



# Análisis, medición e interpretación

de la huella ambiental de la cadena de valor de la alpaca bajo  
Análisis de Ciclo de Vida

INFORME DESDE LA PRADERA HASTA EL FIN DE LA VIDA  
DE PRENDAS DE ALPACA



**PUBLICADO POR LA COMISIÓN DE PROMOCIÓN DEL PERÚ PARA LA EXPORTACIÓN Y EL TURISMO – PROMPERÚ**

Calle Uno Oeste n.º 50, piso 14, urb. Córpac, San Isidro, Lima, Perú

Teléfono: (51 1) 616 7300

[www.promperu.gob.pe](http://www.promperu.gob.pe)

© PROMPERÚ. Derechos de autor

Distribución gratuita. No para la venta.

---

## **CRÉDITOS**

Producido por:

PROMPERÚ

Departamento de Comercio Sostenible: Jorge Barrientos, María del Pilar Alarcón.

Oficina de Comunicaciones, Producción Gráfica y Audiovisuales: Gabriela Trujillo, Sofía Kato

Pontificia Universidad Católica del Perú: Dr. Alexis Dueñas, Dra. Karin Bartl, Dra. Isabel Quispe, Patricia Mogrovejo.

Fotografía: Daniel Cavero / PROMPERÚ

Editor:

Diseño y maquetación: Realidades

Edición de copia:

---

Edición:

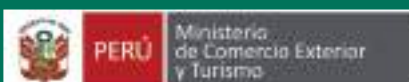
Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento sin autorización oficial previa. Queda prohibida la reprografía y el tratamiento informático, así como la distribución de ejemplares de esta obra mediante alquiler o préstamo público.



# Análisis, medición e interpretación

de la huella ambiental de la cadena de valor de la alpaca bajo  
Análisis de Ciclo de Vida

INFORME DESDE LA PRADERA HASTA EL FIN DE LA VIDA  
DE PRENDAS DE ALPACA







# Índice

1. Objetivo
2. Alcance
3. Inventario
4. Evaluación del impacto ambiental
5. Conclusiones
6. Recomendaciones

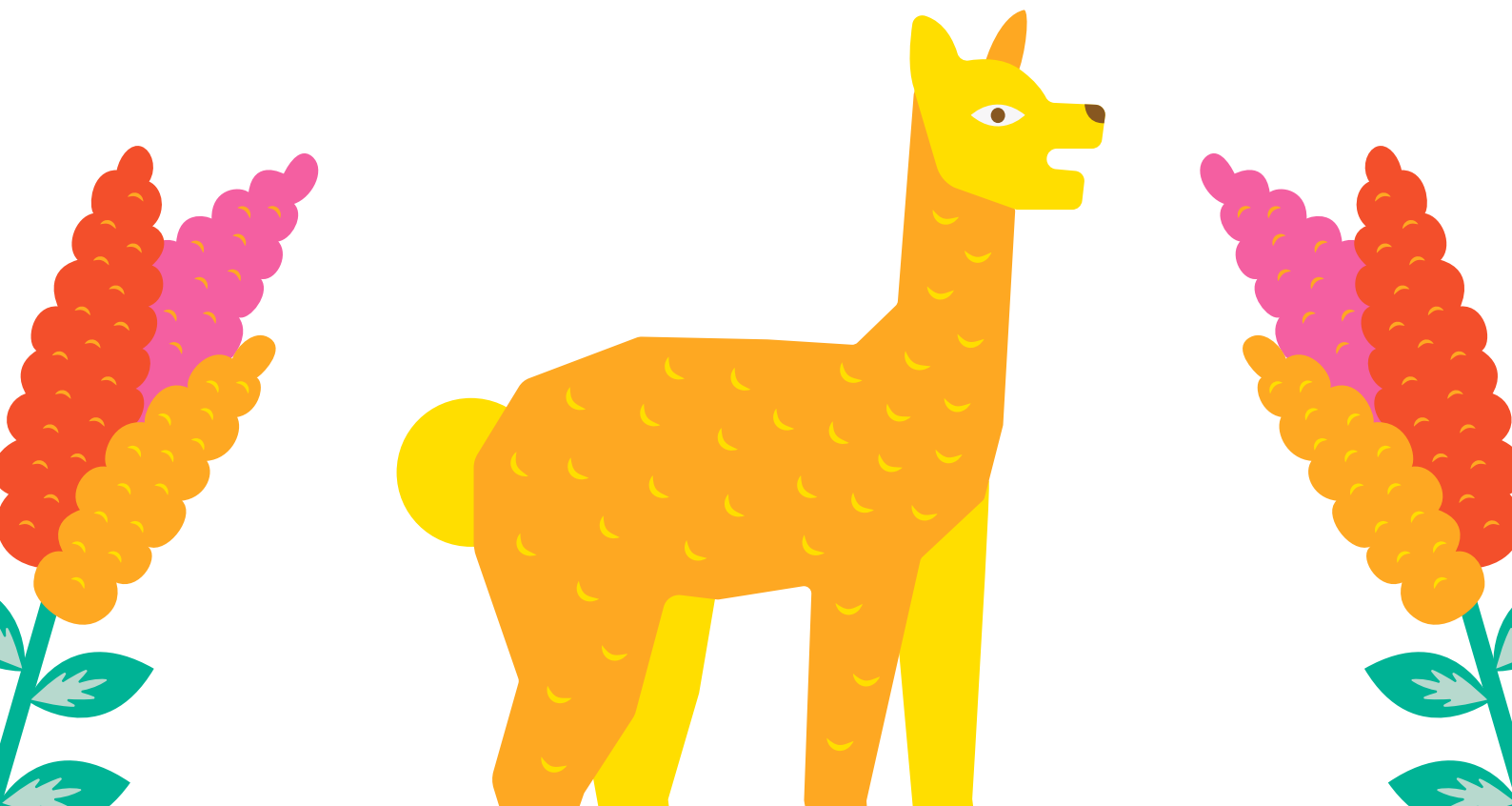






# Huella ambiental de la fibra de alpaca en toda la cadena de valor utilizando la herramienta Análisis de Ciclo de Vida

Este reporte resume el estudio de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de la fibra de alpaca en toda la cadena de valor para hallar su huella ambiental. El estudio se realizó siguiendo la metodología de ACV, de acuerdo con las normas ISO 14040 y 14044.





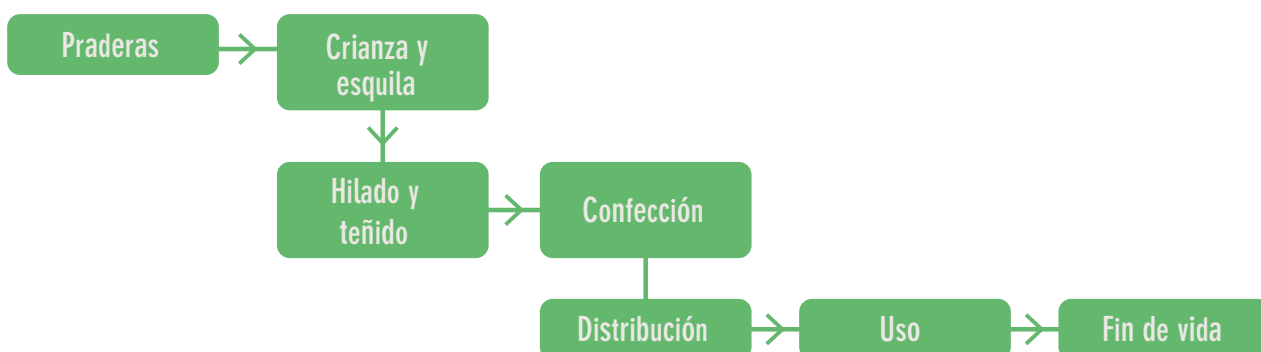
## 1. Objetivo

Identificar, analizar y calcular los impactos ambientales en cada etapa del ciclo de vida, así como las causas que los originan. Los resultados, las conclusiones y las recomendaciones de este estudio ayudarán a la toma de decisiones que contribuyan a la sostenibilidad y competitividad del sector empresarial.

## 2. Alcance

El producto evaluado en este estudio es una chompa elaborada exclusivamente con fibra de alpaca y un peso de 400 g. Con base en un ACV, los límites del estudio abarcan desde las praderas y los cultivos, la crianza y esquila, la hilandería, el teñido, la confección, hasta la distribución, el uso y la disposición final de la prenda de vestir, según se muestra en la figura 1.

FIGURA 1. LÍMITES DEL SISTEMA DE LA OBTENCIÓN DE UNA PRENDA DE VESTIR DE ALPACA



Los impactos ambientales del ciclo de vida de la prenda de fibra de alpaca deben estar referenciados a una unidad funcional (UF). La UF debe proporcionar una referencia a partir de la cual sean matemáticamente normalizados todos los datos de entrada y salida del sistema de producción (Aranda et al., 2006). La función del sistema se define como el uso de la prenda de vestir a base de la fibra de alpaca. Por lo tanto, la UF que está ligada a la función del sistema es definida como un uso de una chompa con un peso de 400 g, elaborada exclusivamente con fibra de alpaca.



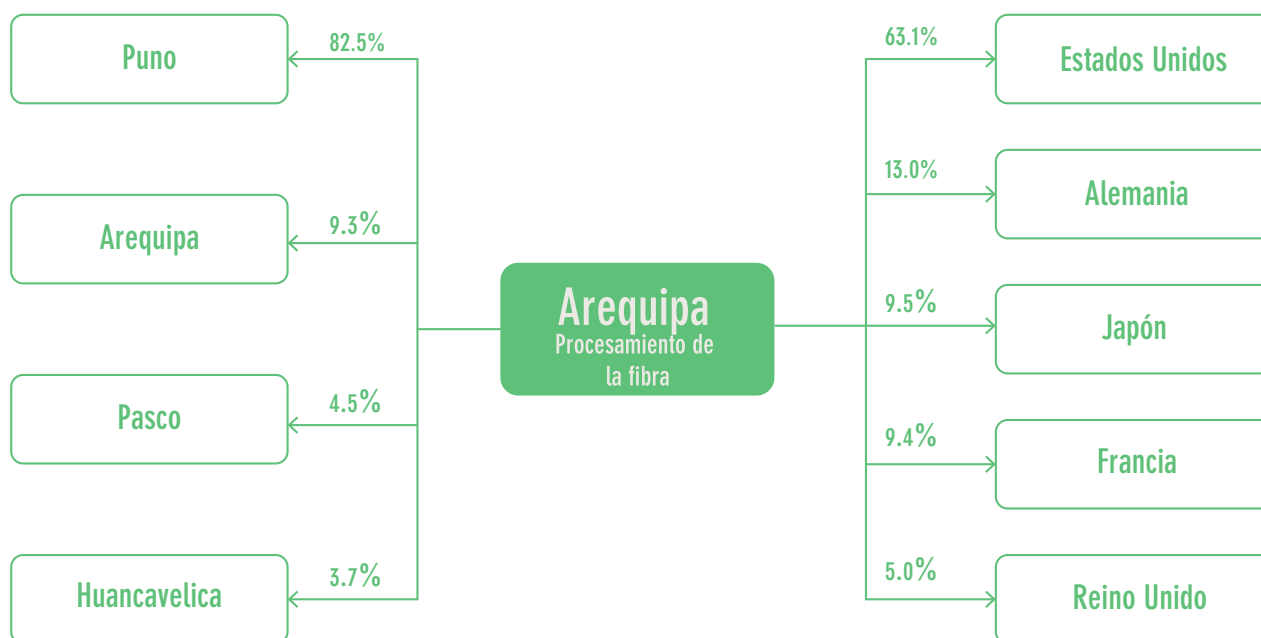


### 3. Inventario

El inventario es la identificación y la cuantificación de todas las entradas (recursos, materiales y energía) y salidas (residuos, efluentes y emisiones) en cada etapa del ciclo de vida del producto. Estas cantidades deben estar referenciadas a la UF.

Para la recolección de datos se utilizó principalmente información de fuentes primarias, a través de cuestionarios y entrevistas a los responsables de los diferentes procesos en todo el alcance del ciclo de vida de la fibra de alpaca. Se modelaron los sistemas productivos de estas empresas y organizaciones, y después se combinaron según su participación en el mercado nacional o su nivel de producción. De esta forma, la fibra de alpaca de las regiones de Puno, Arequipa, Pasco y Huancavelica tiene una participación de 82,5 %, 9,3 %, 4,5 % y 3,7 %, respectivamente, en el volumen total de fibra de alpaca que sirve de materia prima para las empresas de hilandería (Midagri, 2020). Se asumió una participación del 50 % de cada una de las dos empresas que participaron con sus datos en la etapa de hilandería y teñido, por falta de información sobre el volumen total de producción. En la etapa de confecciones se asignó a cada empresa un factor de ponderación según su volumen de producción anual (Kero 4,15 %, Incalpaca 94,05 % y Brisan 1,79 %) (ver la figura 2). La figura 2, además de mostrar la combinación de flujos de diferentes regiones para el modelamiento del mercado peruano de prendas de vestir de alpaca, también explica cómo se ha considerado la distribución a los diferentes países destino en el proceso de exportación de las prendas.

FIGURA 2. FLUJOS DE FIBRA Y PRENDAS DE DIFERENTES REGIONES A DIFERENTES DESTINOS DE EXPORTACIÓN



Los datos secundarios fueron obtenidos de la literatura existente para el sistema productivo de estudio y de la base de datos Ecoinvent v3.3® (Werner et al., 2016).

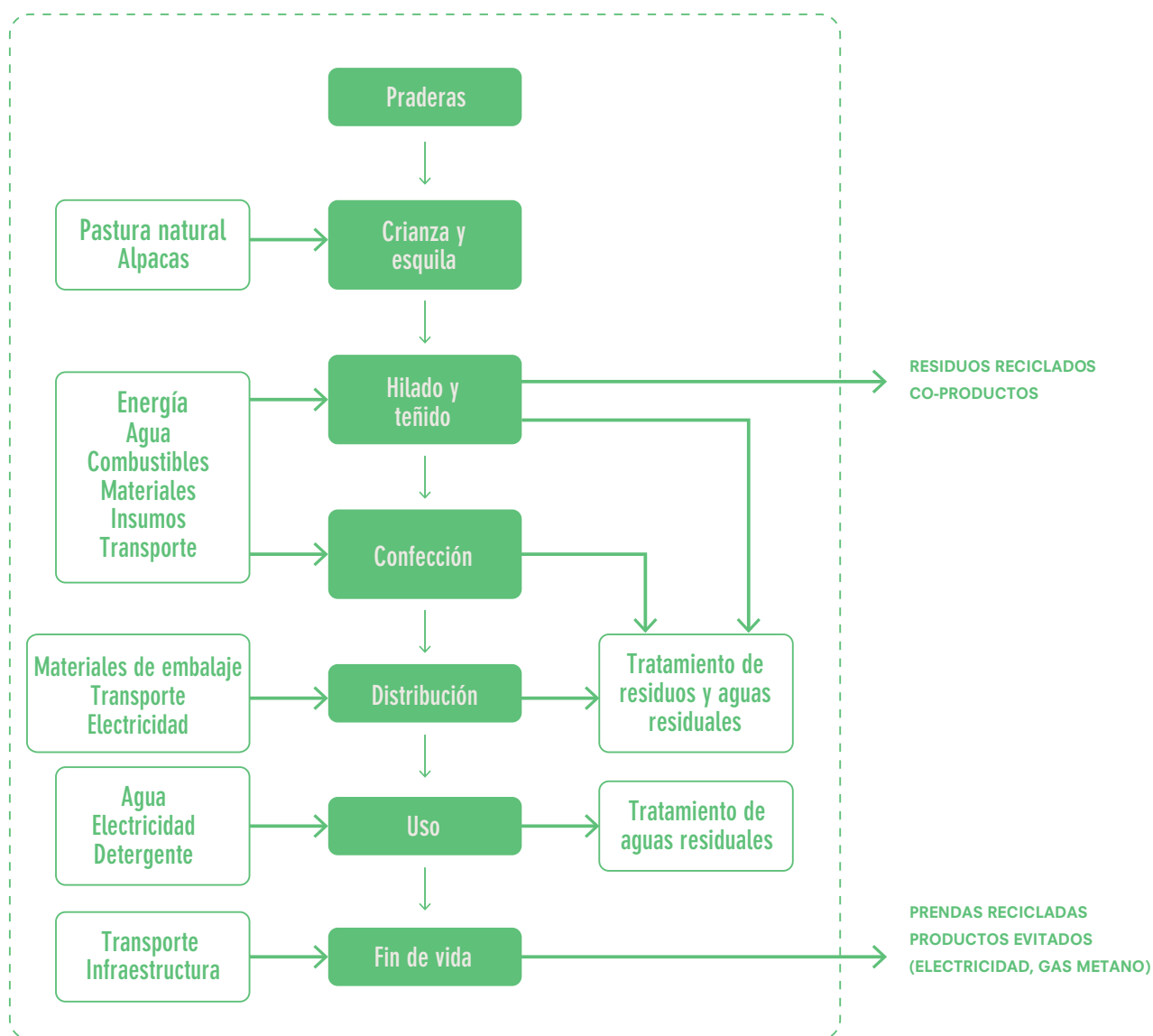
Para los materiales y componentes utilizados en procesos productivos, así como sus transportes, se modelaron los impactos utilizando la base de datos Ecoinvent® v.9.1.1.1. Faculty.



Los cuestionarios realizados en las etapas de pradera, crianza y esquila fueron validados por funcionarios de la Dirección General de Desarrollo Agrario. Los cuestionarios realizados en las etapas de hilandería, tintorería y confecciones fueron validados por profesionales de las empresas involucradas.

Los límites del sistema son de la cuna a la tumba, e involucran a las actividades principales para obtener la fibra de la alpaca, su procesamiento en fábrica, distribución, uso y disposición final de la prenda. El análisis incluye todas las entradas y salidas de los procesos relacionados con las etapas de obtención de la fibra (praderas naturales, manejo y crianza de alpacas, esquila) y de los procesos posteriores sobre la producción en fábrica (hilado, teñido y confección), hasta la distribución del uso y la disposición final, tal como se muestra en la figura 3.

FIGURA 3. ENTRADAS Y SALIDAS DEL SISTEMA DE ESTUDIO



Se consideraron 109 usos (incluye dos usuarios diferentes) durante toda la vida útil de la prenda. Asimismo, se contempla que la prenda debe lavarse después de cada 5,2 usos, lo que lleva a un total de 21 lavadas durante su vida útil (Wiedemann et al., 2020).



## 4. Evaluación del impacto ambiental

Para la huella ambiental se calcularon los impactos ambientales en cuatro categorías: calentamiento global, eutrofización, agotamiento de recurso hídrico, y agotamiento de recursos abióticos y combustibles fósiles. La tabla 1 muestra las categorías y las metodologías de evaluación ambiental correspondientes.

El cálculo de las emisiones resultantes en las etapas de pradera, crianza y esquila de la alpaca (fermentación entérica, descomposición de excretas, contenido de fósforo en los suelos, entre otras) fueron modeladas utilizando fórmulas globales y fuentes secundarias, como publicaciones del Ministerio de Agricultura y tesis de pregrado.

**TABLA 1. CATEGORÍAS Y METODOLOGÍAS DE IMPACTO AMBIENTAL**

METODOLOGÍA	CATEGORÍA DE IMPACTO	UNIDAD DE REFERENCIA
IPCC 2013	Calentamiento global	kg CO <sub>2</sub> -eq
CML 2013	Eutrofización	kg PO <sub>4</sub> -eq
ReCiPe 2016	Agotamiento de recurso hídrico	m <sup>3</sup>
CML 2013	Agotamiento de recursos abióticos y combustibles fósiles	MJ

Los impactos ambientales del sistema fueron asignados en un 50 % para la obtención de fibra de alpaca y el restante 50 % para la obtención de carne de alpaca, según entrevista a Daniel Aristegui, gerente de la Asociación Internacional de la Alpaca (AIA).

La tabla 2 muestra que el impacto asociado a 1 kg de vellón de alpaca es más bajo en Pasco, con 45 kg CO<sub>2</sub>-equivalentes (CO<sub>2</sub>-eq) por kg de vellón, seguido por Puno y Arequipa. En Huancavelica se generan 2,4 veces más emisiones de CO<sub>2</sub>-eq por kg de vellón que en Pasco.



TABLA 2. IMPACTO AMBIENTAL PARA 1 KG DE VELLÓN DE ALPACA SEGÚN REGIÓN

	Arequipa	Pasco	Puno	Huancavelica
<b>Calentamiento global (kg CO<sub>2</sub>-eq)</b>	82,4	45	62,6	109

Mientras las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero son las mismas en las cuatro regiones productoras de fibra de alpaca, los impactos por kg de vellón varían considerablemente de región a región. La razón principal para estas diferencias es el porcentaje de alpacas esquiladas, que en 2019 llegó a 84 % en Pasco, en tanto que en Huancavelica solamente se esquilieron 34 % de las alpacas. Un porcentaje bajo de animales esquilados se traduce en altos impactos ambientales por unidad de vellón, porque todas las alpacas (incluso las que no se esquilan) emiten, por ejemplo, metano. Cabe mencionar que los datos primarios utilizados en este estudio son de un año y que factores como los precios de la fibra y el clima también influyen sobre las decisiones de los productores de alpaca y, por lo tanto, definen el porcentaje de animales esquilados anualmente en cada hato. En este sentido, al contar con datos de varios años, se podría reflejar mejor el manejo de las unidades alpaqueras.

La tabla 3 muestra los impactos ambientales generados durante el ciclo de vida de una prenda de vestir elaborada con fibra de alpaca para la UF de un uso.


**TABLA 3. IMPACTOS AMBIENTALES PARA UN USO DE UNA CHOMPA DE ALPACA (0,4 KG)**

ETAPA DEL CICLO DE VIDA	CALENTAMIENTO GLOBAL (KG CO <sub>2</sub> -EQ)	EUTROFIZACIÓN (KG PO <sub>4</sub> -EQ)	CONSUMO DE AGUA (M <sup>3</sup> )	AGOTAMIENTO DE RECURSOS ABIÓTICOS Y COMBUSTIBLES FÓSILES (MJ)
Pradera, crianza y esquila	0,314	4,50E-04	6,37E-07	0,003
Hilandería y teñido	0,028	5,09E-05	9,93E-04	1,091
Confecciones	0,017	5,44E-05	9,35E-04	0,639
Distribución	0,065	7,49E-05	2,19E-04	0,869
Uso	0,017	6,95E-05	1,88E-04	0,197
Fin de vida	0,008	-2,97E-06	-3,93E-06	-0,007
<b>Total</b>	<b>0,449</b>	<b>0,0007</b>	<b>0,002</b>	<b>2,792</b>

El potencial para el calentamiento global asciende a 0,449 kg CO<sub>2</sub>-eq por uso. El 70 % del impacto corresponde a la etapa de pradera, crianza y esquila; 9,02 %, a la etapa de procesamiento de la fibra (hilandería, teñido y confección); 14,45 %, a la etapa de distribución; 3,87 %, al uso, y 1,80 %, a la etapa de fin de vida. Tras analizar con mayor detalle la etapa de pradera, crianza y esquila, se concluye que el proceso que más contribuye al impacto es la fermentación entérica y el metano resultante (85 % del impacto en esta etapa).

La segunda etapa con mayor contribución al impacto ambiental por calentamiento global es la distribución. Esta etapa contiene el material de embalaje del producto, la exportación vía aérea y marítima a los países de destino, la distribución en carretera al centro de venta, el retail (consumo de energía en el centro de venta) y desde allí al usuario. El retail y la distribución en carretera representan 54 % y la exportación (vía aérea y marítima)



46 % del impacto en esta categoría. Un cambio de medios de transporte en alguna de estas dos etapas (de avión a barco de carga o de camión a tren) podría reducir los impactos en esta etapa.

El potencial de eutrofización asciende a 0,0007 kg PO<sub>4</sub>-eq por uso. El 65 % del impacto corresponde a la etapa de pradera, crianza y esquila; 15 %, a la etapa de procesamiento de la fibra; 10,75 %, a la etapa de distribución; 9,96 %, al uso, y -0,43 %, a la etapa de fin de vida. Las fuentes de nitrógeno y fósforo en la etapa de crianza de alpacas son las heces de alpacas y el mismo fósforo del suelo, que a través del proceso de erosión del suelo puede llegar a cuerpos de agua. En las etapas de procesamiento de la fibra, distribución y uso, el potencial de eutrofización está principalmente ligado al consumo de electricidad y combustibles fósiles y a la generación de aguas residuales. Finalmente, llama la atención que el potencial de eutrofización en la etapa del fin de vida sea negativo. En esta etapa se considera que una parte de la prenda de vestir termina su vida en una planta de incineración de residuos sólidos con recuperación de energía, y que esta energía recuperada reemplaza la energía de la red nacional. Por lo tanto, se evitan impactos ambientales asignados a esta electricidad reemplazada, lo que se contabiliza como un impacto negativo en la prenda de vestir. Por la misma razón, los impactos de consumo de agua y el agotamiento de recursos abióticos son ligeramente negativos en la etapa de fin de vida.

El consumo de agua por un uso de la prenda de vestir de alpaca es de 0,0023 m<sup>3</sup>. El 83 % del consumo ocurre en la etapa de procesamiento (hilandería, teñido y confección); 9,40 %, en la etapa de distribución; 8,05 %, en la etapa de uso; 0,03 %, en la etapa de pradera, crianza y esquila correspondiente al traslado del vellón a las hilanderías, y -0,17 %, en la etapa de fin de vida. El uso de agua en la etapa de pradera, crianza y esquila probablemente ha sido subestimado, debido a que no considera el agua de riego por falta de información. En la etapa de procesamiento el consumo de agua se realiza, principalmente, por el uso de electricidad en las empresas. El consumo directo del agua en los procesos de las plantas de hilandería, teñido y confección no se contabilizó porque las empresas solo llevan registro de volúmenes de agua utilizado, pero no de volúmenes de aguas residuales. Por lo tanto, se consideró que el mismo volumen de agua que ingresa a la planta también sale en forma de agua residual. El consumo de agua en la etapa de uso es 0,0002 m<sup>3</sup>/uso de la prenda, volumen que parece muy pequeño. Pero aquí también se debe considerar que primero no se lava la prenda después de cada uso, sino después de cada 5,2 usos, y que el agua de lavado no se considera consumida porque se convierte en aguas residuales, que se devuelven al ambiente después de un tratamiento. El uso de agua en esta etapa se da principalmente por el consumo de electricidad.

La categoría de impacto de agotamiento de recursos abióticos evalúa la disminución de la disponibilidad de recursos energéticos fósiles. El indicador asciende a 2,79 MJ por uso. El 62 % del impacto corresponde a la etapa de procesado y confección de prendas; 31 %, a la etapa de distribución; 7,07 %, a la etapa de uso; 0,11 %, a la etapa de pradera, crianza y esquila correspondiente al traslado del vellón a las hilanderías, y, finalmente, -0,27 %, a la etapa de fin de vida. El uso de electricidad y gas natural para la generación de calor en la etapa de procesado y confección de prendas son los principales factores responsables para el agotamiento de recursos abióticos en esta etapa. En la etapa de distribución, el consumo de combustibles determina este indicador, y en la etapa de uso, el consumo de electricidad (para el lavado en máquina y en seco).



## 5. Conclusiones

- En las categorías de impacto de calentamiento global y eutrofización, la mayoría de los impactos se generan en la etapa de pradera, crianza y esquila (70 % del impacto en la categoría de calentamiento global y 65 % del impacto en la categoría de eutrofización corresponden a esta etapa).
- La fermentación entérica es la fuente de 85 % de gases de efecto invernadero (en CO<sub>2</sub>-eq) que se emiten en la etapa de pradera, crianza y esquila.
- Existe una variación grande en las emisiones de CO<sub>2</sub>-eq por kg de vellón en las regiones productoras de vellón (entre 45 kg y 109 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg vellón). Estas variaciones se deben principalmente a las diferencias en el porcentaje de alpacas esquiladas en los hatos de cada región.
- Las fuentes de eutrofización en la etapa de pradera, crianza y esquila son el nitrógeno en las heces de alpacas y el mismo fósforo del suelo, que a través del proceso de erosión puede llegar a los cuerpos de agua.
- El consumo de agua predomina en la etapa del procesamiento de la fibra (hilandería, teñido y confección), con un 83 % del consumo total. El consumo de agua en esta etapa se realiza de forma indirecta a través del consumo de electricidad y gas natural.
- En la categoría de impactos de agotamiento de recursos abióticos y combustibles fósiles predominan las etapas de procesado (hilandería, teñido y confección), con un 62 % del impacto, y de distribución, con un 31 % del impacto. El uso de electricidad, gas natural y combustibles fósiles son los principales factores responsables para el agotamiento de recursos abióticos en estas etapas.
- Los impactos en las fases de uso y fin de vida son generalmente pequeños y hasta negativos en la fase de fin de vida, debido a la energía recuperada en la incineración del residuo.
- El análisis de sensibilidad muestra que los indicadores de calentamiento global y eutrofización son altamente influenciados por los factores de asignación de cargas ambientales a los productos fibra y carne de alpaca en la etapa de pradera, crianza y esquila.
- El potencial de reducción de impactos relacionados con la categoría de calentamiento global que se puede lograr con un aumento del porcentaje de alpacas esquiladas es alto (28 % de reducción aproximadamente).



## 6. Recomendaciones

Para la identificación y formulación de estrategias de reducción de impactos se recomienda:

- Evaluar las causas de las bajas tasas de esquila de alpacas en algunas regiones y desarrollar medidas para lograr su incremento.
- Desarrollar estrategias para mejorar la eficiencia de los sistemas alpaqueros, con el fin de aumentar el rendimiento de vellón por animal y por ható.
- Revisar, en la etapa de teñido, la tecnología o metodología que se utiliza para el calentamiento del agua.
- Adjuntar información ambiental adicionalmente a las instrucciones de cuidado de las prendas, para demostrar las ventajas ambientales de un lavado a temperaturas bajas o a mano. Además, se puede indicar que las prendas de fibra de alpaca no requieren ser lavadas después de cada uso. Finalmente, también se sugiere informar a los usuarios que la fibra de alpaca es un material que puede ser reciclado. De este modo, se incentiva el reciclado del producto después de su vida útil, a fin de lograr un mayor número de usos y mejorar su desempeño ambiental.
- Repensar las estrategias de exportación de los productos finales considerando un cambio de medios de transporte de avión a barco de carga.

Para futuros estudios de huella ambiental de la fibra de alpaca se recomienda:

- Realizar estudios sobre la captura de carbono en bofedales, a fin de considerar estos datos en futuros estudios de ACV.
- Levantar información detallada sobre el riego de las praderas, para incluir el consumo de agua en la etapa de pradera, crianza y esquila en futuros estudios.
- En cuanto a la eutrofización, realizar análisis de suelos para estimar la cantidad de fósforo y la erosión del suelo (t suelo/ha) en la zona de estudio, con la finalidad de obtener resultados más ajustados a la realidad de esta zona.
- Profundizar los estudios del estiércol de la alpaca en su transformación química en la interfase suelo-aire.
- Diseñar estudios sobre metabolismo de proteína en alpacas, a fin de obtener datos para el cálculo de los factores de asignación.
- Incorporar la metodología AWARE para estimar impactos sobre el recurso agua.





- Realizar análisis de las aguas residuales de las hilanderías e tintorerías, e incorporar las operaciones de las plantas de tratamiento de aguas en futuros estudios ACV.
- Realizar estudios sobre el uso y la disposición final de las prendas elaboradas de fibra de alpaca.
- Conocer que los resultados de este estudio abren la posibilidad de investigaciones individuales para la toma de decisiones en el desempeño ambiental y futuras certificaciones.
- Complementar el estudio de huella ambiental con estudios socioeconómicos, para el diseño de estrategias y políticas que contribuyan a la sostenibilidad en toda la cadena de valor de las prendas de fibra de alpaca.

## Referencias Bibliográficas

Aranda, A., Zabalza, I., Martínez, A., Valero, A. y Scarpellini, S. (2006). El análisis del ciclo de vida como herramienta de gestión empresarial. Fundación Confemetal.

Comisión Europea (2017). Guía para el desarrollo de 13 reglas de categoría de huella ambiental de productos (PEFCR), versión 6.3. Documento de orientación PEFCR.

Condori Mamani, K. E. (2017). Determinación de nitrógeno endógeno total: metabólico fecal, urinario y dérmico en alpacas (*Vicugna pacos*) hembras de tres años de edad. [Tesis de grado en Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano].

Ecoinvent LCI database. (2021). Ecoinvent Centre, Basel.

International Standard Organization (ISO). (2006). ISO 14040 - Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework.

Nemecek, T. y Schnetzer, J. (2011). Methods of assessment of direct field emissions for LCIs of agricultural production systems. Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART.

Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC). (2006). IPCC Directrices para los inventarios nacionales de Gases de Efecto Invernadero (GEI). IPCC.

Quispe Chacón, N. F. (2017). Emisión de metano entérico en alpacas al pastoreo en praderas andinas. [Tesis de grado en Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano].

Sabino Rojas, E., Felipe-Obando, O. y Lavado-Casimiro, W. (2017). Atlas de erosión de suelos por regiones hidrológicas del Perú. <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/261>

Wiedemann, S., Biggs, L., Nebel, B., Bauch, K., Laitala, K., Klepp, I., Swan, P. y Watson, K. (2020). Environmental impacts associated with the production, use, and end-of-life of a woollen garment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25, 1486-1499.

