De los campos de India a nuestro armario sostenible

Evaluación de la huella ambiental en camiseta de algodón orgánico de comercio justo



De los campos de India a nuestro armario sostenible

Autoría:
Sara Barandiaran-Oliveras
Jacid Montoya-Torres
Ortzi Akizu-Gardoki
Nelson Vladimir Yepes-Gonzalez
Cristina Peña-Rodriguez
Leonor Garcia Dios
Ana Sanz Gaspar
Marian Uriarte

ISBN: 978-84-09-81226-4
Vitoria-Gasteiz, 2025
Artículo científico publicado en la revista: Science Total Environment: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969726009009science/article/pii/S0048969726009009

Financiación:

Índice

1. Resumen ejecutivo 6

2. Introducción 8

2.1 Contexto 8

2.2 Algodón orgánico y de comercio justo (CJ) 10

2.3 Análisis de estudios previos 11

2.3.1 Potencial de cambio climático 11

2.3.2 Ecotoxicidad terrestre 12

2.3.3 Ecotoxicidad de agua dulce 15

2.3.4 Consumo de agua 16

3. Objetivos del estudio 17

3.1 Objetivo general 17

3.2 Descripción de los productos bajo estudio 17

3.2.1 Camiseta de algodón convencional 17

3.2.2 Camiseta de algodón orgánico y comercio justo (CJ) 18

3.3 Razones para realizar el estudio 19

3.4 Público objetivo 19

4. Alcance del estudio 20

4.1 Unidad funcional o declarada 20

4.2 Límites del sistema 20

4.3 Estandarización de fases 22

4.4 Criterio de corte cut-off 22

4.5 Reglas de asignación 22

4.6 Límite temporal de los datos 23

4.7 Información y calidad de los datos 23

4.8 Metodología de cálculo del impacto medioambiental 23

4.9 Indicadores de impacto medioambiental 23

5. Inventario de Ciclo de Vida (ICV) 25

5.1 Fase 1: Cultivo 25

5.2 Fase 2: Desmotado 27

5.3 Fase 3: Hilado 28

5.4 Fase 4: Tejido 29

5.5 Fase 5: Teñido 30

5.6 Fase 6: Corte y confección 31

5.7 Fase 7: Packaging y Distribución 32

6. Resultados: Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida (EICV) 33

6.1 Resultados generales 33

6.2 Potencial de cambio climático 35

6.3 Ecotoxicidad terrestre 37

6.4 Ecotoxicidad de agua dulce 39

6.5 Consumo de agua 41

7. Conclusiones 43

7.1 Conclusiones del análisis bibliográfico 43

7.2 Conclusiones del estudio de la camiseta seleccionada 43

7.3 Conclusiones aplicadas a decisiones de consumo 44

8. Referencias 48

1. RESUMEN EJECUTIVO

El modelo socioeconómico actual ha catapultado a la industria de la moda a una relevancia sin precedentes, con la fast fashion como motor clave. Esta producción masiva genera un impacto ambiental desproporcionado, responsable de hasta el 10% de las emisiones globales de carbono.

Sin embargo, los impactos de la industria textil recaen desigualmente: los países del Sur Global son los principales proveedores textiles de los países del Norte Global. Los países empobrecidos sufren en mayor proporción las cargas ambientales de la generación textil en ecotoxicidad terrestre y de agua dulce, agotamiento de recursos hídricos y emisiones de dióxido de carbono. Es por ello que la transición a una producción textil de algodón orgánico y de comercio justo se presenta como una vía para reducir los impactos socioambientales y buscar un equilibrio entre Norte y Sur Global.

Actualmente, los estudios científicos que analizan la reducción de impactos ambientales de las prendas orgánicas y de comercio justo muestran resultados contradictorios, con desviaciones típicas de hasta el 172%. A nivel científico no existe un porcentaje concreto de cuánto minimizan los impactos ambientales los textiles orgánicos con respecto a producciones convencionales.

En este marco, esta investigación analiza el ciclo de vida de una camiseta de talla M, 145 g de algodón orgánico y de comercio justo, producida en la India y consumida en España y se compara con su homóloga de algodón convencional.

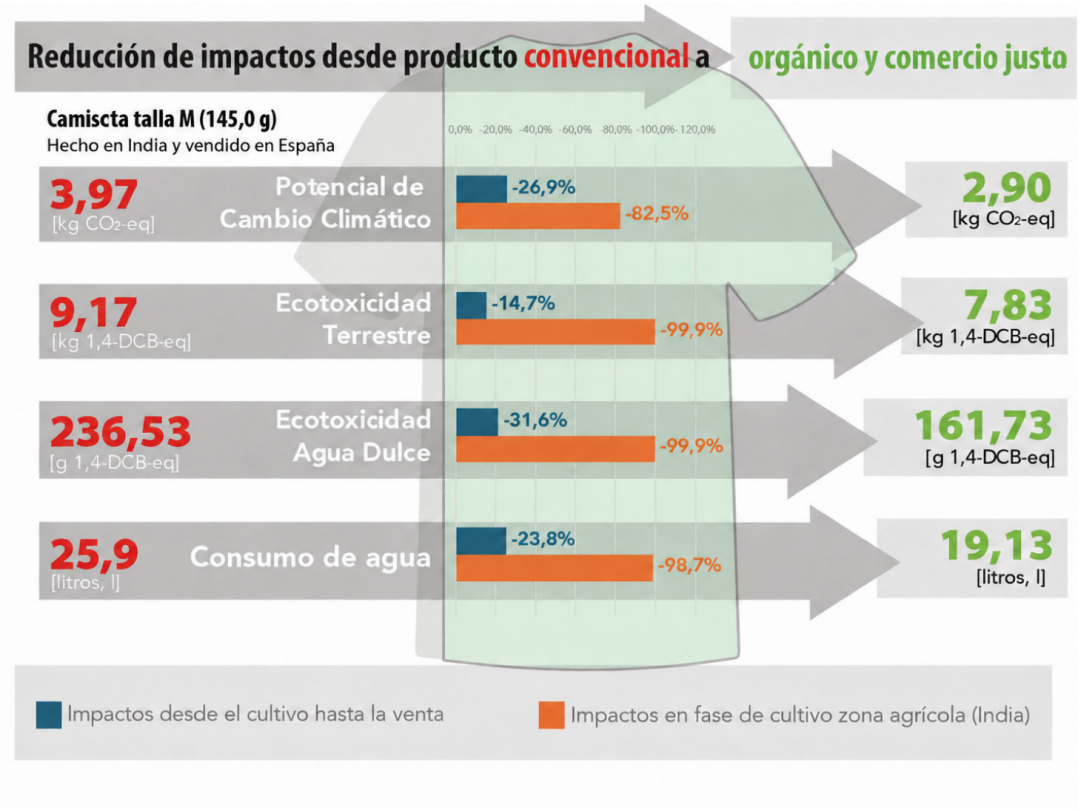
El estudio se ha centrado en 4 categorías de impactos ambientales 1) Potencial cambio climático, 2) Ecotoxicidad terrestre, 3) Ecotoxicidad de agua dulce, 4) Consumo de agua durante las siete fases del ciclo de vida: 1) Cultivo, 2) Desmotado, 3) Hilado, 4) Tejido, 5) Teñido, 6) Corte y confección y 7) Distribución y venta. Además, se muestran las medias de 18 categorías de impacto de la metodología ReCiPe.

La camiseta orgánica refleja unas emisiones totales de 2,9 kg CO2-eq, un 26,9% inferiores al convencional. Sobre todo, las reducciones se dan en la fase de cultivo, donde este porcentaje llega al -82,5%. Lo mismo sucede en ecotoxicidad terrestre, con reducciones en todo el sistema analizado del 14,7%, siendo del 99,9% en el cultivo. En ecotoxi-cidad de agua dulce se reducen los impactos un 31,6%, siendo en la fase de cultivo un 99,9%. Y por último en consumo de agua se reduce un 23,8%, llegando al 98,7% en el cultivo. Teniendo en cuenta 18 categorías de la metodología ReCiPe, se visualiza una reducción media de -25,6 % con respecto a los impactos de una camiseta convencional.

En resumen, el estudio concluye que el consumo de prendas orgánicas reduce drásticamente los impactos generados en las zonas de cultivo del Sur Global (con reducciones que oscilan entre el 82,5% y 99,9% en las cuatro categorías de impacto seleccionadas). Al mismo tiempo, considerando que los impactos globales del ciclo de vida desde el cultivo hasta la distribución y venta oscilan entre el 14,7% y el 31,6%, se subraya una doble necesidad:

1. Consumir orgánico y de comercio justo para mitigar impactos locales en el Sur Global.
2. Reducir significativamente el consumo de productos textiles, ya que la mera transición a orgánico no es suficiente para resolver el problema sistémico y afrontar el problema a nivel Global.

Resumen ejecutivo gráfico:



2. INTRODUCCIÓN

2.1. CONTEXTO

En el actual modelo socioeconómico, la industria de la moda ha alcanzado una relevancia sin precedentes. Constituye uno de los motores económicos más importantes a escala global; es el segundo sector que más empleo genera a nivel mundial y representa un pilar esencial para muchas economías nacionales (Atkar et al., 2021).

Su crecimiento acelerado está estrechamente relacionado con el auge de la moda rápida, un modelo de producción y consumo intensivo que implica fabricar ropa a bajo coste y con ciclos de vida cada vez más cortos. En ese modelo, los países del Sur Global son los que abastecen de prendas a los del norte Global, sufriendo en su propio territorio los impactos ambientales de esa producción (Mishra, 2025).

India es tradicionalmente el país con la mayor superficie cultivada de algodón del mundo, destacando también en la producción de seda y lana (Malagi and Chachadi, 2013); es el **tercer mayor exportador mundial de textiles** (Karumari and Sailaja, 2024), y el **tercer productor global de ropa**, por detrás de China y Estados Unidos (Atkar et al., 2021).

El sector aporta al país alrededor del 13% de las ganancias por exportaciones, representa el 10% de su producción industrial total y genera el 2% de su producto interno bruto (PIB) (Goyal et al., 2018). En la India emplea de forma directa 40 millones personas, únicamente por debajo del sector agrícola (Karumari and Sailaja, 2024).

Por consumo, la Unión Europea y Estados Unidos se posicionan como los mayores importadores de textiles (Malagi, 2013). Cada habitante compró 19 kg de ropa y calzado en 2022, de los cuales 16 kg terminaron como residuos, generando 6,94 millones de toneladas de desechos; el 85% fue a parar a vertederos o incineradoras (European Environment Agency, 2025).

La magnitud del sector de la moda también se refleja en lo que contamina. La industria textil emite entre un 8 y 10 % de las **emisiones globales**, alrededor de 1.200 millones de toneladas de dióxido de carbono al año (UNFCCC, 2018), **superando incluso al transporte aéreo y marítimo combinados**. Si el sector sigue la tendencia de crecimiento exponencial que ha mantenido en los últimos años podría llegar a generar hasta el 50% de las emisiones globales en 2050 (Ellen MacArthur Foundation, 2025).

La producción textil c**onsume cerca de 79 billones de litros de agua al año (Niinimäki et al., 2020). Además, implica el uso intensivo de fertilizantes y pesticidas, alterando la composición y biodiversidad de los ecosistemas.** Es por este motivo que el sector genera el 20% de las aguas residuales industriales del mundo y **más de 92 millones de toneladas de residuos** (Bick et al., 2018). Esta contaminación afecta de manera desproporcionada a comunidades vulnerables, que sufren la degradación de su entorno y la exposición a sustancias tóxicas. Esto agudiza las desigualdades sociales globales y pone en evidencia la necesidad de una transformación estructural en el sector.

La moda rápida ha sido fuertemente cuestionada por diferentes comunidades, más allá de la científica. La organización no gubernamental Asociación de Ambiente Europeo (AAE) critica a marcas de moda rápida como SHEIN. Según el autor, Emanuele Morelli, (Ristovska, 2025) *"cuando la ropa se vuelve más barata que la dignidad, y más rápida que la ética, no sólo estamos comprando ropa, estamos invirtiendo en el colapso"*. A su vez, la organización Greenpeace afirma que la moda rápida no puede llegar a ser sostenible (Leman, 2025), por la gran generación de desechos, por sus elevados consumos de recursos ambientales y por su gran dependencia de mano de obra barata (Figura 1).







Figura 1. La industria textil se caracteriza por su gran cantidad de consumos de recursos naturales (arriba), mano de obra barata (arriba derecha) y producción desmesurada de desechos (abajo).

2.2. ALGODÓN ORGÁNICO Y DE COMERCIO JUSTO (CJ)

La producción textil respetuosa con los derechos humanos y el medio ambiente, también conocida como moda ética y sostenible, se centra en minimizar el impacto negativo en todas las etapas del ciclo de vida de la prenda, desde la producción de la materia prima hasta su desecho. En concreto trabaja en:

Materiales sostenibles: se priorizan tejidos orgánicos (algodón, lino, cáñamo) o reciclados (poliéster reciclado), que utilizan menos agua y productos químicos tóxicos que los materiales convencionales.

Los métodos de cultivo del algodón orgánico y del convencional son muy diferentes. El algodón orgánico se cultiva sin pesticidas ni fertilizantes sintéticos (Shahid et al., 2023). Utiliza técnicas muy variadas como la rotación de cultivos, el control natural de plagas y el uso de abonos naturales como estiércol (Niinimäki et al., 2020). De esta forma se favorece la biodiversidad, se mejora la salud del suelo y se reducen los riesgos para la salud de personas agricultoras y consumidoras.

Por el contrario, el algodón convencional depende de fertilizantes y pesticidas sintéticos, que contaminan suelos, agua y aire, afectando a la salud de los ecosistemas y de las personas agricultoras y consumidoras. La industria textil hace uso del 2,5 % del terreno arable global y del 16% de los pesticidas (Galloway, 2024). En la moda ética y sostenible:

Procesos de fabricación: se adoptan métodos que reducen el uso de agua, energía y productos químicos, así como las emisiones contaminantes y la generación de residuos.

Condiciones laborales justas y comercio justo (CJ): se garantizan salarios dignos, jornadas de trabajo seguras y respetuosas para todas las personas trabajadoras en la cadena de suministro, así como salarios y condiciones laborales en todo su abanico.

Longevidad y circularidad: Se diseñan prendas duraderas y se fomenta la reutilización, la reparación y el reciclaje para alargar su vida útil y reducir el consumo excesivo y la generación de residuos.

Transparencia: Las marcas intentan informar de todo el proceso de producción para que las personas consumidoras tomen decisiones informadas.

Algunas certificaciones fortalecen esta alternativa al garantizar no solo el origen orgánico de las fibras, sino también criterios ambientales y sociales a lo largo de toda la cadena de suministro:

GOTS (Global Organic Textile Standard): La certificación más completa para textiles orgánicos, que garantiza tanto criterios medioambientales como sociales a lo largo de toda la cadena de suministro. Establece estándares para el procesamiento de fibras orgánicas, como el uso de pesticidas y fertilizantes no tóxicos, el manejo responsable del agua y el respeto a las condiciones laborales dignas (Plakantonaki et al., 2023).

Fairtrade International: Certifica que el algodón utilizado ha sido producido bajo estándares de Comercio Justo (CJ), asegurando precios justos para las personas productoras y condiciones de trabajo dignas (Fairtrade International, 2025). Está auditado por el organismo Flocert (FLOCERT, 2025).

2.3 ANÁLISIS DE ESTUDIOS PREVIOS

Para establecer el estado del arte en el análisis comparativo de impactos ambientales de textiles orgánicos y convencionales se ha realizado una revisión bibliográfica de 22 estudios.

Se asegura la comparabilidad de los resultados aplicando la metodología de estandarización que posteriormente se utilizará en este trabajo:

1. Estandarización de Fases: Todos los estudios se consolidan y agrupan según las **7 fases de producción.**
2. Unidad Funcional (UF): Se estandariza la unidad funcional equivalente a una camiseta de talla M de **145 g de textil.** Se toma la masa como referencia principal aplicando los resultados de bibliografía científica al caso de la citada camiseta.

A pesar del esfuerzo por adaptar cada estudio a la casuística de esta investigación, la alta variabilidad de resultados (Tablas 1-4) —evidenciada por los **altos valores de la desviación típica**— ha hecho necesario un análisis detallado de los datos para evitar incluir en el estudio los no comparables. A continuación, se presentan los resultados obtenidos para los cuatro y más relevantes indicadores en este estudio.

2.3.1 POTENCIAL DE CAMBIO CLIMÁTICO

Para analizar el potencial de cambio climático, se revisaron **20 casos** de algodón orgánico y convencional extraídos de la literatura, resumidos en la **Tabla 1**. Tras descartar los valores menos comparables, se obtiene una media de **reducción potencial de calentamiento global del 36,2% en el modelo orgánico**.

La media de emisiones por camiseta convencional es de 24,73 kgCO2-eq, mientras que en la producción orgánica se reduce a 15,79 kgCO2-eq. Cabe destacar la contribución de la fase de distribución y venta, según el estudio de Carrillo Mihura, 2024 supondría un 49% en convencional y un 46% en orgánico. Esto implica que casi la mitad de las emisiones del ciclo de vida de una camiseta se generan en la fase de distribución y venta. Sin embargo, estos porcentajes son superiores a los de otros estudios Sandin et al., 2019; Schmutz et al., 2021; Zhang et al., 2015). Esta discrepancia sugiere que las emisiones en la etapa de distribución podrían estar elevando la media por encima del estado del arte actual, alterando la comparativa global.

Las **mayores reducciones** de potencial de cambio climático **se han detectado por orden en las siguientes fases**:

Hilado: Reducción del **-69,5% de emisiones,** desde 0,95 kg a 0,29 kgCO2-eq. Dentro del hilado, destaca la presencia de blanqueado químico del algodón como proceso de alto impacto ambiental. Sin embargo, aun externalizando el proceso del blanqueado a la fase de tejido, se han detectado reducciones de hasta 94% en procesos orgánicos con respecto a convencionales (Kazan et al., 2020).

Corte y confección: Tiene una media de reducción del **-54,7% de emisiones**, desde 2,7 kg a 1,2 kgCO2-eq. Sin embargo se han detectado reducciones de entre 86% (Kazan et al., 2020) y 47% (Carrillo Mihura, 2024) en cultivos orgánicos de forma excepcional.

Cultivo: Es la fase con menor acuerdo en la literatura. La media de los estudios analizados indica una reducción del 34,9% en los impactos bajo la modalidad de cultivo orgánico. Sin embargo, la literatura muestra una notable disparidad en los resultados. Por un lado, se han registrado reducciones significativas, alcanzando hasta el 86% (Ecoquery, 2024), 72% (Kazan et al., 2020) y 52% (Carrillo Mihura, 2024). Y también se han detectado recomendaciones explícitas a transitar a cultivos orgánicos para reducir impactos (Montoya Flores and Salhofer, 2025). Sin embargo, otros estudios desvirtúan estas reducciones al situarlas en rangos mucho menores, como el 20% (Carbonfact, 2022) el 13% (Mehmeti et al., 2024 y Gonçalves et al., 2024) a menudo al enfocarse en fases concretas del ciclo. Esta controversia se intensifica con argumentos que sugieren que la menor productividad de la agricultura orgánica podría, paradójicamente, incrementar las emisiones totales de los procesos (Balmford et al., 2018).

El resto de los procesos también muestran reducciones notorias. Por orden de impacto: en distribución y venta -39%; desmotado -34%; teñido -18%; y tejido - 16%.

2.3.2 ECOTOXICIDAD TERRESTRE

Los fertilizantes, si bien aportan nutrientes de forma eficaz, generan un impacto en el ecosistema edáfico que es cuantificable mediante el indicador de **ecotoxicidad**. Aunque los nutrientes funcionan de manera similar una vez absorbidos por la planta, independientemente de su origen, la diferencia clave reside en su **interacción con el suelo** (Lowenfels, 2013). Los **fertilizantes naturales y orgánicos alimentan** la red trófica del suelo, lo que contribuye a la formación y al mantenimiento de su estructura. Por el contrario, los sintéticos generan efectos tóxicos, tanto directos como indirectos, sobre la biota edáfica. Estos efectos subrayan la necesidad de evaluar no solo la eficacia agronómica de los fertilizantes, sino también su ecotoxicidad, entendida como el potencial de generar daños a organismos no objetivo, como los microbios beneficiosos del suelo.

En este contexto, el algodón orgánico, al evitar estos insumos sintéticos, presenta un mejor desempeño, reduciendo significativamente los impactos negativos en el medio ambiente (Amicarelli et al., 2022).

Para el análisis de la **ecotoxicidad terrestre**, se estudiaron **8 casos** de la literatura, los cuales se detallan en la Tabla 2. El resultado muestra un **potencial de reducción** del 49,1% al optar por la producción de algodón orgánico. La capacidad de reducción de impacto se distribuye de la siguiente manera:

Desmotado y corte y confección: muestran unas reducciones del 86 y 82% en orgánico.

Cultivo: Aunque muestran reducciones de hasta 96% en ciertas fuentes (Ecoquery, 2024), la media es de -39% para el orgánico.

Distribución y venta: Aunque en general no se observan reducciones en esta fase, hay una referencia particular que ha detectado una reducción del 90% (Carrillo Mihura, 2024) al reducir los kilómetros que recorre el producto orgánico. En este estudio no se considera esa opción, ya que ambas camisetas provienen de India.



POTENCIAL DE CAMBIO CLIMÁTICO (KG CO2-EQ / CAMISETA 145G)

Fuente	Tipo de algodón	Cultivo	Desmotado	Hilado	Tejido	Teñido	Corte y confección	Distribución y venta	Total
Algodón requerido para producir camiseta de 145g (g)		**521,47**	**173.82**	**165,13**	**163,48**	**163,48**	**145 ,00**	**145,00**	**145,00**
(Ecoquery, 2024)	Orgánico	0,38	1,04E-03	0,42	0,78	-	-	-	1,58
	Convencional	2,61	1,04E-03	0,42	0,78	0,68	-	-	4,49
(Carrillo-Mihura, 2024)	Orgánico	-	0,26	-	5,79	-	2,30	7,35	15,70
	Convencional	-	0,53	-	6,32	-	4,29	12,00	23,14
(Kazan et al., 2020)	Orgánico	-	0,89	0,16	1,64	-	0,15	-	2,84
	Convencional	-	3,11	2,71	2,61	-	1,11	-	9,54
(Carbonfact, 2022)	Orgánico	3,62	0,32	-	-	-	-	-	3,99
	Convencional	4,59	0,40	-	-	-	-	-	4,99
(Mehmeti et al., 2024)	Orgánico	1,19	-	-	-	-	-	-	-
	Convencional	1,37	-	-	-	-	-	-	-
(Gonçalves et al., 2024)	Orgánico	-	1,19	-	-	-	-	-	-
	Convencional	-	1,37	-	-	-	-	-	-
(Murugesh et al., 2013)	Orgánico	-	-	-	-	1,84	-	-	-
		-	-	-	-	2,51	-	-	-
		-	-	-	-	1,02	-	-	-
(Montoya et al., 2025)	Convencional	2,08	0,31	0,26	0,73	-	0,14	0,24	3,76
(Zhang et al., 2015)	Convencional	-	0,35	0,46	0,06	2,03	1,87	0,03	4,81
(Sandin et al., 2019)	Convencional	-	0,29	0,65	0,04	1,24	0,40	0,12	2,74
(Taskin et al., 2017)	Convencional	-	1,67	0,49	-	1,29	0,86	0,04	4,36
(Schmutz et al., 2021)	Convencional	-	6,51	3,60	0,69	5,66	0,69	-	17,15
Algodón orgánico	Promedio (kg CO2-eq/camiseta)	**1,73**	**0,66**	**0,29**	**2,73**	**1,79**	**1,22**	**7,35**	**15,79**
	Desviación estándar (%)	97,5%	68,2%	64,2%	97,9%	41,6%	124,5%	-	
	Distribución del impacto	**11,0%**	**4,2%**	**1,8%**	**17,3%**	**11,3%**	**7,7%**	**46,6%**	**100,0%**
Algodón convencional	Promedio (kg CO2-eq/camiseta)	**2,66**	**1,00%**	**0,95%**	**3,24%**	**2,18%**	**2,70%**	**12,00%**	**24,73%**
	Desviación estándar (%)	51,9%	100,0%	104,3%	65,3%	91,7%	83,2%	-	50,8%
	Distribución del impacto	**10,8%**	**4,1%**	**3,8%**	**13,1%**	**8,8%**	**10,9%**	**48,5%**	**100,0%**
Orgánico vs. convencional		**-34,9%**	**-33,9%**	**-69,5%**	**-15,5%**	**-18,0%**	**-54,7%**	**-38,7%**	**-36,2%**

Tabla 1. Potencial de cambio climático (kg CO2-eq) para producción de una camiseta de 145 g.

ECOTOXICIDAD TERRESTRE (kg 1,4 - DCB-eq)

Fuente	Tipo de algodón	Cultivo	Desmotado	Hilado	Tejido	Teñido	Corte y confección	Distribución y venta	Total
Algodón requerido para producir camiseta de 145g (g)		**522**	**173,8**	**165,1**	**163,5**	**163,5**	**145**	**145**	**145**
(Ecoquery, 2024)	Orgánico	0,16	0,02	0,44	1,01	–	–	–	1,63
	Convencional	3,71	0,02	0,44	1,01	1,17	–	–	6,35
(Carrillo-Mihura, 2024)	Orgánico	-	3.77E-05	–	3,31E-03	–	9,80E-04	2.94E-03	0,01
	Convencional	-	0,10	–	3,40E-03	–	**0,01**	**0,03**	0,14
(Mehmeti et al., 2024)	Orgánico	2,11	–	–	–	–	–	–	–
	Convencional	8,69E-04	–	–	–	–	–	–	–
(Goncalves et al, 2024)	Orgánico	-	0,41	–	–	–	–	–	–
	Convencional	_	2,86	–	–	–	–	–	–
Algodón orgánico	**Promedio (kg 1,4 - DCB-Eq/camis)**	**1,14**	**0,14**	**0,44**	**0,51**	–	**9.80E-**	**2.94E-03**	**2,23**
	Desviación estándar (%)	121,2%	161,2%	–	140,5%	–	**04**	-	
	Distribución del impacto	**50,9%**	**6,4%**	**19,7%**	**22,7%**	–	-	**0,1%**	**100,0%**
Algodón convencional	**Promedio (kg 1,4 - DCB-Eq/camis)**	**1,86**	**0,99**	**0,44**	**0,51**	**1,17**	**0,0%**	**0,03**	**5,01**
	Desviación estándar (%)	141,4%	162,8%	–	**140,5%**	–	**0,01**	0,6%	**-**
	Distribución del impacto	**37,1%**	**19,8%**	**8,8%**	**10,1%**	**23,4%**	0,1%	**0,6%**	**100%**
Orgánico vs. convencional		**-38,8%**	**-85,6%**	**0,0%**	**0,0%**	**–**	**0,2%**	**-90,2%**	**-55,5%**

Tabla 2. Ecotoxicidad terrestre (kg 1,4-DCB-eq) para la producción de una camiseta de 145 g

2.3.3 ECOTOXICIDAD DE AGUA DULCE

La producción de **algodón convencional** se asocia con altos niveles de **ecotoxicidad de agua dulce** debido principalmente al uso de **pesticidas y fertilizantes químicos.** Según los **8 casos** analizados en la **Tabla 3,** el algodón orgánico ofrece un **potencial de reducción del 71,2%** en este indicador.

La mayor capacidad de reducción de la ecotoxicidad de agua dulce se concentra en las fases iniciales y finales:

Cultivo y desmotado: Estas fases muestran una gran capacidad de mitigación, con **-84,4%** en agricultura y **-77,7%** en desmotado.

Corte y confección: Esta fase también presenta una notable capacidad de reducción del impacto con -66,7% (Carrillo Mihura, 2024).

Hilado y tejido no muestran grandes cambios de impacto del modelo convencional al orgánico, debido a su naturaleza intrínsecamente industrial.

Teñido: siendo un proceso químico clave, refleja una necesidad clara de realizar más estudios específicos (Kazan et al., 2020), ya que existen aún carencias en el número de investigaciones disponibles.

ECOTOXICIDAD DE AGUA DULCE (kg 1,4 - DCB-eq/ camiseta)

Fuente	Tipo de algodón	Cultivo	Desmotado	Hilado	Tejido	Teñido	Corte y confección	Distribución y venta	Total
Algodón requerido para producir camiseta de 145g (g)		**521 ,47**	**173,82**	**165,13**	**163,48**	**163,48** 0,06	**145**	**145**	**145**
(Ecoquery, 2024)	Orgánico	0,02	3,08E-05	0,02	0,04	–	–	–	0,08
	Convencional	0,20	3,08E-05	0,02	0,04	–	–	–	0,32
(Carrillo-Mihura, 2024)	Orgánico	-	1,36E-04	–	0,01	–	0,00	0,01	0,02
	Convencional	-	3,52E-04	–	0,01	–	0,01	0,02	0,04
(Mehmeti et al., 2024)	Orgánico	0,02	–	–	–	–	–	–	–
	Convencional	0,02	–	–	–	–	–	–	–
(Gonçalves et al., 2024)	Orgánico	-	0,04	–	-	–	–	–	–
	Convencional	-	0,19	–	-		–	–	–
Algodón orgánico	**Promedio (kg 1,4 - DCB-Eq/camis)**	**0,02**	**0,01**	**0,02**	0,02	–	**0,00**	**0,01**	**0,09**
	Desviación estándar (%)	14,8%	172,2%	–	76,0%	–	-	-	
	Distribución del impacto	**19,5%**	**15,8%**	**24,5%**	25,7%	**0,06**	**3,9%**	**10,6%**	**100,0%**
Algodón convencional	**Promedio (kg 1,4 - DCB-Eq/camis)**	**0,11**	**0,06**	**0,02**	**0,02**	–	**0,01**	**0,02**	**0,32**
	Desviación estándar (%)	111,9%	172,7%	–	**75,9%**	**19,8%**	-	-	
	Distribución del impacto	**36,1%**	**20,4%**	**7,1%**	**7,4%**	–	**3,4%**	**5,9%**	**100,0%**
Orgánico vs. convencional		**-81,8%**	**-78,9%**	**0%**	**0,0%**		**-39,3%**	**-50,0%**	**-69,4%**

Tabla 3. Ecotoxicidad de agua dulce (kg 1,4-DCB-eq) para la producción de una camiseta de 145 g.

2.3.4 CONSUMO DE AGUA

En términos de **uso de agua,** el algodón orgánico se caracteriza en general por hacer un menor uso del agua, aunque la certificación orgánica como tal no lo requiera. Esto se debe a un **riego menos intensivo y al uso de fertilizantes orgánicos** que mejoran la retención de agua en el suelo. En contraste, los cultivos de algodón convencional son altamente intensivos en el uso de agua, lo que puede agravar la escasez hídrica en regiones áridas (Chen et al., 2006).

Es importante señalar que, en ciertas **regiones tropicales** con lluvias intensas, el algodón se cultiva generalmente en secano y se abastece únicamente de agua de lluvia, independientemente de si es orgánico o convencional (FAO/UN, 2024). Sin embargo, el caso de India es diferente; el 33% del cultivo del algodón es altamente dependiente de regadío (Ministry of Textile India, 2023). Los casos presentados en la Tabla 4 indican un potencial de reducción total del consumo de agua del **82,7%** para el cultivo orgánico de algodón.

Cultivo: Los estudios de Ecoquery (2024) y Mehmeti (2024) muestran de forma independiente dos casos con un potencial de reducción del 81,8% solo en la fase de cultivo orgánico.

Desmotado: Los datos de Gonçalves (2024) y Zhang (2015) también respaldan un menor uso de agua con una reducción del 99,4%.

CONSUMO DE AGUA (m3)

Fuente	Tipo de algodón	Cultivo	Desmotado	Hilado	Tejido	Teñido	Corte y confección	Distribución y venta	Total
Algodón requerido para producir camiseta de 145g (g)		**521,47**	**173,82**	**165,13**	**163,48**	**163,48**	**145**	**145**	**145**
(Ecoquery, 2024)	Orgánico	2,11E-05	2,29E-06	2,23E-03	2,42E-03	6,39E-03	-	-	5,67E-03
	Convencional	4,01	2,29E-06	2,23E-03	2,42E-03	-	-	-	4,02
(Mehmeti et al., 2024)	Orgánico	0,93	0,00	-	0,00	-	0,00	0,00	-
	Convencional	1,13	0,00	-	0,00	-	0,00	0,00	-
(Gonçalves et al., 2024)	Orgánico	-	7,31E-03	-	-	-	-	-	-
	Convencional	-	0,40	-	-		-	-	-
(Zhang et al., 2015)	Convencional	-	1,35	5,60E-04	0,00	0,11	4,62E-03	0,00	1,47
Algodón orgánico	**Promedio (kg 1,4 - DCB-Eq/camis)**	**0,47**	**2,44E-03**	**2,23E-03**	**1,71E-03**	-	**0,00**	**0,00**	**0,47**
	Desviación estándar (%)	141,4%	173,1%	-	141,4%	-	-	-	
	Distribución del impacto	**98,6%**	**0,5%**	**0,5%**	**0,4%**	-	**0,0%**	**0,0%**	**100,0%**
Algodón convencional	**Promedio (kg 1,4 - DCB-Eq/camis)**	**2,57**	**0,44**	**1.40E-03**	**1.14E-03**	**0,06%**	**2.31E-03**	**0,00**	**3,07**
	Desviación estándar (%)	79,2%	145,6%	84,7%	173,2%	125,9%	141,4%	-	-
	Distribución del impacto	**83,7%**	**14,2%**	**0,1%**	**0,0%**	**1,9%**	**0,1%**	**0,0%**	**100,0%**
Orgánico vs. convencional		**-81,9%**	**-99,4%**	**59,9%**	**50,0%**	-	**-100%**	**-**	**-84,06%**

Tabla 4. Consumo de agua (m3) para la producción de una camiseta de 145 g.

3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

3.1 OBJETIVO GENERAL

El estudio tiene tres objetivos principales:

Cuantificar los impactos ambientales de una camiseta producida con algodón orgánico y de comercio justo (CJ) durante cada una de las siete fases de producción. Desde el momento de la siembra de la materia prima (el algodón) hasta su comercialización como prenda textil.

Comparar el impacto de la camiseta orgánica y de comercio justo, **con su análogo producido con algodón convencional.** Siempre igualando las capacidades de producción a gran escala y el transporte desde el mismo lugar de origen del Sur Global.

Generar conocimiento de las capacidades de reducción de impactos ambientales de los procesos convencionales y orgánicos en el sector textil. Se identificarán las fases con mayor huella ambiental, así como las fases donde la adopción de procesos orgánicos supone una mayor reducción de impactos.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS BAJO ESTUDIO

3.2.1 CAMISETA DE ALGODÓN CONVENCIONAL

En lo que respecta a la convencional de referencia se establece una camiseta talla M de 145g (igualando en masa la referencia orgánica) con algodón de cultivo convencional.

El cultivo se realiza en la zona de mayor producción de algodón de India, estado de Gujarat, con una producción de 1750 kg de algodón por hectárea y riego anual de 600mm/año, además de un aporte de agua de lluvia anual de 1100 l/m2 (Ecoquery, 2024; FAO/UN, 2024). La venta se realiza en Euskadi.

En las 7 fases de producción se han utilizado como referencia los procesos establecidos en la base de datos Ecoinvent (Ecoquery, 2024). Se han utilizado datos secundarios del cultivo y procesado del algodón convencional, ajustando a la unidad funcional de la investigación. En el cultivo, se han mantenido las proporciones de fertilizantes inorgánicos y pesticidas. En la fase de desmotado se ha mantenido la maquinaria tradicional. En la fase de hilado se han tenido en cuenta los procesos industriales actuales y se ha añadido la fase de blanqueo (con cantidades predeterminadas de peróxido de hidrógeno, hidróxido de sodio, y resto de compuestos químicos). En la fase de tejido se han mantenido los procesos industriales con datos secundarios. En la fase de teñido, se han tenido en cuenta la neutralización, teñido, enjabonado, lavado en caliente, hidroextracción, secado, acondicionamiento y servicios auxiliares. En la fase de corte y confección se han utilizado mismos datos primarios industriales proporcionados por Rajlakshmi Cotton Mills Ltd, pero se ha convertido la parte de generación de electricidad renovable de la empresa a electricidad convencional de origen nacional. Por último, en la fase de distribución y venta se han igualado los transportes y se ha incluido el packaging de polímero del producto convencional, así como el transporte respectivo del packaging.

3.2.2 CAMISETA DE ALGODÓN ORGÁNICO Y COMERCIO JUSTO (CJ)

Como referencia de **prenda orgánica y de comercio justo** se ha establecido la **camiseta de talla M de 145 g de algodón de la marca Amahau Salvia Veraluna** procedente de India, que forma parte de la línea de moda sostenible de la ONG Oxfam-Intermón. Esta prenda ha sido fabricada bajo estándares de comercio justo y GOTS (Global Organic Textile Standard).



Figura 2. Camiseta Amahau Salvia Veraluna orgánica (producción bajo el estándar GOTS) y de comercio justo comercializada por Oxfam-Intermón en el mercado español. El algodón ha sido producido por Chetna Organic Farmer Association y confeccionado por Rajlakshmi Cotton Mills Ltd., ambas en India. La camiseta es de Talla M de 145g de peso y packaging biodegradable de celulosa.

El **cultivo de algodón** de la camiseta se realiza por la Asociación Chetna Organic Farmer Association en India, en el estado de Odisha. En los campos se ha reportado una producción media de 1.500 kg de algodón por hectárea y año. Se diferencia con el cultivo convencional por tener semillas de origen orgánico, no tener aditivos inorgánicos, hacer uso de compost orgánico y pesticidas orgánicos de producción local.

Cabe destacar que, además de ser de cultivo ecológico y comercio justo, se realiza sin regadío. La cantidad de agua de lluvia anual se estima que es 1.100 l/m2 (Indian Meteorological Department, 2024).

La prenda orgánica cuenta con dos certificaciones clave que garantizan su sostenibilidad y responsabilidad social: Fairtrade International y GOTS (Global Organic Textile Standard).

En las fases industriales de **hilado, tejido y teñido** se han modelizado los consumos de energía, agua y materiales asociados a los procesos textiles del contexto orgánico y de comercio justo analizado. En hilado se incluye el uso de un blanqueante orgánico, mientras que el teñido incorpora distintos productos químicos y auxiliares de

proceso. Por tanto, la diferencia respecto al modelo convencional se debe a las características específicas de cada proceso. En la fase de **desmotado** ambos modelos son similares.

En la fase de **corte y confección**, se utilizan datos primarios industriales proporcionados por Rajlakshmi Cotton Mills Ltd. En esta etapa, la empresa genera 12,00 Wh de electricidad fotovoltaica por cada camiseta confeccionada. Este aporte representa el 5% del consumo eléctrico total (246,18 Wh), evitando así el consumo equivalente de energía eléctrica de la red nacional.

En la fase de **packaging y distribución** se han tenido en cuenta las distancias a recorrer vía terrestre y marítima desde Odisha (India) hasta Euskadi. El packaging utilizado en su venta es de celulosa completamente biodegradable.

3.3 RAZONES PARA REALIZAR EL ESTUDIO

Existen dos razones principales para realizar este estudio. Por una parte, la gran inconsistencia que existe en el contexto científico sobre la mejora en desempeño ambiental del textil de procesos orgánicos y de comercio justo. Y por otra parte, contribuir:

Al entorno científico; para poder valorar las mejoras de los productos orgánicos.
A las autoridades políticas: para que establezcan las nuevas normativas para consumo textil sostenible.
A las personas consumidoras finales de las prendas; permitiéndoles comprender los impactos ambientales que se evitan mediante la elección de determinadas prendas. Fomentando con ello su responsabilidad.
Y, por último, a **la industria textil** y cadenas comercializadoras; para que reviertan los impactos desde la misma cadena productiva.

En última instancia, el trabajo busca generar información que permita avanzar hacia una industria textil más sostenible, ética y transparente **fomentando la concienciación sobre la necesidad de aumentar la trazabilidad y la transparencia** de cada proceso.

3.4 PÚBLICO OBJETIVO

El público objetivo se distingue en 4 sectores:

Entorno Universitario. A través de la publicación de los resultados realizados con una metodología científica se pretende ir avanzando hacia la reducción de la desviación típica en definición de impactos de productos orgánicos.
Policy Makers. La aplicación de leyes nacionales ha sido históricamente necesaria para eliminar el uso de algunas sustancias dañinas para la salud y el medioambiente. Este estudio pretende ser un documento de referencia para que puedan valorar la transición hacia productos textiles orgánicos de bajo impacto ambiental.
Personas consumidoras de textil. En última instancia, el poder de decisión recae en las personas consumidoras, quienes pueden elegir un producto valorando no solo sus características estéticas, sino incorporando el desempeño ambiental en su criterio de compra.
Agentes de la industria textil y comercializadoras. La industria textil debe de ser social y ambientalmente sostenible. Las nuevas investigaciones pueden ayudarle a identificar los procesos más contaminantes y transitar hacia una industria de bajo impacto.

4. ALCANCE DEL ESTUDIO

4.1 UNIDAD FUNCIONAL O DECLARADA

La unidad funcional es una camiseta de algodón, tamaño M de 145,0 g de peso, producida en India y comercializada en Euskadi. Las mismas características de masa y origen se han utilizado para el producto convencional y orgánico. El producto convencional ha sido producido en Gujarat, y sin embargo las distancias de transporte han sido unificadas al orgánico (con origen en Odisha) para evitar que se generen diferencias que alteren el resultado.

A su vez, se ha realizado una unificación en las masas de ambas camisetas, como se muestra en la Tabla 5. Como consecuencia de los rendimientos propios de cada proceso y las mermas asociadas a las transformaciones del algodón, se ha homogeneizado el rendimiento de las masas. Para la identificación de los rendimientos de cada proceso se han utilizado datos primarios (Chetna Organic Farmer Association) y bibliográficos (Ecoquery, 2024).

Proceso	Pérdida de masa (%)	Flujo principal de salida (g)
1. Cultivo	-	521,47
2. Desmotado	-66,66	173,82
3. Hilado	-5,00	165,13
4. Tejido	-1,00	163,48
5. Teñido	-00	163,48
6. Corte y confección	-11,58	145,00
7. Distribución y venta	-00	145,00

Tabla 5. Pérdida de masa entre las etapas del proceso de producción de una camiseta de algodón.

Así, se ha estipulado que para producir una camiseta de 145,0 g se necesitan 521,47 g de algodón cosechado, que se transforma en 173,82 g de fibra de algodón, 165,13 g de hilo y 163,48 g de tela.

4.2 LÍMITES DEL SISTEMA

El análisis de ciclo de vida (ACV) de ambas camisetas se ha realizado bajo el alcance “De Cultivo hasta Distribución y Venta”. Esta elección metodológica es deliberada, dado que otros estudios que han optado por el enfoque “De la Cuna a la Tumba” distorsionan los impactos ambientales de los textiles al atribuir más del 60% de las emisiones de CO2-eq a las fases de uso y fin de vida del producto (Carrillo Mihura, 2024).

El objetivo de este estudio es comparar los impactos asociados exclusivamente a la producción. Las fases de uso y fin de vida útil de las camisetas no están directamente relacionadas con la modalidad de su fabricación, por lo que se decidió excluirlas.

En la Figura 3 se muestran los límites del sistema y el diagrama de flujos para la camiseta de algodón orgánico. Se muestra sólo los datos de la camiseta orgánica ya que es la que se ha elaborado con datos primarios. La camiseta de algodón convencional ha sido analizada con los mismos límites de sistema para tener resultados comparables.

El ciclo de vida de la producción de ambas camisetas se ha unificado. Los procesos homogeneizados se pueden dividir en siete fases que se enmarcan en tres etapas: UPSTREAM (cultivo y desmotado), CORE (hilado, tejido, teñido y corte y confección) y DOWNSTREAM (Packaging y distribución), como ya se muestra en la Figura 3.

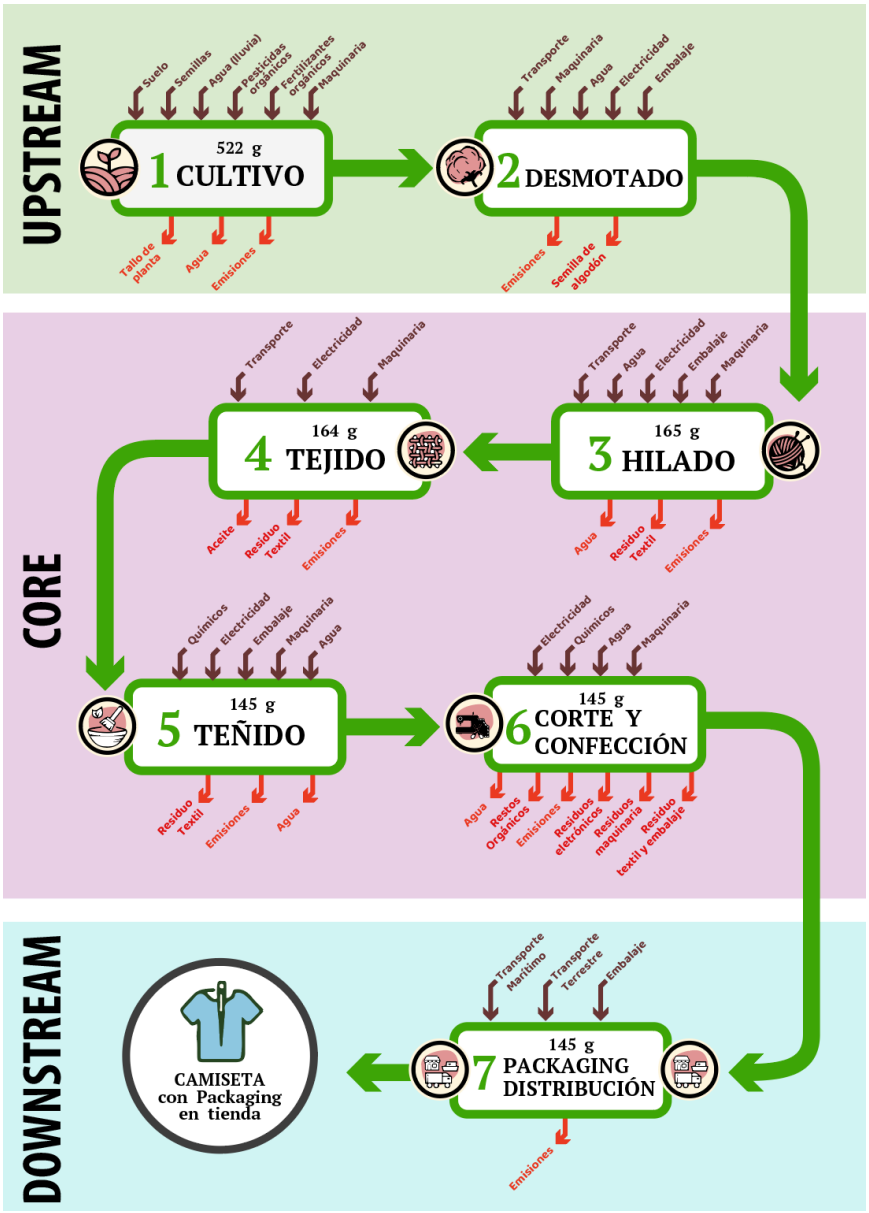


Figura 3: Diagrama de flujo de los límites del sistema y sus 3 etapas: UPSTREAM, CORE, DOWNTREAM para el algodón orgánico.

4.3 ESTANDARIZACIÓN DE FASES

Las siete fases productivas por las que transita el algodón antes de su venta como prenda en comercio final se han estandarizado. Se ha utilizado como referencia de análisis la norma de Product Category Rules (PCR): Apparel, except fur and leather apparel de Environdec (UN CPC 282). Seguir la PCR contribuye a garantizar la coherencia metodológica en términos de recopilación de datos, selección de categorías de impacto e interpretación de los resultados.

Fase 1: Cultivo. El proceso comienza con el cultivo del algodón, donde se emplean semillas (convencionales u orgánicas) y se hace uso de fertilizantes y pesticidas sintéticos en convencional, o de insumos preparados in situ como compost y pesticidas, en el orgánico. En este estudio el cultivo convencional consume agua de regadío, mientras que el orgánico de comercio justo analizado consume sólo agua de lluvia. Ambos modelos hacen uso de mano de obra y maquinaria para la siembra y cosecha, pero el orgánico con menor tasa de industrialización.

Fase 2: Desmotado. El algodón obtenido en la cosecha es separado de las semillas y otros residuos vegetales para generar fibra. Este proceso consume energía y genera residuos de la planta y agua. La eficiencia del desmotado es clave para minimizar desperdicios y optimizar la calidad del algodón procesado.

Fase 3: Hilado. El algodón procesado se convierte en hilo mediante procesos mecánicos que requieren energía, principalmente eléctrica. Se generan residuos como hilachos y emisiones de maquinaria. La optimización de esta fase puede reducir el impacto ambiental con estrategias como el uso de energía renovable y la gestión eficiente de residuos. En este estudio, dentro del proceso de hilado se ha incluido el blanqueo, que será químico u orgánico dependiendo del producto final.

Fase 4: Tejido. Los hilos de algodón se transforman en tela mediante procesos de tejido. Este proceso consume energía y genera residuos textiles en forma de trozos de tela sobrante. Dependiendo de la tecnología utilizada, el consumo eléctrico y los residuos pueden variar significativamente.

Fase 5: Teñido. El proceso de teñido requiere grandes cantidades de agua, colorantes y otros productos químicos y orgánicos. En la camiseta orgánica el proceso de teñido se realiza siguiendo estándares ambientales estrictos, reduciendo el uso de productos tóxicos y optimizando el consumo de agua.

Fase 6: Corte y confección. La tela teñida se corta y se confeccionan prendas de vestir. Esta etapa involucra mano de obra y maquinaria de costura, generando residuos textiles en forma de recortes de tela.

Fase 7: Packaging y distribución. La prenda terminada es transportada y distribuida para su comercialización. Esta etapa implica emisiones asociadas al transporte y al uso de embalajes.

4.4 CRITERIO DE CORTE CUT-OFF

Se ha respetado la PCR “Apparel, except fur and leather apparel de Environdec (UN CPC 282)”, y se incluirán los datos de los flujos elementales hacia y desde el sistema de producto que contribuyan mínimamente hasta el 99% de los impactos ambientales declarados.

4.5 REGLAS DE ASIGNACIÓN

El estudio sigue un enfoque atribucional de Análisis de Ciclo de Vida. En cultivo y desmotado se ha aplicado una asignación por masa para distribuir las cargas ambientales entre los distintos productos y subproductos generados. En concreto, los impactos se reparten en función de la masa entre la fibra de algodón, las semillas de algodón y los tallos de algodón. Así, la totalidad de las cargas ambientales no se atribuye exclusivamente a la fibra destinada a la fabricación de la camiseta, sino que se reparte entre las diferentes salidas del sistema de acuerdo con su masa.

4.6 LÍMITE TEMPORAL DE LOS DATOS

Los datos primarios son de la temporada 2023-2024, proporcionados por Chetna Organic Farmer Association y por Rajlakshmi Cotton Mills Ltd. Los datos secundarios de la base de datos Ecoinvent datan de años anteriores, pero han sido estandarizados para la versión 3.11 de Ecoinvent comercializada en noviembre del 2024.

4.7 INFORMACIÓN Y CALIDAD DE LOS DATOS

Los datos utilizados para la composición del inventario material de la camiseta convencional son secundarios de la base de datos (Ecoquery, 2024), ajustados siempre a las unidades funcionales de la masa de la camiseta definida, así como en distancias de transporte.

Los datos utilizados para las fases 1, 2 del algodón orgánico y de comercio justo han sido facilitados por Chetna Organic Farmer Association, a través de la ONGD Oxfam-Intermón. Los de las fases 6 y 7 del algodón orgánico han sido recabados por Rajlakshmi Cotton Mills Ltd. y facilitados para el estudio por Oxfam-Intermón. Por último, las fases 3, 4 y 5 han sido modeladas a través de datos secundarios de la bibliografía analizada ante la falta de trazabilidad detectada en la cadena de abastecimiento del algodón orgánico con certificado GOTS, que se hace por certificados de masas de entrada.

4.8 METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

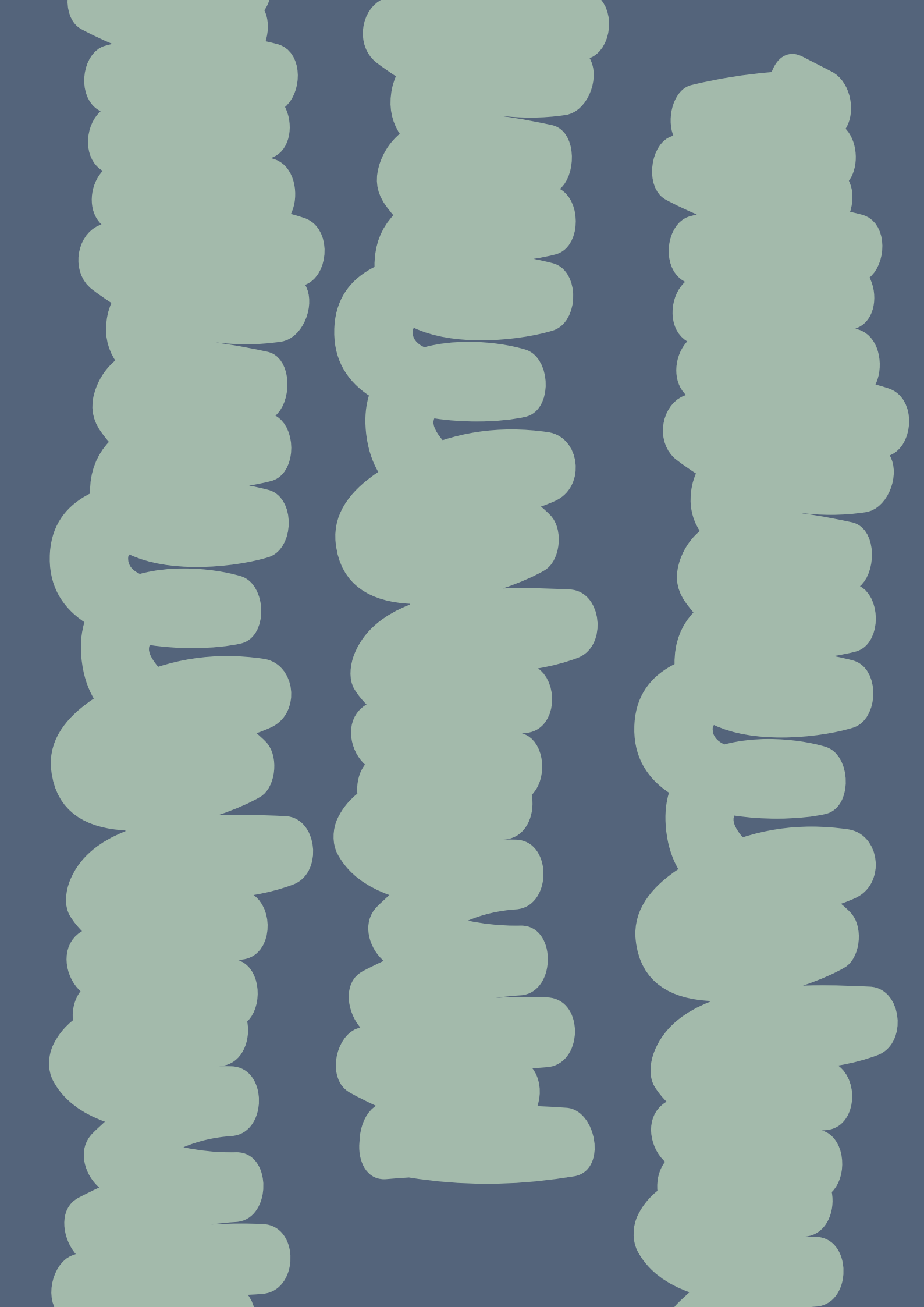
El estudio se ha realizado mediante un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) siguiendo los requisitos de la norma ISO 14040 y ISO 14044. Se han analizado las fases de producción desde la cuna hasta la puerta. Se ha utilizado la herramienta de software OpenLCA y la base de datos Ecoinvent versión 3.11, comercializada en noviembre del año 2024. La metodología seleccionada para realizar el análisis es ReCiPe 2016 v1.03. Se ha elegido por su precisión, como en otros estudios de LCA; hoy en día el uso de ReCiPe duplica el número de estudios realizados con CML o ILCD (Rybaczewska-Błażejowska and Jezierski, 2024). Se ha utilizado la visualización de categorías de impactos Midpoint Hierárquico (H) para poder visualizar los indicadores de compuestos químicos concretos estandarizados.

4.9 INDICADORES DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

A pesar de que se han calculado las 18 categorías de impacto dispuestas con la metodología ReCiPe 2016 v1.03 Midpoint (H), se han seleccionados 4 por su relevancia ambiental para la cadena textil, comparabilidad con literatura reciente y capacidad para mostrar los trade-offs principales del caso.

1. Potencial cambio climático
2. Ecotoxicidad terrestre
3. Ecotoxicidad de agua dulce
4. Uso de agua

En primer lugar, se ha seleccionado la categoría de potencial de cambio climático porque es el principal referente para medición de huellas. En segundo lugar, las dos categorías de ecotoxicidad, sea terrestre, sea de agua dulce ya que son determinantes para cuantificar el impacto de las emisiones de contaminantes a suelo y agua. Por último, se opta por el consumo de agua porque, como se ha mencionado en el contexto, el cultivo del algodón consume el 6,5% del agua de regadío a nivel mundial.



5. INVENTARIO DE CICLO DE VIDA (ICV)

A continuación, se muestra el inventario del proceso aguas arriba de la camiseta de algodón orgánico y con certificado de comercio justo elaborado utilizando una combinación de fuentes de datos primarios. No se muestra el inventario del algodón convencional al tratarse de datos secundarios, ajustados a las unidades funcionales marcadas por la propia investigación.

5.1 FASE 1: CULTIVO

La Tabla 6 detalla los flujos necesarios para obtener 521,5 g de algodón orgánico cosechado. Este cultivo se lleva a cabo en Madingpadar, Odisha, donde Chetna Organic Farmer Association reporta un rendimiento de 1500 kg/ha. Dado que la ubicación presenta un clima húmedo, el cultivo no requiere riego. Por lo tanto, los flujos de agua se han considerado como flujos elementales de la naturaleza para su cuantificación en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), con 1.100 l/m2año (Patra et al., 2012).



FASE 1: CULTIVO ORGÁNICO

FLUJOS DE ENTRADA

Flujo	Unidad	Cantidad	Fuente	Comentarios
Semilla de algodón orgánico para siembra	g	0,521	Primaria	Semillas certificadas no modificadas genéticamente
Compost (Orgánico)	kg	3,476	Primaria	Preparados por agricultores(10 t/ha)
Diésel, para combustión en maquinaria agrícola	Wh	0,869	Primaria	Labranza mecánica parcial (5%) (0.01 MWh/l)
Extracto de hoja Top Ten	ml	173,8	Primaria	Pesticida natural
Jiyamruth y Beej Amruth (fertilizante orgánico)	ml	347,6	Primaria	Estiércol y orina de vaca, jaggery, harina de garbanzo y tierra
Extracto de Neem (NSKE 5%)	ml	7,476	Primaria	Bioinsecticida (20 kg/ha)
Uso de suelo	ha*a	3,48E-04	Primaria	Cultivo anual (1500 kg/ha)
Agua de lluvia	l	3.824,00	Patra et. Al. 2012	Agua lluvia (1100 l/m2)
Dióxido de carbono en agua	kg	0,837	Secundaria	Fotosíntesis

FLUJOS DE SALIDA

Flujo	Unidad	Cantidad	Fuente	Comentarios
Algodón cosechado	g	521,471	Primaria	
Tallo de algodón (residuo)	g	417,177	Primaria	
Amoníaco	g	2,376	Secundaria	Ecoinvent
Monóxido de dinitrógeno	g	0,526	Secundaria	Ecoinvent
Nitrato	g	91,848	Secundaria	Ecoinvent
Óxidos de nitrógeno	g	0,962	Secundaria	Ecoinvent
Fosfato	g	0,287	Secundaria	Ecoinvent
Fósforo	g	3,078	Secundaria	Ecoinvent
Agua de lluvia	l	-	Estimación	

Tabla 6. Inventario de ciclo de vida de cultivo de algodón orgánico para camiseta de 145 g.

5.2 FASE 2: DESMOTADO

La Tabla 7 presenta los flujos asociados a la segunda fase, el desmotado del algodón. Esta información fue proporcionada por Chetna Organic Farmer Association y corresponde a una planta de desmotado ubicada en la misma región que los campos de cultivo, a 3 km de distancia.

FASE 2: DESMOTADO DE ALGODÓN ORGÁNICO.

FLUJOS DE ENTRADA			
Flujo	**Unidad**	**Cantidad**	**Fuente**
Diésel, quemado en maquinaria agrícola (0,01 MWh/l)	Wh	106,92	Primaria
Electricidad, voltaje medio, Mix de India	Wh	0,24	Primaria
Embalaje, polietileno de baja densidad	g	2,00	Primaria
Agua potable	g	22,81	Primaria
Transporte de carga en trailer a diésel, en agricultura (3 km)	kg*km	1,56	Primaria

FLUJOS DE SALIDA			
Flujo	**Unidad**	**Cantidad**	**Fuente**
Algodón orgánico desmotado	**g**	**173,82**	**Primaria**
Semilla de algodón (residuo)	g	347,65	Primaria

Tabla 7. Inventario de ciclo de vida desmotado de algodón orgánico para camiseta 145 g.



5.3 FASE 3: HILADO

En la Tabla 8 se muestra el inventario generado para la fase de hilado que convierte la fibra de algodón en hilo y que se ha modelado con datos secundarios.

FASE 3: HILADO DE ALGODÓN ORGÁNICO

FLUJOS DE ENTRADA			
Flujo	**Unidad**	**Cantidad**	**Fuente**
Diésel, quemado en conjunto generador diésel-eléctrico	Wh	10,25	Primaria
Electricidad de bajo voltaje	Wh	273,15	Primaria
Lejía orgánica	g	165,13	Primaria
Aceite lubricante	g	0,02	Secundaria
Embalaje, polietileno de baja densidad	g	0,11	Primaria
Transporte en camión de 7,5-16 toneladas métricas, diésel, (1359 km)	kg*km	236,23	Primaria
Agua de pozo en suelo	l	2,80	Primaria

FLUJOS DE SALIDA			
Flujo	**Unidad**	**Cantidad**	**Fuente**
Hilo de algodón	g	165,13	Secundaria
Aceite mineral residual	g	0,02	Secundaria
Residuos de hilado y textiles	g	8,26	Secundaria
Agua residual	l	2,24	Secundaria
Agua	l	0,56	Secundaria

Tabla 8. Inventario de ciclo de vida de hilado de algodón orgánico para camiseta de 145 g.

5.4 FASE 4: TEJIDO

La conversión del hilo en tejido o tela sucede en la fase de tejido cuyo inventario puede observarse en la Tabla 9. Al igual que la fase precedente, se ha modelado con datos secundarios dada la falta de trazabilidad del tejido.

FASE 4: TEJIDO DE ALGODÓN ORGÁNICO

FLUJOS DE ENTRADA			
Flujo	**Unidad**	**Cantidad**	**Fuente**
Diésel, quemado en conjunto generador diésel-eléctrico	Wh	8,44	Secundaria
Electricidad de bajo voltaje, India	Wh	271,24	Secundaria
Aceite lubricante	g	0,08	Secundaria
Transporte en camión de 7,5-16 toneladas métricas, diésel, (1988 km)	kg*km	328,00	Primaria

FLUJOS DE SALIDA			
Flujo	**Unidad**	**Cantidad**	**Fuente**
Textil de algodón de punto	g	163,48	Secundaria
Aceite mineral residual	g	0,08	Secundaria
Residuo textil	g	1,63	Secundaria

Tabla 9. Inventario de ciclo de vida de tejido de algodón orgánico para camiseta de 145 g.

5.5 FASE 5: TEÑIDO

En cuanto al teñido orgánico se ha modelizado combinando información obtenida de la literatura con la base de datos Ecoinvent, como se muestra en la Tabla 10.

FASE 5: TINTURA DE ALGODÓN ORGÁNICO

FLUJOS DE ENTRADA

Flujo	Unidad	Cantidad	Fuente
Ácido acético	g	0,70	Secundaria (ecoinvent + Murugesh et al., 2013)
Químico orgánico	g	8,23	Secundaria (ecoinvent + Murugesh et al., 2013)
Aire comprimido	l	98,09	Secundaria (ecoinvent + Murugesh et al., 2013)
Diésel, quemado en conjunto generador diesel-eléctrico	Wh	397,77	Secundaria (ecoinvent + Murugesh et al., 2013)
Electricidad de bajo voltaje	Wh	92,82	Secundaria (ecoinvent + Murugesh et al., 2013)
Calor	Wh	1092,21	Secundaria (ecoinvent + Murugesh et al., 2013)
Peróxido de hidrógeno (solución 50%)	g	3,270	Secundaria (ecoinvent “preparación de tinte”)
Film de polietileno	g	0,11	Secundaria (ecoinvent)
Polipropileno, granulado	g	0,41	Primaria
Jabón	g	2,29	Secundaria (ecoinvent + Murugesh et al., 2013)
Carbonato de sodio	g	5,72	Secundaria (ecoinvent “preparación de tinte”)
Hidróxido de sodio (solución 50%)	g	29,43	Secundaria (ecoinvent + Murugesh et al., 2013)
Sulfato de sodio, anhidrita	g	34,33	Secundaria (ecoinvent + Murugesh et al., 2013)
Agua potable	l	7,86	Secundaria (ecoinvent + Murugesh et al., 2013)
Transporte de camión diésel de 7,5-16t	kg-km	319,28	Primaria

FLUJOS DE SALIDA

Flujo	Unidad	Cantidad	Fuente
Fibra de algodón teñida por lotes	g	**163,48**	Secundaria (ecoinvent + Murugesh et al., 2013)
Agua residual de producción textil	l	13,602	Secundaria (ecoinvent + Murugesh et al., 2013)
Agua	l	3,400	Secundaria (ecoinvent + Murugesh et al., 2013)

Tabla 10. Inventario de ciclo de vida de teñido de algodón orgánico para camiseta de 145 g.

5.6 FASE 6: CORTE Y CONFECCIÓN

La Tabla 11 se corresponde con el inventario de la fase de corte y confección. Se ha realizado con fuentes primarias de información de la empresa Rajlakshmi Cotton Mills de Calcuta, donde se lleva a cabo la confección de las camisetas Veraluna.

FASE 6: CORTE Y CONFECCIÓN

FLUJOS DE ENTRADA			
Flujo	**Unidad**	**Cantidad**	**Fuente**
Químico, orgánico	gr	3,75	Secundario (ecoinvent)
Diésel de generadores	Wh	36,71	Primario (Rajlakshmi)
Electricidad comprada, India	Wh	234,18	Primario (Rajlakshmi)
Electricidad fotovoltaica	Wh	12,00	Primario (Rajlakshmi)
Gas para caldera	MJ	0,009	Primario (Rajlakshmi)
Agua	l	4,11	Primario (Rajlakshmi)
Transporte de carga en camión (50 km)	kg*km	8,17	Primario (Rajlakshmi)
Cartón	g	1,01	Primario (Rajlakshmi)
Envoltorio de papel	g	1,08	Primario (Rajlakshmi)
Dispositivos electrónicos usados	g	0,07	Primario (Rajlakshmi)
Film LDPE	g	0,14	Primario (Rajlakshmi)
Aceite lubricante	g	0,03	Primario (Rajlakshmi)
Biorresiduo	g	2,26	Primario (Rajlakshmi)
FLUJOS DE SALIDA			
Flujo	**Unidad**	**Cantidad**	**Fuente**
Camiseta orgánica de comercio justo manufacturada	**g**	**145,00**	Primario (Rajlakshmi)
Residuos de papel de empaque	g	1,08	Primario (Rajlakshmi)
Residuos orgánicos de cantina	g	2,26	Primario (Rajlakshmi)
Otros residuos	g	8,83	Primario (Rajlakshmi)
Lodos de pretratamiento de agua	ml	0,93	Primario (Rajlakshmi)
Refrigerante R134a	g	1,59E-04	Secundario (estimación)
Refrigerante R32	g	6,83E-04	Primario (Rajlakshmi)
Residuos electrónicos	kg	0,07	Primario (Rajlakshmi)
Grasa y aceite usada	kg	0,03	Primario (Rajlakshmi)
Empaque de cartón	g	1,01	Primario (Rajlakshmi)
Polietileno	kg	0,14	Primario (Rajlakshmi)
Residuos textiles	g	0,19	Primario (Rajlakshmi)
Residuos industriales de agua	l	3,11	Secundario (ecoinvent)
Residuos domésticos de agua	l	1,00	Primario (Rajlakshmi)

Tabla 11. Inventario de ciclo de vida de corte y confección de camiseta de algodón orgánico de 145 g.

5.7 FASE 7: PACKAGING Y DISTRIBUCIÓN

La última etapa analizada se refiere a la distribución y venta de las camisetas. La Tabla 12 muestra los valores de este proceso final para la llegada de la camiseta a su destino para ser expuesta a venta. El packaging biodegradable se realiza en la misma empresa de confección, Rajlakshmi Cotton Mills de Calcuta.

FASE 7: PACKAGING Y DISTRIBUCIÓN

FLUJOS DE ENTRADA			
Flujo	**Unidad**	**Cantidad**	**Fuente**
Embalaje de papel (Veraluna)	g	11,10	Primaria (Oxfam Intermón)
Transporte terrestre (India); 22km.	kg*km	3,43	Primaria Howrah-Calcutta
Transporte terrestre (España); 647 km.	kg*km	101,00	Primaria Valencia-Bilbao
Transporte marítimo (12.745km).	kg*km	1989,57	Primaria Calcuta-Valencia

FLUJOS DE SALIDA			
Flujo	**Unidad**	**Cantidad**	**Fuente**
Camiseta en tienda	**g**	**145,00**	**Primaria (Oxfam Intermón)**

Tabla 12. Inventario de ciclo de vida de distribución y venta de camiseta de algodón orgánico de 145 g.

6. RESULTADOS: EVALUACIÓN DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA (EICV)

6.1 RESULTADOS GENERALES

En general se observa que en 16 de las 18 categorías de impacto existe una reducción en las afecciones que genera la prenda orgánica y de comercio justo. La media de reducción es del 25,6%. Principalmente en las categorías de Eutrofización marina, con un 64,5% menos, Agotamiento de ozono, 62,2% y Acidificación terrestre, un 47,7%.

CATEGORÍA DE IMPACTO			CAMISETA M DE 145G		Potencial de reducción
	Nombre	Unidad	Convencional	Orgánica y CJ	
1	Acidificación terrestre	kg SO2-Eq	0.03	0.01	-47.70%
2	**Potencial de Cambio climático**	kg CO2-Eq	3.97	2.90	-26.88%
3	**Ecotoxicidad de agua dulce**	kg 1,4-DCB-Eq	0.24	0.16	-31.62%
4	Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB-Eq	0.31	0.22	-30.84%
5	**Ecotoxicidad terrestre**	kg 1,4-DCB-Eq	9.17	7.83	-14.66%
6	Recursos energéticos: no renovables, fósiles	kg oil-Eq	0.92	0.76	-17.02%
7	Eutrofización: agua dulce	kg P-Eq	3.25E-03	4.66E-03	43.46%
8	Eutrofización: marina	kg N-Eq	0.02	0.01	-64.49%
9	Toxicidad humana: carcinogénica	kg 1,4-DCB-Eq	0.60	0.42	-30.36%
10	Toxicidad humana: no carcinogénica	kg 1,4-DCB-Eq	9.03	6.46	-28.41%
11	Radiación ionizante	kBq Co-60-Eq	0.08	0.05	-34.16%
12	Uso del suelo	m2*a crop-Eq	3.23	3.72	15.13%
13	Recursos materiales: metales/minerales	kg Cu-Eq	0.07	0.04	-31.94%
14	Agotamiento de la capa de ozono	kg CFC-11-Eq	1.86E-05	7.04E-06	-62.21%
15	Formación de partículas	kg PM2.5-Eq	0.01	0.01	-33.78%
16	Formación de oxidantes fotoquímicos: salud humana	kg NOx-Eq	0.02	0.01	-20.94%
17	Formación de oxidantes fotoquímicos: ecosistemas terrestres	kg NOx-Eq	0.02	0.01	-20.64%
18	Uso de agua	m3	0.03	0.02	-23.78%
				Promedio	-25.60%

Tabla 13. Resultados de las 18 categorías para la camiseta analizada en la versión convencional y en la versión orgánica y de comercio justo.

6.2 POTENCIAL DE CAMBIO CLIMÁTICO

La Tabla 14 y Figura 4 presentan los valores de emisiones equivalentes de dióxido de carbono (kgCO2-eq); destaca la reducción generada por la camiseta de algodón orgánico y comercio justo. La producción convencional genera 3,97 kgCO2-eq, y la orgánica, 2,90 kgCO2-eq, es decir, un 26,9% menos.

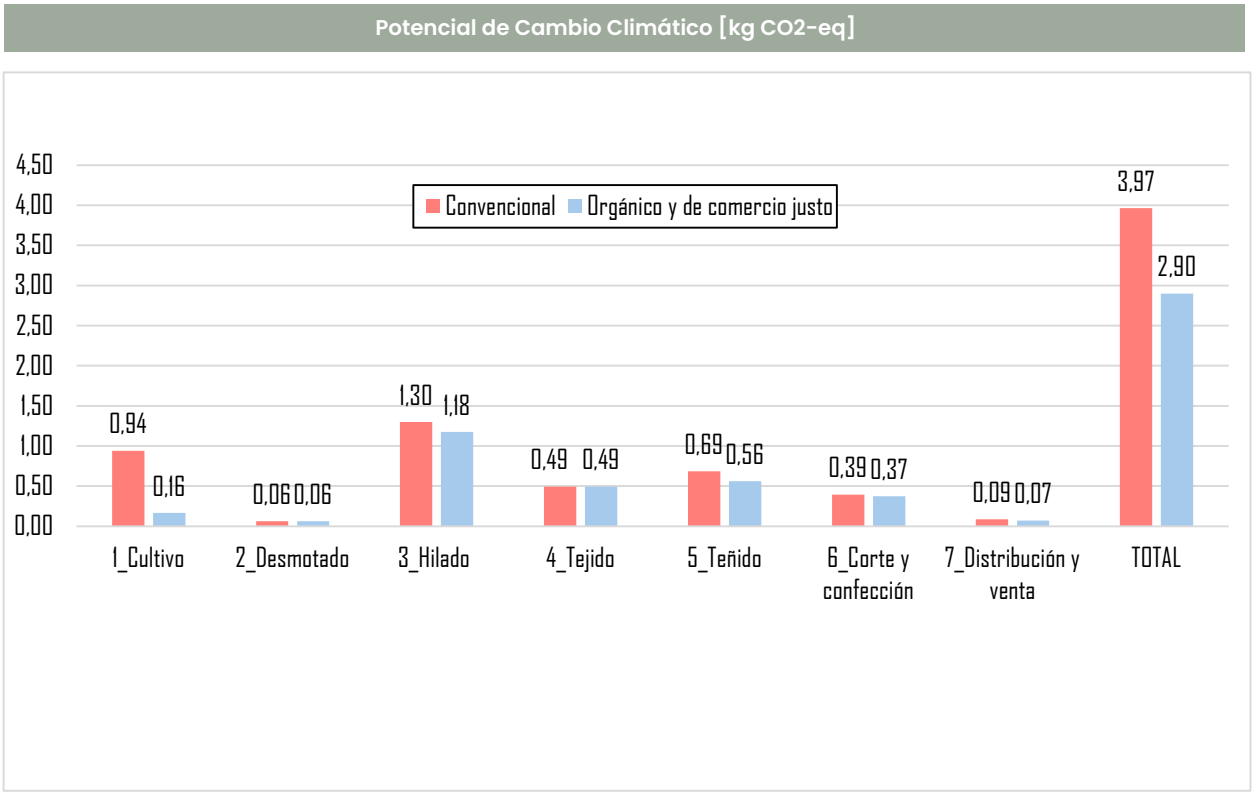
Por orden de impactos, la reducción más significativa se observa en la fase de cultivo: el impacto ambiental del algodón orgánico es un 82,5% menor. Debido principalmente a la minimización del uso de productos químicos sintéticos (fertilizantes y pesticidas). Además, aunque no es una característica intrínseca del orgánico, en el caso de este estudio, en el cultivo orgánico también existe una reducción del uso de la maquinaria que favorece la reducción de emisiones. Este hecho supone reducir el impacto de la agricultura de un 23,73% al 5,68%.

Potencial de Cambio Climático [kg CO2-Eq]					
	Convencional		Orgánico y CJ		Reducción
1_Cultivo	0,94	23,73%	0,16	5,68%	-82,5%
2_Desmotado	0,06	1,54%	0,06	2,10%	0,0%
3_Hilado	1,30	32,79%	1,18	40,55%	-9,6%
4_Tejido	0,49	12,47%	0,49	17,05%	0,0%
5_Teñido	0,69	17,33%	0,56	19,33%	-18,4%
6_Corte y confección	0,39	9,95%	0,37	12,85%	-5,5%
7_Distribución y venta	0,09	2,20%	0,07	2,43%	-19,2%
TOTAL	3,97	100,00%	2,90	100,00%	-26,9%

Tabla 14. Comparación de potencial de cambio climático por fase del ciclo de vida para camiseta de algodón orgánico vs. convencional (kg CO_2-eq por unidad de 145 g)

Sería también mencionable que, en la fase de distribución y venta, con una acción sencilla como cambiar el packaging de material sintético y de origen fósil a renovable, se ha conseguido una reducción del 19,2% resultando la 2ª fase con mayor reducción. En tercer lugar, en la fase de teñido se observa una reducción del -18,4%, debido al uso de insumos compatibles con los requisitos GOTS.

La fase de corte y confección experimenta una reducción gracias a la adopción de las energías renovables en la generación de la electricidad consumida.



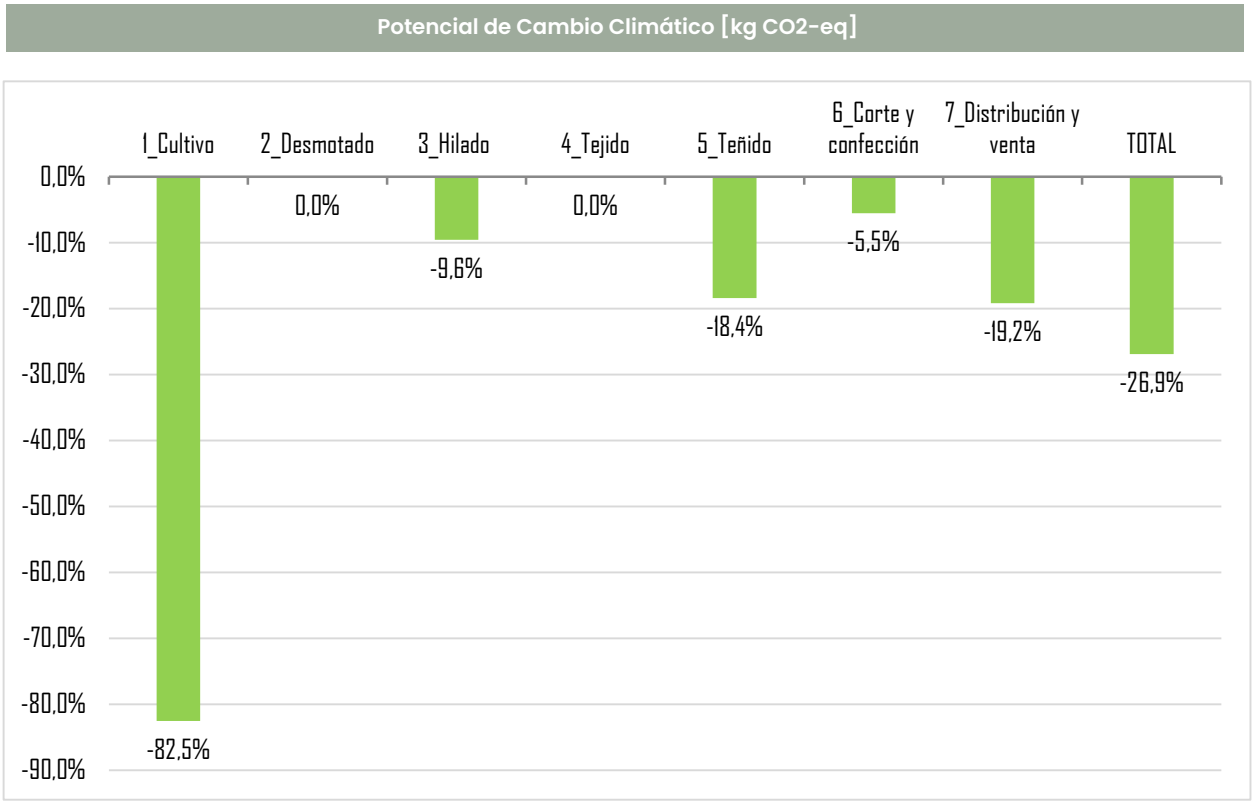


Figura 4. Comparación de potencial de cambio climático por fase del ciclo de vida para camiseta de algodón orgánico y de comercio justo y su análogo convencional (kg CO_2-eq por unidad de 145 g).

6.3 ECOTOXICIDAD TERRESTRE

La camiseta orgánica ha mostrado una reducción del 14,66% en ecotoxicidad terrestre. En la Tabla 15 y Figura 5 se muestra que, mientras que la versión convencional alcanza los 9,17 kg 1,4-DCB-eq, la de algodón orgánico genera un impacto total de 7,83 kg 1,4-DCB-eq.

Ecotoxicidad Terrestre [kg 1,4-DCB-eq]					
	Convencional		Orgánico y CJ		Reducción
1_Cultivo	1,26	13,72%	0,001	0,02%	-99,9%
2_Desmotado	0,13	1,37%	0,13	1,61%	0,0%
3_Hilado	2,47	26,92%	2,35	30,07%	-4,7%
4_Tejido	1,68	18,27%	1,68	21,41%	0,0%
5_Teñido	2,73	29,81%	2,73	34,90%	-0,1%
6_Corte y confección	0,39	4,22%	0,40	5,12%	3,5%
7_Distribución y venta	0,52	5,69%	0,54	6,88%	3,3%
TOTAL	9,17	100,00%	7,83	100,00%	-14,66%

Tabla 15. Comparación de ecotoxicidad terrestre por fase del ciclo de vida para camiseta de algodón orgánico vs. convencional (kg 1,4-DCB-eq por unidad de 145 g)

La mayor diferencia entre ambos modelos se encuentra nuevamente en la fase de cultivo, donde la camiseta orgánica presenta una reducción del 99,9% respecto a la convencional. En la versión convencional, esta etapa representa el 13,72% del total, frente al 0,02% de la orgánica.

Mencionar que en las fase de desmotado, tejido y teñido no se producen cambios sustanciales. Mientras, las de corte y confección y distribución y venta tienen un impacto mayor que el modelo convencional, en torno al 3%.

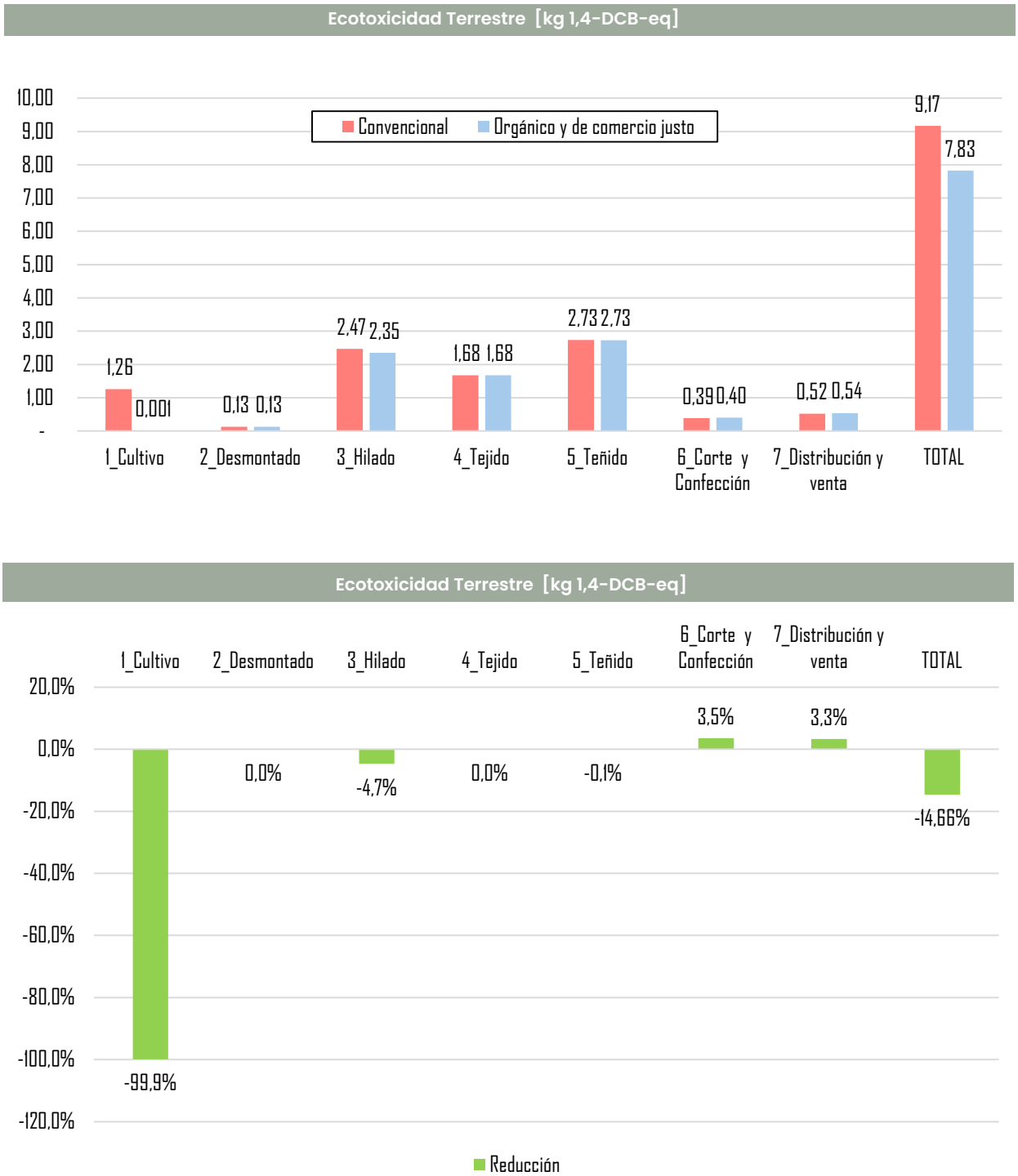


Figura 5. Comparación de ecotoxicidad terrestre por fase del ciclo de vida para camiseta de algodón orgánico vs. convencional (kg 1,4-DCB-eq por unidad de 145 g).

6.4 ECOTOXICIDAD DE AGUA DULCE

Según la Tabla 16 y Figura 6 de ecotoxicidad de agua dulce, la camiseta de algodón orgánico genera un impacto total de 161,73 g 1,4-DCB eq equivalente, mientras que la camiseta convencional alcanza los 236,53 kg 1,4-DCB-eq. Esto supone una reducción del 31,62% a favor del modelo orgánico.

Ecotoxicidad de Agua Dulce [g 1,4-DCB-eq]					
	Convencional		Orgánico y CJ		Reducción
1_Cultivo	56,11	23,72%	0,03	0,02%	-99,9%
2_Desmotado	2,80	1,18%	2,80	1,73%	0,0%
3_Hilado	75,57	31,95%	62,91	38,90%	-16,8%
4_Tejido	24,14	10,20%	24,13	14,92%	0,0%
5_Teñido	63,01	26,64%	57,57	35,60%	-8,6%
6_Corte y confección	12,61	5,33%	12,35	7,64%	-2,1%
7_Distribución y venta	2,29	0,97%	1,94	1,20%	-15,2%
TOTAL	236,53	100,00%	161,73	100,00%	-31,62%

Tabla 16. Comparación de ecotoxicidad de agua dulce por fase del ciclo de vida para camiseta de algodón orgánico vs. convencional (g 1,4 DCB eq por unidad de 145 g)

La diferencia más notable vuelve a encontrarse en la fase de cultivo, donde el impacto de la orgánica es un 99,9% menor. En la versión convencional, el cultivo representa el 23,72% del total, mientras que en el orgánico su aporte es prácticamente nulo.

Las etapas más relevantes en ambos modelos son el hilado, el teñido y el tejido. En la camiseta orgánica, el hilado aporta el 38,90%, mientras que el teñido muestran una presencia del 35,60% y el tejido el 14,92%.



Figura 6. Comparación de ecotoxicidad de agua dulce por fase del ciclo de vida para camiseta de algodón orgánico vs. convencional (g 1,4-DCB-eq por unidad de 145 g).

6.5 CONSUMO DE AGUA

Según la Tabla 17 y la Figura 7, la producción orgánica muestra una capacidad de ahorro de agua del 23,78%. La mayor reducción se da en el cultivo, un 98,7% del consumo. El certificado orgánico no exige prescindir del regadío. Sin embargo, este tipo de cultivo facilita la absorción natural y el ciclo del agua en general, debido a los fertilizantes y métodos de control de plagas utilizados (Sharma et al., 2025).

Uso de Agua [litros, l]					
	Convencional		Orgánico y CJ		Reducción
1_Cultivo	6,62	26,38%	0,09	0,45%	-98,7%
2_Desmotado	0,22	0,86%	0,22	1,12%	0,0%
3_Hilado	7,67	30,58%	8,19	42,84%	6,8%
4_Tejido	1,79	7,13%	1,79	9,34%	-0,2%
5_Teñido	6,78	27,00%	6,95	36,36%	2,6%
6_Corte y confección	1,48	5,89%	1,42	7,42%	-3,9%
7_Distribución y venta	0,54	2,15%	0,47	2,47%	-12,7%
TOTAL	25,09	100,00%	19,13	100,00%	-23,78%

Tabla 17. Comparación de uso de agua por fase del ciclo de vida para camiseta de algodón orgánico vs. convencional (l por unidad de 145 g)

La siguiente fase más destacable es la de distribución y venta que consume un 12,7% de agua menos en orgánico.

En el contexto de la producción orgánica, la fases de hilado destaca por un mayor consumo hídrico y, por detrás, el teñido. Ello se debe al uso de blanqueantes y tintes orgánicos y no sintéticos, que tienen menos capacidad de blanqueo, por lo que se necesita un volumen mayor para alcanzar el nivel deseado. Sin embargo, el argumento más importante a favor de este proceso es que los insumos utilizados están asociados a una menor ecotoxicidad, favoreciendo una menor alteración de los ecosistemas vinculados al ciclo del agua.

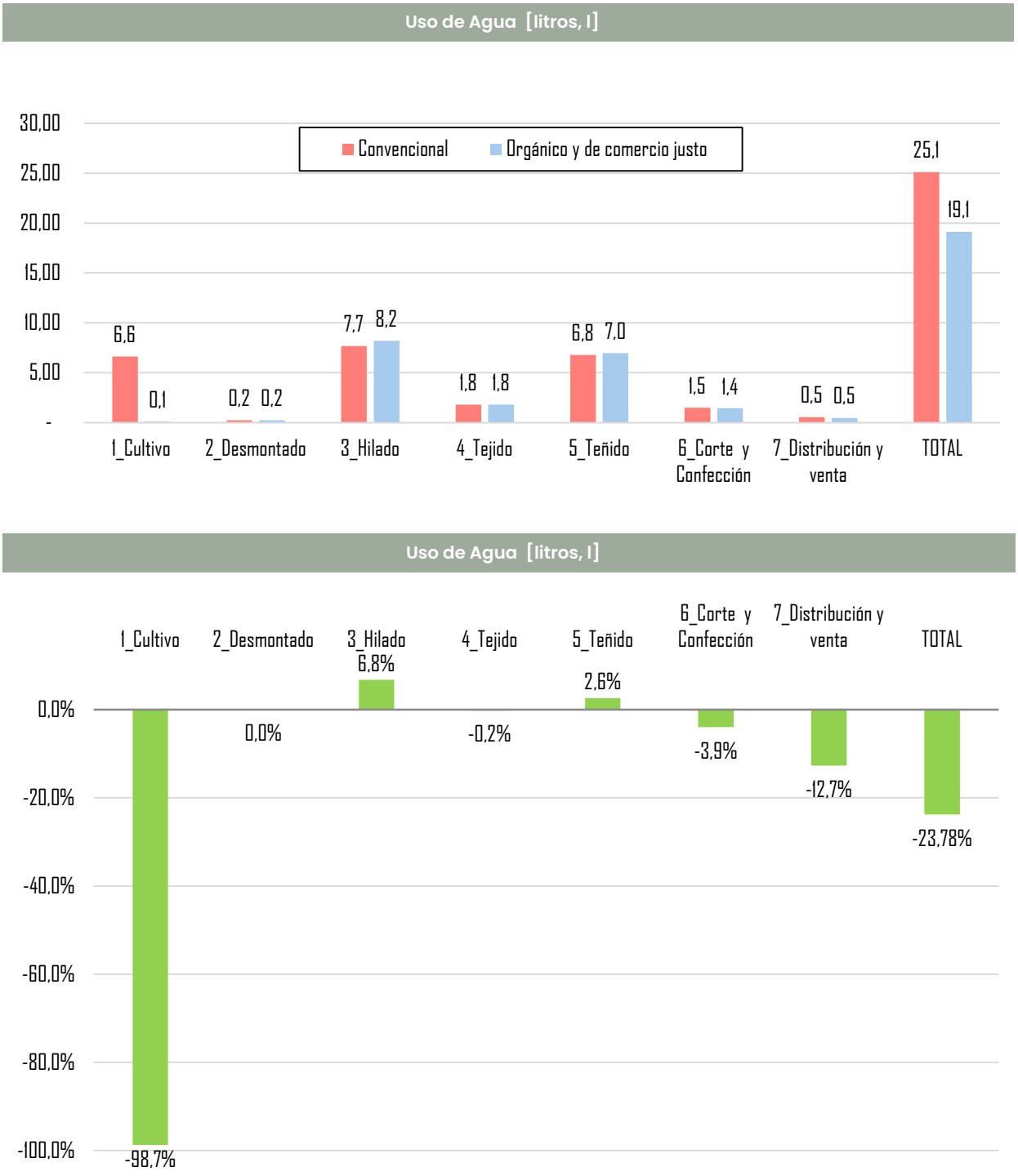


Figura 7. Comparación de consumo de agua por fase del ciclo de vida para camiseta de algodón orgánico vs. convencional (l por unidad de 145 g).

7. CONCLUSIONES

7.1 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

El análisis bibliográfico realizado ha puesto de manifiesto una significativa falta de acuerdo en la literatura científica respecto a los impactos ambientales de las prendas textiles.

- Se han identificado desviaciones típicas de hasta 124,5% en las comparativas entre prendas de algodón orgánico y convencional en el potencial de cambio climático. De media se establece que las camisetas orgánicas emiten un 36% menos de CO2-eq. Con reducciones de hasta un 70% en la fase de hilado y 50% en emisiones de la fase de corte y confección. Sin embargo, la elevada variación hace dudar de los resultados.

- La variabilidad es aún mayor en otras categorías de impacto, donde los resultados comparativos entre el algodón orgánico y el convencional varían hasta en 163% (Ecotoxicidad Terrestre), 172% (Ecotoxicidad de agua dulce) y 146% (Consumo de Agua). La falta de consenso en las cifras es, por lo tanto, notoria.

7.2 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE LA CAMISETA SELECCIONADA

La producción textil orgánica y de comercio justo presenta impactos consistentemente inferiores a su análoga convencional.

- Las Emisiones de gases de calentamiento global de las prendas orgánicas son un 26,9% inferiores (2,90 kg CO2-eq frente a 3,97kg CO2-eq).
- Se observa una reducción del 14,7% en la ecotoxicidad terrestre y del 31,6% en la de agua dulce.
- El consumo de agua se reduce en un 23,8% con respecto al producto convencional.

Las mayores mejoras ambientales se producen durante el cultivo del algodón. En el sistema orgánico y de comercio justo analizado, el impacto asociado al calentamiento global durante esta fase se reduce un 82,5%. Sin embargo, cuando analizamos la cadena completa, desde el campo hasta la tienda, esta reducción es del 26,9%. La principal diferencia durante el cultivo se debe a la ausencia de fertilizantes y pesticidas sintéticos, al cultivo de secano frente al uso de riego y a un menor consumo de diésel.

El consumo de agua durante el cultivo disminuye un 98,7%. En el caso estudiado, el algodón orgánico se cultiva exclusivamente con agua de lluvia, mientras que el sistema convencional incorpora agua de riego. Sin embargo, al considerar todas las etapas de producción y distribución de la camiseta, la reducción total del consumo de agua es del 23,8%.

Las mayores diferencias en ecotoxicidad también aparecen en el campo. Durante el cultivo, tanto la ecotoxicidad en agua dulce como la terrestre se reducen aproximadamente un 99,9%, principalmente por evitar el uso de fertilizantes y pesticidas sintéticos. Pero cuando analizamos toda la cadena, la reducción es del 31,6% para la ecotoxicidad en agua dulce y del 14,7% para la ecotoxicidad terrestre.

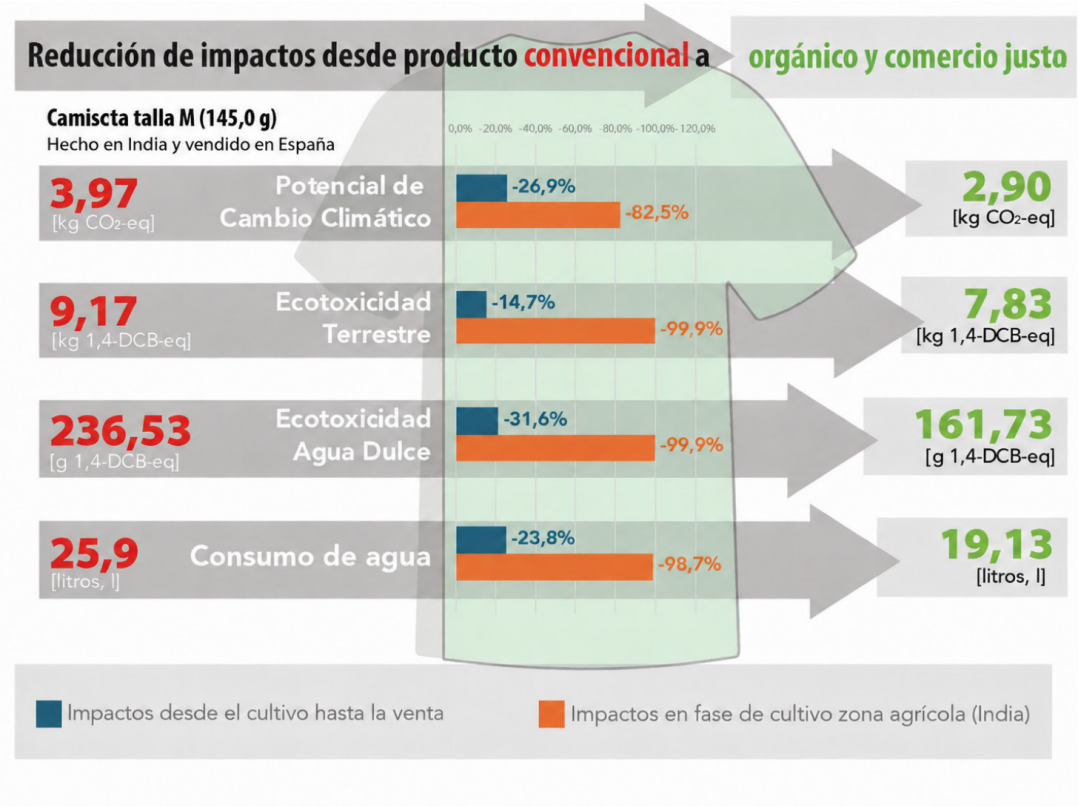


Figura 8: Resumen de la reducción de impactos ambientales de la camiseta de algodón orgánico y CJ, con respecto al convencional.

7.3 CONCLUSIONES APLICADAS A DECISIONES DE CONSUMO

En la cadena de suministro estudiada el contexto orgánico y de comercio justo reduce las cuatro categorías de impacto analizadas entre un 14,7 y 31,6%. Lo más relevante es que casi la totalidad de esa mejora se percibe en el cultivo en India. Por tanto, consumir estas prendas, más allá de ser una decisión individual, es una herramienta poderosa para limitar los daños de nuestro consumo en el Sur Global, contribuyendo a reducir los impactos climáticos asociados a la producción textil.

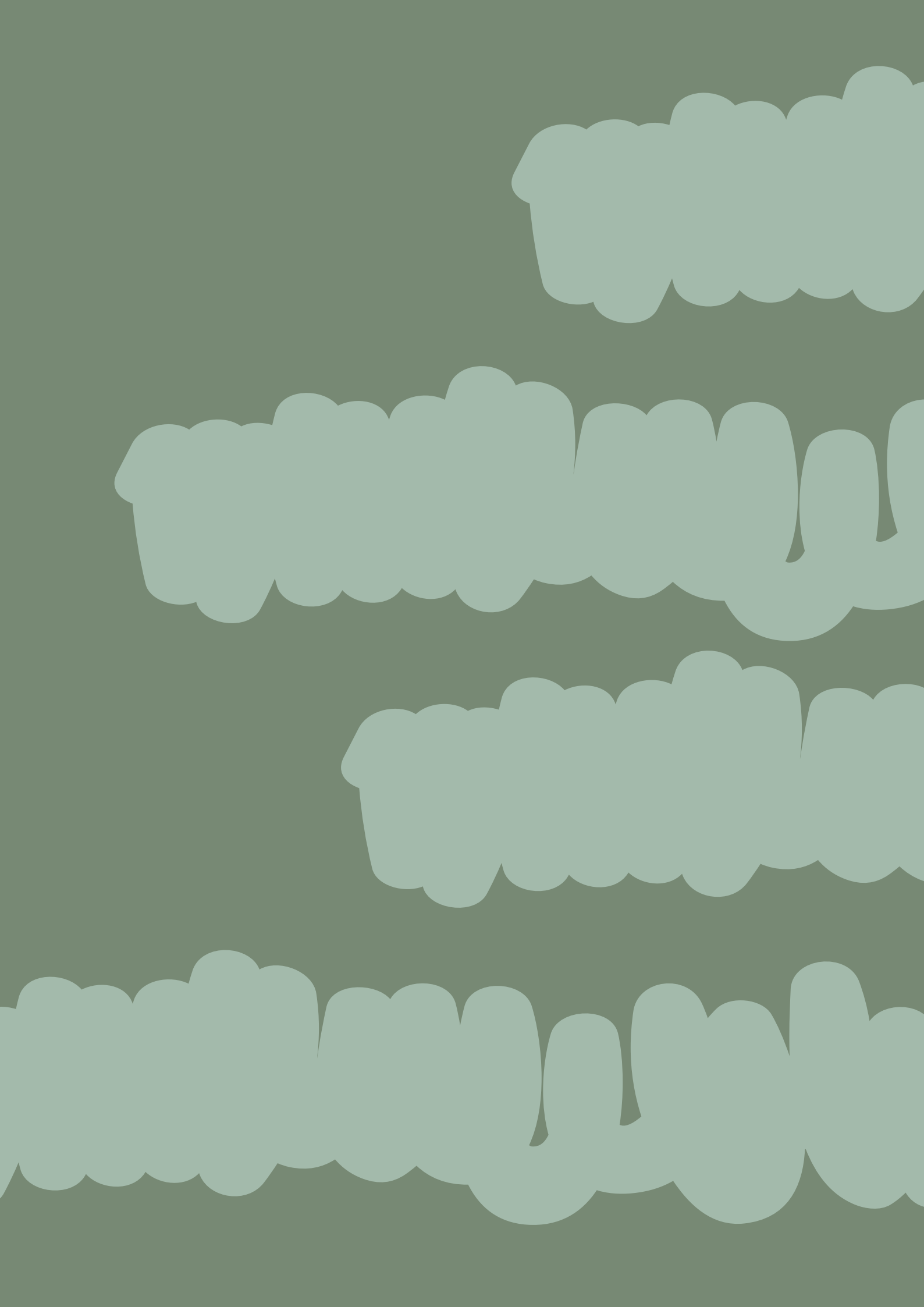
Sin embargo, los productos orgánicos y de comercio justo tienen una capacidad limitada para revertir el cambio climático a escala global. La reducción media del 25,6% en las 18 categorías de impacto analizadas es insuficiente por sí sola para frenar patrones degenerativos o la pérdida de biodiversidad. Por ello, debe ir acompañada necesariamente de una reducción neta en el volumen de consumo textil.

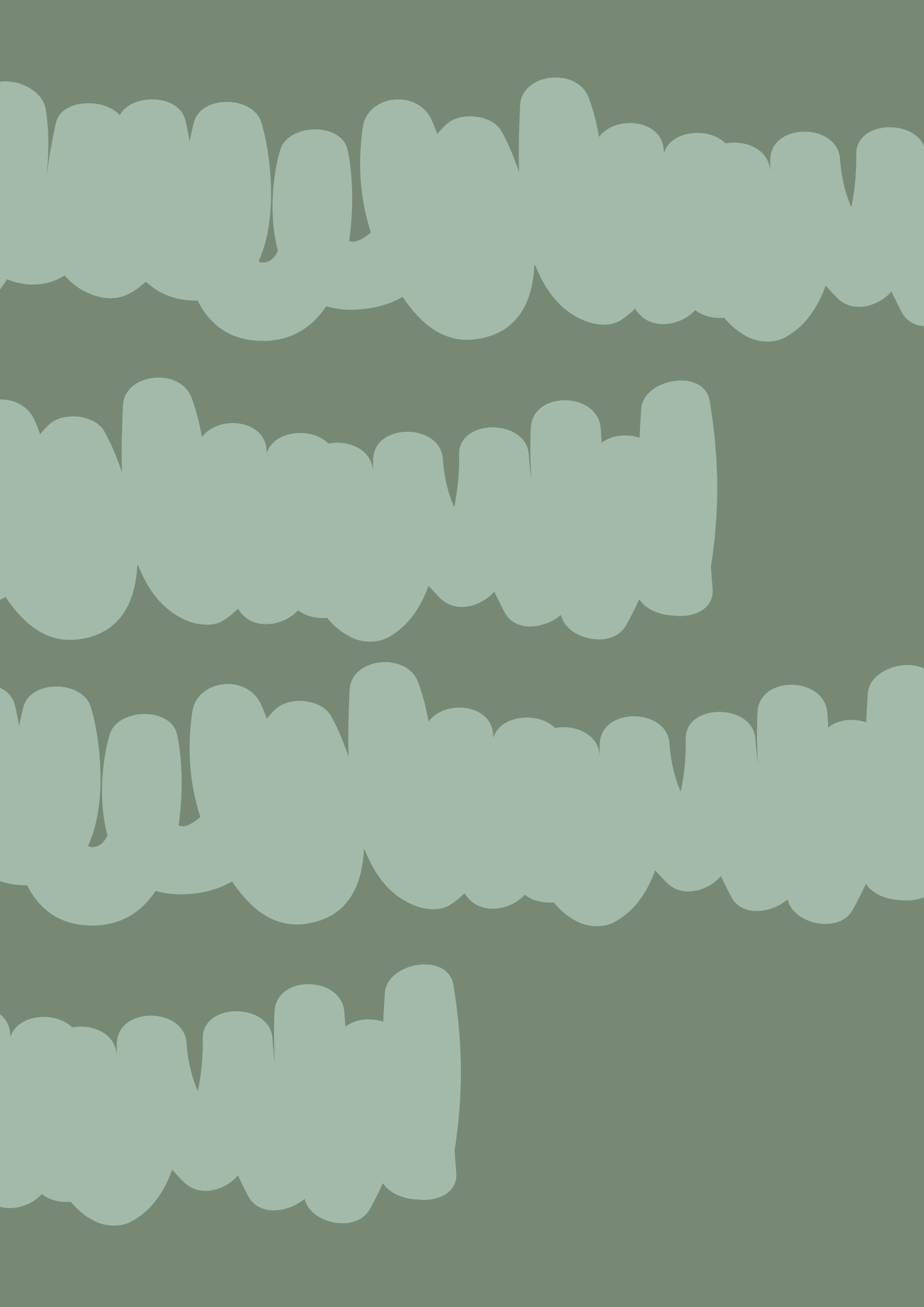
La investigación muestra que mejorar las prácticas agrícolas puede reducir de forma muy importante determinados impactos ambientales en el origen, pero que esas mejoras solo se reflejan parcialmente en el producto final. Cuando disminuyen los impactos asociados al cultivo, procesos industriales como el hilado y el teñido pasan a convertirse en los principales puntos críticos de la cadena. La energía utilizada, el tratamiento de las aguas residuales, los productos químicos, los materiales y la logística continúan influyendo en el impacto ambiental de la camiseta.

En definitiva, incluir mejoras en el cultivo del algodón es importante, pero no suficiente. Avanzar hacia un sector textil con menor impacto requiere actuar también sobre los procesos industriales, utilizar sistemas energéticos de menor impacto y mejorar la gestión de las aguas residuales. Y, junto con estas mejoras en la producción, se reconoce la necesidad de reducir el consumo global de productos textiles para disminuir su impacto ambiental a nivel global.









8. REFERENCIAS

Albert, S., Bloem, E., 2023. Ecotoxicological methods to evaluate the toxicity of bio-based fertilizer application to agricultural soils – a review. Sci. Total Environ. 879, 163076. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163076.

Aldalbahi, A., El-Naggar, M.E., El-Newehy, M.H., Rahaman, M., Hatshan, M.R., Khattab, T.A., 2021. Effects of technical textiles and synthetic nanofibers on environmental pollution. Polymers 13, 155. https://doi.org/10.3390/ polym13010155.

Amicarelli, V., Bux, C., Spinelli, M.P., Lagioia, G., 2022. Life cycle assessment to tackle the take-make-waste paradigm in the textiles production. Waste Management 151, 10–27. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.07.032

Atkar, A., Pabba, M., Chandra Sekhar, S., Sridhar, S., 2021. Current limitations and challenges in the global textile sector, in: Fundamentals of Natural Fibres and Textiles. Woodhead Publishing, pp. 741–764. https://doi. org/10.1016/B978-0-12-821483-1.00004-8.

Balmford, A., Amano, T., Bartlett, H., Chadwick, D., Collins, A., Edwards, D., Field, R., Garnsworthy, P., Green, R., Smith, P., Waters, H., Whitmore, A., Broom, D.M., Chara, J., Finch, T., Garnett, E., Gathorne-Hardy, A., Hernan-dez-Medrano, J., Herrero, M., Hua, F., Latawiec, A., Misselbrook, T., Phalan, B., Simmons, B.I., Takahashi, T., Vau-se, J., zu Ermgassen, E., Eisner, R., 2018. The environmental costs and benefits of high-yield farming. Nat Sustain 1, 477–485. https://doi.org/10.1038/s41893-018-0138-5.

Bansal, M., Jani, G., Gadani, M., Mehta, P., 2025. Beejamrit: An eco-friendly seed biopriming tool for sustainable agriculture. Int. J. Agric. Food Sci. 7 (12). https:// doi.org/10.33545/2664844X.2025.v7.i12i.1106. Part I.

Bick, R., Halsey, E., Ekenga, C.C., 2018. The global environmental injustice of fast fashion. Environmental Health 17, 92. https://doi.org/10.1186/s12940-018-0433-7.

Carbonfact, 2025. Fabric [WWW Document]. URL https://www.carbonfact.com/carbon-footprint/fabric (accessed 11.12.25).

Carrillo Mihura, M., 2024. Análisis del Impacto Ambiental de la Fabricación de Prendas de Algodón en España. Chukalla, A.D., Mekonnen, M.M., Gunathilake, D., Wolkeba, F.T., Gunasekara, B., Vanham, D., 2025. Global spatially explicit crop water consumption shows an overall increase of 9% for 46 agricultural crops from 2010 to 2020. Nat Food 6, 983–994. https://doi.org/10.1038/s43016-025-01231-x.

Cundubey, F.S., Azgin, S.T., 2024. Comparative life cycle assessment of denim manufacturing: evaluating conventional vs. recycled cotton in the context of renewable energy. J. Clean. Prod. 434, 140117. https://doi.org/10.1016/j. jclepro.2023.140117.

de la Cruz, V.Y.V., Tantriani, Cheng, W., Tawaraya, K., 2023. Yield gap between organic and conventional farming systems across climate types and sub-types: a meta- analysis. Agric. Syst. 211, 103732. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103732..

Ecoquery, 2024. market for seed-cotton, organic - Global - seed-cotton, organic | ecoQuery [WWW Document].URL https://ecoquery.ecoinvent.org/3.11/cutofl/dataset/20625/documentation (accessed 11.12.25).

Ellen MacArthur Foundation, 2025. Fashion and the circular economy [WWW Document]. URL https://www. ellenmacarthurfoundation.org/fashion-and-the-circular-economy-deep-dive (accessed 11.12.25).

EPD International, 2025. Environmental Product Declaration in Accordance With ISO 14025 for Trofta, High vis Green T-shirt Class 3 7860 GPST [WWW Document]. EPD Int.. URL. https://epd-environdec-app.azurewebsites.net/library/epd16319.

European Environment Agency, 2025. Consumption of clothing, footwear, other textiles in the EU reaches new record high [WWW Document]. URL https://www.eea.europa.eu/en/newsroom/news/consumption-of-clothing-foo-twear-other-textiles-in-the-eu-reaches-new-record-high (accessed 11.12.25).

Fairtrade International, 2025. What is Fairtrade International [WWW Document]. URL https://www.fairtrade. net/en.html (accessed 11.10.25).

FAO/UN, 2024. Prácticas sostenibles para el manejo del algodón de la agricultura familiar en el Ecuador. FAO; ABC/MRE; https://doi.org/10.4060/cc9597es.

FLOCERT, 2025. FLOCERT – fairness in global trade | flocert.net [WWW Document]. FLOCERT. URL https:// www.flocert.net/ (accessed 11.10.25).

Galloway, K., 2024. The environmental impact of cotton production. International Science Council. URL https:// council.science/blog/the-environmental-impact-of-cotton-production/ (accessed 11.10.25).

Gonçalves, A., Baêta, M., Nagy, M., Silva, C., 2024. Looking for Environmental Scoring: A Case Study of a Portu-guese Cotton White T-Shirt Made with Recycled Fiber. Sustainability 16, 5896. https://doi.org/10.3390/su16145896.

Goyal, J., Singh, R., Kaur, H., Singh, K., 2018. Intra-industry efficiency analysis of Indian textile industry: a meta-frontier DEA approach. International Journal of Law and Management 60, 1448–1469. https://doi.org/10.1108/IJLMA-05-2017-0108.

Huijbregts, M.A.J., Steinmann, Z.J.N., Elshout, P.M.F., Stam, G., Verones, F., Vieira, M., Zijp, M., Hollander, A., van Zelm, R., 2017. ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. Int. J. Life Cycle Assess. 22, 138–147. https://doi.org/10.1007/s11367-016-1246-y.

Indian Meteorological Department, 2024. Rainfall Statistics of India

Karumari, R., Sailaja, P., 2024. A Study on the Import and Export of Textile and Apparel Goods Industries in India. ComFin Research 12, 225–229. https://doi.org/10.34293/commerce.v12iS1-Feb.7586.

Kasten, M.K., Witte, F., Sponagel, C., Bahrs, E., K¨ohler, T., Morini` ere, J., Grass, I., 2024. Mineral-ecological cropping systems mitigate biodiversity-productivity trade-offs of the organic vs. conventional farming dichotomy. Npj Sustain. Agric. 2, 29. https:// doi.org/10.1038/s44264-024-00034-0.

Kazan, H., Akgul, D., Kerc, A., 2020. Life cycle assessment of cotton woven shirts and alternative manufacturing techniques. Clean Techn Environ Policy 22, 849–864. https://doi.org/10.1007/s10098-020-01826-x.

Khadse, A., Rosset, P.M., Morales, H., Ferguson, B.G., 2018. Taking agroecology to scale: the zero budget natural farming peasant movement in Karnataka, India. J. Peasant Stud. 45 (1), 192–219. https://doi.org/10.1080/03066150.2016.1276450.

Klümper, W., Qaim, M., 2014. A meta-analysis of the impacts of genetically modified crops. PLoS ONE 9, e111629. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111629.

Leman, M., 2025. 4 reasons why fast fashion will never be green. Greenpeace International. URL https://www.greenpeace.org/international/story/73504/4-reasons-why-fast-fashion-will-never-be-green/ (accessed 11.10.25).

Lowenfels, J., 2013. Teaming with Nutrients: The Organic Gardeners Guide to Optimising Plant Nutritition.

Malagi, A., Chachadi, A.H., 2013. Innovative Hr Practices to Improve Socio-Economic Conditions of Women Workers in Garment Industry - An Empirical Study. IOSR Journal of Business and Management 9, 16–21. https://doi.org/10.9790/487X-0961621.

Malagi, D.A., 2013. Innovative Hr Practices to Improve Socio-Economic Conditions of Women Workers in Garment Industry - An Empirical Study. IOSR Journal of Business and Management. https://doi.org/10.9790/487X-0961621.

Manibharathi, S., Somasundaram, S., Parasuraman, P., Subramanian, A., Ravichandran, V., Manikanda Boopathi, N., 2025. Interaction of compact varieties, nitrogen levels and deficit sub-surface drip irrigation on growth and yield of cotton under high-density planting system. Plant Sci. Today 12 (3), 1–13. https://doi.org/ 10.14719/pst.8695.

Mehmeti, A., Abdelhafez, A.A.M., Ellssel, P., Todorovic, M., Calabrese, G., 2024. Performance and Sustainability of Organic and Conventional Cotton Farming Systems in Egypt: An Environmental and Energy Assessment. Sustainability 16, 6637. https://doi.org/10.3390/su16156637.

Ministry of Textile India, 2023. Annexure-VII-Cotton Sector.

Mishra, V., 2025. Fast fashion fuelling global waste crisis, UN chief warns | UN News [WWW Document]. URL https://news.un.org/en/story/2025/03/1161636 (accessed 11.10.25).

Montoya Flores, M.L., Salhofer, S., 2025. Environmental assessment of cotton textile production in Peru: A case study for a cotton T-shirt. Science of The Total Environment 970, 179031. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179031.

Ms.Anupama, Ms.A., 2013. Innovative HR practices to improve socio-economic conditions of women workers in garment industry - an empirical study. IOSR J. Bus. Manag. 9, 16–21. https://doi.org/10.9790/487X-0961621.

Murugesh, K.B., Selvadass, M., 2013. Life cycle assessment for the dyeing and finishing process of organic cotton knitted fabrics. Journal of Textile and Apparel, Technology and Management 8.

Niinimäki, K., Peters, G., Dahlbo, H., Perry, P., Rissanen, T., Gwilt, A., 2020. The environmental price of fast fashion. Nat Rev Earth Environ 1, 189–200. https://doi.org/10.1038/s43017-020-0039-9.

Patra, J., Mishra, A., Singh, R., Raghuwanshi, N., 2012. Detecting rainfall trends in twentieth century (1871–2006) over Orissa state, India. Clim. Chang. 111, 801–817. https://doi.org/10.1007/s10584-011-0215-5.

Plakantonaki, S., Kiskira, K., Zacharopoulos, N., Chronis, I., Coelho, F., Togiani, A., Kalkanis, K., Priniotakis, G., 2023. A Review of Sustainability Standards and Ecolabeling in the Textile Industry. Sustainability 15, 11589. https://doi.org/10.3390/su151511589.

Ristovska, I., 2025. Fast Fashion: Emanuele Morelli's Visual Provocation. Envi.info. URL https://www.envi.info/2025/05/09/fast-fashion-emanuele-morelli-visual-provocation/ (accessed 11.12.25).

Rybaczewska-Błażejowska, M., Jezierski, D., 2024. Comparison of ReCiPe 2016, ILCD 2011, CML-IA baseline and IMPACT 2002+ LCIA methods: a case study based on the electricity consumption mix in Europe. Int J Life Cycle Assess 29, 1799–1817. https://doi.org/10.1007/s11367-024-02326-6.

Sandin, G., Roos, S., Spak, B., Zamani, B., Peters, G., 2019. Environmental assessment of Swedish clothing consumption – six garments, sustainable futures. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30502.27205.

Schmutz, M., Hischier, R., Som, C., 2021. Factors Allowing Users to Influence the Environmental Performance of Their T-Shirt. Sustainability 13, 2498. https://doi.org/10.3390/su13052498.

Shahid, M., Farooq, M.O., Razaq, M., Adnan, M., Zahid, S., Hussain, A., Shah, F.M., 2023. Organic fertility management in cotton Gossypium hirsutum L. fosters arthropod biodiversity and complements pest suppression. Journal of Applied Entomology 147, 1001–1013. https://doi.org/10.1111/jen.13196.

Shao, L., Li, Y., Jones, T., Santosh, M., Liu, P., Zhang, M., Xu, L., Li, W., Lu, J., Yang, C.- X., Zhang, D., Feng, X., B´ eruB´ e, K., 2022. Airborne microplastics: a review of current perspectives and environmental implications. J. Clean. Prod. 347, 131048. https:// doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131048.

Sharma, S., Yost, M.A., Reeve, J.R., 2025. Roles of Organic Agriculture for Water Optimization in Arid and Semi-Arid Regions. Sustainability 17, 5452. https://doi.org/10.3390/su17125452.

Shen, M., Huang, W., Chen, M., Song, B., Zeng, G., Zhang, Y., 2020. (Micro)plastic crisis: un-ignorable contribution to global greenhouse gas emissions and climate change. J. Clean. Prod. 254, 120138. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120138.

Sivojiene, D., Kacergius, A., Baksiene, E., Maseviciene, A., Zickiene, L., 2021. The influence of organic fertilizers on the abundance of soil microorganism communities, agrochemical indicators, and yield in east Lithuanian light soils. Plants 10, 2648. https://doi.org/10.3390/plants10122648.

Technical summary. In: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Ed.), 2023. Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 35–144. https://doi.org/10.1017/ 9781009157896.002.

UNFCCC, 2018. UN Helps Fashion Industry Shift to Low Carbon | UNFCCC [WWW Document]. URL https://unfccc.int/news/un-helps-fashion-industry-shift-to-low-carbon (accessed 11.12.25).

WFTO, 2023. The WFTO Fair Trade Standard.

Zhang, Y., Liu, X., Xiao, R., Yuan, Z., 2015. Life cycle assessment of cotton T-shirts in China. Int J Life Cycle Assess 20, 994–1004. https://doi.org/10.1007/s11367-015-0889-4.