

Efecto de proteína dietaria en conejos Rex (*Oryctolagus cuniculus*) sobre características de piel y cuero

Effect of dietary protein on skin and leather characteristics in Rex rabbits (*Oryctolagus cuniculus*)

¹Francisco Peralta-Díaz^{ORCID}, ¹María Isabel Pérez-León^{ORCID}, ¹Yuri Villegas-Aparicio^{ORCID}, ¹Gerardo Rodríguez-Ortiz^{ORCID}, ¹Rodolfo Benigno De Los Santos-Romero^{ORCID}, ²Magaly Aquino-Cleto^{ORCID}

¹Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex-Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. ²Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Av. Universidad, Ex-Hacienda de 5 Señores, Oaxaca, México. ³Autor de correspondencia: (peraltadiaz74@gmail.com).

Resumen

La calidad del cuero garantiza resistencia y valor comercial en la peletería. El objetivo fue evaluar piel y cuero de conejos de la raza Rex con diferente nivel proteico. En 2025, se utilizaron 30 conejos alimentados con tres dietas: T0 (14.38 % proteína bruta-PB, 260.20 kcal 100 g⁻¹ de energía digestible ED), T1 (10.49 % PB, 289.37 kcal 100 g⁻¹ ED) y T2 (14 % PB, 304.10 kcal 100 g⁻¹ ED) y agua *ad libitum*. A los 90 días, fueron sacrificados (NOM-033-SAG/ZOO-2014), se obtuvieron pieles mediante desollado manual. Posterior al sacrificio, se tomaron biopsias cutáneas, fijadas en formol (10 %); teñidas con hematoxilina-eosina y analizadas en microscopio para determinar fibras con ImageJ®; las pieles fueron curtidas al cromo. Se evaluaron peso de piel fresca, peso del cuero, pérdida de peso por el curtido, área aprovechable y características cromáticas del cuero (L*, a*, b*) mediante espectrofotometría, así como propiedades físico-mecánicas en el CIATEC. Se realizaron análisis de varianza y pruebas de medias (Tukey, 0.05). T0 y T2 mostraron mayor presencia de fibras conjuntivas ($p \leq 0.05$), áreas promedio y porcentajes de fibras de 5.33 y 59.31 %, mayor luminosidad (90.91 y 90.69, respectivamente). T2 mostró mayor resistencia al desgarre (37.3 N). Los cueros de los conejos Rex alimentados con las dietas con 14% de PB cumplieron con las características de resistencia al desgarre, espesor, elongación a la rotura y suavidad que la norma internacional UNE-EN ISO 3377-2 establece.

Palabras clave: fibras conjuntivas, resistencia, elasticidad, suavidad, curtido.

Abstract

The quality of the leather guarantees resistance and commercial value in the fur industry. The objective was to evaluate the skin and hides of Rex rabbits with different protein levels. In 2025, 30 rabbits were fed three diets: T0 (14.38 % crude protein [CP], 260.20 kcal/100 g of digestible energy [DE]), T1 (10.49 % CP, 289.37 kcal/100 g DE), and T2 (14 % CP, 304.10 kcal/100 g DE), with water available *ad libitum*. After 90 days, the rabbits were slaughtered (NOM-033-SAG/ZOO-2014), and hides were obtained by manual skinning. After slaughter, skin biopsies were taken, fixed in formalin (10 %), stained with hematoxylin and eosin, and analyzed under a microscope to determine fiber content using ImageJ®. The hides were chrome-tanned. Fresh hide weight, leather weight, weight loss during tanning, usable area, and leather color characteristics (L*, a*, b*) were evaluated by spectrophotometry, as well as physical-mechanical properties at CIATEC. Analysis of variance and mean comparison tests (Tukey, 0.05) were performed. T0 and T2 showed a greater presence of connective tissue fibers ($p \leq 0.05$), average areas and fiber percentages of 5.33 % and 59.31 %, respectively, and greater lightness (90.91 and 90.69, respectively). T2 showed greater tear resistance (37.3 N). The hides from Rex rabbits fed diets with 14 % crude protein met the tear resistance, thickness, elongation at break, and softness characteristics established by the international standard UNE-EN ISO 3377-2.

Index words: connective fibers, resistance, elasticity, softness, tanning.

Introducción

La cunicultura es la actividad orientada a la cría de conejos domésticos principalmente para la obtención de carne y piel ([Escobar-Salazar et al., 2025](#); [Vélez et al., 2021](#)). Los conejos Rex poseen un extenso mercado potencial debido a su doble propósito (producción de carne y piel) ([Liu et al., 2024](#)), distinguida por la calidad de su piel y desempeño en producción intensiva ([Chen et al., 2017](#); [Córdova et al., 2025](#)).

Hay muchos usos no alimenticios de los animales, algunos de los cuales son las pieles ([Scanes, 2018](#)), la cual representa entre 4 % y 12 % de peso vivo del animal ([Ockerman y Basu, 2004](#)). Histológicamente, la estructura de la piel se organiza en tres niveles fundamentales: la epidermis, la dermis y la hipodermis ([Khoshnood y Zamanian 2020](#); [Lotfollahi, 2024](#); [Mohammed et al., 2022](#)). La dermis, compuesta por colágeno y fibras elásticas, proporcionan retracción y resistencia a la tensión, son encargadas del soporte estructural, funcionalidad y resistencia del tejido ([Park et al., 2025](#); [Uzcátegui & Gallardo, 2019](#)). El aporte nutricional influye en la síntesis de fibras conjuntivas que estimulan la composición dérmica aportando características fisiológicas en estructuras corporales, como la piel, en donde la flexibilidad y elasticidad son importantes ([De Blas, et al., 1999](#); [Phillip, 2025](#); [Potekaev et al., 2021](#); [Sambani et al., 2023](#)).

El cuero es fabricado de manera tradicional a partir de pieles frescas después de ser sometidas a varios procesos de producción físicos y químicos ([Al-Jabari et al., 2021](#); [Liang et al., 2024](#); [Palencia-Blanco et al., 2023](#); [Vargas & Amurrio, 2017](#)); el curtido del cuero es un paso decisivo en el cual los compuestos curtientes se difunden en las fibras de colágeno y se enlazan con los grupos funcionales presentes en su superficie, lo que proporciona mayor estabilidad estructural de la matriz de colágeno ([Estrada et al., 2013](#); [Essalhi et al., 2025](#); [Ling et al., 2025](#)). El curtido al cromo es el proceso más empleado a nivel mundial en la producción de cuero, gracias a los variados

beneficios que ofrece ([Bastanian et al., 2024](#); [China et al., 2020](#); [Zhang et al., 2024](#)).

A nivel mundial, como principal productor de cuero se encuentra China, seguida de India y Hong Kong ([Parisi et al., 2021](#)), Brasil, India y China, son los principales países exportadores gracias a sus bajos costos de mano de obra y producción, siendo China el líder mundial en este ámbito ([Quaratesi et al., 2025](#)).

El cuero de conejo posee propiedades físicas significativos para la industria como su durabilidad, flexibilidad y resistencia; lo cual concede que pueda ser utilizado en la elaboración de diversos objetos como prendas de vestir, calzados, artículos utilitarios y llamativos, entre otros ([Alfonso et al., 2015](#); [Briguido et al., 2018](#); [Islam et al., 2025](#); [Romero et al., 2025](#)); en este sentido, Oaxaca tiene una amplia diversidad cultural, por tal motivo la obtención de cuero de conejo para manufactura de artículos será la actividad que brinde ingresos extras para la producción cunícola. por esta razón se planteó como objetivo determinar el rendimiento y calidad de la piel y cuero de conejos Rex.

Materiales y métodos

Los animales utilizados en esta investigación durante 2025 fueron 30 conejos de la raza Rex con un peso inicial de 0.450 ± 0.20 kg, se alojaron individualmente en jaulas tipo americanas dobles de alambre galvanizado de $45 \times 60 \times 40$ cm (largo, ancho y alto), equipadas cada una con comedero, bebedero y charola de lámina galvanizada; fueron 5 hembras y 5 machos por tratamiento, alimentados con tres dietas: T0 (14.38 % de proteína bruta (PB) y 260.20 kcal 100 g⁻¹ de energía digestible (ED), T1 (10.49 % PB y 289.37 kcal 100 g⁻¹ ED) y T2 (14 % PB y 304.10 kcal 100 g⁻¹ ED) y agua *ad libitum* a la edad de 30 días; los conejos, a los 120 días de edad, los animales se sacrificaron con un peso de 2.019 ± 0.438 kg en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UABJO, en el Laboratorio de Productos de Origen Animal bajo la norma NOM-033-SAG/ZOO-2014 ([Sagarpa, 2014](#)).

Obtención de muestras

La piel se obtuvo mediante un corte de los tarsos hacia la cola, para proceder al desollado se inició jalando la piel hacia abajo hasta retirarla por completo; posteriormente se retiró la grasa presente y se lavó con detergente biodegradable para eliminar impurezas y sangre, donde se tomó en cuenta el peso de la piel en fresco (g) con una báscula digital Rhino BAR-6.

Para el proceso histológico que se realizó en el laboratorio de diagnóstico veterinario de la UABJO, después de sacrificados los conejos, las pieles se afeitaron completamente, y se tomaron biopsias cutáneas de 1 cm² de la parte abdominal de los 30 conejos, las cuales se fijaron en formol al 10 % durante 24 h, posteriormente las muestras fueron sometidas a deshidratación en una serie de alcoholes 70, 80, 95 y 100 % y luego aclaradas con xilol durante 2 h; posterior a ello, fueron colocadas en moldes para su infiltración en parafina para histología MEYER a 60 °C, los bloques de parafina se cortaron con un micrótopo de rotación manual Leica RM2125 RTS a un espesor de 7 µm, cada sección se introdujo en el baño de flotación y se colocó en un portaobjetos, seguido de ello, se colocaron en una estufa de secado Memmert INB 200 para su secado a 56 °C.

Cada muestra obtenida se colocó en una laminilla para realizar la tinción hematoxilina y eosina según el método descrito por [Luna \(1968\)](#), las secciones se desparafinaron en xilol, se rehidrataron en una serie de alcoholes (100, 96, 80 y 70 %) y agua destilada, se tiñeron en hematoxilina de Harris durante 3 minutos. Luego se lavaron con agua común, se diferenciaron con alcohol ácido y se lavaron con agua destilada. Posteriormente se tiñeron con eosina alcohólica al 0.5 % durante 2 minutos, se deshidrataron nuevamente en alcoholes (96 % y 100 %) y se aclararon en xilol durante 15 s y se montaron con resina sintética y cubreobjetos.

Las muestras histológicas teñidas con hematoxilina y eosina se observaron con un microscopio Velab VE-B6 las imágenes obtenidas a diferentes aumentos (10x y 40x) fueron capturadas en formato digital y posteriormente analizadas mediante el software ImageJ®. En este programa se delimitaron las áreas correspondientes

a las fibras utilizando herramientas de segmentación, permitiendo medir de manera precisa la cantidad de fibras presentes en el área de observación. Finalmente, a partir de los datos obtenidos, se calculó el porcentaje de fibras en relación con el área total del tejido analizado.

Para el proceso de curtido, se procedió a retirar toda la grasa en el banco de descarnado con ayuda de una cuchilla de descarnar. Las pieles limpias se introdujeron en el líquido curtiente, se mezclaron los materiales de manera uniforme y se introdujeron las pieles por un lapso de 24 h, moviéndolas cuatro veces al día, posteriormente se escurrieron y se descarnaron completamente en el banco de trabajo.

Posteriormente, se introdujeron nuevamente en el líquido curtiente por un periodo de 24 h, realizando movimientos cuatro veces para el penetrado de los curtientes; se retiraron y se exprimieron, seguido de un enjuague con abundante agua sin usar detergente, después de ello se aplicó con ayuda de una brocha una mezcla de 50 % agua y 50 % aceite de castor, dejándolas secar. Para el acabado, las pieles fueron estiradas con ayuda de la cuchilla con movimientos de tracción para hacerlas más flexibles. Por último, se utilizó una mezcla de gasolina blanca y fécula de maíz para dar brillo y eliminar el pelo que no fue fijado en el transcurso del curtido.

Cada piel curtida se pesó, además, en base al peso de la piel fresca y el peso del cuero (PC) se calculó la pérdida de peso (PP). Se calculó el área conforme al largo y ancho de cada cuero tomando en cuenta la dimensión de cuero que es aprovechable para la manufactura de artículos de interés económico. Se obtuvo el color de los cueros en la zona dorsal a la altura de las costillas con un espectrofotómetro portátil Konica Minolta CM-700d, donde se tomó en cuenta intensidad de luminosidad (L*), color rojo (a*) y color amarillo (b*) ([AMSA, 2012](#)).

Las pruebas físico-mecánicas se realizaron a los cueros que presentaron mayor porcentaje de fibras conjuntivas al realizar el proceso histológico, los cueros fueron enviados al laboratorio del Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC) donde se realizaron

pruebas físico-mecánicas: resistencia al desgarre (N) por el método UNE EN ISO 3377-2:2016, suavidad (mm) con el método UNE EN ISO 17235 y elongación a la rotura (%) aplicando el método NMX-A-220:1982.

Análisis estadístico

Las dietas se establecieron bajo diseño experimental completamente aleatorizado, utilizando como unidad experimental diez animales con tres repeticiones. Las variables de rendimiento de la piel y características del cuero fueron sometidas a prueba de normalidad (Shapiro-Wilk, $\alpha = 0.05$) y homogeneidad de varianzas (Bartlett, $\alpha = 0.05$). Se realizaron análisis de varianza y pruebas de medias (Tukey $\alpha = 0.05$), para las variables físico-mecánicas se realizaron estadísticos básicos en el paquete estadístico SAS® 9.4 (SAS Institute Inc., 2022).

Resultados y discusión

Fibras conjuntivas de la piel

Las dietas suministradas que proporcionaron mayor ($p < 0.05$) presencia de fibras en los tejidos cutáneos de conejos Rex fueron la dieta control (T0) y la dieta 2 (T2), con un área promedio de 5.33 cm², que representa 59.31 % de fibra en la piel; la dieta 1 disminuyó esta fibra en 43.5 % (Figura 1A, B).

El colágeno y la elastina son proteínas localizadas en la matriz extracelular, cuya principal función es aportar flexibilidad y elasticidad a estructuras corporales, especialmente la piel. Determinada por dos tipos de factores: internos y externos. Entre los externos destacan la dieta, específicamente la ingesta de nutrientes esenciales (Potekae et al., 2021; Sambani et al., 2023); así mismo Phillip (2025) menciona que las características químicas de la piel fresca difieren entre tipos de ganado y dependen de factores como especie, edad, sexo y alimentación; de la misma manera, De Blas et al. (1999) señalan que la fibra en la dieta de conejos regula procesos fisiológicos y puede impactar la composición de tejidos. Por ello, se atribuye que la dieta con menor porcentaje de proteína brindado a los conejos Rex presentó menor presencia de fibras en las muestras cutáneas.

La dieta T1, con menor proteína bruta, redujo significativamente la proporción de fibras dérmicas. Este resultado puede explicarse por la relación entre proteína dietaria y síntesis de colágeno, ya que estudios en otras especies muestran que la ingesta de proteínas específicas estimula la formación de matriz dérmica (Proksch et al., 2025). Asimismo, Shmalberg (2017) destaca que la nutrición es un factor clave en la integridad de la piel y fibras conjuntivas, reforzando la importancia de la dieta en la calidad dérmica.

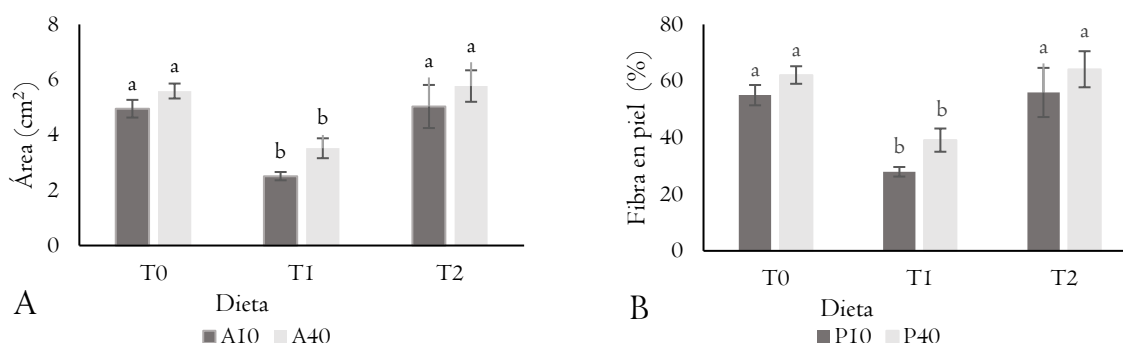


Figura 1. Fibras conjuntivas en piel de conejos Rex: A) área y B) porcentaje. Letras distintas por variable indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05). Líneas verticales sobre las barras representan el error estándar (n = 30). T0 (14.38 % de proteína bruta-PB, 260.20 kcal), T1 (10.49 % PB, 289.37 kcal) y T2 (14 % PB, 304.10 kcal), A10,40 = área de fibras observadas a 10x y 40x, P10,40 = porcentaje de fibras observadas a 10x y 40x.

Tabla I. Resumen de varianza del peso de la piel fresca y calidad del cuero de conejos Rex

Variable	Dietas (D)	Sexo (S)	D×S	CV (%)	RCME
Piel (kg)	0.003 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.011 [*]	12.8	0.03
PC (kg)	0.007 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.0004 ^{ns}	59.1	0.05
PP (kg)	0.012 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	0.006 ^{ns}	31.6	0.06
AC (cm ²)	3253211.8 ^{ns}	327712 ^{ns}	128961.8 ^{ns}	52.8	352.6
L [*]	29.37 ^{**}	0.69 ^{ns}	2.96 ^{ns}	1.9	1.75
a [*]	0.25 ^{ns}	0.30 ^{ns}	0.45 ^{ns}	-143.5	0.57
b [*]	132.67 [*]	48.68 ^{ns}	5.91 ^{ns}	22.0	4.08

CV = coeficiente de variación, RCME = raíz cuadrada del cuadrado medio del error, PC = peso del cuero, PP = pérdida de peso, AC = área del cuero aprovechable, L^{*} = luminosidad, a^{*} = valores de rojo a verde, b^{*} = valores de azul a amarillo.

Características de piel y cuero

La interacción dieta×sexo tuvo un efecto significativo en el peso de la piel. La dieta o el sexo no influyen en el peso de la piel, peso del cuero, área del cuero aprovechable y pérdida de peso por el curtido de la piel. El análisis mostró que las dietas afectan significativamente ($p \leq 0.05$) la luminosidad (L^{*}) y la tonalidad amarillo-azul (b^{*}) del cuero, mientras que el sexo y la interacción dieta×sexo no influyen en estas características cromáticas del cuero de los conejos (Tabla I).

La piel y el cuero de los conejos evaluados no presentaron diferencia estadística significativa ($p > 0.05$), el área del cuero aprovechable promedio fue de 667.91 cm² para machos y hembras (Tabla 2).

El color L^{*} y b^{*} presentaron diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$), mientras que a^{*} no fue significativo entre tratamientos, el cual fue en promedio -0.38 y para el factor sexo no se encontró diferencia estadística significativa ($p > 0.05$).

Liu et al. (2023) realizaron una investigación con 80 conejos Rex a los cuales se les suministró una dieta con 16.12 % de proteína cruda, fueron sacrificados a los 150 días de edad, donde obtuvieron peso de la piel promedio de 520.44 g, área de la piel de 1857.93 cm², estos resultados fueron superiores a los obtenidos en el presente estudio, lo cual pudo haber influido el nivel de proteína proporcionado y la edad al sacrificio.

Tao (2010) en un estudio con conejos Rex de cinco meses de edad, evaluaron la piel donde

obtuvieron que la piel en conejos Rex de cinco meses oscila entre 950 y 1000 cm², además de una densidad de pelo de 15 000 a 38 000 fibras cm⁻², en el presente estudio se observa menor área del cuero, esto puede deberse al trabajo del curtido donde se desecha el área no aprovechable.

En un estudio realizado por Chen et al. (2025) trabajaron con 200 conejos de la raza Rex de 3 meses de edad en un periodo de 35 días con una dieta basar suplementada con distintos niveles de Fe (0, 20, 40, 80 y 160 mg kg⁻¹), obtuvieron un área de pieles promedio de 1484.10 cm², en nuestro estudio se tomó en cuenta el área del cuero aprovechable la cual fue menor, lo cual se pudo deber a la implementación de distintos nutrientes.

Ortiz-Gutiérrez et al. (2021) trabajaron con conejos de 63 días de edad de las razas de la raza California y Mariposa realizaron dos experimentos con pieles: utilizaron 12 pieles fraccionadas a la mitad y establecidas a cuatro curtientes (cromo, ácido tánico, extracto de hoja y extracto de tallo) donde tuvieron pérdidas de peso de 82.40, 85.07, 88.35 y 88.85 g y pérdidas de área de 57.05, 18.69, 47.67 y 44.31 cm², valores menores a los obtenidos en este estudio, lo cual pudo haber influenciado la toma del peso de la piel fresca; obtuvieron valores para color del cuero curtidas al cromo de L^{*} (69.36), a^{*} (-0.53) y b^{*} (22.03), siendo los valores de luminosidad obtenidos en este estudio más altos, es decir las pieles de los conejos Rex resultaron ser más blancas, donde pudo haber influenciado la raza.

Tabla 2. Peso de piel fresca y calidad del cuero de conejos Rex.

Variable	T0	T I	T 2	Macho	Hembra
Piel (kg)	0.29±0.0 ^a	0.26±0.0 ^a	0.29±0.0 ^a	0.29±0.0 ^a	0.27±0.0 ^a
PC (kg)	0.10±9.0 ^a	0.09±20.8 ^a	0.06±16.3 ^a	0.10±10.7 ^a	0.73±15.0 ^a
PP (kg)	0.19±0.0 ^a	0.17±0.0 ^a	0.22±0.0 ^a	0.19±0.0 ^a	0.19±0.0 ^a
AC (cm ²)	809.80±26.3 ^a	631.15±143.4 ^a	562.80±130.2 ^a	772.43±65.7 ^a	563.40±109.8 ^a
L*	90.91±0.3 ^a	89.04±0.5 ^b	90.69±0.3 ^a	90.37±0.3 ^a	90.43±0.3 ^a
a*	-0.36±0.1 ^a	-0.32±0.1 ^a	-0.48±0.0 ^a	-0.28±0.0 ^a	-0.46±0.1 ^a
b*	16.98±0.9 ^a	21.15±1 ^b	18.57±0.9 ^{ab}	17.58±1.2 ^a	19.00±0.6 ^a

Letras distintas en las filas y por factor indican diferencias estadísticas (Tukey, 0.05). Media ± error estándar. T0 (14.38 % proteína bruta-PB, 260.20 kcal), T1 (10.49 % PB, 289.37 kcal) y T2 (14 % PB, 304.10 kcal). PC = peso del cuero, PP = pérdida de peso, AC = área del cuero aprovechable, L* = luminosidad, a* = valores de rojo a verde, b* = valores de azul a amarillo.

En estudios sobre pigmentación cutánea, se ha demostrado que factores como la dieta, el tipo de piel y la edad influyen en la expresión de melanina y carotenos, afectando los valores de L*, a* y b* ([Castanedo-Cazares et al., 2018](#)), en pieles animales, los parámetros colorimétricos reflejan la calidad comercial del cuero, y la luminosidad (L) es el indicador principal de su uniformidad y atractivo superficial.

[Puerto y Tejero \(2013\)](#) mostraron que carencias en proteína, zinc y vitamina A alteran la síntesis de colágeno y elastina, lo que puede modificar la textura y el color del cuero. Esto concuerda con los resultados observados en la dieta T1, que presentó menor proteína bruta (10.49 %) y valores colorimétricos menos deseables.

Las pruebas físico-mecánicas dieron como resultado, para resistencia al desgarre, que el tratamiento T2 mostró valores superiores en promedio de 37.3 N, respecto al tratamiento control T0 con 27.7 N, lo que indica una mayor resistencia mecánica y una mejor conexión de las fibras dérmicas en los cueros del tratamiento experimental. Hubo una diferencia del espesor del 17 % entre el T0 y T2. En cuanto a la elongación a la rotura, se presentó una diferencia del 1.84 % reflejando una adecuada elasticidad. Los valores de suavidad fueron superiores para T0 con un 16.48 %, lo que indica mayor flexibilidad ([Tabla 3](#)).

[Gonçalves et al. \(2022\)](#) realizaron un estudio para evaluar la calidad de resistencia del cuero de conejo de 70 días de edad y tilapia del Nilo, los cueros de tilapia, a pesar de tener un espesor de 1.0 mm, presentaron una resistencia a la tracción

(13.52 ± 1.86 N mm⁻²) y resistencia al desgarre (53.85 ± 6.66 N mm⁻²) significativamente más altos que los cueros de conejo, (8.98 ± 2.67 N mm⁻²) y (24.25 ± 4.34 N mm⁻²) respectivamente, y con un espesor de 1.43. La resistencia al desgarre de los cueros de conejos Rex de este estudio fueron mayores tanto para T0 y T2, a lo cual pudo haber influido la edad y la raza.

De acuerdo con la norma internacional UNE-EN ISO 3377-2, la resistencia al desgarre requerida para materiales destinados al forro de calzado debe ser de al menos 30 N. En este sentido, los valores obtenidos en T0 no cumplen con el requerimiento establecido. Sin embargo, estos materiales poseen propiedades apropiadas para su uso en la fabricación de artículos destinados a la peletería o a fines decorativos, ya que no demandan elevados niveles de tensión ni resistencia frente a condiciones climáticas extremas, por otro lado, se obtuvieron valores por arriba de los niveles establecidos para T2 siendo considerados para la elaboración de calzado, así como para la confección de diversos artículos.

[Paz-Díaz et al. \(2021\)](#) evaluaron mediante pruebas físico-mecánicas el curtido de pieles de conejos Nueva Zelanda curtidas con extractos líquidos de taninos vegetales de fruto piñón de oreja (*Enterolobium cyclocarpum* ((Jacq.) Griseb), las pieles se evaluaron de forma paralela y perpendicular donde obtuvieron una resistencia a la tracción de 20.2 y 25.1 N mm⁻² respectivamente, porcentaje de elongación de 4.8 % y 4.3 %, según la norma indica que se debe encontrar entre valores de 40 % y 80 %,

Tabla 3. Pruebas físico-mecánicas en cuero de conejos Rex.

Dieta	Variable	Media	Desv. est	Mínimo	Máximo
T0 14.38 % PB 260.20 kcal 100 g ⁻¹ ED	Resistencia al desgarre (N)	27.7	1.95	25.70	29.60
	Espesor (mm)	1.36	0.01	1.35	1.38
	Elongación a la rotura (%)	56.03	5.80	52.10	62.70
	Suavidad (mm)	4.17	0.16	4.03	4.35
T2 14 % PB, 304.10 kcal 100 g ⁻¹ ED	Resistencia al desgarre (N)	37.3	11.15	26	48.30
	Espesor (mm)	1.16	0.08	1.10	1.26
	Elongación a la rotura (%)	57.06	11.11	46.70	68.80
	Suavidad (mm)	3.58	0.79	2.72	4.28

lo cual se observa que las pieles de conejos Rex si cumplen con los valores de calidad respecto a la norma (ISO 3376:2011); resistencia al desgarre de 5.8 y 22.5 N, por lo cual no cumplieron con los requerimientos mínimos según la norma determinada. Los resultados obtenidos para este estudio nos indican que para los tratamientos T0 y T2, ambos se encuentran en los valores que la norma indica.

[Pancapalaga & Nitiharjo \(2019\)](#) determinaron la calidad de pieles de conejos Rex de un año de edad curtidas con distintas concentraciones de taninos de manglar y mimosa (0:30 %, 10:20 %, 20:10 % y 30 %), mediante las pruebas de calidad obtuvieron una resistencia a la tracción de 356.35 N cm⁻², elongación de 29.80 % y resistencia a la costura de 84.41 kg cm⁻¹. Siendo la elongación más baja a comparación de los conejos Rex evaluados en esta investigación, a lo cual pudo deberse a la edad de los conejos evaluados.

[Basantes y Lozano \(2018\)](#) evaluaron el efecto de un extracto a partir de vainas de *Caesalpinia spinosa* ((Molina) Kuntze) en pieles de caprinos, los cuales los compararon con un tratamiento testigo que tenía sulfato básico de cromo donde obtuvieron valores de resistencia a la tracción de 2041.67 N cm⁻² y 1838.46 correspondientemente, alargamiento a la rotura de 59.56 y 54.67 % y distensión de 9.04 % y 8.64 % respectivamente, a lo cual se observa que las pieles de conejos Rex

mostraron valores de hasta 62.7 % y 68.8 %, a pesar de ser una especie menor, ofrece características de calidad deseables.

[Hidalgo \(2016\)](#) evaluó el curtido de pieles de caprinos con extracto de fenoles de *Caesalpinia spinosa* y con sulfato de cromo, donde obtuvieron una resistencia a la tensión de 333.24 y 284.45 N; porcentaje de elongación 72.12 % y 66.33 %, temperatura de encogimiento de 92.86 y 86.71 °C respectivamente, siendo el porcentaje de elongación superiores por el uso de *Caesalpinia spinosa* a comparación de los resultados obtenidos en este estudio, a diferencia del curtido con sulfato de cromo donde el T2 proporcionó resultados más altos.

Conclusiones

Las pieles de los conejos alimentados con la dieta con menor nivel de proteína (10.49 % PB, 289.37 kcal 100 g⁻¹ ED) presentaron menor contenido de fibras conjuntivas comparados con los alimentados con mayor nivel de proteína (14.38 % proteína bruta-PB, 260.20 kcal 100 g⁻¹ de energía digestible ED y 14 % PB, 304.10 kcal 100 g⁻¹ ED). El sexo de los conejos y las dietas evaluadas no influyeron en el peso de la piel fresca, peso del cuero, pérdida de peso por el curtido de la piel, área del cuero aprovechable y características cromáticas del cuero de conejos de la raza Rex. Los cueros de los conejos Rex alimentados con las dietas con 14%

de PB cumplieron con las características de resistencia al desgarre, espesor, elongación a la rotura y suavidad que la norma internacional UNE-EN ISO 3377-2 establece.

Referencias

- Al-Jabari, M., Sawalha, H., Pugazhendhi, A. & Eldon, R. R. (2021). Cleaner production and resource recovery opportunities in leather tanneries: Technological applications and perspectives. *Bioresource Technology Reports*, 16(4), 100815. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100815>
- Alfonso, C., Caballero, J., Castillo, O., Flores, I., Pérez, G. y María S. (2015). Biocueros: Pielles marinas curtidas con savia de la *Musa paradisiaca*. *Revista de Iniciación Científica*, 1(1), 46-50. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/349>
- American Meat Science Association (AMSA). (10 de febrero de 2026). *Meat color measurement guidelines*. <https://meatscience.org/publications-resources/printed-publications/amsa-meat-color-measurement-guidelines>
- Bastanian, M., Olad, A. & Ghorbani, M. (2024). Tuning a green carboxymethyl cellulose-based pre-tanning agent via peroxide oxidation for high chrome exhaustion in leather industry. *International Journal of Biological Macromolecules*, 265(2), 131133. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131133>
- Basantes, B. E. y Lozano, H. C. (2018). Evaluación de las características físicas de pieles curtidas con un extracto hidroalcohólico a partir de *Caesalpinia spinosa*. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 13. <https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/12/pieles-caesalpinia-spinosa.html>
- Briguido, J. M., Calderón, J. F., Recchioni, L. L. y Díaz, A. C. (2018). Determinación de las propiedades mecánicas del cuero fino de vaca sometidas a condiciones variadas de temperatura y humedad. *Revista de la Universidad de Costa Rica*, 28(2), 100-114. <https://doi.org/10.15517/ri.v28i2.30878>
- Castanedo-Cazares, J. P., Hernández-Blanco, D., García-Cortés, J. D., Medina-Aguilar, L. & Torres-Álvarez, B. (2018). Análisis de la pigmentación cutánea en una muestra. *Gaceta Médica de México*, 154(1), 1-8. <http://dx.doi.org/10.24875/GMM.17003050>
- China, C. R., Maguta, M. M., Nyandoro, S. S., Hilonga, A., Kanth, S. V. & Njau, K. N. (2020). Alternative tanning technologies and their suitability in curbing environmental pollution from the leather industry: A comprehensive review. *Chemosphere*, 254, 126804. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126804>
- Chen, S., Liu, Y., Liu, T., Chen, B. & Gu, Z. (2017). Polymorphisms of exon 5, exon 7 and intron 10 of MMP2 gene and their association with wool density in Rex rabbits. *World Rabbit Science*, 25(2), 181-184. <https://doi.org/10.4995/wrs.2017.6514>
- Chen, J., Wang, J., Liu, L. & Li, F. (2025). Effects of dietary iron levels on the production performance, nutrient digestibility, blood biochemistry, and meat and fur quality of growing Rex rabbits. *Animals*, 15(2), 274. <https://doi.org/10.3390/ani15020274>
- Córdova, F. F., Carrera, R. M., Pavón, R. L. & Haro, F. Y. (2025). Análisis comparativo de la calidad seminal en conejos (*Oryctolagus cuniculus*) de las razas Rex, Nueva Zelanda y Cabeza de León. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(2), 17-31. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.16778
- De Blas, C., Wiseman, J. & Fraga, M. J. (1999). *The Nutrition of the Rabbit*. Wallingford: CABI Publishing.
- Escobar-Salazar, L. E., Garduño-Millán, M. L. & Ortiz-Rodríguez, R. (2025). Rendimiento de la canal y rendimiento de la carne deshuesada en conejos de diferentes razas bajo un mismo ambiente. *Revista Científica De La Facultad de*

- Ciencias Veterinarias, 35(2), 7.
<https://doi.org/10.52973/rcfcv-e35670>
- Essalhi, F., Essadak, A. & Bengueddour, R. (2025). Valorization of trout skins for a circular bioeconomy: Ecological leather production and anaerobic co-digestion of tanning effluents with trout byproducts (Morocco). *Environmental Challenges*, 20, 101197.
<https://doi.org/10.1016/j.envc.2025.101197>
- Estrada, A., Herrera, J. R., Hernández, R. y Rosas, A. (2013). Recuperación de sales de Cromo a partir de la raspa y su aplicación en el curtido de pieles. *Conciencia Tecnológica*, 46, 24-28.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94429298005>
- Gonçalves, O. G., Gasparino, E., Dalcin C. L., Garcia, M. N., Souza dos R., Alves de Almeida, F. L., Matiucci, M. A., Feihrmann, A. C., Hernandez G. G., Casetta, J., Schons, S. V., Dantas, J. V. & Rodrigues de Souza, M. L. (2022). Characterization and strength quality of the *Oryctolagus cuniculus* leather compared to *Oreochromis niloticus* leather. *The Scientific World Journal*, 561404(1), 9.
<https://doi.org/10.1155/2022/4561404>
- Hidalgo, A. L. (2016). Comparación de la curtición con harina de *Caesalpinia spinosa*, con una curtición mineral con sulfato de cromo para pieles caprinas. *Industrial Data*, 19(1), 100-108.
<https://doi.org/10.15381/idata.v19i1.12542>
- Islam, M. M., Mim, S., Bodrun, U. H. & Mottalib, M. A. (2025). Sustainable leather tanning: Evaluation of *Aphanamixis polystachya* extract as an eco-friendly alternative to conventional tanning agents. *Sustainable Chemistry One World*, 8, e100114.
<https://doi.org/10.1016/j.scowo.2025.100114>
- Khoshnood, N. & Zamanian, A. (2020). Decellularized extracellular matrix bioinks and their application in skin tissue engineering. *Bioprinting*, 20, e00095.
<https://doi.org/10.1016/j.bprint.2020.e00095>
- Liang, S., Wang, X., Xie, L., Liu, X. & Dang, X. (2024). Discarded enoki mushroom root-derived multifunctional chrome-free chitosan-based tanning agent for eco-leathers manufacturing: Tanning-dyeing, non-acid soaking, and non-basifying. *International Journal of Biological Macromolecules*, 275(2), 133394.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.133394>
- Ling, X., Zhang, J., Han, Q., Wang, B., Guan, X. & Wang, X. (2025). Tailoring polysaccharide tanning agents with a broad molecular weight distribution from corn cob biomass: A dual solution for sustainable leather processing and waste valorization. *International Journal of Biological Macromolecules*, 319(4), e145624.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.145624>
- Liu, G., Liu, C., Zhang, Y., Sun, H., Yang, L., Bai, L. y Gao, S. (2023). El desarrollo del folículo piloso en conejos Rex está regulado estacionalmente por las vías de señalización Wnt10b/ β -catenina, TGF β -BMP, IGF1 y EGF. *Animals*, 13(23), 3742.
<https://doi.org/10.3390/ani13233742>
- Liu, S., Li, H., Yang, L. & He, Z. (2024). Effects of hydroxyl radical oxidation on the stability and biochemical functions of Rex rabbit meat. *LWT*, 203, e116295.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116295>
- Lotfollahi, Z. (2024). The anatomy, physiology and function of all skin layers and the impact of ageing on the skin. *Wound Practice and Research*, 32(1), 6-10, e10.33235.
<https://doi.org/10.33235/wpr.32.1.6-10>
- Luna, L. G. (1968). *Manual of histologic staining methods of the Armed Forces Institute of Pathology* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.
<https://ia800403.us.archive.org/0/items/ManualHistologicalStaining/Manual%20Histological%20Staining.pdf>
- Mohammed, E. S. I., Madkour, F. A., Zayed, M., Radey, R., Ghallab, A. & Hassan, R. (2022). Comparative histological analysis of the skin

- for forensic investigation of some animal species. *EXCLI Journal*, 21, 1286-1298. <https://doi.org/10.17179/excli2022-5335>
- Ockerman, H. W. & Basu, L. (2004). BY-PRODUCTS | Hides and Skins, Editor(s): Werner Klinth Jensen, *Encyclopedia of Meat Sciences*, 125-138. <https://doi.org/10.1016/B0-12-464970-X/00048-9>
- Ortiz-Gutiérrez, L. J., Soto-Simental, S., Zepeda-Bastida, A., Ocampo-López, J. & Ayala-Martínez, M. (2021). Uso de *Dalbergia palo-escrito* como alternativa vegetal para el curtido de la piel de conejo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(3), e2967. <https://doi.org/10.19136/era.a8n3.2967>
- Palencia-Blanco, C. G., Paz-Díaz, H. J., Porras-Oliveros, J. T., Carreño-Castaño, L. A., Salazar-Beleño, A. M. y Pacheco-Valderrama, M. M. (2023). Evaluación del cuero obtenido a partir de piel de pescado de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*) utilizando taninos extraídos del pseudotallo del plátano (*Musa paradisiaca*). *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 21(2), 2023, 115-129. <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v21.n2.2023.2198>
- Pancapalaga, W. & Nitiharjo, S. (2019). The quality of rabbit hide tanned by mangrove (*Rhizophora mucronata*). *Leather and Footwear Journal*, 19, 189-194. <https://doi.org/10.24264/lfj.19.4.3>
- Parisi, M., Nanni, A. y Colonna, M. (2021). Reciclaje de cuero curtido al cromo y su utilización como materiales poliméricos y en compuestos poliméricos: Una revisión. *Polímeros*, 13(3), 429. <https://doi.org/10.3390/polym13030429>
- Park, J. E., Lee, S. and Choi, J. K. (2025). Single human umbilical cord blood stem cells in decellularized porcine dermis-derived extracellular matrix hydrogel promote healing of skin wounds. *Materials & Design*, 251, e113712. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2025.113712>
- Paz-Díaz, H. J., Agudelo-Beltrán, A. Y., Plata-Pastor, D. A., Pacheco-Valderrama, M. M., Salazar-Beleño, A. M. y Murillo-Méndez, C. J. (2021). Extracto de taninos del fruto piñón de oreja (*Enterolobium cyclocarpum*) como curtiente para piel de conejo común (*Oryctolagus cuniculus*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19(1), 180-190. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(19\)180-190](https://doi.org/10.18684/BSAA(19)180-190)
- Phillip, A. L. (2025). Development of Equations to Predict Percentage Empty Body and Carcass Chemical Composition Adjusted for Breed Type and Sex in Growing/Finishing Cattle. *Ruminants*, 5(2), 14. <https://doi.org/10.3390/ruminants5020014>
- Potekaev, N. N., Borzykh, O. B., Medvedev, G. V., Petrova, M. M., Gavriluk, O. A., Karpova, E. I., Trefilova, V. V., Demina, O. M., Popova, T. E. & Shnayder, N. A. (2021). Genetic and epigenetic aspects of skin collagen fiber turnover and functioning. *Cosmetics*, 8(4), 92. <https://doi.org/10.3390/cosmetics8040092>
- Proksch, E., Zdzieblak, D. & Oesser, S. (2025). The oral intake of specific bovine-derived bioactive collagen peptides has a stimulatory effect on dermal matrix synthesis and improves various clinical skin parameters. *Cosmetics*, 12(2), 79. <https://doi.org/10.3390/cosmetics12020079>
- Puerto Caballero, L. & Tejero García, P. (2013). Alimentación y nutrición: repercusión en la salud y belleza de la piel. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 33(2), 56-65. <https://doi.org/10.12873/332tejero>
- Quaratesi, I., Chipurici, P., Ferrara, V., Casas, C., Bacardit, A., Proietti, N., Talotta, C., Gaeta, C., Iuliano, V., Bruno, I., Pauciulo, A., Gliubizzi, R., Călinescu, I. & Badea, E. (2025). Biodegradable alginate derivatives obtained by eco-friendly ultrasound technology for more sustainable leather tanning. *Green Chemistry*,

- 27(35), 10567-10581.
<https://doi.org/10.1039/d4gc06571a>.
- Romero, W. P., Salguero, S. S. & Ocaña, L. P. (2025). Gestión de residuos de curtiembres y políticas de sostenibilidad en la industria del cuero. *Tesla Revista Científica*, 5(1).
<https://doi.org/10.55204/trc.v5i1.e474>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa). (2014). Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014, *Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres*. Diario Oficial de la Federación.
<https://www.gob.mx/profepa/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-033-sag-zoo-2014-metodos-para-dar-muerte-a-los-animales-domesticos-y-silvestres>
- Sambani, K., Kontomaris, S. V. & Yova, D. (2023) Atomic force microscopy imaging of elastin nanofibers self-assembly. *Materials*, 16(12), 4313.
<https://doi.org/10.3390/ma16124313>
- SAS Institute Inc. (2022). *SAS® 9.4 Language Reference* (Third Edition). Cary, NC: SAS Institute Inc.
<https://go.documentation.sas.com/api/docsets/lrmeta/9.4/content/lrmeta.pdf?locale=en>
- Scanes, Colin G. (2018). Animal attributes exploited by humans (nonfood uses of animals). En M. C. Appleby, D. M. Weary, & P. Sandøe (Eds.), *Animals and human society* (1ª ed., I, 13–40). Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805247-1.00002-2>
- Shmalberg, J. (2017). Diets and the dermis: nutritional considerations in dermatology. *Today's Veterinary Practice*, 7, 33–42.
<https://todaysveterinarypractice.com/nutrition/acvn-nutrition-notesdiets-dermis-nutritional-considerations-dermatology/>
- Tao, Y. (2010). Studies on the quality of Rex rabbit fur. *World Rabbit Science*, 2(1), 21–24. <https://doi.org/10.4995/wrs.1994.213>
- Uzcátegui, M. G. y Gallardo, L. (2019). Proteínas dérmicas: Colágeno & fibras elásticas. *Dermatología Venezolana*, 57(2), 7–15.
<https://revista.svderma.org/index.php/ojs/article/view/1442/1416>
- Vargas, D. & Amurrio, D. (2017). Alternativa de proceso de curtido con alto agotamiento de Cromo para las curtiembres tradicionales de la ciudad de Cochabamba. *Acta Nova*, 8(1), 3–30. <https://doi.org/10.35319/acta-nova.2017154>
- Vélez, A., Espinosa, J. A. y Aguilar, R. F. (2021). Tipología y caracterización de cunicultores en los Estados del centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(2), 469–486.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i2.5811>
- Zhang, L., Cheng, Q., Wang, C., Huang, C. y Lin, W. (2024). Energy-saving and low-carbon leather production: AI-assisted chrome tanning process optimization. *Journal of Cleaner Production*, 457, 142464.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142464>