

Identification of impacts of stages and materials on life cycle of footwear

Bélgica Pacheco-Blanco ^a, Daniel Collado-Ruiz ^a & Salvador Capuz-Rizo ^a

^a Grupo Integración de Diseño y Evaluación Ambiental (ID&EA), Departamento de Proyectos de Ingeniería, Universitat Politècnica de Valencia, blpacbla@dpi.upv.es; dacolrui@dpi.upv.es; scapuz@dpi.upv.es

Received: March 14th, 2014. Received in revised form: October 29th, 2014. Accepted: November 10th, 2014.

Abstract

The environmental impacts caused by human activity, affects all productive and commercial activities that support the day to day. The products of massive consume such as footwear drive large impacts according to the materials and processes used for their manufacture. This paper present a literature review with the main aim to identify which are the phases and materials that cause greater environmental impacts to the environment, focusing on leather shoes. The results demonstrate that different authors reach similar results in terms of phases and high impact materials. The results permit change the current way of action and to focus the main efforts of research on tanning process.

Keywords: Footwear, Life Cycle

Identificación de etapas y materiales de mayor impacto en el ciclo de vida del calzado

Resumen

La repercusión de los impactos al medio ambiente ocasionado por la actividad humana, afecta a todas las actividades productivas y comerciales que sustentan el día a día. Los productos de consumo masivo como el calzado, provocan grandes impactos de acuerdo a los materiales y procesos usados para su fabricación. Este trabajo de revisión y análisis, tiene por objetivo conocer cuáles son las etapas y materiales que provocan mayores impactos al medio ambiente, centrado en el calzado de piel. Los resultados demuestran que distintos autores llegan a resultados similares en cuanto a etapas y materiales de mayor impacto. Lo cual permite tomar medidas para revertir esta situación, así como canalizar los esfuerzos de investigación en los procesos de curtido.

Palabras Clave: Calzado, Ciclo de Vida

1. Importancia y tamaño de la industria del calzado

Para situar en su contexto la importancia del impacto ambiental del sector del calzado, se revisa la magnitud económica de este producto de primera necesidad y las etapas de su proceso de fabricación para tener una visión completa sobre la que centrar los análisis posteriores.

Los impactos que provoca un par de zapatos al medio ambiente han sido analizados por varios autores a través del Análisis del Ciclo de Vida (ACV), utilizando la metodología ISO 14044 [1]. Sin embargo, el impacto también está asociado al perfil de los consumidores. En este sentido, el consumo per cápita de calzado ha aumentado de 1 par al año en 1950 a 2,6 pares de zapatos en 2005 [2].

Asimismo, en la UE se consumieron 2.864 pares de zapatos en 2011, correspondientes a 21.145 millones de euros. Alemania, Francia, Italia, España y Reino Unido son los 5 principales consumidores de calzado [3]. A nivel mundial, se estima que el consumo de calzado alcanza los 20.000 millones de pares al año, de los que menos del 5% son reciclados, siendo en su mayoría depositados en el vertedero.

La relevancia de este sector y la justificación de su estudio tienen que ver con la importancia desde el punto de vista económico. Los ingresos de la industria del calzado mundial han incrementado un 2.2% en 2012 a USD 122.900 millones, frente a USD 107.400 millones en 2011: lo cual representa un crecimiento anual del 2.7% sobre los 5

últimos años [4]. De acuerdo a las estimaciones de APPICAPS [5], la producción mundial de calzado alcanzó 21.000 millones de pares en 2011. Alrededor del 87% de la producción mundial tiene lugar en Asia, principalmente en China (60.5%), seguida de la India (10.4%), Vietnam (3.8%), Pakistán (1.4%), and Bangladesh (1.3%). La industria de calzado India ha crecido considerablemente en los últimos años debido a la inversión de EEUU, Europa y Taiwan, las cuales han concentrado la producción en el precio medio del país [4].

Para responder al objeto de investigación, se analizan los resultados de distintos estudios publicados relacionados con el ciclo de vida del calzado.

2. Metodología

La identificación de los impactos al medio ambiente provocados por la fabricación del calzado, puede ser utilizado como base para mejorar su comportamiento ambiental. En este sentido, se plantea identificar las fases y materiales de mayor impacto en la fabricación del calzado a partir de las siguientes tareas:

1. Descripción del proceso de fabricación de calzado (centrado en el calzado de piel), para situar el contexto y límites de cada estudio que se revise posteriormente.
2. Revisión y análisis del estado del arte sobre análisis del ciclo de vida del calzado. Siguiendo la propuesta de metodología planteada por Gómez-Luna et al. [6]
3. Identificación de fases y materiales de mayor impacto en la fabricación de diferentes tipologías de calzado.

3. Descripción del procesos de fabricación del calzado

El proceso de fabricación de calzado consta de las etapas de: Confección del producto, Envasado y Expedición. Sin embargo, si consideramos el ciclo de vida completo del producto, se deben considerar las fases que contemplan el tratamiento de pieles, uso, mantenimiento y fin de vida.

3.1. Tratamiento de pieles

Esta etapa se inicia una vez han sido extraídas las pieles de los animales, que se desinfectan y curan. El "curado" consiste en apilar las pieles con gran cantidad de sal durante 30 días para que la sal absorba las sustancias líquidas de la piel. Otros métodos menos usuales consisten en el tratamiento directo con salmuera, o tratamiento con una solución clorhídrica y la posterior congelación. Tras el curado se procede al curtido, basado en la utilización de elementos vegetales o el cromo, que tiene como finalidad básica aumentar la durabilidad de la piel animal.

El proceso de curtido (partiendo de la piel curada) consta de tres etapas: el precurtido, el curtido y el acabado. El precurtido tiene por objeto limpiar la piel, así como eliminar la capa interna conjuntiva y todos los pelos o cerdas en aquellos casos en que el producto acabado deba estar en condiciones. El precurtido dota de elasticidad y flexibilidad a la piel. El curtido es el proceso que da a la piel el carácter inerte frente a los agentes exteriores. El acabado confiere a la piel el aspecto deseado.

En las distintas etapas del precurtido, es donde se produce un mayor flujo de y nivel de contaminación a través de las aguas residuales, que contienen sulfuro como principal sustancia contaminante y una gran cantidad de sales. El sulfuro se utiliza en la eliminación del pelo, sobre todo en las tenerías de pieles lanaras.

En la curtición, las sustancias contaminantes más importantes son el cromo III y la salmuera. El cromo debido al reciclado del agua de los baños, se encuentra en concentraciones muy bajas. Los taninos vegetales, que fundamentalmente se utilizan en las pieles vacunas, son de difícil biodegradabilidad, deben ser eliminados mediante tratamientos físico-químicos. Los vertidos obtenidos en las tres etapas no deben mezclarse antes de eliminar los sulfuros de las actividades enmarcadas en la etapa de precurtido anteriormente mencionadas, y el cromo de la etapa de curtición [7].

Sólo entre un 20- 25% en peso de la materia prima se transforma en piel curtida acabada, el resto de la piel procesada se convierte en residuos sólidos. Los residuos y subproductos sólidos que se generan en una tenería tienen un alto contenido en grasas, colágeno, proteínas, poder absorbente, poder calorífico en la combustión, resistencia mecánica, aislante térmico y acústico, etc. Aunque su aprovechamiento no siempre es rentable porque van acompañados de una gran cantidad de agua. Suele ser más económico depositarlos en el suelo o en un vertedero controlado. Algunos de estos residuos, como las carnazas, serrajes y recortes de serraje deben acondicionarse antes de ser depositados, porque se pudren fácilmente, causando problemas por el ataque bacteriano, olores desagradables, atracción de moscas, etc.

Los principales problemas de contaminación a la atmósfera son: la descomposición biológica de residuos orgánicos, las emisiones de ácido sulfhídrico y de vapores de disolventes y otros compuestos volátiles de las operaciones de acabado. Estos compuestos son los responsables del olor característico de las tenerías. Además, algunas curtidurías tienen una pequeña incineradora de sus propios residuos, por lo que se producen emisiones por encima de los niveles permitidos.

Las emisiones a la atmósfera se generan principalmente en la etapa de apelmbrado y las operaciones posteriores. Las sustancias volátiles proceden fundamentalmente de operaciones de desengrase con disolventes y acabados.

3.2. Confección del producto

El proceso de fabricación tiene en cuenta los materiales de entrada que han sido pensados desde las fases tempranas del diseño del producto. Los materiales varían en función del tipo de calzado que se trate (calzado deportivo, calzado de fiesta, etc.).

Por lo tanto, los impactos al ciclo de vida van a ser diferentes debido al origen y tratamiento final que les corresponde. Esta división entre materiales de entrada, fabricación y materiales de salida, ha sido bien considerado en la publicación de la Categoría de Producto publicada en el Sistema EPD© (Fig. 1) [8], teniendo en cuenta que la piel no es el único material del calzado actual, sino uno de los

más importantes y que requiere de mayor atención en la industria.

La fabricación del calzado de piel (o cuero), comienza con la compra de la materia prima (pieles) ya tratada en fábricas autorizadas. Se corta y confeccionan las partes del calzado, se añaden los accesorios que el modelo requiera, se retocan algunos componentes del conjunto para dar un acabado apto para su comercialización. Paralelamente, se debe contabilizar el uso de colas, adhesivos, disolventes, detergentes, agua y complementos de fabricación. Así como la energía eléctrica o calórica utilizada en el funcionamiento de la fábrica y sus máquinas. Como residuos de la fase de confección se obtienen residuos de la limpieza y mantenimiento de las máquinas, uso del suelo industrial y los residuos peligrosos y no peligrosos de productos químicos usados.

Cuando el producto está acabado, debe ser envasado. En esta etapa se protege el producto acabado lo suficiente como para que llegue en buen estado al consumidor final. Habitualmente consiste en un envoltorio de papel o plástico y una caja de cartón donde se indican las características del producto.

De esta manera, el producto ya puede ser distribuido a comercializadores y ser adquirido por los consumidores finales, quienes utilizarán, repararán y desecharán el calzado al final de su vida útil.

3.3. Envasado y expedición del producto

Cuando el producto está listo para comercializar, es envasado de manera que quede protegido durante el transporte hasta el punto de venta. El envase suele estar compuesto de un papel o tela protectora que aísla de alguna manera el producto de la caja unitaria. La caja suele ser de cartón. Es decir, suele ser un envase que una vez convertido en residuos puede ser fácilmente gestionable.

Los envases son productos cuyo proceso de fabricación es independiente a la fabricación del calzado, cuyo volumen de producción e impactos al medio ambiente han sido estudiados por varios autores desde distintos enfoques (Percepciones [9], ACV como herramienta de decisión [10], Impactos sociales y ambientales del envasado [11], etc.).

3.4. Uso, mantenimiento y fin de vida del calzado

Después de la adquisición de un par de zapatos y el transporte hasta la vivienda del consumidor, el zapato pasa a la fase de uso. Ésta, dependerá del tipo de calzado y las expectativas de los usuarios. El mantenimiento pasa por el lustrado en el caso del calzado de piel formal y la aplicación de capas repelentes de agua en el caso del calzado de piel de montaña (si es que es necesario). No está especificado un patrón de mantenimiento del calzado, sino que varía según las costumbres de los usuarios.

Posteriormente, cuando el consumidor decide dejar de emplear un calzado, no siempre significa que este agota su utilidad. En esta etapa, pueden contemplarse 4 escenarios posibles: 1) basura, que va directamente al vertedero (problemas: coste y restricciones); 2) Incineración y gasificación, recuperación energética (problemas: coste de incineración, emisiones toxicas, pérdida de material); 3) Reuso y Remanufactura, se da una segunda vida al calzado en países menos desarrollados, lo cual equivale a posponer el fin de vida más que una alternativa de fin de vida; 4) Reciclaje a través de 4.1) Fragmentación, usando los residuos como relleno en materiales de construcción o bien, b) Separación de material fragmentado, que sirve para la fabricación de materiales de pavimentación, térmico/acústico, aislante o materiales de base, y 4.2) clasificación de materiales a través de a) fragmentación y separación de materiales a través de máquinas de soplado y control de peso, b) desmontaje de partes como gomas y pieles para una reutilización.

En Europa, la mayor parte del cuero bovino y ternero es producida en Italia (70,3%), seguida por la piel de ovejas y cabras (68,6%), y otros animales (49,3%). A nivel mundial el mayor productor de pieles es China con un 29,5% de la producción, seguida por el mercado europeo, con un 26.7% [12].

A pesar de que la amplia mayoría de impactos se producen en el procesado de materiales y las fases de fabricación (29% y 68% del impacto total) [13], se estima que la cantidad de residuos generados del postconsumo de calzado asciende a 1,2 millones de toneladas por año en la Unión Europea.

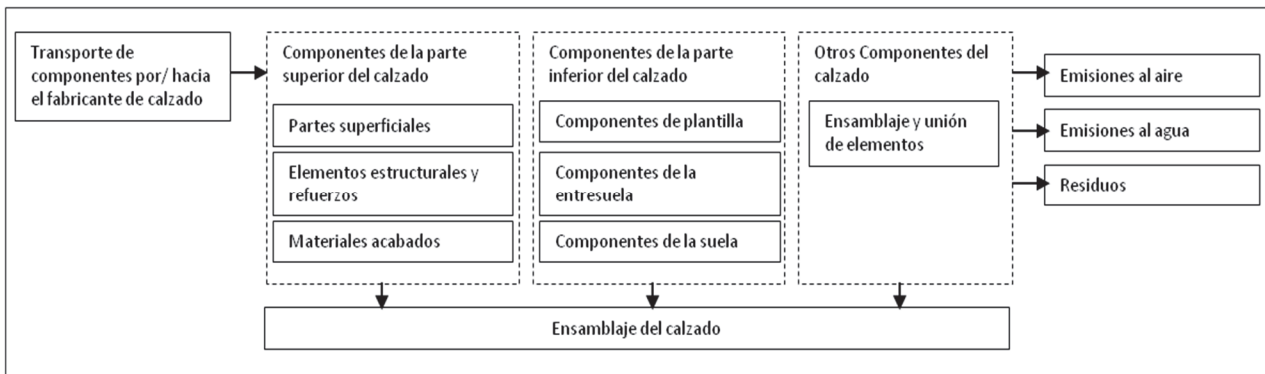


Figura 1. Módulo de Fabricación del Calzado.
Fuente: Adaptado de EPD-Leather Footwear, 2013

Una de las razones que dificulta la separación y el reciclaje es la variedad de materiales que contiene un par de zapatos. Estudios demuestran que hay tres tipos de materiales de postconsumo que se pueden obtener: pieles, textiles, espumas y goma [2].

Dentro de los escenarios de fin de vida, en la actualidad existen pocas alternativas de futuro planteados por los fabricantes. Por ejemplo, la empresa NIKE ha construido dos plantas de reciclaje de zapatillas a gran escala, donde los consumidores pueden dejar su calzado deportivo a través

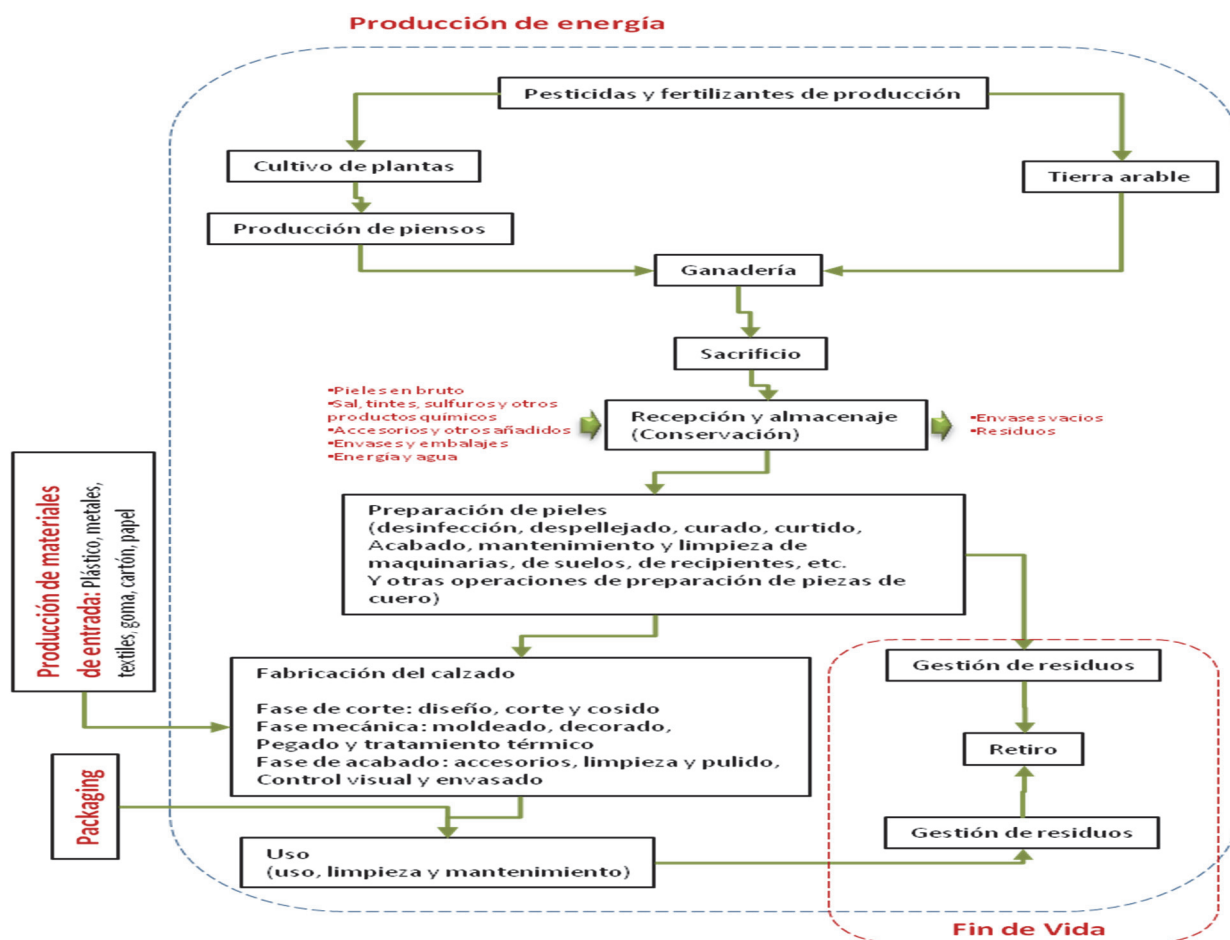


Figura 2. Diagrama del ciclo de vida de la fabricación del calzado.

Fuente: Adaptado de Capuz et al., 2003; Albers et al., 2008; Joseph, Nithya, 2009; Herva et al., 2011; Lee M., Rahimifard, 2012; Join Research Centre, 2013; Rivela et al., 2004.

de procesos de reciclado mecánico se separan en 3 materiales principales: goma, espuma y textiles [2]. Estos materiales son usados para varios productos de refuerzo de material deportivo, con lo que ha reciclado alrededor de 25 millones de pares de zapatillas, sin embargo no es capaz de reciclar otros tipos de calzado. De acuerdo al estudio del Join Research Centre (JRC) [2] hay alrededor de 40 tipos de materiales que pueden ser empleados en la fabricación de calzado. Piel, goma, espumas, textiles y plásticos son los materiales básicos comúnmente usados en la manufactura de calzado.

4. Impacto ambiental del proceso de fabricación del calzado

En este apartado se revisa y analiza el estado del arte de los impactos al ciclo de vida. Para ello, el diagrama del ciclo

de vida (Fig. 2), sintetiza el proceso de fabricación de un par de zapatos partiendo de la energía y materias primas necesarias, destacando especialmente los recursos necesarios para la obtención de la piel, recogiendo trabajos previos centrados en calzado de piel [14-16], ciclo de vida de la piel [17,18], procesos de fabricación [19], fin de vida del calzado [2], y en la valoración de impactos relevantes de ser comunicado a través de la información ambiental [3].

4.1. Consideraciones previas

Los estudios revisados se plantean Unidades Funcionales (UF) distintas de acuerdo al objetivo de cada investigación. En el caso del calzado de piel, ha sido definida como: 1 par de zapatos [13,14,19-21].

Desde el punto de vista de la comercialización de

productos, la clasificación de productos del calzado según EUROSTAT [3] se divide en tantos tipos de calzado como materiales principales de composición de planta y cubierta, uso y destinatario (Tabla 1). Sin embargo, la clasificación a efectos de comparaciones de impacto ambiental y de acuerdo a los estudios previos, ha sido seleccionada a partir del destinatario, asignando una talla media de producto [3]. No obstante, de acuerdo al objetivo de cada investigación, se ha analizado el calzado teniendo en cuenta el uso de la piel como material principal, intermedio, compuesto de distintos materiales, o habiendo usado materiales sintéticos [3].

4.2. Identificación de las fases y materiales de mayor impacto al ciclo de vida del calzado (Revisión)

Para identificar las fases y materiales de mayor impacto en el ciclo de vida del calzado, se efectuó una revisión a partir de Join Research Centre (JRC) [2] y se extendió a todos aquellos estudios que utilizaban la metodología de Análisis del Ciclo de Vida o Huella de carbono para cualquier tipología de calzado. Posteriormente se indican cuáles son los motivos y fases de mayor impacto al medio ambiente (siempre que se disponga de los datos). Para diferenciar los estudios se indica la Unidad Funcional (UF) de cada uno de ellos, o unidad de medida estudiada.

4.2.1. 1000 horas de protección al pie

Estudio basado en la norma ISO 14040 que demuestra que las entradas de materiales y energía, contribuyen en gran medida al cambio climático, acidificación y eutrofización. Asimismo, la curtiduría tiene un gran impacto debido al alto potencial de eutrofización al agua. Cerca del 50% de las materias primas no renovables y cerca del 70% del agua consumida durante el ciclo de vida son usados en esta fase.

El gran consumo de agua genera una gran cantidad residuos contaminados, principalmente con materia orgánica nitrogenada, que contribuye a la eutrofización (50% del todo el impacto).

El consumo de energía durante la producción depende de las características de la producción de la electricidad [14].

Tabla 1. Clasificación del calzado.

Material de planta	Material de cubierta	Uso	Género
Plásticos y gomas	Plásticos y gomas	Deportes	Hombre
Pieles	Pieles	Botas de ski	Mujer
Madera	Textiles	Interiores	Niños
Otras	Otras	Exteriores	
		Sandalias (Solo NACE)	
		Protección (Solo NACE)	

Fuente: Join Research Centre, 2013

4.2.2. 1000 kg de piel tratada

Estudio basado en la norma ISO 14040 demuestra que las fases de mayor impacto corresponden a la Alimentación y Sacrificio del animal (45%), seguida por la producción de pieles (7,7%).

El impacto de la agricultura se debe principalmente al consumo de energía y al uso de fertilizantes. En la ganadería, los principales impactos están relacionados con las emisiones asociadas al cuidado del animal, lo cual afecta cerca del 7,7% en los impactos atribuidos a la producción de pieles.

La curtiduría es una de las fases de mayor importancia en todas las categorías de impacto debido al vertido de residuos de curtiembre. Esas emisiones son responsables de la contribución al cambio climático, formación de ozono fotoquímico, acidificación y eutrofización. Debe tenerse en cuenta que de los residuos sólidos del curtido sólo entre el 20% y el 25% del peso del cuero bruto es procesado para pieles.

El consumo energético contribuye en gran medida a las emisiones a la atmósfera y por consiguiente, contribuye al cambio climático, acidificación y agotamiento de recursos.

Respecto a los materiales de mayor impacto, están asociados a las emisiones de fertilizantes de agricultura, purines y excrementos, la cantidad de residuos sólidos generados durante el curtido y la gestión de estos residuos (incineración, reciclaje, vertedero); cantidad de cromo usado y enviado al vertedero o emitido el procesado de agua; y el consumo de energía asociado a la agricultura y curtiembre. Asimismo, se debe tener en cuenta el uso de productos químicos para la curtiduría (eutrofización, acidificación, toxicidad y ecotoxicidad) [17].

4.2.3. 1 tonelada de pieles húmedas saladas

Estudio basado en la norma ISO 14040 demuestra que el mayor impacto según el estudio es el curtido, que afecta en gran medida a las categorías de cancerígenos y ecotoxicidad. Los respirables inorgánicos y cambio climático se ven afectados por el consumo energético. El cromo contenido en los residuos al agua del curtido tiene un gran impacto sobre el ecosistema Asimismo como las emisiones de amoníaco al aire [20].

4.2.4. Cubrir y proteger el pie (análisis de dos pares de zapatos de hombre y de mujer (nº 43 y 37 ½))

Estudio basado en la norma ISO 14040 que demuestra que los principales impactos del ciclo de vida ocurren durante la fase de producción de materias primas (natural o sintético), en los casos estudiados.

Los zapatos de línea convencionales tiene un mayor impacto en todas las categorías debido a la intensidad de los proceso. Estos zapatos están compuestos por materiales provenientes de fibras naturales que liberan etano que es un VOC capaz de generar smog. Los zapatos de fabricación y materiales convencionales tienen un gran impacto en 8 de las 10 categorías debido al uso de pieles.

La jerarquía de materiales de calzado de mayor a menor impacto en la categoría de cambio climático y consumo energético son: Piel, Nylon 6, Goma de silicona, Foam PU, EVA, goma látex, PET, algodón convencional, goma crepé, PET reciclado, algodón orgánico, y cáñamo [16].

4.2.5. 100 m² de piel acabada

Estudio basado en la norma ISO 14040 que demuestra que uno de los principales impactos al medio ambiente es ocasionado por el consumo de agua durante varios procesos (matanza y semi acabado de piel), debido al alto contenido de sustancias químicas usadas y contenidas que provocan eutrofización. Seguido por el consumo de electricidad usado en los procesos de transformación [18].

4.2.6. 1000h de protección al pie (calzado de piel de señora)

Estudio basado en el ACV simplificado (ISO 14040) demuestra que la fase de montaje y materiales ocasiona el 62% de los impactos totales al medio ambiente. El transporte es poco relevante, ya que contribuye en un 8% al total de los impactos del ciclo de vida. Sin embargo el fin de vida provoca un 29% de los impactos totales, si se asume que los residuos van directamente al vertedero [21].

4.2.7. Calzado de Seguridad

Estudio basado en el ACV simplificado (ISO 14040) demuestra que este tipo de calzado, a pesar de ser similar a una bota de trekking, tiene una serie de materiales que lo capacitan para proteger el pie en condiciones de trabajo duro (plantilla de metal, refuerzos hidrófugos, etc).

El 41,6% de los impactos es provocado por la suela del calzado, seguido por aquellos materiales de corte (31,9%). La mayor contribución se produjo en la categoría de impacto "Combustibles Fósiles, seguido por respirables inorgánicos [22].

4.2.8. Par de zapatillas numero 43 (Asics Gel Kayano)

Estudio basado en la norma ISO 14040 que demuestra, demuestra que la mayoría de las emisiones al aire se centran en el procesado de materiales (29%) y la fase de fabricación (68%). El mayor impacto al cambio climático se debe a la fase de manufactura, debido al consumo energético (mitad al calor y mitad a la electricidad). Durante la transformación de materiales, el uso de polyester y poliuretano en la cubierta del calzado contribuye a más del 60% de las emisiones [13].

4.2.9. Bota de trekking

Estudio basado en el ACV simplificado (ISO 14040) demuestra que la gran cantidad de materiales usada, ocasiona alrededor de un 79% de los impactos totales al medio ambiente, seguido por el envase 10%; Corte y montado 7% [23].

De la revisión efectuada destaca el estudio de una o varias categorías de impactos, de las cuales se obtiene que:

- Los estudios que se centran en zapatos de piel, coinciden en que las etapas de materiales y fabricación contribuyen entre un 50% y un 68% a producir los impactos al medio ambiente en todas sus categorías.
- La contribución al impacto total global del calzado de trote (gomas y espumas), centra sus impactos en la fabricación y transformación de las materias primas.
- Las botas de seguridad o botas que utilizan piezas de refuerzo afectan al medio ambiente entre 70 y un 80%
- El impacto de los procesos de transformación del calzado de piel, se basa principalmente en el tipo de energía usada.
- Los impactos en la fase de fin de vida del calzado, se acercan al 15% y 29% en caso de ser desechado en el vertedero
- El tratamiento de las pieles para el calzado tienen su mayor impacto en el uso de sustancias químicas para el tratado de pieles y los consecuentes impactos al medio acuático.

Es decir, se demuestra que existen aspectos comunes que pueden ser tenidos en cuenta para reducir los daños al medio ambiente tanto en el diseño como rediseño de los productos. Asimismo, este tipo de información puede ser de utilidad para comenzar a concienciar a los consumidores, proporcionando cierta información que ayude a tomar decisiones de compra basadas en la información ambiental proporcionada.

5. Conclusiones

La revisión de los estudios sobre el ciclo de vida de un par de zapatos (o de la piel utilizada para la fabricación del zapato), demuestran que el proceso seguido desde la crianza de los animales para extraer su piel hasta que se escoge el producto en la tienda, lleva asociado una gran cantidad de impactos al medio ambiente.

A pesar de que los estudios revisados no se centran en la misma tipología de calzado, son desarrollados en diferentes países y usan diferentes materiales, se pueden identificar algunas conclusiones comunes sobre productos y procesos que provocan el mayor impacto al medio ambiente desde la cuna a la tumba.

- Los procesos previos a la fabricación del calzado como la agricultura, ganadería y matanza tienen un gran impacto.
- En la fabricación de materiales de entrada: pieles y materiales sintéticos. Los principales impactos provienen del agotamiento de los recursos naturales y el consumo de energía en los procesos (inyección y moldeado). En el algodón la ecotoxicidad está asociada al uso de agroquímicos y el consumo de agua para el riego. En las fibras sintéticas acrílico, nylon, poliamida, PP) y fibras de celulosa (viscosa), el cambio climático y ecotoxicidad están asociados a la energía usada para la fabricación de fibras.
- En la fabricación del producto: el mayor impacto de esta etapa está condicionada por el consumo de energía (electricidad y calor) usada en la fabricación. Así como la fuente de producción de energía utilizada (nuclear, carbón, agua).

- Las fases de distribución, uso y fin de vida son consideradas de menor importancia.

Un par de zapatos provoca grandes impactos al medio ambiente cuanto más tradicional sea. Es decir, el uso de pieles está vinculado a una serie de procesos de gran impacto al medio ambiente si son comparados con otro tipo de materiales de fabricación. Sin embargo, desde el punto de vista de la sostenibilidad se deben incluir factores relacionados con el perfil del consumidor y el uso del calzado.

Los escasos documentos encontrados sobre análisis del ciclo de vida del calzado ponen en evidencia la falta de interés aparente en mejorar el comportamiento ambiental del sector. Asimismo, la revisión demuestra que los esfuerzos deben estar centrados en reducir las emisiones al agua y al aire durante la fase de curtido de pieles, lo cual puede mejorar notoriamente el comportamiento ambiental de las empresas. El reemplazo de sustancias químicas por sustancias naturales o esfuerzos centrados en mejorar el proceso de limpieza y mantenimiento de pieles así como la contratación de energía verde para reducir el consumo energético durante la fase de uso.

La principal contribución de este artículo, se centra en la exhaustiva revisión de la metodología de ACV en el sector del calzado, detectando posibles nichos de investigación y/o mejora del sector de acuerdo a criterios de sostenibilidad. Asimismo, se debería evaluar cómo han sido transmitidos estos hallazgos a los procesos de fabricación y hasta qué punto han sido tenidos en cuenta más allá del ámbito científico. Cómo investigaciones futuras se plantea la evaluación de la percepción de la información ambiental en diseñadores y consumidores.

Referencias

- [1] ISO (International Standard Organization), ISO 14044. Environmental management. Life cycle assessment, Requirements and guidelines, 2006.
- [2] Lee, M. and Rahimifard, S. An air-based automated material recycling system for postconsumer footwear products. *Resources, Conservation and Recycling* [Online]. 69, pp. 90-99, 2012. [date of reference january 20th of 2014]. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344912001693>
- [3] Join Research Centre, European Commission. Background Report. Service Offer Subject: Revision of ecolabel for the group "Footwear" [Online]. pp 373, 2013 [date of reference december 14th of 2013]. Available at: http://susproc.jrc.ec.europa.eu/footwear/docs/EU_Ecolabel_Footwear_%20Background%20Report.pdf
- [4] IBISWorld. Global Footwear Manufacturing. [online]. [date of reference september 12th of 2013]. Available at: <https://www.ibisworld.com/industry/global/global-footwear-manufacturing.html>
- [5] APPICAPS. World Footwear 2012 Yearbook Data Up to 2011. [online]. 2012. [date of reference March 2nd of 2014]. Available at: http://www.appicaps.pt/c/document_library/get_file?uuid=7d10300e-b8e0-40ae-b9be-246e4327714c&groupId=10136
- [6] Gómez-Luna, E., Fernando-Navas, D., Aponte-Mayor, G. and Betancourt-Buitrago, L., 2014. Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización., *DYNA* 81 (184), pp. 158-163, 2014. <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v81n184.37066>
- [7] EPD, Product Category Rules Date 2013-09-16. UN CPC 2933 Leather Footwear 2013:15. [online]. Version 1.0. [date of reference january 3rd of 2014]. Available at: http://www.environdec.com/en/PCR/Detail/?Pcr=8495#UyLmq_15N8E
- [8] Ampuero, O. and Vila, N., Consumer perceptions of product packaging. *Journal of Consumer Marketing* [online]. 32, pp 100-112, 2006. [date of reference october 7th of 2013]. Available at: <http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=1549947&show=abstract>
- [9] Sonneveld, K., The role of life cycle assessment as a decision support tool for packaging, *Packaging Technology and Science* [online]. 13 (2), pp. 55-61, 2000. [date of reference november 10th of 2014]. Available at: [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1099-1522\(200003/04\)13:2%3C55::AID-PTS490%3E3.0.CO;2-G/abstract](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1099-1522(200003/04)13:2%3C55::AID-PTS490%3E3.0.CO;2-G/abstract)
- [10] Oki, Y. and Sasaki, H., Social and environmental impacts of packaging (LCA and assessment of packaging functions). *Packaging Technology and Science* [online]. 13 (2), pp. 45-53, 2000. [date of reference november 11th of 2014]. Available at: [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1099-1522\(200003/04\)13:2%3C45::AID-PTS496%3E3.0.CO;2-%23/pdf](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1099-1522(200003/04)13:2%3C45::AID-PTS496%3E3.0.CO;2-%23/pdf)
- [11] COTANCE (Confederation of National Associations of Tanners and Dressers of the European Community), Social and Environmental Report - the European leather industry. [online]. 2012 [date of reference March 17th of 2014]. Available at: <file:///C:/Users/blpacbla/Downloads/EuropeanSocialandEnvironmentalReport2012.pdf>
- [12] Cheah, L., Duque, N., Olivetti, E., Matsumura, S., Forterre, D., Roth, R. and Kirchain, R., Manufacturing-focused emissions reductions in footwear production. *Journal of Cleaner Production* [online]. 44, pp. 18-29, 2013. [date of reference December 14th of 2013]. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612006300>
- [13] Milà, L., Rieradevall, J., Domènech, X., Fullana, P. and Puig, R. Application of life cycle assessment to footwear. *International Journal of Life Cycle Assessment* [online]. 3 (4), pp. 203-208, 1998. [date of reference February 10th of 2014]. Available at: <http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02977570>
- [14] Capuz, S., Gómez, T., Viñoles, R., López, R., Bastante, M.J., Vivancos, J. y Ferrer, P. Situación actual y perspectivas del ecodiseño en las Pymes de la Comunidad Valenciana. Valencia, Editorial Universidad Politécnica de Valencia, pp. 202, 2003.
- [15] Albers, K., Canepa, P. and Miller, J., Simple shoes. Analyzing the environmental impacts of simple shoes. A life cycle assessment of the supply chain and evaluation of end-of-life management options, [Online]. 2008. [date of reference February 10th of 2014]. Available at: <http://www.bren.ucsb.edu/research/documents/SimpleShoesFinalReport.pdf>
- [16] Milà, L., Domènech, X., Rieradevall, J., Puig, R. and Fullana, P., Use of life cycle assessment in the procedure for the establishment of environmental criteria in the Catalan eco-label of leather. *International Journal of Life Cycle Assessment* [Online]. (7) pp. 39-46, 2002. [date of reference February 10th of 2014]. Available at: <http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02978908#page-1>
- [17] Joseph, K. and Nithya, N., Material flows in the life cycle of leather. *Journal of Cleaner Production* [Online]. 17, pp. 676-682, 2009. [date of reference December 14th of 2013]. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652608002916>
- [18] Herva, M., Álvarez, A. and Roca, E., Sustainable and safe design of footwear integrating ecological footprint and risk Criteria. *Journal of Hazardous Materials* [Online]. 192, pp. 1876-1881, 2011 [date of reference December 14th of 2013]. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389411009095>
- [19] Rivela, B., Moreira, M.T., Borhardt, C., Méndez, R. and Feijoo, G., Life cycle assessment as a tool for the environmental improvement of the tannery industry in developing countries. *Environment Science and Technology* 38, pp. 1901-1909, 2004 <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es034316t>

- [20] Pacheco-Blanco, B., Bastante-Ceca, M.J., Nazer-Varela, A., Salazar-Ruiz, E. y Capuz-Rizo, S., Análisis del ciclo de vida de calzado de señora. XIV International Congress on Project Engineering, Madrid, [Online]. pp. 2507-2518, 2010, Available at: http://aeipro.com/files/congresos/2010madrid/ciip10_2507_2518.2940.pdf
- [21] Centro Tecnológico del Calzado de la Rioja, Ecodiseño aplicado a la industria del calzado y conexas, IV Congreso encuentro de empresas en eco-innovación, ecodiseño y edificación sostenible. Bilbao, 22 de abril. 2010.

Dra. B. Pacheco-Blanco, trabaja como investigador y docente en la Universitat Politècnica de Valencia en España. Es Dr. en Proyectos de Ingeniería e Innovación. Ha trabajado en Proyectos relacionados con el ecodiseño de productos, información ambiental, análisis del ciclo de vida en el sector de envases y embalajes, juguetes, calzado y productos electrónicos.

Dr. D. Collado-Ruiz, trabaja como investigador y docente en la Universitat Politècnica de Valencia en España. Es Dr. en Desarrollo, Sostenibilidad y Ecodiseño. Ha trabajado en Proyectos relacionados con el diseño para la sostenibilidad y el análisis del ciclo de vida en el sector de envases y embalajes, juguetes, y productos electrónicos.

Dr. S. Capuz-Rizo, es catedrático universitario e investigador por la Universitat Politècnica de València e investigador principal del Grupo ID&EA. Es doctor Ingeniero Industrial. Ha trabajado en proyectos relacionados con Análisis del Ciclo de Vida, Sostenibilidad, Ecodiseño de Productos, Información ambiental, Huella de Carbono, entre otros.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE MEDELLÍN
FACULTAD DE MINAS

Área Curricular de Medio Ambiente

Oferta de Posgrados

Especialización en Aprovechamiento de
Recursos Hidráulicos
Especialización en Gestión Ambiental
Maestría en Ingeniería Recursos Hidráulicos
Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo
Doctorado en Ingeniería - Recursos Hidráulicos
Doctorado Interinstitucional en Ciencias del Mar

Mayor información:

E-mail: acia_med@unal.edu.co
Teléfono: (57-4) 425 5105