



Microscopia en Cuero Porcino

Microscopy on Pigskin

Presentado: 26/09/2025

Aprobado: 18/03/2026

Publicado: 07/04/2026

Mariana Esterelles

 <https://orcid.org/0009-0003-5197-3945>

Instituto Nacional de Tecnología Industrial - Cueros, Departamento de Tecnología de la Producción del Cuero y Calzado, Camino Centenario e/505 y 508 M. B. Gonnnet, Buenos Aires, Argentina.
mesterelles@inti.gov.ar

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue identificar y caracterizar los patrones estructurales del cuero porcino, con el propósito de profundizar en la comprensión de su organización histológica y sus posibles aplicaciones tecnológicas. El estudio se realizó mediante el análisis de muestras de piel y cuero porcino, aplicando diferentes técnicas de observación histológica y de microscopía. Los resultados obtenidos permitieron reconocer la disposición y morfología de las capas que componen la piel y cuero, aportando información relevante para su estudio comparativo y para el conocimiento de sus características estructurales.

Palabras clave: cuero porcino; piel porcina; histología; microscopía; morfología; estructura.

Abstract

The objective of this study was to identify and characterize the structural patterns of pigskin, with the aim of deepening our understanding of its histological organization and its potential technological applications. The study was conducted by analyzing samples of pigskin and leather using various histological observation and microscopy techniques. The results obtained allowed us to recognize the arrangement and morphology of the layers that make up the skin and leather, providing relevant information for comparative analysis and for understanding their structural characteristics.

Keywords: pigskin; porcine skin; histology; microscopy; morphology; structure.

Introducción

La piel porcina presenta una organización estructural similar a la observada en otros mamíferos, estando constituida principalmente por epidermis, dermis e hipodermis, así como por estructuras anexas tales como folículos pilosos y glándulas cutáneas (Dellmann et al.,

2006; Pawlina, 2016). Diversos estudios han señalado que la piel del cerdo comparte numerosas características anatómicas y fisiológicas con la piel humana, incluyendo su espesor, composición de colágeno, contenido de folículos pilosos y características generales de la organización tisular (Summerfield et al., 2015). Estas similitudes han llevado a considerar a la piel porcina como uno de los modelos animales más adecuados para el estudio de procesos cutáneos en humanos, particularmente en investigaciones relacionadas con cicatrización y regeneración tisular (Sullivan et al., 2001; Houston et al., 2002).

En este contexto, el análisis histológico y microscópico de la piel y del cuero porcino resulta de interés no solo para comprender su estructura biológica, sino también para profundizar en el conocimiento de sus propiedades morfológicas y su comportamiento durante los procesos de transformación industrial (Gratacós et al., 1962).

Estudios recientes han analizado la microestructura de pieles provenientes de diversas especies, incluyendo bovinos, ovinos, peces, aves, reptiles, anfibios y porcinos, mediante microscopía electrónica de barrido, destacando diferencias en la densidad folicular, la orientación y compactación de las fibras colágenas y la variabilidad estructural entre especies (Karthikeyan et al., 2024). Sin embargo, a pesar de estos avances, los estudios centrados específicamente en la caracterización estructural detallada de la piel porcina mediante la integración de diferentes técnicas microscópicas siguen siendo relativamente limitados.

A ello se suma que gran parte de la literatura disponible describe características aisladas, ya sea macroscópicas, histológicas o ultraestructurales, sin articular estos niveles de observación en un marco metodológico unificado (Geneser, 1998; Dempsey, 1948). Esta falta de abordajes integrales pone de manifiesto la necesidad de estudios que combinen lupa estereoscópica, microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido (SEM), con el fin de obtener una comprensión morfológica más completa del tejido porcino.

En este contexto, el presente trabajo propone una caracterización estructural detallada del cuero porcino aplicando múltiples técnicas de observación sobre muestras frescas y fijadas, lo que permite documentar de manera integrada las capas epidérmicas y dérmicas, la disposición del corium y la morfología del folículo piloso (Dellmann et al., 2006). Este enfoque multidimensional constituye el principal aporte del estudio, dado que ofrece una visión correlativa entre diferentes escalas de observación.

La hipótesis que guía este trabajo sostiene que la combinación de distintos métodos de microscopía, desde la observación superficial hasta el análisis ultraestructural, permite obtener una comprensión más profunda de la organización tisular porcina que la que se logra mediante un único método de análisis. De esta manera, el trabajo amplía el conocimiento histológico del cuero porcino y establece una base para futuros estudios sobre la microestructura y las propiedades del material.

Desarrollo

Preparación y técnicas de observación

La investigación se realizó utilizando muestras de cuero porcino provenientes del Departamento de Tecnología para la Producción de Cuero y Calzado – INTI Cueros, perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Argentina, siguiendo metodologías clásicas de preparación histológica y análisis microscópico de pieles y cueros adaptadas a las condiciones del laboratorio (Milton et al., 1957; Tancous et al., 1959). Las muestras

incluyeron tanto fragmentos de cuero, como piel porcina fijada en formol al 10%.

Todas las etapas de preparación y análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Microscopía de INTI Cueros (Camino Centenario e/ 505 y 508, M. B. Gonnet, Argentina; www.inti.gob.ar).

Los fragmentos tisulares, de aproximadamente $0,5 \times 0,5$ cm, fueron sometidos a inclusión en parafina y posteriormente seccionados con un micrótomato rotatorio Arcano en cortes de $5 \mu\text{m}$ de espesor, valor óptimo para estudios histológicos ya que minimiza la superposición celular y permite una evaluación precisa de la estructura tisular. Para la obtención de cortes preliminares se empleó además un micrótomato de mano. Cabe destacar que el espesor natural promedio de la piel porcina es cercano a 2 mm ($2000 \mu\text{m}$), por lo que el proceso de microtomía resulta indispensable para generar secciones representativas.

La observación de las muestras se realizó mediante distintos métodos de microscopía. Para el análisis histológico se utilizó un microscopio Arcano equipado con una cámara digital de video Arcano acoplada al ocular, lo que permitió la captura de imágenes en diferentes aumentos. La inspección macroscópica, la orientación de los fragmentos y la visualización superficial se llevaron a cabo mediante una lupa estereoscópica binocular Olympus SZ61TR, acoplada a una cámara digital Lumenera INFINITY, cuya alta resolución facilitó el registro de la morfología general y de la disposición superficial de las fibras.

La observación mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) se realizó en el Laboratorio INTI – Centro de Investigación y Desarrollo en Micro y Nanoelectrónica del Bicentenario, situado en Av. Gral. Paz 5445, San Martín, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Para ello se empleó un microscopio electrónico de barrido FEI Quanta 250 FEG. Las muestras provenientes del Laboratorio de Microscopía de INTI Cueros fueron previamente metalizadas con oro con el fin de optimizar la conductividad superficial y mejorar la resolución de las imágenes obtenidas.

Caracterización de los materiales

Las muestras de piel y cuero porcino analizadas provienen de Argentina, del Laboratorio de Microscopía del INTI CUEROS, obtenidas de porcinos adultos de diversas razas, identificados según peso corporal y grado de desarrollo tisular. La piel porcina es un órgano complejo compuesto por epidermis, dermis e hipodermis (o zona flor, zona de unión, corium y tejido adiposo). Su espesor oscila entre 1,5 y 3 mm, dependiendo del área corporal.

La epidermis presenta un espesor de 30 a $140 \mu\text{m}$, mientras que la dermis constituye la mayor parte de la masa cutánea, caracterizada por una alta densidad de fibras colágenas y elásticas. Con la edad, la epidermis sufre un leve engrosamiento, pero el incremento principal se observa en la dermis debido al aumento en la proliferación de fibras estructurales.

La piel porcina exhibe folículos pilosos finos y numerosos, organizados en racimos de dos a cuatro unidades, típicamente tríadas, asociados a glándulas sebáceas y músculos erectores del pelo. En esta especie, además, se observa un músculo interfolicular que vincula los folículos dentro del racimo, modificando la orientación del pelo.

El análisis incluye la observación microscópica de los componentes foliculares, para lo cual la elección del tipo de corte, transversal o longitudinal, resulta esencial. En este estudio se emplearon principalmente cortes transversales con el fin de describir la posición del folículo dentro de la dermis y su relación con las fibras colágenas del corium.

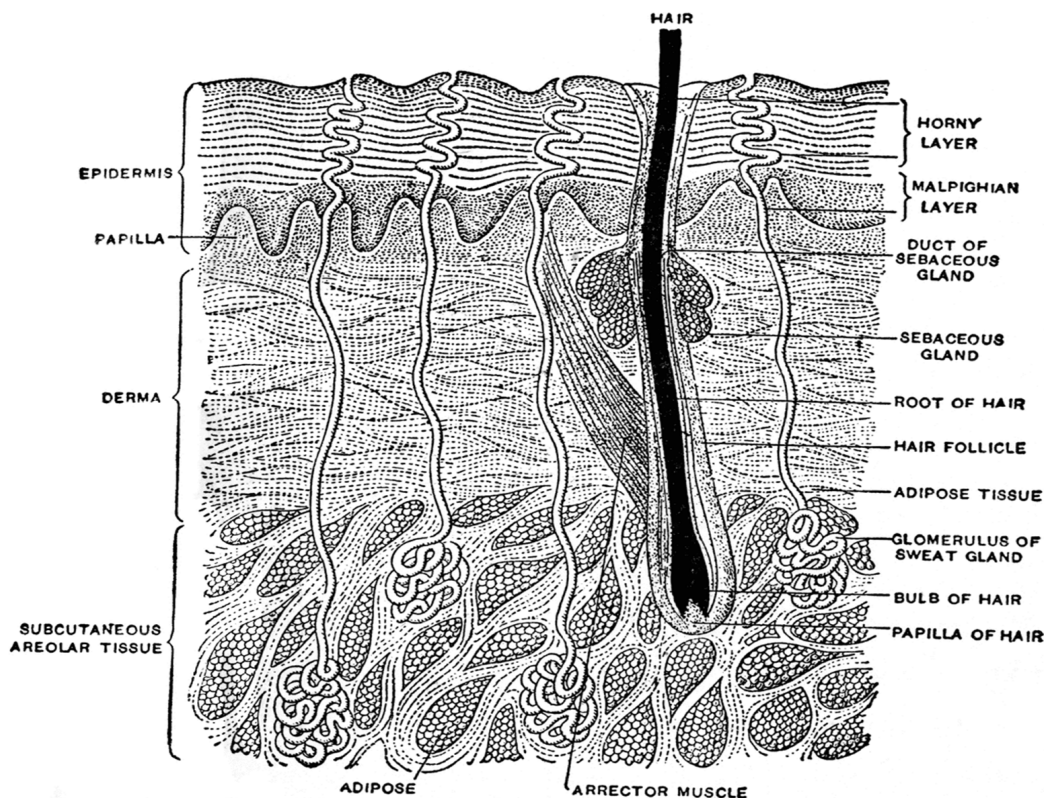


Figura 1. Esquema anatómico transversal de la piel humana (skin anatomy illustration). Se presenta como referencia general de la organización de las capas cutáneas en mamíferos. Fuente: University of South Florida, ETC Clip Art Library (https://etc.usf.edu/clipart/52300/52321/52321_skin.htm).

Para la caracterización detallada del folículo piloso, la selección adecuada de la orientación del corte es determinante para identificar correctamente las estructuras que lo conforman. En este trabajo, la Figura 1. Esquema anatómico transversal de la piel (*skin anatomy illustration*). En el cual se distinguen las capas principales (epidermis, dermis e hipodermis) y la disposición del folículo piloso dentro del espesor dérmico. Este tipo de sección permite ubicar con precisión la posición relativa del folículo y analizar la organización y distribución de las fibras circundantes, constituyendo una referencia fundamental para la interpretación de las microfotografías obtenidas

Contenido

La estructura del cuero porcino está definida por la organización tridimensional de las fibras colágenas y por la organización conjunta de la epidermis, la dermis y los folículos pilosos. La dermis se divide en dos estratos bien diferenciados: el estrato papilar, compuesto por fibras finas, entrelazadas y con mayor celularidad; y el estrato reticular, conformado por haces de colágeno gruesos, compactos y orientados de manera irregular. Esta disposición confiere al material su resistencia mecánica, elasticidad y comportamiento estructural característico.

El folículo piloso porcino presenta la organización anatómica clásica y se compone de:

- el bulbo piloso con su papila dérmica;
- la vaina radicular interna, formada por la cutícula interna y las capas de Huxley y Henle;
- la vaina radicular externa;
- la membrana vítrea y la vaina dérmica de tejido conectivo;
- el tallo piloso, constituido por cutícula, corteza y médula.

Figura 2 y Figura 3. Imágenes de superficie y de corte transversal de cuero porcino obtenidas mediante lupa estereoscópica. Estas capturas permiten visualizar la morfología general del tejido y la disposición superficial de las capas cutáneas.

Figura 4. Imagen de corte transversal de piel porcina obtenida mediante microscopio óptico.

Las microsecciones fueron obtenidas a partir de la zona de crupon mediante micrótopo rotatorio, permitiendo observar la estratificación de la epidermis y la dermis con mayor precisión.

Figura 5 y Figura 6. Imágenes de superficie y corte transversal obtenidas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM).

Las micrografías permiten diferenciar con claridad la epidermis, la zona de unión, el corium y la capa de carne, revelando la estructura tridimensional del entramado fibroso.

Figura 7. Imagen del pelo porcino obtenida mediante microscopio óptico.

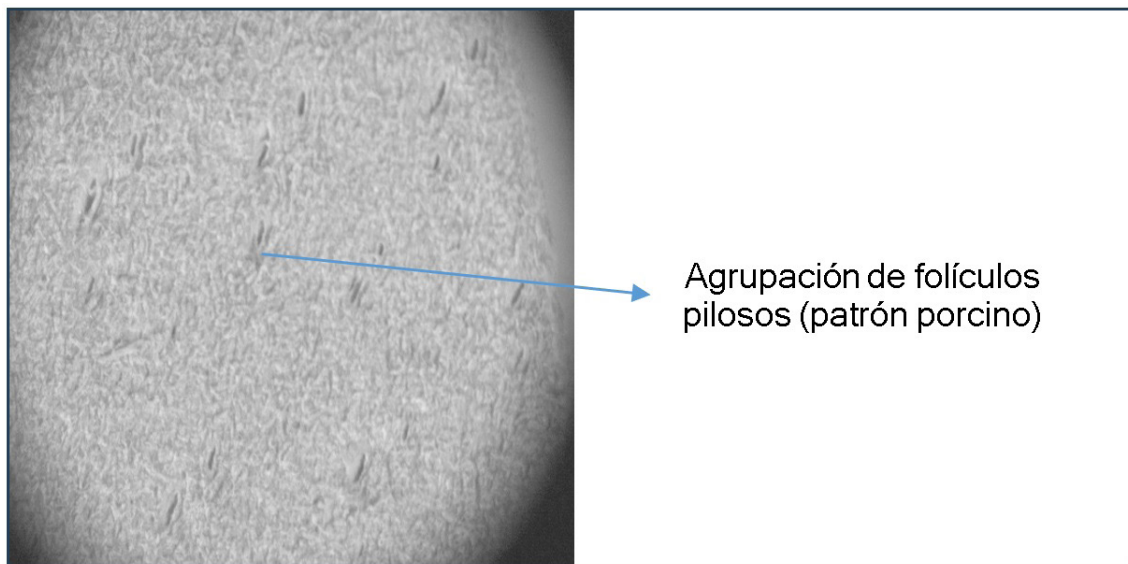
La observación del tallo piloso permite identificar las características cuticulares propias de fibras queratínicas animales, útiles para estudios comparativos entre especies.

Resultados

Lupa estereoscópica

En las Figuras 2 y 3, obtenidas mediante lupa estereoscópica con un aumento de 2x, se observa la morfología general de cuero porcino y la disposición superficial del tejido.

En la Figura 2 se aprecia la superficie del cuero, donde puede distinguirse la textura característica del grano y la distribución general de los folículos pilosos.



•Figura 2. Superficie de cuero porcino. Aumento 2x.

En la Figura 3 se observa un corte transversal de cuero porcino en el que se identifica un folículo piloso atravesando la dermis, característico de esta especie. En estas imágenes se distinguen las principales capas del tejido cutáneo, incluyendo la epidermis, la dermis y el tejido subcutáneo, así como la presencia de folículos pilosos agrupados.

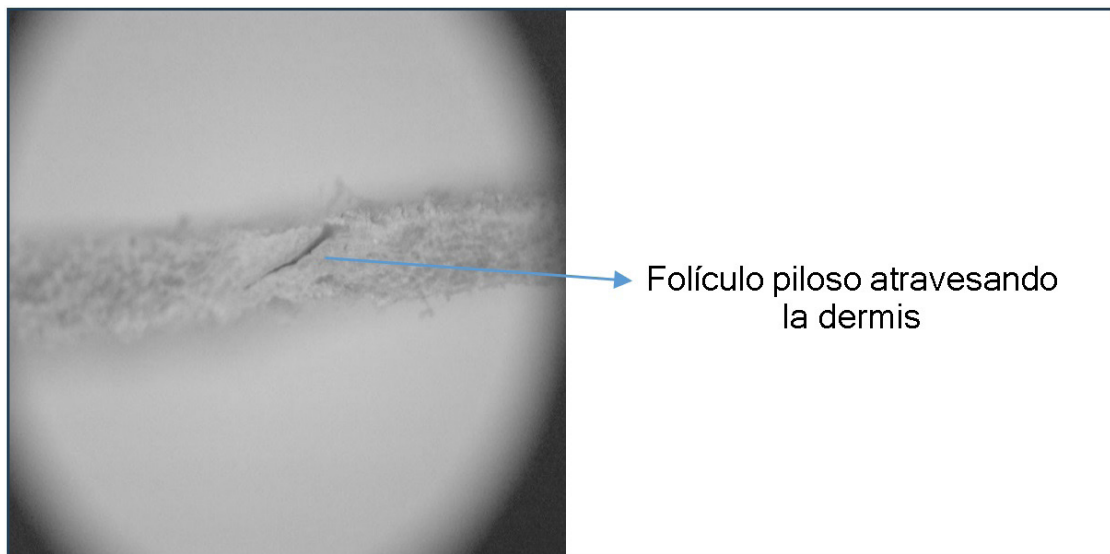


Figura 3. Corte transversal de cuero porcino con folículo piloso. Aumento 2x.

Microscopio óptico

La Figura 4 muestra un corte transversal de piel porcina observado mediante microscopía óptica con un aumento de 10x. En esta imagen se distinguen con mayor detalle los estratos de la dermis, particularmente el estrato papilar y el estrato reticular, formados por fibras colágenas entrelazadas y dispuestas de manera irregular.

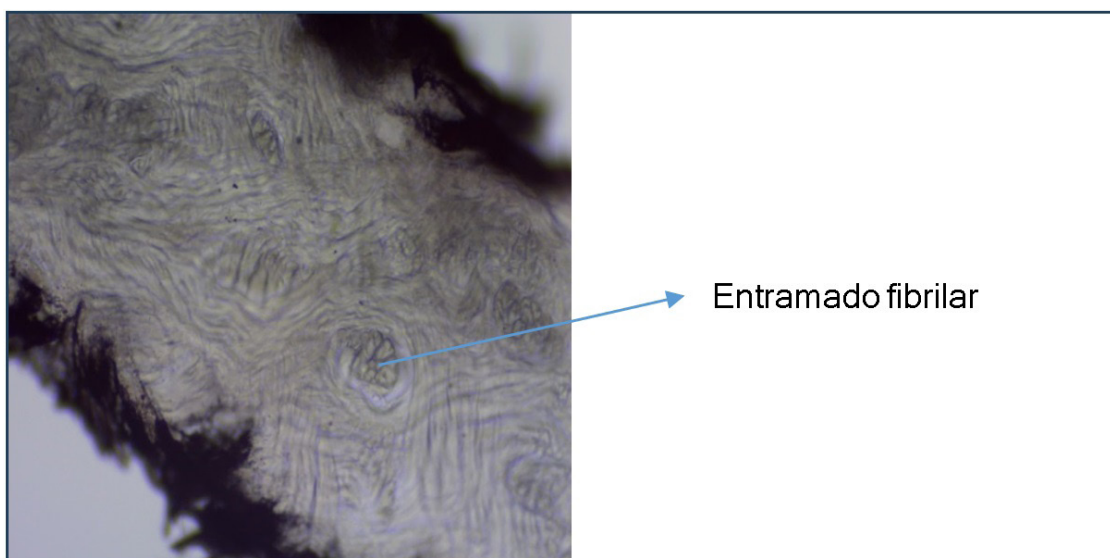


Figura 4. Corte transversal de piel porcina observado por microscopía óptica. Aumento 10x.

Microscopía electrónica de barrido (SEM)

Las Figuras 5 y 6 corresponden a observaciones realizadas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM).

En la Figura 5, obtenida con un aumento de 100x, se aprecia la superficie del cuero porcino, caracterizada por una textura rugosa y porosa, donde se distingue la disposición tridimensional del entramado de fibras colágenas.

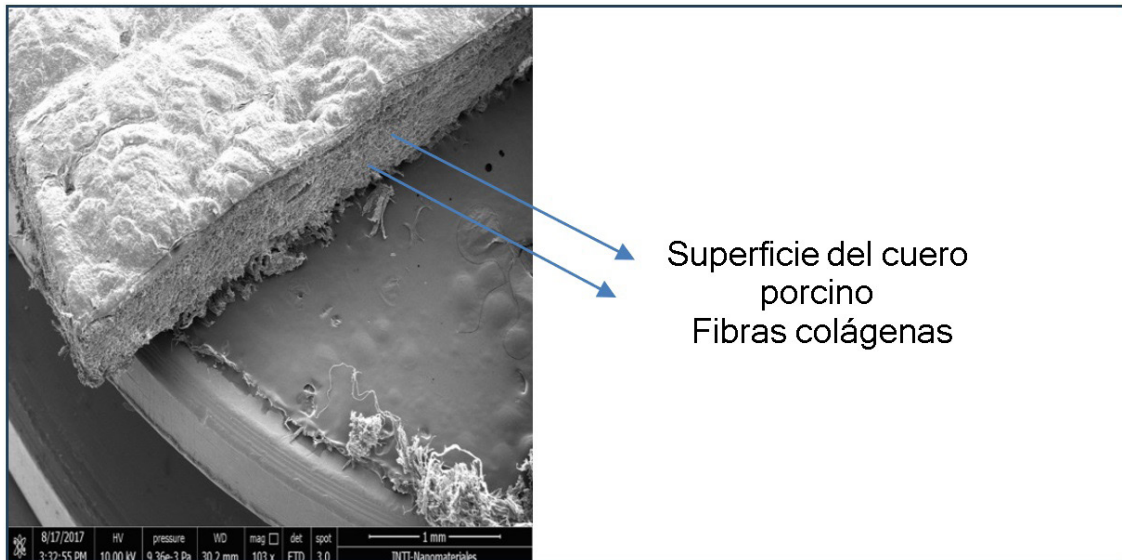


Figura 5. Superficie de cuero porcino observada mediante SEM. Aumento 100x.

Por su parte, la Figura 6, obtenida con un aumento de 1000x, muestra un corte transversal correspondiente a la región dérmica del tejido porcino, permitiendo observar con mayor detalle la organización del entramado de fibras.

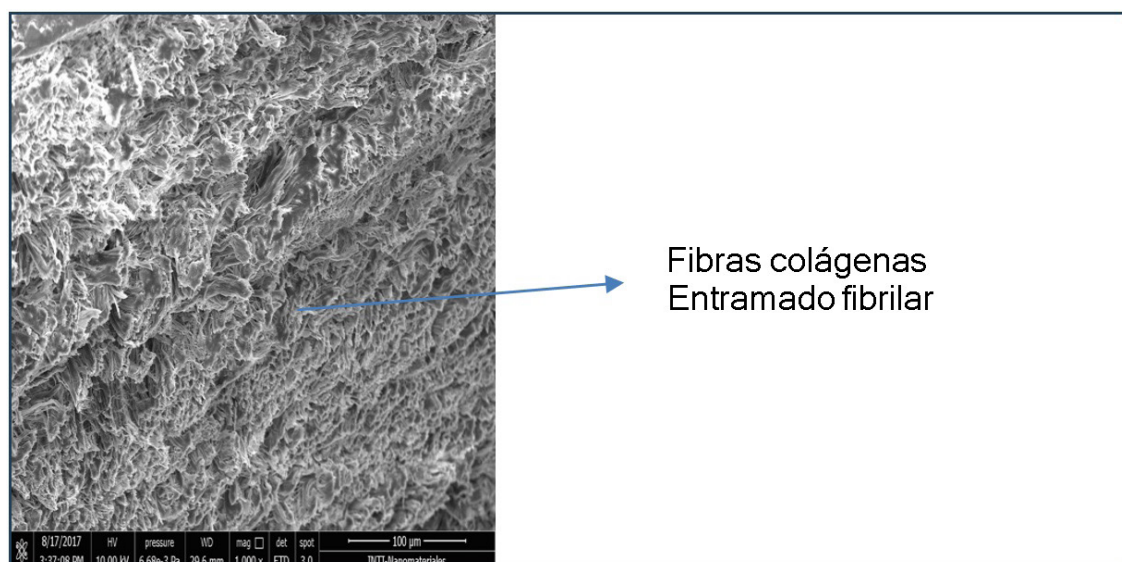
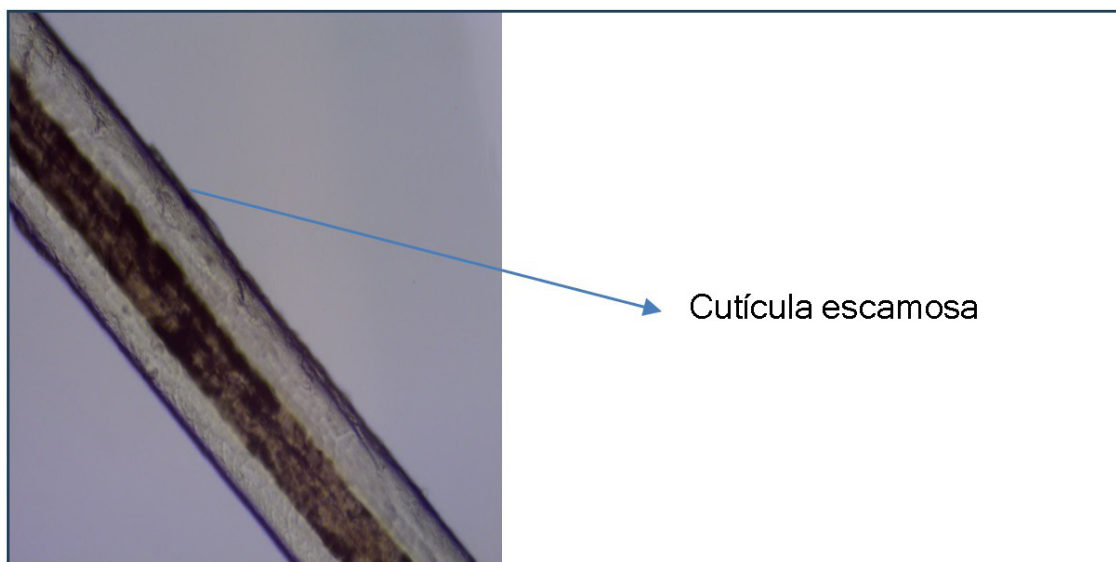


Figura 6. Corte transversal de cuero porcino observado mediante SEM. Aumento 1000x.

Microscopía óptica del pelo porcino

La Figura 7 muestra una fibra de pelo porcino observada mediante microscopía óptica con un aumento de 10x. En esta imagen se distingue la morfología general del pelo, caracterizado por su calibre fino y por la presencia de una superficie cuticular escamosa.



• Figura 7. Pelo porcino observado por microscopía óptica. Aumento 10x.

Discusión

Los análisis realizados permiten confirmar que la piel porcina presenta características estructurales distintivas, alta densidad folicular, epidermis fina, dermis con fibras irregulares y superficie porosa, que influyen en su comportamiento mecánico e industrial. La presencia de racimos foliculares y un patrón cuticular fino condiciona su uso en productos de marroquinería delicada, pero limita su aplicación en artículos que requieren gran resistencia.

La microscopía óptica, estereoscópica y electrónica permitió correlacionar la estructura tridimensional del cuero con su textura y propiedades funcionales. Los datos obtenidos validan la relevancia de seleccionar adecuadamente el tipo de corte histológico para la identificación de estructuras clave, especialmente en estudios orientados a la caracterización de cueros y fibras animales.

Estos resultados son consistentes con estudios clásicos sobre estructura y tecnología del cuero (Wilson, 1941; O'Flaherty et al., 1957; Rodellino, 1985; Goldman, 1957), los cuales describen la relación entre la organización fibrosa y las propiedades mecánicas del material.

Conclusión

En todas las muestras analizadas, ya sea mediante lupa estereoscópica, microscopio óptico o microscopio electrónico de barrido (SEM), se observó que la dermis estaba constituida

principalmente por fibras colágenas que, en el estrato papilar, se presentaban finas y entrelazadas, mientras que en el estrato reticular adquirirían mayor grosor y una disposición irregular. Estas fibras se encontraban atravesadas por fibras elásticas, especialmente concentradas alrededor de los folículos pilosos y en la capa papilar.

El uso de la lupa estereoscópica permitió identificar la textura superficial y el patrón general del grano, proporcionando información rápida sobre la integridad de la epidermis y la distribución general de los folículos pilosos. El microscopio óptico facilitó la visualización de cortes transversales, mostrando con detalle la disposición de las fibras colágenas, la ubicación de los bulbos pilosos y la organización de las glándulas sebáceas, que tienden a agruparse en tríadas, consolidando un patrón característico de la piel porcina. La microscopía electrónica de barrido (SEM) permitió apreciar la estructura fina de las fibras, la textura tridimensional de la dermis y la morfología de los folículos pilosos, información clave para comprender la resistencia y elasticidad del cuero.

La captura de imágenes del pelo porcino mediante microscopía óptica permitió identificar las características típicas de las fibras naturales de origen proteico, complementando la comprensión histológica del cuero. Esta aproximación integrada evidencia que cada técnica aporta información específica: mientras la lupa proporciona un panorama general, el microscopio óptico permite un análisis estructural detallado y el SEM revela microestructuras que no son visibles con otras metodologías.

Estos resultados proporcionan a especialistas en cuero y peletería una base morfológica sólida que facilita la comprensión de los procesos productivos y la optimización de las etapas de elaboración de pieles y cueros. Asimismo, permiten establecer parámetros comparativos útiles para la clasificación, el control de calidad y la identificación de defectos.

Se concluye que la piel porcina puede evaluarse de manera integral mediante técnicas microscópicas complementarias, estudiando la distribución y organización de sus tejidos constitutivos. Este conocimiento no solo explica particularidades funcionales y la calidad del material, sino que también puede utilizarse para detectar posibles alteraciones durante los procesos de curtición.

Futuras investigaciones podrán incorporar cortes histológicos con tinciones específicas, como Hematoxilina-Eosina, Sudan IV u otras técnicas diferenciales, tanto en piel porcina como en pieles de distintas especies de mamíferos, permitiendo desarrollar análisis comparativos completos de la microestructura cutánea y ampliando la base científica disponible para la industria del cuero.

Finalmente, este trabajo establece una referencia metodológica y morfológica útil para estudios posteriores orientados a la caracterización tisular, la mejora de procesos industriales y la clasificación técnica de pieles y cueros a nivel profesional. En este contexto, las características estructurales observadas permiten comprender que la piel porcina, más fina y flexible, y reconocible por la presencia de folículos pilosos agrupados en racimos, resulta especialmente adecuada para aplicaciones que requieran suavidad y adaptabilidad del material, como guantes y artículos de marroquinería fina.

Referencias

- Dellmann, H. D., Eurell, J. A., Frappier, B. L. (2006). *Dellmann's Textbook of Veterinary Histology*. 6th ed. Oxford: Blackwell Publishing, Cap. 18, p. 439.
- Dempsey, M. (1948). *Leather Microscopy*. In: *Progress in Leather Science (1920–1945)*. London: British Leather Manufacturers' Research Association (B.L.M.R.A), pp. 319–414.
- Geneser, F. (1998). *Atlas color de histología*. 8a ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, pp. 89–96.
- Goldman, L. (1957). *Journal of the Society of Leather Trades Chemists*. *Journal of the Society of Leather Trades Chemists*, v. 41, pp. 244–245.
- Gratacós, E., Boleda, J., Portabella, M., Adzet, J. M., Lluch, G. (1962). *Tecnología química del cuero*. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, España. pp. 1–16.
- Houston, D. M., Radostits, O. M., y Mayhew, I. G. (2002). *Exploración clínica de la piel*. En *Examen y diagnóstico clínico en veterinaria*. Madrid: Ediciones Harcourt, pp. 213–244.
- Karthikeyan, R., Teshome, Z., Tesfaye, T. (2024). Exploring structural features of bovine, ovine, fish, poultry, reptile, amphibian, and porcine skins through scanning electron microscopy: Insights for material science and sustainable design. *Journal of the American Leather Chemists Association*, v. 119, n. 5, pp. 207–214.
- Milton, J., Egham, J., Surrey, J. (1957). *Hides, Skins and Leather under the Microscope*. Egham: British Leather Manufacturers' Research Association, p. 352.
- O'Flaherty, F., Roddy, W. T., & Lollar, R. M. (1957). *The chemistry and technology of leather*, edited by Fred O'Flaherty, William T. Roddy, and Robert M. Lollar. New York: Reinhold.
- Pawlina, W. (2016). *Ross. Histología: Texto y Atlas. Correlación con biología molecular y celular*. 7ª ed. Barcelona: Wolters Kluwer. <https://user-biackli.cld.bz/Ross-Histologia-Texto-y-Atlas/2/>
- Rodellino, L. (1985). *Química técnica de la tenería: Estudio de la piel*. En J. Adzet, J. Ballester Bonet, J. Budo Soler, X. Bunyol Navarro, P. Clota Font, P. Gasso Font, R. Gasso Soubeyre, X. Gili Bas, E. Gratacos Masanelle, J. Palomas Sole, L. Rodellino Escudero, E. Romera Pérez, E. Serra Cercos, & J. Soler Sole (Eds.), *Química técnica de la tenería* (pp. 1–20). Editorial Romanya-Valls.
- Summerfield, A., Meurens, F., Ricklin, M. E. (2015). The immunology of the porcine skin and its value as a model for human skin. *Molecular Immunology*, v. 66, n. 1, pp. 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2014.10.023>
- Sullivan, T. P., Eaglstein, W. H., Davis, S. C., Mertz, P. M. (2001). The pig as a model for human wound healing. *Wound Repair and Regeneration*, v. 9, n. 2, pp. 66–76. <https://doi.org/10.1046/j.1524-475x.2001.00066.x>
- Tancous, J., Roddy, W., O'Flaherty, F. (1959). *Histological techniques used for studying defects of hides, skins and leather*. Cincinnati: Tanners Council Research Laboratory, University of Cincinnati, pp. 224–234.
- University of South Florida. *Skin anatomy illustration*. ETC Clip Art Library. Disponible en: https://etc.usf.edu/clipart/52300/52321/52321_skin.htm
- Wilson, J. A. (1941). *Modern Practice in Leather Manufacture*. New York: Reinhold Publishing Corporation.