



Universidad Internacional de La Rioja
Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Máster Universitario en Gestión Ambiental y Energética
en las Organizaciones

Desarrollo de una declaración ambiental de un pantalón vaquero

Trabajo fin de estudio presentado por:	Anne Expósito Martínez
Tipo de trabajo:	Tipo 5. Aplicación de un ACV
Directora:	Elisabet Amat Guasch
Fecha:	17/07/2024

Resumen

El cambio climático y, en definitiva, todos los impactos ambientales negativos que están alterando drásticamente el medioambiente, son originados en gran parte por actividades de origen antropogénico, cuyo único fin es satisfacer los modelos de producción y consumo tan arraigados en la sociedad actual. Especialmente, la industria de la moda ha contribuido significativamente al agotamiento de recursos, generación de emisiones y residuos por la constante producción y por el descarte de prendas por parte de los consumidores, práctica conocida como "*fast fashion*". Las nuevas iniciativas, políticas europeas y sistemas son fundamentales para abordar los problemas ambientales causados por el aumento del consumo y la complejidad de los productos. Por ello, la Declaración Ambiental de Producto o DAP, un sistema de carácter voluntario, sirve como instrumento para impulsar y promover aquellos productos que tienen un mejor comportamiento ambiental, permitiendo identificar a las partes interesadas los puntos susceptibles de mejora, además de evaluar y reducir los impactos ambientales. En este estudio se ha desarrollado una declaración ambiental de unos pantalones vaqueros, siendo este el producto escogido por ser una prenda comúnmente utilizada y así poder escoger las vías más eficientes y fomentar el desarrollo sostenible. El alcance establecido en análisis de ciclo de vida ha sido de "cuna a tumba", es decir, abordando todas las etapas desde la obtención de las materias primas hasta su fin de vida y disposición final. De los resultados se concluye que la fase de obtención de materiales es la que más impactos genera, coincidiendo con los resultados analizados de otras declaraciones ambientales similares.

Palabras clave: Análisis de ciclo de vida, declaración ambiental de producto, evaluación de impacto ambiental.

Abstract

Climate change and, ultimately, all the negative environmental impacts that are drastically altering the environment, are largely caused by activities of anthropogenic origin, whose sole purpose is to satisfy the production and consumption models so deeply rooted in today's society. In particular, the fashion industry has contributed significantly to the depletion of resources, emissions and waste generated by the constant production and discarding of garments by consumers, a practice known as "*fast fashion*". New initiatives, European policies and systems are essential to address environmental problems caused by increased consumption and product complexity. Therefore, the Environmental Product Declaration or EPD, a voluntary system, serves as a tool to encourage and promote those products that have a better environmental performance, allowing stakeholders to identify areas for improvement, in addition to assessing and reducing environmental impacts. In this study, an environmental declaration has been developed for a pair of jeans, being this the product chosen because it is a commonly used garment and thus to be able to choose the most efficient ways and promote sustainable development. The scope established in life cycle analysis has been from "cradle to grave", i.e., addressing all stages from the procurement of raw materials to their end of life and final disposal. The results show that the materials procurement phase is the one that generates the most impacts, coinciding with the results analyzed in other similar environmental statements.

Keywords: Life-cycle analysis, environmental product declaration, environmental impact assessment.

Índice de contenidos

1.	Justificación.....	10
2.	Introducción y marco teórico	12
2.1.	La moda y su impacto ambiental.....	13
2.1.1.	Estrategia de la Unión Europea para los textiles sostenibles y circulares.....	13
2.2.	Enfoque de ciclo de vida	13
2.2.1.	Mecanismos existentes.....	14
2.3.	Análisis de ciclo de vida – Origen, definición y desarrollo	15
2.3.1.	Fases del análisis de ciclo de vida	16
2.4.	Declaración ambiental de producto, DAP	17
2.4.1.	Etapas para la creación de una declaración ambiental de producto	18
2.4.2.	Contenido de la declaración ambiental y su verificación	19
2.4.3.	Beneficios de una declaración ambiental de producto	20
2.5.	Herramientas para el análisis del ciclo de vida	21
2.5.1.	Antecedentes de SimaPro	21
2.5.2.	Aplicación de SimaPro.....	21
2.5.3.	Base de datos Ecoinvent	22
2.6.	Estudios similares sobre pantalones vaqueros	22
3.	Objetivos del TFE.....	24
3.1.	Objetivos específicos	24
4.	Hipótesis de trabajo	25
4.1.	Materias primas.....	25
5.	Descripción y justificación de sistema de DAP escogido.....	26
5.1.	International EPD® System.....	26

6.	Identificación de la PCR	27
6.1.	Unidad funcional.....	27
6.1.	Límites del sistema.....	28
7.	Descripción de la empresa.....	29
8.	Información sobre el producto	30
8.1.	Características del producto.....	30
8.2.	Composición y especificaciones técnicas del producto.....	31
8.3.	Declaración del contenido incluyendo el “ <i>packaging</i> ”.....	32
8.4.	Proceso de fabricación	32
9.	Definición del ACV.....	34
9.1.	Unidad declarada.....	34
9.2.	Límites del sistema establecidos	34
9.3.	Calidad de los datos	35
9.3.1.	Selección de los datos.....	35
9.4.	Criterios de corte	39
9.5.	Reglas de asignación	39
9.5.1.	Asignación de co-productos	39
9.5.2.	Asignación para reutilización, reciclado y recuperación	39
9.6.	Estimaciones.....	40
10.	Perfil ambiental del producto	42
10.1.	Impactos ambientales.....	43
10.1.1.	Impactos ambientales de declaración obligatoria.....	44
10.1.2.	Impactos ambientales adicionales	45
10.1.3.	Uso de recursos.....	45
10.1.4.	Generación de residuos y flujos de salida	46

11.	Notas obligatorias sobre comparabilidad	47
12.	Registro y publicación de una DAP – Descripción detallada	48
13.	Comparación de los resultados con otras DAPs	49
14.	Resultados.....	52
14.1.	Impactos ambientales de declaración obligatoria	52
14.1.	Impactos ambientales adicionales.....	56
14.2.	Uso de recursos	60
14.3.	Generación de residuos	62
14.4.	Materias primas.....	64
15.	Conclusiones	67
15.1.	Consecución de los objetivos	67
15.2.	Consecución de la hipótesis	68
15.3.	Reflexión – Futuras líneas de investigación	70
	Referencias bibliográficas	71
	Bibliografía.....	75
	Anexo A. Procesos – Ecoinvent 3.9.1.....	76
	Anexo B. GWP, biogenic – Árbol de procesos	78
	Anexo C. Declaración ambiental definitiva	79

Índice de figuras

Figura 1. Fases del análisis de ciclo de vida y sus diferentes aplicaciones	16
Figura 2. Relación jerárquica de la PCR respecto al resto de normativa	27
Figura 3. Diagrama del proceso incluyendo todas las etapas	28
Figura 4. Pantalón vaquero <i>skinny</i>	30
Figura 5. Caja de cartón empleada en el transporte del vaquero	32
Figura 6. Pasos para la obtención de un pantalón vaquero.....	33
Figura 7. Límites del sistema de ACV de los pantalones vaqueros.....	34
Figura 8. Límites del sistema de ACV de “cuna a puerta” de los pantalones vaqueros	49
Figura 9. Comparación de impactos ambientales en la producción de materiales	51
Figura 10. Potencial de calentamiento global fósil (%) por fase del ACV	52
Figura 11. Potencial de formación de ozono troposférico (%) por fase de ACV	53
Figura 12. Agotamiento de combustibles fósiles (%) por fase de ACV	54
Figura 13. Potencial de escasez de agua (%) por fase de ACV	54
Figura 14. Potencial de calentamiento global biogénico (%) por fase del ACV	55
Figura 15. Potencial de agotamiento de la capa de ozono (ODP) (%) por fase de ACV	56
Figura 16. Uso del terreno y ecotoxicidad del agua dulce (%) por fase de ACV	57
Figura 17. Toxicidad humana: Efectos cancerígenos y no cancerígenos (%) a lo largo del ciclo de vida	58
Figura 18. Toxicidad humana: Efectos cancerígenos y no cancerígenos (%) por fase de ACV	59
Figura 19. Uso de recursos renovables y no renovables (%) en todo el ciclo de vida	60
Figura 20. Uso de recursos renovables y no renovables (%) por fase de ACV	60
Figura 21. Composición de la matriz energética de España en 2023	61
Figura 22. Residuos generados (%) en todo el ciclo de vida	62
Figura 23. Generación de residuos divididos en categorías (%) por fase de ACV	63

Figura 24. Ponderación de indicadores ambientales para el vaquero de algodón convencional
y el vaquero de algodón orgánico 66

Figura 25. Puntuación única de indicadores ambientales para el vaquero de algodón
convencional y el vaquero de algodón orgánico 69

Índice de tablas

Tabla 1. Composición de los vaqueros, medidas y legislación aplicable	31
Tabla 2. Inventario de ciclo de vida para cada etapa	35
Tabla 3. Impactos ambientales relativos al ciclo de vida por vaquero producido	44
Tabla 4. Impactos ambientales adicionales relativos al ciclo de vida completo por vaquero producido	45
Tabla 5. Utilización de recursos en el ciclo de vida por pantalón vaquero producido	45
Tabla 6. Residuos generados en el ciclo de vida por pantalón vaquero producido	46
Tabla 7. Flujos de salida en el ciclo de vida completo por vaquero producido	46

1. Justificación

A lo largo de su ciclo de vida, los productos, bienes o servicios, ya sea de manera directa o indirecta, contribuyen en mayor o menor medida a la extracción y/o agotamiento de recursos naturales y a la emisión de residuos al medioambiente, provocando una serie de cambios negativos en él. Un ejemplo es la industria textil, que ha incrementado tanto la producción como el descarte de ropa generando residuos debido al constante suministro de prendas a precios bajos, práctica comúnmente conocida como “*fast fashion*” o moda rápida.

Las iniciativas políticas europeas como la Política de Productos Integrada (Integrated Product Policy, IPP, por sus siglas en inglés) y el Plan de Acción sobre Consumo y Producción Sostenibles y una Política Industrial Sostenible (SCP-SIP, del inglés, Sustainable Consumption and Production and Sustainable Industrial Policy Action Plan), entre otras, son fundamentales para abordar los problemas ambientales causados por el aumento del consumo y la complejidad de los productos (Parlamento Europeo, 2024).

Estas políticas buscan promover una producción más respetuosa con el medioambiente para reducir los impactos negativos asociados, además de fomentar una elección y consumo responsable por parte de los consumidores (Parlamento Europeo, 2024).

Para que ocurra un cambio en el mercado y en las dinámicas de consumo actuales a favor de considerar aspectos ambientales, es importante conocer el impacto oculto de los productos a través de la información que se recoge en las etiquetas y por ello, los datos ambientales del ciclo de vida son clave (Molina-Murillo and Smith, 2009).

Un instrumento para impulsar y promover aquellos productos que tienen un mejor comportamiento ambiental son las ecoetiquetas. Concretamente, una Declaración Ambiental de Producto o DAP (Environmental Declaration Product, EPD, del inglés), se define en la Norma ISO 14025 para ecoetiquetas de Tipo III (adoptada por AENOR como UNE-EN ISO 14025:2010 en nuestro país), que forma parte de la familia de Normas ISO 14020 (AENOR, s.f.).

Las declaraciones ambientales o ecoetiquetas de Tipo III son de carácter voluntario y están compuestas por resultados y conclusiones basadas en las categorías de impacto ambientales analizadas, todo ello derivado de la previa elaboración de un análisis de ciclo de vida y otra

información ambiental adicional. El análisis de ciclo de vida debe ser elaborado conforme con las Normas Internacionales UNE-EN ISO 14040:2006 y UNE-EN ISO 14044:2006, así como con unas Reglas de Categoría de Producto (RCP), o Product Category Rules (PCR), particulares para cada familia de producto. Estas reglas, por tanto, son documentos de referencia que establecen los requisitos y reglas específicas para realizar el análisis de ciclo de vida y el contenido que debe incluirse en la declaración ambiental (IHOBE, 2015, enero).

Dada la importancia de lo expuesto anteriormente, en este trabajo se pretende realizar un análisis de ciclo de vida para la posterior elaboración de una declaración ambiental de unos pantalones vaqueros.

2. Introducción y marco teórico

Las actividades humanas son las responsables, directa o indirectamente, del agotamiento de recursos naturales y contaminación del medioambiente, todo ello para satisfacer los modelos de producción y consumo instaurados en la sociedad.

Este modelo de vida es contrario a lo que se conoce como “*desarrollo sostenible*”, ya que éste satisface las necesidades de la generación actual, pero sin poner en peligro la capacidad de las siguientes generaciones para satisfacer sus futuras necesidades. Debido a esto, es crucial que ningún recurso no renovable se explote a un ritmo superior al que pueda ser sustituido, ningún recurso renovable se explote a un ritmo superior al de su generación y que las emisiones no puedan emitirse a un ritmo superior al que la naturaleza sea capaz de mitigar o asimilar. Dicho esto, el desarrollo sostenible solo se logrará cuando haya un equilibrio entre el crecimiento económico y poblacional a nivel mundial (ONU, 2023, agosto).

El concepto “*huella ecológica*” refleja el impacto ambiental de las actividades humanas y se calcula en función de la cantidad de terreno ecológico productivo requerido para generar los recursos necesarios y la cantidad de residuos generados que se pueden asimilar. También informa sobre el impacto ambiental que las necesidades y las demandas de la población generan, sobre todos los recursos que aporta la naturaleza y sobre su capacidad natural para regenerar dichos recursos (Wackernagel and Rees, 1996).

Según los datos facilitados por [Global Footprint Network del año 2019](#), la demanda de nuestras actividades a escala global es de 2,6 hectáreas (ha) por persona, mientras que lo que el planeta puede suministrar se sitúa en torno a las 1,6 ha per cápita. Estos valores varían según las regiones del planeta: mientras que EE. UU. tiene una huella ecológica de 7,8 ha y España de 4,0, Angola tiene una huella ecológica de 1,0 ha por persona solamente (Global Footprint Network, 2024). Esto significa que los habitantes de los países desarrollados estamos viviendo por encima de las posibilidades de regeneración ecológica y disminuyendo cada año la capacidad planetaria para cumplir con nuestras necesidades y poder sostenernos (MITECO, s.f.b). Con los datos actuales se estima que en el año 2050 se necesitarán tres planetas Tierra para satisfacer las necesidades de toda la humanidad (Parlamento Europeo, 2024, abril 4).

2.1. La moda y su impacto ambiental

Con el paso del tiempo, la moda rápida o “*fast fashion*” ha aumentado la cantidad de ropa que se produce y, a su vez, la ropa que se desecha por el constante suministro de nuevos estilos y prendas a precios bajos. Los impactos asociados más comunes son el sobreconsumo de recursos naturales, contaminación de las aguas y suelos, emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, generación de residuos... Debido a esto, la Unión Europea pretende prologar el ciclo de vida de esta clase de productos y aumentar su reciclado para reducir, siempre que sea posible, los residuos textiles (Parlamento Europeo, 2024, marzo 22).

2.1.1. Estrategia de la Unión Europea para los textiles sostenibles y circulares

En marzo de 2022, como parte del plan de acción de la Economía Circular, la Comisión Europea presentó un plan para estimular la innovación en el sector textil, hacer frente a la moda rápida, e impulsar la fabricación de unos textiles reciclables, reutilizables, más duraderos y fáciles de reparar, además de la posible recogida selectiva de los textiles antes de ser enviados a una incineradora o vertedero (Comisión Europea, 2022, marzo 30).

Esta estrategia también incluye nuevos requisitos de diseño ecológico para esta tipología de productos, brindar información más clara para el consumidor, elaborar un Pasaporte Digital de Producto y, por último, pide a las empresas que asuman su responsabilidad y actúen para minimizar sus huellas de carbono y huellas medioambientales (Parlamento Europeo, 2024, marzo 22). Como medida adicional, en junio de 2023, el Parlamento Europeo propuso endurecer las medidas para frenar la producción y el consumo excesivos de productos textiles y se demandó que los textiles fuesen confeccionados respetando el medioambiente, los derechos humanos, sociales y laborales (Comisión Europea, 2022, marzo 30).

2.2. Enfoque de ciclo de vida

El enfoque de ciclo de vida es una metodología que ayuda a reconocer la manera en la que las acciones de la humanidad forman parte de un conjunto de actos que afectan e influyen notablemente en el medioambiente. Además, esta perspectiva ayuda a visualizar la cadena que conforma el ciclo de vida de un producto, bien o servicio donde se pueden encontrar numerosas oportunidades de mejora y cada elemento que conforma desempeña un papel específico teniendo en cuenta los factores externos (AENOR, 2006a).

2.2.1. Mecanismos existentes

Existen diferentes procesos para dar a conocer información de carácter ambiental, y estos sistemas pueden clasificarse en dos grandes grupos (Stø, E., et al., 2005):

1. Sistemas obligatorios. Son aquellos que derivan de la aplicación de una legislación y son verificados por una tercera parte, como, por ejemplo:

- Datos e información sobre riesgos para el medioambiente o salud humana durante el uso y fin de vida del producto.
- Declaración de la composición de los productos.
- Etiquetado de un producto mediante símbolos que informan sobre características específicas, tales como la peligrosidad.
- Certificación de conformidad del cumplimiento de determinados requisitos.

2. Sistemas voluntarios. Como su propio nombre indica, son los propios productores quienes deciden si desean implantarlos o no. La Organización Internacional de Estandarización (International Organization for Standardization, ISO, del inglés) agrupa tres sistemas voluntarios en la Norma UNE EN-ISO 14020:2002 (Etiquetas ecológicas y declaraciones ambientales. Principios generales) (IHOBE, 2011, noviembre):

- Ecoetiquetas de Tipo I, definidas en la Norma UNE EN-ISO 14024:2018 (Etiquetas y declaraciones ambientales. Etiquetado ambiental Tipo I. Principios y procedimientos). Ofrecen información concisa y cualitativa que ayuda a tomar decisiones rápidas de compra, cuentan con una verificación y certificación obligatoria por una tercera parte y contemplan todo el ciclo de vida. Son ejemplos de este tipo la etiqueta ecológica de la Unión Europea, conocida como "La flor", creada en el año 1992.
- Ecoetiquetas de Tipo II, definidas en la Norma UNE EN-ISO 14021:2017 (Etiquetas y declaraciones ambientales. Etiquetado Ambiental Tipo II). Elaboradas por los fabricantes, importadores o vendedores en forma de símbolos o gráficos, son declaraciones donde se definen sus propios criterios medioambientales. No comprenden todo el ciclo de vida y la certificación por una tercera parte es de carácter voluntario, no obstante, se espera que esté basada en datos confiables.

Un ejemplo es la etiqueta de tres flechas que representan las 3R del reciclaje (reciclar, reducir y reutilizar).

- Ecoetiquetas de Tipo III, definidas en la Norma UNE EN-ISO 14025:2010 (Etiquetas y declaraciones ambientales. Declaraciones ambientales Tipo III. Principios y procedimientos). Son informes técnicos que resumen los datos e información más significativa del comportamiento ambiental de un producto, todo ello según unos parámetros prefijados. Además, cuentan con una verificación y certificación obligatoria por una tercera parte y engloba todas las fases del ciclo de vida. El ejemplo más conocido es la Declaración Ambiental de Producto, DAP (en inglés, Environmental Declaration Product, EPD).

En definitiva, las ecoetiquetas sirven para que el fabricante demuestre el cumplimiento voluntario de una serie de requisitos medioambientales aplicables al producto asociado a ella y para que el consumidor pueda identificar productos medioambientalmente más sostenibles (IHOBE, 2011, noviembre).

2.3. Análisis de ciclo de vida – Origen, definición y desarrollo

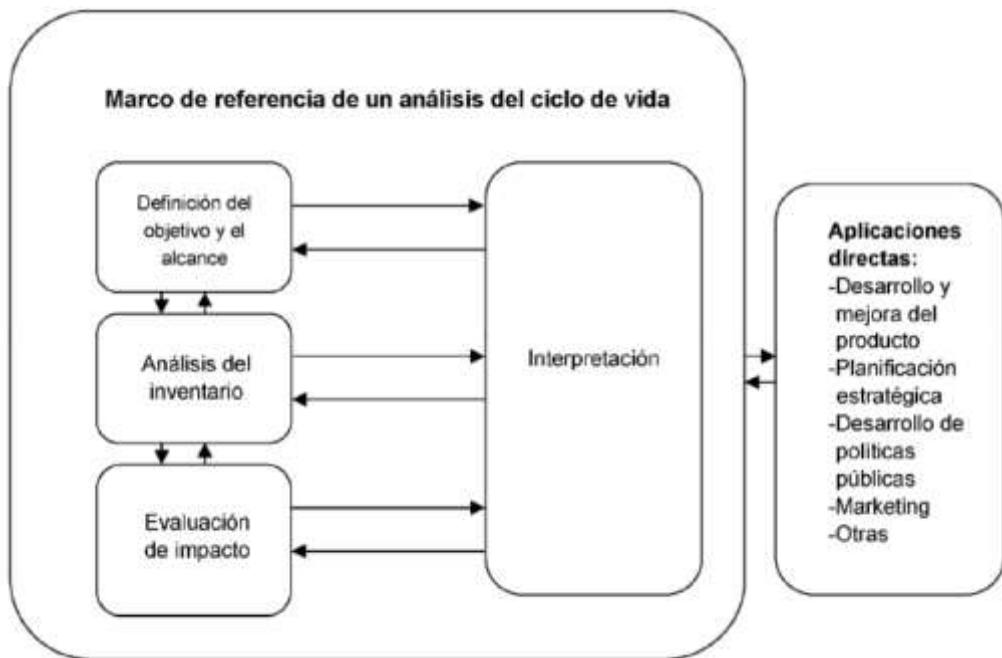
En el año 1969, la compañía “Coca-Cola” quería determinar cuál era el mejor envase para sus productos, por lo que Midwest Research Institute (MRI) desarrolló un estudio teniendo en cuenta todas las etapas del ciclo de vida del producto y su objetivo principal era conocer el impacto de cada tipo de envase. Sin embargo, hasta el año 1993 la Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization, ISO) no desarrolló las Normas UNE-EN ISO 14040:2006 (Principios y marco de referencia) y 14044:2006 (Requisitos y directrices), legislación para la gestión ambiental (AENOR, 2006a).

Según la Norma ISO 14040, el concepto de análisis de ciclo de vida o ACV hace referencia a *“una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto, compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema, evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio”* (ISO, 2006a).

2.3.1. Fases del análisis de ciclo de vida

De acuerdo con las Normas ISO 14040 y 14044, un análisis de ciclo de vida consta de cuatro etapas (Figura 1) relacionadas entre sí (AENOR, 2006a):

Figura 1. Fases del análisis de ciclo de vida y sus diferentes aplicaciones



(Fuente: UNE EN-ISO 14040:2006)

A continuación, se va a explicar brevemente cada etapa mostrada en la Figura 1:

1. Definición del objetivo y el alcance. Comienza con la declaración del objetivo y el alcance del estudio, que incluye el modo en que los resultados se pretenden comunicar. El objetivo y el alcance deben ser coherentes con la aplicación prevista del análisis e incluye información técnica, como por ejemplo la unidad funcional, es decir el desempeño cuantificado del sistema de producto para su uso como unidad de referencia. Es necesario definir también otros elementos como los límites del sistema y las hipótesis empleadas.
2. Análisis del inventario del ciclo de vida. En la fase de inventario del ciclo de vida o ICV se recopilan y cuantifican las entradas y salidas (flujos), referidos a la unidad funcional definida en el punto anterior. También se identifican y cuantifican entradas de materias primas, energía, etapas de transporte, salidas del proceso como emisiones, aguas contaminadas, residuos, subproductos...

3. Evaluación del impacto del ciclo de vida. Esta etapa consiste en encontrar la significancia potencial de los impactos ambientales basados en los resultados del inventario recopilado en la etapa anterior. Esta fase contiene generalmente:

- Selección de las categorías de impacto, los indicadores de categoría y los modelos de caracterización y cálculo.
- Asignación de resultados del inventario de ciclo de vida a las categorías de impacto seleccionadas.
- Medición del impacto (caracterización de los resultados).

4. Interpretación y análisis del ciclo de vida. Es una técnica sistemática para identificar, cuantificar, comprobar y evaluar la información de los resultados del inventario de ciclo de vida y/o de su evaluación, incluyendo lo siguiente:

- Identificación de los puntos significativos basados en los resultados derivados del ciclo de vida y de su evaluación.
- Integridad y coherencia del estudio.
- Conclusiones, limitaciones y recomendaciones.

2.4. Declaración ambiental de producto, DAP

Una Declaración Ambiental de Producto (DAP), o Environmental Product Declaration (EPD) en inglés, es un documento o informe normalizado que proporciona información cuantificada y verificable sobre el desempeño ambiental de un producto, bien o servicio. Estas herramientas se utilizan para valorar el impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida de productos y comunicar su perfil ambiental de forma fiable, relevante y transparente (AENOR, s.f.).

Las declaraciones ambientales son aplicables a todos los sectores, desde el automovilístico, textil, hasta la electrónica, y ofrece una manera científica y neutral de valorar un producto desde una perspectiva ambiental en términos de:

- Datos del análisis de ciclo de vida en forma de categorías de impacto, como el potencial de calentamiento global o el agotamiento de recursos.
- Otra información del ciclo de vida, como por ejemplo los consumos energéticos de recursos fósiles o renovables en cada etapa.

- Información detallada sobre emisiones contaminantes en la etapa de fabricación, contenido de sustancias peligrosas y no peligrosas o generación de residuos.
- Otra información adicional, como por ejemplo prestaciones del producto relacionadas con aspectos ambientales, sistemas de gestión ambiental o del ecodiseño en la organización, modo de gestionar el fin de vida útil del producto, entre otros.

Estos documentos forman parte de la familia de etiquetas ecológicas y declaraciones ambientales para productos y servicios definidas en la serie de Normas Internacionales ISO 14020 que, de acuerdo con la clasificación, se engloban en la ISO 14025 para las ecoetiquetas de Tipo III (Norma adoptada en España por AENOR como UNE-EN ISO 14025:2010).

La información contenida en estas declaraciones se fundamenta en los resultados y conclusiones derivadas de las categorías de impacto analizadas, del inventario de ciclo de vida (ICV) y otra información ambiental exigida (AENOR, s.f.).

El análisis de ciclo de vida debe ser elaborado conforme con las Normas 14040:2006 y 14044:2006, así como con las Reglas de Categoría de Producto (RCP), también conocidas como Product Category Rules (PCR) por sus siglas en inglés, específicas para cada tipología de productos (The International EPD® System, s.f.c).

Las reglas de categoría de producto presentan fecha de caducidad, por lo que es necesario contar con una o varias reglas de categoría de producto para poder desarrollar una declaración ambiental adecuadamente, ya que, pasado el periodo de validez, la PCR escogida deberá ser actualizada o no podrá elaborarse dicha declaración ambiental para su posterior registro y publicación (AENOR, s.f.).

2.4.1. Etapas para la creación de una declaración ambiental de producto

Los pasos a seguir son los siguientes (The International EPD® System, s.f.a):

1. Elección de la/s Regla/s de Categoría de Producto (RCP), o Product Category Rules en inglés (PCR). Como se ha explicado anteriormente, el análisis de ciclo de vida y la declaración ambiental debe basarse en una PCR de referencia, según la familia a la que pertenezca dicho producto.

2. Análisis de ciclo de vida. No puede concebirse una declaración ambiental sin un análisis de ciclo de vida que lo sustente, elaborado bajo la PCR idónea y las Normas Internacionales UNE-EN ISO 14040:2006 y 14044:2006.

3. Redacción del informe DAP. Los resultados del estudio de ACV y otra información exigida por la PCR de referencia se compilarán en el formato de informe de la declaración ambiental, redactado por la propia organización interesada o con ayuda externa.

4. Verificación. El proceso de verificación se llevará por una tercera parte independiente a la parte interesada, normalmente, por un verificador o por un organismo de certificación acreditado con conocimientos adecuados y específicos en la cuestión.

5. Registro y publicación. Como último paso, se deberá registrar y publicar en un sistema DAP escogido por la parte interesada.

2.4.2. Contenido de la declaración ambiental y su verificación

Según la Norma 14025:2010, una declaración ambiental de producto debe contener, al menos, la siguiente información:

- Organización que elabora la declaración.
- Identificación y breve descripción del producto estudiado.
- Identificación del Programa bajo el que se ha verificado dicha declaración.
- Código de registro en el Programa, fecha de publicación y periodo de validez.
- Reglas de categoría de producto empleadas.
- Fases del ciclo de vida cubiertas en el análisis.
- Datos del análisis de ciclo de vida e inventario de ciclo de vida (ICV).
- Consumo de recursos, incluyendo energía, agua y recursos, emisiones al aire y vertidos al agua y al suelo, residuos peligrosos y no peligrosos.
- Resultados de los indicadores del análisis del impacto del ciclo de vida (AICV).

Por último, la Norma UNE-EN ISO 14025:2010 (AENOR, 2006b) también establece que las declaraciones ambientales deben ser verificadas. Este proceso consta de una revisión documental y una auditoría de verificación donde el equipo auditor homologado por el programa de verificación escogido comprueba el cumplimiento de los siguientes apartados en relación con las normas de referencia empleadas.

Los programas de verificación de declaraciones ambientales son numerosos e internacionales y, algunos de los más conocidos con una aplicación multisectorial son International EPD® System (EPD International AB, Suecia), GlobalEPD (AENOR, España) y PEP ecopassport® (P.E.P. Association, Francia) (IHOBE, 2015, enero).

La revisión documental y posterior auditoría consiste en la comprobación de la información incluida en el informe del ACV y la DAP, que justifique la información incluida en el estudio del ciclo de vida, además de la calidad, trazabilidad, veracidad y fiabilidad de los datos. El objetivo es asegurar la conformidad del contenido del ACV y la EPD con las normas 14040:2006 y 14044:2006, además de los requisitos establecidos en la PCR de referencia.

2.4.3. Beneficios de una declaración ambiental de producto

En definitiva, una declaración ambiental de producto es una herramienta esencial para las organizaciones comprometidas con el medioambiente y la sostenibilidad. Los beneficios, tanto para los consumidores como para los fabricantes, son los siguientes (AENOR, 2006b):

- Permiten a las organizaciones o empresas comunicar, de forma normalizada, el desempeño ambiental de sus productos y/o servicios.
- Mediante el análisis de ciclo de vida o ACV se pueden detectar oportunidades de mejora en el proceso productivo del producto analizado, pudiéndose emplear también para comunicar los avances o cambios realizados en posteriores declaraciones, siendo una herramienta fundamental para la mejora continua.
- Las declaraciones ambientales sirven como instrumento en la compra pública y privada a nivel global en cualquier ámbito, es decir, aquellas organizaciones que posean declaraciones de productos y/o servicios pueden ser proveedores preferentes. Incluso sirven para la obtención de certificados, por ejemplo, de construcción sostenible para edificios, tales como BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology) y LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).
- El consumidor puede realizar comparaciones entre productos de la misma categoría.

2.5. Herramientas para el análisis del ciclo de vida

Para la realización de estudios de análisis de ciclo de vida existen numerosos programas de acceso libre, como OpenLCA, y también de pago, como SimaPro y GaBi, entre otros.

Estas herramientas de análisis de ciclo de vida cuentan con bases de datos que incluyen información sobre el perfil ambiental de procesos, materiales, energías y transportes, cuya misión es promover y apoyar la disponibilidad de datos medioambientales de calidad para respaldar decisiones sobre sostenibilidad.

2.5.1. Antecedentes de SimaPro

El objetivo principal de [Mark Geodkoop](#), ecodiseñador y fundador de PRé Sustainability (consultoría medioambiental), radicaba en que el nuevo concepto de análisis del ciclo de vida (ACV) fuera más fácil de entender y aplicar.

Para ello, en el año 1990, con una financiación inicial del Ministerio de Economía holandés, Mark se asoció con CML Leiden (Instituto de Ciencias Ambientales es un instituto de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Leiden en los Países Bajos) para crear la primera versión de SimaPro, abreviatura de Systematische Milieu Analyse van Producten (o, en español, Análisis Medioambiental Sistemático de Productos). En los años siguientes, el programador Vincent Cleij, siguió desarrollando SimaPro hasta convertirlo en un software profesional de ACV, tal y como se conoce hoy en día.

2.5.2. Aplicación de SimaPro

Con la herramienta [SimaPro](#) se facilita el análisis y la representación gráfica de ciclos de vida complejos, de un modo sistemático y transparente bajo los estándares vigentes de gestión ambiental: UNE-EN ISO 14040 y UNE-EN ISO 14044.

Dentro de los variados tipos de análisis de ciclo de vida pueden realizarse estudios de huella de carbono, huella hídrica, declaración ambiental de producto, huella ambiental, ecodiseño, etc., gracias a la incorporación de las bases de datos más importantes como Ecoinvent, AGRIBALYSE, Agri-footprint, y muchas más. Igualmente, se utilizan las metodologías más actuales como IPCC 2021, ReCiPe 2016, EF 3.1 Method, AWARE, CML – IA baseline...

2.5.3. Base de datos Ecoinvent

El análisis de ciclo de vida tiene en cuenta las distintas etapas de la vida de un producto, bien o servicio, como la extracción de materias primas, fabricación, distribución, uso y su disposición final.

La base de datos de [Ecoinvent](#), operativa a nivel mundial, proporciona [datos del inventario de ciclo de vida \(ICV\)](#) estandarizados y actualizados anualmente para realizar estos estudios, ya que incluye más de 20.000 conjuntos de datos que modelan actividades y procesos humanos.

Concretamente, contiene información sobre las entradas, salidas e impactos ambientales asociados a los procesos y actividades de numerosos sectores, como la agricultura, la producción de energía o electricidad, sector textil, edificación y construcción, industria, transporte y la gestión de residuos, entre otros.

Finalmente, gracias a la trazabilidad y transparencia de la información ofrecida, permite a las partes interesadas evaluar y comprender el impacto medioambiental asociado y ayuda a la toma de decisiones.

2.6. Estudios similares sobre pantalones vaqueros

Se han analizado los resultados y conclusiones de tres declaraciones ambientales de producto de vaqueros, que servirán como orientación para la posterior comparativa de los resultados obtenidos en este trabajo. Estas tres declaraciones son del mismo fabricante, Martelli.

Las fases comprendidas dentro del análisis de ciclo de vida de estas declaraciones excluyen la etapas incluidas dentro del módulo “aguas abajo”, en otras palabras, excluyen las fases de uso y fin de vida, con un alcance denominado “*cradle-to-customer*”:

- En la [EPD for 80's Rigid Jeans](#) se estudia un pantalón vaquero compuesto principalmente de algodón (92,4% algodón, 0,79% etiquetas y 6,8% accesorios metálicos), donde se concluye que la fase de producción del tejido es la principal causante de la generación de gases de efecto invernadero derivado de las emisiones fósiles (GWP100a, fossil), del agotamiento abiótico de combustibles fósiles no renovables (abiotic depletion, fossil fuels). En cambio, la etapa de producción de materiales es la mayor contribuidora a la escasez de agua.

- En otro estudio, [EPD for 80's Comfort Jeans](#), la composición mayoritaria del vaquero es algodón y poliéster (90-80% algodón y 20-10% poliéster, 97,19% en total), etiquetas (0,29%) y accesorios metálicos (2,51%). La fase de producción de materiales sigue siendo mayor causa de la escasez de agua, pero, en este caso, la etapa de producción de materiales aumenta significativamente, hasta casi igualarse con la etapa de producción del tejido, fuente principal de la generación de gases de efecto invernadero (GWP100a, fossil) y del agotamiento abiótico de combustibles fósiles no renovables (abiotic depletion, fossil fuels).
- En la [EPD for 80's Stretch Jeans](#), el pantalón vaquero está compuesto de 55-35% de algodón y 15-10% de poliéster (representando un total de 98%), 0,21% etiquetas de papel y 1,78% de accesorios de metal. En este caso, el potencial de calentamiento global (GWP100a, fossil), el agotamiento abiótico de combustibles fósiles no renovables (abiotic depletion, fossil fuels) y la escasez de agua son producidos por la etapa de obtención de los materiales.

Tras exponer los fundamentos teóricos del presente trabajo, se muestran en detalle los pasos seguidos para la elaboración de una declaración ambiental de producto (DAP) de un pantalón vaquero y su análisis de ciclo de vida, comprendiendo todas las etapas incluidas desde la cuna a la tumba, es decir, la obtención y producción de materias primas, uso del producto y fin de vida, junto con la información de los impactos ambientales asociadas a cada una de las etapas.

3. Objetivos del TFE

El objetivo principal de este trabajo es evaluar los impactos ambientales derivados de la producción, uso y fin de vida (análisis de “cuna a tumba”) de unos pantalones vaqueros mediante la metodología de análisis de ciclo de vida bajo los estándares ambientales vigentes, empleando el software SimaPro para elaborar una declaración ambiental de producto.

3.1. Objetivos específicos

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Identificar unas reglas de categoría de producto acordes para comunicar el perfil ambiental del análisis del pantalón vaquero de forma fiable, relevante, transparente, comparable, verificable y respetuoso con el medioambiente.
- Recopilar y analizar los datos de inventario de las diferentes etapas del ciclo de vida de los pantalones vaqueros objeto de estudio.
- Investigar de los procesos disponibles en SimaPro que definen los pantalones vaqueros y determinar aquellos que no existan, para poder conseguir una adaptación al marco deseado de la forma más realista posible.
- Explorar tendencias y estimaciones para poder definir escenarios futuros más sostenibles mediante la proposición de medidas alternativas para las etapas que generan un mayor impacto sobre el medioambiente, para poder así contribuir en las decisiones orientadas a una industria textil más sostenible.
- Comparar el análisis de ciclo de vida de varios escenarios planteados para conocer la variación de los impactos y determinar la eficacia de las medidas adoptadas.

4. Hipótesis de trabajo

Para disminuir el impacto negativo de la moda rápida en el medioambiente, sería conveniente mejorar el diseño de las prendas, prolongar la vida útil de este tipo de productos, optimizar los procesos de obtención de materias primas, reducir los residuos y fomentar su reciclado.

Con este trabajo se pretende demostrar que la etapa de obtención de materias primas para la producción de un pantalón vaquero es la fase que más impacto tiene sobre el medioambiente. Además, se quiere demostrar que para poder reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, disminuir la generación de residuos, evitar la sobreexplotación de recursos naturales y la contaminación del agua, aire y suelos se deben emplear materias primas recicladas o más respetuosas con el medioambiente e implementar cadenas de suministro regionales (reducir las distancias de las diferentes etapas del ciclo de vida).

4.1. Materias primas

Un vaquero está compuesto principalmente de algodón y, como material reciclado, puede emplearse el propio algodón que lo compone, procedente de residuos de preconsumo (restos de producción) y postconsumo (tejidos que han llegado al final de su vida útil).

De esta manera, se ahorra una gran cantidad de energía y recursos naturales en la producción y procesamiento, puesto que se consumen 10.000 L de agua por 1 kg de algodón producido, lo que implica que para un único pantalón de 800 g de algodón se necesitarán 8.000 L de agua (Arjen Hoekstra and Water Footprint Network, 2017).

Otra alternativa puede ser emplear algodón orgánico, que se diferencia del algodón convencional porque se cultiva y se procesa de una forma más ecológica y respetuosa con el medioambiente, ya que procede de plantas no modificadas genéticamente, tratadas exclusivamente con productos naturales y sin utilizar fertilizantes ni pesticidas químicos.

5. Descripción y justificación de sistema de DAP escogido

De acuerdo con las necesidades requeridas para la elaboración de este trabajo, International EPD® System es el sistema que mejor se adapta, ya que es el que más declaraciones ambientales de producto posee bajo las mismas reglas de categoría de producto. Además, permite desarrollar y registrar declaraciones ambientales de producto de cualquier tipo de bienes y servicios.

5.1. International EPD® System

En el año 1998, la agencia sueca de protección ambiental Swedish Environmental Protection Agency, SEPA, creó el Sistema DAP Sueco (Swedish EPD System), conocido hoy en día como el Sistema Internacional DAP (International EPD® System), siendo el primer programa mundial de Declaraciones Ambientales de Producto (DAP) (The International EPD® System, s.f.b).

EPD International AB, una sociedad de origen sueco es la operadora del sistema EPD System® y tiene la responsabilidad general de la administración y funcionamiento adecuado del sistema. En su estructura, cuenta con una junta directiva, un comité técnico, una junta internacional de asesoría y una secretaría.

El sistema International EPD® destaca por:

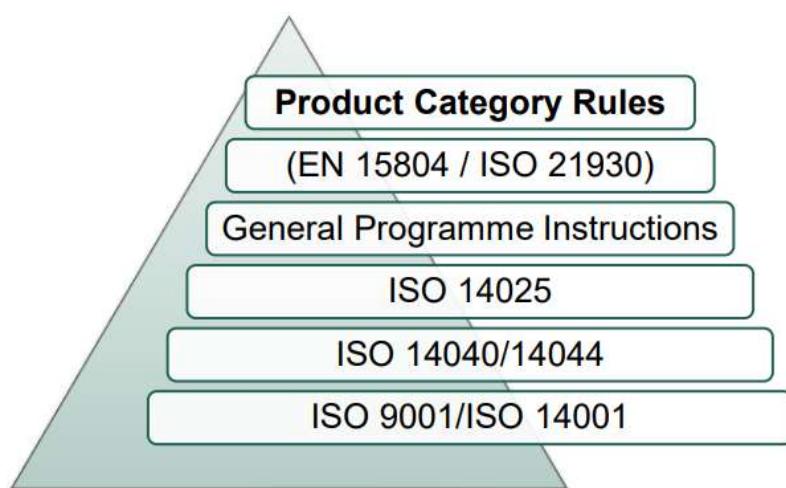
- Ser el sistema universal para la certificación, registro y publicación de declaraciones ambientales de producto y reglas de categoría de producto, de acuerdo con la Norma UNE EN-ISO 14025:2006.
- Estar abierto a organizaciones tanto privadas como públicas de todo el mundo y disponible para cualquier categoría de productos existente.
- Contar con asociaciones estratégicas con consultores de análisis de ciclo de vida, verificadores y organismos acreditados para la certificación.

6. Identificación de la PCR

Tal y como se ha explicado anteriormente, las Reglas de Categoría de Producto (Product Category Rules, PCR) marcan las directrices sobre las cuales debe realizarse un análisis de ciclo de vida para la posterior elaboración de una declaración ambiental de producto y son específicas para cada categoría de productos (The International EPD® System, s.f.c).

A continuación, se muestra en la Figura 2 la jerarquía de normas y otros documentos en relación con las Reglas de Categoría de Producto (PCR):

Figura 2. Relación jerárquica de la PCR respecto al resto de normativa



(Fuente: PCR “Trousers, shorts and slack and similar garments”, 2019:06, UN CPC 282, 2022)

La PCR escogida para este estudio es “Trousers, shorts and slack and similar garments”, 2019:06, UN CPC 282, obtenida de la biblioteca de International EPD® System.

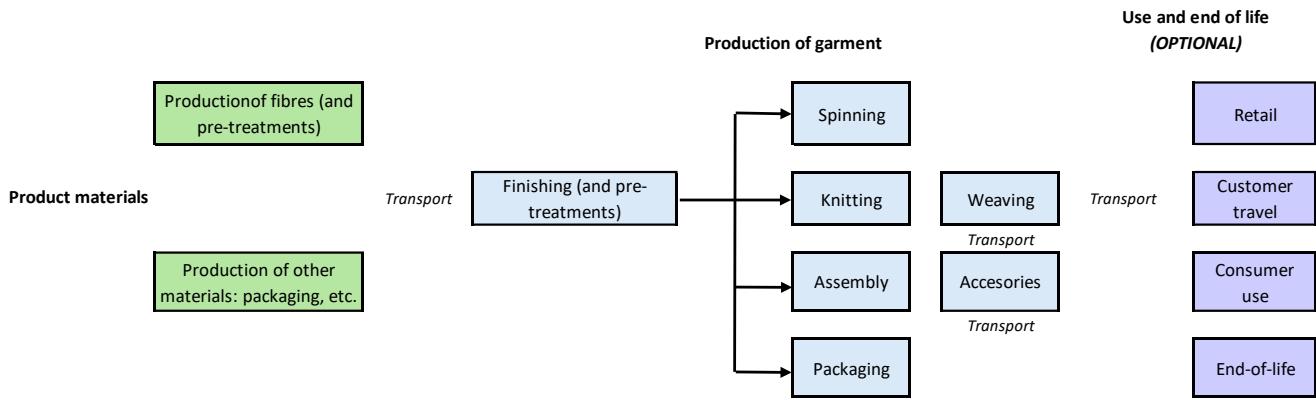
6.1. Unidad funcional

El alcance de esta PCR incluye pantalones largos y cortos, pantalones de vestir y prendas similares para cubrir y proteger la parte inferior del abdomen en una parte o en su totalidad, por lo que la unidad declarada se define como una unidad de producto (quedan excluidos los leggins, medias de nylon y las prendas confeccionadas principalmente para la parte superior del cuerpo). Concretamente, en este trabajo la unidad funcional tomada será una unidad de pantalones vaqueros largos y el impacto medioambiental se indicará por unidad declarada.

6.1. Límites del sistema

En la Figura 3 se muestra el diagrama de los límites del sistema propuesto por la PCR escogida:

Figura 3. Diagrama del proceso incluyendo todas las etapas



(Fuente: PCR “*Trousers, shorts and slack and similar garments*”, 2019:06, UN CPC 282, 2022)

El alcance mínimo establecido en la PCR “*Trousers, shorts and slack and similar garments*” es “cuna a puerta” pero, propone la posibilidad de realizar voluntariamente un alcance “cuna a tumba”. Esto es debido a que los textiles tienen, generalmente, usuarios finales variados. Por ello, será de carácter voluntario incluir la fase de uso y fin de vida, debiéndose indicar las hipótesis establecidas para estos procesos.

7. Descripción de la empresa

La presente investigación parte de una empresa ficticia. “*Blue & Green, S.L.*” es una empresa dedicada a la fabricación y confección de pantalones vaqueros de todo tipo desde 1996, tiene sus oficinas centrales y almacenes en Bilbao (Bizkaia, España) distribuidas en 500 m². La fábrica de “*Blue & Green, S.L.*”, en cambio, cuenta con una extensión de 1.500 m² y está ubicada en Norosinhopur, Bangladés (a 282 km del puerto internacional de Chattogram).

Con el paso de los años, han podido evolucionar y satisfacer las necesidades de sus clientes ofreciendo la más alta calidad en sus productos, fomentando la innovación y aprendizaje. Todo ello sin olvidar la misión de proteger al planeta, a las generaciones presentes y futuras.

Por ello, como muestra de interés, desde 2015 “*Blue & Green, S.L.*” está acreditada con la Norma ISO 9001:2015, estándar del Sistema de Gestión de Calidad. Además, se encuentra en proceso de certificación para implantar la Norma ISO 14001:2015 y EMAS de la Unión Europea, ya que desde hace dos años realizan la huella de carbono de la organización.

En “*Blue & Green, S.L.*” apuestan por las personas jóvenes, por su excelencia y alta cualificación para aplicar las mejores técnicas para el diseño y la fabricación, optimizando procesos de producción, siempre comprometidos con el medioambiente.

Aunque la producción y confección se basa en artículos estandarizados, existe la opción de poder solicitar bajo pedido alguna pieza personalizada o a medida. A continuación, se muestra el catálogo de productos disponibles:

- Pantalones vaqueros largos ajustados o pitillos.
- Pantalones vaqueros largos rectos.
- Bermudas vaqueras.
- “*Shorts*” o pantalones cortos.

De los artículos en stock, todos están disponibles desde la talla 34 a la talla 46, pudiendo escoger vaqueros de tiro alto, medio y bajo, pero, únicamente en color azul.

8. Información sobre el producto

El estudio trata sobre unos pantalones vaqueros ajustados, también conocidos como “*skinny jeans*”. Esta prenda se caracteriza por su corte ceñido desde la cadera hasta el tobillo, realzando la silueta de las piernas.

8.1. Características del producto

Los vaqueros escogidos para el análisis, tal y como se puede ver en la Figura 4, son unos vaqueros pitillos azules de tiro medio en la talla 38:

Figura 4. Pantalón vaquero *skinny*



(Fuente: Zara España, 2024)

El vaquero está fabricado, en su mayoría, de algodón y cuenta con dos bolsillos delanteros y dos bolsillos traseros. Como se puede observar, el diseño no incluye accesorios metálicos tales como los remaches, solamente cuenta con el botón y la cremallera.

8.2. Composición y especificaciones técnicas del producto

En la Tabla 1 se indican los principales materiales que componen el pantalón vaquero, junto con las medidas de acuerdo con la [guía de tallas](#) de la empresa y la normativa específica:

Tabla 1. Composición de los vaqueros, medidas y legislación aplicable

Materiales	Algodón (92,4%)
	Cremallera (3%) de latón (10 cm de alto y Accesorios metálicos (7%) 3 cm de ancho) + (1%) poliéster de cremallera
	Botón (3%) de latón (17 mm)
	Etiqueta trasera de algodón (0,3%) Etiquetas (0,6%) Etiqueta lateral de poliéster (0,3%)
Medidas	37 cm de cintura
	40 cm de cadera
	94 cm de largo delantero
	25 cm de tiro delantero
	33 cm de tiro trasero
Peso	1 kg de pantalón vaquero
Normativa	Las sustancias químicas utilizadas en “ <i>Blue & Green, S.L.</i> ” para la fabricación de cumplen el Reglamento (CE) 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH)

8.3. Declaración del contenido incluyendo el “*packaging*”

El “*packaging*” o embalaje empleado para transportar el pantalón vaquero (1 kg) es una caja de cartón de 200 g (25 x 20 x 5 cm). Normalmente, la caja está fabricada a partir de fibras vírgenes y fibras recuperadas (Figura 5). El cartón para cajas plegables o Folding Box Board (FBB) se fabrica con pasta mecánica intercalada entre dos capas de pasta química, con hasta tres capas de revestimiento en la superficie superior o de impresión y una capa de revestimiento o encolado en el reverso (información obtenida de Ecoinvent 3.9.1, Anexo A).

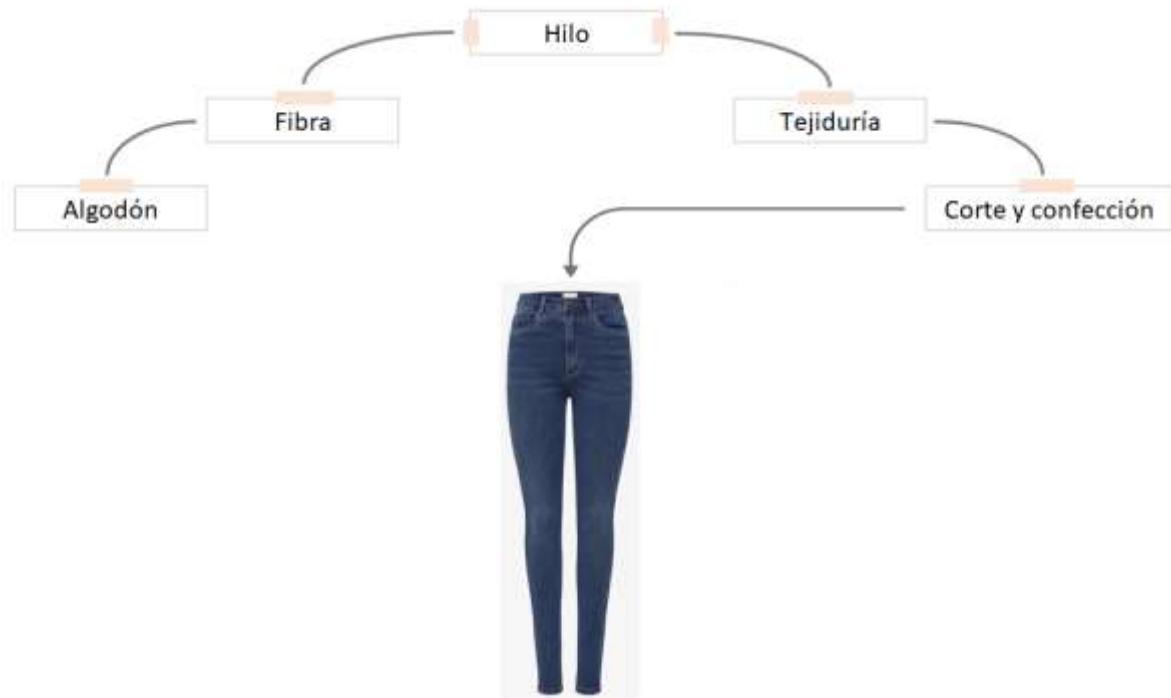
Figura 5. Caja de cartón empleada en el transporte del vaquero



(Fuente: Amazon – Cajas de cartón, 2024)

8.4. Proceso de fabricación

El componente mayoritario de los pantalones vaqueros es el algodón, una fibra natural procedente de las plantas de algodón. Tras la cosecha y recolección de los bulbos de algodón, se obtienen las fibras, que son debidamente cepilladas para tener la misma longitud, y poder pasar al proceso de hilatura. En la etapa de producción del hilo, para recogerlo en una bobina, es preciso realizar el estiramiento y torsión de las fibras. Despues, el hilo obtenido es teñido para la posterior fabricación del tejido, resultado de entrelazar dos hilos en un ángulo recto de 90°, donde el hilo vertical (conocido como urdimbre) es teñido y el horizontal (llamado trama) se encuentra sin teñir. Por último, se obtiene la prenda final a partir del corte y confección de los tejidos (Figura 6).

Figura 6. Pasos para la obtención de un pantalón vaquero

(Fuente: Elaboración propia, 2024)

En la fábrica de “*Blue & Green, S.L.*”, los vaqueros fabricados se almacenan según los modelos y tallaje para su correcta distribución. Para ello, se empaqueta cada pantalón en una caja de cartón y se etiqueta debidamente para ser enviados desde la fábrica hasta el puerto internacional de Chattogram (Bangladés) en camión, hasta el puerto de Barcelona en barco y, finalmente, hasta la sede central de Bilbao en camión.

9. Definición del ACV

Como se ha mencionado en puntos anteriores, el alcance establecido en la PCR escogida (“*Trousers, shorts and slack and similar garments*”) es de “cuna a puerta” pero, en este estudio, se va a realizar el análisis de ciclo de vida completo de “cuna a tumba” de unos pantalones vaqueros, teniendo en cuenta todas las etapas del proceso, desde la obtención de las materias primas para la fabricación del pantalón hasta su fin de vida.

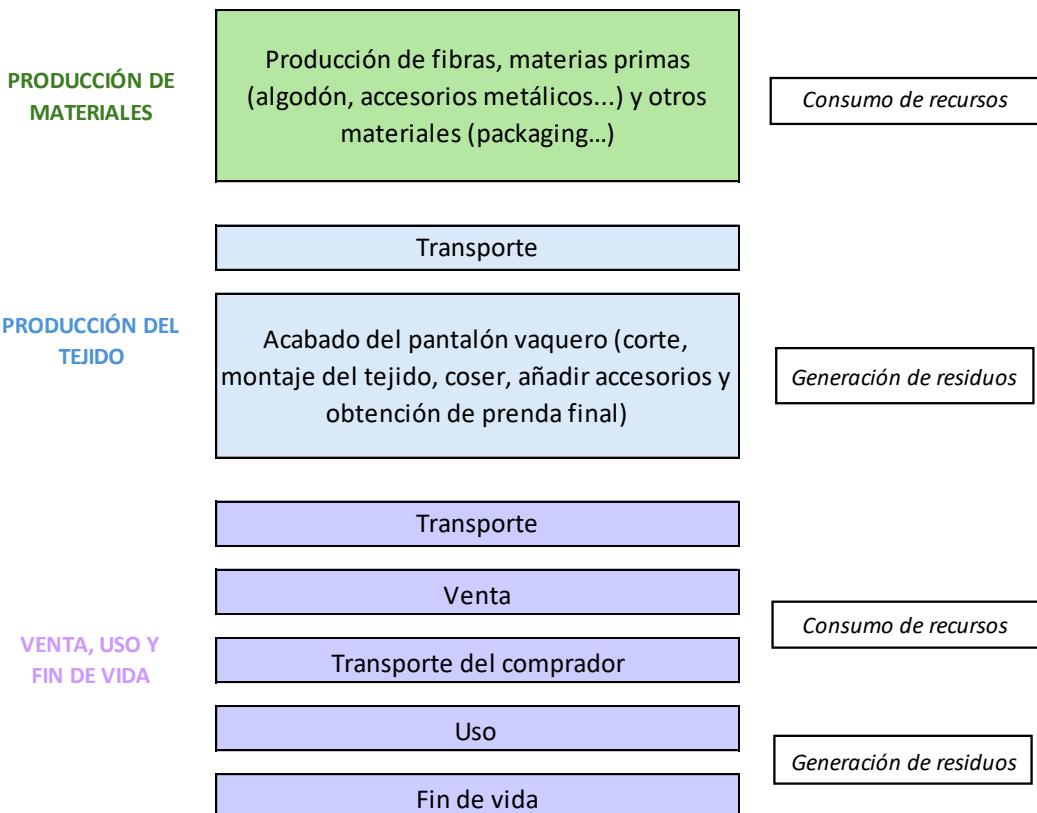
9.1. Unidad declarada

La unidad declarada es una unidad de pantalones vaqueros y, concretamente, el peso de una unidad es de 1 kg. Además, la vida útil de referencia es de cuatro años con un escenario de lavado de una vez cada cuatro semanas (Levi Strauss & Co., 2009).

9.2. Límites del sistema establecidos

En este estudio los límites del sistema fijados engloban todo el ciclo de vida, esto es, de “cuna a tumba”, creando tres bloques diferenciados (Figura 7):

Figura 7. Límites del sistema de ACV de los pantalones vaqueros



(Fuente: Elaboración propia, 2024)

9.3. Calidad de los datos

Un estudio de análisis de ciclo de vida precisa de información relacionada con los aspectos ambientales del sistema estudiado, tales como flujos de materiales o energía, e información sobre los impactos derivados de dichos flujos, procedentes, generalmente, de bases de datos. Estos datos a su vez pueden clasificarse en:

- Datos específicos o primarios. Son aquellos recogidos en la planta de fabricación real donde se llevan a cabo los procesos específicos del producto y de otras partes del ciclo de vida que se remontan al sistema de producto específico objeto de estudio.
- Datos genéricos o secundarios, divididos en:
 - Datos genéricos seleccionados que cumplen las características prescritas de calidad en cuanto a precisión y exhaustividad.
 - Datos indirectos obtenidos que no cumplen todas las características de calidad de los datos genéricos seleccionados.

9.3.1. Selección de los datos

Como norma general, se utilizarán datos primarios si se encuentran disponibles, sin embargo, en el análisis de ciclo de vida elaborado en este trabajo, se utilizarán datos secundarios debidamente seleccionados de otros estudios realizados y estimaciones que cumplen las características de calidad en cuanto a precisión y exhaustividad, por deberse a una empresa ficticia. Seguidamente, en la Tabla 2, se muestran los datos recopilados para el inventario:

Tabla 2. Inventario de ciclo de vida para cada etapa

Producción de materiales	
Material del pantalón	Masa (kg)
Algodón para el tejido	0,924
Latón para la cremallera y botón	0,06
Poliéster para la cremallera	0,01
Algodón para la etiqueta trasera	0,003
Poliéster para la etiqueta lateral	0,003

Material del embalaje	Masa (kg)
Caja de cartón	0,20
Producción del tejido	
Material / Recurso	Cantidad por unidad funcional y vida útil
Ácido acético (98%)	0,000312 kg
Productos químicos orgánicos	0,14363 kg
Agua	16,41 kg
Electricidad de baja tensión	0,419 kWh
Gas natural	15,55 MJ
Residuos de hilo	0,01 kg
Emisiones al agua (NH_4^+ , As, Cr (III), Cr (VI), Co, Fe, Hg, Ni (III), NO_3^- , Ph, Zn, partículas sólidas en suspensión...)	0,005 kg
Distribución	
Medio de transporte	Distancia (kg·km)
Camión (Fábrica Norosinhopur, Bangladés – Puerto Chattogram, Bangladés)	280
Barco (Puerto de Chattogram, Bangladés – Puerto de Barcelona, España)	11.300
Camión (Puerto de Barcelona, España – Almacén de Bilbao, España)	610
Etapa de venta	
Material / Recurso	Cantidad por unidad funcional y vida útil
Consumo eléctrico en tienda	0,125 kWh

Transporte del comprador	
Medio de transporte	Cantidad por unidad funcional y vida útil
A pie (Tienda, Bilbao – Domicilio, Bilbao)	1,10
Uso	
Material / Recurso	Cantidad por unidad funcional y vida útil
Agua para lavados	457,60 L
Jabón para lavados	0,52 kg
Consumo eléctrico en hogar (lavados)	20,80 kWh
Fin de vida	
Destino	Masa (kg)
Vertedero	0,913
Incineración	0,087

Los datos relativos a los materiales y recursos para la producción del tejido (Tabla 2) han sido obtenidos del cálculo del análisis del ciclo de vida empleando la base de datos de Ecoinvent 3.9.1, a través del software SimaPro (versión 9.5.0.2).

Por una parte, se muestran los recursos necesarios para la producción de 1 kg de pantalón vaquero, como pueden ser productos orgánicos y agua utilizados para el tinte del hilo y, del mismo modo, se incluyen los residuos generados: restos de hilo y emisiones al agua (agua contaminada con productos químicos de los procesos de teñido de los hilos). Por otra parte, se detalla la electricidad, gas natural y agua necesarias para el funcionamiento de la maquinaria utilizada en el corte y confección del producto final. Para más información, en el Anexo A se recogen los diferentes procesos seleccionados para elaborar este estudio.

Dentro del módulo de venta, uso y fin de vida, los valores sobre materiales y recursos necesarios (Tabla 2) están referidos a 1 kg de pantalón, cuya vida útil es de cuatro años (Levi Strauss & Co., 2009).

Durante este periodo, se tiene en cuenta el consumo eléctrico de la tienda durante un mes hasta que es comprado, la electricidad, agua y jabón utilizados en los lavados (cada cuatro semanas) a lo largo de todo el ciclo de vida. Por último, se muestran las cantidades que se destinan a vertedero y a incineración (INE, 2023 noviembre 27) en la etapa de venta, uso y fin de vida. Igualmente, en el Anexo A se recogen los procesos seleccionados de la biblioteca de Ecoinvent (3.9.1) para estos escenarios, calculados a partir de SimaPro (versión 9.5.0.2).

9.4. Criterios de corte

Según la PCR de referencia, “*Trousers, shorts and slack and similar garments*”, se deben incluir los datos de los flujos elementales hacia y desde el sistema del producto que contribuyan a un mínimo del 99% de los impactos ambientales declarados (sin incluir los procesos que estén explícitamente fuera de los límites del sistema).

En este estudio se han incluido el 99% de todas las entradas y salidas del sistema:

- Todos los componentes y procesos para la fabricación del producto, incluyendo el consumo de recursos, transporte de materias primas a fábrica, generación de residuos, transporte del producto final al punto de venta y su embalaje correspondiente.
- Etapa de venta, uso y fin de vida que, como su propio nombre indica, engloba la venta, desplazamiento del cliente (viaje de ida y vuelta desde su domicilio), uso por parte del consumidor y su posterior depósito para la incineración y reciclaje.

No se ha incluido:

- Actividades del personal, así como los desplazamientos al puesto de trabajo desde y hasta su domicilio o viajes de negocios.
- Construcción del centro de producción, edificios u otras infraestructuras y otros bienes de equipo. Tampoco se incluyen la fabricación de equipos de producción.
- Desechos procedentes de la demolición de edificios u otros.

9.5. Reglas de asignación

Es necesario establecer un reparto de cargas ambientales (entradas/salidas) para atribuir a cada producto cuando un proceso da lugar a múltiples productos de salida. Seguidamente, se van a definir las asignaciones para los co-productos y para la reutilización, reciclado y recuperación:

9.5.1. Asignación de co-productos

En el análisis de ciclo de vida de los pantalones vaqueros no existen co-productos.

9.5.2. Asignación para reutilización, reciclado y recuperación

Dentro del marco establecido por International EPD® System, las opciones metodológicas de asignación para la reutilización, el reciclado y la recuperación se han establecido de acuerdo

con el principio de quien contamina paga (Polluter Pays Principle, PPP). Esto significa que, quien genera el residuo, soportará todo el impacto ambiental hasta el punto del ciclo de vida del producto en el que el residuo se transporta a un vertedero o a la puerta de una planta de tratamiento de residuos (lugar de recogida). El usuario posterior del residuo soportará el impacto ambiental derivado del tratamiento y el refinamiento del residuo, pero no el impacto ambiental causado en los estadios del ciclo de vida anteriores.

En este caso, la etapa de venta, uso y fin de vida del producto cubre todas las operaciones y procesos desde que el vaquero se desecha y se destina a un vertedero o incineradora.

9.6. Estimaciones

Las estimaciones realizadas en el inventario de ciclo de vida son:

- Para la obtención de la tela del vaquero, se refiere a 1 kg de textil de algodón convencional tejido en Bangladés en el año 2017, que engloba todas las etapas desde el cultivo de las plantas de algodón hasta el proceso de hilatura para producir el tejido.
- Como material utilizado en los accesorios metálicos que componen el pantalón skinny estudiado se ha considerado el latón, una aleación de cobre (70,7%) y zinc (30,3%), fabricados en Norosinhopur, Bangladés.
- Etiqueta trasera de algodón convencional natural (sin teñir) confeccionada en Bangladés, a partir del hilo fabricado también en Bangladés.
- Las etiquetas laterales del pantalón vaquero de poliéster son fabricadas en Indonesia a partir de tereftalato de polietileno (PET) granulado. Además, los residuos generados durante la hilatura de las etiquetas se reciclan de nuevo en la producción y se contempla el transporte de esta materia prima dentro del proceso.
- La terminación del vaquero (corte y confección) es llevada a cabo en la propia fábrica de Norosinhopur, Bangladés e incluye todos los materiales y energía, además de los residuos y aguas residuales generadas para procesar 1 kg de pantalón vaquero.
- Con respecto al embalaje, como se ha explicado anteriormente, se trata de cartón para cajas plegables fabricado con pasta mecánica intercalada entre dos capas de pasta química, con hasta tres capas de revestimiento en la superficie superior o de impresión y una capa de revestimiento o encolado en el reverso. Se estima que las dimensiones son 25 x 20 x 5 cm, con un peso de 200 g por vaquero transportado.

- Se ha supuesto que la fábrica de “*Blue & Green, S.L.*” está situada en Norosinhopur, Bangladés y, el transporte del producto al puerto internacional de Chattogram, Bangladés, se ha realizado por carretera en un camión 3.5 – 7.5 toneladas métricas, EURO3. Desde Bangladés hasta el puerto de Barcelona en España, se ha empleado un buque portacontenedores y, del puerto a las instalaciones centrales de Bilbao, se ha empleado un camión de 7.5 – 16 toneladas métricas, EURO6.
- La venta del pantalón ocurre un mes después de su llegada la tienda de Bilbao, por lo que el cálculo de electricidad consumida durante este periodo se realiza en función de la potencia contratada para un local comercial (10 kW) y el horario de apertura (de lunes a sábado de 10:00 – 22:00 horas).
- Desplazamiento a pie del consumidor al punto de venta desde y hasta su domicilio (1,10 km) por situarse ambos en la misma ciudad.
- Dentro de la etapa de uso se estima que la vida útil del pantalón es de cuatro años y se lava cada cuatro semanas (Levi Strauss & Co., 2009). Al establecer un periodo de lavado más espaciado en el tiempo, no ser sometido a ningún otro proceso adicional como el planchado y que el consumidor alterna el uso del pantalón vaquero analizado con otros pantalones, la vida útil del producto puede prolongarse.
- La electricidad consumida en cada lavado se calcula en función de la energía que emplea la lavadora (2 kWh), de su capacidad de carga (5 kg) y el tiempo de lavado (1 hora). La cantidad de jabón necesaria para limpiar el vaquero se obtiene a partir del jabón empleado en cada lavado (50 g) y la capacidad de carga de la lavadora (5 kg) (Levi Strauss & Co., 2009).
- Para la venta, uso y fin de vida, la asignación de residuos destinados a vertedero e incineración se ha realizado en base a la cuenta de los residuos tratados en 2021 en España publicada por el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2023 noviembre 27).

10. Perfil ambiental del producto

El perfil ambiental del producto se ha establecido a través de la información recopilada en los puntos anteriores y, para elaborar un análisis exhaustivo y una representación clara del ciclo de vida, se ha empleado la herramienta SimaPro en su versión 9.5.0.2, con la base de datos Ecoinvent 3.9.1. Esta base de datos contiene datos de inventario de ciclo de vida de diversos sectores como la producción de energía, transporte, materiales de construcción, producción de productos químicos, productos textiles, producción de metales...

La metodología escogida para el cálculo es EN 15804 + A2 (adapted EF 3.1). Es importante destacar que la Norma EN 15804 cubre las declaraciones ambientales de los productos de la construcción, no obstante, con la reciente revisión y actualización, este método ha sido alineado con la metodología de Huella Ambiental (EF 3.1), excepto en su enfoque sobre el carbono de origen biogénico. Según la Norma EN 15804, las emisiones de carbono biogénico generan el mismo cambio climático que el carbono fósil, pero pueden neutralizarse eliminando de nuevo este carbono de la atmósfera.

Por tanto, en la metodología EN15804 + A2 (adapted EF 3.1), el indicador de calentamiento global potencial total (Global Warming Potential, GWP total) incluye todos los gases de efecto invernadero, entre ellos, la absorción y las emisiones de dióxido de carbono de origen biogénico y el carbono biogénicos almacenado en el producto.

La energía primaria utilizada como fuente de energía (y no utilizada como materia prima), puede ser calculada como la diferencia entre el aporte total de energía primaria y el aporte de recursos energéticos utilizados como materias primas. Precisamente, el uso de recursos (renovables y no renovables) será calculado a partir de la metodología Cumulative Energy Demand (LHV) en SimaPro.

Para calcular los residuos generados a lo largo del ciclo de vida, se emplea el método EDIP 2003, versión 1.07. Estos parámetros se calculan sobre las cantidades brutas que salen del límite del sistema del producto del ciclo de vida.

10.1. Impactos ambientales

Los siguientes impactos ambientales, especificados en la PCR de referencia, serán de declaración obligatoria por unidad funcional y por fase del ciclo de vida:

- Potencial de calentamiento global (fósil, biogénico y uso del suelo y cambio del uso del suelo) (kg CO₂ eq.). Mide el aumento progresivo de la temperatura de la tierra, en un horizonte temporal de 100 años, debido al efecto invernadero por la absorción de la luz y radiación solar por los gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono, el metano, óxidos nitrosos...
- Potencial de acidificación (mol H⁺ eq.). Cuantifica la disminución del pH del agua marina por la reacción química del dióxido de carbono presente en la atmósfera con el agua. Esto impide la capacidad de desarrollar estructuras esqueléticas de carbonato cálcico de los crustáceos y corales, que son esenciales para la vida.
- Potencial de eutrofización de agua dulce (kg P eq.). La eutrofización se produce por un exceso de nutrientes en el agua provocando una proliferación de microorganismos, diminución del oxígeno y mide, en este caso, la concentración de fósforo.
- Potencial de formación de ozono troposférico (kg NMVOC eq.). Mide las sustancias oxidantes en la atmósfera que, principalmente, se forman por la reacción de los óxidos de nitrógeno (NOx) junto con los compuestos orgánicos volátiles (COVs) o por la reacción fotoquímica del oxígeno con la luz ultravioleta.
- Potencial de agotamiento abiótico, elementos (kg Sb eq.) y combustibles fósiles (MJ, valor calorífico neto). Cuantifica la sobreexplotación de recursos minerales y otros no renovables y la sobreexplotación de los combustibles fósiles.
- Potencial de escasez de agua (m³ depriv.). Mide la cantidad de agua dulce consumida.

Los impactos ambientales adicionales, también declarados por la unidad declarada y las etapas que componen el ciclo de vida, son:

- Materia particulada (disease inc.). Cuantifica la emisión de partículas inorgánicas a la atmósfera (PM₁₀, PM_{2,5} y creación de partículas por emisiones de SOx, NOx...).
- Potencial de eutrofización de agua salada (kg N eq.). Mide el exceso de nutrientes en el agua, en este caso, la concentración de nitrógeno.

- Potencial de eutrofización terrestre (mol N eq.). Mide el exceso acumulado que caracteriza el cambio en la superación de la carga crítica del área sensible, a la que se depositan las sustancias que provocan eutrofización.
- Uso del terreno (Pt.). Refleja y evalúa los cambios en el uso de la materia orgánica del suelo derivados de las actividades antropogénicas.
- Potencial de agotamiento de la capa de ozono (ODP) (kg CFC11 eq.). Cuantifica las principales sustancias procedentes de las actividades humanas, tales como los halones, los clorofluorocarbonos (CFC) y los hidroclorofluorocarbonos (HCFC).
- Radiación ionizante (kBq U-235 eq.). Mide la radiación iónica (partículas alfa, rayos, rayos gama...) emitida sobre la población.
- Ecotoxicidad de agua dulce (CTUe). Evalúa y cuantifica la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas provocada sustancias químicas y/o microorganismos.
- Toxicidad humana, efectos cancerígenos y no cancerígenos (CTUh). Sustancias tóxicas que pueden provocar cáncer u otros efectos adversos sobre la salud humana.

10.1.1. Impactos ambientales de declaración obligatoria

En la siguiente Tabla 3, se muestran los impactos ambientales asociados por fase de ciclo de vida y por unidad declarada, es decir, por pantalón vaquero fabricado:

Tabla 3. Impactos ambientales relativos al ciclo de vida por vaquero producido

	Parámetro	Unidad	Producción de materiales	Producción del tejido	Venta, uso y fin de vida	TOTAL
Potencial de calentamiento global (GWP)	Fósil	kg CO ₂ eq.	14,71	1,58	7,40	23,70
	Biogénico	kg CO ₂ eq.	-3,81	3,31E-02	-1,33	-5,11
	Uso del suelo y cambio del uso del suelo	kg CO ₂ eq.	6,98E-01	1,02E-03	1,70	2,40
	TOTAL	kg CO ₂ eq.	11,60	1,61	7,77	20,98
Potencial de acidificación (AP)		mol H ⁺ eq.	1,72E-01	7,45E-03	5,24E-02	2,32E-01
Potencial de eutrofización de agua dulce (EP)		kg P eq.	9,61E-03	4,03E-04	1,97E-02	2,97E-02
Potencial de formación de ozono troposférico (POCP)		kg NMVOC eq.	6,00E-02	4,83E-03	3,41E-02	9,89E-02
Potencial de agotamiento abiótico: Elementos		kg Sb eq.	3,83E-04	3,48E-06	1,00E-04	4,87E-04
Potencial de agotamiento abiótico: Combustibles fósiles		MJ, valor calorífico neto	175,71	23,73	175,73	375,18
Potencial de escasez de agua		m ³ depriv.	162,06	3,61E-02	24,97	187,07

10.1.2. Impactos ambientales adicionales

Del mismo modo, en la Tabla 4, se muestran los impactos ambientales adicionales por fase de ciclo de vida y por pantalón vaquero fabricado:

Tabla 4. Impactos ambientales adicionales relativos al ciclo de vida completo por vaquero producido

Parámetro	Unidad	Producción de materiales	Producción del tejido	Venta, uso y fin de vida	TOTAL
Materia particulada	disease inc.	1,08E-06	1,05E-07	3,74E-07	1,56E-06
Potencial de eutrofización de agua salada (EP)	kg N eq.	1,88E-01	1,24E-03	2,02E-02	2,10E-01
Potencial de eutrofización terrestre (EP)	mol N eq.	5,57E-01	1,30E-02	1,22E-01	6,92E-01
Uso del terreno	Pt.	391,27	4,83	124,59	520,70
Potencial de agotamiento de la capa de ozono (ODP)	kg CFC11 eq.	4,21E-07	3,20E-08	2,00E-07	6,53E-07
Radiación ionizante	kBq U-235 eq.	5,07E-01	5,94E-02	5,06	5,63
Ecotoxicidad de agua dulce	CTUe	795,97	9,34	295,51	1.100,83
Toxicidad humana, efectos cancerígenos	CTUh	1,59E-08	1,81E-09	1,28E-08	3,05E-08
Toxicidad humana, efectos no cancerígenos	CTUh	1,02E-06	2,77E-08	3,57E-07	1,40E-06

10.1.3. Uso de recursos

A continuación, se muestran en los indicadores relativos a la utilización de recursos renovables y no renovables (Tabla 5):

Tabla 5. Utilización de recursos en el ciclo de vida por pantalón vaquero producido

	Parámetro	Unidad	Producción de materiales	Producción del tejido	Venta, uso y fin de vida	TOTAL
Recursos energéticos primarios – Renovables	Uso como portador energético	MJ	7,18	0,65	49,74	45,52
	Uso como materias primas	MJ	50,74	0,67	37,69	101,14
	TOTAL	MJ	57,92	1,31	87,43	146,66
Recursos energéticos primarios – No renovables	Uso como portador energético	MJ	175,69	23,73	175,73	375,15
	Uso como materias primas	MJ	9,90E-02	3,42E-04	1,79	1,89
	TOTAL	MJ	175,79	23,73	177,53	377,05

Al emplear la metodología EN 15804 + A2 (adapted EF 3.1), los indicadores “uso de material secundario”, “uso de combustibles renovables secundarios”, “uso de combustibles no renovables secundarios” y “uso neto de agua dulce”, son de carácter voluntario.

10.1.4. Generación de residuos y flujos de salida

En la Tabla 6 se recogen los indicadores asociados a los residuos generados a lo largo de toda la cadena de producción del ciclo de vida por pantalón vaquero fabricado obtenidos mediante el método EDIP 2003:

Tabla 6. Residuos generados en el ciclo de vida por pantalón vaquero producido

	Parámetro	Unidad	Producción de materiales	Producción del tejido	Venta, uso y fin de vida	TOTAL
Residuos no peligrosos	Residuos a granel	kg	1,09	7,78E-02	2,27	3,45
	Escorias / Cenizas	kg	5,68E-03	5,03E-04	1,38E-02	2,00E-02
	TOTAL	kg	1,10	7,83E-02	2,29	3,47
Residuos peligrosos		kg	8,89E-04	5,41E-05	4,41E-04	1,38E-03
Residuos radiactivos		kg	1,26E-04	1,46E-05	1,20E-03	1,34E-03

Los flujos de salida (Tabla 7) se calculan a partir de los datos de inventario y, en este caso concreto, se conocen únicamente los porcentajes destinados a vertedero e incineración (en base a la cuenta de los residuos tratados en 2021 en España publicada por el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2023 noviembre 27) en la etapa de venta, uso y fin de vida:

Tabla 7. Flujos de salida en el ciclo de vida **completo** por vaquero producido

	Parámetro	Unidad	Producción de materiales	Producción del tejido	Venta, uso y fin de vida	TOTAL
Componentes para reutilización		kg	0	0	0	0
Materiales para reciclaje		kg	0	0	0	0
Materiales para la recuperación de energía		kg	0	0	8,70E-02	8,70E-02
Energía exportada, electricidad		MJ	0	0	0	0
Energía exportada, térmica		MJ	0	0	0	0

11. Notas obligatorias sobre comparabilidad

Tal y como se ha explicado, las ecoetiquetas de Tipo III presentan información ambiental cuantificada y verificable relativa al ciclo de vida para así poder comparar los resultados con otros productos similares y que cumplan la misma función (ISO, 2006b).

Según la ISO 14025 (ISO, 2006b), para cumplir con el principio de comparabilidad entre declaraciones ambientales, es fundamental que estén basadas en la misma PCR, además de cumplir las siguientes condiciones:

- Utilizar la misma unidad funcional para garantizar que es la unidad de referencia para determinar los flujos de entrada y salida del análisis de ciclo de vida. También permite comparar objetivamente los impactos ambientales generados.
- Establecer el mismo alcance y límites del sistema para realizar el estudio, es decir, contar con los mismos módulos en el ciclo de vida.
- Emplear metodologías de cálculo y evaluación idénticas.
- Declarar las mismas categorías de impacto.
- Contemplar la influencia que tiene el sistema del producto en las diferentes etapas de producción e impactos asociados.
- Estar registradas y publicadas en el mismo programa DAP, aunque pertenezcan a una misma categoría de producto.

La PCR escogida para este trabajo, “*Trousers, shorts and slack and similar garments*”, 2019:06, UN CPC 282, indica también que para asegurar que la comparabilidad se realiza correctamente, las declaraciones ambientales deben mostrar en la primera página qué tipo de hilo (algodón/poliéster/lino/fibra viscosa, etc. o cualquiera de estas mezclas) se utiliza en la fabricación de los pantalones declarados.

12. Registro y publicación de una DAP – Descripción detallada

Dentro de las etapas requeridas para la creación de una declaración ambiental, según la Norma UNE-EN ISO 14025:2010, los dos últimos pasos consisten en la verificación y posterior registro y publicación en el sistema DAP previamente escogido (en este caso, International EPD® System). Tras la redacción del informe de la declaración, una tercera parte ajena a los interesados, un verificador u organismo de certificación acreditado con conocimientos adecuados sobre la materia, debe realizar dicha verificación (ISO, 2006b).

En esta verificación se comprueba:

- Conformidad con los requisitos de las normas pertinentes, la PCR escogida y otra documentación que se estime oportuna.
- La veracidad, calidad y exactitud de los datos que fundamentan el análisis de ciclo de vida, en base a su cobertura, precisión, representatividad, coherencia, reproducibilidad y la incertidumbre asociada.
- La calidad y exactitud de la información ambiental y de la información adicional.
- La metodología de adquisición y tratamiento de los datos que fundamentan la declaración, incluyendo la trazabilidad a los datos primarios y secundarios.

Los resultados de la misma se documentan en un informe y, si el resultado es favorable, se procederá a la aprobación del informe y finalización de la verificación. Después, la organización interesada presentará la declaración ambiental con el resto de documentación requerida para el iniciar el [proceso de registro y publicación](#).

Para ello, se debe contactar con la Secretaría en la dirección info@environdec.com, que actúa también como un servicio de ayuda durante todo el proceso. Una vez recibida la documentación correcta, la Secretaría publicará la DAP en www.environdec.com, complementado con información sobre la organización, datos de contacto, etc.

Desde su validación tendrá un periodo de validez de cinco años y, tras este tiempo, deberá ser renovada y verificada nuevamente para garantizar la calidad y fiabilidad de la información, pudiéndose modificar cualquier dato que esté desactualizado (en caso no existir cambios, no se realizarán correcciones) (The International EPD® System, 2021, marzo 29).

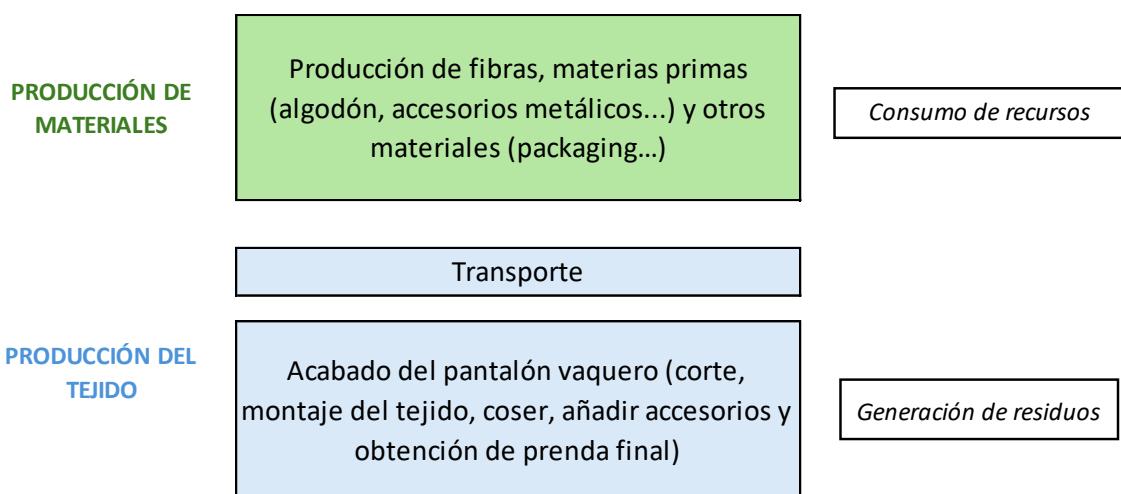
13. Comparación de los resultados con otras DAPs

Se han comparado los resultados obtenidos en el análisis del ciclo de vida de los pantalones vaqueros estudiados con las conclusiones de otras declaraciones ambientales de productos de la misma categoría. En particular, se han analizado las declaraciones ambientales presentadas en el apartado 2.6 del marco teórico:

- [EPD for 80's Rigid Jeans.](#)
- [EPD for 80's Comfort Jeans.](#)
- [EPD for 80's Stretch Jeans.](#)

Estas tres declaraciones ambientales están elaboradas bajo las directrices de la misma PCR (*"Trousers, shorts and slack and similar garments"*, 2019:06, UN CPC 282), siendo también la PCR escogida para la elaboración de este trabajo. Sin embargo, el alcance establecido en dichas declaraciones es de “cuna a puerta”. Como se ha explicado anteriormente, para que se cumpla el principio de comparabilidad, deben contar con el mismo alcance y límites del sistema y, por esta razón, se ha calculado el análisis de ciclo de vida de “cuna a puerta” para los vaqueros analizados en este trabajo, incluyendo únicamente los módulos de producción de materiales y producción del tejido (Figura 8):

Figura 8. Límites del sistema de ACV de “cuna a puerta” de los pantalones vaqueros



(Fuente: Elaboración propia, 2024)

Analizando los datos obtenidos en el apartado 10.1 de impactos ambientales, para el vaquero de “Blue & Green, S.L.”, la fase con más contribución es la producción de materiales.

Por ejemplo, tomando como referencia el indicador de potencial de calentamiento global derivado de emisiones fósiles, el 84,55% provienen de la producción de materiales, mientras que el vaquero de [EPD for 80's Rigid Jeans](#), de la empresa “Martelli”, solamente representan el 48,05%. Analizando también el potencial de agotamiento abiótico de combustibles fósiles, los resultados son similares: 85,18% para la etapa de producción de materiales para el vaquero de “*Blue & Green, S.L.*” y 47,57% para el vaquero de “Martelli”. Por último, sobre el indicador de potencial de escasez de agua dulce, ambos superan el 90% de contribución en la fase de obtención de materiales, alcanzando un 99,96% el vaquero de “*Blue & Green, S.L.*”.

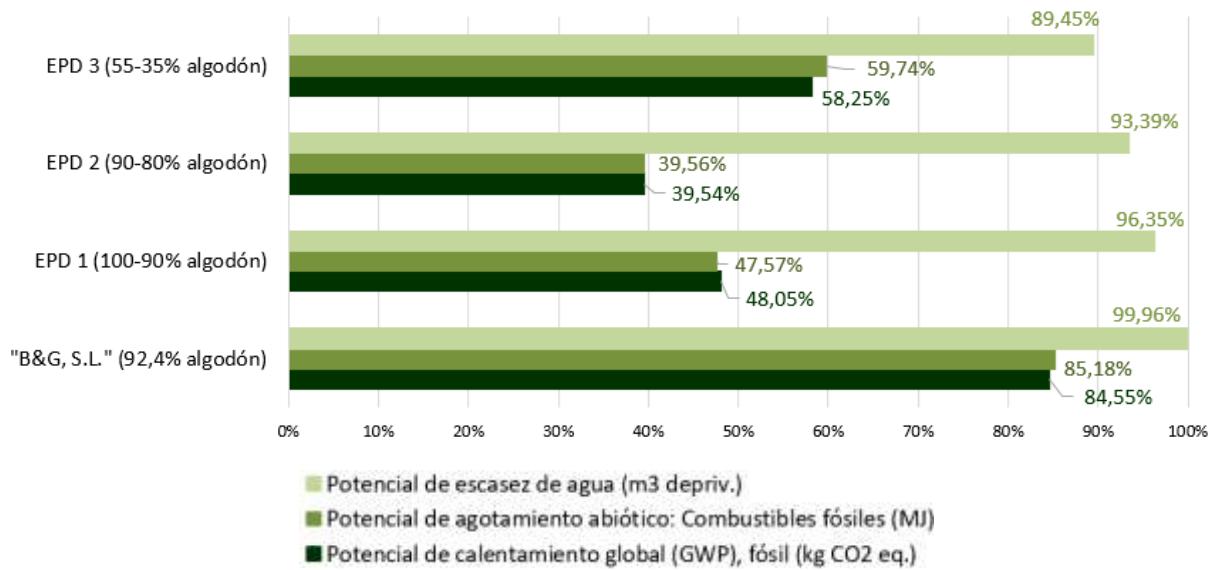
A pesar de que la composición del pantalón vaquero de [EPD for 80's Rigid Jeans](#) (92,4% algodón, 0,79% etiquetas y 6,8% accesorios metálicos) es muy similar a la composición del vaquero analizado en este estudio (92,4% algodón, 0,6% etiquetas y 7% accesorios metálicos), los resultados para los indicadores de potencial de calentamiento global y agotamiento abiótico de combustibles fósiles difieren considerablemente. Esta disparidad puede surgir por una diferencia en el tipo de energía empleada en la maquinaria o en los diferentes procesos para la producción de los distintos materiales. También, la pequeña diferencia existente entre la escasez de agua puede deberse a que las etiquetas del vaquero de “Martelli” son de papel, mientras que en “*Blue & Green, S.L.*”, la etiqueta trasera del vaquero es de algodón.

En la segunda declaración, [EPD for 80's Comfort Jeans](#), el contenido en algodón disminuye para introducir un porcentaje de poliéster en su composición (90-80% algodón y 20-10% poliéster, 97,19% en total, 0,29% etiquetas y 1,78% accesorios de metal) y, en comparación con la primera declaración ambiental ([EPD for 80's Rigid Jeans](#)), para los mismos indicadores los porcentajes han disminuido ligeramente, pero siguen siendo muy similares.

En la tercera y última [EPD for 80's Stretch Jeans](#), el vaquero de “Martelli” se compone de 55-35% de algodón y 15-10% de poliéster (98% en total), 0,21% etiquetas y 1,78% accesorios metálicos. En este caso, en la etapa de producción de materiales, el potencial de escasez de agua disminuye hasta un 89,45%, debido a una disminución en la cosecha de algodón, reduciéndose así también el consumo de agua necesario para su producción. También, al disponer de poliéster en su estructura (un derivado del petróleo), hace que el potencial de agotamiento abiótico de recursos fósiles (59,74%) y el potencial de calentamiento global de origen fósil (58,25%) aumenten en comparación con los otros dos vaqueros de “Martelli”.

En la Figura 9, se muestra una representación gráfica de los indicadores, correspondientes a la etapa de producción de materiales, escogidos para las comparaciones anteriores:

Figura 9. Comparación de impactos ambientales en la producción de materiales



(Fuente: Elaboración propia, 2024)

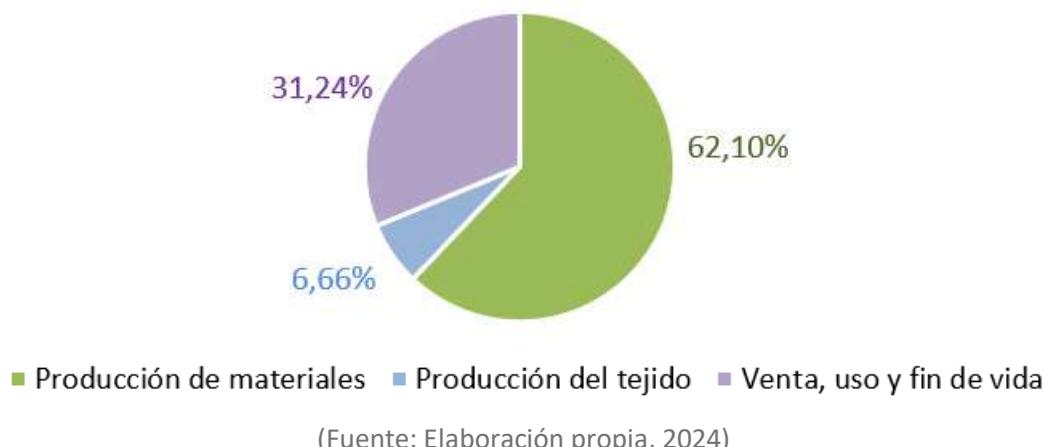
14. Resultados

En este apartado se van a analizar los resultados obtenidos del análisis de ciclo de vida de “cuna a tumba” para el pantalón *skinny* estudiado. Para ello, se van a examinar los impactos ambientales de declaración obligatoria, los impactos adicionales, la utilización de recursos y los residuos generados, todos ellos desglosados por los módulos que forman el sistema: producción de materiales, producción del tejido y venta, uso y fin de vida.

14.1. Impactos ambientales de declaración obligatoria

De todos los indicadores relacionados con el impacto ambiental, se ha escogido el indicador de potencial de calentamiento global fósil (GWP, fossil, kg CO₂ eq.) (Figura 10), ya que es uno de los indicadores que más información puede proporcionar sobre el cambio climático:

Figura 10. Potencial de calentamiento global fósil (%) por fase del ACV



Como es de esperar, la etapa de producción de materiales y materias primas (62,10%) es la que más impactos negativos tiene sobre el medioambiente en términos de emisiones fósiles, siendo el módulo donde la maquinaria consume más energía de origen fósil para su funcionamiento. Lo mismo ocurre en la etapa de venta, uso y fin de vida (31,24%), donde se incluyen los lavados y la incineración en su disposición final, generando emisiones de gases de efecto invernadero.

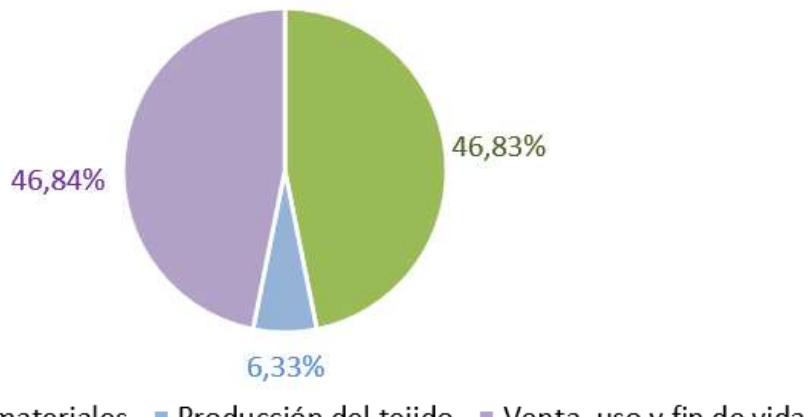
Por la relevancia y estrecho vínculo con el potencial de calentamiento global, se evalúa el potencial de formación de ozono troposférico (POCP) (kg NMVOC eq.) (Figura 11):

Figura 11. Potencial de formación de ozono troposférico (%) por fase de ACV

Localizado en las capas más bajas de la atmósfera y generado en reacciones secundarias con precursores procedentes de actividades de combustión, el ozono troposférico está asociado con el “smog” fotoquímico, causante de problemas, como, por ejemplo, la lluvia ácida, acumulación de los gases de efecto invernadero, aumento de las temperaturas...

Tal y como se puede observar en la Figura 11, nuevamente la etapa de producción de materiales (60,63%) es la mayor causante de la formación de ozono troposférico, pudiéndose deber a las actividades industriales que precisan de combustibles fósiles y transportes asociados a las materias primas, generando emisiones. Del mismo modo, esta casuística se da en menor medida en el módulo de venta, uso y fin de vida (34,49%) que, por los procesos asociados al uso del pantalón y la incineración para su descarte, se generan gases de efecto invernadero como óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles (COVs), monóxido de carbono (CO)... que, por acción de la luz solar, reaccionan y provocan la formación de ozono en la troposfera (capa que se encuentra en contacto con la superficie terrestre) (MITECO, s.f.a).

Los dos indicadores anteriores están directamente relacionados con el agotamiento de recursos (combustibles fósiles) en la Figura 12, observándose unos porcentajes casi idénticos para las fases de producción de materiales (46,83%) y venta, uso y fin de vida (46,84%), reafirmando así la suposición de que en los procesos incluidos en estas dos etapas se consumen combustibles de origen fósil, causantes de las emisiones de gases de efecto invernadero y formación de ozono troposférico.

Figura 12. Agotamiento de combustibles fósiles (%) por fase de ACV

(Fuente: Elaboración propia, 2024)

También resulta interesante analizar el potencial de escasez de agua (m^3 depriv.) (Figura 13) por el valor obtenido en la etapa de producción de materiales y materias primas (86,63%). Esto es debido, en gran parte, a que para la producción y procesamiento de 1 kg de algodón se consumen 10.000 L de agua (Arjen Hoekstra and Water Footprint Network, 2017). En menor medida, la etapa de venta, uso y fin de vida contribuye con un 13,35% por los lavados del pantalón vaquero a lo largo de su ciclo de vida (cuatro años).

Figura 13. Potencial de escasez de agua (%) por fase de ACV

(Fuente: Elaboración propia, 2024)

Por último, es importante mostrar el potencial de calentamiento global de origen biogénico (kg CO_2 , eq.) (Figura 14):

Figura 14. Potencial de calentamiento global biogénico (%) por fase del ACV

Tras el análisis, se observa como la etapa de producción de materias primas y otros materiales es la que más contribución tiene sobre el impacto ambiental evaluado, quedando reflejada la absorción y emisiones de dióxido de carbono de origen biogénico y el carbono biogénico almacenado en el producto final, resultando ser un beneficio. En segundo lugar, se encuentra la etapa de venta, uso y fin de vida y, por último, la producción del tejido.

El alto porcentaje en la etapa de producción de materiales (-74,59%) es debido a la absorción del dióxido de carbono de las plantas de algodón durante el proceso de la fotosíntesis, además del “packaging” de cartón, por ser fabricado a partir de fibras recuperadas.

Sin embargo, dentro del módulo de venta, uso y fin de vida el porcentaje obtenido (-26,06%) es debido a que el jabón utilizado en los lavados durante el ciclo de vida completo (lavado una vez cada cuatro semanas cada cuatro años) es de origen vegetal, convirtiéndose también en un beneficio por la absorción de carbono biogénico en su proceso de manufactura.

En el Anexo B se muestra el diagrama de árbol obtenido del software SimaPro para el indicador de calentamiento global de origen biogénico (GWP, biogenic), donde se pueden ver los aportes de cada proceso explicados anteriormente.

14.1. Impactos ambientales adicionales

La disminución de la concentración de ozono en las capas medias de la atmósfera, fundamentalmente en la estratosfera, está provocada, en gran parte, por las emisiones de hidrocarburos halogenados producidos por las actividades antropogénicas, principalmente CFCs, HCFCs, tetracloruro de carbono, bromuro de metilo... (MITECO, s.f.c).

Dada la importancia de la capa de ozono, por minimizar gran parte de la radiación ultravioleta que llega a la superficie y ayuda a preservar la vida del planeta Tierra, se va a analizar brevemente el potencial de agotamiento de la capa de ozono (ODP, kg CFC11 eq.), Figura 15:

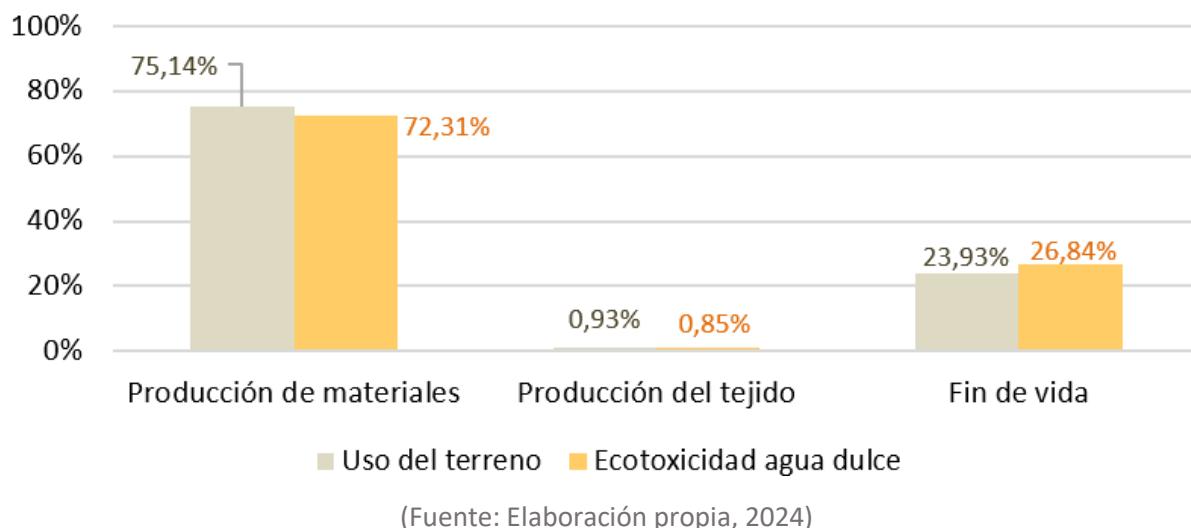
Figura 15. Potencial de agotamiento de la capa de ozono (ODP) (%) por fase de ACV



(Fuente: Elaboración propia, 2024)

La etapa de producción de materias primas sigue siendo la más perjudicial (64,47%), en este caso, por ser la fase que más fomenta el agotamiento de la capa de ozono, seguido de la etapa de venta, uso y fin de vida (30,63%) y, en menor medida, la producción del tejido (4,90%). Estos valores están alineados con los obtenidos para los indicadores de potencial de calentamiento global de origen fósil, formación de ozono troposférico y agotamiento de combustibles fósiles.

Dentro de los impactos ambientales adicionales, también se analizan el uso del terreno y la ecotoxicidad del agua dulce (CTUe, Unidad Tóxica Comparativa para ecosistemas) (Figura 16):

Figura 16. Uso del terreno y ecotoxicidad del agua dulce (%) por fase de ACV

Es destacable la posible relación entre ambos indicadores, ya que los valores obtenidos para cada uno de ellos son muy similares en cada una de las etapas del ciclo de vida.

– Indicador del uso del terreno:

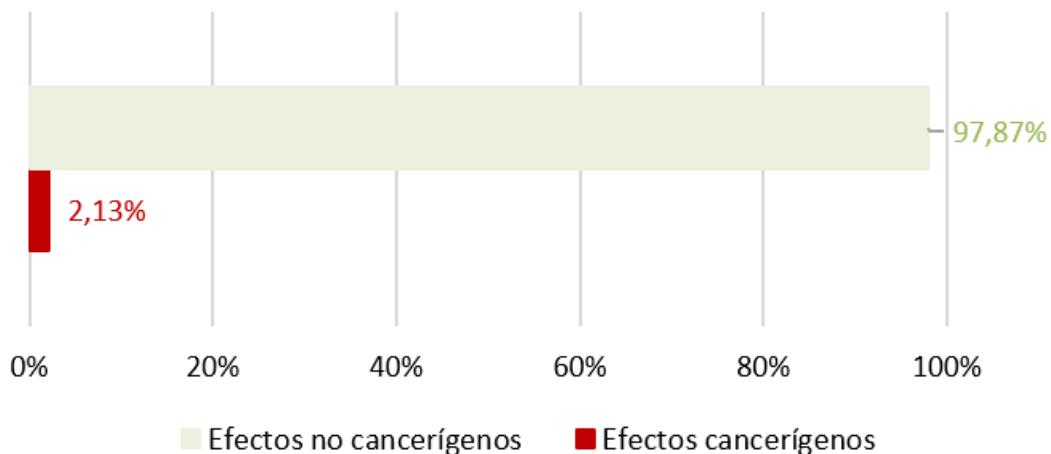
- En primer lugar, se observa como la etapa de producción de materiales, con un 75,14%, es la principal causante de la ocupación del terreno. Esto puede deberse a la gran extensión necesaria para los cultivos de las plantas de algodón y la superficie que ocupa la infraestructura (fábrica), donde se llevan todos los procesos de producción de las materias primas y se encuentra toda la maquinaria necesaria, por lo que se requiere un espacio mayor.
- Con un valor inferior, pero no por ello menos importante, se encuentra la etapa de venta, uso y fin de vida (23,93%), pudiéndose incluir también la superficie de los puntos de venta al consumidor y los puntos establecidos para la disposición final del pantalón vaquero (incineración y vertedero).
- La etapa de producción del tejido puede tener un valor menor (0,93%), ya que en esta fase se lleva a cabo únicamente el corte y confección para la obtención de la prenda final, por lo que la maquinaria necesaria ocupa menos espacio.

- Indicador de ecotoxicidad del agua dulce:

- En la primera etapa de producción de materiales (72,31%), la ecotoxicidad del agua puede tener su origen en las elevadas cantidades de agua empleadas para el riego de las plantas de algodón, que son contaminadas por el uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas. También puede producirse una contaminación elevada por los procesos como el proceso del teñido del hilo.
- Lo mismo ocurre con el módulo de venta, uso y fin de vida (26,84%), pudiéndose producir una toxicidad del agua dulce por la etapa de uso, es decir, los lavados con jabón del pantalón a lo largo del ciclo de vida completo (cuatro años).
- La fase de producción del tejido vaquero, 0,85%, no contribuye a penas a la ecotoxicidad del agua, pudiéndose deber a que en los procesos de corte y confección no se precisa de agua.

Por último, dentro de los indicadores de declaración voluntaria, se examinan aquellos relacionados con la toxicidad humana (CTUh, Unidad Tóxica Comparativa en humanos). En la Figura 17, se presentan los efectos cancerígenos y no cancerígenos sobre las personas en el ciclo de vida completo, siendo en gran mayoría (97,87%) efectos no cancerígenos:

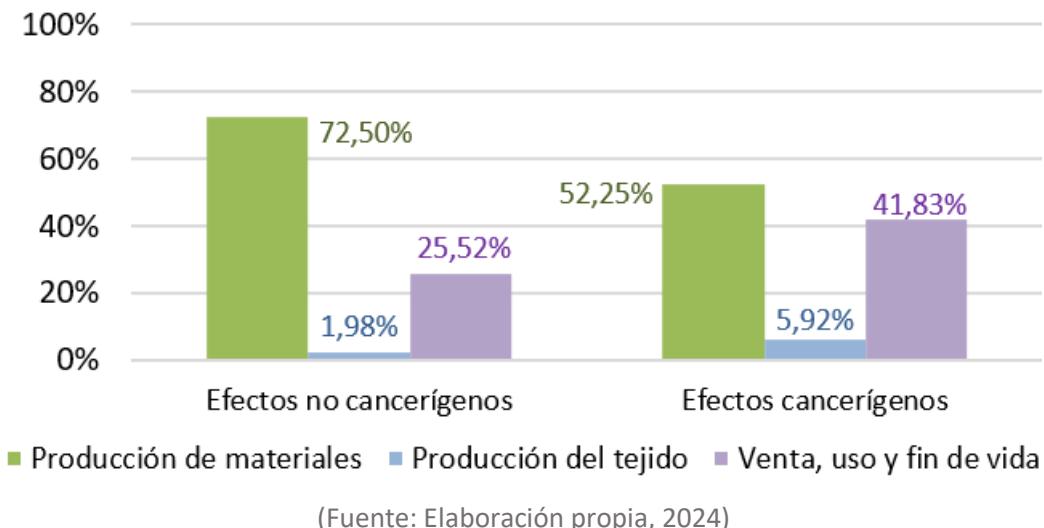
Figura 17. Toxicidad humana: Efectos cancerígenos y no cancerígenos (%) a lo largo del ciclo de vida



(Fuente: Elaboración propia, 2024)

Después, estudiando la toxicidad humana para cada uno de los módulos que componen el venta, uso y fin de vida (Figura 18), se observa que, de nuevo, la etapa de producción de materiales y materias primas es la más nociva (fase en la cual los trabajadores están más expuestos a los diferentes agentes tóxicos, que pueden causar diversos daños, ya sean cancerígenos o no cancerígenos).

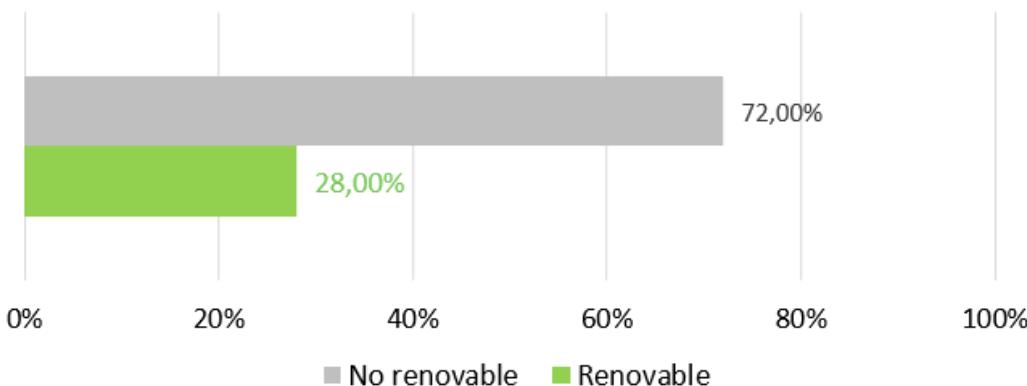
Figura 18. Toxicidad humana: Efectos cancerígenos y no cancerígenos (%) por fase de ACV



14.2. Uso de recursos

A continuación, se muestra una comparativa (Figura 19) entre el uso de energía renovable y no renovable a lo largo de todas las fases del ciclo de vida:

Figura 19. Uso de recursos renovables y no renovables (%) en todo el ciclo de vida

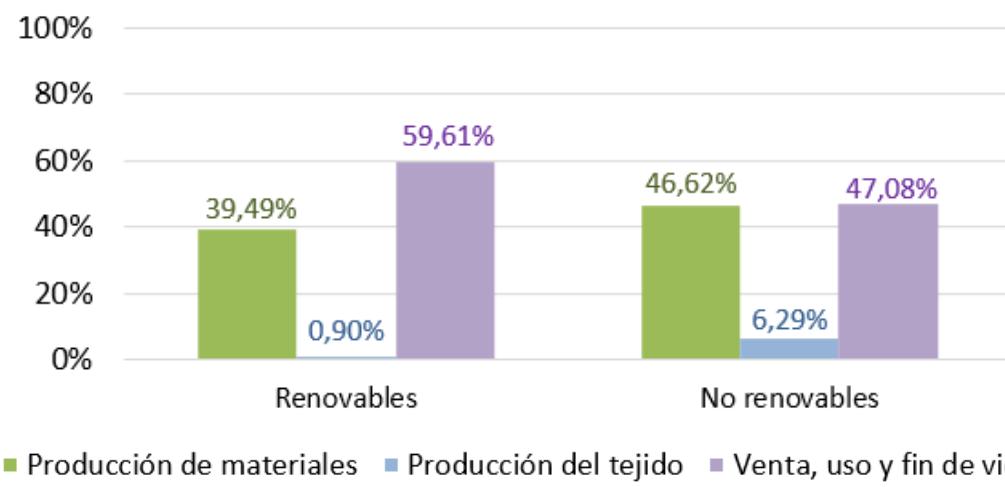


(Fuente: Elaboración propia, 2024)

El consumo energético proviene mayormente de energías no renovables (72%).

Posteriormente, analizando el consumo de recursos por etapa del ciclo de vida (Figura 20), se puede ver que en la venta, uso y fin de vida se consume más recursos, tanto renovables como no renovables, seguido de la producción de materiales.

Figura 20. Uso de recursos renovables y no renovables (%) por fase de ACV



(Fuente: Elaboración propia, 2024)

El alto consumo de recursos renovables en la etapa de venta, uso y fin de vida (59,61%) radica en la composición del mix eléctrico de la red española, y es que en 2023, se ha alcanzado un [50,90% de energía de origen renovable](#) (Figura 21):

Figura 21. Composición de la matriz energética de España en 2023

(Fuente: Red Eléctrica Española (REE), 2024)

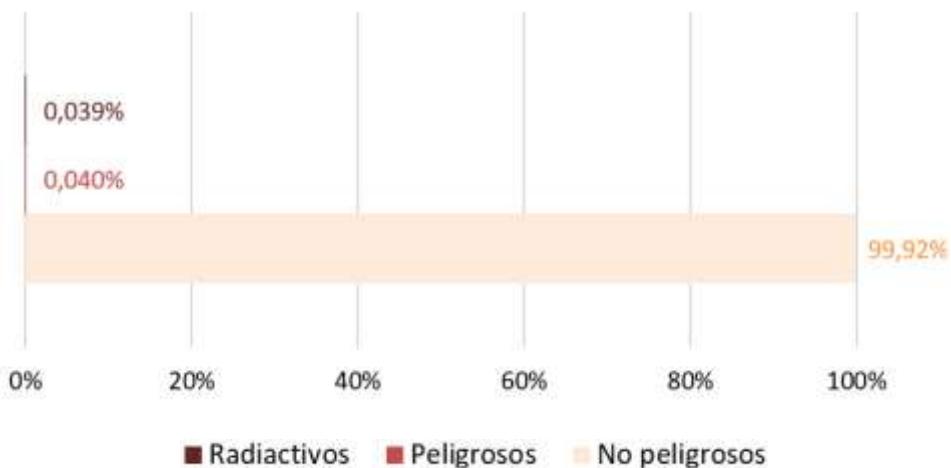
Lo mismo ocurre con la etapa de producción de materias primas (39,49%), muchos equipos que funcionan gracias a la electricidad pueden tener aportes de energía de origen renovable.

Sobre las fuentes de origen no renovable, el aumento en la fase de venta, uso y fin de vida (47,08%) es, en gran parte, debido a que el transporte del producto final hasta la sede de Bilbao, España, se realiza por carretera y mar, empleándose combustibles fósiles. Lo mismo ocurre en la fase de producción de materiales, donde se engloban todos los transportes de las materias primas, además de los combustibles fósiles empleados en los equipos de producción.

14.3. Generación de residuos

Acerca de los residuos producidos, se pueden diferenciar tres grandes grupos: residuos no peligrosos, residuos peligrosos y radiactivos, clasificados según su estado de agregación, naturaleza, peligrosidad y por su origen. A continuación, se muestra la tipología de los residuos generados a lo largo del ciclo de vida del pantalón vaquero (Figura 22):

Figura 22. Residuos generados (%) en todo el ciclo de vida



(Fuente: Elaboración propia, 2024)

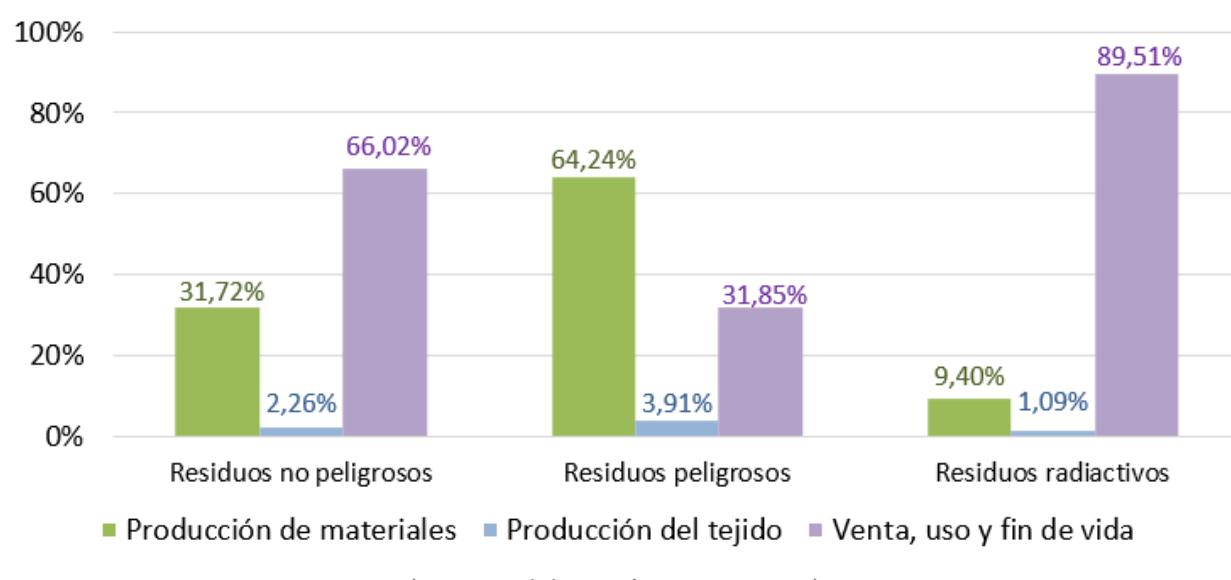
Los residuos no peligrosos son la tipología predominante, con un 99,92% del total. Seguidamente, en menor proporción, se encuentran los residuos peligrosos (0,040%) junto con los residuos radiactivos (0,039%).

En los procesos de fabricación, en general, es muy habitual la generación de residuos, sobre todo, en procesos donde intervienen tantos factores e involucran tantas etapas y, en cierto modo, que los residuos generados en su gran totalidad sean clasificados como no peligrosos, facilita las labores de gestión y tratamiento final. No obstante, se debe reducir la generación de residuos en la medida de lo posible.

Los residuos no peligrosos son aquellos materiales que no causan daños ni a la salud ni al medioambiente si se gestionan correctamente, pudiéndose presentar en estado sólido o semisólido.

Como es de esperar, en la Figura 23 se puede ver como en la etapa de venta, uso y fin de vida se genera una mayor cantidad de residuos no peligrosos (66,02%), tales como los tejidos del propio pantalón o cartones desechados. En menor medida, con un 31,72%, se generan en la producción de materias primas y, de igual manera, pueden provenir de restos resultantes de los procesos de fabricación y obtención de las materias primas, como hilos, algodón y fibras. El porcentaje restante se atribuye a la fase de producción del tejido (2,26%).

Figura 23. Generación de residuos divididos en categorías (%) por fase de ACV



(Fuente: Elaboración propia, 2024)

Los residuos peligrosos, en cambio, de acuerdo con el Anexo I de la [Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular](#), son aquellos residuos que pueden causar efectos nocivos sobre la salud de los seres humanos, otras especies de animales y sobre el medioambiente. En la Figura 23, se puede observar que el 62,24% de los residuos peligrosos son generados en la fase de producción de materiales, pudiendo proceder de los procesos de teñido y blanqueamiento de los hilos. Con un 31,85%, se encuentra la etapa de venta, uso y fin de vida, procedentes de la etapa de uso del pantalón vaquero (lavados, jabón...). El porcentaje restante se atribuye a la fase de producción del tejido (3,91%).

Por último, los residuos radiactivos son materiales, bien en estado sólido, líquido o gas, que contienen o están contaminados con elementos químicos radiactivos. Lo más destacable, es el 89,51% también procedente de la etapa de venta, uso y fin de vida, pudiéndose deber a los compuestos químicos liberados en el tratamiento final del pantalón procedentes de los tintes.

14.4. Materias primas

También se estudia la posibilidad de emplear algodón orgánico para la fabricación del tejido vaquero, confeccionándose a partir de fibras de algodón orgánico en Bangladés.

De forma general, los indicadores calculados para el pantalón confeccionado a partir de algodón orgánico tienen un impacto menor que los obtenidos para el vaquero de algodón convencional, pudiéndose traducir en una alternativa menos perjudicial para el medio ambiente (Figura 24).

Primeramente, el potencial de calentamiento global fósil disminuye un 14,07% con respecto al vaquero fabricado a partir de algodón convencional, resultando ser mucho más beneficioso para el ecosistema y el medioambiente, por la no utilización de maquinaria pesada para la recolección de los bulbos de algodón y la no utilización de productos químicos para los procesos de teñido de los hilos.

La ecotoxicidad en agua dulce (CTUe, Unidad Tóxica Comparativa para ecosistemas) disminuye un 58,72% empleando algodón orgánico en lugar de algodón convencional. Esto es debido que la producción de algodón convencional puede ser químicamente intensiva, ya que los plaguicidas utilizados contaminan las aguas subterráneas, superficiales y los suelos, además se esparcen por los cultivos y terrenos cercanos. Los fertilizantes sintéticos son comúnmente empleados para aumentar la producción, contaminan el agua y provocan importantes emisiones de gases de efecto invernadero. En conjunto, estos insumos pueden tener un impacto perjudicial en las comunidades locales y el ecosistema.

La cantidad de agua dulce utilizada en el algodón orgánico disminuye notablemente, concretamente un 85,45%, por un tiempo mayor de cultivo de las plantas por la falta de fertilizantes químicos y por el uso de métodos de recolección de agua de lluvia para los riegos.

En cambio, se observa un impacto mayor en el indicador de ocupación del terreno del algodón orgánico, aumentando un 44,96%.

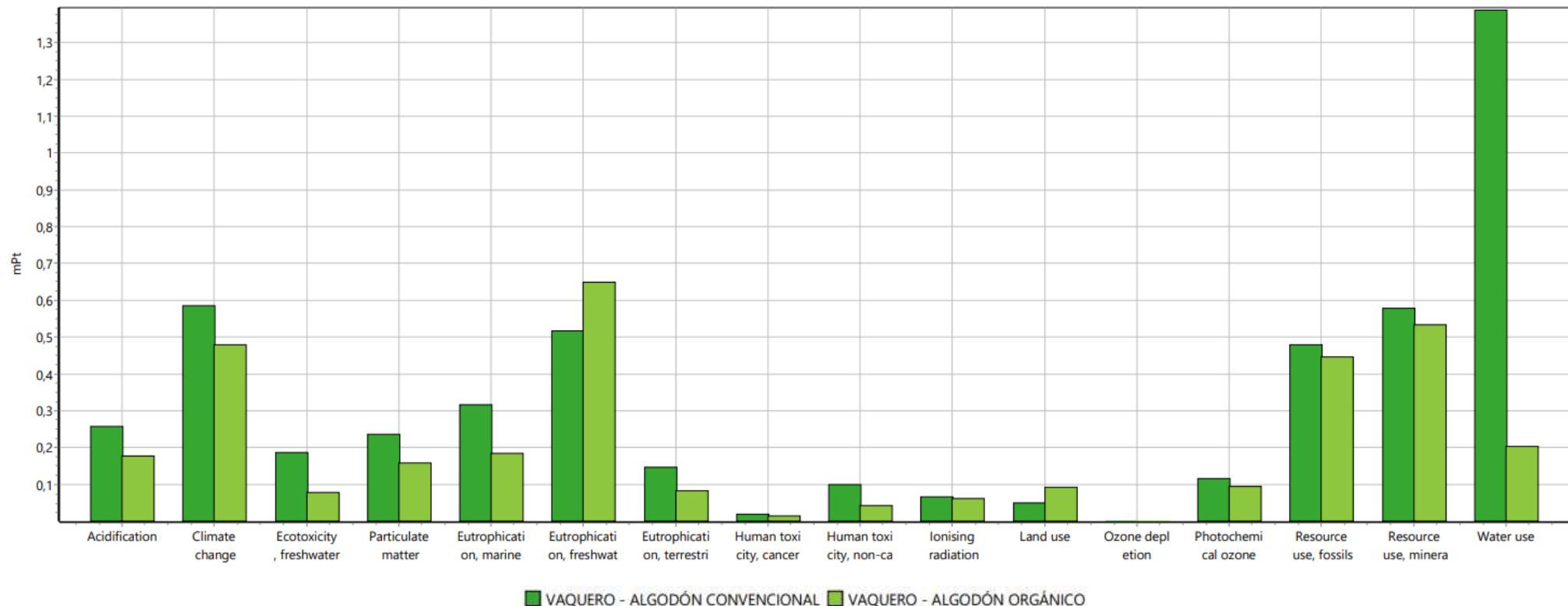
Para producir 1 kg de fibra algodón convencional, se precisan 1,98 kg de plantas de algodón que sean cultivadas adecuadamente, además de una ocupación de 1,24 m² de terreno (datos obtenidos del proceso de Ecoinvent “*Textile, woven cotton {BD}/ textile production, cotton, weaving / Cut-off, U*”, Anexo A).

En cambio, para producir 1 kg de fibra de algodón orgánico, se necesitan 3,96 kg de plantas de algodón cosechadas (precisamente, el doble de la cantidad necesaria para el vaquero confeccionado a partir de algodón convencional), pero 7 m² de terreno para ser sembradas (datos obtenidos del proceso de Ecoinvent “*Seed-cotton, organic {IN-OR} /seed-cotton production, organic / Cut-off, U*”, Anexo A).

Este hecho está relacionado con la ausencia de fertilizantes químicos que aceleran el crecimiento de los cultivos y la productividad de las plantas, ya que, para obtener la misma cantidad de algodón convencional, se requieren más plantas de algodón y una superficie mayor del terreno para cultivar las semillas de algodón orgánico.

La eutrofización marina y terrestre disminuye, sin embargo, la eutrofización de agua dulce es mayor para el vaquero confeccionado con algodón orgánico, aumentando un 20,36%, pudiéndose deber al uso de fertilizantes elaborados a partir de materias orgánicas como el estiércol, ricos en nitrógeno y fósforo. Estos fertilizantes naturales son menos efectivos, necesitándose mayores cantidades, además de una mayor extensión de cultivos y, por este motivo, se produce una presencia excesiva de nutrientes.

Figura 24. Ponderación de indicadores ambientales para el vaquero de algodón convencional y el vaquero de algodón orgánico



(Fuente: SimaPro, versión 9.5.0.2, Ecoinvent 3.9.1. Método: EN 15804 + A2 (adapted) V1.00 / EF 3.1 normalización y ponderación / Ponderación, 2024)

15. Conclusiones

En este trabajo se ha redactado una Declaración Ambiental de Producto (DAP) de unos pantalones vaqueros y, mediante el presente estudio, se determina el impacto ambiental asociado al ciclo de vida completo, es decir, de “cuna a tumba”, donde se incluyen todos los procesos desde la producción de las materias primas hasta el fin de vida. El fin de este documento es informar a los fabricantes de esta tipología de productos y al usuario final.

15.1. Consecución de los objetivos

Mediante la aplicación de la metodología de análisis de ciclo de vida se han podido obtener los resultados correspondientes para los impactos ambientales analizados para, posteriormente, elaborar una declaración ambiental de unos pantalones vaqueros, objetivo principal de este trabajo (incluida en el Anexo C).

Para ello, ha sido necesaria la recopilación y análisis de información de otros estudios para la realización del trabajo, además de la investigación y selección de los procesos disponibles en la biblioteca de Ecoinvent 3.9.1. junto con la adaptación de aquellos para ajustarse al marco deseado de la manera más realista posible. Con esta información, se ha elaborado un análisis de ciclo de vida con un alcance de “cuna a tumba”, para el cual ha sido primordial la búsqueda de unas Reglas de Categoría de Producto (PCR) adecuadas para el caso descrito.

De este trabajo se concluye que la etapa de obtención de materias primas y otros materiales es la que más impactos ambientales genera sobre el medioambiente, por ejemplo, 62,10% de emisiones de dióxido de carbono, 86,63% agotamiento de agua dulce, 75,14% para el uso del terreno, 72,31% para la ecotoxicidad del agua dulce, entre otros. En segundo lugar, el módulo más perjudicial es el de venta, uso y fin de vida, seguido de la etapa de producción del tejido.

Estos resultados coinciden con los datos reportados en otras declaraciones ambientales comentadas en el apartado 2.6 sobre estudios anteriores de otros pantalones vaqueros.

Por último, se explora la posibilidad de utilizar algodón orgánico en lugar de algodón convencional, para reducir los impactos de la fase de producción de materias primas y otros materiales y contribuir a una industria textil más sostenible.

Tras la valoración anterior, se puede concluir que se han alcanzado los objetivos planteados (principal y específicos).

15.2. Consecución de la hipótesis

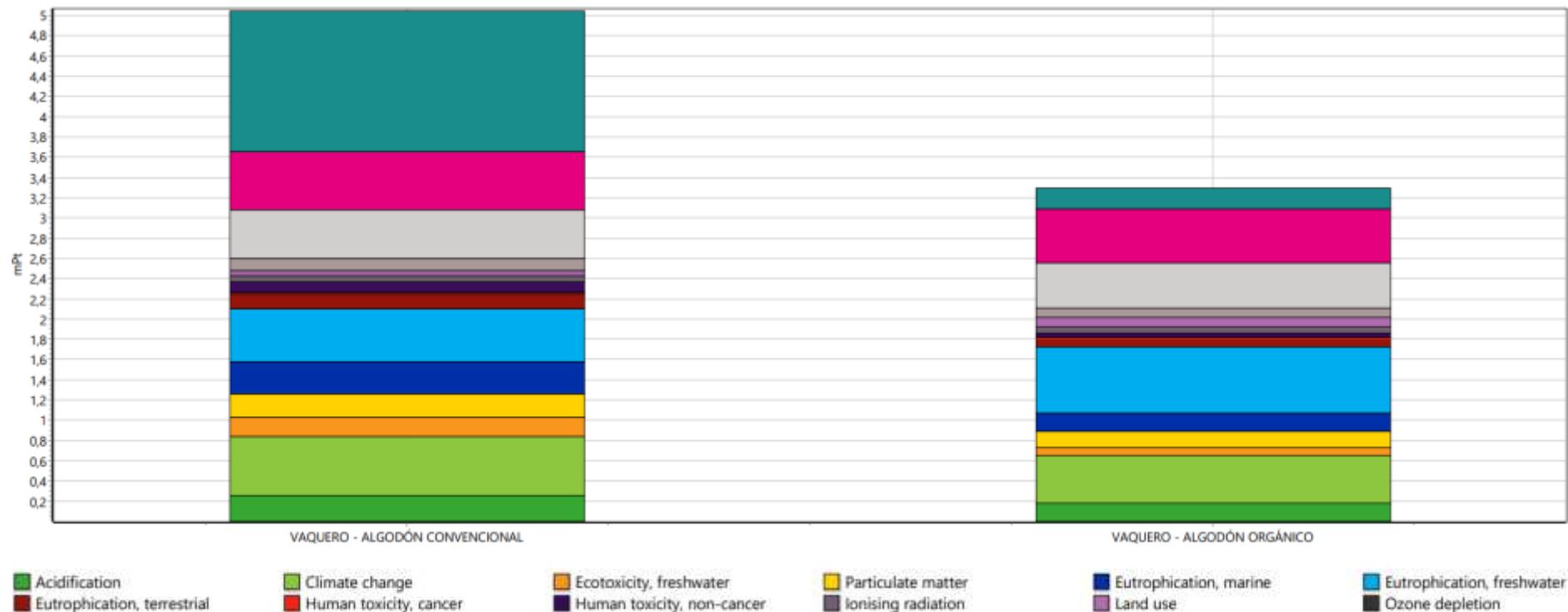
Para poder reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, disminuir la generación de residuos, evitar la sobreexplotación de recursos naturales y la contaminación del agua, aire y suelos se deben emplear materias primas recicladas o más respetuosas con el medioambiente.

La hipótesis planteada consiste en emplear algodón orgánico para la confección de las fibras, también producido en Bangladés, procesado de una forma más ecológica y respetuosa con el medioambiente, ya que no son plantas de algodón modificadas genéticamente y son tratadas con productos naturales, sin pesticidas o fertilizantes químicos.

De forma general, con esta alternativa se logra disminuir los impactos negativos (Figura 25). En detalle, se puede observar como el potencial de calentamiento global disminuye un 14,07% para el algodón orgánico, además, la ecotoxicidad y el potencial de escasez de agua dulce se ven notablemente reducidos en un 58,72% y 84,45%, respectivamente. Sin embargo, el indicador referente a la ocupación del terreno aumenta un 44,96% y la eutrofización del agua dulce aumenta un 20,36%. Como se ha explicado anteriormente, este hecho está relacionado con la ausencia de fertilizantes químicos que aceleran el crecimiento de los cultivos y la productividad de las plantas, ya que, para obtener la misma cantidad de algodón convencional, 1 kg en este caso, se requieren más plantas y una superficie mayor de terreno para cultivar el algodón orgánico.

A pesar de producirse un aumento en estos dos últimos indicadores, confeccionar los pantalones vaqueros con algodón orgánico reduce notablemente los impactos analizados, resultando ser más beneficioso para el medioambiente.

Figura 25. Puntuación única de indicadores ambientales para el vaquero de algodón convencional y el vaquero de algodón orgánico



(Fuente: SimaPro, versión 9.5.0.2, Ecoinvent 3.9.1. Método: EN 15804 + A2 (adapted) V1.00 / EF 3.1 normalización y ponderación / Puntuación única, 2024)

Del mismo modo, podría utilizarse como material reciclado el propio algodón que compone el pantalón vaquero procedente de residuos de preconsumo (restos de producción) y postconsumo (tejidos que han llegado al final de su vida útil).

15.3. Reflexión – Futuras líneas de investigación

Como futuras líneas de investigación, se podría complementar el presente estudio con una comparación del análisis de ciclo de vida del vaquero confeccionado a partir de algodón convencional y orgánico con un pantalón fabricado únicamente de fibras recicladas. Además, resulta de gran interés elaborar una Huella Hídrica, empleando la metodología de Water Footprint Network, para determinar el uso directo e indirecto de agua dulce por parte de los productores y el consumidor final.

Como reflexión tras la exposición de las conclusiones, para también fomentar una industria textil más sostenible, podrían implementarse cadenas de suministro regionales, es decir, reducir las distancias de las diferentes etapas del ciclo de vida en la medida de lo posible.

Por último, este trabajo puede ser un aliciente para las empresas que se dedican a la producción de pantalones vaqueros e intentar trasladar la importancia de realizar este tipo de estudios, no solo como un ejercicio de transparencia para comunicar el perfil ambiental a terceras partes, sino para poder conocer sus propios procesos e impactos ambientales con el objetivo de optimizarlos y reducirlos. Como ejemplo, pueden emplearse otros tintes y tratamientos para los procesos de fabricación de los vaqueros, contar con comercializadoras eléctricas que suministren energía de origen renovable, reducir las distancias de las diferentes etapas del ciclo de vida que puedan tener un impacto más negativo... todo ello para conseguir una industria textil más sostenible.

Referencias bibliográficas

- Arjen Hoekstra and Water Footprint Network. (2017). *Water Footprint Network – Product Gallery: Cotton.* Disponible en: <https://www.waterfootprint.org/resources/interactive-tools/product-gallery/>
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2006a). *Gestión medioambiental. Evaluación del ciclo de vida: Principios y marco de referencia.* ISO 14040:2006. Madrid: AENOR. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:en>
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2006b). *Etiquetas y declaraciones ambientales — Declaraciones ambientales tipo III — Principios y procedimientos.* ISO 14025:2006. Madrid: AENOR. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14025:ed-1:v1:es>
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (s.f.). *Declaración ambiental de producto (DAP).* Disponible en: <https://www.aenor.com/certificacion/certificacion-de-producto/declaraciones-ambientales-de-producto>
- Comisión Europea (CE). (2022, marzo 30). *Estrategia para la circularidad y sostenibilidad de los productos textiles.* Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9d2e47d1-b0f3-11ec-83e1-01aa75ed71a1.0009.02/DOC_1&format=PDF
- Global Footprint Network. Advancing the Science of Sustainability. (2024). *Open data platform.* Disponible en: <https://data.footprintnetwork.org/#/>
- IHOBE, Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco. (2011, noviembre). *Etiquetado ambiental de producto. Guía de criterios ambientales para la mejora de producto.* Disponible en: <https://www.ihobe.eus/publicaciones/etiquetado-ambiental-producto-guia-criterios-ambientales-para-mejora-producto-2>
- IHOBE, Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco. (2015, enero). *La declaración ambiental de producto, un instrumento de información y comparación ambiental entre productos.* Disponible en:

<https://www.ihobe.eus/publicaciones/declaracion-ambiental-producto-un-instrumento-informacion-y-comparacion-ambiental-entre-productos-2>

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2023, noviembre 27). *Cuentas medioambientales:*

Cuentas de los residuos. Año 2021. Disponible en:
https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736177062&menu=ultiDatos&idp=1254735976603#:~:text=%C3%9Altima%20Nota%20de%20prensa&text=La%20econom%C3%A1tica%20espa%C3%B1ola%20gener%C3%B3%20115,5%25%20m%C3%A1s%20que%20en%202020.

International Organization for Standardization (ISO). (2006a). *Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia* (estándar ISO 14040:2006).
<https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>

International Organization for Standardization (ISO). (2006b). *Etiquetas ambientales. Declaraciones ambientales de Tipo III. Principios y procedimientos* (estándar ISO 14025:2006). <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14025:ed-1:v1:es>

Levi Strauss & Co. (2009). A Product Lifecycle Approach to Sustainability. Disponible en:
<https://www.levistrauss.com/wp-content/uploads/2014/01/A-Product-Lifecycle-Approach-to-Sustainability.pdf>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (s.f.a). *Gases precursores de ozono troposférico.* Disponible en:
https://www.miteco.gob.es/en/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/gases_precensores_ozoneo.html

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (s.f.b). *La huella ecológica.* Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/exposiciones-del-ceneam/exposiciones-itinerantes/huella-ecologica.html>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (s.f.c). *Sustancias que agotan la capa de ozono.* Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/productos-quimicos/sustancias-agotan-capa-ozono.html>

Molina-Murillo, S. and Smith, T. (2009). Exploring the use and impact of LCA-based information in corporate communications. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 14. 184-194.

DOI:

10.1007/s11367-008-0042-8.

https://www.researchgate.net/publication/225509650_Exploring_the_use_and_impact_of_LCA-based_information_in_corporate.communications

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2023, agosto 8). *Objetivos del desarrollo sostenible. ¿En qué consiste el desarrollo sostenible?* Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2023/08/what-is-sustainable-development/#:~:text=El%20desarrollo%20sostenible%20implica%20c%C3%B3mo,por%20un%20mundo%20m%C3%A1s%20sostenible>.

Parlamento Europeo. (2024). *El consumo y la producción sostenibles.* Disponible en: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/77/el-consumo-y-la-produccion-sostenibles>

Parlamento Europeo. (2024, abril 4). Economía circular: *¿Cómo quiere la UE lograr una economía circular para 2050?* Disponible en: <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20210128ST096607/como-quiere-la-ue-lograr-una-economia-circular-para-2050>

Parlamento Europeo. (2023, marzo 22). Cambio climático: *Gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global.* Disponible en: <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20230316ST077629/cambio-climatico-gases-de-efecto-invernadero-que-causan-el-calentamiento-global#:~:text=El%20di%C3%B3xido%20de%20carbono%2C%20el,generados%20por%20las%20actividades%20humanas>

Stø, E., Strandbakken, P., Scheer, D. and Rubik, F. (2005). *The Future of Eco-Labelling. Making Environmental Product Information Systems Effective* (cap. II Background: theoretical contributions, eco-labels and environmental policy). Greenleaf Publishing.

The International EPD® System. (2021, marzo 29). *General Programme Instructions for The International EPD® System – Versión 4.0.* Disponible en: <https://www.datocms-assets.com/37502/1617181375-general-programme-instructions-v-4.pdf>

The International EPD® System. (s.f.a). *EPD creation explained in 5 simple steps.* Disponible en:

<https://www.environdec.com/all-about-epds/create-your-epd>

The International EPD® System. (s.f.b). *The International EPD System.* Disponible en:

<https://www.environdec.com/about-us/the-international-epd-system-about-the-system>

The International EPD® System. (s.f.c). *The PCR: a standardized LCA recipe.*

Disponible en: <https://www.environdec.com/product-category-rules-pcr/the-pcr>

Wackernagel, M. and Rees, W. E. (1996). Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth. New Society Publishers.

Bibliografía

Climate Trade. (2023, mayo 11). *Las industrias más contaminantes del mundo*. Disponible en:

<https://climatetrade.com/es/las-industrias-mas-contaminantes-del-mundo/>

Comisión Europea (CE). (s.f.a). *Circular economy action plan. The EU's new circular action plan paves the way for a cleaner and more competitive Europe*. Disponible en:

https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en

Comisión Europea (CE). (s.f.b). European Platform on LCA | EPLCA. *Environmental Footprint*.

Disponible en: <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/EnvironmentalFootprint.html>

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. and Mekonnen, M. M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. Earthscan, London, UK.

TheWaterFootprintAssessmentManual_English.pdf

International Organization for Standardization (ISO). (2006c). *Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices* (estándar ISO 14044:2006).

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14044:ed-1:v1:es>

Parlamento Europeo. (2023, mayo 24). Clima y medioambiente. *Economía circular: definición, importancia y beneficios*. Disponible en:

<https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20151201ST05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios>

Reglamento (UE) 2024/1781 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de junio de 2024, por el que se instaura un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos sostenibles, se modifican la Directiva (UE) 2020/1828 y el Reglamento (UE) 2023/1542 y se deroga la Directiva 2009/125/CE.

Diario Oficial de la Unión Europea, núm. 1781, de 28 de junio de 2024, 1-89.

<https://www.boe.es/doue/2024/1781/L00001-00089.pdf>

Anexo A. Procesos – Ecoinvent 3.9.1.

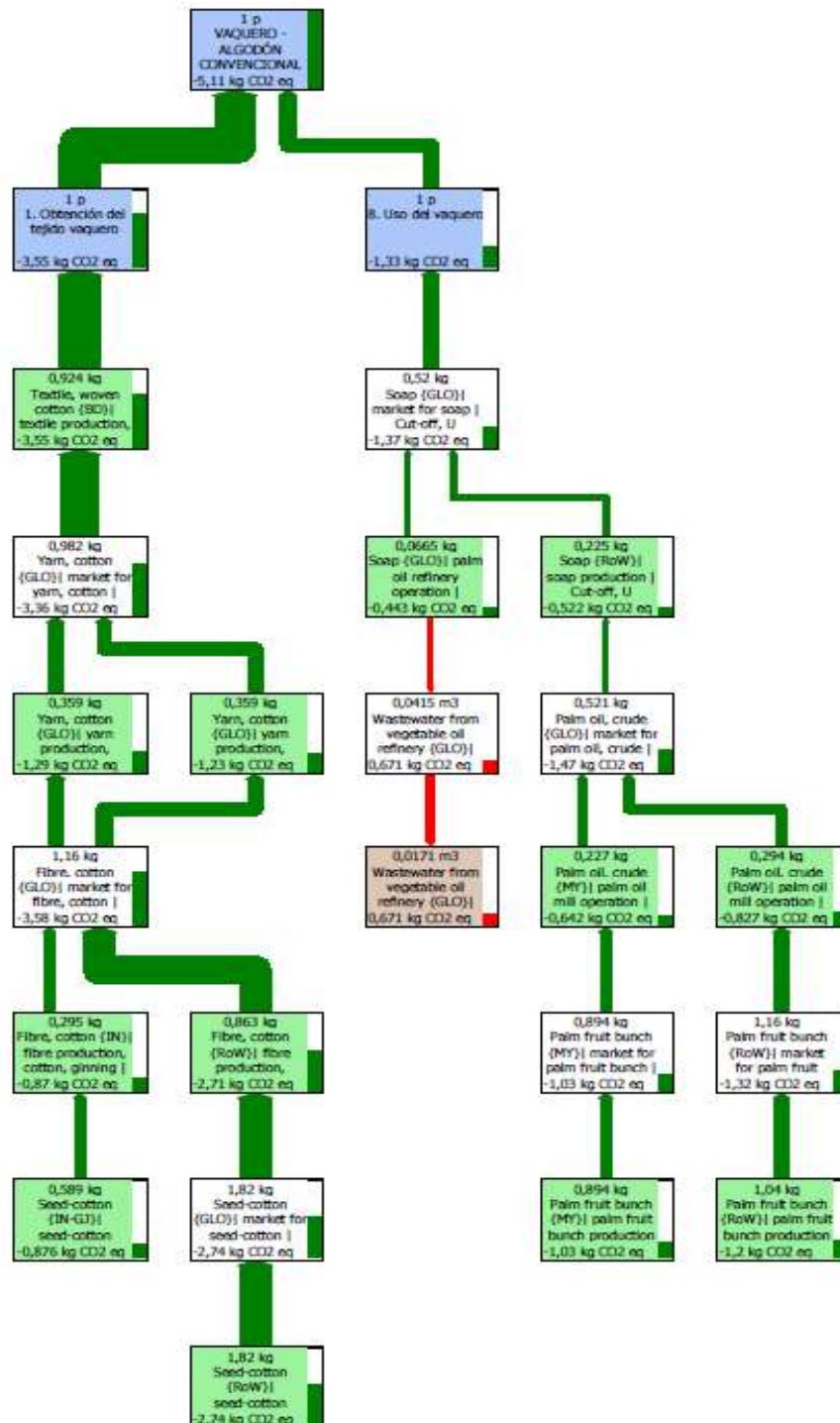
Como se ha explicado en el apartado 9.3.1 de selección de datos, para la elaboración de este trabajo se han obtenido los datos de otros estudios y estimaciones que cumplen las características de calidad en cuanto a precisión y exhaustividad. A continuación, se muestran los procesos seleccionados de la biblioteca Ecoinvent (versión 3.9.1.):

Módulo	Fuente de datos	Descripción	Proceso de SimaPro
Producción de materiales	Estimado	Fabricación de algodón convencional	Textile, woven cotton {BD} textile production, cotton, weaving Cut-off, U
		<i>Fabricación de algodón orgánico*</i>	<i>Proceso nuevo creado*</i> Textile, woven cotton {BD} textile production, cotton, weaving Cut-off, U – CO ORGANIC <ul style="list-style-type: none"> • Hilo: Yarn, cotton {GLO} market for yarn, cotton Cut-off, U – CO ORGANIC • Fibra: Fibre, cotton, organic {IN} fibre production, cotton, organic, ginning Cut-off, U • Semilla de algodón orgánico: Seed-cotton, organic {IN-OR} seed-cotton production, organic Cut-off, U
		Etiqueta lateral de poliéster	Fibre, polyester {IN} polyester fibre production, finished Cut-off, U
		Etiqueta trasera de algodón	Textile, knit cotton {BD} textile production, cotton, circular knitting Cut-off, U
		Botón y cremallera de latón	Brass {CH} market for brass Cut-off, U
		Poliéster de la cremallera	Fibre, polyester {IN} polyester fibre production, finished Cut-off, U
		Packaging de cartón	Folding boxboard carton {RoW} folding boxboard carton production Cut-off, U
Producción del tejido	Estimado	Acabado del pantalón vaquero	Finishing, textile, knit cotton {GLO} market for finishing, textile, knit cotton Cut-off, U

Venta, uso y fin de vida	Estimado	Transporte (pantalón de 1 kg y caja de cartón de 0,20 kg)	Camión: Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO3 {RoW} transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO3 Cut-off, U
	Uso del vaquero	Consumo eléctrico en punto de venta	Barco: Transport, freight, sea, container ship {GLO} transport, freight, sea, container ship Cut-off, U
	Disposición final		Camión: Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO6 {RER} transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO6 Cut-off, U
			Electricidad: Electricity, low voltage {ES} market for electricity, low voltage Cut-off, U
			Agua para los lavados: Tap water {Europe without Switzerland} market for tap water Cut-off, U
			Jabón: Soap {GLO} market for soap Cut-off, U
			Incineración: Process-specific burdens, municipal waste incineration {Europe without Switzerland} market for process-specific burdens, municipal waste incineration Cut-off, U
			Vertedero: Process-specific burdens, residual material landfill {Europe without Switzerland} market for process-specific burdens, residual material landfill Cut-off, U

Anexo B. GWP, biogenic – Árbol de procesos

En este Anexo se muestra el árbol de procesos obtenido del análisis de red en el programa SimaPro (versión 9.5.0.2) empleando la metodología EN 15804 + A2 (adapted EF 3.1) para el indicador de potencial de calentamiento global biogénico (GWP, biogenic, kg CO₂ eq.):



(Fuente: SimaPro, versión 9.5.0.2, Ecoinvent 3.9.1. Método: EN 15804 + A2 (adapted) V1.00 / EF 3.1
Análisis de red / Caracterización Climate Change – Biogenic (kg CO₂ eq), 2024)

Anexo C. Declaración ambiental definitiva



01 INFORMACIÓN BÁSICA

BLUE & GREEN, S.L.

DECLARACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTO

Programa Operador

EPD International AB, Box 210 60, SE-100 31, Estocolmo, Suecia

Reglas de Categoría de Producto (PCR)

"Trousers, shorts and slack and similar garments", 2019:06, UN CPC 282, versión 1.0.4

Verificador independiente

SOLUTIONS FOR LIFE, S.A., Bilbao, País Vasco, España

LCA and Sustainability Specialist, Independent EPD Verifier

Acreditado / Aprobado por: The International EPD® System

Norma ISO 14.025:2006

Propietario único: Blue & Green, S.L.

Fecha de publicación: 10/07/2024

Fecha de validez: 10/07/2029

Número de registro EPD: SX-12345

3

**02 BLUE &
GREEN, S.L.**

4

BLUE & GREEN, S.L.

DECLARACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTO

LA EMPRESA Y SU HISTORIA

Es un centro exclusivo de producción, lavado y acabado de vaqueros de todo tipo. Fundada en 1996, tiene su sede central en Bilbao, País Vasco, España.

Desde 2015 "Blue & Green, S.L." está acreditada con la Norma ISO 9.001:2015, estándar del Sistema de Gestión de Calidad. Además, se encuentra en proceso de certificación para implantar la Norma ISO 14.001:2015 y EMAS de la Unión Europea, ya que desde hace dos años realizan la huella de carbono de la organización.

Aunque la producción y confección se basa en artículos estandarizados, existe la opción de poder solicitar bajo pedido alguna pieza personalizada o a medida. A continuación, se muestra el catálogo de productos disponibles:

- Pantalones vaqueros largos ajustados o pitillos.
- Pantalones vaqueros largos rectos.
- Bermudas vaqueras.
- "Shorts" o pantalones cortos.

Todos disponibles desde la talla 34 a la talla 46, pudiendo escoger vaqueros de tiro alto, medio y bajo, pero, únicamente en color **azul**.

5

03 INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

6

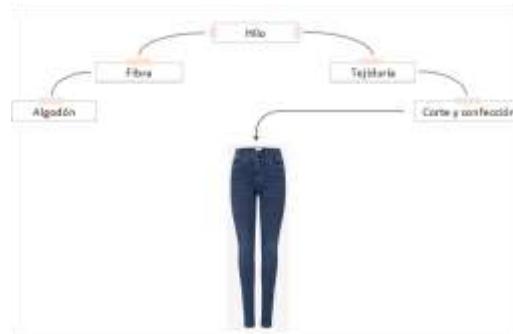
BLUE & GREEN, S.L.

DECLARACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTO

Skinny Jeans

(100-90% algodón)

Materiales	Algodón (92,4%) Accesorios metálicos (7%) Cremallera (3%) de latón (10 cm de alto y 3 cm de ancho) + (1%) poliéster de cremallera Botón (3%) de latón (17 mm)
Medidas	37 cm de cintura 40 cm de cadera 94 cm de largo delantero 25 cm de tiro delantero 33 cm de tiro trasero
Peso	1 kg de pantalón vaquero
Normativa	Las sustancias químicas utilizadas en "Blue & Green, S.L." para la fabricación cumplen el Reglamento (CE) 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH)

Proceso de fabricación:

Packaging: Clasificado como embalaje para la distribución, diseñado específicamente para el transporte, manipulación y/o distribución

Características: 200 g, 35 x 20 x 25 cm

7

04 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

8

BLUE & GREEN, S.L.

DECLARACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTO

Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

Según la PCR de referencia (Trousers, shorts and slack and similar garments, 2019:06, UN CPC 282, versión 1.0.4, se han establecido los puntos para el ACV de los skinny jeans de Blue & Green, S.L.:

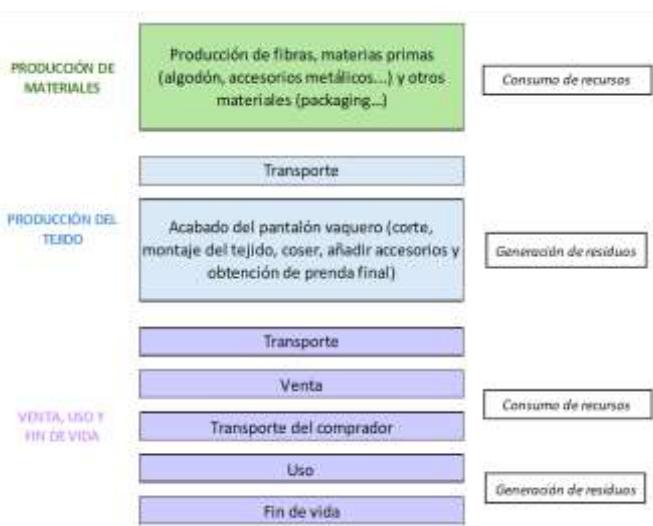
- **Alcance geográfico de la EPD:** Mundial
- **Unidad declarada:** 1 par de pantalones vaqueros (vida útil de 4 años, lavados cada 4 semanas)
- **Alcance / Límites del sistema:** De "cuna a tumba"
- **Selección de datos:** Datos secundarios (empresa y pantalón vaquero **FICTICIOS**)
- **Criterios de corte:** 99% de los flujos incluidos
- **Reglas de asignación:** Ver documento TFM* para más detalles
- **Métodos de cálculo:** SimaPro (versión 9.5.0.2), base de datos Ecoinvent 3.9.1 con la metodología EN 15804 + A2 (adapted EF 3.1) (para los indicadores de declaración obligatoria y adicionales), Cumulative Energy Demand (LHV) (para el uso de recursos) y EDIP 2003, versión 1.07 (para los residuos generados)

* Trabajo de Fin de Máster "Desarrollo de una declaración ambiental de un pantalón vaquero" de Anne Expósito (10/07/2024)

9

BLUE & GREEN, S.L.

DECLARACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTO



10

05 PERFIL AMBIENTAL

11

BLUE & GREEN, S.L.

DECLARACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTO

IMPACTOS AMBIENTALES

Parámetro	Unidad	Producción de materiales	Producción del tejido	Venta, uso y fin de vida	TOTAL
Potencial de calentamiento global (IPCC)	kg CO ₂ eq.	34,71	1,58	7,43	23,72
Impacto:	Impacto:				
Uso del suelo y cambio del uso del suelo	kg CO ₂ eq.	6.946,01	1.031,03	1,33	5.111,32
Total:	kg CO ₂ eq.	15,89	1,81	7,77	20,48
Potencial de acidificación (AP)	kg H ⁺ eq.	1.725,01	7.412,03	5.246,02	3.228,91
Potencial de eutrofización de agua dulce (EP)	kg P eq.	0,615,03	0,031,04	1,076,02	0,976,02
Potencial de formación de ozono troposférico (POC)	kg NMVOC eq.	6.006,01	4.811,03	1.415,02	9.296,02
Potencial de agotamiento atómico Global	kg Str. eq.	3.837,04	3.482,08	1.008,04	4.277,04
Potencial de agotamiento atómico Contaminantes tóxicos	Mt. salto calorífico neto	175,71	21,31	175,71	175,71
Potencial de escape de agua	m ³ despc.	182,06	5618,02	34,97	5813,05

RESIDUOS

Parámetro	Unidad	Producción de materiales	Producción del tejido	Venta, uso y fin de vida	TOTAL
Residuos no poligrados	kg	1,09	7,70E-02	2,27	2,45
Residuos no poligrados / Conteo	kg	5.088,03	5.038,04	1.387,02	2.000,02
TOTAL	kg	5,10	7,89E-02	2,29	2,49
Residuos poligrados	kg	8.806,02	5.411,05	1.815,02	1.386,02
Residuos culturales	kg	1.268,03	5.468,03	1.296,03	5.342,03

USO DE RECURSOS

Parámetro	Unidad	Producción de materiales	Producción del tejido	Venta, uso y fin de vida	TOTAL
Recursos energéticos primarios - Recuperables	MJ	7,12	0,09	45,74	55,52
Uso como portador energético	MJ	16,74	0,67	17,69	185,34
TOTAL	MJ	23,89	0,76	63,43	144,86
Recursos energéticos primarios - No recuperables	MJ	125,68	21,33	125,71	175,51
Uso como portador energético	MJ	0,906,02	3.626,04	1,76	1,29
TOTAL	MJ	125,79	23,79	127,53	177,85

FLUJOS DE SALIDA

Parámetro	Unidad	Producción de materiales	Producción del tejido	Venta, uso y fin de vida	TOTAL
Componentes para reciclaje	kg	0	0	0	0
Material para reciclar	kg	0	0	0	0
Material para la recuperación de energía	kg	0	0	8.706,02	8.706,02
Energía exportada, electricidad	MJ	0	0	0	0
Energía exportada, térmica	MJ	0	0	0	0

12

BLUE & GREEN, S.L.

DECLARACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTO

Información general

ISO 14040: 2006 Environmental management | Life cycle assessment | Principles and framework
ISO 14044: 2006 Environmental management | Life cycle assessment | Requirements and guidelines
ISO 14025: 2006 Environmental labels and declarations | Type III environmental declarations | Principles and procedures
The International EPD® System | www.environdec.com
PCR "Trousers, shorts and slack and similar garments", 2019-06, UN CPC 282, versión 1.0.4
Válido hasta: 01-02-2024

Tercera parte – Verificador

SOLUTIONS FOR LIFE, S.A.
LCA and Sustainability Specialist, Independent EPD Verifier
Acreditado / Aprobado por: The International EPD® System
Bilbao, País Vasco, España

Propietario de la declaración

Blue & Green, S.L.
Bilbao, País Vasco, España



Para más información

+ 944 44 44 44
info@blueandgreen.com
www.blueandgreen.com

13

B&G, S.L.

www.blueandgreen.com



14