Análisis del Ciclo de Vida de un jean producido en Argentina

Life-Cycle Assessment of a jean produced in Argentina

Avaliação do Ciclo de Vida de um Jeans produzido na Argentina

Submetido em 21 de julho 2017
Aceito em 13 de março 2018
Disponível em 3 de outubro 2018

Rodolfo Bongiovanni*
Leticia Tuninetti**

*Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Manfredi, Córdoba
bongiovanni.rodolfo@inta.gob.ar (+54 9) 351 3403190
**Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Centro Regional Córdoba

Resumen

El presente estudio tiene por objetivo conocer los impactos ambientales generados en la producción de un jean de hombre producido en Argentina, a través de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y detectar los puntos críticos donde ocurren los mayores aportes a esos impactos. Se define como unidad funcional (UF) a un pantalón de jean de hombre clásico recto talle 34, en la puerta de salida de la industria confeccionadora, para cuya elaboración se necesitan 1,51 kg de fibra de algodón en bruto en el campo, que se convierten en 0,48 kg de algodón desmotado y luego en 0,46 kg de hilo. Este hilo sumado a otros componentes, se convierten en 0,53 kg de tela Denim. Esta tela, más el agregado de avíos, resulta en un peso final de 0,55 kg del pantalón de jean. El trabajo abarca todas las fases productivas del pantalón: 1) producción de fibra de algodón; 2) desmotado; 3) manufactura textil; y 4) confección. Los datos se obtuvieron de: 1) relevamientos a productores, industrias y transportistas, 2) bibliografía, 3) opinión de expertos, 4) balances de las industrias, y 5) base de datos ecoinvent. La información agrícola se agrupó en tres regiones productivas y en seis planteos técnicos, para el año 2014, teniendo en cuenta diferencias tecnológicas. Se relevó una desmotadora típica en San Bernardo, Chaco; una empresa textil representativa de Puerto Tirol, Chaco; y una confeccionadora, en San Pedro, Buenos Aires. Se analizaron cinco categorías de impacto: Calentamiento global, Acidificación, Eutrofización, Adelgazamiento de la capa de ozono, y Oxidación fotoquímica, usando el modelo CML2000, disponible en el software Simapro®8.2. Los resultados indican que el potencial de calentamiento global es de 4,65 kg de CO2eq/ UF, aportando la confección del pantalón el 23% de las emisiones, la producción de

tela Denim 43%, la fabricación del hilo 16%, el desmotado 5% y la producción agrícola 13%. Las emisiones asociadas a la Acidificación son de 0,02kg SO2eq/UF. La tela Denim contribuye con 0,007kg de SO2eq (33%), mientras que la confección aporta 0,006 kg (28%). Las emisiones asociadas a la Eutrofización resultan en 0,007kg PO4eq/UF. La confección del pantalón contribuye con 0,003 kg (44%), mientras que el procesamiento industrial aporta 0,002 kg (25%). Las emisiones asociadas al Adelgazamiento de la Capa de Ozono resultan en 4E-07kg CFC-11eq/UF. La tela Denim contribuye con el 45%, mientras que el cultivo un 18%. Las emisiones relacionadas a la Oxidación Fotoquímica son de 9,8E-04 kg de C2H4eq/UF. La tela Denim aporta el 49% y la confección 28%. Este trabajo logró identificar los puntos críticos de la cadena, marcando un avance en la información disponible para el sector algodonero y textil argentino que busque hacer más eficientes sus procesos, bajo una perspectiva de sustentabilidad.

Palabras clave: *Pantalón. Denim. Huella de carbono. Impacto ambiental*

Abstract

The purpose was to estimate the environmental footprint of a jean produced in Argentina, by means of the Life Cycle Assessment (LCA) method. The specific objective was to assess the impact of a jean for men classic straight size 34. The four key cotton life cycle phases that were examined are: 1) crop production; 2) cotton fiber ginning; 3) textile manufacturing (knits and woven); and 4) cut-and-sew and garment confection. Crop production data were collected for three regions for the year 2014. Ginning operations were surveyed in a typical plant in San Bernardo, Chaco. Data on fabric production for both knit and woven fabrics were collected in a representative mill in Puerto Tirol, Chaco. Impacts were calculated for a functional unit of one pair of jeans for men, at the exit gate of a garment industry, located in San Pedro, Buenos Aires. In order for the jeans to be manufactured, 1.51 kg of cotton must be produced at the farm, which is then converted into 0.48 kg of raw fiber after ginning. In turn, each jean requires 0.46 kg of knits, which convey into 0.53 kg of Denim fabric. Finally, the gears contribute to the final weight of 0.55 kg of the jeans. Five impact categories were evaluated: Global warming potential (GWP), Acidification, Eutrophication, Ozone layer depletion, and Photochemical oxidation using the CML2000 model, in the software Simapro® 8.2. Results indicate that the GWP impact of the jeans is 4.65 kg of CO2eq. Cut-and-sew and garment confection contribute with 23%; production of Denim fabric, 43%; production of knits 16%; ginning 5%; and crop production, 13%. The greatest impacts are in the textile manufacturing phase, due to the use of

energy (electricity and heat). The impacts in the phase of cotton fiber ginning, and in the phase of cut-and-sew and garment confection are due to emissions from the use of LPG and electricity. The emissions associated to Acidification resulted in 0.02 kg SO2eq. Denim fabric contributes with 0.007 kg SO2eq (33%), while the phase of cut-and-sew and garment confection emits 0.006 kg SO2eq (28%). Eutrophication resulted in 0.007 kg PO4e. The largest contributor is cut-and-sew and garment confection, with 0.003 kg PO4e (44%), while Denim fabric releases 0.002 kg (25%). Regarding Ozone layer depletion, the emissions were 4E-07 kg CFC-11eq. The Denim fabric produces 45%, while the crop emits 18%. Emissions related to Photochemical oxidation are 9.8E-04 C2H4eq. Denim fabric contributes with 49%, while cut-and-sew and garment confection, 28%. An LCA was successfully performed on the Argentine cotton chain, identifying the hotspots in the existing farming, hauling and the textile industry, which may be improved for environmental purposes.

Keywords: *Pants. Denim. Carbon footprint. Environmental impact*

Resumo

Este estudo tem por objetivo conhecer os impactos ambientais gerados na produção de uma uma calça Jeans produzida na Argentina, através da metodologia de avaliação do ciclo de vida (ACV) e detectar pontos críticos onde acontecem as principais contribuições para estes impactos. A unidade funcional (UF) definida é uma calça Jeans de homem reta clássica tamanho 34, na porta de saída da indústria têxtil. Para a elaboração da calça são necessários 1,51 kg de fibra de algodão produzidos no campo, que se transformam em 0,48 kg de algodão descaroçado e posteriormente em 0,46 kg de fio. Este fio adicionado a outros componentes se convertem em 0,53 kg de tecido denim. O denim além dos aviamentos e etiqueta adicionados formam a calça que pesa 0,55 kg. Este estudo alcança todas as etapas produtivas do Jeans: 1) produção da fibra de algodão; 2) descaroçamento; 3) indústria têxtil; 4) confecção da calça. Os dados foram levantados diretamente de produtores, da bibliografia, da opinião de especialistas e das bases de dados, tais como ecoinvent. As informações da produção agrícola se agrupam em três regiões e seis modelos tecnológicos para o ano 2014. Foi avaliada uma descaroçadora típica em San Bernardo, Chaco, uma indústria têxtil em Puerto Tirol, Chaco e uma confeccionadora em San Pedro, Buenos Aires. Estudaram-se cinco categorias de impacto: efeito estufa, acidificação, eutrofização, depleção da camada de ozônio e oxidação fotoquímica, usando para isso o método CML 2000, disponível no software Simapro®8.2. Os resultados indicam que o efeito estufa é 4,65 kg de CO2eq/UF, sendo a etapa de confecção da calça responsável pelo

23% das emissões, a fabricação do Denim pelo 43%, a fabricação do fio por 16%, o descaroçamento por 5% e a produção agrícola por 13%. As emissões associadas à Acidificação são de 0,02 kg SO2eq/UF. O Denim contribui com 0,007 kg de SO2eq (33%), e a confecção aporta 0,006 kg (28%). As emissões ligadas à Eutrofização são 0,007 kg PO4eq/UF. A confecção da calça aporta 0,003 kg (44%), enquanto que o processamento industrial aporta 0,002 kg (25%). As emissões associadas à depleção da camada de Ozônio resultam em 4E-07 kg CFC-11eq/UF. O Denim contribui com 45%, e o cultivo agrícola com 18%. As emissões relacionadas à Oxidação Fotoquímica são de 9,8E-04 kg de C2H4eq/UF. O Denim aporta 49% e a confecção 28%. Este estudo identifica os pontos críticos da cadeia, sendo um avanço na informação disponível para o setor algodoeiro argentino, que tenta fazer mais eficientes seus processos, sob uma perspectiva de sustentabilidade.

Palavras-chave: *Calças. Denim. Pegada de carbono. Impacto ambiental*

1. Introducción

Las actividades relacionadas a la producción textil han representado históricamente una de las principales fuentes de ingreso y de empleo de las poblaciones del Noreste y Noroeste argentino. A principios de la década de 1990, el sector algodonero experimentó precios récord en el mercado internacional, con la apertura de la economía y registros históricos en superficie, producción y volúmenes exportados, superando el millón de hectáreas sembradas. Sin embargo, a fines de la misma década, la caída en los precios internacionales, la volatilidad de los mercados, el posicionamiento tecnológico de cultivos competidores, junto con adversidades climáticas, provocaron la parálisis y retroceso del algodón en el país (Elena, Piedra, & D'Angelo, 2008).

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), en el marco del Programa Nacional Cultivos Industriales, detectaron la necesidad de determinar el impacto ambiental de la cadena del algodón, llevando a cabo un diagnóstico a través del método Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

Este análisis reviste importancia para el sector algodonero, en un contexto mundial donde existe una tendencia creciente respecto a que los consumidores demandan cada vez más información sobre los productos y servicios que adquieren, prefiriendo aquellos que demuestren ser sustentables. El proceso de toma de decisiones de compra se basa, muchas veces, en la información ambiental de los productos. Esta es una de las preocupaciones actuales del sector productivo en general, y de las empresas de agronegocios en particular. En el mundo ya se han instalado las expresiones ACV y Huella de Carbono como métodos frecuentes en las evaluaciones de impacto ambiental.

La Norma ISO 14040 define el Análisis de Ciclo de Vida como "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, 2006).

Este método asigna las emisiones individuales según categorías de impacto, basados en factores de caracterización El resultado final es un indicador que cuantifica cada impacto, como por ejemplo: "Calentamiento Global", o "Huella de Carbono", entendido como "la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto en un periodo de tiempo" (Guinée, et al., 2002).

Empresas líderes en materia de sustentabilidad ya informan el impacto ambiental de algunos de los productos representativos que producen o venden, tal como es el caso de Levi's (Levi Strauss & Co., 2015) y de Puma (PUMA, 2016). La información publicada por estas empresas se actualiza periódicamente. En este mismo sentido, la organización "Field to Market" (Field To Market, 2016), se encarga de medir la huella ambiental de la producción agrícola en Estados Unidos a lo largo del tiempo, con la finalidad de orientar el desarrollo del sector hacia la eficiencia energética y ambiental. Entre sus miembros se encuentran productores, el gobierno, ONG's y el sector industrial. Estos son

algunos ejemplos de la relevancia del tema en las cadenas agroindustriales (Worsham, 2012) y no se han encontrado otros trabajos científicos de impactos ambientales de productos en base a tela Denim.

2. Objetivos

El objetivo general de este trabajo fue determinar los impactos ambientales y los puntos críticos de la producción de un pantalón de jean de hombre clásico recto, talla 34, color azul, producido en Argentina, a través del Análisis de Ciclo de Vida, con la finalidad de identificar las actividades que tienen el mayor impacto y por ende, el mayor potencial de mejora. Se seleccionó este producto en lugar de otros productos textiles también estudiados internacionalmente (ej., camiseta, remera o T-shirt) porque es representativo de la cadena agroindustrial del algodón de Argentina y por la posibilidad de acceso de información de las empresas en los diferentes eslabones productivos. Como se trata de un producto estandarizado internacionalmente, también despierta interés para comparar los resultados con el mismo producto fabricado en otros países (Ej., Levi Strauss & Co., 2015).

Desde el punto de vista de la cadena, interesa la potencialidad de esta metodología para determinar puntos críticos y poder plantear alternativas tecnológicas que permitan mejorar la eficiencia, bajo la mirada de la sustentabilidad.

Los destinatarios de este trabajo son los diferentes actores de la cadena del algodón: productores agrícolas, desmotadoras, empresas textiles, cámaras, asociaciones vinculadas, etc., quienes podrán utilizar los resultados: a) para que las propias empresas trabajen en la mejora continua de la gestión ambiental interna; b) para analizar el desempeño de la cadena, o en comparación con otros países; c) como herramienta de marketing, competencia, y diferenciación, d) para brindar información a los consumidores, a los mercados nacionales e internacionales; o e) como herramienta para gestionar políticas de apoyo al sector y/o a la región para el uso de tecnologías más eficientes.

3. Métodos

3.1. Análisis del Ciclo de Vida

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta para evaluar los impactos ambientales de un producto o de un proceso a lo largo de toda su vida. En el caso de productos agrícolas, el ACV comienza con la producción de insumos (ej., agroquímicos, semillas), luego el cultivo, el procesamiento industrial, el uso o consumo del producto, y los residuos asociados a esta etapa; también se contabilizan los distintos tipos de transportes entre eslabones de la cadena. Esto incluye identificar y cuantificar la energía y materiales usados, los residuos liberados al ambiente, el cálculo del impacto ambiental, la interpretación de resultados, y la identificación de oportunidades de mejora.

Este trabajo se estructuró siguiendo las normas ISO 14040:2006, e ISO 14044:2006, las que brindan un método aceptado internacionalmente para realizar un ACV, a la vez que permiten flexibilidad en la metodología para adecuar los proyectos individuales a los objetivos que se persiguen. En la etapa de evaluación de impactos, las categorías generalmente están correlacionadas, por lo que considerar una sola de ellas puede sesgar la toma de decisiones. Por ello es que para este estudio se analizaron cinco categorías de impacto: Calentamiento global (GWP100), Acidificación, Eutrofización, Adelgazamiento de la capa de Ozono, y Oxidación fotoquímica, usando el modelo CML2000 (Guinée, et al., 2002), integrado en el software Simapro® 8.2 (Simapro, 2016), que cumple con las normas ISO 1404x para ACV (ISO, 2006). Se eligieron estas cinco categorías de impacto porque son las que se han encontrado analizadas en algunos estudios de cadenas agroindustriales (E.g., Dalgaard, et al., 2008; Cotton Incorporated, 2012). Por otra parte, otro motivo por el que no se incluyeron otras categorías fue debido a limitaciones metodológicas en la toma de datos.

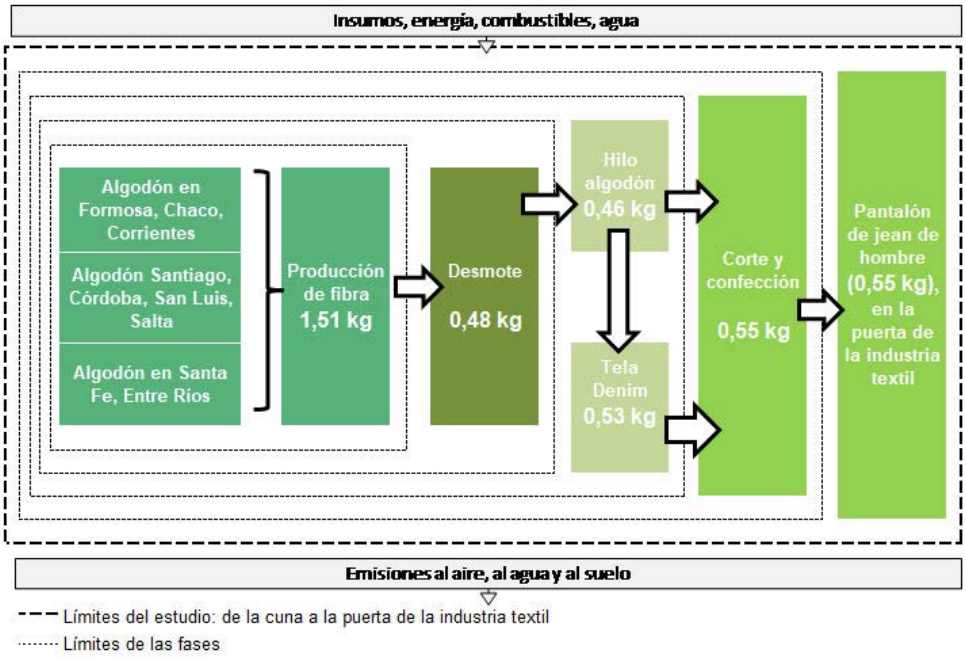
3.2. Unidad funcional

La unidad funcional (UF) es la medida de la función del sistema estudiado y da una referencia de cuáles son las entradas y salidas relacionadas para la cual se recolectan datos y se calcula el impacto ambiental. La norma ISO define la UF como "el desempeño cuantificado de un sistema del producto para su utilización como unidad de referencia". Por otra parte, dicha norma define al flujo de referencia como "la medida de la salida de los procesos, en un sistema del producto determinado, requerida para cumplir la función expresada mediante la unidad funcional (ISO, 2006).

En este estudio, la UF es un pantalón de jean de hombre clásico recto, talle 34, color azul, en la puerta de la fábrica textil, en la ciudad de San Pedro, Buenos Aires, es decir, se trata de un estudio "de la cuna a la puerta". El peso final de la prenda (considerando el agregado de otras materias primas como hilo poliéster, tachas, cierre, etiquetas) es de 0,55 kg.

Partiendo de la Unidad Funcional definida, se hizo el recorrido "aguas arriba" de la cadena para saber cuánto algodón se necesita producir en el campo, teniendo en cuenta mermas, pérdidas y subproductos obtenidos a lo largo de las diferentes fases de la cadena. La Figura 1 muestra el balance de masas en fases que se analizaron en este estudio. Para producir un pantalón de jean de hombre, se necesitan 1,51 kg de fibra de algodón en bruto en la puerta del campo, los que después se convierten en 0,48 kg de fibra de algodón desmotado. A su vez, cada pantalón requiere 0,46 kg de hilo de algodón, los que, por el agregado de otros hilos sintéticos, se convierten en 0,53 kg de tela Denim. Esta cantidad de tela, más el agregado de avíos, resulta en un peso final de 0,55 kg del pantalón de jean representativo.

Figura 1: Límites del análisis y unidad funcional.



3.3. Alcance

Se han incluido en el alcance de este estudio las fases productivas del pantalón de jean, comenzando con la producción de fibras de algodón a través de las prácticas agrícolas, el desmotado, la manufactura textil que incluye la producción de hilo y posteriormente tela Denim y finalmente la confección de la prenda con el agregado de avíos. En todas las fases se incluyó el transporte que conecta los eslabones. Es un estudio del tipo “de la cuna hasta la puerta de la industria textil”

Algunos elementos constituyentes de la cadena en estudio fueron excluidos del alcance debido a su baja incidencia, principalmente por su peso en relación al sistema total. En el caso de la mano de obra, el análisis de aspectos sociales no está incluido en los objetivos del estudio. La Tabla 1 muestra los ítems que se incluyeron y los que se excluyeron.

Tabla 1: Resumen de fases incluidas y no incluidas en el alcance del estudio.

Incluidas	Excluidas
Cultivo del algodón	Transporte de la industria confeccionadora de la prenda a los distribuidores
Transporte del campo a la desmotadora	Fase de uso (lavado y secado de la prenda)
Desmotado	Descarte (fin de vida útil)
Producción de insumos (agroquímicos, anilinas, químicos, etc.)	Mano de obra
Producción de otras materias primas y avíos (tachas, cierre, etiquetas)	Construcción y mantenimiento de la infraestructura
Transporte de la desmotadora a la industria textil.	Operación y mantenimiento de los equipos de apoyo.
Energía y emisiones de la fabricación de hilo y tela.	
Transporte de la industria textil a la confeccionadora de la prenda.	
Energía y materiales para la fabricación de la prenda.	
Producción y transporte del packaging	

3.4. Asignación de cargas

Cuando una fase productiva genera más de una salida valorizable, las cargas ambientales que se van generando a lo largo del ciclo de vida, deben "asignarse" a los diferentes productos y subproductos que se obtienen en dichas fases. Esta asignación puede realizarse de acuerdo a diferentes criterios: basados en la masa (cuanto más pesado el producto, mayor la carga), basados en el valor económico (distribuir la carga ambiental según aportes monetarios) u otros criterios (ISO, 2006).

Durante la fase de desmotado se obtienen diferentes corrientes de productos y subproductos. Se determinó que llevar a cabo una asignación económica sería lo apropiado, de acuerdo a la revisión de trabajos realizados en el mundo sobre el sector algodonero (Ej.: Cotton Incorporated, 2016), ya que refleja el real valor de las corrientes obtenidas, muy disimiles en su precio de venta.

Esta variabilidad no se reflejaría si el criterio usado fuera el de masa. Se tomó además la referencia de otros estudios (Cotton Incorporated, 2012; Dalgaard, et al., 2008). Consiste en calcular el valor económico (precio*cantidad) de cada corriente de producto y subproducto. Luego la carga ambiental fue asignada de acuerdo a ese valor. El resultado concede a la fibra de algodón un 89%, a la semilla un 10% y a la fibrilla un 1%. No se asignó carga a los desperdicios por carecer de valor económico.

3.5. Descripción de las fases productivas

La fase de producción de fibra de algodón incluye la fabricación, transporte y uso de todos los insumos y productos requeridos, desde la siembra hasta la cosecha, incluyendo semillas, agroquímicos, fertilizantes en los casos en que se aplican, combustibles requeridos para las operaciones de preparación de suelos, siembra, pulverización (terrestre y aérea), fertilización y cosecha. También se tuvo en cuenta el consumo de agua durante la pulverización y el agua de riego, para los casos que aplica.

Por otro lado se calcularon las emisiones sustancias como amoníaco, monóxido de dinitrógeno y óxidos de nitrógeno a la atmosfera resultantes del uso de fertilizantes y las emisiones al suelo derivadas del uso de agroquímicos (Ecoinvent, 2007). Se incluyó la generación de residuos tóxicos derivados de los envases de las mencionadas sustancias químicas.

Se contempló el secuestro de carbono por parte de la planta, que luego será liberado al fin de su vida, como así también de los productos y subproductos que se obtienen de ella. En este aspecto seguimos los lineamientos de la Norma ISO 14067:2013: Huella de Carbono de los Productos, que indican que al final del ciclo del cultivo, resulta un balance neutro de emisiones de CO2.

La fase de desmotado comienza con el traslado del algodón cosechado en el campo hasta las plantas que realizan el proceso de quitar las semillas e impurezas. Es un proceso continuo que comienza con la recepción, y termina con el embalaje de las fibras del algodón procesado en fardos más

fáciles de transportar. Se producen grandes cantidades de subproductos, como las semillas (que se usan para la próxima siembra, la obtención de aceite, alimento para ganado bovino, etc.) y fibrilla de algodón (usada para elaboración de algodón hidrófilo, papel, pañales y otros productos textiles), como así también residuos del desmotador (carpelos, fragmentos de tallos y ramas, polvo y pelusas). Esta fase abarca el uso de los diferentes tipos de energía eléctrica y para generar calor, alambre y lienzo para el armado de los fardos y el transporte desde el campo hasta la planta de desmotado de la zona (50 km promedio ida y vuelta), y la obtención del fardo de algodón en bruto.

La fase de manufactura textil contempla la producción de hilo de algodón y de tela Denim en la misma industria. El primer objetivo de esta fase es la obtención del hilo, para lo cual deben efectuarse las operaciones de apertura de fardos y mezcla del algodón, apertura del algodón, cardado y, por último, estiraje y doblado. Una vez obtenido el hilo de algodón, comienza el proceso de hilatura (Red Textil Argentina, 2016a). Posteriormente, se tiñe el hilo con índigo, un colorante de origen natural. Son cuatro los pasos que componen el proceso de teñido: preparación, teñido, terminación y secado. En primer lugar, los hilos pasan por una batea que contiene una solución caliente de soda cáustica y humectante que convierte al algodón crudo hidrófugo en hidrófilo. Se lo lava en bateas de agua caliente y fría, quedando con una humedad del 70% luego del exprimido. Para el teñido, las fibras se sumergen en las bateas con el colorante disuelto, teniendo en cuenta que cuantas más sean las bateas, más intenso será el color. Al salir de este baño se produce el contacto con el aire y el colorante se oxida cambiando a color azul. Finalmente, una serie de columnas con tambores calientes evaporan el agua que contienen los hilos. Luego del teñido, el urdido prepara rollos con hilos dispuestos paralelamente que alimentarán la urdidora. En esta máquina se hace el encolado, que consiste en recubrir el hilo con un engrudo hecho de fécula de maíz que aumenta su resistencia para soportar la fricción y tensión que ejerce el telar. La tejeduría convertirá al hilo en tejido (Universidad de Palermo, 2018).

La tejeduría convierte al hilo en tela mediante el enlace de hilos. La forma de realizarlo es variada y pueden producirse telas enlazando un hilo consigo mismo, o por entrecruzamiento de dos o más hilos, en telares. Al salir del telar, y antes de la confección, se le aplican al Denim diferentes procesos de terminación para conferirle características deseadas (Red Textil Argentina, 2016b). En este trabajo se incluyó el hilado, teñido y terminación de la tela, y se tuvo en cuenta el uso de agua y su posterior tratamiento. Se consideraron 500 km promedio de transporte ida y vuelta desde la desmotadora hasta la planta textil. Por último, la fase de confección de la prenda se inicia con un control de calidad sobre la tela Denim, tanto visual como en laboratorio, verificando que sea compatible con el diseño de la prenda. A continuación se enciman las capas de tela y se marcan con los moldes, para obtener un máximo rendimiento de la tela en la fase de corte. Posteriormente, las piezas se separan en paquetes, y se comienza la confección, uniendo las partes de la prenda por medio de costuras. Una vez obtenida la prenda, se realiza el lavado, para brindar un mejor aspecto visual y estabilidad, realizando un nuevo control de calidad antes de la salida de la planta. Se incluye el transporte en camión desde la manufactura textil o tejeduría, hasta el lugar de confección (1800 km ida y vuelta), y se tuvo en cuenta el uso de agua y su posterior tratamiento.

3.6. Obtención y sistematización de datos

En Argentina existen diferentes tecnologías de producción agrícola, desde productores familiares o de muy baja escala, hasta producciones empresariales, que cuentan con tecnologías de riego, siembra y cosecha más desarrollados. En la búsqueda de lograr un modelo único y representativo de la realidad del sector algodonero de la Argentina, se seleccionaron seis planteos técnicos productivos característicos de las regiones, considerando la siembra, pulverización, cosecha y la presencia o no de riego. Los planteos técnicos se incluyeron en el caso de estudio teniendo en cuenta su participación porcentual de cada uno de ellos en base a la producción nacional.

En primera instancia la información se agrupó en tres regiones geográficas de producción: Noreste, que incluye las provincias de Formosa, Chaco, Corrientes y Salta, con el 43% de la producción, Centro-Norte que abarca Santiago del Estero, Córdoba y San Luis, con el 42%, y Este que engloba a Santa Fe y Entre Ríos, con el 45% de lo producido. Se tomaron datos de la campaña 2014, donde la producción de fibra de algodón en Argentina fue de de 795.345 toneladas, distribuidas según lo describe la Tabla 2.

Tabla 2: Producción de algodón en Argentina en el año 2014

Provincia	Superficie (ha)	Producción (t)	Participación
Santiago del Estero	124.200	326.120	41,00%
Chaco	233.115	296.475	37,28%
Santa Fe	72.050	112.880	14,19%
Salta	9.800	30.380	3,82%
Formosa	12.000	18.000	2,26%
San Luis	2.800	7.560	0,95%
Entre Ríos	1.100	1.770	0,22%
Córdoba	350	1.100	0,14%
Corrientes	530	1.060	0,13%

Fuente: SIIA (2016)

La investigación de los planteos técnicos incluyó el análisis del clima y las lluvias, el uso de semillas, agroquímicos, fertilizantes, agua y combustible, fechas de las labores (Ej., siembra, fertilización, pulverización, y cosecha). En las labores para las que no se disponía de información sobre consumo de combustible, se usaron los coeficientes UTA (Unidad de Trabajo Agrícola) informados por Márgenes Agropecuarios (2016), en forma transversal a todos los planteos técnicos.

La Tabla 3 muestra los seis planteos técnicos productivos, la región a la que

pertenecen, su participación porcentual y las particularidades respecto al tipo de siembra, cosecha, riego y rendimientos obtenidos.

Tabla 3: Planteos productivos de producción de fibra de algodón.

Planteo	Zona	Participación	Siembra	Cosecha	Riego	Rendimiento (kg/ha)
a	Centro-Norte	3,74%	Directa	Picker	Si	2.800
b	Centro-Norte	27,21%	Directa	Picker	No	2.500
c	Noreste y Este	37,86%	Directa	Stripper	No	2.200
d	Noreste y Este	8,11%	Convencional	Stripper	No	1.800
e	Noreste y Este	8,11%	Convencional	Picker	No	1.500
f	Centro-Norte	14,96%	Convencional	Picker	Si	3.250

Los planteos técnicos productivos fueron publicados por Elena, Ybran, & Lacelli (2008) para las zonas “d” y “e”, Quirolo (2016) para la zona “c” y Mondino (2016) para las zonas “a”, “b” y “f”. La información complementaria se tomó del Manual de Cultivo de Algodón (Mares, et al., s/d).

La siembra directa es la práctica de cultivar la tierra sin ararla previamente, aunque AAPRESID (2018) la define como “el sistema productivo basado en la ausencia de labranzas y la presencia de una cobertura permanente del suelo, vía cultivos y rastrojos de cultivos anteriores. Basado en un conjunto de Buenas Prácticas Agrícolas, el esquema permite producir sin degradar el suelo, mejorando en muchos casos sus condiciones físicas, químicas y biológicas. Además logra hacer un uso más eficiente del agua, recurso que en cultivos de secano es generalmente el factor limitante en la producción”. Por otro lado, la siembra convencional es la que se hace sobre un suelo previamente laboreado

con maquinaria (arado) que corta e invierte total o parcialmente los primeros 15 cm del suelo.

El proceso de desmotado analizado es de una desmotadora de San Bernardo, Chaco, la que fue seleccionada por ser representativa del sector, y por brindar acceso irrestricto a la información requerida. Los datos de la maquinaria de desmote corresponden a Continental Eagle Corp que es la que tiene más unidades en el país siendo el sistema utilizado de sierra-costilla, produce 6 fardos de 200 kg/h. Los detalles técnicos se encuentran publicados en Saez, Francescutti, Bonacic-Kresic, & Rótolo (2015).

Los datos de la fase manufactura textil (tela Denim e hilo) se obtuvieron de de una empresa textil representativa del sector, ubicada en Puerto Tirol, Chaco, en Mayo 2015, la que brindó acceso a las instalaciones para hacer el relevamiento, como así también información necesaria para el Inventario de Ciclo de Vida. Esta empresa colabora con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y es la de mayor participación en el mercado textil argentino.

Las entrevistas y visitas a plantas permitieron obtener información representativa de plantas textiles "típicas". Por otra parte, la fase de confección de la prenda (jean) se modeló en base al relevamiento de una empresa textil representativa del sector ubicada en San Pedro, Buenos Aires, en Julio de 2015. Las visitas y encuestas proporcionaron información para caracterizar los procesos típicos de confección de un par de jeans. La toma de datos de todas las fases incluyó el uso de insumos y materias primas; fuentes energéticas por tipo; productos químicos usados; emisiones; uso de agua y residuos sólidos; productos, subproductos y desechos obtenidos. Esta empresa, que cuenta con una larga trayectoria de colaboración con el área Textil del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), brindó acceso a las instalaciones para hacer el relevamiento, como así también información necesaria para el Inventario de Ciclo de Vida.

Para el transporte, en todos los casos se consideró un camión representativo

con motor diesel de 410 CV de potencia, apto para transportar hasta 28.000 kg de producto, con un consumo promedio de 0,4 litros/km, o de 0,338 kg/km de gasoil. Se incluyó el mantenimiento.

El perfil energético argentino se modeló en el software Simapro®8.2 en base a la información brindada por el sitio del Ministerio de Energía y Minería (2018), correspondiente al año 2011, conformada en un 44,5% por origen termoeléctrico, en base a gas natural; 35,5% hidroeléctrico; 12,3% termoeléctrico, base petróleo; 5,9% nuclear y finalmente 1,8% termoeléctrico, base carbón.

Las emisiones a la atmósfera, al suelo y al agua fueron extraídas de la base de datos ecoinvent, para cada perfil ambiental regionalizado. No se hicieron mediciones a campo para este estudio ni cálculos adicionales, ya que exceden los objetivos de este trabajo.

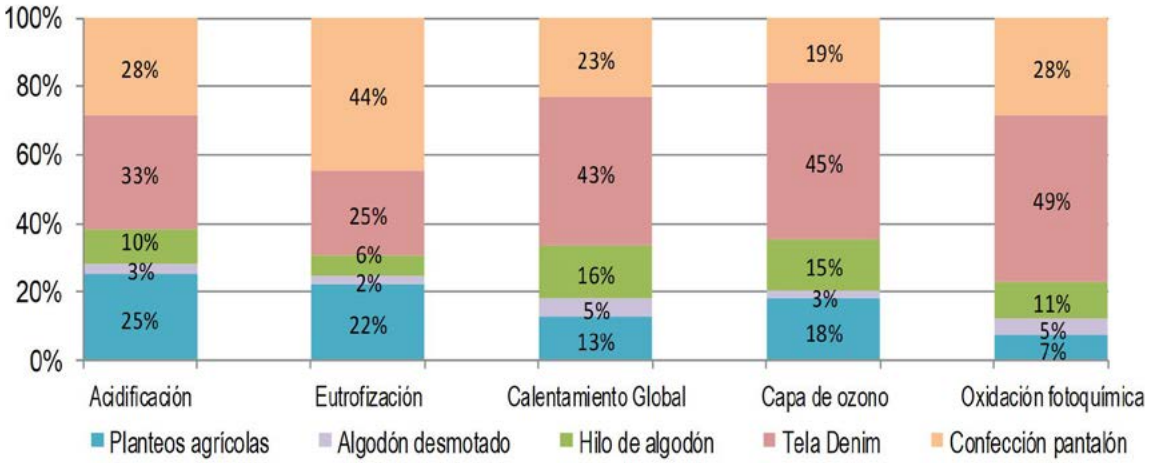
4. Resultados y Discusión

A continuación se muestran los resultados del ACV de un jean.

Tabla 4: Resultados del ACV de un jean, en valores y en porcentajes.

	Acidificación kg SO2 eq	Eutrofización kg PO4--- eq	Calentamiento Global kg CO2 eq	Capa de ozono kg CFC-11 eq	Oxidación fotoquímica kg C2H4 eq
Confección pantalón	5,83E-03	3,08E-03	1,09E+00	7,76E-08	2,78E-04
Tela Denim	6,84E-03	1,72E-03	2,00E+00	1,86E-07	4,77E-04
Hilo de algodón	2,04E-03	4,31E-04	7,24E-01	6,17E-08	1,08E-04
Algodón desmotado	6,72E-04	1,33E-04	2,40E-01	1,09E-08	4,55E-05
Planteos agrícolas	5,18E-03	1,56E-03	5,97E-01	7,27E-08	7,20E-05
TOTAL	2,06E-02	6,93E-03	4,65E+00	4,09E-07	9,81E-04

Figura 2: Resultados del ACV de un jean, en porcentajes.



Como se puede observar, los principales impactos ambientales para producir un pantalón de jean, se encuentran en las fases de fabricación de la tela Denim y confección de la prenda. Si a éstas sumamos la fase de producción del hilo, las tres fases industriales son responsables por más del 70% de las emisiones que aportan a cada impacto ambiental.

En particular, los mayores impactos en el rubro Acidificación se encuentran en la tela Denim (33%) y en la confección (28%). En la Eutrofización, el mayor impacto se encuentra en la confección del pantalón (44%), seguido por la fabricación de la tela Denim. En el Calentamiento Global, el mayor impacto se encuentra en la fabricación de la tela Denim (43%), seguido por la confección del pantalón (23%). En el Adelgazamiento de la capa de ozono, el mayor impacto se encuentra en la fabricación de la tela Denim (45%), seguido por la confección del pantalón (19%). En Oxidación fotoquímica, el mayor impacto también se encuentra en la fabricación de la tela Denim (49%), seguido por la confección del pantalón (28%).

Calentamiento Global, o Huella de Carbono

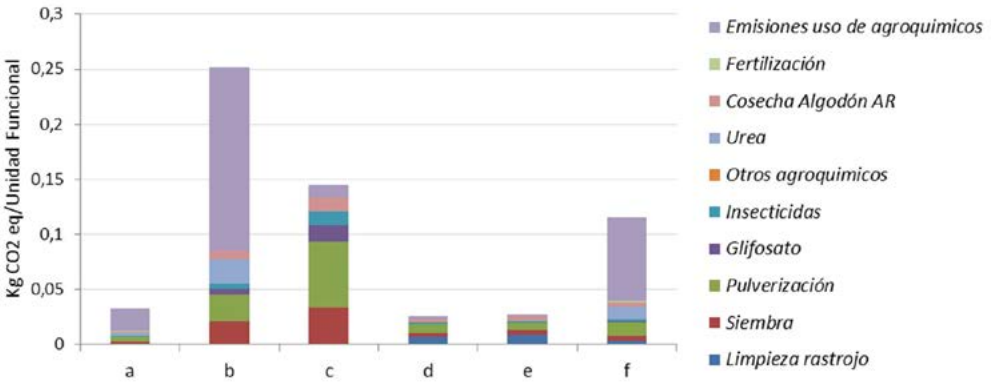
El potencial de calentamiento global, o Huella de Carbono de un pantalón de jean (unidad funcional) resultó en 4,65 kg de CO2equivalente, de los cuales, el 74% corresponde al propio CO2, el 17% a N2O y 4% a CH4. La fabricación del pantalón aporta el 23% de las emisiones, la producción de tela 43%, la producción de hilo Denim 16%, el desmotado 5% y la producción agrícola 13%.

En la fase de producción primaria (Figura 3) -ponderada por la cantidad total producida- se destacan las emisiones de los planteos b, c y f, debido a que son los que mayor participación porcentual presentan en el total de algodón producido en el país (Tabla 3). "Emisiones uso de agroquímicos" son las que ocurren luego de la aplicación. "Fertilización" y "Pulverización" son las emisiones derivadas del consumo de combustibles en dichas operaciones. "Urea, insecticidas y otros agroquímicos" incluye las emisiones en producción de estos productos.

Si bien el planteo "b" no es el de mayor participación (27,2%), presenta altas emisiones derivadas de la aplicación de agroquímicos y fertilizantes como la urea. En segundo nivel de importancia por las emisiones aparece el planteo "c" que tiene la mayor participación porcentual (37,9%) pero no realiza aplicación de urea, por lo que en este caso se destacan las emisiones derivadas del uso de combustible en la pulverización y en la siembra; este planteo es el que mayor cantidad de pasadas de pulverización realiza, utilizando la mayor cantidad de Glifosato (13 L/ha). Por el lado del planteo "f" se observa el mismo caso del planteo "b" con altas emisiones derivadas de la aplicación de urea.

Los planteos "d" y "e" no generan un alto impacto, a pesar de tener un bajo rendimiento, porque son los dos únicos planteos que no usan Glifosato, que es el agroquímico más usado en los planteos a, b, c y f. La producción de Glifosato genera 10,5 kg de CO2 eq por kg de producto.

Figura 3: aporte de los diferentes planteos técnicos agrícolas al impacto total de la cadena del algodón.



En la fase desmotado, que es la que menores emisiones genera en toda la cadena del pantalón de jean (0,24 kg de CO2 eq.), se destacan las emisiones derivadas del uso de gas licuado de petróleo (GLP) y energía eléctrica para la obtención de la fibra de algodón. Cabe recordar que en esta fase se obtienen diversos subproductos y residuos, y que el impacto de la fase se "asigna" a cada corriente, tal como se definió anteriormente, correspondiéndole a la fibra el 89% de las emisiones.

En la fase hilandería, la producción de hilo de algodón y tela Denim generan emisiones debidas principalmente al uso de energía eléctrica. También existe un aporte por la incorporación de hilo poliéster para la fabricación de tela; los demás elementos aportan emisiones en menor cantidad.

Finalmente en la fase de confección del pantalón de jean se destacan el uso de GLP y electricidad y en menor medida aparecen las emisiones debidas a la producción del hilo usado para coser la prenda.

Acidificación

Las emisiones totales asociadas a la acidificación resultan en 2,06E-02 kg

SO2 equivalente (Tabla 4), integradas por Dióxido de Azufre (47%), Óxidos de Nitrógeno (31%) y Amoníaco (20%). Los resultados muestran que la fabricación de la tela Denim es la etapa que más contribuye con esta categoría de impacto, con 6,84E-03 kg de SO2 eq (33%), mientras que la confección del pantalón aporta 5,83E-03 kg (28%).

Dentro de la etapa agrícola los mayores aportes ocurren por la combustión de gasoil en las labores, para los planteos a secano sin fertilización. En cambio, en los planteos con fertilización (con o sin riego), son las emisiones de amoníaco por el uso de urea las que mayor impacto tienen. En la fase de desmotado, el mayor impacto (56%) se produce por el uso de GLP, seguido por el uso de electricidad (24%). En la producción del hilo de algodón, el principal impacto (70%) es el uso de electricidad. En la fabricación de la tela Denim, el principal impacto también es por el uso de electricidad, seguido por el uso de hilo poliéster y de la anilina para teñir. Por último, durante la confección del pantalón, el mayor impacto viene por el uso del cobre contenido en los avíos, seguido por la quema de GLP y el uso de electricidad.

Eutrofización

Las emisiones totales asociadas a la Eutrofización resultan en 6,93E-03 kg PO4 equiv. (Tabla 4), siendo las emisiones de Óxidos de Nitrógeno las más representativas (42%). Los resultados muestran que la confección del pantalón es la etapa que más contribuye con esta categoría de impacto, con 3,08E-03 kg de PO4 equiv. (44%), mientras que la tela Denim aporta 1,72E-03 kg (25%) y la producción primaria 1,56E-03 (22%).

Dentro de la etapa agrícola los mayores aportes ocurren por la combustión de gasoil en las labores, para los planteos a secano sin fertilización. En cambio, en los planteos con fertilización (con o sin riego), son las emisiones de amoníaco por el uso de urea las que mayor impacto tienen. En el planteo agrícola “f” también revisten importancia las emisiones por el uso de reguladores de crecimiento.

En las fases de desmotado y producción del hilo de algodón, existe muy bajo aporte de emisiones, debidas en gran parte, al uso de energías. En la fabricación de la tela Denim, el principal impacto es por el uso de hilo poliéster. Por último, durante la confección del pantalón, el mayor impacto viene por el uso del cobre contenido en los avíos.

Adelgazamiento de la capa de ozono

Las emisiones totales asociadas al adelgazamiento de la capa de Ozono resultan en 4,09E-07 kg CFC-11 equiv. (Tabla 4). Los resultados muestran que la producción de la tela Denim es la etapa que más contribuye con esta categoría de impacto, con 1,86E-07 kg de PO4 equiv. (45%), mientras que la confección del pantalón aporta 7,76E-08 kg (19%) y la producción primaria 7,27E-08 kg (18%).

Dentro de la etapa agrícola los mayores aportes ocurren por la extracción del petróleo crudo usado por labores agrícolas. Además en el planteo agrícola "f" también revisten importancia las emisiones por la quema de dichos combustibles.

En las fases de desmotado y producción del hilo de algodón, el mayor impacto se produce por los transportes entre eslabones con producción y consumo de combustibles, y por el uso de electricidad. En la fase de fabricación de la tela Denim, el principal impacto es por el uso de hilo poliéster, seguido por el uso de electricidad. Por último, durante la confección del pantalón, el mayor impacto es por el transporte desde la fábrica de hilo de algodón y de tela Denim hasta la confeccionadora, seguido por el uso de electricidad.

Oxidación fotoquímica

Las emisiones totales asociadas a la oxidación fotoquímica son de 9,81E-04 kg de C2H4 equivalente (Tabla 4), de las cuales, el 43% corresponden a Dióxido de Azufre (SO2). Los resultados muestran que la producción de la tela Denim es la etapa que más contribuye con esta categoría de impacto, con 4,77E-04 kg

de C2H4 equivalente (49%), mientras que la confección del pantalón aporta 2,78E-04 kg (28%).

Dentro de la etapa agrícola los mayores aportes ocurren por la producción del combustible usado por labores agrícolas y por su quema. También por la producción de agroquímicos y urea. En las fases de desmotado y producción de hilo de algodón, el mayor impacto se produce por el uso de energía, GLP y energía eléctrica respectivamente. En la fabricación de la tela Denim, el principal impacto radica en el uso de hilo poliéster, seguido por el uso de electricidad. Por último, durante la confección del pantalón, el mayor impacto es por el uso de GLP y electricidad.

5. Conclusiones y Recomendaciones

El presente estudio marca un avance en la información disponible para el sector algodonero argentino que busque hacer más eficientes los eslabones de su cadena, bajo una perspectiva de sustentabilidad. Es un diagnóstico ambiental con datos sistematizados, que brinda información respecto de los puntos críticos sobre los cuales trabajar para reducir los impactos ambientales y hacer más sustentable la cadena. También brinda información ambiental de los productos a los consumidores a nivel mundial.

Resulta clave hacer un consumo racional de la energía en todas las etapas del ciclo de vida, desde los combustibles utilizados en las labores agrícolas, hasta la energía requerida en etapas industriales de fabricación de hilo y tela y confección de la prenda. En este punto, no solo se requiere reducir los consumos, sino también replantear los tipos de energías que se usan, especialmente las que menos emisiones generan, tanto en su extracción, como en su utilización.

Por el lado de fertilizantes y agroquímicos también aparecen altos impactos asociados principalmente a su aplicación y posterior diseminación en el ambiente. Para esto, ajustar las dosis resulta clave, para evitar pérdidas económicas y desajustes ambientales.

Finalmente existen puntos clave sobre los que se podría trabajar de la mano del diseño de las prendas. Se encontraron impactos relevantes en el uso de hilos, anilinas y avíos, los cuales podrían reducirse analizando alternativas en cuanto a tipos de confección y características de los materiales.

Como limitante, debe destacarse el hecho de que el énfasis de este trabajo en la etapa de inventario y de análisis estuvo puesto en el impacto Calentamiento global (Huella de carbono), sobre el que se tuvo un mayor control sobre las variables de importancia y sobre el que se identificaron los puntos críticos. En los demás impactos puede ser necesario seguir profundizando el análisis, porque se usaron algunos perfiles provenientes de la base de datos ecoinvent, que no fueron relevados a campo. Esto abre el camino a futuros trabajos de actualización de los impactos ambientales de la cadena de algodón. Debe tenerse en cuenta que considerar una sola categoría de impacto puede sesgar la toma de decisiones, ya que generalmente las categorías están correlacionadas. Por ello, las propuestas de mejora de los puntos críticos deben considerar todas las dimensiones posibles.

Los análisis realizados no incluyen la etapa de uso y descarte de la prenda que se tomó como unidad funcional. Queda abierto el camino a futuros trabajos que caractericen esta fase y completen el Ciclo de Vida.

Referencias

AAPRESID. (2018). Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa. Recuperado de Siembra Directa, ¿Qué es?: http://www.aapresid.org.ar/que-es/

Cotton Incorporated. (2012). Life Cycle Assessment of Cotton Fiber and Fabric. Obtenido de VISION 21, a project of The Cotton Foundation: http://cottontoday.cottoninc.com/wp-content/uploads/2014/07/LCA_Full_Report.pdf

Cotton Incorporated. (2016). U.S. Cotton Grower 2015 Natural Resource Survey Results. Obtenido de https://cottoncultivated.cottoninc.com/wp-content/uploads/2015/12/NRS-White-Paper.final_.pdf

Dalgaard, R., Schmidt, J., Halberg, N., Christensen, P., Thrane, M., & Pengue, W.

A. (2008). LCA of Soybean Meal. International Journal of Life Cycle Assessment, 13(3), 240–254.

Ecoinvent. (2007). EcoInvent Reports N° 15. Obtenido de Life Cycle Inventories of Agricultural Production Systems Data v. 2.0: https://db.ecoinvent.org/reports/15_Agriculture.pdf

Elena, M. G., Piedra, D. R., & D'Angelo, M. L. (2008). Cadena agroindustrial del algodón. En Bongiovanni, Economía de los cultivos industriales (págs. 11-15). Manfredi: INTA.

Elena, M. G., Ybran, R. G., & Lacelli, G. A. (2008). Evaluación económica de alternativas de sistemas de siembra y cosecha de algodón en Santa Fe y Chaco. En Bongiovanni, Economía de los cultivos industriales: algodón, caña de azúcar, maní, tabaco, té y yerba mate (págs. 5-10). Manfredi, Córdoba: Ediciones INTA.

Field To Market. (2016). Field To Market: The Alliance for Sustainable Agriculture. Obtenido de https://www.fieldtomarket.org/

Guinée, J., Gorrée, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., Koning, A. d., . . . Huijbregts, M. (2002). Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective. IIa: Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

ISO. (2006). ISO 14044: Environmental Management, Life Cycle Assessment Requirements and Guidelines, International Organisation for Standardisation (ISO).

Levi Strauss & Co. (2015). The life cycle of a jean. Understanding the environmental impact of a pair of Levi's 501 jeans. Obtenido de http://levistrauss.com/wp-content/uploads/2015/03/Full-LCA-Results-Deck-FINAL.pdf

Mares, M., Torcasso, F., Bonacic-Kresic, I., Landicar-Bowles, J. A., Novick, G., & Videla, G. (s/d). Manual de Cultivo de Algodón. Sáenz Peña, Chaco: Genética Mandiyú, INTA, Delta & Pine Land International, Monsanto & Bayer Crop Science.

Márgenes Agropecuarios. (2016). Coeficientes UTA. 31(368). Buenos Aires: Margenes Agropecuarios.

Ministerio de Energía y Minería. (2018). Balances Energéticos Nacionales. Recuperado de http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366

Mondino, M. H. (2016). Producción algodón Santiago Estero-Riego y Secano. Julio 2016. Obtenido de INTA E.E.A. Santiago Estero: http://inta.gob.ar/

PUMA. (2016). Obtenido de PUMA Environmental Profit & Loss Account (E P&L): http://about.puma.com/en/sustainability/environment/environmental-profit-and-loss-account

Quirolo, M. E. (2016). Costos de implantación y manejo de algodón Marzo 2016. Obtenido de INTA E.E.A. Sáenz Peña: http://inta.gob.ar/

Red Textil Argentina. (2016a). Hilatura de Algodón. Obtenido de http://www.redtextilargentina.com.ar/index.php/hilados/h-produccion/337-hilatura-de-algodon/136-hilatura-de-algodon

Red Textil Argentina. (2016b). Telas. Obtenido de http://www.redtextilargentina.com.ar/index.php/telas

Sáez, R., Francescutti, F., & Rótolo, G. (2015). Huella de carbono y energética en la producción de fibra de algodón. Actas del IV encuentro Argentino de ciclo de vida y III encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica ENARCIV 2015 (págs. 71-72). Córdoba: Ediciones INTA.

Saez, R., Francescutti, F., Bonacic-Kresic, I., & Rótolo, G. (2015). Huella de carbono y demanda de energía fósil acumulada para la producción de fibra de algodón a partir de un cultivo fertilizado: zona de influencia de Colonia Benítez, Chaco, como caso de estudio. Ediciones INTA: https://inta.gob.ar/documentos/ciencia-y-tecnologia-de-los-cultivos-industriales-algodon.

SIIA. (2016). Sistema Integrado de Información Agropecuaria. Coordinación de Servicios de Información. Ministerio de Agroindustria. Subsecretaría de Información y Estadística Pública. Obtenido de http://www.siia.gov.ar/estadisticas.php

Simapro. (2016). PRé Consultants. Life Cycle Assessment Software version 8.2. http://www.pre-sustainability.com/.

Universidad de Palermo. (2018). La fabricación del jean. Recuperado de http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyectograduacion/archivos/716.pdf

Worsham, J. B. (2012). A Life Cycle Assessment (LCA) for Cotton. The Significance to the Global Cotton Industry. Obtenido de Cotton Incorporated: https://www.icac.org/wp-content/uploads/2012/09/1_OS_Worsham.pdf