

## Alternativas ambientales a los procesos de rendido y engrase

M. Roig, V. Segarra, M. A. Martínez, J. Ferrer

Centro de Innovación y Tecnología (INESCOP). Polígono Industrial Campo Alto - 03600 Elda (Spain)

Email:medioambiente@inescop.es

### Abstract

En las últimas décadas, los factores medioambientales y de protección de la salud se han integrado completamente como una herramienta más de gestión industrial, satisfaciendo así las demandas de los consumidores de productos más limpios y de empresas más respetuosas con el entorno que nos rodea.

El desarrollo de estos productos depende de las tecnologías de curtición empleadas, que han evolucionado de forma significativa en los últimos años. Estas mejoras han sido posibles, en parte, gracias al desarrollo de numerosos proyectos de I+D+i, promovidos por los centros de investigación europeos y apoyados financieramente por la Comisión Europea, a través de diferentes programas, entre ellos, el programa LIFE+ que contribuye a mejorar el medio ambiente mediante el desarrollo de proyectos de demostración de tecnologías innovadoras y la divulgación de los resultados obtenidos.

El Centro de Innovación y Tecnología, INESCOP, en colaboración con tenerías y centros de investigación y universidades de la Unión Europea, desarrolla múltiples actuaciones para mejorar el impacto de las tenerías. En la actualidad, INESCOP participa en dos proyectos europeos en curso relacionados con curtidos:

- Proyecto LIFE PODEBA "Uso de subproductos avícolas en la fase de rendido enzimático de la curtición de la piel".

- Proyecto LIFE ECOFATTING "Productos naturales respetuosos con el medio ambiente como sustitutos de las cloroparafinas en la fase de engrase de la curtición de la piel".

En el presente trabajo se exponen los principales resultados obtenidos hasta el momento en el marco de los citados proyectos en los que actualmente participa INESCOP..

**Palabras clave:** enzimas, residuos avícolas, rendido, engrase, cloroparafinas.

### 1. Introducción

El proceso de curtición se realiza mediante múltiples etapas en las que los curtidores tratan de optimizar la calidad y el rendimiento de la piel a la vez que reducen los costes de producción y el impacto ambiental del proceso. El adecuado desarrollo de las primeras etapas (remojo, pelambre y descalcado/rendido) es fundamental para garantizar la calidad de los cueros acabados, evitándose problemas de arrugas, soltura o bajos de flor, bajas resistencias físicas, etc.

En el caso de la etapa de rendido, el uso de enzimas es inherente a la misma dado que sólo mediante enzimas proteolíticas es posible producir el aflojamiento de la estructura colagénica de la piel, principal objetivo de esta etapa. Además, las enzimas de rendido reducen el hinchamiento alcalino de la piel producido en la etapa de pelambre/calero y también facilitan la eliminación de grasas, proteínas no fibrosas, restos de pelo, etc.

La intensidad del rendido dependerá del tipo de cuero deseado como producto final, siendo necesario controlar adecuadamente las variables del proceso como son la actividad enzimática del producto empleado, el tiempo, temperatura y pH de operación y la acción mecánica. Si el rendido es insuficiente por no realizarse en las condiciones óptimas, las pieles pueden quedar duras, ásperas, con soltura de flor y con restos de raíces de pelo y epidermis. Por el contrario, el rendido excesivo puede provocar un intenso aflojamiento de la textura fibrosa y una excesiva elasticidad y esponjosidad del cuero, poca plenitud y bajas resistencias físicas.

El desarrollo de las biotecnologías ha permitido la producción industrial de enzimas mediante fermentación microbiana mediante cultivos aeróbicos sobre cepas de bacterias y hongos [1]. Sin embargo, durante años la presencia de enzimas proteolíticas en residuos

de excrementos de animales ha sido la fuente natural de los productos enzimáticos de rendido.

En este contexto, el proyecto LIFE PODEBA – “Uso de subproductos avícolas en la fase de rendido enzimático de la curtición de la piel” – tiene como principal objetivo la demostración del reciclaje de un residuo avícola que, previo acondicionamiento y desodorización, puede ser reutilizado en la etapa de rendido del proceso de curtición de pieles debido a su capacidad enzimática. Técnicamente el proyecto se desarrolla en cuatro etapas:

- Acondicionamiento de los residuos avícolas y determinación de su actividad enzimática
- Utilización de los residuos avícolas en la etapa de rendido del proceso de curtición
- Obtención de pieles de calidad adecuada para la fabricación de calzado y confección
- Evaluación comparada del impacto ambiental de la utilización del residuo avícola frente a los productos comerciales

Por otro lado, en la etapa de engrase se devuelve a la piel su flexibilidad original que se ha ido perdiendo durante las diferentes etapas del proceso. Esta operación se realiza mediante la incorporación de diferentes productos engrasantes que mantienen las fibras separadas y lubricadas de modo que pueden deslizarse unas en relación a otras. El mayor o menor grado de flexibilidad de la piel depende de la cantidad y el tipo de grasas utilizadas, de modo que variando los porcentajes de grasa y las combinaciones de agentes engrasantes se obtienen diferentes tipos de piel adecuados para la fabricación de distintos artículos.

Las materias primas empleadas en la fabricación de productos de engrase pueden ser de origen natural (triestéres de ácidos grasos de glicerina de procedencia animal o vegetal) o sintéticas (parafinas, parafinas cloradas y aceites minerales) [2]. Estos productos son insolubles en agua por lo que deben someterse a una transformación química (sulfatación, sulfitación, fosfatación, cloración, sulfonación, etc.) mediante la que se les adicionan grupos polares que permiten su emulsión en agua [3].

Las parafinas cloradas (de origen petroquímico) han sido muy utilizadas debido a su estabilidad química, bajo coste y buen rendimiento pero plantean una creciente preocupación por su elevado contenido en

cloro y baja biodegradabilidad. Así, el objetivo del proyecto LIFE ECOFATTING – “Productos naturales respetuosos con el medio ambiente como sustitutos de las cloroparafinas en la fase del engrase de la piel” – es la demostración de una tecnología innovadora para el engrase de pieles mediante productos de origen natural más biodegradables. Este proyecto se realiza mediante las siguientes acciones:

- Desarrollo de grasas de origen natural más respetuosas con el medio ambiente
- Evaluación comparada del impacto medioambiental de diferentes productos de engrase convencionales y de las grasas de origen natural desarrolladas
- Obtención de pieles de calidad adecuada para la fabricación de calzado y artículos de piel

En este trabajo se describen los ensayos y análisis realizados y los resultados obtenidos hasta la fecha en ambos proyectos.

### **Procedimiento experimental: materiales y métodos**

Teniendo en cuenta la distinta naturaleza de los proyectos presentados en este trabajo, los procedimientos experimentales seguidos también son diferentes para cada proyecto. Las limitaciones de espacio del presente trabajo impiden una descripción detallada de estos procedimientos experimentales por lo que, a continuación, se proporciona un breve resumen de los mismos.

### **El proyecto LIFE PODEBA**

Los residuos avícolas empleados en el proyecto proceden de una granja de gallinas ponedoras situada en Mordano, en la región de Emilia-Romagna (Italia). Los excrementos avícolas son recogidos mediante cintas transportadoras y se someten a un proceso de secado de alta eficacia (sistema MDS) [4].

Estos residuos avícolas tienen un aspecto pastoso, con una humedad del orden del 70% y un olor desagradable, por lo que es necesario realizar un acondicionamiento previo de las muestras para que su uso y manejo sea semejante al de los productos comerciales empleados habitualmente, reduciéndose su impacto oloroso y manteniéndose la actividad

enzimática. El proceso consiste en la maduración y estabilización de la biomasa para la eliminación de olores conforme a un proceso patentado (EP1314710; AMEK, CTI, 2002) [5].

La efectividad del tratamiento de acondicionado se evalúa mediante la medida de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs), NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, sulfuros y mercaptanos [6], conforme se muestra en la Tabla 1 y de la actividad enzimática de los residuos avícolas antes y después del tratamiento.

Tabla 1. Medida emisiones residuos avícolas: parámetros y métodos de análisis

Parámetro	Método de análisis
COVs	Cromatografía gases Espectrofotometría de masas
Amonio (NH <sub>3</sub> )	Espectrofotometría
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	Cromatografía gases
Sulfuro de dimetilo (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S Disulfuro dimetilo (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	Cromatografía gases Espectrofotometría de masas
Metilmercaptano (CH <sub>3</sub> SH)	Cromatografía gases

Respecto a la determinación de la actividad enzimática de los residuos avícolas, debido a la forma granulada de las muestras se ha establecido un procedimiento de preparación para su análisis, basado en la normativa de lixiviación de residuos. El proceso consiste en la molienda de las muestras (tamaño de partícula máximo de 4 mm) y obtención del lixiviado del residuo en agua por agitación durante 24 horas a 50 rpm y posterior filtración a vacío.

La determinación de la actividad enzimática de los residuos avícolas permite evaluar las posibilidades de uso de este residuo en la etapa de rendido de las pieles. La caracterización de la actividad enzimática de las muestras puede realizarse empleándose diferentes métodos en función del sustrato degradado por las enzimas y empleado como referencia (caseína, hemoglobina, etc.) y el método de detección (titulométrico, fotométrico, etc.). En este caso, se ha utilizado el procedimiento de Lohlein-Volhard [7] para la determinación de la

actividad enzimática de los residuos avícolas. Este método se basa en la digestión de un sustrato de caseína por la actividad proteolítica de los productos enzimáticos contenidos en la muestra a ensayar. Mediante este método, la actividad enzimática se mide en Unidades Lohlein-Volhard por gramo (LVU/g), que se define como la cantidad de enzima que es capaz de degradar 1,725 mg de caseína.

Los ensayos de utilización de los residuos avícolas acondicionados en la etapa de rendido de las pieles han sido realizados en las plantas piloto de curtición de INESCOP (Figura 1). En estos ensayos se han procesado pieles de vacuno divididas en tripa, con un grosor de 2,5 mm, y divididas en hojas (medias pieles). Estas pieles se han sometido a un proceso de desencalado convencional mediante sulfato amónico y, a continuación, se realizó el proceso de rendido empleando diferentes muestras de residuos avícolas.



Figura 1. Bombo de curtición empleado en los ensayos de rendido con residuos avícolas

A modo de referencia comparativa, se realizó el rendido empleando un 1% de un producto comercial convencional con una actividad enzimática de 900 LVU/g, por lo que, en función de la actividad enzimática de cada muestra de residuo, se recalculó el porcentaje de muestra a añadir sobre peso de piel dividida en tripa, manteniéndose constantes las condiciones de operación: pH, temperatura, velocidad de rotación y tiempo. El avance de la etapa de rendido se evaluó marcando la huella dactilar sobre la piel a intervalos de 15 minutos como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Comprobación del progreso del rendido de la piel.

La formulación empleada en las etapas de desencalado/rendido se muestra en la Tabla 2, donde se indica, para cada una de las operaciones, el producto utilizado, el porcentaje en peso, la temperatura y el tiempo de operación, así como las comprobaciones realizadas (pH, salinidad del baño, etc.).

Las pieles obtenidas muestran un aspecto agradable, grano fino y una suavidad, blandura, flexibilidad, firmeza de flor y plenitud adecuadas. La evaluación de los resultados de los ensayos se ha realizado mediante la caracterización de las pieles obtenidas y los efluentes residuales, conforme a normas aceptadas.

Tabla 2. Formulación empleada en los ensayos.

Proceso	%	Producto	°C	Rodar	pH	Comentarios
<b>Desencalado</b>	200	Agua	30	20'		
		Vaciar baño				Lavar dos veces
	100	Agua	35	20'		
	1.0	Sulfato amónico		15'		pH
	1.0	Sulfato amónico		15'		pH
		Rodar		30' - 45'	< 8	Corte fenoltaleina incoloro
	0.5	Tensoactivo		20'		
<b>Rendido</b>	200	Agua	38			
	X	Residuo avícola (*)		45' - 60'		
		Vaciar baño				Muestra baño
	200	Agua	20	5'		Lavar dos veces
		Escurrir				

(\*) Recalculado para cada residuo avícola en función de su actividad enzimática para que sea equivalente a un 1% (sobre peso dividido en tripa) de un producto comercial de 900 LVU/g.

### El proyecto LIFE ECOFATTING

En la primera etapa del proyecto LIFE ECOFATTING se ha realizado la evaluación del impacto medioambiental de diferentes familias de productos de engrase empleados habitualmente en las tenerías, definiéndose los parámetros a analizar, tanto en los propios productos de engrase como en las aguas residuales generadas en la etapa de engrase y en las pieles obtenidas (parámetros físicos, químicos y organolépticos).

Estos resultados se utilizarán posteriormente como valores de referencia para medir la reducción del impacto ambiental, comparándolos con los resultados que se obtengan de las grasas de origen natural desarrolladas. Para ello, en primer lugar se seleccionaron las familias de engrases a evaluar, que se muestran en la Tabla 3:

Tabla 3. Familias de productos de engrase evaluadas.

1	Oleína sulfatada	6	Ester sulfatado
2	Oleína sulfonada	7	Ester fosfórico
3	Oleína sulfitada	8	Parafina sulfoclorada
4	Aceite de pescado sulfitado	9	Aceites sintéticos
5	Lecitina sulfatada	10	Polímero engrasante

A continuación, se realizaron en INESCOP ensayos de engrase de las pieles con los productos seleccionados a escala laboratorio y semi-industrial. Los ensayos se realizaron sobre pieles de vacuno y de cordero en wet-blue, preparadas para la operación de engrase mediante un proceso convencional previo de neutralización, recurtición y tintura. Los ensayos a escala laboratorio se han realizado en los bombos piloto (Figura 3) empleando muestras de 1 pie<sup>2</sup> de pieles preparadas para el engrase. Posteriormente, se realizaron los

ensayos con pieles enteras a escala semi-industrial (Figura 4).



Figuras 3 y 4. Ensayos engrase pieles a escala laboratorio y semi-industrial.



Instalaciones de INESCOP-UT Vall d’Uixó

En ambos casos, el proceso de engrase realizado sobre las pieles neutralizadas, recurtidas y tintadas se muestra en la Tabla 4:

Tabla 4. Procedimiento de trabajo para el engrase de las pieles

PRODUCTO/PROCESO	% peso piel wet-blue
Agua (45-50 °C)	500 %
Grasa	8 % (*)
Rodar 90 minutos	
Ácido fórmico (dilución 1:10)	3%
Rodar 20 minutos	
Lavar, escurrir bombo, coger muestra baño y sacar pieles Secado aire	

(\*) En los productos comerciales, las grasas están mezcladas con agua o productos emulsionantes, con una concentración en materia activa del 65 - 80%. Por ello, para cada tipo de engrase se recalcula el porcentaje del producto comercial añadido para garantizar la adición de la misma cantidad de grasa a todas las pieles.

Finalizada cada operación, se procede a coger una muestra del baño residual de engrase y una muestra de las pieles obtenidas para la determinación de los parámetros físicos seleccionados.

Una vez caracterizadas las 10 familias de engrases de referencia, se procede a la realización de los mismos ensayos empleando los productos de origen natural desarrollados en el proyecto. Estos productos están formulados en base a ésteres metílicos de ácidos grasos de aceite de palma, de cadena C12-C18, sometidos a un proceso de cloración para alcanzar un contenido en cloro semejante a los productos comerciales (44%). Los resultados obtenidos en estos ensayos se han comparado con los valores de referencia para evaluar la reducción del impacto medioambiental de los productos desarrollados.

Con relación al aspecto de las muestras de piel obtenidas en los ensayos, todos los productos de engrase evaluados proporcionaron a las pieles un aspecto, tacto, flexibilidad y plenitud adecuados, con ligeros matices en el color que no se consideran significativos.

## Resultados y discusión

A continuación se proporciona un breve resumen de los principales resultados obtenidos en cada proyecto hasta la fecha.

### *El proyecto LIFE PODEBA*

Los resultados de la caracterización del extracto acuoso de las diferentes muestras de residuos avícolas ensayadas se recogen en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultados del análisis de la actividad enzimática de los residuos avícolas.

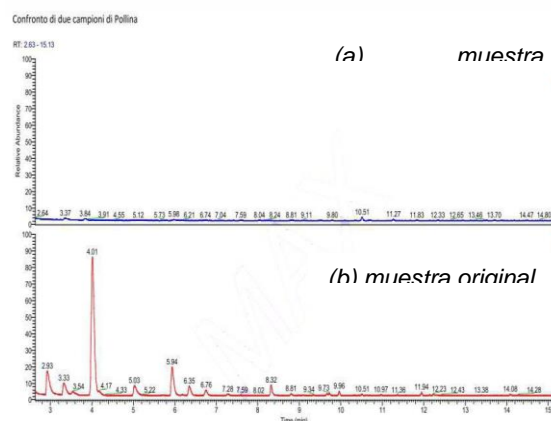
MUESTRA	Humedad (%)	LVU/g (peso muestra)	LVU/g (peso muestra seca)
FRESCA	69	423	1.364
SECA	20	295	354
AMEK MDS	33	328	438
AMEK V	42	267	456
AMEK G	8	298	323
AMEK PO	20	378	472
C1	16	519	621
C2 (P70)	16	427	511
P120	18	350	489
C4	18	445	575

Los resultados se validan mediante la realización del ensayo sobre un producto comercial de actividad enzimática conocida, obteniéndose una desviación de entre el 8 y el 15%, acorde con el error establecido en el procedimiento de análisis. La muestra original tiene una actividad enzimática de 1,364 LVU/g sobre peso seco, semejante a los productos de rendimiento comerciales (1,000-2,000 LVU/g) que, después del tratamiento de acondicionado se estabiliza en torno a las 500 LVU/g.

Por otro lado, se ha comprobado que mediante el tratamiento realizado se reducen las emisiones de COVs, conforme se aprecia en la Figura 5, en la que la línea superior se corresponde con la muestra acondicionada mientras que la línea inferior se corresponde con la muestra sin tratamiento.

Figura 5. Determinación COVs en muestras de residuos avícolas:

(a) muestra acondicionada, (b) muestra original.



La ausencia de picos en la muestra acondicionada (imagen superior) respecto a la muestra original (imagen inferior) refleja la desodorización de los residuos avícolas, lo que facilita el uso de estos productos en la etapa de rendido.

La evaluación del impacto ambiental del uso de residuos avícolas en la etapa de rendido, en sustitución de productos enzimáticos comerciales, se ha realizado mediante la caracterización de los baños residuales de desenchalado/rendido procedentes de los ensayos realizados. En este sentido, se ha realizado la determinación de los parámetros más significativos en conformidad con normas internacionales, mostrándose en la Tabla 6 los resultados obtenidos.



# TRUMPLER ESPAÑOLA

Creamos buena química

info@trumpler.es

www.trumpler.es



Tabla 6. Caracterización de los baños residuales de desencalado-rendido.

Muestra	pH	Conductividad (µs/cm)	Sólidos suspendidos (mg/l)	DQO (g O2/l)	DBO <sub>5</sub> (g O2/l)	NTK (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	S <sup>=</sup> (mg/l)
Producto comercial	8,1	8.870	516	9,8	4,8	1.424	1.090	0,5
AMEK V	7,9	6.842	1.433	14,1	8,4	1.431	1.120	4,1
AMEK G	8,0	5.508	1.829	10,6	6,0	927	725	2,4
AMEK PO	8,2	6.420	1.128	4,9	3,6	819	685	0,1
C2 (P70)	8,1	5.242	1.540	5,4	3,8	740	580	0,1

La caracterización de los baños residuales de desencalado/rendido muestra una significativa reducción del impacto medioambiental de estos baños empleando los residuos avícolas que, en el caso del contenido en nitrógeno de las aguas residuales, medido como NTK/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, alcanza valores superiores al 50%. Por el contrario, el contenido en sólidos suspendidos en los baños residuales es superior debido a la propia naturaleza de las muestras de residuos avícolas.

Las muestras de pieles de vacuno obtenidas en los ensayos a escala semi-industrial, han sido sometidas a diferentes controles de calidad de acuerdo con normas internacionales (EN-ISO) para comprobar su idoneidad para la fabricación de artículos de calzado. La Tabla 7 muestra los resultados de la caracterización física de las pieles.

Tabla 7. Caracterización física de las pieles (enzimas de rendido de residuos avícolas).

PARÁMETRO	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO	VALORES RECOMENDADOS
Espesor (mm)	2,2	2,4	2,3	> 1,1
Resistencia al desgarrar (N)	242	257	246,5	> 150
Resistencia a la tracción (N/mm <sup>2</sup> )	28,2	29,1	28,7	> 15
Alargamiento a la rotura (%)	70,2	97,2	83,0	> 40
Estallido de flor (mm)	>10	>10	>10	> 8

Las determinaciones de los parámetros físicos de las pieles han demostrado que en todos los casos se cumplen los valores recomendados para la fabricación de calzado.

Finalmente, la validación química de las pieles obtenidas en los ensayos a escala semi-industrial se ha realizado mediante la caracterización química de acuerdo con normas internacionalmente aceptadas (EN, ISO), así como la verificación del cumplimiento de los criterios de la Eco-Etiqueta Europea para Calzado (Decisión 2009/563/EC):

- Cr (VI) en cuero: no detectado-
- Pentaclorofenol (PCP) en cuero: no detectado
- As, Cd y Pb en cuero: no detectado -
- Tetraclorofenol (TCP) en cuero: no detectado
- Formaldehído en cuero  $\leq 150$  ppm -
- Colorantes azoicos en cuero:  $< 30$  ppm

La determinación de los parámetros químicos de las pieles ha mostrado su conformidad con los límites establecidos para la Eco-Etiqueta Europea para Calzado.

### El proyecto LIFE ECOFATTING

La evaluación del impacto ambiental sobre las aguas residuales de las diferentes familias de engrases se ha realizado mediante la caracterización de los baños residuales de engrase, determinándose los parámetros más significativos conforme a normas internacionales, mostrándose en la Tabla 8 los resultados obtenidos para las diferentes familias de engrase consideradas en los ensayos a escala semi-industrial y los valores promedio de referencia para una mejor comparación de los resultados:

Tabla 8. Caracterización de los baños de engrase de piel (engrases de referencia / ensayos a escala semi-industrial)

Referencia		pH	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	DQO ( $\text{mg O}_2/\text{l}$ )	DBO <sub>5</sub> ( $\text{mg O}_2/\text{l}$ )	Biodegradabilidad (DBO <sub>5</sub> / DQO)
1	Oleína sulfatada	3,9	3.000	13.800	5.106	0,37
2	Oleína sulfonada	3,9	3.000	15.000	8.850	0,59
3	Oleína sulfitada	3,7	1.900	17.800	8.366	0,47
4	Aceite de pescado sulfitado	3,8	2.100	18.300	8.052	0,44
5	Lecitina sulfatada	3,8	2.200	17.400	6.960	0,40
6	Ester sulfatado	3,5	2.500	15.900	7.632	0,48
7	Ester fosfórico	3,6	2.100	14.700	3.087	0,21
8	Parafina sulfoclorada	3,9	5.000	12.700	4.858	0,36
9	Aceites sintéticos	3,7	2.900	12.900	5.418	0,42
10	Polímero engrasante	3,8	2.800	15.100	2.567	0,17
<i>Valores promedio de referencia</i>		3,8	2.750	15.360	6.089,6	0,39

Por otro lado, en la Tabla 9 se muestran los resultados obtenidos empleando en la etapa de engrase (ensayos a escala semi-industrial) las grasas de origen natural ensayadas hasta el momento:

Tabla 9. Caracterización de los baños de engrase de piel (engrases *Ecofating* / ensayos escala semi-industrial)

Referencia		pH	Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	DQO ( $\text{mg O}_2/\text{l}$ )	DBO <sub>5</sub> ( $\text{mg O}_2/\text{l}$ )	Biodegradabilidad (DBO <sub>5</sub> / DQO)
<i>Promedio familias engrase 1-10</i>		3,8	2.750	15.360	6.089,6	0,39
CLP	Parafina clorada (44 % Cl)	3,7	5.520	12.800	5.120	0,40
FAME	Ester metílico de ácidos grasos vegetales clorados (44 % Cl)	3,6	3.960	13.100	6.812	0,52
CLP_S	Parafina sulfoclorada (44 % Cl)	3,6	6.150	13.600	4.800	0,36
FAME_S	Ester metílico de ácidos grasos vegetales sulfoclorados (44 % Cl)	3,7	5.100	10.400	5.340	0,51



En los ensayos realizados hasta el momento se aprecia una mejora de la biodegradabilidad del baño de engrase de las muestras FAME (formuladas en base a esteres metílicos de ácidos grasos), de entre el 30 - 33% respecto al valor promedio de los engrases evaluados (familias 1 a 10).

Por otro lado, las muestras de pieles de vacuno obtenidas en estos ensayos a escala semi-industrial, han sido sometidas a diferentes controles de calidad de acuerdo con normas internacionales (EN-ISO) para comprobar su idoneidad para la fabricación de artículos de calzado. La Tabla 10 muestra los resultados de la caracterización física de las pieles.

Tabla 10. Caracterización física de las pieles

Referencia	Espesor (mm)	Resistencia desgarro (N)	Resistencia tracción (N/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento rotura (%)	Estallido flor (mm)
<i>Promedio 1-10</i>	1,5	212	17,4	84,2	> 10
CLP	1,6	136	20,6	59,1	> 10
FAME	2,2	142	16,6	72,10	> 10
CLP_S	2,3	240	17,2	66,2	9,7
FAME_S	2,2	160	18,2	45,3	8,6
<i>Valores recomendados</i>	>1,1	>150	>15	>40	>8

Se observa que las muestras de piel ensayadas cumplen los valores de los parámetros físicos recomendados para la fabricación de calzado.

### Conclusiones

Con relación al proyecto LIFE PODEBA, los resultados muestran que la utilización de residuos avícolas en la etapa de rendido de las pieles permite obtener cueros con un aspecto agradable, buenas resistencias y una suavidad, blandura, flexibilidad, firmeza de flor y plenitud adecuadas, sin observarse diferencias respecto al uso de productos enzimáticos comerciales.

En relación al acondicionamiento de las muestras, el tratamiento de secado y desodorización empleado simplifica considerablemente el uso de estos residuos y, una vez optimizado, no interfiere en la actividad enzimática de los residuos avícolas que se estabiliza en torno a las 500 LVU/g. Ello supone que la dosificación habitual empleada del 1% debe incrementarse ligeramente o prolongar ligeramente el tiempo de la operación.

Respecto al impacto medioambiental, los valores obtenidos en la caracterización del baño de desengrase/rendido de los diferentes ensayos realizados muestran una significativa reducción del contenido en nitrógeno de las aguas residuales, medido como NTK/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, y en la DQO, observándose un incremento en la cantidad de sólidos suspendidos debido al carácter particulado de las muestras de residuos avícolas.

Las pieles rendidas con los residuos avícolas han demostrado el cumplimiento de los valores físicos recomendados para la fabricación de artículos de calzado. En cuanto a la caracterización química de estas pieles, los resultados muestran el cumplimiento de los requisitos establecidos en los criterios de la Eco-Etiqueta Europea para Calzado.

En resumen, es viable la realización del rendido de las pieles mediante residuos avícolas, obteniéndose una reducción del impacto medioambiental de esta etapa y manteniendo la calidad de las pieles curtidas.

Respecto al proyecto LIFE ECOFATTING, todos los productos de engrase evaluados

mediante ensayos a escala laboratorio y semi-industrial proporcionaron a las pieles un aspecto, tacto, flexibilidad y plenitud adecuados, con ligeros matices en el color que no se consideran significativos.

Respecto a la caracterización de los efluentes residuales de las familias estudiadas, se observa que la carga contaminante de todos los baños es muy semejante, de manera que ninguna destaca sobre las demás por su menor impacto ambiental.

Con relación a las muestras de los productos de engrase alternativos, en los ensayos realizados hasta el momento se comprueba la mayor biodegradabilidad de los productos formulados en base a esteres metílicos de ácidos grasos de origen vegetal, obteniéndose pieles con aspecto y tacto adecuado que cumplen los valores recomendados para la fabricación de calzado.

## **Conclusiones**

Con relación al proyecto LIFE PODEBA, los resultados muestran que la utilización de residuos avícolas en la etapa de rendido de las pieles permite obtener cueros con un aspecto agradable, buenas resistencias y una suavidad, blandura, flexibilidad, firmeza de flor y plenitud adecuadas, sin observarse diferencias respecto al uso de productos enzimáticos comerciales.

En relación al acondicionamiento de las muestras, el tratamiento de secado y desodorización empleado simplifica considerablemente el uso de estos residuos y, una vez optimizado, no interfiere en la actividad enzimática de los residuos avícolas que se estabiliza en torno a las 500 LVU/g. Ello supone que la dosificación habitual empleada del 1% debe incrementarse ligeramente o prolongar ligeramente el tiempo de la operación.

Respecto al impacto medioambiental, los valores obtenidos en la caracterización del baño de desenchalado/rendido de los diferentes ensayos realizados muestran una significativa reducción del contenido en nitrógeno de las aguas residuales, medido como NTK/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, y en la DQO, observándose un incremento en la cantidad de sólidos suspendidos debido al carácter particulado de las muestras de residuos avícolas.

Las pieles rendidas con los residuos avícolas han demostrado el cumplimiento de los valores físicos recomendados para la fabricación de artículos de calzado. En cuanto a la caracterización química de estas pieles, los resultados muestran el cumplimiento de los requisitos establecidos en los criterios de la Eco-Etiqueta Europea para Calzado.

En resumen, es viable la realización del rendido de las pieles mediante residuos avícolas, obteniéndose una reducción del impacto medioambiental de esta etapa y manteniendo la calidad de las pieles curtidas.

Respecto al proyecto LIFE ECOFATTING, todos los productos de engrase evaluados mediante ensayos a escala laboratorio y semi-industrial proporcionaron a las pieles un aspecto, tacto, flexibilidad y plenitud adecuados, con ligeros matices en el color que no se consideran significativos.

Respecto a la caracterización de los efluentes residuales de las familias estudiadas, se observa que la carga contaminante de todos los baños es muy semejante, de manera que ninguna destaca sobre las demás por su menor impacto ambiental.

