



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

# LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad  
Morelia

Evaluación de los impactos por la producción de  
una playera básica mediante análisis de ciclo de  
vida

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

P R E S E N T A

Luis Antonio Torres Villalobos

DIRECTOR DE TESIS: Mtro. Alfredo Fernando Fuentes Gutiérrez

MORELIA, MICHOACÁN

Febrero, 2022



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES UNIDAD MORELIA  
SECRETARÍA GENERAL  
SERVICIOS ESCOLARES

**MTRA. IVONNE RAMÍREZ WENCE**  
DIRECTORA  
DIRECCIÓN GENERAL DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
**P R E S E N T E**

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la **sesión ordinaria 08** del **Comité Académico** de la Licenciatura en Ciencias Ambientales de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) Unidad Morelia celebrada el día **20 de septiembre del 2021**, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para la presentación del Trabajo Profesional del alumno **Luis Antonio Torres Villalobos** de la Licenciatura en **Ciencias Ambientales**, con número de cuenta **416008508**, con el trabajo titulado: "**Evaluación de los impactos por la producción de una playera básica mediante Análisis de ciclo de vida**", bajo la dirección como **tutor del Mtro. Alfredo Fernández Fuentes Gutiérrez**.

El jurado queda integrado de la siguiente manera:

**Presidente:** Dr. Omar Raúl Masera Cerutti  
**Vocal:** Dr. Carlos Alberto García Bustamante  
**Secretario:** Mtro. Alfredo Fernando Fuentes Gutiérrez  
**Suplente:** Mtro. Benjamín Villalobos Castañeda  
**Suplente:** Mtra. Ana Laura Morales García

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Morelia, Michoacán a 26 de abril de 2022.



**DRA. YESENIA ARREDONDO LEÓN**  
SECRETARIA GENERAL



**COORDINACIÓN DE LA LICENCIATURA EN  
CIENCIAS AMBIENTALES**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CAMPUS MORELIA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**



**COMITÉ ACADÉMICO**

**No. de Oficio:** CA 08/082/2021

**ASUNTO:** Dictamen de Asignación de Sinodales.

**LIC. ALEJANDRO REBOLLAR VILLAGÓMEZ  
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE SERVICIOS ESCOLARES  
ENES, Unidad Morelia  
P R E S E N T E**

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la **8a. Sesión Ordinaria del Comité Académico** de la Licenciatura en Ciencias Ambientales de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES), Unidad Morelia celebrada el día **20 de septiembre del 2021**, se acordó **APROBAR** la solicitud del Jurado para el examen profesional del alumno **Luis Antonio Torres Villalobos** con número de cuenta **416008508**, quien desarrolla el trabajo titulado: **“Evaluación de los impactos por la producción de una playera básica mediante Análisis de ciclo de vida”** bajo la dirección como Tutor del **Mtro. Alfredo Fernando Fuentes Gutiérrez**.

El jurado queda integrado de la siguiente manera:

**Presidente:** Dr. Omar Raúl Masera Cerutti.  
**Vocal:** Dr. Carlos Alberto García Bustamante.  
**Secretario:** Mtro. Alfredo Fernando Fuentes Gutiérrez.  
**Suplente1:** Mtro. Benjamín Villalobos Castañeda.  
**Suplente2:** Mtra. Ana Laura Morales García.

Asimismo, informo a usted y a los honorables miembros del jurado, que el Comité Académico aprobó un plazo de hasta 30 días hábiles para recibir la revisión del manuscrito de tesis, y en su caso, el voto aprobatorio.

Sin más por el momento, me despido y aprovecho para enviarle un cordial saludo.

**A T E N T A M E N T E**  
**“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”**  
Morelia, Michoacán, a 28 de septiembre de 2021.

**MTRO. LUIS FERNANDO ALVARADO RAMOS  
PRESIDENTE DEL COMITÉ ACADÉMICO**

C.c.p. Alumno  
Tutor  
Archivo

LFAR/jfse

## **Agradecimientos Institucionales**

A la UNAM y a la ENES Morelia, por proporcionarme una formación universitaria de alta calidad.

A la Licenciatura en Ciencias Ambientales.

A la unidad de Ecotecnologías del IIES por haberme acogido y permitido realizar el presente trabajo.

Al M. en C. Alfredo Fuentes, por su apoyo, asesoría y ser un pilar importante en la realización de esta tesis. Por siempre brindarme otra manera de ver las cosas y ser alguien con quien siempre se pueda contar. Por motivarme a continuar con mi tesis y brindarme calma y claridad siempre que me sentía perdido dentro del proceso que conlleva realizar un ACV. Sin duda, no sólo un buen académico y persona, sino también, un buen compañero con quien siempre es un placer trabajar y convivir.

Al Dr. Carlos García y a todo el equipo de la unidad de Ecotecnologías de la ENES, por haberme brindado asesoría y facilitarme el uso del software de análisis de ciclo de vida.

A mis sinodales, el Dr. Omar Masera, el M. en C. Benjamín Villalobos Castañeda y la Ing. Amb. Ana Morales por siempre dar una crítica constructiva muy enriquecedora a mi trabajo.

## **Agradecimientos personales**

“Si he visto más, es poniéndome sobre los hombros de gigantes”

-Isaac Newton

Quizá la lista no sea larga, sin embargo, me tomaré la molestia de aprovechar este espacio para agradecer a los “gigantes” que me permitieron ver el horizonte, mi trabajo concluido.

Mis padres, por brindarme su apoyo incondicional. Por estar conmigo en todas mis decisiones, por muy cuestionables que parezcan. Por darme la libertad de forjar mi destino. Por los regaños. Por la sabiduría transmitida. Por todos los sacrificios que han hecho para darme todo lo que tengo, en fin, por ser los mejores padres que se pudiesen desear, unos padres ejemplares.

A mi hermano Alejandro, mi confidente. No existen palabras u oraciones que puedan albergar y expresar mi agradecimiento contigo. Gracias por compartir alegrías y tristezas conmigo. Gracias por caminar conmigo siempre. Gracias por ser mi compañero, amigo y hermano.

Los amigos son la familia que el destino coloca y que uno termina acogiendo. Gio, Iván, Yare y Bere, muchas gracias por brindarme su amistad, su tiempo, su amor y cariño. Gracias por guiarme y descarrilarse conmigo. Por creer en mí. Porque estar con ustedes, se siente como estar con la armada invencible. Gracias infinitas por todas las memorias construidas, las risas y una que otra fechoría cometida, son cosas que guardaré en mi corazón hasta el día que este llegue a su ocaso.

Gracias a mis compañeros de ecotec, Caro, Yeyo, Mariana, Jony, Ani, Itzel y Andy. Hicieron de mi estancia en Morelia la más amena. No puedo negar que de los mejores recuerdos de la carrera los viví con todos ustedes, en clases, en prácticas, y en cualquier lugar que estuvieran presentes. Gracias a mi “cuarteto maldito” por las memorias y alegrías. Han sido un motor muy importante para mí y un pilar que me mantuvo a flote en mis momentos de incertidumbre.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a Ricardo. A pesar de que te integraste en el último tramo de este proceso llamado tesis, no puedo negar que tus palabras, aunque simples pero poderosas, lograron alentar mis ánimos. Gracias por ser mi confidente y ver en mí algo especial. Gracias por siempre estar y por (ya sé que ya lo he dicho) acompañarme a descubrir los secretos del universo.

Gracias a todos, por ser el motor, por constituir una parte de mí, por ayudarme a pensar diferente, por ser la herramienta del presente con la que comenzaré a construir mi futuro.

¡Gracias!

## Contenido

Resumen .....	8
Abstract.....	9
<b>Capítulo 1. Introducción .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Objetivos.....</b>	<b>14</b>
1.2.1 Objetivo general.....	14
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
<b>1.3 Justificación.....</b>	<b>15</b>
<b>Capítulo 2. Marco teórico .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1 Antecedentes .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2 Marco Teórico-Conceptual.....</b>	<b>23</b>
<b>Capítulo 3. Marco metodológico .....</b>	<b>38</b>
<b>3.1 Definición de objetivo y alcance.....</b>	<b>38</b>
<b>3.3 Supuestos y consideraciones .....</b>	<b>46</b>
<b>3.3 Criterios de asignación.....</b>	<b>47</b>
<b>3.4 Análisis de sensibilidad.....</b>	<b>51</b>
<b>Capítulo 4. Resultados.....</b>	<b>52</b>
<b>4.1 Análisis de inventario .....</b>	<b>52</b>
<b>4.2 Evaluación de impactos .....</b>	<b>57</b>
<b>4.3 Discusión.....</b>	<b>61</b>
<b>Capítulo 5. Conclusión .....</b>	<b>73</b>
<b>5.1 Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>73</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>77</b>

## Índice de figuras, tablas e ilustraciones

FIGURA 1. OBJETIVO 6 ODS	17
FIGURA 2. OBJETIVO 9 ODS.	18
FIGURA 3. OBJETIVO 12 ODS	19
FIGURA 4. OBJETIVO 15 ODS	20
FIGURA 5. EJEMPLO DE UNA PLAYERA BÁSICA.	23
FIGURA 8. CARDA HILANDO FIBRA DE ALGODÓN.	26
FIGURA 9. MÁQUINA TEJEDORA DE HILO.	27
FIGURA 10. MÁQUINA FRISADORA PARA LA FASE DE AFELPADO.	29
FIGURA 11. MÁQUINA DE PLANCHADO TEXTIL.	29
FIGURA 12. EJEMPLO DE PATRONES PARA ENSAMBLAJE DE UNA PLAYERA BÁSICA.	30
FIGURA 13. ETAPAS DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA	32
FIGURA 14. SISTEMA CONVENCIONAL A ANALIZA.	44
FIGURA 15. SISTEMA ALTERNATIVO A ANALIZAR.	46
FIGURA 16. HUELLA DE CARBONO DE TODAS LAS PRENDAS CONSUMIDAS EN EL REINO UNIDO DURANTE EL 2009.	65
GRÁFICA 1. FRECUENCIAS PARA LA PREGUNTA "¿CON QUÉ FRECUENCIA COMPRAS PLAYERAS BÁSICAS (EN UN AÑO)?"	40
GRÁFICA 2. FRECUENCIAS DE LA PREGUNTA "¿CON QUÉ FRECUENCIA LAVAS TU ROPA?"	41
GRÁFICA 3. EMISIONES PARA CADA ETAPA DE LOS SISTEMAS ANALIZADOS.	57
GRÁFICA 4. EUTROFIZACIÓN POR ETAPA EN AMBOS SISTEMAS.	58
GRÁFICA 5. ÍNDICE AWARE PARA AMBOS SISTEMAS ANALIZADOS.	59
GRÁFICA 6. AGUA EMPLEADA POR ETAPA EN CADA SISTEMA.	60
GRÁFICA 7. EMISIONES ENTRE SISTEMAS CON 50 PLAYERAS.	62
GRÁFICA 8. EMISIONES PARA SISTEMAS CON LAVADORA EFICIENTE.	66
GRÁFICA 9. EUTROFIZACIÓN POR ETAPA (50 PLAYERAS).	68
GRÁFICA 10. ÍNDICE AWARE PARA 50 PLAYERAS.	69
GRÁFICA 11. CANTIDAD DE AGUA EMPLEADA PARA PRODUCIR 50 PLAYERAS.	70
GRÁFICA 12. AGUA EMPLEADA POR ETAPA PARA SISTEMA CON LAVADORA EFICIENTE.	71
GRÁFICA 13. AMEBA COMPARANDO TOTAL DE EMISIONES.	72
TABLA 1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA SOBRE LA ENTRADA Y SALIDA DE PLAYERAS AL AÑO.	42
TABLA 2. COMPARACIÓN ENTRE METODOLOGÍAS DE IMPACTO.	50
TABLA 3. INVENTARIO COMPLETO. ELABORACIÓN PROPIA.	56

## Resumen

La moda, un concepto que va más allá de las prendas. Es en realidad, un fenómeno cuya afluencia es tan penetrante que ha logrado permear de manera directa o indirecta, nuestra forma de ser y pensar, de hablar y caminar e incluso, de usar y desechar. Sin embargo, no todo lo que brilla es oro. Fue desde la década de 1990 que la implementación del modelo “*fast fashion*” convirtió a la industria de la moda en un sector cuyo impacto repercute en esferas sociales, ambientales y económicas. Transformándola en un objeto de estudio cuyas consecuencias son importantes de medir mediante el Análisis de ciclo de vida. La industria textil mexicana, según el INEGI, en 2018 tuvo una participación del 6.4% en el PIB, y aunque, no es número grande, la cuantificación de sus impactos sigue siendo igual de relevante. Este ACV realiza la comparación de dos sistemas para la producción de una playera básica. El primero, contempla una mezcla de 50% algodón y 50% poliéster. El segundo, es uno hipotético donde la materia prima proviene del bagazo de agave. La unidad funcional seleccionada, “uso de playeras al año”. Para este estudio únicamente se analizaron las categorías de impacto: cambio climático, eutrofización y uso de agua. Los datos son tomados de una planta textil ubicada en la Ciudad de México, así como de literatura y bases de datos. Este es un ACV de “cuna a puerta”. Como resultado, se obtiene que la línea base emite 69.9 KgCO<sub>2eq</sub>, siendo mayores las emisiones respecto a la línea alternativa debido a la forma en la que se produce el poliéster y el algodón para la manufactura de playeras en México.

## **Abstract**

Fashion is a concept that goes beyond clothing. Is in fact, a phenomenon which influence is as deep as it permeates directly or indirectly our way to behave and think, how we talk and walk or even how we use and discard. However, not all that glitters is gold. It was since the 1990s that the implementation of the model “fast fashion” turned the fashion industry into a sector whose impact has social, environmental and economic repercussions. Transforming it into an object of study whose consequences are important to measure through Life Cycle Assessment. The Mexican textile industry, according to INEGI, in 2018 had a 6.4% share of GDP, and although it is not a gross number, the quantification of its impacts is still just as relevant. This LCA compares two systems for the production of a basic shirt. The first one, includes a mix of 50% cotton and 50% polyester. The second, is a hypothetical one where the raw material comes from agave bagasse. The selected functional unit “use of shirts per year”. For this study, only these impact categories were analyzed: climate change, eutrophication and water use. The data is taken from a textile plant located in Mexico City, as well as from literature and databases. This is a “cradle-to-door” LCA. As a result, it is obtained that baseline emits 69.9 KgCO<sub>2eq</sub>, with higher emissions than the alternative line due to the way that polyester and cotton fiber are produced for t-shirts manufacture in Mexico.

# Capítulo 1. Introducción

La moda siempre ha sido una forma de expresión y comunicación para la humanidad, es una práctica socialmente construida que permite constituir la personalidad de los individuos (Mejía & Salamanca, 2017). Sin embargo, el origen y la consolidación de este concepto son meramente contemporáneos, ya que se encuentra ligada al nacimiento del mundo moderno occidental. Fue el establecimiento de un nuevo orden político y económico el que provocó cambios radicales en las relaciones de producción y con ello, en la cultura. En pocas palabras, fue la revolución industrial el acontecimiento que originó el auge de la industria textil tal y como la conocemos en nuestros días. Teniendo en cuenta lo anterior, podemos decir que la moda es este conjunto de prendas de vestir, accesorios y complementos que se basan en gustos, usos y costumbres utilizados durante un tiempo determinado. Sin embargo, este fenómeno va más allá de la ropa, ya que la moda envuelve a todas las personas de manera directa o indirecta, es decir, su influencia es tan penetrante que ha logrado transformar los valores culturales, la forma de ser y pensar, de hablar y caminar e incluso, de usar y desechar (Landázuri, 2000).

Fue concretamente durante la primera guerra mundial que el mundo de la moda comenzó a cobrar profunda importancia en nuestras vidas. Gabrielle “Coco” Chanel es el nombre protagónico que marcó un parteaguas en esta industria, sus diseños simples, cómodos, innovadores y “*chic*” permitieron a las mujeres de ese entonces laborar con eficiencia en los trabajos de los hombres que se encontraban en el campo de batalla. Por otra parte, la introducción de los desfiles de “*Haute couture*” y “*Prêt-à-porter*” permitieron difundir la elegancia y estilo de la casa Chanel revolucionando por completo la ética del vestir y, por lo tanto, la forma en la que se diseñaba la moda (Mondragón & Salamanca, 2017).

El siglo XX continuaba su curso y con él, la industria de la moda, diseñadores como Christian Dior, Yves Saint Laurent, Huber Givenchy, Gianni Versace, entre otros, permitieron la expansión, establecimiento y fortalecimiento de esta industria. Sin embargo, fue hasta los años 90 que el mundo de la moda experimentó una expansión masiva a nivel mundial. La globalización económica, la promoción de competencia entre mercados internacionales, la difuminación de fronteras entre países, así como la aparición de las tecnologías de la información, promovieron que la industria textil sufriera una revolución, provocando drásticas transformaciones en los medios de producción y la forma organizacional de esta industria (Frenkel, 2003).

Es entonces que a partir de este momento se distinguen cuatro modelos de producción. El primero, un modelo tradicional, donde las etapas de diseño, tejido, fabricación y distribución se encuentran englobadas en ciclos de aproximadamente 300 días. El segundo modelo es un híbrido, pues sigue la pauta del primero, sin embargo, tiene ciclos de producción más cortos, permitiendo así la rotación de los productos en tiendas. Un tercer modelo tiene por principal característica una producción basada en prendas básicas (aquellas que se creen no pasan de moda), por lo tanto, la rotación de productos es muy baja. Por último, el cuarto modelo, conocido también como "*just in time*", este es aquel que permite la rotación de productos en ciclos muy cortos, además de que responde a las necesidades del mercado (Martínez-Barreiro, 2008).

Ahondando un poco más en el último ciclo, es importante mencionar las modificaciones que han ocurrido en él. Fue la empresa italiana Bennetton la primera en implementar dicho modelo, logrando completar todo el ciclo de producción en 6 meses, posteriormente la americana GAP logró reducirlo a 2 meses. Finalmente, la empresa ZARA acorraló a sus competidores simplificando este modelo a únicamente 2 semanas. ¿El secreto de su éxito? Es simple, fue gracias a la implementación del internet dentro de este sistema, es decir, la red de producción se encuentra interconectada, por lo tanto, la gestión de la información entre las distintas fases de elaboración del producto es fluida, mejorando así la comunicación

dentro de la cadena de productiva (Martínez-Barreiro,2008). Sin duda, este sistema parece ser simple, funcional, pero lo más importante, perfecto; sin embargo, la mayoría ignora por completo los efectos socio-ambientales desencadenados tras su implementación.

Durante las últimas décadas, la sociedad ha basado su desarrollo económico y social en patrones de producción y consumo que resultan sumamente insostenibles. El concepto del *fast fashion* (moda rápida), se refiere a los grandes volúmenes de ropa producidos por la industria de la moda (Mira, 2018), es entre otras cosas, una estrategia empresarial cuyo objetivo principal es brindar a los clientes las últimas tendencias de la moda, por lo tanto, genera patrones de consumo intensivos (Barahona, 2018). La alta demanda de prendas permite que la rotación de productos en los puntos de venta sea rápida, como de igual manera, es la extracción de recursos para la fabricación de nuevos artículos.

Algo que caracteriza a la industria textil es que ha resultado ser una actividad sumamente contaminante e insostenible. Por una parte, es su alto consumo de recursos como el algodón, fibras sintéticas, agua y energía y por otra, la gran cantidad de desperdicios sólidos, químicos y gases de efecto invernadero. De igual manera, se han documentado los diversos impactos sociales que esta industria ha desencadenado. China, Turquía y México son algunos de los nombres que se encuentran en la lista de países donde la industria textil ha decidido llevar a cabo la manufactura, esto sin duda, ha permitido abaratar costos y reducir tiempos de producción, lo cual, podría parecer un acierto para el modelo *fast fashion*, sin embargo, esto sólo promueve una manufactura de prendas de baja calidad y, por consiguiente, una cultura de consumo intensiva.

Asimismo, la elaboración de estas prendas es llevada a cabo bajo un marco de trabajo esclavo, puesto que son los derechos laborales no cumplidos los que propician precios bajos en los puntos de venta. Este último impacto es uno de los más complejos, ya que, es gracias a la extensa red empresarial por la que las corporaciones se rigen, lo que complejiza la situación, es decir, el reclutamiento de empresas pequeñas dentro de estos países permite que ZARA, H&M, entre otras

cadenas que han adoptado el *fast fashion* como identidad de marca, puedan optar por prescindir de su responsabilidad empresarial (Mucha, 2016).

La industria textil mexicana tiene una gran profundidad histórica, ya que sus inicios datan del siglo XIX, es decir, de más de siglo y medio de historia (Durand, 1986). En este lapso ha pasado por momentos de crisis y “booms” recurrentes. Pero es en los años 90 que la industria mexicana comenzó a experimentar un proceso de auge y expansión, fue en esta década que la industria manufacturera comenzó a parecer atractiva a los ojos de las empresas extranjeras. Para el año de 1996, la industria textil no era un sector despreciable, pues representaba el 8.1% de la manufactura y es que fueron los tratados de libre comercio (principalmente el TLCAN) celebrados en ese entonces quienes abrieron las puertas del mundo a la industria mexicana, permitiéndole posicionarse en el mercado global y así competir con los principales países manufactureros como China (Castro, 2004).

Según el INEGI, en 2018 las contribuciones a la manufactura por parte del sector textil fueron del 6.4%, esto sin duda, representa un decremento respecto a las estadísticas del pasado, sin embargo, esto no quiere decir que esta industria haya perdido su importancia y la identificación y cuantificación de impactos potenciales al ambiente en las cadenas productivas nacionales continúa siendo una necesidad latente y relevante.

En este trabajo se realiza una estimación sobre los impactos que la industria textil tiene en nuestro país. Dicha estimación es realizada empleando la metodología de análisis de ciclo de vida. Los datos obtenidos provienen de fuentes primarias, como son entrevistas con usuarios y empleados de una planta manufacturera en CDMX, de igual forma, se obtuvieron de fuentes secundarias, como es bibliografía y bases de datos (Ecoinvent 3). Dichos datos fueron interpretados con ayuda del software SimaPro. Cabe mencionar que el estudio presentado, simula una parte de la realidad mexicana, sin embargo, abona en la estimación de impactos potenciales que esta industria pueda tener en Latinoamérica.

## **1.1 Preguntas de investigación**

### **General**

- ¿Cuáles son los impactos ambientales por la producción y uso de una playera básica fabricada mediante dos sistemas de producción (convencional y alternativa)?

### **Específicas**

- ¿Cómo están compuestas las cadenas de producción (playera convencional y alternativa) de una playera básica?
- ¿Cuáles son los impactos potenciales estimados por cada tipo de producción y uso de una playera básica?
- ¿Cuál cadena de producción obtiene la menor cantidad de impactos ambientales potenciales de acuerdo a las estimaciones?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

- Evaluar los impactos ambientales potenciales por la producción y uso de una playera básica en México mediante la metodología de análisis de ciclo de vida

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Describir dos cadenas de producción de una playera básica: una convencional y otra alternativa.
- Cuantificar los impactos ambientales potenciales por producción y uso de una playera básica convencional.
- Cuantificar los impactos ambientales potenciales por producción y uso de una playera básica alternativa.
- Comparar los impactos ambientales potenciales por producción y uso de una playera básica alternativa y convencional.
- Elaborar un escenario de mitigación por la producción de playeras básicas.

### 1.3 Justificación

Es evidente que la tendencia del *fast fashion* ha inundado por completo el mercado textil a nivel mundial. El cambio en las tendencias de moda es cada vez es más rápido, al igual que la manera en que la población adquiere nuevos productos y atuendos, y es que la moda es tan cambiante que, a pesar de que la prenda tenga una vida útil larga, esta será usada un mínimo número de veces para luego ser desechada simplemente porque ya pasó de moda (Barrios, 2012). La industria de la moda ha creado una cultura del consumismo perfecta, y es gracias a esta cultura que se le atribuye el ser una de las más contaminantes en el mundo.

La influencia que tiene el mundo de la moda sobre la gente genera varios tipos de impactos a diferentes escalas, y en los últimos años una gran cantidad de estudios han revelado y cuantificado los efectos de estos. Se estima que, para la elaboración de una playera básica se requieren aproximadamente 2,720 m<sup>3</sup> de agua, además los efluentes generados en su elaboración contienen grandes cantidades de químicos, los cuales fueron utilizados a lo largo del proceso de producción, ejerciendo así una gran presión sobre los cuerpos de agua (Chapagain *et al.* 2006). De igual manera, se ha calculado que sólo durante la etapa de fabricación de una playera básica se emiten aproximadamente 4 kgCO<sub>2</sub>.

Por otra parte, se menciona que la fase del uso es la que tiene mayor impacto, ya que son los detergentes y el agua empleada durante el lavado, los responsables de que esta fase tenga gran importancia (Steinberger *et al.* 2009). Estos son algunos de los impactos causados hacia la naturaleza, sin embargo, también se han documentado los impactos sociales que el mundo de la moda ocasiona. El afán por mantener costos de producción bajos ha promovido el trabajo esclavo dentro de esta industria, pues se ha demostrado que, en la mayoría de los casos, las empresas prescinden de los derechos laborales al proporcionar condiciones de trabajo precarias. En promedio, un obrero chino trabaja largas jornadas y gana £44 mensuales (\$1,100 MXN Aproximadamente), por otra parte, el ensamble de las prendas es llevado a cabo en establecimientos donde se viola la normatividad de

higiene y seguridad, uno de los ejemplos más claros de esto, es el incidente ocurrido en “Rana Plaza”, Bangladesh, donde se estima que 1,113 niños y adultos fallecieron, y 2,500 personas resultaron heridas debido a que el edificio donde se laboraba estaba en pésimas condiciones estructurales (Mucha, 2016). Situando los daños sociales en nuestro país, las mujeres son la principal mano de obra empleada por las maquiladoras mexicanas. El año: 1965, la industria textil en aras de generar un mayor crecimiento comienza a ofertar una gran cantidad de puestos laborales, priorizando la adquisición de mano de obra femenina. Para 1975, se contrataban 28 varones por cada 100 mujeres, cabe mencionar que, esta industria ha sufrido una desfeminización, ya que, en 2004 esta relación ha cambiado a la contratación de 86 varones por cada 100 mujeres (de la O Martínez, 2006). Aunque hay una desfeminización laboral, es importante recordar que el contingente femenino es mayoría dentro de las maquiladoras, todas operando bajo el marco de trabajo esclavo ya mencionado con anterioridad. Es entonces la “necesidad” del desarrollo de la industria mexicana, la que ha forzado y promovido la explotación de la mujer a lo largo de los años. Pobreza y baja escolaridad son algunas situaciones de las cuales el mundo de la moda abusa y se escuda para justificar las condiciones precarias en las que laboran (Boisen y Vallentin, 2009).

Los efectos ambientales de los textiles son importantes y es por ello que se vuelve imperante analizarlos desde una perspectiva de análisis de ciclo de vida, es decir, desde la extracción de los materiales hasta su disposición final. En los últimos años se ha observado como cada vez se cuantifican los impactos de manera más precisa, sin embargo, estos análisis han sido llevado a cabo mayormente en países europeos. Es ahí donde este trabajo cobra gran relevancia, ya que en México no existen trabajos previos que permitan observar la magnitud de los impactos que la industria textil tiene en nuestro país.

Por otra parte, se considera apropiado enlistar algunos de los Objetivos de desarrollo sostenible (ODS) a los cuáles este estudio realiza su aportación.

Cabe mencionar que los objetivos a los que se hace referencia a continuación se encuentran disponibles en la sección de objetivos sustentables de la ONU.

**Objetivo 6. Agua limpia y saneamiento:** En este se plantea garantizar para el año 2030 la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. Dicho objetivo conlleva que varias acciones tengan que ser ejecutadas para ser cumplido. Una de ellas y que compete al estudio pues es dónde este realiza su contribución es *“...mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial...”* Ya que como se mencionó anteriormente, esta industria se caracteriza por usar grandes cantidades de agua dulce y verterla contaminada en los cuerpos de agua. Por tanto, este estudio abona a este objetivo al documentar los *“hot spots”* que el mundo de la moda tiene en este aspecto y así proponer soluciones.



FIGURA 1. OBJETIVO 6 ODS  
RECUPERADO DE:  
[HTTPS://WWW.AGENDA2030.GOB.ES/OBJETIVOS/OBJETIVO6.HTM](https://www.agenda2030.gob.es/objetivos/objetivo6.htm)

**Objetivo 9. Industria, innovación e infraestructura:** En él, lo que plantea es construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación. Sin duda un objetivo en el cual éste estudio se ve muy involucrado, ya que, como se enuncia en el mismo, una de las metas es *“...modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas...”* Se sabe que toda industria requiere insumos para la transformación de estos en bienes y servicios, pero es la industria de la moda una muy demandante. Es entonces dónde este estudio, al evidenciar la desmesurada cantidad de recursos y la falta de procesos industriales limpios, que hace su aportación al cumplimiento de este objetivo.



FIGURA 2. OBJETIVO 9 ODS.  
RECUPERADO DE:  
[HTTPS://WWW.AGENDA2030.GOB.ES/OBJETIVOS/OBJETIVO9.HTM](https://www.agenda2030.gob.es/objetivos/objetivo9.htm)

**Objetivo 12. Producción y consumo responsables:** Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles es el reto principal que se externa para el objetivo 12. En este, existen dos directrices principales donde se apreciarán las aportaciones. *“... reducir considerablemente la generación de desechos mediante*

*actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización...” y “...Alentar a las empresas, en especial las grandes empresas y las empresas transnacionales, a que adopten prácticas sostenibles e incorporen información sobre la sostenibilidad en su ciclo de presentación de informes...” Sin duda, es el “fast fashion” la madre del consumismo desmesurado, pues se mencionaba con anterioridad la cultura del consumo y desecho que esta ha creado. Y aunque este análisis no realiza ninguna cuantificación sobre los desechos generados por el usuario, sí se evidencia (implícitamente) la insostenibilidad de las prácticas consumistas promovidas por dicha industria.*



*FIGURA 3. OBJETIVO 12 ODS  
RECUPERADO DE:  
[HTTPS://WWW.AGENDA2030.GOB.ES/OBJETIVOS/OBJETIVO12.HTM](https://www.agenda2030.gob.es/objetivos/objetivo12.htm)*

**Objetivo 13. Acción por el clima:** Para este último, se plantea adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. Las metas enunciadas en este objetivo son las líneas guía para lograr mantener nuestras emisiones de CO<sub>2</sub> por debajo de los niveles preindustriales. De esta manera, la temperatura permanecerá por debajo de los 2°C. Por lo tanto, este análisis se vuelve relevante principalmente para la meta que enuncia “...Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana...” Así pues, al

exponer los impactos que el sector de la moda tiene en las esferas ambientales, se aporta en la sensibilización y concientización para una cultura “eco-friendly”.



FIGURA 4. OBJETIVO 13 ODS  
RECUPERADO DE:  
[HTTPS://WWW.AGENDA2030.GOB.ES/OBJETIVOS/OBJETIVO13.HTM](https://www.agenda2030.gob.es/objetivos/objetivo13.htm)

# Capítulo 2. Marco teórico

## 2.1 Antecedentes

Como se ha mencionado con anterioridad, los impactos que tiene la industria del “*fast fashion*” son multi-escalares y de gran relevancia, es por ello que se vuelve imperante analizarlos, cuantificarlos y buscar soluciones a las problemáticas que desencadena. De igual manera, se menciona que los Análisis de Ciclo de Vida realizados a productos textiles son pocos y en su mayoría están contextualizados en países europeos. Por lo tanto, existe una necesidad latente de realizar este tipo de estudios en países latinoamericanos. A continuación, se presentan algunos “*hot spots*” encontrados por dichos análisis previos.

El ciclo de vida de la mayoría de las prendas comienza con el cultivo de algodón, en esta primera parte se ha cuantificado el impacto que tienen su cultivo hacia los cuerpos de agua, pues se requieren de aproximadamente 3,644 m<sup>3</sup> para producir una tonelada de algodón (Chapagain, *et al.* 2006).

Otro estudio estima que sólo en el Reino Unido se consumen aproximadamente 1.1 millones de toneladas de ropa anuales, esto no solo significa grandes cantidades de residuos sólidos, sino también de emisiones a la atmósfera, pues este consumo representa aproximadamente 38 millones de toneladas de CO<sub>2eq</sub> anuales, lo que es igual a 0.6 tonCO<sub>2eq</sub> per cápita. Por otra parte, se responsabiliza al proceso de manufactura por el 32% de estas emisiones, ya que, la mayoría de estas prendas son fabricadas en otros países, por lo tanto, el gasto energético que esto conlleva eleva los gases de efecto invernadero emitidos (Thomas, *et al.* 2012).

De igual manera, se ha calculado que en el ciclo de vida de una playera se produce aproximadamente 14 kgCO<sub>2</sub>, donde el 28.6% de las emisiones son atribuidas a la manufactura, mientras que el 71% restante es debido al uso de la prenda,

incluyendo su disposición final, la cual es responsable del 46.15% de las emisiones (6.5 kgCO<sub>2</sub>). Cabe mencionar que dicho cálculo pertenece a los patrones de consumo alemanes (Steinberger, *et al.* 2009).

Centrándonos en América latina, hay trabajos como el de Bongiovanni y Tuninetti, (2018), que realizan el análisis de ciclo de vida de un Jean producido en Argentina. Si bien no hace referencia propiamente a una playera básica, funciona como un buen marco de referencia para entender cómo funciona la industria textil en América. En él, se dice que un Jean emite 4.65 kgCO<sub>2eq</sub>, de los cuáles, el 43% de las emisiones corresponde a la producción de tela, seguido está la fabricación del pantalón con un 23%, posteriormente el 16% es por la producción de hilo Denim, luego un 13% corresponde a la etapa agrícola y por último un 5% por el desmontado de algodón.

Por otra parte, hay otros estudios que, a pesar de no ser análisis de ciclo de vida, analizan las cadenas productivas del sector textil. Por ejemplo, Antunes y Monge en el 2013, describen el funcionamiento de la industria textil deportiva en El Salvador, sin embargo, en este estudio no se exhibe ningún impacto en términos de emisiones. El trabajo de Urrea, Huertas y Prada (2016), hacen un análisis de la industria de ropa en Colombia, y posteriormente se realiza una propuesta de una cadena de producción ecológica en este país, basándose en las tendencias de sustentabilidad que se están siguiendo en el Reino Unido y Suecia.

Wagner, *et al.* (2017), Murugesh y Selvadass, (2013) y Tinoco, *et al.* (2009), son algunos trabajos previos donde sólo se hacen análisis de la cadena de producción o se realizan propuestas para mejorar este sector industrial, no obstante, ninguno es un análisis de ciclo de vida per se. Aunque es verdad que estos estudios brindan información fundamental sobre cómo opera esta industria, continúa siendo una necesidad llevar a cabo un ACV que permita observar de manera más específica los impactos que ésta desencadena en América latina, concretamente, en nuestro país.

## 2.2 Marco Teórico-Conceptual

### Playera básica

Como se mencionó anteriormente, este estudio se basó en los impactos generados por la producción de una playera básica, por lo tanto, es relevante definir lo que se entiende por este concepto a partir de este momento. Según la Real Academia de la Lengua Española, una playera básica es una prenda corta y de mangas anchas. Sin embargo, esta definición es bastante escueta e imprecisa, actualmente no existe ningún otro soporte literario que proporcione una explicación apropiada a este concepto, por lo tanto, la definición presentada a continuación es de elaboración propia:

*Una playera básica es aquella prenda cuyo corte es, por lo general, de mangas cortas, cuello redondo, sin bolsillos y botones. La longitud de esta prenda es variable, ya que puede ser desde la mitad del muslo o sobre la cadera, aunque lo más común es que sea hasta donde empieza el pantalón, es decir, sobre la cintura (FIGURA 5).*



FIGURA 5. EJEMPLO DE UNA PLAYERA BÁSICA.  
RECUPERADO DE: [HTTPS://WWW.ZARA.COM/MX/ES/CAMISETA-BÁSICA-REGULAR-FIT-](https://www.zara.com/mx/es/camiseta-basica-regular-fit)

La confección de una playera básica es usualmente de algodón, sin embargo, pueden existir combinaciones en la composición del hilo, como puede ser 75% poliéster-25% algodón o 50% poliéster-50% algodón. De igual forma, este tipo de

prendas no llevan estampados complicados, ya que se consideran prendas “comodines”, pues estas pueden combinarse con otras prendas como camisas o suéteres, por lo tanto, una playera básica es comúnmente elaborada en un sólo color.

## **Fibras textiles**

Una fibra textil es aquella materia susceptible de ser hilada mediante procesos físicos o químicos, a través de los cuales es posible obtener hilos y de estos, tejidos. Existen algunos parámetros que nos van a permitir identificar si la fibra es hilable, estos son: su flexibilidad, resistencia, elasticidad y diámetro respecto a su longitud (Villegas & Monroy, 2013).

Existen una gran cantidad de tipos de fibras textiles, es por ello que se han clasificado dentro de dos grupos, por lo tanto, sabemos que existen fibras naturales y fibras artificiales.

Dentro del primer grupo se tienen todas las fibras que son originadas de manera natural (Figura 6), este tipo de fibras no requieren de una adecuación compleja para poder ser hiladas y posteriormente ser utilizadas dentro del proceso textil. En el segundo grupo vamos a encontrar todas las fibras que no están disponibles en la naturaleza, ya que han sido fabricadas mediante procesos artificiales (Textil, 2008).

Cabe mencionar que dentro de estos dos grupos existen sub-clasificaciones las cuales hacen referencia a la procedencia de esta fibra. En el ejemplo de las fibras naturales se tiene que se clasifican dependiendo del reino animal de procedencia; vegetales, animales, minerales.

Por otra parte, las fibras artificiales se dividen dependiendo del proceso industrial del que se originen, por lo tanto, se sabe que existen fibras de manufactura física, (es decir, se producen por medios físicos se da forma a la fibra y manufactura química, es decir, se obtiene la fibra por medio de procesos químicos. En los últimos años, la industria manufacturera textil ha ido decantando el uso de fibras hacia las fibras químicas, ya que, a diferencia de las naturales, estas pueden ser generadas

continuamente, para satisfacer las necesidades de consumo del mercado, por otra parte, las fibras químicas son uniformes, ya que no dependen del crecimiento natural de una planta o animal (Textil, 2008).



*Figura 6. Fibra de algodón.*

*Recuperado de:*

*<https://xtymztextile.manufacturer.spanish.globalsources.com/si/6008853893850/pdtl/Synthetic-fiber/1169103222/Raw-Cotton.htm>*

## **Etapas del proceso de manufactura de una playera básica**

### **Proceso de hilatura**

Esta es una etapa anterior a la manufactura de los textiles, sin embargo, es una de las más importantes, pues es gracias a este proceso que se da la transformación de la materia prima en hilo para prendas. La hilatura es entonces, un proceso industrial en el cual, mediante ciertas operaciones complejas con fibras textiles, ya sean naturales o artificiales, es creado un nuevo cuerpo textil alargado, fino, resistente y flexible, al cual se le llama hilo. El proceso de hilatura comienza con la apertura y limpieza, en este paso las fibras, mediante una máquina especial son expandidas para así quitar impurezas (si es que se trata de una fibra natural) y facilitar la hilatura. Posteriormente, en la fase de cardado, las fibras ya expandidas entran a una maquina llamada “carda” (Figura 7), esta es una máquina constituida por varios órganos móviles de acero que rotan en

velocidades diferentes, esto con el objetivo de comprimir las fibras para así originar una cinta de masa de longitud estándar. Luego, en la fase de estiramiento, la cinta que sale de la carda entra a otra máquina para ser estirada y de esta forma reducir su densidad lineal, en este proceso el producto es más regular y uniforme. Por último, el material sale de las máquinas estiradoras y entra en las hilas, aquí es donde se aplica torsión y se da una estructura al hilo, aunque existen varias formas de hilar, la más popular es la hilatura de anillos, en este tipo de hilatura, se aplica la torsión por medio de un husillo giratorio (López, 2016).



*Figura 7. Carda hilando fibra de algodón.*

Recuperado de: <http://mundotextilmag.blogspot.com/2010/06/santana-textiles-invierte-para-producir.html>

## **Proceso de tejeduría**

Existen muchos tipos de tejeduría, algunas más tradicionales, como es el caso del telar y otras un poco más industriales, como es la tejeduría de calada. Los tejidos se encuentran divididos en 6 grupos principales:

- Tejidos planos o de calada: Los hilos se tejen uno por encima del otro.
- Géneros de punto: El hilo se entrelaza consigo mismo (formando una especie de red).
- Gasas de vuelta: Los hilos se tejen cruzándose entre sí alternativamente, a la izquierda y a la derecha.
- Trenza: El hilo es tejido ondulándolo de izquierda a derecha.
- Red: El tejido del hilo se hace formando hilos, impidiendo así que este se deslice.

- Triaxiales: Los hilos se tejen en series de 3 cruzándose en ángulos de 60°.

Durante este proceso, lo que se quiere es paralelizar las fibras, manteniéndolas unidas por medio de la torsión (Figura 8), obteniendo como producto una tela acomodada de forma cilíndrica (Lockuán, 2013).



*Figura 8. Máquina tejedora de hilo.*

*Recuperado de: <https://mundotextilmag.com.ar/grupo-ritex/>*

## **Proceso de lavandería**

Para entender el proceso de lavandería es preciso definir primero qué son los colorantes. Dentro de la industria textil, un colorante puede ser cualquier sustancia capaz de teñir o colorear un material. Los colorantes son sustancias de origen químico o biológico, generalmente tintes, pigmentos, reactivos u otros compuestos, empleados en la coloración de tejidos (Alfaro, 2004). Existen dos grandes clasificaciones para estos, los orgánicos y artificiales, los primeros, son aquellos que provienen de origen vegetal, mineral o animal, los segundos son todos los provenientes de sintetización de químicos, estos últimos son los más utilizados por la industria textil.

Dentro de este procedimiento se llevan a cabo varios tratamientos a la tela, se tiñe y se eliminan impurezas que no fueron removidas con anterioridad. En términos generales, existen dos formas de tintar una tela:

- Afinidad entre colorante y fibra: En esta técnica, se da un baño a la tela, en la cual se le deja saturar del colorante hasta que este quede totalmente impregnado en la tela.
- Impregnación de la fibra: En esta, el material textil recibe 2 baños, en el primero sólo se expone la tela al colorante y posteriormente, las fibras reciben un baño en fijadores para que la tintura sea definitiva (Obando, 2013).

### **Afelpado**

La textura en las telas es importante. Hasta esta parte no sería posible diferenciar una playera de una chamarra, es en este punto del proceso donde se lleva a cabo esta diferenciación. El afelpado es meramente una técnica que permite producir cambios de aspecto y textura en las telas, puede ser llevado a cabo de manera química (durante el proceso de tintorería), aunque es más común que se realice de manera mecánica. Un ejemplo de esta técnica es el “esmerilado”. En este se aplica una fuerza muy suave para darle un aspecto ligeramente grueso llamado “piel de durazno”. Otro ejemplo es el “afelpado con frisoras” (Figura 9), en este la tela es introducida a fuerzas mecánicas agresivas que nos permiten generar acabados gruesos, los cuales sirven para prendas deportivas o de abrigo.

Cabe mencionar que en esta etapa los textiles son sometidos a los diferentes tipos de afelpados que depende del acabado que demande el consumidor (Mundo textil, 2015).



*Figura 9. Máquina frisadora para la fase de afelpado.  
Recuperado de: <https://mundotextilmag.com.ar/grupo-ritex/>*

## **Planchado**

Esta es la fase final por la que pasa la tela antes de ser transformada en alguna prenda. El planchado (Figura 10) tiene varios beneficios en los textiles, pues es gracias a este que se eliminan excesos de agua provenientes de la parte de tintorería, dejando la tela totalmente seca. De igual forma, el planchado facilita la relajación del tejido, generando así, un producto que no se encoja durante el lavado que le pueda dar el usuario. Asimismo, la aplicación de vapor durante este procedimiento permite dar uniformidad, durabilidad y un tacto suave al producto (Mundo Textil, 2015).



*Figura 10. Máquina de planchado textil.  
Recuperado de: <https://www.talenthoro.de/ausbildung/handwerk-und-herstellung/produktionsmechaniker-textil/>*

## Ensamblado de la prenda

El ensamblado es concretamente la confección de la prenda. Para ello se requieren moldes (Figura 11), los cuales son piezas basadas en figuras geométricas planas que permiten representar prendas de vestir del cuerpo humano. Los moldes son la base de toda prenda, pueden ser copiados en serie y reproducirse en escala. Es gracias a estos que es posible realizar ampliaciones, transformaciones y desarrollar nueva moda, los patrones son trazados con medidas anatómicas del cuerpo. Una vez trazado el patrón de la prenda en la tela, esta es recortada y confeccionada a máquina por un grupo de costureras (Rodríguez, 2012).

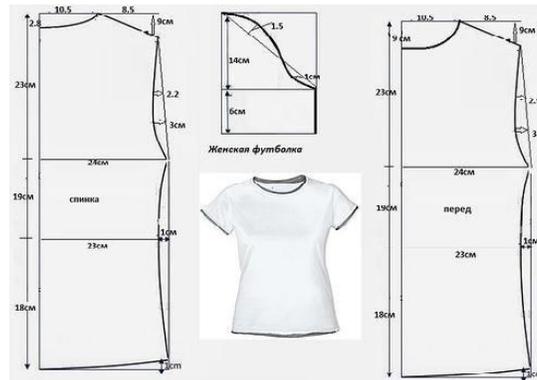


Figura 11. Ejemplo de patrones para ensamblaje de una playera básica.

Recuperado de: <https://www.pinterest.com/pin/395120567299539511/>

## Análisis de Ciclo de Vida

El creciente reconocimiento de la importancia de la protección ambiental y los posibles impactos asociados a los productos fabricados y consumidos han aumentado el interés en el desarrollo de métodos para comprender mejor y reducir dichos impactos (Usón y Bribián, 2010). Es por ello que, en las últimas décadas esta preocupación ha permitido el desarrollo de herramientas como el “análisis de ciclo de vida”. El ACV es una herramienta de gestión ambiental que evalúa de modo sistemático los impactos ambientales potenciales de un producto a través del análisis de su ciclo de vida, desde la adquisición de la materia prima, su producción, uso y disposición final (Paniceili, Trama y Dauriat, 2006).

Teniendo lo anterior en cuenta, podemos enunciar algunos de los usos para un análisis de ciclo vida, como son:

- Identificar oportunidades para la mejora de productos en varios de sus puntos del ciclo de vida.
- Informar a los tomadores de decisiones en la industria, gobierno u ONG's para la planeación estratégica, diseño del producto, etc.
- Marketing, por ejemplo "*ecolabel*".

El análisis de ciclo de vida se encuentra estandarizado en las normas ISO 14040 (Principios y Marco) e ISO 14044 (Requisitos y Directrices). Es en la primera norma donde se enuncian todos los pasos necesarios para elaborar un ACV, estos son:

- Definición de objetivo y alcance
- Análisis del inventario
- Evaluación de impactos
- Interpretación

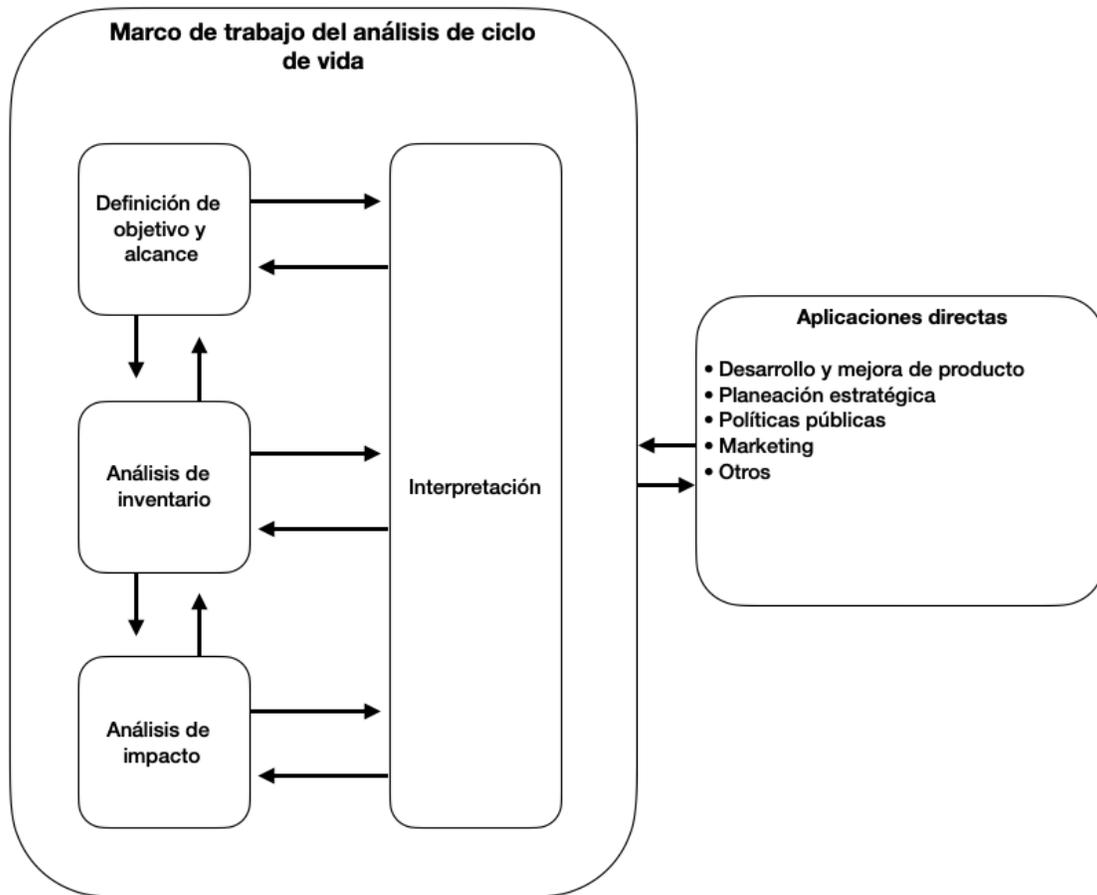


Figura 12. Etapas del análisis de ciclo de vida  
(Tomado de ISO, 2006).

A continuación, se ahondará en la explicación de cada uno de los pasos mostrados en la *Figura 12*.

**Definición de objetivo y alcance.** En esta primera fase se establecen los criterios por los cuales se estará llevando a cabo el ACV.

- Definición de objetivo: Descripción de las razones por las cuales se lleva a cabo el estudio, así como del público al que se encuentra dirigido.
- Elección de unidad funcional: Esta dependerá de los objetivos del estudio. La unidad funcional es entendida como “rendimiento cuantificado del sistema de un producto a usar como unidad de referencia”. Dicha unidad permite proporcionar una referencia que relacione entradas y salidas del sistema.
- Delimitación de sistema: Se enuncian las entradas y salidas del sistema, así como todos los procesos que este incluye. [SEP]
- Requerimientos de la calidad de los datos: En este apartado se especifican, de manera general, las características necesarias que deben de tener los datos. Esto permite su fácil entendimiento y análisis en el inventario.

**Análisis del inventario.** El inventario contiene todos los datos y cálculos pertinentes de las entradas, salidas y procesos del sistema. Los datos incluidos en el inventario pueden ser de obtenidos de forma directa (es decir mediciones “*in situ*”, entrevistas, etc.) o bien de forma indirecta (por medio de bases de datos).

**Evaluación de impactos.** Esta etapa consiste en la evaluación de las entradas y salidas en función de sus potenciales impactos ambientales. Es la evaluación de impactos la que brinda información relevante para la posterior construcción de la interpretación. Para esta etapa es necesario realizar 3 sub-etapas obligatorias:

- Selección de categorías de impacto. Se seleccionan los indicadores de impacto ambiental, así como su respectiva metodología de evaluación.
- Clasificación. Los flujos de mayor importancia son asignados a una o varias categorías de impacto en las cuales exista información que compruebe su contribución.

- **Caracterización.** Los flujos de mayor importancia son evaluados de acuerdo a su contribución en determinada categoría de impacto, como resultado, se obtiene el impacto potencial en cada categoría.

De igual forma, existen 3 sub-etapas opcionales:

- **Normalización.** Compara entre los impactos ambientales potenciales obtenidos y valores de referencia, para posteriormente convertirlos en una unidad única.
- **Ponderación.** Se priorizan las categorías de impacto conforme a su relevancia social tras la adición de factores de peso.
- **Agrupación.** Las categorías de impacto son asignadas a conjuntos basados en algún criterio subjetivo.

**Interpretación.** La parte final del ACV. En ella se formulan todas las conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos de los pasos anteriores. Cabe mencionar que es en la interpretación donde se reportan todos los resultados de una forma entendible, completa y consistente, de esta manera, será más fácil la toma de decisiones para el lector (ISO, 2006).

### **Sistema de variables**

A continuación, se describirán las categorías de impacto que son relevantes para esta investigación. Estas variables fueron seleccionadas tomando en cuenta el objetivo y alcance de este estudio.

#### **Cambio climático**

El cambio climático puede ser definido como el “cambio en el estado climático que puede ser identificado por cambios en la media y variabilidad de sus propiedades, y que persisten por periodos extendido de tiempo, generalmente décadas o más”

(IPCC, 2014). Algunos de los efectos negativos causados por el cambio climático son:

- Aumento en la temperatura superficial
- Derretimiento de glaciares
- Sequías
- Incendios
- Acidificación en los océanos

El principal indicador utilizado para la evaluación del cambio climático es el Potencial de calentamiento global (GWP por sus siglas en inglés). Este indicador se encuentra basado en el forzamiento radiativo (absorción de radiación térmica) de una unidad de CO<sub>2e</sub> durante un periodo de 100 años (Rosenbaum, Hauschild, *et al.*, 2018).

### **Eutrofización**

El agua por naturaleza contiene nutrientes que permiten la vida en ella. Sin embargo, el exceso de estos, en especial de los macronutrientes como el nitrógeno y fósforo, provoca cambios en la productividad de biomasa acuática, generando que la calidad del agua disminuya. La abundancia de dichos nutrientes promueve el crecimiento de algas y plantas acuáticas, lo cual dificulta el paso de la luz solar a los estratos más profundos de los cuerpos de agua. Esto genera posteriormente una estratificación del agua, dificultando que el oxígeno de las capas superiores se mezcle con el de las capas inferiores. Finalmente, el acuífero entra en un estado de hipoxia o anoxia, esto facilita la emisión de algunas sustancias tóxicas y contaminantes. Cabe mencionar que una de las principales fuentes antropogénicas de macronutrientes son la agricultura, ya que los fertilizantes, gracias a la escorrentía y lixiviación, cargan los cuerpos de agua con altas concentraciones de estos nutrientes (Rosenbaum, Hauschild, *et al.*, 2018).

## **Uso de agua**

El agua es un recurso renovable, sin embargo, de toda el agua disponible, los humanos consumimos únicamente el 3%, de la cual, el 70% es para la agricultura, el 20% para usos industriales y el 10% para usos domésticos (Rosenbaum, Hauschild, *et al.*, 2018). A pesar de que los números parecen ser pequeños, esto afecta gravemente la disponibilidad de agua limpia, pues existen cuerpos de agua importantes que actualmente están gravemente contaminados, esto afecta los ecosistemas terrestres y acuáticos que estén en contacto con estos. En este tipo de estudios, existen índices de estrés/escasez de agua. Este tipo de índices están basados en la comparación entre el agua usada y el agua limpia disponible, luego se representa el nivel de competencia entre los diferentes usuarios (ej. Humanos y ecosistemas). Un ejemplo de índice es el “AWARE” (*Available Water Remaining indicator*) propuesto el WULCA group en 2016. En este se evalúa de 0.1 a 100 el potencial de privar a alguien más por el uso de este recurso (Rosenbaum, Hauschild, *et al.*, 2018).

## **Línea base y alternativa**

Para la elaboración de un Análisis de ciclo de vida es necesario establecer una línea base y una alternativa. Esto servirá como un marco de referencia para comparar los resultados y tomar una decisión sobre “cuál proceso/producto es mejor”.

Para fines de este trabajo, la línea base será la producción convencional de una playera.

- Los insumos son algodón y poliéster,
- La tintorería de la playera es química,
- La vida útil de la prenda es de un año,
- Su lavado es a máquina con secado al aire.

En este ACV, el enfoque a seguir será del tipo “cuna a puerta”, donde se incluye la extracción de materias primas, la fabricación de hilo, la manufactura de la playera y el uso de la misma. La principal razón para la selección de este enfoque, es debido a la facilidad en la disponibilidad de los datos en las diferentes etapas del ciclo de vida, como es: extracción de materia prima, procesos de transformación y de uso de la prenda. Cabe mencionar que a pesar de que dentro del sistema se habla de una disposición final, esta no está incluida dentro del estudio, ya que, existe gran incertidumbre sobre lo que sucede una vez que el usuario desecha la prenda. Por otra parte, la línea alternativa, será diferente a la primera en la parte de producción, pues el insumo principal será la fibra de Agave. El esquema detallado de ambos sistemas será proporcionado más adelante.

# Capítulo 3. Marco metodológico

## 3.1 Definición de objetivo y alcance

El objetivo del ACV a realizar es determinar los potenciales impactos ambientales para las categorías de cambio climático, eutrofización y uso de agua por la vida útil de una playera básica, incluyendo su manufactura. Sobre esta última, se analizarán dos tipos de cadena de producción, una donde los insumos sean “convencionales” y otra con insumos “alternativos”. Los datos utilizados en este análisis corresponden a los años del 2019 y 2020. Por otra parte, el análisis de estos fue llevado a cabo en Excel y con el uso del software SimaPro, mediante la base de datos Ecoinvent 3.

Tal y como se enuncia en la norma ISO 14040, es necesario seleccionar una unidad funcional, la cual facilita cuantificar las entradas y salidas del sistema en cuestión. Debido a la complejidad del sistema de la moda, se ha seleccionado la unidad funcional como uso de playeras al año. Dicha unidad funcional facilita el análisis y la interpretación por los impactos de una prenda en cada una de las categorías de impacto anteriormente mencionadas.

Para la selección de la unidad funcional mencionada se realizó previamente un instrumento de evaluación. Dicho instrumento fue aplicado a la comunidad de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) campus Morelia. En este se realizaron preguntas que contemplaban temas como la frecuencia de adquisición de prendas, la frecuencia de uso, así como la disposición final que dan a las prendas.

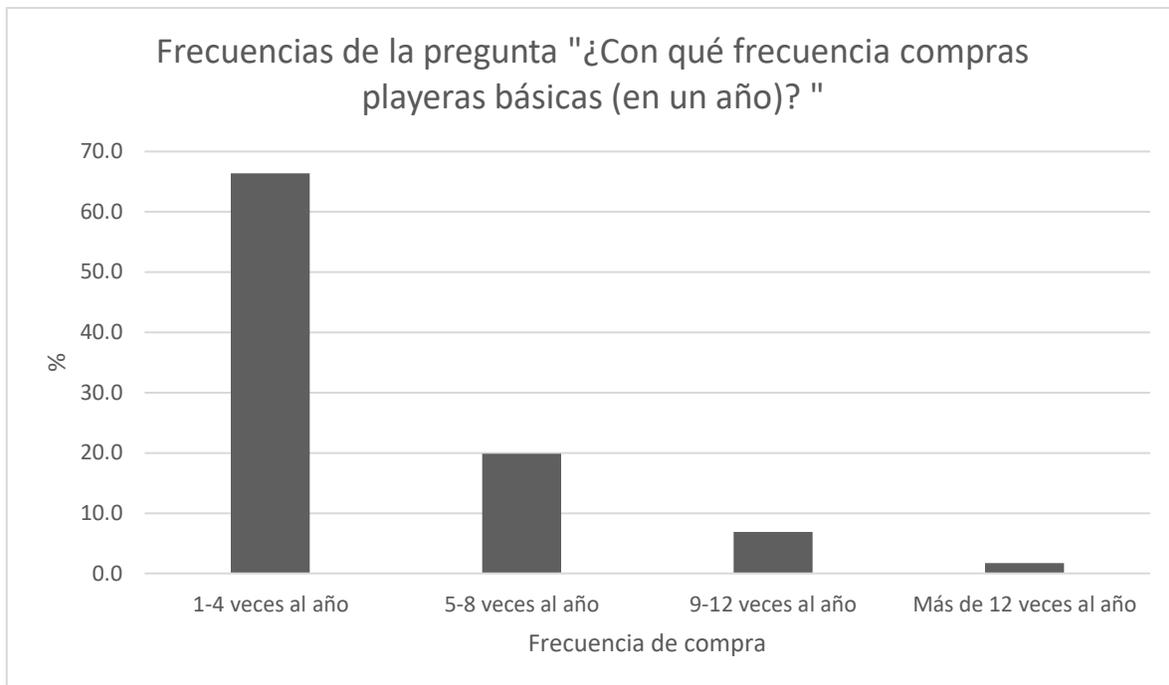
El análisis de las encuestas se realizó en IBM SPSS v6. Gracias al software, se lograron observar los patrones de uso y desecho de las prendas y, por lo tanto, estimar que aproximadamente los usuarios utilizan 8 playeras al año. De esta forma,

los cálculos y resultados de este estudio son interpretados en función de esta estimación, es decir, la unidad funcional.

Por otra parte, es importante hacer mención que, pese a que los cálculos hacen referencia a 8 playeras básicas, en los resultados también se modeló un escenario con 50 prendas. Esto último para simular una situación todavía más apegada a la realidad, ya que, en la vida cotidiana se poseen más de 8 prendas de ropa.

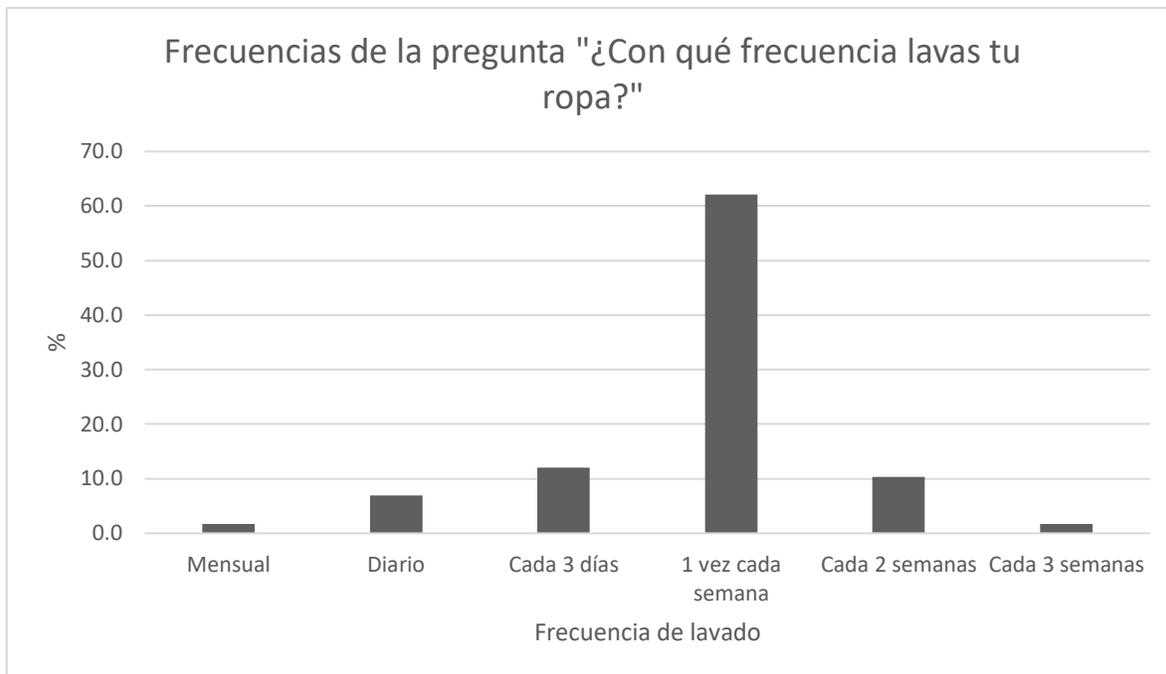
Para la selección de la unidad funcional, se realizaron 110 encuestas en agosto de 2019. Dicho instrumento fue elaborado con un formulario de google y constaba de 9 preguntas, todas con la intención de conocer la frecuencia con la que los usuarios compran, usan y desechan prendas básicas. La población encuestada constó de docentes y alumnos de la UNAM campus Morelia. A continuación, se presentan algunos gráficos que facilitarán el entendimiento de la unidad funcional.

En la Gráfica 1, se muestran las frecuencias en porcentaje a la pregunta “¿Con qué frecuencia compras playeras básicas (en un año)?”. El objetivo principal de esta pregunta fue contabilizar aproximadamente las veces que los consumidores realizan compras de playeras básicas al año. Es posible observar que más del 60% de los encuestados realizan como máximo 4 compras al año. Por ello, es que el contexto temporal de la unidad funcional es anual.



Gráfica 1. Frecuencias para la pregunta "¿Con qué frecuencia compras playeras básicas (en un año)?"  
Elaboración propia

La Gráfica 2, hace referencia a las frecuencias de la pregunta "¿Con qué frecuencia lavas tu ropa?". Este apartado, de igual forma permite revelar la regularidad con la que la prenda es utilizada. Nuevamente, se observa que más del 60% de los encuestados afirma lavarla 1 vez a la semana. Esto se asemeja a lo reportado por Steinberger, *et al.*, 2009. Pues según sus estimaciones, una prenda básica tiene una vida útil de aproximadamente 50 ciclos de lavado o en todo caso, un año. Es gracias a este dato que es posible hacer estimaciones para la fase de "uso", la cual se describe más adelante.



Gráfica 2. Frecuencias de la pregunta "¿Con qué frecuencia lavas tu ropa?".  
Elaboración propia

Por último, en la Tabla 1, se presenta un análisis estadístico descriptivo. En él, por medio del software SimaPro se compara la frecuencia de compras de playeras básicas vs la cantidad de playeras compradas y la cantidad de playeras desechadas. En color amarillo, se muestra el resultado con mayor importancia, fueron 77 encuestados que realizan compras de 1-4 veces al año y que, en promedio, adquieren 10.9 playeras, pero desechan 3.4 prendas. Por lo tanto, realizando una simple resta, se estima que aproximadamente son 7.6 prendas o poniéndolo en números redondos, 8 playeras básicas son consumidas de manera anual, siendo este último número, la clave para entender la selección de la unidad funcional.

## Estadística descriptiva sobre la entrada y salida de playeras al año

¿Con qué frecuencia compras playeras básicas (en un año)?		¿Cuántas playeras básicas compras al año? (número)	¿Cuántas playeras básicas desechas al año? (número)
<b>1-4 veces al año</b>	Media	11	3.4
	N	77	77
	Desv. Desviación	8.5	3.7
<b>5-8 veces al año</b>	Media	13.8	3.8
	N	23	23
	Desv. Desviación	14.3	6
<b>9-12 veces al año</b>	Media	13.1	2.5
	N	8	8
	Desv. Desviación	7.5	1.8
<b>Más de 12 veces al año</b>	Media	8.5	1.5
	N	2	2
	Desv. Desviación	2.1	0.7
<b>Total</b>	Media	11.7	3.4
	N	110	110
	Desv. Desviación	9.9	4.2

*Tabla 1. Estadística descriptiva sobre la entrada y salida de playeras al año.*

*Elaboración propia.*

## 3.2 Sistemas a estudiar

### *Producción convencional de ropa*

El algodón, un insumo fundamental dentro de este sistema es producido de manera convencional. Es decir, se hace uso de agroquímicos, maquinaria, sistemas de riego, etc. De igual forma, el poliéster, otra materia prima importante, la cual, es producida convencionalmente de la refinación petrolera.

El sistema tomado en cuenta para este estudio, corresponde a la elaboración de prendas de manera convencional en una fábrica manufacturera ubicada en la Ciudad de México. Según el INEGI, para junio de 2021 existen 72 establecimientos activos, los cuales, dan 21,354 empleos directos y 5,707 empleos indirectos. Por otra parte, esta industria generó, únicamente en CDMX, un ingreso de \$4,459,383. La fábrica analizada en este estudio es pequeña y su producción es consta de 250 toneladas de ropa mensuales.

Las prendas elaboradas son variadas y dependen de los pedidos que hacen los clientes, sin embargo, siempre se están maquilando pants, chamarras, abrigos y por supuesto, el objeto de estudio, la playera básica. Aunque el catálogo de productos dentro del sistema es variado, el sistema analizado arrojará datos únicamente por la manufactura de una playera básica. Es en esta fábrica que las playeras son manufacturadas exactamente como se detalla en la sección de color morado “manufactura” de la Figura 13. Los procesos de esta fase (excepto tintorería) son meramente mecánicos, por lo tanto, todos los impactos potenciales estarán ligados al consumo eléctrico de la maquinaria. Por último, también se contemplan los impactos por el uso de químicos dentro de la tinción. Todos estos productos son fijadores, anilinas y suavizantes sintéticos. Una vez fuera de la fábrica, la playera es llevada a una tienda donde el usuario la adquiere para después ser utilizada hasta que ésta es descartada de su clóset.

En la Figura 13 se detalla el sistema contemplado para este estudio:

- Obtención de materias primas: Producción de algodón de manera convencional (uso de pesticidas y agroquímicos) y nacional y producción de poliéster.
- Primer transporte, desde materias primas a fábrica manufacturera.
- Fábrica manufacturera, dentro de esta existen varios procesos necesarios para transformar la tela en la prenda final. Estos procesos son: hilado de fibra, tejido, teñido, afelpado, planchado y el ensamblaje.
- Distribución-uso: El uso de la prenda que consiste en utilizarla y lavarla hasta que esta termine su vida útil.

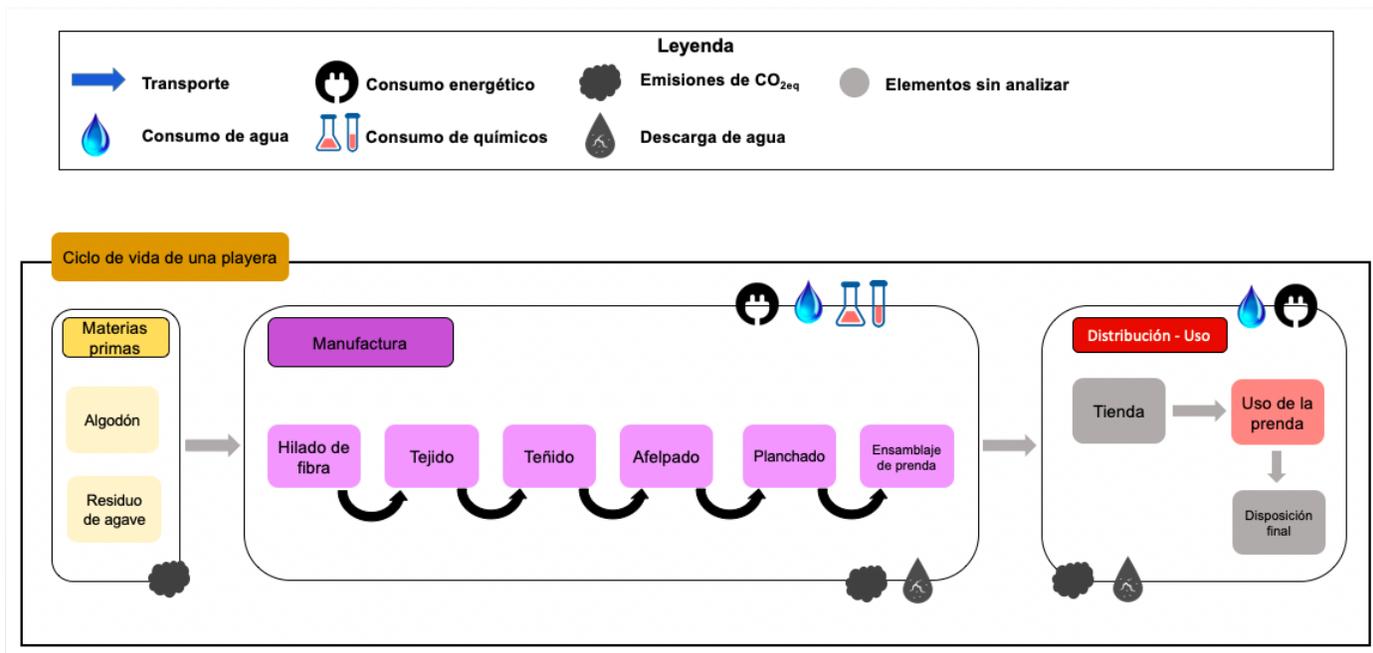


Figura 13. Sistema convencional a analiza.

Elaboración propia

Ambos sistemas cuentan con una fase de Distribución-Uso.

La distribución involucra 3 transportes:

- De fábrica a tienda,
- De tienda a usuario (que puede incluir una tienda “*retail*”),
- De usuario a su disposición final.

Si bien estos elementos forman parte del sistema en la vida real, la cuantificación de sus impactos es muy compleja. Con respecto a los transportes (flechas de color gris), existe gran diversidad en el tipo de traslado, además, establecer una unidad de recorrido “estándar” entre fábrica, tienda y hogar del usuario es sumamente subjetivo y complejo. Son éstas las principales razones por las que se decidió no contemplarlos en este estudio.

Para la fase de uso de la prenda en ambos sistemas se contempló su uso sostenido durante 1 año, es decir, 50 ciclos de lavado. Dichos ciclos se realizaron en una lavadora LG WD-12331AD, se seleccionó esta lavadora como estándar ya que se cuentan con datos de Perales & Aguirre, 2015, quienes realizaron un ACV sobre lavado de ropa, el cuál que facilitará los cálculos pertinentes para este estudio.

### ***Producción alternativa de ropa***

La Figura 14 ilustra un sistema alternativo. En este sistema, los medios de producción, así como el uso que se dará a la prenda son iguales, las principales diferencias respecto al modo convencional radican en la fibra con la que se realiza la prenda, es decir, el bagazo de agave, un producto residual de la producción del tequila elaborado a partir del *Agave tequilana Weber* var. azul. Al ser esta la única modificación al sistema, la descripción anterior es válida para la línea alternativa.

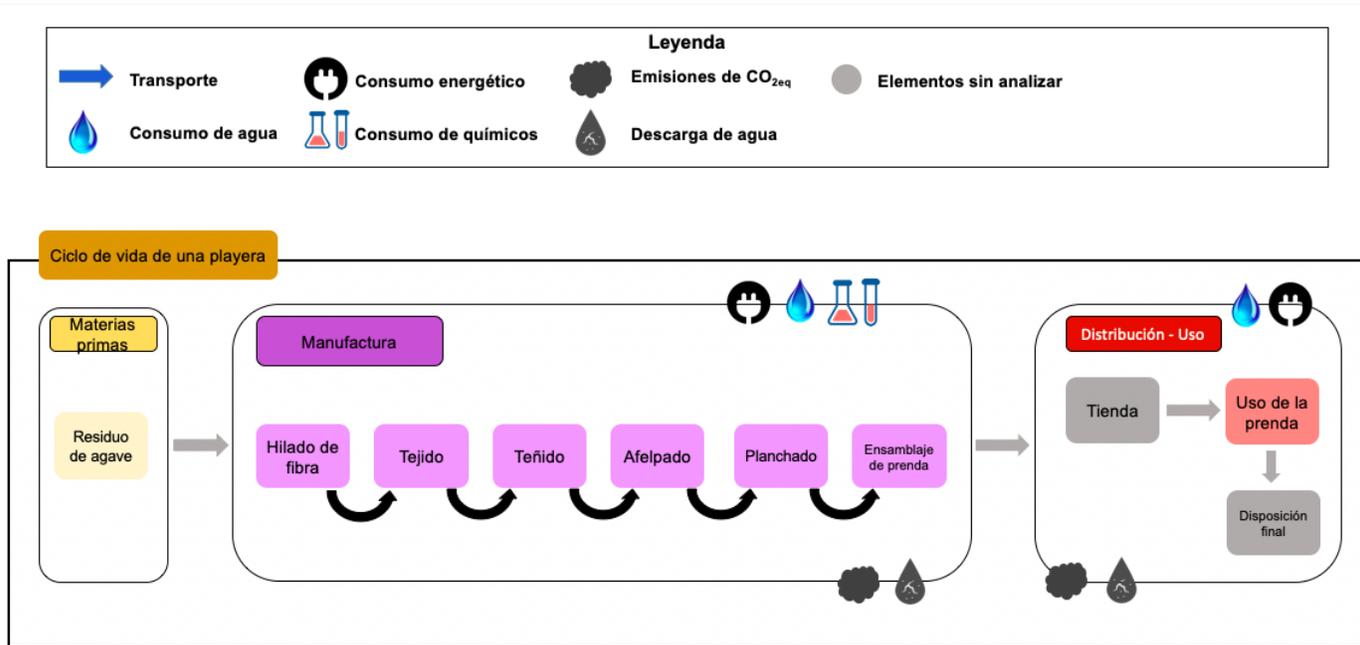


Figura 14. Sistema alternativo a analizar.  
Elaboración propia.

### 3.3 Supuestos y consideraciones

#### Generales

- Los transportes sólo fueron cuantificados hasta la fase de manufactura, ya que una vez que la prenda sale de la fábrica, calcular los impactos por la transportación es complejo.
- Todos los transportes son nacionales, es decir, no se contemplan transportes de importación.
- La cantidad de agua y colorantes calculados en ambos sistemas, corresponde para la tinción de un color azul marino.
- De acuerdo a la unidad funcional, la estimación por el uso de una playera básica para ambos sistemas es de 50 lavadas.

- Se consideró el lavado de la playera con una lavadora WD-12331AD, ciclo de lavado normal, temperatura de lavado fría, uso de detergente y suavizante, así como secado al aire libre.
- De igual forma, se realizaron cálculos con una lavadora AA+++ (modelo F129QDW3), la cual es un modelo eficiente tanto energéticamente como en el uso de recursos. Los parámetros de lavado son iguales a los ya descritos con anterioridad.
- La cantidad de agua, así como de detergentes será dada por las especificaciones de la lavadora seleccionada.
- A pesar de estar incluida dentro del sistema, la fase de disposición final no se evaluó debido a la complejidad que esta posee.

### ***Producción alternativa de ropa***

- La fibra de agave (proveniente del bagazo), al ser un residuo de la producción de tequila, no se le asignó ningún impacto.
- No existe transporte para el residuo del agave, ya que, su transformación en textil se realiza en la misma planta tequilera.
- Al existir poca información sobre el rendimiento en tela de la fibra de agave, se hace el supuesto de que el tratamiento, así como las cantidades para la elaboración de una playera son las mismas que en la línea convencional.

### **3.3 Criterios de asignación**

El sistema analizado en este trabajo es un ejemplo de cadena productiva con diversos productos, ya que, una vez que entra la tela en la fase de manufactura, se obtienen diversas prendas como suéteres, pantalones, prendas deportivas, etc. Sin embargo, es posible hacer una división del sistema para el análisis de impactos. Dicho esto, la totalidad de los impactos se asigna a la unidad funcional (categoría de impacto por el uso de playeras al año).

## Impactos a evaluar

En el presente trabajo se hace un análisis con categorías de impacto de tipo “midpoint”. A continuación, se nombrarán aquellas categorías con las que se trabajarán, seguido de una breve explicación metodológica.

### Cambio climático:

Esta métrica se basa en la cuantificación del forzamiento radiativo acumulado por 100 años. Este cálculo se hace para cada GEI con respecto al CO<sub>2</sub> a partir de la siguiente fórmula:

$$GWP_i = \frac{\int_0^T \alpha_i \cdot C_i(t) dt}{\int_0^T \alpha_{CO_2} \cdot C_{CO_2}(t) dt}$$

Donde:

$\alpha_i$ : Absorción de radiación térmica por un incremento de una unidad para la concentración del gas  $i$ . [SEP]

$C_i(t)$ : Concentración de gas  $i$  que permanece en el tiempo  $t$  después de la emisión. [SEP]

$T$ : Número de años para los que se lleva a cabo la integración.

(Rosenbaum, Hauschild, et al., 2018).

### Eutrofización:

En las últimas décadas, los problemas de eutrofización han permitido generar metodologías muy precisas para la cuantificación de nitrógeno y fósforo en los cuerpos de agua. Tal es el caso del potencial de eutrofización, el cual, mediante

estequiometría acuática cuantifica las sustancias ricas en nitrógeno y fósforo. La unidad para este indicador es  $\text{KgPO}_4^{\text{eq}}$  (Rosenbaum, Hauschild, *et al.*, 2018).<sup>[1][SEP]</sup>

### Uso de agua:

Esta categoría será medida con base al índice “AWARE”, el cual estandariza la probabilidad de privar a un ecosistema/ser vivo de este recurso vital. Dicho índice está basado en la demanda relativa de uso del recurso, comparada con el promedio mundial de disponibilidad de agua por área. El resultado de esta comparación puede variar entre 0.1 y 100, entre más pequeño es el número, menor es la probabilidad de privar a alguien de este recurso (Rosenbaum, Hauschild, *et al.*, 2018).<sup>[1][SEP]</sup>

### **Método de evaluación de impactos**

Existe una gran variedad de metodologías y bases de datos en *software* especializado para realizar el análisis de ciclo de vida. Es aquí donde la buena definición de alcance y objetivos juegan un papel importante, pues es con base a estos que se debe de realizar la selección de la metodología. Dicho esto, es imprescindible revisar el país de procedencia de los datos, organismos que realizaron la metodología, aspectos modelados, entre otros (Rosenbaum, Hauschild, *et al.*, 2018).

En la Tabla 2 presenta una síntesis con la información de algunas de las más relevantes metodologías existentes.

### COMPARATIVA ENTRE METODOLOGÍAS DE IMPACTO

	<b>CML-2001</b>	<b>Impact 2002+</b>	<b>EDIP 2003</b>	<b>ReCiPe</b>	<b>TRACI 2.0</b>	<b>ILCD</b>	<b>Ecoinvent 3</b>
<b>País</b>	Países bajos	Suiza	Dinamarca	Países bajos	EEUU	Unión europea	Suiza
<b>Año de creación</b>	2001	2002	2004	2009	2011	2012	2013
<b>Enfoque</b>	Midpoint Glo	Midpoint/Endpoint Glo	Midpoint Glo	Midpoint/Endpoint Glo	Midpoint Glo	Midpoint Glo	Midpoint/Endpoint Glo
<b>Cambio climático</b>							
<b>Agotamiento de ozono</b>	Glo	Glo	Glo	Glo	Glo	Glo	Glo
<b>Formación de material particulado</b>	Incluida en toxicidad humana	Eu	-	Eu	EEUU	Gen	Genérico y continental
<b>Formación de ozono troposférico</b>	Europa Occidental	Eu	Eu	Eu	EEUU	Eu	Eu
<b>Radiación ionizante</b>	Glo, Eu (Francia)	Glo, Eu (Francia)	-	Glo, Eu (Francia)	-	Glo, Eu (Francia)	Glo, Eu (Suiza)
<b>Toxicidad humana</b>	Eu	Eu	Eu	Eu	Gen	Gen	Gen- Glo
<b>Eutrofización</b>	Eu	Eu	Gen	Eu	Gen	Gen	Gen-Glo
<b>Acidificación</b>	Eu	Eu	Eu	Eu, Países específicos	Norteamérica	Eu	Glo
<b>Uso de suelo</b>	-	Suiza	-	Gen, glo	-	Glo	Glo
<b>Recursos</b>	Glo	Glo	Glo	Glo	Glo	Glo	Glo
<b>Uso de agua</b>	-	-	-	-	-	Glo	Glo

*Tabla 2. Comparación entre metodologías de impacto.  
Extraída y modificada de Bonales y García, 2019 con datos de Margni & Curran, 2012; Rosenbaum et al, 2018.*

En resumen, se considera a “Ecoinvent 3”, como la metodología más apta para este trabajo, ya que, contiene las categorías de impacto de interés, así como el enfoque de los datos es de carácter global.

### **3.4 Análisis de sensibilidad**

Esta última etapa no es de carácter obligatorio, sin embargo, resulta útil al momento de identificar procesos dentro del sistema que tengan gran influencia en los resultados, o bien, deficiencias en los datos del inventario (Rosenbaum, Georgiadis, y Fantke, 2018). El análisis de sensibilidad, es entonces, la modificación de ciertos parámetros clave a partir de la cuantificación de cambios en los resultados.

En el presente trabajo, este análisis fue implementado para la fase de obtención de la materia prima y uso de la prenda. Para el primero se cambió el tipo de materia prima y para el segundo, se cambió el tipo de lavado, es decir, por una lavadora más eficiente. De igual forma, se modificó la cantidad de playeras contempladas en los cálculos, es decir, pasar de 8 a 50 prendas.

# Capítulo 4. Resultados

## 4.1 Análisis de inventario

A continuación, se presentan los inventarios pertenecientes a los diferentes sistemas ya descritos (Tabla 3).

Inventario completo				
Proceso	Subproceso	Insumo	Cantidad	Unidad
Agricultura algodón	Cultivo	Algodón	4600	kg
	Fibra	Pérdidas por transformación algodón en fibra	65%	%
	Hilo	Pérdidas por transformación de fibra en hilo	10%	%
	Hilo	Hilo de algodón necesaria para 1 playera	0.11	kg
	Fertilizar	Nitrato de amonio	300	kg
	Fertilizar	Fosfato	250	kg

	Fertilizar	Cloruro de potasio	250	kg
	Fertilizar	Azufre	50	kg
	Pesticida	Organofosforado compuesto	1.4	kg
	Pesticida	Piretroide compuesto	1	kg
	Riego	Agua	6500	kg
<b>Fábrica de fibra de poliéster</b>	Producción poliéster	PET	0.11	kg
<b>Transporte</b>	Transporte algodón	Diesel	350	L
	Transporte PET	Diesel	80	L
<b>Hilatura</b>	Apertura y limpieza	Electricidad	15	Khw
	Cardado	Electricidad	12	Khw
	Estirado y doblado	Electricidad	3.75	Khw
	Estiraje y torsión	Electricidad	3.75	Khw
	Hilatura	Electricidad	22.5	Khw
	Enconado	Electricidad	33.3	Khw
	Acoplado y retorcido	Electricidad	18.75	Khw
	Vaporizado	Electricidad	7.5	Khw
<b>Tejido</b>	Tejido	Electricidad	22.5	Khw
	Revisado	Electricidad	0.75	Khw

	Plegado	Electricidad	0.75	Khw
<b>Teñido</b>	Teñido	Electricidad	37.5	Khw
	Centrifugado	Electricidad	11.25	Khw
<b>Auxiliares para etapa de tinción</b>	Desmineralización	Ácido naftaleno sulfónico	1.6	kg
		Poliacrilamida	1.6	kg
		Ácido acético	0.8	kg
	Descrude	Agua	2300	l
		Poliacrilamida	1.6	kg
		Ácido naftaleno sulfónico	1.6	kg
		Bicarbonato de sodio	4.8	kg
	Neutralizado	Ácido acético	1.6	kg
	Auxiliares de Teñido	EDTA	1.2	kg
		Ácido acético	1.6	kg
		Metileno	1.6	kg
		Peróxido de hidrógeno	1.6	kg
		Etilenodiamida	2.4	kg
Agua		2400	l	

	Reductivo	Distyrybiphenyl	3.2	kg
	Segundo auxiliar de teñido	EDTA	1.6	kg
		Sulfato de sodio	80	kg
		Carbonato de sodio	32	kg
		Sosa líquida	0.8	kg
	Segundo neutralizado	Ácido acético	3.2	kg
	Jabonado	Glicerina	0.8	kg
		EDTA	0.8	kg
	Descarga	Ácido cítrico	0.8	kg
		Alcohol etoxilado	2.6	kg
	Colorantes	Fenilendiamina	3.77	kg
		Anilina	0.858	kg
		Agua	2400	l
<b>Afelpado</b>	Apertura	Electricidad	3.75	Kwh
<b>Acabado</b>	Acabado	Electricidad	11.25	Kwh
	Revisado	Electricidad	0.75	Kwh
<b>Manufactura</b>	Corte	Electricidad	0.09	Kwh

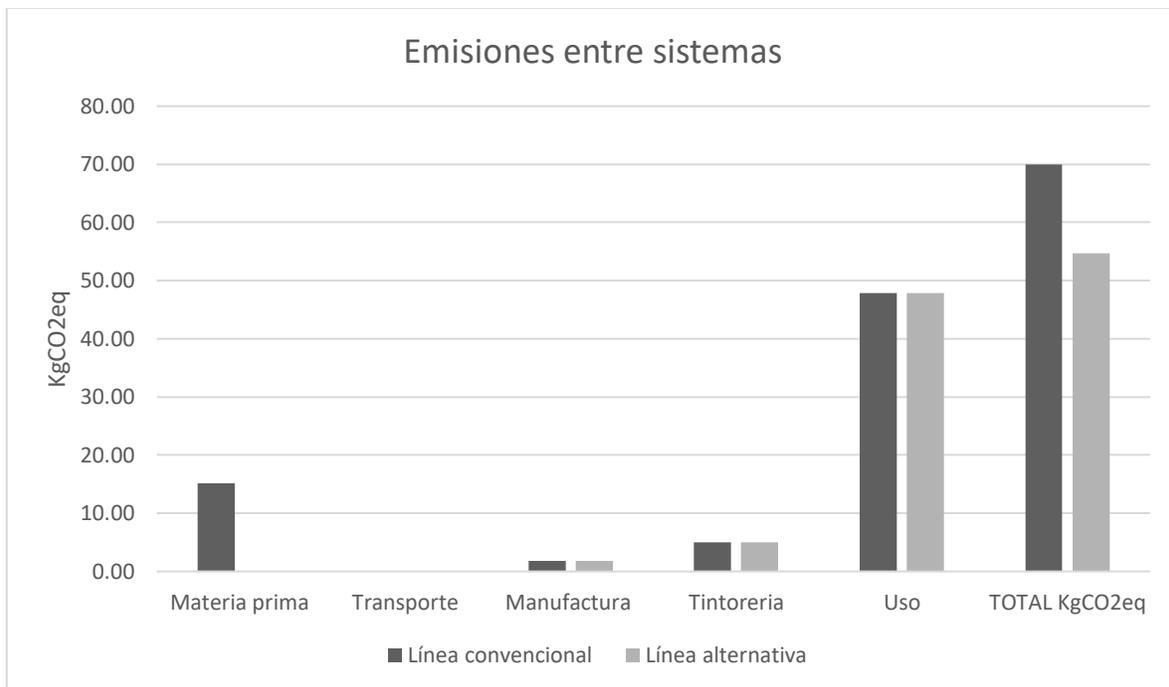
	Enhabrado en colletera	Electricidad	0.375	Kwh
	Colocación del cuello	Electricidad	0.375	Kwh
	Colocación de mangas	Electricidad	0.375	Kwh
	Cierre en overlock	Electricidad	0.375	Kwh
	Planchado	Electricidad	0.03	Kwh
<b>Uso</b>	Lavado convencional	Jabón	0.100	kg de jabón
		Agua	154	l
		Ropa	7	kg
		Electricidad	1.36	kwh
		Ciclo de lavado	50	ciclos de lavado al año
	Lavado con lavadora eficiente	Jabón	0.08	kg de jabón
		Agua	49	l
		Ropa	7	kg
		Electricidad	0.77	Kwh
		Ciclo de lavado	50	ciclos de lavado al año

Tabla 3. Inventario completo. Elaboración propia.

## 4.2 Evaluación de impactos

### Calentamiento Global

Para esta categoría es posible observar (Gráfica 3) que el sistema con mayor impacto fue la línea convencional. Con un total de 69.92 kgCO<sub>2eq</sub>, es la fase de uso la cual obtiene la mayoría de las emisiones (47.81 kgCO<sub>2eq</sub>). Por otra parte, la línea alternativa, emite 54.67 kgCO<sub>2eq</sub>.

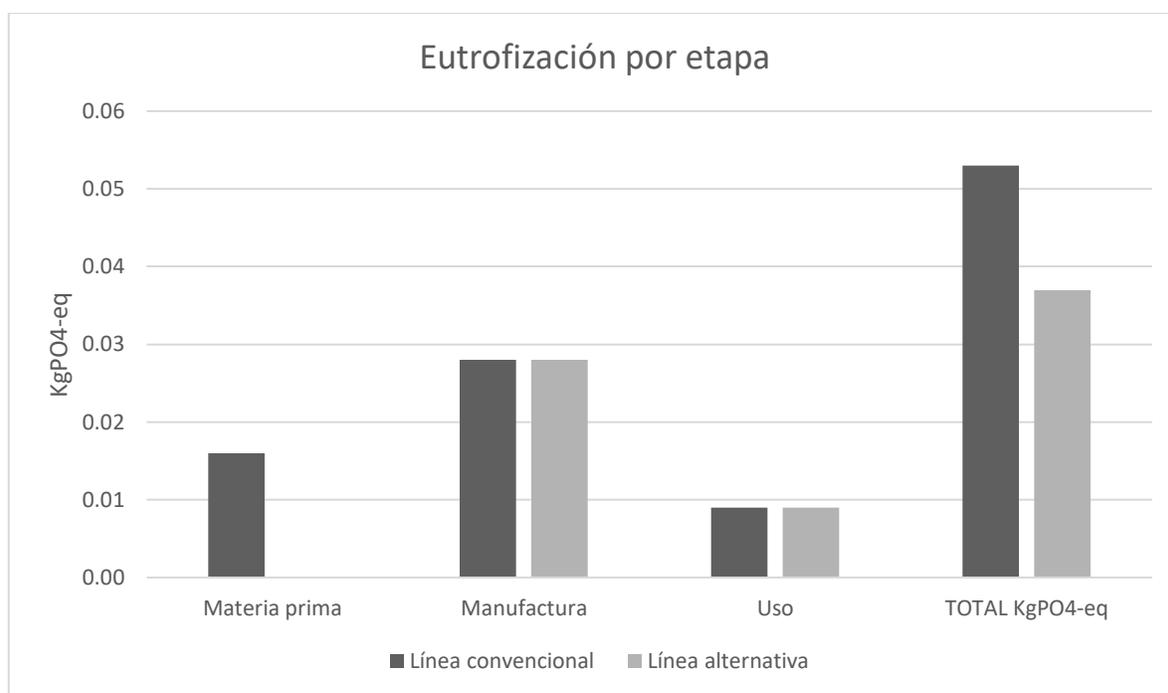


Gráfica 3. Emisiones para cada etapa de los sistemas analizados.

Elaboración propia.

## Eutrofización

En esta categoría, las discrepancias entre resultados van a ser posibles de observar en la totalidad del impacto (Gráfica 4). Ya que se obtienen 0.05 kgPO<sub>4</sub>-eq en la línea convencional y 0.04 kgPO<sub>4</sub>-eq en la línea convencional. De igual manera, se aprecia que, en ambos casos, la fase de manufactura es responsable por la mayoría del impacto, posteriormente, la obtención de la materia prima (cultivo de algodón únicamente), es decir 0.028 kgPO<sub>4</sub>-eq y 0.016 kgPO<sub>4</sub>-eq respectivamente.



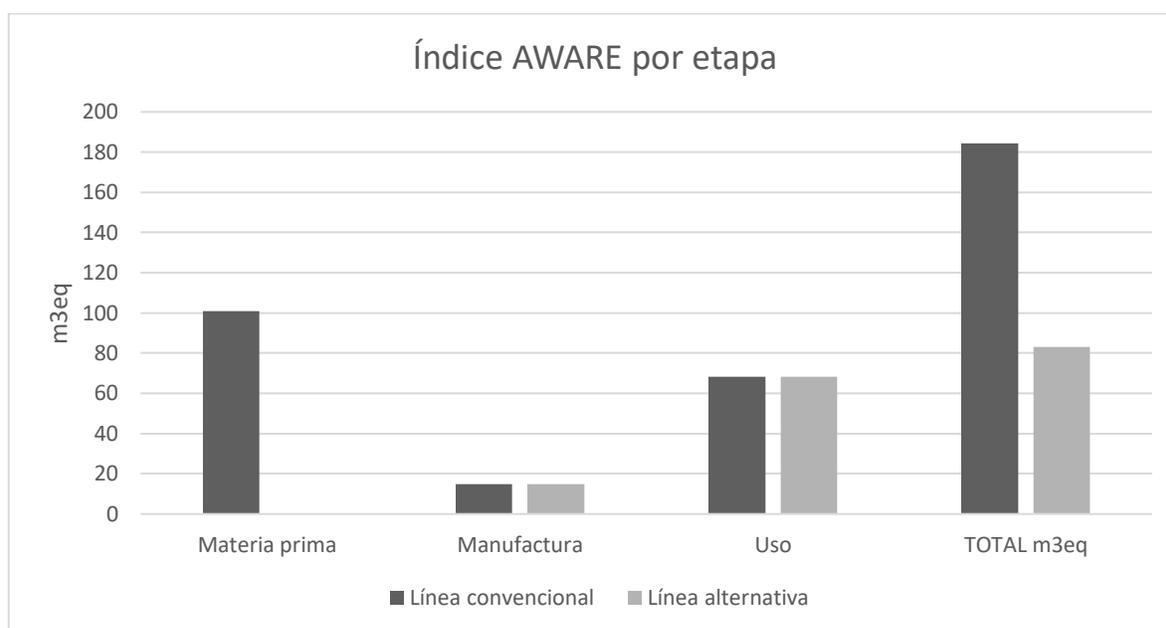
Gráfica 4. Eutrofización por etapa en ambos sistemas.

Elaboración propia.

Por último, cabe mencionar que se realizó la comparación con una lavadora eficiente, sin embargo, las diferencias con este sistema son mínimas, es por ello que, debido a su mayor relevancia sólo se incluye únicamente este gráfico.

## Uso de agua

Para esta tercera categoría de impacto, se encontró que la obtención de materia prima, así como el uso de la prenda son las etapas con mayor cantidad de consumo de agua  $101 \text{ m}^3_{\text{eq}}$  y  $14.9 \text{ m}^3_{\text{eq}}$  respectivamente. De igual forma, se observa en la Gráfica 5 que la línea convencional es la que mayor impacta en su totalidad, son  $184 \text{ m}^3_{\text{eq}}$  concretamente. Como se menciona anteriormente, el índice AWARE permite evaluar el potencial de escasez que pueden ocasionar las actividades antropogénicas. Por lo tanto, estos resultados muestran un indicativo sobre la presión ejercida hacia los cuerpos de agua.

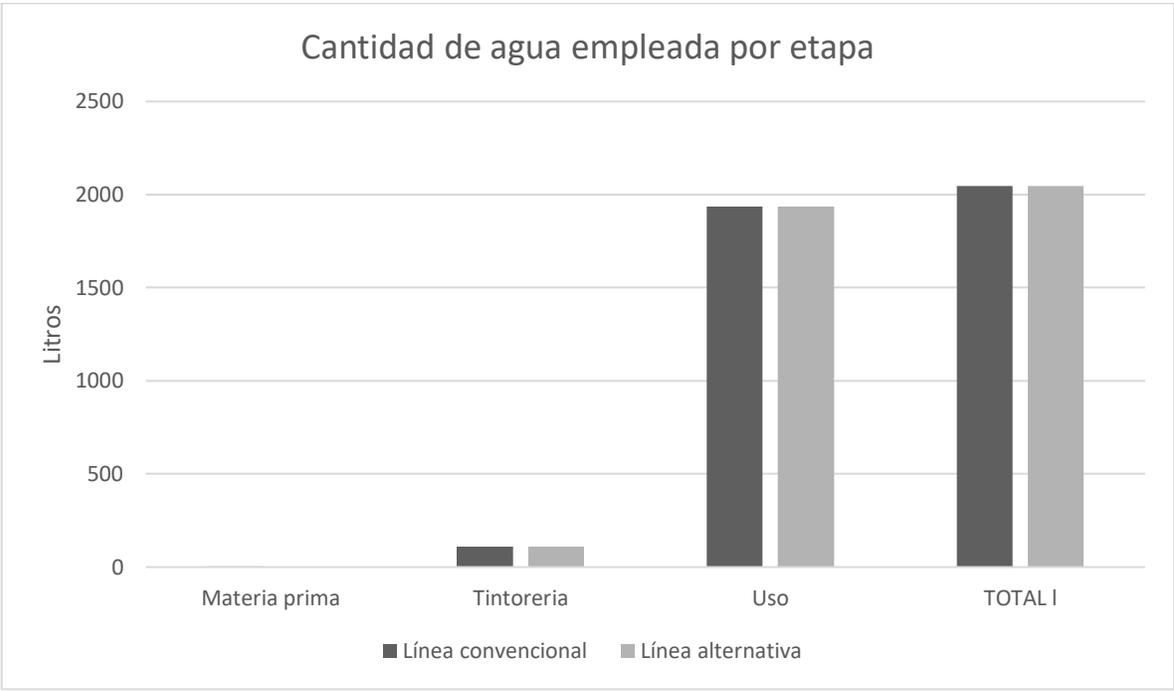


Gráfica 5. Índice AWARE para ambos sistemas analizados.

Elaboración propia.

Estos últimos gráficos no fueron realizados ni cotejados con la base de datos de SimaPro, los resultados son producto de la información recopilada por la fuente primaria y búsqueda bibliográfica. Dicho esto, en las siguientes gráficas se muestra el uso de agua a lo largo de los procesos, así como en los diferentes sistemas analizados.

En la Gráfica 6 se aprecia que el uso es la fase con mayor consumo de agua para ambas líneas, siendo 1,936 litros de agua empleados. Luego, se encuentra la fase de tintorería (una de las fases de manufactura), en ella se estima que se requieren 109 litros. En total, se tiene que la línea convencional acumula 2,047.5 litros, mientras que la alternativa acumula 2,045 litros.



Gráfica 6. Agua empleada por etapa en cada sistema.  
Elaboración propia.

### 4.3 Discusión

Es cierto que el ACV involucra bastantes limitaciones, puesto que no evalúa directamente impactos ambientales (ayuda a estimar impactos potenciales). Otra limitante es que requiere de numerosos supuestos, los cuales ya incluyen cierto grado de incertidumbre, de igual forma, no se consideran las dinámicas temporales del sistema, se suelen usar datos promedio, entre otras (Rosenbaum, Hauschild, et al., 2018). Sin embargo, esta metodología sigue siendo muy útil para obtener una “panorámica” sobre los impactos de algún producto o servicio.

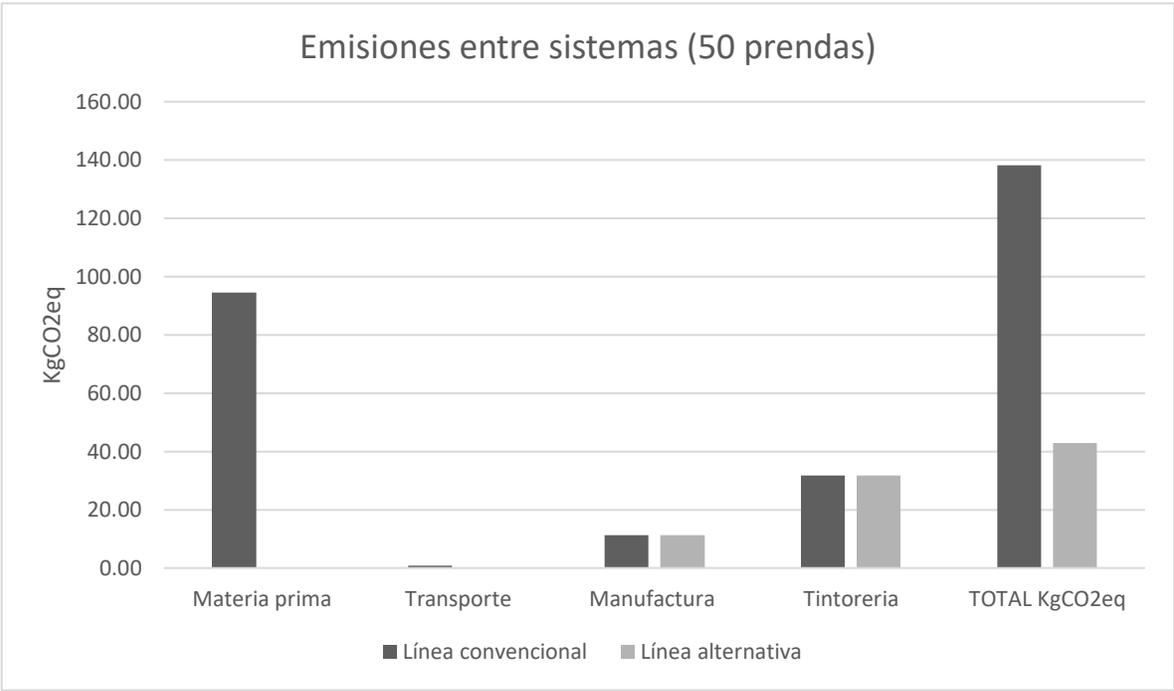
Teniendo en cuenta lo anterior, este estudio no estuvo exento de limitantes. Aunque muchos de los datos provienen de literatura y bases de datos, muchos otros como son los de la manufactura fueron obtenidos de fuentes primarias, por lo tanto, este estudio continúa siendo candidato para retratar parte de la realidad sobre cómo es la cadena productiva de una playera básica y, asimismo, emitir algunas discusiones, reflexiones y conclusiones.

Un foco rojo posible de encontrar tras revisar los resultados, es que el uso de una playera básica emite aproximadamente 49.2 kgCO<sub>2eq</sub> para ambas líneas y desciende a 33.9 kgCO<sub>2eq</sub> cuando se eliminan las emisiones por obtención de materia prima y se realiza un lavado con lavadora eficiente, ya que, la implementación de esta última economiza el gasto eléctrico, de agua y jabón empleados durante el lavado.

Asimismo, este fenómeno se repite en cada una de las categorías de impacto, ya que, el uso de material reciclado (fibra de agave) y de equipos eficientes, se traduce en menor gasto energético y de agua. De igual forma, se observa de manera general, que la etapa de uso obtiene mayor cantidad de emisiones respecto a la manufactura.

Esto último parece justificar la primicia “impacta menos producir ropa constantemente que alargar el uso de esta”. No obstante, cuando se modifica la cantidad de prendas en el sistema, este suceso se invierte. La intención de modificar esta variable es observar un escenario en el que no se laven las prendas, es decir, suponiendo que se compra una prenda para usarse semanalmente y posterior a esto, se desecha.

En la Gráfica 7 se observa cómo la sumatoria de la manufactura con la obtención de la materia prima tienen mayor peso comparado con el escenario original. Es cierto que, de igual forma, la cantidad de emisiones aumenta respecto al sistema original, concretamente son 138.2 kgCO<sub>2eq</sub> para la línea convencional y 85.4 kgCO<sub>2eq</sub> para la alternativa.



Gráfica 7. Emisiones entre sistemas con 50 playeras.  
Elaboración propia.

Es importante mencionar que, los párrafos anteriores son meramente un primer vistazo y discusión general sobre los resultados obtenidos. A continuación, se presenta una discusión profunda para cada una de las categorías de impacto. De la misma forma, se realizará una comparación que permita entender mejor los datos ya presentados.

### Calentamiento global

Para esta primera categoría, se tiene que el uso es la fase con mayor impacto, pues representa el 68% de las emisiones (47.8 kgCO<sub>2eq</sub>). Esto se debe a la cantidad de electricidad, jabón y agua empleados a lo largo del ciclo de vida de la prenda (50 ciclos de lavado). Al ser únicamente 8 prendas las involucradas, las emisiones son asumidas en su totalidad por estas. Continuando con la línea convencional, el 22% (15.1 kgCO<sub>2eq</sub>) corresponden a la extracción de la materia prima. Estas emisiones corresponden al uso de fertilizantes, agroquímicos, agua y otros insumos durante la producción del cultivo. En el caso del poliéster, por la energía requerida para la transformación del petróleo en fibra. Por último, se encuentra la manufactura, la cual es responsable del 10% de las emisiones, es decir, 6.87 kgCO<sub>2eq</sub>. En esta cifra se contempla la electricidad, agua e insumos químicos para la transformación de fibra en una playera básica.

Analizando la línea alternativa, sin duda hay una disminución de emisiones, ya que, el uso de bagazo de agave logra mitigar el impacto provocado por el cultivo de algodón y la producción de poliéster. Al ser la materia prima la única diferencia entre estos sistemas, las emisiones en las demás fases continúan siendo las mismas.

Por último, para los sistemas con lavadora eficiente, hubo una pequeña disminución del impacto. Se obtuvo que, para ambos sistemas, la fase de lavado emite 27.1 kgCO<sub>2eq</sub>.

Retomando la Gráfica 3, parece pertinente traer a colación el estudio de Steinberger, *et al.*, (2009). Dicho estudio compara un sistema similar al mostrado en este análisis, concretamente, asignan al uso el 71% de las emisiones (9.92 kgCO<sub>2eq</sub>) afirmando que esta parece ser la fase de mayor impacto. Mientras que 4.02 kgCO<sub>2eq</sub>, es decir el 29% de las emisiones corresponden al cultivo y manufactura de la prenda.

No obstante, los resultados obtenidos y la comparativa con Steinberger, este sistema permanece bastante ficticio, ya que, en la vida cotidiana se tienen cantidades mayores a sólo 8 prendas. Aproximadamente, se estima que una persona posee 35 kg de ropa en el closet al año (Barreiro, 2016), por lo que se realizan los cálculos para un escenario que contemple una mayor cantidad de prendas y que permita observar una situación donde hay mayor consumo de prendas.

Como se mostró en la Gráfica 7, las emisiones totales aumentaron, ya que, también lo hizo la cantidad de prendas analizadas. Al no existir emisiones por el uso de las prendas, se podría entender que es mejor comprar y desechar, no obstante, es importante hacer hincapié que se desconoce completamente los efectos que pueda tener el desechar las prendas. Aunque, es cierto que un posible daño sería la excesiva acumulación de basura en los vertederos, las consecuencias causadas por la degradación permanecen siendo un misterio.

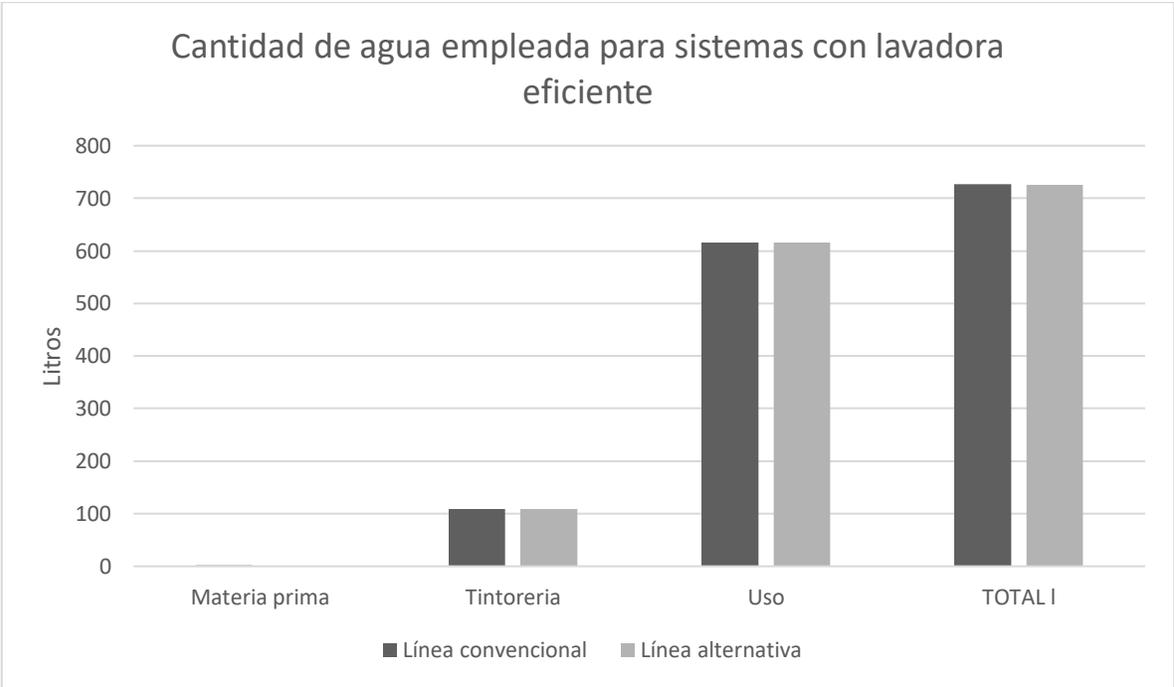
De igual forma y en aras de hacer una comparación, en la Figura 15 se muestra parte de las estimaciones realizadas por Thomas *et al.*, 2012. En él, se realiza una huella de carbono para toda la ropa consumida en el Reino Unido a lo largo de un año y aunque el alcance de este estudio abarca a toda una nación, el patrón de la distribución de emisiones es similar al mostrado anteriormente en este estudio. Es decir, la obtención de materiales y su transformación en prendas impacta de mayor manera, siendo esto, un referente de que, entre más sea la cantidad de prendas, más es la presión generada hacia la esfera ecológica.



Figura 15. Huella de carbono de todas las prendas consumidas en el Reino Unido durante el 2009.  
 Recuperado de: Thomas et, al., 2012.

Por último, con el objetivo de observar cómo responden los sistemas analizados a diferentes variables, es que se realizan los cálculos con un diferente tipo de lavado, es decir, con una lavadora eficiente. Como resultado (Gráfica 8), se obtiene que la línea convencional emite 49.2 kgCO<sub>2eq</sub>, mientras que la alternativa emite 34 kgCO<sub>2eq</sub>. Por otra parte, es el uso nuevamente, una de las fases con mayor impacto, siendo 21.1 kgCO<sub>2eq</sub> las emisiones para esta etapa.

Tomando en cuenta lo anterior, es posible decir que el sistema es sensible a la proveniencia de la materia prima, así como a la forma en la que la prenda es lavada. Sin duda, el uso de lavadoras eficientes, así como el uso de prendas cuya materia prima sea de origen reciclado (como el bagazo de agave), son buenas opciones para promover la mitigación de emisiones. Por otra parte, también es pertinente comentar que, la elongación de la vida útil de la prenda y la no promoción de actos consumistas pueden suprimir en algunos aspectos la presión ejercida hacia los recursos, ergo, menor impacto ambiental (Soler, Ruano & Arroyo, 2012).



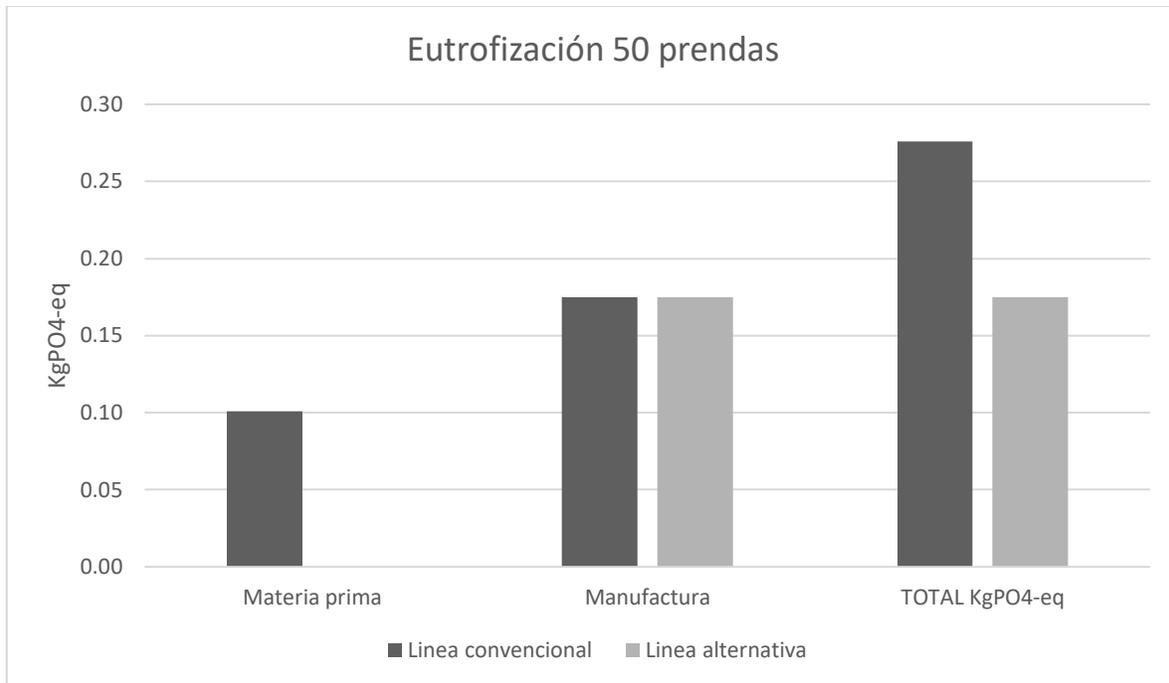
Gráfica 8. Emisiones para sistemas con lavadora eficiente.  
Elaboración propia.

## Eutrofización

Las emisiones totales para esta categoría por parte de la línea convencional y alternativa son, 0.05 kgPO<sub>4-eq</sub> y 0.04 kgPO<sub>4-eq</sub> respectivamente. Con un total de 0.03 kgPO<sub>4-eq</sub>, es la manufactura la fase de mayor impacto, debido a la gran cantidad de anilinas, fijadores y otros productos químicos que son utilizados a lo largo de la tinción de la prenda. Según Bongiovanni & Tuninetti en 2018, para un pantalón de mezclilla se emiten  $6.93E^{-3}$  kgPO<sub>4-eq</sub>, aunque es un número pequeño, es necesario recordar que son las emisiones de únicamente un pantalón.

Por otra parte, en este estudio también se menciona que es la tinción de las prendas la que mayor impacto tiene en esta categoría. Posterior a la tinción, se menciona que es la obtención de la materia prima la categoría con mayor impacto, cuyo resultado para este ACV es de 0.02 kgPO<sub>4-eq</sub>. Esto debido a los agroquímicos empleados en el cultivo.

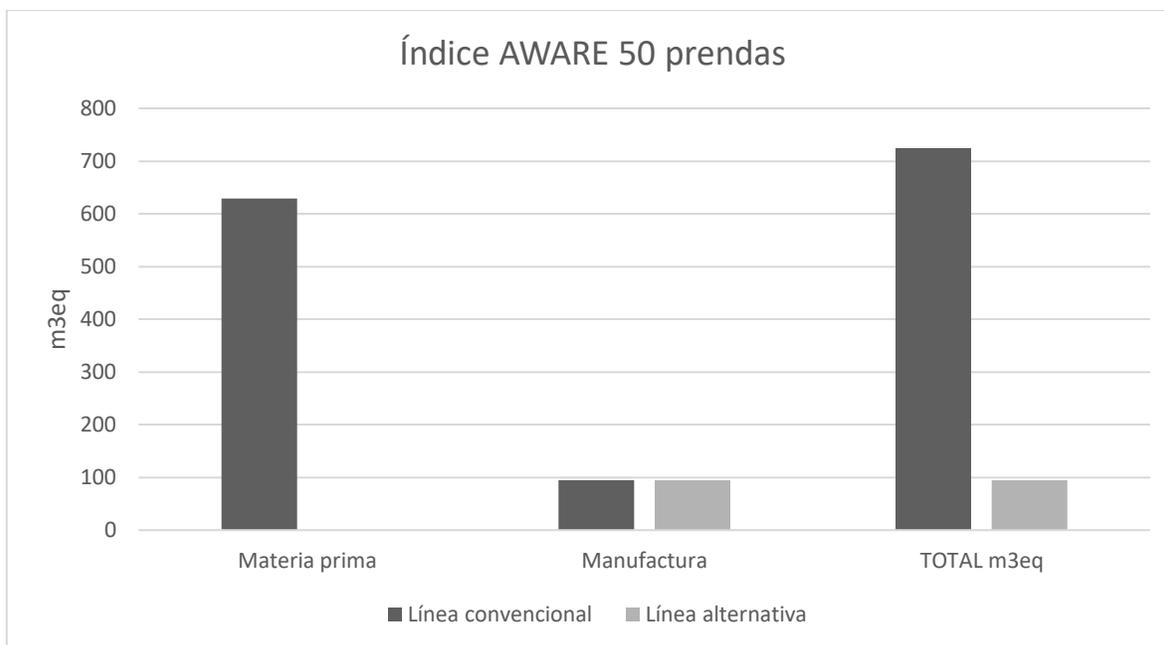
Nuevamente, con el fin de observar cambios al modificar variables, se realiza el cálculo con 50 prendas. La Gráfica 9 demuestra que, a pesar de que se omita el lavado de las prendas, el impacto continúa siendo mayor. Son 0.28 kgPO<sub>4-eq</sub> las emisiones contabilizadas para esta categoría por parte de la línea convencional y 0.2 kgPO<sub>4-eq</sub> en la línea alternativa. Una vez más, el mayor consumo de prendas fomenta que se utilicen volúmenes mayores de agua, por lo tanto, mayor eutrofización por parte de los químicos utilizados durante la manufactura y el cultivo de la materia prima.



Gráfica 9. Eutrofización por etapa (50 playeras).  
Elaboración propia.

### Uso de agua

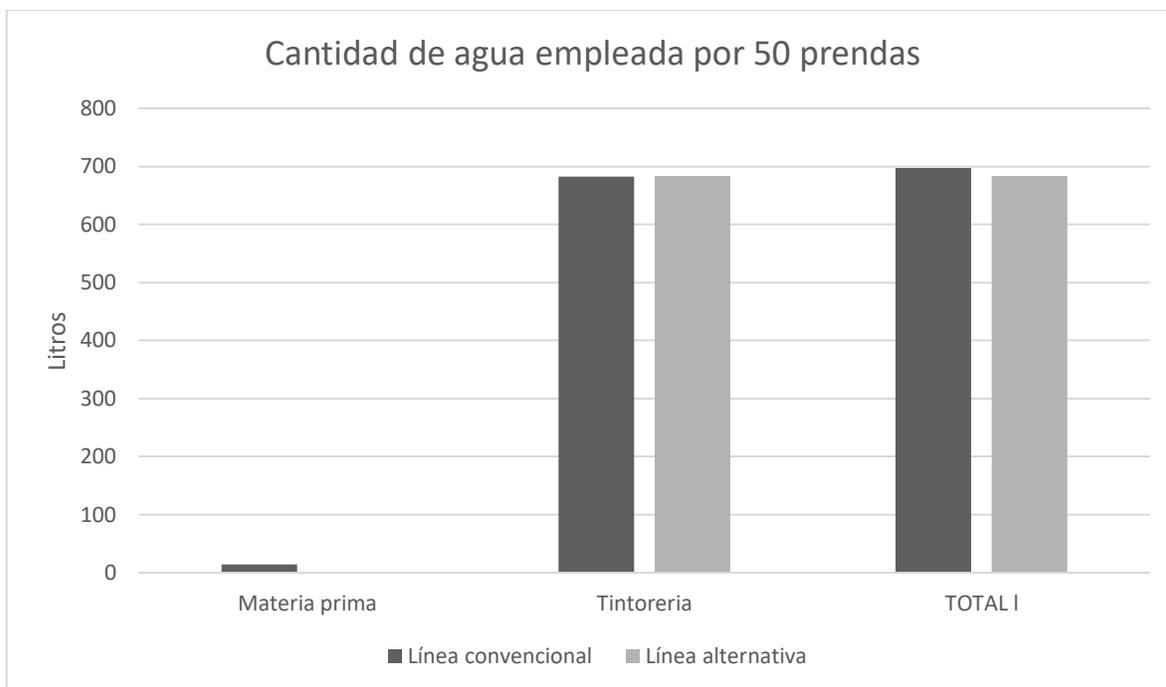
En esta categoría se obtiene un total de 184.2 m<sup>3</sup><sub>eq</sub> en la línea convencional y 83.2 m<sup>3</sup><sub>eq</sub> para la línea alternativa. Haciendo referencia a la Gráfica 5, es posible observar que los puntos calientes dentro de esta categoría se encuentran en el uso y la materia prima, debido a que el algodón es un cultivo demandante de agua y por otra parte, el uso sostenido de este recurso al momento de lavar la prenda. Comparando con la literatura, Peters, Spak & Sandin, 2019, afirman de igual manera que la extracción de la materia prima puede ser una de las fases con mayor impacto dentro de la manufactura de la prenda. Según sus estimaciones, específicamente se pueden emitir hasta 800,000 m<sup>3</sup><sub>eq</sub>. Cabe mencionar que el estudio mencionado contempla la manufactura de 280 toneladas de prendas. Por tanto, a mayor manufactura de prendas, mayor la presión generada por estos sobre los cuerpos de agua.



Gráfica 10. Índice AWARE para 50 playeras.  
Elaboración propia.

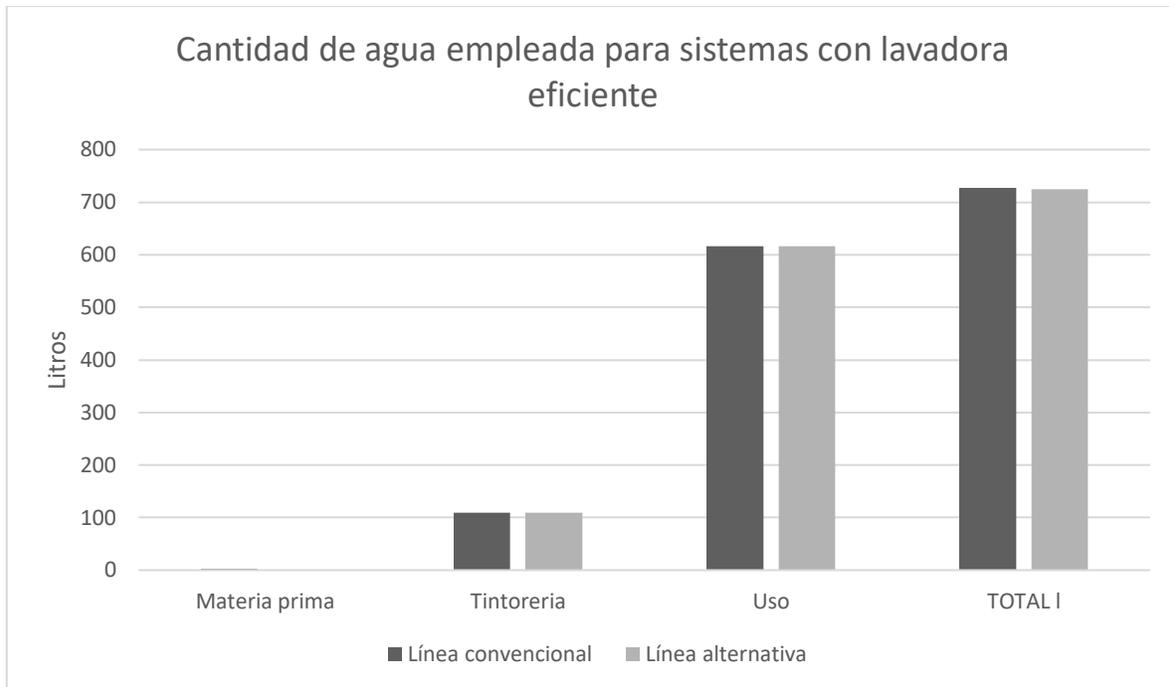
Lo anterior se sustenta con lo reflejado en la Gráfica 10. Mientras que, para 8 playeras, el total de la línea convencional no rebasa los 200 m<sup>3</sup>eq, en este cálculo el total asciende a 724 m<sup>3</sup>eq y 95 m<sup>3</sup>eq en la línea alternativa. Ahondando en la estimación, se observa que la materia prima vuelve a ser antagónica, acumulando 629 m<sup>3</sup>eq y de esta forma, confirmando lo ya descrito por Peters, Spak & Sandin en 2019. Adicional a la fase primaria, la manufactura se transforma en un punto caliente, emitiendo 95 m<sup>3</sup>eq y es que, la tintorería tiene un gasto de agua importante el cual será desglosado más adelante.

En la Gráfica 6 y Gráfica 8 se presentan algunos cálculos propios, los cuales, como ya se había mencionado, contienen información recopilada de fuentes primarias y secundarias. Es importante hacer mención a ellos, ya que, al menos para esta categoría, demostrar el gasto neto aproximado de agua durante el ciclo de vida, ayuda a comprender de mejor manera los impactos potenciales.



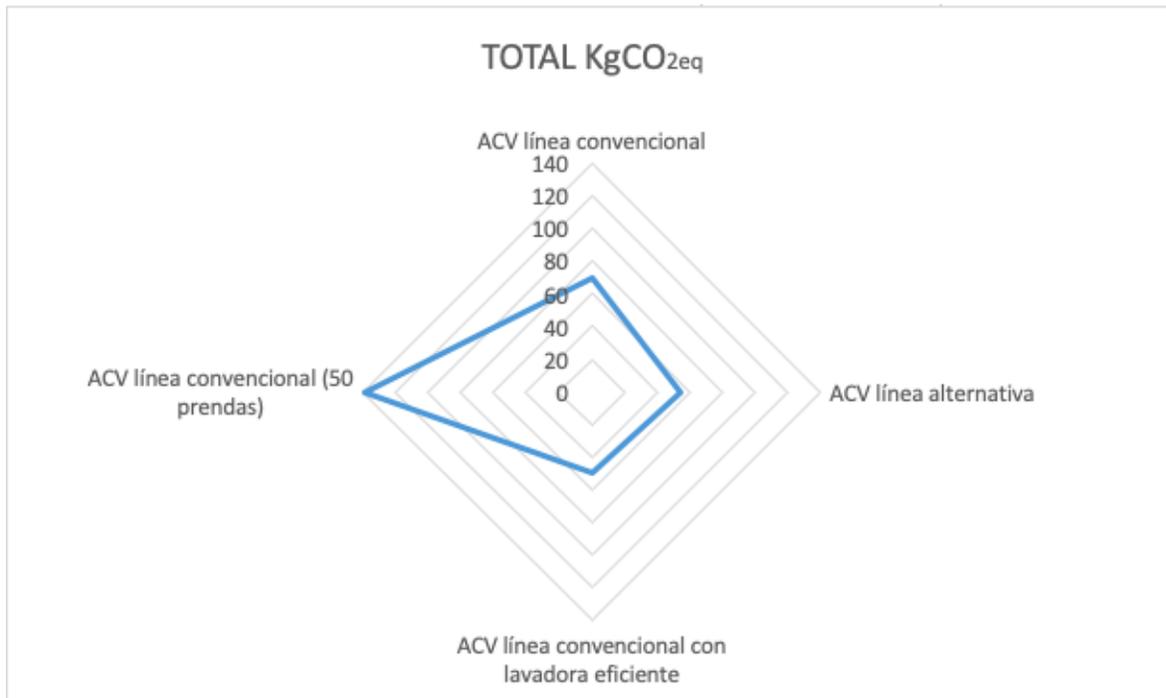
Gráfica 11. Cantidad de agua empleada para producir 50 playeras.  
Elaboración propia.

La primera gráfica, muestra el agua empleada durante el ciclo de vida para ambos sistemas. En total, se obtiene que la línea convencional consume 2047.48 L, mientras que la alternativa 2045 L. Como se puede observar, la diferencia es mínima y es que, la línea alternativa sólo logra mitigar los 2.25 L consumidos por la materia prima. Nuevamente es posible observar que el uso es la fase de mayor consumo, con un total de 1936 L. Indagando en la literatura, se encuentra que el uso es también una fase que tiende a consumir bastante agua. Un estudio australiano donde se analiza el consumo de varios electrodomésticos, se encuentra que, la acción de lavar ropa puede consumir hasta 45 L de agua diarios, lo cual se traduce en hasta 2,250 L anuales (Willis, et al., 2013). Es aparentemente el uso sostenido de la prenda una gran presión para la esfera hidrológica.



GRÁFICA 12. AGUA EMPLEADA POR ETAPA PARA SISTEMA CON LAVADORA EFICIENTE.  
ELABORACIÓN PROPIA.

Sin embargo, la Gráfica 11, la cual simula un escenario donde las prendas se usan y se desechan, refuta lo planteado con anterioridad. En esta se observa el aumento de consumo de agua por parte de la manufactura, siendo 683 litros los consumidos propiamente durante la tintorería. De la misma manera, es importante recordar la (Gráfica 12), ya que hace referencia a los litros que ahorran al momento de implementar equipos eficientes durante el lavado de las prendas. Una vez más, se muestra que al hacer un lavado eficiente puede generar mitigaciones importantes dentro de este sistema. Regresando a la literatura, se ha demostrado que la implementación de lavadoras eficientes puede ayudar a ahorrar hasta el 39.1% de este recurso (Willis, *et al.*, 2013).



Gráfica 13. Armeba comparando total de emisiones.  
Elaboración propia.

Para finalizar, es importante mostrar la Gráfica 13. En ella se hace una comparación de las emisiones de CO<sub>2eq</sub> para algunos de los sistemas ya expuestos. La finalidad de este gráfico es plantear al lector la pregunta “¿qué contamina menos? ó ¿qué es mejor hacer?”. Sosteniendo lo comentado con anterioridad, la respuesta va más allá de criticar el consumismo. La solución involucra también la implementación de tecnologías que hagan uso eficiente de los recursos (agua, electricidad, jabones, etc.), de igual manera, la adquisición de prendas cuya materia prima sea de origen reciclado u orgánico puede significar una diferencia aparentemente pequeña, pero importante al momento de mitigar impactos.

Por otra parte, en 2018 esta industria generó una derrama económica en el país de \$73,632 millones de pesos (Fashion Revolution, 2020). Esto se traduce en el consumo de más de 1,700 toneladas de ropa anuales, colocando a México en la posición 18 del ranking de países que más moda consumen (FashionNetwork, 2018). Es por ello que resulta inminente escatimar los impactos de los hábitos de consumo de los mexicanos, ya que, a pesar de no ser el monstruo manufacturero

como lo es China o la India, México sigue siendo un país consumidor que aún se encuentra a tiempo de cambiar su modelo de uso y desuso hacia uno más sustentable, que involucre la integración de las prendas al ecosistema, es decir, un sistema circular.

## **Capítulo 5. Conclusión**

### **5.1 Conclusiones y recomendaciones**

El presente trabajo demuestra parte de la realidad de la industria manufacturera en México, lo cual se traduce en un gran paso para la futura búsqueda y cuantificación de impactos en nuestro país.

Sin duda, es la línea convencional el sistema que mayor cantidad de emisiones ha acumulado en cada variante y en todas las categorías, siendo el uso y materia prima las fases de mayor impacto. Aunque, si bien es cierto que estos resultados demuestran en parte, el comportamiento del sistema, es cuando se añaden más prendas al análisis, que este adquiere otra perspectiva de análisis. Debido a que, los hábitos de uso y desuso intensivos incrementa los impactos potenciales.

En este sentido, el hacer un cálculo con 50 playeras, demuestra cómo la excesiva demanda de estos artículos puede someter en gran presión al ambiente. Es entonces el derroche de recursos lo que ocasiona la gran cantidad de contaminantes y emisiones que esta industria deposita en la atmósfera y cuerpos de agua. Por tanto, justo como se muestra en la línea alternativa, la evidencia apunta que es mejor hacer uso de fibras naturales y recicladas, de esta forma, se logran mitigar las emisiones por la extracción de la materia prima. Sin embargo, esta alternativa representa, sin duda cambios en los diferentes actores involucrados. Comenzando con la industria, un ejemplo es el caso de la transnacional H&M. En

su reporte de sustentabilidad mencionan que la adquisición de maquinaria para reciclar la fibra de las prendas usadas, la compra de algodón certificado orgánico y el uso de tinciones menos químicas, han permitido mitigar varios de los impactos por los que esta industria es culpable. No obstante, “alcanzar la sustentabilidad” les ha tomado 6 años, ya que, fue en 2014 cuando la marca decide ser “limpia” (HM Group, 2020).

Por otra parte, el usuario también es responsable, debido a que un usuario consiente de los daños causados por esta industria pueden ejercer presión para que las empresas elabore productos más amigables con el planeta. Por tanto, la concientización ambiental y la divulgación de problemas ambientales, puede resultar una buena alternativa para crear usuarios responsables y conscientes. De la misma manera, el uso prolongado y con lavadora eficiente de la prenda también puede ayudar en la mitigación de los impactos. Ahora bien, la implementación de electrodomésticos eficientes representa un costo adicional y México, al ser un país con 55.7 millones de personas en situación de pobreza (El economista, 2021), suena a una cifra que pone la sustentabilidad como un lujo que sólo algunos podrán costear.

Por otra parte, es preciso mencionar algunas limitantes encontradas en el estudio y que pueden funcionar como recomendación para futuras investigaciones:

- Empezando por la materia prima, al ser información encontrada en bases de datos, la incertidumbre aumenta y de igual manera, pierde fiabilidad al momento de retratar la realidad deseada. Por ello se recomienda la búsqueda de fuentes primarias para esta etapa.
- Para el transporte, debido a que se desconoce con exactitud el vehículo de traslado del algodón y poliéster, es que se realizan los cálculos con un transporte “genérico”. Aunque esta etapa es casi despreciable, siempre será mejor mostrar un análisis más preciso en esta fase.

- En el caso de la manufactura, hay cierta incertidumbre de los datos en los insumos utilizados durante la fase de tintorería. Debido a que las tinturas y fijadores son de origen químico, las fórmulas que los componen suelen ser complejas, por lo tanto, las emisiones reportadas son únicamente por el compuesto activo del insumo. Es por ello que resultará interesante un análisis que contemple la fórmula completa de cada insumo.
- Para la etapa de uso, los cálculos realizados son basados en un estudio anterior con datos para México, sin embargo, no se cuantifican variantes como diferentes temperaturas de agua, suavizante entre otros tipos de lavado que puedan existir y que quizá muestren diferencias significativas tras ser analizadas.

Por último, sólo queda reconocer que el mundo de la moda es un sistema complejo. Desde la extracción de materiales hasta su disposición final, el sistema contiene diferentes “engranajes”, algunos más grandes y otros más pequeños, pero todos funcionando en sincronía, empujándolo y sacándolo a relucir con ese esplendor dorado que todos apreciamos. No obstante, este ACV, así como muchos otros estudios iguales o equiparables, han demostrado que *“no todo lo que brilla es oro”*. Y es que, las prácticas que suele tener esta industria no sólo atentan contra la esfera ecológica, sino, contra la sociedad. Salarios injustos, condiciones de trabajo precarias y trabajo esclavo son palabras que describen a la moda rápida, pero que pueden ser englobadas en una sola frase: injusticia social. Desafortunadamente, los impactos sociales son difíciles de estimar, sin embargo, no está de más hacer una última recomendación y reflexión tras el análisis de resultados de este trabajo.

Es la complejidad en la cual se ve sumergido el sistema lo que dificulta la búsqueda de una solución. Pero es también preciso acotar que los problemas ambientales no se resuelven con una sola solución, es decir, no hay “varita mágica” que haga

desaparecer el lado oscuro del “*fast fashion*”. En este sentido, el uso de prendas mejor fabricadas, la adquisición de prendas de segunda mano, el exigir un mercado local y justo, entre otras sugerencias, son las respuestas tangibles que provocarán esta industria (y sus usuarios) deje de hacer oídos sordos al estridente problema que todos afrontamos: el cambio climático.

# Bibliografía

Antunes, B., & Monge, C. (2013). Diagnóstico de la cadena de fibras sintéticas-ropa deportiva en El Salvador.

Barahona Gaete, M. L. N. (2018). *Análisis del Fast Fashion como generador de patrones de consumo insostenibles* (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América).

Barreiro, A. M. (2016). Moda y sostenibilidad. *Universidad de la Coruña*, 1-24.

Barrios, M. C. L. (2012). El futuro que queremos y las incidencias de la Fast Fashion. *Arte & Diseño*, 10(1), 29-33.

Bonales Revuelta, J., & García Bustamante, C. A. (2019). *Análisis de ciclo de vida del aprovechamiento energético de biogás proveniente de residuos orgánicos en México*.

Bongiovanni, R. G., & Tuninetti, L. (2018). Análisis del Ciclo de Vida de un jean producido en Argentina. *LALCA: Revista Latino-Americana em Avaliação do Ciclo de Vida*, 2(1), 9-34.

Bongiovanni, R. G., & Tuninetti, L. (2018). Análisis del Ciclo de Vida de un jean producido en Argentina. *LALCA: Revista Latino-Americana em Avaliação do Ciclo de Vida*, 2(1), 9-34.

Castro, M. B. G. (2004). Panorama crítico para la industria textil y del vestido mexicana. *El cotidiano*, 20(127), 73-84.

Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y., Savenije, H. H. G., & Gautam, R. (2006). The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide

consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. *Ecological Economics*, 60(1), 186–203.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.11.027>

Daiana Mira. ¿Qué es el 'fast fashion' y por qué está haciendo de la moda un negocio insostenible? *Contreebute*, 2018. Consultado el 24 de noviembre de 2020.

de la O Martínez, María Eugenia. (2006). Geografía del trabajo femenino en las maquiladoras de México. *Papeles de población*, 12(49), 91-126. Recuperado en 31 de agosto de 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-74252006000300005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-74252006000300005&lng=es&tlng=es).

Durand, J. (1986). Auge y crisis: un modo de vida de la industria textil mexicana. *Relaciones. El Colegio de Michoacán*, 28, 61-48.

El Economista. (2021). ¿Cuántos pobres hay en México? <https://www.economista.com.mx/empresas/Cuantos-pobres-hay-en-Mexico-Datos-del-Coneval-de-2020-20210813-0069.htm>

Fashion Revolution. (2020, diciembre). Índice Transparencia de la Moda en México 2020. [https://issuu.com/fashionrevolution/docs/002\\_ar\\_fti\\_\\_reporte\\_final\\_\\_espa\\_ol](https://issuu.com/fashionrevolution/docs/002_ar_fti__reporte_final__espa_ol) FashionNetwork.

FashionNetwork.com MX. (s. f.). México desperdicia más de 200 toneladas de ropa al año. FashionNetwork.com. Recuperado 1 de diciembre de 2020, de <https://mx.fashionnetwork.com/news/Mexico-desperdicia-mas-de-200-toneladas-de-ropa-al-ano,1007598.html>

Frenkel, R. (2003). Globalización y crisis financieras en América Latina. *Revista CEPAL*. Recuperado de: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsrep&AN=edsrep.a.ecr.col070.10894&lang=es&site=eds-live>

Hjorth Boisen, Susann Vallentin. (2009). La industria maquiladora y la migración interna en México. *Gaceta Laboral*, 15(1), 5-28. Recuperado en 31 de agosto de 2021, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-85972009000100001&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-85972009000100001&lng=es&tlng=es).

HM Group. (2020). *Sustainability performance report*. <https://hmgroupp.com/wp-content/uploads/2021/03/HM-Group-Sustainability-Performance-Report-2020.pdf>

INEGI. (2021, 31 agosto). Estadística del Programa de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación. <https://www.inegi.org.mx/programas/immex/#Tabulados>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México), 2018. Estadísticas a propósito de ... la Industria de la moda del vestido, el calzado y la joyería. INEGI. Recuperado de: [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/estudios/economico/a\\_proposi\\_de/EstModaCalzaJoyeria\\_18.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/estudios/economico/a_proposi_de/EstModaCalzaJoyeria_18.pdf)

International Organization for Standardization. (2006). *Environmental Management: Life Cycle Assessment; Principles and Framework* (No. 2006). ISO.

IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC.

José González Alfaro. Laboratorio de Microbiología: Instrumentación y principios básicos/ José González Alfaro, Boris González González, Rosa T. Barrial González. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2004.

Landázuri, M. (2000). *¿Moda o diseño? La industria de la confección en México* (Doctoral dissertation, Tesis de Maestría en Diseño Industrial, Facultad de Ingeniería, UNAM).

Lockuán Lavado, F. E. (2013). La industria textil y su control de calidad. *Poveda, S. (2012). Representacion normalizada de piezas de material compuesto.*

López Martínez, C. M. (2016). *Modernización del sistema de control de la máquina de cardado Rieter C50 para el proceso de hilatura en la empresa Textiles del Valle*

SA (Bachelor's thesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control.).

ManualidadesYa.com (2017). "Camiseta básica con patrones". Recuperado  
Recuperado Marzo 3, 2020. Sitio web:  
<https://www.pinterest.com/pin/395120567299539511/>

Martínez-Barreiro, A. (2008). Hacia un Nuevo Sistema de la Moda. El Modelo ZARA,  
*Revista Internacional de Sociología*, 66(51): 105-122.

Martínez-Barreiro, A. (2008). La moda rápida: última transformación del sistema de la moda. In *Mundos sociales: saberes e prácticas* (p. 25).

Mejía Mondragón, V. A., & Salamanca Fuentes, E. A. (2017). Nuevas tendencias de consumo en la industria de la moda: el caso de la colección fall/winter ready to wear 2014 de Moschino. Recuperado de:  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02029a&AN=tes.TES01000765140&lang=es&site=eds-live>

Mucha, E. T. (2016). Círculo vicioso de insostenibilidad: Tres desafíos de Las fast fashion. *InnovaG*, (1), 17-19.

Mundo Textil (2010). "Santana Textiles invierte para producir más". Recuperado  
Marzo 3, 2020. Sitio web: <http://mundotextilmag.blogspot.com/2010/06/santana-textiles-invierte-para-producir.html>

Mundo Textil (2018). "Grupo Ritex, hilandería, tejeduría y tintorería industrial".  
Recuperado Marzo 3, 2020. Sitio web: <https://mundotextilmag.com.ar/grupo-ritex/>

Mundo Textil. [Mundo Textil]. (2015, Julio 8). Mundo Textil Video Proceso [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=1Z5RQaRi7zU>

Muruges, 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*.

Muthukumarana, T. T., Karunathilake, H. P., Punchihewa, H. K. G., Manthilake, M. M. I. D., & Hewage, K. N. (2018). Life cycle environmental impacts of the apparel industry in Sri Lanka: Analysis of the energy sources. *Journal of Cleaner Production*, 172, 1346-1357.

Obando Portillo, R. E. (2013). *Tintura alternativa en hilos de lana con colorantes naturales* (Bachelor's thesis).

ONU. (s. f.). Objetivos y metas de desarrollo sostenible. Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Organización de las Naciones Unidas ONU. (s. f.). *Objetivos y metas de desarrollo sustentable*. Naciones Unidas. Recuperado 8 de septiembre de 2020, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Panichelli, L., Trama, L., & Dauriat, A. (2006). Análisis de ciclo de Vida (ACV) de la producción de biodiesel (B100) en argentina. *Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires*.

Peters, G., Spak, B., & Sandin, G. (2019). LCA on recycling of blended fiber fabrics. *Ecology*, 22(6), 1286-1294.

Rodriguez Hernandez, V. J. (2012). *Diseño de prendas femeninas en jeans wear, moldeadoras* (Bachelor's thesis, UNIVERSIDAD TECNOLOGICA EQUINOCCIAL. FACULTAD: ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO).

Roos, S., Sandin, G., Zamani, B., & Peters, G. (2015). Environmental assessment of Swedish fashion consumption. *Five garments—sustainable futures*.

Rosenbaum, R. K., Georgiadis, S., & Fantke, P. (2018). Uncertainty Management and Sensitivity Analysis. In M. Z. Hauschild, R. K. Rosenbaum, & S. I. Olsen (Eds.), *Life Cycle Assessment: Theory and Practice* (pp. 271-322): Springer.

Rosenbaum, R. K., Hauschild, M. Z., Boulay, A.-M., Fantke, P., Laurent, A., Núñez, M., & Vieira, M. (2018). Life Cycle Impact Assessment. In M. Z. Hauschild, R. K. Rosenbaum, & S. I. Olsen (Eds.), *Life Cycle Assessment: Theory and Practice* (pp. 167-270): Springer.

Soler Rovira, J., Ruano, M., & Arroyo Sanz, J. M. (2012). Hacia el concepto de moda sostenible. *Abre el Ojo (IED Madrid)*, 19, 83-89.

Steinberger, J. K. ( 1,4 ), Erkman, S. ( 1 ), Friot, D. ( 2 ), & Jolliet, O. ( 3 ). (n.d.). A spatially explicit life cycle inventory of the global textile chain. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 14(5), 443–455. <https://doi.org/10.1007/s11367-009-0078-4>

Steinberger, J. K., Friot, D., Jolliet, O., & Erkman, S. (2009). A spatially explicit life cycle inventory of the global textile chain. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 14(5), 443-455.

Talentero (2020). “Ausbildung zum Produktionsmechaniker Textil” Recuperado Marzo 3, 2020. Sitio web: <https://www.talentero.de/ausbildung/handwerk-und-herstellung/produktionsmechaniker-textil/>

Textil, T. C. (2008). Las fibras textiles. *Obtenido de http://es. Wikipedia. org/wiki/Fibra natural.*

Thomas, B., Fishwick, M., Joyce, J., & Van Santen, A. (2012). A carbon footprint for UK clothing and opportunities for savings. *Final Report, UK: Environmental Resources Management Limited.*

Thomas, B., Fishwick, M., Joyce, J., & van Santen, A. A Carbon Footprint for UK Clothing and Opportunities for Savings—Final Report. 2012.

Tinoco Gómez, Óscar, & Ruez Guevara, Luis, & Rosales López, Pedro (2009). Perspectivas de la moda sostenible en el Perú. *Industrial Data*, 12(2),68-72.[fecha de Consulta 18 de Febrero de 2020]. ISSN: 1560-9146. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=816/81620150009>

Urrea, L. C. G., Huertas, L. S., & Prada, P. A. V. El futuro de la ropa ecológica en Colombia a partir de las tendencias desarrolladas en Reino Unido y Suecia y su impacto ambiental.

Usón, J. A. A., & Bribián, I. Z. (2010). *Ecodiseño y análisis de ciclo de vida* (Vol. 178). Universidad de Zaragoza.

Villegas Marín, C., & González Monroy, B. (2013). Fibras textiles naturales sustentables y nuevos hábitos de consumo.

Wagner, M., Chen, Y., Curteza, A., Thomassey, S., Perwuelz, A., & Zeng, X. (2017, October). Fashion design solutions for environmentally conscious consumers. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 254, No. 19, p. 192017). IOP Publishing.

Willis, R. M., Stewart, R. A., Giurco, D. P., Talebpour, M. R., & Mousavinejad, A. (2013). End use water consumption in households: impact of socio-demographic factors and efficient devices. *Journal of Cleaner Production*, 60, 107-115.

Xingtai Yameizhi Textile Co., Ltd. (2020). “Fibra de alta calidad del algodón de Organic/BCI - algodón crudo”. Recuperado Marzo 3, 2020. Sitio web: <https://xtymztextile.manufacturer.spanish.globalsources.com/si/6008853893850/pdf/Synthetic-fiber/1169103222/Raw-Cotton.htm>

ZARA (2020). "Camiseta básica regular fit". Recuperado Marzo 3, 2020. Sitio web:  
[https://www.zara.com/mx/es/camiseta\\_basica\\_regular\\_fit\\_p01887401.html?v1=34146310&v2=1445111](https://www.zara.com/mx/es/camiseta_basica_regular_fit_p01887401.html?v1=34146310&v2=1445111)