batista, presenta fecha de toma del 12 de septiembre de 2023 y fue donada por Indumentaria Corrientes, ubicada en la ciudad homónima. Como características generales, la muestra presenta color celeste claro, sin diseño y de textura lisa y suave. Al tacto el tejido no perdía fibras con facilidad, era delgado y rígido.

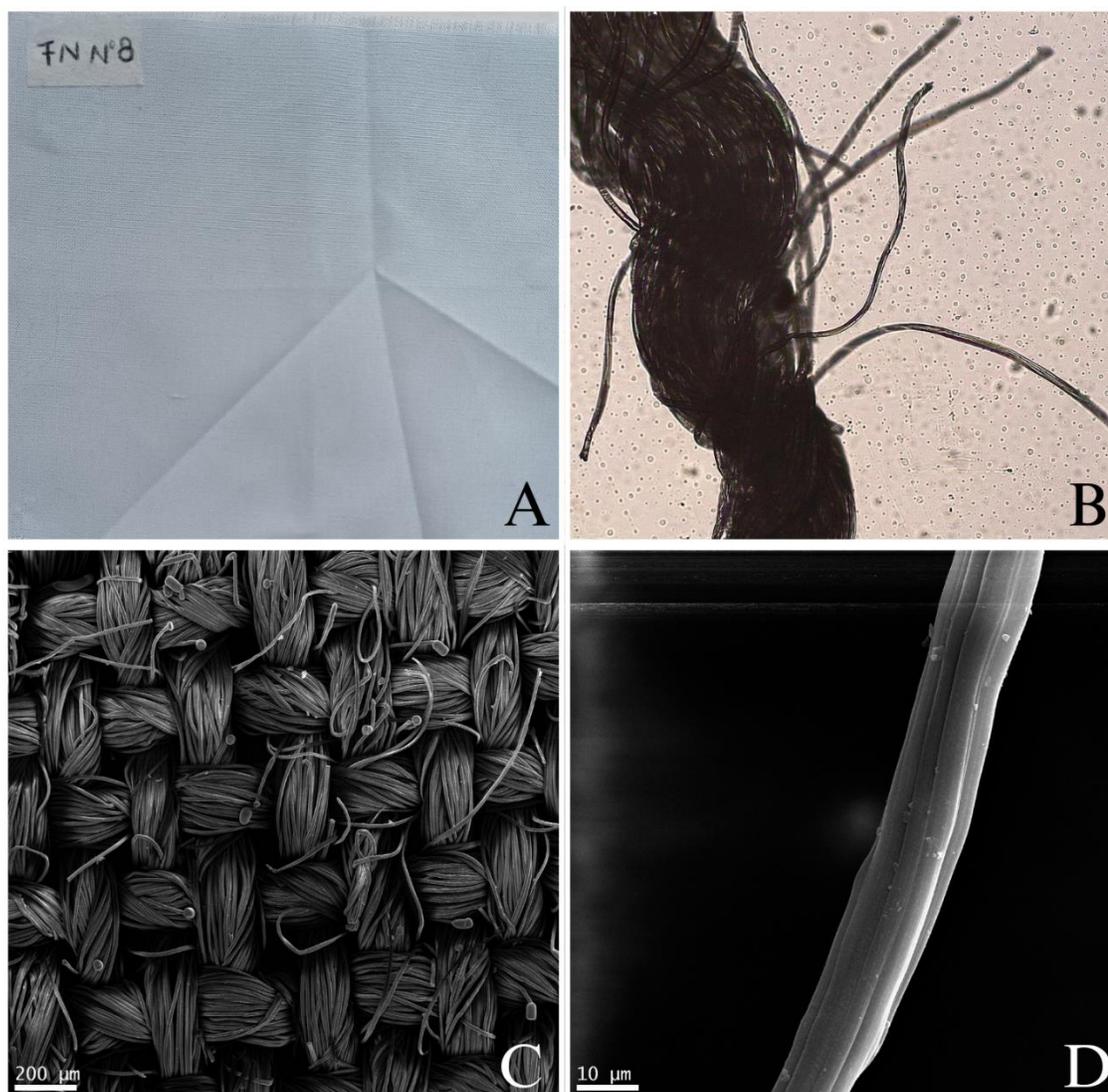
En el examen a simple vista, y con diversos ángulos de incidencia de luz artificial, la Batista se vislumbró sin brillo, la trama y urdimbre se encontraban tejidas de manera regular, y, aunque el espacio entre ambas es diminuto, al tratarse de una muestra delgada, permitió el paso de luz transmitida (Figura 8-A).

Al examinar con MO, con magnificación 4X, se observó un tejido de aspecto regular y uniforme, y tanto la trama como la urdimbre no presentaban desprendimiento de fibras. Al aumentar a 10X, las fibras presentaron forma de cinta, con bordes irregulares. Durante su extensión, se reveló delgadez en sentido longitudinal lo que permitió el paso de luz del equipo (Figura 8-B).

En la observación por MEB, a 60X de aumento, tanto la trama como la urdimbre denotaron un tejido de aspecto regular; sin embargo, se encontraron fibras desprendidas, dispuestas en direcciones variables y con sus extremos planos configurando formas redondeadas (Figura 8-C). Al observar con 1000X de aumento, la fibra presentó forma cilíndrica, con bordes irregulares, y canales longitudinales en toda su extensión (Figura 8-D).

Figura 8

Observación de fibras de batista (FN N°8)



Nota. A- A simple vista, B- Bajo MO (mag.:10X), C- Bajo MEB (mag.: 60X), D-Bajo MEB (mag.: 1000X). Fuente: elaboración propia.

Conformidad de los resultados con el contexto científico

El estudio de las fibras realizado arrojó información de relevancia para la identificación de fibras. La importancia del análisis resulta coincidente con la mirada de autores tradicionales (Cardini, 2001, Silveyra, 2006, Guzmán, 2011) quienes exponen la importancia del examen de las fibras encontradas en el lugar del hecho. En este sentido, Mane y Devika (2022) rescatan el valor

de las fibras, en cuanto a su transferencia y las características que en ellas se encuentran, las que resultan útiles en la reconstrucción de un evento criminal.

El empleo de la microscopía óptica de campo claro y la microscopía electrónica de barrido permitió la caracterización detallada de las fibras estudiadas. Se destaca que el uso del MEB, posibilitó la obtención de imágenes más definidas y con ello una descripción más específica en cuanto a las características físicas y morfológicas de las diferentes fibras textiles analizadas. En este sentido, otros autores emplearon técnicas de microscopía con resultados satisfactorios, como Ziarsolo y Sánchez (2016), quienes estudiaron la introducción de nuevas fibras a partir del siglo XX, ilustrando con imágenes en detalle con la finalidad de resaltar el comienzo de la implementación de mezcla de fibras en prendas textiles, y sus técnicas de conservación.

Por otro lado, Suárez *et al.* (2017), obtuvieron imágenes de las fibras, antes y después de un tratamiento químico, usando MEB para dilucidar posibles variaciones físicas o morfológicas de estas. Dichas imágenes evidenciaron los cambios morfológicos y la remoción de impurezas de la superficie de las fibras de corteza de coco, fique y yute.

En cuanto a la técnica utilizada para el procesamiento de las muestras para el MEB, se siguió el protocolo sugerido por Salgado y Galíndez (2023), como guía para la optimización del montaje de las muestras y las condiciones de uso del instrumental, de manera sencilla y accesible. Otros estudios, como el realizado por la Universidad Católica de Córdoba, mediante la red SUPPRAD (Frank *et al.*, 2009), expusieron la importancia del MEB para la medición de escamas presentes en fibras animales en la determinación de patrones cuticulares. Sin embargo, advirtieron que su uso resultó costoso y limitado.

Por su parte, en referencia a la metodología descriptiva adoptada en el desarrollo de este trabajo, Betancourt Chávez *et al.* (2023), desarrolló una investigación de fibras textiles de tipo experimental que permitió, en condiciones controladas, detallar forma y particularidades del objeto

de estudio de manera descriptiva, obteniendo como resultado un protocolo de análisis textil que integra exámenes de tipo físico, macroscópico y microscópico. Esto determinó las características adecuadas de la fibra para la elaboración de géneros textiles, la diferenciación visual en cuanto a apariencia y morfología, y la identificación de las características de la estructura de la fibra, tanto en su sección transversal como en su sección longitudinal.

Conclusión

La observación mediante MO con diversas magnificaciones, junto con el uso de MEB, permitió obtener imágenes de alta resolución y gran detalle de las fibras textiles analizadas. Esto facilitó la descripción de sus características físicas y morfológicas, así como la identificación de peculiaridades propias de cada tipo de fibra. Las imágenes constituyen patrones de gran utilidad en el ámbito forense, dado que admiten el cotejo de muestras dubitadas, con el fin de lograr la identificación de estas. Estas técnicas se complementan eficazmente, mejorando la precisión y el valor de la información en el análisis de fibras textiles.

El uso del MEB, con relación al empleo del MO, permitió caracterizar físicamente, de manera detallada, aspectos tales como dimensión, extensión, forma, trama, entre otras.

La relevancia del estudio de fibras para las ciencias forenses radica en que el examen de fibras puede contribuir al esclarecimiento de hechos delictivos, permitiendo establecer la sucesión de acontecimientos que los conforman. Provee características del ambiente circundante, con la posibilidad de determinar la existencia de transferencia y la procedencia de estas en vínculo con las muestras textiles.

Las fibras estudiadas provienen de muestras textiles de uso frecuente en la región nordeste de Argentina, por lo que la revisión de estas proporciona una herramienta valiosa en cuanto a su

caracterización. Estos patrones de fibras analizados aportan a la optimización del cotejo, volviendo más rápido y preciso la labor de los criminalistas, permitiendo establecer conexiones, reconstruir eventos y obtener elementos cruciales para el esclarecimiento de un hecho delictivo.

Referencias

- Betancourt Chávez, D., Parra Ramos, N., Jiménez Moyano, A., y Noboa Quintana, M. (2023). Análisis textil: una aproximación a las fibras naturales. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(6), 660–675. <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i6.884ç>
- Cardini, F. (2001). *Técnicas de Investigación Criminal*. Editorial Dunken.
- Expósito, E. (2020). El diseño en las artesanías textiles misioneras. Primera parte. Los textiles. *Actas de Diseño*, 7, 88-97.
- Frank, E., Hicgk, M., Prieto, A., y Castillo, M. (2009). *Metodología de identificación cualitativa y cuantitativa de fibras textiles naturales*.
- Gacén, G. (1998). Fibras químicas. Innovación y nuevos productos. *Boletín Intexter*, 114(10), 55-56.
- Guzmán, C. (2010). *El examen en el escenario del crimen*. Editorial Bdef.
- Guzmán, C. (2011). *Manual de Criminalística*. Euros Editores S.R.L.
- Inman, K., & Rudin, N. (2000). *Principles and practice of criminalistics: the profession of forensic science*. CRC Press.
- Locard, E., y Bon, A. (1935). *Manual de técnica policiaca*. José Montesó.
- Lockuán Lavado, F. (2012). *La industria textil y su control de calidad*.

- Madrid Rodríguez, J. (2020). *Bioplásticos en la industria del automóvil* [Tesis de grado, Universidad Politécnica de Madrid]. UPM. <https://oa.upm.es/>
- Mane, M., & Devika, G. (2022). Study on transfer and persistence of fibers: A systematic review. *Journal of Forensic Science and Medicine*, 8(2), 68-75. https://doi.org/10.4103/jfsm.jfsm_59_21
- Moreno González, R. (2002). *Introducción a la Criminalística*. Editorial Porrúa.
- Policía Federal Argentina. (1983). *Tratado de Criminalística: La química analítica en la investigación del delito*. Editorial Policial.
- Salgado, C., y Galíndez, M. (2023). Fast and simple biological sample preparation and observation procedure for scanning electron microscopy. *Acta Microscopica*, 32(1), 13-26. <https://acta-microscopica.org/acta/article/view/642>
- Silveyra, J. (2006). *La Escena del Crimen*. Ediciones La Rocca S.R.L.
- Suarez, C., Restrepo, M., Quinchía, F., y Mercado, N. (2017). Fibras vegetales colombianas como refuerzo en compuestos de matriz polimérica. *Revista Tecnura*, 21(51), 57-66. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2017000100004
- Ziarsolo, A., y Sánchez, E. (2016). Una introducción a los textiles artificiales en las colecciones de indumentaria del siglo XX y su conservación. *Ge-conservación*, 9, 31-44.